



5个新选水稻三系不育系主要农艺性状配合力分析

潘清洁, 赵福胜, 罗洪发, 张治海, 杨旭东, 查仁明*

(贵州大学农学院, 贵阳 550025)

摘要:【目的】明确新不育系配合力及遗传参数,为其优势组合选配提供依据。【方法】选用5个新选三系不育系和10个恢复系,按不完全双列杂交设计组配50个杂交组合,分析株高、有效穗数、穗长、每穗实粒数、每穗总粒数、结实率、千粒重和单株产量等8个农艺性状配合力,并估算其遗传参数。【结果】株高、有效穗数、每穗实粒数、结实率和单株产量等5个性状的一般配合力方差均达极显著差异水平($P<0.01$,下同),说明这些性状的遗传主要受加性基因控制,穗长、每穗总粒数和千粒重等3个性状的一般配合力和特殊配合力方差均达显著($P<0.05$)或极显著差异水平,说明这些性状的遗传受加性和非加性基因共同控制。118A的株高、有效穗数、结实率、千粒重和单株产量等5个性状的一般配合力效应值最高,134A的穗长和每穗实粒数的一般配合力效应值最高,141A的每穗总粒数的一般配合力效应值最高,不同不育系对其配制的 F_1 代性状表型影响存在明显差异。单株产量特殊配合力效应值较高的组合是118A×SR498、141A×蜀恢527和134A×华占,均在0.0060以上。不育系在有效穗数、每穗实粒数、每穗总粒数和单株产量等4个性状的基因型方差明显高于恢复系,其对 F_1 代的该性状表现起主要作用。【结论】118A、134A和914A是较理想的不育系材料,具有较好的应用前景;118A×SR498、141A×蜀恢527和134A×华占为苗头组合,可参加预试。

关键词: 水稻; 不育系; 农艺性状; 配合力; 遗传力

中图分类号: S511.01

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2020)01-0036-06

Analysis of combining ability of main agronomic traits of five three-line sterile lines of rice bred newly

PAN Qing-jie, ZHAO Fu-sheng, LUO Hong-fa, ZHANG Zhi-hai,
YANG Xu-dong, ZHA Ren-ming*

(College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract:【Objective】To study the combining ability and genetic parameters of new male sterile lines and provide basis for their superior combination selection. 【Method】Five new three-line sterile lines and ten restore lines were selected, and incomplete diallel cross design was used to group with fifty hybrid combinations. The eight agronomic traits of plant height, effective panicle number, panicle length, filled grains per panicle, total grains per panicle, seed setting rate, 1000-grain weight and yield per plant were analyzed in combining ability, and genetic parameters were estimated. 【Result】The variance of general combining ability (GCA) of five characters, plant height, effective panicle number, filled grains per panicle, seed setting rate and yield per plant, reached the extremely significant difference level ($P<0.01$, the same below), which indicated that the heredity of these characters was mainly controlled by additive genes, and the variance of GCA and special combining ability (SCA) of panicle length, total grains per panicle and 1000 grain weight reached the significant ($P<0.05$) or extremely significant difference level, which indicated that the heredity of these characters was controlled by additive and non-additive genes. The GCA effect value of plant height, effective panicle number, seed setting rate, 1000-grain weight and yield per plant of 118A was the highest. the GCA effect value of panicle length and filled grains per panicle of 134A was the highest. The GCA effect value of total grain number per panicle of 141A was the highest. Different sterile lines had different effects on its F_1 traits phenotype. The combination with higher SCA effect value of yield per plant was 118A × SR498, 141A × Shuhui 527 and 134A × Huazhan, which were all over 0.0060. The genotype variance of the sterile lines in four traits of effective panicle, filled grains per panicle, total grains per panicle and yield per plant was greater than that of the restorer line, which played a major role in the expression of F_1 trait. 【Conclusion】118A, 134A and 914A are ideal sterile lines and have good application prospects. 118A × SR498, 141A × Shuhui 527 and 134A × Huazhan are the fine combination of seedlings, which can participate in the preliminary test.

Key words: rice; sterile line; agronomic traits; combining ability; heritability

Foundation item: Guizhou Science and Technology Project (Qiankehechengzhuanzi[2014]5082); Guizhou General Institutes of Higher Education Grain and Oil Crop Genetic Improvement and Physiological and Ecological Characteristics Key Laboratory Project (Qianjiaohe KY[2015]333)

收稿日期: 2019-07-22

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合成转字[2014]5082号); 贵州省普通高等学校粮油作物遗传改良与生理生态特色重点实验室项目(黔教合KY字[2015]333)

作者简介: *为通讯作者, 查仁明(1966-), 博士, 教授, 主要从事作物遗传育种研究工作, E-mail: zrm1966@163.com。潘清洁(1993-), 研究方向为作物遗传育种, E-mail: 1030539035@qq.com

0 引言

【研究意义】水稻是世界主要粮食作物之一,全球一半以上(我国有60%以上)的人口以稻米为主食(王智权等,2013)。我国水稻杂种优势利用研究在国际上处于领先地位(张天真,2011),水稻杂种优势利用的实质是配合力育种,而正确选择父母本是杂交水稻育种成功的重要因素之一(郑轶,2013)。配合力是衡量亲本利用价值的重要指标,亲本配合力的高低决定着杂种优势的强弱(陈小龙等,2013;钟日超等,2015;沈村义等,2016)。因此,开展新选水稻三系不育系配合力及遗传力研究,对于亲本利用价值评价及强优势杂交组合选配具有重要意义。【前人研究进展】目前,配合力分析已广泛应用于水稻亲本选育和杂交组合选配(肖春光等,2016;马国华等,2017)。吕建群等(2009)对7个籼型新不育系和7个新恢复系的配合力进行研究,发现株高、千粒重和播抽期等的广义遗传力和狭义遗传力均较高,宜在早代选择,C156A、C157A、C95A和C305、C318、C526这6个亲本多数性状的一般配合力均较高,是理想的亲本材料。陈云凤等(2013)对江西农业大学水稻育种组新育成的5个不育系进行配合力分析,结果表明,井冈4A和井冈5A一般配合力效应明显,所测组合中单株产量最高的是井冈4A×昌恢808,综合性状最优的是井冈2A×T025。郑轶(2013)对福建省农业科学院水稻研究所新育成的5个不育系和5个生产上大面积应用的优良恢复系进行研究,发现在主要农艺性状的综合评价上,不育系以EF12A和福香1A较好,恢复系以蜀恢527较好;在主要品质性状的综合评价上,不育系以EF14A较好;恢复系以福恢2108较好。包灵丰等(2016)对9个水稻不育系的农艺性状进行配合力分析,发现R18A和N7A分别易育成重穗型和偏重穗型品种,ZA、IIA和N6A分别易育成多穗数型和偏多穗数型品种,DA和1A分别易育成大粒型和偏大粒型品种。刘金波等(2016)采用不完全双列杂交(NCII)模式对4个水稻不育系和7个水稻恢复系的主要农艺性状进行配合力分析,认为不育系广仔占S、连籼1A和恢复系RH-1、RH-2和RH-6等亲本具有较好的应用前景。李双等(2019)研究表明,有效穗数、穗长和千粒重主要受加性效应影响,而株高、实粒数和结实率主要受非加性效应交互影响;有效穗数和单株产量在后代遗传中的稳定性较差,易受环境和基因非加性效应影响。由此可见,水稻新不育系配合力测定和遗传参数估算对杂交水稻育种中优良种质资源的挖掘具有一定的参考价值。【本研

究切入点】在杂交水稻新组合选育中,优良骨干亲本是选育优良组合的基础。近年来,有关贵州本地不育系配合力和遗传力的研究鲜见报道。【拟解决的关键问题】通过对5个新选三系不育系的主要农艺性状配合力和遗传力进行分析,评价这5个不育系的育种潜力,为今后不育系选育和选配强优势组合提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验选用的5个新选三系不育系材料为118A、128A、134A、141A和914A,由贵州大学农学院选育;10个恢复系中,SR498、黔恢785、CR727、QR1385和G981由贵州省农业科学院水稻所选育,R457由贵州大学农学院选育,绵恢725由绵阳农业科学院引进,明恢86由福建省三明市农业科学研究所引进,蜀恢527由四川农业大学水稻所引进,华占由广东省农业科学院植保所引进,恢复系在南方稻区具有一定代表性。2017年将5个不育系与10个恢复系按照NCII设计在贵州省铜仁玉屏配制50个杂交组合。

1.2 试验方法

1.2.1 田间试验 2018年在贵州省惠水县进行大田试验,采用随机区组设计种植杂交组合 F_1 ,4月25日播种,6月3日移栽,株行距20.0 cm×26.7 cm,每个材料种植4行,每行10株,3次重复,肥水按常规管理。

1.2.2 性状考察 水稻成熟后,每小区随机取10株测量株高,随机取10株风干考种,调查有效穗数、穗长、每穗实粒数、每穗总粒数、结实率、千粒重和单株产量等7个产量性状。

1.3 统计分析

利用Excel 2010和DPS 7.05进行数据整理、方差分析、配合力效应值、广义遗传率和狭义遗传率的计算(陈泽辉,2009)。

2 结果与分析

2.1 配合力方差分析结果

由配合力方差分析结果(表1)可知,组合间除单株产量差异不显著($P>0.05$,下同)外,株高、有效穗数、穗长、每穗实粒数、每穗总粒数、结实率和千粒重均存在极显著差异($P<0.01$,下同),说明这7个性状的基因型间存在较大的遗传差异。不育系8个性状一般配合力方差均存在极显著差异;恢复系除单株产量外,其余7个性状的一般配合力方差均达极显著差异水平;杂交组合特殊配合力在株高、有效穗

表 1 配合力方差分析结果

Table 1 Analysis of variance of combining ability

变异来源 Sources of variation	df	株高 Plant height	有效穗数 Effective panicle	穗长 Panicle length	每穗实粒数 Filled grains per panicle	每穗总粒数 Total grains per panicle	结实率 Seed setting rate	千粒重 1000-grain weight	单株产量 Yield per plant
组合间 Inter-combination	49	17.05**	1.93**	5.48**	3.63**	7.36**	2.68**	21.82**	1.41
P ₁	4	50.47**	8.80**	7.45**	20.81**	51.35**	11.98**	19.05**	4.91**
P ₂	9	64.32**	2.67**	19.18**	5.41**	10.71**	3.95**	101.04**	1.76
P ₁ ×P ₂	36	1.51	0.98	1.84*	1.27	1.64*	1.33	2.33**	0.94

P₁和P₂分别为不育系和恢复系。*和**分别表示显著差异(P<0.05)和极显著差异(P<0.01)

P₁ and P₂ were male sterile lines and restorer lines respectively. * represented significant difference(P<0.05) and ** represented extremely significant difference(P<0.01)

数、每穗实粒数、结实率和单株产量等5个性状上无显著差异,而穗长、每穗总粒数和千粒重存在显著(P<0.05,下同)或极显著差异,可进一步分析一般配合力和特殊配合力。

2.2 不育系一般配合力效应分析结果

由表2可看出,不同不育系同一性状或同一不育系不同性状的一般配合力效应值存在明显差异,且表现出不同程度的正负效应,说明5个不育系在各性状上的加性效应存在差异,对性状贡献大小不同。914A的株高、每穗实粒数和每穗总粒数的一般配合力效应值在5个不育系中较高,分别排在第2、第2和第3位,可一定程度改良这3个性状,但有效穗数和千粒重的效应值负效应较高,提高F₁代单株产量有限;118A的株高、有效穗数、结实率和千粒重等4个性状一般配合力效应值高,均排在第1位,即改良上述4个性状的效果在5个不育系中最佳,穗长、每穗实粒数和每穗总粒数等3个性状的效应值负效应较高,其在5个不育系中提高F₁代单株产量的效果最理想;134A的穗长、每穗实粒数、每穗总粒数和千粒重等4个性状的一般配合力效应值较高,分别排在第1、第1、第2和第2位,特别对改良前3个性状的效果较明显,但株高和有效穗数效应值负效应较高,增加产量效果仍较理想。此外,141A的每穗实粒数和每穗总粒数的一般配合力效应值虽然较高,分别排在第3和第1位,改良总粒数效果明显,但其他6个性状负效应明显,导致其后代单株产量减少;128A的每穗实粒数、每穗总粒数和千粒重的一般配合力效应值负效应很高,分别排倒数第1、第2和第1位,对其后代单株产量

的降低效果在5个不育系中最明显。综上所述,5个不育系中,118A、134A和914A可提高产量,其中118A是高产组合配置的最佳不育系。

2.3 杂交组合特殊配合力效应分析结果

由表3可看出,50个杂交组合中,株高特殊配合力效应值为负值的组合有22个,负效应较高的是914A×QR1385和118A×绵恢725,效应值在-4.0000以下;有效穗数特殊配合力为正效应的组合有25个,较高的是914A×绵恢725、118A×SR498和141A×CR727,均在1.5000以上;穗长特殊配合力为正效应的组合有23个,较高的是134A×SR498、118A×明恢86和128A×华占,均在0.6400以上;每穗实粒数特殊配合力效应值为正值的组合有27个,较高的是914A×R457、134A×华占和134A×绵恢725,均在17.2000以上;每穗总粒数特殊配合力效应值为正值的组合有22个,较高的是134A×华占、914A×QR1385和914A×R457,均在21.6000以上;结实率特殊配合力效应值为正值的组合有27个,较高的是914A×明恢86、128A×蜀恢527和118A×SR498,均在0.0390以上;千粒重特殊配合力效应值为正值的组合有27个,较高的组合是118A×QR1385、118A×华占和914A×绵恢725,均在0.9400以上;单株产量特殊配合力效应值为正值的组合有27个,较高的是118A×SR498、141A×蜀恢527和134A×华占,均在0.0060以上。

由表3还可知,50个杂交组合中,118A×SR498单株产量特殊配合力效应值最高,且有效穗数、穗长、每穗实粒数、每穗总粒数和结实率的特殊配合力效应值均较高,表明118A×SR498为最优组合;其次是

表 2 不育系农艺性状一般配合力效应值

Table 2 Effect value of general combining ability for agronomic traits of sterile lines

不育系 Sterile line	株高 Plant height	有效穗数 Effective panicle	穗长 Spike length	每穗实粒数 Filled grains per panicle	每穗总粒数 Total grains per panicle	结实率 Seed setting rate	千粒重 1000-grain weight	单株产量 Yield per plant
914A	3.084	-0.231	0.043	10.004	12.703	0.000	-0.293	0.001
118A	4.320	1.409	-0.337	-15.137	-31.219	0.041	0.955	0.003
128A	-1.130	0.073	0.164	-15.406	-22.321	0.003	-0.488	-0.005
134A	-2.858	-0.491	0.269	12.242	14.448	0.004	0.065	0.002
141A	-3.416	-0.761	-0.139	8.297	26.388	-0.049	-0.239	-0.001

表 3 50个组合农艺性状的特殊配合力效应值

Table 3 Special combining ability effect values of agronomic traits in 50 combinations

杂交组合 Hybrid combination	株高 Plant height	有效穗数 Effective panicle	穗长 Spike length	每穗实粒数 Filled grains per panicle	每穗总粒数 Total grains per panicle	结实率 Seed setting rate	千粒重 1000-grain weight	单株产量 Yield per plant
914A×G981	0.3763	-0.3627	0.2782	-4.0524	-4.7699	-0.0018	0.0918	-0.0019
914A×蜀恢527 914A×Shuhui 527	1.6363	0.0573	0.3350	-7.2667	-5.0831	-0.0205	-0.0246	-0.0019
914A×R457	-1.0103	-0.4093	0.0322	22.4076	21.6494	0.0231	-0.9406	0.0028
914A×明恢86 914A×Minghui 86	-1.1237	-0.3160	0.3260	13.6999	0.6170	0.0571	-0.0102	0.0030
914A×黔恢785 914A×Qianhui 785	-0.5237	0.0307	0.3037	-4.7206	-6.0931	0.0032	0.5075	0.0003
914A×华占 914A×Huazhan	-0.1903	0.7240	-0.2851	-3.9925	-6.3798	0.0006	-0.1830	0.0013
914A×SR498	1.8030	-0.6093	-0.3067	3.0067	-6.7231	0.0327	-0.7238	-0.0031
914A×绵恢725 914A×Mianhui 725	2.4730	1.8040	-0.1532	-22.8712	-25.0553	-0.0221	0.9495	0.0016
914A×CR727	0.7030	-1.1960	-0.0920	1.5359	8.9082	-0.0205	-0.1934	-0.0054
914A×QR1385	-4.1437	0.2773	-0.4382	2.2533	22.9297	-0.0519	0.5267	0.0032
118A×G981	-1.0270	1.3307	-0.1767	-11.0187	-14.1098	0.0088	-0.1932	-0.0001
118A×蜀恢527 118A×Shuhui 527	-0.2003	-0.5493	-0.0543	3.1556	5.9332	-0.0029	-0.5868	-0.0032
118A×R457	0.8863	-0.4827	0.0323	-1.2906	-4.1088	0.0046	0.7493	-0.0002
118A×明恢86 118A×Minghui 86	0.0397	0.2773	0.6492	-0.5737	19.1829	-0.0669	-0.0780	0.0015
118A×黔恢785 118A×Qianhui 785	0.2730	0.4573	-0.2771	3.5421	9.1672	-0.0157	-0.2146	0.0020
118A×华占 118A×Huazhan	1.9397	-1.3160	-0.0854	-6.5418	-13.9115	0.0062	1.1594	-0.0057
118A×SR498	-0.9003	1.5507	0.2421	12.4422	8.2213	0.0392	0.3139	0.0135
118A×绵恢725 118A×Mianhui 725	-4.0970	-0.9360	-0.1881	-3.0703	7.3427	-0.0442	-1.0951	-0.0077
118A×CR727	1.5330	-0.8027	-0.0818	0.3666	-8.1819	0.0277	-0.1635	-0.0040
118A×QR1385	1.5530	0.4707	-0.0601	2.9885	-9.5353	0.0432	1.5516	0.0038
128A×G981	0.0897	0.0673	0.0450	1.0629	9.5228	-0.0324	-0.7534	-0.0008
128A×蜀恢527 128A×Shuhui 527	-3.0503	-0.3127	0.0452	-3.7436	-14.6026	0.0505	0.0139	-0.0034
128A×R457	0.9030	1.2207	0.1405	-10.6623	-12.8383	-0.0048	0.0857	0.0027
128A×明恢86 128A×Minghui 86	0.9230	0.6807	-1.1019	-9.7296	-1.4178	-0.0377	0.8791	0.0014
128A×黔恢785 128A×Qianhui 785	0.5230	0.2273	0.0198	0.6276	3.3214	-0.0075	-0.2480	0.0002
128A×华占 128A×Huazhan	1.5897	-1.1460	0.6454	-1.0063	-7.2374	0.0120	-0.2796	-0.0051
128A×SR498	0.0830	0.0540	-0.1933	10.3523	18.7938	-0.0224	0.7274	0.0043
128A×绵恢725 128A×Mianhui 725	1.5197	-0.8993	-0.0967	4.6317	-0.8424	0.0321	0.0673	-0.0018
128A×CR727	-0.3170	0.7340	-0.0400	5.3397	1.0945	0.0176	-0.4366	0.0043
128A×QR1385	-2.2637	-0.6260	0.5360	3.1276	4.2060	-0.0074	-0.0558	-0.0019
134A×G981	1.1847	-0.5027	0.1170	11.2587	9.4311	0.0163	0.4581	0.0028
134A×蜀恢527 134A×Shuhui 527	0.5447	0.5173	-0.2993	-8.4723	1.8848	-0.0500	0.5708	0.0009
134A×R457	-1.6353	0.3173	-0.5039	-14.2954	-16.0409	-0.0105	0.0886	-0.0027
134A×明恢86 134A×Minghui 86	-0.3820	0.5773	0.2681	-7.9311	-16.1186	0.0190	0.0430	0.0004
134A×黔恢785 134A×Qianhui 785	1.9180	-0.1427	0.1015	3.4220	5.1741	0.0018	0.4051	0.0019
134A×华占 134A×Huazhan	-2.0153	0.5507	-0.1815	20.2968	31.7310	-0.0042	-0.9192	0.0065
134A×SR498	1.3780	-0.1827	0.6662	-15.3917	-25.8094	0.0142	-1.1704	-0.0086
134A×绵恢725 134A×Mianhui 725	-0.4687	-0.3027	0.3329	17.2058	20.1827	0.0120	0.1528	0.0047
134A×CR727	-0.9220	-0.2360	-0.1661	4.8351	-0.4271	0.0175	0.3701	0.0009
134A×QR1385	0.3980	-0.5960	-0.3348	-10.9280	-10.0077	-0.0161	0.0011	-0.0068
141A×G981	-0.6237	-0.5327	-0.2635	2.7495	-0.0741	0.0091	0.3967	-0.0001
141A×蜀恢527 141A×Shuhui 527	1.0697	0.2873	-0.0266	16.3269	11.8677	0.0228	0.0267	0.0075
141A×R457	0.8563	-0.6460	0.2989	3.8406	11.3386	-0.0124	0.0169	-0.0027
141A×明恢86 141A×Minghui 86	0.5430	-1.2193	-0.1414	4.5345	-2.2636	0.0285	-0.8339	-0.0064
141A×黔恢785 141A×Qianhui 785	-2.1903	-0.5727	-0.1479	-2.8711	-11.5697	0.0182	-0.4500	-0.0044
141A×华占 141A×Huazhan	-1.3237	1.1873	-0.0933	-8.7562	-4.2023	-0.0146	0.2223	0.0030
141A×SR498	-2.3637	-0.8127	-0.4083	-10.4095	5.5175	-0.0636	0.8529	-0.0061
141A×绵恢725 141A×Mianhui 725	0.5730	0.3340	0.1051	4.1041	-1.6277	0.0222	-0.0745	0.0032
141A×CR727	-0.9970	1.5007	0.3799	-12.0773	-1.3937	-0.0424	0.4235	0.0042
141A×QR1385	4.4563	0.4740	0.2971	2.5585	-7.5927	0.0321	-0.5805	0.0017

141A×蜀恢527和134A×华占2个组合,单株产量特殊配合力效应值均较高,其中,141A×蜀恢527的每穗实粒数、每穗总粒数和结实率特殊配合力效应值较高,134A×华占的每穗实粒数和每穗总粒数特殊配合力较高。综上所述,118A×SR498、141A×蜀恢527和134A×华占为综合性状较好的苗头组合。

2.4 亲本方差贡献率及遗传率分析结果

为了解不育系对F₁代杂种优势的影响,对8个农艺性状的基因型方差遗传分量、一般配合力和特殊配合力基因型方差在总方差中的比重(V_G 、 V_S)及一般配合力方差中父母、母本各占的分量(V_{g1} 、 V_{g2})进行估算,结果(表4)显示,8个主要农艺性状的 V_G 均大

于80.00%，表明亲本的加性效应对 F_1 代性状的表现起主导作用。在一般配合力基因型方差中，不育系和恢复系的占比也不同。在有效穗数、每穗实粒数、每穗总粒数和单株产量等4个性状上不育系占比很高，均大于63.00%，说明不育系对 F_1 代该性状表现起主要作用；穗长和千粒重则相反，不育系占比较低，小于12.00%，其作用远小于恢复系。

遗传率分析结果(表4)表明，株高、穗长、每穗总粒数和千粒重的狭义遗传率较高，均大于50.00%，

说明这些性状在后代遗传中的稳定性较好，可在早期世代进行选择；而有效穗数和单株产量的狭义遗传率较低，小于30.00%，说明其受环境影响相对较大，在后代遗传中的稳定性较差，由不育系、恢复系直接传递给杂种后代的能力较差，应考虑环境和组合的特殊配合力影响，在晚代或间接选择才有效。主要农艺性状狭义遗传率排序为株高>千粒重>每穗总粒数>穗长>结实率>每穗实粒数>有效穗数>单株产量。

表4 亲本方差贡献率及遗传率分析结果(%)

Table 4 Parental variance contribution rate and genetic rate analysis(%)

性状 Trait	株高 Plant height	有效穗数 Effective panicle	穗长 Spike length	每穗实粒数 Filled grains per panicle	每穗总粒数 Total grain per panicle	结实率 Seed setting rate	千粒重 1000- grain weight	单株产量 Yield per plant
V_G	97.14	100.00	82.77	91.03	91.40	90.56	94.17	100.00
V_{g1}	27.24	69.84	11.53	63.95	66.96	30.19	7.35	70.59
V_{g2}	69.90	30.16	71.25	27.07	24.44	60.37	86.82	29.41
V_s	2.86	0.00	17.23	8.97	8.60	9.44	5.83	0.00
h_B^2	85.69	27.18	61.87	50.45	71.22	54.04	88.35	15.79
h_N^2	83.24	27.18	51.21	45.92	65.09	48.94	83.19	15.79

V_G 表示一般配合力方差占总方差的比重， V_{g1} 表示母本方差占一般配合力方差的比重， V_{g2} 表示父本方差占一般配合力方差的比重， V_s 表示特殊配合力方差占总方差的比重。 h_B^2 表示广义遗传率， h_N^2 表示狭义遗传率

V_G represented the proportion of variance of general combining ability in the total variance, V_{g1} represented the proportion of female variance in the variance of general combining ability, V_{g2} represented the proportion of male variance in the variance of general combining ability, and V_s represented the proportion of variance of special combining ability in the total variance. h_B^2 represented generalized heritability and h_N^2 represented narrow heritability

3 讨论

种质资源是杂交水稻育种的基础，杂交水稻强优势组合的选育关键在于亲本选择，而亲本的正确组配关键在于亲本配合力分析。本研究结果显示，穗长、每穗总粒数和千粒重等性状的遗传受加性效应和非加性效应共同控制，而株高、有效穗数、每穗实粒数、结实率和单株产量等性状的遗传主要受加性效应控制，与沈村义等(2016)、刘龙钦等(2018)研究结果一致，但与王丽等(2012)、刘金波等(2016)的研究结果存在差异，可能与供试材料和环境不同有关。因此，在实际育种工作中应充分考虑所用材料的遗传特点。

刘龙钦等(2018)研究认为，有效穗数、结实率、千粒重受不育系的影响较大。李双等(2019)通过对不育系、恢复系及其互作对 F_1 代各性状方差贡献率进行分析，发现有效穗数、千粒重、单株产量、株高和穗长受不育系影响较大。而本研究发现，有效穗数、每穗实粒数、每穗总粒数和单株产量等性状受不育系的影响大于恢复系。因此，在杂交育种中要有针对性的选择亲本，根据育种目标对亲本进行改良。此外，多数研究者认为一般配合力与特殊配合力无明显的对应关系(吕建群等, 2009; 陈小龙等, 2013; 刘昌乾等, 2016)。本研究却发现亲本单株产量一般

配合力与其所配组合的特殊配合力呈一定程度的正相关，与何友勋等(2011)的研究结果基本一致。因此，育种时只有在一般配合力高的亲本基础上组配特殊配合力高的杂交组合，才能获得优良杂交组合。

在对亲本利用价值的评价中，一般要求有效穗数、穗长、每穗实粒数、每穗总粒数、结实率、千粒重和单株产量的一般配合力效应值越高越好，而株高不宜过高或过低。本研究结果表明，在供试的5个不育系中，118A的有效穗数、结实率、千粒重和单株产量的一般配合力表现最好，但其株高最高，组配时应注意抗倒性；134A的穗长、每穗实粒数、每穗总粒数、结实率、千粒重和单株产量的表现较好；141A的每穗总粒数表现较好，是一个优良的重穗型材料；未发现8个农艺性状一般配合力表现均较好的不育系。因此，在今后育种工作中可根据育种目标进行合理组配以获得优良杂交组合。

4 结论

118A、134A和914A是较理想的不育系亲本，具有较好的应用前景；141A的每穗总粒数一般配合力有较高的正效应，可用来改良总粒数；128A的有效穗数一般配合力有较高的正效应，可对分蘖能力进行改良。118A×SR498、141A×蜀恢527和134A×华占为苗头组合，建议参加预试和区试。

参考文献:

- 包灵丰,林纲,赵德明,贺兵,江青山,张杰,王丽. 2016. 新育成水稻三系不育系综合农艺性状分析[J]. 四川农业大学学报, 34(1): 14-18. [Bao L F, Lin G, Zhao D M, He B, Jiang Q S, Zhang J, Wang L. 2016. Analysis of complex agronomic traits of the new main rice CMS lines [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 34(1): 14-18.]
- 陈小龙,邓启云,吴丹,刘英,吴俊,庄文,李诚,李莺歌. 2013. 两系超级杂交稻主要农艺性状的配合力遗传分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 39(4): 331-337. [Chen X L, Deng Q Y, Wu D, Liu Y, Wu J, Zhuang W, Li C, Li Y G. 2013. Analysis of combining ability heritability of major agronomic traits of two-line super hybrid rice [J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 39(4): 331-337.]
- 陈云凤,余秋英,傅军如,朱昌兰,贺晓鹏,陈小荣,欧阳林娟,彭小松,贺浩华. 2013. 5个水稻新不育系配合力分析[J]. 江西农业大学学报, 35(6): 1140-1146. [Chen Y F, Yu Q Y, Fu J R, Zhu C L, He X P, Chen X R, Ouyang L J, Peng X S, He H H. 2013. An analysis of combining ability of 5 new cytoplasm male sterile lines of rice [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 35(6): 1140-1146.]
- 陈泽辉. 2009. 群体与数量遗传学[M]. 贵阳: 贵州科技出版社. [Chen Z H. 2009. Population and quantitative genetics [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House.]
- 何友勋,罗洪发,张时龙,余本勋,张玉龙. 2011. 几个粳稻不育系和恢复系主要农艺性状的配合力[J]. 贵州农业科学, 39(7): 1-2. [He Y X, Luo H F, Zhang S L, Yu B X, Zhang Y L. 2011. Combining ability of the main agronomic traits of several rice sterile lines and restoring lines [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 39(7): 1-2.]
- 李双,唐显岩,王春雷,孙玥,周大虎,贺晓鹏,傅军如,欧阳林娟,贺浩华,彭小松. 2019. 8个粳型恢复系相关农艺性状的配合力分析[J]. 植物遗传资源学报, 20(5): 1178-1185. [Li S, Tang X Y, Wang C L, Shun Y, Zhou D H, He X P, Fu J R, Ouyang L J, He H H, Peng X S. 2019. Combining ability analysis of the agronomic characters in eight indica restorer lines [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 20(5): 1178-1185.]
- 刘昌乾,彭海峰,邱振国,何玉琼,李文安,唐培润,李少泽,陈雄辉. 2016. 粳型杂交水稻新不育系和新恢复系的品质配合力分析[J]. 华南农业大学学报, 37(2): 30-35. [Liu C Q, Peng H F, Qiu Z G, He Y Q, Li W A, Tang P X, Li S Z, Chen X H. 2016. Analysis on combining of quality traits of new male sterile lines and new restorer lines of indica hybrid rice [J]. Journal of South China Agricultural University, 37(2): 30-35.]
- 刘金波,宋兆强,王宝祥,李健,杨波,周振玲,樊继伟,方兆伟,卢百关,刘艳,迟铭,秦德荣,徐大勇. 2016. 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, 29(2): 209-213. [Liu J B, Song Z Q, Wang B X, Li J, Yang B, Zhou Z L, Fan J W, Fang Z W, Lu B G, Liu Y, Chi M, Qin D R, Xu D Y. 2016. Analysis of Combining ability of main agronomic characters of several new bred male sterile lines and restorer lines in hybrid rice (*Oryza sativa* L. subsp indica) [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 29(2): 209-213.]
- 刘龙钦,江文清,梁康迳,周仕全,谢冬容,邱慧明,饶溶晖,马妙明,彭吕清. 2018. 若干粳型杂交稻亲本的农艺性状配合力分析[J]. 福建稻麦科技, 36(1): 1-6. [Liu L Q, Jiang W Q, Liang K J, Zhou S Q, Xie D R, Qiu H M, Rao R H, Ma M M, Peng L Q. 2018. Combining ability analysis of agronomic traits of several indica hybrid rice parents [J]. Fujian Science and Technology of Rice and Wheat, 36(1): 1-6.]
- 吕建群,陈林,曾宪平. 2009. 7个粳型新不育系和7个新恢复系的配合力及利用价值评价[J]. 西南农业学报, 22(1): 12-18. [Lü J Q, Chen L, Zeng X P. 2009. Combining ability and utilization of 7 new sterile lines and 7 new restorer lines in indica hybrid rice [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 22(1): 12-18.]
- 马国华,徐秀如,张宏化,楼珏. 2017. 水稻温选恢复系产量相关性状配合力分析[J]. 浙江农业学报, 29(5): 708-716. [Ma G H, Xu X R, Zhang H H, Lou J. 2017. Analysis on combining ability of yield related traits in Wen-xuan restorer lines in rice [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 29(5): 708-716.]
- 沈村义,蔡开炯,蒋素,寻培之,刘建丰. 2016. 杂交水稻主要经济性状配合力的研究[J]. 湖南农业科学, (9): 17-20. [Shen C Y, Cai K J, Jiang S, Xun P Z, Liu J F. 2016. Study on combining ability of main economic characters of hybrid rice [J]. Hunan Agricultural Sciences, (9): 17-20.]
- 王丽,赵德明,林纲,江青山,杨从金. 2012. 杂交稻新组合主要农艺性状配合力分析及利用评价[J]. 江西农业大学学报, 34(2): 208-212. [Wang L, Zhao D M, Lin G, Jiang Q S, Yang C J. 2012. Analysis on combining ability and utilization of major agronomic characteristics in hybrid rice combination [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 34(2): 208-212.]
- 王智权,肖宇龙,王晓玲,雷建国,余传元. 2013. 水稻杂种优势利用的研究进展[J]. 江西农业学报, 25(6): 23-28. [Wang Z Q, Xiao Y L, Wang X L, Lei J G, Yu C Y. 2013. Research advances in rice heterosis utilization [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 25(6): 23-28.]
- 肖春光,谭美林,罗招等,张家洪,胡继田,冯明友,赵其安. 2016. 粳型三系杂交水稻亲本9个农艺性状配合力及遗传力分析[J]. 湖南农业科学, (7): 4-8. [Xiao C G, Tan M L, Luo Z D, Zhang J H, Hu J T, Feng M Y, Zhao Q A. 2016. Analysis of the combining ability and heritability in some parents of three-line indica hybrid rice based on nine agronomic characters [J]. Hunan Agricultural Sciences, (7): 4-8.]
- 张天真. 2011. 作物育种学总论[M]. 北京: 中国农业出版社. [Zhang T Z. 2011. General theory of crop breeding [M]. Beijing: China Agriculture Press.]
- 郑轶. 2013. 新育成的晚粳杂交水稻重要性状配合力及遗传力分析[D]. 福州: 福建农林大学. [Zheng Y. 2013. Analysis on the combining ability and heritability of main traits of newly bred late indica hybrid rice (*Oryza sativa* L.) [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University.]
- 钟日超,陈跃进,杨远柱. 2015. 9个杂交水稻亲本配合力的研究[J]. 邵阳学院学报(自然科学版), 12(4): 36-42. [Zhong R C, Chen Y J, Yang Y Z. 2015. The combining ability analysis of 9 hybrid rice parents [J]. Journal of Shaoyang University (Natural Science Edition), 12(4): 36-42.]