

# 陆地棉 $F_2$ 产量性状杂种优势 及与环境互作的预测\*

吴吉祥 朱 军 季道藩 许馥华

(浙江农业大学农学系 杭州 310029)

## 摘 要

根据加性-显性与环境互作的遗传模型,采用M NQUE(1)方法分析了陆地棉 10 个亲本和 20 个  $F_1$  和  $F_2$  皮棉产量、单株铃数、单铃重、衣分和前期收花率等产量性状的两年试验资料。利用亲本和  $F_1$  的资料预测了  $F_2$  基因型值和杂种优势及与环境的互作。结果表明,  $F_2$  皮棉产量、前期收花率、单株铃数和单铃重的群体平均优势分别为 14%、16%、10% 和 3%。  $F_2$  皮棉产量、前期收花率、衣分的群体超亲优势分别为 5%、8% 和 -6%。  $F_2$  衣分和单铃重杂种优势与环境互作较小。  $F_2$  皮棉产量、单株铃数和前期收花率杂种优势与环境互作较大。分析了组合在不同方面的稳定性表现。比较了利用亲本和  $F_1$  与用亲本、 $F_1$  和  $F_2$  资料对  $F_2$  产量性状在不同年份中遗传表现的预测结果。

关键词: 陆地棉(*Gossypium hirsutum* L.) 产量性状  $F_2$  杂种优势 基因型与环境互作

陆地棉  $F_1$  杂种种子生产成本较高,因而限制了强优势  $F_1$  组合在生产上的应用。陆地棉品种间杂种  $F_2$  存在产量优势<sup>[1-6]</sup>。因此,  $F_2$  杂种优势利用研究受到了各主产棉国的重视。由于不同年份和地点的生态环境不同,陆地棉  $F_2$  的杂种优势在不同环境中的表现可能有所不同。由此可见,探讨陆地棉  $F_2$  产量性状杂种优势与环境互作的遗传规律,对于选育高产、稳产的  $F_2$  杂交种具有重要意义。

作物杂种优势以及杂种优势与环境互作离差的大小与遗传效应及环境互作大小有关。在以往的研究中,很少涉及到预测后代杂种优势及与环境的互作问题。朱军<sup>[7-9]</sup>、朱军等<sup>[10]</sup>、吴吉祥和朱军<sup>[11]</sup>提出了一系列关于作物杂种优势的分析方法。这些方法能根据加性-显性以及与环境互作遗传模型,利用亲本和  $F_1$  的试验资料,直接预测作物  $F_2$  的基因型值和杂种优势以及与环境互作离差。

本研究将根据加性-显性与环境互作的遗传模型,以陆地棉杂交亲本  $F_1$  和  $F_2$  产量性状两年的试验资料,分析了陆地棉产量性状的遗传方差分量以及性状间的遗传协方差分量<sup>[12]</sup>。在此基础上,预测各项基因效应值及其与环境的互作离差,然后进一步预测  $F_2$  基因效应的基因型值和杂种优势以及与环境互作离差;同时比较不同方法对  $F_2$  产量性状遗传表现的预测结果,以期加速选配和利用陆地棉  $F_2$  杂种优势提供理论依据。

收稿日期: 1996-05-23 修回日期: 1997-10-13

\* 浙江省自然科学基金资助项目

## 1 材料与方法

本研究选用了陆地棉 10 个品种或品系, 由这些亲本配制了 20 个杂交组合. 试验于 1992 和 1993 年在浙江农业大学实验农场进行. 1991 年配制的杂交组合, 同年 10 月取部分  $F_1$  种子在海南岛冬繁加代. 1992 年收获  $F_1$  植株上的  $F_2$  种子供 1993 年种植. 1992 年配制了与 1991 年相同的杂交组合. 这 10 个陆地棉品种或品系分别为 A 226、A 160、A 17、鲁棉 6 号、中棉所 12 号、中棉所 13 号、徐州 184、泗棉 2 号、4305 和 4318<sup>[4]</sup>. 完全随机区组排列, 三次重复. 1992 年 4 月 17 日营养钵育苗, 5 月 7 日移栽. 1993 年 4 月 20 日营养钵育苗, 5 月 15 日移栽. 亲本和  $F_1$  小区面积为 1.33m × 2.8m, 双行种植, 株距 0.33m, 大行距 1m, 小行距 0.33m.  $F_2$  小区面积是  $F_1$  的两倍. 田间管理同一般大田. 调查单株铃数, 收取吐絮正常的棉铃, 考察单铃重和衣分. 分期收花, 合并计小区总产(kg/亩), 并计算 10 月 31 日前的收花率- 前期收花率(%).

采用 M NQUE (1) 法估算各项遗传方差分量, 采用 AUP 法预测遗传效应及与环境的互作离差<sup>[7-10]</sup>; 采用朱军<sup>[8]</sup>和吴吉祥和朱军<sup>[11]</sup>提出的方法, 分析亲本和  $F_1$  的资料, 预测  $F_2$  基因效应的基因型值、杂种优势和预计的世代数及杂种优势与环境的互作离差值. 用亲本、 $F_1$  和  $F_2$  预测  $F_2$  基因型值和杂种优势, 并对两种方法的预测结果进行比较分析. 各预测值的标准误用 jackknife 的方法<sup>[10]</sup>对年份内试验区组抽样而估算, 采用  $t$  测验检验各遗传参数的显著性(自由度= 5)<sup>[13]</sup>. 数据的分析均采用 C 语言编写的软件在 BM-PC 微电脑上完成.

## 2 结果与分析

### 2.1 陆地棉杂种 $F_1$ 和 $F_2$ 产量性状的平均表现

陆地棉 10 个亲本、 $F_1$  和  $F_2$  产量性状在两年中的平均表现型值列于表 1. 由表 1 可知,  $F_1$  和  $F_2$  皮棉产量、单株铃数、单铃重和前期收花率 4 个产量性状的平均表现型值均大于亲本均值, 表明  $F_1$  和  $F_2$  的这 4 个产量性状均存在一定的杂种优势, 其中前期收花率的杂种优势较高.  $F_1$  衣分杂种优势较小,  $F_2$  衣分平均表现型值低于亲本的平均表现. 由表 1 还可看出, 亲本、 $F_1$  和  $F_2$  5 个产量性状在两年中的平均表现不一致. 该结果预示着  $F_2$  产量性状的杂种优势与年份间可能存在互作.

表 1 陆地棉亲本、 $F_1$  和  $F_2$  产量性状在两年中的平均表现

| 性状          | 1992 年 |       |       | 1993 年 |       |       | 平均    |       |       |
|-------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | P      | $F_1$ | $F_2$ | P      | $F_1$ | $F_2$ | P     | $F_1$ | $F_2$ |
| 皮棉产量 (kg/亩) | 51.46  | 74.35 | 53.74 | 45.55  | 53.76 | 44.13 | 48.5  | 64.06 | 48.94 |
| 单株铃数 (个)    | 14.28  | 16.59 | 14.63 | 10.48  | 11.00 | 10.68 | 12.38 | 13.80 | 12.66 |
| 单铃重 (g)     | 4.72   | 5.12  | 4.90  | 4.58   | 4.71  | 4.43  | 4.65  | 4.91  | 4.67  |
| 衣分 (%)      | 37.97  | 38.34 | 37.85 | 39.7   | 39.39 | 39.36 | 38.84 | 38.87 | 38.61 |
| 前期收花率 (%)   | 48.24  | 64.32 | 52.29 | 24.44  | 31.45 | 28.24 | 36.34 | 50.34 | 40.27 |

### 2.2 两种方法预测结果的比较分析

用亲本和  $F_1$ ; 亲本、 $F_1$  和  $F_2$  分别预测  $F_2$  产量性状的基因型值和杂种优势及与环境互作

离差值,并对这两种方法的预测结果进行了相关分析(表 2)。结果表明,两种方法预测的各性状基因效应的基因型值、群体平均优势和群体超亲优势值的相关系数均达到了极显著水平。由此可知,用亲本和  $F_1$  与用亲本、 $F_1$ 、 $F_2$  预测  $F_2$  不受环境影响部分遗传表现的结果较为一致。除了皮棉产量  $F_2$  基因型与环境互作离差值间、单铃重群体超亲优势与环境互作离差值间的相关系数不显著外,其它各项相关系数均达到极显著水平。因此,用亲本和  $F_1$  也可以预测  $F_2$  产量性状的杂种优势与环境互作离差。

表 2 两种预测方法预测  $F_2$  产量性状基因型值和杂种优势的相关分析

| 性状    | 基因型值       | 基因型 × 环境互作  | 平均优势         | 平均优势 × 环境互作   | 超亲优势         | 超亲优势 × 环境互作   |
|-------|------------|-------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
|       | G( $F_2$ ) | GE( $F_2$ ) | HPM( $F_2$ ) | HPME( $F_2$ ) | HPB( $F_2$ ) | HPBE( $F_2$ ) |
| 皮棉产量  | 0.54*      | 0.21        | 0.94**       | 0.99**        | 0.77**       | 0.85**        |
| 单株铃数  | 0.88**     | 0.51**      | 0.60**       | 0.75**        | 0.60**       | 0.68**        |
| 单铃重   | 0.96**     | 0.84**      | 0.97**       | 0.45**        | 0.96**       | 0.30**        |
| 衣分    | 0.98**     | 0.99**      | 0.98**       | 0.94**        | 0.98**       | 0.97**        |
| 前期收花率 | 0.98**     | 0.96**      | 0.97**       | 0.98**        | 0.84**       | 0.89**        |

\* \* : 表示达到 0.01 的显著水平

### 2.3 $F_2$ 产量性状基因型值和杂种优势的表现

利用亲本和  $F_1$  两年的资料预测  $F_2$  产量性状基因效应的基因型值和杂种优势。20 个组合  $F_2$  产量性状基因效应的基因型值、杂种优势、预计世代数的均值列于表 3。由于基因型值不包括环境效应和机误效应,因而  $F_2$  基因型值和与其表现型值并不完全一致。从表 1 和表 3 可看出,  $F_2$  皮棉产量基因型值和表现型值间的差异略偏大。其它 4 个产量性状的表现型值和基因型预测值较为接近。

表 3 20 个陆地棉组合  $F_2$  产量性状的平均遗传表现

| 性状         | 基因型值 G( $F_2$ )    | 平均优势 HPM( $F_2$ ) | 超亲优势 HPB( $F_2$ ) | 世代数 $n$            |
|------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 皮棉产量(kg/亩) | 55.61(45.35~66.77) | 14%* (8%~22%)     | 5%(-10%~20%)      | 2.13** (0.79~3.97) |
| 单株铃数(个)    | 13.11(10.65~15.09) | 10%* (0~15%)      | -2%(-18~6%)       | 0.27(0.00~2.09)    |
| 单铃重(g)     | 4.77(4.52~5.04)    | 3%* (-1~9%)       | 1%(-6~4%)         | 0.57(0.0~1.78)     |
| 衣分(%)      | 38.44(33.87~42.37) | 0%(-2%~3%)        | -5%* (-12~1%)     | 0.00(0.00~0.73)    |
| 前期收花率(%)   | 41.31(33.91~41.38) | 16%* (8~27%)      | 8%* (-3~17%)      | 2.22** (1.10~3.18) |

\*、\* \* : 分别表示达到 0.05 和 0.01 的显著水平

$F_2$  皮棉产量、单株铃数、单铃重和前期收花率 4 个性状的群体平均优势均达到显著或极显著水平,其中以皮棉产量和前期收花率群体平均优势较大,分别为 14% 和 16%,这两个性状最大群体平均优势值分别为 22% 和 27%。 $F_2$  衣分群体平均优势均值不显著,其中优势最大的组合仍表现出正向优势。单株铃数和单铃重群体平均优势居中,分别为 10% 和 3%。同样地,  $F_2$  皮棉产量和前期收花率群体超亲优势也较大,其均值分别为 5% 和 8%,这两个性状  $F_2$  最大群体超亲优势可分别达到 20% 和 17%。单铃重和单株铃数超亲优势不显著。 $F_2$  衣分群体超亲优势的均值显著小于 0(-5%)。皮棉产量和前期收花率的预计世代数均值均大于 2,即  $F_2$  皮棉产量和前期收花率群体超亲优势的均值将大于 5%。

## 3 讨 论

基因型与环境的互作是一种普遍的生物现象。作者采用加性-显性及与环境互作遗传模

型已对这 5 个性状进行了遗传方差分析<sup>[13]</sup>。结果表明,这 5 个产量性状的各项遗传效应均存在着不同程度的基因型与环境互作。因此,需要对多年或多点中陆地棉产量性状进行分析,进而研究  $F_2$  基因型(或杂种优势)与环境的互作。

分析作物杂种优势稳定性的遗传机制,需要分析各项遗传效应与环境的互作。当遗传效应与环境互作显著时,采用朱军<sup>[9]</sup>和朱军等<sup>[11]</sup>提出的方法可以预测杂种后代基因效应的杂种优势。吴吉祥和朱军<sup>[12]</sup>提出的方法则可预测杂种后代杂种优势与不同环境互作离差值。不同环境中的遗传表现有两项分量:基因效应的基因型值(或基因型杂种优势)和基因型  $\times$  环境互作值(或杂种优势与环境的互作离差)。

研究结果表明,陆地棉  $F_2$  产量存在优势,一些组合产量表现出较强的超亲优势。因此,只要陆地棉杂种  $F_2$  具有对照优势,且纤维品质性状优良,生产上就有利用的价值。

当性状的遗传符合加性-显性及与环境互作遗传模型时, $F_2$  基因效应的杂种优势(或互作杂种优势)为  $F_1$  群体平均优势(互作群体平均优势)与亲本相对遗传差异(互作相对遗传差异)的线性函数<sup>[9,12]</sup>。本研究分别利用陆地棉亲本和  $F_1$  或亲本、 $F_1$  和  $F_2$  两年的资料预测  $F_2$  产量性状在不同年份中的遗传表现,相关分析的结果表明,两种方法对  $F_2$  产量性状遗传表现的预测结果比较一致。因此,只需分析亲本和  $F_1$ ,便可直接预测  $F_2$  的杂种优势,从而提高育种效率,加速育种进程,利于组合的配制和筛选。

$F_2$  杂种优势的表现与亲本选配有关。邢以华等<sup>[5]</sup>指出,具有竞争优势的杂种  $F_2$ ,其亲本的一般配合力和组合的特殊配合力一般要大。Meredith<sup>[6]</sup>的研究也发现,高产  $F_2$  组合的双亲大多是推广高产的品种。本研究的结果也表明这一点。陆地棉产量的大小取决于产量构成因素的表现,不同类型的优良亲本进行组配,由于产量构成因素间的互补性, $F_2$  可能表现出较强的优势,其遗传机理有待于进一步研究。

## 参 考 文 献

- 1 马藩之,周有耀,王瑞婷等. 陆地棉品种间杂种后代性状的遗传分析. 北京农业大学学报, 1983, 9(4): 27~ 34
- 2 钱大顺,朱 焯,张香桂等. 陆地棉  $F_2$  代杂交优势的研究和利用. 江苏农业科学, 1990, 6(5): 10~ 11
- 3 王学德,潘家驹. 陆地棉杂种优势及自交衰退的遗传分析. 作物学报, 1991, 17(1): 18~ 23
- 4 吴吉祥,朱 军,季道藩等. 陆地棉  $F_2$  产量性状杂种优势的遗传分析及其预测. 北京农业大学学报(增刊), 1993, 19(下): 95~ 99
- 5 Meredith W R Jr. Yield and fiber-quality potential for second-generation cotton hybrids. Crop Sci, 1990, 30: 1045~ 1048
- 6 Tang Bing, Jenkins J N, McCarty J C *et al*.  $F_2$  hybrids of host plant germplasm and cotton cultivars: II. Heterosis and combining ability for lint yield and yield components. Crop Sci, 1993, 33: 700~ 705
- 7 朱 军. Mixed model approaches for estimating genetic variances and covariances(英文). 生物数学学报, 1992, 7(1): 1~ 11
- 8 朱 军. 作物杂种后代基因型值和杂种优势的预测方法. 生物数学学报, 1993, 8(1): 6~ 18
- 9 朱 军. 广义遗传模型与数量遗传分析新方法. 浙江农业大学学报, 1994, (6): 551~ 559
- 10 朱 军,季道藩,许毓华. 作物品种间杂种优势遗传分析的新方法. 遗传学报, 1993, 20(3): 262~ 271
- 11 吴吉祥,朱 军. 不同环境下作物基因型值和杂种优势的分析方法. 浙江农业大学学报, 1994, (6): 587~ 592
- 12 吴吉祥,朱 军,季道藩等. 陆地棉产量性状基因效应与环境互作的遗传分析. 遗传, 1995, 17(5): 1~ 4
- 13 Miller R G. The jackknife—a review. Biometrika, 1974, 61: 1~ 15

## Genetic Analysis of $F_2$ Heterosis and Its Interaction by Environment for Yield Traits in Upland Cotton

Wu Jixiang Zhu Jun Ji Daofan Xu Fuhua

Department of Agronomy, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029

### Abstract

Applying M NQUE(1) approaches, ten parents and their 20  $F_1$ s and  $F_2$ s of upland cotton were analyzed for five yield traits in two years according to a genetic model of additive-dominance interaction with environment.  $F_2$  heterosis and its interaction with environment were predicted by using the data of parent and  $F_1$ . The results indicated that  $F_2$  heterosis over mid-parent averaged 14%, 16%, 10% and 3% for yield, first picking %, bolls and boll size, respectively.  $F_2$  heterosis over better parent averaged 5%, 8% and - 5% for yield, early picking % and lint %, respectively.  $F_2$  heterosis interaction by environment was small for lint % and boll size, but large for yield, boll number and early picking%.  $F_2$  genetic performances in different years with parents and  $F_1$  were compared with those with parents,  $F_1$ s and  $F_2$ s.

**Key words:** Upland cotton (*G. hirsutum* L.), Yield traits,  $F_2$  heterosis, Genotype  $\times$  environment interaction