

籼型杂交晚稻稻米品质性状的遗传效应分析

黄利兴^{1,2}, 李清华², 林玲娜², 张以华², 雷上平², 王侯聪³, 游年顺^{2*}, 梁康迳^{1*}

(1. 福建农林大学作物科学学院, 福建 福州 350002; 2. 福建省农业科学院水稻研究所, 福建 福州 350018; 3. 厦门大学生命科学学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 以 6 个籼型野败三系不育系为母本, 5 个晚籼恢复系为父本, 进行不完全双列杂交设计, 对籼型杂交晚稻稻米品质性状的遗传效应进行分析。结果表明: 糙米率、精米率、垩白粒率、碱消值和胶稠度等 5 个性状同时受到种子遗传效应和细胞质遗传效应的控制, 但细胞质遗传效应都大于种子遗传效应。整精米率、垩白度和透明度等 3 个性状只受到种子遗传效应的控制, 并且都以种子显性遗传效应为主。直链淀粉含量同时受到种子遗传效应和母体植株遗传效应的控制, 但以种子显性遗传效应为主。粒长和长宽比同时受到母体植株加性遗传效应和母体植株显性遗传效应的控制。不育系 451A 全丰 A 长丰 A 及恢复系蜀恢 527 科恢 752 岳恢 94 是配制优质杂交晚稻组合的优异亲本。

关键词: 杂交晚稻; 品质性状; 遗传效应; 方差分析

中图分类号: S11.01 文献标识码: A 文章编号: 1671-5470(2006)03-0225-07

Analysis of genetic effects for grain quality characters in late indica hybrid rice

HUANG Li-xing², LI Qing-hua², LIN Ling-na², ZHANG Yi-hua², LEI Shang-ping², WANG Hou-cong³, YOU Nian-shun², LIANG Kang-jing¹

(1. College of Crop Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China; 2. Rice Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350018, China; 3. School of Life Science, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005, China)

Abstract: Six CMS (FuYiA etc.) and 5 late restorers (Minghui63 etc.) were used in partial diallel crosses to analyse the genetic effects of grain quality characters in late indica hybrid rice using seed quantitative traits genetic models and analysis methods developed by Zhu Jun in cereal crops. The results showed that the 5 characters were simultaneously controlled by seed genetic effects and cytoplasmic genetic effects in percentage of brown rice, percentage of milled rice, percentage of chalky grain, gelatinization temperature and gel consistency, but the cytoplasmic genetic effects were all higher than the seed genetic effects. The 3 traits were only controlled by seed genetic effects in percentage of head rice, chalkiness and translucency, and the effects were all mainly come from seed dominance genetic effects. Amylose content was controlled by seed genetic effects and maternal genetic effects, but was mainly controlled by seed dominance genetic effects. The 2 traits were simultaneously controlled by maternal additive genetic effects and maternal dominance genetic effects in kernel length and length/breadth ratio. The 6 materials were available parents for breeding late indica hybrid rice combinations with good quality, which included the CMS of 451A, Quanfeng A and Changfeng A, the restorers of Shuhui527, Kehui752 and Yuhui94.

Key words: late indica hybrid rice; quality trait; genetic effect; analysis of variance

稻米是我国人民的主要食粮, 籼稻在我国水稻生产中占据着重要地位, 而 60% 以上的籼稻是三系杂交水稻。杂交水稻稻谷是 F_1 稻株上所结的 F_2 世代的种子, 其谷粒的大小和形状为母体组织性状, 由母体植株基因型控制, 不表现遗传分离; 胚乳的垩白度、透明度、糊化温度、胶稠度、直链淀粉含量等为胚乳性状, 由 2 雌配子和 1 雄配子受精结合发育而来, 表现分离。由于胚乳的营养物质由母体植株所提供, 有些胚乳性状的表现可能同时受到胚乳的三倍体基因和母体植株的二倍体基因两套遗传体系的控制。另外细胞质基因也可能通过控制叶绿体 (或线粒体) 的合成而影响植株的光合 (或呼吸) 作用, 从而间接控制胚

收稿日期: 2006-04-03 修回日期: 2006-04-21

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目 (B0310020)。

作者简介: 黄利兴 (1964-), 男, 副研究员, 研究方向: 水稻遗传育种。E-mail: hlx6511@yahoo.com.cn

* 通讯作者: 游年顺 (1954-), 男, 研究员。E-mail: yns954@sina.com

* 通讯作者: 梁康迳 (1954-), 男, 研究员, 博士生导师。E-mail: liangkj_2005@126.com

乳性状的表现^[1]。莫惠栋^[2]认为谷类作物胚乳性状可能受胚乳、母体和细胞质效应的影响。罗玉坤等^[3]的普查结果及黄华康等^[4]的研究结果显示,所有 12 项稻米品质性状都达到部颁二级以上标准的籼型三系杂交水稻组合数为 0 可见,我国籼型三系杂交稻的稻米品质现状欠佳。而杂交稻的稻米品质性状归根到底是由其双亲品质性状的优劣和各性状的遗传效应决定的。因此,对籼型三系杂交晚稻稻米品质性状的遗传效应进行分析,了解杂交稻亲本的育种价值十分必要,并为优质籼型三系杂交晚稻稻米品质育种提供理论指导。

1 材料与方法

2003 年晚季,选用福伊 A(P₁)、谷丰 A(P₂)、全丰 A(P₃)、451 A(P₄)、长丰 A(P₅)、R58025 A(P₆) 等 6 个籼型野败三系不育系为母本,明恢 63(P₇)、蜀恢 527(P₈)、岳恢 94(P₉)、福恢 964(P₁₀)、科恢 752(P₁₁) 等 5 个晚籼恢复系为父本,按不完全双列杂交(6×5)配成 30 个杂交组合。2004 年晚季在福建省农科院水稻研究所农场种植亲本和 F₁。随机区组排列,3 次重复,每小区种植 8 行,每行 6 株,共 48 株,单本插,株行距 16.7 cm×20.0 cm 成熟时及时分区将非边行株的稻谷混收晒干,放置 3 个月后依据“NY 147—88 米质测定方法”^[5]测定稻米品质,以农业部行业标准“食用稻品种品质 NY/T—593—2002”^[6-7]为标准,对供试亲本及杂交稻组合 F₂ 的稻米品质性状达 2 级优质米标准的达标率进行统计。采用朱军提出的禾谷类作物种子数量性状的遗传模型和统计分析方法^[8-13],对世代平均数进行估算和分析。用 MNQUE(0/1)法估算各性状的种子加性方差(V_A)、种子显性方差(V_B)、细胞质方差(V_C)、母体加性方差(V_{Am})、母体显性方差(V_{Bm})、种子加性效应与母体加性效应的协方差(C_{A Am})、种子显性效应与母体显性效应的协方差(C_{B Bm})、剩余方差(V_e)。采用 Jackknife 数值抽样技术对各世代平均数进行抽样,计算各方分量、遗传效应值和总遗传效应值的标准误。根据亲本和 F₂ 的遗传模型,用调整无偏预测法(adjusted unbiased prediction AUP)预测各项遗传效应值和总遗传效应值,然后根据预测值的大小和方向,评判亲本的育种价值和组合的遗传效应。全部试验数据采用朱军教授编写的统计软件在 PC 机上运算。

2 结果与分析

2.1 亲本及杂交晚稻组合 F₂ 稻米品质性状表现

稻米品质性状的测定结果表明,6 个籼稻不育系、5 个恢复系及 30 个杂交水稻组合的平均糙米率分别为 81.1% (变幅为 80.3%—82.3%)、80.8% (变幅为 80.2%—81.8%) 和 81.5% (变幅为 80.3%—82.8%),全都达到农业部行业二级优质米标准;平均精米率分别为 73.2% (变幅为 72.1%—73.9%)、73.8% (变幅为 73.4%—74.5%) 和 73.6% (变幅为 71.6%—73.6%),全都达到农业部行业二级优质米标准;平均整精米率分别为 64.0% (变幅为 53.8%—69.5%)、57.0% (变幅为 51.9%—61.8%) 和 62.2% (变幅为 39.5%—71.2%),达标率分别为 100%、100% 和 93.3%;平均粒长分别为 6.6 (变幅为 6.0—7.1 mm)、7.0 (变幅为 6.3—7.9 mm) 和 6.9 mm (变幅为 6.2—7.7 mm),占农业部行业标准规定的长粒型和中粒型标准的比例分别为 50% 和 50%、80% 和 20%、80% 和 20%,短粒型所占的比例都为 0 平均长宽比分别为 3.0 (变幅为 2.4—3.7)、3.0 (变幅为 2.7—3.3) 和 3.0 (变幅为 2.4—3.7);平均垩白粒率分别为 17% (变幅为 3%—33%)、6% (变幅为 4%—9%) 和 19% (变幅为 6%—42%),达标率分别为 50.0%、100% 和 60.0%;平均垩白度分别为 3.7% (变幅为 0.4%—6.8%)、0.8% (变幅为 0.3%—1.5%) 和 4.5% (变幅为 0.3%—8.5%),达标率分别为 50.0%、100% 和 53.3%;平均透明度分别为 2 级 (变幅为 1—3 级)、1 级和 2 级 (变幅为 1—3 级),达标率分别为 50.0%、100% 和 56.7%;平均碱消值分别为 6.3 级 (变幅为 4.4—7.0 级)、5.2 级 (变幅为 4.5—6.0 级) 和 5.7 级 (变幅为 4.0—6.5 级),达标率分别为 83.3%、60.0% 和 90.0%;平均胶稠度分别为 55 (变幅为 40—74 mm)、64 (变幅为 55—69 mm) 和 59 mm (变幅为 43—75 mm),达标率分别为 50.0%、80.0% 和 56.7%;平均直链淀粉含量分别为 20.5% (变幅为 13.2%—23.9%)、16.1% (变幅为 12.2%—18.6%) 和 19.0% (变幅为 13.5%—23.5%),达标率分别为 83.3%、80.0% 和 93.3%。可见,不育系、恢复系和各组合 F₂ 稻米在各项品质性状上的表现均存在较大的差异。综合各性状的表现,不育系以 451 A 恢复系以蜀恢 527 杂交组合以 451 A 配制的组合表现突出。

2.2 遗传方差和协方差分量的估算

遗传方差和协方差分量的估计值 (表 1) 表明, 糙米率和精米率 2 个性状的种子 V_B 分别达到显著和极显著水平, V_C 都达到极显著水平. 而且, V_C 都大于种子方差, 分别占总遗传方差估计值的 99.49%、98.50%. 因此, 控制这 2 个性状的遗传效应首先是细胞质遗传效应, 其次是种子显性遗传效应, 而种子加性遗传效应不大. 整精米率的 V_B 达到极显著水平, 而 V_A 不显著, 其它方差都为 0 说明整精米率主要受到种子显性遗传效应的控制.

表 1 杂交晚稻稻米品质性状的遗传方差和协方差分量估计值¹⁾

Table 1 Estimation of genetic variances and covariances of quality traits in late indica hybrid rice

方差分量	糙米率	精米率	整精米率	粒长	长宽比	垩白粒率	垩白度	透明度	碱消值	胶稠度	直链淀粉
V_A	0.054	0.092 ⁺	1.404	—	—	0.789	0.640 [*]	0.062 ^{**}	0.181 ^{**}	41.290 ^{**}	0.271
V_B	0.157 [*]	0.193 ^{**}	9.259 ^{**}	—	—	14.818 ^{**}	0.798 ^{**}	0.121 ^{**}	0.048 ^{**}	25.713 ^{**}	1.032 ^{**}
V_C	39.673 ^{**}	18.754 ^{**}	0	—	—	235.393 ^{**}	0	0	3.138 ^{**}	255.157 ^{**}	0
V_{Am}	0	0	0	0.026 ^{**}	0.022 ^{**}	0	0	0	0	0	0
V_{Dm}	0	0	0	0.015 ^{**}	0.017 ^{**}	0	0	0	0	0	0.006
$C_{A,Am}$	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0
$C_{D,Dm}$	0	0	0	—	—	0	0	0	0	0	0.409
V_e	0.500 ⁺	0.201 [*]	1.132 ⁺	0.001 ⁺	0.001 ⁺	4.482 ⁺	0.047 ^{**}	0.001 ^{**}	0.042 [*]	5.570 [*]	0.094 [*]

¹⁾ V_A 为种子加性方差, V_D 为种子显性方差, V_C 为细胞质方差, V_{Am} 为母体加性方差, V_{Dm} 为母体显性方差, $C_{A,Am}$ 为加性协方差, $C_{D,Dm}$ 为显性协方差, V_e 为剩余方差; 数字后附 +、*、** 者分别表示差异达 0.10、0.05、0.01 显著水平.

粒长和长宽比属于二倍体母体植株性状, 只受到母体遗传效应的控制, 二者的 V_{Am} 和 V_{Dm} 都达到极显著水平. 说明这 2 个性状同时受到母体加性遗传效应和母体显性遗传效应的控制.

垩白粒率的 V_B 和 V_C 都达到极显著水平, 而且 V_C 大于种子方差, V_C 占总遗传方差估计值的 93.78%. 因此, 垩白粒率首先受到细胞质遗传效应的控制, 其次是种子显性遗传效应, 而种子加性遗传效应作用不大. 垩白度只受到种子遗传效应的影响, 其 V_A 和 V_B 分别达到显著和极显著水平. 说明垩白度受到种子显性遗传效应的影响大于种子加性遗传效应的影响. 透明度也只受到种子遗传效应的影响, 其 V_A 和 V_B 都达到极显著水平, 但其 V_B 是 V_A 的 2 倍. 说明透明度受到种子显性遗传效应的控制大于种子加性遗传效应的控制.

碱消值和胶稠度的 V_A 、 V_B 和 V_C 都达到极显著水平, 而且, V_C 大于种子方差, 分别占总遗传方差估计值的 93.20% 和 79.20%. 说明碱消值和胶稠度同时受到种子遗传效应和细胞质遗传效应的控制, 但细胞质遗传效应都大于种子遗传效应. 直链淀粉含量同时受到种子遗传效应和母体遗传效应的影响, 但只有 V_B 达到极显著水平. 说明直链淀粉含量受到种子显性遗传效应的控制大于种子加性遗传效应和母体显性遗传效应的控制.

2.3 亲本稻米品质性状的遗传效应预测和分析

对遗传方差分量不为 0 尤其是对达到显著水平的性状进行亲本的遗传效应预测和分析, 可以了解杂交亲本的育种价值.

2.3.1 亲本稻米碾磨品质性状的遗传效应预测和分析 糙米率的总遗传效应预测值 (表 2) 表明, 不育系除长丰 A 外, 都表现正向的总遗传效应; 恢复系除蜀恢 527 外, 都表现负向的总遗传效应. 它们的总遗传效应都主要来自细胞质效应. 双亲中表现最好的分别是福伊 A 和蜀恢 527.

精米率的总遗传效应预测值表明, 不育系除长丰 A 和 R58025 A 外, 其它 4 个品种表现正向的总遗传效应; 恢复系中的蜀恢 527 和福恢 964 表现正向的总遗传效应, 其它 3 个表现负向的总遗传效应. 它们的总遗传效应也都主要来自细胞质效应. 双亲中表现最好的分别是谷丰 A 和蜀恢 527.

整精米率的总遗传效应预测值表明, 不育系除福伊 A 和谷丰 A 外, 其它 4 个表现正向的总遗传效应; 恢复系中除科恢 752 外, 都表现负向的总遗传效应. 它们的总遗传效应首先来自种子纯合显性效应, 其次来自种子加性效应. 双亲中表现最好的分别是长丰 A 和科恢 752.

表 2 粳型杂交晚稻亲本稻米碾磨品质性状的遗传效应预测值¹⁾

Table 2 Predicted genetic effects of milling quality characters of Parents in late indica hybrid rice

亲本	糙米率				精米率				整精米率		
	G_T	G_A	G_D	G_C	G_T	G_A	G_D	G_C	G_T	G_A	G_D
福伊 A	13 347**	0 115	-0 772	14 004**	0 863	-0 181	-0 493	1 537**	-2 555 ⁺	-0 301	-2 254 ⁺
谷丰 A	6 121*	0 023	-0 741 ⁺	6 839*	9 674*	-0 226	-0 739 ⁺	10 639*	-2 609*	-0 112	-2 497*
全丰 A	7 214**	0 099	-0 198	7 313**	2 027*	0 095	0 118	1 814*	1 107	0 385	0 722
451 A	4 493 ⁺	0 273	0 581	3 639 ⁺	3 101*	0 013	-0 052	3 140*	3 272*	0 730	2 542*
长丰 A	-2 270	-0 015	0 204	-2 459	-6 538**	0 133	0 370	-7 041**	3 998*	0 517	3 481*
R58025 A	3 185 ⁺	0 116	-0 422	3 491 ⁺	-4 579*	-0 232	-0 461 ⁺	-3 886*	1 107	-0 120	1 227
明恢 63	-9 795**	-0 175	-0 150	-9 470**	-3 962*	0 158	-0 078	-4 042**	-0 496	0 009	-0 505
蜀恢 527	0 086	-0 096	0 035	0 147	6 239*	-0 071	0 121	6 189*	-1 258	-1 152	-0 106
岳恢 94	-8 069**	-0 225	-0 132 ⁺	-7 712**	-2 702*	0 036	-0 058*	-2 680*	-1 483	-1 188	-0 295
福恢 964	-11 576**	-0 168*	-0 165	-11 243**	4 573*	-0 141	0 105	4 609*	-0 001	0 365*	-0 366*
科恢 752	-4 601 ⁺	0 053	-0 125	-4 529 ⁺	-10 081**	0 416	-0 232	-10 265**	0 056	0 867 ⁺	-0 811*

¹⁾ G_T 为总遗传效应, G_A 为种子加性效应, G_D 为种子纯合显性效应, G_C 为细胞质效应; 数字后附⁺、*、**者分别表示差异达 0.10、0.05、0.01显著水平。

2.3.2 亲本稻米外观品质性状的遗传效应预测和分析 粒长的总遗传效应预测值(表 3)表明, 不育系中的长丰 A和 R58025 A表现正向的总遗传效应, 其它 4个表现负向的总遗传效应; 恢复系中的明恢 63和蜀恢 527表现正向的总遗传效应, 其它 3个表现负向的总遗传效应. 它们的总遗传效应都来自母体植株加性效应和母体植株纯合显性效应. 不育系中的长丰 A和 R58025 A恢复系中的明恢 63和蜀恢 527都将使所配制杂交稻组合的粒长极显著拉长。

表 3 粳型杂交晚稻亲本稻米粒形性状的遗传效应预测值¹⁾

Table 3 Predicted genetic effects of grain shape characters of Parents in late indica hybrid rice

亲本	粒长			长宽比		
	G_T	G_{Am}	G_{Dm}	G_T	G_{Am}	G_{Dm}
福伊 A	-0 194**	-0 129**	-0 065**	-0 079**	-0 052**	-0 027**
谷丰 A	-0 139**	-0 091**	-0 048**	-0 188**	-0 125**	-0 063**
全丰 A	-0 091*	-0 060*	-0 031*	-0 079**	-0 052*	-0 027*
451 A	-0 006	-0 004	-0 002	0 002	0 001	0 001
长丰 A	0 390**	0 259**	0 131**	0 181**	0 120**	0 061**
R58025 A	0 356**	0 237**	0 119**	0 184**	0 122**	0 062**
明恢 63	0 047	0 031	0 016	0 010	0 007	0 003
蜀恢 527	0 216**	0 143*	0 073*	0 051**	0 034**	0 017**
岳恢 94	-0 272**	-0 182*	-0 090*	-0 061**	-0 041**	-0 020**
福恢 964	-0 197**	-0 131 ⁺	-0 066*	-0 045	-0 030	-0 015
科恢 752	-0 110*	-0 073 ⁺	-0 037 ⁺	0 023	0 016	0 007

¹⁾ G_T 为总遗传效应, G_{Am} 为母体植株加性效应, G_{Dm} 为母体植株纯合显性效应; 数字后附⁺、*、**者分别表示差异达 0.10、0.05、0.01显著水平。

长宽比的总遗传效应预测值表明, 不育系中的长丰 A R58025 A和 451 A表现正向的总遗传效应, 其它 3个表现负向的总遗传效应; 恢复系中的明恢 63、蜀恢 527和科恢 752表现正向的总遗传效应, 其它 2个表现负向的总遗传效应. 它们的总遗传效应都来自母体植株加性效应和母体植株纯合显性效应. 不育系中的长丰 A和 R58025 A恢复系中的蜀恢 527都将使所配制杂交稻组合的米粒的长宽比极显著增大。

垩白粒率的总遗传效应预测值(表 4)表明, 不育系中的 451 A和长丰 A表现极显著的负向总遗传效应, 其它 4个表现极显著的正向总遗传效应; 恢复系全都表现极显著的负向总遗传效应. 它们的总遗传效应由细胞质效应和种子效应共同控制. 但以细胞质效应为主. 双亲中表现最好的分别是 451 A和科恢 752

垩白度的总遗传效应预测值表明, 不育系中的全丰 A 451 A和长丰 A表现负向的总遗传效应, 其它 3个表现正向的总遗传效应; 恢复系全都表现负向的总遗传效应. 它们的总遗传效应由种子加性效应和种子纯合显性效应共同控制. 双亲中表现最好的分别是全丰 A和福恢 964

表 4 籼型杂交晚稻亲本稻米外观品质性状的遗传效应预测值¹⁾

Table 4 Predicted genetic effects of appearance quality characters of parents in late indica hybrid rice

亲本	垩白粒率				垩白度			透明度		
	G _T	G _A	G _D	G _C	G _T	G _A	G _D	G _T	G _A	G _D
福伊 A	45 043**	0 231	-0 142	44 954**	0.077	0.313**	-0 236	0.029	0.099**	-0.070**
谷丰 A	23 233**	0 321	1 992	20 920**	1.640**	0.763*	0 877**	0.593**	0.234**	0.359**
全丰 A	19 617**	-0 473	-7 417*	27 507**	-4.218**	-1.303*	-2 915**	-1.464**	-0.397**	-1.067**
451 A	-14 47**	-0 169	-1 185*	-13 116**	-0.130	-0.192 ⁺	0 0620	-0.151**	-0.083**	-0.068**
长丰 A	-10 404**	-0 370	-3 417**	-6 617**	-1.597**	-0.639*	-0 958**	-0.339**	-0.128**	-0.211**
IR58025 A	23 989**	0 053	0 462	23 474**	0.390*	0.434*	-0 044	0.217**	0.144**	0.073**
明恢 63	-31 791**	0 331	-2 396*	-29 726**	-0.214 ⁺	0.386*	-0 600**	-0.090**	0.083**	-0.173**
蜀恢 527	-5 648**	-0 117	-0 362 ⁺	-5 169**	-0.212 ⁺	0.053	-0 265*	-0.133**	-0.012**	-0.121**
岳恢 94	-2 103**	-0 221	-0 065	-1 817**	-0.417**	-0.142*	-0 275**	-0.177**	-0.107**	-0.070**
福恢 964	-18 628**	-0 162	-1 326**	-17 140**	-0.520**	-0.087*	-0 433**	-0.133**	-0.012**	-0.121**
科恢 752	-46 228**	0 575	-3 532**	-43 271**	-0.161	0.414*	-0 575**	-0.046	0.178**	-0.224**

¹⁾ G_T为总遗传效应, G_A为种子加性效应, G_D为种子纯合显性效应, G_C为细胞质效应; 数字后附⁺、*、**者分别表示差异达 0.10 0.05, 0.01 显著水平。

透明度的总遗传效应预测值表明, 不育系中的全丰 A 451A和长丰 A表现极显著的负向总遗传效应, 其它 3 个表现正向的总遗传效应; 恢系全都表现负向的总遗传效应. 它们的总遗传效应由种子加性效应和种子纯合显性效应共同控制. 双亲中表现最好的分别是全丰 A和岳恢 94

2.3.3 亲本稻米蒸煮品质性状的遗传效应预测和分析 碱消值的总遗传效应预测值(表 5)表明, 不育系中的长丰 A和 IR58025A表现负向的总遗传效应, 其它 4 个表现显著或极显著的正向总遗传效应; 恢系中的明恢 63和科恢 752表现显著的正向总遗传效应, 其它 3 个表现负向的总遗传效应. 它们的总遗传效应由细胞质效应和种子效应共同控制. 双亲中表现最好的分别是全丰 A和明恢 63

表 5 籼型杂交晚稻亲本稻米蒸煮品质性状的遗传效应预测值¹⁾

Table 5 Predicted genetic effects of cooking quality characters of parents in late indica hybrid rice

亲本	碱消值				胶稠度				直链淀粉			
	G _T	G _A	G _D	G _C	G _T	G _A	G _D	G _C	G _T	G _A	G _D	G _{Dm}
福伊 A	2 261**	0.030	-0.055	2 286**	-16 005**	-5 876**	-8 214**	-1 915**	1 021**	0 409	0 010	0 602**
谷丰 A	3 847**	0.352*	0.315*	3 180**	-28 255**	-5 716*	-7 351*	-15 188**	1 733**	0 551	0 771 ⁺	0 411*
全丰 A	4 453**	0.301*	0.223*	3 929**	-29 101**	-5 663**	-7 213**	-16 225**	1 950**	0 629	0 943*	0 378**
451 A	0 602*	0.227*	0.278*	0 097	11 768**	3 808*	5 278*	2 682*	1 623**	0 380	1 623*	-0 380*
长丰 A	-5 118**	-0.252*	-0.141*	-4 725**	-1 008	6 088*	9 578**	-16 674**	-2 043*	-0 622	-1 160*	-0 261*
IR58025 A	-0 101	0.475*	0.639*	-1 215*	19 764**	-0 900	-2 411	23 075**	0 720	0 190	0 549	-0 019
明恢 63	1 683*	-0.354*	0 080*	1 957**	-49 491**	4 724*	-2 736**	-51 479**	-1 063*	-0 233	-0 498*	-0 332 ⁺
蜀恢 527	-0 624*	-0.142	-0 013	-0 469*	5 719**	3 045*	0 057	2 617*	-0 253	-0 209	-0 031	-0 013
岳恢 94	-2 855**	-0.382*	-0 084*	-2 389**	9 666**	4 309**	0 164	5 193**	0 072	0 005	0 037	0 030
福恢 964	-4 176**	-0.291*	-0 137*	-3 748**	59 837**	-3 199*	3 104**	59 932**	-1 922**	-0 423	-0 898**	-0 601*
科恢 752	1 177*	0.036	0 043	1 098*	7 766**	-0 620	0 403	7 983**	-0 250*	-0 675	0 241*	0 184 ⁺

¹⁾ G_T为总遗传效应, G_A为种子加性效应, G_D为种子纯合显性效应, G_C为细胞质效应, G_{Dm}为母体植株纯合显性效应; 数字后附⁺、*、**者分别表示差异达 0.10 0.05, 0.01 显著水平。

胶稠度的总遗传效应预测值表明, 不育系中的 451A和 IR58025A表现极显著的正向总遗传效应, 其它 4 个表现负向的总遗传效应; 恢系中的明恢 63表现极显著的负向总遗传效应, 其它 4 个表现极显著的正向总遗传效应. 它们的总遗传效应由种子效应和细胞质效应共同控制. 双亲中表现最好的分别是 IR58025 A和福恢 964

直链淀粉含量的总遗传效应预测值表明, 不育系中的长丰 A表现极显著的负向总遗传效应, 其它 5 个表现正向的总遗传效应; 恢系中的岳恢 94表现正向的总遗传效应, 其它 4 个表现负向的总遗传效应. 它们的总遗传效应由种子加性效应、种子纯合显性效应和母体植株纯合显性效应共同控制. 双亲中表现最好的分别是 IR58025 A和蜀恢 527

表 6 杂交晚稻组合 F_2 稻米品质性状的总遗传效应预测值¹⁾Table 6 Total predicted genetic effects of quality characters of F_2 in late indica hybrid rice

组合	糙米率	精米率	整精米率	粒长	长宽比	垩白粒率	垩白度	透明度	碱消值	胶稠度	直链淀粉
$P_1 \times P_7$	13 037*	1 218 ⁺	-4 411*	0.139*	-0.056	44 279**	1.757**	0.102**	2.095*	-6 394**	0.226
$P_1 \times P_8$	13 771**	0.436	-0.204	0.510**	0.079*	44 862**	0.211 ⁺	0.106**	2.052*	-11 918*	-0.354
$P_1 \times P_9$	15 509**	7.502**	6.421**	6.683**	2.945**	65 228**	4.245**	2.159**	7.665**	61 079**	19 582**
$P_1 \times P_{10}$	15 838**	7.528**	6.396**	6.219**	2.579**	57 695**	3.902**	2.155**	8.040**	55 174**	18 582**
$P_1 \times P_{11}$	14 163*	1.922*	-4.064**	-0.390**	-0.374**	49 356**	-0.412 ⁺	0.097**	2.078*	-16 326**	0.480 ⁺
$P_2 \times P_7$	7.184*	10.541*	-0.278	-0.100 ⁺	-0.299*	28 472**	2.063**	0.680**	3.488**	-14 421**	0.953 ⁺
$P_2 \times P_8$	7.420*	10.763*	0.747	0.219*	-0.125	16 360**	0.857**	0.025**	3.142*	-15 662**	-1.099 ⁺
$P_2 \times P_9$	6.061 ⁺	10.090*	-1.957	-0.257**	-0.122	18 813**	-0.936*	0.030**	3.177*	-18 470**	1.113
$P_2 \times P_{10}$	5.860 ⁺	10.014*	-0.704 ⁺	-0.874**	-0.509*	18 426**	0.780*	0.025**	3.461**	-27 616**	0.015
$P_2 \times P_{11}$	6.551*	10.572*	-0.814	-0.616**	-0.447**	24 886**	1.944**	0.676**	3.519*	-25 628**	0.853**
$P_3 \times P_7$	6.550**	1.998*	1.169 ⁺	0.048	-0.140*	32 673**	0.134	0.382**	3.787*	-20 111**	1.038 ⁺
$P_3 \times P_8$	7.582**	2.488**	1.656*	0.387**	0.012	21 873**	-2.420**	-0.931**	4.179*	-25 090**	2.531*
$P_3 \times P_9$	7.156**	1.683*	1.434**	-0.168*	0.015	24 993**	-1.713*	-0.927**	4.040*	-18 872**	1.020
$P_3 \times P_{10}$	6.981**	1.338*	-3.546*	-0.668**	-0.393*	27 700**	-1.997**	-0.272**	3.955*	-29 331**	0.594 ⁺
$P_3 \times P_{11}$	10.767*	11.307*	4.278*	-0.341**	-0.293**	95 854*	4.466 ⁺	-0.840**	9.334*	32 233*	5.973 ⁺
$P_4 \times P_7$	3.770 ⁺	3.501*	11.850**	0.318*	0.063 ⁻	10 633*	0.645 ⁺	-0.234**	-0.215*	54 104*	0.688**
$P_4 \times P_8$	3.476	2.278 ⁺	2.561*	0.657**	0.231**	64 739*	1.694*	-0.197**	0.540 ⁺	20 208*	3.192*
$P_4 \times P_9$	18.903*	10.764*	-3.477**	0.121*	0.299**	66 219*	-0.464*	-0.237**	9.634*	19 532*	1.317*
$P_4 \times P_{10}$	4.315 ⁺	3.519*	4.866*	-0.553**	-0.174 ⁻	13 908**	-0.509*	-0.241**	0.153	6.614 ⁺	-0.387**
$P_4 \times P_{11}$	4.197	3.585*	3.768*	-0.178*	-0.025	15 847**	0.895**	0.409**	0.362*	6.404**	-0.020
$P_5 \times P_7$	-2.273	-6.648**	-0.266	0.629**	0.135	-9 283**	-1.460**	-0.438**	-5.119*	-1.573	-0.808
$P_5 \times P_8$	-2.637	-6.968**	4.917*	0.909**	0.374*	35 756*	0.324 ⁺	0.225**	-4.982*	41 659*	12.735*
$P_5 \times P_9$	-2.816	-6.695**	2.308*	0.375**	0.377**	49 314*	1.557 ⁺	-0.412**	-5.691**	59 913*	-0.314
$P_5 \times P_{10}$	-1.900	-7.303**	5.543*	-0.126 ⁺	0.227**	79 623*	-1.562**	-0.434**	-5.663**	87 555*	-2.165*
$P_5 \times P_{11}$	-2.343	-6.195*	12.033**	9.885*	4.192*	-5 248 ⁺	7.134*	2.982*	9.382*	86 742*	14.545**
$P_6 \times P_7$	3.412 ⁺	-4.293*	6.373**	2.525*	2.194*	16 864**	1.922*	2.635*	-1.196**	27 039**	0.963 ⁺
$P_6 \times P_8$	15.361*	9.629*	-7.839**	0.875**	0.656**	88 526*	0.274	0.299**	11.096*	72 602*	0.965**
$P_6 \times P_9$	3.689 ⁺	-4.231*	-5.670*	7.593*	15.900**	18 021**	0.611*	0.303**	-0.938*	30 147**	-0.905 ⁺
$P_6 \times P_{10}$	3.201	-4.575**	2.176*	-0.134 ⁺	0.238**	27 352**	1.109**	0.299**	-1.174**	9 102**	1.043 ⁺
$P_6 \times P_{11}$	3.271	-4.016*	5.311*	-0.177 ⁺	0.076	26 748**	1.470**	0.290**	-0.269**	21 889**	-0.224

¹⁾ P_1 为福伊 P_2 为谷丰 P_3 为全丰 P_4 为 451 P_5 为长丰 P_6 为 R58025 P_7 为明恢 63 P_8 为蜀恢 527 P_9 为岳恢 94 P_{10} 为福恢 964 P_{11} 为科恢 752 数字后附⁺、*、**者分别表示差异达 0.10 0.05 0.01 显著水平。

2.4 杂交晚稻组合 F_2 稻米品质性状的遗传效应预测和分析

杂交晚稻组合 F_2 稻米品质性状的总遗传效应预测值(表 6)表明,各个杂交组合各性状的总遗传效应预测值差异较大。糙米率的总遗传效应预测值在 -2.816~18.903 之间,其中,451 优 94 等 15 个组合的糙米率显著或极显著增加。精米率的总遗传效应预测值在 -7.303~11.307 之间,其中,全优 752 等 18 个组合的精米率显著或极显著增加,长优 964 等 9 个组合的精米率显著或极显著下降。整精米率的总遗传效应预测值在 -7.839~11.850 之间,其中,451 优 63 等 16 个组合的整精米率显著或极显著增加, R58025 蜀恢 527 等 6 个组合的整精米率显著或极显著下降。粒长的总遗传效应预测值在 -0.874~9.885 之间,其中,长优 752 等 16 个组合的粒长显著或极显著增长,谷优 964 等 9 个组合的粒长显著或极显著缩短。米粒长宽比的总遗传效应预测值在 -0.509~4.192 之间,其中,长优 752 等 14 个组合的米粒长宽比显著或极显著增大,谷优 964 等 8 个组合的米粒长宽比显著或极显著缩小。垩白粒率的总遗传效应预测值在 -15.847~95.854 之间,其中,全优 752 等 25 个组合的垩白粒率显著或极显著增加,451 优 752 等 4 个组合的垩白粒率显著或极显著下降。垩白度的总遗传效应预测值在 -2.420~7.134 之间,其中,长优 752 等 14 个组合的垩白度显著或极显著增加,全优 527 等 8 个组合的垩白度显著或极显著下降。透明度的总遗传效应预测值在 -0.931~2.982 之间,其中,长优 752 等 19 个组合的透明度显著或极显著增加,全优 527 等 11 个组合的透明度极显著下降。碱消值的总遗传效应预测值在 -5.691~11.096 之间,其中, R58025 A/蜀恢 527 等 19 个组合的碱消值显著或极显著增加,长优 94 等 9 个组合的碱消值显著或极显著下降。胶稠

度的总遗传效应预测值在 $-29.331 \sim 87.555$ 之间, 其中, 长优 964 等 16 个组合的胶稠度显著或极显著增加, 全优 964 等 12 个组合的胶稠度显著或极显著下降. 直链淀粉含量的总遗传效应预测值在 $-2.165 \sim 19.582$ 之间, 其中, 福优 94 等 10 个组合的直链淀粉含量显著或极显著增加, 长优 964 等 2 个组合的直链淀粉含量显著或极显著下降.

3 结论

(1) 不育系、恢复系和各杂交晚稻组合 F_2 稻米在各项品质性状上的表现均存在较大差异. 综合各性状的表现, 不育系以 451 A 恢复系以蜀恢 527 杂交组合以 451 A 配制的组合表现突出.

(2) 糙米率、精米率、垩白粒率、碱消值和胶稠度等 5 个性状同时受到种子遗传效应和细胞质遗传效应的控制, 但都以细胞质遗传效应大于种子遗传效应. 整精米率、垩白度和透明度等 3 个性状都只受到种子遗传效应的控制, 并且都以种子显性遗传效应为主. 直链淀粉含量同时受到种子遗传效应和母体植株遗传效应的控制, 但以种子显性遗传效应为主. 粒长和长宽比 2 个性状都同时受母体植株加性遗传效应和母体植株显性遗传效应的控制.

(3) 综合分析亲本和杂交晚稻组合 F_2 稻米品质性状的表现型和遗传效应预测值表明, 不育系 451 A 全丰 A 长丰 A 及恢复系蜀恢 527、科恢 752、岳恢 94 是配制优质杂交晚稻组合的优异亲本.

参考文献:

- [1] 朱军, 许馥华. 胚乳性状的遗传模型及其分析方法 [J]. 作物学报, 1994 20(3): 264—270
- [2] 莫惠栋. 谷类作物胚乳品质性状遗传研究 [J]. 中国农业科学, 1995 28(2): 1—7
- [3] 罗玉坤, 朱智伟, 金连登, 等. 从普查结果看我国水稻品种品质的现状 [J]. 中国稻米, 2002(1): 5—9
- [4] 黄华康, 张卫清, 林强. 籼型杂交稻米质现状及其遗传改良 [J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2002 31(2): 155—159
- [5] 中华人民共和国农牧渔业部. NY 147—88 米质测定方法 [S]. 1986 1—8
- [6] 中华人民共和国农业部. 食用稻品种品质 NY/T—593—2002 [J]. 中国稻米, 2003(1): 41—42
- [7] 中华人民共和国农业部. 食用稻品种品质 NY/T—593—2002(续) [J]. 中国稻米, 2003(2): 43—44
- [8] 朱军. 遗传模型分析方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 56—278
- [9] 朱军. 数量性状遗传分析的新方法及其在育种中的应用 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2000 26(1): 1—6
- [10] 石春海, 朱军. 稻米营养品质种子效应和母体效应的遗传分析 [J]. 遗传学报, 1995 22(5): 372—379
- [11] 石春海, 朱军. 籼稻稻米蒸煮品质的种子和母体遗传效应分析 [J]. 中国水稻科学, 1994 8(3): 129—134
- [12] 石春海, 杨肖娥, 薛建明, 等. 种子、细胞质和母体遗传效应对籼型杂交稻稻米营养品质杂种优势的影响 [J]. 杂交水稻, 1996(1): 23—27
- [13] 方平平, 林荔辉, 李维明, 等. 杂交稻外观品质性状的遗传控制 [J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2004 33(2): 137—140
- [14] 方平平, 徐锦斌, 林荔辉, 等. 杂交籼稻碾磨品质性状的遗传分析 [J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2005 34(1): 1—4
- [15] 林炎照. 籼型杂交稻碾磨、外观品质性状的杂种优势分析 [J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2004 33(2): 148—152

(责任编辑: 陈幼玉)