

杂交水稻亲本产量相关性状的配合力分析

李云¹, 钟珺¹, 肖林长¹, 席建才¹, 谢建萍¹, 连垚¹, 周卫营², 黎为兵¹

(1. 赣州市农业科学研究所, 江西赣州 341000; 2. 江西红一种业科技股份有限公司, 江西南昌 330200)

摘要 [目的]分析杂交水稻亲本产量相关性状的配合力。[方法]以5个三系不育系和5个恢复系采用不完全双列杂交(NCII)设计,对产量相关性状进行了配合力分析。[结果] F_1 产量相关性状的遗传同时受加性效应和非加性效应控制;在单株产量上,不育系一般配合力由大到小依次为301A、421A、606A、五丰A、贡A,恢复系一般配合力由大到小依次为R208、R615、玉桂、华占、R319;狭义遗传力的由大到小依次为千粒重、穗颈长、穗长、穗总粒数、穗实粒数、剑叶长、单株有效穗、株高、结实率、播始历期。[结论]该研究为亲本材料的合理利用提供理论依据。

关键词 水稻;不育系;恢复系;配合力

中图分类号 S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)11-0024-03

Combining Ability Analysis of Yield-related Traits on Parents of Hybrid Rice

LI Yun, ZHONG Jun, XIAO Lin-chang et al (Ganzhou Institute of Agricultural Sciences, Ganzhou, Jiangxi 341000)

Abstract [Objective] To analyze the combining ability of yield-related traits on parents of hybrid rice. [Method] The combining ability of yield-related traits was synthetically studied based on NC II mating design by using 5 indica CMS lines and 5 restorer lines. [Result] Heredity of F_1 yield related traits were controlled by additive effect and non-additive effect. For yield per plant, general combining ability of indica CMS lines from big to small was in the order of 301A, 421A, 606A, Wufeng A, Gong A. General combining ability of restorer lines from big to small was in the order of R208, R615, Yugui, Huazhan, R319. The narrow heritability from big to small was in the order of 1 000-grain weight, length of spike neck, ear length, total grains per ear, filled grain per ear, flag leaf length, effective ear per plant, plant height, seed-setting rate, duration from sowing to heading. [Conclusion] This research provided theoretical basis for the rational utilization of parent material.

Key words Rice; Sterile lines; Restorer lines; Combining ability

水稻是我国重要的粮食作物之一,有一半以上的人以稻米为主食^[1]。自20世纪70年代三系杂交水稻配套成功以来,杂交水稻的研究取得了世界瞩目的成就^[2]。近年来,育种工作者选育出了一大批综合性状优良的不育系和恢复系,为杂种优势的利用提供了更加广阔的前景。配合力作为衡量亲本利用价值的重要指标,对杂交组合的选育具有重要的指导价值^[3-6]。鉴于此,笔者以生产上大面积应用的亲本和江西红一种业科技股份有限公司选育的4个不育系和1个恢复系为材料,对亲本产量相关性状的配合力进行分析,以期亲本材料的合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料 不育系材料为301A、贡A、606A、421A、五丰A;恢复系材料为R208、R615、R319、玉桂、华占。

1.2 方法 2015年3月在海南三亚采用 $p \times q$ 不完全双列杂交的方法配制25个新组合,并分别收获其 F_1 代种子。于2016年正季在江西红一种业科技股份有限公司奉新试验基地种植亲本及杂种 F_1 代。试验用随机区组设计方法,设置3个重复,6月20日播种,7月11日移栽,每小区100株,单本栽插,规格20 cm $\times$ 20 cm,移栽后采用大田管理方法。成熟后选10株,分别考察穗长、穗颈长、剑叶长、千粒重、每穗总粒数、单株有效穗、结实率、株高、每穗实粒数、单株重和播始历期等产量相关性状。

1.3 数据处理 采用Excel 2013进行数据整理;采用DPS(v7.05版)软件进行有关数据处理。

2 结果与分析

2.1 产量相关性状的配合力方差分析 对25个杂交组合产量相关性状的方差分析及配合力方差分析表明(表1),产量相关性状在组合间存在显著或极显著差异,说明各个杂交组合间存在明显的遗传差异。穗颈长、剑叶长、株高、穗实粒数和千粒重等5个性状在区组间呈显著或极显著差异,说明这几个性状容易受环境因素的影响。一般配合力和特殊配合力方差分析表明,特殊配合力明显小于一般配合力,说明杂交组合的表现由加性效应和非加性效应共同决定,以加性效应为主。单株产量、剑叶长、单株有效穗、株高、穗总粒数、穗实粒数、千粒重和结实率等性状上,恢复系高于不育系的一般配合力,说明在这些性状上,恢复系的遗传对杂交组合起主要作用。杂交组合选育时,对这些性状应注重恢复系的选择。

2.2 一般配合力分析 亲本产量相关性状的一般配合力分析表明(表2),不同亲本间及同一亲本不同性状间的一般配合力存在较大差异。如606A在穗颈长上的一般配合力效应值在5个母本中是最大的,说明以该不育系配组,穗颈长受母本影响较大,应选择与其在该性状上互补的恢复系配组。301A在单株产量和千粒重2个性状上的一般配合力效应值比其他不育系大,说明杂交组合在这2个性状上受301A影响较大。301A在播始历期上的一般配合力效应值最小,表明该不育系对杂交组合在播始历期上的影响较小。421A在单株有效穗上的一般配合力效应值比其他母本高,该不育系对杂交组合的单株有效穗有较大的影响。恢复系玉桂在穗长和千粒重上有较大的一般配合力效应值,杂交组合在这2个性状上受该亲本影响较大。恢复系R319在单株有效穗上的一般配合力效应值在所有恢复系亲本中最大,表明R319

作者简介 李云(1971—),男,江西宁都人,副研究员,从事水稻育种、栽培、土壤肥料等科研工作。

收稿日期 2018-01-18

对杂交组合单株有效穗有较大的影响。在单株产量上,不育系一般配合力从大到小依次为 301A、421A、606A、五丰 A、贡 A,恢复系一般配合力从大到小依次为 R208、R615、玉桂、华占、R319。

表 1 杂种一代产量相关的方差分析及配合力分析

Table 1 Variance analysis and combining ability analysis related to the yield of the first generation of hybrid											
性状 Character	单株产量 Yield per plant	穗长 Ear length	穗颈 Neck of spike	剑叶长 Flag leaf length	播始历期 Duration from sowing to heading	单株有效穗 Effective ears per plant	株高 Plant height	穗总粒数 Total grains per ear	穗实粒数 Filled grains per ear	千粒重 1 000-grain weight	结实率 Seed- setting rate
区组 Block	7.31	0.60	2.25 *	13.69 *	0.97	1.96	65.51 **	259.36	273.58 +	0.73 *	12.22
组合 Combination	31.73 +	3.24 **	13.83 **	16.30 **	6.01 **	2.64 *	25.80 **	1 197.87 **	986.08 **	14.05 **	39.54 **
P1 (恢复系)	50.04	2.56 **	19.40 **	44.85 **	4.19	10.04 **	85.81 **	4 380.99 **	2 852.88 **	57.23 **	83.01 *
P2 (不育系)	18.51	14.85 **	54.61 **	35.94 **	11.09 +	1.526 1	8.45	1 038.69 +	911.81	25.46 **	56.51 +
P1 × P2	30.46	0.50	2.25 **	4.26	5.20 **	1.07	15.13 +	441.88 **	537.95 **	0.40 +	24.42 *

注: * 表示 5% 水平显著; ** 表示 5% 水平极显著; + 表示 10% 水平显著
Note: * indicated significant at 5% level; ** indicated extremely significant at 5% level; + indicated significant at 10% level

表 2 亲本产量相关性状一般配合力相对效应值

Table 2 Relative effect size of general combining ability of parental yield related traits											
亲本 Parent	穗长 Ear length	穗颈 Neck of spike	剑叶长 Flag leaf length	播始历期 Duration from sowing to heading	单株有效穗 Effective ears per plant	株高 Plant height	穗总粒数 Total grains per ear	穗实粒数 Filled grains per ear	千粒重 1 000-grain weight	结实率 Seed- setting rate	单株产量 Yield per plant
贡 A Gong A	0.914 8	-77.477 5	-6.770 2	0.892 2	-10.494 8	2.479 8	4.686 4	4.702 8	-3.833 2	-0.127 3	-6.183 9
301A	1.511 4	19.744 7	-1.556 9	-0.137 3	2.741 9	1.788 5	-12.915 7	-13.048 6	11.547 7	-0.015 0	7.089 0
421A	-2.522 9	49.399 4	-1.627 1	0.034 3	13.457 3	-1.256 7	-5.888 9	-2.125 3	-4.893 9	3.902 6	2.435 4
五丰 A Wufeng A	-1.159 2	-57.207 2	0.149 6	0.205 9	2.584 3	-3.006 6	5.907 9	2.338 3	-4.845 7	-3.558 1	-2.150 5
606A	1.255 8	65.540 5	9.804 6	-0.995 2	-8.288 7	-0.005 0	8.210 3	8.132 7	2.025 1	-0.202 2	-1.190 1
R615	-3.716 1	7.357 4	-0.621 8	1.750 2	-0.567 3	-0.602 8	-5.29 4	-5.725 5	3.278 7	-0.344 6	0.339 1
R319	-0.250 0	100.075 1	8.472 0	-1.166 8	5.735 9	0.661 4	1.739 8	0.528 3	-3.905 5	-1.191 0	-2.302 3
华占 Huazhan	2.619 5	-45.945 9	-6.700 0	0.291 7	-2.615 8	0.792 1	-3.829 5	-1.345 0	1.856 3	2.509 4	-2.024 2
R208	-4.341 2	95.945 9	-0.317 9	-0.480 4	1.323 7	-0.721 1	5.151 1	7.114 8	-6.027 0	1.827 7	5.131 7
玉桂 Yugui	5.687 8	-157.432 0	-0.832 2	-0.394 6	-3.876 5	-0.129 5	2.232 6	-0.572 7	4.797 5	-2.801 5	-1.144 4

2.3 特殊配合力分析 25 个杂交组合产量相关性状的配合力分析表明,不同组合间及同一组合不同性状间特殊配合力效应值均存在较大的差异,性状受基因非加性效应、环境以及环境和基因互做的影响。606A/玉桂和贡 A/华占在单株产量上特殊配合力的效应值较大。301A/R208 和 421A/玉桂在单株有效穗上有较大的特殊配合力效应值。301A/R319 和 606A/玉桂在千粒重上特殊配合力效应值较大。

表 3 杂交组合产量相关性状特殊配合力相对效应值

Table 3 Relative effect size of specific combining ability of yield related traits of hybrid combination											
组合 Combination	穗长 Ear length	穗颈 Neck of spike	剑叶长 Flag leaf length	播始历期 Duration from sowing to heading	单株有效穗 Effective ears per plant	株高 Plant height	穗总粒数 Total grains per ear	穗实粒数 Filled grains per ear	千粒重 1 000-grain weight	结实率 Seed- setting rate	单株产量 Yield per plant
贡 A/R615 Gong A/R615	0.960 3	35.810 8	-1.435 4	-6.287 8	-0.693 4	-0.898 0	4.389 2	6.691 9	0.241 1	2.194 8	-6.287 8
301A/R615	0.619 4	-47.522 5	2.679 1	4.466 3	-4.632 8	-0.293 9	-8.154 0	-9.463 5	-0.289 3	-1.303 4	4.466 3
421A/R615	2.153 5	70.345 3	2.421 9	6.127 2	4.506 8	2.190 8	4.456 1	5.975 0	0.940 2	1.138 6	6.127 2
五丰 A/R615 Wufeng A/R615	-0.687 5	-5.855 9	1.416 7	9.022 9	4.506 8	-0.686 3	-1.215 2	2.723 3	0.747 3	3.618 0	9.022 9
606A/R615	-3.045 6	-52.777 8	-5.082 3	-13.328 6	-3.687 4	-0.312 6	0.523 8	-5.926 7	-1.639 3	-5.647 9	-13.328 6
贡 A/R319 Gong A/R319	-0.346 6	-6.982 0	-2.674 4	-2.128 1	-5.263 2	0.353 7	1.009 7	2.164 9	-0.433 9	1.033 7	-2.128 1
301A/R319	1.585 3	11.036 0	-6.040 8	-6.053 7	2.615 8	1.767 4	10.733 0	13.001 1	2.169 7	1.992 5	-6.053 7
421A/R319	-2.136 5	42.567 6	0.949 1	4.698 6	0.724 9	0.266 5	-7.126 0	-5.740 5	0.144 6	2.262 2	4.698 6
五丰 A/R319 Wufeng A/R319	0.420 5	-28.003 0	-0.757 4	7.072 9	3.876 5	0.658 9	3.818 9	-0.714 5	-0.892 0	-4.097 4	7.072 9
606A/R319	0.477 3	-18.618 6	8.523 5	-3.589 7	-1.954 0	-3.046 5	-8.435 6	-8.711 0	-0.988 4	-1.191 0	-3.589 7

接下表

续表 3											
组合 Combination	穗长 Ear length	穗颈 Neck of spike	剑叶长 Flag leaf length	播始历期 Duration from sowing to heading	单株有效穗 Effective ears per plant	株高 Plant height	穗总粒数 Total grains per ear	穗实粒数 Filled grains per ear	千粒重 1 000-grain weight	结实率 Seed- setting rate	单株产量 Yield per plant
贡 A/华占 Gong A/Huazhan	1.130 7	-4.729 7	4.993 5	13.500 9	7.658 4	0.565 5	-4.415 3	-3.669 1	1.060 8	1.161 0	13.500 9
301A/华占 301A/Huazhan	-1.767 1	-1.726 7	-4.451 1	-4.729 3	-9.675 4	1.480 9	2.791 0	1.721 3	-0.795 6	-1.288 4	-4.729 3
421A/华占 421A/Huazhan	0.477 3	-15.240 2	0.201 0	-9.598 7	-6.051 1	-1.483 4	-1.461 7	-2.524 5	-0.289 3	-0.681 6	-9.598 7
五丰 A/华占 Wufeng A/ Huazhan	1.755 8	36.186 2	1.884 2	-0.657 4	1.827 9	1.213 1	4.748 3	5.828 4	-0.482 2	0.674 2	-0.657 4
606A/华占 606A/Huazhan	-1.596 7	-14.489 5	-2.627 6	1.484 6	6.240 2	-1.776 1	-1.662 3	-1.356 1	0.506 3	0.134 8	1.484 6
贡 A/R208 Gong A/R208	-0.943 2	36.186 2	-2.978 3	-1.980 0	-0.378 2	2.222 0	-2.535 4	-2.944 3	0.530 4	-0.741 6	-1.980 0
301A/R208	-0.005 7	-9.609 6	3.590 8	6.048 6	13.016 1	-0.412 3	-1.437 0	0.406 4	-1.567 0	1.940 1	6.048 6
421A/R208	-0.886 4	-98.198 2	-1.458 8	-3.128 7	-9.360 2	-2.099 9	-3.454 2	-8.493 1	0.024 1	-5.280 9	-3.128 7
五丰 A/R208 Wufeng A/R208	0.250 0	5.780 8	-0.827 6	-2.300 1	-2.269 1	-2.268 1	2.386 1	1.622 3	1.398 3	-0.441 9	-2.300 1
606A/R208	1.585 3	65.840 8	1.673 8	1.360 2	-1.008 5	2.558 3	5.040 5	9.408 8	-0.385 7	4.524 3	1.360 2
贡 A/玉桂 Gong A/Yugui	-0.801 2	-60.285 3	2.094 6	-3.104 9	-1.323 7	-2.243 1	1.551 8	-2.2433	-1.398 3	-3.647 9	-3.104 9
301A/玉桂 301A/Yugui	-0.431 8	47.822 8	4.222 0	0.268 2	-1.323 7	-2.542 1	-3.933 0	-5.665 3	0.482 2	-1.340 8	0.268 2
421A/玉桂 421A/Yugui	0.392 1	0.525 5	-2.113 3	1.901 7	10.179 6	1.125 9	7.585 8	10.783 2	-0.819 7	2.561 8	1.901 7
五丰 A/玉桂 Wufeng A/Yugui	-1.738 7	-8.108 1	-1.715 9	-13.138 3	-7.942 0	1.082 3	-9.738 2	-9.459 5	-0.771 5	0.247 2	-13.138 3
606A/玉桂 606A/Yugui	2.579 7	20.045 0	-2.487 4	14.073 4	0.409 7	2.576 9	4.533 6	6.584 9	2.507 2	2.179 8	14.073 4

2.4 遗传效应分析 对父本、母本、互作基因型方差对产量相关性状的贡献率分析表明(表4),穗总粒数、穗实粒数和千粒重受恢复系影响大,穗长和穗颈长2个性状受不育系影响较大,基因互做对播始历期影响大,剑叶长、单株有效穗、株高、结实率和单株产量等5个性状受环境影响较大。

遗传力分析表明(表4),播始历期、株高、穗总粒数、穗

实粒数、结实率和单株产量等6个性状的狭义遗传力和广义遗传力有较大差异。千粒重和穗颈长2个性状有较大的狭义遗传力,狭义遗传力从大到小依次为千粒重、穗颈长、穗长、穗总粒数、穗实粒数、剑叶长、单株有效穗、株高、结实率、播始历期。

表 4 父本、母本、互作基因型方差对产量相关性状的贡献率							
Table 4 Contribution rate of male parent,female parent,genotype variance to yield correlated character							
性状 Character	P ₁ (恢复系)	P ₂ (不育系)	P ₁ ×P ₂	环境 Environment	广义遗传力 Broad-sense heritability	狭义遗传力 Narrow-sense heritability	%
穗长 Ear length	7.6	53.2	0.0	39.2	60.8	60.8	
穗颈 Neck of spike	19.8	60.3	9.5	10.4	89.6	80.1	
剑叶长 Flag leaf length	22.4	17.5	0.0	60.1	39.9	39.9	
播始 Duration from sowing to heading	0.0	13.4	45.6	40.9	59.1	13.4	
单株有效穗 Effective ears per plant	29.5	1.5	0.0	69.0	31.0	31.0	
株高 Plant height	30.2	0.0	13.5	56.3	43.7	30.2	
穗总粒数 Total grains per ear	47.5	7.2	17.3	28.0	72.0	54.7	
穗实粒数 Filled grains per ear	35.6	5.8	32.8	25.9	74.1	41.4	
千粒重 1 000-grain weight	66.0	29.1	1.0	3.9	96.1	95.1	
结实率 Seed-setting rate	17.9	9.8	19.8	52.5	47.5	27.7	
单株产量 Yield per plant	5.0	0.0	11.2	83.8	16.2	5.0	

3 结论与讨论

3.1 配合力在育种中的指导作用 为研究玉米的杂种优势,Sprague 和 Tatum 于 1942 年首次提出了配合力的概念^[7]。配合力是指一个亲本(纯系自交系或被测材料)与另一系列

具有遗传差异的亲本所产生的杂种一代或后代的产量或其他性状的表现中所起作用对大小的度量。分为一般配合力和特殊配合力。遗传学上认为一般配合力是由基因的加性

(下转第 87 页)

系发达、固土能力强、耐盐碱性较强的乡土树种,如白蜡、白榆、臭椿、刺槐、毛白杨等树种;苗木胸径均大于等于 4 cm,种植密度为 2 m×3 m 或 3 m×4 m,这样既能发挥其防护功能,又能起到改善自然景观、绿化美化的效果。

3.2 重点区域造林模式 多种模式汇集在一起,形成区域内特有的造林模式,主要特点是造林形式多样,绿化设计与区域大环境融合,体现总体景观效果。高速公路、铁路、国省道及高速公路匝道等重要工程对绿化标准的要求较高,乔灌木相结合,常绿和落叶树种相搭配。一般采用树木规格较高,乔木胸径一般在 8 cm 以上,部分苗木为 10 cm 以上,灌木高度为 2.5 m 以上。

3.3 园林绿化模式 对于项目区内公园、湿地等景点实施高规格绿化标准,采用胸径大于 8 cm 的乔木、灌木、花灌木、草坪草与园区小品合理搭配进行绿化。

4 辅助设施建设

为达到绿化美化效果和改碱目的,需要修建一些必需的辅助设施,如穿涵、斗门、农门、斗渠桥、支渠桥、农渠桥、泄水闸、放水口、渡管等。

5 结语

东营市林业生态建设项目符合国家生态文明建设的战略导向,其以“五环、一心、两带、三网”为主体,重点推进环城森林、绿色通道、水系绿化、沿黄生态绿化、沿海防护林、农田林网、村镇厂矿校园绿化、重点片区造林、生态林场提升、天

然怪柳林封育、湿地修复及保护等 11 种工程类型。每项具体的工程均按照不同的绿化标准及不同的立地条件,规划设计适宜的土壤改良模式、灌排模式和造林绿化模式。

项目的实施可有效改善周边区域生态环境,防风固沙、改善小气候、防止水土流失,从而改善东营市生态环境;有利于推动现代林业的建设和发展;有利于推动新农村建设,促进城乡可持续发展;有利于推动城郊旅游,促进农村产业结构调整,增加就业,吸引投资,从而增加农民收入。

参考文献

- [1] 翁森红,刘玉新,李维炯.论黄河三角洲生态脆弱经济贫困区农业经济发展战略[J].生态经济通讯,2004(5):13-16.
- [2] 关元秀,刘高焕,刘庆生,等.黄河三角洲盐碱地遥感调查研究[J].遥感学报,2001,5(1):46-52.
- [3] 祖国庆.临港新城滨海盐碱地绿化给排水设计[J].给水排水,2009,35(11):84-86.
- [4] 王玉珍,刘永信,魏春兰,等.6 种盐生植物对盐碱地土壤改良情况的研究[J].安徽农业科学,2006,34(5):951-952,957.
- [5] 《东营市林业志》编纂委员会.东营市林业志[M].北京:中华书局,2003.
- [6] 吴海云,张宁,吴金凤,等.盐碱地土壤改良思路[J].天津农林科技,2013(2):41-43.
- [7] 李颖,陶军,钞锦龙,等.滨海盐碱地“台田-浅池”改良措施的研究进展[J].干旱地区农业研究,2014,32(5):154-160,167.
- [8] 张万钧,郭育文,王斗天,等.滨海海涂地区绿化及排盐工程技术探讨与研究[J].中国工程科学,2001,3(5):79-85.
- [9] 柴思宇,刘燕.国外城市树种选择指导及其借鉴[J].中国园林,2011(9):82-85.
- [10] 林士杰,张忠辉,张大伟,等.盐碱地树种选择及抗盐碱造林技术研究进展[J].中国农学通报,2012,28(10):1-5.

(上接第 26 页)

效应引起的,是可遗传的;特殊配合力是由非加性效应引起的,不可遗传。对水稻不育系和恢复系配合力进行研究,深入了解不育系和恢复系在遗传中作用的大小,对杂交组合的选育具有重要的指导意义。目前,受限于材料和种植环境的不同,国内外学者对杂交水稻亲本配合力的研究结果存在较大差异^[8]。但不同研究材料得出的结论,对该育种材料的育种应用价值评价具有重要意义,对于利用该研究材料进行组合选配具有重要的指导作用。

3.2 性状互补在组合选育中的意义 杂交水稻组合的选配离不开不育系和恢复系,同一不育系与不同恢复系配组,不同不育系与同一恢复系配组所产生的杂种优势有较大差异。对不同亲本的配合力进行深入分析研究,充分利用这些亲本之间的性状互补选配出综合性状优良的杂交组合。如一个不育系或者恢复系在某一个性状上有较强的一般配合力,而与其配组的亲本在这方面的一般配合力不强,两者组配,即可产生性状互补,配组出较强的杂交组合。现生产上大面积应用的恢复系华占,其分蘖力很强,与许多分蘖力略差的不育系配组,组合均表现出较强的分蘖力。通过对配合力的研究,在选育杂交稻亲本时可以保留在某一方面有较强配合力或在某一方面有缺陷,而其他性状配合力较强的材料,利用

性状互补,实现双方优点的有利结合,从而组合出强优势的杂交组合。

3.3 亲本资源的评价 421A 在选配组合时,应选择大穗、剑叶短挺、穗粒数多、千粒重略高、穗颈短的恢复系与其配组;301A 应选择着粒密,剑叶短挺、穗粒数多的恢复系与其配组;贡 A 应选择穗颈短,单株有效穗多,千粒重略高,结实率高的恢复系与其配组;606A 应选择穗颈长、单株有效穗多、结实率高、着粒密的恢复系与其配组;玉桂应选择单株有效穗高,剑叶短挺,株高矮,着粒密的不育系与其配组。

参考文献

- [1] YU J, HU S N, WANG J, et al. A draft sequence of the rice genome (*Oryza sativa* L. ssp. indica) [J]. Science, 2002, 296(5565): 79-92.
- [2] 袁隆平. 杂交水稻学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [3] 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.
- [4] 游书梅, 曹应江, 郑家奎, 等. 中国与南亚水稻恢复系资源产量性状的配合力分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17(5): 861-865.
- [5] 刘金波, 宋兆强, 王宝祥, 等. 几个新选杂交水稻不育系和恢复系的主要农艺性状的配合力分析 [J]. 西南农业学报, 2016, 29(2): 209-213.
- [6] 包灵丰, 林纲, 赵德明, 等. 水稻宜恢 1577 的籼粳特性鉴别和产量配合力分析 [J]. 作物学报, 2006, 32(3): 472-474.
- [7] 韩汉鹏. 双列杂交育种法配合力统计分析(单变元)的 SAS 实施 [J]. 热带作物学报, 2001, 22(4): 72-77.
- [8] 陈小龙, 吴俊, 邓启云, 等. 超级杂交水稻的配合力研究进展 [J]. 湖南农业科学, 2013(3): 4-7.