

粳稻谷粒性状遗传效应分析*

马洪文¹, 代晓华², 王 昕¹, 王 坚¹, 强爱玲¹, 刘 炜¹, 史延丽¹

(1 宁夏农林科学院 农作物研究所, 宁夏 永宁 750105;

2 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

[摘 要] 以 489A 等 6 个不育系和 94FR30 等 6 个恢复系配制不完全双列杂交组合, 采用数量性状加性-显性遗传模型(AD), 对粳稻谷粒性状进行了遗传分析。结果表明, 粳稻谷粒的粒长、粒宽、粒厚、长宽比、长厚比等性状主要受基因的显性效应控制; 显性方差比率(V_D/V_P)约为加性方差比率(V_A/V_P)的 2 倍, 宽厚比和千粒重主要受基因的加性效应控制; 在谷粒性状 F_1 代的超亲优势(H_{pb})预测中, 各性状都有正向超亲优势的群体出现。

[关键词] 粳稻; 谷粒性状; 遗传效应; 加性-显性遗传模型; 超亲优势

[中图分类号] S511.032

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)01-0020-05

水稻是我国重要的粮食作物之一, 水稻产量的提高及品质的改良始终是水稻育种工作者追求的目标。粒形是水稻的重要经济性状, 与产量和品质有密切关系^[1-2], 而谷粒性状的遗传多被认为是由多基因控制的数量性状^[3-4], 国内外对谷粒性状的遗传研究主要集中在籼稻品种上^[3-5], 以粳稻特别是北方粳稻品种为研究对象的报道较少^[1, 6-7]。在育种进程中, 育种工作者需要了解亲本及杂交后代的遗传效应, 筛选出适合育种目标的亲本, 以便提高杂交组合配制及后代选择的效果。本试验以粳型不育系和恢复系为材料, 利用数量性状加性-显性遗传模型分析了谷粒各性状的遗传效应, 探讨了各亲本对粳稻谷粒各性状的影响, 以期为北方粳稻品质育种和杂交组合选配提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料包括 489A, 216A, 552A, 中作 59A, 16A 和秋光 A 等 6 个不育系及 94FR30, 2002FR11, 2002FR24, 1229, FR796 和 98FR2 等 6 个恢复系, 均来自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 年配制(6×6)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(P 不育系用相应的保持系代替)及杂交组

合(F_1)。试验采用随机区组设计, 每样本重复 3 次, 4 行区, 行长 1 m, 单株插秧, 每行 11 株, 日常田间管理同大田。在水稻成熟时, 除去最靠边的 2 株, 各小区取样 5 穴, 脱粒后每小区取 10 粒在室内用游标卡尺测量粒长、粒宽、粒厚(精确到 0.02 mm), 计算长宽比、长厚比、宽厚比等谷粒性状; 再随机取 500 粒用精确度为百分之一的天平称千粒重, 重复 2 次。

1.3 统计分析

利用数量性状加性-显性遗传模型^[3, 8-10](AD), 对世代平均数资料采用最小范数二价无偏估算(MNQUE(1))各项方差分量(加性方差 V_A 、显性方差 V_D 、机误方差 V_e)及遗传力。用线性无偏预测法(AUP 法)预测各项遗传效应值(加性效应值 A_i 或 A_j)和显性效应值(D_{ij})。试验数据用 QGA Station 1.0 版软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 性状遗传效应分析

分析谷粒性状各遗传效应分量的大小对杂种后代的选择具有重要意义。12 个供试材料性状的遗传效应见表 1。表 1 表明, 谷粒性状及千粒重的加性效应及显性效应均达到极显著水平; 除宽厚比和千粒重以加性效应为主外, 其他性状均以显性效应为主, 其显性方差(V_D)占总遗传方差(V_P)的 41.2%~54.9%, 且显性方差比率(V_D/V_P)约为加性方差比率(V_A/V_P)的 2 倍; 各性状狭义遗传力(h_N^2)均达到

* [收稿日期] 2005-05-12

[基金项目] 宁夏回族自治区自然科学基金项目(2004AA003)

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

极显著水平, 表明谷粒性状及千粒重均有较好的早期选择效果; 各谷粒性状的机误方差比率(V_e/V_p)也呈极显著水平, 表明环境因素对谷粒性状的影响较大, 其中宽厚比的显性方差仅占总遗传方差的 9.6%, 其加性方差占总遗传方差的 31.7%, 机误方差占总遗传方差的 58.7%, 表明宽厚比主要受环境因素的影响。

表 1 粳稻谷粒性状中遗传方差占表型方差的比率及遗传力

Table 1 Ratio between genetic variances to phenotype variance and heritability of grain trait in japonica rice							
方差分量比率和遗传力 $V_{ar}(G)/V_{ar}$ and heritability	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	粒厚 Grain thickness	长宽比 L/W	长厚比 L/T	宽厚比 W/T	千粒重 1 000-grain-weight
加性方差比率 V_A/V_p	0.260**	0.300**	0.212**	0.301**	0.273**	0.317**	0.723**
显性方差比率 V_D/V_p	0.412**	0.549**	0.522**	0.516**	0.476**	0.096**	0.167**
机误方差比率 V_e/V_p	0.329**	0.151**	0.265**	0.182**	0.251**	0.587**	0.110**
狭义遗传力/ h_N^2	26.0**	30.0**	21.2**	30.1**	27.3**	31.7**	72.3**
广义遗传力/ h_B^2	67.1**	84.9**	73.5**	81.8**	74.9**	41.3**	89.0**

注: *. 达到 0.05 显著水平; **. 达到 0.01 显著水平。下表同。
Note: *. Means at 0.05 significant level; **. Means at 0.01 significant level. The same as below.

2.2 亲本和杂交组合遗传效应的预测

2.2.1 亲本遗传效应的预测 常规育种主要利用基因的加性效应, 只有了解不同亲本的遗传表现, 才能选择合适的亲本配制杂交组合, 提高育种后代的选择效率。谷粒性状加性效应预测结果(表 2)表明, 2002FR 11 具有极显著增加杂交组合后代粒长、长宽比和长厚比的效应, 中作 59A 和 FR 796 具有极显著地增加杂交组合后代粒宽、粒厚和千粒重的效应, 94FR 30 和中作 59A 具有极显著增加杂交组合后代宽厚比的效应, 489A 具有极显著增加杂交组合后代千粒重的效应。

表 2 12 个粳稻品种谷粒性状加性效应的预测值

Table 2 Predicted value of grain traits in 12 japonica rice varieties							
亲本 Parents	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	粒厚 Grain thickness	长宽比 L/W	长厚比 L/T	宽厚比 W/T	千粒重 1 000-grain-weight
489A	0.050*	0.033*	0.000	- 0.011	0.018	0.016**	1.306**
216A	- 0.193**	0.004	0.013	- 0.066**	- 0.105**	- 0.007	- 0.673**
552A	0.045	0.009	- 0.007	0.005	0.028	0.009*	- 0.176
中作 59A	0.044*	0.109**	0.039**	- 0.061**	- 0.039**	0.024**	0.714**
16A	- 0.047*	0.032**	0.024**	- 0.040**	- 0.057**	- 0.002	0.423**
秋光 A	- 0.041*	- 0.045**	- 0.005	0.017	- 0.013	- 0.018**	0.002
94FR 30	- 0.060*	- 0.006	- 0.040**	- 0.016	0.031*	0.027**	- 2.238**
2002FR 11	0.116**	- 0.110**	- 0.063**	0.120**	0.152**	- 0.007	- 0.560**
2002FR 24	- 0.032	- 0.037**	0.001	0.017	- 0.014	- 0.018**	- 0.352**
1229	0.006	- 0.078**	- 0.023**	0.057**	0.037**	- 0.021**	- 0.504**
FR 796	0.080**	0.108**	0.050**	- 0.045**	- 0.035**	0.015*	2.569**
98FR 2	0.033	- 0.017	0.012	0.022*	- 0.003	- 0.017**	- 0.511**

2.2.2 杂交组合遗传效应的预测 以显性效应为主的性状, 表明杂种 F_1 代中该性状等位基因内的显性互作效应明显, 这也是杂种优势利用的理论依据, 在粳稻杂种优势利用选配组合时, 要重视亲本性状的显性作用。由表 3 可以看出, 粒长显性效应值较大的组合有 216A $\times$ 94FR 30, 16A $\times$ 2002FR 24, 16A $\times$ 98FR 2, 表明这几个杂交组合 F_1 代的谷粒长较亲本显著增加; 粒宽、粒厚显性效应值均较大的组合是 216A $\times$ 2002FR 11, 秋光 A $\times$ 2002FR 24, 中作 59A $\times$ 1229, 表明这几个杂交组合 F_1 代的谷粒宽和谷粒厚较亲本显著增大; 长宽比显性效应值较大的组合有 216A $\times$ FR 796, 552A $\times$ 2002FR 24, 秋光 A $\times$ 2002FR 11, 长宽比是水稻外观品质中一个较为重要的性状, 市场上长宽比大的稻米较受消费者的喜爱; 长厚比显性效应值较大的组合有 216A $\times$ FR 796, 552A $\times$ 2002FR 24, 16A $\times$ 2002FR 24; 大部分组合宽厚比的显性效应值较小, 仅有 2 个组合 F_1 代的宽厚比预测值是正向且达显著水平; 千粒重的显性效应值较大的组合有 489A $\times$ FR 796, 中作 59A $\times$ 1229, 16A $\times$ FR 796, 表明这几个杂交组合 F_1 代的千粒重

较亲本显著增高。

表 3 部分 F₁ 代各组合谷粒性状显性效应的预测值
Table 3 Predicted value of grain traits in part of F₁ crosses

组合 Cross	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	粒厚 Grain thickness	长宽比 L/W	长厚比 L/T	宽厚比 W/T	千粒重 1 000-grain- weight
489A × FR 796	0 142**	0 018	0 002	0 030	0 058	0 004	0 786**
489A × 98FR 2	0 101**	0 147*	0 074**	- 0 064	- 0 056**	0 010	- 0 006
216A × 94FR 30	0 204**	0 082**	0 057**	0 013	0 014	- 0 001	- 0 362
216A × 2002FR 11	- 0 239**	0 263**	0 160*	- 0 258**	- 0 323**	0 010	0 188
216A × FR 796	0 114**	- 0 297**	- 0 156**	0 235**	0 261**	- 0 018	0 269
552A × 94FR 30	0 114**	0 143**	0 024	- 0 057*	0 017	0 028**	0 045
552A × 2002FR 24	0 117	- 0 151**	- 0 112**	0 144*	0 213**	0 003	- 0 251
552A × 98FR 2	0 024	0 154**	0 120**	- 0 095**	- 0 150**	- 0 005	0 234
中作 59A × 1229	0 132*	0 194**	0 124*	- 0 088**	- 0 104	0 005	0 778*
中作 59A × FR 796	0 002	0 165**	0 079	- 0 096**	- 0 098*	0 011	- 1 260**
16A × 2002FR 11	0 039	0 170	0 081	- 0 109	- 0 100	0 013*	0 309
16A × 2002FR 24	0 161*	- 0 117**	- 0 089**	0 131**	0 192**	0 003	0 004
16A × FR 796	- 0 174**	0 018	0 032	- 0 068*	- 0 117*	- 0 007	1 505**
16A × 98FR 2	0 165**	0 109*	0 116**	- 0 020	- 0 077	- 0 014	- 0 275
秋光 A × 2002FR 11	0 019	- 0 184**	- 0 084**	0 145**	0 126**	- 0 018*	0 029
秋光 A × 2002FR 24	0 002	0 243**	0 151**	- 0 163**	- 0 196**	0 007	0 361**

2 2 3 谷粒性状的杂种优势预测 由于各组合的 D_{ij} (或 A_{ij}) 效应值方向不尽相同, 因此所分析的杂种优势随组合而异。从表 4 中部分谷粒性状 F₁ 代超亲优势(Hpb) 预测值可以看出, 在超亲优势达显著水平的 F₁ 代组合中, 各谷粒性状 F₁ 代超亲优势具有负向优势效应的居多, 具有正向杂种优势的组合较少, 正向优势组合多的性状依次是宽厚比、粒厚、长宽比、粒宽、长厚比、千粒重、粒长。在稻米品质中占有重要地位的粒长及长宽比为正向显著的组合, 分别仅占其性状达显著组合的 18.6% 和 16%。在较为重要的几个谷粒性状中, 粒长仅有 216A × 94FR 30, 16A × 2002FR 24, 16A × 98FR 2 这 3 个组

合 F₁ 代的正向超亲优势呈显著或极显著水平, 最大超亲优势预测值为 0.044; 在粒宽性状上, 有 8 个组合 F₁ 代的正向超亲优势呈极显著水平, 超亲优势预测值幅度为 0.064~ 0.181, 其中 16A × 98FR 2 组合的最高; 在长宽比性状中, 有 9 个组合 F₁ 代的正向超亲优势呈极显著水平, 超亲优势预测值幅度为 0.089~ 0.338, 除一个组合外另 8 个组合与粒宽组合相同, 最高值也是 16A × 98FR 2 组合; 千粒重有 5 个组合 F₁ 代的正向超亲优势呈显著或极显著水平, 超亲优势预测值幅度为 0.026~ 0.05, 其超亲优势预测值在几个谷粒性状中是最小的。

表 4 不同组合 F₁ 代谷粒性状超亲优势的预测值

Table 4 Predicted value of over parent heterosis for grain traits for F₁ crosses

组合 Cross	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	粒厚 Grain thickness	长宽比 L/W	长厚比 L/T	宽厚比 W/T	千粒重 1 000-grain- weight
489A × 94FR 30	0 010	- 0 008	- 0 025	0 014	0 037	0 069**	- 0 082**
489A × 2002FR 11	- 0 110**	- 0 188**	- 0 266**	- 0 433**	- 0 457**	- 0 979**	- 0 059**
489A × 2002FR 24	0 000	- 0 073**	- 0 119**	- 0 050*	- 0 021	- 0 104**	- 0 033**
489A × 1229	- 0 071**	- 0 151**	- 0 219**	- 0 236**	- 0 296**	- 0 654**	- 0 081**
489A × FR 796	0 016	- 0 031	- 0 095**	- 0 026	0 046**	0 091**	- 0 019
489A × 98FR 2	0 012	0 043	0 104**	0 104**	0 041	0 059**	- 0 049**
216A × 94FR 30	0 044**	0 153**	0 244**	0 243**	0 191**	0 454**	- 0 013**
216A × 2002FR 11	- 0 139**	- 0 158**	- 0 094*	- 0 399**	- 0 559**	- 1 220**	0 007
216A × 2002FR 24	- 0 066**	- 0 053**	- 0 062**	- 0 220**	- 0 231**	- 0 439**	- 0 028**

续表 4 Continued Table 4

组合 Cross	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	粒厚 Grain thickness	长宽比 L/W	长厚比 L/T	宽厚比 W/T	千粒重 1 000-grain- weight
216A × 1229	- 0.102**	- 0.188**	- 0.219**	- 0.378**	- 0.423**	- 0.940**	- 0.019
216A × FR 796	- 0.023	- 0.229**	- 0.445**	- 0.314**	- 0.125**	- 0.328**	- 0.135**
216A × 98FR 2	- 0.005	0.084**	0.195**	0.100**	- 0.013	- 0.010	0.075
552A × 94FR 30	- 0.001	0.029	0.022	- 0.009	0.012	0.075**	- 0.051**
552A × 2002FR 11	- 0.073**	- 0.129**	- 0.187**	- 0.300**	- 0.305**	- 0.650**	0.026**
552A × 2002FR 24	0.003	- 0.068**	- 0.162**	- 0.087*	0.011	0.013	0.001
552A × 1229	- 0.071*	- 0.131**	- 0.210**	- 0.246**	- 0.294**	- 0.639**	- 0.017
552A × FR 796	- 0.013	- 0.136**	- 0.262**	- 0.189**	- 0.079**	- 0.205**	- 0.117**
552A × 98FR 2	- 0.003	0.025	0.087**	0.057	- 0.012	- 0.049**	0.013
中作 59A × 94FR 30	- 0.001	0.020	0.001	- 0.021	0.013	0.075**	- 0.086**
中作 59A × 2002FR 11	- 0.074*	- 0.107**	- 0.145**	- 0.273**	- 0.311**	- 0.658**	0.007
中作 59A × 2002FR 24	- 0.013	0.016	0.022	- 0.031	- 0.033*	- 0.038	- 0.043**
中作 59A × 1229	- 0.022	0.082**	0.162**	0.099**	- 0.081*	- 0.148**	0.005
中作 59A × FR 796	- 0.008	- 0.012	- 0.013	- 0.025*	- 0.027	- 0.056**	- 0.136**
中作 59A × 98FR 2	- 0.012	- 0.054**	- 0.077**	- 0.066*	- 0.056*	- 0.151**	- 0.019*
16A × 94FR 30	0.014	0.085**	0.141**	0.109**	0.073**	0.195**	- 0.081**
16A × 2002FR 11	- 0.073**	- 0.036	0.045	- 0.170**	- 0.303**	- 0.642**	0.017
16A × 2002FR 24	0.030*	0.079**	0.076**	0.091**	0.138**	0.361**	0.008
16A × 1229	- 0.055**	- 0.066**	- 0.042**	- 0.164**	- 0.230**	- 0.502**	- 0.014
16A × FR 796	- 0.049**	- 0.174**	- 0.272**	- 0.270**	- 0.213**	- 0.506**	- 0.051**
16A × 98FR 2	0.037**	0.181**	0.338**	0.338**	0.150**	0.331**	- 0.006
秋光 A × 94FR 30	- 0.004	0.013	0.021	- 0.005	- 0.009	0.007	- 0.027**
秋光 A × 2002FR 11	- 0.076**	- 0.181**	- 0.252**	- 0.329**	- 0.321**	- 0.729**	0.038*
秋光 A × 2002FR 24	- 0.002	0.103**	0.236**	0.138**	0.008	0.030	0.049**
秋光 A × 1229	- 0.090**	- 0.148**	- 0.155**	- 0.313**	- 0.371**	- 0.822**	0.050*
秋光 A × FR 796	- 0.016	- 0.114**	- 0.202**	- 0.155**	- 0.086**	- 0.227**	- 0.076**
秋光 A × 98FR 2	0.016	0.064**	0.098**	0.089**	0.070**	0.173**	0.026*

3 讨 论

在水稻谷粒性状遗传研究方面, 前人的结果不尽一致。库希等^[11]报道, 在所研究的 75 个常规稻杂交组合中, 没有一个组合在粒长和长宽比方面表现出超亲优势。石春海等^[3]利用加性- 显性遗传模型对早籼稻谷粒性状的研究结果表明, 粒长、粒宽、粒厚、长宽比及粒重等性状均以加性效应为主, 且加性方差比率占表现型方差的比例为 50.9%~ 95%。杨联松等^[6]对粳稻的研究表明, F₁ 代谷粒长、宽、重等性状平均值介于双亲之间, 主要受母本及父母本平均值的影响, 父本对其影响相对较小。符福鸿等^[5]对 30 个籼稻杂交组合进行分析后认为, 谷粒长、宽、长宽比及千粒重性状的加性基因效应起主导作用。李欣等^[7]对粳型杂交稻品质性状的遗传研究表明, 粒

长、粒宽以加性效应为主, 但显性效应也达极显著水平。本试验对 36 个粳稻杂交组合的分析表明, 粒长、粒宽、粒厚、长宽比、长厚比等性状均以显性效应为主, 宽厚比和千粒重以加性效应为主, 在对谷粒性状 F₁ 群体所进行的超亲优势 (Hp_b) 预测值中, 各性状均有超亲群体出现。本试验与前人的研究结果不完全相同, 这可能是由于供试材料和试验分析方法不同所致。

在本试验中, 粳稻几个谷粒性状的机误方差比例均达到极显著水平, 这表明其除受加性- 显性效应作用外, 可能还存在着其他效应, 这有待今后通过采用其他遗传模型, 或增加杂交世代数来进一步研究其遗传效应, 以便更好地揭示水稻数量性状的遗传规律。

[参考文献]

- [1] 陈温福, 马殿荣, 吕英娜, 等. 稻谷粒形与稻米主要品质性状的关系[J]. 作物学报, 2004, 30(9): 894-900
- [2] 张亚东, 汤述翥, 江宇飞, 等. 粳稻粒重与外观品质的相关性[J]. 江苏农业学报, 2004, 20(2): 70-75
- [3] 石春海, 申宗坦. 早籼稻谷粒性状遗传效应的分析[J]. 浙江农业大学学报, 1994, 20(4): 405-410
- [4] 石春海, 申宗坦. 早籼粒形性状的遗传和改良[J]. 中国水稻科学, 1995, 9(1): 27-32
- [5] 符福鸿, 王 丰, 黄文剑, 等. 杂交水稻谷粒性状的遗传分析[J]. 作物学报, 1994, 20(1): 39-45
- [6] 杨联松, 白一松, 陈多璞, 等. 粳稻粒形遗传初步研究[J]. 杂交水稻, 2002, 17(6): 46-48
- [7] 李 欣, 莫惠栋, 王安民, 等. 粳型杂种稻米质性状的遗传表达[J]. 中国水稻科学, 1999, 13(4): 197-204
- [8] 朱 军. 遗传模型分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 66-87; 175-201
- [9] Zhu Jun. Mixed model approaches for estimating genetic variances and covariances[J]. Journal of Biomathematics(生物数学学报), 1992, 7(1): 1-11.
- [10] 徐绍英, 闫新甫, 陈庆良, 等. 二棱大麦熟期性状的遗传研究[J]. 生物数学学报, 1998, 13(1): 74-79
- [11] 库希, 库码, 弗马尼 S S, 等. 水稻谷粒性状的遗传研究[C]//傅相全. 杂交水稻国际学术讨论会论文集. 长沙: 湖南杂交水稻研究中心, 1986: 478-482

Genetic effect analysis of of grain trait in paddy rice

MA Hong-wen¹, DAI Xiao-hua², WANG Xin¹, WANG Jian¹,
QIANG Ai-ling¹, LIU Wei¹, SHI Yan-li¹

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

2 College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: Genetic effect analysis of grain traits was based on the experiment of paddy rice by using an additive-dominance genetic model (AD). The crosses were made by using six steriling lines (489A etc) as females and six resume lines (94FR30 etc) as males in incomplete diallel crosses. The results showed that the grain traits, such as grain length, grain width, grain thickness, ratio of grain length to width and ratio of grain length to thickness etc, were mainly controlled by dominance genetic effects; $V_D/\sqrt{V_p}$ was twice the value of $V_A/\sqrt{V_p}$, and ratio of grain width to thickness and 1000-grain weight were mainly controlled by additive genetic effects. The groups of height beyond parent were presented on all grain traits through the predicted value of height beyond parent in F_1 hybrids.

Key words: paddy rice; grain traits; genetic effect; AD genetic model; Hpb