

文章编号: 1001-411X(2002)04-0001-04

# 水稻待测粳型亲粳系的杂种优势研究

陈跃进, 敖华, 张桂权, 卢永根

(华南农业大学植物分子育种研究中心, 广东 广州 510642)

**摘要:** 培育粳型亲粳系可能是克服籼粳杂种不育性、利用籼粳杂种优势、提高水稻产量的有效途径。本文研究了待测粳型亲粳系与籼稻杂交的  $F_1$  杂种优势。试验表明, 第一, 粳型亲粳系 G3005-4-1 与籼稻杂交, 其  $F_1$  理论产量中亲优势强大, 而其他亲粳性好而粳型性弱的系统与籼稻杂交, 其  $F_1$  理论产量中亲优势弱。第二, 粳型亲粳系 G3005-4-1 与籼稻杂交,  $F_1$  主要表现为穗大粒多, 结实正常, 并且不存在生育期偏长和植株偏高的现象。第三,  $F_1$  理论产量中亲优势与双亲平均值和分子标记测得的双亲相似系数均无显著相关关系。

**关键词:** 粳型亲粳系;  $F_1$  杂种优势; 水稻

中图分类号: S511.103.1

文献标识码: A

水稻籼粳亚种间杂种不育性是籼粳亚种间杂种优势利用的主要障碍之一。张桂权、卢永根等<sup>[1-4]</sup>深入研究栽培稻杂种不育性的遗传基础后, 提出了特异亲和基因新学术观点。他们认为, 通过籼粳交或粳粳交, 可以把控制栽培稻亚种间杂种不育性的籼型特异亲和基因聚合到粳型品系中去, 培育出一种新的水稻种质资源——粳型亲粳系。粳型亲粳系的育性基因与籼稻的相同或相近, 与籼稻杂交所产生的  $F_1$  育性正常, 结实率高, 因此能克服籼粳杂种的不育性; 同时, 粳型亲粳系与籼稻之间遗传差异大, 相互杂交能产生较大的杂种优势, 提高杂交稻的产量。本研究利用籼稻测验种与待测粳型亲粳系杂交, 鉴定待测粳型亲粳系  $F_1$  理论产量与其他重要农艺性状的杂种优势, 以鉴定出  $F_1$  产量优势明显的待测粳型亲粳系; 并探讨  $F_1$  理论产量与待测粳型亲粳系的粳型性和亲粳性的相关性, 与  $F_1$  其他各性状间的相关性, 与双亲平均值的相关性以及双亲相似系数的相关性, 旨在为利用粳型亲粳系选育强优势高产组合提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

本研究的供试材料有籼型测验种低脚乌尖、广陆矮 4 号、IRBB21 和胜优 2 号等 4 个, 待测粳型亲粳系 G2123、G2410-2-1、G2417-1 和 G3005-4-1 等 4 个以及由它们所配组的 16 个杂交组合  $F_1$ 。测定 4 个待测粳型亲粳系的亲粳性时除用到上述 4 个籼型测验种外, 还用到籼型测验种矮脚南特和窄叶青 8 号。测定 4 个待测粳型亲粳系的粳型性时除选用上述 6 个籼

型测验种外, 还选用了 6 个粳型测验种(沈农 265、IR5598、台中 65、大白芒、紫皮旱稻和农垦 58)作参照。

### 1.2 试验方法

试验于 1999 年晚季在华南农业大学教学实验农场进行。3 次重复, 随机区组排列, 种植亲本和  $F_1$ , 每小区 40 株, 单本植, 4 行  $\times$  10 株, 行距 25 cm, 即宽窄行(16.7 cm+33.3 cm)/2, 株距 16.7 cm, 小区之间不空行, 旁边 33.3 cm 为走道。记录播种至始穗所经历的时间(简称播始历期), 成熟时除去边行 8 株, 田间测量每小区 32 株的株高和单株有效穗数, 取中间 10 株考查每穗总粒数和每穗实粒数, 计算每小区的理论产量和  $F_1$  各性状的中亲优势。

为了找出待测粳型亲粳系的粳型性、亲粳性与杂种优势的相关性, 4 个待测粳型亲粳系分别与 6 个籼型测验种杂交, 用张桂权、卢永根等<sup>[1]</sup>提出的方法, 鉴定其亲粳性; 用分布于水稻 12 条染色体上的 55 对微卫星标记, 按 Panaud 等<sup>[5]</sup>的办法进行 PCR 扩增, 以 6 个籼型测验种和 6 个粳型测验种作参照, 检测 4 个待测粳型亲粳系的粳型性以及各亲本间的双亲相似系数。双亲相似系数的计算方法是, 把微卫星标记所读扩增带型转变成“0”、“1”数据, 用质量性状聚类分析程序 NTSYS 进行聚类分析, 用 Dice 方法计算各组合的双亲相似系数( $S_{K_i}$  或  $S_{K_j}$ )。粳型性的判别用粳型性判别值( $D_j$ )。  $D_j$  值的计算方法是, 在计算各组合的双亲相似系数( $S_{K_i}$  或  $S_{K_j}$ )的基础上, 再分别计算各待测粳型亲粳系与籼型测验种的平均相似系数  $S_i$  和粳型测验种的平均相似系数  $S_j$ ,  $S_i = \sum S_{K_i} / N_i$ ,  $S_j = \sum S_{K_j} / N_j$ , 最后算出  $D_j$  值,  $D_j = S_j / (S_i + S_j)$ 。

收稿日期: 2002-01-21

作者简介: 陈跃进(1958-), 男, 副教授, 博士, 现在佛山科学技术学院农牧学院工作;

通讯作者: 卢永根(1930-), 男, 教授, 中国科学院院士。

基金项目: 国家“863”计划项目(Z16-92-01)

## 2 结果与分析

### 2.1 待测粳型亲籼系的 $F_1$ 理论产量与其他性状的中亲优势比较

对4个待测粳型亲籼系与籼型测验种杂交的  $F_1$  理论产量与其他性状的中亲优势作初步比较表明(表1), G3005-4-1 理论产量中亲优势最大, 明显高于 G2123、G2417-1 和 G2410-2-1 的理论产量中亲优势。从产量构成因素分析, G3005-4-1 理论产量中亲优势

大的主要原因是穗大粒多、结实正常、生长协调。G3005-4-1 的每穗总粒数中亲优势高达 21.2%, 由于结实正常(结实率中亲优势 0), 所以每穗实粒数中亲优势也高达 22.6%, 加之有一定数量的千粒质量优势和单株有效穗数优势, 导致理论产量中亲优势高达 40.6%。G3005-4-1 还具有生育期短的特点, 其播始历期中亲优势为 -3.6%。其株高虽有一定的中亲优势(9.3%), 但是 G3005-4-1 本身植株偏矮(88.8 cm), 所以所配的4个组合的  $F_1$  的平均株高只有

表1 待测粳型亲籼系的  $F_1$  理论产量与其他性状的中亲优势比较

Tab. 1 Comparison of mid-parent heterosis of theoretical grain yield and other characters of  $F_1$  hybrids

in candidate *indica*-compatible *japonica* lines

( $n=4$  %)

待测粳型亲籼系 candidate <i>indica</i> -compatible <i>japonica</i> lines	播始历期 days from sowing to heading	株高 plant height	单株有效穗数 effective panicles per plant	每穗总粒数 total grains per panicle	每穗实粒数 filled grains per panicle	结实率 seed set rate	千粒质量 mass of 1000 grains	理论产量 theoretical grain yield
G2123	-7.6	3.8	13.9	3.2	6.5	3.1	2.3	27.4
G2410-2-1	-6.7	5.7	5.9	2.5	8.5	7.0	3.6	23.8
G2417-1	-4.5	9.5	8.9	6.1	3.3	-2.8	7.4	25.8
G3005-4-1	-3.6	9.3	5.6	21.2	22.6	0	6.9	40.6

98.3 cm, 比汕优 63 矮 2 cm。

### 2.2 待测粳型亲籼系的粳型性和亲籼性

4个待测粳型亲籼系分别与6个籼型测验种杂交的平均可育花粉率和结实率以及4个待测粳型亲籼系用微卫星标记鉴定的粳型性判别值( $D_j$ )如表2。粳型亲籼系的标准是: 与各籼型测验种杂交  $F_1$  可育花粉率和结实率均达 80% 以上,  $D_j$  值大于 0.5。表2可见 G2123、G2410-2-1、G2417-1 和 G3005-4-1 均基本上达到亲籼标准, 但 G2123、G2410-2-1 和 G2417-1 均未达到粳型标准, 综合粳型和亲籼两方面的标准, 4个待测粳型亲籼系中只有 G3005-4-1 属粳型亲籼系。

表2 待测粳型亲籼系的粳型性和亲籼性

Tab. 2 *Japonica* and *indica*-compatible characteristics of candidate *indica*-compatible *japonica* lines

待测粳型亲籼系 candidate <i>indica</i> -compatible <i>japonica</i> lines	可育花粉率 fertile pollen rate/ %	结实率 seed set rate/ %	粳型性判别值 <i>japonica</i> discriminating value ( $D_j$ )
G2123	89.4	80.2	0.42
G2410-2-1	88.6	86.3	0.17
G2417-1	87.3	94.9	0.28
G3005-4-1	89.6	81.4	0.54

### 2.3 待测粳型亲籼系的粳型性与 $F_1$ 理论产量中亲优势的相关性

对4个待测粳型亲籼系的粳型性( $D_j$ )及其与籼型测验种杂交的  $F_1$  理论产量中亲优势作相关分析表明, 随着待测粳型亲籼系的粳型性增强,  $F_1$  理论产量中亲优势加大。G2410-2-1 的  $D_j$  为 0.17, 与4个籼型测验种杂交的  $F_1$  理论产量中亲优势平均为 23.8%; G2417-1 的  $D_j$  为 0.28, 其优势为 25.8%; G2123 的  $D_j$  为 0.42, 其优势为 27.4%; G3005-4-1 的  $D_j$  为 0.54, 其优势为 40.6%。可见粳型亲籼系与籼稻杂交, 只有粳型性强,  $D_j$  大,  $F_1$  理论产量中亲优势才能大。作为粳型亲籼系, 其  $D_j$  至少应大于 0.5。

### 2.4 待测粳型亲籼系的 $F_1$ 理论产量与其他性状的相关性

对待测粳型亲籼系与籼稻杂交的 16 个组合  $F_1$  各性状值作相关分析表明(表3),  $F_1$  理论产量与每穗实粒数呈线性极显著正相关, 所以要提高  $F_1$  产量, 一定要提高  $F_1$  每穗实粒数。 $F_1$  理论产量与结实率呈线性极显著正相关, 可见待测粳型亲籼系虽然亲籼性较好, 但亲籼性仍然是影响产量的重要因素, 需要进一步改良, 选育更加优良的粳型亲籼系。而理论产量与播始历期、株高、单株有效穗数和千粒质量的相关

表3 待测粳型亲籼系 F<sub>1</sub> 各性状间的相关系数Tab. 3 Coefficient of correlation between characters of F<sub>1</sub> hybrids in candidate *indica-compatible japonica* lines

性状 characters	播始历期 days from sowing to heading	株高 plant height	单株有效穗 effective panicles per plant	每穗总 粒数 total grains per panicle	每穗实 粒数 filled grains per panicle	结实率 seed set rate	千粒质量 mass of 1000 grains
株高 plant height	0.164						
单株有效穗 effective panicles per plant	0.443	-0.245					
每穗总粒数 total grains per panicle	-0.220	0.001	-0.758 **				
每穗实粒数 filled grains per panicle	-0.243	-0.076	-0.680 **	0.848 **			
结实率 seed set rate	0.056	-0.172	0.095	-0.183	0.361		
千粒质量 mass of 1000 grains	-0.204	0.544 *	-0.613 *	0.199	0.400	0.340	
理论产量 theoretical grain yield	-0.040	-0.109	-0.214	0.475	0.820 **	0.682 **	0.354

性均未达显著水平, 特别值得注意的是理论产量与播始历期和株高呈负相关, 早熟和矮秆有利于高产。说明粳型亲籼系与籼稻杂交, 可以获得早熟、矮秆和小粒的高产组合, 但是要注意选用穗大粒多和结实率正常的组合。

### 2.5 待测粳型亲籼系的 F<sub>1</sub> 表型值与双亲平均值的相关性

对供试的 16 个组合 F<sub>1</sub> 表型值与双亲平均值的相关性进行分析表明, F<sub>1</sub> 表型值与双亲平均值正相关极显著的性状有株高(相关系数 0.908)、单株有效穗数(0.905)、千粒质量(0.845)、每穗总粒数(0.780)、每穗实粒数(0.754)和结实率(0.668), 无显著相关关系的性状有播始历期(0.480)和理论产量(0.452)。可见, 不能根据双亲的产量高低来推测 F<sub>1</sub> 产量的高低。

### 2.6 待测粳型亲籼系的 F<sub>1</sub> 各性状中亲优势与双亲相似系数的相关性

用 55 对微卫星标记对 16 个杂交组合的 8 个亲本材料的 12 条染色体进行 PCR 扩增检测, 计算出各组合的双亲相似系数与 F<sub>1</sub> 各性状中亲优势的相关性的结果表明: F<sub>1</sub> 播始历期中亲优势与双亲相似系数的正相关性虽未达到显著水平, 但相关系数较大(0.453), 即双亲遗传距离越大, F<sub>1</sub> 生育期中亲优势越小, 并不表现出典型籼粳交后代植株偏高的现象。F<sub>1</sub> 每穗总粒数中亲优势与双亲相似系数的负相关虽未达到显著水平, 但相关系数也较大(-0.413), 即双亲遗传距离越大, F<sub>1</sub> 每穗总粒数中亲优势越大, 表现出籼粳交后代穗大粒多的现象。双亲相似系数与 F<sub>1</sub> 株高、每穗实粒数、千粒质量和结实率的中亲优势均无显著相关, 其相关系数分别只有 0.125、-0.259、

-0.141 和 -0.290。特别值得注意的是待测粳型亲籼系与籼稻杂交, 双亲相似系数与 F<sub>1</sub> 结实率无显著的相关关系, 克服了典型籼粳交双亲相似系数与 F<sub>1</sub> 结实率极显著的正相关的现象。F<sub>1</sub> 理论产量中亲优势与双亲相似系数也无显著相关(0.180)。

综合分析, F<sub>1</sub> 理论产量中亲优势只与亲本是否为粳型亲籼系有密切关系, 而与双亲平均值和双亲相似系数均无显著的相关关系。真正的粳型亲籼系与籼稻杂交, F<sub>1</sub> 理论产量中亲优势明显。

## 3 结论与讨论

籼粳杂种一代具有穗大粒多、分蘖力强等优势。但典型籼粳品种间杂交, 杂种一代往往植株偏高、生育期偏长和结实率低<sup>[6,7]</sup>。张桂权、卢永根等<sup>[1-4]</sup>提出特异亲和基因的新学术观点, 并根据这个观点, 培育出一批待测粳型亲籼系, 试图用粳型亲籼系与籼稻杂交, 以克服籼粳杂种一代的不育性, 同时减轻或克服植株偏高、生育期偏长等不足, 选育出超高产杂交稻组合。本试验表明, 粳型亲籼系与籼稻杂交, 其 F<sub>1</sub> 理论产量中亲优势高, 如 G3005-4-1 与 4 个籼型测验种杂交的 F<sub>1</sub> 平均理论产量中亲优势高达 40.6%, 其主要原因是穗大粒多, 结实正常, 生长协调; 克服了典型籼粳交 F<sub>1</sub> 植株偏高、生育期偏长和结实率偏低的缺陷, 保持了籼粳交 F<sub>1</sub> 穗大粒多、分蘖力强的优势。其他类型的待测粳型亲籼系与籼稻杂交, 其 F<sub>1</sub> 理论产量中亲优势弱, 其原因是, 这些待测粳型亲籼系不是粳型, 虽然结实正常, 但穗不大, 粒不多, 产量优势不明显。我们应加大力度选育粳型亲籼系, 尽快选育出更多优良粳型亲籼系应用于生产。

待测粳型亲籼系与籼稻杂交 F<sub>1</sub> 理论产量中亲优势与双亲遗传距离(用分子标记测定的双亲相似

系数来表示)无显著相关性,这一结果与 Xiao 等<sup>[8]</sup>和 Zhang 等<sup>[9]</sup>的结果相似。Xiao 等发现籼籼交和粳粳交 F<sub>1</sub> 产量表现和杂种优势与用分子标记检测的双亲遗传距离显著相关,而籼粳交组合没有这种相关性。Zhang 等发现 F<sub>1</sub> 的表现和杂种优势与分子标记检测的总杂含量相关性小,而与特异杂含量相关性大。曾世雄等<sup>[9]</sup>发现典型籼粳交 F<sub>1</sub> 株高、穗长、单株有效穗数和每穗总粒数等性状与双亲平均值呈显著或极显著正相关,而结实率和单株粒质量等性状与双亲平均值无显著相关。本试验也发现待测粳型亲籼系与籼稻杂交,其 F<sub>1</sub> 理论产量中亲优势与双亲平均值无显著相关,所以不能根据双亲表现来推断 F<sub>1</sub> 表现,只有通过测交实践,才能找出强优组合。在 F<sub>1</sub> 各性状中,理论产量与每穗实粒数和结实率呈线性极显著正相关,所以要提高 F<sub>1</sub> 产量,一定要选穗大粒多,结实正常的组合。但理论产量与播始历期、株高和千粒质量的相关性均未达显著水平,说明粳型亲籼系与籼稻杂交,可以获得早熟、矮秆和小粒的高产组合,但是要注意选用穗大粒多和结实率高的组合。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 张桂权,卢永根. 栽培稻(*Oryza sativa* L.) 杂种不育性的遗传研究. I. 等基因 F<sub>1</sub> 杂种不育性的双列杂交分析[ J ]. 中国水稻科学, 1989, 3(3): 97—101.
- [ 2 ] 张桂权,卢永根. 栽培稻(*Oryza sativa* L.) 杂种不育性的遗传研究. II. F<sub>1</sub> 花粉不育性的基因模式[ J ]. 遗传学报, 1993, 20(3): 249—255.
- [ 3 ] 张桂权,卢永根,刘桂富,等. 栽培稻(*Oryza sativa* L.) 杂种不育性的遗传研究. III. 不同类型品种 F<sub>1</sub> 花粉不育性的等位基因分化[ J ]. 遗传学报, 1993, 20(6): 541—551.
- [ 4 ] 张桂权,卢永根,张 华,等. 栽培稻(*Oryza sativa* L.) 杂种不育性的遗传研究. IV. F<sub>1</sub> 花粉不育性的基因型[ J ]. 遗传学报, 1994, 21(1): 35—42.
- [ 5 ] PANAUD O, CHEN X, MCCOUCH S R. Development of microsatellite markers and characterization of simple sequence length polymorphism (SSLP) in rice (*Oryza sativa* L.) [ J ]. Mol Gen Genet, 1996, 252: 597—607.
- [ 6 ] 曾世雄,杨秀青,卢庄文. 栽培稻籼粳亚种间杂种一代优势的研究[ J ]. 作物学报, 1980, 6(4): 193—202.
- [ 7 ] 王建军,徐云碧,申宗坦. 利用籼粳杂种一代若干问题的探讨[ J ]. 中国农业科学, 1991, 24(1): 27—33.
- [ 8 ] XIAO J, LI J, YUAN L, et al. Genetic diversity and its relationship to hybrid performance and heterosis in rice as revealed by PCR-based markers[ J ]. Theor Appl Genet, 1996, 92: 637—643.
- [ 9 ] ZHANG Q, GAO Y J, SABHAI M A, et al. Molecular divergence and hybrid performance in rice[ J ]. Mol Breed, 1995, 1: 133—142.

## Studies on Heterosis of F<sub>1</sub> Hybrids in Candidate

### *Indica*-Compatible *Japonica* Lines in Rice (*Oryza sativa* L.)

CHEN Yue-jin, DING Xiao-hua, ZHANG Gui-quan, LU Yong-gen

(Plant Molecular Breeding Research Center, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** Developing the *indica*-compatible *japonica* lines (ICJLs) in rice may be an important procedure of overcoming the hybrid sterility to utilize the heterosis of F<sub>1</sub> hybrids between *indica* and *japonica* for raising rice grain yield. The heterosis of F<sub>1</sub> hybrids between the candidate ICJLs and *indica* varieties (lines) was identified. The results were as follows: 1. The F<sub>1</sub> hybrids between ICJL G3005-4-1 and *indica* varieties (lines) had great mid-parent heterosis in the theoretic grain yield but the other *indica*-compatible weak *japonica* lines and *indica* varieties (lines) had little mid-parent heterosis. 2. The F<sub>1</sub> hybrids with great mid-parent heterosis in the theoretic grain yield between ICJL G3005-4-1 and *indica* varieties (lines) had the great total grains and the great filled grains per panicle, normal seed set rate and proper growth duration and proper plant height. 3. The mid-parent heterosis of F<sub>1</sub> hybrids in the theoretic grain yield was not correlated to parent average and the parent similitude coefficient identified by SSR (simple sequence repeat) markers at significant level.

**Key words:** *indica*-compatible *japonica* lines; heterosis of F<sub>1</sub> hybrids; *Oryza sativa* L.

【责任编辑 周志红】