

文章编号: 1003-8701(2002)01-0003-05

# 水稻籼粳交杂种优势的研究

## I. 主要形态性状及解剖性状的杂种优势分析

姜 健<sup>1</sup>, 李金泉<sup>2</sup>, 徐正进<sup>3</sup>, 张龙步<sup>3</sup>, 金成海<sup>1</sup>

(1. 吉林省农业科学院水稻研究所, 吉林 公主岭 136100; 2. 华南农业大学农学系植物分子育种研究中心, 广东 广州 510642; 3. 沈阳农业大学稻作研究室, 辽宁 沈阳 110161)

**摘 要:** 籼粳稻杂交能产生巨大的杂种优势。对籼粳稻杂交 F<sub>1</sub> 代主要形态和解剖性状的杂种优势及正反交差异表现进行分析。研究表明: 不同杂交组合 F<sub>1</sub> 代的杂种优势表现不同, 有的性状呈正向优势, 有的性状呈负向优势; 不同性状间正反交差异表现不同, 有的性状正反交差异达到显著水平, 有的性状正反交差异不显著。在育种实践中要根据不同品种各个性状间 F<sub>1</sub> 代杂种优势的表现进行合理利用。

**关键词:** 水稻籼粳交; 杂种优势; 形态性状; 维管束性状

**中图分类号:** S511.035.1

**文献标识码:** A

水稻籼粳交杂种优势利用已成为水稻超高产研究的主要手段和方法。20 世纪 80 年代以来, 随着广亲和基因理论的提出和广亲和基因的发现, 以及对广亲和恢复系的选育及光(温)敏核不育水稻的深入研究, 使籼粳杂种优势利用已开始从间接利用向直接利用发展。籼粳亚种间杂种优势利用摆脱了恢保关系及籼粳交 F<sub>1</sub> 代结实率低的制约, 走向了籼粳配组自由、广泛利用籼粳杂种优势的阶段。本文对籼粳杂交 F<sub>1</sub> 代主要形态和解剖性状的杂种优势表现进行分析, 确定各性状优势大小及正反交差异, 从而为水稻籼粳交杂种优势利用研究和育种实践提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料与试验设计

参见本文第一作者发表的“水稻籼粳交主要性状遗传规律的研究”一文。

### 1.2 调查项目与测定方法

#### 1.2.1 形态及产量指标

**收稿日期:** 2001-04-18

**基金项目:** 本文为沈阳农业大学稻作研究室徐正进教授主持的国家自然科学基金课题“籼粳杂交育成品种亚种特性及在超高产育种的应用基础研究”一部分(39770454)

**作者简介:** 姜 健(1970-), 男, 内蒙古开鲁县人, 博士, 副研究员, 主要从事水稻生物技术育种和遗传育种研究。

本文为第一作者博士研究论文一部分。承蒙导师张龙步教授、徐正进教授、陈温福教授的指导和修改, 在此一并表示感谢。

包括株高、剑叶长、剑叶宽、剑叶面积、剑叶周长、剑叶长宽比、穗长、有效分蘖、主穗单穗重、主穗结实率、主穗总粒数、1次枝梗数、2次枝梗数、1次枝梗粒数、2次枝梗粒数和千粒重等指标。剑叶长、剑叶宽等叶形指标测定利用美国 CID 公司产 CI-203 型激光叶面积仪进行测定,其它指标根据张龙步的《水稻田间试验方法与测定技术》为指导进行测定。

### 1.2.2 生理指标

叶绿素含量测定包括叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总含量测定及比叶重的测定方法均采用张宪政的《作物生理研究法》进行测定。

### 1.2.3 解剖性状指标

包括穗颈大维管束数、穗颈小维管束数、茎第 2 节大维管束数和茎第 2 节小维管束数,方法采用徒手切片法。

### 1.2.4 统计方法

杂种优势强度  $H = (F_1 - MP) / MP \times 100$ , 其中 MP 代表双亲平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 主要形态性状的杂种优势及正反交差异表现分析

本研究主要对剑叶面积、剑叶长、剑叶宽、剑叶长宽比、株高、有效分蘖、穗长等几个主要形态性状进行杂种优势分析。

表 1 不同杂交类型各组合的 F<sub>1</sub> 代剑叶形态特征杂种优势表现

杂交类型	杂交组合	剑叶面积(cm <sup>2</sup> )				剑叶长(cm)				剑叶宽(cm)				剑叶长宽比			
		母本	父本	F <sub>1</sub>	H	母本	父本	F <sub>1</sub>	H	母本	父本	F <sub>1</sub>	H	母本	父本	F <sub>1</sub>	H
粳粳	89366×铁梗 4	69.2	33.9	51.0	-1.06	32.2	21.8	32.2	19.26	2.8	2.1	2.2	-10.20	11.4	10.2	15.0	38.88
	铁梗 4×89366	33.9	69.2	47.2	-8.44	21.8	32.2	27.0	0	2.1	2.8	2.8	14.29	10.2	11.4	9.8	-9.26
籼粳	89366×七山占	69.2	49.9	65.9	10.67	32.2	26.5	32.0	9.03	2.8	2.2	2.9	16.00	11.4	12.3	11.0	-7.17
	七山占×89366	49.9	69.2	55.9	-6.12	26.5	32.2	27.7	-5.62	2.2	2.8	2.7	8.00	12.3	11.4	10.2	-13.92
	铁梗 4×七山占	33.9	49.9	55.0	31.26	21.8	26.5	30.4	25.88	2.1	2.2	2.5	16.28	10.2	12.3	12.4	10.22
粳中	七山占×铁梗 4	49.9	33.9	45.6	8.83	26.5	21.8	28.2	16.77	2.2	2.1	2.4	11.63	12.3	10.2	11.5	2.22
	89366×9022	69.2	34.5	46.8	-9.74	32.2	19.2	25.1	-2.33	2.8	2.3	2.5	-1.96	11.4	8.3	9.9	0.51
	9022×89366	34.5	69.2	44.3	-14.56	19.2	32.2	23.9	-7.00	2.3	2.8	3.0	17.65	8.3	11.4	8.0	-18.78
	铁梗 4×9022	33.9	34.5	42.5	24.27	21.8	19.2	24.1	17.56	2.1	2.3	2.5	13.64	10.2	8.3	9.7	4.86
籼中	9022×铁梗 4	34.5	33.9	40.5	18.42	19.2	21.8	25.4	23.90	2.3	2.1	2.4	9.09	8.3	10.2	10.6	14.59
	七山占×9022	49.9	34.5	42.0	-0.47	26.5	19.2	24.4	6.78	2.2	2.3	2.5	11.11	12.3	8.3	9.6	-6.80
	9022×七山占	34.5	49.9	42.6	-0.95	19.2	26.5	20.1	-12.04	2.3	2.2	2.3	2.22	8.3	12.3	8.6	-16.50

由表 1 可以看出,不同杂交类型 F<sub>1</sub> 代剑叶面积、剑叶长、剑叶宽、剑叶长宽比杂种优势不同。从不同杂交类型 4 种性状 F<sub>1</sub> 代杂种优势分析表明:粳粳杂交 F<sub>1</sub> 代剑叶面积为负向优势,正反交差异显著,剑叶长性状正反交均为正向优势,正反交差异达极显著水平;组合 89366×铁梗 4 的 F<sub>1</sub> 代剑叶宽杂种优势为负向优势,反交为正向优势,正反交差异显著,F<sub>1</sub> 代剑叶长宽比杂种优势正交为正向优势,反交为负向优势,两者差异达到极显著水平。籼粳杂交 F<sub>1</sub> 代剑叶面积、剑叶长杂种优势分析,除组合七山占×89366 的 F<sub>1</sub> 代为负向优势外,其余组合 F<sub>1</sub> 代杂种优势均为正向优势,正反交差异显著,两个杂交组合 F<sub>1</sub> 代剑叶宽均为正向优势,杂种优势明显,正反交差异显著;在剑叶长宽比性状中,组合 89366×七山占正反交均为负向优势,正反交差异显著;另一籼粳杂交组合铁梗 4×七山占正反交均为正向优势,正反交差异显著,由此可见,不同品种配组 F<sub>1</sub> 代杂种优势表现各异。粳中杂交不同品种杂交 F<sub>1</sub> 代剑叶面积、剑叶长杂种优势不同,正反交差异显著;组合 89366×9022 正反交 F<sub>1</sub> 代两性性状均为负向优势;铁梗 4×9022 正反交 F<sub>1</sub> 代两性性状均为正向优势;组合 89366×9022 正交 F<sub>1</sub>

代剑叶宽为负向优势,剑叶长宽比为正向优势,反交则剑叶长宽比为负向优势,剑叶宽为正向优势,正反交差异显著;组合铁粳 4×9022 的 F<sub>1</sub> 代正反交剑叶宽、剑叶长宽比均为正向优势,正反交差异显著。粳中交 F<sub>1</sub> 代正反交剑叶宽性状均为正向优势,而正反交剑叶面积、剑叶长宽比两性状均为负向优势,正反交剑叶长性状差异达到极显著水平。

各种杂交类型不同的性状 F<sub>1</sub> 代杂种优势比较分析:F<sub>1</sub> 代剑叶面积性状杂种优势强度比较,典型籼粳交>粳中交>粳中交>粳粳交,不同品种间 F<sub>1</sub> 代杂种优势表现各异;F<sub>1</sub> 代剑叶长性状杂种优势强度比较,典型籼粳交>粳粳交>粳中交>粳中交;F<sub>1</sub> 代剑叶宽性状杂种优势强度比较,典型籼粳交>粳中交>粳中交>粳粳交;F<sub>1</sub> 代剑叶长宽比性状杂种优势强度比较,粳粳交>粳中交>典型籼粳交>粳中交。

对籼粳杂交 F<sub>1</sub> 代株高、穗长、有效分蘖<sup>3</sup> 性状的杂种优势进行分析,由表 2 可以看出,3 性状不同杂交类型 F<sub>1</sub> 代杂种优势均为正向优势。各种杂交类型不同性状 F<sub>1</sub> 代杂种优势强度比较分析,F<sub>1</sub> 代株高性状杂种优势强度比较,粳中交>典型籼粳交>粳中交>粳粳交,不同品种杂交后代杂种优势表现各异;F<sub>1</sub> 代穗长性状杂种优势强度比较,粳中交>典型籼粳交>粳粳交>粳中交;F<sub>1</sub> 代有效分蘖性状杂种优势强度比较结果为粳中交>典型籼粳交>粳粳交>粳中交。

不同性状各个杂交组合杂种优势强度正反交差异结果表明,在株高性状上,粳粳交组合 89366×铁粳 4、籼粳交组合 89366×七山占正反交杂种优势强度差异显著,其它组合正反交杂种优势强度差异不显著;典型籼粳交两组合、粳中交两组合正反交穗长性状杂种优势强度达到极显著水平,粳中交正反交穗长性状杂种优势强度差异显著,粳粳交正反交穗长性状杂种优势强度差异不显著;在有效分蘖性状上,粳粳交正反交、典型籼粳交两组合中组合 89366×七山占正反交及粳中交两组合正反交杂种优势强度差异显著,粳中交正反交杂种优势强度差异不显著。

表 2 不同杂交类型各组合的 F<sub>1</sub> 形态性状杂种优势表现

杂交类型	杂交组合	株高(cm)				穗长(cm)				有效分蘖(个/苗)			
		母本	父本	F <sub>1</sub>	H	母本	父本	F <sub>1</sub>	H	母本	父本	F <sub>1</sub>	H
粳粳	89366×铁粳 4	82.8	105.3	101.8	8.24	11.6	17.9	16.7	13.22	24.9	24.2	26.9	9.57
	铁粳 4×89366	105.3	82.8	97.9	4.09	17.9	11.6	17.5	18.64	24.2	24.9	25.0	1.83
籼粳	89366×七山占	82.8	96.0	102.8	14.99	11.6	16.5	20.8	48.04	24.9	24.5	28.3	14.57
	七山占×89366	96.0	82.8	110.3	23.38	16.5	11.6	16.5	17.44	24.5	24.9	26.5	7.29
	铁粳 4×七山占	105.3	96.0	124.7	23.89	17.9	16.5	20.9	21.51	24.2	24.5	27.5	12.94
	七山占×铁粳 4	96.0	105.3	125.0	24.19	16.5	17.9	18.5	7.56	24.5	24.2	27.4	12.53
粳中	89366×9022	82.8	74.3	102.9	31.00	11.6	15.1	15.9	19.10	24.9	22.7	26.0	9.24
	9022×89366	74.3	82.8	99.0	26.03	15.1	11.6	18.4	37.83	22.7	24.9	26.7	12.18
	铁粳 4×9022	105.3	74.3	105.6	17.57	17.9	15.1	21.7	31.52	24.2	22.7	27.6	17.70
	9022×铁粳 4	74.3	105.3	108.2	20.46	15.1	17.9	17.9	8.48	22.7	24.2	25.7	9.59
粳中	七山占×9022	96.0	74.3	96.7	13.56	16.5	15.1	16.7	5.69	24.5	22.7	24.6	4.24
	9022×七山占	74.3	96.0	99.1	16.38	15.1	16.5	18.2	15.19	22.7	24.5	24.4	3.39

## 2.2 主要解剖性状的杂种优势及正反交差异表现分析

本研究主要对穗颈大维管束数、穗颈小维管束数、茎第 2 节大维管束数、茎第 2 节小维管束数等几个主要解剖性状进行杂种优势分析。

由表 3 可以看出,不同杂交类型穗颈大维管束数、穗颈小维管束数、茎第 2 节大维管束数、茎第 2 节小维管束数 F<sub>1</sub> 代杂种优势不同。不同杂交类型 4 种性状 F<sub>1</sub> 代杂种优势分析表

明: 粳粳杂交 F<sub>1</sub> 代穗颈大维管束数、穗颈小维管束数、茎第 2 节大维管束数和茎第 2 节小维管束数  
表 3 不同杂交类型各组合的 F<sub>1</sub> 代维管束性状杂种优势表现

杂交类型	杂交组合	穗颈大维管束数				穗颈小维管束数				茎第 2 节间大维管束数				茎第 2 节间小维管束数			
		母本	父本	F <sub>1</sub>	H	母本	父本	F <sub>1</sub>	H	母本	父本	F <sub>1</sub>	H	母本	父本	F <sub>1</sub>	H
粳粳	89366×铁粳 4	16.1	13.3	13.2	-10.20	25.4	20.9	21.1	-8.86	35.3	30.7	31.7	-3.94	31.1	29.0	28.9	-3.83
	铁粳 4×89366	13.3	16.1	13.8	-6.12	20.9	25.4	20.8	-10.15	30.7	35.3	31.5	-4.55	29.0	31.1	29.1	-3.16
粳粳	89366×七山占	16.1	16.3	17.0	4.94	25.4	17.4	19.2	-10.28	35.3	30.3	32.4	-1.22	31.1	27.5	30.6	4.44
	七山占×89366	16.3	16.1	16.8	3.70	17.4	25.4	19.2	-10.28	30.3	35.3	32.9	0.30	27.5	31.1	29.7	1.37
	铁粳 4×七山占	13.3	16.3	18.9	27.70	20.9	17.4	20.5	7.05	30.7	30.3	32.0	4.92	29.0	27.5	29.9	5.84
	七山占×铁粳 4	16.3	13.3	16.8	13.51	17.4	20.9	17.9	-6.53	30.3	30.7	30.5	0	27.5	29.0	29.0	2.65
粳中	89366×9022	16.1	23.0	19.5	-0.26	25.4	23.7	23.2	-5.50	35.3	33.4	34.1	-0.73	31.1	32.4	31.8	0.16
	9022×89366	23.0	16.1	16.8	-14.07	23.7	25.4	23.9	-2.65	33.4	35.3	33.9	-1.31	32.4	31.1	28.4	-10.55
	铁粳 4×9022	13.3	23.0	18.1	-0.28	20.9	23.7	22.4	0.45	30.7	33.4	30.8	-3.90	29.0	32.4	29.2	-4.89
	9022×铁粳 4	23.0	13.3	17.9	-1.38	23.7	20.9	19.8	-11.21	33.4	30.7	31.5	-1.72	32.4	29.0	29.6	-3.58
粳中	七山占×9022	16.3	23.0	19.9	1.27	17.4	23.7	19.9	-3.16	30.3	33.4	31.2	-2.04	27.5	32.4	29.7	-0.83
	9022×七山占	23.0	16.3	17.0	-13.49	23.7	17.4	18.0	-12.38	33.4	30.3	29.7	-6.75	32.4	27.5	28.3	-5.51

管束数正反交均为负向优势, 穗颈大维管束数性状正反交差异显著, 其它 3 个性状正反交差异不显著; 粳粳杂交 F<sub>1</sub> 代穗颈大维管束数、茎第 2 节小维管束数均为正向优势, 穗颈小维管束数除组合铁粳 4×七山占 F<sub>1</sub> 代正向优势外, 其余组合 F<sub>1</sub> 代均为负向优势, 茎第 2 节大维管束数性状除组合 89366×七山占 F<sub>1</sub> 代杂种优势为负向优势外, 其余组合均为正向优势; 粳中杂交 F<sub>1</sub> 代穗颈大维管束数、茎第 2 节大维管束数两性状正反交均为负向优势, F<sub>1</sub> 代穗颈小维管束数性状除组合铁粳 4×9022 为正向优势外, 其余组合均为负向优势, F<sub>1</sub> 代茎第 2 节小维管束数性状除组合 89366×9022 为正向优势外, 其余组合均为负向优势; 粳中杂交穗颈小维管束数、茎第 2 节大维管束数、茎第 2 节小维管束数 3 个性状正反交均为负向优势, 穗颈大维管束数性状正反交差异达到极显著水平。

不同性状各种杂交类型 F<sub>1</sub> 代杂种优势强度比较分析: F<sub>1</sub> 代穗颈大维管束数性状杂种优势强度比较结果为典型粳粳交>粳中交>粳中交>粳粳交, F<sub>1</sub> 代不同品种间杂种优势强度表现各异; F<sub>1</sub> 代穗颈小维管束数性状杂种优势强度比较, 粳中交>典型粳粳交>粳中交>粳粳交; F<sub>1</sub> 代茎第 2 节大维管束数性状杂种优势强度比较, 典型粳粳交>粳中交>粳粳交>粳中交; F<sub>1</sub> 代茎第 2 节小维管束数性状杂种优势强度比较, 典型粳粳交>粳中交>粳粳交>粳中交。

### 3 结论与讨论

粳粳稻是普通栽培稻 (*Oryza sativa* L.) 最主要的两个亚种, 粳粳稻相互杂交, 杂交一代具有比品种间杂交更强大的优势。若能成功地利用亚种间杂种优势, 预计理论产量可超过现有高产品种间杂交稻 30%~50%。因此, 利用强大的粳粳杂种优势一直是杂交水稻育种的战略重点。

4 种不同类型杂交组合 F<sub>1</sub> 代在主要形态特征、解剖特征的杂种优势结果表明: 在株高杂种优势表现上, 粳粳亚种间不同品种杂交所产生的杂种优势大小不同, 正反交杂种优势强度表现各异, 4 种类型 F<sub>1</sub> 代株高杂种优势强度大小为粳中交>粳粳交>粳中交>粳粳交; 在分蘖力杂种优势强度表现上, 2 个粳粳杂交组合正反交 F<sub>1</sub> 代杂种优势强度差异表现不同。在 4 种杂交类型中, 以粳中交组合铁粳 4×9022 的 F<sub>1</sub> 代杂种优势强度为最高, 粳粳交组合 89366×七山占杂种优势强度较高, 以粳粳交组合铁粳 4×89366 的 F<sub>1</sub> 代杂种优势强度为最低; 在穗长性状表现上, 粳粳亚种间不同品种杂交所产生的杂种优势大小不同, 正反交杂

种优势虽度表现各异,4 种类型 F<sub>1</sub> 代穗长杂种优势强度大小为粳中交>籼粳交>粳粳交>粳中交;在穗颈大维管束数表现上,不同籼粳品种杂交所产生的杂种优势差异显著;在穗颈小维管束数表现上,不同品种间杂交所产生的杂种优势差异显著,正反交 F<sub>1</sub> 代杂种优势强度差异不同。因此,在生产实践中,既要利用不同品种间杂交所产生的各种正向优势,同时也要考虑到结实率、株高、有效分蘖等性状所产生的负向优势,要根据不同品种间杂种优势表现进行合理杂交配组。

### 参考文献:

- [1] 姜 健,李金泉,等. 水稻籼粳交主要性状遗传规律的研究[J]. 吉林农业科学,2001,26(2):3-6.
- [2] 杨守仁. 籼粳稻杂交育种的进展及前景[J]. 中国农业科学,1986,(5):15-18.
- [3] 熊振民,王建林,等. 我国水稻超高产育种的现状与展望[J]. 水稻文摘,1992,(1):1-8.
- [4] 杨振玉,高 勇,等. 水稻籼粳亚种间杂种优势利用研究进展[J]. 作物学报,1996,22(4):422-429.
- [5] 袁隆平. 论超级杂交稻育种(英文),水稻遗传育种国际学术讨论会文集[C]. 中国农业出版社,1999:10-5.
- [6] 吕川根,谷福林,等. 五个水稻籼粳杂交种一代与其双亲生物学特性的比较研究[J]. 中国水稻科学,1993,7(4):205-210.
- [7] 徐正进,陈温福,等. 水稻穗颈维管束数与穗部性状关系的研究[J]. 作物学报,1998,24(1):47-54.
- [8] 张龙步,董 克,等. 水稻田间试验测定技术[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1993.
- [9] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:中国农业出版社,1992.

## Study on Heterosis of Hybridization between Indica and Japonica Rice

### I. The Heterosis of Main Morphology Characters and Fibrovascular Bundles Characters

JIANG Jian<sup>1</sup>, LI Jin-quan<sup>2</sup>, XU Zhen-jin<sup>3</sup>, ZHANG Long-bu<sup>3</sup>, JIN Cheng-hai<sup>1</sup>

(1. Rice Research Institute of Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China;

2. Plant Molecular Breeding Center of Huanan Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

3. Rice Institute of Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** The heterosis and difference between positive hybrid and reciprocals hybrid of main morphology characters and fibrovascular Bundles Characters was discussed in this paper. The results showed: the heterosis of hybridization between different varieties was various, some characters were positive superiority, some were negative superiority. The difference between positive hybrid and reciprocals hybrid of different characters was various, some obvious and some were not obvious. The heterosis was properly used according to different varieties and hybridization tape in the breeding process.

**Key words:** Hybridity of Indica and Japonica rice; Heterosis; Morphology characters; Fibrovascular budle characters

### 糜子品种简介

**公糜 1 号:** 该品种是从龙粟 16 中系选而成。出苗至成熟 110 d 左右,株高 120 cm 左右,幼苗叶片、叶鞘均绿色,散穗型,穗长 36 cm,口紧,不宜落粒。子实圆形,黑褐色,有光泽,似黑珍珠,种皮光滑。千粒重 7.2 g 左右,米鲜黄色,粘度高,易碾米,出米率 85% 左右。秆强不易倒伏,抗病、抗逆性强,在中等肥力条件下,公顷产量达 5 000 kg 左右。

适宜种植在辽宁北部、吉林省、黑龙江省平岗地。一般在 5 月上旬播种,每公顷保苗 50 万~60 万株。注意防治地下害虫和粘虫。