

杂交粳稻杂种优势的初步分析

吉林省农科院水稻所杂交水稻课题组 *

近年来,我国水稻杂种优势利用发展很快,引起了国际水稻学者们的重视。国内对杂交粳稻的杂种优势研究已有较多报导,但对杂交粳稻的杂种优势研究报导甚少。1978年我们曾对杂交粳稻的杂种优势进行了调查;发现杂交粳稻主要经济性状的杂种优势是很明显的。1979年我们又结合杂种产量比较试验和测优材料,对杂种优势的程度及表现进行了分析,想为尽快选育适于我省栽培的早、丰、抗、优的杂交水稻新组合提供依据,现将初步结果报导如下。

材 料 和 方 法

以推广品种吉粳60号为对照,根据田间生育情况,选择20个杂种组合及其亲本,这些亲本材料不育系长白六号、松前、B₂、系₁₄、京引127等均为我省当前生产上推广品种,其亲本来源属日本类型的粳稻品种,其细胞质不育类型为包台型(BT)和滇I型(D₁)。而恢复系C57—80、九₈₄等是人工制恢材料,大部分通过粳粳交在子一代再复交选育而成,如C57—80为(IR8×柯情3号)F₁×京引35,都有国际稻的血统,并具有1/4粳稻异质。这些人工制恢材料与不育系配组后,不仅恢复度好,而且优势较明显。每个杂种组合取20穴进行室内考种,对单株粒重等8个性状进行了测定,测定方法按全国品种资源调查标准进行。杂种优势的测定用以下方法进行:用Powers公式测定相对优势

$$hp = \frac{F_1 - MP}{\frac{1}{2}(P_1 - P_2)}, \quad \text{用阿玛罗夫公式测定竞争优势} (\%) = \frac{F_1 - CK}{CK} \times 100。$$

式中P₁、P₂分别代表两个亲本,F₁为杂种一代平均值,MP为双亲平均值,CK为对照品种。为了统计方便,凡三系杂种不育系亲本的有关穗粒、结实率、单株粒重等性状均以邻近小区的保持系代替进行计算。

结 果 与 分 析

(一) 20个杂种组合的表现

表1 杂交水稻8个性状与亲本和双亲平均值比较的频率分布

F ₁ 的 性 能	子 一 代 组 合 数 目							
	株 高	有效穗数	一穗总粒数	一穗结实粒数	结实率	千粒重	单株粒重	播种至出穗日期
比高值亲本高	18	7		1	2	7	16	3
在双亲平均值与高值亲本之间	2	7	11	9	3	12	4	9
在双亲平均值与低值亲本之间		6	9	10	5	1		8
比低值亲本低					10			
合 计	20	20	20	20	20	20	20	20

*本课题是在已故水稻专家吴鸿元同志主持下进行,本文由曹静明执笔整理

供试组合杂种一代的株高、穗数、每穗总粒数、每穗实粒数、结实率、千粒重、单株粒重、播种至抽穗天数（以下称生育期）与双亲和双亲平均值比较的频率分布见表1。

从表1可以看出，8个性状中杂交水稻的优势程度很强，有些性状明显超亲，尤以单株粒重和株高具有明显的超亲优势，在20个组合中高于高值亲本的分别为16和18个，占供试组合80%和90%。千粒重和有效穗数有7个组合表现超亲，占供试组合的35%。多数性状表现在双亲平均值与高值亲本之间。供试各组合虽一般表现较好，但各性状、不同组合间差异较大，尤以结实率优势程度较差，低于双亲平均值的就有10个组合，占供试组合的一半。结合表2分析，杂种组合结实率变异系数较双亲平均值大9.82%，近乎一倍左右。生育期则一般介于双亲平均值之间，偏向高值（迟熟亲本）。另从表2变异系数的变化来看，双亲平均值的变异系数小的，一般杂种变异系数亦小，如千粒重和生育期。双亲平均值变异系数较大的，杂种一代变异系数亦大，表现优势亦明显，如单株粒重，有效穗数和一穗粒数等。

表2 杂交水稻与双亲平均值和对照品种性状间比较

名 称	项 目	性 状							
		株 高 (厘米)	单株有效 穗(个)	每穗总粒 数(个)	每穗实粒 数(个)	结实率 (%)	千粒重 (克)	单株粒重 (克)	播种到抽穗 日 数
20个杂种组合	平均数 (\bar{X})	105.84	12.9	150.70	114.54	75.81	25.25	44.73	100.35
	标准差 ($\pm S$)	± 5.01	± 3.04	± 40.07	± 41.49	± 15.2	± 1.79	± 9.38	± 2.87
	变异系数 (C、V%)	± 4.73	25.11	26.59	36.22	20.05	2.09	20.97	2.86
双亲平均值	平均数 (\bar{X})	90.59	11.15	146.7	117.07	84.37	24.11	33.18	100.2
	标准差 ($\pm S$)	± 7.74	± 1.78	± 26.97	± 34.45	± 8.63	± 1.72	± 4.92	± 3.53
	变异系数 (C、V%)	8.54	15.96	18.38	29.43	10.23	7.13	14.83	3.52
吉 粳60号 (对照)	平均数 (\bar{X})	104.1	12.9	100.9	87.1	85.8	23.4	23.6	98
	标准差 ($\pm S$)	± 3.51	± 3.12	± 9.79	± 9.46	± 2.82	± 0.32	± 6.63	± 1.41
	变异系数 (C、V%)	3.4	24.2	9.7	10.9	3.3	1.4	22.4	1.4

(二) 相对优势的测定

按Powers的公式进行估算， $hp = 0$ 为无显性， $hp = \pm 1$ 为正负完全显性，介于二者之间的，为正负部分显性， $hp < 1$ 为正负超亲优势。现将20个杂种组合各性状所表现的相对优势列入表3。由表3可见，各性状所显示的优势差异甚大，在20个组合160个性状中正向超亲优势有51个，占31.9%；部分显性优势有56个，占35%；只有三分之一的性状为无显性或负优势，说明杂交水稻主要经济性状具有较强的相对优势，组合之间也有较大差异。其中以 $B_2A \times C57-80$ 、长白六号 $A \times C57-80$ 、系 $14A \times (C66 \times R_3^{95-2})$ 、京引 $127A \times C57-80$ 、系 $14A \times C57-早$ 、系 $14A \times (74-46 \times 67-17-2)$ 等组合相对优势较强。而各个性状之间，以株高和单株粒重相对优势最强。株高，20个组合中超亲正向优势18个，2个呈部分显性优势；单株粒重，超亲正向优势16个，4个呈部分显性优势；

千粒重, 相对优势亦较强, 其中正向超亲优势 7 个, 12 个部分显性优势, 仅 1 个为负向部分显性优势; 单株有效穗数、一穗粒数大部分表现部分显性优势; 结实率的相对优势较差, 绝大部分表现负向优势, 这也是杂交粳稻需要深入研究的问题。

表 3

杂交水稻各性状之间的相对优势

组 合	株 高	单株有效穗	每穗总粒数	每穗结实粒数	结实率	千粒重	单株粒重	播种到抽穗日数
长白六号A(BT)×C57-80	10.69	0.45	0.13	-0.06	-0.71	0.81	2.69	0.66
松前A(D)×C57-80	3.72	0.29	0.51	0.13	-1.08	0.5	13.72	1.43
E2 A(D)×C57-80	3.37	0.08	0.39	0.28	0.84	5.11	173.33	0.67
长白六号A(BT)×九94	5.26	-0.22	-0.04	-0.14	-0.59	1.03	5.69	-0.31
松前A(D)×九94	2.09	-0.44	0.17	-0.39	-1.09	0.78	4.90	0.29
系14A(D)×九94	3.42	0.20	-0.11	1.30	-1.25	1.19	0.24	-1.00
长白六号A(BT)×C57-80-1	13.44	0.45	0.18	0.02	-0.72	0.2	2.12	0.57
松前A(D)×(长白六号×R ₁₂₅ -3)	4.29	-0.19	-0.50	-0.46	-0.15	3.70	0.41	0.13
京引127A(BT)×C57-80	9.30	-0.61	0.83	1.36	1.49	1.01	1.40	0
京引127A(D)×C57-80	13.81	0.08	0.32	0.26	-0.47	0.14	1.01	0.13
系14A(D)×(74-46×67-17-2)	1.72	7.70	0.52	0.50	0.53	3.85	6.53	-0.5
系14A(C)×(系14×B ₈ ×京引177)	2.58	6.40	-0.46	-0.56	-1.35	1.01	5.73	-0.13
系14A(D)×(3074×B ₈ ×京引177)	2.82	0.11	-0.26	-0.29	-0.60	0.08	0.74	0.31
系14A(O)×(C ₈₆ ×R ₃₉₅ -2)	4.22	0.27	-0.16	0.22	-0.3	0.28	6.80	-0.30
系14A(D)×C57-一早	4.94	13.9	-0.64	0.96	1.44	0.48	3.79	-0.18
长白六号A(BT)×(B ₈ ×京引177×S ₁₃₁)	1.41	7.8	0.32	0.22	-1.02	0.72	3.09	-0.14
长白六号A(BT)×(B ₈ ×京引177)×R ₁₂₅ -4	0.68	3.30	-0.43	-0.60	-0.48	0.93	0.97	-0.25
系14A(D)×(2R ₆₆₁ ×东农320)×临果	0.6	0.64	-0.69	-0.59	4.62	-0.17	3.1	-0.12
长白六号A(D)×74-206	2.29	0.53	-0.7	-0.19	-2.3	0.39	1.06	-0.35
长白六号A(D)×恢单一号	14.02	0.68	-0.41	-0.27	-6.50	0	4.15	0

(三) 竞争优势

这是衡量杂交水稻在生产上是否有实用价值的重要依据。从表 4 分析, 20 个杂种组合 160 个性状中正向优势的有 106 个, 占总数 66.25%。不同组合、性状的优势强弱, 有明显差异。单株粒重表现出明显的竞争优势, 19 个正向优势占 95%, 仅 1 个负优势, 变异幅度 11.83~117.36, 平均达 51.09%; 每穗粒数亦表现出明显的竞争优势, 19 个表现正向优势占 95%, 仅 1 个负向优势, 变异范围 7.73~124%, 平均增加 48.71%; 千粒重 16 个表现正向优势, 平均增加 8.14%; 每穗实粒数大部分表现正向优势, 平均增加 34.37%; 株高和生育期亦大部分表现正向优势, 但平均增加幅度较小, 分别为 1.18% 和 0.87%; 而结实率仍大部分表现为负向优势, 平均减少 12.92%, 不同组合之间差异明显。杂交水稻主要经济性状的竞争优势是十分明显的, 特别是单株粒重、一穗粒数、千粒重竞争优势甚为显著, 其中以系 14A×C57-一早、长白六号 A×(B₈×京引 177×S₁₃₁)、京引 127A×C57-80、长白六号 A×C57-80、长白六号 A×(B₈×京引 177×R₁₂₅-4)、松前 A×C57-

80、B₂A × C57-80等7个组合主要经济性状明显高于对照品种吉粳60号，因而产量亦较高，可以在省内扩大试验。其中长白六号A × C57-80、松前A × C57-80，1979年在省内多点示范结果，平均比对照品种吉粳60号增产14.1%和8.6%，经差异显著性测定，较对照品种增产极显著。

表4 杂交水稻与对照品种吉粳60号优势比较 (%)

组 合	株 高	单株有效 穗数	每穗总粒 数	每穗实 粒 数	结实率	千粒重	单株粒重	播种到抽 穗日数
长白六号A (BT) × C57-80	-2.19	-14.72	28.16	-7.0	-28.42	10.44	49.65	-4.08
松前A (D) × C57-80	0.86	-13.15	33.33	-17	-33.21	12.82	62.16	-2.04
B ₂ A (D) × C57-80	-3.62	-13.15	35.28	-10.21	-32.29	10.68	73.65	-4.08
长白六号A (D) × 九94	-3.0	-25.58	33.33	-2.29	-26.34	11.96	61.82	1.02
松前A (D) × 九94	-5.06	-17.05	36.47	-5.28	-38.75	9.83	25	2.04
系14A (D) × 九94	3.53	-30.23	41.03	-17.33	-41.72	15.81	11.83	1.02
长白六号A (BT) × C57-80-1	2.0	-14.73	33.33	-5.17	-28.42	6.41	47.3	2.04
松前A (D) (长白六号 × R ₁ 25-4)	-9.74	2.32	-6.44	-10.45	-3.26	24	-12.16	-3.06
京引127A (BT) × C57-80	2.00	-5.43	115.65	117.45	1.4	6.83	63.18	4.08
京引127A (D) × C57-80	5.25	7.0	124.28	115.38	-4.08	-6.0	75.65	7.14
系14A (D) × 74-46 × 67-17-2)	0.29	43.72	15.56	26.63	10.25	-1.71	53.04	1.02
系14A (D) × (系14 × B8 × 京引177)	7.54	17.83	7.73	10.9	2.57	20	59.76	-4.08
系14A (D) × (3074 × B8 × 京引177)	5.54	35.65	67.79	78.86	5.94	-1.71	13.51	8.16
系14A (D) × (C66 × R ₃ 95-2)	1.14	-7.75	67.09	70.15	2.67	-1.71	49.66	4.08
系14A (D) × C57-一早	10.31	62.8	125.66	163.03	-3.26	11.11	117.23	2.04
长白六号A (BT) × (B8 × 京引177 × S131)	6.02	37.21	102.97	65.44	-17.77	6.84	117.36	1.02
长白六号A (BT) × B8 × 京引177 × R ₁ 25-4)	2.48	18.6	11.59	7.46	-3.26	15.38	11.9	4.08
系14A (D) × (IR661 × 东农320) × 临果	4.01	0.78	8.72	22.85	13.75	6.75	49.66	-1.02
长白六号A (D) × 74-206	0.66	-7.5	64.52	59.7	-2.8	2.56	21.62	2.04
长白六号A (D) × 恢单一号	3.15	-9.3	28.14	24.22	-2.09	2.56	40	-4.08

(四) 杂交水稻与双亲平均值的回归与相关

如果双亲各性状与子代存在着显著的相关关系，那就有可能通过亲、子代间的回归估计杂交水稻有关性状的数值，从而提高水稻杂种优势利用的预见性。从表5结果分析，20个组合8个性状中只有株高、每穗实粒数、结实率、单株有效株数四个性状相关关系达到了1%的显著水平，这说明四个性状双亲的平均值对杂交水稻的遗传力强，所以在选配组合时，可能通过双亲的平均值来估测杂交水稻的数值，即选择穗粒性状高的，植株较矮，结实率高的双亲配组，可望得到上述性状较高的杂交水稻。

杂交水稻F₁与双亲平均值的株高具有明显的正相关。据调查，F₁的值一般受双亲平均值所决定，双亲平均值矮的，F₁也相应的矮，双亲平均值高的，F₁也相应的高。F₁株高

与双亲株高平均值的相关系数 $r = 0.6209$ ，自由度 = 18、 $P < 0.01$ 相关性极显著，回归系数 $b = 0.5091$ ， $P < 0.01$ 相关性极显著。亲本株高的平均值每增高 1 厘米， F_1 的株高可能平

表 5 杂交水稻与亲本平均值的回归与相关

性 状	自由度 (n-2)	相 关 系 数 (r)	确定系数 (r^2)	回 归 系 数 (b)	回 归 方 程 $y = a + bx$
株 高	18	0.7879 ^{**}	0.6209	0.5091 ^{**}	$59.27 + 0.5091X$
每 穗 粒 数	18	0.2359 [*]	0.0556	0.3504 [*]	$95.7 + 0.3504X$
每 穗 实 粒 数	18	0.6248 ^{**}	0.3903	0.753 ^{**}	$21.43 + 0.753X$
结 实 率	13	0.6263 ^{**}	0.3923	0.3488 ^{**}	$59.53 + 0.3488X$
有 效 穗 数	18	0.6492 ^{**}	0.4215	0.7925 ^{**}	$1.472 + 0.7925X$
千 粒 重	18	0.2759	0.076	0.2871	$18.33 + 0.287X$
单 株 粒 重	18	0.125	0.0157	0.2386	$36.83 + 0.2386X$
播种到抽穗日数	18	0.3854	0.1485	0.3776	$62.51 + 0.3776X$

** 1% 极显著

均增加 0.51 厘米，用确定系数 (r^2) 来推测有 62.1% 的组合数存在上述相关关系。

杂种一代的单株有效穗数与双亲平均值紧密相关。 $r = 0.6492$ ， $b = 0.7925$ ， r 、 b 的 $P < 0.01$ ，相关极显著。

每穗实粒数的确定系数 (r^2) 为 0.3903，说明 20 个组合中有 39% 与双亲平均值变异有关，可见选择大穗亲本（指双亲平均值较高）配组是提高杂交水稻产量的一个有效措施。每穗粒数、单株粒重和生育期与双亲平均值仅存在着弱正相关和中等正相关，相关系数不显著，用双亲平均值还很难预计杂交水稻的情况。至于千粒重是否与双亲平均值有关，尚需进一步研究。

讨 论

(一) 强优势杂种组合选配问题

通过上述 20 个杂种组合相对优势和竞争优势的分析看出，杂交水稻的杂种优势是普遍存在的。杂种优势主要表现三个方面，一是适应优势，即杂种具有较强的抗逆能力，一般比常规品种吉粳 60 号抗病、抗倒；二是生长优势，即根系发达，茎叶较繁茂；三是产量优势，即分蘖力强，穗大粒多，千粒重高，单株粒重高，产量高。杂交水稻之所以生长势强、抗逆、产量高，最根本的原因是含有来自父母本不同的两套遗传成分，某些基因与另一些基因之间形成了优缺点互补，另一些基因组之间成超显性关系（父母本双亲的生长势可形成累加效应）或显性关系，有的还能形成新的生理平衡等。

强优势杂种组合的选配，是当前我省杂交水稻利用的主要问题，一个优良的杂交组合应具有高产的株型和较强的杂种优势，产量较当地主推常规品种增产 20% 左右，且恢复度好，早熟，适应性广，抗逆性强等优点。通过几年来广泛测交筛选和田间杂种对比试验，我们对选育强优势组合有以下几点看法：

1、扩大两亲的亲缘差异，增加杂种适应能力。国内外研究证明，以籼粳亚种间杂种优势最强，但由于籼粳直接杂交结实率低，繁殖制种产量低，品质较差，尚不能直接利

用。因而我们采用两种方法配组：① 籼粳架桥制恢，用具有1/4籼稻血缘的恢复系与粳型不育系配组，优势较强，如长白六号A×C57-80，(IR8×柯情3号)×京引35，B₂A×C57-80，长白六号A×九94等。② 利用地理上远缘的粳稻间配组，以日本粳稻转成的不育系与东欧品种转成的恢复系配组，如系14A×(IR661×东农320)×临果。

2、选择经济性状有显著互补的两亲配组。我们认为两个亲本之间在穗型大小，千粒重高低，分蘖多少，株型集散等都需要有所差异，并能够互补，才能有较好的优势。如小穗多蘖与大穗少蘖配组，杂种居中间型，如B₂A×C57-80，京引127A×C57-80主要经济性状相对优势和竞争优势都较强。

3、选配强优组合时还必须注意株型问题。杂种一代长势、长相一定要符合矮秆稻种的耐肥、抗倒，适于密植和谷草比高三大优点。在选配组合时，一定要注意株型，以提高杂种的光能利用率，从而提高产量。杂种一代前期要有较繁茂长势和后期有良好的受光长相，兼顾生物产量与经济产量，不宜单纯追求生物优势。如松前A×C57-80，松前A×九94株型较好。

4、双亲之一是高产品种的组合，杂种才有更高的产量。我们选育的不育系大部分是生产上主推品种，如长白六号，系14，松前，京引127等。

(二) 杂种结实率问题

20个杂种组合结实率的相对优势和竞争优势大部分均表现为负优势，说明杂种结实率较低，这是影响杂种产量优势发挥的关键。据试验分析，结实率高低与恢复系(或亲本)对温度等环境的适应性以及双亲的配合力有关。上述20个杂种组合的恢复系经过几年测恢鉴定，一般恢复度均在80%以上。因而结实率不高决不是双亲的配合力和恢复度问题。但杂交水稻恢复系大都具有1/4的籼质，一般对温度反映较敏感，特别对低温反映更为敏感。据研究，水稻完全成熟的温度条件是抽穗后40日的积温为880℃，这个时期的平均气温为22℃，安全临界积温为800℃，平均气温为20℃。水稻从幼穗形成后到孕穗期间受低温影响后，结实率均显著下降，而在14.8~15.7℃连续5天低温下，水稻结实率仅为40~68%。分析20个杂种组合抽穗期与对照品种吉粳60号相似，一般均在8月上旬，但由于杂种分蘖较多，穗型较大，虽然抽穗较早，但从抽穗到成熟时间拉得较长，一般需要50多天，比吉粳60号晚5天左右，由于后期温度下降，空秕率明显增加。为了提高现有杂种结实率，必需提早育苗和插秧，抽穗期提早到7月下旬，比吉粳60号早出穗3~5天，可以争取半旬有效积温100~140℃，促使杂种结实率提高到80%以上，才能充分发挥杂种的增产作用。为了提早杂种的熟期，还必须选育早熟、抗寒的不育系和恢复系或以极早熟不育系，如夕波、石狩、B₂、合交752等配组是很有希望的。

小 结

1、供试组合经相对优势测定，以单株粒重、株高和千粒重相对优势明显，多数组合超亲。单株有效穗，每穗粒数和实粒数大部分组合亦有明显的杂种优势，产量优势明显。供试组合生育期一般表现居中，早于迟熟亲本。结实率普遍表现偏低，变异范围较大，组合间差异较明显。

2、供试组合中主要经济性状竞争优势十分明显,特别是单株粒重,每穗粒数,每穗实粒数,千粒重竞争优势甚为显著。其中以系14A×C57—早,长白六号A×(B₈×京引177×S131),长白六号A×C57—80,松前A×C57—80,B₂A×C57—80,京引127A×C57—80,长白六号A×(B₈×京引177×R₁²⁵⁻⁴)等7个组合主要经济性状明显高于对照品种吉粳60号,因而产量较高。

3、杂交粳稻的株高,每穗实粒数,单株有效穗数和结实率等性状与双亲平均值存在着显著的相关关系,相关系数和回归系数均达到极显著。因此,根据双亲的平均值,可以预测杂交粳稻的变异范围。

参 考 文 献

- (1) 庄巧生、王恒文等 作物学报 1963(2): 117—130.
 (2) 四川省绵阳地区所水稻组 遗传学报 1978 5(2): 158—163.
 (3) 潘熙达、旷一相等 江西农业科技 1979(11) 1—7页
 (4) 徐静斐、汪路应 遗传 1980(2) 17—19
 (5) 杨仁崔译 水稻杂种一代利用的研究 福建农学院《译丛农学、生物专辑》1978

※ ※ ※ ※ ※

更 正

期	页	行	误	正
2	82	表 2	纪 录	记 录
2	82	表2倒2	10.88	12.74
2	82	表2倒4	10.02	12.99
2	83	倒 14	为 克 吉	为 克 苏、克 吉
2	84	表4一栏	6.52	652
2	85	3	差 异 显 著	差 异 极 显 著
2	85	12	吉、克吉、吉苏	吉、克 苏、克 吉
2	85	倒 7	苏 克 组	苏 吉 组
2	90	5	31.66	51.96
2	90	倒 11	四、结 论	三、结 论
3	63	6	粘 虫 的 种 类	粘 虫 的 天 敌 种 类
3	63	倒 2	戴 宋 廉	戴 宗 廉
3	63	倒 7	饼 区 姬 蜂	并 区 姬 蜂
3	65	4	有 小 翁 室	有 小 翅 室
3	66	倒 1.7	白 全 铠	白 金 铠