

籼型杂交稻产量和米质性状的配合力及遗传率分析

赖永红

(福建省龙岩市新罗区种子站, 福建 龙岩 364000)

摘要: 利用 4 个优质籼型水稻三系不育系和 5 个主推籼型强恢复系按 4×5 NCII 交配设计配组, 对 F_1 产量性状 (有效穗数、每穗总粒数、结实率、千粒重) 与米质性状 (垩白粒率、整精米率、直链淀粉含量和胶稠度) 的配合力及遗传率进行分析。结果表明: 所有性状一般配合力差异达显著或极显著水平; 除千粒重外, 其余性状特殊配合力差异达极显著水平; 一般配合力基因型方差占遗传总方差的比重显著大于特殊配合力占遗传总方差的比重; 除胶稠度外, 不育系对杂种各性状的形成起主导作用。遗传率估算结果, 所有性状的遗传率均达 60% 以上, 部份性状的遗传率高达 90% 以上, 广义遗传率与狭义遗传率的表现基本一致。综合评价, 不育系泸香 618A、宜香 1A, 恢复系明恢 1259、辐 819 和蜀恢 527 对优质高产三系杂交水稻新组合的选配具有重要的利用价值。

关键词: 杂交水稻; 产量性状; 米质性状; 配合力; 遗传率

中图分类号: S 511.032

文献标识码: A

Combining ability and inheritability of yield and quality factors of hybrid rice

LAI Yong hong

(Administrative Seed Station of Xinluo District of Longyan city, Longyan, Fujian 364000, China)

Abstract: The combining ability and hereditary capacity of various yield and grain quality factors of the F_1 hybrid rice were analyzed. The hybridization was based on $p \times q$ incomplete diallele cross (NC II) design of 4 high quality sterile lines of *Indica* type and 5 main popularized strong restorer lines of *Indica* type (4×5). The results showed that (a) the general combining ability of all selected traits, except 1000 grain weight, showed highly significant differences; (b) the specific combining ability of all selected traits, except 1000 grain weight, had significant or highly significant differences; (c) the ratio of genotypic variance to the entire genotypic variance of the general combining ability was significantly higher than that of the specific combining ability; (d) other than gel consistency, the sterile lines play a dominant role in the traits of hybrid rice. The inheritability was estimated to be more than 70% for all traits and 90% for some. Either broad or narrow sense of the inheritability was basically same. Taking everything into account, the sterile lines, Luxiang 618A and Yixiang1A, and the restorer lines, Minghui 1259, Fu 819 and R527, were considered to be of value for breeding high quality, high yield, three line hybrid rice.

Key words: hybrid rice; yield factors; grain quality; combining ability; inheritability

杂种优势利用是我国杂交水稻育种成功和发展的根本途径, 高产和优质始终是杂交水稻育种研究的重要目标。杂交水稻主要产量与米质性状的优势与其亲本配合力关系密切^[1-3]。对杂交水稻不育系和恢复系的一般配合力分析可以预测它们的应用前景, 配合力分析对提高杂交水稻的杂种优势、组配优势组合具有重要指导意义。近年来, 随着我国超级稻育种计划的实施, 水稻育种工作者们已成功培育出数十个超级稻新组合进入推广应用, 杂交水稻的产量水平得到了显著提升。对杂交水稻配合力的研究已有不少报道, 多数研究认为 GCA 和 SCA

对杂种优势的表现均有作用, 但所起作用的大小, 不同学者得出的结果不尽相同^[4-9]; 多数超级稻组合在米质方面的表现仍未得到明显改善, 选育既高产, 又优质、抗病的新品种是目前杂交水稻育种研究的重要方向。研究不同杂交水稻亲本主要品质和产量性状配合力表现及其遗传规律, 对新组合的配组筛选与杂种优势利用, 具有重要的指导意义。本研究选用目前生产上主要推广应用的恢复系和优质新不育系, 进行交叉配组, 比较分析不同亲本主要产量与米质性状的配合力及其遗传效应, 以期为高产优质强优势新组合的测配筛选提供参考。

收稿日期: 2009-02-23 初稿; 2009-05-26 修改稿

作者简介: 赖永红 (1967-), 男, 高级农艺师, 从事作物种子推广与管理 (E-mail: Lyh1053@sina.com)

基金项目: 福建省龙岩市重大科技项目 (2007LY06)

1 材料与方法

1.1 供试材料

以我国近年育成的、目前正在生产上大面积应用的 4 个优质三系不育系中九 A (A₁)、天丰 A (A₂)、宜香 1A (A₃)、泸香 618A (A₄)，5 个三系恢复系明恢 86 (R₁)、蜀恢 527 (R₂)、航 1 号 (R₃)、明恢 1259 (R₄)、辐 819 (R₅)，20 个 F₁ 为研究材料。

1.2 试验设计

试验按不完全双列杂交 (NCH) 设计，于 2007 年秋在福建省龙岩市新罗区良种场红坊基地人工杂交配制成 20 个组合。2008 年夏，将各组合按完全随机区组排列，3 次重复，种植于福建新罗区良种场红坊基地。6 月 18 日播种，7 月 15 日移栽，每个小区 6.67 m²，单本插，行株距 20 cm × 20 cm，小区土壤肥力相同，按大田常规栽培技术管理，管理措施保持一致。成熟后在小区中间随机取 5 个典型单株考种，考查主要产量性状 (有效穗数、每穗总粒数、结实率、千粒重)，并对每个小区进行实割测产，收获的稻谷晒干并贮藏 3 个月后进行米质化验 (按部颁标准 NY 147.88^[10] 进行)，测定的主要米质性状有垩白粒率 (%)、整精米率 (%)、直链淀粉含量和胶稠度。

1.3 统计分析

采用 DPS 数据处理系统^[11] 中的不完全双列杂交配合力分析方法进行遗传率测定，一般配合力 (GCA)、特殊配合力 (SCA) 测定及方差分析参照文献[12–13]。

2 结果与分析

2.1 产量和米质性状方差及配合力方差分析

对 20 个组合 9 个主要产量性状、米质性状进行方差分析，区组间差异均不显著，而组合、亲本间各性状的差异均达显著或极显著水平 (表 1)，表明试验材料间存在真实遗传差异，可进一步作配合力分析。配合力分析结果表明，所有性状的不育系和恢复系一般配合力差异达显著或极显著水平；除千粒重外，不育系 × 恢复系特殊配合力差异达极显著水平；说明不同组合的产量性状和米质性状表现受基因加性和非加性效应的共同影响。

2.2 亲本主要农艺性状一般配合力效应分析

各亲本的一般配合力相对效应分析结果表明，同一亲本不同性状间及同一性状不同亲本间一般配合力效应存在明显差异 (表 2)，表明不同亲本的不同性状其加性效应大小不同。在产量方面，不育系泸香 618A、宜香 1A 和恢复系明恢 1259、辐 819 的一般配合力较强，有效穗数以不育系泸香 618A 和恢复系蜀恢 527 的一般配合力强，每穗总粒数以不育系宜香 1A 和恢复系明恢 1259 的一般配合力强，结实率以不育系泸香 618A 和恢复系辐 819 的一般配合力强，千粒重以不育系宜香 1A 和恢复系辐 819 的一般配合力强，整精米率以不育系中九 A 和恢复系明恢 1259 的一般配合力强，垩白粒率以不育系中九 A 和恢复系明恢 86 的一般配合力强，直链淀粉含量以不育系天丰 A 和恢复系辐 819 的一般配合力强，胶稠度以不育系泸香 618A 和恢复系蜀恢 527 的一般配合力较强。以上分析结果显示，在产量和主要产量、米质性状方面，不育系宜香 1A 和泸香 618A 表现优良，恢复系明恢 1259 与辐 819 在产量和产量性状方面表现较好，恢复系米质方面以 R527 表现较好。

表 1 20 个组合产量和米质性状方差及配合力方差分析 (<i>F</i> 值)						
Table 1 Variance and regression analysis of combining ability of yield and quality for 20 hybrids (<i>F</i> value)						
变异来源	区 组	组 合	P ₁ A line	P ₂ R line	P ₁ × P ₂ A × R	误差 (均方)
自由度	2	19	3	4	12	38
产量	0.406	88.045**	7.070**	3.434*	35.634**	0.006
有效穗数	1.157	12.047**	17.957**	4.799**	2.599**	0.157
每穗总粒数	1.485	25.605**	17.488**	6.661**	5.340**	2.172
结实率	1.072	39.007**	25.726**	8.538**	6.009**	0.447
千粒重	0.816	23.839**	57.352**	16.954**	1.798	0.072
整精米率	0.461	42.019**	31.445**	4.596**	6.401**	0.629
垩白粒率	1.013	311.630**	75.270**	23.474**	17.850**	0.624
直链淀粉含量	1.048	49.653**	75.637**	26.433**	2.737**	0.039
胶稠度	1.579	460.426**	13.079**	11.086**	91.524**	0.781

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

表 2 亲本产量和米质性状的一般配合力(GCA)效应值
Table 2 Effect of GCA on yield and in rice parents

亲本	产量	有效穗数	每穗总粒数	结实率	千粒重	整精米率	垩白粒率	直链淀粉含量	胶稠度
A1	- 6 879	- 2 999	- 3 177	- 1 552	- 2 604	7 922	11 700	1 456	8 986
A2	- 3 498	- 1 167	- 0 927	- 3 537	- 1 040	- 3 997	8 213	1 619	- 14 926
A3	4 578	- 2 781	3 072	1 791	3 362	1 155	0 944	0 723	- 6 479
A4	5 799	6 946	1 031	3 297	0 283	- 5 080	- 20 857	- 3 798	12 419
R1	1 116	- 3 173	- 0 022	1 231	0 758	- 0 522	6 495	0 651	3 973
R2	- 6 776	3 806	- 2 979	- 3 428	- 2 580	- 2 187	- 16 032	- 3 000	21 492
R3	- 2 903	- 1 428	- 0 070	0 721	0 126	- 1 075	1 791	0 569	- 8 275
R4	4 539	1 134	1 645	- 0 025	0 217	4 217	3 442	0 633	- 6 136
R5	4 025	- 0 338	1 426	1 500	1 479	0 197	4 305	1 147	- 11 054

2 3 特殊配合力效应分析

根据不同亲本测配组合的特殊配合力效应分析结果表明 (表 3), 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。在产量方面, 宜香 1A × 明恢 86 与泸香 618A × 航 1 号的特殊配合力效应较高; 有效穗数以中九 A × 蜀恢 527 和宜香 1A × 航 1 号的特殊配合力较高; 每穗总粒数以天丰 A × 明恢 86 和宜香 1A × 辐 819 的特殊配合力效应较高; 结实率以天丰 A × 明恢 1259 和泸香 618A × 明恢 86 的特殊配合力效应较高; 千粒重以泸香 618A × 明恢 86 和泸香 618A × 辐 819 的特殊配合力效应较高; 整精米率与垩白粒率以泸香 618A × 明恢 1259 和天丰 A × 明恢 1259 的特殊配合力效应较高; 直

链淀粉含量以中九 A × 明恢 86 和宜香 1A × 辐 819 的特殊配合力效应较高; 胶稠度以天丰 A × 蜀恢 527 和宜香 1A × 蜀恢 527 的特殊配合力效应较高。

对亲本一般配合力和组合特殊配合力值比较分析, 发现两者相对独立, 将两组亲本一般配合力效应值划分为高、中、低 3 种类型, 最高值为高, 最低值为低, 介于两者之间为中, 取 3 个产量及主要产量、米质性状特殊配合力最高和最低的 3 个杂交组合, 根据上述一般配合力分类标准, 分析比较特殊配合力与一般配合力的关系, 结果表明, 任一类型一般配合力的亲本均有可能配组成特殊配合力效应高的组合, 也可能配组成特殊配合力效应低的组合; 因此, 利用不同类型亲本配组, 特殊配合力效应的强弱与亲本的一般配合力不存在相关关系。

表 3 组合特殊配合力(S_{ij})与双亲一般配合力类别组合的关系
Table 3 Relationship between SCA(S_{ij}) and parental GCA grouping

性 状	3 个特殊配合力最高的组合			3 个特殊配合力最低的组合		
	组 合	S_{ij}	双亲类别	组 合	S_{ij}	双亲类别
产 量	A ₄ × R ₃	6. 915	H × M	A ₄ × R ₁	- 7. 905	H × M
	A ₃ × R ₁	5. 340	M × M	A ₂ × R ₅	- 7. 046	M × H
	A ₁ × R ₅	4. 758	L × M	A ₁ × R ₃	- 5. 031	L × M
有效穗数	A ₁ × R ₂	4. 089	L × H	A ₁ × R ₃	- 3. 544	L × M
	A ₃ × R ₃	3. 217	M × M	A ₃ × R ₂	- 3. 544	M × H
	A ₄ × R ₁	1. 777	H × H	A ₄ × R ₅	- 2. 148	H × M
每穗总粒数	A ₂ × R ₁	1. 782	M × M	A ₁ × R ₁	- 2. 029	L × M
	A ₃ × R ₅	1. 715	H × M	A ₃ × R ₃	- 1. 685	H × M
	A ₄ × R ₃	1. 059	M × M	A ₂ × R ₄	- 1. 194	M × H
结实率	A ₂ × R ₄	2. 386	L × M	A ₃ × R ₄	- 1. 831	M × M
	A ₄ × R ₁	1. 662	H × H	A ₄ × R ₄	- 1. 787	H × M
	A ₁ × R ₄	1. 232	M × M	A ₂ × R ₁	- 1. 324	L × M

性 状	3 个特殊配合力最高的组合			3 个特殊配合力最低的组合		
	组 合	S_{ij}	双亲类别	组 合	S_{ij}	双亲类别
千粒重	$A_4 \times R_1$	0. 830	M \times M	$A_4 \times R_4$	- 1. 515	M \times M
	$A_4 \times R_5$	0. 830	M \times H	$A_1 \times R_1$	- 0. 854	L \times M
	$A_3 \times R_4$	0. 577	H \times M	$A_2 \times R_5$	- 0. 734	M \times H
整精米率	$A_4 \times R_4$	3. 219	L \times H	$A_3 \times R_4$	- 3. 527	M \times H
	$A_2 \times R_4$	3. 016	M \times H	$A_1 \times R_4$	- 2. 707	H \times H
	$A_1 \times R_1$	2. 278	H \times M	$A_2 \times R_5$	- 2. 303	M \times M
垩白粒率	$A_2 \times R_4$	5. 614	M \times M	$A_1 \times R_4$	- 5. 824	H \times M
	$A_4 \times R_4$	3. 925	L \times M	$A_4 \times R_1$	- 3. 854	L \times H
	$A_3 \times R_2$	3. 866	M \times L	$A_3 \times R_4$	- 3. 743	M \times M
直链淀粉含量	$A_1 \times R_1$	0. 946	M \times M	$A_3 \times R_2$	- 0. 892	M \times L
	$A_3 \times R_5$	0. 868	M \times H	$A_4 \times R_3$	- 0. 677	L \times M
	$A_3 \times R_3$	0. 745	M \times M	$A_1 \times R_5$	- 0. 577	M \times H
胶稠度	$A_2 \times R_2$	12. 446	L \times H	$A_4 \times R_2$	- 10. 975	H \times H
	$A_3 \times R_2$	7. 324	M \times H	$A_1 \times R_2$	- 8. 795	M \times H
	$A_4 \times R_3$	7. 294	H \times M	$A_2 \times R_3$	- 7. 212	L \times M

注：“L”，“M”和“H”分别表示亲本一般配合力类别为低、中和高。

2.4 群体配合力方差与遗传参数的估计

为了更深入地了解双亲及其互作对杂种后代性状的影响，根据随机模型估算各性状的一般配合力基因型方差和特殊配合力基因型方差，及一般配合力和特殊配合力基因型方差在总方差中的比重 ($V_{g\%}$ ， $V_{s\%}$)，一般配合力方差中父母本所占的分量 ($V_{g1\%}$ ， $V_{g2\%}$)。结果表明 (表 4)，所有性状亲本一般配合力的基因型方差明显大于特殊配合力基因型方差，除胶稠度外，各性状母本一般配合力基因型方差比重大于父本的基因型方差比重；因此，造成不同组合各性状表现的遗传差异，基因

加性遗传效应作用要大于非加性遗传效应作用，母本对一般配合力方差所作的贡献要大于父本。由此可见，优良三系不育系的应用对优质高产强优杂交稻组合的选育，将起到十分关键的作用。遗传力估算结果显示，各性状广义遗传率 (H^2b) 由大到小的顺序为：胶稠度> 垩白粒率> 产量> 直链淀粉含量> 整精米率> 结实率> 每穗总粒数> 千粒重> 有效穗数；各性状狭义遗传率 (H^2n) 由大到小的顺序为：垩白粒率> 直链淀粉含量> 千粒重> 整精米率> 结实率> 胶稠度> 每穗总粒数> 有效穗数> 产量。

表 4 不同性状配合力的基因型方差、父、母本及其互作对 F_1 各性状方差的贡献

Table 4 Gene typical variance on combining ability of different characteristics and contribution ratio of male, female and their interaction to total variance of the characteristics in F_1 hybrids									
性 状	产 量	有效穗数	每穗总粒数	结实率	千粒重	整精米率	垩白粒率	直链淀粉含量	胶稠度
P1	0. 0878	0. 4893	12. 7501	4. 4238	0. 4841	8. 1692	55. 1686	0. 5279	57. 5636
P2	0. 0440	0. 1294	5. 4724	1. 6857	0. 1713	1. 2061	20. 8675	0. 2249	60. 0849
P1 \times P2	0. 0703	0. 0838	3. 1424	0. 7457	0. 0191	1. 1320	3. 5060	0. 0224	23. 5677
Error	0. 0061	0. 1573	2. 1724	0. 4466	0. 0717	0. 6288	0. 6242	0. 0388	0. 7810
$V_g(\%)$	65. 22	88. 07	85. 29	89. 12	97. 17	89. 23	95. 59	97. 10	83. 31
$V_{g1}(\%)$	43. 45	69. 65	59. 68	64. 53	71. 77	77. 75	69. 36	68. 09	40. 76
$V_{g2}(\%)$	21. 77	18. 42	25. 61	24. 59	25. 4	11. 48	26. 23	29. 01	42. 55
$V_s(\%)$	34. 78	11. 93	14. 71	10. 88	2. 83	10. 77	4. 41	2. 90	16. 69
$H^2b(\%)$	97. 08	81. 71	90. 77	93. 88	90. 40	94. 35	99. 22	95. 24	99. 45
$H^2n(\%)$	63. 31	71. 96	77. 42	83. 67	87. 84	84. 19	94. 85	92. 48	82. 85

3 讨 论

3.1 主要产量、米质性状的遗传特点

本研究中所有性状的一般配合力差异达显著或极显著水平,除千粒重外,特殊配合力差异也达极显著水平,说明千粒重的遗传主要是受基因加性效应控制,其余性状的遗传是受基因加性和非加性效应共同控制^[14]。进一步分析表明,一般配合力基因型方差占遗传总方差的比重显著大于特殊配合力占遗传总方差的比重,说明本研究亲本的基因加性效应对杂种一代各性状形成的影响起主要作用。遗传率估算结果显示,所有性状的遗传率均达 60% 以上,部份性状的遗传率高达 90% 以上,广义遗传率与狭义遗传率的表现基本一致,说明所有亲本均有较好的遗传应用价值。

3.2 不育系和恢复系对组合影响的相对重要性

通过对亲本一般配合力方差和特殊配合力方差占遗传总方差的比重分析得出,所有性状遗传受基因加性效应控制大于非加性效应控制,除胶稠度外,所有性状受不育系的影响要比恢复系大的多,说明在优质高产三系杂交籼稻育种中,不育系的选择和应用是至关重要的,这一结果与前人的研究或同异^[14-15],笔者认为主要与本研究的供试材料有关。

3.3 亲本利用价值的评价

根据当前实际水稻育种目标要求,对产量、有效穗数、每穗总粒数、结实率、千粒重、整精米率、胶稠度等性状,要求配合力效应越高越好;而对于垩白粒率,则要求配合力效应愈低愈好;对于直链淀粉含量,配合力效应以负值为宜^[16-17]。本研究的一般配合力效应分析表明,不育系泸香 618A 在产量、有效穗数、结实率和胶稠度方面的一般配合力效应较高,宜香 1A 在产量、穗总粒数和千粒重方面的一般配合力效应较高,两个不育系在垩白粒率和直链淀粉含量方面的一般配合力效应均较低,有利于低垩白粒率和较低直链淀粉含量杂交稻组合的测配筛选;恢复系明恢 1259 在产量、每穗总粒数、整精米率等性状表现较高的配合力效应,辐 819 在产量、结实率、每穗总粒数、千粒重、整精米率等性状表现较高的配合力效应;恢复系蜀恢 527 垩白粒率和直链淀粉含量的一般配合力效应均为负值且较低。

4 结 论

综合分析,不育系泸香 618A、宜香 1A,恢复系明恢 1259、辐 819 和蜀恢 527 对优质高产三系杂交水稻新组合的选配具有重要的利用价值。

参考文献:

[1] 陈顺辉,卢浩然,杨聚宝,等. 两系法亚种间杂交稻主要性状的优势和配合力表现及其相关分析[J]. 福建农业大学学报, 1997, 26 (1): 1- 7.

[2] 李关土,董世钧,李春寿,等. 杂交晚稻主要经济性状配合力的研究[J]. 浙江农业科学, 1996 (5): 213- 215.

[3] 何予卿,戚华雄,王长义. 两系杂交粳稻主要亲本配合力测定[J]. 华中农业大学学报, 1995, 14 (3): 220- 224.

[4] 袁勤,王守海,程融,等. 两系杂交粳稻配合力测定及途径分析[J]. 安徽农业科学, 1990 (3): 205- 211.

[5] 李成荃,许克农,王守海,等. 水稻亚种间杂交组合的产量优势及选育策略[A]. 见:袁隆平. 两系杂交稻研究论文集[C]. 北京:农业出版社, 1992: 309- 317.

[6] 李行润,黄清阳,华琳,等. 粳型光敏核不育系配合力分析[A]. 见:袁隆平. 两系杂交稻研究论文集[C]. 北京:农业出版社, 1992: 359- 365.

[7] 周开达. 杂交水稻主要性状的配合力、遗传力的初步研究[J]. 作物学报, 1982, 8 (3): 145- 152.

[8] 王才林,汤玉庚. 杂交粳稻主要经济性状的配合力及遗传力的研究[G]. M 杂交水稻国际学术讨论会论文集. 北京:学术期刊出版社, 1986: 48- 53.

[9] 袁龙江. 籼粳交主要性状的配合力及遗传力[J]. 作物学报, 1989, 5 (3): 182- 188.

[10] 中华人民共和国农业部标准. 米质测定方法 NY147- 88[S]. 北京:中国标准出版社, 1988: 4- 6.

[11] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统- 实验设计、统计分析 & 数据挖掘[M]. 北京:科学出版社, 2007.

[12] 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- 57.

[13] 徐静斐,孙五成,程融,等. 数量遗传学与水稻育种[M]. 合肥:安徽科学技术出版社, 1990: 116- 172.

[14] 廖伏明,周坤炉,盛孝邦,等. 籼型三系杂交水稻主要性状配合力的研究[J]. 作物学报, 1999, 25 (5): 622- 631.

[15] 游晴如,黄庭旭,杨东,等. 籼型三系杂交稻品质性状的配合力及遗传力分析[J]. 中国农学通报, 2007, 23 (4): 204- 208.

[16] 张利华,王建军,王林友,等. 杂交稻稻米品质的遗传相关分析[J]. 浙江农业科学, 2003, (6): 319- 323.

[17] 李仕贵,黎汉云,周开达,等. 杂交水稻稻米外观米质性状的遗传相关分析[J]. 西南农业学报, 1996 (9): 1- 7.

(责任编辑:翁志辉)