

光敏水稻与旱稻的杂种 F_1 代主要农艺性状的配合力研究

严学东, 王英*, 庄南生, 高和琼, 韩平原 (华南热带农业大学农学院, 海南儋州 571737)

摘要 用田间实验及田间观测然后用SAS软件分析的方法,对具有代表性的2个光敏水稻品种与5个旱稻品种所配制的杂种 F_1 代的12个主要农艺性状进行配合力分析,研究了各个性状的一般配合力和特殊配合力与 F_1 竞争优势的关系。结果表明:农垦58S对提高产量有相对较大的作用,7001S对矮化株型有较大作用;7001S是较优的母本,旱驯1号是较优的父本品种,农垦58S \times S₆4、7001S \times 热大1号、农垦58S \times 旱驯1号是比较理想的杂交组合;配合力效应对杂种 F_1 竞争优势的影响是正相关的。

关键词 光敏水稻;旱稻;农艺性状;一般配合力;特殊配合力

中图分类号 S511.032 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)16-04778-03

Studies on Combining Ability of Major Agronomic Characters in Hybrid F_1 of Photo-sensitive Rice and Upland Rice

YAN Xue-dong et al (College of Agronomy, South China University of Tropical Agriculture, Danzhou, Hainan 571737)

Abstract Combining abilities of 12 major agronomic characters in representative hybrid F_1 of 2 photosensitive rice varieties and 5 upland rice varieties were analyzed by field test and observation and by SAS software analysis. The relation between general combining ability and specific combining ability of different agronomic characters and the competitive advantage of F_1 was also studied. Results showed that Nongken 58S played an important role in improving yield and 7001S had an effect on dwarfing plant type. 7001S was the better maternal line, while Hanzhun 1 was the better paternal line. And Nongken 58S \times S₆4, 7001S \times Reda 1, Nongken 58S \times Hanzhun 1 were ideal hybrid combinations. The combining ability effect on the competitive advantage of the F_1 was positive correlation.

Key words Photosensitive rice; Upland rice; Agronomic characters; General combining ability; Specific combining ability

培育发展旱农业作物已成为节水农业的重要途径之一。IRRI(国际稻作所)近年来也十分重视旱稻的研究,并将旱稻研究列为21世纪初的四大重点研究领域之一^[1]。我国是一个水资源缺乏、旱灾频繁的国家。水资源的危机严重影响了我国经济的发展,导致生态环境的进一步恶化,威胁粮食安全^[2]。虽然水稻杂交育种现已实现了从“三系法”到“两系法”的普及,但国内外几乎没有“两系法”在旱稻杂交育种方面的研究。笔者采用人工室内离体穗茎杂交法进行光敏水稻与旱稻的杂交制种,且对 F_1 代的12个主要农艺性状进行了配合力研究,试图筛选出带有光敏核不育基因的最佳旱稻杂交组合,以期进一步培育出旱稻光敏不育系。

1 材料与方 法

1.1 供试亲本材料及杂交组合配制 母本()为光敏水稻7001S、农垦58S;父本()为旱稻旱驯1号、热大1号、CoL20、S₆44、S₆4。这些材料均由华南热带农业大学农学院作物遗传育种组提供。采用2 \times 5不完全双列杂交^[3],在2004年10月进行10个杂交组合的配制,采用人工室内离体穗茎杂交法制种^[4]。

1.2 亲本、 F_1 的田间试验 采用完全随机排列,将10个杂交组合的 F_1 代及亲本品种分别于2004年7月27日和2004年7月29日种植于华南热带农业大学农学院遗传育种实验网室^[5]。试验地水肥良好。以直线干种子条播方式播种,行长1 m、行距30 cm;齐苗后进行间苗,株距15 cm^[6]。

1.3 田间观测及室内考种 在田间管理期间,记录出苗、齐苗、分蘖、抽穗、开花等生物学性状。在成熟期,从每个小区中随机抽取5个单株,晒干后进行室内考种,考种指标包括有效穗数、株高、有效分蘖秆长、穗茎长、1~2穗节长、穗长、主茎秆粗、剑叶长度、剑叶宽度、30粒总长、30粒总宽、单株总粒数、单株实粒数、单株总粒重、千粒重等。

1.4 数据统计分析 利用SAS软件^[7]对10个杂交组合 F_1 代的主要农艺性状进行组合间方差分析、配合力效应与 F_1 竞争优势的相关分析、父母本一般配合力之和与 F_1 表型值的相关分析。参照刘来福等的方法^[8],利用Excel进行亲本一般配合力、杂交组合特殊配合力的方差与效应值的估算。

2 结果与分析

2.1 F_1 各性状组合间方差分析 F_1 组合间的方差分析表明,10个组合的12个农艺性状组合间差异均达0.05显著水平或0.01显著水平,说明这些性状的基因型间存在真实的遗传差异,参试组合也确实存在遗传差别。因此,有必要在此基础上进一步进行配合力的分析,包括方差分析和效应值分析。

2.2 配合力分析

2.2.1 配合力方差分析。将组合间的方差分解成 P_1 组(母本)和 P_2 组(父本)的一般配合力(GCA)方差以及 P_1 、 P_2 组特殊配合力(SCA)方差。各性状配合力方差分析表明,母本的一般配合力方差中除有效穗数、1~2穗节长、主茎秆粗、剑叶宽外,其他8个性状均达0.05显著水平或0.01显著水平;父本的一般配合力方差中除剑叶宽、千粒重外,其他10个性状均达0.05显著水平或0.01显著水平;特殊配合力方差中除有效穗数、1~2穗节长外,其他10个性状均达0.05显著水平或0.01显著水平。由此可知,株高、有效分蘖秆长、穗茎长、穗长、剑叶长、30粒长宽比、单株总粒重7个性状的父、母本一般配合力与特殊配合力均达到0.05显著水平或0.01显著水平,说明这7个性状的遗传是由加性和非加性基因共同控制的,同时受亲本的一般配合力和特殊配合力的影响;母本的一般配合力效应和特殊配合力效应对千粒重的影响均达0.01显著水平,而父本的影响则未达显著水平,说明母本光敏水稻品种对千粒重有决定性的影响;父本的一般配合力效应和特殊配合力效应对主茎秆粗的影响均达0.01显著水平,而母本的影响则未达显著水平,说明父本旱稻品种对主茎秆粗有决定性的影响;有效穗数、1~2穗节长的父本一般配合力分别达0.01显著水平和0.05显著

基金项目 华南热带农业大学科学基金资助项目。

作者简介 严学东(1981-),男,广东惠州人,硕士研究生,研究方向:作物遗传育种。* 通讯作者。

收稿日期 2007-03-05

水平,但它们的母本一般配合力和特殊配合力均未达显著水平,说明这2个性状主要受父本旱稻品种的影响,母本品种以及基因的杂交重组对其影响不大;剑叶宽的父、母本的一般配合力均未达显著水平,而特殊配合力则达0.01显著水平,表明了这个性状主要受组合特殊配合力的影响,以非加性基因效应为主。另外,大多数性状的母本或父本的一般配合力方差都大于特殊配合力方差,说明亲本各性状的一般配合力效应在杂种F₁的表现中比特特殊配合力效应起着更重要的作用,也表明加性基因效应在杂交配种中起着重要作用,且亲本的选择对选配强优组合是很重要的。

表1 亲本农艺性状一般配合力效应值

亲本	有效穗数	株高	有效分蘖秆长	穗茎长	1~2穗节长	穗长	主茎秆粗	剑叶长	剑叶宽	30粒长宽比	千粒重	单株总粒重
7001S	-0.100 0	-4.510 0	-2.218 0	-1.276 5	0.031 0	0.320 0	-0.002 0	-3.240 0	0.028 0	-0.059 0	-0.710 0	0.174 0
农垦58S	0.100 0	4.510 0	2.218 0	1.276 5	-0.031 0	-0.320 0	0.002 0	3.240 0	-0.028 0	0.059 0	0.710 0	-0.174 0
旱驯1号	0.700 0	1.540 0	-1.271 0	0.881 7	-0.059 0	-0.320 0	0.002 0	1.470 0	0.028 0	0.122 0	0.000 0	0.728 0
热大1号	-0.300 0	-0.260 0	-3.751 0	0.767 2	-0.114 0	1.830 0	0.052 0	3.470 0	0.008 0	0.097 0	0.600 0	-0.042 0
CoL20	-1.300 0	-0.660 0	3.099 0	-0.635 3	0.471 0	0.030 0	-0.033 0	-4.180 0	-0.017 0	0.132 0	-0.100 0	-0.582 0
S ₆ 44	0.200 0	-0.310 0	1.234 0	-0.158 3	-0.314 0	-0.420 0	-0.043 0	0.370 0	-0.042 0	-0.478 0	-0.250 0	0.028 0
S ₆ 4	0.700 0	-0.310 0	0.689 0	-0.855 3	0.016 0	-1.120 0	0.022 0	-1.130 0	0.023 0	0.127 0	-0.250 0	-0.132 0

从表1还可以看出,母本中7001S的1~2穗节长、穗长、剑叶宽、单株总粒重等4个性状均表现为正值,但效应值不大,说明这个材料对其所组配的杂种产量的提高有一定的作用,但效果不明显;但7001S株高GCA值为-4.510 0,说明这个材料是配制培育矮小株型的优选亲本。农垦58S的有效穗数、株高、有效分蘖秆长、穗茎长、主茎秆粗、剑叶长、30粒长宽比、千粒重等7个性状均表现为正值,其中株高的GCA值为4.510 0,说明用这个材料配制的后代可以很好地提高光合效率;农垦58S的单株总粒重GCA值为-0.174 0,说明它是对产量稍有负作用的供试亲本,所以要充分利用其高光效株型,必须从改进栽培方法着手。另外,从有效穗数来看,旱驯1号和S₆4的GCA值最大,CoL20的GCA值最小;从株高来看,农垦58S的GCA值最大,7001S的GCA值最小;从有效分蘖秆长来看,CoL20的GCA值最大,热大1号的GCA值最小;从穗茎长来看,农垦58S的GCA值最大,7001S的GCA值最小;从1~2穗节长来看,CoL20的GCA值最大,S₆44的GCA值最小;从穗长来看,热大1号的GCA值最大,S₆4的GCA值最小;从主茎秆粗来看,热大1号的GCA值最大,S₆44的GCA值最小;从剑叶长来看,热大1号的GCA值最大,CoL20的GCA值最小;从剑叶宽来看,7001S和旱驯1号的GCA值最大;从30粒长宽比来看,CoL20的GCA值最大,S₆44的GCA值最小;从千粒重来看,农垦58S的GCA值最大,7001S的GCA值最小;从单株总粒重来看,旱驯1号的GCA值最大,7001S的GCA值次之,CoL20的GCA值最小。在几个对产量有贡献的性状中,旱驯1号均表现较好。母本中的7001S和父本中的旱驯1号对杂交后代产量的影响比较大,因此,两者分别是较优的母本品种和父本品种。

2.2.3 10个杂交组合的特殊配合力效应分析。特殊配合力(SCA)是指某特定杂交组合的某性状实测值与根据双亲一般配合力算得的理论值的离差。它决定于基因型中的非加性效应(显性和上位性效应),是不能遗传的。为进一步考察杂

2.2.2 亲本一般配合力效应分析。一般配合力(GCA)是指某一亲本系与其他亲本系所配F₁代的某种性状平均值与该试验全部F₁代的总平均值相比的差值。它决定于基因型中的加性效应,是可遗传的。利用刘来福等计算GCA的公式,求得各亲本的GCA效应值,并对数据进行整理。从表1可以看出,一般配合力效应在同一亲本的几乎所有性状间及同一性状的亲本间存在差异。这表明同一亲本在不同性状上的加性效应值是不同的,不同亲本在同一性状上的加性效应值也是不同的。

交组配的情况,筛选出配合力较好的亲本组合,对10个杂交组合12个农艺性状的特殊配合力效应值进行了估算。

从表2可以看出,同一组合不同性状间、不同组合的同一性状间的SCA效应值一般表现出差异,表明各组合的非加性效应一般都存在着多样性。有效穗数中,组合的SCA值最大,其次是组合;株高中,组合的SCA值最大,其次是组合;有效分蘖秆长中,组合的SCA值最大,其次是组合;穗茎长中,组合的SCA值最大,其次是组合;1~2穗节长中,组合的SCA值最大,其次是组合;穗长中,组合的SCA值最大,其次是组合;主茎秆粗中,组合的SCA值最大,其次是组合;剑叶长中,组合的SCA值最大,其次是组合;剑叶宽中,组合的SCA值最大,其次是组合;30粒长宽比中,组合的SCA值最大,其次是组合;千粒重中,组合的SCA值最大,其次是组合;单株总粒重中,组合的SCA值最大,其次是组合,再次是组合。由此可见,组合、组合、组合即农垦58S×S₆4、7001S×热大1号、农垦58S×旱驯1号是多个性状SCA效应得到较好结合的3个杂交组合,因此它们是比较理想的杂交组合。

2.3 亲本一般配合力之和与杂种F₁表型值的相关分析 F₁代的12个农艺性状表现同时受母本和父本一般配合力效应的共同影响。为了研究亲本配合力效应与所配杂交组合F₁表现的关系,将亲本一般配合力之和与F₁表型值进行相关分析。

从表3可以看出,12个性状的亲本一般配合力之和与F₁表型值之间的相关系数均为正值,表明这12个性状的F₁表型值与父、母本GCA之和均存在一定程度的正相关。除剑叶宽、单株总粒重外,其他10个性状都达到了0.05显著或0.01显著水平,说明这些性状的父、母本一般配合力之和与其杂种F₁表型值存在十分密切的关系;而且决定系数也相当高,介于0.521 5~0.954 5之间,表明F₁代的这10个性状的表现分别有52.15%~95.45%由父、母本GCA之和决定,即父、母本配合力之和大致可以反映杂种F₁这10个性状的表现。因此,可以把

父、母本配合力之和作为预测 F_1 有效穗数、株高、千粒重等 10 个性状的杂种优势和遗传传递能力的一个重要指标。而剑叶宽、单株总粒重这 2 个性状的 GCA 之和与 F_1 表型值呈正相关

但未达 0.05 显著水平,说明父、母本这 2 个性状的 GCA 之和与杂种 F_1 各性状的表型值关系不是很密切。因此,在对这 2 个性状的组合选配时,要特别注意配合力的高低。

表2

10 个杂交组合农艺性状特殊配合力效应值

杂交组合代号	有效穗数	株高	有效分蘖 秆长	穗茎长	1~2 穗节长	穗长	主茎秆粗	剑叶长	剑叶宽	30 粒长宽比	千粒重	单株总粒重
- 0.900 0	0.060 0	0.293 0	0.018 5	- 0.251 0	0.380 0	0.032 0	0.390 0	0.032 0	0.074 0	0.860 0	- 0.704 0	
0.100 0	0.160 0	4.033 0	0.174 0	- 0.006 0	- 0.070 0	0.002 0	- 2.910 0	- 0.078 0	0.099 0	- 0.840 0	1.086 0	
0.100 0	0.860 0	- 0.907 0	- 0.368 5	0.369 0	0.030 0	0.017 0	- 1.360 0	- 0.073 0	0.044 0	0.160 0	- 0.114 0	
0.600 0	0.810 0	- 0.592 0	0.974 5	- 0.066 0	0.280 0	- 0.023 0	1.690 0	0.112 0	- 0.346 0	- 0.890 0	0.406 0	
0.100 0	- 1.890 0	- 2.827 0	- 0.798 5	- 0.046 0	- 0.620 0	- 0.028 0	2.190 0	0.007 0	0.129 0	0.710 0	- 0.674 0	
0.900 0	- 0.060 0	- 0.293 0	- 0.018 5	0.251 0	- 0.380 0	- 0.032 0	- 0.390 0	- 0.032 0	- 0.074 0	- 0.860 0	0.704 0	
- 0.100 0	- 0.160 0	- 4.033 0	- 0.174 0	0.006 0	0.070 0	- 0.002 0	2.910 0	0.078 0	- 0.099 0	0.840 0	- 1.086 0	
- 0.100 0	- 0.860 0	0.907 0	0.368 5	- 0.369 0	- 0.030 0	- 0.017 0	1.360 0	0.073 0	- 0.044 0	- 0.160 0	0.114 0	
- 0.600 0	- 0.810 0	0.592 0	- 0.974 5	0.066 0	- 0.280 0	0.023 0	- 1.690 0	- 0.112 0	0.346 0	0.890 0	- 0.406 0	
- 0.100 0	1.890 0	2.827 0	0.798 5	0.046 0	0.620 0	0.028 0	- 2.190 0	- 0.007 0	- 0.129 0	- 0.710 0	0.674 0	

注: 7001S × 旱驯1 号, 7001S × 热大1 号, 7001S × CoL20, 7001S × S₆4, 7001S × S₆4, 农垦58S × 旱驯1 号, 农垦58S × 热大1 号, 农垦58S × CoL20, 农垦58S × S₆4, 农垦58S × S₆4。

表3

亲本一般配合力之和与杂种 F_1 表型值的相关分析

系数	有效穗数	株高	有效分蘖秆长	穗茎长	1~2 穗节长	穗长	主茎秆粗	剑叶长	剑叶宽	30 粒长宽比	千粒重	单株总粒重
相关系数	0.838 9 **	0.977 0 **	0.818 7 **	0.926 6 **	0.790 2 **	0.947 6 **	0.836 9 **	0.908 4 **	0.476 4	0.815 0 **	0.722 1 *	0.557 4
决定系数	0.703 7	0.954 5	0.670 3	0.858 5	0.624 4	0.898 0	0.700 5	0.825 2	0.227 0	0.664 2	0.521 5	0.310 7

注: *、** 分别表示差异在 0.05、0.01 水平显著。下表同。

2.4 亲本一般配合力、杂交组合特殊配合力与 F_1 竞争优势的相关分析 以常用品种农垦58S 和热大1 号及其杂交组合农垦58S × 热大1 号作为对照,计算杂种 F_1 各性状的竞争优势,并且进行亲本一般配合力、杂交组合特殊配合力与 F_1 平均竞争优势的相关分析。

2.4.1 亲本一般配合力与 F_1 竞争优势的关系。从表4 可以看出,不同母本水稻品种所配的杂交 F_1 代的 12 个性状的竞争优势大小与母本的 GCA 的相关系数均为正值,并且在千粒重、剑叶长、株高等性状上表现为 0.05 或 0.01 水平显著正相关;不同父本旱稻品种所配的杂交 F_1 代的 12 个性状的竞争优势大小与父本的 GCA 的相关系数也均为正值,并且在有效穗数、1~2 穗节长、穗长、主茎秆粗、30 粒长宽比等性状上均表现为 0.01 水平显著正相关。因此,千粒重、剑叶长、株高、有效穗数、1~2 穗节长、穗长、主茎秆粗、30 粒长宽比等 8 个性状可以通过对亲本的一般配合力的分析,预测这些性状在杂种后代中的竞争能力。一般某性状一般配合力高的亲本,其所配的杂交组合的该性状的竞争优势也强。

表4 亲本一般配合力、杂交组合特殊配合力与 F_1 竞争优势的相关分析

性状	母本 GCA 与竞争优势		父本 GCA 与竞争优势		SCA 与竞争优势	
	相关系数	决定系数	相关系数	决定系数	相关系数	决定系数
有效穗数	0.111 1	0.012 3	0.831 5 **	0.691 4	0.544 3	0.296 3
株高	0.962 8 **	0.926 5	0.167 2	0.027 9	0.213 4	0.045 5
有效分蘖秆长	0.563 7	0.317 8	0.593 8	0.352 5	0.574 2	0.329 7
穗茎长	0.549 0	0.301 4	0.451 0	0.203 4	0.376 2	0.141 5
1~2 穗节长	0.093 7	0.008 8	0.784 6 **	0.615 7	0.612 3	0.375 6
穗长	0.291 9	0.085 2	0.901 5 **	0.812 7	0.319 4	0.102 0
主茎秆粗	0.047 7	0.002 3	0.835 6 **	0.698 2	0.547 3	0.299 6
剑叶长	0.711 4 *	0.506 2	0.564 9	0.319 1	0.418 0	0.174 8
剑叶宽	0.347 9	0.121 1	0.325 5	0.105 9	0.879 2 **	0.773 0
30 粒长宽比	0.195 1	0.038 1	0.791 3 **	0.626 1	0.579 5	0.335 8
千粒重	0.660 2 *	0.435 9	0.292 6	0.085 6	0.691 8 **	0.478 5
单株总粒重	0.212 7	0.045 2	0.515 3	0.265 5	0.830 2 **	0.689 3

2.4.2 杂交组合特殊配合力与 F_1 竞争优势的关系。从表4 还可以看出,12 个性状的特殊配合力与 F_1 竞争优势之间都呈正相关,且在剑叶宽、千粒重、单株总粒重等性状中表现为 0.01 水平显著正相关,说明特殊配合力对 F_1 的竞争优势产生正的影响,尤其是在剑叶宽、千粒重、单株总粒重上表现得更为明显。但进一步研究发现,组合的优势强弱与 SCA 效应并不完全一致。这与毛友纯等的研究结果一致^[9]。以单株总粒重为例,具有较高 SCA 效应值的组合,并不一定具有较高的产量水平;同样,具有较高产量水平的组合,其 SCA 值也不一定都高。如,农垦58S × CoL20 的 SCA 值在所有效应值中为第 5,但其竞争优势值为最小;7001S × S₆4 的竞争优势值位居第 3,但其 SCA 值却为负值。从一般配合力可以看出,农垦58S 和 CoL20 的 GCA 值都为负值,而 7001S、S₆4 的 GCA 值相对比较。这说明利用一般配合力低的亲本配制的杂交组合即使具有较强的特殊配合力,也难有较强的竞争优势。因此,只有当亲本具有较高的 GCA 的情况下,才有可能筛选到强优势的杂种 F_1 。

3 结论与讨论

3.1 亲本一般配合力和杂交组合特殊配合力之间的关系 比较亲本 GCA 效应值和杂交组合 SCA 效应值可知,某一性状特殊配合力效应值较高的组合一般情况下含有该性状一般配合力表现较好的亲本。但这不是绝对的。亲本的 GCA 效应值大,它们所组配的杂种 SCA 效应值也不一定高。以单株总粒重为例,SCA 效应值最小的组合农垦58S × 热大1 号、7001S × 旱驯1 号,它们的母本/父本的 GCA 效应值分别为中/中、高/最高;SCA 效应值最大的组合 7001S × 热大1 号,其母本/父本的 GCA 效应值为高/中。因此,在遗传关系中 GCA 与 SCA 之间没有明显的对应关系。这与前人的研究结果是一致的^[10]。

(上接第4780页)

3.2 亲本利用价值的评价 一般配合力分析表明,母本中的7001S和父本中的旱驯1号对杂交后代产量的影响比较大,在其他性状上对后代的影响也有较好的表现。再从它们所组配的 F_1 代的竞争优势值来看,这2个亲本在生产上具有较大的应用潜力,通过测交配组有可能找到特殊配合力好的强优组合。

3.3 配合力分析与杂种 F_1 选育 研究表明,亲本配合力与 F_1 竞争优势存在正相关关系。父、母本的GCA、杂交组合SCA与 F_1 竞争优势的相关系数都为正值,在有些性状上还达到0.05或0.01水平显著相关。这表明杂种 F_1 的竞争优势不仅受到父、母本GCA的影响,而且受到组合SCA效应的影响。但部分组合竞争优势与SCA并不完全一致。利用一般配合力低的亲本配置的组合,即使有较大的SCA效应,也难有较强的竞争优势。因此,应特别重视亲本的选

育。只有当亲本具有较高的GCA的情况下,才有可能筛选到强优势的杂种 F_1 。

参考文献

- [1] 望秀凤. 早稻育种概况与发展前景[J]. 农业科技通讯, 2004(3): 26-27.
- [2] 俞东平, 崔晓丽, 张梦飞. 我国早稻推广现状与发展前景[J]. 农业信息快讯, 2003(3): 5-7.
- [3] 莫惠栋. P × Q 交配模式的配合力分析[J]. 江苏农学院学报, 1975, 3(3): 51-75.
- [4] 沈福成. 水稻离体茎穗室内杂交技术[J]. 种子世界, 1989(10): 21-22.
- [5] 王英, 郭丽霞, 莫饶, 等. 早稻品种主要农艺性状及抗病性的鉴定与评价[J]. 中国种业, 2004(10): 31-33.
- [6] 罗利军. 稻种资源学[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2002: 432-433.
- [7] 林德光. SAS 教程[M]. 儋州: 华南热带农业大学, 2000: 32-45.
- [8] 刘来福, 毛盛贤, 黄远樟. 作物数量遗传[M]. 北京: 农业出版社, 1982: 256-261.
- [9] 毛友纯, 徐庆国, 胡志明. 杂交早稻农艺性状的配合力研究[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 31(2): 115-119.
- [10] 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, 8(3): 145-152.