

杂交粳稻品质性状遗传效应分析

马洪文,殷延勃,王 昕,王 坚,强爱玲,刘 炜,史延丽

(宁夏农林科学院 农作物研究所,宁夏 永宁 750105)

[摘 要] 为了给杂交粳稻稻米品质改良提供理论依据,利用 489A、216A、552A、中作 59A、16A、秋光 A 6 个不育系和 94FR30、2002FR11、2002FR24、1229、FR796、98FR2 6 个恢复系配制不完全双列杂交组合,采用禾谷类作物胚乳品质性状的遗传模型及分析方法对杂交粳稻品质性状进行了遗传研究。结果表明,糙米率、精米长宽比、精米长厚比主要受种子直接显性效应的控制,整精米率、透明度和垩白率主要受种子直接加性效应控制,垩白面积的遗传主要受种子直接加性效应和母体显性效应共同控制,糙米率、垩白率的细胞质效应也达极显著水平,环境因素、抽样误差等剩余效应对精米率、垩白率、透明度的影响达显著或极显著水平。在杂交粳稻组合 F_2 代种子品质性状平均杂种优势预测值中,糙米率、精米率、整精米率、精米长宽比、精米长厚比 5 个品质性状均有杂交优势达显著或极显著的组合,此外还根据品质性状的遗传效应预测值对亲本在育种中的利用潜力进行了评价。

[关键词] 杂交粳稻;品质性状;遗传效应

[中图分类号] S511.2⁺20.33

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)09-0083-07

Analysis of genetic effects of quality trait in japonica hybrid rice

MA Hong-wen, YIN Yan-Bo, WANG Xin, WANG Jian,

QIANG Ai-ling, LIU Wei, SHI Yan-li

(Crop Research Institute of Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Yongning, Ningxia 750105, China)

Abstract : Six steriling lines(489A, 216A, 552A, Zhongzuo 59A, 16A, Qiuguang A) and six resume lines (94FR30, 2002FR11, 2002FR24, 1229, FR796, 98FR2) were used in incomplete diallel crosses to analyze the genetic effects of quality traits in japonica hybrid rice by using the genetic model and analysis method for quality traits of endosperms in cereal crops. The results showed that the quality traits, such as brown rice rate, milled rice ratio of length to width, and milled rice ratio of length to thickness etc, were mainly controlled by direct dominant effects, while head rice rate, translucency, and chalkiness rate were mainly controlled by direct additive effects. Genetic of chalkiness size was mainly controlled by direct additive and dominant effects, and cytoplasmic effects of brown rice rate and chalkiness rate were significant. Environmental factor and sampling error had significant effect on milled rice rate, chalkiness rate and translucency, too. Brown rice, milled rice, head rice, milled rice ratio of length to width, and milled rice ratio of length to thickness for 5 traits had significant or very significant combinations in the predicted values of heterosis of quality traits of japonica hybrid rice crosses F_2 . The potential breeding values of parental lines were discussed according to predicted values of genetic effects.

Key words : japonica hybrid rice; quality traits; genetic effects

稻米品质直接关系到稻米商品性的优劣,近年来,稻米品质性状的改良已成为水稻育种工作的主

†收稿日期] 2006-07-25

[基金项目] 宁夏自然科学基金项目(2004-AA003, NZ0755)

[作者简介] 马洪文(1966-),男,宁夏永宁人,高级农艺师,主要从事水稻新品种选育研究。E-mail: nxmhw@163.com

要目标。由于水稻种子是生长在母体植株上,从世代上讲,种子是母株的子代,种子的生长发育需要母株提供营养,但种子的不同部分在遗传来源上又有所不同。已有的研究表明^[1-4],稻米品质性状不仅受数量性状基因控制,而且还受种子、细胞质、胚乳等遗传体系的影响。本研究采用禾谷类作物胚乳品质性状的遗传模型及分析方法,以宁夏杂交粳稻育种亲本为材料,对杂交粳稻品质性状的遗传特性进行了分析,以期对杂交粳稻米品质改良提供更为可靠的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

试验材料 489A、216A、552A、中作 59A、16A、秋光 A、94FR30、2002FR11、2002FR24、1229、FR796、98FR2,均来自于宁夏农林科学院农作物研究所水稻杂种优势利用研究课题组。

1.2 试验设计

2003 年利用 489A、216A、552A、中作 59A、16A、秋光 A 6 个不育系和 94FR30、2002FR11、2002FR24、1229、FR796、98FR2 6 个恢复系配制不完全双列杂交组合,2004 年在宁夏农林科学院农作物研究所水稻试验田种植全部亲本(不育系亲本用相应的保持系代替)及杂交组合(F_1),随机区组设计,2 次重复,4 行区,行长 1 m,单株插秧,每行 11 株,田间管理同大田,成熟时除去最边 2 株外,各小区取 5 穴,测定亲本及 F_1 植株上 F_2 代种子的糙米率(BRP)、精米率(MRP)、整精米率(HRP)、精米

长宽比(L/W)、精米长厚比(L/T)、垩白率(CGR)、垩白面积(SC)、透明度(TR)等品质性状。稻米品质性状的测定以小区为单位根据农业部标准 NY147-88 进行。

1.3 统计分析

采用禾谷类作物胚乳品质性状的遗传模型及其分析方法^[2-4],利用最小二阶范数法(MINQUE(0/1))估算各性状的遗传方差分量,用调整无偏预测法(AUP)预测亲本各性状的遗传效应值,应用 Jackknife 数值抽样技术对各组合世代平均数进行抽样,计算各项参数估计值和标准误,并用 t 测验对参数进行显著性检验。数据用 QGA Station 1.0 版软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 杂交粳稻品质性状遗传效应分析

从表 1 可以看出,糙米率的种子直接显性(V_{DO})、细胞质(V_C)方差均达极显著水平,表明糙米率受种子直接显性效应、细胞质遗传效应的共同控制,其中种子直接显性(V_{DO})方差占遗传主效应方差($V_{AO} + V_{DO} + V_C + V_{Am} + V_{Dm}$)的 69.2%,表明糙米率的遗传效应主要受种子直接显性效应所控制。精米率遗传效应均不显著。整精米率的种子直接加性(V_{AO})、母体加性(V_{Am})方差均达显著水平,表明整精米率性状主要受种子和母体遗传效应的共同控制,其中整精米率种子直接加性 V_{AO} 方差占遗传主效应方差的 83.5%,表明整精米率主要受种子直接加性效应的控制。

表 1 杂交粳稻品质性状遗传效应方差的估计值

参数 Parameter	糙米率 BRP	精米率 MRP	整精米率 HRP	精米长宽比 L/W	精米长厚比 L/T	垩白率 CGR	垩白面积 SC	透明度 TR
种子直接加性(V_{AO}) Direct additive variance	0	7.439 2	21.237 9 *	0	0	136.169 0 **	5.055 9 **	2.185 0 **
种子直接显性(V_{DO}) Direct dominant variance	0.727 5 **	0	0	0.014 4 **	0.015 1 **	0	0.732 6 **	0.415 9 *
细胞质(V_C) Cytoplasmic variance	0.323 7 **	0	0	0.008 6	0.005 5	39.065 6 **	0	0.584 7
母体加性(V_{Am}) Maternal additive variance	0	1.469 5	4.195 1 *	0	0	26.897 6	0.998 7 **	0.431 6 **
母体显性(V_{Dm}) Maternal dominant variance	0	2.670 6	12.072 7	0	0	9.295 5	5.888 2 **	0
剩余(V_e) Residual variance	0.090 0	1.659 5 *	12.821 1	0.004 8	0.006 9	110.138 0 **	28.066 1	6.226 6 **
表现型方差(V_p) Phenotype variance	1.141 2	13.238 7 **	50.326 9	0.027 9	0.027 5	321.566 0 *	40.741 5	9.843 9

注：*、** 分别为达到 0.05、0.01 显著水平。下表同。
由表 1 还可知,精米长宽比中只有种子直接显性(V_{DO})的方差达极显著水平,且种子直接显性

(V_{DO})方差占遗传主效应方差的 62.6%,表明精米长宽比主要受种子直接显性效应的控制。精米长厚

Note: *, ** were significant at 0.05, 0.01 level respectively. The same as following table.

比的种子直接显性 (V_{DO}) 方差达极显著水平,其种子直接显性 (V_{DO}) 方差占遗传主效应方差的 73.3 %,表明精米长厚比主要受种子直接显性效应的控制。垩白率的种子直接加性 (V_{AO})、细胞质 (V_C) 方差均达极显著水平,表明垩白率的遗传主要受种子直接加性和细胞质效应控制。垩白面积的种子直接加性 (V_{AO})、种子直接显性 (V_{DO})、母体加性 (V_{Am})、母体显性 (V_{Dm}) 方差均达极显著水平,其中母体显性 (V_{Dm}) 方差占遗传主效应方差的 46.5 %,种子直接加性 (V_{AO}) 方差占遗传主效应方差的 39.8 %,表明垩白面积的遗传受种子直接加性效应和母体显性效应共同控制。透明度的种子直接加性 (V_{AO})、种子直接显性 (V_{DO})、母体加性 (V_{Am}) 方差均达显著或极显著水平,其中种子直接加性 (V_{AO}) 方差占遗传主效应方差的 60.4 %,表明透明度的遗传主要受种子直接加性效应的控制。精米率、垩白率和透明度的剩余方差也达显著或极显著水平,表明抽样误差、环境因素对这几个性状的影响也较为明显。精米率和垩白率性状的表现型方差也达显著或极显

著水平,表明所分析的试验材料在这两个性状间存在较大差异。

2.2 杂交粳稻亲本品质性状的种子遗传效应预测

对遗传方差分量达显著或极显著水平性状的遗传效应作进一步分析,将有助于了解不同亲本的各项遗传效应表现,为选择合适的亲本配制杂交组合提供参考信息,以提高育种后代的选择效率。杂交粳稻 12 个亲本品质性状的种子遗传效应见表 2 和表 3。从表 2 和表 3 可以看出,在糙米率中,216A、2002FR24、1229、98FR2 亲本的种子直接显性效应均达极显著水平,表明选用其配制的杂交粳稻组合,可使糙米率得到显著提高;此外 489A 和秋光 A 的细胞质效应均达极显著水平,因细胞质的遗传效应可遗传给后代,其可用在常规育种中提高后代的糙米率。在精米率中,94FR30 和 2002FR24 的母体显性效应均达极显著水平,16A、2002FR11、1229、98FR2 的种子直接加性和母体加性效应均达显著或极显著水平,其均可用在常规育种中提高后代的精米率。

表 2 杂交粳稻 6 个不育系亲本品质性状的种子遗传效应预测值

Table 2 Seed of genetic effects of qualities traits in 6 CMS line japonica hybrid rice parents		亲本 Parent					
性 状 Traits	效 应 Effect	489A	216A	552A	中作 59A Zhongzuo 59A	16A	秋光 A Qiuguang A
糙米率 BRP	种子直接显性 (V_{DO}) Direct dominant variance	- 0.427 3 **	0.203 3 **	- 0.149 6 **	- 0.502 5 **	- 0.274 9 **	- 0.249 8 **
	细胞质 (V_C) Cytoplasmic variance	0.798 4 **	0.445 4	0.222 3	- 0.000 8 **	0.376 1	0.642 4 **
精米率 MRP	种子直接加性 (V_{AO}) Direct additive variance	1.086 3	1.208 9	- 1.384 5 **	- 1.584 4 **	0.348 3 *	1.043 7
	母体加性 (V_{Am}) Maternal additive variance	0.724 2	0.806 0	- 0.923 0 **	- 1.056 2 **	0.232 2 *	0.695 8
	母体显性 (V_{Dm}) Maternal dominant variance	- 1.007 9 *	0.425 2	- 1.415 0	- 0.565 7	0.151 5	- 0.290 0 *
	种子直接加性 (V_{AO}) Direct additive variance	1.987 8 **	3.507 1	- 1.104 1 **	- 1.189 4 **	0.477 7 **	1.006 6 **
整精米率 HRP	母体加性 (V_{Am}) Maternal additive variance	1.325 2 **	2.338 0	- 0.736 1 **	- 0.792 9 **	0.318 4 **	0.671 1 **
	母体显性 (V_{Dm}) Maternal dominant variance	- 0.907 1 **	1.621 7	- 2.032 3 *	- 0.631 5 **	4.110 4	- 2.320 2
	种子直接显性 (V_{DO}) Direct dominant variance	0.041 2 **	0.035 9 **	- 0.103 7 **	- 0.059 0 **	- 0.004 9	0.037 9 **
长宽比 L/ W	细胞质 (V_C) Cytoplasmic variance	- 0.060 3	- 0.127 4 **	0.119 6 **	0.016 5 **	- 0.066 0	- 0.090 8 *
	种子直接显性 (V_{DO}) Direct dominant variance	0.069 3 **	0.052 2 **	- 0.095 1 **	- 0.044 2 **	- 0.029 8 **	- 0.035 8 **
长厚比 L/ T	细胞质 (V_C) Cytoplasmic variance	- 0.053 8	- 0.141 5 **	0.103 5 **	0.017 4 **	- 0.019 2	- 0.018 4 *
	种子直接加性 (V_{AO}) Direct additive variance	- 2.182 8 **	- 6.881 0 **	10.240 3	1.910 1 **	- 3.163 1 **	- 3.044 0 **
垩白率 CGR	细胞质 (V_C) Cytoplasmic variance	0.909 6 **	- 5.814 3 *	15.218 2	4.748 3 *	2.195 1 **	5.329 8
	母体加性 (V_{Am}) Maternal additive variance	- 1.455 2 **	- 4.587 4 **	6.826 9	1.273 4 **	- 2.108 7 **	- 2.029 3 **
	母体显性 (V_{Dm}) Maternal dominant variance	- 1.312 3 **	0.190 2	- 3.555 4 **	- 1.615 0 **	- 2.338 7 **	- 3.854 3 **
	种子直接加性 (V_{AO}) Direct additive variance	- 2.182 8 **	- 6.881 0 **	10.240 3	1.910 1 **	- 3.163 1 **	- 3.044 0 **

续表 2 Continued of table 2

性 状 Traits	效 应 Effect	亲本 Parent					
		489A	216A	552A	中作 59A Zhongzuo 59A	16A	秋光 A Qiuguang A
垩白面积 SC	种子直接加性(V _{AO}) Direct additive variance	- 0.752 3 **	- 0.398 1 **	- 0.564 6 **	0.330 1	- 0.404 6 **	- 0.182 5
	种子直接显性(V _{DO}) Direct dominant variance	- 0.427 5 **	0.453 9 *	0.289 4 **	- 0.101 0 **	- 0.5501 **	- 0.259 1 **
	母体加性(V _{Am}) Maternal additive variance	- 0.501 5 **	- 0.265 4 **	- 0.376 4 **	0.220 1	- 0.269 7 **	- 0.121 6
	母体显性(V _{Dm}) Maternal dominant variance	- 1.577 2 **	2.510 4 **	1.817 6 **	- 0.727 4 **	- 2.423 2 **	- 1.146 9 **
	种子直接加性(V _{AO}) Direct additive variance	0.358 0 *	0.728 9	- 1.073 0 **	0.354 4 *	0.334 4 **	0.145 3 **
	种子直接显性(V _{DO}) Direct dominant variance	- 0.539 0	0.180 9	- 0.147 9	- 0.003 3	0.395 8	0.062 0
透明度 TR	细胞质(V _C) Cytoplasmic variance	1.761 5	0.518 6	- 1.047 4 **	0.471 1	- 0.512 7 **	0.041 0 *
	母体加性(V _{Am}) Maternal additive variance	0.238 7 *	0.486 0	- 0.715 3 **	0.236 2 *	0.2229 **	0.0968 **
	母体显性(V _{Dm}) Maternal dominant variance						

由表 2 和表 3 还可知,整精米率中的 489A、16A、秋光 A、94FR30、2002FR11、1229 种子直接加性和母体加性效应均达显著或极显著水平,其可用在常规育种中提高后代的整精米率,2002FR24、98FR2 的种子母体显性效应均达极显著水平,选用其配制的杂交粳稻组合可显著提高整精米率。精米长宽比中,489A、216A、秋光 A、2002FR11、2002FR24、1229、FR796 的种子直接显性效应达显著或极显著水平,选用其配制的杂交粳稻组合精米长宽比会得到显著增加;此外 552A、中作 59A、FR796 的细胞质效应均达极显著水平,其可用在常规育种中提高后代的精米长宽比。精米长厚比中,489A、216A、2002FR11、1229 的种子直接显性效应均达极显著水平,选用其配制杂交粳稻组合的精米长厚比可得到极显著增加;552A、中作 59A、2002FR11、FR796 的细胞质效应均达显著或极显著水平,其可用在常规育种中增加后代的精米长厚比。垩

白率中,216A、94FR30、1229、98FR2 的种子直接加性、细胞质和母体加性效应均为负值且达显著或极显著水平,其均可在常规育种中用来降低后代的垩白率;除 216A 外,其他亲本垩白率的母体显性效应均为负值且达极显著水平,选用其配制的杂交粳稻组合垩白率均能得到极显著降低。垩白面积中,489A、16A、2002FR11 的种子直接加性、细胞质和母体加性效应均为负值且达显著或极显著水平,其可用在常规育种中降低杂交后代的垩白面积,另 489A、中作 59A、16A、秋光 A、2002FR11、2002FR24、98FR2 的母体显性效应均为负值且达显著或极显著水平,选用其配制的杂交粳稻组合垩白面积均能得到显著的降低。透明度中,489A、中作 59A、16A、秋光 A 的种子直接加性和母体加性效应均达显著或极显著水平,秋光 A、2002FR11、98FR2 的细胞质效应达显著或极显著水平,其均可用于常规育种中增加后代的透明度。

表 3 杂交粳稻 6 个恢复系亲本品质性状的种子遗传效应预测值

Table 3 Seed of genetic effects of qualities traits in 6 restorer line japonica hybrid parents

性 状 Traits	效 应 Effect	亲本 Parent					
		94FR30	2002FR11	2002FR24	1229	FR796	98FR2
糙米率 BRP	种子直接显性(V _{DO}) Direct dominant variance	- 1.567 2 * *	- 1.106 2 **	0.076 0 **	0.061 1 **	- 0.404 8 **	0.048 7 **
	细胞质(V _C) Cytoplasmic variance	- 1.090 4	- 0.883 5	- 0.107 3 **	0.041 8	- 0.363 0	- 0.081 6 **
	母体加性(V _{Am}) Maternal additive variance	- 2.210 6 **	0.212 7 **	- 1.054 4 **	1.357 6 *	- 0.390 0	1.366 1 *
精米率 MRP	母体加性(V _{Am}) Maternal additive variance	- 1.473 7 **	0.141 8 **	- 0.702 9 **	0.905 1 *	- 0.260 0	0.910 8 *
	母体显性(V _{Dm}) Maternal dominant variance	1.840 2 **	- 0.168 2	0.390 2 **	- 2.480 8 **	- 2.416 1 *	- 0.509 1 **
	种子直接加性(V _{AO}) Direct additive variance	1.304 2 *	0.125 2 **	- 3.079 6 **	2.152 6 **	- 3.711 4 **	- 1.476 7 **
整精米率 HRP	母体加性(V _{Am}) Maternal additive variance	0.869 4 *	0.083 5 **	- 2.053 1 **	1.435 1 **	- 2.474 2 **	- 0.984 5 **
	母体显性(V _{Dm}) Maternal dominant variance	- 3.9608 *	- 1.0481	1.6688 **	- 1.7106 **	- 1.3923 **	2.4669 **
	细胞质(V _C) Cytoplasmic variance						

续表 3 Continued of table 3

性 状 Traits	效 应 Effect	亲本 Parent					
		94FR30	2002FR11	2002FR24	1229	FR796	98FR2
长宽比 L/ W	种子直接显性(V _{DO}) Direct dominant variance	- 0.042 6	0.248 8 **	0.003 1 *	0.110 0 **	0.006 0 *	- 0.006 8 **
	细胞质(V _C) Cytoplasmic variance	- 0.031 3	0.189 3	0.000 9	0.089 1	0.015 8 **	- 0.055 5 **
长厚比 L/ T	种子直接显性(V _{DO}) Direct dominant variance	- 0.017 2 *	0.154 4 **	- 0.056 4 **	0.105 0 **	0.007 9	- 0.004 6 **
	细胞质(V _C) Cytoplasmic variance	- 0.020 4	0.107 6 *	- 0.059 5	0.096 4	0.015 9 **	- 0.028 1 *
	母体加性(V _{Am}) Maternal additive variance	- 0.661 9 **	2.113 9 *	0.936 4 **	- 5.214 0 **	5.842 6	- 0.936 7 **
垩白率 CGR	种子直接加性(V _{AO}) Direct additive variance	- 0.992 9 *	3.170 9 *	1.404 6 **	- 7.821 0 **	8.763 9	- 1.405 1 **
	细胞质(V _C) Cytoplasmic variance	- 6.193 1 *	- 3.507 1	- 5.125 6	- 0.186 0 **	- 2.770 2 *	- 4.804 9 *
	母体显性(V _{Dm}) Maternal dominant variance	- 3.086 7 **	- 1.748 0 **	- 2.554 7 **	- 0.092 7 **	- 1.380 7 **	- 2.394 8 **
垩白面积 SC	种子直接加性(V _{AO}) Direct additive variance	2.193 6 **	- 0.448 9 **	1.689 0 **	- 1.730 7 **	0.371 2	- 0.102 3
	种子直接显性(V _{DO}) Direct dominant variance	0.408 1 **	- 0.118 1 **	0.018 8	0.179 2 **	0.208 2 **	- 0.450 7 **
	母体加性(V _{Am}) Maternal additive variance	1.462 4 **	- 0.299 3 **	1.126 0 **	- 1.153 8 **	0.247 4	- 0.068 2
	母体显性(V _{Dm}) Maternal dominant variance	0.475 3 **	- 0.267 4 **	- 1.087 1 *	2.090 0 **	0.764 7 **	- 2.145 3 **
	母体加性(V _{Am}) Maternal additive variance	0.074 8	- 0.292 1 **	- 0.775 5	1.354 6	- 0.684 8 **	- 0.525 1 **
透明度 TR	种子直接显性(V _{DO}) Direct dominant variance	- 0.326 4 **	- 0.006 7	- 0.528 5	0.284 8	- 0.176 0 **	0.008 6
	细胞质(V _C) Cytoplasmic variance	- 0.832 2	0.174 7 **	- 0.761 7	- 0.201 8 *	0.025 2	0.363 7 **
	母体加性(V _{Am}) Maternal additive variance	0.049 9	- 0.194 7 **	- 0.517 0	0.903 0	- 0.456 5 **	- 0.350 1 **
	母体显性(V _{Dm}) Maternal dominant variance	- 0.992 9 *	3.170 9 *	1.404 6 **	- 7.821 0 **	8.763 9	- 1.405 1 **

2.3 杂交粳稻组合 F₂ 代种子平均杂种优势的预测

水稻杂种优势利用 F₁ 代植株上的 F₂ 代种子,通过对各亲本杂交组合 F₂ 代种子品质性状的平均杂种优势遗传效应预测,结果见表 4。表 4 表明,糙米率正向杂种优势达显著或极显著水平的有 23 个组合,表明这些组合可以明显提高杂交后代糙米率,其中 489A ×2002FR11 的预测值最大,为 0.022 4,其效果最为显著。精米率正向杂种优势达显著或极显著水平的有 11 个组合,表明这些组合对精米率提高的效果较为明显,其中 216A ×98FR2 的预测值最大,为 0.079 8,其效果最为显著。整精米率正向杂种优势达显著或极显著水平的有 11 个组合,表明这些组合对整精米率提高的效果较为明显,其中

489A ×98FR2 的预测值最大,为 0.118 6,表明这个组合的整精米率提高的效果较为显著。在糙米率、精米率、整精米率 3 个性状同时达正向杂种优势且达显著或极显著水平的仅有 489A ×98FR2、552A ×2002FR24 两个组合。精米长宽比正向杂种优势达显著水平仅有中作 59A ×94FR30 一个组合。精米长厚比性状的预测值为正且达显著水平的有 4 个组合,表明这 4 个组合的精米长厚比性状增加较为明显,其中中作 59A ×94FR30 的预测值最大,为 0.081 0。在 F₂ 代种子品质性状平均杂种优势预测分析中,垩白率、垩白面积、透明度 3 个性状均未预测出平均杂种优势达显著水平的组合。

表 4 杂交粳稻组合 F₂ 代品质性状平均杂种优势预测值

Table 4 Predicted value of qualities traits of F₂ crosses in japonica hybrid rice

组合 Cross	糙米率 BRP	精米率 MRP	整精米率 HRP	精米长宽比 L/ W	精米长厚比 L/ T	垩白率 CGR	垩白面积 SC	透明度 TR
489A ×2002FR11	0.022 4 **	0.012 1	0.099 0 *	- 0.000 8	- 0.002 6	0.146 6	0.105 7	0.030 6
489A ×2002FR24	0.010 5 **	- 0.006 1	0.068 5 *	- 0.118 6 **	- 0.050 1 **	0.121 4	- 0.007 9	0.010 3
489A ×122 9	0.009 8	0.009 2	- 0.060 6 *	- 0.031 4 *	0.003 2	0.209 5	- 0.045 2	0.021 7
489A ×FR796	0.007 7 **	0.026 1	0.044 5	- 0.086 4 **	- 0.068 3 *	0.057 8	0.005 2	0.015 5
489A ×98FR2	0.008 9 **	0.063 4 **	0.118 6 **	- 0.041 9	- 0.041 6 **	0.124 5	0.144 2	0.016 6
216A ×94FR30	0.009 4 *	0.002 9	- 0.132 5	0.001 6	- 0.014 3	0.237 1	0.129 0	0.010 4

续表 4 Continued of table 4

组合 cross	糙米率 BRP	精米率 MRP	整精米率 HRP	精米长宽比 L/ W	精米长厚比 L/ T	垩白率 CGR	垩白面积 SC	透明度 TR
216A ×2002FR11	0.015 6 **	- 0.065 0 **	- 0.003 2	- 0.023 5	- 0.008 5	0.129 6	- 0.040 9	0.007 7
216A ×2002FR24	0.012 4 **	0.006 2	0.057 0	- 0.160 3 **	- 0.092 7 **	- 0.063 0	0.032 5	0.004 3
216A ×1229	0.002 2	- 0.005 6 *	- 0.100 6 *	- 0.065 3 **	- 0.031 4 *	- 0.019 0	- 0.140 7	0.008 2
216A ×FR796	0.005 2 **	0.022 1	- 0.013 7	- 0.087 9 **	- 0.072 6 *	- 0.07 86	- 0.149 4	0.001 5
216A ×98FR2	0.006 5 **	0.079 8 **	0.054 3	- 0.033 1	- 0.040 4 *	- 0.388 3	- 0.293 3	0.009 2
552A ×94FR30	- 0.002 6	- 0.0287 **	- 0.048 9	- 0.046 1	- 0.047 9 *	0.271 4	0.031 7	- 0.000 3
552A ×2002FR11	0.012 9 **	- 0.011 3	0.107 7 *	0.062 6	0.033 2	0.640 1	- 0.029 2	0.000 8
552A ×2002FR24	0.014 0 **	0.023 2 **	0.040 0 *	- 0.056 7	- 0.010 6	0.523 6	- 0.129 7	- 0.007 2
552A ×1229	0.002 1	- 0.020 9	0.027 2	0.067 9	0.069 9 *	0.739 8	- 0.045 3	- 0.000 1
552A ×FR796	- 0.000 9	0.055 5 **	0.055 5 *	0.014 9	- 0.003 1	0.215 7	- 0.165 1	- 0.002 9
552A ×98FR2	0.006 3 *	0.028 1	0.064 8 **	0.029 7	0.011 9	0.530 7	- 0.008 1	- 0.012 6
中作 59A ×94FR30 Zhongzuo 59A ×94FR30	0.002 5	0.030 7 **	- 0.105 3	0.136 9 *	0.081 0 *	0.335 0	- 0.034 1	- 0.011 4
中作 59A ×2002FR11 Zhongzuo 59A ×2002FR11	0.012 7 **	- 0.036 3 **	- 0.021 9	0.026 5	- 0.011 5	0.255 6	- 0.006 8	0.009 0
中作 59A ×2002FR24 Zhongzuo 59A ×2002FR24	0.015 6 **	0.000 7	- 0.004 6	- 0.089 1	- 0.040 3 *	0.303 3	0.204 2	0.004 2
中作 59A ×1229 Zhongzuo 59A ×1229	0.000 2	- 0.041 6 **	- 0.051 5	0.029 8	0.032 4 *	0.175 1	- 0.030 2	0.012 3
中作 59A ×FR796 Zhongzuo 59A ×FR796	- 0.002 0	0.055 7 *	0.073 7 **	- 0.025 5	- 0.011 9	0.167 6	- 0.193 5	0.002 4
中作 59A ×98FR2 Zhongzuo 59A ×98FR2	0.001 9	0.021 6 **	0.083 4 **	0.009 7	0.013 4	0.342 4	- 0.003 8	0.004 0
16A ×94FR30	0.005 8 *	0.043 1 *	- 0.008 7	0.037 5	0.033 4 *	0.170 7	0.198 4	0.001 0
16A ×2002FR11	0.015 8 **	- 0.014 6 *	0.065 2	0.011 7	0.011 5	0.263 4	- 0.047 9	- 0.000 6
16A ×2002FR24	0.011 7 **	- 0.010 4	- 0.113 3	- 0.139 8 **	- 0.048 9 *	0.186 9	0.043 6	- 0.009 1
16A ×1229	0.002 4	- 0.001 7	- 0.088 6 **	- 0.014 0	0.026 9	0.190 9	0.091 8	0.002 3
16A ×FR796	0.005 4 *	0.030 0 **	0.002 9	- 0.067 6 **	- 0.028 8	0.059 2	0.111 2	- 0.002 5
16A ×98FR2	0.009 2 *	- 0.009 6	- 0.170 8 *	- 0.021 2	- 0.002 3	0.234 1	0.165 3	- 0.005 1
秋光 A ×94FR30 Qiuguang A ×94FR30	0.001 9	0.023 6	- 0.002 2	- 0.012 2	- 0.008 2	0.266 6	0.161 0	- 0.007 1
秋光 A ×2002FR11 Qiuguang A ×2002FR11	0.017 3 **	- 0.022 5	0.106 8 *	- 0.024 6	0.006 9	0.374 2	0.000 0	0.007 5
秋光 A ×2002FR24 Qiuguang A ×2002FR24	0.015 8 **	0.019 8 **	0.044 0	- 0.115 3 **	- 0.027 0	0.273 7	- 0.057 1	- 0.002 4
秋光 A ×1229 Qiuguang A ×1229	0.007 3 **	0.039 0 *	0.092 3 *	- 0.044 0 *	0.013 7	0.339 3	0.483 1	0.009 9
秋光 A ×FR796 Qiuguang A ×FR796	0.000 8	0.020 3 *	0.012 3	- 0.091 4 **	- 0.044 7	0.126 0	- 0.069 8	0.000 9
秋光 A ×98FR2 Qiuguang A ×98FR2	0.010 7 *	0.000 0	- 0.082 6	- 0.039 6	0.013 1	0.437 0	- 0.127 4	- 0.002 2

3 讨 论

杂交水稻由双亲产生 F₁ 代种子,在 F₁ 代植株上生长的 F₂ 代种子由母体植株供给发育所需的营养物质,除 F₂ 代种子基因可以控制稻米品质性状外,F₁ 代母体植株的基因也会影响稻米品质性状的表达。由于种子性状遗传控制的复杂性,采用正确的种子性状遗传模型,剖析遗传效应与环境效应以及对遗传主效应进行深入分析具有重要的理论与实践意义。对于主要受环境条件影响的性状,可通过栽培方法的优化加以改良,而对于主要受遗传效应控制的性状,可根据遗传效应的来源采取不同的育种策略。稻米品质性状的表现往往会同时受到种

子、细胞质和母体植株多套遗传体系的控制,因此对稻米外观品质性状多种遗传效应进行定量分析,有利于根据不同的遗传效应进行品质改良和选择。

石春海等^[5-6] 研究表明,杂交籼稻的糙米粒长、糙米长宽比、糙米长厚比、垩白面积等外观品质性状主要受母体植株遗传效应的控制。张利华等^[7] 对杂交籼稻的研究表明,整精米粒长、整精米粒宽、整精米长宽比、垩白度以基因加性效应起主导作用,而糙米率、精米率、整精米率、垩白率、垩白大小性状中,遗传变异主要来自基因的非加性效应。李欣等^[8-9] 研究表明,杂交粳稻品质性状中的糙米率、精米率、整精米率、整精米粒长、整精米粒宽、垩白率 6 个性状均受母体植株基因型的控制,品质性状的细胞质

效应并不普遍存在。林建荣等^[10-11]研究表明,杂交粳稻品质性状中的糙米率、糙米长宽比、糙米长厚比均受母体遗传效应和种子直接遗传效应的控制。吕文彦等^[12-13]通过对常规粳稻品种的研究认为,根据种子基因型对糙米率选择最为有效,垩白面积的母体加性方差最大,所以根据种子鉴定的结果对母体基因型选择具有较高效率,垩白率的直接加性方差与母体加性方差均较大,说明种子基因型与植株基因型均对其有较大影响。本研究结果表明,杂交粳稻的整精米率、垩白率、透明度 3 个品质性状均以种子直接加性方差为主,糙米率、精米长宽比、精米长厚比均以种子直接显性方差为主,垩白面积性状以母体显性方差为主,在精米率中未检测出达显著水平的遗传效应,在糙米率和垩白率性状中还检测出了细胞质效应,达极显著水平,这与以上研究结果基本一致。

[参考文献]

[1] 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.
[2] 朱 军. 广义遗传模型与数量遗传分析新方法[J]. 浙江农业大

学学报, 1994, 20(6): 551-559.
[3] 朱 军. 包括基因型 × 环境互作效应的种子遗传模型及其分析方法[J]. 遗传学报, 1996, 23(1): 56-68.
[4] 朱 军. 遗传模型分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
[5] 石春海, 朱 军. 粳型杂交稻稻米外观品质的种子和母体遗传效应分析[J]. 北京农业大学学报, 1993, 19(增刊): 69-74.
[6] 石春海, 朱 军. 粳稻稻米外观品质的细胞质、母体和胚乳遗传效应分析[J]. 生物数学学报, 1996, 11(1): 73-81.
[7] 张利华, 王建军, 王林友, 等. 杂交稻稻米品质的遗传相关分析[J]. 浙江农业科学, 2003(6): 319-323.
[8] 李 欣, 莫惠栋, 王安民, 等. 粳型杂种稻米品质性状的遗传表达[J]. 中国水稻科学, 1999, 13(4): 197-204.
[9] 李 欣, 汤述翥, 印志同, 等. 粳型杂种稻米品质性状的表现及遗传控制[J]. 作物学报, 2000, 26(4): 411-419.
[10] 林建荣, 吴明国, 石春海. 粳型杂交稻稻米外观品质性状的遗传效应研究[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(2): 93-96.
[11] 林建荣, 石春海, 吴明国. 不同环境条件下粳型杂交稻稻米外观品质性状的遗传效应[J]. 中国水稻科学, 2003, 17(1): 16-20.
[12] 吕文彦, 张 鉴, 曹 萍, 等. 粳稻品质及其与产量关系的种子效应与母体效应估测[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(4): 325-328.
[13] 吕文彦, 张 鉴, 邵国军, 等. 粳稻品质性状间及其与经济性状间的遗传相关[J]. 遗传, 2005, 27(4): 601-604.

(上接第 82 页)

[13] Zhao Y, Wang M L, Zhang Y Z, et al. A chlorophyll-reduced seedling mutant in oilseed rape *Brassica napus*, for utilization in F1 hybrid production[J]. Plant Breeding, 2000, 119: 131-135.
[14] 陈云伟. 油菜黄化突变体叶绿体发育特性研究[D]. 成都: 四川大学, 2004.
[15] Zhao Y, Du L F, Yang S H, et al. Chloroplast composition and structural differences in a chlorophyll-reduced mutant of oilseed rape seedlings[J]. Acta Botanica Sinica, 2001, 43(8): 877-880.
[16] 赵 云, 王茂林, 李 江, 等. 幼叶黄化油菜 (*Brassica napus* L.) 突变体 Cr3529 叶绿体超微结构观察[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2003, 40(5): 974-977.

[17] 胡远辉, 王茂林, 张年辉, 等. 幼叶黄化油菜突变体 Cr3529 中 Toc33 cDNA 的克隆和序列分析[J]. 中国农业科学, 2004, 37(8): 1198-1202.
[18] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000: 101-103.
[19] 陈毓荃. 生物化学实验方法和技术[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 120-124.
[20] 李殿荣, 夏永真, 王保仁. 同工酶谱分析鉴定杂交油菜秦油 2 号种子纯度技术研究[J]. 陕西省农垦科技“杂交油菜专辑”, 1992, 2(22): 2-8.
[21] 郭春爱, 刘 芳, 许晓明. 叶绿素 b 缺失与植物的光合作用[J]. 植物生理学通讯, 2006, 42(5): 967-973.