

# 抗虫杂交棉棉铃性状 与单铃重的关系分析

汤飞宇, 王晓芳, 莫旺成, 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/江西省作物生理生态与遗传育种重点实验室 江西 南昌 330045)

**摘要:** 研究不同铃重类型抗虫杂交棉棉铃性状的差异及与铃重的相关性。以3个高品质陆地棉品种(系)和6个转基因抗虫棉品种(系)为亲本, 配制36个正反交组合。以单铃重为聚类指标, 采用最小离差平方和法和欧氏平方距离将36个杂交组合分为大、中、小铃3种类型。对3种类型的单铃重和11个棉铃性状进行了方差分析和相关分析。结果表明: 单铃重、铃壳重、单铃皮棉重、单铃种子重、单铃种子数、单粒种子重、铃横径和铃纵径表现出显著或极显著差异, 单粒种子纤维重、单铃不孕子数、不孕子率和铃壳率差异不显著; 简单相关分析和偏相关分析表明多数棉铃性状与单铃重的相关性在不同铃重类型间表现基本相同。单铃种子重对单铃重的贡献最大, 依次是单铃皮棉重、单铃种子数。铃壳率、单粒种子重、单粒种子纤维重、铃纵径与单铃重的简单相关和偏相关均未达到显著水平; 大中铃重类型的铃重与铃壳重的简单相关系数达到显著水平。该研究结果对于通过棉铃性状的调控提高单铃重具有一定的指导意义。

**关键词:** 杂交棉; 抗虫; 棉铃性状; 单铃重

中图分类号: S562 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)05-0861-05

## Relationship Analysis of Boll Characters and Boll Weight in Insect-resistance Hybrid Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

TANG Fei-yu, WANG Xiao-fang, MO Wang-cheng, XIAO Wen-jun

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

**Abstract:** To evaluate the relationship between boll characters and boll weight in *Bt* transgenic hybrid cotton (*Gossypium hirsutum* L.), eighteen cotton crosses were made with three high fibre quality varieties (lines) as females and six transgenic insect-resistance varieties (lines) as males. Eighteen corresponding reciprocals were also obtained. They were divided into three types (large, medium, small) based on boll weight by Squared Euclidean distance and Ward's Method. Boll weight and eleven boll characters of the three types were separated using ANOVA procedure and the Duncan's multiple range test. The relationship between boll weight and eleven boll characters was investigated using bivariate and partial correlation analyses. The results showed there was statistically significant difference in boll weight, boll shell weight, lint mass per boll, seed mass per boll, seed number per boll, single seed weight, boll length, boll width, contrary to lint

收稿日期: 2011-06-20 修回日期: 2011-07-27

基金项目: 江西省农业科技支撑计划项目(2009BNA03800)和江西省教育厅科学研究项目(GJJ09167)

作者简介: 汤飞宇(1970—), 男, 副教授, 博士, 主要从事棉花育种栽培研究, E-mail: fytangcau@163.com。

mass per seed ,motes per boll ,ratio of motes per boll to ovules per boll and ratio of boll shell to boll weight for the three types. Little difference was found in the relationship of boll characters with boll weight among the three boll types. Bivariate and partial correlation analyses indicated that seed mass per boll assumed the first role in determining boll weight ,followed by lint mass per boll and seed number per boll in turn. There was no statistically significant difference in the pearson and partial correlation coefficients between ratio of boll shell to boll weight ,single seed weight ,lint mass per seed ,boll length and boll weight. Bivariate correlation analysis showed that boll weight was positively correlated to boll shell weight at 0.05 level for the large and medium boll types.

**Key words:** hybrid cotton ( *Gossypium hirsutum* L. ); insectre-sistance; boll characters; boll weight

棉铃是构成棉花产量的基本单位,提高单铃重有利于棉花增产。单铃重是在棉铃的发育过程中逐步形成的,棉铃性状对其形成具有重要的影响,了解棉铃性状的遗传及与铃重的关系有助于通过棉铃性状的调控提高铃重进而达到棉花高产的目的。关于棉花棉铃性状的遗传及优势研究有不少报道,涉及到陆地棉<sup>[1-3]</sup>、海岛棉<sup>[4-5]</sup>及海陆杂种<sup>[6]</sup>。陆地棉多数棉铃性状的遗传以显性或非加性效应为主<sup>[1-2]</sup>,而海岛棉棉铃性状主要受加性效应的控制<sup>[5]</sup>。陆地棉的铃重具有较强的优势<sup>[7-8]</sup>,因此利用杂种优势培育大铃品种不失为一条有效的途径。特别是对于转基因抗虫棉品种(系)相对于其非转基因的轮回亲本而言,铃重相对较小<sup>[9-11]</sup>。前人以海陆杂种后代,非转基因陆地棉杂交种探讨了铃重与棉铃性状的相关性<sup>[1,12]</sup>。但以抗虫杂交棉为研究对象的报道尚少。由于抗虫基因的导入可能会对杂交种的形态、生理等性状带来一定的影响,且国内杂交棉的面积已占三分之一以上,基本以抗虫杂交棉取代了非抗虫杂交种<sup>[13-14]</sup>。因此,有必要进一步探讨抗虫杂交棉铃重与棉铃性状的关系。本研究以3个高品质陆地棉(非转基因)品种(系)和6个转Bt基因陆地棉品种(系)为亲本,通过不完全双列杂交配制36个正反交杂种,通过聚类分析将36个抗虫杂交棉组合依铃重大小分为大桃、中桃和小桃三大类,比较分析不同铃重类型棉铃性状的特点与差异,进而分析棉铃性状与单铃重的相关性。以期通过对棉铃性状的选择和调节控制来提高铃重提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

2008年选择9个棉铃性状具有较大差异的陆地棉品种(系)为亲本,分别是早海百(1)、红鹤1号(2)、A9-1(3)、33B(4)、鲁40534(5)、中棉44(6)、King4(7)、A802(8)、Y23(9)。其中早海百和A9-1系自育的具有海岛棉血缘的高品质棉品系,红鹤1号系自育的适纺高支纱陆地棉品种。4号至9号亲本系抗虫棉品种(系)。以高品质棉为母本,抗虫棉为父本,配制18个正交组合,反之获得18个反交组合。

### 1.2 大田试验设计与性状考察

2009年将36个组合种植于江西农业大学农业科技园,采用随机区组设计,两次重复,单行区,行长10m,行距1.05m,株距0.45m。采用营养钵育苗移栽,4月16号播种,5月18号移栽。土壤肥力中等偏上,其它管理同大田。

每小区从棉株中部选择铃龄40日左右尚未吐絮且生长发育一致的棉铃20个,用游标卡尺测量其纵径和横径,纵径系从铃尖至铃基部之间的距离,横径系棉铃的最大直径。吐絮后将该20个棉铃取回自然晒干,进行室内考种,考查以下9个棉铃性状,分别为单铃壳重、铃壳率、单铃皮棉重、单铃种子重、单铃实粒种子数(简称单铃种子数,下同)、单粒种子重、单粒种子着生纤维重(简称单粒种子纤维重)、单铃不孕子数、不孕子率。铃壳率和不孕子率的计算公式分别为:

$$\text{铃壳率}/\% = \frac{\text{单铃壳重}}{\text{单铃壳重} + \text{单铃重}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{不孕子率}/\% = \frac{\text{不孕子数}}{\text{不孕子数} + \text{种子实粒数}} \times 100 \quad (2)$$

### 1.3 统计分析

每个性状统计出两次重复的平均值。以单铃重为指标,利用系统聚类的最小离差平方和法(Ward

法) 和欧氏平方距离将 36 个组合分为大、中、小桃三大类, 进而利用单因素方差分析判断 3 类棉铃的各棉铃性状是否存在显著差异, 并运用新复极差法 (SSR 法) 进行多重比较, 最后对单铃重与 11 个棉铃性状进行简单相关和偏相关分析。所有数据处理均通过 Excel 和 SPSS10.0 统计软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 聚类分析

以单铃重为指标, 利用系统聚类的离差平方和法和欧氏平方距离将 36 个组合分为大、中、小铃三大类 (图 1), 其中大铃类型包括 11 个组合, 分别是 1×8、2×5、2×8、2×7、5×1、7×2、7×3、8×3、8×2、3×8、3×7, 平均铃重为 5.87 g; 中铃类型包括 21 个组合, 分别是 1×4、1×5、1×6、1×7、1×9、2×4、2×9、6×1、6×3、5×2、5×3、4×2、4×1、8×1、9×3、7×1、9×1、3×4、3×9、3×5、9×2, 平均铃重为 5.12 g; 小铃类型包括 4 个组合, 分别是 2×6、6×2、4×3、3×6, 平均铃重为 4.23 g。

### 2.2 方差分析

利用单因素方差分析对 3 大类型棉桃的各棉铃性状进行差异显著性分析 (表 1)。结果表明, 单铃重 ( $F = 72.067, P < 0.001$ )、单铃壳重 ( $F = 12.658, P < 0.001$ )、单铃皮棉重 ( $F = 51.140, P < 0.001$ )、单铃种子重 ( $F = 55.992, P < 0.001$ )、单铃种子数 ( $F = 25.503, P < 0.001$ )、棉横径 ( $F = 21.236, P < 0.001$ )、棉纵径 ( $F = 12.907, P < 0.001$ ) 具有极显著差异; 单粒种子重 ( $F = 3.315, P = 0.049$ ) 具有显著差异; 单粒种子纤维重 ( $F = 0.331, P = 0.720$ )、单铃不孕子数 ( $F = 2.357, P = 0.110$ )、不孕子率 ( $F = 2.357, P = 0.110$ )、铃壳率 ( $F = 1.018, P = 0.372$ ) 差异不显著。进一步对差异极显著或显著的棉铃性状进行多重比较 (表 1)。结果表明, 随着单铃重的提高, 铃壳重、单铃皮棉重、单铃种子重、单铃种子数、单粒种子重、铃纵径、铃横径均相应增加。

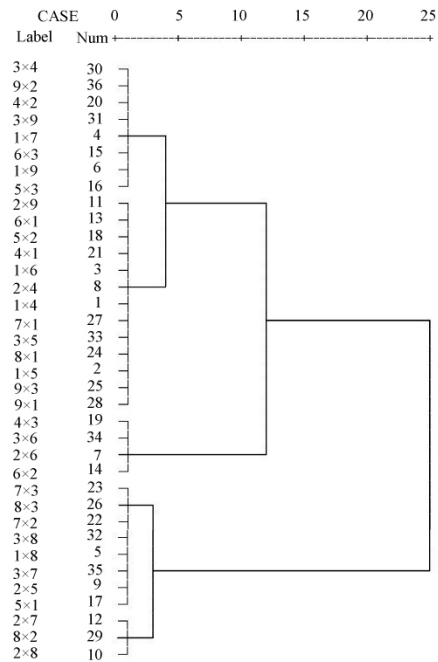


图 1 36 个杂交组合的聚类树状图

Fig. 1 Dendrogram of the 36 upland cotton crosses

表 1 不同铃重类型棉铃性状的表现

Tab. 1 Means of the three boll size types for boll weight, boll shell weight, lint mass per boll and seed mass per boll

类型 Types	小铃 Small	中铃 Medium	大铃 Large
单铃重/g BW	4.23a	5.12b	5.87c
铃壳重/g BSW	1.93a	2.16a	2.51b
单铃皮棉重/g LM/B	1.73a	2.05b	2.31c
单铃种子重/g SM/B	2.51a	3.07b	3.56c
单铃种子数/个 SN/B	22.76a	26.47b	29.57c
单粒种子重/mg SSW	110.09a	116.46ab	120.51b
铃纵径/cm BL	4.46a	4.62a	4.93b
铃横径/cm Bw	3.35a	3.49b	3.69c

同一行具相同字母者示差异不显著。Values at the same line followed by the same letter are not different at  $P < 0.05$ .

BW = boll weight; BSW = boll shell weight; LM/B = lint mass per boll; SM/B = seed mass per boll. SN/B = seed number per boll; SSW = single seed weight; BL = boll length; Bw = boll width.

### 2.3 相关分析

简单相关系数在衡量多个变量中某两个变量之间的线性相关程度与性质时,没有把其它变量对考查的两个变量相关发生的影响排除在外,而偏相关系数描述了在控制其它变量的影响时两个变量的相关关系,因而较为客观准确地判断了变量之间的相关关系和相关程度。由表2可知,对于3种铃重类型的抗虫杂交棉来说,单铃种子重、单铃皮棉重与单铃重的简单相关系数和偏相关系数均达到极显著水平;单铃种子数与单铃重呈正相关,其中简单相关系数达到极显著水平;铃壳重与单铃重呈正相关,铃壳率与单铃重基本上呈负相关;铃壳率、单粒种子重、单粒种子纤维重、铃纵径与单铃重的简单相关和偏相关均未达到显著水平;不同铃重类型均以单铃种子重对铃重的贡献最大,其次是单铃皮棉重和单铃种子数。与大中铃重类型不同,小铃的单铃不孕子数和不孕子率与铃重的简单相关系数均为极显著的负值,在所考查的棉铃性状中对铃重的负向贡献最大。不同铃重类型的铃纵径和铃横径与单铃重的简单相关系数均为正值,其中中铃类型的铃横径与单铃重的简单相关系数达到极显著水平,但偏相关系数较小或为负值,表明铃纵径和横径主要通过其它性状对铃重产生正向效应。

表2 抗虫杂交棉棉铃性状与单铃重的相关系数

Tab.2 Pearson correlation coefficients and partial correlation coefficients between boll weight and eleven boll characters in hybrid cotton

性状 Characters	大铃 Large		中铃 Medium		小铃 Small	
	简单相关数	偏相关系数	简单相关数	偏相关系数	简单相关数	偏相关系数
	PeCC	PaCC	PeCC	PaCC	PeCC	PaCC
铃壳重/g BSW	0.452*	0.493	0.383*	0.246	0.413	0.130
铃壳率/% BS/BW	0.027	-0.471	-0.246	-0.233	-0.392	-0.130
单铃皮棉重/g LM/B	0.863**	0.853**	0.868**	0.750**	0.923**	0.709*
单铃种子重/g SM/B	0.962**	0.950**	0.960**	0.940**	0.939**	0.762**
单铃种子数 SN/B	0.784**	0.416	0.692**	0.111	0.846**	0.385
单粒种子重/g SSW	0.193	-0.310	-0.185	0.009	-0.185	0.400
单粒种子纤维重/mg LM/S	-0.147	-0.100	-0.271	0.069	0.239	-0.076
单铃不孕子数 M/B	-0.227	-0.278	0.282	-0.138	-0.720**	-0.309
不孕子率/% M/O	-0.354	0.272	0.089	0.112	-0.727**	0.351
铃纵径/cm BL	0.361	0.047	0.276	-0.149	0.447	0.095
铃横径/cm Bw	0.234	-0.349	0.468**	0.027	0.445	-0.014

\*\* , \* 分别示 0.01 和 0.05 显著水平。 \*\* , \* Significant at the 0.01 0.05 level respectively.

BS/BW = ratio of boll shell to boll weight; LM/S = lint mass per seed; M/B = motes per boll; M/O = ratio of motes per boll to ovules per boll; PeCC = Pearson correlation coefficient; PaCC = partial correlation coefficient.

## 3 小结与讨论

### 3.1 不同铃重类型棉铃性状的差异

3种铃重类型的棉铃在单铃种子重、单铃皮棉重、单铃种子数、单粒种子重、铃横径和铃纵径上表现出显著或极显著差异,在单粒种子纤维重、单铃不孕子数、不孕子率和铃壳率上差异不显著。表明单铃种子重等前6个性状可能是影响铃重的主要因子。Bednarz等<sup>[15]</sup>比较了3个高产棉花品种棉铃性状的差异,其中单铃皮棉重、单铃种子数、单粒种子重、单粒种子纤维重在不同年份不同品种间均表现出显著或极显著差异。王修山等<sup>[12]</sup>报道不同铃重类型的铃纵径、横径、子指和衣指均存在极显著差异。子指和衣指分别指百粒棉子重和百粒棉子纤维重,因此,本研究结果与前人结果的不同主要在于单粒种子纤维重,可能与试验材料和试验条件的不同有关。此外,多数棉铃性状除存在基因型差异外,也存在显著的环境差异<sup>[15-18]</sup>。

### 3.2 不同铃重类型棉铃性状与单铃重的相关性

简单相关和偏相关分析均表明单铃种子重对单铃重的贡献最大,依次是单铃皮棉重和单铃种子数,进一步证实了棉铃性状方差分析的结果,而单粒种子重和单粒种子纤维重与单铃重的简单相关和偏相关均未达到显著水平。陈旭升等<sup>[19]</sup>报道在每囊种子数、不孕子率、子指和衣指4个性状中,以子指和衣指对抗虫杂交棉的单铃重贡献较大。子指和衣指分别反映了单粒种子积累营养物质和产出纤维的能力,其对单铃重的影响是单方面的,而单铃种子重和单铃皮棉重对单铃重的影响还包含了单铃种子数的作用,也即体现了单铃种子数与单粒种子重(单铃种子重)、单粒种子纤维重(单铃皮棉重)对单铃重的综合影响,因此与单铃重的关系更密切,作为表征单铃重变化的变量会更合适。本试验结果表明在栽培管理上应该注重加强棉花种子营养的供应,使棉铃分化出较多、较健壮的种子。此外,也应该注意种植密度对棉铃性状的影响,曾报道过随着密度的增加,单铃纤维重,单粒种子重,单铃种子数下降<sup>[16]</sup>。铃壳率、单粒种子重、单粒种子纤维重、铃纵径等4个棉铃性状与单铃重的简单相关系数和偏相关系数均未达到显著水平,表明该4个棉铃性状对铃重的影响相对较弱。不同铃重类型的铃壳重与单铃重的简单相关系数和偏相关系数均为正值,但铃壳率与单铃重呈负相关,表明铃壳与单铃子棉的关系颇为复杂,对于提高铃重而言,既需要铃壳积累一定量的干物质,但铃壳率又不宜过高。3大铃重类型的铃横径和铃纵径与单铃重的简单相关系数均为正值,与王修山等<sup>[12]</sup>报道的铃纵径、铃横径与单铃重呈中度正相关的结果类似。但偏相关系数为负值或极小的正值,表明其它棉铃性状通过铃纵径和横径对铃重产生了较大的影响,而并非两者的直接效应。据报道单铃种子数、铃横径等性状与铃重均存在极显著的显性正相关<sup>[1]</sup>,结合本研究的结果,表明通过选择单铃种子数和铃横径强优势的组合来提高铃重是可行的。通过上述分析还不难发现,不同铃重类型多数棉铃性状与单铃重的相关性基本相同。

#### 参考文献:

- [1]许乃银,邹奎,陈旭升,等. 陆地棉棉铃性状的遗传效应分析[J]. 江苏农业学报, 2005, 21(1): 17-21.
- [2]龚平,曹新川,冀相华,等. 陆地棉铃部性状配合力及遗传分析[J]. 中国棉花, 2005, 32(1): 11-12.
- [3]Ragsdale P I, Smith C W. Germplasm potential for trait improvement in upland cotton: diallel analysis of within - boll seed yield components[J]. Crop Science, 2007, 47(3): 1013-1017.
- [4]曹新川,康志钰,何良荣,等. 海岛棉铃部性状的遗传分析[J]. 西北农业学报, 2006, 15(5): 65-68.
- [5]刘建平,梅拥军,张利莉,等. 零式果枝海岛棉铃部性状和纤维品质的遗传及相关分析[J]. 作物学报, 2005, 31(8): 1069-1073.
- [6]王修山,王宁林,方承云. 陆海杂种棉铃10个性状的遗传及F<sub>1</sub>杂种优势分析[J]. 棉花学报, 1996, 8(3): 141-144.
- [7]汤飞宇,程锦,黄文新,等. 高品质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.
- [8]李俊文,刘爱英,石玉真,等. 转基因抗虫陆地棉与优质品系杂交铃重、衣分的遗传及其F<sub>1</sub>杂种优势分析[J]. 棉花学报, 2010, 22(2): 163-168.
- [9]易永华,邢宏宜,赵俊兴,等. 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.
- [10]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.
- [11]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.
- [12]王修山,彭良福,王辉,等. 棉铃10个性状间的相关性分析[J]. 中国棉花, 1998, 25(8): 9-11.
- [13]张西岭. 我国棉花品种现状及存在问题与对策[J]. 中国棉花, 2010, 37(6): 2-3.
- [14]邢朝柱,靖深蓉,邢以华. 中国棉花杂种优势利用研究回顾和展望[J]. 棉花学报, 2007, 19(5): 337-345.
- [15]Bednarz C W, Nichols R L, Brown S M. Within - boll yield components of high yielding cotton cultivars[J]. Crop Science, 2007, 47(5): 2108-2112.
- [16]Bednarz C W, Nichols R L, Brown S M. Plant density modifications of cotton within - boll yield components[J]. Crop Science, 2006, 46(5): 2076-2080.
- [17]Yulsel B, Mustafa O. Genetic variation among cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars for seed - set efficiency[J]. Turkey Journal of Agriculture and Forestry, 2007, 31(2): 229-235.
- [18]赵瑞海,韩春丽,勾玲,等. 不同生态棉区棉花单铃重构成因子的特征[J]. 作物学报, 2009, 35(3): 552-559.
- [19]陈旭升,钱大顺,狄佳春,等. 影响抗虫杂交棉皮棉产量性状分析[J]. 中国棉花, 2000, 27(8): 16-17.