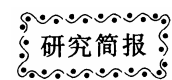


DOI: 10.3724/SP.J.1006.2013.01309



## 光子陆地棉种质资源主要性状的遗传评价

孙亚莉<sup>1,2</sup> 何守朴<sup>1</sup> 孙君灵<sup>1</sup> 潘兆娥<sup>1</sup> 贾银华<sup>1</sup> 庞保印<sup>1</sup> 杜雄明<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 中国农业科学院棉花研究所 / 棉花生物学国家重点实验室, 河南安阳 455000; <sup>2</sup> 山西农业大学信息学院, 山西太谷 030800

**摘要:** 以 102 份光子陆地棉材料为母本, 分别与遗传标准系 TM-1 杂交, 获得 102 个 F<sub>1</sub> 群体。采用随机区组设计, 设置 3 个重复, 对光子陆地棉材料主要性状进行遗传评价。结果表明, 调查的 11 个性状表型差异均较大, 材料间产量性状(株高、果枝数、铃数、铃重、衣分和子指)差异大于纤维品质性状(纤维长度、纤维强度、马克隆值、整齐度和伸长率), 特别是衣分、铃数等性状差异更明显; 除果枝数、马克隆值、伸长率以外, 光子亲本群体其他性状的平均值都小于 F<sub>1</sub> 群体。而亲本群体所有性状的变异系数均大于 F<sub>1</sub>, 不同光子材料的杂种优势有很大差别, 中亲优势和超亲优势也有很大的差别, 有些种质某些性状的中亲、超亲优势为负值, 其后代性状表现劣势; 纤维品质性状的中亲、超亲优势与毛子程度均呈负相关, 而产量性状的中亲、超亲优势与毛子程度均呈正相关, 说明可利用光子材料杂种优势改良纤维品质, 而其后代产量性状的杂种优势利用受到限制; SSR 分子标记遗传相似系数与各个性状的中亲、超亲优势的相关都不显著, 说明在光子材料的育种中, 杂种优势是不能通过亲本之间的遗传背景相似程度来预测的。

**关键词:** 陆地棉; 光子材料; 杂种优势

## Genetic Evaluation of Major Traits in Fuzzless Upland Cotton Germplasm

SUN Ya-Li<sup>1,2</sup>, HE Shou-Pu<sup>1</sup>, SUN Jun-Ling<sup>1</sup>, PAN Zhao-E<sup>1</sup>, JIA Yin-Hua<sup>1</sup>, PANG Bao-Yin<sup>1</sup>, and DU Xiong-Ming<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Cotton Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences / State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang 455000, China; <sup>2</sup> College of Information, Shanxi Agricultural University, Taigu 030800, China

**Abstract:** A total of 102 fuzzless seed upland cotton varieties (*G. hirsutum*) as female parents were crossed with genetic standard line TM-1 (as male parent) to analyze the main traits in the F<sub>1</sub> population with random blocks design with three replications. The results showed that there were significant differences among eleven agronomic traits between different parents, and the difference of yield traits (plant height, fruit branch number, boll number, boll weight, lint percentage, and seed index) was higher than those of fiber quality traits (length, strength, micronaire, uniformity, elongation rate), especially for lint percentage, boll number, except for fruit branch number, micronaire and elongation rate, the mean values of other traits in parent populations were lower than those in F<sub>1</sub> populations, however, the coefficient of variation in fuzzless seed parents was higher than that of F<sub>1</sub>. The heterosis including mid-parent heterosis and heterobeltiosis highly varied in different varieties. Some traits of some varieties with negative heterosis showed inferior descendants, The mid-parent heterosis and heterobeltiosis in fiber quality traits showed negative correlation with fuzzless rate, but yield traits showed positive correlation with fuzzless rate, indicating that the heterosis could be applied for fiber quality improvement but might be limited for the yield improvement, No significant correlation was found between genetic similarity coefficients based on SSR markers and heterosis in all traits, indicating that it is difficult to predict heterosis by using genetic background similarity of parents in fuzzless cotton breeding.

**Keywords:** Upland cotton; Fuzzless materials; Heterosis

光子棉与毛子棉相比, 具有自身的优点: 光子棉种子 提高棉纺品质, 有利于籽棉加工; 可免除播种前硫酸脱绒  
没有短绒, 有利于轧花、清花; 能保持长纤维的自然长度, 过程, 减少种子损伤程度, 减少硫酸对环境的污染; 种子

本研究由农业部作物种质资源保护项目(NB2012-2130135-30)和国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2011AA10A102)资助。

\* 通讯作者(Corresponding author): 杜雄明, E-mail: dxm630723@163.com, Tel: 0372-2562252

第一作者联系方式: E-mail: sunyal408@126.com, Tel: 18634870634

Received(收稿日期): 2012-08-30; Accepted(接受日期): 2013-01-15; Published online(网络出版日期): 2013-03-26.

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1809.S.20130326.0907.001.html>

吸水快,有利于机械播种;种子无短绒,病菌缺少附着和传播媒介,能在一定程度上减轻一些病害(如黄萎病)的发生和蔓延<sup>[1]</sup>。光子种质系是重要的棉花育种资源,光子突变体也是研究棉纤维起始、分化和发育分子机制的模式材料<sup>[2-3]</sup>。关于陆地棉纤维突变体的光子性状已有大量研究。Ware等<sup>[4]</sup>认为大部分光子性状表现为单基因显性遗传,Kearney和Harrison等<sup>[5]</sup>发现光子性状主要由2对独立但存在互作的显性和隐性基因控制。Musaev和Bbzalov<sup>[6]</sup>通过研究无绒无絮的L40突变体系,发现光子性状不完全显性遗传特性。张天真和潘家驹<sup>[7]</sup>研究无绒无絮的XZ142w发现,该突变体的光子性状受3个基因位点控制,其中2个控制短绒的发育,另1个位点控制长纤维发育。可见,棉花光子性状遗传机制非常复杂。

虽然光子性状的遗传机制有待进一步研究,但为方便光子性状的应用,新品种的选育利用工作已逐渐开展起来,如河南省新乡锦科棉花研究所与中国农业科学院生物技术研究所2002年审定的新研96-48品种就是一个产量和品质综合性较好的一个光子棉。由于陆地棉材料光子性状遗传差异很大,遗传背景复杂,致使育种工作进展缓慢。杂种优势是生物界的一种普遍现象,棉花杂种优势同其他作物一样是提高棉花产量、改善品质、增强抗逆性的一种有效途径,所以越来越受到关注,许多学者也都做了相关的研究<sup>[8-10]</sup>。印度采用人工去雄方法生产出杂种杂种1号,由于其产量优势显著,被广泛应用于生产。美国培育出有哈克尼西棉细胞质的雄性不育系,为实现棉花的三系配套奠定了基础。前苏联、巴基斯坦等国也很重视棉花杂种优势利用的研究<sup>[11]</sup>。我国在棉花种内杂交组合间的杂种优势利用上已经取得很大进展,育成了若干产量优势明显的杂交组合,并已在生产上大面积推广。目前,棉花杂种优势在抗病<sup>[12]</sup>、抗虫<sup>[13]</sup>、彩色棉<sup>[14]</sup>、早熟性<sup>[15]</sup>等方面都有应用研究。那么,光子棉的杂种优势利用是否加速光子棉育种利用进程?就杂交棉而言,由于栽培棉是异源多倍体,加上对棉花杂种优势机制不够清楚,导致利用亲本的遗传背景来预测杂种优势的效果并不显著,因此需要在相关方面进行更多的探索。SSR分子标记由于其多态性高、重复性好、操作简便、具共显性等特点常被用来计算相似系数和遗传距离,进而分析不同材料间遗传相似性,对种质资源的遗传多样性研究、核心种质构建、组合亲缘分析等都具有较大意义。

目前对陆地棉光子性状的杂种优势,尤其是光子材料杂种优势与遗传距离关系的研究还未见报道,在作物杂种优势利用实践中, $F_1$ 表现的杂种优势比较明显<sup>[16]</sup>,而且不同材料、不同群体的杂种优势表现不同。鉴于此,本研究用102份光子陆地棉品种分别与陆地棉遗传标准系TM-1杂交,分析 $F_1$ 代材料光子性状的杂种优势,并进一步研究杂种优势与分子标记相似系数及性状遗传距离之间的关系,旨在为陆地棉光子种质杂种优势的利用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 植物材料

试验材料是来源于不同国家与地区的光子陆地棉种质和陆地棉遗传标准系TM-1共103份材料(见附表),包括26份光子性状呈显性(D)遗传的材料(25.49%),8份呈部分显性(pD)遗传的材料(7.84%),22份呈隐性(R)遗传的材料(21.57%),14份隐性遗传规律不明显(WR)的材料,5份显性遗传规律不明显(WD)的材料<sup>[17]</sup>,其余显隐性均不明确。父本均为TM-1,材料均由国家棉花种质资源中期库(河南安阳)提供,并经过多代自交,性状稳定。

102份陆地棉 $F_1$ 群体来自102份光子陆地棉材料分别与TM-1杂交的杂交种。

### 1.2 田间试验

2009年,102份陆地棉光子材料分别在海南与TM-1杂交。2010年在河南安阳中国农业科学院棉花研究所试验地种植所有亲本、 $F_1$ 群体,采用随机区组排列,每个材料种1行,行长8m,3次重复。试验地肥力较好且均匀一致,田间管理方法按棉花大田生产管理技术常规方法。

### 1.3 表型性状调查

严格参照《棉花种质资源描述规范和数据标准》<sup>[18]</sup>采集性状数据。9月下旬调查株高、单株果枝数、单株铃数等农艺性状,每行随机调查10株,10月上旬单行收取棉株中部正常吐絮的30个铃,室内考种,计算单铃重、衣分和子指;将皮棉送农业部棉花品质监督检验测试中心检测纤维品质性状,包括纤维长度、整齐度指数、断裂比强度、伸长率和马克隆值(MIC)。

依据短绒多少,并参考周忠丽等<sup>[18]</sup>的根据长短绒类型,的分类,将种子光子程度细分为7级,从少到多分别命名为光子、单端毛子、双端毛子、端稀毛子、稀毛子、中稀毛子、毛子(图1),并依次定为1、2、3、4、5、6、7级。2010年10月下旬棉花吐絮盛期在大田,取所有材料植株中部正常铃,每行随机取5株调查光子性状。

### 1.4 SSR标记引物的筛选

从103份亲本中选出12个来自不同生态点的陆地棉典型材料(三江八江大花、罗甸铁子棉、南丹巴地大花、新研96-48、布隆迪棉、SA50、41B006、肯尼亚1号、N<sub>1</sub>、稀絮H10、n<sub>2</sub>和TM-1),按潘兆娥等<sup>[19]</sup>的方法,通过6000多对棉花SSR引物(Cotton Microsatellite Database, <http://www.cottonmarker.org/>)的初筛,选出均匀分布于不同染色体上的多态性引物,然后用群体所有材料对这些引物复筛,最后确定191对条带清晰、重复性好、便于统计的SSR引物作为多态性引物。

### 1.5 数据分析

1.5.1 中亲优势 中亲优势是指杂种的某一数量性状平均值与双亲相应性状平均值(MP)的差数除以双亲相应性状的平均值,即:中亲优势(%)=( $F_1$ -MP)/MP×100; MP=(P<sub>1</sub>+P<sub>2</sub>)/2。



图 1 棉花种子短绒类型和分级  
Fig. 1 Different fuzz types and grades of cotton seed

1.5.2 超亲优势 超亲优势是指杂种某一数量性状的平均值与高值亲本(HP)相应性状平均值差数除以高值亲本相应性状的值,即超亲优势(%)=(F<sub>1</sub>-HP)/HP×100。

1.5.3 相关分析 用 SAS 8.0 统计分析软件对中亲、超亲优势和光子程度、分子标记相似系数以及农艺性状聚类遗传距离分别进行相关分析。

1.5.4 聚类分析 分子标记聚类利用 NTSYS-pc2.1(V. 2.11a)软件中 SHAN 程序,按照类平均法(UPGMA)对相似系数矩阵进行聚类。农艺性状聚类用 MVSP3.13 (Kovach Computing Services)软件完成。

2 结果与分析

2.1 光子种质及其 F<sub>1</sub> 农艺性状分析

从表 1 可见,亲本群体所有性状均存在差异,其中产量性状(株高、果枝数、单株铃数、单铃重、子指和衣分)(平

均变异系数为 23.6%)差异大于纤维品质性状(纤维长度、纤维整齐度、马克隆值、纤维伸长率和纤维强度)(平均变异系数为 9.1%),其中衣分、单株铃数、单铃重等性状的变异系数均超过 20.0%,衣分的变异系数达 40.0%以上,除纤维整齐度、纤维强度、伸长率性状外,其他性状的变异系数均达 10.0%以上。说明光子种质本身具有丰富的多样性,特别是衣分、结铃数等方面表现更为明显。

除果枝数、马克隆值和伸长率外,亲本其他性状平均值均小于 F<sub>1</sub>,其中衣分、单铃重等性状两者差异更明显,两者单铃重的差值达到 1.5 g、平均衣分差值达到 6%,但亲本群体所有性状的变异系数均大于 F<sub>1</sub> 群体。在亲本群体中,材料间产量性状差异大于品质性状,与 TM-1 杂交以后,产量性状变化幅度也较品质性状大,因此,可以看出 TM-1 对光子群体产量影响更大,表明可以利用光子种质与优异毛子种质的杂种优势,达到改良光子产量性状的目的。

表 1 母本群体与相应 F<sub>1</sub> 群体农艺性状的差异  
Table 1 Comparison of agronomic characters between female parents and F<sub>1</sub> population

性状 Trait	平均值 Mean		最小值 Min		最大值 Max		标准差 SD		变异系数 CV	
	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>	P	F <sub>1</sub>
株高 PH (cm)	72.4	74.3	53.4	58.4	101.4	101.0	9.0	8.9	12.4	11.9
果枝数 FBN	11.5	11.0	8.4	8.1	17.3	16.1	1.6	1.4	13.7	13.2
单株铃数 BN	8.6	10.2	0.7	6.6	16.8	16.4	3.1	1.8	35.6	18.0
单铃重 BW (g)	3.9	5.4	2.0	4.4	6.7	6.8	1.0	0.5	25.0	9.0
子指 SI (%)	10.6	11.4	7.0	9.5	13.5	14.1	1.5	0.9	14.4	7.8
衣分 LP (%)	23.3	29.3	0.8	18.6	41.6	38.1	0.1	0.0	40.4	13.3
平均值 Average	21.7	23.6	12.1	17.6	32.9	32.1	2.7	2.3	23.6	12.2
纤维长度 Len (mm)	27.5	30.0	21.0	26.8	34.4	34.7	3.3	1.9	11.9	6.5
纤维整齐度 UI (%)	82.0	84.8	76.5	81.4	86.7	86.9	2.7	1.2	3.3	1.4
马克隆值 Mic	4.5	4.3	2.6	2.4	6.3	5.2	0.7	0.5	15.1	12.0
纤维伸长率 Elo (%)	6.5	6.3	5.2	5.8	7.2	6.8	0.4	0.2	5.5	2.8
纤维强度 Str (cN tex <sup>-1</sup> )	27.0	29.0	21.9	25.5	33.5	33.6	2.6	1.6	9.7	5.7
平均值 Average	29.5	30.9	25.4	28.4	33.6	33.4	1.9	1.1	9.1	5.7

PH: plant height; FBN: fruit branch number; BN: boll number; BW: boll weight; SI: seed index; LP: lint percentage; Len: fiber length; UI: uniformity index; Mic: Micronaire; Elo: elongation rate; Str: strength.

## 2.2 光子种质各个性状间的相关

表 2 结果表明在亲本群体中, 株高和果枝数、衣分呈极显著正相关。单铃重与子指、衣分、长度、整齐度、比强度呈极显著正相关, 与伸长率成极显著负相关。长度与整齐度、比强度极显著正相关, 与马克隆值、伸长率极显著负相关。对于光子程度来说, 与铃重、衣分成极显著正相关, 相关系数分别为 0.33 和 0.65, 与子指成显著负相关, 相关系数为-0.25, 说明光子种质的种子短绒越多, 铃重、衣分越大, 子指越小, 较难选育出具有光子性状的丰产新品种。

F<sub>1</sub> 群体 12 个性状的相关分析表明, 株高与果枝数、单株铃数、衣分成极显著正相关, 与马克隆值显著正相关, 与子指显著负相关; 单株铃数与衣分极显著正相关; 铃重与子指、衣分、长度、极显著正相关, 与整齐度成显著正相关; 衣分与马克隆值极显著正相关; 长度与整齐度、比强度极显著正相关, 与马克隆值、伸长率极显著负相关。对于光子程度来说, 其与株高、单株铃数、衣分、马克隆值极显著正相关, 相关系数分别是 0.33、0.30、0.64 和 0.40, 与子指、长度、整齐度极显著负相关, 相关系数分别为-0.36、-0.36 和-0.37; 与比强度显著负相关, 相关系数分别为-0.21, 说明利用光子与毛子种质的杂种优势, 较难协调光子性状与衣分、产量性状的同步改良。

## 2.3 光子种质的杂种优势

不同材料的杂种优势程度有很大的差别。中亲、超亲优势有正值也有负值, 说明有些材料的性状其后代表现有所退化。经对比发现, 凸桥大花、红鸡脚波边叶绿絮光籽(W.R.L.L)、T586、陆无絮、矮红株深红白絮、陆无絮、B557、黄绒棉花、SA65 和红心半光子相对应的株高、果枝数、铃数、铃重、籽指、衣分、UHM、UI、MIC、ELO 和 STR 性状的中亲优势分别达到最大值。肯尼亚 1 号、浅绿波边鸡脚叶光子、东兰那亨大棉、n2、M-DH-126、n1、RILTmNn0142LP、三江大花、T586 和红鸡脚叶绿絮红心相对应的株高、果枝数、铃数、铃重、子指、衣分、LEN、UI、MIC、ELO 和 STR 性状的超亲优势分别达到最大值。对上述材料的上述对应性状, 可以利用杂种优势对其进行改良。

对所试验的光子材料按性状遗传距离分类, 根据国家棉花种质资源中期库已有记载及每一类中绝大多数材料的光子特性<sup>[19-20]</sup>, 共分为 5 类(Germplasm type I-V), 表 3 表明, 其中 I 类为光子程度低、接近毛子种质, 其株高、果枝数性状中亲优势明显; II 类是国内外普通光子材料, 株高优势明显; III 类为国内外光子遗传材料, IV 类为退化陆地棉, 这两大类(III 和 IV 类)的杂种优势表现比较弱; V 类为特殊遗传材料, 铃重性状杂种优势很强。此外, 遗传

表 2 亲本和 F<sub>1</sub> 群体农艺性状相关系数  
Table 2 Correlation coefficients of parental agronomic traits and F<sub>1</sub> population

性状 Trait	PH	FBN	BN	BW	SI	LP	LEN	UI	MIC	ELO	STR	FG
PH		0.66**	0.28**	0.02	-0.36**	0.40**	-0.25*	-0.18	0.21*	-0.01	-0.15	0.33**
FBN	0.62**		0.49**	0.04	-0.19	0.22*	-0.13	-0.14	0.06	-0.10	0.06	0.18
BN	0.13	0.33**		0.18	-0.24*	0.34**	-0.16	-0.17	0.19	0.06	-0.16	0.30**
BW	0.17	-0.09	0.34**		0.51**	0.30**	0.25**	0.24*	0.02	-0.16	0.19	0.18
SI	-0.10	-0.23**	0.06	0.48**		-0.46**	0.47**	0.37**	-0.42**	-0.13	0.30**	-0.36**
LP	0.28**	0.16	0.25*	0.53**	-0.26**		-0.10	-0.08	0.52**	-0.12	-0.06	0.64**
LEN	-0.18	-0.29**	0.19	0.60**	0.60**	0.14		0.74**	-0.41**	-0.64**	0.77**	-0.36**
UI	-0.18	-0.31**	0.24*	0.62**	0.57**	0.12	0.88**		-0.08	-0.63**	0.69**	-0.37**
MIC	0.05	0.11	0.14	-0.14	-0.19	0.18	-0.35**	-0.37**		-0.05	-0.24*	0.40**
ELO	0.04	0.29**	-0.17	-0.34**	-0.50**	0.01	-0.47**	-0.56**	0.44**		-0.79**	0.17
STR	-0.19	-0.32**	0.15	0.57**	0.57**	0.12	0.89**	0.87**	-0.46**	-0.63**		-0.21*
FG	0.17	0.06	0.16	0.33**	-0.25*	0.65**	-0.05	-0.07	0.03	0.13	0.02	

矩阵上半部分为 F<sub>1</sub> 群体农艺性状的相关系数, 下半部分为亲本群体农艺性状相关系数; \*代表在 0.05 水平上显著; \*\*代表在 0.01 水平上达到显著水平; PH: 株高; FBN: 单株铃数; BN: 铃数; BW: 单铃重; SI: 子指; LP: 衣分; LEN: 纤维长度; UI: 纤维整齐度; MIC: 马克隆值; ELO: 纤维伸长率; STR: 纤维强度; FG: 光子程度;

The upper part of matrix is the correlation coefficients between agronomic traits in F<sub>1</sub> population, the lower part of matrix is the correlation coefficients between agronomic traits in parental population. \* Significantly correlated at 0.05 probability level; \*\* Significantly correlated at 0.01 probability level. PH: plant height; FBN: fruit branch number; BN: boll number; BW: boll weight; SI: seed index; LP: lint percentage; LEN: fiber length; UI: uniformity index; MIC: Micronaire; ELO: elongation rate; STR: strength; FG: fuzzless grades.

表 3 不同类型光子种质性状杂种优势表现  
Table 3 Heterosis of different type of fuzzless cotton germplasm

性状 Trait	杂种优势 Heterosis	光子类型 Fuzzless seed type					
		I 类 Type I	II 类 Type II	III 类 Type III	IV 类 Type IV	V 类 Type V	
株高 PL	中亲优势 M	31.71±0.91	24.90±8.14	-0.23±6.39	12.10±8.55	31.71±0.91	
	超亲优势 H	11.84±1.07	14.72±11.96	-5.25±8.63	5.16±12.34	—	
果枝数 FBN	中亲优势 M	17.45±22.39	15.49±10.42	-4.86±9.77	5.38±12.28	—	
	超亲优势 H	1.84±14.87	6.82±12.75	-11.08±10.92	-2.09±14.14	—	
单株铃数 BN	中亲优势 M	-14.44±12.55	31.39±24.59	9.65±25.14	19.88±22.24	—	
	超亲优势 H	-26.87±0.23	16.05±25.79	-5.04±16.50	4.82±17.26	—	
单铃重 BW	中亲优势 M	4.32±1.09	16.07±11.73	21.86±10.51	17.63±8.95	41.60±8.92	
	超亲优势 H	0.74±5.88	3.63±11.33	2.94±8.44	0.41±8.63	10.86±2.91	
子指 SI	中亲优势 M	-3.95±10.08	-1.08±5.51	1.83±4.61	-1.25±5.05	9.64±7.46	
	超亲优势 H	-14.25±10.85	-8.86±5.59	-3.64±6.14	-9.42±5.94	-3.97±6.01	
衣分 LP	中亲优势 M	4.25±5.33	10.19±5.25	21.24±18.14	12.40±8.36	8.70±0.64	
	超亲优势 H	-6.54±2.06	3.15±6.35	-5.16±12.51	0.18±9.09	3.41±2.90	
纤维长度 LEN	中亲优势 M	2.69±1.76	0.98±2.69	4.18±4.01	1.91±4.30	3.90±0.00	
	超亲优势 H	-1.52±0.26	-5.53±3.39	-1.48±6.15	-5.68±4.66	-6.28±1.16	
纤维整齐度 UI	中亲优势 M	1.10±1.34	2.38±1.47	2.42±0.78	1.92±1.44	1.13±0.00	
	超亲优势 H	0.10±1.09	0.76±0.96	1.28±1.43	0.18±1.10	-0.02±1.21	
马克隆值 MIC	中亲优势 M	-2.63±2.83	6.88±6.93	0.86±9.25	3.61±10.02	0.86±0.00	
	超亲优势 H	-5.77±6.18	-0.12±9.15	-6.13±12.34	-2.96±11.39	-1.66±5.54	
纤维伸长率 ELO	中亲优势 M	-0.13±0.94	-1.65±2.07	-2.09±2.44	-0.63±3.62	-3.91±0.00	
	超亲优势 H	-0.52±1.49	-4.17±2.82	-2.60±4.36	-3.32±3.68	-2.67±4.52	
纤维强度 STR	中亲优势 M	-1.60±2.18	-0.10±3.97	2.51±3.82	0.20±4.07	1.76±0.00	
	超亲优势 H	-4.66±1.01	-5.67±3.83	-3.27±6.27	-6.40±4.88	-4.00±1.32	

M: mid-parent heterosis; H: over-parent heterosis; PH: plant height; FBN: fruit branch number; BN: boll number; BW: boll weight; SI: seed index; LP: lint percentage; LEN: fiber length; UI: uniformity index; MIC: Micronaire; ELO: elongation rate; STR: strength.

材料和其他性状表现差的材料，其子指性状表现出明显的杂种优势，对于衣分性状来说，光子种质的中亲优势明显。而纤维长度的优势在普通光子群体中显示出较强的杂种优势。

2.4 显性光子和隐性光子材料的杂种优势表现

对所有光子材料按光子性状显隐性遗传特性进行分类<sup>[22]</sup>(表 4)，共分为 5 类，即显性遗传(D)、隐性遗传(R)、部分显性遗传(PD)、显性规律不强(WD)、隐性遗传规律不强(WR)。其中呈显性遗传的光子材料其衣分、纤维长度、整齐度、纤维强度性状的中亲优势明显；呈部分显性遗传的光子材料株高、衣分的超亲优势明显；呈隐性遗传的光子材料铃重的中亲、超亲优势都比较强；显性遗传规律不强的光子材料其大部分性状都表现出强的杂种优势，隐性规律不强的光子材料除株高外，杂种优势都不很强。这说明显、隐性光子棉的不同性状的杂种优势强弱也不一样。要改良纤维品质和提高衣分，最好用显性光子材料作杂种优势的亲本材料，要增加铃重最好用隐性光子种质作亲本。

2.5 光子种质主要性状杂种优势相关分析

就中亲优势而言，光子程度与株高、果枝数 2 个性状极显著正相关，与铃重、衣分、纤维长度、整齐度显著或极显著负相关(表5)，即随着光子程度的增加，铃重、衣分、纤维长度、整齐度的中亲优势反而减小，表明光子种质利用中亲优势有利于提高铃重、衣分、纤维长度和整齐度等性状；就超亲优势而言，光子程度与株高、果枝数、铃数、衣分 4 个性状呈显著或极显著的正相关，与子指、整齐度、纤维长度、伸长率 4 个性状的超亲优势呈显著或极显著负相关，即随着光子程度的增加，株高、衣分、果枝数、铃数的超亲优势也增加，子指、铃重、纤维长度、伸长率的超亲优势反而减小。这表明光子种质利用超亲优势有利于提高子指、整齐度、纤维长度、伸长率等性状。光子棉主要农艺性状的杂种优势与 SSR 标记相似系数之间的相关性均不显著。光子棉主要农艺性状的中亲、超亲优势与材料间遗传距离的相关分析表明性状遗传距离与铃重、子指、衣分性状的中亲优势呈极显著正相关，与子指、ELO 的超亲优势呈极显著正相关，与纤维整齐度的超亲优势呈显著正相关，与衣分的超亲优势极显著负相关。

表 4 不同光子遗传类型材料的杂种优势表现  
Table 4 Heterosis of fuzzless cotton germplasm with different inheritance types

性状 Trait	杂种优势 Heterosis	遗传类型 Inheritance type				
		D	pD	R	WD	WR
株高 PH	中亲优势 M	4.02±9.67	10.24±9.65	9.18±13.37	5.84±7.75	10.75±12.38
	超亲优势 H	-1.31±13.46	4.83±10.55	2.34±14.50	-0.40±11.07	2.46±12.47
果枝数 FBN	中亲优势 M	2.38±29.49	-0.73±14.57	1.65±12.76	3.03±13.02	1.50±13.74
	超亲优势 H	-3.43±10.39	-10.02±11.54	-5.74±14.69	-5.09±11.31	-8.12±13.04
单株铃数 BN	中亲优势 M	12.80±5.01	12.03±21.78	17.16±19.35	28.28±22.81	21.17±21.40
	超亲优势 H	-3.60±13.74	2.57±16.30	0.75±19.16	15.18±17.51	4.30±20.63
单铃重 BW	中亲优势 M	19.01±4.38	22.13±10.31	22.32±8.98	22.11±14.76	16.24±9.94
	超亲优势 H	1.28±1.11	-2.62±7.97	2.87±10.12	2.12±10.73	-0.15±10.07
子指 SI	中亲优势 M	0.44±7.35	0.79±7.22	0.92±3.36	2.12±4.67	-1.94±5.33
	超亲优势 H	-1.94±2.76	-12.67±4.14	-6.46±6.04	-10.14±2.31	-12.29±6.34
衣分 LP	中亲优势 M	23.58±4.48	15.84±5.01	19.73±19.51	9.70±3.78	11.07±6.86
	超亲优势 H	-13.06±11.98	5.06±4.05	2.88±8.00	2.74±6.11	4.30±8.26
纤维长度 LEN	中亲优势 M	6.02±14.08	2.02±2.87	1.95±3.47	2.88±3.51	1.75±2.55
	超亲优势 H	0.22±16.15	-5.45±3.90	-5.35±5.30	-6.99±2.20	-6.41±4.05
纤维整齐度 UI	中亲优势 M	2.55±6.60	2.34±1.05	2.27±1.19	2.31±0.68	2.13±1.23
	超亲优势 H	1.61±5.35	0.56±1.47	0.63±1.27	0.46±0.39	0.08±1.17
马克隆值 MIC	中亲优势 M	-1.59±10.08	4.11±9.65	4.50±9.60	9.44±13.26	6.70±9.04
	超亲优势 H	-6.38±5.56	-1.39±13.05	-3.33±9.70	-0.50±9.90	-0.87±12.75
纤维伸长率 ELO	中亲优势 M	-1.38±1.17	-2.02±1.79	-0.42±4.20	-0.84±4.77	-2.76±2.08
	超亲优势 H	-1.30±13.43	-4.31±3.04	-2.67±4.03	-4.26±4.97	-6.09±3.59
纤维强度 STR	中亲优势 M	2.31±3.89	1.75±5.76	0.31±3.81	1.91±1.79	0.93±2.59
	超亲优势 H	-2.64±6.46	-5.87±5.00	-6.18±5.72	-6.23±1.90	-6.74±4.58

D 表示光子性状为显性遗传, pD 表示部分显性, R 表示隐性, WD 表示显性规律不强, WR 表示隐性遗传规律不强。为了方便显隐性的判断, 将 1~3 级材料共同归为光子, 将 4~5 类共同归类为稀毛光子, 作为中间类型, 6~7 级归类为毛子(图 1)<sup>[17]</sup>。

M: mid-parent heterosis; H indicated heterobeltiosis. D: the fuzzless trait is dominant inheritance; pD: the partial dominant inheritance; WD: weak dominance; R: the recessive inheritance; WR: weak recessive inheritance. In order to better understand the inheritance of fuzzless seed trait in cotton, we cataloged the seeds as fuzzless germplasm with fuzzless grades (FG) 1–3, 4–5 FG as the middle type germplasm, 6–7 FG as the fuzz germplasm<sup>[17]</sup>; PH: plant height; FBN: fruit branch number; BN: boll number; BW: boll weight; SI: seed index; LP: lint percentage; LEN: fiber length; UI: uniformity index; MIC: Micronaire; ELO: elongation rate; STR: strength.

表 5 各性状的杂种优势与光子程度、SSR 标记相似系数和农艺性状遗传距离的相关性  
Table 5 Correlation of heterosis of all agronomic traits with fuzzless grades, similarity coefficient of SSR markers and genetic distance of agronomic traits

性状 Trait	光子程度		标记相似系数		性状遗传距离	
	Fuzzless grade		Similarity coefficient based on SSR marker		Genetic distance based on agronomic trait	
	中亲优势 M	超亲优势 H	中亲优势 M	超亲优势 H	中亲优势 M	超亲优势 H
株高 PH	0.38**	0.26**	-0.02	-0.06	-0.11	0.01
果枝数 FBN	0.25**	0.21*	0.08	0.09	-0.03	0.02
单株铃数 BN	0.14	0.22*	-0.04	-0.01	0.07	-0.04
单铃重 BW	-0.20*	0.12	-0.12	0.05	0.44**	0.06
子指 SI	-0.13	-0.28**	-0.11	-0.14	0.27**	0.27**
衣分 LP	-0.48**	0.30**	-0.11	0.13	0.48**	-0.41**
纤维长度 LEN	-0.27**	-0.23*	-0.05	0.05	0.13	0.05
纤维整齐度 UI	-0.23*	-0.32**	-0.04	0.05	0.09	0.19*
马克隆值 MIC	0.05	0.06	0.01	0.07	0.20	-0.01
纤维伸长率 ELO	-0.06	-0.20*	0.04	-0.06	0.20	0.41**
纤维强度 STR	-0.17	-0.11	0.04	0.09	-0.03	0.02

M: the mid-parent heterosis, H: heterobeltiosis; PH: plant height; FBN: fruit branch number; BN: boll number; BW: boll weight; SI: Seed index; LP: lint percentage; LEN: fiber length; UI: uniformity index; MIC: Micronaire; ELO: elongation rate; STR: strength.

### 3 讨论

#### 3.1 光子种质主要性状间的相关性

生物中普遍存在的一因多效和基因连锁现象, 导致生物体不同性状之间的相关。棉花育种过程中要考虑到品质、产量、抗性、适应性等多个目标, 对其进行综合选择, 因此, 性状间的相关分析可以用于指导优良品种的选育。在对某一优良性状选择时, 可间接知道其他性状的选择结果。

本研究对光子棉的  $F_1$  代主要性状相关性分析发现, 铃数与铃重、衣分分别呈正相关, 而且, 所有光子亲本群体的铃数与铃重也呈极显著正相关, 与衣分呈显著正相关。这与人研究普通陆地棉材料认为铃数与铃重、衣分一般呈负相关的结论正好相反<sup>[21-22]</sup>, 这可能是由于本研究所用的陆地棉光子材料与前人所用的普通陆地棉材料有较大遗传差异, 大多数光子种质具有铃小、衣分很低的特性, 与同一个毛子棉杂交,  $F_1$  性状更多地偏向于毛子亲本, 而毛子材料本身在铃数、铃重和衣分等性状上均整体优于光子材料, 所以  $F_1$  群体表现出各性状同步提高的现象。

杂交种后代的性状表现很复杂, 本研究通过比较亲本和  $F_1$  代杂交种的表型相关发现亲本在杂交后, 其部分性状之间的遗传关系发生了变化,  $F_1$  群体检测到的农艺性状间的相关多于亲本, 尤其是产量性状的相关差异较大, 如株高与铃数、光子程度呈极显著正相关, 与子指呈极显著负相关, 与马克隆值呈显著正相关, 与长度呈显著负相关, 这些都是在亲本群体中没有检测到的。这可能是因为  $F_1$  群体有共同的父本 TM-1, 使表型性状相关效应放大。这表明与纤维品质性状相比, 毛子亲本 TM-1 对光子群体产量性状改良效果更明显。

综上所述, 陆地棉光子亲本材料及其  $F_1$  群体与普通陆地棉材料相比, 主要产量和品质性状的相关性有显著的差异, 说明棉花主要农艺经济性状间的相关性还依赖于所研究材料的遗传背景。

#### 3.2 光子种质农艺性状的杂种优势

邢朝柱等<sup>[23]</sup>研究表明, 陆地棉杂交种无论是在哪种环境中均能表现出高于亲本的产量水平, 说明杂种优势在棉花中普遍存在, 其表现是多方面的, 与亲本相比, 除了产量性状, 在品质性状、营养及生殖生长甚至生理功能方面都有体现。杂种优势的强弱与亲本差异和纯度密切相关, 也随组合、性状、环境条件不同而呈现出复杂的多样性<sup>[24]</sup>。本研究发现所用光子材料的杂种优势程度都有很大差别, 不论产量性状还是纤维品质性状, 其中亲、超亲优势有正值, 也有负值, 而且大小也有很大不同。说明光子材料性状的杂种优势在实际应用中, 要综合考虑各个性状的情况, 并同时考虑不同亲本的各种性状表现, 以及栽培管理技术<sup>[25]</sup>。另外, 不同显、隐性类型的光子材料表现出不同的杂种优势, 其中显性光子(D)在产量和纤维品

质上均表现出较强的中亲优势, 因此在实际应用中可以优先考虑利用显性光子材料。

#### 3.3 光子种质杂种优势的相关性

研究材料的纤维品质性状的中亲、超亲优势与种子光子程度均呈负相关, 即随着短绒的减少, 材料的纤维品质中亲、超亲优势有明显的增加, 说明利用杂种优势改良光子材料纤维品质的时候可以优先考虑短绒更少的亲本。衣分的中亲优势与光子程度呈极显著正相关, 而其超亲优势与之呈极显著负相关, 因此在改良光子棉的衣分时要尽可能选择衣分高的材料作亲本; 对于株高、铃数、果枝数这3个性状, 其中亲、超亲优势与种子光子程度这一性状是正相关, 即随着短绒的减少, 中亲、超亲优势也越来越小, 说明对于光子材料来说, 其后代产量性状的杂种优势利用受到限制, 不利于产量性状改良。

分子标记遗传相似系数与各个性状的中亲、超亲优势差异都不显著, 这与人研究结果一致。武耀廷等<sup>[26]</sup>用 RAPD、ISSR 和 SSR 分子标记, 估算了 36 份陆地棉材料品种间的分子标记遗传距离, 并分析了遗传距离与杂种产量性状及杂种优势的相关情况, 发现无论是  $F_1$  还是  $F_2$  群体, 分子标记遗传距离与单株铃数、铃重、衣分、子棉产量和皮棉产量杂种优势均无相关性。邢朝柱等<sup>[27]</sup>也认为, 棉花研究的结果和别的作物相类似, 杂种优势的表现不能直接从亲本遗传距离的大小上反映出来, 很难在材料及其后代基因组水平上的相似程度方面直接利用杂种优势。

### References

- [1] Wang S-H(王素会), Du X-M(杜雄明). Advances in researches on molecular biology of two fiber-mutant. *Cott Sci* (棉花学报), 2003, 15(6): 376-379 (in Chinese with English abstract)
- [2] Ji S J, Lu Y C, Li J, Wei G, Liang X J, Zhu Y X. A  $\beta$ -tubulin-like cDNA expressed specifically in elongating cotton fibers induces longitudinal growth of fission yeast. *Biochem Biophys Res Commun*, 2002, 296: 1245-1250
- [3] Wang S, Wang J W, Yu N, Li C H, Luo B, Gou J Y, Wang L J, Chen X Y. Control of plant trichome development by a cotton fiber MYB gene. *Plant Cell*, 2004, 16: 2323-2334
- [4] Ware J O, Benedict L N, Rolfe W H. A recessive naked-seed character in upland cotton. *J Hered*, 1947, 38: 313-320
- [5] Kearney T H, Harrison G J. The inheritance of smoothness seeds in cotton. *J Agric Res*, 1927, 35: 193-217
- [6] Musaev D A, Abzalov M M. Some questions concerning the inheritance of fuzzy in cotton seeds (*G. hirsutum* L.). *Genetika*, 1972, 8: 7-16 (in Russian)
- [7] Zhang T-Z(张天真), Pan J-J(潘家驹). Genetic analysis of a fuzzless-lintless mutant in *Gossypium hirsutum* L. *J Jiangsu Agric Coll* (江苏农业学报), 1991, 7(3): 13-16 (in Chinese)
- [8] Chen J-X(陈金湘), Li R-L(李瑞莲), Chen B-Y(陈步阳). Study on fiber characteristics of  $F_1$  and  $F_2$  hybrid cotton. *Cott Sci* (棉花学报), 2004, 16(6): 338-342 (in Chinese with English abstract)

- [9] Wang R-X(王仁祥), Zhou Z-H(周仲华), Chen J-X(陈金湘). Comparison of characters between obverse cross and inverse cross of insectresistance hybrid cotton of  $F_1$  population. *Cott Sci* (棉花学报), 2006, 18(1): 32–36 (in Chinese with English abstract)
- [10] Zhu Q-Z(朱青竹), Zhao G-Z(赵国忠), Li A-G(李爱国), Ge L-W(盖丽雯). Analysis on heterosis and diversity of main characters of different transgenic cotton. *Cott Sci* (棉花学报), 2004, 16(4): 202–205 (in Chinese with English abstract)
- [11] Hao J-J(郝俊杰). Genetic Analysis of Heterosis and Other Traits in Upland Cotton. PhD Dissertation of Huazhong Agricultural University, 2008 (in Chinese with English abstract)
- [12] Gao M(高敏). Study on Competitive Heterosis of Cotton Hybrids. MS Thesis of Huazhong Agricultural University, 2007 (in Chinese with English abstract)
- [13] Liu L-W(刘芦苇). Analysis of Genetic Effects and Heterosis for Main Economical Characters in Transgenic Insect Resistant Cotton (*G. hirsutum* L.). MS Thesis of Zhejiang University, 2006 (in Chinese with English abstract)
- [14] Li Y-Y(李悦有). Studies in the characteristics of fiber and heterosis in colored cotton. MS thesis of Zhejiang University, 2001 (in Chinese with English abstract)
- [15] Lu B-X(卢碧霞). Studies on Heterosis and Genetic Effects in Combinations of Cotton Varieties with Different Ripening Stage. MS Thesis of Northwest Science and Technology University, 2001 (in Chinese with English abstract)
- [16] Hu Y-J(胡延吉). Plant Breeding (植物育种学). Beijing: Higher Education Press, 2003
- [17] Sun Y-L(孙亚莉), Du X-M(杜雄明). Genetic analysis of fuzzless in cotton germplasm. *Hereditas* (遗传), 2012, 34(8): 1073–1078 (in Chinese with English abstract)
- [18] Zhou Z-L(周忠丽), Du X-M(杜雄明). Descriptors and Data Standard for Cotton (棉花种质资源描述规范和数据标准). Beijing: China Agriculture Press, 2005
- [19] Pan Z-E(潘兆娥), Sun J-L(孙君灵), Wang X-W(王希文), Jia Y-H(贾银华), Zhou Z-L(周忠丽), Pang B-Y(庞保印), Du X-M(杜雄明). Screening of SSR core primers with polymorphism on a cotton panel. *Biodiversity Sci* (生物多样性), 2008, 16(6): 555–561
- [20] Du X M, Pan J J, Wang R H, Zhang T Z, Shi Y Z. Genetic analysis of presence and absence of lint and fuzz in cotton. *Plant Breed*, 2001, 120: 519–522
- [21] Du X-M(杜雄明), Liu G-Q(刘国强). Analyses and evaluation of naked seed variety resources in upland cotton. *J Henan Vocation-Tech Teachers Coll* (河南职业技术学院学报), 1994, 22(1): 10–14 (in Chinese with English abstract)
- [22] Huang N-T(黄乃泰). Studies on the Performance and the Genetic Bases of Heterosis in a Hybrid Cotton Xiangzamian 2. MS Thesis of Nanjing Agricultural University, 2003 (in Chinese with English abstract)
- [23] Pan J-J(潘家驹). Cotton Breeding (棉花育种学). Beijing: China Agriculture Press, 1998 (in Chinese)
- [24] Xing C-Z(邢朝柱), Yu S-X(喻树迅), Guo L-P(郭立平), Miao C-D(苗成朵), Feng W-J(冯文娟), Wang H-L(王海林), Zhao Y-L(赵云雷). Heterosis performance and correlation analysis on economic traits of upland cotton under various ecological environments. *Cott Sci* (棉花学报), 2007, 19(1): 3–7 (in Chinese with English abstract)
- [25] Tsafaris A S, Kafka M. Mechanisms of heterosis in crop plants. *J Crop Prod*, 1998, 1: 95–111
- [26] Wang R-H(汪若海). High Quality Cotton Production Technology (优质棉生产技术). Beijing: China Agriculture Science Technology Press, 1988
- [27] Wu Y-T(武耀廷), Zhang T-Z(张天真), Zhu X-F(朱协飞), Wang G-M(王广明). Relationship between  $F_1$ ,  $F_2$  yield, heterosis and genetic distance measured by molecular markers and parent performance in cotton. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2002, 35(1): 22–28 (in Chinese with English abstract)
- [28] Xing C-Z(邢朝柱), Jing S-R(靖深蓉), Xing Y-H(邢以华). Review and prospect on cotton heterosis utilization and study in china. *Cott Sci* (棉花学报), 2007, 19(5): 337–345 (in Chinese with English abstract)

附表 陆地棉光子材料光子性状显隐性遗传规律 (河南安阳)

Appendix The dominance and recessiveness genetic analysis of fuzzless trait in upland cotton (Anyang, Henan)

母本名称 Material name	母本光子类型 Fuzzless type of female parent	$F_1$ 光子类型 Fuzzless type of $F_1$	显隐性 Dominance and recessiveness
VII 3527	光子(I 型)	光子(I 型)	D
椰光子	光子(I 型)	光子(I 型)	D
浙大 E210	光子(I 型)	光子(I 型)	D
T586	光子(I 型)	光子(I 型)	D
H10	光子(I 型)	光子(I 型)	D
N1	光子(I 型)	光子(I 型)	D
n1	光子(I 型)	光子(I 型)	D
得州 9102	光子(I 型)	光子(I 型)	D
Texas9107	光子(I 型)	光子(I 型)	D
Texas9108	光子(I 型)	光子(I 型)	D



(续附表)

母本名称 Material name	母本光子类型 Fuzzless type of female parent	F <sub>1</sub> 光子类型 Fuzzless type of F <sub>1</sub>	显隐性 Dominance and recessiveness
Texas9110	光子(I 型)	光子(I 型)	D
黄红波边鸡脚叶	光子(I 型)	光子(I 型)	D
N1Hi%B	光子(I 型)	光子(I 型)	D
N1Hi%A	光子(I 型)	光子(I 型)	D
紫红鸡脚叶棕絮	光子(I 型)	光子(I 型)	D
GZNn2-1 光子	光子(I 型)	光子(I 型)	D
红鸡脚叶绿絮红	光子(I 型)	光子(I 型)	D
黄红鸡脚叶光子	光子(I 型)	光子(I 型)	D
红鸡脚波边叶绿絮, 光籽(W.R.L.L)	光子(I 型)	光子(I 型)	D
浅绿波边鸡脚叶光子	光子(I 型)	光子(I 型)	D
紫红棕絮(宽叶)	光子(I 型)	光子(I 型)	D
RILTmNn0132LP	光子(I 型)	光子(I 型)	D
RILTmNn0142LP	光子(I 型)	光子(I 型)	D
Texas9117	光子(I 型)	光子(I 型)	D
稀絮 H10 Xixu H10	光子(I 型)	光子(I 型)	D
绉缩红鸡脚叶棕絮光子	光子(I 型)	单端毛子(II 型)	D
望谟光子棉	光子(I 型)	端稀毛子(IV 型)	pD
红心半光子	光子(I 型)	端稀毛子(IV 型)	pD
红心光子	光子(I 型)	端稀毛子(IV 型)	pD
南丹巴地大花	单端毛子(II 型)	端稀毛子(IV 型)	pD
新研 96-48	单端毛子(II 型)	端稀毛子(IV 型)	pD
布隆迪棉	单端毛子(II 型)	端稀毛子(IV 型)	pD
41B006	单端毛子(II 型)	端稀毛子(IV 型)	pD
安江棉	双端毛子(III 型)	端稀毛子(IV 型)	pD
纳上区大花	端稀毛子(IV 型)	端稀毛子(IV 型)	WD
罗甸铁籽棉	端稀毛子(IV 型)	端稀毛子(IV 型)	WD
黄绒棉花	端稀毛子(IV 型)	端稀毛子(IV 型)	WD
隆林光子	端稀毛子(IV 型)	端稀毛子(IV 型)	WD
平塘长浦区光子	端稀毛子(IV 型)	端稀毛子(IV 型)	WD
罗甸铁籽	光子(I 型)	稀毛子(V 型)	R
蚂蚁寨大花	光子(I 型)	稀毛子(V 型)	R
喀什黑籽	光子(I 型)	毛子(VII 型)	R
库光子	光子(I 型)	毛子(VII 型)	R
SA50	光子(I 型)	毛子(VII 型)	R
SA65	光子(I 型)	毛子(VII 型)	R
皱缩红鸡脚叶棕絮光子	光子(I 型)	毛子(VII 型)	R
陆无絮	光子(I 型)	毛子(VII 型)	R
n2	光子(I 型)	毛子(VII 型)	R
gznn1-1 光子	光子(I 型)	毛子(VII 型)	R
SA27	光子(I 型)	毛子(VII 型)	R
隆林革步光子	光子(I 型)	中稀毛子(VI 型)	R
巴马那桃大棉	光子(I 型)	中稀毛子(VI 型)	R
望谟铁子	光子(I 型)	中稀毛子(VI 型)	R
莎车土棉	光子(I 型)	中稀毛子(VI 型)	R
乐记大花	光子(I 型)	中稀毛子(VI 型)	R
平果回老光子	单端毛子(II 型)	中稀毛子(VI 型)	R
GP54	单端毛子(II 型)	中稀毛子(VI 型)	R
QF-10/1	单端毛子(II 型)	中稀毛子(VI 型)	R
AH2	单端毛子(II 型)	中稀毛子(VI 型)	R

(续附表)

母本名称 Material name	母本光子类型 Fuzzless type of female parent	F <sub>1</sub> 光子类型 Fuzzless type of F <sub>1</sub>	显隐性 Dominance and recessiveness
n2 Hil% A	单端毛子(II 型)	中稀毛子(VI 型)	R
83MHR-3	单端毛子(II 型)	毛子(VII 型)	R
交力大花	端稀毛子(IV 型)	稀毛子(V 型)	WR
国抗 36	端稀毛子(IV 型)	稀毛子(V 型)	WR
平塘铁子	端稀毛子(IV 型)	稀毛子(V 型)	WR
陕西光子棉 1 号	端稀毛子(IV 型)	中稀毛子(VI 型)	WR
三江大花	端稀毛子(IV 型)	中稀毛子(VI 型)	WR
平果布思大花	端稀毛子(IV 型)	中稀毛子(VI 型)	WR
南丹怀里大花	端稀毛子(IV 型)	中稀毛子(VI 型)	WR
德保大旺端毛子	端稀毛子(IV 型)	中稀毛子(VI 型)	WR
481 光子	端稀毛子(IV 型)	中稀毛子(VI 型)	WR
邱县 0945	端稀毛子(IV 型)	中稀毛子(VI 型)	WR
三江冠洞大花	端稀毛子(IV 型)	毛子(VII 型)	WR
三江八江大花	端稀毛子(IV 型)	毛子(VII 型)	WR
萨图 65	端稀毛子(IV 型)	毛子(VII 型)	WR
M-DH-126	端稀毛子(IV 型)	毛子(VII 型)	WR
平果回老光子	单端毛子(II 型)	中稀毛子(VI 型)	—
SA1064B1	毛子(VII 型)	毛子(VII 型)	—
B557	毛子(VII 型)	毛子(VII 型)	—
巴州黄绒光子	毛子(VII 型)	毛子(VII 型)	—
71-3-1	中稀毛子(VI 型)	毛子(VII 型)	—
桂平木乐大花	中稀毛子(VI 型)	毛子(VII 型)	—
凸桥大花	中稀毛子(VI 型)	毛子(VII 型)	—
晴隆学官大花	中稀毛子(VI 型)	毛子(VII 型)	—
V83-064	中稀毛子(VI 型)	毛子(VII 型)	—
肯尼亚 1 号	中稀毛子(VI 型)	毛子(VII 型)	—
肯尼亚 2 号	中稀毛子(VI 型)	毛子(VII 型)	—
苏联 8905	中稀毛子(VI 型)	毛子(VII 型)	—
豫棉 17 光子选系	中稀毛子(VI 型)	毛子(VII 型)	—
陈岭大花	毛子(VII 型)	中稀毛子(VI 型)	—
东兰那亨大棉	中稀毛子(VI 型)	中稀毛子(VI 型)	—
巴马大花	中稀毛子(VI 型)	中稀毛子(VI 型)	—
美 9103	中稀毛子(VI 型)	中稀毛子(VI 型)	—
汾阳文峰乡早花铁籽	毛子(VII 型)	中稀毛子(VI 型)	—
南宁永新稀毛子	中稀毛子(VI 型)	中稀毛子(VI 型)	—
东兰长兰大花	稀毛子(V 型)	毛子(VII 型)	—
南丹里湖大棉	稀毛子(V 型)	毛子(VII 型)	—
GZNn(毛子)	稀毛子(V 型)	毛子(VII 型)	—
运城 1279	稀毛子(V 型)	中稀毛子(VI 型)	—
武鸣双桥光子	稀毛子(V 型)	中稀毛子(VI 型)	—
希腊棉	稀毛子(V 型)	中稀毛子(VI 型)	—
矮红株深红白絮	稀毛子(V 型)	中稀毛子(VI 型)	—
n2 Hil% B	稀毛子(V 型)	中稀毛子(VI 型)	—

所有 F<sub>1</sub> 的父本都为 TM-1; D 表示显性, R 表示隐性, pD 表示部分显性, WR 表示隐性遗传规律不强, WD 表示显性规律不强。为了使显隐性判断更明显, 将 I、II、III 型共同归为光子, 将 IV、V 型共同归类为稀毛光子, 为中间类型, VI、VII 型为毛子; — 表示材料的显隐性在安阳地区不能判断; 陈岭大花、SA1064B1、B557、巴州黄绒光子、汾阳文峰乡早花铁籽 5 份材料在安阳生态区表现出毛子性状。