

粳型水稻杂种优势生态型与 杂种优势模式的研究^{*}

刘 炜^{1,2}, 史延丽¹, 李自超², 马洪文¹, 王 坚¹, 张洪亮²

(1 宁夏农林科学院 农作物研究所, 宁夏 永宁 750105;

2 中国农业大学 农业与生物技术学院, 北京 100094)

[摘 要] 利用9个不同生态类型的50份水稻亲本材料,以生态型为单位进行双列杂交,配制336个组合,研究杂种一代的对照优势和超中亲优势,以杂种优势值作为划分优势生态型的依据。结果表明,西北粳、台湾粳、日本粳和韩国稻为优势生态类型;根据各生态型间的杂种优势值可以推测台湾粳、日本粳和韩国粳具有穗数上的优势基因,西北粳具有粒数上的优势基因,非洲 IRAT 粳具有粒重上的优势基因;最佳优势杂种优势模式为韩国粳×日本粳、西北粳×美国粳和台湾粳×日本粳;杂种优势与形态指数差异的相关分析表明,各生态型间形态指数差异与其F₁杂种优势相关不显著。

[关键词] 水稻;生态型;杂种优势;杂种优势模式

[中图分类号] S511.2⁺20.33

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)01-0108-07

杂种优势利用首先需要筛选强优势组合,常用的方法是进行大量的测交筛选,这是一个十分繁重的工作,费时又费力,且效率不高。另一方面,北方杂交粳稻一直没有突破性的强优势组合,使北方粳稻种植区的栽培品种仍以常规品种为主。选育优势强、适应性广的杂交稻成为北方水稻发展的当务之急。因此,开展粳稻杂种优势生态型的研究,充分利用亚种或亚种内不同生态型间的杂种优势,对杂交粳稻和常规品种的选育都具有重要的指导作用。近年来,作物杂种优势群和杂种优势模式的研究日益受到研究者的重视,这一研究对提高组合选配的预见性及育种效率具有重要意义。对杂种优势群的研究源于杂交玉米生产及其成功的应用,国内外有关玉米杂种优势群的研究较多。随着生物技术的发展,RAPD, RFLP, AFLP 和 SSR 等分子标记已成功用于玉米自交系类群的划分,形成了一些著名的杂优配对模式,如美国的 Reid (瑞得) × Lancaster (兰卡斯特),我国的国内系 × 国外系等^[1-5]。在水稻方面,陈立云等^[6]研究了早粳、中粳、晚粳与早粳、中粳、晚粳不同生态型之间的杂种优势和杂优配对模式;陈亮和孙传清等^[7,8]采用矮64S 等几个光敏核不育系,通过大量的测交,筛选得到一些优势生态型。但

这种方法筛选的优势生态型只针对某个不育系,而且主要是两系不育系,局限性较大。本研究依据王象坤等^[9]栽培稻的分类体系将来源不同的材料划分为不同的生态类型,通过各生态型之间的大量杂交,利用F₁的杂种优势值研究粳稻优势生态型及杂种优势模式,以期为北方杂交粳稻的发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本试验选用日本粳稻、台湾粳稻、韩国粳稻、巴西稻、美国粳稻、非洲 IRAT 粳稻、华北粳稻、非洲 ITA 粳稻和西北粳9个生态类型共50份水稻亲本材料(详见表1)。所有亲本于2001-07在温室人工去雄,以生态型为亲本单位进行双列杂交(不包括反交),共配制336份杂交组合。

1.2 田间试验方法

2002-04-15于宁夏农科院作物所水稻试验基地播种全部亲本及各杂种组合的催芽种,育秧采用玻璃皿浸种催芽,秧盘播种。05-21移栽,随机区组排列,2次重复,田间密度为23 cm × 10 cm,单株插秧,每小区11株。田间管理同大田,成熟时去掉伪株,以每小区中间长势一致的5株为样本在室内考察株

* [收稿日期] 2004-02-05

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(30160044)

[作者简介] 刘 炜(1970-),男,宁夏永宁人,副研究员,硕士,主要从事水稻杂种优势利用研究。E-mail: lwzws@163.com

高、每株穗数、单株产量、千粒重、结实率、穗粒数、穗长等,以宁夏推广品种宁粳 16 号和北方区试品种秋光为对照,计算杂种优势,按 $\{(F_1- M P)/M P\} \times 100$ 计算超中亲优势,以 $\{(F_1- CK)/CK\} \times 100$ 分析对照优势,其中 $F_1, M P, CK$ 分别为杂种一代、双亲平均、对照宁粳 16 号和秋光的各性状平均值,以此作

为杂种优势生态型划分的依据。处理以生态型为单位统计全部组合杂种各性状的表现,按下式计算平均杂种优势值。

平均杂种优势值= (全部杂种平均值- 全部亲本平均值)/全部亲本平均值 × 100

表 1 供试品种及所属类型

Table 1 Cultivar's types and varieties used in this study

品种类型 Cultivated type	品种名称 Name of varieties	品种类型 Cultivated type	品种名称 Name of varieties
日本粳(A) Japanese japonica	越富 Kositomo	美国粳(E) American japonica	Katy
	农林 154 Nonglin154		Star bonnet 99
	BL -5		M agbeue
	BL -6	非洲粳(F) African japonica (IRA T)	IRA T13
	中部 51 Zhongbu 51		IRA T268
台湾粳(B) Taiwan japonica	奥羽 326 Ouyu 326		IRA T109
	嘉农 428 Jianong 428		IRA T114
	高雄 13 号 Gaoxing 13		IRA T233
	台南 17 Tainan 17		IRA T265
	嘉农育 251 Jianong 251	华北粳(G) North China japonica	京花 101 Jinghua 101
韩国粳(C) Korean japonica	嘉农育 257 Jianong 257		津稻 5 号 Jindao 5
	水源 377 Suwon 377		津稻 1187 Jindao 1187
	水源 377 Suwon 377		京稻 22 Jingdao 22
	花中稻 Huazhong		中花 12 Zhonghua 12
巴西粳(D) Brazil japonica	安中稻 Anzhong		中作 93 Zhongzuo 59
	水源 381 Suwon 381	非洲粳(H) African japonica (ITA)	ITA 182
	水源 358 Suwon 358		ITA 303
	水源 55 Suwon 55		ITA 165
	IA G39		ITA 184
美国粳(E) American japonica	Iapar	西北粳(I) Northwestern japonica	宁粳 9 号 Ningjing 9
	CNA 6187-3		宁粳 12 Ningjing 12
	巴西陆稻		宁稻 216 Ningdao 216
	MCP231-4		花 43 Hua 43
	Riw -1		宁粳 23 Ningjing 23
	L agrue		宁粳 16 Ningjing 16
	Jackson		

1.3 亲本的形态分类

按程侃声等^[10]的标准和方法,在抽穗期对所有亲本每小区取长势中等的 5 株挂牌,测定抽穗时的壳色、叶毛,成熟时测定稃毛、籽粒长宽比、第 1~ 2 穗节长、酚反应,计算程氏指数。分析双亲形态指数的差异与杂种优势的关系。

2 结果与分析

2.1 各生态型组合的杂种优势分析

2.1.1 单株产量 由表 2 可以看出,大部分组合类型的单株产量超过了对照,在所有组合类型中超过对照 10% 以上的组合为 25 个,占全部组合的 69.4%。单株产量的平均值为 21.2 g,平均杂种优势为 19%。各组合超中亲优势的变幅为- 24.8%~

93.2%,对照优势的变幅为- 21.8%~ 119.6%。在 36 个生态型杂交组合中,以韩国粳 × 日本粳(C × A)的单株产量最高,达 36.3 g,对照优势为 119.6%;其次为西北粳 × 美国粳(I × E),单株产量达 34.3 g,对照优势为 107.5%;台湾粳 × 日本粳(B × A)的单株产量也超过了 30 g。通过超中亲优势分析可以看出,优势强的也是这 3 个组合类型。说明栽培稻亚种内不同生态型之间有较强的杂种优势。

将各生态型之间所配的组合数及单株产量超对照优势 10% 以上组合所占比率列于表 3。由表 3 可以看出,在 336 份杂交组合中,韩国粳 × 日本粳(C × A)、巴西粳 × 台湾粳(D × B)、西北粳 × 台湾粳(I × B)、西北粳 × 韩国粳(I × C)和西北粳 × 非洲 IRA T 粳(I × F)的所有组合的超对照优势都在 10%

以上。以西北粳、台湾粳、日本粳和韩国粳为亲本的生态型组合中,单株产量超对照优势在10%以上组合所占比例的平均值分别为85.8%,75.9%,70%和69.4%。可以认为这4个生态型材料为亲本能够出现较大几率的强优势组合。

2.1.2 每株穗数 从表2可以看出,大部分生态型组合每株穗数的超对照优势较强,平均值为52.1%,平均杂种优势为1.15%,而超中亲优势不太明显,平均值仅为0.25%。每株穗数最多的组合类型为韩国粳×台湾粳(C×B)和韩国粳×日本粳(C×A),可

以推测日本粳、韩国粳和台湾粳在穗数上具有优势基因。

2.1.3 每穗粒数 由表2可以看出,各组合间每穗粒数超中亲优势明显,平均超中亲优势为12.5%,但与对照相比优势为负向优势。绝大部分组合每穗粒数未超过对照,而超对照优势较强的类型均出现在以西北粳为亲本的组合中,每穗粒数均在100粒以上。西北粳在所有生态型中的每穗粒数最多,由此可见西北粳在穗粒数上具有优势基因。

表2 不同生态型组合的杂种优势

Table 2 Heterosis of the F₁ hybrids of different ecotype combinations

组合类型 Combina- tion	单株产量 GW P			每株穗数 PP			穗粒数 FSP		
	F ₁ /g F ₁ value	超MP/% OPH	超CK/% OCH	F ₁ F ₁ value	超MP/% OPH	超CK/% OCH	F ₁ F ₁ value	超MP/% OPH	超CK/% OCH
B×A	31.0	79.4	88.4	15.6	34.7	124.9	90.2	24.2	-10.6
C×A	36.3	93.2	119.6	18.9	46.6	172.0	86.7	27.3	-14.0
D×A	12.9	-24.8	-21.8	14.2	42.8	104.9	46.2	-31.5	-54.2
E×A	19.6	11.48	18.7	11.4	3.6	63.6	77.7	5.3	-22.9
F×A	19.5	13.0	18.3	11.8	14.9	70.3	63.4	-14.6	-37.1
G×A	27.1	43.9	63.9	11.7	7.8	69.0	96.4	17.6	-4.4
H×A	27.3	39.6	65.4	11.7	-5.9	68.8	88.9	26.5	-11.9
I×A	21.7	0.4	31.3	8.0	-22.1	14.4	107.6	8.4	6.7
C×B	25.2	51.8	52.5	21.9	75.9	215.6	61.3	-2.1	-39.3
D×B	24.9	65.6	50.5	15.6	63.9	124.8	65.7	6.1	-34.9
E×B	19.4	26.2	17.8	10.7	1.6	54.1	76.3	11.8	-24.3
F×B	18.6	22.8	12.5	9.5	-3.2	37.3	60.7	-9.3	-39.9
G×B	19.6	17.9	18.8	11.6	11.32	67.4	80.4	5.2	-20.3
H×B	22.0	26.5	33.3	10.6	-11.9	52.5	73.9	14.1	-26.8
I×B	23.1	19.0	39.9	8.1	-17.2	16.3	102.3	9.2	1.5
D×C	13.7	-16.8	-17.2	12.0	10.9	73.0	48.5	-15.5	-51.9
E×C	16.2	-3.6	-1.7	10.9	-7.5	57.8	77.8	22.1	-22.8
F×C	20.0	21.1	21.3	10.0	-10.2	44.4	82.4	32.0	-18.3
G×C	24.8	37.1	50.0	11.4	-2.9	64.3	90.8	26.3	-9.9
H×C	16.8	-10.8	1.7	11.8	-11.2	70.3	63.6	5.6	-36.9
I×C	23.7	12.1	43.5	9.7	-12.4	39.5	94.8	5.2	-6.0
E×D	14.5	-4.7	-12.0	8.0	-10.2	15.2	69.5	10.2	-31.1
F×D	13.9	-6.9	-15.7	6.3	-22.9	-8.7	72.4	17.2	-28.2
G×D	14.0	-14.9	-15.1	9.1	2.6	30.2	79.9	12.0	-20.8
H×D	13.6	-21.3	-17.8	6.2	-40.7	-11.3	73.2	22.8	-27.5
I×D	24.0	24.8	45.5	8.3	1.6	18.9	109.7	23.8	8.8
F×E	15.9	3.7	-3.5	7.8	-15.6	12.3	71.1	4.5	-29.5
G×E	16.5	-2.1	-0.1	9.6	-2.4	38.1	82.2	6.0	-18.5
H×E	16.9	-4.5	2.1	8.4	-26.7	20.3	74.1	12.5	-26.5
I×E	34.3	74.4	107.5	10.4	14.8	49.6	128.2	35.0	27.1
G×F	22.8	37.7	38.2	10.3	12.8	48.6	92.5	21.3	-8.3
H×F	21.3	22.7	28.9	8.1	-24.5	16.6	84.6	31.0	-16.1
I×F	23.1	19.5	40.2	6.8	-19.8	-2.4	107.5	14.8	6.6
H×G	20.9	10.6	26.4	9.1	-19.7	30.7	97.2	31.2	-3.6
I×G	21.2	1.8	28.7	7.4	-18.8	5.8	111.3	7.9	10.3
I×H	23.2	7.2	40.5	7.3	-31.2	5.3	116.4	27.3	15.4
平均值 Mean value	21.1	18.7	27.8	10.6	0.25	52.1	83.5	12.5	-17.2
平均杂种 优势/% Mean heterosis		19.0			1.15			13.03	

续表2 Continued Table 2

组合类型 Combina- tion	千粒重 TGW			穗 长 PL			结实率 SS		
	F ₁ /g F ₁ value	超M P/% OPH	超CK/% OCH	F ₁ /cm F ₁ value	超M P/% OPH	超CK/% OCH	F ₁ /g F ₁ value	超M P/% OPH	超CK/% OCH
B×A	22 0	3 1	- 15 7	20 0	14 1	18 6	73 0	- 1 3	- 24 3
C×A	21 8	2 2	- 16 3	19 4	5 4	14 9	77 2	9 5	- 19 3
D×A	19 0	- 19 4	- 27 2	21 0	4 9	24 4	35 0	- 47 2	- 62 9
E×A	20 1	- 4 0	- 22 7	20 5	5 0	21 1	56 9	- 9 9	- 40 5
F×A	25 8	3 0	- 0 9	20 0	6 7	18 4	55 0	- 22 2	- 42 6
G×A	23 2	8 5	- 11 0	19 1	1 7	13 1	81 6	9 3	- 14 7
H×A	25 5	7 6	- 2 0	21 2	7 7	25 3	71 7	8 5	- 25 0
I×A	25 6	12 0	- 1 9	19 8	6 6	17 3	81 4	3 6	- 14 9
C×B	19 3	- 11 2	- 25 9	19 5	12 7	15 5	52 9	- 21 6	- 44 7
D×B	24 7	3 2	- 5 2	20 6	8 9	22 0	74 7	16 8	- 21 8
E×B	24 1	12 7	- 7 5	20 0	8 8	18 4	72 0	20 5	- 24 3
F×B	31 1	22 1	19 3	19 0	7 8	12 6	61 4	- 9 2	- 35 8
G×B	22 4	3 0	- 14 0	19 6	10 7	15 8	73 6	2 8	- 23 0
H×B	26 4	9 4	1 3	19 8	7 5	17 4	78 7	24 8	- 17 7
I×B	27 9	20 1	7 0	19 1	9 1	12 9	89 2	18 0	- 6 7
D×C	19 9	- 16 8	- 23 4	20 8	4 9	22 9	40 0	- 34 4	- 58 1
E×C	19 8	- 7 6	- 24 0	21 2	10 0	25 4	56 3	- 1 7	- 41 2
F×C	25 1	- 1 5	- 3 6	20 5	10 9	21 5	60 2	- 7 1	- 37 1
G×C	23 8	8 5	- 8 5	19 1	2 9	13 0	80 4	16 8	- 16 0
H×C	22 7	- 6 0	- 12 8	21 0	8 4	24 5	51 7	- 14 1	- 45 9
I×C	25 8	- 1 0	- 6 8	18 6	10 2	1 5	85 6	- 10 6	0 2
E×D	25 5	7 8	- 2 2	21 7	3 8	28 2	53 9	0 2	- 43 6
F×D	30 3	9 3	16 2	19 6	- 2 4	16 2	81 7	33 4	- 14 6
G×D	19 6	- 18 5	- 24 9	20 8	3 5	23 4	57 4	- 12 1	- 40 0
H×D	29 9	13 7	15 1	20 5	- 2 2	21 5	81 1	42 9	- 15 2
I×D	26 7	4 7	2 3	20 0	0 3	18 4	80 8	16 6	- 15 5
F×E	28 4	13 2	9 2	18 6	- 5 0	10 1	65 8	14 6	- 31 2
G×E	21 4	- 0 3	- 18 0	21 6	10 2	28 0	55 5	- 9 8	- 42 0
H×E	26 6	11 8	2 2	21 4	4 4	26 6	61 9	17 0	- 35 3
I×E	25 0	9 1	- 4 1	21 8	12 2	29 0	71 2	8 9	- 25 6
G×F	23 9	- 6 3	- 8 2	20 9	10 8	23 7	64 5	- 6 6	- 32 6
H×F	31 4	12 6	20 5	20 7	4 7	22 3	83 1	37 7	- 13 1
I×F	35 1	30 0	34 6	19 2	2 8	13 7	91 2	25 1	- 4 7
H×G	24 6	1 7	- 5 5	18 8	- 4 8	11 3	69 4	7 7	- 27 5
I×G	25 9	11 2	- 0 6	19 5	4 1	15 4	81 4	5 7	- 15 0
I×H	28 1	9 7	8 0	20 3	3 5	19 9	92 0	34 1	- 4 1
平均值 M ean value	25 0	4 4	- 4 4	20 1	5 9	19 0	69 4	4 6	- 27 1
平均杂种 优势/% M ean heterosis		5 2			5 3			5 2	

注(Note): GW P. grain weight per plant; PP. panicles per plant; FSP. filled spikelets per panicle; OPH. over parent heterosis; OCH. over control heterosis; TGW. 1 000-grain weight; PL. panicle length; SS seed set

2 1 4 千粒重 由表2 可以看出, 各生态型组合中千粒重的对照优势和超中亲优势均不明显。平均超中亲优势仅为4 4%, 而与对照相比, 其平均优势为负向优势。在所有组合中, 西北粳× IRAT 粳(I×F)的F₁ 千粒重最高, 其次为 ITA 粳× IRAT 粳(H×F)、IRAT 粳× 台湾粳(F×B)、IRAT 粳× 巴西粳(F×D)。由此可见, 非洲 IRAT 粳在千粒重上具有

优势基因, 杂交组合双亲中只要有 IRAT 粳稻, 均可提高杂种的千粒重。

从对照优势和超中亲优势可以看出, 西北粳为韩国粳、巴西粳、美国粳、非洲 IRAT 粳和 ITA 粳的优势生态型, 西北粳与这几个生态型配组, 出现强优势组合的几率较高; 日本粳为台湾粳、韩国粳、华北粳和非洲 ITA 粳的优势生态型; 台湾粳为韩国粳和

巴西粳的优势生态型; 韩国粳为华北粳的优势生态型; 最佳优势组配模式为韩国粳×日本粳、西北粳×美国粳和台湾粳×日本粳。由各生态型组合产量构成因素分析可以看出, 不同生态型配组的F₁ 在每株穗数上具有较强的优势, 而在穗粒数和千粒重上优势不明显。

表3 各生态型组合数及超过对照10%以上组合所占比率
Table 3 The count of combinations surpass check by 10% and its rate

生态型 Ecotype	B	C	D	E	F	G	H	I
A	20(95)	20(100)	14(28.6)	17(41.8)	21(47.6)	13(92.3)	6(83.3)	7(71.4)
B		5(80)	4(100)	6(66.7)	5(60)	7(42.9)	8(62.5)	5(100)
C			8(25.0)	8(50.0)	9(66.7)	9(88.9)	9(44.4)	7(100)
D				11(36.4)	6(16.7)	5(0)	3(0)	10(80.0)
E					16(31.3)	14(35.7)	8(37.5)	5(80.0)
F						10(70.0)	8(75.0)	7(100)
G							6(83.3)	7(71.4)
H								12(83.3)

注: 括号内为单株产量超过对照10%以上组合所占比率(%)。
Note: Rate of the combinations surpass check by 10% of grain weight per plant

2.2 同一亲本组合不同性状分析

将同一生态型为亲本的所有组合的性状均值列于表4。由表4可以看出, 以台湾粳(B)为亲本的组合类型表现出较高的单株产量、穗粒数、结实率和每株穗数; 以韩国粳(C)为亲本的组合中具有较高的单株产量, 最高的每株穗数; 以西北粳(I)为亲本的组合类型表现出最高的穗粒数和结实率及较高的单株产量; 以日本粳(A)为亲本的组合类型也表现出高的单株产量; 以非洲IRAT 粳稻(F)和非洲ITA 粳稻(H)为亲本的F₁ 具有较高的千粒重。因此可以认为, 台湾粳、韩国粳、日本粳和西北粳为本试验的优势生态型。

表4 同一亲本组合类型不同性状的比较
Table 4 Comparison of main agronomic characters of combination with same ecotype parent

亲本类型 Parents	单株粒重/g GWP	每株穗数 PP	穗粒数 FSP	千粒重/g TGW	穗长/cm PL	结实率/% SS
A	24.44	12.92	82.20	22.86	20.12	66.48
B	26.53	14.10	82.49	23.54	19.85	72.25
C	26.45	18.44	71.39	20.81	19.66	61.35
D	17.66	12.85	59.26	22.43	20.71	56.04
E	18.14	10.02	77.76	23.75	20.83	60.47
F	18.40	8.99	73.13	31.08	19.67	66.78
G	20.84	10.28	89.48	22.78	20.03	69.76
H	20.23	9.15	83.98	26.91	20.46	73.67
I	24.29	8.23	109.73	27.48	19.78	84.06

2.3 不同生态型在形态分化上的特点及其与杂种优势的关系

表5是9个生态型的形态指数积分和主要农艺性状, 按照6个形态指数积分小于或等于8为籼, 9~13为偏籼, 14~17为偏粳, 大于或等于18为粳的原则, 日本稻(A)、台湾稻(B)、华北稻(G)和西北稻(I)在形态上为典型的粳稻; 韩国稻(C)、巴西稻(D)和非洲IRAT 稻(F)在形态上偏粳; 美国稻(E)和非洲ITA 稻(H)在1~2穗节长和籽粒长宽比2个性状皆为非典型的籼、粳性状, 因而划分为偏籼。这与美国稻、ITA 稻中偏籼类型所占比例较大有关。为了进一步了解杂种优势与双亲在形态分化上的差异, 分析了36个生态型组合的对照优势和超中亲优势与双亲形态指数差异的关系。通过计算得出, 对照优势和超中亲优势与双亲形态指数差值的相关系数分别为0.2269和0.2219, 均未达到显著水平。说明形态指数差异不足以预测杂种优势。

从各生态型主要性状分析可以看出, 9个生态型各性状之间有相当大的差异, 单株产量以西北粳(I)表现最为突出, 为23.6g; 韩国粳(C)和非洲ITA

粳(H)的每株穗数最多; 西北粳和华北粳(G)具有较 现出大粒特性。
高的每穗粒数; 千粒重以非洲 IRAT 粳(F) 最大, 表

表5 各生态型形态指数积分及主要农艺性状

Table 5 Agronomic traits and combined morphological trait index (CM T index) of ecotypes						
生态型 Ecotypes	形态指数积分 CM T index	单株产量/g GW P	每株穗数 PP	穗粒数 FSP	千粒重/g TGW	株高/cm Plant height
A	22.1	19.5	12.0	78.2	20.9	101.0
B	22.3	15.2	11.2	67.1	21.7	100.7
C	15.5	18.0	13.8	58.1	21.8	89.3
D	14.0	14.8	7.9	56.8	26.2	116.8
E	12.3	15.7	9.9	69.4	21.1	95.7
F	14.8	15.1	8.6	66.7	29.2	106.8
G	19.4	18.1	9.7	85.8	21.8	101.6
H	10.0	19.6	12.9	62.4	26.6	102.7
I	20.6	23.6	8.4	120.5	24.7	102.7

将单株产量超过对照50%的组合类型定为强优势组合, 共有 8 个组合类型的单株产量超过对照 50%。分析这些组合类型形态指数的差异可以发现, 这 8 个组合类型在形态上差异较大, 如产量优势较大的西北粳×美国粳(I×E), 西北稻在形态上划为粳, 美国稻为偏粳。尽管形态指数差值与杂种优势的相关性并不很明显, 但本研究结果表明, 具有较大杂种优势的组合类型, 其双亲的形态指数差值一般也较大。

表6 强优势组合亲本间的粳籼分化差异

Table 6 Differences of indica-japonica differentiation of the parents for the combination type with strong heterosis			
组合类型 Combination types	单株产量/g GW P	对照优势/% Competitive heterosis	形态指数差值 DPCMT
C×A	36.3	119.6	6.6
I×E	34.3	107.5	8.3
B×A	31.0	88.4	0.2
H×A	27.3	65.4	11.3
G×A	27.1	63.9	2.7
C×B	25.2	52.5	6.8
D×B	24.9	50.5	8.3
D×C	24.8	50.0	1.5

注(Notes): DPCMT, Different of parents in CM T index

3 讨 论

筛选(或构建)杂种优势群的目的是要提高测交筛选强优势组合的效率, 减少育种的盲目性。杂种优势群的研究在玉米上较多, 并且已形成一些著名的杂优配对模式。水稻上的研究集中在筛选两系不育系的优势生态类型, 局限性较大。而在北方粳稻区, 三系杂交稻仍占主导地位, 常规品种的选育也是育种单位的主攻方向。因此在众多的生态型及品种系列中, 明确了哪些是优势生态型, 便可以其作为基因供体, 指导优良不育系和恢复系的遗传背景选育方向, 提高粳稻的杂种优势, 同时可减少杂交选育的盲目性。本研究依据栽培稻的分类体系, 将不同来源的品种归属到不同的生态型中, 采用不同生态型之间相互杂交来研究粳稻的优势生态型及杂种优势模

式, 以便指导粳型水稻品种的选育, 提高育种效率, 丰富各生态型内和生态型间的遗传基础, 提高粳稻杂种优势利用水平。
在本研究的 9 个生态类型中, 西北粳和台湾粳表现突出, 以西北粳为亲本的组合中, 杂种均表现出很强的超中亲优势和对照优势。分析强优势组合各性状的杂种优势值, 主要以穗数和穗粒数优势值较大, 即杂种 F₁ 具有较强的分蘖力, 较高的每穗粒数。台湾粳和 ITA 粳在所有的生态型组合中也表现出较强的杂种优势, 所以通过本试验可以初步认为, 西北粳、台湾粳、日本粳和韩国粳为本研究的优势生态型。最佳优势配对模式为韩国粳×日本粳、西北粳×美国粳和台湾粳×日本粳。从杂种产量构成因素可以看出, 台湾粳、日本粳和韩国粳具有穗数上的优势基因, 西北粳具有粒数上的优势基因, 非洲 IRAT 粳

具有粒重上的优势基因。了解不同品种类型在产量及产量构成因素上的优势,对在不同生态地区根据育种的主要目标或主攻方向,有目的地选择不育系和恢复系具有参考价值,如西北稻在穗粒数上已有较高水平,需在穗数上有所突破,采用本地不育系与日本粳或韩国粳恢复系配组,既可扩大亲本地理远源关系和遗传分化上的差异,又可使杂种在穗数上具有较强的优势。

由于本试验各生态型的品种均选用育成品种,而未采用地方品种,不能很好代表一个生态类型,但是与地方品种组配的杂种因农艺性状较差,难以在生产上利用,而优势生态型的研究主要是为了提高

杂交粳稻的优势,打破杂交粳稻育种长期徘徊不前的局面,为杂交粳稻育种提供理论支撑。所以试验材料采用育成品种,研究结果将更有助于北方杂交粳稻的发展,同时也为常规粳稻的选育提供了理论基础。就本试验而言,强优势组合类型韩国粳×日本粳、西北粳×美国粳都为地理来源和形态差异较大的生态类型,这就为杂交组合亲本的选择提供了依据。当然,本研究只是根据 F_1 的单株产量和产量构成因素来确定粳稻的优势生态型,在生产实践中对品质和抗性的要求也非常重要,因此对优势生态型的品质和抗性还需作进一步的研究。

[参考文献]

- [1] 吴景锋. 我国玉米杂交种种质基础评述[J]. 中国农业科学, 1983, (2): 1- 8
- [2] 刘新芝, 彭泽斌, 傅骏骅, 等. RAPD 在玉米类群划分研究中的应用[J]. 中国农业科学, 1997, 30(3): 44- 51
- [3] 吴敏生, 王守才, 戴景瑞. AFLP 分子标记在玉米优良自交系优势群划分中的应用[J]. 作物学报, 2000, 26(1): 9- 13
- [4] 袁力行, 傅骏骅, 张世煌, 等. 利用RFLP 和SSR 标记划分玉米自交系杂种优势群的研究[J]. 作物学报, 2001, 27(2): 149- 156
- [5] 黄益勤, 李建生. 利用RFLP 标记划分45 份玉米自交杂种优势群的研究[J]. 中国农业科学, 2001, 34(3): 244- 250
- [6] 陈立云, 戴魁根, 李国泰, 等. 不同类型粳粳杂种F₁ 比较研究[J]. 杂交水稻, 1992, (4): 35- 38
- [7] 陈 亮, 孙传清, 李自超, 等. 华北两系杂交粳稻优势生态型的初步研究[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(3): 30- 40
- [8] 孙传清, 陈 亮, 李自超, 等. 两系杂交稻优势生态型的初步研究[J]. 杂交水稻, 1999, 14(2): 34- 38
- [9] 王象坤, 孙传清, 李自超. 生物多样性的起源及亚洲栽培稻的分类[J]. 植物遗传资源科学, 2000, 1(2): 48- 53
- [10] 程侃声, 王象坤, 卢义宣, 等. 云南稻种资源的综合研究与利用 II. 亚洲栽培稻分类的再认识[J]. 作物学报, 1984, 10(4): 271- 280

Studies on heterotic ecotypes and heterotic patterns of japonica rice

LIU Wei^{1,2}, SHI Yan-li¹, LI Zi-chao²,

MA Hong-wen¹, WANG Jian¹, ZHANG Hong-liang²

(1 The Crop Research Institute of Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Yongning, Ningxia 750105 China;

2 College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: The heterotic ecotypes were studied by analysing of heterosis of the F_1 hybrids, which were created in a diallel set of cross between 9 ecological types. The heterotic patterns of japonica rice were also established. The result indicated that Japonica ecotype of Northwest China, Taiwan, Japanese and Korea were considered as heterotic ecotypes in this study. The best heterotic patterns in this study were Japonica ecotype of Korea × Japonica ecotype of Japanese, Japonica ecotype of Northwest × American rice and Taiwan japonica rice × Japonica varieties of Japanese. It suggested that Northwest Japonica varieties have heterotic genes in number of grains, Taiwan, Japanese and Korean japonica varieties in number of panicle, IRAT varieties in grain weight, and there were not significant differences of correlation coefficient between heterosis and the divergence of parents in morphological traits.

Key words: rice; heterosis; heterotic ecotypes; pattern