

# 陆地棉杂种优势及自交衰退的遗传分析

王学德 潘家驹

(浙江农业科学院) (南京农业大学)

## 提 要

采用 NC II 交配设计, 估计了陆地棉产量、产量构成因子和纤维品质性状的遗传参数, 以及计算了 56 个组合的杂种一代平均优势和 30 个组合的杂种二代平均优势。通过不同世代间的比较, 对 7 个性状杂种优势及自交衰退进行遗传分析, 结果表明: 产量、铃重和纤维长度不但有极显著的  $F_1$  杂种优势, 而且也有显著的  $F_2$  杂种优势, 这些性状的优势主要是由加性效应决定的, 因而自交衰退较缓慢; 铃数和马克隆值的杂种优势除了加性效应外, 显性效应也起较大的作用, 因此  $F_1$  自交衰退较明显; 产量、衣分和 2.5% 跨距长度的遗传力较大, 世代间的相关程度较高, 加强对亲代及  $F_1$  的选择是有效的。

关键词: 陆地棉, 杂种优势

陆地棉具有明显的杂种优势已有很多报道, 并在生产上也得到应用。根据遗传学原理, 棉花产量和品质等性状是受多基因控制的数量性状, 每个数量性状的遗传效应, 一般可分为加性、显性和上位性 3 部分。棉花产量和品质的杂种优势及其自交衰退不但受显性效应的作用, 而且也受加性和上位性效应的影响。为此, 作者通过一定的交配设计, 对棉花的杂种优势及其自交衰退用数量遗传学原理进行了初步分析, 以便为杂优育种提供理论依据。

## 材 料 和 方 法

一、交配设计 采用 NC II (North Carolina II) 交配设计<sup>[2]</sup>, 两组杂交亲本均为经过若干年自交的陆地棉, 并具有一定代表性。为了避免杂交时去雄不彻底, 7 个母本材料均具芽黄 (Virescent) 指示性状, 以区别真伪杂种, 保证杂种一代的纯度<sup>[1]</sup>, 7 个芽黄材料中有 4 个起源于我国, 另 3 个起源于美国。父本材料 8 个, 其中 4 个是我国自育品种, 另 4 个是从美国引入的, 均无指示性状。1985 年 7 月至 8 月, 以 7 个具指示性状的材料作母本, 与 8 个无指示性状的材料进行杂交, 配成 56 个组合的杂种一代, 同年 11 月初从 56 个组合中随机抽取 30 个组合的  $F_1$  种子, 在海南岛加代繁殖, 1986 年 2 月自交得 30 个组合的  $F_2$  种子。15 个亲本自交得自交种子。

二、比较试验 试验分为两个, 编为试验 I 和试验 II, 两个试验在同一年 (1986) 同一田块 (南京农业大学江浦实验站) 上进行。

试验 I: 1986 年将 1985 年配成的 56 个组合的  $F_1$  种子和 15 个亲本, 进行三次重复的随机区组比较试验。营养钵育苗移栽, 两行区, 行距 80 厘米, 株距 40 厘米, 每行 14

株。

试验 II：1986 年将由南繁而获的 30 个组合的  $F_2$ ，以及相应的  $F_1$  和亲本进行不设重复的比较试验，按杂交组合顺序排列，每组合为一个小区，包括  $P_1$ 、 $F_1$ 、 $F_2$  和  $P_2$  四个群体，每一个小区内  $F_1$  和  $F_2$  种在中间， $P_1$  和  $P_2$  种在两侧， $F_1$  和  $F_2$  种两行， $P_1$  和  $P_2$  种一行。密度同试验 I。

三、测定 每小区或每群体取有代表性的棉花 10 株进行性状测定。单株皮棉产量(克)为 10 株皮棉产量的平均值；铃数(个/株)包括烂铃和小铃；铃重(克/铃)取中部正常吐絮棉铃 50 只以上的子棉重量的平均数；衣分(%)为每小区或每群体皮棉重量占子棉重量的百分率。纤维品质三个指标，2.5% 跨距长度(毫米)、比强度(克/特克斯)和马克隆值，均由江苏农科院经作所在大容量测定仪(High Volume Instrument)上测定，每小区或每群体测定 6 株棉花的纤维，每个纤维品质指标均是 6 个值的平均。

四、分析 各性状均以小区平均数进行方差分析，方差分析模式见表 1。因杂交亲本是经若干年自交的稳定材料，设近交系数  $F=1$ 。根据数量遗传学原理<sup>[2]</sup>，可估计出加性方差  $\sigma_a^2$ 、显性方差  $\sigma_h^2$ 、遗传方差  $\sigma_G^2$  和表型方差  $\sigma_P^2$  四个遗传参数。

$$\hat{\sigma}_a^2 = 2\hat{\sigma}_m^2 \text{ 或 } 2\hat{\sigma}_f^2$$

表 1 各性状的方差分析(试验 I)

Table 1 Analysis of variance of all characters (Experiment I)

| 变异来源<br>Source of variation                  | df  | MS     | EMS  |
|--|-----|--------|--|
| 雄性亲本间<br>Between fathers                     | 7   | $MS_1$ | $\sigma_e^2 + 3\sigma_{mf}^2 + 21\sigma_m^2$ |
| 雌性亲本间<br>Between mothers                     | 6   | $MS_2$ | $\sigma_e^2 + 3\sigma_{mf}^2 + 24\sigma_f^2$ |
| 雄 × 雌<br>Father × Mother                     | 42  | $MS_3$ | $\sigma_e^2 + 3\sigma_{mf}^2$                |
| 试验误差<br>Environmental error<br>of experiment | 110 | $MS_4$ | $\sigma_e^2$                                 |

$$\hat{\sigma}_h^2 = \hat{\sigma}_{mf}^2$$

$$\hat{\sigma}_G^2 = \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_h^2$$

$$\hat{\sigma}_P^2 = \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_h^2 + \hat{\sigma}_e^2$$

并有各性状以小区平均数为基础的广义和狭义遗传力  $h_b^2\%$  和  $h_n^2\%$  为：

$$h_b^2\% = \hat{\sigma}_G^2 / \hat{\sigma}_P^2 \times 100\%$$

$$h_n^2\% = \hat{\sigma}_a^2 / \hat{\sigma}_P^2 \times 100\%$$

杂种优势以平均中亲优势率表示。试验 I 的杂种一代优势为 56 个组合的平均优势率；试验 II 的杂种一代、二代的优势以及自交衰退均为 30 个组合的平均优势率以及平均衰退率。

$$\text{杂种一代平均优势率 (HF}_1\text{)} = \frac{\overline{F}_1 - \overline{MP}}{\overline{MP}} \times 100\%$$

$$\text{杂种二代平均优势率 (HF}_2\text{)} = \frac{\overline{F}_2 - \overline{MP}}{\overline{MP}} \times 100\%$$

$$\text{杂种二代平均衰退率 (IDF}_2\text{)} = \frac{\overline{F}_2 - \overline{F}_1}{\overline{MP}} \times 100\%$$

## 结果与分析

### 一、陆地棉产量、产量构成因子和纤维品质性状的遗传效应

从表2可看出,除了马克隆值的加性方差小于显性方差外,其余6个性状的加性方差均大于显性方差,特别是比强度、衣分、2.5%跨距长度和单株皮棉产量的加性方差占遗传方差的百分率分别为96.91%、93.09%、81.13%和79.31%。铃数和马克隆值除了加性方差外显性方差也占有较大的比重。又从表2中可知,产量的广义和狭义遗传力分别为57.48%和45.59%,属中等偏大。产量构成因子中,铃重和衣分的遗传力要比铃数大,也比产量大,而铃数的遗传力相对较小。在纤维品质三个指标中,2.5%跨距长度的遗传力最大,广义遗传力为81.08%,狭义遗传力为65.95%,而比强度和马克隆值的遗传力较小。

表2 陆地棉产量、产量构成因子和纤维品质性状的遗传参数估计

Table 2 Estimates of genetic parameters for yield, yield components and properties in upland cotton

| 项 目<br>Item   | 单株皮棉产量<br>Lint yield<br>per plant | 铃数<br>No. of<br>bolls | 铃重<br>Boll<br>weight | 衣分<br>Lint % | 2.5%跨距长度<br>2.5% span<br>length | 比强度<br>Fiber<br>strength | 马克隆值<br>Micronaire<br>value |
|---|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 加性方差 $\hat{\sigma}_d^2$<br>Additive variance                            | 21.54                             | 3.26                  | 0.15                 | 4.99         | 1.22                            | 0.94                     | 0.0188                      |
| 显性方差 $\hat{\sigma}_h^2$<br>Dominant variance                            | 5.62                              | 2.18                  | 0.06                 | 0.37         | 0.28                            | 0.03                     | 0.0233                      |
| 遗传方差 $\hat{\sigma}_G^2$<br>Genetic variance                             | 27.16                             | 5.44                  | 0.21                 | 5.36         | 1.50                            | 0.97                     | 0.0421                      |
| 环境方差 $\hat{\sigma}_e^2$<br>Environmental<br>variance                    | 20.09                             | 4.86                  | 0.07                 | 1.91         | 0.35                            | 1.85                     | 0.0700                      |
| 表型方差 $\hat{\sigma}_P^2$<br>Phenotypic variance                          | 47.25                             | 10.30                 | 0.28                 | 7.27         | 1.85                            | 2.82                     | 0.1121                      |
| 遗传力 $\left\{ \begin{array}{l} h_b^2 \% \\ h_n^2 \% \end{array} \right.$ | 57.48                             | 52.82                 | 75.00                | 73.73        | 81.08                           | 34.39                    | 37.56                       |
| Heritability  | 45.59                             | 31.65                 | 53.57                | 68.64        | 65.95                           | 33.33                    | 16.77                       |

### 二、陆地棉产量、产量构成因子和纤维品质性状的杂种优势及其自交衰退

从表3可看出,试验I和试验II的试验结果是基本一致的。杂种一代的优势,产量为最大,铃数和铃重次之,2.5%跨距长度和比强度较小,而衣分和马克隆值的 $F_1$ 优势不显著。再从试验II的结果看,在 $F_2$ 除了马克隆值(马克隆值小表明纤维细度高而成熟度低)

比  $F_1$  理想外，其余 6 个性状均比  $F_1$  差，其中产量、铃数、衣分以及纤维比强度的自交衰退率达显著或极显著水平。但是，与中亲值比较， $F_2$  的产量、铃重和 2.5% 跨距长度等性状仍保持一定的杂种优势。

根据遗传学原理，陆地棉产量、产量构成因子和纤维品质的杂种优势及其自交衰退的遗传效应同样可分为加性、显性和上位性三个部分。综合表 2 与表 3 可看出，产量、铃重和纤维长度的杂种优势主要是由配子的加性效应决定的，加性效应是可固定的部分，因而  $F_2$  优势虽比  $F_1$  弱，但仍保持显著或极显著的杂种优势。铃数和马克隆值由于显性方差占遗传方差的比重较大，分别为 40.07% 和 55.34%，显性效应是不易固定的部分，从而  $F_1$  自交后， $F_2$  的铃数优势不明显，马克隆值的负优势达极显著。衣分和比强度虽然显性效应，与加性效应比较，占比重较小，但自交衰退还是明显的， $F_2$  呈负优势，这表明衣分和比强度的杂种优势及自交衰退。除了加性和显性效应起作用外，似乎尚有上位性效应参与较大的作用。

表 3 陆地棉产量、产量构成因子和纤维品质性状的杂种优势及其自交衰退

Table 3 Heterosis and inbreeding depression for yield, yield components and fiber properties in upland cotton

| 项 目<br>Item                    | 试验 I<br>Experiment I |                  |         | 试验 II<br>Experiment II |                  |                  |         |         |          |
|--------------------------------|----------------------|------------------|---------|------------------------|------------------|------------------|---------|---------|----------|
|                                | $\overline{MP}$      | $\overline{F_1}$ | $HF_1$  | $\overline{MP}$        | $\overline{F_1}$ | $\overline{F_2}$ | $HF_1$  | $HF_2$  | $IDF_2$  |
| 单株皮棉产量<br>Lint yield per plant | 32.71                | 39.84            | 21.80** | 36.49                  | 53.64            | 41.40            | 47.00** | 13.46** | -22.82** |
| 铃数<br>No. of bolls             | 21.91                | 23.62            | 7.80**  | 26.87                  | 31.67            | 28.66            | 17.86** | 6.66    | -9.50*   |
| 铃重<br>Boll weight              | 5.41                 | 6.03             | 11.46** | 5.41                   | 6.33             | 5.99             | 17.01** | 10.72** | -5.37    |
| 衣分<br>Lint %                   | 34.88                | 35.30            | 1.20    | 34.93                  | 35.01            | 32.80            | 0.23    | -6.09** | -6.31**  |
| 2.5% 跨距长度<br>2.5% span length  | 28.48                | 29.54            | 3.72**  | 28.18                  | 29.16            | 28.94            | 3.48**  | 2.70**  | -0.75    |
| 比强度<br>Fiber strength          | 23.50                | 24.33            | 3.53**  | 23.27                  | 24.10            | 22.74            | 3.57**  | -2.28   | -5.64**  |
| 马克隆值<br>Micronare Value        | 5.20                 | 5.14             | -1.15   | 5.23                   | 5.17             | 5.06             | -1.15   | -3.25** | -2.13    |

\*, \*\* 分别达 0.05 和 0.01 概率显著水平。

\*, \*\* Significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively

### 三、陆地棉产量、产量构成因子和纤维品质性状在不同世代间的相关性

由表 4 可知，单株皮棉产量、衣分和 2.5% 跨距长度三个性状，不但  $F_1$  的表型值与亲本值间有显著或极显著的正相关，而且  $F_2$  的表型值与  $F_1$  的表型值也存在极显著的正相关。此外， $F_1$  的比强度与父本表型值，以及  $F_2$  的比强度和铃重与  $F_1$  相应值均有极显著的正相关。但是，铃数和马克隆值在各世代间的相关性不显著。由此表明，陆地棉在产量、

衣分和纤维长度等性状上, 加强对双亲及  $F_1$  的选择是有效的, 这也反应了这些性状有较大的加性效应和较大的遗传力(表 2)。相反, 铃数和马克隆值等性状, 由于显性效应较大, 且遗传力较小, 因而这些性状在世代间的相关性就不显著, 它们一般只适宜于较高世代的选择。

表 4 陆地棉产量、产量构成因子及纤维品质性状在不同世代间的相关  
Table 4 The relationship between different generations for yield, yield components and fiber properties in uplandcotton

| 项 目<br>Item                                    |                | 单株皮棉产量<br>Lint yield<br>per plant | 铃 数<br>No. of<br>bolls | 铃 重<br>Boll<br>weight | 衣 分<br>Lint % | 2.5% 跨距长度<br>2.5% span<br>length | 比强度<br>Fiber<br>strength | 马克隆值<br>Micronaire<br>value |
|--|----------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| F <sub>1</sub> 与<br>Between F <sub>1</sub> and | 母 本<br>Mother  | 0.5429 **                         | 0.3329                 | 0.2497                | 0.7400 **     | 0.4942 **                        | 0.3331                   | -0.0116                     |
|  | 父 本<br>Father  | 0.6771 **                         | 0.2078                 | 0.1599                | 0.4160 *      | 0.4877 **                        | 0.6513 **                | 0.3123                      |
|  | F <sub>2</sub> | 0.5220 **                         | 0.0963                 | 0.4884 **             | 0.7178 **     | 0.5763 **                        | 0.5347 **                | 0.0722                      |

\*, \*\* 分别达 0.05 和 0.01 概率显著水平。

\*, \*\* Significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively

## 讨 论

本试验结果表明, 陆地棉产量及产量构成因子, 纤维 2.5% 跨距长度及比强度的遗传效应均以加性效应为主, 只有纤维马克隆值以显性效应为主。试验还表明, 陆地棉杂种一代以产量的优势最大, 铃数和铃重次之, 纤维 2.5% 跨距长度和比强度较小, 而衣分和马克隆值的优势则不显著。这与 Meredith (1984)<sup>[4]</sup> 总结前人研究得出的结论基本一致。

就本文而论, 以加性效应为主的性状如产量、铃重和纤维长度, 其杂种自交衰退较缓慢, 而以显性效应为主的性状如马克隆值衰退较快。El-Adl 和 Mill (1971)<sup>[3]</sup> 对杂种一代通过三次轮回选择, 产量的加性效应得到固定和加强, 选出的 6 个选系平均产量超过杂种一代的产量。这从另一个角度说明, 以加性效应为主的性状杂种优势不易衰退。

本研究通过大量杂交组合 (56 个  $F_1$  群体, 30 个  $F_2$  群体) 的比较试验,  $F_1$  单株皮棉产量的平均中亲优势率可达 21.80% — 47.00%, 而且  $F_2$  仍保持较大的优势, 平均中亲优势率为 13.46%。由此说明棉花杂种二代在生产上仍有较大的利用价值。但是, 值得注意的是衣分的杂种优势较弱,  $F_1$  的中亲优势只有 0.23% — 1.20%, 而且  $F_2$  衰退也极显著, 显然这是产量优势的主要限制因素, 有待进一步克服。

研究棉花主要农艺性状, 特别是产量和品质性状, 在杂种世代间的相关性, 对于提高选择效率是有指导意义的。本研究表明, 产量、衣分和 2.5% 跨距长度的遗传力较大,  $F_2$  分别与亲代及  $F_1$  间的相关性极显著, 说明加强对这些性状的低世代如亲代和  $F_1$  代的选择是有效的; 相反, 铃数和马克隆值则应在较高世代选择。这与 Miller (1964)<sup>[6]</sup> 和 Meredith (1973)<sup>[5]</sup> 的研究有相似结果。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 王学德, 潘家驹, 1989, 南京农业大学学报, 12(1), 1— 8.
- [ 2 ] 马育华, 1982, 植物育种的量遗传学基础, 江苏科学出版社.
- [ 3 ] El-Adl, A.M., and P.A. Miller, 1971, Crop Sci., (11) 381— 384.
- [ 4 ] Meredith, W.R., 1984, Quantitative Genetics, Published in Cotton, Agronomy Monograph (24), P. 131— 150.
- [ 5 ] Meredith, W.R., and R.R. Bridge, 1973, Crop Sci., (13), 354— 356.
- [ 6 ] Miller, P.A., and J.A. Lee, 1964, Crop Sci., (4), 646— 649.

## Genetic Analysis of Heterosis and Inbreeding Depression in Upland Cotton

Wang Xuede

(Zhejiang Academy of Agricultural Sciences)

Pan Jiayu

(Nanjing Agricultural University)

### Abstract

The basic genetic parameters for lint yield, yield components and fiber properties of upland cotton were estimated through variance analysis with 56 F1 populations established by NCII mating, design. The mean heterosis percentages of 56 F1 and 30 F2 populations were also calculated respectively. Experimental results showed that: (1) the characters such as lint yield, boll weight and fiber length showed significant heterosis not only in F1, but also in F2 generations. the heterosis of these characters may be mainly caused by additive effect with slight inbreeding depression. (2) the characters such as number of bolls per plant and micronaire value of lint showed significant heterosis mainly due to the dominant effect in addition to additive effect with prominent inbreeding depression. (3) lint yield, lint percentage and 2.5% span length showed higher heritability and closer relationship between F1 and other generations, which is conducive to making intensive selection on parents and F1 populations in cotton breeding.

**Key Words** Upland cotton, Heterosis