

## 杂交稻重组自交系群体产量性状的配合力

曹应江<sup>1</sup>, 游书梅<sup>1</sup>, 郑家奎<sup>1,2,3,4\*</sup>, 蒋开锋<sup>1,2,3</sup>, 张涛<sup>1,2</sup>, 杨莉<sup>1,2</sup>,  
杨乾华<sup>1</sup>, 万先齐<sup>1</sup>, 罗婧<sup>1</sup>, 李昭祥<sup>1</sup>, 高磊<sup>1</sup>

(1.四川省农业科学院水稻高粱研究所, 四川 德阳 618000; 2.国家水稻改良中心泸州分中心, 四川 泸州 646100;  
3.农业部西南水稻生物学与遗传育种重点实验室, 四川 德阳 618000; 4.重庆大学生命科学院, 重庆 400044)

**摘 要:** 利用高配合力水稻三系恢复系泸恢 8258 与扬恢 34 杂交的 F<sub>2</sub>, 通过单粒传法获得 1 个由 140 个系组成的 F<sub>8</sub> 重组自交系群体, 采用 NC II 设计, 每个系及 2 个亲本(共 142 个系)分别与 3 种不同胞质的不育系冈 46A(冈型)、泸 98A(K 型)、II-32A(印尼水田谷型)杂交, 构建的双列杂交群体分别在四川农业科学院水稻高粱研究所德阳基地(简称“德阳基地”)和四川省遂宁市大英县基地(简称“遂宁基地”)进行田间试验, 分析单株产量、单株有效穗、每穗实粒数、结实率、千粒重等 5 个产量构成要素的配合力及遗传效应。结果表明: 5 个性状的一般配合力方差和特殊配合力方差均达到了显著或极显著水平; 除千粒重外, 其余 4 个性状在 2 个基地的广义和狭义遗传力均小于 50%(千粒重广义和狭义的遗传力大于 70%), 表明这些性状容易受到环境的影响; 各性状配合力的相关分析结果表明, 除千粒重外, 其余各性状一般配合力效应与单株产量一般配合力效应均呈极显著正相关; 5 个性状一般配合力效应在 2 个基地的重组自交系中均呈正态分布, 表明这些性状的一般配合力是数量性状, 可以应用 QTL 定位的方法研究这些性状。

**关 键 词:** 杂交水稻; 重组自交系; 产量性状; 配合力

中图分类号: S511.03; S334.2 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2015)01-0012-06

## Combining ability analysis on yield traits from recombinant inbred lines of hybrid rice

Cao Yingjiang<sup>1</sup>, You Shumei<sup>1</sup>, Zheng Jiakui<sup>1,2,3,4\*</sup>, Jiang Kaifeng<sup>1,2,3</sup>, Zhang Tao<sup>1,2</sup>,

Yang Li<sup>1,2</sup>, Yang Qianhua<sup>1</sup>, Wan Xianqi<sup>1</sup>, Luo Jing<sup>1</sup>, Li Zhaoxiang<sup>1</sup>, Gao Lei<sup>1</sup>

(1.Rice and Sorghum Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Deyang, Sichuan 618000, China; 2.Luzhou Branch of National Rice Improvement Center, Luzhou, Sichuan 646100, China; 3.Key Laboratory of Southwest Rice Biology and Genetic Breeding, Ministry of Agriculture, Deyang, Sichuan 618000, China; 4.College of Bioengineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** Two rice of three-line restoring lines, Luhui8258 (High combining ability R-line) and Yanghui34 were crossed to produce F<sub>1</sub> hybrids which were consisted of 140 lines of F<sub>8</sub> by seven consecutive self-crossed. Diallel crossing group were constructed by adopting NC II mating design through crossing three types of cyto-plasmic male sterile (CMS) lines (they were Gang46A, II-32A and Lu98A) with hybrids from 140 lines of F<sub>8</sub> and parental lines of Luhui8258 and Yanghui34. The general combining ability (GCA), heritability, and correlation of general combining ability among 5 traits (they were yield per plant, panicles per panicle, filled spikelets per panicle, fruiting rate, thousand seed weight) were studied by field experiments conducted in Deyang and Suining of Sichuan province, respectively. The results showed that the variance of general combining ability and specific combining ability of the five traits all reached significant or very

significant level in two sites. Except for thousand seed weight, the broad heritability and narrow heritability of the other four traits were less than 50 % in two sites, which indicated that these traits were easily affected by environment. There were very significant positive correlation between yield per plant GCA and other traits GCA except for that of thousand seed weight. GCA of the five traits presented normal distribution among recombinant inbred lines at two sites, which indicated that they had quantitative properties, and could be researched by the QTL mapping method.

**Keywords:** hybrid rice; recombinant inbred lines; general combining ability; correlation; normal distribution

水稻是世界上重要的粮食作物之一。在中国,水稻常年种植面积占粮食作物播种面积的 30%左右,全国有 2/3 的人口以稻米为主食<sup>[1]</sup>。近年来,受到工业建设占用、自然灾害损毁、生态退耕等的影响,全国耕地面积在逐年减少。随着人口的增加,稻米需求不断增加,因此,提高单位面积产量,从而增加粮食总产,是有效解决稻米需求增加与耕地减少矛盾的关键措施。通过分析出不同品系的配合力情况,可筛选出最优的杂交组合<sup>[2]</sup>;通过遗传分析,可以确定出父、母本性状对  $F_1$  的贡献率等<sup>[3-6]</sup>。在水稻生育期一般是父本的贡献大于母本;粒长、粒宽、千粒重等籽粒性状是母本的贡献大于父本。在育种实践中发现了一些种植面积大、衍生品种多的骨干材料<sup>[7-10]</sup>,如明恢 63,至 2010 年,全国以明恢 63 为父本配组的 34 个组合通过了省级或省级以上审定,其中 4 个组合通过了国家审定;以明恢 63 为骨干亲本之一选育了 543 个新恢复系,利用这些新恢复系配组的 922 个组合通过了省级或省级以上审定<sup>[10]</sup>。这些材料中是否含有高配合力的基因?如果有,这些基因可否分离出来?目前已有针对这些问题的研究报道,如华中农业大学 Qi Huanhuan 等<sup>[11]</sup>利用“中 3”与“HB522”构建群体,发现了 56 个控制玉米农艺性状的一般配合力 QTL 和 21 个

特殊配合力 QTL;武汉大学 Qu Zhen 等<sup>[12]</sup>利用珍汕 97B 与 9311 建立的回交导入系群体,分别与两系不育系华 893S、华 888S 和培矮 64S 杂交,构建的双列杂交群体可定位水稻主要农艺性状配合力的 QTL。笔者以高配合力的三系恢复系泸恢 8258 为基础构建永久  $F_2$  群体,并利用三系不育系测交该群体构建的双列杂交设计,分析水稻主要性状的配合力,旨在为高配合力基因的发掘与定位提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

利用水稻三系恢复系泸恢 8258×扬恢 34 的  $F_2$  杂种,通过单粒传法连续自交,得到了 1 个由 140 个株系组成的  $F_8$  重组自交系群体。按照 NC II 设计,每个系及群体双亲的亲本(泸恢 8258、扬恢 34)分别与 3 种不同胞质的不育系冈 46A(冈型)、II-32A(印尼水田谷型)、泸 98A(K 型)杂交,获得 426 份  $F_1$  种子。以 426 份  $F_1$  种子作试验材料。试验群体亲本之一的泸恢 8258 为高配合力材料,至 2014 年 3 月,以泸恢 8258 为亲本之一,共组配 8 个品种通过了省级或省级以上审定(表 1)。

表 1 以恢复系泸恢 8258 为亲本之一组配的 8 个品种

Table 1 8 variety which from one of population parents of restoring line Luhui 8258

品种名称	组合来源	审定区域	审定编号
泸香 658	泸香 618A/泸恢 8258	广西	桂审稻 2008013 号
泸香 658	泸香 618A/泸恢 8258	江西	赣审稻 2009030 号
泸香 658	泸香 618A/泸恢 8258	云南	滇特(普洱、文山、西双版纳)审稻 2011006 号
泸香 658	泸香 618A/泸恢 8258	国家	国审稻 2010033 号
泸优 8258	泸 98A/泸恢 8258	江西	赣审稻 2011005 号
德优 8258	德香 074A/泸恢 8258	湖北	鄂审稻 2008005 号
冈优 8258	冈 46A/泸恢 8258	云南	滇审稻 2009011 号
泸优 0658	泸 206A/泸恢 8258	海南	琼审稻 2012016 号
泸香 8258	泸香 078A/泸恢 8258	贵州	黔审稻 2008007 号
川香 858	川香 29A/泸恢 8258	四川	川审稻 2006001 号
K 优 28	K22A/泸恢 8258	广西	桂审稻 2007021 号

## 1.2 方法

于2012年在四川农业科学院水稻高粱研究所德阳基地(简称“德阳基地”)和四川省遂宁市大英县基地(简称“遂宁基地”)进行田间试验。德阳基地3月25日播种,5月5日移栽;遂宁基地4月1日播种,5月15日移栽。采用随机区组设计,3次重复,行株距为33.3 cm×19.8 cm,每份材料栽3行,每行7株。田间肥水管理同当地大田生产,及时防治病虫害。

## 1.3 测定指标

成熟后,及时选取小区中生长整齐的3株取样考种。考查指标有单株产量、单株有效穗、结实率、每穗实粒数、千粒重等。

单株产量=3株稻谷质量/3。

单株有效穗=3株5粒以上实粒单穗的总和/3。

结实率=总实粒数/总颖花数。

每穗实粒数=3株总实粒数/3株总有效穗数。

千粒重=3个500粒实粒重×2/3。

## 1.4 分析方法

配合力分析参照文献[13]、[14]中的方法,根据固定模型(模型I)估算供试材料的配合力效应,按随机模型(模型II)估算各方分量及有关遗传参数。

正态性检测采用达戈斯提诺(D'Agostino)检验法<sup>[15]</sup>。正态性检验方法有偏态系数与峰态系数、夏

皮罗-威尔克(Shapiro-wilk)、达戈斯提诺(D'Agostino)等。当用不对称性和峰态系数来判断与正态分布的偏离时,这种检验是定向的,且对偏态检验要求 $8 \leq n \leq 5000$ ,对峰态检验要求 $7 \leq n \leq 1000$ ,而Shapiro-wilk检验及D'Agostino检验是公用型检验,是在事先对分布与正态偏离的形式没有任何了解的情况下进行的。前者适用于测定次数较少( $3 \leq n \leq 50$ )的情况;后者适用于测定次数较多( $50 \leq n \leq 1000$ )的情况。本研究选用D'Agostino检测法。本试验中共有142个品系参加试验。根据D检验的原理,当样本越多时,服从正态分布群体Y的临界值越大。通过查“D检验统计量Y的p分位数Zp表”,可以看出 $n=150$ 、显著水平位0.05的Y的临界值是-2.000,本试验中以 $Y < -2.000$ 作为是否属于正态分布的判断依据。

## 1.5 数据分析

用Excel 2007分析试验数据,用DPS 7.05进行配合力分析和正态分布检测。

## 2 结果与分析

### 2.1 各性状的方差和配合力方差

426个组合5个产量构成要素的方差分析结果(表2)表明,在德阳基地和遂宁基地,各产量要素在各组合间的差异均达极显著水平,说明各组合间存

表2 5个产量构成要素在德阳基地和遂宁基地的方差分析结果

Table 2 Analysis of variance on five traits at two experimental sites of Deyang and Suining

基地名称	来源	自由度	单株产量	单株有效穗	结实率	每穗实粒数	千粒重
德阳	区组	2	21.87	1.01	0.06*	4 123.61*	16.15*
	遗传型	425	72.57**	3.61**	0.04**	1 413.84**	8.2**
	恢复系	141	81.78**	5.76**	0.07**	2 701.84**	11.19**
	不育系	2	1 196.75**	100.97**	1.27**	26 845.12**	791.26**
	不育系×恢复系	282	59.99**	1.85**	0.02**	589.48**	1.15**
	误差	850	40.48	1.46	0.01	511.24	0.77
	遂宁	区组	2	301.45*	7.38	0.03	4 149.64*
遗传型	425	88.53**	4.79**	0.04**	1 573.04**	7.31**	
恢复系	141	143.19**	8.02**	0.05**	2 552.16**	13.56**	
不育系	2	93.95*	142.79*	2.64**	49 528.76**	419.24**	
不育系×恢复系	282	61.16**	2.19*	0.02*	743.37*	1.26*	
误差	850	58.78	2.59	0.01	750.76	0.59	

“\*\*”和“\*”分别表示差异极显著(1%)和显著(5%)水平。

在遗传型上的差异。进一步对不育系、恢复系、不育系×恢复系的 5 个产量构成要素的方差进行分析, 结果表明, 在德阳基地和遂宁基地均达到极显著差异水平, 表明这些性状均受到基因加性和非加性效应的影响。

2.2 各性状的配合力基因型方差及遗传力

由表 3 可见, 5 个产量构成要素中除德阳基地的单株产量外, 其他性状在 2 个基地中一般配合力

方差占的比重为 73.65%~100%, 表明这些性状中, 亲本基因的加性效应对杂种 F<sub>1</sub> 代的形成具有主导作用。在一般配合力基因型方差中, 父本单株的有效穗和每穗实粒数在 2 个环境下的贡献均大于 50%, 表明这 2 个性状父本的作用强于母本; 一般配合力方差分析结果表明, 结实率的母本贡献率在 2 个基地均大于 50%, 表明该性状母本对 F<sub>1</sub> 的作用比父本的大。

表 3 5 个产量构成要素的基因型方差及遗传力

Table 3 Genotypical variance of combining ability and heritability of the 5 traits

基地名称	性状	基因型方差							遗传力	
		恢复系	不育系	不育系×恢复系	V <sub>g</sub> /%	V <sub>gR</sub> /%	V <sub>gA</sub> /%	V <sub>s</sub> /%	H <sup>2</sup> B <sup>2</sup> /%	H <sup>2</sup> N <sup>2</sup> /%
德阳	单株产量	2.42	2.67	40.48	43.91	20.88	23.03	56.09	22.26	9.77
	单株有效穗	0.44	0.23	0.13	83.82	55.05	28.77	16.18	35.34	29.63
	结实率	0.005 4	0.029	0.003	73.65	11.56	62.09	26.35	46.53	34.27
	每穗实粒数	234.71	61.63	26.08	91.91	72.80	19.11	9.09	38.68	35.55
	千粒重	1.11	1.85	0.13	95.85	35.94	59.91	4.15	80.12	76.79
遂宁	单株产量	9.11	0.08	0.79	92.05	91.25	0.80	7.95	14.52	13.37
	单株有效穗	0.65	0.33	0	95.22	63.16	32.06	4.78	27.39	27.39
	结实率	0.003 2	0.006 2	0.001 5	86.07	29.30	56.77	13.93	42.15	36.28
	每穗实粒数	200.98	114.51	0	100.00	63.70	36.30	0.00	29.59	29.59
	千粒重	1.37	0.98	0.22	91.30	53.23	38.07	8.70	81.39	74.31

V<sub>g</sub>、V<sub>s</sub> 分别表示一般配合力和特殊配合力基因型方差占的比重; V<sub>gR</sub>、V<sub>gA</sub> 分别表示一般配合力基因型方差中父、母本所占的比例; H<sup>2</sup>B<sup>2</sup>、H<sup>2</sup>N<sup>2</sup> 分别表示广义和狭义遗传力。

从表 3 可以看出, 千粒重的广义遗传力和狭义遗传力在 2 个基地均大于 70%, 表明这一性状不易受环境的影响, 容易遗传给子一代; 其他性状在 2 个基地的遗传力均较小, 表明这些性状容易受到环境的影响。

2.3 各性状一般配合力的分布

根据各性状配合力的大小及变异幅度, 将 142 个株系分为 13 个组。从图 1 至图 5 可以看出, 各性状一般配合力频率的峰值介于 20~29, 其中, 德阳基地是单株产量的配合力最大, 遂宁基地是单株有效穗的

配合力最大, 组中值分别为 1.44 和 -1.98, 共有 29 个株系在这个区间, 占总供试株系的 20.42%。

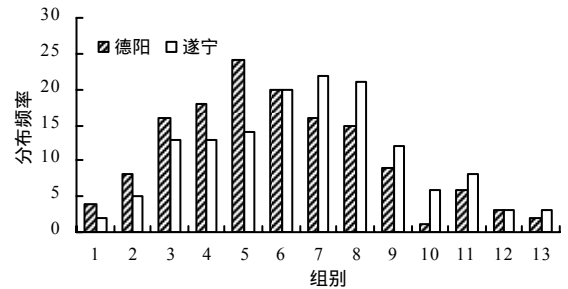


图 2 单株有效穗一般配合力在重组自交系群体中的分布  
Fig.2 Distribution of filled spikelets per panicle general combining ability in the population of recombinant inbred lines

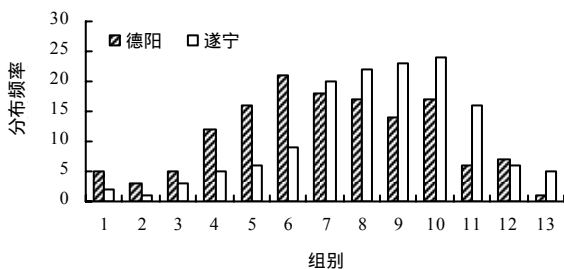


图 1 单株产量一般配合力在重组自交系群体中的分布  
Fig.1 Distribution of yield per plant general combining ability in the population of recombinant inbred lines

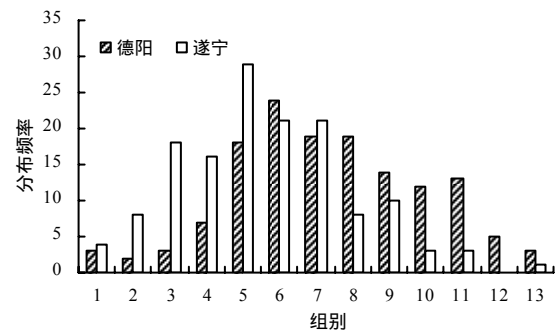


图 3 结实率一般配合力在重组自交系群体中的分布  
Fig.3 Distribution of fruiting rate general combining ability in the population of recombinant inbred lines

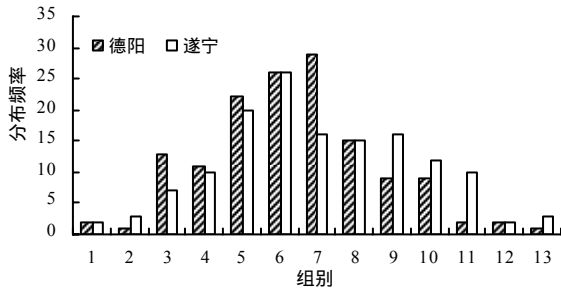


图 4 每穗粒数一般配合力在重组自交系群体中的分布  
Fig.4 Distribution of panicles per panicle general combining ability in the population of recombinant inbred lines

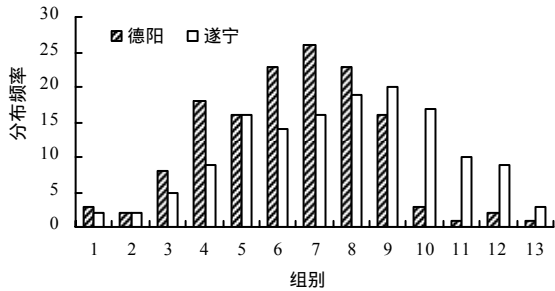


图 5 千粒重一般配合力在重组自交系群体中的分布  
Fig.5 Distribution of thousand seed weight general combining ability in the population of recombinant inbred lines

单株产量的一般配合力, 德阳基地有 67 个株系, 占总供试株系的 47.18%, 遂宁基地有 74 个株系, 占供试株系的 52.11%(图 1); 单株有效穗的一般配合力, 德阳基地有 66 个株系, 占 46.48%, 遂宁基地有 67 个株系, 占 47.18%(图 2); 结实率的一般配合力, 德阳基地 62 个株系, 占 43.66%, 遂宁基地有 74 个株系, 占 52.11%(图 3); 每穗实粒数的一般配合力, 德阳基地有 72 个株系, 占 50.70%, 遂宁基地有 75 个株系, 占 52.82%(图 4); 千粒重的一般配合力, 德阳基地有 70 个株系, 占 49.30, 遂宁基地有 78 个株系, 占 54.93%(图 5)。

#### 2.4 5 个产量构成要素一般配合力在永久 F<sub>2</sub> 群体中的正态性检验

由表 4 可以看出, 5 个产量构成要素在 2 个基地的 Y 值为 -4.896 ~ -3.691, 且均小于临界值 -2.000, 表明这 5 个产量构成要素的一般配合力在永久 F<sub>2</sub> 群体中呈正态分布。

表 4 5 个产量构成要素一般配合力的正态性检验结果

Table 4 Normality test on general combining ability of the 5 traits

基地名称	单株产量		单株有效穗		结实率		每穗实粒数		千粒重	
	D 值	Y 值	D 值	Y 值	D 值	Y 值	D 值	Y 值	D 值	Y 值
德阳	0.279	-4.475	0.283	-4.593	0.284	-4.606	0.280	-3.816	0.279	-4.779
遂宁	0.284	-4.896	0.281	-4.384	0.278	-3.691	0.284	-4.868	0.285	-4.620

#### 2.5 各性状配合力的相关性

从表 5 可以看出, 5 个性状之间的相关系数为 -0.65 ~ 0.46。2 个基地共有 12 对性状表现为正相关, 其中有 9 对性状的相关性达到极显著水平, 其中德

阳基地有 4 对, 遂宁基地 5 对。2 个基地共有 8 对性状的一般配合力表现为负相关, 有 6 对性状的相关性达到极显著水平, 其中德阳基地 4 对, 遂宁基地 2 对。

表 5 5 个产量构成要素一般配合力的相关系数

Table 5 Correlation coefficient among the general combining ability of five traits

基地名称	性状	相关系数				
		单株产量	单株有效穗	结实率	每穗实粒数	千粒重
德阳	单株产量	1				
	单株有效穗	0.39**	1			
	结实率	0.28**	-0.24**	1		
	每穗实粒数	0.29**	-0.65**	0.41**	1	
	千粒重	-0.12	-0.27**	0.04	-0.29**	1
遂宁	单株产量	1				
	单株有效穗	0.34**	1			
	结实率	0.46**	0.02	1		
	每穗实粒数	0.35**	-0.60**	0.23**	1	
	千粒重	0.16	-0.22**	0.25**	-0.15	1

“\*\*”和“\*”分别表示差异极显著(1%)和显著(5%)水平。

### 3 结论与讨论

配合力理论由 Sprague B<sup>[16]</sup>、Griffing J B<sup>[17]</sup>提出。20 世纪 80 年代,周开达等<sup>[18]</sup>、黄耀祥等<sup>[19]</sup>开始运用这一理论指导育种实践。本研究中在四川德阳基地和遂宁基地利用泸恢 8258×扬恢 34 的构建重组自交系分析水稻的一般配合力,结果表明,5 个产量构成要素一般配合力和特殊配合力方差均达显著或极显著水平,说明这些性状同时受基因加性和非加性效应的共同作用。亲本各性状的一般配合力方差均大于特殊配合力方差,说明基因的加性作用比非加性作用更加重要。

广义遗传力大致反映了遗传变异和环境变异的作用。本研究结果表明,除了千粒重的广义遗传力和狭义遗传力在 2 个基地都大于 70%以外,其他性状的遗传力均未超过 50%,这充分表明了除千粒重外的各性状容易受到环境的影响。这与蒋开锋等<sup>[6]</sup>的研究结果是一致的。

单株有效穗、每穗实粒数、结实率、千粒重等产量构成要素配合力的相关分析结果表明,除千粒重外的各产量构成要素配合力与产量配合力之间均呈极显著正相关(相关系数 0.28~0.46)。这表明对于高配合力材料的选育,各性状的协调较为重要。

随着分子生物学技术的发展,利用分子标记技术定位目标性状的基因,已经在多种作物、多种性状上取得了很大的进展。把配合力作为一种性状进行研究,近年来也有报道<sup>[11-12]</sup>。本研究中利用重组自交系分析配合力的研究结果表明,5 个产量构成要素的一般配合力在重组自交系中呈正态分布,符合数量性状的遗传规律,可以采用 QTL 定位的方法定位一般配合力基因。

#### 参考文献:

- [1] 朱德峰,程式华,张玉屏,等.全球水稻生产现状与制约因素分析[J].中国农业科学,2010(3):474-479.
- [2] 唐文帮,肖应辉,邓化冰,等.水稻两用核不育系 C815S 的配合力及利用价值[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2010,36(4):367-372
- [3] 宋宇,邹小云,贺浩华,等.籼型三系杂交水稻产量及其相关性状的配合力分析[J].江西农业大学学报,

2004,26(5):719-725.

- [4] 余守武,尹建华,刘宜柏,等.三交水稻的育种研究 III.三交中晚稻主要农艺性状的配合力和遗传力分析[J].作物学报,2005,31(6):784-789.
- [5] 蔡巨广,方珊珊,郑燕梅,等.杂交水稻配合力的研究概况[J].福建稻麦科技,2006,24(3):44-47.
- [6] 蒋开锋,郑家奎,曾德初,等.杂交水稻稳产性配合力初步研究[J].中国水稻科学,1998,12(3):134-138.
- [7] 汤圣祥,王秀东,刘旭.中国常规水稻品种的更替趋势和核心骨干亲本研究[J].中国农业科学,2012,45(8):1455-1464.
- [8] 斯华敏,付亚萍,刘文真,等.水稻光温敏雄性核不育系的系谱分析[J].作物学报,2012,38(3):394-407.
- [9] 刘怀年,王世全,邓其明,等.水稻骨干亲本蜀恢 527 产量相关性状关键区段分析[J].农业生物技术学报,2011,19(3):393-406.
- [10] 吴方喜,蔡秋华,朱永生,等.籼型杂交稻恢复系明恢 63 的利用与创新[J].福建农业学报,2011,26(6):1101-1112.
- [11] Qi Huanhuan ,Huang Juan ,Zheng Qi ,et al .Identification of combining ability loci for five yield-related traits in maize using a set of testcrosses with introgression lines[J]. Theor Appl Gene , 2013 , 126 : 369-377 .
- [12] Qu Zhen ,Li Lanzhi ,Luo Junyuan ,et al .QTL mapping of combining ability and heterosis of agronomic traits in rice backcross recombinant inbred lines and hybrid crosses[J]. Plos One , 2012 , 7(1) : 1-10 .
- [13] 刘来福,毛盛贤,黄远樟.作物数量遗传学[M].北京:中国农业出版社,1984:250-259.
- [14] 莫惠栋.p×q 交配模式的配合力分析[J].江苏农学院学报,1982(3):51-57.
- [15] 梁小筠.正态性检验[M].北京:中国统计出版社,1997:105-114.
- [16] Sprague B A ,Tatum L A .General vs specific combining ability in single crosses[J].Agron J ,1942 ,34 :923-934 .
- [17] Griffing J B . Concept of general and specific combining ability in relation to dialle crossing systems[J].Australian J Biol Sci , 1956(9) : 463-493 .
- [18] 周开达,黎汉云,李仁端,等.杂交水稻主要性状配合力、遗传力的初步研究[J].作物学报,1982(3):145-152.
- [19] 黄耀祥,董群铠,张俊英,等.水稻不同株型亲本品种产量的配合力分析[J].广东农业科学,1985(6):1-5.

责任编辑:王赛群

英文编辑:王 庠