

杂交稻新组合主要农艺性状 配合力分析及利用评价

王 丽 赵德明 林 纲 江青山 杨从金

(四川省宜宾市农业科学院 四川 宜宾 644000)

摘要: 利用引进的5个不育系(全丰A、谷丰A、天丰A、广抗13A、蓉18A和Ⅱ-32A)和自育的6个恢复系(YR1577、YR2292、YR3003、YR4245和YR7633)进行不完全双列(NCII模式)杂交,配置的30个杂交组合。对F₁代农艺性状的配合力进行分析,结果表明:穗长、穗实粒数、结实率、千粒质量和单株产量的特殊配合力高于一般配合力,说明大多数农艺性状受非加性效应影响大;亲本方面,穗长、有效穗数、穗总粒数、穗实粒数、千粒质量的性状表明恢复系对后代的影响大于不育系。综合考虑配合力和遗传力效应,选育高产量的杂交组合以Ⅱ-32A/YR2292和广抗13A/YR7633优势较为明显。

关键词: 杂交优势;不育系;恢复系;一般配合力;特殊配合力

中图分类号: S511.035.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)02-0208-05

Analysis on Combining Ability and Utilization of Major Agronomic Characteristics in Hybrid Rice Combination

WANG Li, ZHAO De-ming, LIN Gang, JANG Qing-shan, YANG Cong-jin

(Yibin Academy of Agricultural Sciences, Sichuan Province, Yibin 644000, China)

Abstract: An analysis on the combining ability of the agronomic characters of 6 male sterile lines (Quan-fengA, GufengA, TianfengA, Guangkang13A, Rong18A and Ⅱ-32A) and 5 restorer lines (YR1577, YR2292, YR3003, YR4245 and YR7633) of 30 hybrids were conducted by means of incomplete diallele cross (NCII design). The agronomic characteristics of F₁ generation were analyzed, The results showed that the specific combining ability (SCA) of panicle length (PL), spikelets panicle number (SN), seed setting rate (SSR), 1000-grain weight (GW) and the grain weight of per plant (GWP) was higher than that of general combining ability (GCA), which indicated that most of the characters were mainly affected by non-additive effect; the characters of panicle length, effective panicle number (EPN), full spikelets panicle number (FN), spikelets panicle number, 1000-grain weight were influenced by restorer lines more greatly than by sterile line. Considering their combining ability and heritability, Guangkang13A/YR7633 and Ⅱ-32A/YR2292 are high-yield hybrid combinations.

Key words: hybrid rice; male sterile (MS) line; restorer (R) line; general combining ability (GCA); specific combining ability (SCA)

收稿日期: 2011-11-18 修回日期: 2012-02-14

基金项目: 四川省科技厅科技支撑项目(20110104)和宜宾市科技局水稻品种选育专项(200805101)

作者简介: 王丽(1980—),女,助理研究员,硕士,主要从事水稻遗传育种研究, E-mail: wli_1981@163.com。

水稻杂种优势的研究与利用在提高我国水稻产量中发挥着重要作用,而利用杂种优势进行的育种其实质就是配合力育种^[1]。配合力在亲本选育和组合选配中起着重要作用。亲本的配合力高低决定杂种优势的强弱,只有选育出高配合力的亲本,才有可能组配出具有强优势的杂交组合^[2]。国内外对配合力的研究多集中在一般配合力研究和自育的亲本材料间,所配组合通过审定的很少见^[3-5],对籼型三系杂交水稻,周开达等^[6-7]研究表明,F₁的产量及其它性状同时受恢复系、不育系一般配合力和组合特殊配合力效应的影响。为选育具有高配合力的优势组合,本研究通过选用自育的优质恢复系品种和引进的不同细胞胞质来源的核质互作不育系,旨在通过阔大遗传距离,研究其组合相关性状的配合力及遗传效应,为进一步开发利用这些不育系和恢复系提供理论依据,也对亲本评价及强优势组合的筛选具有重要指导意义。

1 材料和方法

1.1 材料

引进的 6 个不育系:全丰 A、谷丰 A(引自福建省农科院)、天丰 A(引自广东省农科院)、广抗 13A(引自福建三明市农科所)、蓉 18A(引自成都农林科学院)和 II-32A,作为母本。宜宾市农业科学院自育的 5 个恢复系:YR1577、YR2292、YR3003、YR4245、YR7633 为父本。

1.2 方法

2010 年将 6 个不育系和 5 个恢复系按不完全双列杂交模式,配制的 30 个杂交组合,于 2011 年夏季在南溪县大观基地种植。3 月 18 日播种,5 月 3 日移栽,单本种植,株行距 16.6 cm × 20 cm,每组合种植 3 行区,每行 10 株,随机区组排列,3 次重复。常规栽培管理。每组合每小区取中间 5 株考种室内测定穗长、有效穗数、穗实粒数、穗总粒数、结实率、千粒质量、单株产量等 7 个性状。采用 DPS 不完全双列杂交配合力分析方法,进行遗传力测定,一般配合力(GCA)和特殊配合力(SCA)测定及方差分析,其中百分数资料均经过平方根反正弦转换。

2 结果及分析

2.1 各性状方差分析及配合力方差分析

通过组合各性状方差分析及配合力方差分析见表 1,各性状组合间方差除有效穗和单株产量外,均达极显著水平($P < 0.01$),说明组合的遗传差异显著。进一步做配合力方差分析,父本除穗总粒数一般配合力(GCA)显著($P < 0.05$)外,其它性状均不显著,说明恢复系所配组合中穗总数对其它性状有影响;母本各性状的一般配合力不显著,说明不育系对所配组合的其他性状表现影响不大。特殊配合力(SCA)方差除有效穗数和穗总粒数不显著,穗长、穗实粒数、结实率、千粒质量和单株产量都达到显著或极显著,表明大多数性状受亲本间的相互作用大。

表 1 组合各性状方差分析及配合力方差分析

Tab. 1 Mean squares of variance analysis and combining ability of traits for the combinations

性状 Traits	区组 Blocks	组合 Combination	父本 P1 Male parent P1	母本 P2 Female parent P2	交互 P1 × P2	误差 Error
自由度 <i>df</i>	2	29	4	5	20	58
穗长/cm PL	0.02	4.66**	7.83	0.07	5.17**	1.10
有效穗数 EPN	2.15	3.10	3.41	2.84	3.10	2.07
穗总粒数 SN	97.00	1 709.94**	4 514.73*	2 151.97	1 038.47	764.96
穗实粒数 FN	214.97	1 908.17**	3 203.59	1 784.60	1 679.98*	798.22
结实率/% SP	11.63	21.66**	9.06	6.82	27.89**	7.31
千粒质量/g GW	2.61	6.56**	11.56	8.54	5.07*	2.45
单株产量/g GYP	56.28	48.30	39.41	12.94	58.91*	30.61

* ,** 分别表示差异显著水平($P < 0.05$)和极显著($P < 0.01$)。

* ,** were the difference level of 5% and 1%.

2.2 亲本相关性状一般配合力效应分析

一般配合力的大小可以反映出各性状基因加性效应的作用程度,是水稻杂交育种中亲本选育的重要依据之一^[8]。对 11 个亲本的一般配合力效应值估算,结果见表 2。同一亲本不同性状一般配合力效应值表现有差异。如不育系广抗 13A,在穗长一般配合力效应值最高,穗总粒数和穗实粒数一般配合力较高,而有效穗数、结实率、千粒质量和单株产量一般效应值均为负数;又如 YR3003,在有效穗数、结实率和千粒质量方面,一般配合力效应值高,而在穗长、穗总粒数、穗实粒数和单株产量上一一般配合力效应值小。

另外,同一性状不同亲本间一般配合力相对效应值不同,如在穗总数和穗实粒数方面,不育系一般配合力最高的是谷丰 A,恢复系一般配合力相对效应值最高的是 YR7633。在单株产量上,亲本一般配合力表现最高的不育系是蓉 18A,而恢复系最高的是 YR2292,说明不育系以蓉 18A 所组配的后代和恢复系以 YR2292 所组配的后代易出现单株产量高的组合。

表 2 亲本相关性状一般配合力效应值

Tab. 2 Relative effect values of GCA of agronomic characters of parents

亲本性状 Parents traits	穗长/cm PL	有效穗数 EPN	穗总粒数 SN	穗实粒数 FN	结实率/% SSR	千粒质量/g GW	单株产量/g GYP
全丰 A/Quanfeng A	-0.05	-0.23	1.78	-4.12	-0.19	-0.11	1.56
天丰 A/Tianfeng A	-0.26	-0.60	-2.54	-1.10	1.04	2.76	-1.29
广抗 13A/Guangkang 13A	0.43	-4.29	5.98	6.77	-1.73	-0.11	-1.23
谷丰 A/Gufeng A	-0.26	-4.88	6.95	8.82	0.74	-5.37	-2.2
蓉 18A/Rong 18A	-0.01	8.39	-7.28	-5.90	0.44	1.25	3.80
II -32A	0.15	1.61	-4.88	-4.46	-0.29	1.59	-0.63
YR1577	-0.68	0.15	2.53	3.14	-0.75	-1.68	-0.36
YR2292	-2.78	4.57	-0.24	-4.99	-0.84	1.40	6.24
YR3003	-1.45	4.94	-13.13	-10.90	1.39	4.67	-2.65
YR4245	3.48	-4.21	4.71	6.23	0.85	-2.62	-1.45
YR7633	1.43	-5.44	6.13	6.53	-0.65	-1.76	-1.77

2.3 亲本相关性状特殊配合力效应分析

特殊配合力其效应主要受基因非加性效应遗传影响,是反映杂交组合非加性效应大小的一个度量值^[9]。对 30 个杂交组合 F1 的特殊配合力相对效应值进行估算的结果见表 3。可以看出同一组合不同性状间的特殊配合力效应差异显著。以全丰 A/YR7633 为例,在穗总粒数具有最高特殊配合力(12.78),在穗长(7.93)、有效穗数(2.94)、穗实粒数(16.12)、单株产量(6.19)方面配合力为较高,而结实率(-1.92)和千粒质量(-6.77)的特殊配合力效应较低。同样,同一亲本所配组合间特殊配合力效应也有差异,如,II -32A 所配组合,II -32A/YR2292 在有效穗数、千粒质量和单株产量均具最大效应值,分别为 17.61、6.58 和 21.19,而 II -32A/YR1577 相对性状效应值分别为 -5.60, -5.91 和 -5.79,这些不同性状间的差异性表明亲本基因互作的多样性。

2.4 亲本性状间配合力方差及遗传参数估算

为进一步分析亲本及互作对杂交后代性状的影响,根据随机模型估算了各性状的一般配合力和特殊配合力基因型方差及其在总方差中的比重(表 4)。穗长、有效穗数、穗实粒数、结实率、千粒质量和单株产量这 6 个性状的 $V_s > V_g$,说明这些性状主要受亲本间互作效应,即主要受非加性效应作用大。而穗总粒数 $V_g > V_s$,说明穗总粒数受亲本一般配合力作用大,即受基因加性效应作用大。通过父母本基因型方差在一般配合力方差贡献率的分析,父本基因型方差占一般配合力方差比重大于母本,表明父本对杂交后代农艺性状的形成作用多于母本,因此在这 30 个组合的品种选育中,穗长、有效穗数、穗总粒数、穗实粒数、千粒质量应多考虑父本的性状,而在结实率和单株产量上则考虑父母本共同作用。

表 3 30 个组合各农艺性状的特殊配合力效应值

Tab. 3 Relative effect values of SCA of agronomic characters of 30 combinations

组合 Combination	穗长/cm PL	有效穗数 EPN	穗总粒数 SN	穗实粒数 FN	结实率/% SSR	千粒质量/g GW	单株产量/g GYP
全丰 A/YR1577 QuanfengA/YR1577	0.74	1.77	3.17	11.24	2.48	-2.70	7.17
全丰 A/YR2292 QuanfengA/YR2292	1.85	-7.81	-3.22	-27.62	-0.89	3.91	-9.17
全丰 A/YR3003 QuanfengA/YR3003	-4.73	5.82	-12.11	-9.60	-3.97	3.91	-7.86
全丰 A/YR4245 QuanfengA/YR4245	-5.49	-2.71	-0.62	9.86	4.30	1.64	3.67
全丰 A/YR7633QuanfengA/YR7633	7.63	2.94	12.78	16.12	-1.92	-6.77	6.19
天丰 A/YR1577 TianfengA/YR1577	0.51	13.19	-7.84	-12.09	-3.75	-0.66	4.76
天丰 A/YR2292 TianfengA/YR2292	-1.78	-4.49	-0.13	-4.15	-7.25	0.04	-20.62
天丰 A/YR3003 TianfengA/YR3003	5.53	-10.02	7.10	7.87	1.47	5.07	5.63
天丰 A/YR4245 TianfengA/YR4245	-2.66	12.02	-8.74	-2.53	8.31	-3.87	9.97
天丰 A/YR7633 TianfengA/YR7633	-1.61	-10.70	9.62	10.90	1.23	-0.58	0.25
广抗 13A/YR1577 Guangkang13A/YR1577	-5.81	5.82	0.65	-4.85	-3.68	5.23	0.65
广抗 13A/YR2292 Guangkang13A/YR2292	2.54	2.87	4.30	17.73	5.78	-6.91	11.71
广抗 13A/YR3003 Guangkang13A/YR3003	8.16	-6.71	-6.12	-11.49	-3.46	0.76	-13.20
广抗 13A/YR4245 Guangkang13A/YR4245	0.03	-12.66	12.65	14.79	3.41	-5.66	-4.53
广抗 13A/YR7633 Guangkang13A/YR7633	-4.92	10.67	-11.49	-16.17	-2.04	6.57	5.36
谷丰 A/YR1577 GufengA/YR1577	2.76	-9.06	-2.99	-0.47	3.57	3.19	-6.65
谷丰 A/YR2292 GufengA/YR2292	-6.90	3.09	-3.25	0.64	-0.09	0.62	0.69
谷丰 A/YR3003 GufengA/YR3003	-1.10	-3.54	7.73	9.02	2.28	-5.43	2.50
谷丰 A/YR4245 GufengA/YR4245	5.47	15.93	-6.34	-12.76	-5.35	3.38	8.98
谷丰 A/YR7633 GufengA/YR7633	-0.23	-6.42	4.85	3.57	-0.41	-1.76	-5.51
蓉 18A/YR1577 Rong18A/YR1577	5.01	-6.12	2.23	2.19	1.30	0.85	-0.13
蓉 18A/YR2292 Rong18A/YR2292	-0.40	-11.27	8.01	15.74	3.68	-4.24	-3.80
蓉 18A/YR3003 Rong18A/YR3003	-2.22	5.31	9.19	9.80	2.16	-4.25	11.80
蓉 18A/YR4245 Rong18A/YR4245	-0.66	7.54	-4.59	-11.93	-7.09	3.43	-1.64
蓉 18A/YR7633 Rong18A/YR7633	-1.73	4.63	-14.83	-15.80	-0.06	4.21	-6.22
II - 32A/YR1577	-3.22	-5.60	4.78	3.98	0.08	-5.91	-5.79
II - 32A/YR2292	4.69	17.61	-5.70	-2.33	-1.22	6.58	21.19
II - 32A/YR3003	-5.64	9.14	-5.78	-5.60	1.52	-0.06	1.12
II - 32A/YR4245	3.31	-20.03	7.63	2.57	-3.58	1.07	-16.45
II - 32A/YR7633	0.86	-1.12	-0.93	1.38	3.20	-1.68	-0.07

表 4 各性状间亲本基因型方差分量及贡献率

Tab. 4 Genotypical variance and the contribution ratio for the agronomic characters

性状 Traits	基因型方差 Genotypical variance			贡献率/% Contribution ratio			
	V_{P1}	V_{P2}	$V_{P1 \times P2}$	V_g	V_{P1}/V_T	V_{P2}/V_T	V_s
穗长/cm PL	0.15	0.00	1.36	9.80	9.80	0.00	90.20
有效穗数 EPN	0.02	0.00	0.34	4.80	4.81	0.00	95.20
穗总粒数 SN	193.13	74.23	91.17	74.57	53.87	20.71	25.43
穗实粒数 FN	84.65	6.98	293.92	23.76	21.96	1.81	76.24
结实率/% SSR	0.00	0.00	6.86	0.00	0.00	0.00	100.00
千粒质量/g GW	0.36	0.23	0.87	40.47	24.66	15.82	59.53
单株产量/g GYP	0.00	0.00	9.44	0.00	0.00	0.00	100.00

V_{P1} 、 V_{P2} 、 $V_{P1 \times P2}$ 和 V_T 分别代表父本、母本、父母本互作的方差和总方差, V_g 和 V_s 分别代表一般配合力基因型方差和特殊配合力基因型方差在总方差中的比重。

V_{P1} , V_{P2} , $V_{P1 \times P2}$ and V_T were stand for variance of male, female, female × male and the total respectively. V_g and V_s were stand for genotypical variance of GCA and SCA in total variance respectively.

性状的遗传基本上是由加性和非加性基因共同控制的^[10]。广义遗传力(h_B^2)是基因型方差占表现型总方差的百分率,大体反映了遗传变异和环境变异的作用。狭义遗传力(h_N^2)是度量加性遗传效应。从遗传力分析结果可以看出(表5)除千粒质量外,其它性状的广义遗传力都高于狭义遗传力,说明这些性状受非加性效应即遗传环境的影响较大,由不育系、恢复系直接遗传给杂种的能力较弱,性状的广义遗传力大小顺序为:穗长、结实率、千粒重、穗实粒数、穗总粒数、单株产量、有效穗数。

表5 各农艺性状遗传力

Tab.5 The heritability of the agronomic characters

遗传力 Heritability	穗长/cm PL	有效穗数 EPN	穗总粒数 SN	穗实粒数 FN	结实率/% SSR	千粒质量/g GW	单株产量/g GYP
广义遗传力/% h_B^2 Generalized heritability	57.89	14.79	31.91	32.57	48.43	37.37	23.56
狭义遗传力/% h_N^2 Restricted heritability	5.67	0.71	23.80	7.74	0.00	59.53	0.00

3 小结与讨论

3.1 亲本一般配合力和特殊配合力分析

对亲本一般配合力和组合特殊配合力效应值进行比较分析,一般配合力和特殊配合力之间没有明显的对应关系,两个一般配合力效应高的亲本所配的杂交组合在相对性状上并不高,这与前人研究相同^[11-13]。如在千粒质量方面,一般配合力效应值最大的不育系是天丰A(2.76),恢复系是YR3003(4.67),而天丰A/YR3003组合的特殊配合力为5.07,小于组合II-32A/YR2292。

组配的30个组合7个农艺性状的特殊配合力效应值可看出,同一亲本所配组合间以及同一组合不同性状间的特殊配合力效应差异显著,表明基因互作的多样性,受基因加性效应和非加性效应共同影响。同时,特殊配合力在穗长、有效穗数、穗实粒数、结实率、千粒质量和单株产量方面占有比重高,说明基因非加性效应对这些性状起主导作用,与吕建群等人^[14-15]研究结果不同,分析其原因主要是供试材料和试验地点不同生态环境差异所致。

3.2 性状间遗传参数分析

研究表明广义遗传力和狭义遗传力相差较大,说明这些性状受非加性遗传的作用影响大,即这些性状通过双亲直接遗传给后代的能力较弱,受环境影响较大。从狭义遗传力来看,结实率和单株产量这两个性状遗传力为零,其所对的一般配合力基因型方差也为零,黄凤林等^[16]在对稻米品质的遗传力分析中也有相关报道,说明这两个性状由特殊配合力决定,主要是环境的影响。

3.3 亲本组合评价

通过对各性状间亲本基因型方差分量及贡献率分析,表明恢复系在穗长、每穗总粒数、每穗实粒数、着粒密度、单株产量等性状贡献值高,恢复系中又以YR7633、YR2292占有较高配合力。不育系中,II-32A和广抗13A在配合力中占有较大比例。全丰A、天丰A、谷丰A属于野败粳型三系不育系,II-32A属于印尼型不育系,广抗13A来源于K17的K型不育胞质。说明在K型不育系和印尼型不育系和我院自育的恢复系杂交,具有更大的遗传优势。根据本研究的综合评价,在组合选择方面,推荐组合II-32A/YR2292,广抗13A/YR7633,产量优势明显。

参考文献:

- [1]朱镇,赵凌,宗寿余,等. 粳型两系杂交水稻主要农艺性状的配合力分析[J]. 江苏农业学报, 2004, 20(4): 207-212.
- [2]倪先林,张涛,蒋开锋,等. 杂交稻特殊配合力与杂种优势、亲本间遗传距离的相关性[J]. 遗传, 2009, 21(8): 849-854.
- [3]Wang Fude, Zhang Shiping, Yang Ligu. Evaluation of A2 male-sterile lines in sorghum II. combining ability analysis for main agronomic characters[J]. Acta agronomica sinica, 1990, 16(3): 242-251.
- [4]Rita Banerjee, Sukhen, Roychowdhuri. Genetic diversity and interrelationship among Mulberry genotypes[J]. Journal of Genetics and Genomics, 2007, 34(8): 691-697.
- [5]钟蕾,何虎,潘晓华,等. 粳型杂交稻恢复系、F1稻穗枝梗和颖花分化与退化特征研究[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(2): 211-216.

(下转第219页)

(1): 9-14.

- [7] 王丽宏, 胡跃高, 杨光立, 等. 南方冬季覆盖作物的碳蓄积及其对水稻产量的影响 [J]. 生态环境学报, 2006, 15(3): 616-619.
- [8] 王丽宏, 曾昭海, 杨光立, 等. 前茬冬季覆盖作物对稻田土壤的生物特征影响 [J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 164-167.
- [9] 卜洪震, 王丽宏, 肖小平, 等. 双季稻区稻田不同土壤类型的微生物群落多样性分析 [J]. 作物学报, 2010, 36(5): 826-832.
- [10] 唐海明, 汤文光, 肖小平, 等. 冬季覆盖作物对南方稻田水稻生物学特性及产量性状的影响 [J]. 中国农业科技导报, 2010, 12(3): 108-113.
- [11] 唐海明, 汤文光, 肖小平, 等. 冬季覆盖作物对南方稻田水稻生理生化及生长特性的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(6): 1176-1182.
- [12] 陈鸿飞, 林瑞余, 梁义元, 等. 不同栽培模式早稻-再生稻头季干物质积累运转特性研究 [J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(1): 129-133.
- [13] 邓环, 曹凑贵, 程建平, 等. 不同灌溉方式对水稻生物学特性的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 602-606.
- [14] 周广生, 徐才国, 靳德明, 等. 分期节水处理对水稻生物学特性的影响 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(9): 1767-1773.
- [15] 路兴花, 吴良欢, 庞林江. 覆膜后土壤水分对水稻生物学特性和产量的影响 [J]. 浙江农业学报, 2009, 21(5): 463-467.
- [16] 张水清, 钟旭华, 黄农荣, 等. 稻草覆盖还田对华南双季晚稻物质生产和产量的影响 [J]. 中国水稻科学, 2011, 25(3): 284-290.
- [17] 黄元财, 王术, 吴晓冬, 等. 肥水条件对不同类型水稻干物质积累与分配的影响 [J]. 沈阳农业大学学报, 2004, 35(4): 346-349.
- [18] 吴建富, 曾研华, 潘晓华, 等. 机械化稻草含量还田对水稻产量和土壤碳库管理指数的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(5): 835-839.
- [19] 曾研华, 吴建富, 何虎, 等. 机械化稻草含量还田下双季早稻生长发育、产量及品质的响应 [J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(5): 840-844.
- [20] 张鸿, 樊红柱. 川西平原雨养条件下地膜水稻生物学效应研究 [J]. 西南农业学报, 2010, 23(6): 1824-1828.
- [21] 任成礼, 王明辉, 姜亦梅, 等. 施用化学肥料对水稻根、茎叶等生物量构成的影响 [J]. 吉林农业大学学报, 1997, 19(2): 62-67.
- [22] 谢红梅, 朱钟麟, 郑家国, 等. 不同种植模式对水稻生长特性的影响 [J]. 核农学报, 2006, 20(1): 79-82.
- [23] 陈启德, 汪云滨, 曾庆曦, 等. 稻田种植绿肥的增产效果及对土壤肥力的影响 [J]. 西南农业学报, 1995, 8(1): 117-123.
- [24] 陈尚洪, 朱钟麟, 吴婕, 等. 紫色土丘陵区秸秆还田的腐解特征及对土壤肥力的影响 [J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 141-144.

(上接第 212 页)

- [6] 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): 145-151.
- [7] 李贵勇, 袁平荣, 杨从党, 等. 滇型不育系和恢复系的配合力分析 [J]. 云南农业大学学报, 2010, 25(6): 751-757.
- [8] 李国鹏, 郭建夫, 汤能, 等. 籼型三系杂交稻主要农艺性状配合力研究 [J]. 广东农业科学, 2007, 10(2): 3-8.
- [9] 吕建群, 陈林, 曾宪平, 等. 7 个籼型新不育系和 7 个新恢复系的配合力及利用价值评价 [J]. 西南农业学报, 2009, 22(1): 12-18.
- [10] 黄福灯, 刘鑫, 李春寿, 等. 不同籼稻杂交组合籽粒植酸含量的配合力分析 [J]. 浙江农业学报, 2010, 22(6): 711-715.
- [11] Allahgholipour M, Ali A J. Gene action and combining ability for grain yield and its components in rice [J]. Journal of Sustainable Agriculture, 2006, 28(3): 39-53.
- [12] 刘克琦, 杨玉梁, 郭龙平, 等. 含维生素 A 西系特种杂交稻主要农业性状的配合力分析 [J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(2): 247-253.
- [13] 宋宇, 邹小云, 贺浩华. 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, 10(5): 719-725.
- [14] 洪德林, 杨开晴, 潘恩飞. 粳稻不同生态类型间的杂种优势及其亲本的配合力分析 [J]. 中国水稻科学, 2002, 16(3): 216-220.
- [15] 吕建群, 陈林, 戴怀根, 等. 5 个越南水稻恢复系主要农艺性状的配合力及遗传力 [J]. 四川农业大学学报, 2010, 12(4): 145-142.
- [16] 谭美林, 冯明友, 张家洪, 等. 杂交水稻亲本主要农艺性状配合力及遗传力分析 [J]. 贵州农业科学, 2009, 37(3): 6-8.
- [17] 黄凤林, 杨冬奇, 彭国兴, 等. 籼型三系杂交水稻品质性状配合力与遗传力研究 [J]. 作物研究, 2009, 23(2): 67-70.