

## 短季棉主要农艺性状的遗传分析

宋美珍, 喻树迅\*, 范术丽, 原日红, 黄楨茂

(中国农业科学院棉花研究所, 农业部棉花遗传改良重点实验室, 河南安阳 455004)

**摘要:** 选用 5 个早熟不早衰的短季棉品种和 5 个早衰的短季棉品种进行部分双列杂交。通过对亲本、 $F_1$  和  $F_2$  代分别于 2001 年和 2002 年两年田间试验研究。结果表明: 子棉产量、皮棉产量和衣分 3 个性状以显性效应为主, 其次为加性效应, 同时还存在极显著的加性上位性与环境的互作效应, 单铃重和成铃数以显性效应为主; 与早熟有关的诸性状, 生育期、始花期、铃期和果枝始节 4 个性状以加性效应为主, 其次为显性效应, 霜前花率以显性效应 $\times$ 环境互作效应为主, 同时存在显著的加性上位效应, 落叶株率以加性与加性互作上位性为主, 落叶指数以加性效应为主; 与纤维品质有关的诸性状, 2.5% 跨长、比强度、伸长率 3 个性状以加性效应为主, 其次为显性效应, 同时还存在着加性、上位性与环境的互作效应; 同时还研究了产量、早熟性和纤维品质各性状之遗传和表型相关关系。

**关键词:** 短季棉; 早熟不早衰; 农艺性状; 遗传分析

中图分类号: S562.03 文献标识码: A

文章编号: 1002-7807(2005)02-0094-05

## Genetic Analysis of Main Agronomic Traits in Short Season Upland Cotton (*G. hirsutum* L.)

SONG Mei-zhen, YU Shu-xun\*, FAN Shu-li, RUAN Ri-hong, HUANG Zhen-mao

(Cotton Research Institute, CAAS, Key Laboratory of Cotton Genetic Improvement, Ministry of Agriculture, Anyang 455004, He'nan, China)

**Abstract:** Five short season cultivars (SSC) with no premature senescence were selected to cross with 5 SSC cultivars with premature senescence. The parents,  $F_1$  and  $F_2$  from the reciprocal crosses were tested in replicated trials in 2001 and 2002. The results indicated that seed yield, lint yield and lint index existed significant dominant effects. Addition effects and epistasis $\times$ Environment effects also existed significantly. Boll weight and bolls existed dominant effects. Traits relative with the earliness existed significant additive effects, dominant effects, such as the plant growing period, date of first flower, boll maturation period and the situation of first fruit branch. However, the other earliness traits controlled by significant dominant $\times$ Environment effects and additive $\times$ additive epistasis effects, such as lint percentage before frost, and by additive $\times$ additive epistasis effects, such as defoliation percentage, and by additive effects, such as defoliation index. Traits relative with the fiber quality existed significant additive effects, dominant effects, additive $\times$ Environment and epistasis $\times$ Environment effects, such as fiber length, specific strength and elongate percentage. We also studied the genotypic and phenotypic correlations between yield, earliness and fiber quality.

**Key words:** short season cultivars; early maturity without senescence; agronomic traits; genetic analysis

短季棉产量、早熟性和纤维品质等性状均是受多基因控制的数量性状,同时受许多其他因素的制约和影响<sup>[1]</sup>。田华菁研究了早熟陆地棉(*Gossypium hirsutum* L.) 19个主要经济性状,其遗传系数变化范围在1.24%~25.11%<sup>[2]</sup>。李瑞祥研究27个特早熟陆地棉的形态和主要经济性状遗传变异潜力在10%~20%的性状仅7个<sup>[3]</sup>。White等<sup>[4]</sup>认为产量、铃重和单株结铃数的显性效应较大,Verhalen等<sup>[5]</sup>研究皮棉产量的显性效应高出其加性效应;但吴振衡<sup>[6]</sup>研究子棉、皮棉产量、衣分、单株结铃数、铃重主要是加性效应,朱军<sup>[7]</sup>研究陆地棉产量性状加性方差大于显性方差。Godoy<sup>[8]</sup>、吴吉祥等<sup>[9]</sup>研究表现早熟的性状,生育期、始花期、铃期和果枝始节4个性状以加性效应为主,其次为显性效应,但Baker<sup>[10]</sup>和周有耀<sup>[11-12]</sup>认为表示早熟性状的遗传为显性效应。本研究采用朱军遗传模型<sup>[13]</sup>对具有高产、优质、抗逆特性的短季棉新品种的主要农艺性状进行遗传效应分析,为短季棉遗传育种提供新的理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验材料来自中棉所早熟育种组。选用两种类型短季棉品种(系)10个,其中早衰类型品种或品系5个:中棉所10号、中450407、中652585、中619和豫早28;早熟不早衰品种(系)5个:辽4086、中925383、中061723、中961662和豫早1201;配成5个早熟不早衰×早衰正交组合和5个早衰×早熟不早衰反交组合。2001—2002年于本所进行田间比较试验,亲本和F<sub>1</sub>代种3行,F<sub>2</sub>代种5行,行长8.5m,行距0.7m,小区面积17.85~29.75m<sup>2</sup>,重复3次,随机区组排列,试验田管理按常规管理进行。

### 1.2 田间性状调查

在棉花整个生育期进行观察记载,每小区连续定株20株,重复2次,调查果枝始节位、现蕾期、开花期、吐絮期等性状;在生育后期按小区进行第一次收花量、霜前花率、生育期、子棉产量、皮棉产量、衣分的测定与记载;收花前每小区收取50铃进行铃重、衣分和纤维品质测定。棉株落叶率和落叶指标调查方法,在棉株生育后期(8月30日),按棉株的落叶情况分5个级别:0级棉株长势旺,整株叶子脱落很少;1级落叶较0级增加

25%;2级落叶较0级增加50%;3级落叶较0级增加75%;4级棉株叶子全部落光。计算落叶率和落叶指数。

### 1.3 数据分析

采用ADAA模型进行加性-显性-上位效应分析,同时进行遗传和表现相关分析。采用MINQUE(1)法(最小范数二阶无偏估算法),估算各项方差分量及其对表现型方差的百分比,用LUP(Linear Unbiased Prediction)法预测各性状的基因效应值,用Jackknife的方法,计算各项遗传参数的预测值及其标准误,并用t测验对遗传参数作统计学的显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 早熟性状的遗传效应分析

由分析结果(表1)可知,与短季棉早熟性有关的性状生育期、始花期、铃期和果枝始节4个性状以加性效应为主,达显著水平,其次为显性效应,不存在加性上位性效应,说明4个表示早熟的性状主要受基因型控制,受环境影响较小,在后代能稳定遗传;而霜前花率以显性效应×环境互作效应为主,同时存在显著的加性上位效应,说明霜前花率存在着显著的基因之间的互作,并受环境影响较大;棉叶脱落程度可以表示该品种的早熟和早衰,落叶株率以加性与加性互作上位性为主,达极显著水平,落叶指数以加性效应为主,在后代能稳定遗传。遗传率表明果枝始节、落叶株率和落叶指数狭义遗传率分别达54.57%、84.13%和74.29%,达极显著水平,在后代能稳定遗传,所以果枝始节一直被育种家作为判断棉花品种早熟性的重要指标,落叶株率和落叶指数可作为短季棉后代早熟不早衰性状的新的选择标准;生育期、始蕾期、始花期、始絮期、铃期5个性状广义遗传率都较高,可作为早熟性状选择的参考标准。

### 2.2 产量及构成因子性状的遗传效应分析

产量性状遗传分析(表1),子棉产量、皮棉产量和衣分3个性状以显性效应为主,达显著或极显著水平,其次为加性效应,达显著水平,同时还存在极显著的加性上位性效应与环境的互作效应,说明子棉产量、皮棉产量和衣分3个性状受环境影响较大,存在显著的基因与环境的互作效应。单铃重和成铃数以显性效应为主,遗传分量在63%以上,受环境影响较大;果枝数以加性效应为主,株高以加性与加性的上位效应为主,达显著水

平;但株高和果枝数的残差较大,主要受环境条件的影  
响,遗传表现不稳定。子棉产量、皮棉产量、衣分、单  
铃重、成铃数、株高和果枝数广义遗传率都较高,达  
极显著水平,遗传分量在60%以上,受

环境影响较大。因此,在杂种优势利用时,子棉产  
量、皮棉产量和衣分作为重要的性状加以选择,选  
用于棉产量、皮棉产量和衣分高的亲本组合杂交  
后代优势较强。

表1 农艺性状的遗传方差分量对表型方差的百分率

Table 1 Ratios between various genetic variances to phenotypic variance for earliness traits

性状	加性效应	显性效应	上位效应	加性×环境	显性×环境	上位性×环境	残差方差	表型方差
	$V_A/V_P$	$V_D/V_P$	$V_{AA}/V_P$	互作效应 $V_{DE}/V_P$	互作效应 $V_{DE}/V_P$	互作效应 $V_{AAE}/V_P$		
霜前花率	0	0	16.71*	--	56.39**	0	26.90 <sup>+</sup>	39.53
生育期	36.56	25.89	0	--	--	--	37.55 <sup>+</sup>	33.19
始蕾期	31.79 <sup>+</sup>	39.54 <sup>+</sup>	0	--	--	--	28.67 <sup>+</sup>	5.10 <sup>+</sup>
始花期	39.73	20.25	0	--	--	--	40.02	8.59
铃期	34.85 <sup>+</sup>	30.83	0	--	--	--	34.31**	11.92
果枝始节	54.57 <sup>+</sup>	25.22	0	--	--	--	20.22	0.88
落叶株率	16.72	0	67.41**	--	--	--	15.87**	110.37**
落叶指数	63.80	22.05*	10.49	--	--	--	3.66**	244.61**
子棉	24.56	39.13*	0	0	0	27.36**	8.97**	45166.00 <sup>+</sup>
皮棉	26.21*	39.40*	0	0	0	26.82**	7.57**	8093.57 <sup>+</sup>
衣分	34.08**	40.81**	0	0	0	20.65**	4.45**	20.94 <sup>+</sup>
单铃重	0	63.71**	0	0	11.28	8.39	16.61*	0.26 <sup>+</sup>
成铃数	0	86.05	0	--	--	--	13.95 <sup>+</sup>	7.16
株高	0.11	0	31.73 <sup>+</sup>	--	--	--	57.72*	30.30*
果枝	28.42 <sup>+</sup>	0	0	--	--	--	71.58*	0.49**
2.5%跨长	38.90*	28.02	0	0	0	27.05 <sup>+</sup>	6.02	17.41
整齐度	0	24.04 <sup>+</sup>	0	29.35	0	0	46.61	3.53
比强度	37.73*	27.32 <sup>+</sup>	0	0	0	26.60 <sup>+</sup>	8.35	41.26
麦克隆值	19.52*	0	0	22.20	0	0	58.28 <sup>+</sup>	0.57
伸长率	33.16**	10.49*	0	15.18	0	0	41.17	0.15
反射率	23.31	0	0	--	--	--	76.69	5.75 <sup>+</sup>
黄度	27.08 <sup>+</sup>	0	0	--	--	--	72.92*	16.05 <sup>+</sup>
环缕纱强	37.89 <sup>+</sup>	0	0	--	--	--	62.11*	82.86*

注: \*\*表示差异达0.01显著水平, \*表示差异达0.05显著水平, +表示差异达0.10显著水平, 下同。

### 2.3 纤维品质性状的遗传效应分析

纤维品质遗传分析(表1), 纤维2.5%跨长、比强度、伸长率3个性状以加性效应为主, 达到显著或极显著水平, 其次为显性效应, 达显著水平; 纤维2.5%跨长、比强度还存在着加性上位性与环境的互作效应, 达显著水平; 整齐度以显性效应为主, 还存在着加性与环境的互作效应, 剩余方差大, 说明纤维整齐度受环境影响较大; 麦克隆值加性效应达显著水平, 同时存在加性与环境的互作效应; 反射率、黄度和环缕纱强3个性状以加性效应为主, 但其残差较大, 说明受环境影响较大, 遗

传不稳定。纤维伸长率、麦克隆值和环缕纱强狭义遗传率较高, 达显著水平, 2.5%跨长、整齐度、比强度、反射率、黄度广义遗传率较高。因此, 对短季棉纤维品质性状的选择应从纤维长度、比强度、麦克隆值3个性状着手, 对纤维长度适中、比强度高、麦克隆值适中的材料可在早代选择。

### 2.4 短季棉主要农艺性状的遗传和表型相关分析

#### 2.4.1 早熟性与产量性状间相关关系。

由表2可知, 子棉产量、皮棉产量、衣分、单铃重、成铃数和霜前花率之间存在着显著或极显著遗传和表型正相关; 生育期、始蕾期、始花期和铃期之间存在

着显著或极显著遗传和表型正相关;子棉产量、皮棉产量、衣分、单铃重、成铃数和霜前花率各性状与生育期、始蕾期、始花期和铃期存在着显著或极显著遗传和表型负相关;果枝始节与单铃重、成铃数、始蕾期、始花期存在着显著或极显著的遗传和表型正相关。因此,根据这些性状的遗传和表型相关关系,可明显将这些性状分为三大类,第一类与产量有关的性状,包括子棉产量、皮棉产量、衣分、单铃重、成铃数和霜前花率;第二类与早熟有

关的性状,包括生育期、始蕾期、始花期和铃期;第三类是果枝始节,通常作为早熟的一个性状,从遗传关系来看,此性状与产量和早熟都有关系,本文将此性状划分为第三类。在常规育种中早熟与高产是一对矛盾,生产上需要既早熟又高产的品种,因此要根据其遗传相关关系,打破遗传负相关,充分利用遗传正相关,协调发展各性状之间关系,变不利为有利。

表 2 产量性状及早熟性状表型相关系数与遗传相关系数的估测值

Table 2 Estimates of genetic and phenotypic correlation coefficients among yield and earliness traits

性状	子棉	皮棉	衣分	铃重	成铃数	霜前花率	生育期	始蕾期	始花期	铃期	果枝始节
子棉		0.315**	0.184**	0.122**	0.166**	0.099**	-0.109*	-0.138**	-0.09**	-0.097 <sup>+</sup>	0.161 <sup>+</sup>
皮棉	0.275**		0.252**	0.132*	0.186*	0.114	-0.147**	-0.157**	-0.104**	-0.140*	0.161 <sup>+</sup>
衣分	0.195**	0.259**		0.119*	0.213**	0.138**	-0.343**	-0.204**	-0.155**	-0.387**	0.052
铃重	0.130**	0.141*	0.154*		0.196**	0.099**	-0.218*	-0.303**	-0.116**	-0.225**	0.195**
成铃数	0.170**	0.192*	0.235**	0.195**		0.135*	-0.083**	-0.100**	0.021	-0.151**	0.252**
霜前花率	0.102	0.118	0.150**	0.101*	0.138*		-0.090*	-0.083 <sup>+</sup>	-0.011	-0.123*	0.116
生育期	-0.124*	-0.163**	-0.368**	-0.249*	-0.096**	-0.086*		0.515**	0.494**	0.703**	0.121**
始蕾期	-0.145**	-0.164**	0.209**	-0.323**	-0.115**	-0.077 <sup>+</sup>	0.508**		0.448**	0.387**	0.144**
始花期	-0.09**	-0.110**	-0.154**	-0.135**	0.008	-0.009	0.461**	0.431**		0.327**	0.186**
铃期	-0.114	-0.158*	-0.416**	-0.250**	-0.158**	-0.118 <sup>+</sup>	0.675**	0.386**	0.301**		-0.001
果枝始节	0.172 <sup>+</sup>	0.173 <sup>+</sup>	0.068 <sup>+</sup>	0.203**	0.260**	0.133	0.070	0.115*	0.147**	-0.049	

注:下三角为遗传相关系数,上三角为表现型相关系数。

2.4.2 纤维品质性状间相关关系。2.5%跨长与比强度呈遗传和表型负相关,与整齐度、伸长率呈显著遗传和表型正相关,遗传相关系数为0.700和0.673,达显著水平,与麦克隆值呈极显著的遗传正相关,遗传相关系数为0.900,达极显著水平;纤维整齐度与比强度呈显著表型和遗传正相关,遗传相关系数达0.959,达显著水平,与伸长率呈显著遗传和表型负相关;比强度与伸长率呈显著的遗传和表型负相关。因此,在对短季棉品种的纤维品质选择上,要综合考虑各性状间的关系,达到优中选优;或采用生物技术等手段打破纤维长度与比强度呈遗传和表型的负相关,使纤维既长又细,强力好,满足纺高支纱要求。

2.4.3 纤维品质性状与早熟性状相关关系。纤维品质中2.5%跨长、比强度、伸长率三个性状与霜前花率均为遗传、表型负相关,与生育期、始蕾期、始花期、铃期均呈遗传、表型正相关,果枝始节与霜前花率、整齐度呈遗传表型正相关,与比强度、伸长率和麦克隆值呈遗传表型负相关。由此

说明棉花的早熟性与纤维品质之间的遗传关系很大,这也就是育种家一直困惑的短季棉品种品质差问题。因此,在培育短季棉新品种时,采用分子生物学技术措施打破早熟性与纤维品质的遗传负相关关系,培育早熟、优质、高产类型的品种。

2.4.4 纤维品质性状与产量性状相关关系。皮棉产量与2.5%跨长、整齐度、麦克隆值呈遗传、表型正相关,与比强度、伸长率呈遗传、表型负相关;衣分与2.5%跨长、比强度、伸长率、麦克隆值呈遗传、表型负相关;单铃重与伸长率、麦克隆值呈遗传、表型正相关,与2.5%跨长、整齐度、比强度呈遗传、表型负相关。由此说明,高产对纤维长度、整齐度、麦克隆值性状有益,但不利于比强度的提高;高衣分对纤维长度、比强度、麦克隆值均不利;大铃或单株成铃数多不利于纤维长度、比强度提高。因此,在进行新品种选育时,一定要注意产量性状与纤维品质性状间的遗传相关关系,使之协调发展。

### 3 讨论

#### 3.1 短季棉产量性状选择应在高代进行

子棉产量、皮棉产量、衣分、单铃重和成铃数等性状是短季棉重要的农艺性状,以显性效应为主,其次为加性效应,同时还存在加性上位性效应与环境的互作效应,各性状广义遗传率均较高,此观点同 White 等<sup>[4]</sup>、Verhalen 等<sup>[5]</sup>,与吴振衡<sup>[6]</sup>、朱军<sup>[7]</sup>不同。因此,这些性状受环境影响较大,在短季棉产量育种中,对这些性状的早代选择效果较差,必须在高代进行选择,但是,这些性状可作为杂种优势利用亲本选择的依据。

#### 3.2 短季棉早熟性选择应在早代进行

生育期、始花期、铃期和果枝始节等性状是重要的表示短季棉早熟的性状,以加性效应为主,其次为显性效应,说明这此性状主要受基因型控制,在后代能稳定遗传,此观点与 Godoy<sup>[8]</sup>、吴吉祥<sup>[9]</sup>相同,但另一种观点认为早熟性状的遗传为显性效应(Baker<sup>[10]</sup>、周有耀<sup>[11-12]</sup>)。本人认为这与研究遗传材料、环境条件不同有关。因此,对生育期、始花期、铃期和果枝始节选择可在早代进行;霜前花率以显性效应×环境互作效应为主,同时存在显著的加性上位效应,受环境影响较大,在育种中可作为参考。

#### 3.3 短季棉纤维品质性状的选择应在早代进行

表示纤维品质的性状,2.5%跨长、比强度、伸长率、麦克隆值、反射率、黄度和环锭纱强以加性效应为主,此观点同潘家驹<sup>[1]</sup>,但反射率、黄度和环锭纱强的残差较大,说明这些性状的遗传受环境影响较大,遗传不稳定,可作为早代选择的参考。因此,选择纤维长度适中、比强度高、麦克隆值适中的材料应在早代进行。

#### 3.4 短季棉各性状的选择要兼顾各种相关关系,打破负相关关系

产量有关各性状与早熟性状之间呈极显著遗传、表现型负相关,与霜前花率和果枝始节存在显著的遗传和表型正相关;纤维品质性状与霜前花率均为遗传、表型负相关,与早熟性状呈遗传、表型正相关,此观点同潘家驹<sup>[1]</sup>;这些负相关关系是短季棉育种中的难题。为适应我国农业结构调整

和生产发展的需要,需培育出适合棉(麦、菜、油)两熟或三熟制或麦后直播的短季棉新品种,要求短季棉品种既早熟,又高产,同时纤维品质优良;因此,在短季棉育种中,要适度掌握协调各种性状的遗传相关关系,打破遗传负相关,在对短季棉早熟性选择的同时,要兼顾产量、衣分、2.5%跨长、比强度等性状。

#### 参考文献:

- [1] 潘家驹. 棉花育种学[M]. 中国农业出版社, 1998. 273-295.
- [2] 田菁华. 早熟陆地棉主要性状的遗传率及遗传进度的研究[J]. 遗传, 1983, 5(1): 15-16.
- [3] 李瑞祥. 特早熟陆地棉主要性状的遗传率和遗传进度研究[J]. 辽宁农业科学, 1985(1): 15-18.
- [4] WHITE T G. Diallel analysis of quantitatively inherited characters in *Gossypium hirsutum* L. [J]. Crop Sci, 1966, 6: 253-295.
- [5] VERHALEN L M. A diallel analysis of several agronomic traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. Crop Sci, 1971, 11(1): 92-96.
- [6] 吴振衡, 刘定俊, 莫惠栋. 陆地棉数量性状的遗传分析[J]. 遗传学报, 1985, 12(5): 334-349.
- [7] 朱 军. 数量性状遗传分析的新方法及其在育种中的应用[J]. 浙江大学学报, 2000, 26(1): 1-6.
- [8] GODOY A S, Palomo G A. Genetic analysis of earliness in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) II. Yield and lint percentage [J]. Euphytica, 1999, 105: 161-166.
- [9] 吴吉祥, 朱 军, 季道藩, 等. 陆地棉产量性状的遗传及其与环境互作的分析[J]. 遗传, 1995, 17(5): 1-4.
- [10] BAKER J L. The inheritance of several agronomic and fiber properties among selected lines of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. Crop Sci, 1973, 13(2): 444-450.
- [11] 周有耀. 棉花产量及纤维品质的遗传分析(综述) [J]. 北京农业大学学报, 1988, 15(6): 401-408.
- [12] 周有耀. 棉花早熟性与纤维品质性状关系的研究 [J]. 中国棉花, 1990, 17(5): 13-15.
- [13] 朱 军. 遗传模型分析方法[M]. 中国农业出版社, 1997. ●