

## 细胞质雄性不育海岛棉与陆地棉三交种的杂种优势表现

张小全, 王学德\*, 蒋培东, 朱伟

(浙江大学农业与生物技术学院农学系, 杭州 310029)

**摘要:**以海岛棉和陆地棉不育系及其恢复系为杂交亲本, 配制了 10 个海岛棉与陆地棉种间三交种(简称海陆三交种)和 4 个单交种。经两年田间试验表明, 海陆三交种相对于海海单交种产量极显著提高, 与海陆单交种无显著差异, 但比陆陆单交种显著减产; 纤维品质接近于海陆单交种, 显著高于陆陆单交种; 制种产量虽然不及陆陆单交种, 但比海海单交种显著增产。选育海陆三交种应注重选择早熟的海岛棉不育系, 高衣分的陆地棉临时保持系, 大铃的陆地棉恢复系, 且叶型和株型相对一致的亲本配制组合。

**关键词:**棉花; 三交种; 种间杂种; 细胞质雄性不育

**中图分类号:** S562.035.1 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-7807(2009)05-0410-05

## Heterosis of Three-way Cross Interspecific Hybrids (*Gossypium hirsutum* × *G. barbadense*) Based on Cytoplasmic Male-sterility System

ZHANG Xiao-quan, WANG Xue-de\*, JIANG Pei-dong, ZHU Wei

(Agronomy Department College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** In order to utilize heterosis of interspecific hybrid cotton between *Gossypium barbadense* and *G. hirsutum* and increase its hybrid seed yield, 10 three-way cross hybrids and 4 single cross hybrids were produced using cytoplasmic male sterile, maintainer and restorer lines in *G. barbadense* and *G. hirsutum*, and were evaluated in a Randomized Complete Block Design with three replications during 2005—2006 at Zhejiang University Farm. The results showed that the cotton yield of three-way cross hybrids was very significant higher than that of single cross hybrids in *G. barbadense*, and similar with single cross hybrids between *G. barbadense* and *G. hirsutum*, but lower than single cross hybrids in *G. hirsutum*. For the cotton fiber quality, three-way cross hybrids were not only better than single cross hybrids in *G. hirsutum* but also had a same level to single cross hybrids between *G. barbadense* and *G. hirsutum*. Especially, three-way crossing was able to produce higher hybrid seed yield than single crossing in *G. barbadense* although was not in *G. hirsutum*. It is suggested that early mature sterile lines in *G. barbadense*, high lint percentage and boll weight maintainer and restorer lines in *G. hirsutum*, and with relative uniformity in plant shape using as parents might be considered in the breeding program of three way cross hybrid.

**Key words:** cotton; three-way cross; interspecific hybrid; cytoplasmic male sterility

三交种不但能提高杂交种的制种产量, 而且与单交种相比, 还能很好地将抗病、高产和优质等优良性状聚合到一起<sup>[1]</sup>。在玉米<sup>[2]</sup>、水稻<sup>[3]</sup>、高

粱<sup>[4]</sup>、棉花<sup>[5]</sup>、小麦<sup>[6]</sup>和油菜<sup>[7]</sup>等作物中, 都曾经用配制三交种的方法来利用杂种优势。棉花上, 安徽省农业科学院棉花研究所选育的优质高产抗

病棉花三交种皖杂 3 通过了审定,正在加以利用<sup>[8]</sup>。作者在海岛棉与陆地棉种间杂种优势利用研究过程中观察到:海岛棉不育系用陆地棉保持后获得的不育系在制种产量上明显高于用海岛棉保持后获得的不育系;海陆或陆海杂种,与陆陆杂种比较,虽然纤维品质优势明显,但因铃重和衣分较低,产量优势不显著。于是设想用陆地棉作为临时保持系或恢复系配制三交种,通过增加陆地棉基因组比重来提高种间杂种的铃重和衣分,在不降低海陆杂种纤维品质的情况下,提高海陆杂种的产量。配制了[(陆地棉不育系×海岛棉保持系)×陆地棉恢复系]和[陆地棉不育系×(陆地棉

恢复系×海岛棉恢复系)]两种类型的三交种组合,进行了田间试验,以检验海陆种间三交种利用的可行性。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

2004 年夏季和冬季分别在杭州和三亚,选用 1 个海岛棉不育系海 A,2 个陆地棉不育系抗 A 和鸡 A,1 个陆地棉保持系抗 B,1 个海岛棉保持系海 B,1 个海岛棉恢复系海 R,以及 2 个陆地棉恢复系陆 R 和鸡 R,根据不同应用目的配制各类杂交组合(表 1)。

表 1 棉花材料组合

Table 1 Cotton materials and combinations

材料	组合类型	基因组比例		应用目的
		占陆地棉	占海岛棉	
(鸡 A×海 B)×鸡 R	三交种	3/4	1/4	杂种优势测验
(鸡 A×海 B)×陆 R				
(抗 A×海 B)×鸡 R				
(陆 A×海 B)×陆 R				
鸡 A×(海 R1×陆 R)				
鸡 A×(鸡 R×海 R1)				
鸡 A×(陆 R×海 R1)				
抗 A×(海 R×陆 R)				
抗 A×(鸡 R×海 R1)				
抗 A×(陆 R×海 R1)				
鲁棉研 15(CK1)	单交种	1	0	商品杂交棉对照
陆 A×陆 R(CK2)		1	0	陆陆杂种对照
海 A×陆 R(CK3)		1/2	1/2	海陆杂种对照
海 A×海 R1(CK4)		0	1	海海杂种对照
海 A×海 B	不育系	0	1	制种产量比较
海 A×抗 B		1/2	1/2	
抗 A×抗 B		1	0	

### 1.2 方法

2005—2006 年,在浙江大学华家池农场,将 10 个三交和 4 个单交种进行 3 次重复的随机区组比较试验。3 个不育系与 1 个陆地棉恢复系的制种试验在具备隔离条件的另一试验地进行,不育系与恢复系按 2:1 隔行种植,自然媒介授粉。两年均在 4 月 15 日播种,塑料棚内营养钵育苗,5 月 7—9 日移栽,双行区,行长 5 m,行距 0.6 m,株距 0.5 m,常规田间管理。在棉花吐絮初期,每小区随机选取 10 株调查单株果枝数、单株铃数等性状;吐絮期分次收获子棉,合并后计产;取中部铃 50 个,用于测铃重和衣分等性状。纤维品质由农业部棉花品质监督检验测试中心测定。

综合两年数据进行方差分析,多重比较采用 LSD(least significant differences)方法<sup>[9]</sup>。对照优势(useful heterosis, CK%)的计算公式为:

$CK\% = 100 \times (F_1 - CK) / CK$ ,其中  $F_1$  是杂种的表型值,CK 是对照材料的表型值。杂种优势和制种效果的比较,其差异显著性采用 t 测验<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 海陆三交种的表现

从表 2 可看出,在各类组合中,陆陆单交种(CK1 和 CK2)子棉产量最高,三交种和海陆单交种次之,海海单交种(CK4)最低,纤维品质则正好与之相反。显然,杂种产量是随着陆地棉基因组比重的增加而增加,而纤维品质是随着海岛棉基因组比重的增加而改良。这表明通过调控陆地棉基因组与海岛棉基因组间在杂种中的比重,可有效调节陆地棉的高产和海岛棉的品质性状在三交种中的表现。表 2 中 10 个三交种均含有 3/4 的陆地棉基因组和 1/4 的海岛棉基因组,与海陆单

交种或海海单交种比较,所占的陆地棉基因组比重增大,使产量性状较好,同时也保持一定程度的海岛棉纤维品质特性。

从表 2 还可看出,10 个三交种的子棉产量变幅较大,其中有 4 个组合的子棉产量与陆陆单交种的两对照(CK1 和 CK2)没有显著差异,但纤维品质均较好。从总体看,三交种产量不及陆陆单交种主要是衣分和铃重偏低所致,而且不孕子率也明显偏高;其它农艺性状三交种表现型一般处在陆陆单交种与海陆单交种或与海海单交种之间,表现为植株高大,果枝数和铃数增多。

另外,值得重视的问题是三交种群体性状分离较明显,考察“(抗 A×海 B)×鸡 R”和“鲁棉研 15”的铃重、铃数、株高、果枝数和果节数的变异系数发现,前者 5 个性状的变异系数分别为 11.86%、10.21%、6.09%、15.19%和 24.08%,远高于后者的 4.33%、8.41%、5.90%、3.72%和 5.46%。群体性状分离也可能是导致三交种产量偏低的因素之一。

## 2.2 海陆三交种的对照优势

三交种相对 4 个单交种(CK1 至 CK4)在各个性状上的对照优势列于表 3。10 个三交种产量平均优势超海海单交种(CK4)最大,超海陆单交种(CK3)优势次之,超陆地单交种(CK1 和 CK2)优势最小,且多为负值。其中,超海海单交种的子棉产量的平均优势为 44.39%,变幅为 12.30%~84.07%,优势主要表现为铃重和衣分的提高,以及

不孕子率的降低。虽然三交种与海陆单交种的产量相比优势不显著,但在 10 个三交种组合中也存在 4 个组合有明显的优势,最好组合的子棉和皮棉产量优势可达 18.46%和 23.94%。三交种纤维品质超陆陆单交种的优势最为明显,超“鲁棉研 15”的纤维长度、比强度和麦克隆值的平均优势分别为 5.68%、13.76%和-2.95%,尤其纤维比强度最大优势可达 34.85%。但相对海海单交种和海陆单交种,三交种纤维长度和比强度均为负优势,只有麦克隆值为正优势。三交种主要农艺性状相对于陆陆单交种,在株高、果枝数、果节数和铃数等性状上的优势达极显著;相对海海和海陆单交种,在铃重、衣分和不孕子率上有显著的优势。

## 2.3 海陆三交种的制种产量

表 4 列出了三种类型的不育系,一是海岛棉不育系用陆地棉保持后获得的不育系(海 A×抗 B),二是海岛棉不育系用海岛棉保持后获得的不育系(海 A×海 B),三是陆地棉不育系用陆地棉保持后的不育系(抗 A×抗 B)。它们在遗传组成上是有很大差异的,前者是种间杂合类型的不育系,后两者是种内纯合类型的不育系。从表 4 可看出,当三种类型不育系分别与一种陆地棉恢复系制种,且不育系与恢复系按 2:1 比例隔行种植和自然传粉时,(海 A×抗 B)不育系子棉产量和皮棉产量,虽然比(抗 A×抗 B)不育系要低,但比(海 A×海 B)不育系要显著提高。

表 2 海陆三交种的表现

Table 2 The performance of agronomic traits for three-way cross interspecific hybrids cotton

组合	株高 /cm	株果枝 数/个	不孕子 率/%	株铃 数/个	铃重 /g	衣分 /%	子棉产量 /(kg·hm <sup>2</sup> )	纤维长度 /mm	纤维比强度 /(cN·tex <sup>-1</sup> )	麦克 隆值
(鸡 A×海 B)×鸡 R	107.5	19.0	17.56	20.5	4.52	38.47	1845.68	29.09	33.13	5.03
(鸡 A×海 B)×陆 R	120.0	20.5	15.68	14.5	4.17	39.92	1458.28	30.90	33.93	4.24
(抗 A×海 B)×鸡 R	103.0	15.0	15.01	17.0	4.83	38.64	2260.08	29.28	27.05	4.84
(陆 A×海 B)×陆 R	114.0	19.0	20.31	15.0	3.97	38.68	1993.13	30.79	37.34	4.40
鸡 A×(海 R1×陆 R)	140.0	22.5	21.87	20.5	3.89	41.03	1959.23	30.05	29.40	5.14
鸡 A×(鸡 R×海 R1)	112.5	16.5	19.23	11.5	3.59	37.53	1663.05	29.87	27.15	5.08
鸡 A×(陆 R×海 R1)	117.5	17.5	21.69	11.5	3.87	39.87	1378.85	28.83	33.84	5.05
抗 A×(海 R×陆 R)	145.0	21.0	20.66	17.0	3.77	40.72	1597.65	30.18	29.97	4.97
抗 A×(鸡 R×海 R1)	118.5	18.5	18.65	11.5	4.02	35.97	1998.90	29.21	32.67	5.22
抗 A×(陆 R×海 R1)	114.0	18.5	25.44	12.0	3.85	40.15	1574.28	31.18	30.53	5.04
平均	119.2	18.8	19.61	15.1	4.05	39.10	1772.91	29.94	31.50	4.90
鲁棉研 15(CK1)	98.5	13.5	9.87	14.0	5.02	44.19	2373.05	28.33	27.69	5.05
抗 A×陆 R(CK2)	91.5	15.0	11.07	13.4	4.71	44.64	2145.18	29.62	29.69	4.54
海 A×鸡 R(CK3)	124.3	20.6	21.50	24.2	3.51	36.95	1907.93	32.00	36.21	4.25
海 A×海 R1(CK4)	126.5	22.7	21.50	28.3	2.74	35.52	1227.83	33.85	37.31	4.79
CV/%	3.7	9.4	6.64	9.1	3.57	2.29	7.74	1.73	6.57	2.54
LSD <sub>0.01</sub>	13.2	5.3	3.73	4.2	0.46	2.85	445.43	1.60	6.33	0.38
LSD <sub>0.05</sub>	9.3	3.7	2.64	3.0	0.33	2.02	315.65	1.13	4.49	0.27

注:CV 为变异系数;LSD<sub>0.01</sub>和 LSD<sub>0.05</sub>为 1%和 5%水平的最小显著差数。

表 3 海陆三交种的对照优势

Table 3 Heterosis over CK of all traits for the three-way cross interspecific hybrid cotton %

	CK1			CK2			CK3			CK4		
	平均值	MIN	MAX	平均值	MIN	MAX	平均值	MIN	MAX	平均值	MIN	MAX
株高	21.02**	4.57	47.21	30.28**	12.57	58.47	-4.10	-17.14	16.65	-5.78	-18.58	14.62
果枝数	39.26**	11.11	66.67	25.33**	0.00	50.00	-8.74*	-27.18	9.22	-17.00**	-33.77	-0.66
不孕子率	98.68**	52.08	121.58	77.14**	35.59	129.81	-8.79	-30.19	18.33	-8.79	-30.19	18.33
铃数	7.86	-17.86	46.43	12.69	-14.18	52.99	-37.60**	-52.48	-15.29	-46.70**	-59.41	-27.64
铃重	-19.36**	-28.49	-3.78	-14.05**	-23.78	2.55	15.38*	2.28	37.61	47.81**	31.02	76.28
衣分	-11.52**	-18.60	-7.15	-12.42**	-19.42	-8.09	5.82*	-2.65	11.04	10.08**	1.27	15.51
子棉产量	-25.29**	-41.90	-4.76	-17.35*	-35.72	5.36	-7.07	-27.73	18.46	44.39**	12.30	84.07
长度	5.68**	1.76	10.06	1.07	-2.67	5.27	-6.44**	-9.91	-2.56	-11.55**	-14.83	-7.89
比强度	13.76*	-2.31	34.85	6.10	-8.89	25.77	-13.01*	-25.30	3.12	-15.57**	-27.50	0.08
麦克隆值	-2.95	-16.04	3.37	7.95*	-6.61	14.98	15.29**	-0.24	22.84	2.29	-11.48	8.98

注:MIN 为最小值;MAX 为最大值;\* 和 \*\* 分别表示 5% 和 1% 水平显著。

表 4 海陆三交种的制种产量

Table 4 Hybrid seed yield produced by three types of sterile lines

不育系	株高 /cm	果枝数 /(个·株 <sup>-1</sup> )	果节数 /(节·株 <sup>-1</sup> )	不孕子 率/%	铃数 /(个·株 <sup>-1</sup> )	铃重 /g	衣分 /%	子棉产量 /(kg·hm <sup>-2</sup> )	皮棉产量 /(kg·hm <sup>-2</sup> )
海 A×抗 B	102.33 b	18.35 b	78.99 b	15.57 b	21.25 b	3.77 b	34.98 b	2142.81 b	769.92 b
海 A×海 B	125.60 a	23.11 a	110.23 a	21.12 a	28.22 a	2.80 c	31.89 b	1225.32 c	438.40 c
抗 A×抗 B	94.82 c	16.85 c	56.11 c	12.15 b	14.20 c	5.30 a	38.01 a	2558.12 a	1048.86 a

注:同一列数据不同字母表示差异达 5% 显著水平。

### 3 讨论

刁光中等<sup>[11]</sup>、曲健木<sup>[12]</sup>、华兴鼎等<sup>[13]</sup>研究表明海陆杂交种在黄河流域和长江流域种植能表现出显著的产量和品质优势。国内外也对海陆杂交种进行过大量的研究<sup>[14-17]</sup>。但海陆杂交种迄今仍未广泛应用,其原因除了制种成本高外,张小全等<sup>[18]</sup>研究认为海陆单交种在我国长江流域种植存在营养生长过旺、不够早熟以及铃重和衣分偏低的缺陷。为此,作者组配海陆三交种,希望通过增加陆地棉基因组比重(占 3/4)促进三交种铃重和衣分的提高,实现高产;利用三交种中的 1/4 海岛棉基因组成份提高纤维品质;利用细胞质雄性不育的“三系法”制种,提高三交种制种产量,降低制种成本。从而选育出产量、品质、制种成本相协调的海陆杂种。本研究表明海陆三交种产量优势虽然不及陆陆单交种,只与海陆单交种接近,但纤维品质优势明显,而且制种产量有所提高。可以认为,在育种实践中,只要通过大量配组合,选育出产量和品质综合优势明显的海陆三交种组合是可能的。

海陆三交种仍存在铃重和衣分偏低以及生育期偏长的缺陷。育种家在选择杂交亲本时,注重选择铃大、衣分高和早熟的亲本<sup>[19]</sup>。例如:选择早熟类型的海岛棉不育系作母本,高衣分的陆地

棉作临时保持系,大铃的陆地棉作恢复系,以提高选育出适应性广、产量和品质优势明显的海陆三交种的可能性。另外,海陆三交种群体性状分离较明显,在育种配组时应选择叶型和株型相对一致的亲本加以克服。

#### 参考文献:

- [1] 袁利群, 杨隆维, 向极钎, 等. 三交育种在三系杂交水稻抗瘟育种中的应用研究[J]. 杂交水稻, 2003, 18(6): 7-9.  
YUAN Li-qun, Yang Long-wei, Xiang Ji-qian, et al. Application of three-way cross hybrid in breeding of blast resistant three-line hybrid rice [J]. Hybrid Rice, 2003, 18(6): 7-9.
- [2] 任 洪, 沈建华. 贵州省玉米三交种的选育与利用[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(5): 100-102.  
REN Hong, Shen Jian-hua. Breeding and utilization of maize tri-crossed hybrid corn in Guizhou [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2005, 33(5): 100-102.
- [3] 余守武, 刘宜柏, 尹建华, 等. 三交水稻的育种研究 II: 三交中晚稻杂种优势的比较研究[J]. 作物学报, 2005, 31(4): 476-480.  
YU Shou-wu, Liu Yi-bo, Yin Jian-hua, et al. Study on breeding of three-way hybrid rice (*Oryza sativa* L.) II. superiority of three-way cross to single cross

- hybrid rice in mid-late season cropping[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(4): 476-480.
- [4] 周文宗. 高粱单交种、三交种和双交种的生产性能、稳产性及产量预测[J]. *国外农学: 杂粮作物*, 1996(1): 56.  
ZHOU Wen-zong. The production, stable and yield forecast of single cross, three crosses and double-cross of Sorghum [J]. *Foreign Agronomy; Grains Crops*, 1996(1): 56.
- [5] 靖深蓉, 邢以华, 占先合, 等. 棉花三交种杂种优势的应用[J]. *中国棉花*, 1987, 14(5): 12-13.  
JING Shen-rong, Xing Yi-hua, Zhan Xian-he, et al. Utilization of heterosis of three-way cross hybrid cotton [J]. *China Cotton*, 1987, 14(5): 12-13.
- [6] 张爱民, 解超杰. 小麦亲本配合力的三交分析[J]. *中国农业大学学报*, 1999, 4(1): 57-63.  
ZHANG Ai-min, Xie Chao-jie. Combining ability analysis of parents in a triallel design in wheat [J]. *Journal of China Agricultural University*, 1999, 4(1): 57-63.
- [7] 李大雄, 饶勇, 肖华贵. 甘蓝型油菜细胞质雄性不育三交种选育研究及配合力分析[J]. *种子*, 2000(4): 37-40.  
LI Da-xiong, Rao Yong, Xiao Hua-gui. Breeding for three-way cross based on cytoplasmic male-sterility system of *Brassica napus* L. and its combining ability analysis [J]. *Seed*, 2000(4): 37-40.
- [8] 路曦结, 产焰坤, 何团结, 等. “皖杂3号”选育及高产栽培技术[J]. *中国棉花*, 2004, 31(10): 24.  
LU Xi-jie, Chan Yan-kun, He Tuan-jie, et al. Breeding of “Wanza 3” and its cultivation [J]. *China Cotton*, 2004, 31(10): 24.
- [9] SAS Institute Inc. SAS user's guide [M]. 8. 01 ed. North Carolina USA; SAS Institute Inc, 1999.
- [10] 马育华. 田间试验和统计方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1985.  
MA Yu-hua. Field experiment and statistical methods [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1985.
- [11] 刁光中, 黄滋康. 陆地棉与海岛棉杂种优势的利用 [J]. *中国农业科学*, 1961(7): 49-50.  
DIAO Guang-zhong, Huang Zi-kang. Utilization of heterosis between *G. hirsutum* and *G. barbadense* [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1961(7): 49-50.
- [12] 曲健木. 棉花种间杂种一代利用的研究 [J]. *河北农业大学学报*, 1962, 1(1): 15-18.  
QU Jian-mu. The study of heterosis utilization in-  
terspecific  $F_1$  in cotton [J]. *Journal of Hebei Agricultural University*, 1962, 1(1): 15-18.
- [13] 华兴霜, 周行, 黄骏麒, 等. 海岛棉与陆地棉杂种一代优势利用的研究 [J]. *作物学报*, 1963, 2(1): 1-24.  
HUA Xing-nai, Zhou Hang, Huang Jun-qi, et al. The use of heterosis in the interspecific  $F_1$  between *G. hirsutum* and *G. barbadense* [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1963, 2(1): 1-24.
- [14] GALANOPOULOU-SENDOUCA S, Roupakias D. Performance of cotton  $F_1$  hybrids and its relation to the mean yield of advanced bulk generations [J]. *European Journal of Agronomy*, 1999(11): 53-62.
- [15] MARANI A. Inheritance of lint quality characteristics in interspecific crosses of cotton [J]. *Crop Science*, 1968, 8: 653-657.
- [16] 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  $F_1$  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 genetic analysis of fiber quality traits of interspecific hybrid of *G. hirsutum* L.  $\times$  *G. barbadense* L. [J]. *Cotton Science*, 2008, 20(1): 56-61.
- [17] 邢朝柱, 靖深蓉, 邢以华. 中国棉花杂种优势利用研究回顾和发展方向 [J]. *棉花学报*, 2007, 19(5): 337-345.  
XING Chao-zhu, Jing Shen-rong, Xing Yi-hua. Review and prospect on cotton heterosis utilization and study in China [J]. *Cotton Science*, 2007, 19(5): 337-345.
- [18] 张小全, 王学德. 细胞质雄性不育陆地棉与海岛棉间杂种优势的初步研究 [J]. *棉花学报*, 2005, 17(2): 79-83.  
ZHANG Xiao-quan, Wang Xue-de. Preliminary study on heterosis of interspecific hybrid cotton (*G. hirsutum*  $\times$  *G. barbadense*) based on cytoplasmic male sterility system [J]. *Cotton Science*, 2005, 17(2): 79-83.
- [19] 朱青竹, 赵国忠, 苏丽君, 等. 棉花杂种优势与亲本表现的关系研究 [J]. *棉花学报*, 2007, 19(4): 312-314.  
ZHU Qing-zhu, Zhao Guo-zhong, Su Li-jun, et al. Studies on relationships of heterosis of  $F_1$  hybrids with parental behaviour in upland cotton [J]. *Cotton Science*, 2007, 19(4): 312-314. ●