

籼粳杂交稻米品质性状与农艺性状 之间的遗传协方差分析*

陈建国**

朱 军

(湖北大学生命科学院,武汉,430062) (浙江农业大学农学系,杭州,310029)

潘启明

(江苏省连云港市农业局,连云港,222001)

摘 要 用 2 个籼型水稻光温敏核不育系和 7 个粳型广亲和品种为材料,按 NC 设计配制杂交组合,获得亲本、 F_1 及 F_2 代的籽粒群体,对 8 个主要品质性状和 6 个农艺性状进行测定,按混合线性模型的分析方法对品质性状与农艺性状之间的遗传协方差进行了研究,结果表明:在籼粳亚种间杂交组合中,稻米理化品质性状与植株农艺性状之间的遗传协方差大都为直接加性/母体加性协方差,外观品质性状与农艺性状之间的遗传协方差则主要是直接加性/母体加性协方差和母体加性/母体加性协方差,细胞质效应协方差也普遍存在。

关键词 水稻;籼粳杂交;品质性状;农艺性状;遗传协方差

分类号 S330.25

遗传协方差的估计,对于了解多个性状之间相关关系的遗传原因,以及对性状进行间接选择,都有十分重要的意义。但是,在禾谷类作物中,由于种子品质性状与母体植株农艺性状分别受不同的遗传体系控制^[1],其遗传模型具有不等的设计矩阵,因此这两种性状之间的遗传协方差不能按常规方法进行分析。朱军用混合线性模型方法解决了这一难题^[2]。本研究采用该方法估算了籼粳亚种间杂交稻米 8 个品质性状与 6 个农艺性状之间的遗传协方差,可以为揭示这两类性状之间相关性的遗传机理提供一定的依据。

1 材料与方 法

选用 2 个籼型光温敏核不育系(培矮 64s、3168s)作母本,7 个粳型广亲和品种(热研 1 号、02428、Pecos、PC312、PC111、测 01、矮 01)作父本,按 NC 设计配制杂交组合。1995 年 4 月在海南得到 F_1 种子。1995 年 5 月,将亲本和 F_1 按完全随机区组设计种于江苏省连云港市黄川农业试验站,2 次重复,每小区 3 行,每行 15 株。田间管理按一般的水稻生产技术进行,至抽穗时进行杂交和自交,以便在同一季种植的植株上得到亲本、 F_1 和 F_2 种子。

成熟时各小区从中间 5 株上收取种子,用于品质测定,并对这 5 株的部分农艺性状进行考察,考察项目有株高、穗长、每穗总粒数、每穗实粒数、结实率及千粒重。将稻谷样品在小型砻谷机上碾成精米,除

* 国家教委“跨世纪人才”专项基金资助项目

** 陈建国,男,1966 年生,博士,讲师

收稿日期:1996-03-12

留出 40 粒完整精米用于测定外观品质和碱消值以外,其余的在 65 ℃ 烘箱中烘 8 h,冷却后用气旋式磨粉机磨成米粉,过 100 目筛,装入硫酸纸袋,置干燥器中备用。

稻米品质分析在浙江农业大学中心实验室进行。用任光俊等^[3]的方法测定稻米的外观品质(粒长、粒宽和长宽比);用 Little 等^[4]的碱消化法测定碱消值,每世代测定 30 粒完整精米;胶稠度的测定用 Cagampang 等^[5]的方法;蛋白质含量的测定用 Lowry 法^[6];脂肪含量的测定采用索氏抽提法^[7];直链淀粉含量的测定则按 Juliano^[8]和 Landers 等^[9]的方法进行。

采用朱军提出的混合线性模型方法^[2],对稻米品质性状和植株农艺性状之间的遗传协方差进行分析。下面列出各参数的符号及其定义:

$C_{A/Am}$ ——种子直接加性效应与植株加性效应的遗传协方差;

$C_{D/Dm}$ ——种子直接显性效应与植株显性效应的遗传协方差;

$C_{C/Cm}$ ——种子细胞质效应与植株细胞质效应的遗传协方差;

$C_{Am/Am}$ ——种子母体加性效应与植株加性效应的遗传协方差;

$C_{Dm/Dm}$ ——种子母体显性效应与植株显性效应的遗传协方差。

2 结果分析

2.1 蒸煮品质性状与农艺性状的遗传协方差 表 1 列出了 3 个蒸煮品质性状(直链淀粉含量、碱消值、胶稠度)与农艺性状之间的遗传协方差分量估计值。

表 1 3 个蒸煮品质性状与农艺性状之间的遗传协方差

品质性状	协方差	农 艺 性 状					
		株 高	穗 长	总粒数	实粒数	结实率	粒 重
直链淀粉含量	$C_{A/Am}$	- 970.4 ^{**}	- 442.8 ^{**}	- 1 048.9 ^{**}	- 886.8 ^{**}	441.5 ^{**}	220.9 ^{**}
	$C_{C/Cm}$	73.0	81.2	105.4	161.7	117.8	151.2 ^{**}
	$C_{Am/Am}$	81.6	164.9	68.8	272.7 [*]	- 67.9	- 61.1
胶稠度	$C_{A/Am}$	4 776.7 ^{**}	- 1 911.9	- 4 438.4 ^{**}	- 1 859.3 ^{**}	967.2 ^{**}	276.1
	$C_{D/Dm}$	48.3	487.8	1 133.2	7 083.8 ^{**}	- 103.8	11.8
	$C_{C/Cm}$	697.7	6 189.5 ^{**}	159.0	168.0	- 117.1	75.0
	$C_{Am/Am}$	16 074.6 ^{**}	8 754.8 ^{**}	208.0	146.0	- 31.0	138.6 ^{**}
碱消值	$C_{Am/Am}$	488.3 [*]	193.7 [*]	4 567.9 [*]	3 665.4 [*]	162.7 [*]	30.5 [*]

^{**}, ^{*}, ^{*} 分别表示在 0.01, 0.05 和 0.10 水平上显著, 以下同

由表 1 可以看出,在籼粳亚种间杂交组合中,直链淀粉含量与株高、穗长和总粒数之间有极显著的负向直接加性/母体加性协方差;与实粒数之间除有极显著的负向直接加性/母体加性协方差以外,还有极显著的正向母体加性协方差;与结实率之间有极显著的正向直接加性/母体加性协方差;与粒重之间除有极显著的正向直接加性/母体加性协方差以外,还有极显著的正向细胞质效应协方差。

胶稠度与株高之间有极显著的正向直接加性/母体加性协方差和正向母体加性协方差;与穗长之间有极显著的正向母体加性协方差和正向细胞质效应协方差;与总粒数之间有极显著的负向直接加性/母体加性协方差;与实粒数之间除有极显著的负向直接加性/母体加性协方差以外,还有极显著的正向直接加性/母体加性协方差;与结实率之间有极显著的正向直接加性/母体加性协方差;与粒重有极显著的正向母体加性协方差。

碱消值与 6 个农艺性状之间都有显著的正向母体加性协方差。

以上结果表明,在籼粳亚种间杂交组合中,对矮秆的选择可能使直链淀粉含量增高,碱消值变小(糊化温度增高),胶稠度变硬,亦即蒸煮品质变劣;对大穗的选择可能降低直链淀粉含量和糊化温度(碱消值变大);而提高结实率和粒重,则有可能使直链淀粉含量增高,糊化温度降低,胶稠度变软。

2.2 营养品质性状与农艺性状的遗传协方差 表 2 列出了 2 个营养品质性状(蛋白质含量、脂肪含量)与 6 个农艺性状之间的遗传协方差分量估计值。

表 2 2 个营养品质性状与农艺性状之间的遗传协方差

品质性状	协方差	农 艺 性 状					
		株 高	穗 长	总粒数	实粒数	结实率	粒 重
蛋白质含量	$C_{A/Am}$	- 974.5 *	- 200.5 *	- 4 750.5 *	- 4 583.9 *	- 685.4 *	- 63.5 *
	$C_{D/Dm}$	138.5 *	28.9	684.0	657.0 ⁺	96.7	9.01
	$C_{C/Cm}$	50.8	84.9	4 372.0 *	4 305.6 *	688.4 *	22.2
	$C_{Am/Am}$	1 248.8 *	251.2 *	5 946.4 *	5 784.8 *	888.9 *	81.7 *
脂肪含量	$C_{C/Cm}$	- 89.4 *	- 37.0 *	- 861.4 *	- 686.4 *	- 28.4 *	- 5.1 *
	$C_{Am/Am}$	- 128.4 *	- 52.7 *	- 1 228.3 *	- 981.0 *	- 41.6 *	- 7.8 *

表 2 的结果表明,蛋白质含量与 6 个农艺性状之间都有显著的负向直接加性/母体加性协方差和显著的正向母体加性协方差;与株高之间还有显著的正向直接显性/母体显性协方差;与总粒数、实粒数和结实率之间还有显著的正向细胞质效应协方差。

脂肪含量与 6 个农艺性状之间都有显著的负向母体加性和细胞质效应协方差。

因此,在籼粳杂交组合中,对矮秆的选择可能使蛋白质含量和脂肪含量有所提高;对大穗的选择可能降低脂肪含量;而提高结实率和粒重,则有可能使蛋白质含量和脂肪含量有所降低。

2.3 外观品质性状与农艺性状的遗传协方差 在籼粳杂交组合中,稻米外观品质性状与植株农艺性状之间的遗传相关主要归因于加性和细胞质效应协方差,显性效应协方差都不显著(表 3)。其中,粒长与 6 个农艺性状之间均有极显著的正向母体加性协方差,以及正向细胞质效应协方差。粒宽与株

表 3 外观品质性状与农艺性状之间的遗传协方差

品质性状	协方差	农 艺 性 状					
		株 高	穗 长	总粒数	实粒数	结实率	粒 重
粒 长	$C_{C/Cm}$	289.6 **	106.4 **	287.7 **	227.2 **	110.3 **	18.6 **
	$C_{Am/Am}$	402.6 **	148.5 **	479.5 **	284.4 **	53.6 **	26.5 **
粒 宽	$C_{A/Am}$	6.4	17.8 **	422.2 **	459.7 **	97.4 **	- 203.9 **
	$C_{C/Cm}$	- 78.7 **	- 6.7	- 156.4 **	- 230.5 **	- 77.2 **	149.9 **
	$C_{Am/Am}$	- 91.8 **	- 5.9	- 139.5 **	- 242.4 **	- 94.0 **	179.3 **
长宽比	$C_{A/Am}$	18.5 **	431.4 **	- 34.0	- 64.9	1.5	- 1.8
	$C_{C/Cm}$	7.2	40.4	499.6 **	136.3 **	- 4.9 **	9.1 **
	$C_{Am/Am}$	- 33.5 **	- 789.4 **	568.6 **	167.5 **	- 5.7 **	10.8 **

高之间有极显著的负向母体加性协方差和负向细胞质效应协方差;与穗长之间有极显著正向直接加性/母体加性协方差;与总粒数、实粒数和结实率之间,有极显著的正向直接加性/母体加性协方差,和负向母体加性、细胞质效应协方差;与粒重之间有极显著的负向直接加性/母体加性协方差,和正向母体加性、细胞质效应协方差。长宽比与株高和穗长之间,有极显著的正向直接加性/母体加性协方差,以及负向母体加性协方差;与总粒数、实粒数和粒重之间,有极显著的正向母体加性和细胞质效应协方差;与结实率之间有极显著的负向母体加性和细胞质效应协方差。

因此,对矮秆的选择可能会使粒长的母体效应及长宽比的直接效应减弱,而使粒宽的母体效应增强;对大穗的选择可能使粒长增加,粒宽和长宽比也可能在一定程度上有所增加;提高结实率可能使粒长增加,而使长宽比减小;增加粒重则可能使粒长和长宽比都有所增加。

3 讨 论

有关稻米品质与植株农艺性状之间相关性的研究,大多是从表型水平上进行的。其中,对蛋白质含量与农艺性状之间的相关性研究较多。一般认为蛋白质含量与单株产量、株高、穗长、穗数及抽穗期等多呈负相关关系^[10~12]。Chauhan 和 Nanda 发现直链淀粉含量与单株产量呈正相关^[13]。但这些研究都没能揭示两类性状之间相关关系的遗传原因。

稻米品质性状大多属于胚乳性状,其表达可能受到多种遗传控制体系的共同影响,其中既有三倍体胚乳核基因效应,也有二倍体植株核基因效应,还可能有细胞质效应。而母体植株的农艺性状主要受二倍体核基因控制,有时也存在细胞质效应。本研究的结果表明,在籼粳亚种间杂交中,稻米品质性状与植株农艺性状之间的相关性表现,可以归因于各种遗传控制体系的基因效应之间多种遗传协方差分量的共同作用。由于不同性状各种遗传协方差分量的大小和方向不同,因此其相关性的表现也不一样。总的来看,理化品质性状与农艺性状之间的遗传相关主要归因于种子直接加性效应和植株加性效应之间的遗传协方差,而稻米外观品质性状与植株农艺性状之间的遗传相关则主要归因于种子直接加性效应和植株加性效应之间的遗传协方差,以及种子母体加性效应和植株加性效应之间的遗传协方差。由于相关关系主要归因于加性效应遗传协方差,而加性效应是可以被选择所固定的,因此,有可能通过对植株农艺性状的选择,间接地改良稻米品质。

参 考 文 献

- 1 莫惠栋. 谷类作物胚乳性状遗传控制的鉴别. 遗传学报, 1995, 22(2): 126~132
- 2 Zhu J. Mixed model approaches for estimating genetic covariances between two traits with unequal design matrices. J Biomath, 1993, 8(3): 24~30
- 3 任光俊, 汪旭东, 周开达. 籼粳杂种稻米品质研究. 西南农业学报, 1990, 3(2): 13~18
- 4 Little R R, Hilder G B, Dawson E H. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem, 1958, 35: 111~126
- 5 Cagampang G B, Perez C M, Juliano B O. A gel consistency test for eating quality of rice. J Sci Food Agr, 1973, 24: 1589~1594
- 6 周顺伍. 生物化学实验技术. 北京: 北京农业大学出版社, 1991. 41~44
- 7 何照范. 粮油品质分析方法. 北京: 农业出版社, 1985.
- 8 Juliano B O. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci Today, 1971, 16: 334~340
- 9 Landers P S, Gbur E E, Sharp R N. Comparison of two models to predict amylose concentration in rice flours as determined by spectrophotometric assay. Cereal Chem, 1991, 68(5): 545~548
- 10 Singh N B, Singh H G, Singh P. Heterosis and combining ability for quality components in rice. Indian J Genet Plant

Breeding, 1977, 37(2):347~352

- 11 孙义伟,刘宜柏. 稻米蛋白质含量及其与农艺性状相关性的研究. 江西农业大学学报,1990,水稻品质育种研究专集: 28~35
- 12 Hillerislambers D, Rutger J N, Qualset C O et al. Genetic and environmental variation in protein content of rice (*Oryza sativa*). Euphytica, 1973, 22:264~273
- 13 Chauhan J S, Nanda J S. Inheritance of amylose content and its association with grain yield and yield contributing characters in rice. Oryza, 1983, 20:81~85

ANALYSIS OF GENETIC COVARIANCE BETWEEN QUALITY TRAITS AND AGRONOMIC CHARACTERS IN INDICA-JAPONICA CROSSES OF RICE (*ORYZA SATIVA* L.)

Chen Jianguo

(Institute of Life Science, Hubei University, Wuhan, 430062)

Zhu Jun

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

Pan Qiming

(Lianyungang Agronomy Bureau of Jiangsu Province, Lianyungang, 222001)

Abstract Crosses were made in a NC design to obtain the kernel populations of parents, F_1 and F_2 generations, using two photo-thermo-sensitive genic sterile lines of *Indica* type and seven wide-compatibility varieties of *Japonica* type as parents. Eight main quality traits of rice and six agronomic characters were measured. Genetic covariances between these two sets of traits were studied with a mixed-linear model method. The results indicated that the genetic covariance components between physico-chemical quality traits of seeds and agronomic characters of their maternal plants were mainly direct additive/maternal additive covariances, and those between appearance quality traits and agronomic characters were mainly direct additive/maternal additive covariances and maternal additive/maternal additive covariances. Genetic covariances due to cytoplasmic effects were also detected.

Key words *Oryza sativa*; *Indica-japonica* hybridization; Quality traits; Agronomic characters; Genetic covariances

(责任编辑 游俊)