

# 水稻杂种一代产量与主要性状间 表现型及基因型关联性的研究

曾世雄

杨秀青

(农学系)

## 提 要

对21个矮秆的(株高在90cm以下)杂种一代的产量与主要性状之间的表现型及基因型关联性作了研究,主要结果如下:

在11个调查性状中,有6个性状与产量有显著的表现型正相关关系,这些性状是:株高,穗长,着粒密度,每穗小穗数,每穗实粒数和结实率,其中以每穗实粒数与产量的关系最为密切,上述关系在较大程度上是由遗传因素所决定。每穗空粒数与产量之间呈显著的表现型负相关,这种关系主要地取决于环境因素。每株茎数和每株穗数与产量间存在着较密切的基因型负相关。百粒重与产量之间相关系数极小。在3个产量构成性状对产量的直接作用中,以每穗实粒数的作用最大,每株穗数的作用明显地低于每穗实粒数,百粒重的作用又较每株穗数小,因此,在设计和选配高产的杂交水稻组合时,应该特别注意提高每穗实粒数。

## 前 言

谷粒或糙米产量向来是水稻育种工作中最重要的目标之一,无论是杂交育种、杂种一代优势利用或者是其它育种手段都是这样。水稻的产量构成因素是穗数、每穗实粒数和粒重,大田产量的高低取决于每亩有效穗数、每穗实粒数和粒重三者的乘积,研究产量构成性状与产量之间的关系以及研究产量构成性状与其它性状之间的关系,对于帮助我们在丰产性育种中抓住主要矛盾具有重要意义。

对于杂种一代产量构成因素的研究,村山盛一等(1973)<sup>3</sup>曾用27个粳稻品种做了33个杂交组合,采取随机区组设计,从试验中得到的结论是:杂种一代产量优势是由产量构成性状的优势累加造成的,其中,每穗粒数显得特别重要;作者等(1979)<sup>1</sup>曾以27个籼稻亲本之间杂交得到的34个杂种一代为材料,采取对比法设计,对产量构成因素进行通径分析的结果表明:杂种一代单株粒重的增加主要是由于每穗实粒数的提高所造成。为进一步确证这个问题,本试验采用了不同的杂交组合,不同的试验设计和统计分析方法,专门对矮秆的杂种一代产量构成因素以及其它主要性状之间的表现型、基因型关联性作深入一步的研究。

## 材 料 与 方 法

1980年6月,以7个矮秆籼稻品种作亲本,采用剪穗液培,温水杀雄,室内隔离授

粉杂交法，按  $7 \times 7$  双列杂交做了21个杂种一代正交组合，杂交种子置干燥皿内保存，1981年3月16日在温室按每平方厘米一粒种子的密度播种于塑料育秧盆上，4月6日移植于水田。采用随机区组设计，3次重复，每小区一行14株，共63个小区，行距8寸，株距5寸，单株植。田间试验期间，植株生长正常，病虫害很少。

杂交亲本及其代号（括号内数字）为：建梅早（1），红丰早（2），桂朝2号（3），朝阳早（4），梅菲早2号（5），泰引1号（6），珍珠选1号（7）。田间调查及室内考种的项目包括以下12项：株高，每株茎数（移植后第43天开始调查，以后每隔4天调查1次，直到分蘖数下降为止，取历次调查中的最高值。），每株穗数（指有效穗），穗长（量度每一株所有有效穗的长度，取平均值。），着粒密度，每穗小穗数，每穗实粒数，每穗空粒数，结实率，百粒重，抽穗日数（调查每一株从播种到始穗所经历的日数）和小区产量。上述项目均选取每个小区的中间10株进行测定，求出各小区平均值进行统计分析。

参照井山 审也（1958）〔2〕所述方法进行变量、互变量分析及在此基础上计算表现型相关系数、基因型相关系数和环境相关系数；参照Dewey等（1959）〔4〕所述方法进行通径分析。

## 研究结果与分析

### （一）各参试组合杂种一代主要性状的表现型表现

21个参试组合杂种一代的12个调查项目的表现型值列于表1。从表1总的看来，各参试组合杂种一代的株高相近（组合间变异系数为4.2%），均在89.2厘米以下，分蘖能力比较强，穗子较短，百粒重较低，抽穗日数较接近（组合间变异系数为4.2%），而每株穗数，着粒密度，每穗小穗数，每穗实粒数，每穗空粒数等性状及小区产量的组合间差异都相当大（组合间变异系数均在11.5%以上）。对小区产量变量分析结果的F检验表明，组合间差异达到极显著水准（ $P < 0.01$ ），重复间的差异不显著（ $P > 0.05$ ），对其它调查项目的F检验同样是组合间差异极显著而重复间差异不显著。

从产量表现来看，小区产量最高的组合为  $1 \times 4$ （建梅早  $\times$  朝阳早），但在不同的重复中变动很大；其次是  $4 \times 5$ （朝阳早  $\times$  梅菲早2号），在不同的重复中变动很小；第三是  $2 \times 4$ （红丰早  $\times$  朝阳早），在不同重复中变动较大。这三个组合都含有朝阳早这个杂交亲本。

### （二）杂种一代各性状的相关分析

计算了12个调查性状或项目之间的66组相关系数，每一组均包括表现型的、基因型的和环境的三种相关系数，基因型相关和环境相关是把表现型相关分割后所得的两个组成部分。结果列于表2。

1. 三个产量构成性状与小区产量之间的关系：从表2可以看出，构成产量的三个性状与小区产量之间的相关关系并不相同。其中，以每穗实粒数与小区产量之间的关系最为密切，表现型相关系数达0.8040（ $P < 0.01$ ），基因型相关系数值高达0.9801，环境相关系数为0.6819，据此可以认为：这两个性状之间的表现型关系在较大程度上是由遗传

表1 参试组合F<sub>1</sub>各调查性状的平均值与标准差

组 合	性 状	株 高 (cm)	每株茎数	穗 长 (cm)	着粒密度 (粒/cm)	每穗小穗数			每穗实粒数	每穗空粒数	结 实 率 (%)	百 粒 重 (克)	抽穗日数	小区产量 (克)
						每穗小穗数	每穗实粒数	每穗空粒数						
1 × 2		75.6 ± 1.8	15.5 ± 2.0	9.1 ± 2.7	19.3 ± 0.1	14.38 ± 0.03	84.5 ± 1.9	61.2 ± 3.5	20.2 ± 2.8	76.9 ± 3.5	2.78 ± 0.05	78.4 ± 2.1	162.9 ± 53.5	
1 × 3		35.7 ± 1.5	16.4 ± 1.7	9.8 ± 0.9	20.2 ± 0.2	25.34 ± 0.17	108.2 ± 3.9	93.2 ± 7.4	9.0 ± 3.8	91.6 ± 3.8	2.56 ± 0.10	87.2 ± 1.2	249.5 ± 38.1	
1 × 4		87.6 ± 1.7	17.7 ± 1.2	10.9 ± 1.0	22.1 ± 0.2	25.72 ± 0.16	126.1 ± 3.0	108.8 ± 8.4	17.3 ± 5.9	86.2 ± 4.9	2.31 ± 0.10	85.5 ± 1.5	273.6 ± 31.1	
1 × 5		32.9 ± 3.0	15.9 ± 0.4	9.1 ± 1.2	19.8 ± 0.4	45.32 ± 0.40	105.3 ± 9.7	95.3 ± 8.6	10.0 ± 2.0	90.5 ± 1.6	2.67 ± 0.02	83.1 ± 2.2	232.0 ± 38.1	
1 × 6		80.1 ± 2.0	20.6 ± 0.7	13.2 ± 1.1	20.1 ± 0.7	4.05 ± 0.11	81.3 ± 4.8	61.8 ± 3.7	19.4 ± 1.1	76.1 ± 0.4	2.15 ± 0.04	86.7 ± 0.7	175.1 ± 15.9	
1 × 7		81.7 ± 0.9	17.6 ± 0.2	9.8 ± 1.5	19.8 ± 0.1	15.06 ± 0.25	100.3 ± 5.3	91.5 ± 7.6	8.8 ± 3.9	91.2 ± 4.0	2.35 ± 0.03	87.4 ± 1.6	212.2 ± 43.0	
2 × 3		81.7 ± 1.6	15.3 ± 1.2	9.3 ± 0.2	20.2 ± 0.2	25.51 ± 0.11	111.5 ± 1.7	101.3 ± 4.1	10.2 ± 5.1	90.9 ± 4.4	2.54 ± 0.08	87.0 ± 1.6	240.7 ± 29.3	
2 × 4		85.6 ± 1.2	16.6 ± 0.4	9.8 ± 0.5	23.0 ± 0.4	6.34 ± 0.28	145.9 ± 6.5	118.3 ± 9.9	27.6 ± 3.4	81.0 ± 3.1	2.19 ± 0.02	91.1 ± 0.7	252.6 ± 15.1	
2 × 5		79.4 ± 3.1	16.3 ± 2.7	10.5 ± 0.9	19.7 ± 0.5	4.96 ± 0.74	98.0 ± 16.5	83.7 ± 16.5	9.3 ± 1.2	90.3 ± 2.1	2.49 ± 0.02	85.8 ± 1.1	230.7 ± 39.7	
2 × 6		80.3 ± 2.2	18.8 ± 0.9	10.9 ± 0.6	20.8 ± 0.5	3.99 ± 0.32	83.0 ± 8.5	72.0 ± 7.6	11.0 ± 6.7	87.0 ± 7.4	2.35 ± 0.10	82.8 ± 0.2	183.7 ± 20.1	
2 × 7		83.6 ± 1.6	16.2 ± 1.2	9.8 ± 1.4	20.5 ± 1.5	5.62 ± 0.17	117.9 ± 12.4	101.2 ± 3.2	16.6 ± 9.7	86.4 ± 7.1	2.36 ± 0.03	90.2 ± 2.6	232.9 ± 23.3	
3 × 4		89.1 ± 1.3	14.7 ± 1.1	9.7 ± 0.5	22.4 ± 0.2	6.12 ± 0.09	137.1 ± 2.3	193.3 ± 12.8	33.8 ± 12.9	75.4 ± 9.5	2.11 ± 0.13	92.6 ± 0.6	210.9 ± 16.1	
3 × 5		84.5 ± 2.5	16.1 ± 1.3	10.2 ± 0.9	19.3 ± 0.3	5.53 ± 0.21	106.9 ± 5.5	99.0 ± 5.6	7.9 ± 2.1	92.6 ± 1.9	2.45 ± 0.10	87.5 ± 1.1	246.6 ± 29.7	
3 × 6		81.8 ± 1.7	18.6 ± 1.7	13.0 ± 0.4	20.5 ± 0.1	4.23 ± 0.25	87.5 ± 5.6	80.2 ± 6.3	7.3 ± 1.2	91.6 ± 1.8	2.16 ± 0.06	85.0 ± 2.5	226.4 ± 21.1	
3 × 7		87.7 ± 2.7	16.5 ± 0.9	10.4 ± 0.7	21.7 ± 0.8	5.76 ± 0.38	124.9 ± 11.6	97.7 ± 9.8	27.2 ± 5.8	78.2 ± 4.1	2.27 ± 0.04	91.1 ± 1.5	228.7 ± 6.1	
4 × 5		85.7 ± 2.3	16.5 ± 0.4	10.6 ± 0.3	21.4 ± 0.4	6.07 ± 0.36	129.7 ± 9.1	112.2 ± 5.6	17.5 ± 4.3	86.7 ± 2.5	2.25 ± 0.04	85.9 ± 0.3	267.5 ± 9.0	
4 × 6		81.9 ± 2.2	18.6 ± 1.0	11.3 ± 1.4	21.5 ± 0.5	4.77 ± 0.34	102.5 ± 7.3	73.5 ± 6.2	23.0 ± 2.4	77.5 ± 2.0	2.03 ± 0.03	86.9 ± 2.0	187.3 ± 37.8	
4 × 7		89.2 ± 3.1	17.4 ± 1.0	10.9 ± 0.5	22.8 ± 0.3	6.21 ± 0.26	141.9 ± 7.3	111.0 ± 7.8	31.0 ± 7.1	78.2 ± 4.5	2.06 ± 0.12	93.9 ± 0.8	249.3 ± 12.2	
5 × 6		84.1 ± 1.2	17.8 ± 1.5	11.2 ± 1.6	21.3 ± 0.4	4.82 ± 0.15	102.7 ± 4.1	63.8 ± 7.4	32.9 ± 4.5	67.9 ± 5.1	2.26 ± 0.05	92.5 ± 0.8	177.3 ± 31.2	
5 × 7		82.0 ± 1.0	16.4 ± 1.9	9.8 ± 0.7	20.1 ± 0.3	5.47 ± 0.39	110.1 ± 7.7	99.7 ± 7.2	10.4 ± 1.8	90.6 ± 1.5	2.36 ± 0.05	87.5 ± 1.6	231.5 ± 24.6	
6 × 7		79.9 ± 1.5	20.5 ± 0.4	13.0 ± 0.9	20.8 ± 0.3	4.16 ± 0.30	86.4 ± 7.4	76.8 ± 7.8	9.6 ± 1.7	88.8 ± 2.5	2.18 ± 0.03	86.7 ± 2.4	218.3 ± 30.8	

表 2 杂种一代性状间的表型相关、基因型相关、环境相关

性状	每株 茎数	每株 穗数	穗长	着粒 密度	每穗 小穗数	每穗 实粒数	每穗 空粒数	结实率	百粒重	抽穗 日数	小区 产量 (克)
株高 (cm)	-.2489 -.3292 -.0453	-.0798 -.2008 .1929	.6358 .7770 .1341	.7134 .8330 .2885	.7597 .8936 .2622	.6244 .7774 .2451	.4579 .5533 .0307	-.1692 -.1976 .0973	-.3329 -.4947 .3059	.5601 .8023 -.3211	.4835 .6858 .3537
每株茎数		.7574 1.0029 .5101	.0105 .0439 -.0491	-.5551 -.7376 -.2331	-.4357 -.5720 -.1968	-.4595 -.6085 -.2494	-.0818 -.1499 .0882	-.1067 -.0939 -.2022	-.4410 -.5744 -.1700	-.0249 -.0432 -.0526	-.1471 -.5164 .1770
每株穗数			.0539 .1365 -.1171	-.4263 -.6624 .0124	-.3219 -.4819 -.0388	-.3408 -.5802 .0812	-.0581 -.0017 -.2043	-.0519 -.2123 .2240	-.5147 -.7215 -.1572	.0191 .1790 -.4075	.1253 -.5813 .7307
穗长 (cm)				.5438 .5623 .4820	.7486 .7581 .7230	.4752 .4983 .4473	.7006 .7667 .4734	-.4774 -.5188 -.3344	-.6244 -.7475 .0239	.6142 .6896 .3567	.2552 .3315 .1937
着粒密度 (粒/cm)					.9626 .9651 .9512	.9199 .9399 .8604	.3505 .4128 .1603	-.0052 -.0300 .0739	-.1094 -.1212 -.0425	.4816 .5774 -.1218	.6453 .8000 .5583
每穗 小穗数						.8754 .8956 .8278	.5073 .5721 .2991	-.1641 -.1940 -.0663	-.2858 -.3240 -.0419	.5751 .6644 .0451	.5834 .7314 .4914
每穗 实粒数							.0274 .1475 -.2877	.3246 .2599 .4793	-.1021 -.1097 -.0198	.3897 .4705 -.1326	.8040 .9801 .6819
每穗 空粒数								-.9178 -.9104 -.9284	-.4090 -.5181 -.0380	.4943 .6096 .3026	-.2921 -.1230 -.6018
结实率 ( $\sin^{-1}\sqrt{\%}$ )									.3237 .4138 .0861	-.2752 -.3349 -.3223	.4988 .5536 .4823
百粒重 (克)										-.6132 -.6825 -.0029	-.0115 -.0491 .1105
抽穗日数											.1449 .3780 -.3975

\*表内各栏的r值由上至下依次为表型相关、基因型相关、环境相关。只对表型相关进行显著性测定。

• 5%显著水准, •• 1%显著水准。

决定的,这一点,在表1中已有一个直观的反映,三个小区产量最高的组合,其每穗实粒数均在108粒以上,另外三个最低产的组合(1×2, 1×6和5×6)其每穗实粒数均在70粒以下;另一方面,还应该看到这两个性状之间的表现型相关关系还受到环境因素的一定程度的影响。图1显示每穗实粒数与小区产量间的表现型相关关系,回归系数表明,每穗实粒数增加1粒,小区产量则相应提高近1.8克。每株穗数与小区产量之间的表现型相关系数未达显著水准,但基因型相关较高并为负值,环境相关高达0.7307,这种情况表明:在两个性状之间的表现型相关受环境因素较大干扰的情况下,只有基因型相关才能如实反映它们之间的内在联系,负的基因型相关显示小区产量与每株穗数之间存在一定程度的矛盾,由此可以联想到,要提高矮秆杂交水稻的产量,应在保持一定水平的每株穗数基础上增加每穗实粒数,而不是单纯追求增加每株穗数。至于百粒重与小区产量之间的相关关系,则无论是表现型的、基因型的或者是环境相关系数都很小。

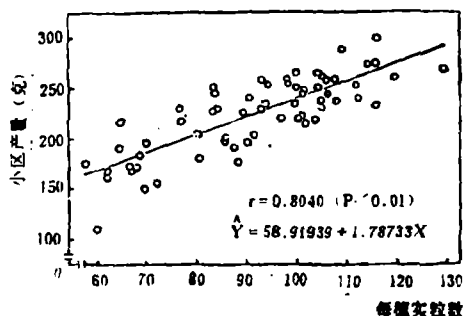


图1 每穗实粒数与小区产量的表现型相关

2. 与小区产量有显著关系的其它性状:除上述三个产量构成性状之外,与小区产量之间的表现型相关达到显著或极显著水准的其它性状有:株高、穗长、着粒密度、每穗小穗数、结实率等,均呈正相关,相关系数值均小于其相应的基因型相关系数而大于环境相关系数,这些关系表明:植株较高、穗子较长、着粒密度较高、每穗小穗数较多、结实率较高的杂种一代,其小区产量有可能也比较高。

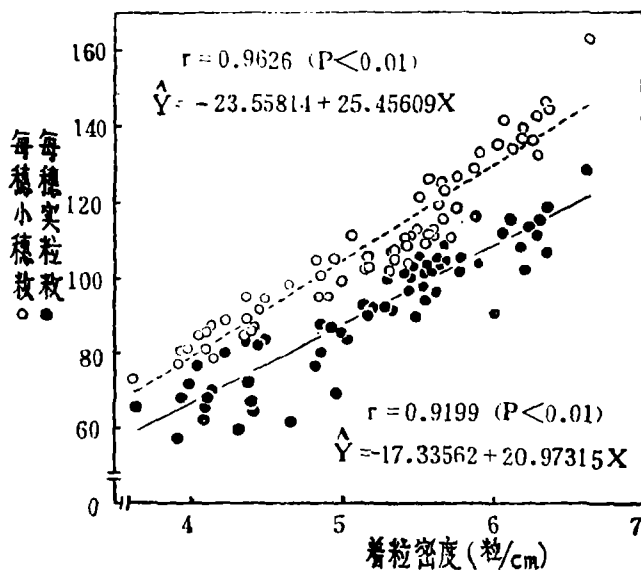


图2 每穗小穗数、每穗实粒数与着粒密度之间的表现型相关

图2显示每穗小穗数、每穗实粒数与着粒密度之间的非常密切的表现型相关与直线回归关系,这种关系揭示了提高杂种一代每穗实粒数的一种途径。

另外,每穗空粒数与小区产量之间的表现型相关为负值,达显著水准( $P < 0.05$ ),这种关系主要由环境因素引起,遗传因素的作用很小。

3. 三个产量构成性状与其它性状之间的关联性:每株穗数,每穗实粒数,百粒重

这三个性状除与小区产量有一定关系之外，还与其它性状互相联系，构成性状间的复杂关联性（表2）。

每穗实粒数分别与8个其它性状有显著的表现型相关关系，其中，与株高、抽穗日数呈正相关，而与每株茎数和穗数呈负相关，这些关系在相当大的程度上都是由遗传因素所决定；与结实率呈正相关，此关系由环境因素引起的程度较高；与穗长、着粒密度、每穗小穗数呈正相关，这些关系则受到程度近似的遗传和环境两种因素的影响。

每株穗数分别与着粒密度、每穗小穗数和每穗实粒数、百粒重等4个性状呈显著的表现型负相关，而与每株茎数呈极显著正相关，这些关系在很大程度上均由遗传因素决定，环境影响很小。

百粒重与株高、每株茎数、每株穗数、穗长、每穗小穗数、每穗空粒数、抽穗日数等7个性状之间均呈负的表现型相关，都达到显著或极显著水准。在上述这些关系中，除了百粒重与株高之间的相关以外，均取决于遗传因素。

### （三）杂种一代的产量与其三个构成性状之间的通径分析

在相关分析的基础上进行通径分析，可以将相关系数分割为直接作用和间接作用两个组成部份，以便进一步阐明各个因素对产量的相对重要性。图3显示杂种一代小区产量与每株穗数、每穗实粒数和百粒重之间的通径分析结果，图的左半部为表现型，右半部为基因型，单向箭头上的P值为通径系数，双向箭头之间的数值为相关系数。

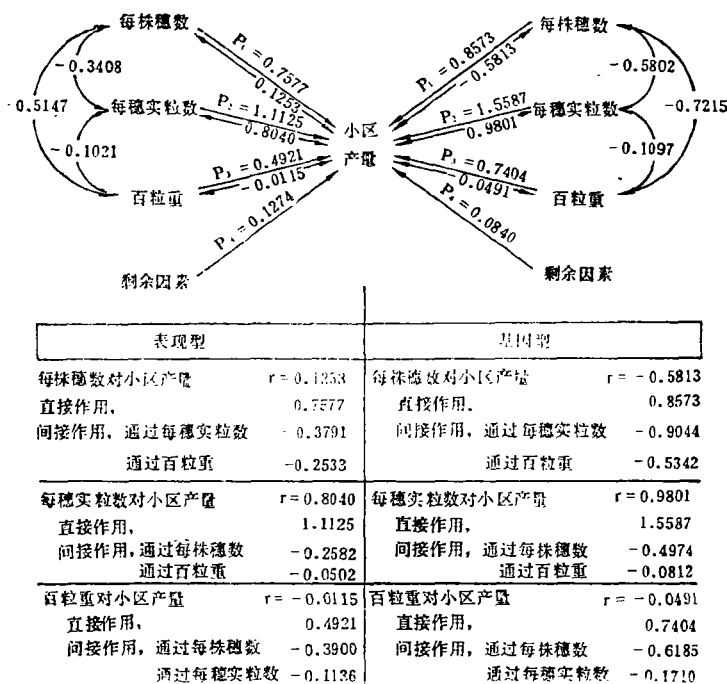


图3 产量构成因素与小区产量间的通径分析

通径分析的结果表明，不论是利用表现型相关系数或者是基因型相关系数进行通径分析，所得结论都是一致的，即：影响小区产量的主要因素是三个产量构成性状，其余

因素的影响很小。在这三个性状中,以每穗实粒数对小区产量的直接作用特别大,其次是每株穗数,百粒重对小区产量的直接作用最小(这里所说的直接作用,是指当其它因素保持不变时某一性状对小区产量的作用)。从百粒重与小区产量的关系来看,相关系数极小,如果单凭这个相关系数值就认为百粒重对小区产量不起作用,那么,这种结论与事实是不相符的,实际上,百粒重对小区产量的正向直接作用仍然相当大,但它通过每株穗数对小区产量的负向间接作用也相当大,再加上它通过每穗实粒数的间接作用也是负向的,正向的直接作用和负向的间接作用相抵销,剩余的作用就变得极小,表现为相关系数值很低。

## 讨 论

本试验结果表明,矮秆的杂种一代,在其三个产量构成因素中以每穗实粒数对产量的直接作用最大,每株穗数次之,再次为百粒重。这个结论,与村山盛一(1973)<sup>[3]</sup>及作者等(1979)<sup>[1]</sup>在不同条件下的试验结果颇为一致,可以认为,这是一个带有普遍性的规律。因此,在选配高产杂交水稻的组合时,应力求提高杂种一代的每穗实粒数。由于每穗实粒数与每株穗数之间有较密切的基因型负相关,在育种设计上,把每株穗数保持在一个适当的水平上(在本试验的条件下是每株10穗左右)似乎比追求更强的分蘖和更多的穗数对提高杂种一代产量更为有利,而且,在前一种情况下也有利于发挥粒重在提高产量中的作用,因为百粒重与每穗实粒数之间没有显著的相关关系,但是与每株穗数间有相当密切的基因型负相关。此外,在设计和选配新的矮秆杂交水稻组合时,还应注意一些与产量有较密切基因型相关的其它性状,例如:提高着粒密度、每穗小穗数、株高、结实率、穗长以及适当延长抽穗口数等,都可能有助于获得产量比较高的杂种一代。

## 参 考 文 献

- [1] 曾世雄等:水稻品种间杂种一代优势及其与亲本关系的研究,《作物学报》,5(3) 1979: 23—34。
- [2] 井山審也:水稻的遗传相关和环境相关,水稻译丛,上海市科学技术编译馆出版。1958年,1964年第9辑,第45—51页。
- [3] 村山盛一:イネの一代杂种利用に関する基础的研究I. ヘテロミスの程度とその发现の样相,《育种学杂志》,23(1) 1973: 22—26。
- [4] Dewey, D.R. and K.H.Lu, 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. Agron.J. 51: 515—518.

STUDIES ON THE CORRELATION OF PHENOTYPE AND  
GENOTYPE BETWEEN GRAIN YIELD AND  
CHARACTERS OF  $F_1$  HYBRIDS IN RICE

Zeng Shixiong      Yang Xiuqing

(Department of Agronomy)

ABSTRACT

Studies were made on the correlation of phenotype and genotype between the yield and characters of  $F_1$  hybrids in rice. the main results obtained from 21 [dwarfs (plant height under 90 cm.) are summarized as follows,

There were six charaters(such as plant height, panicle length, panicle density, number of spikelets per panicle, filled grains per panicle and percentage of filled grains) were phenotypic positively correlated to the yield at significant level among eleven characters, but filled grains per panicle was correlated with the yield very closely. The correlation have been described as above were controlled by the factor of heredity. Number of sterile spikelets per panicle was phenotypic negatively correlated to the yield at significant level, but the correlation was mainly dependent on the factor of environment. The genotypic negative correlation of tillers per plant, of panicles per plant and the yield related more closely. The correlation coefficient were very small between 100—grain weight and the yield. Filled grains per panicle bore the greatest effect among the direct effect on the yield of three yield constructive characters, the effect of panicles per plant was much lower than filled grains per panicle, so did 100—grain weight was lower than panicles per plant. Therefore we should pay special attention to improve filled grains per panicle when draw up a plan and make the selection of height yield of hybridized combination in rice.