

# 转双抗虫棉纯合系的杂种优势 及其产量性状的配合力

张安红, 吴家和, 罗晓丽, 肖娟丽, 石跃进

(山西省农业科学院棉花研究所, 山西 运城 044000)

**摘要:** 采用 NCII 设计, 利用 4 个生产上推广应用的棉花品种与 9 个转两类抗虫基因(Cry1Ac 和 API) 纯合系进行杂交组配, 对 36 个组合的 F<sub>1</sub> 产量性状的杂种优势和配合力进行分析, 结果表明: 大多数组合的竞争优势明显, 各产量性状均具有竞争优势, 但子指的优势为负值; 皮棉和子棉的产量均具有较大的竞争优势, 两者分别为 17.2% 和 7.9%, 皮棉和子棉产量的竞争优势率分别达到 86.1% 和 80.6%。产量性状的优势大小依次为衣分、铃重和单株铃数, 分别为 4.1%, 2.1% 和 0.7%。对组合的配合力方差进行分析, 结果显示: 9 个转基因抗虫棉纯合系各产量性状的一般配合力差异较大, 4 个母本中的两抗虫棉的皮棉和子棉的产量的一般配合力优于两非抗虫棉。对这些组合特殊配合力进行分析, 发现有 6 个组合具有较高的特殊配合力。因这 9 个纯合系的受体均为冀合 321, 所以这种配合力的差异是由外源基因作用的差异造成。

**关键词:** 棉花; 两类抗虫基因; 杂种优势; 产量性状; 配合力

中图分类号: S562 文献标识码: A 文章编号: 100-7091(2005)05-0021-04

## Heterosis and Yield Traits Combining Ability During Two Types of Insect-resistant Transgenic Cotton (*Gossypium* *hirsutum* L) Homozygous Lines

ZHANG An-hong, WU Jia-he, LUO Xiao-li, XIAO Juan-li, SHI Yue-jin

(Institute of Cotton Research, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuncheng 044000, China)

**Abstract:** Crosses were made by NCII design, using four elite commercial cotton cultivars as female parent and nine transgenic cotton homozygous lines as male parent, to analyze the competitive heterosis and combining ability effect for 36 characters. The results showed that the heterosis for yield and yield traits were obvious in most crosses, yet the seed index had negative heterosis in most F<sub>1</sub> hybrids. For example, the heterosis of lint cotton of 86.1% F<sub>1</sub> hybrids and seed cotton of 80.6% crosses were positive, their average heterosis were 17.2% and 7.9%, respectively. There were positive heterosis in lint percentage, boll weight and bolls per plant in most F<sub>1</sub> hybrids. Average heterosis were 4.1%, 2.1% and 0.7%, respectively. The results of variation analysis of combining ability showed that there are significant difference for general combining ability among nine transgenic cotton lines. In four female, The general combining ability of two transgenic cotton cultivars prior to the two non-transgenic female parent. Six F<sub>1</sub> hybrids taking on elite special combining ability were selected, nine transgenic homozygous lines were derived from the same acceptor Jihe321, the difference of genetic background was excluded, therefore, the difference of their combining ability were come from the foreign genes expression, inserting sites and somatic cell variance.

**Key words:** *Gossypium hirsutum* L; Two types of insect-resistant genes; Heterosis; Yield traits; Combining ability

收稿日期: 2004-08-18

基金项目: 国家科技部转基因专项(JY03-B-06); 山西省青年基金资助项目(20011038, 971035)

作者简介: 张安红(1977-), 男, 山西稷山人, 研究实习员, 主要从事棉花生物技术研究工作。

转基因棉花的应用,极大地丰富了棉花的种质资源,但国内外育成的转基因抗虫棉品种的数量及类型较少,远不能满足现代棉花生产对品种的要求。同时转基因棉花后代多数表现农艺性状差,较难直接应用于生产。用常规优良品种与转基因抗虫棉杂交,既能快速利用转基因棉优良抗虫性状,又能有效提高棉花产量<sup>[1]</sup>。本试验首次采用具有共同遗传背景(转化受体均是冀合 321)的转两类抗虫基因(Bt+API)抗虫棉纯合系与生产上正在应用的棉花品种杂交,分析 F<sub>1</sub> 的杂种优势以及亲本的一般配合力和特殊配合力,同时分析在遗传背景一致的情况下,引入插入点不同的同一外源基因对杂种优势的影响,为选育高产、高抗棉花品种提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

以 4 个生产上推广应用的品种为母本,分别是:抗 99、晋棉 34、石远 321 和中棉 35,均来自于山西省农科院棉花所资源室;以 9 个遗传背景一致的抗虫纯合系为父本,分别是:9802、9803、9804、9805、9812、9806、9817、9807 和 9801,均为本实验室利用农杆菌介导法转化棉花品种冀合 321 获得的转基因棉花纯合系。

### 1.2 田间试验和性状调查

2001 年在山西省农科院棉花所农场进行杂交组配;2002 年在该农场对 36 个组合采用 4 行区,3 次重复,随机区组试验,小区面积 17.5 m<sup>2</sup>。9 月 10 日进行田间调查,每一小区收取正常吐絮铃 20 个,考察农艺性状。

### 1.3 数据处理与统计方法

杂种优势计算公式:

$CH = (F_1 - ck) / ck \times 100\%$ 。方差分析及配合力测定参照刘来福<sup>[2]</sup>的方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 组合的杂种优势及其性状的杂种优势

36 个组合的 F<sub>1</sub> 在皮棉产量、子棉产量、单株铃数、单铃重、衣分上的平均竞争优势呈正方向优势,但子指的优势为负值(表 1);各性状竞争优势的平均值存在着较大的差异,其中以皮棉产量的优势最大,其余依次为子棉产量、衣分、单铃重和结铃数,其中皮棉、子棉产量的平均竞争优势分别为 17.2% 和 7.9%,他们的增产幅度分别为- 5.7% ~ 28.5% 和

- 8.9% ~ 20.2%。利用 9 个背景一致的抗虫纯合系进行杂交组配,使大多数的组合优势率(组合优势率= 具有正向优势的组合数/组合总数 × 100%)分别达到 86.1% 和 80.6%。各产量因素的优势组合率也较大,分别为:衣分 75%,单铃重 69.4% 和结铃数 47.2%。

表 1 F<sub>1</sub> 各个性状竞争优势

Tab. 1 The competitive heterosis for characters of F<sub>1</sub> %

性状 Trait	平均优势 Average heterosis	优势组合率 Percentage of combinations with heterosis	增产幅度 Range of heterosis
皮棉产量 Lint yield	17.2	86.1	- 5.7~ 28.5
子棉产量 Seed-lint yield	7.9	80.6	- 8.9~ 20.2
结铃数 Bolls per plant	0.7	47.2	- 10.6~ 18.2
单铃重 Weight of boll	2.1	69.4	- 10.8~ 12.0
衣分 Percentage of lint	4.1	75.0	- 7.9~ 17.2
子指 Seed index	- 9.1	13.9	- 21.2~ 2.22

### 2.2 组合的产量性状分析

对 36 个组合的 3 次重复随机区组试验结果进行分析,结果显示(表 2):除单株结铃数外,其他的产量性状在不同的组合间差异得到显著和极显著表现,但 9 个抗虫纯合系间的单株结铃数的差异达到显著水平,这表明父本的结铃性差异对组合的结铃性影响是有限的。4 个推广品种在子棉产量、皮棉产量、衣分、铃重和子指等性状上的差异均得到显著和极显著表现,说明我们所选的 4 个母本在各产量性状间的差异较大。但是双亲之间的互作存在着明显的差异,除了单株结铃数的互作不显著外,其他产量性状的互作存在着显著或极显著的差异,也表明我们所引入的 9 个抗虫纯合系大大提高了杂交组合的变异性。

### 2.3 一般配合力分析

9 个抗虫转基因纯合系和受体品种的一般配合力在 6 个主要性状上存在着明显的差异(表 3),这 9 个转基因纯合系的转化受体均来自同一个受体品种冀合 321,并且所转化的外源基因(Cry1Ac 和 API 嵌合基因)也相同。因此,综合表 2 和表 3,表明 9 个转基因纯合系间的一般配合力差异可能是由于外源基因插入拷贝数、位点不同或在组织培养过程中的变异造成的。亲本性状的配合力的高低,可反映该

性状在一系列杂交组合中的平均表现, 一般配合力 就大。  
高, 说明亲本中含有较多优势的基因位点, 加性效应

表 2 性状的基因型和配合力的方差分析

Tab.2 Variance analysis of genotype and combining ability of F<sub>1</sub>

变异来源	子棉产量	皮棉产量	衣分	铃重	单株铃数	子指
Variation	Seed cotton yield	Lint cotton yield	Percentage of lint	Boll weight	Bolls per plant	Seed index
基因型	7.44**	5.40**	9.35**	14.2**	4.86*	7.37**
Gene type						
母本 GCA	2.01	1.17	15.32	19.2	0.29	21.27
Female parent						
父本 GCA	0.82	1.52	3.75	0.92	5.92	4.58
Male parent						
组合 SCA	7.09	4.77	3.28	5.59	0.77	2.53
Crosses						
误差 Error	0.24	0.32	0.20	0.13	1.08	0.24

注: \*, \*\* 表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著 Note: \*, \*\* Statistically significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively

表 3 亲本的一般配合力

Tab.3 The effect of general combining ability of parents

亲本	子棉产量	皮棉产量	衣分	铃重	单株铃数	子指
Parent	Seed cotton yield	Lint cotton yield	Percentage of lint	Boll weight	Bolls per plant	Seed index
9802	0.271	0.177	2.526	- 0.027	2.252	- 0.101
9803	0.039	- 0.006	- 0.161	0.029	1.802	0.028
9804	- 0.060	- 0.048	- 1.299	0.142	- 1.824	0.443
9805	- 0.026	0.021	0.164	- 0.290	1.101	- 0.242
9806	- 0.019	- 0.026	- 0.061	0.215	- 0.386	0.431
9807	- 0.088	0.029	1.526	- 0.127	- 0.436	- 0.500
9812	0.218	0.046	- 0.636	0.048	- 1.974	- 0.262
9817	- 0.253	- 0.114	- 1.474	- 0.108	- 0.874	- 0.101
9801	- 0.081	- 0.077	- 0.586	0.123	0.339	0.305

表 4 产量性状的特殊配合力效应分析

Tab.4 The effect of special combining of F<sub>1</sub> traits

亲本	子棉特殊配合力				皮棉特殊配合力			
	SCA of seed cotton				SCA of lint cotton			
	抗 99	晋棉 34	石远 321	中 35	抗 99	晋棉 34	石远 321	中 35
Parent	Kang99	Jinmian34	Shiyuan321	Zhong35	Kang99	Jinmian34	Shiyuan321	Zhong35
9802	0.28	0.117	- 0.030	- 0.367	0.115	0.034	0.040	- 0.190
9803	- 0.184	- 0.292	- 0.087	0.564	- 0.053	- 0.115	- 0.087	0.255
9804	- 0.211	- 0.046	0.040	0.217	- 0.088	0.013	- 0.033	0.107
9805	0.432	- 0.011	- 0.036	- 0.386	0.203	- 0.058	0.046	- 0.190
9806	- 0.721	0.208	0.224	0.286	- 0.273	0.073	0.120	0.082
9807	0.974	0.181	- 0.388	0.113	0.044	0.024	- 0.060	- 0.008
9812	- 0.238	0.290	0.033	- 0.085	- 0.090	0.073	0.007	0.015
9817	0.143	- 0.628	0.328	0.157	- 0.019	- 0.096	0.040	0.077
9801	0.422	0.181	- 0.085	- 0.518	0.168	0.052	- 0.072	- 0.148

2.4 特殊配合力效应分析

对组合的 6 个主要性状的特殊配合力进行分析, 特殊配合力存在着明显的差异。其中子棉和皮棉的产量性状的特殊配合力列于表 4。对于相同的母本, 9 个转基因纯合系的特殊配合力也存在着较

大的差异, 有的组合特殊配合力较大, 有的则呈现负值。特殊配合力的大小是受双亲之间互作决定的, 在 36 个不同的组合间, 互作的效应存在着明显的差异。这也说明我们引入 9 个抗虫纯合系增加了互作基因位点, 为杂交种选育提供了较大的几率。

### 3 讨论

转基因获得的棉花抗虫纯合系在农艺性状变异上大多数表现复杂, 较难直接利用, 然而, 利用这些抗虫纯合系配制杂交种是一种快速利用转基因后代纯合系的有效途径<sup>[3,4]</sup>。现在大面积推广的杂种棉品种, 大部分是利用转基因抗虫棉为亲本, 具有明显的杂种优势。在育种实践中, GCA 是衡量亲本利用价值和筛选强优势杂交组合的综合指标, 选用 GCA 都很高的父母本, 再结合组合的 SCA, 则有可能选出农艺性状优良的杂交组合。

本试验 9 个抗虫纯合系之间的配合力存在着显著的差异, 但它们的遗传前景都是来自于同一转化受体冀合 321, 并且外源基因也均是 Bt 和 API 双价基因, 所以造成这 9 个纯合系配合力的差异可能是由于外源基因的插入位点差异或是体细胞培养过程中的变异造成的。可以看出, 以农杆菌介导法转化棉花所获得的转基因后代变异较为丰富, 和前人的报道是一

致的<sup>[5,6]</sup>, 利用转基因方法不但能够把靶基因转入作物的基因组中, 同时也创造了一些非靶基因的变异, 为作物的种质资源创新创造了新的途径。

#### 参考文献:

- [1] 靖深蓉, 邢朝柱, 袁有禄, 等. 抗虫杂交棉的选育与利用研究[J]. 中国棉花, 1997, 24(7): 15-17.
- [2] 刘来福. 作物数量遗传学[M]. 北京: 农业出版社, 1984.
- [3] 唐灿明, 朱协飞, 张天真. 转 Bt 基因抗虫棉 R19 品系的棉铃虫抗性表现及抗虫性遗传研究[J]. 农业生物学报, 1997, 5(2): 194-200.
- [4] 邢朝柱, 靖深蓉, 袁有禄. 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.
- [5] 李付广, 崔金杰, 刘传亮. 双价基因抗虫棉及其抗虫性研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(3): 1-7.
- [6] 王坤波, 宋国立, 李付广. 转基因棉花早代材料细胞学变异研究[J]. 棉花学报, 2001, 13(2): 70-73.