

# 籼稻稻米外观品质的细胞质、母体和胚乳 遗传效应分析

石春海 朱 军  
(浙江农业大学农学系,杭州 310029)

## GENETIC ANALYSIS OF ENDOSPERM, CYTOPLASMIC AND MATERNAL EFFECTS FOR EXTERIOR QUALITY TRAITS IN *INDICA* RICE

Shi Chunhai Zhu Jun

(Department of Agronomy, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou, 310029)

### ABSTRACT

Analysis of endosperm, cytoplasmic and maternal effects for exterior quality traits of early season *Indica* rice (*Oryza sativa* L.) was conducted based on the genetic model for quantitative traits of seeds in cereal crops. Nine cytoplasmic male sterile lines (Zhen-shan 97 A etc.) as females and five restoring lines (T49 etc.) as males were used in incomplete diallel crosses. The results indicated that the exterior traits for brown rice were controlled by endosperm, cytoplasmic and maternal genetic effects. Maternal heritability was more important for brown rice length (BRL), ratio of brown rice length to width (L/W) and ratio of brown rice length to thickness (L/T). But brown rice width (BRW) and brown rice thickness (BRT) were mainly controlled by endosperm direct heritability. Cytoplasm heritabilities were also important for BRL and L/W. Correlation analysis showed that the genetic correlations between BRL and BRW, BRL and BRT, BRW and BRT, BRW and L/W, BRT and L/T, or L/W and L/T were mainly controlled by endosperm and maternal additive effects. But endosperm and maternal dominance correlations between BRL and L/W, BRL and L/T, BRW and L/T, or BRT and L/W were more important than additive correlations. Predicted genetic effects showed that  $V_{20A}$ ,

• 本研究由国家教委《跨世纪优秀人才专项基金》和浙江省科委资助。

收稿日期:1995—08—03

Zuo 5 A and Cezao 2-2 were better than other parents, their genetic effects could improve the exterior traits of rice. Crosses of  $V_{20}A/102$  and Zuo 5 A/Cezao 2-2 had exterior quality better than others.

**Key words** Cytoplasmic and maternal genetic effects, exterior quality, heritability, correlation, *Indica* rice

**摘要** 利用浙协 2 号 A 等 9 个籼型不育系和 T49 等 5 个籼型恢复系进行不完全双列杂交, 研究了籼稻稻米外观品质的遗传效应. 结果表明, 稻米外观品质性状的表现受制于胚乳、母体和细胞质三套遗传体系. 糙米长、长宽比和长厚比等性状以母体遗传率为主, 而糙米宽和糙米厚则以胚乳直接遗传率为主, 糙米长和长宽比等性状的细胞质遗传率亦很重要. 结果还发现外观品质性状间存在着较强的遗传相关, 其中糙米长与糙米宽、糙米长与糙米厚、糙米宽与糙米厚、糙米宽与长宽比、糙米厚与长厚比以及糙米长宽比与长厚比性状间以胚乳直接加性和母体加性相关为主. 而糙米长与长宽比、糙米长与长厚比、糙米宽与长厚比以及糙米厚与长宽比性状间则以胚乳直接显性和母体显性相关为主. 就外观品质的总体情况而言, 遗传效应预测值表明参试亲本以  $V_{20}A$ 、作 5A 和测早 2-2 较好, 其各种遗传效应能够显著改善稻米品质性状.  $V_{20}A/102$  和作 5A/测早 2-2 等组合具有较好的稻米外观品质.

**关键词** 细胞质和母体遗传效应, 稻米外观品质, 遗传率, 相关, 籼稻

**分类号** S 331

籼稻稻米是我国南方人民的主要食粮, 随着市场经济的发展和人民生活水平的逐步提高, 对稻米尤其是籼米的品质要求日益提高, 因此改良籼稻稻米的外观品质已经成为一项迫切而重要的任务. 在籼稻稻米外观品质的鉴定中, 目前公认的优质米标准为长粒或细长粒形、无或蛋白极少、米粒透明, 且糙米率和整精米率高. 稻米外观品质的好坏, 虽与环境条件有一定的关系, 但主要受遗传效应的制约, 因此研究种子品质性状的遗传规律有利于提高籼稻品质育种效率. 由于稻米胚乳中的营养物质由母体植株提供, 故一些稻米品质性状除受制于胚乳本身三倍体核基因外, 还会受到二倍体母体植株基因的控制<sup>[1-4]</sup>. 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, 从而间接影响性状表达. 但目前对胚乳性状中细胞质遗传效应的研究甚少<sup>[5,6]</sup>. 国内外已有的研究尚不能同时估算出控制稻米品质性状遗传的胚乳直接效应、母体效应和细胞质效应以及各遗传效应间的多种遗传相关, 也未能进一步将狭义遗传率分解为胚乳直接遗传率、母体遗传率和细胞质遗传率.

本研究旨在利用一些籼稻杂交组合和亲本同时分析稻米外观品质性状中胚乳、母体植株以及细胞质三套遗传体系的基因效应, 将狭义遗传率分解为胚乳直接遗传率、母体遗传率和细胞质遗传率, 预测杂交亲本和组合的遗传效应值, 并进一步分析不同品质性状间的多种遗传相关分量, 以明确籼稻稻米品质等性状受多套遗传体系影响时的遗传规律, 为水稻品质育种提供更为可靠的理论依据, 推动我国“一优二高”农业的发展.

## 1 材料与方法

试验在浙江农业大学实验农场进行。1993 年采用浙协 2 号  $A(P_1)$ 、协青早  $A(P_2)$ 、浙南 3 号  $A(P_3)$ 、冈型朝阳 1 号  $A(P_4)$ 、印型朝阳 1 号  $A(P_5)$ 、二九青  $A(P_6)$ 、 $V_{20}A(P_7)$ 、作 5A  $(P_8)$ 、珍汕 97A  $(P_9)$  等 9 个籼型不育系和 T49  $(P_{10})$ 、测早 2-2  $(P_{11})$ 、26715  $(P_{12})$ 、102  $(P_{13})$  和 1391  $(P_{14})$  等 5 个籼型恢复系配成不完全双列杂交  $(9 \times 5)$ 。1994 年早季种植亲本和  $F_1$ ，单本插，各小区种 24 株，3 次重复，开花期由亲本配制  $F_1$  当代种子，同时亲本和  $F_1$  植株自交获得亲本和  $F_2$  种子。成熟时各小区取中间 8 株亲本或  $F_1$  植株上的  $F_2$  种子以及当代杂交获得的  $F_1$  种子，测定糙米长、糙米宽、糙米厚、糙米长宽比和糙米长厚比等性状。

采用 MINQUE  $(0/1)$  法<sup>[7,8]</sup> 估算各性状的胚乳直接加性方差  $(V_A)$ 、胚乳直接显性方差  $(V_D)$ 、母体加性方差  $(V_{Am})$ 、母体显性方差  $(V_{Dm})$ 、细胞质方差  $(V_c)$ 、胚乳直接加性效应与母体加性效应的协方差  $(C_{A, Am})$ 、胚乳直接显性效应与母体显性效应的协方差  $(C_{D, Dm})$  和剩余方差  $(V_e)$  等 7 项方差和协方差分量。同时估算胚乳直接遗传率  $(h_A^2)$ 、母体遗传率  $(h_m^2)$  和细胞质遗传率  $(h_c^2)$  以及成对性状间的胚乳直接加性相关  $(r_A)$ 、胚乳直接显性相关  $(r_D)$ 、母体加性相关  $(r_{Am})$ 、母体显性相关  $(r_{Dm})$  和细胞质相关  $(r_c)$  等多种遗传相关分量。

利用调整无偏预测法 (Adjusted Unbiased Prediction, 简称 AUP 法)<sup>[9]</sup> 预测品质性状的各项遗传效应值，评判亲本的育种价值和组合的杂种优势。某个性状的胚乳或母体总体杂种优势表现，依据标准化的显性方向  $(\Delta_o = -\frac{\sum_i \hat{D}_{ii}}{\sqrt{n\sigma_p^2}}$  或  $\Delta_m = -\frac{\sum_i \hat{D}_{m_i}}{\sqrt{n\sigma_{D_m}^2}}$ ) 的大小和方向判定，如果该值大于 0，说明存在正向杂种优势，小于 0 测存在负向杂种优势<sup>[10,11]</sup>。

采用 Jackknife 数值抽样技术<sup>[12]</sup> 对各组合的世代平均数进行抽样，计算各项参数估计值或遗传效应预测值的标准误。所有数据的运算和分析在 IBM PC 微机上进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 稻米外观品质的遗传方差和遗传率分析

遗传方差分析结果表明 (表 1)，除了糙米长厚比性状的细胞质方差  $(V_c)$  未达显著水平外，其它外观品质的各项遗传方差分量均已达到极显著水平。由此可见，稻米外观品质性状的表达受多种遗传体系的控制。基因的加性效应和显性效应以及细胞质遗传效应对稻米外观品质性状都有显著的作用。糙米长、长宽比和长厚比等性状主要受母体效应控制，母体遗传方差  $(V_{Am} + V_{Dm})$  占总遗传方差量  $(V_A + V_D + V_{Am} + V_{Dm} + V_c)$  的 52.58-65.70%，并具有较大的母体加性方差  $(V_{Am})$ 。因此，根据母体植株的总体表现对这些性状进行选择可以获得较好的效果。而糙米宽和糙米厚性状则主要受制于胚乳核基因效应，其胚乳直接遗传方差  $(V_A + V_D)$  分别占总遗传方差量的 49.75% 和 47.10%。且具有较大的胚乳直接加性方差  $(V_A)$ 。对这两个性状的改良应以单粒种子选择为主。研究结果证实控制各性状的基因效应以加性为主，加性方差  $(V_A + V_{Am})$  占总遗传方差量的 73.02-83.11%，依次为糙米长厚比、糙米长、糙米宽、长宽比和糙米厚，对这些品质性状的选择可以取得较好的效果。除糙米长厚比未测到细胞质效应外，其它外观品质性状在不同程度上受到细胞质遗传

效应的影响. 但由于细胞质遗传方差( $V_c$ )仅占总遗传方差量的 9.18-17.21%, 故与胚乳和母体遗传效应相比, 上述稻米外观品质性状中的细胞质效应较弱. 在所分析的性状中, 仅糙米长厚比性状的显性效应协方差( $C_{D \cdot D_m} = 0.006^*$ )达到显著水平, 说明影响该性状的胚乳和母体显性效应作用方向相同, 其它外观品质性状中胚乳核基因遗传效应的表现与母体植株核基因遗传效应的表现无关.

表 1 结果还表明, 稻米外观品质的剩余方差( $V_e$ )均达到显著水平, 说明籼稻米外观品质性状的表现除了受各种遗传效应的控制外, 还明显受到环境机误或抽样误差的影响, 但其值不大. 这表明上述品质性状主要受制于基因的各种遗传效应.

由于上述外观品质同时受到三套遗传体系(胚乳核基因、母体植株基因和细胞质基因)的控制, 狭义遗传率也可进一步区分为胚乳直接遗传率( $h_o^2$ )、母体遗传率( $h_m^2$ )和细胞质遗传率( $h_c^2$ ). 试验结果表明(表 1), 糙米长、长宽比和长厚比等品质性状的母体遗传率( $h_m^2$ )较高, 而糙米宽的胚乳直接遗传率( $h_o^2$ )较高, 均已达极显著水平; 在低世代对这些性状进行选择能够取得良好的效果. 糙米长和长宽比性状的细胞质遗传率( $h_c^2$ )亦达到显著水平, 说明在总遗传率中细胞质遗传率也是重要的.

表 1 籼稻米外观品质的遗传方差和协方差分量估计值

参数	糙米长	糙米宽	糙米厚	糙米长宽比	糙米长厚比
$V_A$	0.344**	0.041**	0.019**	0.062**	0.030**
$V_D$	0.049**	0.005**	0.003**	0.011**	0.012**
$V_c$	0.094**	0.010**	0.006**	0.027**	0.009
$V_{A_m}$	0.491**	0.030**	0.015**	0.095**	0.073**
$V_{D_m}$	0.050**	0.006**	0.003**	0.017**	0.009**
$V_{A \cdot A_m}$	-1.166	-0.007	-0.006	-0.013	0.002
$V_{D \cdot D_m}$	-0.004	-0.001	-0.000	-0.001	0.006*
$V_e$	0.025**	0.005**	0.004**	0.007**	0.014**
$h_o^2$	0.249**	0.419**	0.350	0.258**	0.208*
$h_m^2$	0.456**	0.284*	0.247	0.430**	0.485**
$h_c^2$	0.132**	0.125	0.168	0.144*	0.000

\* 和 \*\* 分别为 5% 和 1% 显著水平

## 2.2 稻米外观品质遗传效应的预测

遗传方差分析的结果表明各遗传效应对稻米外观品质的表现存在不同程度的影响, 因此有必要对达到显著水平的遗传效应作进一步的分析, 预测杂交组合的杂种优势、了解杂交亲本的育种价值.

胚乳直接加性效应( $A$ )、母体加性效应( $A_m$ )和细胞质效应( $C$ )的预测值(表 2)表明, T49( $P_{10}$ )、测早 2-2( $P_{11}$ )、26715( $P_{12}$ )、102( $P_{13}$ )和 1391( $P_{14}$ )等 5 个籼型恢复系的胚乳直接加性效应( $A$ )在不同性状的表现中多数起负向的减值作用, 而母体加性效应( $A_m$ )则主要起正向的增值作用. 故这些恢复系的母体加性效应或胚乳直接加性效应可以分别提高或降低除糙米宽之外的稻米外观品质. 由于糙米宽度的下降可以增加长宽比, 改善稻米粒形, 26715、102 和 1391 三个亲本负向的胚乳直接加性效应有利于降低后代的糙米宽, 但 T49 的正向的胚乳直接加性效应则表现为增值作用; 测早 2-2 或 102、26715 的负向母体

加性效应或正向母体加性效应亦会分别降低或增加糙米宽度. 在不育系中, 可以发现多数亲本的胚乳直接加性效应(A)主要表现为正向的增值作用, 而母体加性效应(A<sub>m</sub>)则主要起负向的减值作用. 这说明不育系中控制稻米外观品质的遗传效应与上述恢复系有所不同, 这些不育系的胚乳直接加性效应可以改善除糙米宽之外的稻米外观品质, 其母体加性效应则起减值作用. 虽然多数亲本的胚乳和母体加性效应是起反方向作用, 但浙协 2 号 A(P<sub>1</sub>)和协青早 A(P<sub>2</sub>)的糙米宽的两种加性效应均为同方向的减值作用, 有利于提高糙米长宽比, 这两个亲本的糙米长厚比性状中胚乳和母体加性效应则表现为同方向的增值作用; 而冈型朝阳 1 号 A(P<sub>4</sub>)和印型朝阳 1 号 A(P<sub>5</sub>)的糙米长宽比和长厚比性状的胚乳和母体加性效应起相同方向的减值作用, 会降低后代糙米长宽比和长厚比. 细胞质效应预测值的结果表明, 1391 和浙南 3 号 A(P<sub>3</sub>)的细胞质效应能够分别明显降低和增加糙米宽度; 浙协 2 号 A、协青早 A、V<sub>20</sub>A(P<sub>7</sub>)和作 5(P<sub>8</sub>)的细胞质效应则可以显著提高糙米厚度. 就外观品质的总体情况而言, 参试亲本以 V<sub>20</sub>A、作 5A 和测早 2-2 为好, 三种遗传效应能够显著改善多数外观品质性状, 26715 亦具有较好的遗传效应.

表 2 籼稻稻米外观品质的遗传效应预测值

亲本	糙米长			糙米宽			糙米厚			糙米长宽比			糙米长厚比	
	A	C	A <sub>m</sub>	A	C	A <sub>m</sub>	A	C	A <sub>m</sub>	A	C	A <sub>m</sub>	A	A <sub>m</sub>
P1	0.339**	0.007	-0.143	-0.038**	-0.044	-0.071+	0.034**	0.047+	-0.063*	0.159**	0.010	-0.003	0.063+	0.058+
P2	0.332**	0.069	-0.149+	-0.024*	-0.032	-0.149*	0.044**	0.063*	-0.079**	0.141**	0.047	0.083**	0.053*	0.071**
P3	0.040	-0.066	0.099	0.017*	0.079+	-0.043	0.007	-0.001	-0.012	-0.011	-0.032	0.062	0.034	0.080
P4	-0.064	0.028	-0.243**	0.059**	0.063+	0.065	0.022	-0.023	-0.018	-0.089*	-0.041	-0.122**	-0.049+	-0.116**
P5	-0.043	0.013	-0.489**	0.052**	0.042	-0.000	0.027*	-0.016	0.008	-0.079*	-0.035	-0.176**	-0.053	-0.281**
P6	-0.003	0.113	-0.491**	0.074**	0.076	-0.027	0.051**	0.064	-0.116**	-0.083**	-0.009	-0.147**	-0.065+	-0.086*
P7	0.351**	0.172	-0.150	-0.004	0.018	0.165	0.038*	0.089**	-0.024	0.122**	0.052	-0.067	0.064*	-0.029
P8	0.356**	0.043	-0.291	0.050*	0.054	0.014	0.051**	0.053+	-0.001	0.066*	0.018	-0.101	0.043+	-0.127**
P9	0.063	0.145	-0.316*	0.063**	-0.016	0.110	0.034+	0.043	-0.009	-0.046**	0.060	-0.195**	-0.025	-0.152**
P10	-0.197*	0.007	0.274*	0.054*	-0.029	-0.009	-0.022	-0.071	0.036	-0.108**	0.001	0.126*	-0.028	0.084
P11	-0.207	-0.224	0.734**	0.067	0.081	-0.145+	-0.031	-0.050	0.043	-0.105+	-0.168	0.423**	-0.008	0.284**
P12	-0.352*	-0.254	0.737**	-0.114**	0.004	-0.015	-0.100*	-0.079	0.097	-0.010	-0.124	0.304**	0.019	0.190**
P13	-0.255**	-0.066	0.173	-0.101*	-0.183	0.164*	-0.063+	-0.098	0.079	-0.007	0.151	-0.120+	-0.017	-0.031
P14	-0.333**	0.014	0.265	-0.155**	-0.157+	0.098*	-0.092**	-0.017	0.056	0.046	0.134	-0.058	-0.007	0.058

A、A<sub>m</sub> 和 C 分别表示胚乳直接加性效应、母体加性效应和细胞质效应. +、\* 和 \*\* 分别为 10%、5% 和 1% 显著水平

从表 2 中还可看出一些同核异质或同质异核不育系间的差异. 浙协 2 号 A(P<sub>1</sub>, 野败型不育系)和协青早 A(P<sub>2</sub>, 矮败型不育系)间在糙米长、糙米宽、长宽比和长厚比等性状上细胞质效应(C)差异虽未达显著水平, 两个不育系在糙米厚上的细胞质效应存在一些差异, 此结果说明不同细胞质基因的表达会导致一些品质性状表现的不同. 浙协 2 号 A 和协青早 A 在稻米外观品质上的胚乳直接加性效应(A)或母体加性效应(A<sub>m</sub>)的表现基本一致. 同核异质不育系冈型朝阳 1 号 A(P<sub>4</sub>, Gambiaka 细胞质)和印型朝阳 1 号 A(P<sub>5</sub>, 印尼水田谷细胞质)间也有类似的结果. 在同质异核不育系(野败型)中, 除了可以发现胚乳和母体遗传效应的明显差异外, 还可以看到不同不育系间在糙米宽和糙米厚等性状上的细胞质效应亦有一些差异. 因此, 尽管这些同质异核不育系具有相同的细胞质来源, 但由于在不育系的转育过程中细胞质基因仍可能会发生一些变化(如突变)以及相同细胞质基因在不同的核基因的影响下亦可能存在表达上差异. 各亲本在糙米长、长宽比和长厚比

性状上的细胞质效应均未达显著水平,故在这些品质性状上进行杂交组合选配时可以不考虑细胞质的影响.此结果在不育系的改良以及杂交稻育种中会有一些的指导意义.

在杂种优势利用上,由于糙米长和糙米厚性状的标准化胚乳直接显性方向( $\Delta o$ )分别为 $-6.282^{**}$ 和 $-2.693^{**}$ ,而标准化母体显性方向( $\Delta m$ )分别为 $2.938^{**}$ 和 $2.568^{**}$ ,故这两个性状均具有极显著的负向胚乳直接杂种优势和正向母体杂种优势.由于杂交稻是生产 $F_1$ 植株上的 $F_2$ 稻米,控制 $F_2$ 稻米的主要显性效应是杂合的 $Dm_{ij}$ 及纯合的 $D_{ii}$ 或 $D_{jj}$ ,这些效应都能增加稻米长度和厚度,因而有利于改善杂交稻稻米的外观品质.糙米长宽比和长厚比两个性状的胚乳直接标准化显性方向( $\Delta o$ )分别为 $-5.818^{**}$ 和 $-4.095^{**}$ ,存在着极显著的负向胚乳直接杂种优势.糙米宽性状中则未发现明显的胚乳或母体杂种优势.杂合显性效应预测值(包括胚乳杂合显性效应 $D_{ij}$ 和母体杂合显性效应 $Dm_{ij}$ )表明印型朝阳 1 号 $A(P_5)/1391(P_{14})$ 组合的母体杂种优势可显著增加糙米长、长宽比和长厚比,同时显著降低糙米宽度,提高稻米的外观品质;但其胚乳直接杂种优势会明显增加糙米宽度、降低糙米长宽比.对这两个性状的改良产生不利影响.印型朝阳 1 号 $A(P_5)/T49(P_{10})$ 组合的胚乳直接杂种优势会显著增加糙米宽、降低糙米长、厚和长宽比,其母体杂种优势还会明显降低糙米长厚比,故利用这一组合不能改善稻米的外观品质.由此可见,不同的恢复系对杂交组合稻米外观品质的影响是很大的.杂合显性效应预测值同时表明浙南 3 号 $A(P_5)/测早 2-2(P_{11})$ 、 $V_{20}A(P_7)/102(P_{13})$ 和作 $5A(P_8)/测早 2-2$ 等组合的胚乳直接杂种优势或母体杂种优势能够显著改善一些外观品质性状.

### 2.3 稻米外观品质的遗传相关分析

性状间的遗传相关分析有利于育种者了解性状间复杂的遗传关系,指导水稻育种的间接选择.表 3 相关分析的结果表明,糙米长与糙米厚、糙米长与长宽比、糙米长与长厚比以及糙米长宽比与长厚比等成对性状间存在着明显的正向表型相关( $r_P$ )、遗传相关( $r_G$ )和机误相关( $r_e$ ),糙米宽与长宽比、糙米宽与长厚比以及糙米厚与长厚比等成对性状间则存在着明显的负向表型相关、遗传相关或机误相关.上述成对性状间的机误相关达到显著水平,表明环境机误等因素也可引起这些成对性状间的相关.由于遗传相关是两个性状多种遗传效应相关的综合表现,其中包括了加性和显性效应之间的相关,因此不能仅根据总遗传相关的大小指导间接选择,很有必要对性状之间的遗传相关分量作进一步的分析.

表 3 结果表明,糙米长与糙米厚间的加性相关和细胞质相关系数( $r_A$ 、 $r_{Am}$ 和 $r_c$ )明显大于显性相关( $r_D$ 和 $r_{Dm}$ ),由于糙米长是一个容易选择的性状,只要选择长度大的材料即可间接提高糙米厚度.在糙米宽与糙米厚、糙米宽与长宽比以及糙米长宽比与长厚比等成对性状间也存在类似的情况.而糙米厚与长宽比的相关系数分别为 $r_A=0.000$ 、 $r_D=0.397^{**}$ 、 $r_c=0.140^{**}$ 、 $r_{Am}=0.020$ 和 $r_{Dm}=0.207^{**}$ ,表现为以显性相关( $r_D$ 和 $r_{Dm}$ )为主,糙米长宽比大的杂交稻组合具有米粒厚度大的特点.糙米长与长厚比成对性状间的结果也与此相似.糙米长与糙米宽性状间表现为 $r_A$ 和 $r_{Am}$ 和 $r_c$ 均是显著正值, $r_D$ 和 $r_{Dm}$ 则均为显著负值,且加性相关和细胞质相关系数明显大于显性相关系数.此结果表明,这对性状间的相关虽然受到负向显性相关的干扰,在低世代时间接选择效果可能不够理想,但在较高世代进行选择仍有较好的育种效果;另外,由于存在显著的负显性相关,利用杂种优势可望获得具有细长粒形的组合.在糙米长与糙米长宽比成对性状间,相关分析表明加性相关和细胞质相关系数( $r_A$ 、 $r_{Am}$ 和 $r_c$ )与显性相关系数( $r_D$ 和 $r_{Dm}$ )相近;糙米宽与长厚比以及糙米厚与长厚

比成对性状间有着类似的结果, 故对这些成对性状进行间接选择或杂种优势利用均可取得一定的效果.

表 3 稻米外观品质成对性状的相关分量

性 状	糙米长	糙米宽	糙米厚	糙米长宽比	糙米长厚比	
糙米长	$r_A$	0.344**	0.542**	0.255**	0.225**	
	$r_D$	-0.100*	0.044	0.507**	0.485**	
	$r_c$	0.125*	0.162**	-0.344**	0.000	
	$r_{Am}$	0.019	0.337**	0.412**	0.395**	
	$r_{Dm}$	-0.170**	0.294**	0.526**	0.361**	
糙米宽	$r_P$	-0.049	$r_A$	0.485**	-0.209**	-0.216**
	$r_C$	-0.062	$r_D$	-0.193**	-0.107*	0.267**
	$r_c$	0.234**	$r_c$	-0.043	-0.211**	0.000
			$r_{Am}$	0.126*	-0.249**	-0.239**
			$r_{Dm}$	0.199**	-0.287**	-0.274**
糙米厚	$r_P$	0.100*	0.065	$r_A$	0.000	0.151**
	$r_C$	0.090*	0.048	$r_D$	0.397**	-0.077
	$r_c$	0.274**	0.269**	$r_c$	0.140**	0.000
			$r_{Am}$	0.020	0.117*	
			$r_{Dm}$	0.207**	0.280**	
糙米长宽比	$r_P$	0.200**	-0.287**	-0.104	$r_A$	0.410**
	$r_C$	0.186**	-0.270**	-0.111	$r_D$	0.251**
	$r_c$	0.573**	-0.651**	-0.015	$r_c$	0.000
				$r_{Am}$	0.494**	
				$r_{Dm}$	0.429**	
糙米长厚比	$r_P$	0.150*	-0.225**	-0.213**	0.272**	
	$r_C$	0.133*	-0.236**	-0.159*	0.265**	
	$r_c$	0.453**	-0.083	-0.729**	0.414**	

\* 和 \*\* 分别为 5% 和 1% 显著水平, 自由度为 127

### 3 讨 论

籼稻稻米外观品质的优劣与水稻优质新品种的选育和推广有关. 因此, 研究籼稻稻米外观品质性状的遗传规律有着重要意义. 祁祖白等利用 6 个籼稻品种为材料, 系统地研究了 3 个杂交组合的籽粒外观品质, 认为米粒的形态特征可能是由植株的基因型所决定, 细胞质基因的作用很小<sup>[13]</sup>; 易小平和陈芳远利用 6 个同核异质雄性不育系研究的结果发现籼稻外观品质等性状均受到不育系细胞质类型的影响<sup>[5]</sup>. 石春海和朱军的研究虽已明确籼稻外观品质性状的遗传同时受到胚乳核基因效应与母体植株因效应的影 响, 但尚未进一步定量分析出籼稻外观品质中的细胞质效应<sup>[2]</sup>. 本文首次对控制籼稻稻米外观品质性

状的胚乳、母体和细胞质三套遗传效应同时进行了定量分析。

本研究分析的结果表明,除了糙米长厚比性状的细胞质效应不明显外,其它稻米外观品质性状的表现受到了胚乳、母体植株和细胞质等多种遗传体系的控制.因此,对品质性状多种遗传效应进行同时分析是很有必要的,有利于根据不同的遗传效应进行选择.在选择育种中,当一个品质性状以母体加性遗传为主或母体遗传率较高时,可以根据其母体植株的遗传表现进行选择,并能获得明显的选择效果;而对以胚乳直接加性遗传效应为主或胚乳直接遗传率较高的品质性状,则应以单粒种子选择为主.在杂交稻育种中,显性效应的不同也会导致不同的育种效果.当一个品质性状是以母体显性效应为主时,长在  $F_1$  植株上的  $F_2$  种子品质性状将不会有大的分离;而以胚乳直接显性效应为主时,  $F_1$  植株上的  $F_2$  种子就会出现分离,所收获的将是一种由不同基因型组成的混合米.虽然多数外观品质性状明显受到细胞质遗传效应的影响,但与核基因效应相比,细胞质效应较为微弱.由于稻米外观品质上存在着较强的母体效应,故在配制杂交组合时选择好双亲特别是母本尤为重要.就外观品质的总体情况而言,亲本和杂交组合的遗传效应预测值表明  $V_{20A}$ 、作 5A 和测早 2-2 的各种遗传效应能够显著改善多数外观品质性状;  $V_{20A}/102$  和作 5A/测早 2-2 等组合具有较好的稻米外观品质性状.

为了对水稻杂交后代进行更为有效的选择,除了利用直接选择的方法之外,在育种过程中还可以利用成对性状间的相关性,特别是各种加性相关进行间接选择.虽然遗传相关是测定成对性状基因型间相关性的一个度量指标,但遗传相关仅度量了遗传效应的综合表现,不能区分控制两个性状的基因加性和显性效应的相关分量,因此仅根据遗传相关的大小进行间接选择有时还不能取得理想的效果.由于与各种加性相关有关的加性效应部分在选择过程中可以累加,细胞质相关性亦可通过母本传递,因此当育种的目标性状在田间不易测定或遗传率较低时,利用与其具有较高加性相关和细胞质相关的其它性状进行间接选择,则更易取得育种效果.本研究对籼稻稻米外观品质间的多种遗传相关进行了比较分析,结果证实糙米长与糙米厚等成对性状间的加性相关和细胞质相关系数明显大于显性相关,由于糙米长是一个容易选择的性状,只要选择长度大的材料即可间接提高糙米厚度,取得很好的选择效果.而糙米厚与长宽比等成对性状则表现为以显性相关为主,长宽比大的的组合具有米粒厚度大的特点,在杂交稻育种中可加以利用,以提高选配杂交稻优良组合的效率.对于受到显性相关干扰的成对性状,在低世代时间接选择效果虽可能不够理想,但在较高世代选择时仍有较好的育种效果.因此,进行各种遗传相关分量的分析更能明确性状间相关性的本质,有利于了解各性状间的遗传规律和排除环境因素及显性相关对间接选择的影响,或利用显性相关选配具有优良稻米品质的杂交稻组合,这对于提高水稻等作物的育种效果具有重要的指导意义.

## 参 考 文 献

- 1 石春海,朱军. 籼型杂交稻碾磨品质的遗传分析. 生物数学学报, 1992, 7(4): 37—45
- 2 石春海,朱军. 籼型杂交稻稻米外观品质的种子和母体遗传效应分析. 北京农业大学学报, 1993, 19(增刊): 69—74
- 3 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. 中国水稻科学, 1994, 8(3): 129—134
- 4 Pooni H S et al. A comprehensive model for disomically inherited maternal traits expressed in triploid tissues. *Heredity*, 1992, 69: 166—174



- 5 易小平, 陈芳远. 籼型杂交水稻品质性状的细胞质遗传效应研究. 1. 稻米外观品质及氨基酸含量分析. 广西农学院学报, 1991, 10(1): 25—32
- 6 易小平, 陈芳远. 籼型杂交水稻米蒸煮品质、碾米品质和营养品质的细胞质遗传效应. 中国水稻科学, 1992, 6(2): 187—189
- 7 朱军. *Mixed model approaches for estimating variances and covariances*. 生物数学学报, 1992, 7(1): 1—11
- 8 Zhu J and Weir B S. *Analysis of cytoplasmic and maternal effects. 1. Genetic models for triploid endosperm. Theor. Appl. Genet.*, 1994, 89(2—3): 160—166
- 9 朱军. 作物杂种后代基因型值和杂种优势的预测方法. 生物数学学报, 1993, 8(1): 32—44
- 10 朱军, 许复华. 胚乳性状的遗传模型及其分析方法. 作物学报, 1994, 20(3): 264—270
- 11 朱军等. 作物品种间杂种优势遗传分析的新方法. 遗传学报, 1993, 20(3): 262—271
- 12 Miller R G. *The Jackknife, a review. Biometria*, 1974, 61: 1—15
- 13 祁祖白等. 水稻籽粒外观品质及脂肪的遗传研究. 遗传学报, 1983, 10(6): 452—458

## 公 告

本刊已被中国科学院文献情报中心及《中文核心期刊要目总览》(北京高校图书馆期刊工作研究会编)选为国家级核心期刊。

(编者)