

水稻两用核不育系 C815S 的配合力及利用价值

唐文帮, 肖应辉, 邓化冰, 盛浩文, 张桂莲, 陈立云*

(湖南农业大学 水稻科学研究所, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 以C815S等5个不育系为母本,与7个优良父本配组,采用 $p \times q$ 不完全双列杂交(NC II)设计,对 F_1 代9个农艺性状的配合力进行分析。结果表明,与两用核不育系龙S、7光S052、培矮64S和三系不育系II-32A相比,C815S的一般配合力表现最好。C815S在有效穗数、每穗总粒数、着粒密度、单株产量和经济系数5个性状上的一般配合力分别为6.656、6.342、7.236、16.669、6.705,在5个不育系中最大;结实率和千粒重一般配合力分别为0.329和2.353,排第2位;株高的一般配合力为-2.197,排名第4。C815S有效穗数和单株产量的特殊配合力方差较大。C815S在有效穗、着粒密度、千粒重、单株产量、经济系数5个性状上分为I类,在每穗总粒数、结实率2个性状上分为II类,株高、穗长为IV类。

关 键 词: 水稻两用核不育系 C815S; 一般配合力; 特殊配合力; 利用价值

中图分类号: S511.035 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)04-0367-06

On combining ability and utilization of C815S male sterile lines

TANG Wen-bang, XIAO Ying-hui, DENG Hua-bing, SHENG Hao-wen, ZHANG Gui-lian, CHEN Li-yun*

(Institute of Rice Science, HNAU, Changsha 410128, China)

Abstract: The combining ability of 9 agronomic characters in F_1 was studied with 5 male sterile lines and 7 restorer lines by the way of $p \times q$ incomplete dual cross (NC II) design. The result was that the general combining ability (GCA) of C815S was the best compared with dual-purpose genetic rice male sterile LongS, 7Guang S052, Peiai64S and CMS Line II-32A. The GCA of the effective tillers number, total grain number, grain density, yield per plant and economic coefficient of C815S was 6.656, 6.342, 7.236, 16.669 and 6.705 respectively. It was ranked at first in the examined dual-purpose male sterile lines. The GCA of the seed setting rate and 1 000-grain weight were 0.329 and 2.353, respectively, which was ranked the 2nd. The GCA of plant height was -2.197, and it was ranked the fourth. The larger variance of specific combining ability was found in effective spikes and grain yield per plant of C815S. The effective spikes, grain density, 1 000-grain weight, grain yield per plant, the economic coefficient of 5 traits were classified into class I and class II in per panicle and seed setting rate, and classified into class IV in plant height and spike length.

Key words: dual use genetic male sterile lines in rice C815S; general combining ability; specific combining ability; utilization

在杂交水稻育种中,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^[1]。育种实践表明,发展两系法超级杂交稻,光温敏核不育系是基

收稿日期: 2010-03-30

基金项目: 国家“863”计划项目(2010AA101304); 国家农业科技成果转化资金项目(2008D0010414)

作者简介: 唐文帮(1974—),男,湖南长沙人,博士,副研究员,主要从事水稻杂种优势利用研究, tangwenbang@yahoo.com.cn;

*通讯作者, chenliyun996@163.com

础和关键。在光温敏核不育系育性稳定的前提下,研究不育系的配合力和遗传特性,对于亲本选育、组合选配、提高配组效率等均具有重要意义。笔者选用C815S等5个不育系,与7个优良父本配组,进行不完全双列杂交,研究9个农艺性状的配合力及遗传力,旨在筛选强优组合和较系统地了解C815S的配合力,为C815S配组提供参考。

1 材料与方法

1.1 材 料

两用核不育系 C815S、龙 S、7 光 S052、培矮 64S 和三系不育系 II-32A。7 个父本为 40343(湖南农业大学供种)、998(广东农业科学院供种)、498 和蜀恢 527(R527, 四川农业大学供种)、岳恢 9113(湖南岳阳市农科所供种)、725(四川绵阳市农科所供种)和明恢 63(福建三明市农科所供种),以汕优 63 为对照。

1.2 方 法

采用不完全双列杂交试验设计(NC II)。2007 年冬至 2008 年春,在海南进行人工杂交,配制 35 个组合。2008 年夏季种植于湖南农业大学教学实验场。各杂交组合及亲本按完全随机区组排列,3 次重复。5 月 25 日播种,6 月 12 日移栽,每小区种

植 8 行,每行 10 株,单本插,行距 27 cm,株距 16.5 cm,田间管理与一般大田相同。成熟时取中间行有代表性的 5 株考种。考查株高、单株有效穗数、穗长、每穗总粒数、着粒密度、结实率、千粒重、单株产量和经济系数等 9 个性状。分别利用 NC II 杂交模型 I(固定模型)和模型 II(随机模型)进行配合力的方差分析及群体遗传参数的估计^[2-3]。按文献[4]方法对亲本利用价值进行分类。

2 结果与分析

2.1 各性状的配合力方差分析

对 35 个组合的 9 个性状的考查数据进行方差分析,结果见表 1。全部性状区组间的差异不显著,而组合间的差异均达到极显著水平。对组合间的遗传差异进一步分析可知,除结实率和经济系数外,不育系其他 7 个性状的一般配合力方差均达到极显著水平;不育系×恢复系所有性状的特殊配合力方差都达到显著或极显著水平。表明这些性状遗传受基因加性控制的基础上,在一定程度上还受亲本互作的影响。亲本一般配合力方差均明显大于组合的特殊配合力方差,说明不育系相关性状的基因加性效应在水稻杂种优势利用中起主要作用,同时亲本选择对选配强优组合极其重要。

表 1 35 个组合主要性状的方差分析

Table 1 Variance analysis of the agronomic and yield traits in 35 hybrid combinations

变异来源	株高	穗长	有效穗数	每穗总粒数	着粒密度	结实率	千粒重	单株产量	经济系数
区组间	9.228	0.189	1.497	87.491	0.158	20.841	0.282	1.026	0.000 52
组合间	84.964**	3.144**	3.622**	399.118**	0.616**	33.292**	12.857**	67.446**	0.004 61**
不育系	311.428**	6.963**	9.246**	1518.445**	2.893**	40.936	21.370**	304.319**	0.007 60
恢复系	80.048	6.696**	8.158**	685.957**	0.443	49.576	42.330**	45.418	0.007 44
不育系×恢复系	48.449**	1.619**	1.551**	140.854**	0.279**	27.947*	4.070**	33.475**	0.003 40**
机误	4.361	0.553	0.435	62.041	0.087	13.711	0.677	8.122	0.000 79

2.2 一般配合力效应分析

亲本的一般配合力分析结果(表 2)表明,不育系和父本都存在较大差异,同一亲本不同性状的一般配合力大小不一,同一性状不同亲本的一般配合力效应也存在明显差异。比较不育系各性状的一般配

合力可知,C815S 一般配合力表现最好,它在有效穗数、每穗总粒数、着粒密度、单株产量、经济系数等 5 个性状上的一般配合力效应最大;千粒重的仅小于 II-32A,排名第 2;株高的仅大于 7 光 S052,排名第 4,具有矮秆抗倒的特点。说明 C815S 在 5

表 2 亲本产量性状一般配合力的相对效应值

Table 2 The relative effects of general combining ability of yield traits in parents

亲 本	一般配合力相对效应值								
	株高	穗长	有效穗数	每穗总粒数	着粒密度	结实率	千粒重	单株产量	经济系数
龙 S	1.556	2.113	3.222	- 3.524	- 5.976	0.697	- 1.818	- 1.444	- 5.222
II -32A	5.003	2.921	- 12.520	2.193	- 1.353	- 1.827	3.811	- 8.999	- 1.032
C815S	- 2.197	- 1.408	6.656	6.342	7.236	0.329	2.353	16.669	6.705
矮培 64S	- 1.221	- 2.043	2.272	- 5.839	2.903	- 1.493	- 6.044	- 11.439	0.150
7 光 S052	- 3.141	- 1.582	0.370	0.827	- 2.811	2.294	1.698	5.215	- 0.602
998	- 2.584	- 4.641	9.974	- 5.071	2.484	- 0.017	- 7.709	- 3.692	- 0.860
498	3.094	3.629	- 9.773	4.250	0.045	- 2.487	3.000	- 4.991	- 0.559
岳恢 9113	- 1.657	- 1.947	11.749	- 1.811	- 1.229	3.122	- -7.264	6.153	8.016
蜀恢 527	1.059	1.959	- 6.593	1.464	- 2.911	0.741	10.252	5.549	3.353
40343	1.505	1.043	- 4.892	1.027	- 2.292	2.016	- 4.174	- 5.239	- 6.877
725	- 1.000	0.369	0.507	4.385	3.550	- 2.874	3.131	4.683	1.848
明恢 63	- 0.417	0.412	- 0.972	- 4.243	0.354	- 0.501	2.764	- 2.461	- 4.922

个不育系中表现最为突出，但穗子较短，着粒密度偏大。

2.3 特殊配合力效应分析

35 个组合 9 个性状特殊配合力的相对效应值结果列于表 3。同一亲本所配组合间及同一组合不同性状间的特殊配合力效应差异显著。组合 C815S×9113 的有效穗数最高，特殊配合力效应值变化幅度为 - 13.386~12.129；组合 C815S×明恢 63 的结实率最高，特殊配合力效应值变化幅度为 5.804~6.448。在 C815S 与 7 个恢复系组配的组合中，C815S×9113 单株产量的特殊配合力效应最高，为 16.876；C815S×明恢 63 单株产量的排名第 2；其他均为负值。同一恢复系与不同不育系组配的组合，其特殊配合力效应值差异也很大。父本 9113 所配的 5 个组合中，与 C815S 有效穗数和单株产量的特殊配合力效应排名第 1；穗长、每穗总粒数、结实率、千粒重的排名第 2；着粒密度、经济系数的排名第 3；株高的排名第 4。

2.4 一般配合力和特殊配合力与F₁竞争优势的相关分析

以汕优 63 为对照，计算出 35 个组合F₁单株产

量竞争优势，并对双亲一般配合力及组合的特殊配合力与竞争优势进行相关分析。结果表明，所配组合的竞争优势大小与亲本一般配合力效应、组合特殊配合力效应之间存在显著或极显著正相关。与母本一般配合力之间的相关系数 $r=0.719$ ，与父本一般配合力之间的相关系数 $r=0.356$ ，与组合特殊配合力之间的相关系数 $r=0.591$ 。但有些组合F₁的竞争优势与亲本的一般配合力并不完全一致。如竞争优势较小的C815S/998，双亲的一般配合力之和为 13.01，在 35 个组合中列第 1 位，说明组合优势强弱与亲本一般配合力效应相关外，还受其他因素的影响。同时，有些组合的优势强弱与特殊配合力并非完全一致，即在特殊配合力效应高的组合中，并不都有较高的产量水平，利用一般配合力低的亲本配组，即使组合具有较大的特殊配合力效应，也难以有较强的竞争优势。如单株产量特殊配合力较高的培矮 64S/998，双亲单株产量的一般配合力(双亲的一般配合力之和)低(- 15.1)，但与对照汕优 63 比较，其竞争优势为 0.09%。表明只有选用一般配合力较高的亲本配组，才有可能获得优势强的组合。

表 3 35 个组合 9 个性状特殊配合力的相对效应值
Table 3 The relative effects of specific combining ability for 9 traits in 35 hybrid combinations

组 合	性状特殊配合力的相对效应值								
	株高	穗长	有效穗数	穗总粒数	着粒密度	结实率	千粒重	单株产量	经济系数
龙 S×998	3.499	- 0.920	1.067	3.878	0.730	- 3.118	- 0.931	0.631	6.125
龙 S×498	0.337	4.164	- 10.988	1.521	- 1.663	- 1.859	- 5.618	- 15.685	- 5.459
龙 S×岳恢 9113	- 3.232	2.332	4.469	- 1.058	- 2.055	- 1.375	2.813	3.415	4.019
龙 S×R527	2.201	0.581	- 0.486	1.163	3.042	2.216	- 2.790	0.998	3.417
龙 S×40343	1.526	2.440	6.688	- 3.765	- 3.333	4.653	- 1.455	4.941	- 3.654
龙 S×725	- 1.459	- 4.025	- 0.190	- 3.979	0.205	1.715	7.473	5.799	- 2.600
龙 S×明恢 63	- 2.871	- 5.399	- 0.560	2.240	3.073	- 2.231	0.509	- 0.100	- 1.848
II-32A×998	0.080	0.716	- 8.706	3.412	- 0.199	- 1.723	2.080	- 2.403	- 6.34
II-32A×498	- 0.452	0.393	9.562	4.030	3.836	- 0.303	6.688	17.823	9.155
II-32A×岳恢 9113	1.727	- 0.766	3.201	- 5.024	- 2.915	- 0.424	- 9.362	- 10.250	- 6.190
II-32A×R527	- 2.362	0.042	1.574	- 3.274	- 0.701	4.781	4.148	5.315	10.509
II-32A×40343	- 5.381	- 6.180	- 0.127	- 2.611	5.919	- 4.806	- 0.931	- 7.584	5.695
II-32A×725	0.154	2.440	- 0.349	1.353	- 0.886	0.689	- 3.523	- 1.962	- 4.535
II-32A×明恢 63	6.233	3.356	- 5.156	2.114	- 5.053	1.787	0.901	- 0.940	- 8.296
C815S×998	0.448	0.600	- 4.585	0.769	- 2.355	1.608	1.575	- 0.331	1.719
C815S×498	- 2.371	- 0.935	- 1.849	- 0.722	0.519	2.827	- 7.432	- 8.525	- 2.343
C815S×岳恢 9113	- 0.564	1.139	12.129	0.483	0.728	- 0.320	3.355	16.876	2.622
C815S×R527	1.122	- 0.073	- 0.222	1.575	4.131	- 3.427	- 0.808	- 2.421	4.277
C815S×40343	- 0.639	0.035	- 5.251	0.807	2.916	- 3.895	0.527	- 9.464	- 3.546
C815S×725	2.495	- 1.043	- 1.405	- 3.850	- 2.334	- 2.596	0.815	- 7.077	0.516
C815S×明恢 63	- 0.490	0.277	1.183	0.938	- 3.604	5.804	1.967	10.941	- 3.245
培矮 64S×998	- 0.414	1.370	7.935	- 3.125	1.543	3.349	0.022	6.366	- 9.026
培矮 64S×498	1.599	- 2.186	- 4.860	2.255	4.380	- 6.448	3.190	- 4.190	- 0.301
培矮 64S×岳恢 9113	0.804	0.562	- 6.413	0.034	2.742	3.075	- 0.292	- 4.980	- 0.602
培矮 64S×R527	- 1.341	- 0.650	- 2.863	1.502	- 3.485	0.371	4.316	3.666	- 0.451
培矮 64S×40343	- 4.217	- 2.428	- 11.590	- 0.207	- 10.435	1.315	0.939	- 7.588	6.770
培矮 64S×725	1.290	1.882	12.224	0.821	2.480	- 1.057	- 7.413	3.986	- 5.717
培矮 64S×明恢 63	2.279	1.451	5.568	- 1.280	2.775	- 0.605	- 0.763	2.739	9.327
7 光 S052×998	- 3.612	- 2.594	4.289	- 4.934	0.282	- 0.115	- 2.745	- 4.263	7.522
7 光 S052×498	0.888	- 1.435	8.135	- 7.084	- 7.072	5.784	3.172	10.577	- 1.053
7 光 S052×岳恢 9113	1.265	- 3.267	- 13.386	5.565	1.500	- 0.955	3.486	- 5.061	0.150
7 光 S052×R527	0.379	0.100	1.997	- 0.966	- 2.987	- 3.940	- 4.866	- 7.559	- 17.752
7 光 S052×40343	8.711	6.134	10.280	5.776	4.933	2.733	0.920	19.695	- 5.265
7 光 S052×725	- 2.480	0.747	- 10.280	5.656	0.535	1.248	2.648	- 0.747	12.336
7 光 S052×明恢 63	- 5.151	0.316	- 1.035	- 4.012	2.810	- 4.755	- 2.614	- 12.641	4.062

2.5 一般配合力差数显著性测验和特殊配合力方差分析

母本一般配合力差数显著性测验结果列于表 4。从表中 4 可以看出，在株高上，II-32A、龙 S、培矮 64S、C815S 一般配合力差异不大，7 光 S052 与前 4 个不育系差异达显著水平；C815S 穗长一般配合力与 II-32A、龙 S 差异达极显著水平，与培矮 64S、7 光 S052 相差不大；各亲本之间有效穗、着

粒密度、经济系数一般配合力的差异都达到了显著或极显著水平；5 个不育系每穗总粒数和结实率(在表中没有列出)一般配合力差异不显著；C815S 千粒重一般配合力与 7 光 S052 差异不大，与其他 3 个不育系差异达极显著水平；C815S 单株产量一般配合力与 7 光 S052 差异不大，与其他 3 个不育系差异达显著或极显著水平。

表 4 不育系性状一般配合力差数比较
Table 4 Comparison of the differences of gca between the male sterile lines

不育系 株高一般配合力差数						不育系 穗长一般配合力差数					
II 32A	5.07					II 32A	2.92				
龙 S	1.55	3.44				龙 S	2.11	0.81			
培矮 64S	- 1.22	6.22	2.77			C815S	- 1.40	4.32**	3.52**		
C815S	- 2.19	7.20	3.75	0.97		7 光 S052	- 1.58	4.50**	3.69**	0.17	
7 光 S052	- 3.14	8.14*	4.69	1.91	0.94	培矮 64S	- 2.04	4.96**	4.15**	0.63	0.46
不育系 有效穗一般配合力差数						不育系 穗总粒数一般配合力差数					
C815S	6.65					C815S	6.34				
龙 S	3.22	3.43**				II -32A	2.19	4.14			
培矮 64S	2.27	4.38**	0.95*			7 光 S052	0.82	5.51	1.36		
7 光 S052	0.36	6.28**	2.85**	1.90**		龙 S	- 3.52	9.86	5.71	4.35	
II -32A	- 12.51	19.17**	15.74**	14.79**	12.88**	培矮 64S	- 5.83	12.18	8.03	6.66	2.31
不育系 着粒密度一般配合力差数						不育系 经济系数一般配合力差数					
C815S	7.23					龙 S	- 5.22				
培矮 64S	2.90	4.33**				II -32A	- 1.03	- 4.19**			
II -32A	- 1.35	8.58**	4.25**			C815S	6.70	- 11.92**	- 7.73**		
7 光 S052	- 2.81	10.04**	5.71**	1.45**		培矮 64S	0.15	- 5.37**	- 1.18**	6.55**	
龙 S	- 5.97	13.21**	8.87**	4.62**	3.16**	7 光 S052	- 0.60	- 4.62**	- 0.42**	7.30**	0.75**
不育系 千粒重一般配合力差数						不育系 单株产量一般配合力差数					
II -32A	3.81					C815S	16.66				
C815S	2.35	1.45*				7 光 S052	5.21	11.45			
7 光 S052	1.69	2.11**	0.65			龙 S	- 1.44	18.11*	6.65		
龙 S	- 1.81	5.62**	4.17**	3.51**		II -32A	- 8.99	25.66**	14.21	7.55	
培矮 64S	- 6.04	9.85**	8.39**	7.74**	4.22**	培矮 64S	- 11.43	28.10**	16.81*	9.99	2.44

为更准确地评价亲本的利用价值，还对亲本的特殊配合力进行了方差分析(表 5)。特殊配合力方差是亲本在所配的杂交组合中，将对杂种的特殊配合力作出贡献的一种潜在能力。特殊配合力方差大的亲本，在与其他亲本杂交时，可望出现偏离一般配合力效应所估计的极端后代，这在利用杂种一代的杂交水稻育种中尤为重要^[5-12]。由方差分析可知，

如果育种以结实率和单株产量高类型为目标，则亲本 C815S 和 7 光 S052 最符合要求，它们的一般配合力从结实率和单株产量的角度讲较高，可以作为高产育种的亲本。从这 2 个亲本结实率和单株产量的特殊配合力方差最大得出，两者所配组合的结实率、单株产量有高有低，差异较大，可以通过广泛的测交而获得强优组合。

表 5 亲本主要性状的特殊配合力方差
Table 5 Variance of specific combining ability of the main traits in the parents

亲本	特殊配合力方差								
	株高	穗长	有效穗数	每穗总粒数	着粒密度	结实率	千粒重	单株产量	经济系数
龙 S	5.56	12.25	31.07	- 7.40	6.20	4.60	17.54	50.69	19.77
II 32A	11.60	9.29	34.32	- 3.71	14.15	5.15	27.81	84.33	65.76
C815S	1.21	0.46	33.64	- 13.18	8.36	9.34	12.22	101.63	9.49
培矮 64S	3.80	3.01	74.99	- 13.30	27.30	7.27	14.03	27.38	41.27
7 光 S052	19.52	9.47	79.91	14.76	15.60	9.93	11.17	124.67	94.87
998	5.17	2.21	44.70	- 2.38	2.12	2.70	3.60	13.92	54.67
498	1.07	6.14	76.21	0.85	21.71	17.72	37.74	189.12	30.07
岳恢 9113	2.75	4.42	99.28	- 3.33	5.73	- 0.78	29.56	110.66	15.42
R527	2.15	0.03	3.61	- 13.29	11.94	9.87	16.79	24.10	113.93
40343	30.09	21.76	77.95	- 3.96	46.93	13.36	1.05	151.92	32.97
725	2.80	6.67	64.18	- 1.43	3.153	- 0.70	32.53	23.68	53.11
明恢 63	18.51	10.51	14.96	- 10.70	15.86	12.29	2.89	69.65	46.56

2.6 不育系性状配合力的利用价值分类

根据亲本各性状的一般配合力效应和特殊配合力效应方差,按徐静斐等^[4]亲本利用价值的分类方法进行分,即一般配合力(*gca*)效应高,特殊配合力(*sca*)方差大的为Ⅰ类;*gca*效应高、但*sca*方差小的为Ⅱ类;*gca*效应低、*sca*方差大的为Ⅲ类;*gca*效应低、*sca*方差小的为Ⅳ类^[4]。将不育系各性状分类:C815S在有效穗、着粒密度、千粒重、单株产量、经济系数5个性状上分为Ⅰ类;在每穗总粒数、结实率2个性状上分为Ⅱ类;株高、穗长分为Ⅳ类,可见C815S是一个理想的亲本,符合配制株高偏矮类型组合的目标,它的一般配合力从矮秆的角度讲最高,与7光S052有显著差异,可以作为矮化育种的亲本,在5个不育系中,C815S矮秆性状的遗传力最强,后代表现较整齐。

参考文献:

- [1] 陆作楣.论杂交稻育种的配合力选择[J].中国水稻科学,1999,13(1):125.
- [2] 华东师范大学生物系植物生理教研组.植物生理学实验指南[M].北京:人民教育出版社,1980:143-144.
- [3] 刘来福,毛盛贤,黄远梓,等.作物数量遗传[M].北

京:中国农业出版社,1984:250-261.

- [4] 徐静斐,汪路应.水稻杂种优势和配合力的初步研究[J].遗传,1980,2(2):17-19.
- [5] 王才仁,汤玉庚.杂交粳稻若干米质性状的配合力[J].江苏农业学报,1989,5(1):11-17.
- [6] 廖佩常.水稻主要性状配合力的分析[J].遗传,1980,2(5):22-24.
- [7] 廖伏明,周坤炉,盛孝邦,等.籼型三系杂交水稻主要农艺性状配合力研究[J].作物学报,1999,25(5):622-631.
- [8] 齐绍武,盛孝邦.籼型两系杂交水稻主要农艺性状配合力及遗传力分析[J].杂交水稻,2000,15(3):38-40.
- [9] 龚光明,周国锋,尹楚球,等.籼型两用核不育系主要农艺性状的配合力分析[J].中国水稻科学,1993,7(3):137-142.
- [10] 朱镇,赵凌,宗寿余,等.籼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.
- [11] 李奕松,黄丕生,黄仲青,等.两系籼型杂交水稻齐穗后光合作用和衰老特性的研究[J].中国水稻科学,2002,16(2):141-145.
- [12] 王学成.作物产量形成的生理学基础[M].北京:中国农业出版社,2001:52-63.

责任编辑:罗慧敏

英文编辑:胡东平