

# 棉花亲本遗传距离与杂种优势间的相关性研究<sup>1)</sup>

王学德<sup>2)</sup> 潘家驹  
(南京农业大学)

## 提 要

以棉花芽黄(Virescent)为指示性状辨别真伪杂种,并采用NC II(North Carolina II)交配设计,对56个组合的杂种一代及其15个亲本进行两年(1986—1987)比较试验,研究棉花亲本遗传距离( $D^2$ )与杂种产量优势(MH)的相关。研究表明:亲本遗传距离与杂种产量优势有显著或极显著的抛物线回归关系。遗传距离在一定范围内( $0 \leq D^2 \leq 7$ ),杂种优势随遗传距离的增大而加强,超过 $D^2=7$ 此界杂种优势反而随遗传距离的增大而减弱。棉花亲本间遗传距离过大或过小均不易产生强优势组合,在产量水平较高的基础上选择遗传距离较大的材料作杂交亲本为佳。根据遗传距离对参试亲本进行系统聚类分析发现:强优势组合一般都属不同类群亲本间杂交的组合,因此来源于不同类群的亲本进行组配可提高优良组合出现的频率。

**关键词** 棉花, 遗传距离, 杂种优势

陆地棉品种间具有明显的杂种优势已有很多报道。在印度,1983年种植杂交棉达102,6万公顷,占全国棉田总面积的12.8%,杂交棉产量占总产量的19.3%<sup>[1]</sup>;在我国,1979年种植杂交棉约为1.07万公顷<sup>[2]</sup>;在江苏靖江,1984年全县8000公顷棉田,全部种植杂交棉,皮棉产量达1050公斤/公顷<sup>[3]</sup>。棉花杂种优势利用方兴未艾。

众所周知,选育强优势的棉花杂种,其关键是亲本选配,亲本选配是否合理与杂交亲本间的遗传差异有着很密切的关系。如何衡量亲本间的遗传差异?通常认为地理来源差异大的品种反映在形态、生态、生理和发育性状上的差异也大,也许可以用亲本地理上距离的远近代表它们的遗传差异的大小。但进一步研究表明,亲本的地理分布与其遗传差异并无直接联系<sup>[9,10]</sup>。目前,许多学者倾向于用遗传距离作为一种对生物遗传差异的定量描述,并发现杂交亲本间的遗传距离与杂种优势间具有直线或抛物线的回归关系<sup>[4,5,6,7]</sup>。用这种关系预测杂种优势和指导亲本选配,虽然在一些作物上,如玉米<sup>[7]</sup>、水稻<sup>[4,5]</sup>、小麦<sup>[6]</sup>和菜豆<sup>[11]</sup>上做过研究,但在棉花上尚未见报道。

本研究目的是利用多元分析法定量测定棉花杂交亲本间遗传差异(以遗传距离度量),再根据遗传距离对亲本进行分类,研究棉花杂交亲本遗传距离与杂种优势的关系,为杂交亲本选配提供理论依据。

## 材 料 和 方 法

试验材料分为两组,一组为7个具有芽黄指示性状的棉花芽黄品系(芽黄为一对隐性基

1) 承泓良副研究员对本文提出宝贵建议,特此致谢。

2) 现在浙江省农科院工作。

因控制的性状，纯合体(vv)真叶呈黄色，杂合体(Vv)为正常绿色)。另一组为 8 个棉花常规品种(系)。两组材料共 15 个品种(系)均为经多年自交的纯系(表 1)。

表 1 供试材料一览表

Table 1 The experimental materials

编号 No.	芽黄品系 Virescent strain	来源 Origin	编号 No.	常规品种(系) Commercial variety (strain)	来源 Origin
1	真叶芽黄	中国	8	陕棉1155	中国
2	彭泽芽黄		9	中棉所9号	
3	简阳芽黄		10	泗棉2号	
4	湖北芽黄		11	鲁棉1号	
5	美国芽黄-1	美国	12	FTA	美国
6	美国芽黄-2		13	PD0259	
7	美国芽黄-3		14	PD2164	
			15	PD9364	

试验的交配设计为 NCII 交配设计。为了识别真伪杂种，保证全部杂种，以具有芽黄指示性状的 7 个芽黄品系作母本与 8 个常规品种(系)杂交，1985 年和 1986 年各配成 56 个组合的杂种一代。1986—1987 年将 56 个组合的杂种及其 15 个亲本在同一地点进行两年 3 次重复的随机区组试验。试验共 213 个小区，双行区，行距 80 厘米，株距 40 厘米，每行 14 株，取中间 10 株定点、观察、记载和考种。本文研究的性状有：单株皮棉产量、铃数、铃重、衣分、籽指和全生育期。试验地点为南京农业大学江浦试验站。

亲本间遗传距离的计算以及对亲本的系统聚类(类平均法)按刘来福介绍的统计方法<sup>[8]</sup>进行。主要计算在南京农业大学计算中心的 PC-8801B 微机上完成。

## 结果和分析

对 1986 年试验所获的 15 个亲本的单株皮棉产量、铃数、铃重、衣分、籽指和全生育期六个性状的资料进行方差分析，结果表明亲本基因型间的差异均达显著或极显著水准(表略)。然后估计每个性状的遗传方差，以及任两个性状间的遗传协方差，便得遗传相关系数矩阵 R。

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0.6474 & 0.1734 & 0.8472 & -0.3741 & -0.6554 \\ 0.6474 & 1 & -0.1994 & 0.2788 & -0.2886 & -0.1065 \\ 0.1734 & -0.1994 & 1 & 0.2513 & 0.5152 & -0.0104 \\ 0.8472 & 0.2788 & 0.2513 & 1 & -0.4930 & -0.8385 \\ -0.3741 & -0.2886 & 0.5152 & -0.4930 & 1 & 0.4508 \\ -0.6554 & -0.1065 & -0.0104 & -0.8385 & 0.4508 & 1 \end{bmatrix}$$

求遗传相关矩阵 R 的特征根和特征向量，并根据累积遗传贡献率  $(\sum_{j=1}^i \lambda_j / \sum_{j=1}^6 \lambda_j) \geq 85\%$ ，选取前三个特征根和相应的特征向量(表 2)，进一步计算 15 个供试品种(系)的主

表 2 前三个特征根( $\lambda_i$ )、特征根累积百分率( $\Lambda$ )和特征向量( $\vec{L}_i$ )Table 2 The first three eigenvalues ( $\lambda_i$ ), their cumulative percentages ( $\Lambda$ ) and eigenvectors ( $\vec{L}_i$ )

$\lambda_i$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	变量来源 Source of variable
		3.0863	1.4967	
$\Lambda$	51.44	76.38	92.88	
$\vec{L}_i$	0.5220	0.1523	-0.2959	单株皮棉产量 Lint yield per plant
	0.3080	-0.2406	-0.7802	铃数 No. of bolls per plant
	-0.0103	0.7801	-0.1163	铃重 Weight per boll
	0.5272	0.2366	0.1701	衣分 Lint percent
	-0.3650	0.4897	-0.2915	籽指 Seed index
	-0.4701	-0.1204	-0.4199	全生育期 Date of maturity

成份值,再根据主成份值求出任意两个亲本间的遗传距离( $D^2$ )。同时计算每个组合单株皮棉产量的中亲优势(MH%)。表3列出NCII交配而获的56个杂交组合遗传距离及其中亲优势。以遗传距离为横坐标,中亲优势为纵坐标作图(图1),从56个组合的散布点可以看出,绝大多数点分布于坐标平面的中间区域( $10 \leq MH \leq 40$ ),但也存在一些偏离中间区域的组合,其中第26、34、37、53和21组合的坐标点位于坐标平面上部,而第4、20、22、28、31、44和55组合则位于坐标平面的下部。依此可将56个组合分成3种类型。其中第I和第III类属极端类组合,其组合数只占全部组合的21.43%,这些组合的杂种优势表现为偏离于一般情形,即杂种优势或很大或很小。例如以具有岱字15血缘关系的鲁棉1号作父本的杂种优势一般不很高;而具有福字棉血缘关系的中棉所9号,以及来源于多亲本复合杂交的种质系FTA作父本,其杂种有较强的优势。产生这种现象的原因似乎与亲本的血缘有一定的关系。

根据上述3种类型组合的坐标点分布,分别可拟合出各自的抛物线(图1):

$$\hat{y}_1 = 46.8237 + 4.2421x_1 - 0.3452x_1^2 \quad F = 34.1171^* \dots \dots \quad (1)$$

$$\hat{y}_1 = 13.5955 + 4.6843x_2 - 0.3625x_2^2 \quad F = 8.3837^{**} \dots \dots \quad (2)$$

$$\hat{y}_3 = -39.2239 + 10.8332x_3 - 0.6465x_3^2 \quad F = 12.5343^* \dots \dots \quad (3)$$

经抛物线回归的显著性测验,此三条曲线均超5%显著水准,说明棉花杂交亲本间遗传距离与杂种优势间确实存在显著的抛物线回归关系。对三个方程分别求一阶导数,即得曲线的极大值  $x_1 = 6.14$ ,  $x_2 = 6.46$  和  $x_3 = 8.38$ 。为叙述方便,假设  $x_1 = x_2 = x_3 = D^2 = 7$  为极大值。那末,遗传距离在一定范围内( $0 \leq D^2 \leq 7$ ),杂种优势是随亲本间遗传距离的增大而加强,超过  $D^2 = 7$  此界,杂种优势反而随遗传距离的增大而减弱。从图1又可知,棉花杂交亲本间的遗传距离过大或过小均不易产生强优势组合,只有遗传距离处于中等大小

表3 15个棉花亲本间遗传距离( $D^2$ )及其56个杂种一代的产量优势(%)Table 3 Genetic distance ( $D^2$ ) among 15 parents of cotton and heterosis (MH%) for lint yield in their 56 crosses ( $F_1$ )

序号 No.	组合 Cross	$D^2$	MH%	序号 No.	组合 Cross	$D^2$	MH%	序号 No.	组合 Cross	$D^2$	MH%
1	1×8	7.14	40.55	20	3×11 <sup>△</sup>	9.29	6.13	39	5×14	11.34	18.86
2	1×9	5.82	18.87	21	3×12 <sup>*</sup>	18.23	6.88	40	5×15	10.33	25.29
3	1×10	13.80	16.14	22	3×13 <sup>△</sup>	10.48	5.33	41	6×8	0.73	15.94
4	1×11 <sup>△</sup>	12.43	-4.61	23	3×14	12.04	10.09	42	6×9	1.53	22.83
5	1×12	9.99	32.12	24	3×15	10.37	27.81	43	6×10	4.61	33.47
6	1×13	5.92	31.50	25	4×8	4.79	17.94	44	6×11 <sup>△</sup>	4.34	-5.58
7	1×14	11.90	22.64	26	4×9 <sup>*</sup>	4.77	55.10	45	6×12	3.97	22.95
8	1×15	10.47	12.65	27	4×10	10.63	18.30	46	6×13	0.67	21.47
9	2×8	1.47	11.06	28	4×11 <sup>△</sup>	9.76	2.29	47	6×14	2.83	12.46
10	2×9	3.95	26.07	29	4×12	6.22	35.46	48	6×15	2.22	25.10
11	2×10	4.60	26.81	30	4×13	6.27	35.89	49	7×8	1.85	36.13
12	2×11	5.00	19.91	31	4×14 <sup>△</sup>	6.64	3.53	50	7×9	5.92	19.91
13	2×12	4.41	40.02	32	4×15	6.69	30.25	51	7×10	9.74	23.26
14	2×13	1.13	9.13	33	5×8	9.76	14.69	52	7×11	9.97	24.82
15	2×14	2.97	15.81	34	5×9 <sup>*</sup>	12.29	47.62	53	7×12 <sup>*</sup>	0.34	50.32
16	2×15	2.55	24.00	35	5×10	10.91	16.64	54	7×13	0.47	20.51
17	3×8	9.76	28.61	36	5×11	11.66	11.20	55	7×14 <sup>△</sup>	5.33	2.27
18	3×9	5.34	36.61	37	5×12 <sup>*</sup>	14.77	37.93	56	7×15	5.17	24.07
19	3×10	10.88	27.35	38	5×13	8.42	33.31				

\* 和  $\Delta$  分别表示第 I 类和第 III 类组合 \* and  $\Delta$  indicates the first type and the third type of combinations, respectively.

$$\text{MH}\% = \frac{F_1 - MP}{MP} \times 100\%$$

( $4 \leq D^2 \leq 11$ ) 的材料作杂交亲本较为理想。

根据杂交亲本间的遗传距离的大小,采用系统聚类法(类平均法),逐层归并得聚类图(图2)。若在 $D^2=4$ 处截止,可将15个杂交亲本归为五类。一般认为,在一定的范围内亲本间的遗传差异较大,产生强优势组合的机率较大。由于不同类群的亲本间遗传差异大于同一类群的亲本,因此选配亲本时应选择不同类群的亲本进行交配,以便提高产生强优势组合的机率。本试验对56个棉花杂交组合的杂种一代进行了连续两年的比较试验,结果证实了这一点。表4列出从56个杂交组合中选出在籽棉产量上比对照(泗棉2号)增产的前15个组合。从表中可以看出,除了(2×12)组合是同一类群内的亲本间杂交外,其余14个优良组合全为不同类群亲本间交配而得。相反,同一类群内亲本间杂交的组合,其对照优势一般都较小,如(2×8)、(2×13)、(6×12)、(6×13)和(7×13)等组合的籽棉产量和皮棉产量均为负优势。

综合曲线回归分析以及系统聚类分析表明:棉花杂交亲本间的遗传距离与杂种优势有显著的抛物线回归关系。以利用棉花杂种优势为目的的亲本选配,亲本间应具有适当的遗传差异以及双亲均有较好的丰产性。亲本遗传差异过分悬殊使亲本之一水平不高,可能不利于强优势组合的出现。用遗传距离衡量亲本的遗传差异,依此作为亲本选配的依据是可行的。

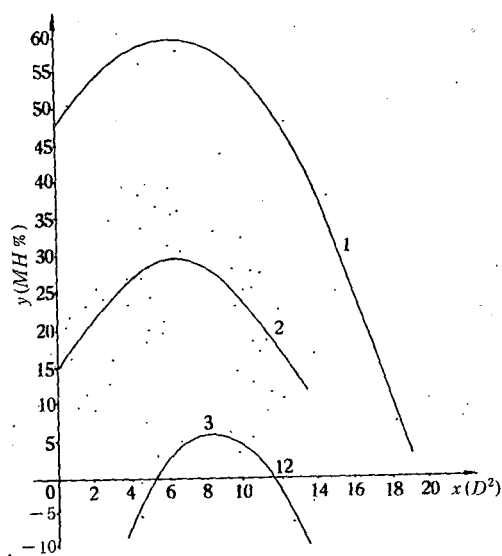


图1 亲本遗传距离与杂种一代产量优势的关系

Fig.1 Relationship between genetic distance among parents and heterosis for lint yield in their F<sub>1</sub> populations.

(1)、(2)和(3)分别表示第I类、第II类和第III类组合的曲线。

(1), (2) and (3) indicates the curve of the first, second and third type of combinations respectively.

表4 不同类群亲本组配成的15个优良组合及其杂种一代的优势

Table 4 The best 15 crosses among parents belonging to different clusters and their F<sub>1</sub> heterosis.

组合 Cross	类群 Cluster	杂种优势 <sup>Δ</sup> Heterosis <sup>Δ</sup>		
		籽棉产量 Seed cotton yield	皮棉产量 Lint cotton yield	全生育期 Date of maturity
4×15	III×I	20.58**	15.21*	-5.31**
1×8	IV×II	17.86*	-5.64	0.78
6×10	II×I	14.24	8.72	-1.99
5×9	V×I	13.25	2.97	1.15
2×15	II×I	11.98	-2.08	-3.09
2×14	II×I	11.82	8.37	1.34
5×8	V×II	11.10	-3.84	2.26
2×9	II×I	10.90	-5.97	2.07
5×10	V×I	8.73	4.54	1.71
5×13	V×II	8.65	-13.17	4.66*
2×12	II×II	8.32	-4.95	0.60
2×10	II×I	7.82	2.07	-5.49**
2×11	II×I	7.29	-5.69	-4.75*
4×9	III×I	7.05	1.85	-4.02*
4×10	III×I	2.74	3.18	-4.02*

$\Delta$  杂种优势 =  $\frac{F_1 - CK}{CK} \times 100\%$ , CK = 泗棉2号.

$\Delta$  Heterosis =  $\frac{F_1 - CK}{CK} \times 100\%$ , CK = Simian No. 2.

\*, \*\* 分别表示达0.05和0.01显著水准。

\*, \*\* Indicates significance at the 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively.

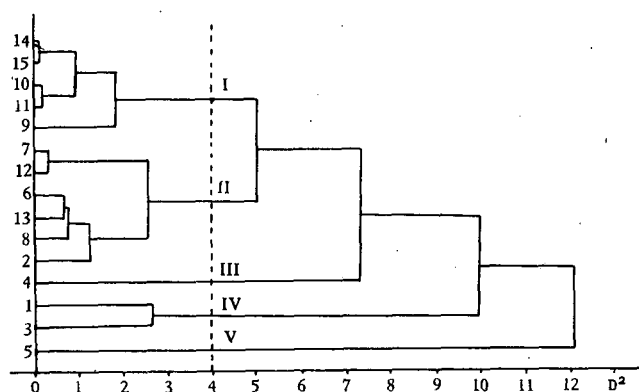


图2 15个棉花亲本的系统聚类图(类平均法)

Fig. 2 Hierarchical clustering diagram of 15 cotton parents (group-average method).

## 讨 论

棉花遗传育种研究已表明，一个优良品种或强优势组合往往是许多优良性状的综合结果，因此，育种家在亲本选配时必须考虑多个性状，不能只局限于单一性状。用多元统计方法获得的遗传距离就可衡量亲本多个数量性状的综合遗传差异。本研究结果表明棉花亲本间遗传距离与杂种优势存在一种抛物线回归关系，虽与徐静斐、李成荃和 Ghader 等先后在籼稻、粳稻和菜豆中发现的两者呈直线回归关系不甚一致<sup>[4,5,6]</sup>，但我们是否可理解为本研究显示的抛物线回归关系是对以往研究显示的直线回归关系的补充。遗传距离与杂种优势的直线回归关系在一定范围内是适合的，超过某一范围，这种直线回归关系就会偏离。

棉花产量等性状是由多基因控制的数量性状，这些基因间存在着复杂的互作关系。遗传距离与杂种优势呈抛物线回归关系，一方面可能是由于基因的上位性作用，部分地抵消了显性增值基因的作用，使遗传距离与杂种优势间的关系偏离直线回归关系。另一方面亦可能杂种组合了亲本某些减值基因，虽然双亲遗传差异很大，如亲本之一的产量水平很低，另一亲本则较高，但也难获得优良组合。

以往棉花亲本相关研究证明，杂种优势的强弱是与亲本水平高低密切相关，双亲水平高，杂种水平一般亦高。本研究用 56 个杂种一代及其 15 个亲本的两年的试验结果表明，提高棉花杂种优势，亲本应在较高的水平基础上，增大其遗传差异更易出现强优势组合。如棉花杂交亲本在产量较高的基础上，再增加它们的铃数、铃重和衣分的遗传差异，可使各产量因素得到互补而提高产量。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 中国农科院棉花研究所赴印度考察团，1986，国外农学—棉花，2，19—34。
- [ 2 ] 秦泰辰，1980，杂种优势利用原理和方法，江苏科学出版社。
- [ 3 ] 王庆其，1985，中国棉花，2，18—19。
- [ 4 ] 徐静斐等，1981，安徽农业科学，水稻数量遗传论文专辑，126—129。
- [ 5 ] 李成荃等，1981，安徽农业科学，水稻数量遗传论文专辑，88—89。
- [ 6 ] 张爱民等，1985，北京农业大学学报，11(4)，135—142。

- [ 7 ] 龙漫远, 1987, 作物学报, 13(3), 193 — 199。  
[ 8 ] 刘来福, 1979, 遗传学报, 6(3), 349 — 355。  
[ 9 ] Moll, R. H., W. S. Solhuana, and H. F. Robison, 1962, Crop-Sci., 2, 197 — 198。  
[ 10 ] Bhatt, G. M., 1970, Aust. J. Agric. Res., 21, 1 — 7。  
[ 11 ] Ghader, A., M. M. Adams and A. M. Nassib, 1984, Crop Sci., 24(1), 37 — 42。

## Studies on Relationship between Genetic Distance of Parents and Yield Heterosis in Hybrid Cotton

Wang Xuede Pan Jiaju

( *Nanjing Agricultural University* )

### Abstract

True and fault hybrids were differentiated by means of virescent indicative character in cotton. 56 crosses were made between 7 virescent strains and 8 commercial varieties of upland cotton by NC II (North Carolina II) mating design. Genetic distance ( $D^2$ ) among the 15 parents and yield midparent heterosis of 56 combinations (MH) were estimated to study the relationship between  $D^2$  and MH. The result showed that there was a significant parabolical regression relationship between  $D^2$  and MH. Within a restricted range ( $0 \leq D^2 \leq 7$ ), the greater genetic distance was associated with greater heterosis, but of  $D^2 > 7$  heterosis decreased while genetic distance increasing. The genetic distance could be used as a criterion to predict the hybrid vigor in upland cotton.

Fifteen parents were grouped into five genetic clusters. The crosses whose parents were selected from different clusters could produce larger heterosis compared with those whose parents were selected from the same cluster. Selection of parents from different clusters were suggested.

**Key words** Cotton, Genetic distance, Heterosis