

陆地棉 F₂ 纤维品质性状杂种优势的遗传分析^①

吴吉祥 朱军 许毓华 季道藩

浙江农业大学, 杭州 310029

5562.035

A

摘要 本研究根据加性—显性与环境互作的遗传模型, 分析了陆地棉 10 个杂交亲本和 20 个 F₁ 五个纤维品质性状的两年试验资料, 估算各项遗传方差分量和成对性状间各项遗传效应的相关, 预测了不同年份 F₂ 杂种优势的遗传表现。各纤维品质性状主要受加性效应的影响, 其中纤维长度、纤维强度和麦克隆值 3 个性状还受到基因型×环境互作效应的影响。基因型×环境互作效应对纤维整齐度和纤维伸长率两个性状影响均不显著。遗传相关分析表明, 杂交后代皮棉产量与纤维长度、纤维整齐度、纤维伸长率和纤维细度间可进行同步改良, 皮棉产量与纤维强度同步改良较为困难。杂种早代皮棉产量高的组合其纤维强度也较好, F₂ 纤维品质性状杂种优势的均值一般较小。此外还分析了组合纤维长度、纤维强度和麦克隆值杂种优势在不同环境中的表现。

关键词 陆地棉 纤维品质 性状 遗传相关 F₂ 杂种优势

棉花

陆地棉 (*Gossypium hirsutum* L.) 品种间杂种 F₂ 存在产量优势^[1-7]。大多数学者对纤维品质性状的研究表明, 陆地棉纤维长度和纤维强度等性状的遗传主要受加性效应控制^[4,8,9], 麦克隆值表现出超显性^[4,10], F₂ 纤维长度等品质性状还存在一定的优势^[6,11]。Dever 和 Gannaway^[12] 对 F₂ 与 F₁ 亲本纤维品质性状进行了比较分析。结果发现, 当亲本本身变异较小, 且双亲间纤维品质性状差异不大时, 则 F₂ 纤维性状的变异大小与亲本或 F₁ 无显著差异。

由于不同年份或不同地区的自然条件和栽培条件不同, 陆地棉 F₂ 纤维品质性状的遗传表现可能随着环境的改变而有所不同。但大多研究未涉及到 F₂ 杂种优势与环境的互作。

对纤维品质性状的遗传分析, 一般采用双列杂交的配合力分析方法。该方法以 ANOVA 为基础, 因而虽可分析配合力效应与环境的互作, 但不能分析非平衡资料。另外, 利用亲本和 F₁ 的资料分析 F₂ 纤维品质杂种优势的遗传规律尚无报道。因此, 有必要采用适当的方法分析陆地棉纤维品质性状的遗传规律, 特别是基因型与环境互作的遗传规律。

朱军^[13-15]、朱军等^[16]、吴吉祥和朱军^[17] 提出了一系列关于作物杂种优势的分析方法。这些方法的优点在于能无偏估算各项遗传方差分量、遗传协方差分量和预测各项遗传效应, 利用亲本和 F₁ 的资料还能直接预测作物杂种后代基因型值和杂种优势。

本研究根据加性—显性及与环境互作的遗传模型, 分析陆地棉杂交亲本和 F₁ 皮棉产量和纤维品质性状的两年的资料, 估算遗传方差分量和成对性状间遗传相关以及预测 F₂ 纤维品质的遗传表现; 阐明陆地棉纤维品质性状在不同环境中的表现规律, 为选配和利用高产、稳产和优质陆地棉杂交种提供理论依据。

1 材料与方方法

本研究选用了陆地棉 10 个品种(系)。无蜜腺选系: ①A226、②A160; 无腺体选系: ③A17; 我国自育品种: ④鲁棉 6 号、⑤中棉所 12、⑥中棉所 13、⑦徐州 184、⑧泗棉 2 号; 引种美国材料: ⑨4305、⑩4318^[5]。由这些亲本配制了 20 个杂交组合, 亲本和 F₁ 于 1992 和 1993 年在浙江农业大学实验农场种植, 完全随机区组排列, 3 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

① 收稿日期 1995-03-11。本研究由浙江省自然科学基金资助。

苗, 5月15日移栽。亲本和 F_1 小区面积为 $(1.33 \times 2.8)m^2$, 双行种植, 株距0.33m, 大行距1m, 小行距0.33m。田间管理同一般大田。分散收花, 合并计小区总产。纤维品质性状由中国农业科学院棉花研究所棉纤维测定室测定。

采用MINQUE(1)法分析陆地棉亲本和 F_1 纤维品质性状两年的资料, 估算各项遗传方差分量和成对性状间的各项遗传相关系数(加性相关 r_A 、显性相关 r_D 、加性互作相关 r_{AE} 、显性互作相关 r_{DE} 和机误相关 r_e)^[13,14,16], 采用朱军^[14]、吴吉祥和朱军^[17]提出的方法预测 F_2 的遗传表现, 包括基因型值和杂种优势在不同环境中的互作离差。各估算值和预测值的标准误用jackknife的方法^[16]对年份内试验区组抽样估算, 以检验各遗传参数的显著性(自由度 $df=5$)^[18]。

2 结果与分析

2.1 陆地棉亲本和 F_1 纤维品质性状的平均表现

陆地棉10个亲本和20个 F_1 组合的5个纤维品质性状在两年中的平均表现型值列于表1。由表1可知, 5个纤维品质性状杂种 F_1 的表现型值的均值均比其亲本的表现型均值大, 表明 F_1 的5个纤维品质性状均表现出一定的正向杂种优势, 但杂种 F_1 各纤维性状的杂种优势不高。此外, 5个纤维品质性状亲本和 F_1 在两年中的平均表现并不一致。例如, 纤维长度在1992年偏高些, 其它4个纤维性状则在1993年偏大些。该结果预示着可能存在基因型与环境的互作。

表1 陆地棉亲本和 F_1 纤维品质性状在两年中的平均表现

Table 1 Average phenotype values for fiber traits of parents and their F_1 s in upland cotton in two years

年份 year	世代 generation	长度 length(mm)	整齐度 uniform. (%)	强度 stren. (g/tex)	伸度率 elong. (%)	麦克隆值 mike
1992	亲本 P	29.26	49.58	20.42	6.33	4.30
	F_1	29.58	49.17	20.71	6.28	4.37
1993	亲本 P	28.70	50.66	21.45	6.92	5.00
	F_1	28.82	51.41	21.69	7.03	5.10
平均	亲本 P	28.98	50.12	20.94	6.62	4.65
	F_1	29.20	50.29	21.20	6.66	4.74

2.2 纤维品质性状的遗传方差分量分析

纤维品质性状各项遗传方差分量占表现型方差的比值和机误方差占表现型方差的比值列于表2。结果表明, 麦克隆值的加性方差和显性方差均显著, 但以加性为主, 其它4个纤维性状的加性方差也均达到显著或极显著水平。因此, 5个纤维品质性状主要受加性效应控制。加性 \times 环境互作效应对纤维长度和纤维强度的作用显著, 显性 \times 环境互作效应对麦克隆值作用显著, 由此可知, 纤维长度、纤维强度和麦克隆值的表现随环境的改变而有所不同。因此, 对这3个性状的遗传研究需要在不同环境中进行。各纤维品质性状机误方差的比值较大, 均达到显著或极显著水平, 其主要原因可能由纤维品质分析时的抽样误差所致。因此需要增加测定的样本, 以减少误差。

加性方差分量比值与加性互作方差分量比值之和($V_A/V_p + V_{AE}/V_p$)度量了性状的狭义遗传率。由此可知, 纤维伸长率的狭义遗传率较大(52%), 该性状的遗传改良在早代即可进行。纤维长度、纤维整齐度、纤维强度的狭义遗传率的值较相近, 分别为37%、36%和31%。但由于这3个性状加性方差分量和加性互作方差分量的比率有所不同, 因此, 对这些性状育种改良的方式有所不同。纤维长度和纤维整齐度的加性方差较大, 加性互作方差不显著。说明对这两个性状的遗传改良, 可以在少数环境中进行。纤维强度的加性 \times 环境互作方差较大, 对该性状在某一环境中的选择, 对其它环境并不一定有效。因此, 需要在多种环境中对纤维强度进行选择。麦克隆值的狭义遗传率较小, 早代遗传改良效果较差。

表 2 陆地棉纤维品质性状的遗传方差分量比值的估算值

Table 2 Estimated proportions of variance components for fiber traits in upland cotton

参 数 parameter		长 度 length	整 齐 度 uniform.	强 度 stren.	伸 长 率 elong.	麦 克 隆 值 mike
加性方差比值 V_A/V_P		0.26**	0.36*	0.07*	0.38*	0.20**
显性方差比值 V_D/V_P		0.00	0.00	0.03	0.00	0.09*
加性互作方差比率 V_{AE}/V_P		0.11*	0.00	0.25*	0.14	0.00
显性互作方差比率 V_{DE}/V_P		0.04	0.14	0.00	0.00	0.26*
机误方差比率 V_e/V_P		0.59**	0.50*	0.65*	0.47*	0.45**

*, ** 分别表示 0.05 和 0.01 的显著水平。 Significant at 0.5 and 0.01 levels, respectively.

2.3 皮棉产量和纤维品质性状的遗传相关分析

皮棉产量和纤维品质性状间的遗传相关结果表明(表 3), 皮棉产量与纤维长度、纤维整齐度和纤维伸长率间的加性相关均达到显著或极显著水平, 相关系数分别为 0.55*、0.47* 和 0.43**。这表明对陆地棉皮棉产量与纤维长度、纤维整齐度或纤维伸长率的遗传改良可以同时进行。皮棉产量与纤维强度和麦克隆值间的加性负相关分别达到极显著(-0.90**)和显著(-0.51*)水平, 这表明皮棉产量与纤维强度同时改良较为困难, 但与麦克隆值可同时改良。皮棉产量与纤维强度间显性相关达到极显著水平, 且值较大, 表明杂种早代皮棉产量优势强的杂交组合其纤维强度的表现也可能较好。皮棉产量与纤维长度和纤维整齐度间分别呈极显著的显性互作负相关和显性互作正相关。这表明, 在某些环境中皮棉产量优势强的组合, 其纤维长度可能表现出一定的优势, 但其纤维整齐度的优势则下降。环境机误效应也可引起皮棉产量与纤维整齐度和纤维伸长率间的显著负相关。皮棉产量与麦克隆值加性相关不显著, 显性相关显著。表明在杂种后代中, 可对皮棉产量和麦克隆值两性状分别进行选择, 早代皮棉产量优势强的组合一般易表现纤维较粗。

表 3 皮棉产量与纤维品质性状间的遗传相关系数估算值

Table 3 Estimates of genetic correlation coefficients for lint yield and fiber traits in upland cotton

参 数 parameter	长 度 length	整 齐 度 uniform.	强 度 stren.	伸 长 率 elong.	麦 克 隆 值 mike
r_A	0.55*	0.47*	-0.90**	0.43**	-0.51*
r_D	0.00	0.00	1.00**	0.00	0.21
r_{AE}	-0.71**	0.00	0.13	0.90**	0.00
r_{DE}	1.00**	-1.00**	0.00	0.00	0.10
r_e	0.01	-0.60*	-0.21	-0.75**	-0.14
r_P	0.12*	0.01	-0.17	-0.16	0.01
r_G	0.23	0.43**	-0.15	0.24	0.10

各纤维品质性状间也存在不同程度的遗传相关。纤维长度与纤维强度、麦克隆值间存在显著或极显著的加性负相关, 相关系数分别为 -0.80** 和 -0.57**。这说明在杂种后代对纤维长度和纤维强度同时进行选择可能有一定的困难, 对纤维长度和纤维细度可以同步改良。纤维长度与纤维强度、伸长率间存在极显著的加性互作相关, 相关系数分别为 0.98** 和 0.94**。表明在某些环境下, 纤维长度与纤维强度、伸长率间可得到同步改良。麦克隆值与纤维强度、纤维伸长率间加性相关均显著, 由此可知, 纤维粗的材料其纤维强度和伸长率一般也较好。

皮棉产量与纤维品质性状间基因型相关与表现型相关相差较大。这可能是由于各纤维品质性状受环境机误影响较大所致。

2.4 F₂ 纤维性状基因型值和杂种优势的预测

采用朱军(1993)提出的方法预测各组合 F₂ 纤维品质性状的基因型值和杂种优势。20 个组合 F₂ 纤维品质性状的基因型值和杂种优势的平均值列于表 4。F₂ 纤维强度和麦克隆值的群体平均优势均达到显著和极显著水平, 两者约为 1%。其它 3 个纤维性状群体平均优势则较小。除纤维强度外, F₂ 其它 4 个纤维品质性状的群体超亲优势的均值显著小于 0。F₂ 纤维品质性状杂种优势的表现与方差分析的结果较一致(表 4)。

表 4 20 个陆地棉组合 F₂ 纤维品质性状的平均遗传表现Table 4 Average genetic performances of F₂ for fiber traits in 20 crosses of upland cotton

性状	参数	长度	整齐度	强度	伸长率	麦克隆值
traits	parameter	length	uniform.	stren.	elong.	mike
基因型值	G(F ₂)	29.13(mm)	50.19(%)	21.06(g/tex)	6.65(%)	4.68
平均优势	Hpm(F ₂)	0.00	0.00	0.01*	0.00	0.01*
超亲优势	Hpb(F ₂)	-0.02**	-0.01**	-0.01	-0.04**	-0.03**

采用吴吉祥和朱军^[13]提出的方法预测了 F₂ 纤维长度、纤维强度和麦克隆值基因型值和杂种优势与环境的互作离差值。表 5 列出了这 3 个纤维性状部分组合的预测值。由表 5 可知, 除(中 12×徐 184)外, 其它 3 个组合纤维长度基因型值与 1992 年环境互作值均达显著水平。其中, (A160×4305)和(鲁 6×泗 2)两组合在 1992 年的环境条件下种植, 纤维长度可分别增长 0.87 和 1.14mm, 而组合(A17×徐 184)则下降 -0.97mm。组合(A17×徐 184)纤维强度和(A160×4305)麦克隆值基因型值与两年的互作均达到显著水平。由表 5 还可以看出, 一个组合基因型或杂种优势与各环境互作值可能出现都为正值或负值。例如, (A160×4305)纤维长度基因型、麦克隆值杂种优势与环境互作值在两年中均为正值, 而组合(中 12×徐 184)麦克隆值基因型值、杂种优势与两年的互作均为负值。因此, 某些 F₂ 组合纤维品质性状的基因型值和杂种优势可能在不同环境中的均表现较优。

表 5 四个 F₂ 杂交组合纤维品质性状基因型值和杂种优势与年份的互作值Table 5 Genotype and heterosis by year interactions for fiber traits in four F₂ crosses of upland cotton

组 合 crosses	基因型×环境		群体平均优势×环境		群体超亲优势×环境	
	互作 1	互作 2	互作 1	互作 2	互作 1	互作 2
	GE ₁	GE ₂	hpm ₁	hpm ₂	hpb ₁	hpb ₂
纤维长度						
A160×4305	0.87*	0.56	0.02	-0.03	0.00	-0.03
A17×徐 184	-0.97*	1.18	-0.01	0.02	-0.02	-0.00
鲁 6×泗 2	1.14*	-1.66	0.02	-0.03	0.00	-0.03
中 12×徐 184	-0.10	0.88	-0.01	0.03	-0.04**	-0.00
纤维强度						
A160×4305	0.21	-0.12	-0.02	-0.01	-0.02*	-0.03*
A17×徐 184	-1.50**	1.14**	-0.00	0.01	-0.06**	-0.08*
鲁 6×泗 2	0.45	-0.61	0.00	0.00	-0.00	0.00
中 12×徐 184	0.53	-0.67	-0.01	0.03	-0.05*	-0.01
麦克隆值						
A160×4305	0.38**	-0.26**	0.08**	0.09	0.04**	0.03
A17×徐 184	0.10	-0.17	-0.04	-0.02	-0.03	-0.02*
鲁 6×泗 2	-0.16	0.15	-0.02	0.03	-0.01	0.00
中 12×徐 184	-0.19	-0.14	-0.05	-0.05	-0.10**	-0.03

3 讨论

方差分析的结果表明, 大多数纤维品质性状存在基因型与环境的互作, 特别是纤维强度和麦克隆值受环境互作影响较大。因此, 对陆地棉纤维品质的遗传分析需要在多个环境中进行。5 个纤维品质性状均以加性效应为主, 这与大多数学者的研究结果基本一致。本研究发现, 与纺织有关的纤维强度 F₁ 和 F₂ 均表现出一定的杂种优势, F₂ 纤维长度和纤维伸长率两性状无优势。尽管 F₂ 纤维整齐度比 F₁ 有所下降, 但如果 F₂ 皮棉产量超过对照品种, 其整齐度的差异不超过纺织部门的要求, F₂ 杂种优势在生产上大面积利用仍有可能。

F₂ 杂种优势的预测结果表明, 基因型值的稳定性表现可分为两个方面。一是基因型值与各环境的互作离差值都比较小, 另外, 基因型值与不同环境的互作表现均较优。

本研究采用加性—显性及与环境互作遗传模型分析亲本和 F₁ 两年的遗传资料, 并预测 F₂ 纤维品质性状的遗传表现及与环境的互作, 因而可加速育种进程, 也可大大缩小试验规模并有可能减少试验误差。

参考文献

- 1 马藩之等. 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 邢以华等. 棉花杂种二代利用价值的研究. 中国棉花, 1987, 14(2): 12~15
- 3 钱大顺等. 陆地棉 F₂ 代杂交优势的研究和利用. 江苏农业科学, 1990, 6(5): 10~11
- 4 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
- 5 吴吉祥等. 陆地棉 F₂ 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, (95~100)
- 6 Meredith W R Jr. Yield and fiber—quality potential for second—generation cotton hybrids. *Crop Sci*, 1990, 30: 1045~1048
- 7 Tang Bing et al. F₂ hybrids of host plant germplasm and cotton cultivars: I. Heterosis and combining ability for lint yield and yield components. *Crop Sci*, 1993a, 33: 700~705
- 8 Verhain L M, Murray J C. A diallel analysis of several fiber property traits in Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) *Crop Sci*, 1969, 9: 311~315
- 9 Meredith W R Jr et al. Relative performance of F₁ and F₂ hybrids from doubled haploids and their parent varieties in Upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Crop Sci*, 1970, 10: 295~298
- 10 Tang Bing et al. F₂ hybrids of host plant germplasm and cotton cultivars: I. Heterosis and combining ability for fiber properties. *Crop Sci*, 1993b, 33: 706~710
- 11 Al—Rawi K M, Kohel R J. Gene action in the inheritance of fiber properties in intervarietal diallel crosses of Upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Crop Sci*, 1970, 10: 82~83
- 12 Dever J R, Gannaway J R. Relative fiber uniformity between parent and F₁ and F₂ generations in cotton. *Crop Sci*, 1992, 32: 1402~1408
- 13 朱军. Mixed model approaches for estimating genetic variances and covariances. 生物数学学报, 1992, 7(1): 1~11
- 14 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
- 15 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
- 16 朱军等. 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
- 17 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
- 18 Miller R G The jackknife—a review. *Biomtrika*, 1974, 61: 1~15

Genetic Analysis for Heterosis of Fiber Traits in Upland Cotton

Wu Jixiang Zhu Jun Xu Fuhua Ji Daofan

Department of Agronomy, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029

Abstract Five fiber traits of parents and their F₁s in upland cotton in two years were ana-

lyzed by the genetic model of additive dominance and its interactions with environments by MINQUE(1) approaches. Genetic variance components and correlations were estimated, and heterosis were predicted. The result indicated that all fiber traits were mainly controlled by the additive effects, gene effects interactions by years was significant for fiber length, fiber strength and micronaire, but not for the fiber uniformity and fiber elongation. Lint yield can be selected with all traits except fiber strength. It might be difficult to selected lines with high yield and strong fiber, but the hybrids with high heterosis of yield and strength could be selected. The F_2 heterosis was very small for all fiber traits, and the F_2 heterosis in different year for these traits were analyzed, too.

Key words upland cotton fiber traits genetic correlations F_2 heterosis

<242……(南殿杰等)棉花株型栽培

Mechanism of Increasing Yield and Its Technical Studies for Cotton Plant Pattern Cultivation

Nan Dianjie¹ Zhao Haizhen¹ Wu Yunkang² Qin Canshi³

Nie Anquan¹ Yang Sulong¹ Fan Zhijie¹ Chen qien⁴

(1) Cotton Research Institute, Shanxi Academy of Agri. Sci. Yuncheng, Shanxi 044000

(2) Jiangsu Agri. College (3) Cotton Research Center, Shandong

(4) Shanxi Academy of Agri. Sci.

Abstract The morphological indices of cotton plant pattern cultivation were as follows: plant height were dwarfed by 30% or so, while the population density was increased by 20%. Its morphological character was dwarf plant, short branch, small leaf, thick leaf and big boll. Mechanism of its increasing yield showed that effect of boll setting position being transferred near the main stem, effect of early development and early maturity, effect of adverse resistance and effect of yield constitution. Cotton plant patterns were adjusted—controlled by comprehensive technique of chemical regulator (DPC) combined with agronomical practices, water, fertilizers, intercultivation, using film—mulch and good varieties. The dosage of DPC was 90~120g/ha, sprayed 3~4 times. Irrigation and additional fertilizer was properly carried out ahead. Net N was 150~225 kg/ha, and kept balance of P and K. During 1992~1994, it was demonstrated in Shanxi, Shandong Jiangsu etc, lint cotton yield was increased by 168~354 kg/ha, average increase yield was 300kg/ha, the rate of increase yield was 9.2%~25.1%.

key words cotton plant pattern yield