

棉纤维颜色与品质性状杂种优势关系研究

孙君灵¹, 霍曙明², 周忠丽¹, 贾银华¹, 潘兆娥¹, 庞保印¹, 杜雄明^{1*}

(1. 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 455000;

2. 安阳市高级技工学校, 河南 安阳 455000)

摘要: 利用白、绿、棕、深棕 4 种纤维色泽种质共 7 种类型的杂交组合, 分析了纤维色泽和品质性状的表现差异, 以及品质性状杂种优势与纤维色泽深浅的相关性。结果表明: 深棕色与绿色组合的平均超亲优势最强, 白色与深棕色、深棕色与绿色组合的平均中亲优势表现较好。纤维长度、比强度和麦克隆值等性状亲本差绝对值与超亲优势的简单相关系数均达极显著相关, 但其中亲优势则均未达显著水平。纤维色泽与纤维长度、比强度的超亲和中亲优势的简单相关系数分别为 -0.3601 和 -0.4487、-0.3978 和 -0.3895, 均达极显著水平; 纤维色泽与 F₁ 纤维长度达极显著相关, 其简单相关系数为 -0.6045。育种上, 在保证深纤维色泽前提下提高纤维品质, 可利用深棕色与绿色、绿色与绿色和棕色与绿色组合。同时利用杂种优势可以达到同步改良彩色棉的纤维长度和比强度等性状的目的。但双亲纤维色泽越深, 越不利于对彩色棉进行纤维品质的改良。

关键词: 棉花; 纤维色泽; 杂种优势; 品质性状; 相关性

中图分类号: S562.03 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2010)03-0267-06

Analysis on the Relationship between Heterosis of Quality Traits Fiber Colors

SUN Jun-ling¹, HUO Shu-ming², ZHOU Zhong-li¹, JIA Yin-hua¹, PAN Zhao-e¹, PANG Bao-yin¹, DU Xiong-ming^{1*}

(1. Cotton Institute of the Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Cotton Genetics Improvement, Ministry of Agriculture, Anyang, Henan 455000, China; 2. Anyang Senior Technical School, Anyang, Henan 455000, China)

Abstract: Seven kinds of hybrid combinations were made based on four kinds of color fiber lines including white, green, brown, dark brown. The differences of fiber color and the fiber quality traits, the correlation between fiber color and the heterosis of the fiber quality traits were analyzed. The results showed that: the average super-parent heterosis between the cross of the dark brown and green line was strongest. The average mid-parent heterosis in the combinations between the white and dark brown, dark brown and green lines were better. The correlation coefficients between super-parent heterosis and their parents in absolute value of fiber length, strength, micronaire traits were very significantly different. But the correlation between mid-parent heterosis and their parents were not different in a significant level. The correlation coefficients between the fiber color and fiber length, strength traits, super-parent and mid-parent heterosis were -0.3601 and -0.4487, -0.3978 and -0.3895, respectively, all were very significant. The correlation coefficient of fiber color and the F₁ fiber length was -0.6045, significant at 0.01 levels. In breeding, the heterosis can be used to improve fiber length and strength simultaneously. The crosses of dark brown and green, green and green, brown and green combinations can be used for improving fiber quality with dark color fiber. The darker the fiber colors of two parents were, the weaker the super-parent and mid-parent heterosis of fiber length and strength traits were. So it is difficult to improve the fiber quality of color cotton.

Key words: cotton; fiber color; heterosis; quality traits; correlation

纤维具有天然色泽的棉花类型称为彩色棉。弹性, 其纺织品除具有保暖、透气、吸湿、穿用舒适、天然彩色棉色泽自然柔和、纤维柔软透气、富有弹性、色泽自然等优点外, 在纺织加工过程中不需

收稿日期: 2009-10-10

作者简介: 孙君灵 (1969-), 男, 副研究员, sunjl200902@gmail.com; * 通讯作者: duxm@cricaas.com.cn

基金项目: 国家“十一五”支撑计划 (2006BAD13B04)

染色,不仅避免了染料对环境的污染,而且可避免染料中的有毒化学物质对人体的伤害。因此,又被称为更高层次的生态棉,国际上称之为“零污染”(Zero pollution)^[1]。随着世界经济和科学的发展以及人们环保与健康意识的增强,彩色棉已引起国内外棉花育种者和纺织服装业的广泛关注^[2-4]。

目前,世界上彩色棉的纤维色泽的基本色仅有棕色和绿色两种,且产量低、纤维品质差、遗传背景狭窄^[1-6]。虽然中国农业科学院棉花研究所等单位利用远缘杂交进行彩色棉的种质改良和创新,丰富了种质资源,但大多数彩色棉品种(系)在产量与品质方面与白色陆地棉品种还相差较大^[1,7]。利用杂种优势是提高彩色棉品种产量和品质的一条有效途径。目前对彩色棉与白色转基因抗虫棉^[8]、优质棉^[9-11]、海岛棉^[7]等品种进行杂种优势研究较多,且一般认为,产量或品质性状的杂种优势明显^[8-13]。但彩色棉与白色棉杂交,其F₁的纤维色泽明显变浅,有些F₁的纤维色泽接近白色,且彩色棉品种存在纤维色泽与产量、品质性状的负相关。怎样在保证纤维深色泽的基础上提高彩色棉的纤维品质和产量是今后彩色棉种质创新和育种的一个重要课题。

目前,也有少量的关于彩色棉之间的杂种优势的报道,但均是研究彩色棉产量或纤维品质性状上的杂种优势,且试验材料数量较小,也未考虑纤维色泽深浅的差异对杂种优势所造成的影响^[12]。目前,国内外还未见报道性状的杂种优势与纤维色泽之间的关系研究。本研究通过4种不同纤维色泽的亲本配制的7种不同色泽类型的杂交组合,首次利用品质性状杂种优势与纤维色泽的关系,分析不同类型的彩色棉组合在纤维品质上的杂种优势,以期为彩色棉育种、种质创新提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

7个白色棉品系:Ari971、中152、中53系、R01、XJ01、鲁1138、鲁2015;11个绿色棉品系:CC28、绿R0128、绿SC01、绿SC02、绿SC03、绿1-5、绿4560、绿9419、飞天绿棉、淮北绿、Hunan

绿;9个棕色棉品系:棕159、棕161、棕SB9108、棕S91152、棕S91263、棕S9B12、棕S9B11、棕Z9452、棕Z9453;8个深棕色棉品系:棕263、棕125、棕128、棕B2K8、棕R0153、棕R12-1、棕R12-2、棕R2153。所有材料均由中国农业科学院棉花研究所或国家棉花种质资源中期库提供。

1.2 田间试验设计

2006年,配制7个白色与绿色棉、8个白色与深棕色棉、12个绿色与绿色、4个棕色与绿色、5个深棕色与绿色、10个深棕色与棕色、5个深棕色与深棕色7种不同纤维色泽类型的组合、51个杂交组合。2007年和2008年分别对27个杂交组合F₁和26个亲本、24个杂交组合F₁和22个亲本进行随机区组试验。3行区,行长8m,小区面积16.8m²,3次重复。田间管理与大田种植相同。每小区收棉株中部正常吐絮铃30个,室内考种。纤维棉样送农业部棉花品质监督检验测试中心检测。

1.3 数据处理与统计方法

对7个不同纤维色泽类型组合分别进行统计分析,用中亲优势Hpm(F₁)和超亲优势Hpb(F₁)来预测杂种优势。

中亲优势:Hpm(F₁)=(F₁-中亲值)/中亲值

超亲优势:Hpb(F₁)=(F₁-高亲值)/高亲值

根据不同纤维色泽的电脑扫描结果,给纤维色泽进行赋值,白色、绿色、棕色、深棕色纤维分别赋值为0.0、0.6、0.8和1.0。为了研究不同色泽亲本组合的差异,父母本的赋值相加为组合纤维色泽的赋值,利用其赋值,对纤维色泽和纤维品质性状的杂种优势进行相关性分析,其相关性和方差分析用SAS 8.0统计分析软件完成。

2 结果与分析

2.1 不同纤维色泽亲本及F₁的纤维品质性状

对同纤维色泽的亲本或同类杂交组合F₁分别进行性状统计及方差分析,发现不同类型纤维色泽的亲本或F₁的纤维品质差异明显(表1)。在亲本中,白色棉类型表现最好,其纤维长度比深棕色棉长3.3mm,比强度比绿色棉高4.3cN·tex⁻¹,差异均达到显著水平。杂交组合方面,白色与绿色的组合表现最优,其F₁纤维长度均超过

30.0 mm, 麦克隆值在 4.0 以下。与其它组合 F_1 相比, 纤维长度差异最大的超过 5.0 mm、比强度超过 $6.5 \text{ cN}\cdot\text{tex}^{-1}$ 。从 F_1 的纤维色泽表型来看, 白色棉与彩色棉杂交, 其 F_1 的纤维色泽均较浅, 而双亲的色泽越深, 其 F_1 的色泽也越深。结果表明, 彩

色棉的纤维色泽越深, 其纤维品质越差, 绿色棉比棕色棉纤维品质更差, 这与前人的研究结果一致^[1]; 同时说明棉花纤维色泽基因的调控可能与纤维品质基因的调控存在着某种相关, 且影响着杂种后代的遗传。

表 1 不同纤维色泽亲本及 F_1 的纤维品质性状平均表现

Table 1 Average phenotype values with different color fibers and their F_1 s for fiber quality traits

	绿色亲本	棕色亲本	深棕色亲本	白色亲本	白色×绿色 F_1	白色×深棕色 F_1	绿色×棕色 F_1	棕色×绿色 F_1	深棕色×绿色 F_1	深棕色×棕色 F_1	深棕色×深棕色 F_1
品种或 F_1 数	11	9	8	7	7	8	12	4	5	10	5
纤维长度 /mm	27.3 b	29.0 ab	26.8 b	30.1 a	32.0 a	31.2 a	28.5 b	27.8 bc	26.9 c	28.6 b	28.1 bc
纤维比强度 /($\text{cN}\cdot\text{tex}^{-1}$)	24.1 b	27.3 a	25.4 ab	28.4 a	31.4 a	29.5 b	24.7 f	29.4 bc	28.6 bcd	27.6 cd	26.8 d
麦克隆值	3.0 c	4.0 b	3.7 b	4.8 a	3.9 b	4.4 a	3.0 c	4.3 a	4.2 a	4.2 a	3.8 b
纤维色泽	绿色	棕色	深棕色	白色	接近白色	多数浅棕	绿色	棕绿色	棕绿色	深棕色	深棕色

注: 不同字母表示在 5% 水平差异显著, 亲本和 F_1 分别进行方差分析, 下同。

2.2 不同纤维色泽组合的杂种优势

根据 51 个组合、7 个不同纤维色泽类型 F_1 的平均超亲优势和平均中亲优势, 分别进行 F_1 的纤维色泽分类统计和方差分析(表 2)。在所有组合的平均超亲优势和平均中亲优势的平均值中, 纤维长度和比强度均为正向优势, 麦克隆值的平均超亲优势为负向优势。在平均超亲优势中, 深棕色与棕色、深棕色与深棕色 F_1 的纤维品质性状平均超亲优势均为负向; 深棕色与绿色 F_1 的平均超亲优势最强, 其纤维长度、比强度和麦克隆值的平均超亲优势分别为 7.60、11.87、8.65, 且显著高于深棕色与棕色、深棕色与深棕色组合。在平

均中亲优势中, 白色与深棕色、深棕色与绿色 F_1 表现较好, 其性状的平均中亲优势均达到 9.00 以上, 而深棕色与棕色、深棕色与深棕色 F_1 的平均中亲优势不明显。这表明, 利用杂种优势提高彩色棉的纤维品质是可行的, 但不同纤维色泽的彩色棉品种杂交, 其杂种优势具有明显差异。育种上, 利用深棕色与棕色或深棕色与深棕色 F_1 来提高彩色棉的纤维品质不可取。在保证深纤维色泽前提下提高纤维品质, 可利用深棕色与绿色、绿色与绿色或棕色与绿色组合来提高纤维长度和比强度, 同时可以达到与纤维细度的协调一致。

表 2 不同纤维色泽组合的品质性状杂种优势

Table 2 Heterosis performances of quality traits of seven kinds with different fiber colors of hybrid combinations

性状	白色×绿色	白色×深棕	绿色×绿色	棕色×绿色	深棕色×绿	深棕色×棕	深棕色×深	平均
	F_1	色 F_1	F_1	F_1	色 F_1	色 F_1	棕色 F_1	
平均超亲优势								
纤维长 /mm	4.47 ab	3.60 ab	1.55 ab	1.49 abc	7.60 a	-4.74 c	-1.90 bc	1.72
纤维比强度 /($\text{cN}\cdot\text{tex}^{-1}$)	6.05 ab	2.69 bc	5.21 ab	3.09 abc	11.87 a	-7.46 d	-5.33 cd	2.30
麦克隆值	-22.08 e	-7.21 cd	4.66 ab	7.05 ab	8.65 a	-2.36 bc	-12.86 de	-3.45
平均中亲优势								
纤维长 /mm	5.88 b	12.50 a	5.99 b	5.72 bc	9.93 ab	-0.52 d	0.45 cd	5.71
纤维比强度 /($\text{cN}\cdot\text{tex}^{-1}$)	8.79 a	11.63 a	10.56 a	8.68 ab	15.56 a	0.48 bc	-0.96 c	7.82
麦克隆值	-1.51 cd	9.35 ab	13.18 a	8.91 abc	14.98 a	4.01 bc	-8.02 d	5.84

2.3 品质性状杂种优势与纤维色泽的相关性

根据亲本的纤维色泽深浅不同进行赋值后,对组合的纤维色泽与主要品质性状的杂种优势进行相关分析(表3)。结果表明,纤维长度、比强度的超亲优势和中亲优势均与纤维色泽呈极显著负相关,其简单相关系数分别为-0.3601、-0.4487、-0.3978和-0.3895,麦克隆值的超亲优势

与纤维色泽呈显著正相关。纤维长度与纤维比强度的超亲优势和中亲优势的简单相关系数分别为0.7935、0.7582,均达到极显著正相关。这说明深纤维色泽的双亲杂交组合的纤维品质性状的杂种优势不明显,不利于对彩色棉进行纤维品质改良,但利用杂种优势可以达到同步改良彩色棉的纤维长度和比强度性状的目的。

表3 纤维色泽与主要品质性状杂种优势的简单相关系数

Table 3 The bivariate correlation coefficients of fiber colors and quality traits of heterosis

	纤维色泽	纤维长度 杂种优势	纤维比强度 杂种优势
纤维长度 杂种优势	-0.3601**		
纤维比强度 杂种优势	-0.4487**	0.7935**	
麦克隆值 杂种优势	-0.3978**	0.7582**	0.1918
	-0.3895**	-0.1175	0.3995**
	0.3065*	0.1116	
	-0.1059		

注:*,**分别表示5%、1%显著水平,下同;每个性状有2行数字,第1、2行分别为超亲优势、中亲优势的简单相关系数。

2.4 纤维色泽与 F_1 及亲本差的品质性状相关性

根据亲本的纤维色泽深浅不同进行赋值后,对组合的纤维色泽和杂种优势与 F_1 及亲本差绝对值的品质性状进行相关分析。由表4可以看出,纤维色泽与 F_1 的纤维长度呈极显著负相关,简单相关系数达-0.6045;与 F_1 的纤维比强度达显著负相关。纤维色泽与亲本差绝对值的纤维长度和比强度性状的简单相关系数均未达显著水平,与亲本差绝对值的麦克隆值呈极显著负相关。而超亲优势与亲本差绝对值的纤维长度、比

强度和麦克隆值等性状均达极显著负相关,其简单相关系数分别为-0.5217、-0.5787、-0.6797,中亲优势则均未达显著水平;超亲优势和中亲优势与 F_1 的纤维长度和比强度性状均达显著或极显著相关。这说明在育种上双亲纤维色泽较深的组合, F_1 的纤维品质较差;彩色棉杂种优势越强的组合,其 F_1 的主要纤维品质性状越优。但亲本差绝对值越大,其纤维性状的超亲优势越弱,对筛选超亲组合不利。而双亲纤维色泽深浅与亲本纤维品质差值的大小没有必然性。

表4 纤维色泽与 F_1 主要品质性状的简单相关系数

Table 4 The bivariate correlation coefficients of fiber colors and quality traits of F_1

	F_1 纤维长度	F_1 纤维比强度	F_1 麦克隆值	亲本差绝对值 纤维长度	亲本差绝对值 纤维比强度	亲本差绝对值 麦克隆值
纤维色泽	-0.6045**	-0.2795*	0.1575	-0.0958	0.1779	-0.7149**
超亲优势	0.2928*	0.2998*	0.0259	-0.5217**	-0.5787**	-0.6797**
中亲优势	0.4381**	0.3571*	0.0900	-0.0007	-0.2084	-0.2201

3 讨论

3.1 纤维品质性状的杂种优势

杂种优势利用是目前棉花生产提高产量和品质的重要措施之一。白色棉^[14-15]、高品质种质^[16-18]、转基因抗虫棉^[18-22]、海岛棉^[23]、彩色棉^[7-13]等不同材

料的遗传效应和杂种优势研究报道较多。大多数学者认为,白色棉纤维品质性状以基因的加性效应为主,具有一定的正向中亲优势,彩色棉的纤维品质性状也以基因的加性效应为主,但显性效应也起着较大作用,彩色棉与白色棉组合的纤维长度和比强度性状具有明显的正向中亲优势或

具有一定的正向超亲优势^[8-20]。本研究首次利用不同纤维色泽杂交组合来探讨纤维品质性状的杂种优势及 F_1 与纤维色泽的关系。结果表明,白色棉与彩色棉组合的纤维长度和比强度性状均具有明显的正向中亲优势和超亲优势,这与前人的研究结果较一致^[8-12]。但彩色棉之间组合的杂种优势表现则不同,深棕色与绿色组合的两个纤维性状的正向超亲优势更显著,深棕色与棕色、深棕色与深棕色组合纤维性状的正向中亲优势和正向超亲优势不明显,或超亲优势具有负向优势,且与其它纤维色泽组合的杂种优势达到显著差异。因此,本研究认为,彩色棉纤维品质性状的杂种优势因彩色棉的色泽不同而存在不同杂种优势表现,可能是纤维色泽调控基因与纤维长度或比强度的调控基因存在某种相关造成的,这有待于今后进一步研究。

3.2 品质性状的杂种优势与纤维色泽关系

大多数的白色棉与彩色棉品种杂交,纤维长度和比强度性状均具有明显的正向中亲优势和超亲优势^[8-12],但其 F_1 的纤维色泽均较浅或近白色,严重影响彩色棉纺织工业的利用。在育种上,为了保证深纤维色泽,杂种优势利用只能通过彩色棉品种之间进行杂交,但目前国内外还未见报道不同纤维色泽彩色棉组合间的杂种优势差异的研究。张美冬等^[12]选用了 2 个深棕色、2 个棕色、1 个绿色彩色棉品种和 1 个白色棉品种进行杂交,仅仅研究了彩色棉品质性状的杂种优势分析,对不同纤维色泽与杂种优势之间的关系未进行研究。本研究选用了 7 个白色、8 个深棕色、9 个棕色和 11 个绿色棉品种共 4 种不同纤维色泽的亲本,配制了 7 种不同色泽类型共 50 多个杂交组合。其结果说明:不同色泽类型组合的纤维品质性状平均中亲优势和平均超亲优势具有显著的差异,纤维长度和比强度等性状的超亲优势和正向中亲优势均与纤维色泽呈极显著负相关,即双亲纤维色泽越深,品质性状的杂种优势越弱。纤维色泽与杂种 F_1 的纤维长度和比强度呈显著或极显著负相关,表明双亲纤维色泽越深, F_1 的纤维长度和比强度就越小。这也间接说明了纤维色泽越深的彩色棉品种,其纤维品质越差。因此,在

要求深纤维色泽的情况下,可利用深棕色与绿色、绿色与绿色、棕色与绿色的组合 F_1 来提高彩色棉的纤维品质,而棕色与深棕色、深棕色之间的组合不可取。

参考文献:

- [1] 杜雄明,张天真,袁有禄. 有色棉的研究利用现状及进展[J]. 中国农学通报,1997,13(3):30-32.
DU Xiong-ming, Zhang Tian-zhen, Yuan You-lu. Study of present and advancement in colored cottons[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 1997, 13(3):30-32.
- [2] 孙东磊,孙君灵,杜雄明,等. 彩色棉种质资源农艺性状和纤维品质鉴定与分析[J]. 植物遗传资源学报,2008,9(4):469-474.
SUN Dong-lei, Sun Jun-ling, Du Xiong-ming, et al. Identification and analysis of agronomic traits and fiber quality of natural colored cottons [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2008, 9(4): 469-474.
- [3] KHADI B M, Shirsat S S. Research and development in naturally colored cottons[M]. Mumbai: Indian Society for Cotton Improvement, 1998:80-87.
- [4] 吴立强,郑敬业,王志伟,等. 彩色棉种质资源创新研究[J]. 河北农业大学学报,2008,31(5):5-8, 14.
WU Li-qiang, Zheng Jing-ye, Wang Zhi-wei, et al. Study on germplasm innovation of colored cotton [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2008, 31(5): 5-8, 14.
- [5] 张美冬,詹先进,张献龙. 彩色棉品种资源的 RAPD 多态性分析[J]. 华中农业大学学报,2003,29(5):427-430.
ZHANG Mei-dong, Zhan Xian-jin, Zhang Xian-long. Polymorphic analysis on natural color fiber cotton by RAPD [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2003, 29(5):427-430.
- [6] SUN Dong-lei, Sun Jun-ling, Jia Yin-hua, et al. Genetic diversity of colored cotton analyzed by simple sequence repeat markers[J]. Int J Plant Sci, 2009, 170(1):76-82.
- [7] 冯克云. 远缘杂交对彩色棉品种性状影响及品种改良研究[J]. 西北农业学报,2008,17(5):190-193.
FENG Ke-yun. Effect of distant hybridization on characters of colored cotton variety and research on variety improvement[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2008, 17(5):190-193.
- [8] 孙君灵,杜雄明,周忠丽,等. 转基因抗虫棉 sGK9708 与不同类型品种杂种的遗传及优势分析[J]. 棉花学报,2003,15(6):323-327.
SUN Jun-ling, Du Xiong-ming, Zhou Zhong-li, et al. Analysis on heritability and heterosis of main traits of Bt transgenic cotton (sGK9708) crossed with one different types[J]. Cotton Science, 2003, 15(6):323-327.

- [9] 孙君灵, 杜雄明, 周忠丽, 等. 陆地棉不同群体主要性状的遗传力及杂种优势分析[J]. 华北农学报, 2004, 19(1): 49-53.
SUN Jun-ling, Du Xiong-ming, Zhou Zhong-li, et al. Analysis on heritability and heterosis of main traits of different population in upland cotton[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2004, 19(1): 49-53.
- [10] 李吉莲, 邓福军, 宁新柱, 等. 陆地棉种质间的杂种优势与配合力分析[J]. 现代农业科技, 2008, 23: 197-199.
LI Ji-lian, Deng Fu-jun, Ning Xin-zhu, et al. Analysis on the heterosis and combining ability among some cotton germplasms (*Gossypium hirsutum* L.)[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2008, 23: 197-199.
- [11] 郭宝德, 黄穗兰, 冀丽霞, 等. 彩色棉产量及品质性状的配合力分析[J]. 山西农业科学, 2008, 36(4): 11-13.
GUO Bao-de, Huang Sui-lan, Ji Li-xia, et al. Analysis of combining ability on yield and quality traits in nature-color cotton[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2008, 36(4): 11-13.
- [12] 张美冬, 詹先进, 蓝家祥, 等. 彩色棉品质性状的遗传效应研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(1): 25-29.
ZHANG Mei-dong, Zhan Xian-jin, Lan Jia-yang, et al. Study on the genetic effects of quality traits in naturally colored cotton[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(1): 25-29.
- [13] 周桃华, 张海鹏. 5个杂交彩色棉产量及主要农艺性状比较研究[J]. 安徽农业大学学报, 2006, 33(4): 533-536.
ZHOU Tao-hua, Zhang Hai-peng. Comparative study on yield and main agri-characters of five hybrid colored cotton varieties [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2006, 33(4): 533-536.
- [14] MEREDITH, W R Jr, Brown J S. Heterosis and combining ability of cottons originated from different regions of the U.S [J]. Journal of Cotton Science, 1998, 2(2): 77-84.
- [15] YUAN You-Lu, Zhang Tian-Zhen, Guo Wang-zhen, et al. Diallel analysis of superior fiber quality properties in selected upland cottons[J]. Acta Genetica Sinica, 2005, 32(1): 79-85.
- [16] 周宝良, 朱协飞, 郭旺珍, 等. 棉花高品质种质系杂交后代纤维品质性状间的偏相关分析[J]. 棉花学报, 2006, 18(6): 352-356.
ZHOU Bao-liang, Zhu Xie-fei, Guo Wang-zhen, et al. Partial correlation analysis for fiber traits of offspring from hybrid between upland cotton sumian 12 and J381, J415 with high quality introgressed from *G.anomalum* L. [J]. Cotton Science, 2006, 18(6): 352-356.
- [17] 石玉真, 张保才, 李俊文, 等. 棉花纤维品质性状主要由母体植株基因型决定[J]. 遗传, 2008, 30(11): 1466-1476.
SHI Yu-zhen, Zhang Bao-cai, Li Jun-wen, et al. Cotton fiber quality traits were controlled mainly by maternal plant genotype [J]. Hereditas, 2008, 30(11): 1466-1476.
- [18] 唐文武, 肖文俊, 黄英金, 等. 优异纤维品质陆地棉和转基因抗虫棉的杂种优势和亲子相关性[J]. 棉花学报, 2006, 18(2): 74-78.
TANG Wen-wu, Xiao Wen-jun, Huang Ying-jin, et al. Study on heterosis and parent-offspring correlation between supper fibre varieties and insect-resistant transgenic varieties in upland cotton[J]. Cotton Scienc, 2006, 18(2): 74-78.
- [19] 刘芦苇, 祝水金. 转基因抗虫棉产量性状的遗传效应及其杂种优势分析[J]. 棉花学报, 2007, 19(1): 33-37.
LIU Lu-wei, Zhu Shui-jin. Analysis of genetic effects and heterosis for yield and yield traits in transgenic insect resistant cotton(*G.hirsutum* L.)[J]. Cotton Science, 2007, 19(1): 33-37.
- [20] 李红, 李哲, 崔秀珍, 等. 抗虫棉杂交种杂种优势及亲子相关分析[J]. 吉林农业科学, 2008, 33(1): 13-15, 18.
LI Hong, Li Zhe, Cui Xiu-zhen, et al. Analysis of heterosis and parent-offspring correlation of insect-resistant cotton hybrid[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2008, 33(1): 13-15, 18.
- [21] 邢朝柱, 喻树迅, 郭立平, 等. 不同生态环境下陆地棉转基因抗虫杂交棉遗传效应及杂种优势分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(5): 1056-1063.
XING Chao-zhu, Yu Shu-xun, Guo Li-ping, et al. Analysis for genetic effect and heterosis of insect resistant transgenic upland cotton crosses in different ecological environments[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(5): 1056-1063.
- [22] 陈于和, 秦素平, 张志雯. 转 Bt 抗虫棉与常规棉品种间配合力分析及杂种优势研究[J]. 棉花学报, 2009, 21(1): 77-80.
CHEN Yu-he, Qin Su-ping, Zhang Zhi-wen. Genetic analysis of combining ability and heterosis between Bt varieties and non-Bt ones in Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. Cotton Science, 2009, 21(1): 77-80.
- [23] 石玉真, 刘爱英, 李俊文, 等. 陆海种间杂交纤维品质性状的遗传及其 F₁ 群体优势分析[J]. 棉花学报, 2008, 20(1): 56-61.
SHI Yu-zhen, Liu Ai-ying, Li Jun-wen, et al. Heterosis and genetic analysis of fiber quality traits of interspecific hybrid of *G.hirsutum* L. × *G.barbadense* L. [J]. Cotton Science, 2008, 20(1): 56-61. ●