

## 籼稻稻米外观品质与其它品质性状的相关性分析<sup>①</sup>

石春海 朱 军

(浙江农业大学农学系, 杭州 310029)

**摘 要** 利用 6 个籼型不育系和 3 个籼型恢复系按不完全双列杂交方式配制杂交组合, 考察稻米外观品质等米质性状, 采用种子胚乳模型分析成对性状间的多种遗传相关。结果表明, 粒长与长宽比、长宽比与直链淀粉含量、垩白面积与胶稠度、垩白面积与蛋白质指数以及垩白面积与赖氨酸指数性状间具有明显的种子直接加性相关、母体植株加性相关以及种子直接加性与母体植株加性相关, 但也受制于一些显性相关分量。而粒长与粒宽、粒宽与长宽比、粒宽与垩白面积、粒宽与精米率、粒宽与直链淀粉含量、长宽比与精米率、垩白面积与蛋白质含量以及垩白面积与赖氨酸/蛋白质比例的相关则以显性相关为主。对于以加性相关为主的成对性状, 间接改良的效果较好。

**关键词** 遗传相关; 稻米品质; 籼稻  
**中图分类号** S511.2; Q141; O242

Shi Chunhai; Zhu Jun ( Dept. of Agron., Zhejiang Agric. Univ., Hangzhou 310029, China)

Correlations analysis of rice exterior quality traits and other traits in *indica* rice. Journal of Zhejiang Agricultural University, 1994, 20(6): 606—610

**Abstract** Correlations analysis of rice exterior quality traits and other traits was conducted for the experiment of incomplete diallel crosses with six cytoplasmic male sterile lines and three restorer lines in *indica* rice by using the genetic model for endosperm quantitatively traits in seeds of cereal crops. The results indicated that the seed additive correlations, maternal additive correlations, correlations between seed and maternal additive effects were important between brown rice length (LBR) and the ratio of brown rice length to width (L/W), L/W and amylose content (AC), chalkiness area (CA) and gel consistency (GC), CA and protein index (PI), and CA and lysine index (LI). But these paired traits also affected by some dominance correlations. It was mainly controlled by dominance correlations between LBR and brown rice width (WBR), WBR and L/W, WBR and CA, WBR and milling rice recovery (MRR), WBR and AC, L/W and MRR, CA and protein content (PC), and CA and the ratio of lysine content to protein content (RLP). Indirect selection was better for the paired traits mainly controlled by additive correlations than other traits.

**Key words** genetic correlations; rice quality; *indica* rice

由于基因之间的连锁关系或“一因多效”等原因, 籼稻稻米外观品质间以及与其它米质性状之间存在着不同程度的相关性<sup>[1-7]</sup>。在品质性状的育种改良过程中, 对某一性状进行选择时

收稿日期: 1994-08-31

①国家教委《跨世纪优秀人才专项基金》资助项目

可能会引起另一相关性状的变化.为了更好地进行育种选择,并使一些重要的性状能够得到同步改良,有必要进行水稻性状间的相关性研究.当育种的目标性状遗传率较低时,选择与其有着较高加性相关的其它性状,则更易取得育种效果.因此,进一步阐明性状间的这种相互关系,对作物育种时的合理选择具有重要的意义.沈锦骅,郭益全和谢顺景等已利用表型相关进一步分析了其中的遗传相关和环境相关<sup>[1,2]</sup>.李维明和杨仁崔在大柱头水稻花器性状的遗传研究中发现大多数性状间存在着明显的加性遗传相关<sup>[3]</sup>.石春海和朱军的研究结果已证实杂交籼稻的品质性状中有明显的母体加性和显性、种子加性和显性等效应存在<sup>[8-11]</sup>.但以往的研究尚不能将性状之间的遗传相关进一步区分为种子直接加性相关、母体植株加性相关、种子直接显性相关和母体植株显性相关等部分.

本研究旨在进一步分解总遗传相关,明确种子直接加性相关、种子直接显性相关、母体植株加性相关、母体植株显性相关、种子直接加性效应与母体植株加性效应间的相关和种子直接显性效应与母体植株显性效应间的相关在籼稻稻米外观品质间及其与其它米质性状之间的作用,为水稻选择育种和改良提供更详细的科学依据.

## 1 材料与方法

采用珍汕 97、二九青、二九南 1 号、V<sub>20</sub>、浙南 1 号和浙南 3 号等 6 个籼型不育系以及 T49、测早 2-2 和 26715 等 3 个籼型恢复系配成(6×3)不完全双列杂交.1991 年早季种植于浙江农业大学实验农场,单本插,各小区种 36 株,2 次重复.成熟期在各小区去除边株,取中间 10 株亲本或 F<sub>1</sub> 植株上的 F<sub>2</sub> 种子测定碾磨、外观、蒸煮和营养等品质性状.

采用种子胚乳模型进行统计分析,用 MINQUE(0/1)法和 Jackknife 抽样方法,利用世代平均数估算出成对性状各遗传效应的协方差分量及其标准误<sup>[12-14]</sup>.估算的参数是表型协方差(C<sub>P</sub>)、遗传协方差(C<sub>G</sub>)、种子直接加性协方差(C<sub>A</sub>)、种子直接显性协方差(C<sub>D</sub>)、母体植株加性协方差(C<sub>Am</sub>)、母体植株显性协方差(C<sub>Dm</sub>)、种子直接加性效应与母体植株加性效应间的协方差(C<sub>A/Am</sub>)、种子直接显性效应与母体植株显性效应间的协方差(C<sub>D/Dm</sub>)和剩余效应协方差(C<sub>e</sub>),分析了成对性状间的相关性.

全部试验数据由 C 语言编写的统计软件,在 IBM 兼用微机上运算分析.

## 2 结果与分析

稻米品质的好坏决定着稻米的商品价值和销售量.了解外观品质与其它米质性状的关系,就可以通过选择稻米外观品质性状来间接改良碾磨品质、蒸煮品质和营养品质等难以直接观测的性状,进一步育成符合育种目标的优质高产新品种.

稻米品质成对性状的协方差分析(表 1)结果表明,稻米外观品质性状之间及其与其它一些品质性状之间存在着一定的相关性.从总体来看,粒长与长宽比、粒长与蛋白质含量、粒长与赖氨酸含量、粒宽与长宽比和垩白面积与胶稠度等性状间的表型协方差(C<sub>P</sub>)和遗传协方差(C<sub>G</sub>)均已达到显著或极显著水平,这说明根据其表型相关和遗传相关选择前一性状会明显影响后者.对粒长正向选择会明显提高长宽比或降低蛋白质含量和赖氨酸含量,减小粒宽或垩白

面积后会显著增大长宽比或胶稠度. 粒宽与长宽比性状间的剩余效应协方差( $C_c$ )也达到极显著水平, 说明环境机误也可引起这两个性状间的相关.

表1 稻米品质成对性状的协方差分量

Table 1 Covariance components between rice quality traits in *indica* rice

性状 (Traits)	协方差 (Covariances)								
	$C_P$	$C_G$	$C_A$	$C_D$	$C_{Am}$	$C_{Dm}$	$C_{A/Am}$	$C_{D/Dm}$	$C_c$
粒长与(LBR &)									
粒宽(WBR)	-0.036	-0.041	-0.032*	0.101	-0.006*	-0.040	-0.028*	-0.004	0.005
长宽比(L/W)	0.119**	0.114**	0.064**	-0.158*	0.013**	0.066*	0.057**	0.008	0.005
蛋白质含量(PC)	-0.310*	-0.290*	-0.060	-0.015	-0.012	-0.032*	-0.054	-0.031*	-0.020
赖氨酸含量(LC)	-0.010*	-0.010*	-0.003	0.005	-0.001	-0.003	-0.002	-0.002*	-0.000
粒宽与(WBR &)									
长宽比(L/W)	-0.045**	-0.035*	-0.020	0.071	-0.004	-0.032	-0.018	-0.006*	-0.010**
垩白面积(CA)	-0.340	-0.523	-0.332	1.500	-0.066	-0.700*	-0.295	-0.168	0.183
精米率(MRR)	0.155	0.139	0.079	-0.390	0.016	0.190*	0.070	0.052**	0.016
直链淀粉含量(AC)	-0.053	-0.041	-0.164	0.600*	-0.032	-0.196*	-0.145	0.020	-0.011
长宽比与(L/W &)									
精米率(MRR)	-0.187	-0.171	-0.123	0.661	-0.024	-0.310*	-0.109	-0.078**	-0.016
直链淀粉含量(AC)	0.119	0.104	0.191*	-0.761*	0.038*	0.280*	0.170*	0.008	0.015
垩白面积与(CA &)									
胶稠度(GC)	-37.296**	-35.725**	-35.375**	132.598**	-6.984**	-52.830**	-31.436**	-5.132	-1.571
蛋白质含量(PC)	0.648	0.258	5.262	-24.209*	1.037	8.669*	4.672	0.077	0.390
蛋白质指数(PI)	23.524	45.821	117.566**	-472.122**	23.193**	168.791**	104.433**	-0.237	-22.297
赖氨酸指数(LI)	0.100	-0.493	3.428**	-11.938*	0.676**	3.326*	3.045**	-0.993	0.503
赖氨酸/蛋白质比例(RLP)	-0.003	-0.007*	-0.003	0.020*	-0.001	-0.011*	-0.003	-0.004*	0.005

进一步的分析发现粒长与长宽比性状间的种子直接加性协方差( $C_A$ )、母体植株加性协方差( $C_{Am}$ )以及种子直接加性效应与母体植株加性效应间的协方差( $C_{A/Am}$ )均为显著或极显著的正值(表1). 这种关系表明选育长宽比大的优质品种可以通过早代对粒长的遗传表现进行间接选择, 育成粒长和长宽比均大的品种是完全可能的. 而负向的种子直接显性协方差( $C_D$ )和正向的母体植株显性协方差( $C_{Dm}$ )达到显著水平, 揭示了长宽比的杂种优势也同粒长性状的杂种优势有关, 但两种显性相关分量表现为反方向的减值作用, 且前者的负值要大于后者. 因此, 种子直接显性相关可能会阻碍杂交稻组合中粒长和长宽比的同步提高. 垩白面积与胶稠度间的关系也同粒长与长宽比性状间的相关性相似, 在杂交早代对垩白面积进行选择, 可以间接改良胶稠度. 因此, 在目前的优质米育种中育成垩白面积小而胶稠度大的新品种是完全可以做到的. 此外, 粒长与粒宽的协方差分量证实其性状间的相关性是以加性相关为主, 在增加粒长的同时能够减小粒宽, 使粒形更加符合优质米的要求.

粒长与蛋白质含量或赖氨酸含量的相关性, 除粒长与蛋白质含量成对性状的母体植株显性协方差( $C_{Dm}$ )以及这两对性状的种子直接显性效应与母体植株显性效应间的协方差( $C_{D/Dm}$ )为显著的负值外, 其它协方差分量均不显著, 其遗传协方差( $C_G$ )达到了显著水平(表1), 由于它们之间的关系主要表现为显性相关, 故米粒较长的杂交稻组合其蛋白质含量或赖氨酸含量可能较低, 说明在杂交水稻育种时要同时改良这些性状有一定的困难.

长宽比与直链淀粉含量以及垩白面积与蛋白质指数、赖氨酸指数的种子直接显性协方差

( $C_D$ )为显著或极显著的负值,这对于杂交稻组合的选配是有利的,增加长宽比能显著降低直链淀粉含量、减小垩白面积则可能会提高蛋白质指数或赖氨酸指数,从而提高稻米品质(表1)。但达到显著或极显著水平的母体显性协方差( $C_{Dm}$ )和加性协方差分量正值会降低上述相关性,并导致表型协方差( $C_P$ )和遗传协方差( $C_G$ )均不显著。从选择育种的角度考虑,虽然低世代时其显性相关分量会干扰选择,由于这几对性状的加性协方差分量均达显著水平,间接选择仍有一定的效果。

在粒宽与米质性状的关系上,除了上述粒长与粒宽性状间的相关性外,粒宽仅与长宽比、垩白面积、精米率和直链淀粉含量等性状有着一定的相关性(表1)。成对性状间的关系主要表现为基因间的显性相关,特别是母体植株显性协方差( $C_{Dm}$ )和种子直接显性效应与母体植株显性效应间的协方差( $C_{D/Dm}$ )更为明显,多数已达到显著或极显著水平,粒宽与直链淀粉含量间的种子直接显性协方差( $C_D$ )也达显著水平。说明杂种后代粒宽增大的同时会减小长宽比、垩白面积和直链淀粉含量,提高精米率。粒宽与长宽比性状间的剩余效应协方差( $C_e$ )达到极显著水平,表明其相关性容易受到环境等偶然因素的干扰,也说明其表现型相关达到负的极显著水平中,环境的影响占有很大的比例。

长宽比与精米率以及垩白面积与蛋白质含量和垩白面积与赖氨酸/蛋白质比例间的关系也主要表现为显性相关。其中长宽比与精米率之间的母体植株显性协方差( $C_{Dm}$ )和种子直接显性效应与母体植株显性效应间的协方差( $C_{D/Dm}$ )已达到显著或极显著水平,增加长宽比会显著降低精米率,由此可知要在优质米育种中同时增加长宽比和精米率会有一定的困难。垩白面积与蛋白质含量或垩白面积与赖氨酸/蛋白质比例的遗传协方差( $C_G$ )分别为 0.258 和 -0.007,这表明降低垩白面积后对蛋白质含量影响较小,但会明显增大赖氨酸/蛋白质比例,特别是对杂交水稻的优质育种有利,在一般的籼稻选择育种中则应注意显性相关对这两个相关性状的影响。

### 3 讨 论

当成对性状 X 和 Y 之间存在着不同程度的表现型相关( $r_{P(XY)}$ )时,这种相关性是由性状之间的遗传效应相关(遗传相关  $r_{G(XY)}$ )和环境因素的相关(环境相关  $r_{E(XY)}$ )所决定的。正如表现型方差可以被分解为不同效应的方差一样,当总遗传效应被分解为多种加性效应和显性效应分量时,遗传相关也可以进一步被分解为种子直接加性相关( $r_{A(XY)}$ )、种子直接显性相关( $r_{D(XY)}$ )、母体植株加性相关( $r_{Am(XY)}$ )、母体植株显性相关( $r_{Dm(XY)}$ )、种子直接加性效应与母体植株加性效应间的相关( $r_{A/Am(XY)}$ )、种子直接显性效应与母体植株显性效应间的相关( $r_{D/Dm(XY)}$ )以及剩余效应相关( $r_{R(XY)}$ )。虽然遗传相关可以排除环境等偶然因素的干扰,比表现型相关更能反映成对性状间真实的相关关系,但由于其中只有基因间的各种加性相关部分在选择过程中可以累加,显性相关分量则会随着世代的变化而改变。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,有必要进一步分析遗传相关中各个分量在成对性状相关性中的重要性,以便在选择过程中有针对性的加以利用。当育种的目标形状在田间不易测定或具有较低遗传率、进行直接选择不能取得预期效果时,利用与其具有较高加性相关的其它性状进行选择,更易取得育种效果。

当种子性状以母体效应为主时,在 $F_1$ 植株上所结的 $F_2$ 种子性状将不会有大的分离,故以母体植株加性相关为主的成对性状只需根据母体植株的总体性状表现即可加以间接选择;而以种子加性相关为主的性状,由于种子会产生较大的分离,则必须根据单粒种子的表现才可加以间接选择.在杂交稻育种中,还可充分利用显性相关,提高杂交水稻选配优良组合的效率.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.同时通过合理地选择母本或父本,可以达到增强或削弱杂种后代中成对性状的相关性,提高育种效率,这对于水稻等禾本科作物育种具有重要的指导意义.

本研究对籼稻稻米品质性状间的各种相关性进行比较分析的结果证实一些品质性状间存在着较强的相关性.其中粒长与长宽比、长宽比与直链淀粉含量、垩白面积与胶稠度、垩白面积与蛋白质指数以及垩白面积与赖氨酸指数性状间具有明显的种子直接加性相关、母体植株加性相关以及种子直接加性效应与母体植株加性效应间的相关,这一现象说明上述成对性状间的关系主要是控制不同性状的基因加性效应的相关性在起作用,在杂交后代选择中可加以固定和累加,有效地间接改良这些相关性状,从而达到提高产量和优化品质的育种目的.而粒长与粒宽、粒宽与长宽比、粒宽与精米率、粒宽与直链淀粉含量、长宽比与精米率、垩白面积与蛋白质含量以及垩白面积与赖氨酸/蛋白质比例的相关则以表现为显性相关为主,在杂交稻选配组合时可以考虑加以利用.但由于显性相关会因世代的增加而改变,在选择育种中对这些成对性状进行间接选择的效果不明显.

#### 参考文献

- 1 沈锦骅. 水稻数量性状选择效果的研究. 作物学报, 1963, 2(3): 223-241
- 2 郭益全, 谢顺景. 稻谷性状的遗传研究. 中华农业研究, 1982, 31(3): 177-186
- 3 李维明, 杨仁崔. 大柱头水稻花器性状的遗传变异与相关. 福建农学院学报, 1986, 15(4): 288-292
- 4 李成荃. 杂交粳稻品质性状的遗传研究. 杂交水稻, 1983, (4): 32-35
- 5 周维全等. 滇西南优质大米品质与微量元素的相关性的研究. 西南农业学报, 1990, 3(3): 23-26
- 6 Kaw R. N., N M De La Cruz. Interrelations among physicochemical grain quality characters in rice. J. Genet. & Breed., 1990, 44: 139-142
- 7 Takeda K. Gene symbols for grain size and shape. Rice Genetic Newsletter, 1996, 3: 14-15
- 8 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
- 9 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
- 10 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
- 11 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. 遗传学报(印刷中)
- 12 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
- 13 Zhu Jun. Mixed model approaches for estimating genetic variances and covariances. J. Biomath., 1992, 7(1): 1-11
- 14 Zhu Jun., B S Weir. Analysis of cytoplasmic and maternal effects. I. Genetic model for triploid endosperms. Theor. Appl. Genet., 1994, (in press)