

种子、细胞质和母体遗传效应对籼型杂交稻 稻米营养品质杂种优势的影响*

石春海 杨肖娥 薛建明 余永贵 朱军

(浙江农业大学 310029)

提 要:利用珍汕 97A 等 9 个籼型不育系与测早 2-2 等 5 个籼型恢复系进行不完全双列杂交,同时分析了籼型杂交稻米营养品质性状中由种子、母体植株和细胞质三套遗传体系引起的多种杂种优势分量。结果证实种子杂种优势可以增加蛋白质含量、蛋白质指数、赖氨酸含量和赖氨酸指数等性状,而母体植株杂种优势则会降低蛋白质含量和提高赖氨酸指数。细胞质效应也能显著影响营养品质性状的表现,其中具有野败胞质的浙协 2 号 A 和梗型胞质的作 5A 具有较好的细胞质效应,在以改良营养品质性状为主要目的杂交稻育种中可加以利用。

关键词:杂种优势 种子和母体遗传效应 细胞质效应 营养品质 籼型杂交稻

稻米营养品质的好坏直接影响着消费者的营养水平。杂交稻的培育成功为解决我国的温饱问题作出了重要的贡献,但目前推广的多数组合尤其早籼杂交稻米质尚不够理想,因此,改良稻米品质已经成了一项迫切而重要的任务。虽然稻米品质的遗传要受到三倍体胚乳核基因效应的控制,但由于胚乳的营养物质要由不同世代的二倍体母体植株提供,植株的光合作用能力等也是决定于母体植株核基因和细胞质基因,故一些稻米品质性状会同时受到种子胚乳核基因、母体植株核基因和细胞质基因的共同影响。祁祖白等(1983)发现稻米的形态特征可能决定于植株基因型,细胞质基因的作用很小。徐辰武等(1990)认为稻米直链淀粉含量是一个受三倍体核基因控制的性状,不存在细胞质效应。易小平和陈芳远(1991,1992)利用 6 个同核异质雄性不育系研究的结果发现一些稻米品质性状受到不育系细胞质类型的影响。Pooni 等(1992)试验结果亦发现直链淀粉含量的遗传可能与母体或细胞质效应有关。莫惠栋(1995)认为谷类作物胚乳性状可能受胚乳、母体和细胞质效应的影响。石春海和朱军(1992~1995)的研究已定量分析出一些稻米品质性状的遗传同时受到种子基因效应和母体植株基因效应的影响。上述结果表明稻米品质性状的表达可以同时受到种子、细胞质以及母体基因效应的影响,但至今尚未发现有关这三套遗传体系影响籼型杂交稻米品质杂种优势表现的报道。

本文旨在应用最新提出的胚乳性状遗传模型

(朱军,1992,1993;朱军等,1993;朱军和许复华,1994;Zhu and Weir,1994),同时定量分析籼型杂交稻米营养品质性状中种子、母体植株和细胞质三套遗传体系对营养品质杂种优势表现的影响,以进一步明确稻米品质性状受多套遗传体系影响时的杂种优势表现规律。

1 材料与方法

1993 年采用浙协 2 号 A(P1,野败型)、协青早 A(P2,矮败型)、浙南 3 号 A(P3,野败型)、冈型朝阳 1 号 A(P4,Gambiaka 型)、印型朝阳 1 号 A(P5,印尼水田谷型)、二九青 A(P6,野败型)、V20A(P7,野败型)、作 5A(P8,梗型,利用梗稻杂交组合后代中发现的不育株转育而成的籼稻不育系)、珍汕 97A(P9,野败型)等 9 个籼型不育系与 T49(P10)、测早 2-2(P11)、26715(P12)、102(P13)和 1391(P14)等 5 个早籼恢复系配成不完全双列杂交(9×5)。1994 年早季在浙江农业大学实验农场种植亲本和 F₁,单本插。各小区种 24 株,行株距为 20 cm×20 cm,3 次重复。成熟时各小区取中间 8 株亲本或 F₁ 植株上的 F₂ 种子以及当代杂交获得的 F₁ 种子,测定稻米蛋白质含量、蛋白质指数、赖氨酸含量和赖氨酸指数等性状。

采用 MINQUE(0/1)法估算各个营养品质性状的种子显性方差、细胞质方差、母体显性方差等遗传分量(朱军,1992;Zhu and Weir,1994)。应用调整无偏预测法(朱军,1993)预测品质性状的各项遗传效应值,评判杂交组合的杂种优势。依据标准化的显性

* 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。

方向值 ($\Delta_o = -\sum D_{ii} / \sqrt{n\sigma_D^2}$ 或 $\Delta_m = -\sum D_{m_{ii}} / \sqrt{n\sigma_{D_m}^2}$) 的大小和方向判定某个性状的种子或母本总杂种优势表现, 如果该值大于 0, 说明存在正向杂种优势, 小于 0 则存在负向杂种优势(朱军, 1993; 朱军等, 1993)。采用 Jackknife 数值抽样技术(Miller, 1974; 朱军, 1992)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 稻米营养品质的种子和母体杂种优势分析

杂种优势是提高产量和稻米品质的一项有效措施, 利用标准化显性方向可在总体上评价稻米营养品质性状的杂种优势表现。由于蛋白质含量、蛋白质指数、赖氨酸含量和赖氨酸指数等性状的标准种子显性方向值 (Δ_o) 分别为 6.869^{**}, 6.827^{**}, 5.595^{**} 和 5.019^{**}, 而母体植株显性方向值 (Δ_m) 分别为 -1.984^{*}, 1.701, 0.636 和 1.968^{*}, 故由种子三倍体核基因引起的杂种优势可以极显著增加营养品质, 而由母体植株二倍体核基因引起的杂种优势则会显著降低蛋白质含量或提高赖氨酸指数。虽然种子杂种优势有利于提高 F₁ 当代稻米的营养品质, 但由于杂交稻是生产 F₁ 植株上的 F₂ 稻米, 基因纯合效应引起的自交衰退会导致 F₂ 种子中胚乳的营养品质不如 F₁, 增加改良杂交稻食用稻米营养品质的难度。由此可见, 在杂交稻育种中, 种子和母体不同基因体系中的显性效应可以引起不同杂种优势, 故有必要了解总的杂种优势中种子和母体杂种优势的大小和重要性。

表 1 籼稻稻米营养品质的杂种优势估计值^a
Table 1. Estimation of heterosis for nutrient quality traits in indica rice.

参数 Parameter	蛋白质 含量 PC	蛋白质 指数 PI	赖氨酸 含量 LC	赖氨酸 指数 LI
Δ_o	6.869 ^{**}	6.827 ^{**}	5.595 ^{**}	5.019 ^{**}
Δ_m	-1.984 [*]	1.701	0.636	1.968 [*]

a: Δ_o 和 Δ_m 分别为种子和母体杂种优势; * 和 ** 分别为 5% 和 1% 显著水平。 Δ_o and Δ_m represent seed direct heterosis and maternal plant heterosis, respectively. * and ** are significantly different at 5% and 1% level, respectively. PC=protein content, PI=protein index; LC=lysine content; LI=lysine index. The same below.

2.2 杂交籼稻组合的种子和母体植株遗传效应预

测值

杂交水稻的杂种优势主要由基因效应所引起, 其表现值 (G_{ij}) 可以分为由三倍体胚乳基因引起的种子直接效应 ($G_{o_{ij}}$)、细胞质效应 (C_{ij}) 和由母体植株二倍体核基因引起的母体效应 ($G_{m_{ij}}$)。对上述各种效应值作进一步的分析有利于明确种子直接效应、细胞质效应以及母体效应在产生杂交稻杂种优势的相对重要性。

现将各性状中至少有一个效应达到显著水平的组合列于表 2, 种子直接效应预测值表明其 F₂ 稻米的种子直接效应 ($G_{o_{ij}}$) 可以分别明显增加杂交稻稻米蛋白质指数、赖氨酸含量和赖氨酸指数的组合分别有 1 个 (P7×P10)、1 个 (P4×P13) 和 4 个 (P2×P11 等), 说明这些组合的种子直接效应有利于提高相应的营养品质性状; 而明显降低稻米蛋白质含量、蛋白质指数、赖氨酸含量和赖氨酸指数则分别有 9 个组合 (P1×P12 等)、13 个组合 (P2×P12 等)、12 个组合 (P1×P12 等) 和 16 个组合 (P1×P12 等)。其中以不育系×P12 等 10 个组合的种子直接效应尤为突出, 会降低这些组合 F₂ 稻米的各个营养品质性状。在 F₁ 母体植株核基因效应 ($G_{m_{ij}}$) 上, 能够分别明显增加 F₂ 稻米蛋白质含量、蛋白质指数、赖氨酸含量和赖氨酸指数的组合分别有 7 个 (P1×P12 等)、8 个 (P1×P12 等)、9 个 (P1×P12 等) 和 5 个 (P1×P12 等), 说明这些组合的母体效应有利于提高后代的营养品质; 而母体效应会明显降低稻米蛋白质含量、蛋白质指数、赖氨酸含量和赖氨酸指数的组合数则分别有 17 个组合 (P1×P10 等)、15 个组合 (P1×P10 等)、17 个组合 (P1×P10 等) 和 13 个组合 (P1×P10 等)。在全部杂交稻组合中, 以 P1×P12、P2×P12 和 P5×P12 等 3 个组合效应最为明显, 能够显著增加各个营养品质性状; 而 P1×P10、P4×P13、P6×P13、P7×P10、P7×P13、P8×P14 和 P9×P10 等 7 个组合的母体效应则会明显降低全部营养品质性状。

综合种子和母体效应对杂交稻稻米营养品质性状的影响, 可以发现 P2×P12 和 P3×P12 组合具有较好的总体营养杂种优势, 虽然其种子直接效应会降低 F₂ 稻米的营养品质, 但母体植株效应可以显著增加稻米营养品质, 而且母体植株效应大于种子直接效应, 在以改良营养品质性状为主要目的杂交稻育种中可以加以利用。

2.3 细胞质遗传效应分析

虽然目前关于水稻雄性不育细胞质遗传效应的

表 2 籼型杂交稻米营养品质性状的种子和母体遗传效应^a

Table 2. Seed direct and maternal direct dominance effects of nutrient quality traits in indica hybrid rice.

组合 Cross	蛋白质含量(%) PC		蛋白质指数(mg) PI		赖氨酸含量(%) LC		赖氨酸指数(mg) LI	
	Go _{ij}	Gm _{ij}	Go _{ij}	Gm _{ij}	Go _{ij}	Gm _{ij}	Go _{ij}	Gm _{ij}
P1×P10	-0.636	-2.883**	0.143	-0.620**	-0.076	-0.108 ⁺	-0.003	-0.025*
P1×P12	-3.125*	1.839*	-0.939**	0.987*	-0.237**	0.162**	-0.050**	0.047*
P1×P13	0.047	-2.149	-0.033	-0.456*	-0.082	-0.075 ⁺	-0.013 ⁺	-0.019*
P1×P14	0.948	-6.004**	-0.068	-0.890**	-0.072	-0.092	-0.019*	-0.013
P2×P10	0.388	-4.673**	0.432 ⁺	-1.045**	-0.147*	0.087	-0.012	0.005
P2×P11	0.125	-1.936 ⁺	0.064	0.043	0.084	-0.181 ⁺	0.016 ⁺	-0.016
P2×P12	-3.103**	3.155*	-0.867**	1.091*	-0.279**	0.305**	-0.054**	0.068*
P2×P13	0.479	-4.346**	0.109	-0.960**	-0.051	-0.132	-0.006	-0.031 ⁺
P3×P12	-2.416	4.301**	-0.720*	1.166**	-0.090*	0.107 ⁺	-0.025*	0.034
P4×P10	0.026	-1.963 ⁺	0.051	-0.264	0.032	-0.045	0.007	-0.005
P4×P12	-3.596**	3.383*	-0.970**	0.902**	-0.116**	0.121*	-0.030*	0.032
P4×P13	0.708	-3.683*	0.080	-0.529 ⁺	0.108 ⁺	-0.144*	0.017 ⁺	-0.023*
P4×P14	-2.460 ⁺	1.172	-0.681**	0.337 ⁺	-0.072*	0.079*	-0.020**	0.016**
P5×P10	-1.181	-0.661	-0.118	-0.276	0.023	-0.129**	0.007	-0.024**
P5×P11	-0.702	-1.306	-0.209	0.079	0.027	-0.115*	0.000	-0.009
P5×P12	-4.876*	6.758**	-1.103**	1.375**	-0.169**	0.143*	-0.037**	0.033*
P5×P14	-1.912	0.476	-0.534*	0.061	-0.031	-0.088 ⁺	-0.014*	-0.014**
P6×P10	-0.103	-1.068	0.123	-0.282 ⁺	-0.006	-0.054 ⁺	0.003	-0.014 ⁺
P6×P12	-2.213 ⁺	2.498*	-0.509*	0.535*	-0.107**	0.095*	-0.022 ⁺	0.020
P6×P13	0.823	-4.368**	0.031	-0.482**	0.023	-0.139**	0.001	-0.021**
P6×P14	-0.992	0.018	-0.391*	0.258	-0.006	-0.070**	-0.006 ⁺	-0.005
P7×P10	1.394	-5.893**	0.318 ⁺	-0.757**	0.014	-0.133**	0.008	-0.018 ⁺
P7×P11	0.976	-3.750**	0.048	-0.069	-0.007	-0.090 ⁺	-0.001	-0.002
P7×P12	-1.549 ⁺	0.982	-0.472*	0.296	-0.128**	0.241**	-0.025*	0.051*
P7×P13	0.874	-4.803**	0.184	-0.301**	0.050	-0.166*	0.015 ⁺	-0.033*
P8×P10	0.139	-4.279**	0.051	-0.329*	-0.094	0.015	-0.010	0.010
P8×P12	-3.222**	0.036	-0.515*	0.067	-0.205**	0.099*	-0.029**	0.017
P8×P13	-0.981	-1.935	-0.152	-0.213	-0.031	-0.096**	0.001	-0.021 ⁺
P8×P14	-1.742	-2.011*	-0.394**	-0.372**	-0.076	-0.056*	-0.012*	-0.018*
P9×P10	1.156	-3.568**	0.232	-0.312 ⁺	0.096	-0.230**	0.020 ⁺	-0.033*
P9×P11	2.094	-3.290**	0.420	-0.590*	0.047	-0.098*	0.012	-0.019
P9×P12	-1.801 ⁺	1.479 ⁺	-0.719**	0.859**	-0.094*	0.056	-0.027*	0.028
P9×P13	0.967	-4.053**	-0.054	-0.178	0.012	-0.026	-0.002	0.005
P9×P14	-0.022	-2.001*	-0.171	-0.256*	-0.060 ⁺	0.148	-0.014*	0.023

a: +, *, ** 分别为 10%, 5% 和 1% 显著水平, 下同。Go_{ij} 和 Gm_{ij} 分别表示种子直接效应和母体效应。+, * and ** are significantly different at 10%, 5% and 1% level, respectively. The same below. Go_{ij} and Gm_{ij} represent seed direct and maternal dominance effects, respectively.

研究, 国内外已有不少报道。但在种子、细胞质和母体三套遗传体系中定量分析出细胞质效应对稻米品质性状杂种优势表现的影响尚未见报道。表 3 结果表明, 营养品质性状上存在着明显的细胞质效应, 其影响程度以蛋白质含量和赖氨酸指数最为突出。由此可见, 杂交水稻稻米营养品质性状杂种优势的表现还受到除种子和母体核基因之外遗传效应的影响, 细胞质遗传效应对稻米品质性状杂种优势的表现有着不可忽视的作用。通过对细胞质效应预测值的分析, 可以发现 P1、P2 和 P8 不育系的细胞质效应可以显著提高杂交组合的稻米蛋白质含量, 而

P2、P3、P6 和 P9 细胞质效应则会明显降低稻米的蛋白质含量。P1、P6、P7 和 P8 细胞质效应能够增加杂交稻米蛋白质指数, 仅 P4 不育系的细胞质效应表现为明显减少稻米蛋白质指数。在赖氨酸含量性状上, P1 和 P9 的细胞质效应可以明显提高杂交组合的稻米赖氨酸含量, 而 P3 不育系的细胞质效应则会显著降低稻米赖氨酸含量。赖氨酸指数的细胞质效应表明, P1、P5、P8 和 P9 这 4 个不育系可以显著提高赖氨酸指数, 而 P4 和 P7 则表现为明显降低稻米赖氨酸指数。综合上述各个营养品质性状的表现, 在父本相同时以 P1 和 P8 不育系的细胞质遗

传效应为好,可以明显提高杂交稻组合的稻米品质。

表3 籼稻稻米营养品质性状的细胞质遗传效应预测值

Table 3. Predicted cytoplasmic genetic effects of nutrient quality traits in indica hybrid rice.

组合 Cross	蛋白质 含量(%) PC	蛋白质 指数(mg) PI	赖氨酸 含量(%) LC	赖氨酸 指数(mg) LI
P1×Pi	0.173**	0.189 ⁺	0.043**	0.011**
P2×Pi	-0.634 ⁺	0.435	0.011	0.011
P3×Pi	-0.467**	0.069	-0.021*	-0.001
P4×Pi	1.349*	-0.276 ⁺	-0.029	-0.007**
P5×Pi	-0.102	-0.019	0.086	0.012**
P6×Pi	-0.370*	0.138 ⁺	0.006	0.003
P7×Pi	-0.087	0.352 ⁺	-0.061	-0.007 ⁺
P8×Pi	1.736*	0.222*	0.088	0.034*
P9×Pi	-0.356**	0.187	0.013 ⁺	0.006*

a_i表示第i个父本(i=10,11,12,13,14),i represents male parents(i=10,11,12,13,14)。

从表3还可看出同核异质或同质异核不育系间在一些品质性状上的差异。P1(野败细胞质)和P2(矮败细胞质)具有相同的细胞核基因(协青早)但两者在营养品质性状上的细胞质效应差异已达显著水平,其中P1不育系的细胞质效应可以显著增加杂交组合的稻米蛋白质含量、蛋白质指数、赖氨酸含量和赖氨酸指数,而P2则会明显降低稻米蛋白质含量。此结果说明细胞质的不同会导致一些营养品质性状表现的不同,在采用相同的恢复系时,选用P1不育系作杂交亲本要优于P2不育系,有利于改善籼型杂交水稻的稻米品质。不育系P4(Gambiaka细胞质)和P5(印尼水田谷细胞质)也具有相同的细胞核基因(朝阳1号),但细胞质不相同,其细胞质效应差异也较为明显,其中P4不育系的细胞质效应可以显著增加稻米蛋白质含量、降低蛋白质指数和赖氨酸指数,而P5则仅有赖氨酸指数的细胞质效应正值达到极显著水平。因此,利用同核异质的遗传材料可以定量分析出细胞质效应,明确细胞质效应以及种子和母体杂合显性效应在控制稻米品质性状杂种优势上的相对重要性。在同质异核不育系(P1, P3, P6, P7和P9,野败细胞质)中,可以看到一些不育系在品质性状上的细胞质效应亦存在一些差异。其原因可能是这些同质异核不育系尽管具有相同的细胞质来源,但在不育系的转育过程中其细胞质基因可能会发生一些变化(如突变)或者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的差异(互作)。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。

3 讨论

杂交水稻新组合的选育和推广在一定程度上决定于稻米品质的优劣。因此,研究品质性状的遗传规律有利于提高水稻育种效率。杂交水稻F₁植株上生长的F₂种子是由母体植株供其发育所需的营养物质,故除F₂种子三倍体胚乳核基因可以控制稻米品质性状的杂种优势外,F₁二倍体母体植株的核基因也会在不同程度上影响稻米品质性状的杂种优势的表现。本试验将籼型杂交稻米营养品质性状的总杂种优势分解为由种子基因效应引起的杂种优势、母体植株基因效应引起的杂种优势,同时定量分析出控制品质性状的细胞质效应。根据各个遗传分量的大小,能够进一步阐明稻米营养品质性状的杂种优势遗传机制。

本研究结果证实由种子核基因效应引起的杂种优势可以极显著增加营养品质,而由母体植株核基因效应引起的杂种优势则会显著降低蛋白质含量和提高赖氨酸指数。这表明在杂交稻米营养品质的杂种优势上,主要是由种子三倍体核基因效应引起的,但蛋白质含量会受到负向母体杂种优势的影响,而赖氨酸指数性状的种子杂种优势和母体杂种优势均为显著正值,起同方向的增值作用。由于杂交稻F₂稻米是长在不同世代的F₁母体植株上,虽然种子杂种优势有利于提高F₁当代稻米的营养品质,但基因纯合效应引起的自交衰退就会降低F₂食用稻米的营养品质,增加了杂交稻营养品质杂种优势利用的难度。试验结果还表明,杂交水稻稻米营养品质性状杂种优势的表现除受到种子和母体效应的影响外,还存在着明显的细胞质效应,特别是蛋白质含量和赖氨酸指数两个性状表现最为明显。因此细胞质遗传效应对稻米品质性状杂种优势的表现有着不可忽视的作用,选择具有良好细胞质效应的不育系作亲本更有利于选配出优良的杂交稻组合,其中野败胞质的浙协2号A和粳型胞质的作5A两个不育系具有较好的细胞质效应,在以改良营养品质性状为主要目的的杂交稻育种中可以加以利用。

本试验利用一些籼型杂交稻组合的世代平均数,同时分析了稻米营养品质性状中种子、母体植株核遗传体系的杂种优势以及细胞质效应,进一步明确了籼型杂交稻米营养品质杂种优势同时受种子和母体植株基因效应以及细胞质效应控制时的遗传特征。采用新近提出的遗传模型及其相应的统计分析方法(朱军,1992;Zhu和Weir,1994),只需利用

少数世代(亲本、 F_1 和 F_2)的平均数就能估算出种子数量性状的种子直接遗传效应、母体植株遗传效应和细胞质效应,进而分析三套遗传体系对杂种优势表现的影响,具有研究方法简单、方便、实用的优点。因此,本研究结果对于提高杂交水稻稻米品质性状的杂种优势分析效果和组合选配具有一定的指导意义。

参考文献

- 1 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.
- 2 徐辰武、莫惠栋、顾铭洪等. 籼稻米直链淀粉含量的遗传研究. 谷类作物品质性状遗传研究进展, 莫惠栋主编, 江苏科学技术出版社, 1990, 75~80.
- 3 易小平, 陈芳远. 籼型杂交水稻稻米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.
- 4 易小平, 陈芳远. 籼型杂交水稻稻米蒸煮品质、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.
- 5 莫惠栋. 谷类作物胚乳品质性状遗传研究. 中国农业科学, 1995, 28(2): 1~7.
- 6 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.
- 7 石春海、朱军. 籼型杂交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.
- 8 石春海、朱军. 籼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.
- 9 石春海、朱军. 稻米营养品质的种子效应和母体遗传效应分析. 遗传学报, 1995, 22(5): 372~379.
- 10 朱军. Mixed model approaches for estimating variances and covariances. 生物数学学报, 1992, 7(1): 1~11.
- 11 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.
- 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 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.
- 14 Miller R G. The jackknife, a review. Biometrika, 1974, 61: 1~15.
- 15 Pooni H S, et al. A comprehensive model for disomically inherited maternal traits expressed in triploid tissues. Heredity, 1992, 69: 166~174.
- 16 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.

The Study of Seed, Cytoplasmic and Maternal Genetic Effects on the Heterosis of Nutrient Quality Traits in Indica Hybrid Rice

Shi Chunhai, Yang Xiaoe, Xue Jianming, Yu Yungui, Zhu Jun
(Zhejiang Agricultural University, Hangzhou, 310029)

Abstract: An analysis of seed, cytoplasmic and maternal effects on the heterosis of nutrient quality traits of indica hybrid rice was conducted based on the genetic model for quantitative traits of seeds in cereal crops. Nine cytoplasmic male sterile lines (Zhenshan 97 A etc.) as females and five restorer lines (Cezao 2-2 etc.) as males were used in incomplete diallel crosses. The results indicated that the heterosis of nutrient quality traits of milled rice was controlled by seed, cytoplasmic and maternal genetic effects. The seed heterosis could significantly increase protein content (PC, %), protein index (PI, mg), lysine content (LC, %) and lysine index (LI, mg). The maternal heterosis could highly decrease PC or increase LI. The nutrient quality traits could also be affected by cytoplasmic effects. The predicted cytoplasmic effects showed that Zhexie 2 A with WA cytoplasm and Zuo 5 A with japonica type cytoplasm were better than the other cytoplasmic male sterile lines and could be used in indica hybrid rice breeding.

Key words: heterosis; seed and maternal genetic effects; cytoplasmic effects; nutrient quality; indica hybrid rice