

美国稻与籼稻和粳稻杂交配合力及遗传参数研究

李自超^① 王象坤

(中国农业大学植物遗传育种系)

摘要 以 13 个美国水稻品种为母本分别与籼稻、粳稻杂交配制了 6 组 $p \times q$ 不完全双列杂交试验,研究了美国稻的 8 个性状的一般配合力、特殊配合力、遗传力和显性度等遗传参数。结果表明:同一美国品种在 $A \times H$ 和 $A \times K$ (不同组合类型)间各性状的配合力及遗传参数均有一定的差异,不同美国品种在同一组合类型中也有一定的差异。

关键词 水稻; 美国稻; 配合力; 遗传参数

分类号 S511.103.2

Combining Ability and Inheritance Parameters in American Rice Varieties Crossing with Indica or Japonica Type

Li Zichao Wang Xiangkun

(College of Science & Technolege, CAU)

Abstract 6 $p \times q$ experiments derived from crossing between 13 American rice varieties (A) and Indica or Japonica type. GCA, SCA, Heritability and Dominant degree for 8 characters in American rice varieties were studied. The results showed that the combining ability and Inheritance parameter for 8 characters were defferent between $A \times H$ and $A \times K$, and defferent between American rice varieties.

Key words rice; American rice verietiy; combining ability; inheritance parameter

籼粳稻的杂种 F_1 在较多农艺性状上都具有较强的杂种优势是众所周知的^[1],但亚种间杂交 F_1 半不育性是直接利用这一优势的主要障碍。1984 年 Ikehashi 等提出了广亲和品种 (WCVS) 的概念^[2],为利用籼粳亚种间强大的杂种优势开辟了广阔的前景。美国稻种具有整齐性好、穗大粒多、米质优良等良好的农艺性状,而且多数品种与籼、粳都具有较好的亲和性。美国稻是一种偏粳的特殊稻种类型^[3,4],不仅与普通稻远缘,而且与普通粳稻也具有地理远缘关系。因此,其与籼或粳的杂种优势潜力是不难预见的。本研究以 13 份美国稻为代表,研究其与籼或粳稻杂交的配合力,以求对这一特殊稻种资源在杂优利用中作一较全面的评价。

1 材料与方 法

采用 NC I、 $p \times q$ 交配设计,以 13 个美国稻 (A)、非洲的 IRAT112 和 02428 (均为 *Oryza sativa*) 为母本,籼稻 (H) 和粳稻 (K) 分别作父本组配了 6 组试验 (表 1)。配合力分析采用《北京农业大学遗传育种程序包》中的程序进行。

收稿日期: 1996-05-27

^①李自超,北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区),100094

表1 6组不完全双列杂交亲本

试验代号	p×q	母 本	父 本
AK113	11×3	Belle patna, Calbelle, CI3545, Dawn, Delle, Lemont, 香籽, Nato, Blue Bonnet50, IRAT112, 02428	秦爱, 藤系 138, 科情 3 号
AK431	4×3	Delle, Lebonnet, Cpslo, 02428	寒九, 云梗 136, 秦爱
AK432	4×3	Calbelle, Nato, Cpslo17, CI3545	西南 175, 秦爱, 喜峰
63AH	6×3	Delle, Dawn, Lemont, 香籽, Lebonnet, Nato	红选 1 号, 光辉稻, IR183-175-2-3
53AH	5×3	Belle Patna, Bond, Delle, Lemont, Cpslo	红选 1 号, 光辉稻, IR58
43AH	4×3	Calbelle, Delle, Cpslo, 02428	红选 1 号, IR58, IR36

本试验所有的杂种 F_1 于 4 月 30 日在温室播种, 用 IRRI 的流体培养液配方进行水培, 亲本于 5 月 5 日在秧田播种, 6 月 10 日大田插秧, 大田设 3 次重复, 亲本和 F_1 随机区组排列, 每材料每重复插 10 株, 密度为 $21 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ 。收获时, 在大田量其株高并收主穗, 室内考种。

2 结果与分析

6 组不完全双列杂交的配合力分析结果列于表 2。在进行配合力分析之前, 先对各试验进行方差分析, 每组试验中组合间差异显著的性状, 进一步作配合力分析。

2.1 株高

各美国品种的一般配合力(GCA)有很大差异, 而从总体上看特殊配合力(SCA)差异不大(表 2)。

从模型 I 看, 6 组试验中, 除试验 AK113 中, GCA 的相对值(V_{GCA})为 62.53% 外, 其他几乎都在 90% 以上, 其平均值为 92.24%。这表明, 无论 $A \times K$ 或 $A \times H$, 株高的差异主要是基因的加性作用引起的, 且一般配合力比特殊配合力重要得多, 其 F_1 可能会普遍有较高的杂种优势。株高的广义遗传力在 6 组试验中平均为 77.87%。因此认为, 在株高变异中基因型作用是主要的, 但环境也有一定影响。

另外, 从 15 个母本配合力效应值看, 6 组试验中, 表现较高的 GCA 的母本有 Nato, Delle, Belle Patna, 香籽和 Lebonnet, 而这 5 个品种本身株高较高; GCA 较低的母本有 02428, CI3545, Lemont, cpsolo, 它们在试验中也是较矮的 4 个品种, 这说明美国稻中高秆品种的 F_1 较高, 矮秆品种的 F_1 较矮。因此, 在用美国稻作亲本直接利用 F_1 的杂种优势时, 双亲至少要有 一个矮秆类型, 或者双亲都矮。

2.2 单株穗数

在 $A \times K$ 的 3 组试验中, 组合间差异较小, 其差异主要是显性作用的结果, 且表现超显性遗传, 杂种优势较强, 广义遗传力较低, 仅有 27.81%, 说明该性状受环境影响较大。在 $A \times H$ 的 3 组试验中, 母本 GCA 的均方有一定的差异, 加性和显性作用在不同的试验中也表现不同: 63AH 中表现为完全显性, 43AH 中为部分显性, 但接近完全显性。53AH 显性度最低, 亦达到 0.588。因此, $A \times H$ 中加性作用较小, 单株穗数的差异主要是显性作用的结果。

表 2 配合力及遗传参数表

性状	试验代号	模型 I (固定模型)		模型 II (随机模型)				
		MS 均方		H_B	H_N	显性度	$V_{GCA}(\%)$	$V_{SCA}(\%)$
		母本 GCA	SCA	广义遗传力	狭义遗传力			
株高	AK113	45.65**	127.56**	0.560 1	0.350 2	0.774 1	62.53	37.47
	AK431	1 264.73**	68.07	0.711 0	0.692 5	0.163 6	97.39	2.61
	AK432	438.57**	44.7	0.890 3	0.872 8	2.141 3	98.04	1.96
	63AH	843.39**	33.9	0.814 7	0.778 3	0.256 5	95.52	4.48
	53AH	1 053.27**	68.16*	0.836 8	0.738 9	0.364 0	88.30	11.70
	43AH	1 175.03**	22.71	0.859 1	0.856 3	0.056 5	99.68	0.32
单株穗数	AK113	3.39	3.51*	0.278 1	0.091 0	1.4	34.29	65.71
	AK431¥							
	AK432¥							
	63AH	7.59	4.45*	0.438 8	0.214 8	1.021	48.96	51.04
	53AH	15.96*	7.58	0.486 1	0.361 2	0.588	74.31	25.96
	43AH	18.48*	8.85	0.429 6	0.253 1	0.828 8	59.27	40.72
主穗长	AK113	10.67**	2.55	0.496 2	0.548 9	0.285 0	92.49	7.51
	AK431¥							
	AK432	32.69**	6.23	0.662 8	0.569 6	0.411 9	85.50	4.5
	63AH	9.79**	1.81	0.473 7	0.473 7	0	100.00	0
	53AH	15.15**	2.37*	0.549 4	0.325 1	0.830 8	59.16	40.84
	43AH	9.62**	4.77*	0.508 1	0.181 0	1.34	35.62	64.38
穗颈长	AK113	28.92**	6.13**	0.723 8	0.546 5	0.569 4	75.51	24.49
	AK431	10.42**	5.43	0.608 1	0.177 5	1.557 8	29.18	70.82
	AK432¥							
	63AH	43.25**	3.29**	0.822 2	0.709 0	0.399 8	86.22	13.78
	53AH	54.24**	9.39**	0.811 0	0.573 1	0.733 0	65.05	34.95
	43AH¥							
主穗颖花数	AK113	2 525.54**	1 250.75*	0.504 4	0.362 6	0.625 4	71.89	28.11
	AK431¥							
	AK432	5 476.00**	2.17	0.793 2	0.712 3	0.336 9	89.81	10.19
	63AH	5 223.54**	1 380.2	0.372 1	0.372 1	0	100.00	0
	53AH	1 592.00	2 405.06**	0.531 9	0.029 0	4.13	5.53	94.47
	43AH	3 582.33**	1 085.25	0.477 8	0.410 3	0.405 7	85.87	4.13
千粒重	AK113	21.35**	2.39*	0.678 0	0.566 4	0.443 9	83.53	16.46
	AK431	17.95**	2.59	0.683 5	0.531 8	0.534 0	77.81	22.19
	AK432	24.99**	2.06	0.823 1	0.823 1	0	100.00	0
	63AH	71.18	107.46**	0.758 1	0	100	0	100.00
	53AH	38.76**	13.88**	0.826 2	0.324 3	1.244	39.25	60.75
	43AH	78.62**	10.75**	0.848 1	0.609 2	0.626 1	71.84	28.16
结实率	AK113	381.03**	119.21**	0.515 2	0.288 3	0.887 2	55.96	44.04
	AK431	722.79**	328.78**	0.889 5	0.276 8	1.488 9	31.09	68.09
	AK432	407.64**	349.52**	0.888 5	0.051 6	4.026 7	5.81	44.19
	63AH	962.62**	169.86**	0.894 1	0.790 1	0.362 8	88.37	11.63
	53AH	931.69**	495.91**	0.845 1	0.680 4	0.490 3	80.51	19.49
	43AH	3 228.78**	841.09**	0.821 6	0.559 8	0.683 9	68.13	31.89
单株产量	AK113	89.90**	42.88	0.390 7	0.255 7	0.726 9	65.43	34.57
	AK431¥							
	AK432¥							
	63AH	156.34**	16.31	0.763 1	0.719 1	0.247 4	94.23	5.77
	53AH	170.42*	69.99*	0.642 2	0.472 4	0.599 5	73.56	26.44
	43AH	120.82*	100.55*	0.705 0	0.458 7	0.710 1	66.48	33.52

注 H_B : 广义遗传力; H_N : 狭义遗传力; MS: 均方

$$V_{GCA} = \frac{\text{加性方差}}{\text{总遗传方差}} \times 100\%; \quad V_{SCA} = \frac{\text{显性方差}}{\text{总遗传方差}} \times 100\%$$

* 达到 0.05 的显著水平; ** 达到 0.01 的显著水平; ¥: 组合间差异不显著。

从配合力效应值分析看: A×H 中, Belle Patna 和 cpslo 表现出较高的 GCA, Calbelle 和 Lemont 较低。另外, 在 63AH 中 Nato×光辉稻的 SCA 显著高于其他组合。总之, 美国稻与籼或粳稻杂交在单株穗数这一性状上, 组合间差异不很大, GCA 和 SCA 的均方的差异均比其他性状要小。该性状的变异一般以显性作用为主。因此, 美国稻这种低分蘖类型无论与籼稻或者粳稻杂交, 其 F₁ 普遍都能表现较强的杂交优势^[5], 达到较高的分蘖水平, 其中 A×H 的优势比 A×K 更强一些。另外该性状遗传力低, 易受环境影响, 良好的栽培条件对它有较大的促进作用。

2.3 主穗长

从表 2 可看出: 6 组试验中, AK431 组合间不显著, 其他试验组合间及母本 GCA 间皆达显著水平, 即美国稻之间 GCA 大小有显著差异。从配合力效应分析可知: Blue Bonnet50, Calbelle, Lebonnet, belle Patna 的一般配合力较高; CI3545, 02428, Bond 和 Cpslo 一般配合力较低。53AH 中 Belle Patna×红选 1 号, Lemont×IR58, 43AH 中 calbelle×红选 1 号, Cpslo×IR36 等 4 个组合特殊配合力较高。

从模型 I 可知: A×K 中, 主穗长的差异主要是加性作用的结果, 其杂种优势不强^[5]; 在 A×H 中, 显性作用较强, 其广义遗传力在 0.474 7~0.662 8 之间, 主穗长的变异中环境的作用为 0.526 3~0.337 2, 即主穗长的变异中遗传的作用与环境的作用大致相同。

另外还看到, 主穗长的亲本, 其 F₁ 主穗也较长, 其杂种优势不强。从配合力效应分析可知, 主穗长的 GCA 较高的品种, 植株也较高; GCA 低的品种, 植株较矮。这说明主穗长和株高二性状的 GCA 表现出一致的趋势。

2.4 穗颈长

从表 2 可看出, 该性状在不同试验中表现的效应值及有关的遗传参数差异较大, 其中 AK432 和 43AH 组合间差异不显著, 其他 4 组试验中母本 GCA 间差异极显著, 其 GCA 均方亦达到极显著水平。配合力分析表明: Nato, 香籽, CI3545 和 Dawn 有较高的 GCA; Lemont 的 GCA 最低; IRAT112×科情 3 号, 02428×藤系 138, 02428×秦爱, Lebonnet×寒九, Belle Patna×红选 1 号, Lemont×IR58 等组合表现出较高的 SCA 效应; 02428 和 Lemont 穗颈较短, 特别是 Lemont 本身有不同程度的包颈, 其与穗颈抽出较好的品种杂交后, 穗颈可以正常抽出。总之, 穗颈较长的品种, 其一般配合力也较高, 即与其配组的 F₁ 代穗颈抽出较好。

穗颈长的广义遗传力较高, 不易受环境影响。在 A×K 中表现为部分显性或超显性。说明 F₁ 穗颈长可能介于双亲中间, 也可能出现偏高亲现象。A×H 中为部分显性, F₁ 一般介于双亲之间。因此, 穗颈长在杂种 F₁ 中的表现与亲本关系密切, 包颈的品种只有与不包颈的品种杂交, F₁ 才可能不包颈。

2.5 主穗颖花数

在 2 组 A×K 试验中, 母本的 GCA 都达到了极显著水平, 配合力较高的亲本有 Nato, 02428, Delle, Cpslo17; 而 Calbelle 和 CI3545 的配合力较低。在 A×H 类型中 63AH 和 43AH 的 GCA 均方都达到了显著水平, 而 SCA 均方则不显著。一般配合力较高的亲本是 Nato, Cpslo17, Lebonnet; 而 Calbelle, Bong 和 Lemont 和 GCA 较低, 53AH 中特殊配合力均方达极显著水平, Cpslo×光辉稻有较高的特殊配合力。

总体上看, 在 A×K 中, 上述性状表现为部分显性, 主穗颖花数较多的亲本其 F₁ 植株容易

产生颖花数较多的大穗类型; $A \times H$ 中, 表现为部分显性或超显性, F_1 一般表现为 2 种类型: ①多数同 $A \times K$ 的结果; ②有的美国稻与籼杂交的 F_1 有可能出现超双亲的大穗类型。因此在以美国稻作亲本, 直接利用亚种间杂种优势时, 一般要注意选择大穗亲本, 另外非大穗亲本在特殊组合中也可能有较强的优势。主穗颖花数的广义遗传力为 0.372 1—0.793 2, 有些组合对环境较敏感, 合理密植及良好的栽培管理会提高颖花数, 使稻穗变大。

颖花数是重要的产量构成因素, 所以选择颖花数配合力高的亲本, 将会提高 F_1 代的产量潜力。杂种优势的分析可知^[5], Calbelle 与籼的杂种 F_1 结实基本正常, 但在强优组合中并没有 Calbelle 的杂交组合, 其主穗颖花数配合力不高可能是重要原因。

2.6 千粒重

$A \times K$ 中, 母本的 GCA 差异极显著, 而 SCA 差异相对较小, GCA 效应较大的有 IRAT113, lebonnet, Cpslo17, 02428, 而 calbelle, CI3545 及 cpslo 一般配合力较小。在 $A \times H$ 中, SCA 均达极显著水平, 而母本的 GCA 差异相对较小。Belle patna, Bond, calbelle 表现出较高的 GCA 效应, Cpslo, Delle 效应值相对较低。Nato \times IR183—, Cpslo \times 光辉稻, Belle Patna \times 红选 1 号表现了较高的 SCA 效应。

从模型 I 可以看出, $A \times K$ 的试验中千粒重的变异以加性作用为主, 表现为部分显性; 千粒重高的亲本, 其 F_1 出现高千粒重组合的可能性较大。 $A \times H$ 的 2 组试验中, 千粒重的遗传表现为超显性, 另一组试验中为部分显性。说明 F_1 能产生相对较高的杂种优势, 杂种优势分析结果与此一致^[5]。该性状的广义遗传力较高, 受环境影响较小。

2.7 结实率

6 组试验方差分析结果中, 5 组试验的组间差异达极显著水平, 1 组达显著水平。配合力分析结果表明, 母本的一般配合力和特殊配合力的差异均达极显著水平。

$A \times K$ 中 Dawn, Delle, 香籽, CI3545 的 GCA 效应较高; cpslo17, cpslo, Belle Patna 和 Blue Bonnet 50 相对较低; Belle Patna \times 科情 3 号, calbelle \times 秦爱, Cpslo \times 秦爱, cpslo17 \times 秦爱, Lebonnet \times 寒九的 SCA 效应较高。看来一般配合力低的亲本有可能在某些组合中表现出较高的 SCA。在 $A \times K$ 中, 结实率为超显性遗传或部分显性遗传, 广义遗传力较高, 而狭义遗传力较低。

$A \times H$ 中 cpslo, calbelle 和 0428 三个广亲和品种都表现了较高的一般配合力效应。Lebonnet, Delle 相对较低。lemont \times 光辉稻, Delle Patna \times IR58, Calbelle \times IR36, Cpslo \times IR58 及 02428 \times IR58 等组合均表现出较高的 SCA 效应, 这些组合都有广亲和品种参与, 其 F_1 结实率都相对较高。结实率的正常是美国稻 \times 籼产生高产优势的重要条件。在 $A \times H$ 中, 基因的加性占主导地位, 显性作用较小, 说明该性状很可能是多基因叠加作用的结果。另外, 在 $A \times H$ 中广义遗传力和狭义遗传力都较高, 这说明美国水稻品种的 GCA 比 SCA 重要。

2.8 单株产量

对单株产量的分析结果表明, AK431, AK432 二组试验组间差异不显著。配合力分析结果表明: 43AH 的母本 GCA 为显著差异, 其他为极显著差异。02428, Nato, 香籽和 IRAT112 与粳稻杂交的 GCA 较高, 说明美国稻与粳稻的杂种 F_1 有些有较高的产量优势。在 $A \times H$ 中 Cpslo, 02428, Calbelle 表现较高的 GCA 效应; Lemont \times IR58, Cpslo \times IR58, 02428 \times IR58 的 SCA 较高; cpslo, 02428, calbelle 三个广亲和品种与籼稻杂交都有较高的一般配合力, 有些相应的组合还有较高的特殊配合力。因此, 用美国稻中的广亲和品种与籼稻杂交是获得强优组合

的重要组合模式之一。

从单株产量的一些有关遗传参数看,该性状的变异以加性作用为主,广义遗传力不很高,平均为 62.53%。说明单株产量除遗传作用外,环境对其也有一定的影响。因此,利用合理的栽培措施,对充分发挥 F_1 的产量优势将会起一定的作用。

3 讨论

美国稻是一特殊的偏梗的稻种资源,与中国、日本的籼、粳稻均有地理远缘性,一般与籼、粳稻的杂种 F_1 均有较好的杂种优势^[5]。本文以 13 个美国稻为代表,力图阐明这一特殊资源与籼、粳稻杂交配合力效应及遗传参数的普遍规律,以便在杂优利用中为利用这一资源提供依据。

从表 3 可知, $A \times K$ 中结实率、株高、千粒重和穗颈长的广义遗传力较高,单株穗数和产量的遗传力较低,易受环境的影响。另外,主穗颖花数、主穗长、千粒重和株高等有较高的 GCA,结实率和单株穗数有较高的 SCA。因此,在利用 $A \times K$ 这种组合的杂种优势时,由于 GCA 的贡献主穗颖花数和千粒重会有一些的增加,穗数和结实率提高则主要靠选择 SCA 高的组合,同时由于穗数的遗传力较低,还要进行良好的栽培管理,以充分发挥穗数的优势潜力。

$A \times H$ 中有三个主要的产量构成因素(单株穗数、主穗颖花数、千粒重)都表现为显性或超显性遗传,说明这 3 个性状在 $A \times H$ 中,除表现出较高的一般配合力外,还能产生较强的特殊配合力效应,因此, F_1 杂种优势潜力较大,另外主穗颖花数和穗数遗传力较低,易受环境的影响。株高表现为部分显性,加性作用较大,占 94.5%,说明美国稻与籼稻杂交的 F_1 植株增高是一个普遍趋势。 $A \times H$ 的杂种 F_1 直接利用的最大障碍是结实率太低。研究表明,美国稻中的 WCVS 与籼杂交,结实率的一般配合力较高,有些组合还有较高的特殊配合力,这是克服亚种间杂种低育实现亚种间杂种优势直接利用的关键。因此,美国稻中的 WCVS 与籼稻杂交可能是较好的组配模式之一。

表 3 8 个性状的广义遗传力及遗传作用模型

性 状	$A \times K$			$A \times H$		
	H_B	遗传模型	$V_{GCA}(\%)$	H_B	遗传模型	$V_{GCA}(\%)$
株高	0.750 0	部分显性	85.99	0.838 9	部分显性	94.5
单株穗数	0.278 1	超显性	34.29	0.450 6	完全显性,部分显性	60.85
主穗长	0.579 5	部分显性	88.99	0.510 4	部分显性	64.93
穗颈长	0.666 0	部分显性,超显性	52.35	0.851 6	部分显性	75.66
主穗颖花数	0.648 8	部分显性	89.85	0.460 6	部分显性,超显性	69.80
千粒重	0.724 9	部分显性	87.11	0.810 8	部分显性,超显性	37.03
结实率	0.764 4	部分显性,超显性	30.95	0.850 1	部分显性	79.00
单株产量	0.390 7	部分显性	64.43	0.703 4	部分显性	78.09

除以上 $A \times K$ 或 $A \times H$ 的一般特性外,同一组合类型间的不同试验中,无论组合间或一般配合力、特殊配合力的差异显著性均有不同之处,说明不同的美国水稻品种间存在较大的差异。因此,在利用美国稻时选择不同的品种,其 F_1 各性状的优势大小及表现则会有较大的不同。

各性状广义遗传力大小可表明该性状的遗传方差占表现型方差的比例,即该性状受遗传基因作用的大小,可在杂种 F_1 的栽培管理方面有较强的参考价值。配合力可用于指导杂种优势的亲本选配,但也有一定的局限性,它只能考虑单一性状,而不能将所有重要性状结合在一起得出一个综合指标。因此,配合力分析与其他方法如遗传距离的测定等相结合,才能对杂种优势利用中选配优良亲本有较好的指导作用。一般配合力和特殊配合力都高的亲本出现强优势的可能性较大,产量的高低不但取决于杂种优势的大小,而且还要依据亲本的产量水平。因此,在利用配合力选配亲本时,在亲本性状达到一定水平的基础上选配一般配合力和特殊配合力都高的亲本则是配制强优组合的依据所在。

参 考 文 献

- 1 袁隆平. 杂交水稻的育种战略设想. 杂交水稻, 1987, (1): 1~3
- 2 Ikehashi H, Arika H. Varietal screening at compatibility type revealed in F_1 fertility of distant crosses in rice. Jap J Breed, 1984, 34: 204~313
- 3 李自超, 王象坤等. 美国稻的亲合性及其遗传研究. 北京农业大学学报, 1994, 20(2): 120~127
- 4 罗利军. 14 份美国水稻品种的研究和评价. 中国水稻科学, 1993, 7(3): 179~182
- 5 李自超, 王象坤等. 美国稻在水稻杂种优势利用中的地位研究. 华北农学报, 1995, 10(1): 22~28
- 6 徐静斐. 水稻杂种优势及配合力的初步研究. 安徽农学院学报, 1982, (专刊)