

# 水稻粳型亲籼系的鉴定

刘维敏, 张桂权, 朱海涛, 张泽民, 曾瑞珍, 丁效华\*

(华南农业大学 广东省植物分子育种重点实验室, 广东 广州 510642)

**摘要:** 培育水稻粳型亲籼系是克服水稻籼粳亚种间杂种不育性, 实现籼粳亚种间杂种优势利用, 促进水稻产量进一步提高的一条有效地途径。利用 88 对 SSR 标记多态性分析的资料, 采用  $D_j$  值分析法对 42 个待测粳型亲籼系进行粳型性鉴定, 从中筛选出 18 个偏粳型材料; 利用 4 个籼型和 4 个粳型测验种对其中 13 个偏粳型待测粳型亲籼系进行亲和性测定, 结果鉴定出 5 个偏粳型特异亲籼系和 6 个偏粳型广亲和系。

**关键词:** 水稻; 微卫星标记; 粳型亲籼系; 粳型性; 亲和性

中图分类号: S511.2<sup>+</sup>2.037 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)05-0887-08

## Identification of Rice *Indica*-compatible *Japonica* Lines

LIU Wei-min, ZHANG Gui-quan, ZHU Hai-tao,  
ZHANG Ze-min, ZENG Rui-zhen, DING Xiao-hua\*

(Guangdong Provincial Key Lab of Plant Molecular Breeding, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** Development of *indica*-compatible *japonica* lines (ICJLs) is one of the promising ways to exploit the heterosis between *indica* and *japonica* rice by overcoming the  $F_1$  hybrid sterility and to raise rice yield. In the present study, 88 microsatellite markers were used to analyze the genetic polymorphism of 42 candidate ICLJs. According to the standard of  $D_j$  value classification method, 18 of the 42 candidate ICLJs belonged to quasi-*japonica* group. The compatibility of the 13 candidate ICLJs with quasi-*japonica* characteristics were identified with 4 *indica* and 4 *japonica* testers. The results showed that 11 of the 13 lines were conformed to the criterion of ICJLs, 5 of which belonged to exceptionally *indica*-compatible quasi-*japonica* lines while 6 lines belonged to wide-compatible quasi-*japonica* lines.

**Key words:** rice; microsatellite marker; *indica*-compatible *japonica* lines; *japonica* characteristics; compatibility

水稻是世界上最重要的粮食作物之一, 养育着世界上二分之一的人口<sup>[1]</sup>。亚洲栽培稻 (*O. sativa* L.) 被划分为籼亚种 (*indica*) 和粳亚种 (*japonica*) , 它们在产量、品质和抗逆性等方面各具特色, 且彼此间有很大的互补性, 其杂种  $F_1$  具有很强的杂种优势<sup>[2]</sup>。但籼粳亚种间杂种优势的直接利用还存在相当

收稿日期: 2010-09-18

基金项目: 国家“863”计划项目(2006AA100101)

作者简介: 刘维敏(1982—), 女, 硕士, 主要从事作物遗传育种研究, E-mail: aixinfly@yahoo.cn。

\* 通讯作者: 丁效华(1962—), 男, 江西南城人, 博士, 教授, 博士生导师。1983年本科毕业于江西农业大学农学专业; 1987年硕士毕业于华中农业大学作物遗传育种专业; 2001年博士毕业于华南农业大学作物遗传育种专业。现在华南农业大学农学院工作, 主要开展植物分子育种研究。2001年10月晋升研究员, 2004年被批准为博士生导师, 2006年被列为广东省高等学校“千百十工程”省级培养对象。先后主持完成多项国家“863”计划项目、国家自然科学基金和广东省科技攻关项目, 参加育成水稻新品种(组合)10余个; 获国家科技进步三等奖1项, 省部级科技奖一、二、三等奖, 共计6项; 在国内外学术刊物上发表研究论文60余篇。E-mail: ding106@scau.edu.cn。

困难,主要表现在杂种  $F_1$  结实率偏低且稳定性差、籽粒不饱满、生育期长、植株偏高和米质分离等<sup>[3-5]</sup>。其中如何克服杂种不育性是把籼粳杂种强大的生物学优势转化为产量优势的关键,而研究籼粳杂种不育性与亲和性的原因,探明其遗传机理,是从根本上解决杂种不育问题的基础。张桂权和卢永根<sup>[6-8]</sup>以及张桂权等<sup>[9-10]</sup>在深入研究亚洲栽培稻杂种不育的基础上,提出了特异亲和基因学术观点;并在此基础上,提出了通过培育“粳型亲籼系”克服籼粳杂种不育性的设想,即通过籼粳交或粳粳交,把籼稻品种中携带的  $S^i$  基因或分散在粳稻品种中不同座位上的  $S^i$  基因(也包括低分化度的  $S^i$  基因)转移到粳稻品种中去,创建出的对籼稻品种具有亲和性的粳型品系,以克服籼粳亚种间的杂种不育性。亲籼性是粳型亲籼系的首要指标,其测定方法与通常的亲和性测定方法相似,但只利用与籼型测验种杂交的  $F_1$  育性作为划分亲籼系的等级标准,与粳型测验种杂交的结果只作参考,不作为标准<sup>[11]</sup>。陈跃进等<sup>[12]</sup>提出某一待测粳型亲籼系若与各籼型测验种的  $F_1$  可育花粉育性和小穗育性的平均值均高于 75% 则定为亲籼系。丁效华等<sup>[13]</sup>认为该标准偏低,建议将平均小穗育性定在 80% 以上,平均花粉育性定在 85% 以上。粳型遗传背景是粳型亲籼系的又一个重要特征,它能够衡量一个粳型亲籼系的潜在应用价值,因为只有粳型性较强的粳型亲籼系才有可能与籼稻配制出具有强大优势的杂种。因此,如何科学地鉴定待测系的籼、粳属性是粳型亲籼系育种的重要内容之一。丁效华等<sup>[14]</sup>用 6 个籼稻品种和 6 个粳稻品种作对照,选用分布于水稻 12 条染色体的 100 个 SSR 标记,采用不同的统计分析方法对同一批供试材料进行籼粳分类,提出了  $D_j$  值分类方法;李振峰<sup>[15]</sup>认为与多种分类法相比, $D_j$  值法更适用于对待测粳型亲籼系的粳型性进行鉴定。本研究以 4 个籼型测验种和 4 个粳型测验种作对照,对本实验室育成的 42 份籼粳交高世代稳定株系材料进行粳型性和亲和性鉴定,以期获得一批符合选育标准的粳型亲籼系。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

籼型测验种为广陆矮四号、矮脚南特、IRBB60 和 IR36; 粳型测验种为沈农 265、秋光、巴里拉和台中 65; 本实验室育成的 42 份籼粳交高世代材料(表 2)为待测粳型亲籼系。

### 1.2 试验方法

1.2.1 粳型性鉴定 供试材料于 2008 年早季种植于华南农业大学教学实验农场,分蘖盛期每个材料取上部叶片保存于  $-80\text{ }^\circ\text{C}$  冰箱中备用。DNA 提取及微卫星标记扩增按 Li 等<sup>[16]</sup>的方法进行。根据 Anderson 等<sup>[17]</sup>的方法计算分子标记的多态信息量(Polymorphism Information Content, PIC)。

按  $D_j$  值分析法<sup>[14]</sup>对 42 份待测粳型亲籼系的粳型性进行鉴定。首先运行质量性状分析程序软件 NTSYS, 然后选 Dice 方法分别计算出各被测系与籼型测验种的平均相似系数  $S_i$  和与粳型测验种的平均相似系数  $S_j$ , 计算方法是:

$$S_i = \sum S_{Ki} / N_i \quad (1)$$

式中:  $S_i$  为某被测系与籼型测验种平均相似系数;  $S_{Ki}$  为某被测系与各籼型测验种的相似系数, 其中  $K=1 \cdots N_i$ ;  $N_i$  为籼型测验种的个数。

$$S_j = \sum S_{Kj} / N_j \quad (2)$$

式中:  $S_j$  为某被测系与粳型测验种平均相似系数;  $S_{Kj}$  为某被测系与各粳型测验种的相似系数, 其中  $K=1 \cdots N_j$ ;  $N_j$  为粳型测验种的个数。

再根据  $S_i$  和  $S_j$  计算出粳型判别值:

$$D_j = S_j / (S_i + S_j) \quad (3)$$

当把供试材料划为籼、偏籼、偏粳和粳 4 种类型时,  $D_j \leq 0.25$  则为籼;  $0.25 < D_j \leq 0.5$  则为偏籼;  $0.5 < D_j \leq 0.75$  则为偏粳;  $0.75 < D_j$  则为粳。

1.2.2 亲和性鉴定 试验在粳型性测定结果的基础上进行, 2008 年早季配组杂交组合, 每个待测粳型亲籼系分别与 8 个测验种杂交; 2008 晚季分小区种植待测粳型亲籼系、测验种和杂种  $F_1$ 。抽穗期间每小区选取 30 个单株, 按张桂权和卢永根<sup>[7]</sup>的方法, 进行花粉育性鉴定。成熟期抽取对应株的 3 个生长正常的大穗考种, 计算每株的小穗育性。统计每一组合的花粉育性和小穗育性的平均数和平均数标准误( $S.E.$ ), 计算  $S.E.$  时将百分率转换为反正弦值。

参照丁效华等<sup>[13]</sup>的方法将粳型亲籼系亲和性鉴定标准定为: 与籼稻测验种杂交  $F_1$  的平均花粉育性达 85% 以上, 且平均小穗育达 80% 以上者, 统称为亲籼系; 其中与粳稻测验种杂交  $F_1$  的平均花粉育性低于 80%, 且平均小穗育低于 75% 的亲籼系称为特异亲籼系; 与粳稻测验种杂交  $F_1$  的平均花粉育性达 80% 以上, 且平均小穗育达 75% 以上的亲籼系称为广亲和系。

## 2 结果与分析

### 2.1 待测粳型亲籼系的遗传多样性

参照黄朝峰<sup>[18]</sup>绘制的水稻分子标记连锁图, 选择均匀分布于水稻 12 条染色体上的 100 对 SSR 引物对包括测验种在内的 50 份供试材料进行 PCR 扩增, 发现具有多态性的引物为 88 对, 占所用引物的 88%。88 对 SSR 引物共检测到 297 条多态性条带, 平均每对引物检测到 3.28 个等位基因, 变幅为 2~7 个(表 1)。

$PIC$  值可以反映相应座位在特定群体中的遗传变异程度, 当  $PIC > 0.5$  时, 该座位为高度多态性座位; 当  $0.5 \geq PIC > 0.25$  时, 该座位为中度多态性座位; 当  $PIC \leq 0.25$  时, 该座位为低度多态性座位。表 1 显示 88 对标记中有 45 个高度多态性座位, 占总数 51.14%; 有 37 个中度多态性座位, 占 42.05%; 而低度多态性座位仅为 6 个。各条染色体上的标记平均  $PIC$  值均较高, 多数在 0.5 以上, 全部标记的平均  $PIC$  为 0.51。这一结果表明, 供试的 42 个待测粳型亲籼系具有较丰富的遗传多样性, 可望从中鉴定出有潜在利用价值的粳型亲籼系。

表 1 88 个微卫星标记在染色体上的分布及多态信息量

Tab. 1 The distribution on chromosome and  $PIC$  value of 88 SSR markers

染色体 Chromosome	标记数 Number of markers	平均图距/cm Average map distance	平均等位基因 个数 Average allelic number	多态性座位 Polymorphism loci			平均 $PIC$ 值 Average $PIC$ value
				低度 Low grade	中度 Middle grade	高度 High grade	
1	11	16.53	3.45	1	5	5	0.50
2	9	17.54	3.44	0	4	5	0.54
3	10	16.64	3.40	0	3	7	0.55
4	5	25.92	2.60	1	2	2	0.43
5	8	15.29	2.75	0	5	3	0.53
6	9	13.82	2.78	2	4	3	0.46
7	8	14.83	3.75	0	6	2	0.50
8	6	20.20	2.50	1	1	3	0.45
9	5	18.70	3.20	1	1	3	0.58
10	5	16.76	3.60	0	2	3	0.57
11	7	16.84	2.71	0	3	3	0.49
12	7	15.63	4.00	0	1	6	0.58
总计 Total	88	17.35	3.28	6	37	45	0.51

### 2.2 待测粳型亲籼系的粳型性

根据各参试材料间的相似系数, 计算出供试材料的  $D_j$  值, 并根据  $D_j$  值将供试材料分为籼、偏籼、偏粳和粳 4 种类型。表 2 显示 4 个籼型测验种的  $D_j$  值均小于 0.25, 4 个粳型测验种的  $D_j$  值均大于 0.75, 说明根据  $D_j$  值进行籼粳分类是可行准确的, SSR 标记的选择也是合理的。根据各待测粳型亲籼系的  $D_j$  值(表 2), 42 份供试材料可分为偏粳型和偏籼型两类。属于偏粳型的材料共有 18 份: IC11-2-1-2-1-3-2-2、IC13-2-1-1-1、IC13-2-1-1-2-1、IC16-1-1-1、IC16-1-1-3、IC19-4-2-2-1、IC21-6-2-2-3、IC31-21-3-2-2-2、IC55-1-2、IC55-4-1、IC60-3-1-1、IC73-3-3-2、IC88-3-1-2、IC88-3-2、IC88-3-4-2、IC129-7-2-1、IC146-2-2-3、IC146-3-1; 其他 24 份材料均属偏籼型。

表2 供试材料的粳型性与  $D_j$  值法分类

Tab.2 The japonica characteristics classification on  $D_j$  value of tested varieties( lines)

供试材料 Variety( Line)	平均相似系数 Average similarity coefficient		$D_j$ 值 $D_j$ value	分类 Classification
	籼型测验种	粳型测验种		
	<i>Indica</i> tester	<i>Japonica</i> tester		
广陆矮四号 Guangliai 4	0.89	0.10	0.10	籼
矮脚南特 Aijiaonante	0.92	0.09	0.09	籼
IR36	0.83	0.11	0.12	籼
IRBB60	0.85	0.10	0.11	籼
秋光 Akihikari	0.08	0.98	0.92	粳
巴里拉 Balila	0.08	1.01	0.93	粳
沈农 265 Shennong 265	0.09	0.9	0.91	粳
台中 65 Taichung 65	0.08	0.92	0.92	粳
IC11-2-12-1-3-2-2	0.62	0.73	0.54	偏粳
IC12-2-1-3-2-2-2	0.73	0.52	0.42	偏籼
IC13-2-1-1-1	0.61	0.65	0.52	偏粳
IC13-2-1-1-2-1	0.62	0.65	0.51	偏粳
IC16-1-1-1	0.63	0.65	0.51	偏粳
IC16-1-1-3	0.51	0.78	0.61	偏粳
IC17-1-2-2	0.7	0.54	0.43	偏籼
IC19-4-2-1-1-2	0.73	0.52	0.42	偏籼
IC19-4-2-2-1	0.53	0.69	0.57	偏粳
IC21-6-2-2-3	0.57	0.67	0.54	偏粳
IC21-9-2-2	0.66	0.57	0.46	偏籼
IC31-21-3-2-2-2	0.53	0.74	0.58	偏粳
IC55-1-2	0.59	0.68	0.54	偏粳
IC55-4-1	0.63	0.66	0.51	偏粳
IC56-3-1-1	0.68	0.58	0.46	偏籼
IC60-3-1-1	0.57	0.68	0.54	偏粳
IC61-2-1	0.65	0.62	0.49	偏籼
IC66-2-1	0.74	0.51	0.41	偏籼
IC66-2-3-2	0.75	0.51	0.40	偏籼
IC66-2-4-2	0.73	0.53	0.42	偏籼
IC73-3-3-2	0.55	0.73	0.57	偏粳
IC88-3-1-2	0.58	0.64	0.52	偏粳
IC88-3-2	0.61	0.63	0.51	偏粳
IC88-3-4-2	0.61	0.64	0.51	偏粳
IC100-3-2-1	0.67	0.57	0.46	偏籼
IC103-2-1	0.64	0.63	0.49	偏籼
IC111-1-3-1-2	0.68	0.55	0.45	偏籼
IC119-1-2-2-1	0.75	0.48	0.39	偏籼
IC119-1-2-2-2	0.75	0.5	0.40	偏籼
IC120-1	0.72	0.52	0.42	偏籼

续表 2 供试材料的粳型性与  $D_j$  值法分类Tab. 2 The japonica characteristics classification on  $D_j$  value of tested varieties( lines)

IC124	0.73	0.51	0.41	偏籼
IC129-2-1-1	0.69	0.56	0.45	偏籼
IC129-7-1	0.71	0.55	0.44	偏籼
IC129-7-2-1	0.59	0.65	0.52	偏粳
IC129-7-2-3-1	0.67	0.55	0.45	偏籼
IC130-1-3-2	0.7	0.55	0.44	偏籼
IC135-2-1	0.72	0.52	0.42	偏籼
IC139-3-2-1	0.72	0.56	0.44	偏籼
IC140-3-1-2-2	0.69	0.56	0.45	偏籼
IC146-2-2-3	0.58	0.67	0.54	偏粳
IC146-3-1	0.58	0.67	0.54	偏粳
IC156-3-2-1	0.68	0.57	0.45	偏籼

表 3 供试材料的花粉育性和小穗育性

Tab. 3 The pollen fertility and spikelet fertility of tested varieties( lines)

供试材料 Variety( Line)	花粉育性	小穗育性
	Pollen fertility( % $\pm$ S. E. )	Spikelet fertility( % $\pm$ S. E. )
IC11-2-12-1-3-2-2	86.14 $\pm$ 1.07	94.20 $\pm$ 0.78
IC13-2-1-1-1	87.68 $\pm$ 1.09	98.81 $\pm$ 1.38
IC13-2-1-1-2-1	82.61 $\pm$ 2.57	92.89 $\pm$ 0.96
IC19-4-2-2-1	93.35 $\pm$ 1.12	91.60 $\pm$ 1.66
IC21-6-2-2-3	91.73 $\pm$ 0.83	85.75 $\pm$ 1.33
IC31-21-3-2-2-2	88.23 $\pm$ 1.03	97.89 $\pm$ 0.86
IC55-4-1	89.39 $\pm$ 1.08	97.68 $\pm$ 0.68
IC60-3-1-1	89.93 $\pm$ 0.62	97.98 $\pm$ 0.69
IC88-3-1-2	91.35 $\pm$ 0.40	99.45 $\pm$ 0.52
IC88-3-2	91.80 $\pm$ 0.64	95.90 $\pm$ 0.75
IC88-3-4-2	91.01 $\pm$ 0.78	95.97 $\pm$ 0.75
IC129-7-2-1	90.09 $\pm$ 0.60	89.38 $\pm$ 0.46
IC146-3-1	85.12 $\pm$ 3.01	91.91 $\pm$ 0.52
广陆矮四号 Guangliai 4	95.29 $\pm$ 0.43	94.86 $\pm$ 1.13
矮脚南特 Aijiaonante	93.56 $\pm$ 1.27	86.10 $\pm$ 2.29
IR36	94.03 $\pm$ 0.27	88.56 $\pm$ 1.31
IRBB60	88.83 $\pm$ 1.77	83.56 $\pm$ 1.38
秋光 Akihikari	94.88 $\pm$ 1.19	96.31 $\pm$ 1.40
巴里拉 Balila	92.49 $\pm$ 0.59	95.85 $\pm$ 1.57
沈农 265 Shennong 265	89.39 $\pm$ 1.73	95.02 $\pm$ 0.57
台中 65 Taichung 65	95.05 $\pm$ 0.35	95.90 $\pm$ 0.95
平均值 Average	90.57 $\pm$ 1.07	93.60 $\pm$ 1.44

### 2.3 待测粳型亲籼系的亲和性

2.3.1 待测粳型亲籼系及测验种的育性表现 根据田间农艺性状观察,从 18 个偏粳型材料中选取 13 个进行亲和性的测定。表 3 显示,各亲本的平均花粉育性为 90.57%, 变幅为 82.61% ~ 95.29%; 小穗

育性为 93.60% ,变幅为 83.56% ~99.45% 。说明亲本生长发育正常 ,当季气候及环境良好 ,对各材料育性无不良影响。

2.3.2 待测粳型亲籼系的亲和性 将 13 个偏粳型待测系与 8 个测验种测交所有组合的  $F_1$  花粉育性和小穗育性结果进行整理(表 4) ,各被测系的亲和性分析如下: 考查与籼型测验种测交  $F_1$  平均小穗育性 ,有 12 个待测粳型亲籼系符合或基本符合标准 ,其中 IC11-2-12-1-3-2-2、IC13-2-1-1-1、IC13-2-1-1-2-1、IC19-4-2-2-1、IC31-21-3-2-2-2、IC60-3-1-1、IC88-3-1-2、IC88-3-2、IC88-3-4-2、IC129-7-2-1 和 IC146-3-1 这 11 个材料与籼型测验种测交  $F_1$  小穗育性均在 80% 以上; 而 IC55-4-1 与籼型测验种测交  $F_1$  平均小穗育性为 79.08 ,接近 80% ,基本符合标准。考查以上 13 个待测粳型亲籼系与籼型测验种测交  $F_1$  平均花粉育性 ,11 个符合或基本符合标准 ,其中 IC11-2-12-1-3-2-2、IC13-2-1-1-2-1、IC19-4-2-2-1、IC31-21-3-2-2-2、IC60-3-1-1 和 IC88-3-4-2 这 6 个材料与籼型测验种测交  $F_1$  花粉育性均在 85% 以上; IC13-2-1-1-1、IC88-3-1-2、IC88-3-2、IC129-7-2-1 和 IC146-3-1 这 5 个材料与籼型测验种测交  $F_1$  平均花粉育性分别为 82.43%、84.97%、84.87%、82.27% 和 82.36% ,稍低于 85% 的最佳标准 ,但高于 80% ,基本符合标准。其余 2 个材料与籼型测验种测交  $F_1$  平均花粉育性分别为 70.56% 和 79.45% ,不符合标准。同时考虑这 2 项指标 ,则符合或基本符合亲籼性要求的被测系有 11 个: IC11-2-12-1-3-2-2、IC13-2-1-1-1、IC13-2-1-1-2-1、IC19-4-2-2-1、IC31-21-3-2-2-2、IC60-3-1-1、IC88-3-1-2、IC88-3-2、IC88-3-4-2、IC129-7-2-1 和 IC146-3-1。

分析以上 11 个亲籼系的亲粳性: IC13-2-1-1-1、IC13-2-1-1-2-1、IC88-3-1-2、IC88-3-2、IC88-3-4-2 和 IC129-7-2-1 共 6 个材料与粳型测验种测交  $F_1$  平均花粉育性和小穗育性较高 ,达到广亲和系的亲粳性标准 ,为广亲和系。而 IC11-2-12-1-3-2-2、IC19-4-2-2-1、IC31-21-3-2-2-2、IC60-3-1-1、和 IC146-3-1 共 5 个材料测交  $F_1$  平均花粉育性和小穗育性较低 ,未达到广亲和系的亲粳性标准 ,为特异亲籼系。

综合以上这些材料的粳型性和亲和性鉴定结果 ,可以判定: IC11-2-12-1-3-2-2、IC19-4-2-2-1、IC31-21-3-2-2-2、IC60-3-1-1、和 IC146-3-1 共 5 个为偏粳型特异亲籼系; IC13-2-1-1-1、IC13-2-1-1-2-1、IC88-3-1-2、IC88-3-2、IC88-3-4-2 和 IC129-7-2-1 共 6 个为偏粳型广亲和系。

表 4 待测粳型亲籼系的亲和性

Tab. 4 The indica-compatibility of candidate ICLJs

供试材料 Line	籼型测验种 <i>Indica</i> tester		粳型测验种 <i>Japonica</i> tester		亲和性类型 Classification
	平均花粉育性 Average pollen fertility( % ± S. E. )	平均小穗育性 Average Spikelet fertility( % ± S. E. )	平均花粉育性 Average pollen fertility( % ± S. E. )	平均小穗育性 Average Spikelet fertility( % ± S. E. )	
	IC11-2-12-1-3-2-2	88.45 ± 3.52	86.8 ± 4.30	55.1 ± 5.75	
IC13-2-1-1-1	82.43 ± 7.21	92.6 ± 1.17	89.95 ± 4.58	86.32 ± 3.08	广亲和系( WCL)
IC13-2-1-1-2-1	92.89 ± 1.82	91.82 ± 1.65	89.72 ± 0.93	89.3 ± 3.37	广亲和系( WCL)
IC19-4-2-2-1	91.47 ± 2.97	95.79 ± 0.58	53.2 ± 4.50	34.9 ± 13.33	特异亲籼系( EILC)
IC21-6-2-2-3	70.56 ± 0.38	62.81 ± 6.52	74.16 ± 1.87	69.99 ± 18.62	不符合标准
IC31-21-3-2-2-2	90.95 ± 2.78	81.75 ± 3.47	10.45 ± 2.55	66.33 ± 2.77	特异亲籼系( EICL)
IC55-4-1	79.45 ± 2.00	79.08 ± 1.02	84.55 ± 2.19	80.13 ± 2.79	不符合标准
IC60-3-1-1	93.63 ± 1.22	96.99 ± 0.67	2.1 ± 0.90	18.21 ± 5.37	特异亲籼系( EICL)
IC88-3-1-2	84.97 ± 2.84	91.37 ± 1.72	80.64 ± 1.15	77.45 ± 3.71	广亲和系( WCL)
IC88-3-2	84.87 ± 3.46	93.28 ± 2.09	86.98 ± 3.64	70.72 ± 2.78	广亲和系( WCL)
IC88-3-4-2	87.87 ± 7.85	90.85 ± 1.87	80.25 ± 0.99	71.43 ± 3.81	广亲和系( WCL)
IC129-7-2-1	82.27 ± 5.07	93.96 ± 1.72	82.66 ± 5.58	75.75 ± 15.37	广亲和系( WCL)
IC146-3-1	82.36 ± 6.86	90.83 ± 0.26	67.37 ± 9.70	55.12 ± 8.71	特异亲籼系( EICL)

EICL: Exceptionally indica-compatible line; WCL: wide-compatible lines.

## 3 讨论

### 3.1 水稻粳型亲籼系的粳型性鉴定

粳型亲籼系是人为创造的一种特异种质,按照张桂权和卢永根<sup>[11]</sup>的育种设计目标,粳型亲籼系的粳型性指的是其遗传背景是粳型的,所以粳型性鉴定的方法必须能科学地评价粳型亲籼系的遗传背景属性。

迄今为止,有关粳籼亚种的分类方法很多,分类依据也不尽不同。其中程侃声<sup>[19-21]</sup>提出的以形态特征为主要指标的“形态指数法”或“程氏指数法”,因其快速简便和较高准确率为国内普遍应用。长期以来,许多农艺性状分类结果表明,表型性状分析在一定程度上与系谱相吻合,但少数农艺性状表型较难反映被测材料的遗传基础。随着分子标记技术的发展,产生了以DNA标记为基础的籼粳分类法。DNA水平上的差异能直接反映比较对象在遗传基础上的差异,SSR标记是DNA标记中最常用的一种,它数量巨大,覆盖范围广,能对水稻整个基因组进行分析和鉴定,以其多态性为基础的分类较为可靠。关于选用的SSR标记的数目,丁效华<sup>[22]</sup>建议用100个左右,这样就可使标记间平均图距达到15 cm左右,基本上可代表整个基因组。本试验选用的100个SSR标记,其中88个具有多态,基本覆盖了整个水稻基因组,且分布均匀,能代表水稻遗传背景的情况,以此为依据进行的分类是科学的。

籼粳性分子分类方法有聚类分析法、 $D_j$ 值法和 $R_j$ 值法(特异粳型性判别值法)等方法。用聚类法可以对被测系的籼、粳两类归属作出较为合理的判断,但标记聚类分析是一种系统聚类方法,其所得出的亲缘关系树形图只能反应被测材料之间的亲缘关系,不能反映单个被测系与测验种的平均相似性;此外,当用聚类结果来分类时,采用何种分组方法、保留多少类别以及各类别籼粳归属的解释等均有较大的主观性,难以实际操作。鉴于标记聚类分析的不足,本试验将根据“粳型性判别值”( $D_j$ )<sup>[14]</sup>的分类结果作为粳型性鉴定的结果。 $D_j$ 值作为某一被测系与各籼型测验种或粳型测验种相似系数的平均数,分类时可以在一个统一的标准下进行归类,可以直接地显示被测材料的粳型性大小。因此,在遗传多样性比较丰富的群体里,对那些以往分类困难的中间性材料,根据 $D_j$ 值也能明确分类。李振峰<sup>[15]</sup>认为 $D_j$ 值分类法采用的标记数量比较多,工作量较大,认为“特异粳型性判别值”( $R_j$ )进行籼粳分类较为简便。用籼粳特异性标记的带型资料进行 $R_j$ 值法分析,可减少实验分析的工作量,能显著提高工作效率,但是 $R_j$ 分类法所用的标记资料相对较少,并且对标记资料的统计过于简单,同时在分类过程中有偏向籼亚种分类的倾向,特别是对一些中间型材料的属性判别上,与 $D_j$ 值法存在偏差。

### 3.2 水稻粳型亲籼系的亲和性鉴定

培育粳型亲籼系的目的是能与籼稻杂交,产生更大的杂种优势,所以亲籼性是评价和鉴定的首要指标。本研究对亲籼性的测定,基本上沿用了目前我国评价广亲和系的亲和性时所采用的方法,但在测验种的选用和亲籼性的鉴定标准上作了改进。广亲和性测验种的选择主要是根据品种和类型尽可能代表不同生态地区的生态类型的原则确定的<sup>[23]</sup>,我国“863”计划广亲和性鉴定品种包括“IR36”、“南京11”、“秋光”和“巴利拉”。本实验所用的4个籼型测验种中,IR36是依据我国现行所用的广亲和性测定的籼型测验种所选定的,具有地理远缘和分化类型的代表性,“矮脚南特”、“IRBB60”和“广陆矮四号”作为不同生态地区的代表品种用于亲籼性鉴定,可进一步提高测验种的代表性。本实验所选用了4个粳型测验种“沈农265”、“秋光”、“巴里拉”和“台中65”,其中“秋光”和“巴利拉”为我国现行广亲和性测定的粳型测验种,“沈农265”和“台中65”则是不同生态地区的代表品种。“广陆矮四号”在除 $S-a$ 座位外的其他5个座位上均带较高分化度的 $S^i$ 等位基因,而“台中65”在6个座位上均带较高分化度的 $S^i$ 等位基因。“广陆矮四号”和“台中65”这两个测验种分别代表了典型籼稻和粳稻在 $F_1$ 花粉不育基因座上等位基因的分化类型,特别适合用于测定被测系的亲和性,并且可对被测系在 $F_1$ 花粉不育基因座位的等位基因作初步的判断。因此用该套测验种鉴定出来的亲籼系不仅有科学的依据,而且具有实用价值。

本实验在用这套测验种进行粳型性鉴定的基础上,对13个偏粳型待测系进行了亲和性测定,结果鉴定出5个偏粳型亲籼系和6个偏粳型广亲和系。对不同粳型亲籼系来讲,由于携带了不同来源的 $S^i$ 等位基因,它们与粳稻的亲和性有较大的差异,将粳型亲籼系再分为特异亲籼系和广亲和系体现了这一

特性,广亲和系可以看成是亲粳系中的一种类型。李振峰<sup>[15]</sup>在粳型性鉴定时,根据  $D_j$  值分类法,采用 4 个粳稻测验种和 4 个籼稻测验种,而在亲和性鉴定时,只采用了其中的 3 个粳型测验种和 2 个籼型测验种。本试验在粳型性鉴定和亲和性鉴定时,均采用了相同的 4 个粳稻测验种和 4 个籼稻测验种,鉴定标准比较统一,结果更可靠。而且相比于前人的研究<sup>[13-14,24]</sup>,所采用的 6 个粳型测验种和 6 个籼型测验种,在选择上有所精简,这为待测粳型亲粳系的鉴定节省了许多工作量,提高了鉴定的效率。

#### 参考文献:

- [1] White P T. Rice: The essential harvest [J]. National Geographic, 1994, 185: 48 - 79.
- [2] 袁隆平. 杂交水稻育种的战略设想 [J]. 杂交水稻, 1987(1): 1 - 3.
- [3] 袁隆平. 两系法杂交水稻研究进展 [J]. 中国农业科学, 1990, 23(3): 1 - 6.
- [4] 王建平, 孙传清, 李自超, 等. 两套水稻 DH 群体的形态指数和同工酶的粳籼分类研究 [J]. 中国农业科学, 1998, 31(1): 8 - 15.
- [5] 万邦惠, 唐一雄. 水稻亚种间杂种优势利用研究 [J]. 华南农业大学学报, 1992, 13(3): 1 - 8.
- [6] 张桂权, 卢永根. 栽培稻杂种不育性的遗传基础 [J]. 华南农业大学学报, 1987, 8(8): 53 - 62.
- [7] 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  $F_1$  杂种不育性的双列分析 [J]. 中国水稻科学, 1989, 3(3): 97 - 101.
- [8] 张桂权, 卢永根. 栽培稻 (*Oryza sativa* L.) 杂种不育性的遗传研究 (II):  $F_1$  花粉不育性的基因模式 [J]. 遗传学报, 1993, 20(3): 249 - 255.
- [9] 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  $F_1$  花粉不育性的等位基因分化 [J]. 遗传学报, 1993, 20(6): 541 - 551.
- [10] 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):  $F_1$  花粉不育性的基因型 [J]. 遗传学报, 1994, 21(1): 34 - 41.
- [11] 张桂权, 卢永根. 粳型亲粳系的选育及在超级水稻育种上利用的设想 [J]. 杂交水稻, 1999(6): 3 - 5.
- [12] 陈跃进, 卢永根, 张桂权. 水稻粳型亲粳系选育体系研究 [J]. 湖北农学院学报, 1999, 19(4): 363 - 366.
- [13] 丁效华, 陈跃进, 杨长寿, 等. 水稻粳型亲粳系亲和性的测定 [J]. 中国水稻科学, 2002, 16(4): 366 - 368.
- [14] 丁效华, 陈跃进, 杨长寿, 等. 水稻粳型亲粳系粳型性的判别 [J]. 中国水稻科学, 2003, 17(1): 21 - 24.
- [15] 李振峰. 水稻粳型亲粳系的鉴定及杂种优势分析 [D]. 广州: 华南农业大学, 2006.
- [16] Li W T, Zeng R Z, Zhang Z M. Mapping of S - b locus for  $F_1$  pollen sterility in cultivated rice using PCR based markers [J]. Acta Botanica Sinica, 2002, 44(4): 463 - 467.
- [17] Anderson J A, Churchill C A, Sutriquet J E, et al. Optimizing parental selection for genetic linkage maps [J]. Genome, 1993, 36: 181 - 186.
- [18] 黄朝峰. 水稻微卫星图谱的发展及抗虫基因的分子定位 [D]. 广州: 华南农业大学, 2003.
- [19] 程侃声, 王象坤, 卢义宣, 等. 亚洲栽培稻分类的再认识 [J]. 作物学报, 1984, 10(4): 217 - 280.
- [20] 程侃声, 王象坤, 卢义宣, 等. 论水稻的粳籼分类 [J]. 作物品种资源, 1988(1): 1 - 5.
- [21] 程侃声. 亚洲稻粳籼亚种的鉴定 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1993: 1 - 23.
- [22] 丁效华. 水稻粳型亲粳系的鉴定及分子育种体系的建立 [D]. 广州: 华南农业大学, 2001.
- [23] 顾铭洪, 潘学彪, 陈宗祥, 等. 我国现用水稻广亲和性测验品种的亲亲和性分析 [J]. 中国农业科学, 1991(6): 27 - 32.
- [24] 陈跃进. 水稻粳型亲粳系鉴定体系研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2000.