

## 华北两系杂交粳稻优势生态型初步研究

陈亮 孙传清 李自超 王象坤

(中国农业大学作物学院)

**摘要** 以4个光(温)敏核不育系培矮64s、N422s、108s、LS2s分别与12个生态型材料配组,对F<sub>1</sub>进行产量及产量构成因素的分析。结果发现,培矮64s与爪哇稻、华北育成粳、韩国地方粳、韩国育成粳、南方育成粳、东北育成粳、东北地方粳等为强优势配对模式;南方地方粳、光壳稻、华北地方粳、新株型粳稻、南方育成粳、华北育成粳等为N422s的优势生态型;南方地方粳、华北地方粳、韩国地方粳、新株型粳稻等是108s的优势生态型;LS2s与爪哇稻、华北地方粳、华北育成粳等配组优势较强。探讨了水稻优势生态型的筛选问题和这4个不育系及这12个不同生态型材料在北方两系杂交粳稻中的应用。认为培矮64s、N422s、108s这三个不育系具有较好的广亲和性和配合力,在华北两系杂交粳稻育种中有一定的利用价值;LS2s不具备广亲和性,配合力也较差,在育种中可间接利用其大粒的优势。华北粳是4个不育系的优势生态型,因此在水稻优势生态型的研究中,本地恢复系和不育系更值得注意。

**关键词** 水稻; 优势生态型; 两系杂交粳稻

**分类号** S511.035.1

## Study on Heterotic Ecotype of Two-Line Japonica Hybrid Rice in North China

Chen Liang Sun Chuanqing Li Zichao Wang Xiangkun

(College of Crop Sciences, CAU)

**Abstract** Four photoperiod-(themo-) sensitive genic male sterile rice lines, pei'ai64s, N422s, 108s, LS2s were crossed with 12 ecotypes of Asian cultivated rice to select heterotic ecotypes of two-line japonica hybrid rice in north China based on the analysis of F<sub>1</sub>s' yield. The results showed that javanica ecotype, north China ecotype of improved varieties, Korea ecotype (including local and improved varieties), south China ecotype of improved varieties, northeast China ecotype (including local and improved varieties) in japonica subspecies were heterotic ecotypes of pei'ai64s; South China ecotype (including local and improved indica varieties), nuda ecotype, north China ecotype (including local and improved japonica varieties), new plant type indica and so on were heterotic ecotypes of N422s; South China ecotype of local indica varieties, north China ecotype of local japonica varieties, Korea ecotype of local japonica varieties, new plant type indica were heterotic ecotypes of 108s; The F<sub>1</sub>s between LS2s and javanica ecotype and north China ecotype (including local and improved japonica varieties) had more significant heterosis than others. The selection of heterotic ecotype of rice and application of the 4 sterile lines and the 12 ecotypes in the

收稿日期: 1999-09-03

陈亮,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094



breeding program of two-line japonica hybrid rice in northern China were discussed. The experiment suggested that pei'ai64s, N422s, 108s were of better wide compatibility and better combining ability while LS2s was poor in wide compatibility and combining ability. It is suggested that the local restorer lines and sterile lines are worth being paid more attention when investigating heterotic ecotype of rice.

**Key words** rice; heterotic ecotype; two-line japonica hybrid rice

水稻是我国最重要的粮食作物,其单产和总产的提高对解决和保证我国的粮食自给具有举足轻重的地位。近年来,北方稻作面积不断扩大,成为我国越来越重要的粮食基地。然而,北方粳稻的适应范围比籼稻要小,遗传多样性也比籼稻低,尽管杂交粳稻早于杂交籼稻实现了三系配套,但由于优势不强而未能首先应用于生产。另外,粳稻中极其缺乏恢复基因。70年代初,辽宁农科院采取“籼粳架桥”的方法人工创造了第一个粳稻强优势恢复系C57<sup>[1]</sup>,并选育了一批组合应用于生产。但是由于没有把握好高产与抗性的结合、对BT型配子体不育系的育性表现和提纯认识不够及种子生产体系的滞后,杂交种子纯度差,给杂交粳稻的大面积推广造成了困难。近年来随着常规粳稻育种水平的提高,北方杂交粳稻生产面临着更加严峻的形势<sup>[2,3]</sup>。水稻广亲和性基因与光敏核不育水稻的发现及深入研究为水稻生产再上台阶带来了曙光,水稻亚种间杂种优势的利用将是实现这一目标的重要途径<sup>[4,5]</sup>。两系法突破了恢复性的限制,这对极其匮乏恢复基因资源的粳稻来说具有更大的意义。广亲和基因克服了亚种间杂种育性差的问题,为利用水稻籼粳亚种间的强大优势提供了良机<sup>[6]</sup>。

杂种优势的利用首先是需要筛选到强优势的组合,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。因此研究采用具有针对性的测交筛选方法来选择适合不同生态区的优势生态型和强优势配对模式以提高育种效率是有必要的。杂种优势群和强优势配对模式的构建近年来成为国内外育种家们的研究热点<sup>[7,8]</sup>。这一研究对克服杂交配组的盲目性,提高育种效率具有重要意义。杂种优势群的研究源于杂交玉米的生产并得到了成功的利用。国内外对玉米杂种优势群已有大量的研究,杂交玉米生产已形成了一些有名的杂优配对模式。如美国的Reid × Lancaster,我国的国内系 × 国外系等<sup>[7,9]</sup>,张波等对小麦优势型的研究<sup>[10-13]</sup>,陈立云(1992)<sup>[14]</sup>对早籼、中籼、晚籼与早粳、中粳、晚粳不同生态型之间的杂种优势和杂优配对模式的研究。孙传清等<sup>[15]</sup>首次以培矮64s和N422s筛选出一些有价值的两系杂交稻优势生态型。三系杂交籼稻主要是利用了由我国长江流域的早中籼转育的不育系与国际稻及其衍生系之间的地理远缘品种间杂种优势<sup>[16]</sup>,也可看作是一种强优势配对模式。本研究是在我们以前的研究基础上利用4个光(温)敏核不育系与12个不同类型的材料杂交,通过对F<sub>1</sub>的产量及产量构成性状的评价来研究华北两系杂交粳稻的优势生态型,探讨在水稻的同一亚种内或亚种间的不同生态型之间是否也象玉米一样存在杂优配对模式。

## 1 材料与方法

收集了12个生态型材料,包括东北粳(东北育成粳、东北地方粳)、华北粳(华北育成粳、华北地方粳)、南方育成粳(包括江苏、浙江、上海、湖南、湖北等地)、光壳稻(包括云南、泰国等地)、韩国粳(韩国育成粳、韩国地方粳)、韩国育成籼、爪哇稻、新株型粳稻、新株型籼稻、美国

稻、非洲大粒粳、南方籼(南方育成籼稻、南方地方籼稻)等类型。以培矮 64s、N 422s、108s、L S2s 共 4 个光(温)敏核不育系与上述各类型材料配组(表 1)。98 年将 F<sub>1</sub> 种植在北京, 3 次重复, 04-27 播种, 06-01 单本移栽, 按完全随机栽植, 密度为 10 × 30 cm 530 cm, 每行 10 株, 田间管理同大田。大田记载抽穗期及部分形态性状, 收获前量株高, 考种时每行取中间长势一致的 5 株在室内考察穗数、每穗总粒数、每穗实粒数、结实率、千粒重、单株重, 以 L S2s/选一为对照计算单株产量的竞争优势。所有参试材料考察 6 个形态指标, 以程氏指数来判别参试材料的籼粳属性。

## 2 结果与分析

### 2.1 供试材料的籼粳分类

对 4 个不育系和所有父本进行了程氏形态指数法的打分, 以 6 个性状的积分来判别供试材料的籼粳属性。所有材料分为籼型、偏籼型、偏粳型、粳型 4 类(见表 1)。培矮 64s 的形态指数为 8, 但考虑到它的稃毛和壳色都不是典型的籼稻性状, 因此将培矮 64s 划归为偏籼类型<sup>[9]</sup>。N 422s 的形态指数为 17, 属偏粳型, 108s 的形态指数为 18, 属粳型, L S2s 的形态指数为 17, 属偏粳型。供试材料中的东北粳全为典型的粳稻, 华北粳中有少量材料偏粳, 18 份爪哇稻中有 14 份偏粳, 说明爪哇稻是一类分化不彻底的热带粳稻。新株型粳稻中偏粳材料较多, 韩国育成粳中偏粳的多于韩国地方粳, 19 份美国稻中有 15 份偏粳, 20 份非洲大粒粳中有 9 份偏粳, 20 份光壳稻中有 13 份偏粳, 南方育成粳中有 4 份偏粳。爪哇稻、美国稻、非洲大粒粳、光壳稻中偏粳类型所占比例较大, 这可能与这些材料所在的生态环境和选育过程有关。南方籼基本为典型籼稻, 而韩国育成籼、新株型籼稻中的偏籼材料较多。

表 1 4 个不育系与 12 个生态型的籼粳属性及其所配组合数

生态类型	不育系				籼粳属性			
	培矮 64s	N 422s	108s	L S2s	粳	偏粳	偏籼	籼
东北育成粳	17	22	17	14	27			
东北地方粳	12	13	11	12	15			
华北育成粳	22	29	30	26	38	3		
华北地方粳	7	6	7	9	9	3		
爪哇稻	15			9	14	4		
新株型粳稻	13	4	4	13	16	6		
韩国育成粳稻	26	37	19	29	38	7		
韩国地方粳稻	19	25	20	17	33	2		
美国稻	17	13	8	12	4	15		
非洲大粒粳	10	7	12	13	11	9		
光壳稻	15	7	7	11	7	13		
南方育成粳	14	7	11	10	16	4		
新株型籼稻	11	5	6	7			4	12
韩国育成籼稻	13	8	10	11			4	12
南方育成籼	10	7	5	7			1	10
南方地方籼	8	11	5	4			1	15
总计	229	201	172	204	228	66	10	49

## 2.2 培矮 64s 与不同生态型配组 F<sub>1</sub> 的产量及产量构成因素的表现

由表 2 可知, 培矮 64s 与爪哇稻、华北育成粳、韩国地方粳、韩国育成粳、南方育成粳、东北育成粳、东北地方粳等类型所配 F<sub>1</sub> 的单株产量具有较大的竞争优势, 竞争优势均在 15% 以上, 这几个类型可认为是培矮 64s 的优势生态型。培矮 64s 与韩国稻(包括育成粳、粳和地方粳, 下同)、新株型籼稻、南方地方粳等类型所配 F<sub>1</sub> 的分蘖力较强, 与爪哇稻、美国稻、非洲大粒粳、光壳稻等类型所配 F<sub>1</sub> 分蘖力较弱, 而韩国稻、新株型籼稻、南方地方粳等本身具有较强的分蘖力, 爪哇稻、美国稻、非洲大粒粳、光壳稻等类型本身的分蘖力就很弱(亲本资料未列出)。由此可见, F<sub>1</sub> 的分蘖力与亲本密切相关。株高的情况也大体如此, 爪哇稻、华北地方粳、光壳稻、韩国地方粳、南方地方粳等地方材料植株高大, 培矮 64s 与它们所配 F<sub>1</sub> 株高就更高, 而东北育成粳、韩国育成粳、韩国育成粳、新株型籼稻、南方育成粳和南方育成粳等育成材料都是矮秆类型, 因此培矮 64s 与它们所配 F<sub>1</sub> 株高就比较矮, 说明 F<sub>1</sub> 的株高与双亲密切相关(培矮 64s 也是矮秆)。千粒重的情況也类似, F<sub>1</sub> 的千粒重与亲本的千粒重密切相关。从每穗实粒数来看, 培矮 64s 与爪哇稻、美国稻、华北育成粳、华北地方粳、东北育成粳等类型所配 F<sub>1</sub> 的实粒数较多, 都在 120 粒以上; 而与韩国育成粳、新株型籼稻、南方育成粳、南方地方粳等类型所配 F<sub>1</sub>, 其每穗实粒数在 93 粒以下, 说明亚种间杂交稻具有大穗的优势。培矮 64s 与各类型所配 F<sub>1</sub> 的结实率相差不大, 与粳与粳结实都正常, 说明了培矮 64s 具有较好的广亲和性。但培矮 64s 所配的组合在北京的结实率都不高, 可能与培矮 64s 为粳型材料有关。

表 2 培矮 64s 所配 F<sub>1</sub> 的产量及产量构成因素

生态类型	组合数	株高 h/cm	穗数	总粒数	实粒数	结实率 Q/%	千粒重 m/g	单株重 m/g	竞争优势 Q/%
东北育成粳	17	90.8	7.3	169.0	123.4	77.9	22.6	20.5	17.6
东北地方粳	12	101.6	7.6	155.9	115.9	77.3	23.2	20.3	16.4
华北育成粳	22	97.4	8.4	174.5	125.3	79.7	21.6	22.7	30.3
华北地方粳	7	113.3	7.3	169.6	123.8	78.9	21.9	19.9	14.3
爪哇稻	15	115.0	6.9	205.6	127.3	72.0	26.1	22.8	31.3
新株型粳稻	13	89.2	7.2	173.4	114.5	72.5	23.7	19.4	11.5
新株型籼稻	11	82.8	9.0	127.8	83.5	69.5	24.3	17.4	0.25
韩国育成粳	26	95.1	8.9	154.6	110.5	79.9	22.1	21.5	23.8
韩国育成粳	13	76.5	9.0	106.7	77.5	80.7	21.3	14.9	14.5
韩国地方粳	19	106.7	8.8	171.0	116.5	77.3	21.0	21.6	24.4
美国稻	17	98.1	6.8	183.5	125.3	74.2	22.8	19.5	11.9
非洲大粒粳	10	98.8	6.9	153.8	105.3	78.4	26.1	19.0	9.3
光壳稻	15	106.4	7.1	174.7	109.1	71.9	25.1	19.4	11.4
南方育成粳	14	91.6	7.8	189.2	114.5	75.9	23.4	20.8	19.3
南方育成粳	10	85.5	8.3	142.5	92.1	73.8	23.6	17.8	2.4
南方地方粳	8	106.6	9.3	140.9	91.8	70.3	24.4	20.2	16.1

结实率是通过随机取样计算空粒与总粒数得出, 实粒数则是通过净重(用水漂洗, 去掉了半饱和空粒)、千粒重、穗数之间的计算而得到。因此表中的结实率要比表中实粒数/总粒数之比大, 二者的差值表明了籽粒的充实度。下同。

### 2.3 N422s 与不同生态型配组 F<sub>1</sub> 的产量及产量构成因素的表现

由表 3 可知, N422s 与南方地方籼、光壳稻、华北地方粳、新株型籼稻、南方育成籼、华北育成粳等类型所配 F<sub>1</sub> 的单株产量的竞争优势在 15% 以上, 可将这几个类型确定为 N422s 的优势生态型。从每株穗数来看, N422s 与 4 个籼稻所配的 F<sub>1</sub> 的每株穗数较多, 说明亚种间组合具有穗数优势。F<sub>1</sub> 的株高情况则与培矮 64s 相似, 与地方类型配的组合具有较高的株高, 与育成材料配的 F<sub>1</sub> 的株高较矮。N422s 与育成籼稻杂交是亚种间杂交, 但 F<sub>1</sub> 株高超亲不很强, 说明在现代育成籼稻中存在的矮秆基因能有效地降低 F<sub>1</sub> 的株高, 而用地方品种杂交则 F<sub>1</sub> 的植株偏高。因此, 水稻亚种间组合植株超高的问题可由双亲携有矮秆基因而解决。N422s 与各类型所配 F<sub>1</sub> 结实率很接近, 都在 80% 左右, 说明 N422s 的广亲和性比较好。

表 3 N422s 所配 F<sub>1</sub> 的产量及产量构成因素

生态类型	组合数	株高 h/cm	穗数	总粒数	实粒数	结实率 Q/%	千粒重 m/g	单株重 m/g	竞争优势 Q/%
东北育成粳	22	103.7	5.8	164.8	117.1	80.5	27.5	18.6	6.9
东北地方粳	13	115.2	6.6	151.2	105.1	79.2	26.9	18.8	7.9
华北育成粳	29	110.8	6.6	163.2	120.9	84.3	25.7	20.5	17.9
华北地方粳	6	124.6	6.7	147.0	116.1	81.7	27.5	21.5	23.6
新株型粳稻	4	108.8	6.1	160.1	113.2	82.5	28.5	19.6	12.9
新株型籼稻	5	100.4	8.2	133.8	96.8	82.4	26.1	20.7	19.0
韩国育成粳	37	107.6	7.4	144.2	104.7	83.8	25.5	19.5	12.1
韩国育成籼	8	94.2	8.4	133.2	89.9	79.7	25.4	19.2	10.4
韩国地方粳	25	121.0	7.2	148.7	102.4	81.6	24.1	17.7	1.8
美国稻	13	112.5	6.0	180.0	124.4	76.7	25.9	19.2	10.1
非洲大粒粳	7	103.3	6.3	141.1	99.2	76.2	28.3	17.7	1.6
光壳稻	7	117.9	6.7	179.4	126.0	78.9	27.2	22.9	31.5
南方育成粳	7	106.6	5.7	176.7	127.5	78.4	26.6	18.4	5.7
南方育成籼	7	98.7	7.3	151.4	106.4	78.6	27.2	20.8	19.6
南方地方籼	11	130.5	7.4	165.3	120.0	79.6	26.9	24.0	37.8

### 2.4 108s 与不同生态型配组 F<sub>1</sub> 的产量及产量构成因素的表现

由表 4 可知, 108s 与南方地方籼、华北地方粳、韩国地方粳、新株型籼稻等类型所配 F<sub>1</sub> 的竞争优势在 15% 以上, 可确定这几个类型为 108s 的优势生态型。从单株穗数来看, 108s 与培矮 64s、N422s 类似, 与地方材料和籼稻所配的 F<sub>1</sub> 的单株穗数较多, F<sub>1</sub> 株高、千粒重的情況也类似于培矮 64s 和 N422s。从结实率来看, 108s 与各类型配的 F<sub>1</sub> 的结实率都较高, 比培矮 64s、N422s 所配组合要高些, 且与粳稻的结实率要高于与籼稻的结实率, 但与籼稻的结实率也在 78% 以上, 说明 108s 亦有较好的广亲和性。

表 4 108s 所配 F<sub>1</sub> 的产量及产量构成因素

生态类型	组合数	株高 h/cm	穗数	总粒数	实粒数	结实率 Q/% *	千粒重 m/g	单株重 m/g	竞争优势 Q/%
东北育成粳	17	99.9	5.0	167.5	131.5	86.9	25.7	16.9	-3.0
东北地方粳	11	111.7	6.2	152.3	117.5	84.2	25.5	18.4	5.8
华北育成粳	30	108.7	6.2	161.8	126.8	85.3	25.1	19.6	12.9
华北地方粳	7	129.2	6.3	196.5	149.4	84.0	25.1	23.4	34.6
新株型粳稻	4	97.8	6.2	141.8	100.5	78.1	27.0	16.8	-3.7
新株型粳稻	6	94.1	8.2	137.1	97.1	78.4	26.4	20.5	17.7
韩国育成粳	19	106.9	6.7	151.9	16.9	84.4	25.2	19.7	13.0
韩国育成粳	10	90.1	7.9	120.0	91.7	82.6	25.0	18.0	3.61
韩国地方粳	20	120.7	7.0	161.5	124.4	83.6	24.0	21.0	20.5
美国稻	8	113.1	5.4	174.3	124.8	77.9	26.3	17.8	2.2
非洲大粒粳	12	114.2	6.1	140.5	104.6	82.7	30.0	19.2	10.3
光亮稻	7	116.4	6.1	166.9	121.2	81.8	26.9	19.9	14.4
南方育成粳	11	101.1	6.2	168.3	122.7	80.7	25.5	19.2	10.4
南方育成粳	5	93.4	7.0	143.2	100.8	77.2	26.9	19.0	9.3
南方地方粳	5	130.0	9.1	138.5	103.0	78.3	28.1	26.5	52.1

## 2.5 LS2s 与不同生态型配组 F<sub>1</sub> 的产量及产量构成因素的表现

由表 5 可知,LS2s 与各生态型配组的 F<sub>1</sub> 的产量明显低于其他 3 个不育系,其中与爪哇稻、华北地方粳、华北育成粳等类型所配的 F<sub>1</sub> 的单株产量超过对照,可初步认为这 3 个类型为

表 5 LS2s 所配 F<sub>1</sub> 的产量及产量构成因素

生态类型	组合数	株高 h/cm	穗数	总粒数	实粒数	结实率 Q/% *	千粒重 m/g	单株重 m/g	竞争优势 Q/%
东北育成粳	14	87.1	6.0	109.7	91.2	87.0	29.9	16.4	-5.8
东北地方粳	12	95.0	6.4	101.8	82.7	84.4	30.4	16.1	-7.7
华北育成粳	26	93.8	6.3	122.7	96.2	85.9	30.0	18.2	4.4
华北地方粳	9	112.6	7.1	118.2	89.1	81.2	30.1	19.0	9.0
爪哇稻	9	109.5	6.2	127.9	93.6	77.7	33.2	19.2	10.2
新株型粳稻	13	86.5	5.8	116.4	82.1	76.9	31.3	14.8	-14.7
新株型粳稻	7	82.4	8.2	102.9	46.4	52.0	32.4	12.0	-30.8
韩国育成粳	29	88.0	6.8	102.1	80.1	86.0	29.7	16.0	-7.9
韩国育成粳	11	86.0	8.4	98.9	62.4	68.8	28.2	14.7	-15.7
韩国地方粳	17	101.0	6.7	118.7	90.3	85.3	28.4	17.1	-1.8
美国稻	12	92.4	5.3	132.4	91.6	77.1	29.6	14.2	-18.3
非洲大粒粳	13	87.7	5.1	97.7	74.9	81.3	34.2	13.1	-24.7
光亮稻	11	101.0	5.6	135.6	90.1	76.3	32.3	15.7	-9.7
南方育成粳	10	84.6	5.4	126.9	98.2	86.0	30.3	15.7	-9.7
南方育成粳	7	85.2	7.9	109.6	49.0	48.4	32.0	12.1	-30.6
南方地方粳	4	113.2	6.8	101.4	58.3	64.1	34.3	13.3	-23.8

LS2s 的优势生态型。该不育系配组优势不强,主要是由于每株穗数、每穗粒数偏少,但该不育系配组的 F<sub>1</sub> 有一个非常明显的特点,就是千粒重较大,多数在 30 g 以上,与非洲大粒粳、爪哇稻等类型所配的 F<sub>1</sub> 的千粒重都在 33 g 以上,可见用 LS2s 配组可提高 F<sub>1</sub> 的千粒重。从结实率来看,LS2s 与韩国地方粳、东北粳等类型所配组合的结实率较高,在 80% 左右,而与育成粳、地方粳、新株型粳稻、韩国育成粳稻等类型所配的组合的结实率低,在 60% 左右,说明 LS2s 与粳稻杂交存在育性障碍,不具备广亲和性。

## 2.6.4 4 个不育系与不同生态型配组 F<sub>1</sub> 中超过对照 10% 的比率

由表 6 可看出,在培矮 64s 所配的组合中,培矮 64s 与华北育成粳、华北地方粳、爪哇稻、韩国育成粳、南方地方粳等类型所配的 F<sub>1</sub> 中超过对照 10% 以上的强优势组合数较多,所占比率最高;在 N422s 所配的组合中,N422s 与南方地方粳、南方育成粳、光壳稻、华北育成粳、新株型粳稻和新株型粳稻等类型所配 F<sub>1</sub> 中出现超对照 10% 以上的强优势组合数较多,所占比率最高;在 108s 所配的组合中,108s 与南方育成粳、南方地方粳、华北地方粳及韩国地方粳等类型所配的 F<sub>1</sub> 中超过对照 10% 的强优势组合数较多,所占比率最大;在 LS2s 所配的组合中,LS2s 与华北育成粳、华北地方粳、爪哇稻所配的 F<sub>1</sub> 中超过对照 10% 以上的组合数最多,所占比率也是最大的,而与其他类型所配的组合中超过竞争优势 10% 的组合数极少,说明 LS2s 的配合力在 4 个供试不育系中最差。对四个不育系来说,与华北育成粳、华北地方粳所配 F<sub>1</sub> 中超过竞争优势 10% 的强优势组合所占比率最大,韩国育成粳中出现强优势组合数最多,所占比率也很高。南方地方粳与培矮 64s、N422s、108s 所配 F<sub>1</sub> 的产量优势都很强,这主要由于 F<sub>1</sub> 的强分蘖力,但这些 F<sub>1</sub> 的植株太高而无法直接应用于生产。这些超对照 10% 以上的组合主要是亚种间组合,品种间组合也有一些优势很强。LS2s 在形态和 DNA 上均偏粳,且不具有广亲和性,与粳稻杂交存在育性障碍,因此与粳配组的产量明显低于与粳的产量。

表 6 各生态型中超过对照 10% 以上的组合数及其所占的比率

Q/%

生态类型	培矮 64s	N422s	108s	LS2s
东北育成粳	58.8(10/17)	50.0(11/22)	23.5(4/17)	21.4(3/14)
东北地方粳	66.7(8/12)	38.5(5/13)	36.4(4/11)	16.7(2/12)
华北育成粳	86.4(19/22)	69.0(20/29)	53.3(16/30)	42.3(11/26)
华北地方粳	71.4(5/7)	50.0(3/6)	100.0(7/7)	55.6(5/9)
爪哇稻	86.7(13/15)			33.3(3/9)
新株型粳稻	53.8(7/13)	100.0(4/4)	25.0(1/4)	7.7(1/13)
新株型粳稻	18.2(2/11)	71.4(5/7)	50.0(3/6)	0 (0/7)
韩国育成粳	76.9(20/26)	51.4(19/37)	63.2(12/19)	6.9(2/29)
韩国育成粳	0 (0/13)	37.5(3/8)	20.0(2/10)	0 (0/11)
韩国地方粳	57.9(11/19)	36.0(9/25)	80.0(16/20)	5.9(1/17)
美国稻	47.1(8/17)	53.8(7/13)	37.5(3/8)	8.3(1/12)
非洲大粒粳	50.0(5/10)	37.5(3/8)	66.7(8/12)	0 (0/13)
光壳稻	60.0(9/15)	85.7(6/7)	57.1(4/7)	11.1(1/9)
南方育成粳	64.3(9/14)	14.3(1/7)	45.5(5/11)	10.0(1/10)
南方育成粳	30.0(3/10)	71.4(5/7)	80.0(4/5)	0 (0/7)
南方地方粳	75.0(6/8)	90.9(10/11)	100.0(5/5)	0 (0/4)

括号中的分子表示超竞争优势 10% 的组合数,分母表示该类型所配组合数。

## 2.7 品种间杂种优势与亚种间杂种优势的比较

由表 7 可看出, 培矮 64s 与粳稻杂交的产量优势明显高于与籼稻配组的优势, 即亚种间的优势大于品种间的优势。从产量构成上看, 培矮 64s 与粳配组的  $F_1$  虽然在穗数上略低于与籼稻配组的  $F_1$ , 但在穗粒数上明显多于与籼稻配组的  $F_1$ , 说明亚种间配组在穗粒数上有更大优势。N 422s 和 108s 在形态上偏粳, 在 DNA 上前者偏籼, 后者则为籼粳中间型, 这两个不育系又都具有广亲和性, 因此与籼与粳配组结实率都基本正常,  $F_1$  的产量及产量构成因素的变化趋势非常接近, 与籼与粳配组在单株产量上差异并不大, 但与籼配组的穗数优势较强,

表 7 品种间杂种优势与亚种间杂种优势的比较

不育系	类型	组合数	株高 h/cm	穗数	总粒数	实粒数	结实率 Q/%	千粒重 m/g	单株重 m/g	竞争优势 Q/%
培矮 64s	籼	32	81.4	8.8	125.1	84.7	75.34	23.0	16.7	-4.04
培矮 64s	粳	136	95.7	7.8	171.1	116.8	76.68	23.1	20.6	18.28
N 422s	籼	18	96.5	8.0	139.8	97.1	79.83	26.1	20.1	15.58
N 422s	粳	131	108.5	6.6	160.3	115.0	81.41	26.4	19.7	13.48
108s	籼	19	91.8	7.8	130.0	94.8	79.91	25.8	18.8	8.19
108s	粳	109	107.2	6.1	161.0	121.9	83.50	26.1	19.0	9.31
LS2s	籼	23	84.8	8.2	104.2	54.6	58.21	30.5	13.3	-23.61
LS2s	粳	130	89.7	6.1	115.5	86.6	82.39	30.6	15.8	-9.42

## 3 讨论

### 3.1 4 个不育系与各生态型在华北两系杂交粳稻中的应用

培矮 64s 是我国目前应用最广的一个温敏核不育系, 由于配合力好, 在南方和北方都已配制出了不少两系杂交稻先锋组合, 如培矮 64s/特青、培矮 64s/9311、培矮 64s/C418 等, 在我国已有一定的推广面积; N 422s 和 108s 是偏粳型广亲和光敏核不育系, LS2s 是一个偏粳型光敏核不育系。由表 2~5 可知, 培矮 64s、108s、N 422s 与籼、粳稻杂交结实都比较正常, 说明这 3 个不育系具有较好广亲和性, 而 LS2s 与育成籼、地方籼杂交的结实率都较低, 说明 LS2s 不具备广亲和性。从各不育系的配组  $F_1$  的产量及产量构成因素发现, 培矮 64s 所配的组合具有明显的穗数优势, 因此, 尽管  $F_1$  的千粒重较小, 但单株产量的竞争优势是最大的, 所配组合株高也比较合适, 说明培矮 64s 是一个对籼对粳、品种间或亚种间、不论南方还是华北都比较适用的不育系。N 422s 所配的组合分蘖中等, 穗大粒多, 千粒重也比较大, 产量优势较强, 尽管株高超亲明显, 但与育成籼稻配组不仅优势强且株高适宜。108s 所配组合株高优势明显, 千粒重较大,  $F_1$  结实率较高, 但每株穗数偏少, 产量优势比 N 422s 要小。LS2s 所配组合株高较矮, 具有明显的大粒优势, 但穗粒数、穗数偏少。总的来说, 培矮 64s、N 422s、108s 具有广亲和性, 且都配出了不少强优势组合, 因此这 3 个不育系在北方两系杂交粳稻育种中有一定的应用价值。而 LS2s 不具有广亲和性, 且配出的强优势组合很少, 在育种中的直接利用价值不大。

综合 4 个不育系与 12 个不同生态型配组的产量结果, 东北育成粳、东北地方粳是培矮



64s 的优势生态型,但它们作为典型的粳稻与粳型不育系配组的优势不强。华北育成粳、华北地方粳是 4 个不育系的优势生态型,特别是华北育成粳所配的组合产量优势大,株高比较适中,有较大的应用价值。韩国育成粳与 4 个不育系所配组合的产量构成因素比较合理,因而产量优势也比较大;韩国育成粳与 4 个不育系配组的穗数优势比较大,但每穗实粒数太少,因此产量优势都不很高;韩国地方粳是培矮 64s、108s 的优势生态型,但株高太高而无法直接利用。总的来说,韩国稻的一个弱点是千粒重偏小,但韩国育成粳的配组优势比较强,在我国北方粳稻育种中还是有一定的利用价值。美国稻是一种偏粳的特殊稻种类型,与普通粳稻都具有一定的地理远缘,多数品种与粳稻都有较好的亲和性,且具有穗整齐、穗大粒多、米质优良等良好的农艺性状<sup>[17,18]</sup>。本研究中美国稻所配的组合的优势在于  $F_1$  的每穗总粒数较多,但分蘖少,且结实率不高,产量优势不大;非洲大粒粳是在非洲育成的普通栽培稻的一个大粒粳稻类型,它与 4 个不育系配组的产量优势都不强,主要是  $F_1$  的分蘖不强,每穗实粒数少,只有千粒重的优势比较大,因此美国稻、非洲大粒粳的直接利用有局限性,可间接利用美国稻的米质优、穗粒数多、非洲大粒粳大粒的优点。新株型粳稻与培矮 64s 和 N 422s 配组的优势较强,新株型粳稻与 N 422s 和 108s 配组优势较强,在北方粳稻育种中有一定的利用价值。爪哇稻是分布于热带中低海拔山区的热带粳稻生态类型,抗寒性较差,是粳稻分化不太彻底的原始型粳稻,形态与亲和力上粳稻中间型较多<sup>[19]</sup>。本研究所用的爪哇稻在形态上大部分都是偏粳的,爪哇稻与培矮 64s、LS2s 配组产量优势较强,主要是  $F_1$  的千粒重较大,每穗粒数的优势较大,但  $F_1$  植株偏高。虽然爪哇稻在北京不能正常抽穗,但所配组合大多能正常抽穗,因此,爪哇稻通过改造后会有一定的利用价值。光壳稻与培矮 64s、LS2s 所配组合优势不强,且  $F_1$  株高较高,结实率也偏低,只有千粒重较高;与 N 422s 和 108s 配组的优势较强,穗粒数多,千粒重大,但株高超过了 115 cm,难以直接利用。南方育成粳是 N 422s 的优势生态型,所配组合的分蘖较强;南方地方粳是 N 422s、108s 的优势生态型,其  $F_1$  的分蘖能力强,但株高太高,无法直接利用。总的来说,育成品种的直接利用价值比地方品种大,地方稻经过株型改造后则有较大的应用潜力。

### 3.2 两系杂交粳稻在北方的应用前景

1958 年,日本东北大学胜尾清最早开始了杂交粳稻的研究,随后又出现了更深入的研究。但经数千次的测交,均未找到理想的恢复系或找到了恢复系但因优势不强而未能应用于生产。70 年代初,辽宁农科院采用“粳粳架桥”间接部分利用粳粳杂种优势的办法,人工“架桥”选育出强优势恢复系 C57<sup>[1]</sup>。随后各地掀起了杂交粳稻育种的高潮。到 80 年代末,我国北方 12 个省、市、自治区累计推广杂交粳稻 133 万  $hm^2$ 。但由于三系杂交粳稻育种中存在的一些问题使北方杂交粳稻发展一直没有形成规模<sup>[3]</sup>。1973 年,石明松发现了光敏核不育水稻,两系杂交粳研究也由此拉开序幕。相对于三系法来说,两系法具有配组自由、遗传行为简单等优点。三系法由于受恢保关系的限制,有许多类型的稻种资源得不到有效的利用,而两系法不存在恢复基因的问题,因此可充分挖掘各类型稻种资源的优势<sup>[4,5]</sup>。目前,一批强优势两系杂交组合,如培矮 64s/418、108s/中花 15、108s/武育粳已经在辽宁及京、津、豫、鲁、苏等地区试种及生产示范均表现出高产优质多抗的优点<sup>[2]</sup>。本研究用 4 个不育系与 16 个类型材料组配了大量组合,筛选出了北方两系杂交粳稻的优势生态型和强优势配对模式及大量竞争优势较大的组合,其亚种间组合的优势明显高于品种间组合,说明两系杂交粳稻在华北有广阔的应用前景。当然,本文只是以  $F_1$  的产量和产量构成因素来评价各不育系和生态型的利用价值,各类型配的组合数有多有少,所得结论还需进一步检验。而且,在生产实践中,品质和抗性的要求也非常重要。

### 3.3 水稻优势生态型与强优势配对模式的筛选(或构建)

筛选(或构建)杂种优势群的目的就是要提高测配筛选强优势组合的效率,减少育种中的盲目性。杂种优势群的研究在玉米上已有大量的研究,并且有一些著名的杂优配对模式。但以往的研究多从优势群的划分开始,根据材料的农艺性状或系谱关系或生化标记及分子标记等将研究材料划分为不同的类群<sup>[7,8,11,20]</sup>。本研究依据栽培稻的分类体系将不同地理生态来源的材料划分为不同的生态型来研究不同生态型间的强优势配对模式。水稻是一种对光温条件反应比较敏感的作物,不同品种都有其最适的生态条件,但其 $F_1$ 的生态适应条件可能与亲本不一样。亚种间 $F_1$ 由于其遗传生理上的不协调可能对环境条件的变化比品种间 $F_1$ 更敏感<sup>[21]</sup>。因此要加强对亚种间杂种的生态适应性和稳定性的研究。在本研究中只有华北育成粳、华北地方粳与四个不育系都产生了很强的优势,这说明 $F_1$ 的适应性与亲本的适应性密切相关。因此,在筛选优势生态型和强优势组合时,本地的育成品种和地方品种值得重视。

优势生态型的筛选是一个比较复杂的问题,工作量很大。首先是材料的选定和收集。在优势生态型的筛选中有一个比较重要的问题是如何选材,是选育成品种(或品系)还是地方品种。育成材料具有较高的产量水平,但血缘关系较复杂,而地方品种的系谱关系比较简单,更能代表一个类型的生态特性,但地方品种又难以在生产上直接加以利用。其次测交工作量大且难度大,因为水稻具有明显的光温生态适应性,不同类型的材料在同一地方种植其生育期差别很大,要采取分期播种和短日处理等措施才能保证测交的成功。同时筛选的优势生态型具有一定的局限性,即某一优势生态型只是适应某一特定的生态环境的。本研究用4个核不育系与各类型材料杂交配组相对来说减轻了一些工作量,但这种方法筛选到的优势生态型只是针对这4个有代表性的不育系的,以这些不育系筛选的优势生态型与其他核不育系配组是否也具有强优势尚待进一步研究。本研究选用的培矮64s是目前我国所选育的最好的一个偏粳型温敏核不育系,适应范围很广,N422s,108s和LS2s也是在华北有一定应用潜力的偏粳型光敏核不育系。当然理想的筛选优势生态型的方法应该是不同生态型之间相互杂交来筛选强优势配对模式,但这种方法的工作量更大,而且典型粳籼亚种间杂交还存在着育性障碍的问题,很难正确评价优势生态型和强优势配对模式。同时一个生态区的强优势配对模式可能有几种,如本地恢复系与外来不育系或本地不育系与外来恢复系等。如在本研究中偏粳的培矮64s与华北育成粳等为强优势配对模式,N422s,108s与南方地方粳等为强优势配对模式。

### 参 考 文 献

- 1 杨振玉,陈秋白 水稻粳型恢复系C57的选育. 作物学报, 1981, 7(3): 38~ 42
- 2 杨振玉 北方杂交粳稻发展的思考与展望. 作物学报, 1998, 24(6): 840~ 846
- 3 杨振玉 北方杂交粳稻发展的回顾. 见: 王连铮主编 全国作物育种学术讨论会论文集, 1998
- 4 顾铭洪 水稻广亲和性的研究现状. 见: 袁隆平主编 两系杂交稻研究现状. 北京: 农业出版社, 1992 23~ 29
- 5 卢兴桂 水稻光(温)敏核雄性不育性的研究现状. 见: 袁隆平主编 两系杂交稻研究现状. 北京: 农业出版社, 1992 13~ 22
- 6 袁隆平 杂交水稻的育种战略设想. 杂交水稻, 1987, (1): 1~ 3
- 7 Melchinger A E, Messmer M M, Lee M, Woadman W L, Linnkey K K. Diversity and relationship among U. S. Maize inbreds revealed by restriction fragment length polymorphisms. Crop Sci, 1991, 31: 669~ 678

- 8 Melchinger A E, Andreac G, Mahendra S, Messmer M M. Relationship among European barley gemplasm: I. Genetic diversity among winter and spring cultivars revealed by RFLPs Crop Sci, 1994, 34: 1191~ 1199
- 9 彭泽斌,刘新芝,傅骏华,等 玉米自交系杂种优势类群与杂优模式的初步研究 作物学报, 1998, 24(6): 711~ 717
- 10 张波 冬小麦杂种优势型的研究: [学位论文] 北京农业大学 1996
- 11 孙其信,倪中福 小麦杂种优势群研究: I. 利用 RAPD 标记研究小麦品种间遗传差异 农业生物技术学报, 1996, 4: 103~ 110
- 12 弓陆身,王赖叶,张建成,等 杂种小麦生态型及强优势组合选配模式初探 杂种小麦研究进展 北京: 农业出版社, 1993, 16~ 19
- 13 张爱民 北京地区“杂种优势型”的初步研究 麦类文摘, 1993, 13(4): 11
- 14 陈立云,戴魁根,李国泰,康春林 不同类型粳籼杂种 F<sub>1</sub> 比较研究 杂交水稻, 1992, (4): 35~ 38
- 15 孙传清,陈亮,李自超,等 两系杂交稻优势生态型的初步研究 杂交水稻, 1999, 14(2): 34~ 38
- 16 林世成,闵绍楷主编 中国水稻品种及其系谱 第三章杂交稻 上海: 上海科学出版社, 1991
- 17 李自超,王象坤,才宏伟 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
- 18 罗利军,应存山,梅捍卫,等 14 份美国水稻品种的研究与评价 中国水稻学, 1993, 7(3): 179~ 182
- 19 王象坤,李任华,孙传清,等 亚洲栽培稻的亚种及亚种间杂交稻的认定与分类 科学通报, 1997, 24: 2596 ~ 2602
- 20 Jain A, Bhatia S, Banga S S, Prakash S, Lakshmi aran M. Potential use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) technique to study the genetic diversity in Indian mustard (*B rassica juncea*) and its relationship to heterosis Theor Appl Genet, 1994, 88: 116~ 122
- 21 李林,张更生 温度对亚优 2 号结实率的影响 江苏农业科学, 1993, (1): 1~ 4