

水稻亚种间杂种优势利用研究

万邦惠 唐一雄
(农学系)

摘要 本试验探讨了华南双季稻区利用亚种间杂种优势的特点和问题。结果表明:当前,两系亚种间杂种一代主要存在的问题是结实率低和谷草比低;籼粳交杂种易受环境条件的影响;每穗实粒数和单株有效穗数是决定单株产量的重要因子;每穗实粒数增加的关键在于结实率的提高。本文还就提高结实率和谷草比等问题提出了意见。

关键词 水稻;亚种间杂种;杂种优势;结实率;谷草比

水稻亚种间杂种蕴藏着旺盛的生物优势,其理论产量可超过现有品种间杂交稻的30%~50%,但子一代存在结实率偏低、植株偏高、生育期过长等障碍,限制了亚种间杂种优势的利用^[1,3,5,6]。我国湖北光敏核不育水稻的发现^[2]和日本对广亲和基因的研究^[7,8],为亚种间杂种优势的利用提供了契机,据此,袁隆平提出了两系法利用亚种间杂种优势的新设想^[4]。近年来,我国通过两系法利用水稻亚种优势的研究取得了较大的进展,育成了一批光温敏籼、粳核不育系及广亲和系,并用它们配制了一些亚种间杂种进行观察和比产试验。本文密切配合当前亚种间杂种优势的研究,主要探讨华南双季稻区利用亚种间杂种优势的途径、特点和问题,为亚种间两系杂交稻的选育提供依据。

1 材料和方法

选用6个籼粳交的两系杂交稻W6154S/02428,KS-9/02428,W6154S/培C311,KS-9/培C311,培矮64S/鄂宜105,培矮64S/皖恢9-1连同相应的父本和对照(D优63)在早、晚造种植进行试验,以观察同一组合在不同季节的性状优势和表现。

利用25个亚种间杂种一代,其中籼粳交17个即:非11S/培C311,W6154S/培C311,KS-9/培C311,培矮64S/鄂宜105,培矮64S/皖恢9-1,培矮64S/02428,KS-9/02428等7个两系杂交稻,另根据以往试验挑选结实率好的籼粳组合特青/鄂宜105,特青/皖恢9-1二组合的正反交及特青/02428,特青/早沙梗,籼观47/02428,籼观47/皖恢9-1,籼观47/鄂宜105,青二矮/鄂宜105等10个人工配制的杂种一代。籼爪交8个即IR8s/轮回422,W6154s/轮回422,培矮64s/轮回422,W6154s/cpsl017等4个两系杂交稻,cpsl017/特青,cpsl017/籼观47,cpsl017/南京11,青二矮/cpsl017等4个人工配制的杂种,与它们相对的父本11个,连同15个品种间杂种一代,即籼籼交12个:培矮64s/湘早籼1号,培矮64s/特青,N98s/特青,N98s/9024等4个两系杂交稻,南京11/青二矮,籼观47/测64,南京11/特青,测64/南京11,测64/青二矮,籼观47/南京11,特青/籼观47,特青/测64

• 本研究为国家“863”计划资助项目

1991-12-04 收稿

等 8 个人工杂种, 梗梗交 3 个即 32001s/02428 两系杂交稻及皖恢 9—1/鄂宜 105, 盐梗 2 号/02428 在晚造种植试验, 分析不同亚种类型的性状表现及优势, 并作性状间的相关和通径分析。

早晚造试验均在本校实验农场进行, 早造 3 月 7 日播种, 4 月 5 日移栽, 晚造 7 月 25 日播种, 8 月 10 日移栽, 每组合种一小区, 采取顺序排列, 父本相邻种植, 隔一定小区设一对照, 每小区视种子量而定, 最少 2 行, 一般 10 行, 每行 13 株, 单株植, 规格 25.0cm × 16.7 cm, 施肥水平为每亩纯氮 17 kg, 栽培管理一致, 全田生长正常。

生育过程中对分蘖动态、生育期、叶面积、干物重、叶绿素含量、叶片长宽和角度等作了调查和测定, 成熟后每小区取 10 株进行室内考种, 在本校计算中心以 M340s 计算机用 ANALYST 软件包进行相关和通径分析。

2 结果与分析

2. 1 早晚造籼梗交杂种性状的表现及优势

2. 1. 1 早造种植的表现及优势 由表 1 看出, 以谷草比的变异系数最大, 其次为单株粒重, 组合间变异较小的为株高、生育期、着粒密度。

从与父本相比较的平均超亲优势看, 以单株秆重的超亲优势最大, 超过父本 108%, 其次是单株干物重, 比父本高出 59%, 其余各性状依次为单株有效穗数、穗长、每穗总粒数、单株粒重、株高和生育期, 而谷草比和结实率为负优势。

表 1 早造籼梗亚种一代各性状的变异及优势指数

性 状	变 幅	平 均	C. V. %	F ₁ /父本平均	F ₁ /D 优 63
株高 (cm)	97.7~102.4	100.4	2.0	1.09	1.04
单株有效穗数	9.4~12.6	10.9	10.8	1.22	1.04
穗长 (cm)	22.6~28.9	26.2	9.2	1.16	1.00
每穗总粒数	151.0~235.7	193.7	13.9	1.15	1.18
每穗实粒数	89.2~141.7	115.5	17.0	0.99	0.88
结实率 (%)	45.5~74.4	60.2	18.3	0.87	0.75
千粒重 (g)	19.3~26.2	22.5	12.6	1.02	0.88
单株粒重 (g)	17.6~38.3	28.6	29.4	1.14	0.81
单株秆重 (g)	34.4~60.0	48.5	20.6	2.08	1.41
生育期 (d)	123~145	137.5	5.8	1.07	1.08
谷草比	0.35~0.90	0.63	37.9	0.57	0.61
着粒密度 (粒/cm)	6.7~8.1	7.4	6.5	1.01	1.19
单株干物重 (g)	64.0~93.2	77.0	13.4	1.59	1.10

表 2 亚种间杂种相同组合在早晚造的表现差异

品种或组合	季 别	株高 (cm)	单株有效 穗数	穗长 (cm)	每穗总 粒数	每穗实粒 数	结实率 (%)	千粒重 (g)	单株粒重 (g)	单株干 重 (g)	生育期 (天)	行宽 比	着粒密 度 (粒 /cm)	单株干 物重 (g)
KS-9/塔 C311	早	102.4	8.4	27.6	186.2	89.2	45.5	21.0	17.6	55.5	145	0.35	7.1	73.1
	晚	94.1	10.3	22.4	160.0	100.7	63.2	30.7	31.6	28.2	96	1.13	7.1	60.0
W615JS/塔 C311	早	102.0	10.2	27.2	166.8	97.8	49.1	21.2	21.10	60.0	134	0.35	7.2	81.1
	晚	80.6	10.9	23.4	123.0	92.2	75.0	27.4	27.5	27.6	104	1.00	5.3	55.1
塔 64S/鄂宜 105	早	96.2	12.6	22.6	151.0	112.4	74.4	19.3	29.4	40.3	139	0.73	6.7	69.7
	晚	95.7	13.0	21.0	133.7	119.6	89.5	21.9	33.9	25.7	108	1.32	6.4	69.6
塔 64S/皖农 8-1	早	101.4	11.2	23.9	187.5	12.1	66.3	21.3	33.2	30.6	123	1.08	7.6	64.0
	晚	98.9	11.4	23.2	142.6	103.2	72.3	24.9	29.3	26.7	98	1.10	6.1	56.0
KS-9/02428	早	100.7	10.1	28.9	235.7	141.7	60.1	26.2	37.5	55.7	139	0.67	8.1	93.2
	晚	91.4	10.8	23.2	160.0	65.4	40.9	30.7	21.7	34.0	96	0.64	6.9	55.7
W615JS/02428	早	97.7	11.6	26.7	195.2	128.0	65.6	25.8	38.3	42.8	135	0.89	7.4	81.1
	晚	91.6	9.7	24.3	166.7	65.1	39.1	26.9	18.2	29.2	98	0.62	6.9	47.4
d		8.4	-0.20	3.23	46.08	24.50	-3.20	-4.95	2.45	18.98	36.18	0.90	-0.29	21.35
	i	2.92	-0.39	3.95	4.70	1.52	-0.35	-4.58	0.45	4.52	9.80	-1.53	2.96	4.18
显著水平		*		*	**			**		**	***		*	**

*, **, *** 分别为达 5%、1%、0.1% 显著水平

与D优63相比较,以单株秆重的对照优势最大,超过41%,其次是每穗总粒数和着粒密度,具有明显对照负优势的有谷草比、结实率、单株粒重、每穗实粒数和千粒重,负优势最大的谷草比仅为对照的61%。

上述结果表明,籼粳杂种一代早造种植表现出很强的营养生长优势和大穗优势,生育期长,但谷草比低,结实率平均只60.2%,营养生长与生殖生长不协调,这与籼粳交在各地的一般表现是相似的。

2. 1. 2 早晚不同生长季节的比较 从表2可以看出,早造比晚造的生育期平均延长36天,差异达0.1%极显著水平,每穗总粒数、单株秆重和单株干物重早造大于晚造且达1%极显著水平,株高、穗长、着粒密度早造大于晚造达5%显著水平,千粒重晚造大于早造达1%的极显著水平,其他各性状早晚造差异不显著。

从表2中还可看出,不同广亲和品种所配组合的结实率在早晚造之间存在较大差异,如梗型广亲和品种02428,不论同W6154S还是与Ks-9配组,其结实率都表现早造高、晚造低,而其他4个组合的表现正好相反,6个组合的结实率在早晚造间的差异达25.9%以上。除结实率以外,生育期、株高、单株秆重、每穗总粒数、单株干物重等早造均显著高于晚造,只有千粒重是早造低于晚造。将品种间杂种一代各性状在早晚造的差异与籼粳亚种间杂种一代比较,发现单株总重、秆重、生育期、株高、千粒重、穗长和每穗总粒数等的差异,品种间杂种均比籼粳交杂种小,这表明籼粳交一代的主要性状易受光温等环境因素的影响,其变异程度较品种间杂种大。

2. 2 两类亚种间杂种性状的表现及优势

2. 2. 1 籼粳亚种间的杂种优势 从与父本相比较的超亲优势看(表3),以单株秆重的优势最大;其次是单株干物重,单株有效穗和单株粒重;只有结实率和谷草比为负优势。

与品种间杂种相比较,以每穗总粒数的竞争优势最大,其次为着粒密度和株高,而结实率、单株有效穗数、谷草比、生育期都有不同程度的负优势,其中以结实率负值最大。

表3 两类亚种间杂种一代不同性状的优势指数

性 状	籼粳亚种		籼爪亚种	
	$\bar{F}_1/\text{父本}$	$\bar{F}_1/\text{品种间 } \bar{F}_1$	$\bar{F}_1/\text{父本}$	$\bar{F}_1/\text{品种间 } \bar{F}_1$
株高 (cm)	1.16	1.20	1.08	1.21
单株有效穗数	1.24	0.84	1.22	1.89
穗长 (cm)	1.15	1.06	1.15	1.09
每穗总粒数	1.14	1.32	1.16	1.32
每穗实粒数	1.08	1.08	1.21	1.21
结实率%	0.81	0.83	0.98	0.93
千粒重 (g)	1.12	1.09	1.13	1.05
单株粒重 (g)	1.30	0.98	1.68	1.11
单株秆重 (g)	1.52	1.13	1.63	1.27
生育期 (d)	0.99	0.93	1.02	1.01
谷草比	0.87	0.89	1.04	0.90
着粒密度 (粒/cm)	1.00	1.24	0.99	1.22
单株干物重 (g)	1.42	1.06	1.66	1.19

表4 亚种间杂种一代农艺性状的简单相关和偏相关系数

性状	株高 (cm)	单株有效穗数	每穗总粒数	每穗实粒数	结实率 (%)	千粒重 (g)	单株粒重 (g)	生育期 (d)	谷草比	单株干物重 (g)
株高 (cm)		0.0460	0.0481	0.0095	0.0443	0.1088	0.0252	-0.2638	-0.0726	-0.0513
单株有效穗数	-0.3469		0.2443	-0.5672*	0.1901	-0.9678***	0.5066*	0.2559	0.2040	0.2085
每穗总粒数	0.4384*	-0.3040		0.9336***	-0.9856***	0.3303	-0.2500	-0.0320	0.3145	0.3432
每穗实粒数	0.2548	-0.1443	0.6697***		0.9044***	-0.6385*	0.7641**	0.1126	-0.1743	-0.2003
结实率 (%)	-0.1703	0.1629	-0.3030	0.5005*		0.2810	-0.2977	0.0891	0.4304	0.4287
千粒重 (g)	0.2256	-0.4355*	-0.2703	-0.4536*	-0.2456		0.5901*	0.1956	0.1625	0.1518
单株粒重 (g)	0.1075	0.4477*	0.1771	0.5883**	0.5549**	-0.1120		0.1130	0.8884***	0.9043***
生育期 (d)	-0.3941	0.3827	-0.2353	0.1962	0.5067**	-0.4112*	0.2468		-0.3893	-0.2509
谷草比	0.0127	-0.1252	-0.2014	0.2796	0.6003**	0.1254	0.3325	-0.1354		-0.9871***
单株干物重 (g)	0.0304	0.5339**	0.3067	0.4171	0.1359	-0.2258	0.7796***	0.3392	-0.3231	

注：*，**，***分别为达5%，1%和0.1%显著水平，上三角部分为偏相关系数，下三角部分为简单相关系数。

2.2.2 籼爪亚种间的杂种优势 从与父本相比较的超亲优势看(表3),以单株粒重、秆重和干物重的优势最强,其他依次为单株有效穗、每穗实粒数、总粒数、穗长、千粒重、株高、谷草比和生育期;而结实率略有负优势。

与品种间杂种相比较,以每穗总粒数的竞争优势最强;其他依次为单株秆重、着粒密度、株高、每穗实粒数、单株干物重、单株粒重、穗长、千粒重、生育期;而谷草比和结实率为负优势。

2.2.3 两类亚种间杂种主要性状的比较 对17个籼梗交杂种的14个性状分析表明,以单株秆重的变异系数最大,其次是谷草比和每穗实粒数,以生育期和穗长的差异最小,对8个籼爪交组合的分析表明,以谷草比的变异系数最大,其次是单株秆重和千粒重,以生育期和穗长的差异最小。

籼爪杂种在总体上是优于籼梗杂种的。除株高、总粒数和谷草比两类杂种相近之外,单株粒重、秆重、干物重、有效穗数、实粒数、结实率和生育期等方面籼爪交均优于籼梗交;籼梗交杂种由于晚造的生育期偏短,营养优势不明显,结实率未能达到正常水平,无法发挥其大穗优势的潜力,导致产量比不上品种间杂种;而籼爪交杂种有较强的营养优势,较高的结实率,以及较适中的生育期,其较大的库容基础得以充分利用,因而在单株产量上明显地超过了品种间杂种。

2.3 亚种间杂种一代主要农艺性状的相关和通径分析。

2.3.1 主要性状的相关分析 将25个亚种间杂种一代的10个农艺性状进行相关分析(见表4)。简单相关分析表明:单株粒重与单株有效穗数呈显著正相关、与每穗实粒数、结实率、单株干物重呈极显著的正相关,而与其他性状的相关不显著。偏相关分析表明:单株粒重与单株有效穗数、千粒重呈显著正相关,与每穗实粒数、谷草比和单株干物重呈极显著正相关,与其他性状的相关不显著,说明其他性状对单株产量的作用都是通过单株有效穗数和每穗实粒数而间接产生的。

此外,简单相关和偏相关系数均达极显著或显著正相关的成对性状有:结实率与每穗实粒数,每穗实粒数与每穗总粒数。表现为极显著或显著负相关的成对性状有:千粒重与单株有效穗,每穗实粒数与千粒重。而单株有效穗数与每穗实粒数之间呈显著负偏相关,说明亚种间杂种产量构成因子之间的关系不易协调,另外,每穗总粒数与结实率间呈极显著负偏相关,说明在大穗的情况下,结实率往往下降,故要发挥大穗优势,关键是提高结实率。

2.3.2 单株粒重与四个产量性状的通径分析 单株粒重与4个性状的通径分析(表5和图1)结果表明:(1)每穗实粒数对单株粒重的直接效应最大,占总效应的61%,是决定单株产量的关键。它通过千粒重和单株有效穗的间接效应亦较大,因而,实粒数的增加将使得千粒重和单株有效穗数降低;(2)单株有效穗的直接效应占总效应的41.4%,它通过千粒重和每穗实粒数的间接效应为-0.4892。故单株有效穗数的提高会使千粒重和每穗实粒数下降;(3)千粒重对单株粒重的间接效应大于直接效应,总效应为负值,所以千粒重的提高会使每穗实粒数和单株有效穗数明显减少,导致单株粒重下降;(4)结实率对单株粒重的直接效应很小,它主要是通过提高实粒数的间接作用来提高产量的。

表 5 单株粒重通径分析表

性 状	单株有效穗数	每穗实粒数	结实率	千粒重	与单株粒重的相关系数
单株有效穗数	0.924 4	-0.149 6	0.0125	-0.339 6	0.447 7*
每穗实粒数	-0.133 4	1.0370	0.038 4	-0.353 7	0.588 3**
结 实 率	0.150 6	0.519 0	0.076 8	-0.191 5	0.551 9**
千 粒 重	-0.402 6	-0.470 4	-0.018 9	0.779 8	-0.1120

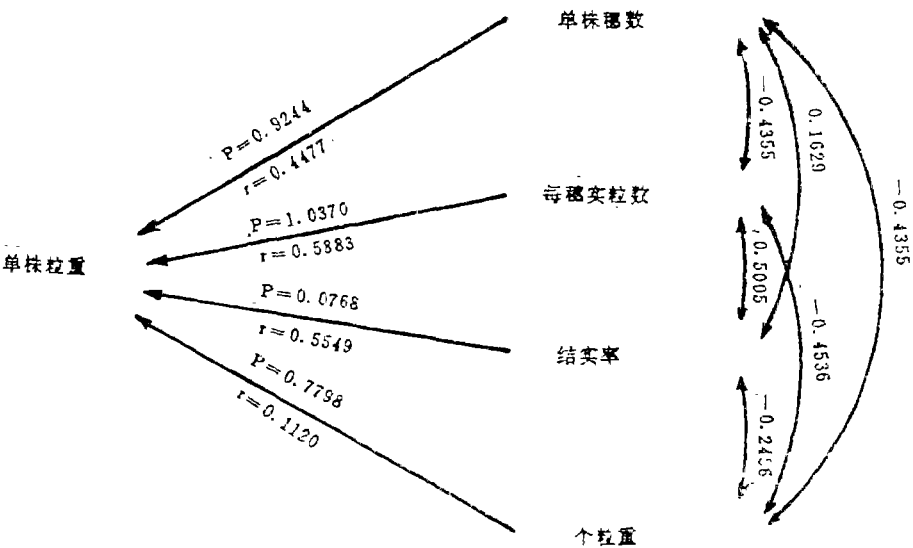


图 1 单株粒重通径图示
(单箭头表示因果关系，双箭头表示相关关系，p 为通径系数，r 为相关系数)

从上述分析可以认为：与单株粒重密切相关的因素是每穗实粒数和单株有效穗数；结实率主要是通过每穗实粒数的间接效应作用于产量；单株有效穗数，每穗实粒数和千粒重三者互相限制，难以协调，因此每穗实粒数和单株有效穗数是决定亚种间杂种产量的重要因素。

3 讨论

3.1 当前亚种间杂种优势利用的关键仍然是结实率问题 亚种间杂种一代的结实率问题，目前是期望选育具有广亲和基因的广亲和系来解决，本试验选择了国内外报道的一批最佳广亲和品种配制成亚种间杂种一代，在华南种植的结果是令人失望的。试验表明；目前的广亲和系并未能使杂种的结实率达到正常程度，杂种因结实率低而影响了产量潜力的发挥，这些广亲和品种有的亲和力强，有的亲和力弱，同一广亲和品种与不同品种组配，亲和性有明显差异，而同一组合在早晚造不同环境下栽培，结实率也有很大不同，这些情况说明，亲和性存在着亲和力和亲和谱的差异。从实用角度分析，亲和力不强就使得结实率低而不稳，亲和谱不广则影响强优组合选配成功的机率，总之都将降低广亲和系的应用价值。因此，加强广亲和系的选育是当务之急。从育种的实践看，广亲和性是可以加强和提高的，也

就是挑选那些亲和力强、亲和谱不同的品种进行杂交选育,将会收到累聚不同亲和基因的效果,达到予期的目标。

3.2 选育籼粳中间类型的两系材料配组,将有利于克服亚种优势利用存在的一些问题。在华南稻区目前亚种间杂种一代除结实率低外,另一关键问题就是谷草比低,导致谷草比低的原因除结实率的影响外,还由于营养生长与生殖生长协调不好,株叶形态欠佳,杂种秆高叶大相互郁蔽,有效穗少,粒重较轻,生物总重虽高,但稻谷产量并不理想。另一方面,由于温带粳稻在华南高温短光和生态环境里,生育期变化很大,影响到所配杂种表现早造生育期太长,晚稻生育期太短,栽培上很难掌握。除此以外,籼粳交的直接配组在解决病虫害、米质、脱粒性等问题方面,也增加了难度。因此在广亲和系选育的同时,培育一些籼粳中间类型的两系材料是有价值的,在试验中曾用了一些爪哇类型的品种做亲本,这些品种实质上是一批籼粳中间型品种,晚稻试验结果证实,这些组合的平均产量优于籼粳交杂种,这就说明,亚种间杂种优势的强弱,不单由亲缘远近决定,还涉到生物体与环境的关系。因此,在目前,不必顾虑亚种优势会因使用中间型品种而影响产量。

参 考 文 献

- 1 王建军等. 利用籼粳杂种一代若干问题的探讨. 中国农业科学, 1991, 24 (1): 27~33
- 2 石明松等. 湖北光敏核不育水稻的发现鉴定及其利用途径. 遗传学报, 1986, 13 (2): 107~112
- 3 朱运昌等. 水稻两系亚种间杂种优势的研究进展. 杂交水稻, 1990, (3): 32~40
- 4 袁隆平. 杂交水稻超高产育种战略设想. 杂交水稻, 1986 (2): 3~4
- 5 晏月明等. 籼粳稻亚种间杂种一代优势的研究. 四川农业学报, 1988, 3 (2): 6~10
- 6 曾世雄等. 栽培稻籼粳亚种间杂种一代优势的研究. 作物学报, 1980, 6 (4): 14~23
- 7 H Araki, et al. Role of wide-compatibility genes in hybrid rice breeding. Manila, philippines. IRRI, Hybrid Rice. 1988. 79-83
- 8 H Ikehashi, et al. Genetics of F_1 sterility in remote crosses of rice. Manila, Philippines. IRRI, Rice Genetics. 1986. 119-130

STUDIES ON THE HETEROSIS OF INTERSUBSPECIES IN RICE

Wan Banghui Dang Yixiong

(Department of Agronomy)

Abstract In the experiment, several photoperiod-temperature sensitive genic male sterile lines and some indica, japonica or javanica varieties (including wide compatibility varieties) were crossed to obtain 25 intersubspecific F_1 hybrids (17 indica-japonica and 8 indica-javanica hybrids), 15 intervarietal F_1 hybrids. The feature and problem in use of intersubspecies heterosis in south China region of two season rice were pointed out. The results indicated, Principal problem of intersubspecific F_1 hybrid of two lines was lower setting percentage and grain-straw ratio. Indica-japonica hybrid was susceptible to environment condition. Filled grains per panicle and panicles per plant were the important factors determining grain yield per plant. Setting percentage was the key character affecting filled grains per panicle. The suggestions for increasing setting percentage and grain-straw ratio had been proposed.

Key words Rice; Intersubspecies hybrid; Heterosis; Setting percentage; Grain-straw ratio