

# 高品质陆地棉与转 Bt 基因抗虫棉杂交株型性状的遗传 及与产量性状的关系

汤飞宇,莫旺成,王晓芳,肖文俊

(江西农业大学农学院/作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室,南昌 330045)

**摘要:**采用增广 NC II 设计,以 5 个高品质陆地棉品种(系)为母本,5 个转 Bt 基因抗虫棉品种(系)为父本组配的 25 个杂交组合为材料,研究主要株型性状的遗传效应、杂种优势及与产量性状的相关性。结果表明,株高、始果枝高、果枝数和果节数的平均中亲优势较小,但不同组合间差异较大,均符合加性遗传模型。遗传相关分析表明,株高与株铃数、单株皮棉重呈极显著正相关;果枝数与株铃数呈极显著正相关,与铃重呈极显著负相关;果节数与株铃数、衣分和单株皮棉重呈显著正相关。株型性状与产量性状间的关联性主要是由果节数与株铃数、铃重的相关引起。研究结果为高品质抗虫棉理想株型性状的选育与调控具有一定的指导意义。

**关键词:**高品质陆地棉;转 Bt 基因抗虫棉;株型性状;产量性状;遗传分析

中图分类号:S562.035

文献标志码:A

论文编号:2010-1798

## Genetic Analysis of Plant Type Traits and the Relationships between Plant Type Traits and Yield Traits of hybrids of Bt Transgenic Cotton×High Quality Upland Cotton

Tang Feiyu, Mo Wangcheng, Wang Xiaofang, Xiao Wenjun

(College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University /Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education, Nanchang 330045)

**Abstract:** The objectives of this study were to evaluate the genetic effects and heterosis of plant type characters in hybrids by crossing five *Bacillus thuringiensis* (Bt) transgenic cotton varieties as male parent and five high quality upland cotton varieties as female parent, and analyze the relationships between plant type characters and yield traits. The results showed the mean mid-parent heterosis of plant height, height of the first fruiting branch, fruiting branch number and fruiting node number were fairly low, but had large variations among different cross combinations. The four plant type characters exhibited primarily additive genetic model. The genetic correlation analysis between plant height and bolls per plant, single plant lint yield showed significant positive correlation. Fruit branch number was positively related with bolls per plant, but was negatively correlated with boll weight. There were significant positive relationships between fruit node number and bolls per plant, lint percentage, and single plant lint yield. The relationship between plant type traits and yield traits was mainly due to the correlation between fruit node number and bolls per plant, boll weight.

**Key words:** high quality upland cotton; Bt transgenic cotton; plant type traits; yield traits; genetic analysis

## 0 引言

理想的株型对于提高棉花群体的光合生产力和产量具有重要的意义,了解陆地棉株型性状的遗传特点

则是合理选择和利用株型的基础。张培通等<sup>[1]</sup>报道棉花的株高、果枝长度、果枝夹角和株高/果枝长度比以多基因遗传为主,主基因的遗传率较低。Sekloka 等<sup>[2]</sup>

**基金项目:**江西省农业科技支撑计划项目“棉花优质高产多抗新品种选育与示范”(2009BNA03800);江西省教育厅科学研究项目“高品质陆地棉单铃皮棉产量形成与调控的遗传机理”(GJJ09167)。

**第一作者简介:**汤飞宇,男,1970年出生,副教授,博士,主要从事高品质棉花育种与栽培研究。通信地址:330045江西省南昌市昌北经济技术开发区江西农业大学农学院,Tel:0791-3813185,E-mail:fytangcau@163.com。

收稿日期:2010-06-12,修回日期:2010-07-15。

在两种栽培条件下(早播低密度和晚播高密度)研究了7个农艺性状的遗传率,认为株高、主茎节间距、最长果枝长度遗传率高,叶枝数遗传率中等。株高和果枝始节的遗传主要受加性效应的控制<sup>[3,4]</sup>,株高或受加性效应和上位性效应的共同控制<sup>[5]</sup>。果枝数的基因效应因组合而不同<sup>[5]</sup>。加性效应和上位性互作效应是棉花株型性状的重要遗传基础<sup>[6]</sup>。高品质棉与转Bt基因抗虫棉在营养生长和形态性状方面具有明显不同的表现。相同栽培环境条件下转Bt基因抗虫棉品种(系)与其轮回亲本相比,植株长势往往较弱,营养体小,有前期发育慢、后期易早衰等弱点<sup>[7-9]</sup>,而高品质系普遍具有营养生长势强,株型高大疏朗、叶片和节间距大、果枝长,铃期长、偏晚熟等生长特性和形态特征<sup>[10,11]</sup>。对于两者杂交的后代,由于其遗传成分同时具有优质纤维基因和外源抗虫基因,在生长发育上又有其自身的特点,杂种后代的株型性状的遗传规律及优势表现可能与前人的报道有所不同。此外,棉花的株型性状可通过改变群体的通风透光条件而影响棉花产量的形成,因此有必要分析棉花株型性状与产量及产量性状的相关性。笔者利用增广NC II设计配制高品质棉品种(系)与抗虫棉品种(系)的F<sub>1</sub>代杂交种,研究株高、始果枝高、果枝数和果节数4个株型性状的遗传效应、杂种优势及与产量性状的相关性,旨在为高品质抗虫棉株型育种和栽培提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

2006年选择5份高品质棉品种(系)作母本,分别为‘渝棉1号’、‘金星2号’、2870、AX、A801-5;5份抗虫棉品种(系)作父本,分别为‘新棉33B’、GK22、99B、

9007、Y22。按5×5组配25个杂交组合。

### 1.2 田间试验及统计分析

2007年将25个杂交组合及10个亲本种植于江西农业大学农业科技园。田间试验随机区组设计,重复2次。单行区,行长10 m,行距1.05 m,株距0.40 m。4月18日播种,营养钵育苗,5月7日移栽。试验地肥力中上等,试验期间未进行化控,8月中旬打顶,其他管理同大田。每小区随机选择生长发育正常的棉株10棵,棉花吐絮期(10月上旬)调查株高、始果枝高、果枝数、果节数、株铃数,收中喷花50朵,室内考查单铃重和衣分,按小区实收子棉计产,并折算成单株皮棉重。

中亲优势的计算公式如下:
$$MH = \frac{F_1 - MP}{MP} \times 100\%$$

F<sub>1</sub>为杂交组合性状均值,MP为双亲性状均值。表型相关、遗传相关及环境相关分析按方差—协方差分析法进行<sup>[12]</sup>。遗传模型分析按莫惠栋提出的方法进行<sup>[13]</sup>。株型性状与产量性状的典型相关分析按SAS8.0的CANCORR程序进行<sup>[14]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 亲本株型性状表现

在相同的生长环境及栽培措施条件下,高品质棉在株高、始果枝高、果枝数及果节数上的平均表现均明显强于转Bt基因抗虫棉(表1)。高品质棉株高和始果枝高分别比抗虫棉高19.94%、8.24%,果枝数和果节数分别比抗虫棉多11.35%、40.43%。说明参试的高品质棉品种(系)与抗虫棉品种(系)相比,在形态上具有植株高大、果枝数和果节数多、营养体大、生长势旺的特点。

### 2.2 株型性状的中亲优势

株高、果枝数和果节数中亲优势的平均值分布在

表1 亲本株型性状表现

品种(系)	株高/cm	始果枝高/cm	果枝数	果节数
2870	107.52	20.09	20.13	98.56
渝棉1号	111.63	23.56	18.94	116.32
金星2号	113.25	16.55	20.00	123.19
A801-5	119.27	24.81	19.94	106.94
AX	142.75	19.41	24.50	166.88
平均	118.88	20.88	20.70	122.37
Y22	105.34	19.12	22.44	100.19
9007	98.37	21.32	16.88	97.33
33B	89.66	16.74	18.38	81.06
99B	93.34	15.88	17.32	78.69
GK22	108.88	23.40	17.94	78.38
平均	99.12	19.29	18.59	87.14

表2 株型性状的中亲优势

性状	平均值/%	变幅/%	标准差	变异系数/%	优势组合率/%
株高	0.36	-3.48~3.63	0.37	102.78	68.00
始果枝高	-2.42	-7.40~5.54	0.68	-28.10	24.00
果枝数	0.17	-4.74~5.42	0.58	341.18	40.00
果节数	0.82	-8.83~12.35	1.08	131.71	60.00

0.17%~0.82%之间, 变异系数介于 102.78%~341.18% 之间, 表明 3 个株型性状具有较小的正优势, 但不同组合间差异较大(表 2)。始果枝高具有较小的负优势。株高和果节数的正向优势组合率较高, 分别为 68%, 60%, 果枝数和始果枝高较低, 分别为 40%, 24%, 表明杂种一代在株高和果节数偏向于高值亲本, 在果枝数和始果枝高偏向于低值亲本。

### 2.3 株型性状的遗传模型

$F$  测验表明, 绝大多数  $F$  值达到显著或极显著水平(表 3), 表明 4 个株型性状存在普遍的遗传差异, 可进一步作遗传模型分析, 结果如表 4。在表 4 中, 如果  $H_0: \beta=0$  被否定(线性回归显著), 而  $H_0: \beta=1$  被接受

(与 1 差异不显著), 则推断性状遗传符合加性-显性模型, 这时可进一步测验  $H_0: pq=uv$ , 若  $H_0: pq=uv$  被否定, 可推断母、父本的增减效等位基因频率不同。如果  $H_0: \beta=0$  被接受和(或)  $H_0: \beta=1$  被否定, 表明该性状不符合加性-显性遗传模型, 此时有两种可能: (1) 不存在显性效应; (2) 除加性、显性效应外, 还有上位性效应。由表 4 知, 株高  $H_0: \beta=0$  被接受, 始果枝高、果枝数和果节数  $H_0: \beta=1$  被否定, 表明该 4 个性状不符合加性-显性模型。需进一步测定显性、上位性是否存在, 结果列于表 5。可知 4 个性状的显性、上位性均不显著, 表明 4 个株型性状的遗传符合加性遗传模型。

 表3 株型性状方差分析的  $F$  值

变异来源	株高	始果枝高	果枝数	果节数
基因型	5.789**	4.506**	2.674**	2.803**
亲本	13.211**	6.670**	4.201**	4.342**
母本	14.489**	7.390**	3.585*	4.318**
父本	3.705*	6.554**	3.759*	0.704
母对父	46.126**	4.255*	8.437**	18.992**
杂种	3.205**	3.003**	2.212*	2.333*
由于母	4.119**	2.737*	3.086*	3.837*
由于父	6.464**	6.549**	2.984*	1.585
母×父	2.162*	2.183*	1.800	2.144*
亲本对杂种	1.002	21.111**	0.007	0.229

注: \*, \*\* 分别表示 0.05, 0.01 显著水平, 下同。

表4 株型性状的遗传模型测验

项目	株高	始果枝高	果枝数	果节数
回归系数	0.666	-0.772	-0.373	0.403
标准差	0.354	0.449	0.139	0.217
$t_1(\text{Test } H_0: \beta=0)$	1.830	-1.718	-2.692*	1.857
$t_2(\text{Test } H_0: \beta=1)$	0.920	3.944**	9.906**	2.744*

 表5 测验  $H_0: h=0, H_0: l=0$  的  $F$  值

项目	株高	果枝高	果枝数	果节数
$H_0: h=0$	2.092	1.790	1.854	1.936
$H_0: l=0$	2.873	1.526	1.816	1.498

2.4 株型性状间的相关

4个株型性状间的表型相关系数和遗传相关系数符号方向相同,遗传相关系数略大于表型相关系数,且更能反映性状间的本质联系(表6)。株高与其他3个株型性状呈极显著的遗传正相关,表明增加株高有利于提高始果枝高、果枝数和果节数。株高与果枝数呈极显著的环境正相关,表明有利于株高增加的环境条件也促进了果枝数的增多。始果枝高与果枝数和果节数相关性不显著。果枝数与果节数达极显著的遗传和表型正相关。

表6 株型性状间的相关系数

	性状	始果枝高	果枝数	果节数
株高	$r_p$	0.318	0.724**	0.622**
	$r_g$	0.455**	0.865**	0.831**
	$r_e$	-0.163	0.535**	0.184
始果枝高	$r_p$		0.164	0.039
	$r_g$		0.274	0.057
	$r_e$		-0.095	-0.006
果枝数	$r_p$			0.703**
	$r_g$			0.910**
	$r_e$			0.105

注: $r_p, r_g, r_e$ 分别表示表型相关系数,遗传相关系数,环境相关系数,下同。

2.5 株型性状与产量性状的相关

2.5.1 简单相关 株高与株铃数和单株皮棉重呈极显著的遗传与表型正相关,表明提高株高对增加株铃数和单株皮棉重有利(表7)。果枝数与株铃数呈极显著的遗传与表型正相关,与铃重呈极显著的遗传负相关,说明增加果枝数有助于提高株铃数,但对改善铃重不利。果节数与株铃数、单株皮棉重呈极显著的遗传与表型正相关,表明果节数的增加对提高株铃数和皮棉产量有利。果节数与衣分呈显著的遗传正相关。果节数与铃重的表型、遗传和环境相关系数均为负值,除遗传相关系数未达到显著水平外,其余两者均达到显著或极显著水平,说明果节数对铃重的表型负效应主要是由环境条件引起,改进栽培条件可以削弱果节数对

表7 株型性状与产量性状的相关系数

	性状	株铃数	铃重	衣分	单株皮棉重
株高	$r_p$	0.460**	-0.072	0.071	0.384*
	$r_g$	0.524**	-0.099	0.290	0.512**
	$r_e$	0.402**	-0.006	-0.330	0.040
始果枝高	$r_p$	0.051	0.008	-0.029	0.047
	$r_g$	0.171	0.009	-0.110	-0.208
	$r_e$	-0.251	0.006	0.103	0.129
果枝数	$r_p$	0.520**	-0.327	0.091	0.312
	$r_g$	0.635**	-0.560**	0.326	0.317
	$r_e$	0.319	0.111	-0.178	0.287
果节数	$r_p$	0.565**	-0.385*	0.067	0.399*
	$r_g$	0.715**	-0.328	0.353*	0.609**
	$r_e$	0.292	-0.497**	-0.276	-0.043

铃重的负贡献。

2.5.2 典型相关 从株型性状与产量性状的典型相关系数及显著性检验结果(表8)可知,在4个典型变量中,只有第1个的典型相关系数(0.6532)较大且极显著,后3个(0.3233, 0.0987, 0.0472)较小且不显著,第1个典型相关系数包含的信息占两组性状间总相关信息的85.25%。因此对第1对典型变量的系数进行分析就能基本上反映该两组变量间相关的主要信息。第1对典型变量的构成为: $v_1=0.8017x_1+0.3699x_2-0.0771x_3-0.0830x_4$ ,  $w_1=0.5460y_1-0.6540y_2-0.1180y_3+0.3237y_4$ 。可知  $v_1$  以  $x_1$ (果节数)的负载量较大,  $w_1$  以  $y_1$ (株铃数)、 $y_2$ (铃重)负载量较大,说明株型性状与产量性状的相关主要由果节数与株铃数、铃重的相关引起。与简单相关分析结果基本一致。

3 结论与讨论

株高、果枝数、果节数具有较小的正向中亲优势,始果枝高具有较小的负向中亲优势。说明高品质棉与抗虫棉的杂交种在该4个株型性状上的表现接近两类亲本的平均水平,该4个株型性状能够反映棉花营养生长的强弱。因而可以利用高品质系营养生长旺盛的优势来弥补转Bt基因抗虫棉营养生长不足、营养体偏小的缺点。此外,转Bt基因抗虫棉的上桃快、集中、早

表8 株型性状与产量性状的典型相关系数

典型变量	特征值	贡献率	累积贡献率	典型相关系数	概率值
1	0.7443	0.8525	0.8525	0.6532	0.0002
2	0.1167	0.1337	0.9862	0.3233	0.5449
3	0.0098	0.0113	0.9974	0.0987	0.9417
4	0.0022	0.0026	1.0000	0.0472	0.7046

熟,也有利于改善高品质棉棉铃期长、偏晚熟的缺陷。Meredith 和 Steven<sup>[15]</sup>认为杂交种的选育,亲本之一必须是对种植地的气候生态条件具有良好的适应性,若要求杂交种具有较好的纤维品质,则亲本之一应具有优异的纤维品质。抗虫棉结铃性强、高品质棉具有优质纤维。所以高品质棉与抗虫棉杂交的后代,不仅在营养生长上协调了两者之间的矛盾,而且也是综合利用优质纤维基因和抗虫基因,实现产量和品质同步改良的重要途径<sup>[16]</sup>。

株高、始果枝高、果枝数和果节数均符合加性遗传模型。表明在高品质棉与抗虫棉杂交后代早期系统选择该 4 个株型性状是有效的。与游俊等<sup>[3]</sup>、范术丽等<sup>[4]</sup>报道的株高受加性效应控制的结果一致。也有报道认为株高受加性效应和上位性效应的共同控制<sup>[5]</sup>。果枝数的遗传比较复杂,因组合不同而有不同的基因效应,包括加性、显性、加×加、加×显、显×显等效应<sup>[5]</sup>。随着分子标记技术和分子数量遗传学理论的发展,对株型性状进行 QTL 定位,从而从分子水平上解析株型性状的遗传基础成为可能。Wang 等<sup>[6]</sup>认为株型性状(包括株高、果枝角度、果枝数等)QTL 上位性互作是杂交种湘杂棉 2 号表型具有很强杂种优势的重要原因。本研究中没有检测到 4 个株型性状的上位性效应,可能与试验材料的不同有关。

### 参考文献

- [1] 张培通,朱协飞,郭旺珍,等.泗棉 3 号理想株型的遗传及分子标记研究[J].棉花学报,2006,18(1):13-18.
- [2] Sekloka E, Lancon J, Goze E, et al. Breeding new cotton varieties to fit the diversity of cropping the diversity of cropping conditions in Africa: effect of plant architecture, earliness and effective flowering time on late-planted cotton productivity[J]. *Experimental Agriculture*,2008,44:197-207.
- [3] 游俊,刘金兰,孙济中.陆地棉品种与陆地棉族系种质系间杂种优势及其组成分析[J].作物学报,1998,24(6):834-839.
- [4] 范术丽,喻树迅,原日红,等.短季棉早熟性的遗传效应及其与环境互作研究[J].西北植物学报,2006,26(11):2270-2275.
- [5] 刘海涛,郭香墨,夏敬源.转 Bt 基因抗虫棉与常规陆地棉种内杂种主要性状的基因效应分析[J].棉花学报,2000,12(3):118-121.
- [6] Wang B H, Wu Y T, Huang N T, et al. QTL mapping for plant architecture traits in upland cotton using RILs and SSR markers[J]. *Acta Genetica Sinica*, 2006,33(2):161-170.
- [7] 易永华,邢宏宜,赵俊兴.抗虫基因导入对棉花形态、产量性状及生理特性的影响[J].棉花学报,2009,21(2):159-160.
- [8] 田晓莉,杨培珠,段留生,等.转 Bt 基因抗虫棉源库关系的初步研究[J].棉花学报,1999,11(3):151-156.
- [9] 邢朝柱,靖深蓉,袁有禄,等.转 Bt 基因棉花性状表现·存在问题及对策[J].安徽农业科学,1998,26(3):201-204.
- [10] 张香桂,倪万潮.棉花高品质系主要农艺与经济性状研究简报[J].中国棉花,2006,33(1):11.
- [11] 朱永歌,俞全胜,孙天曙,等.高品质棉渝棉一号生育特性和栽培技术研究[J].中国棉花,2002,29(3):17-19.
- [12] 莫惠栋.农业试验统计(第二版)[M].上海:上海科学技术出版社,1992,381-385.
- [13] 莫惠栋,李志民.增广 NC II 设计和遗传模型测验[J].作物学报,1991,17(1):1-9.
- [14] 高惠璇.实用统计方法与 SAS 系统[M].北京:北京大学出版社,2001,310-330.
- [15] Meredith W R Jr., Steven B J. Heterosis and combining ability of cottons originating from different regions of the United States[J]. *The Journal of Cotton Science*,1998,2:77-84.
- [16] 汤飞宇,程锦,黄文新,等.高品质陆地棉与不同类型品种杂种的遗传及优势分析[J].棉花学报,2008,20(3):170-173.