

转 Bt 基因抗虫棉品种间杂种优势及配合力研究

戴茂华,刘丽英,吴振良

(河北省农林科学院 旱作农业研究所,河北省农作物抗旱研究重点实验室,河北 衡水 053000)

摘要:以 6 个转 Bt 基因陆地棉作为亲本材料,按完全双列杂交(Griffing 4)设计,从 16 个性状指标上对其品种间杂种优势和配合力进行研究。结果表明,杂种 F_1 具有明显的优势,测试的 16 个性状中有 13 个性状具有正向中亲优势,5 个性状具有正向超高优势,14 个性状具有正向竞争优势。通径分析表明:在增产因素中,株高、单铃重和衣分所起的作用大。配合力分析表明:16 个性状的遗传变异主要产生于基因的加性效应,而籽棉产量、皮棉重、果枝数、单铃重、衣分、烂铃率、比强度和纤维长度的非加性效应也很强;冀棉 616(P5)和衡棉 4 号(P1)是优良的高产亲本,冀棉 228(P6)是良好的优质亲本;筛选出 8 个高优势组合,其中 3 个为丰产组合 $P1 \times P2$ 、 $P4 \times P5$ 、 $P1 \times P4$,3 个为优质组合 $P5 \times P6$ 、 $P2 \times P5$ 、 $P3 \times P4$,2 个为高产优质组合 $P2 \times P6$ 、 $P3 \times P5$ 。

关键词:转 Bt 基因抗虫棉;杂种优势;配合力

中图分类号:S562.03 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2013)增刊-0074-05

Study on Heterosis and Combining Ability of Transgenic Bt Cotton

DAI Mao-hua, LIU Li-ying, WU Zhen-liang

(Dryland Farming Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Key Lab of Crop Drought Tolerance Research of Hebei Province, Hengshui 053000, China)

Abstract: Crosses were made by Griffing4 design, using 6 transgenic Bt cotton varieties as parents, to analyze heterosis of F_1 hybrids and the combining ability from 16 traits. F_1 hybrids showed an appreciable heterosis. 13 of 16 characters measured had mid-parent heterosis, 5 showed high-parent heterosis and 14 expressed competitive heterosis. Path analysis indicated that plant height, single boll weight and lint percentage contributed greatly to the increase of output of the yield components. Combining ability analysis showed that the additive effects were predominant in F_1 traits, but non-additive effects of seed cotton yield, lint yield, number of fruit branches, single boll weight, lint percentage, rate of rotten boll, fiber strength and fiber length were also very strong. Jimian 616 and Hengmian 4 were high yield parents and Jimian 228 was a good quality parent with high genetic combining ability. 8 excellent combinations were selected from 15 F_1 hybrids, 3 of which were high yield $P1 \times P2$, $P4 \times P5$, $P1 \times P4$, 3 were good quality $P5 \times P6$, $P2 \times P5$, $P3 \times P4$ and 2 were high yield and good quality $P2 \times P6$, $P3 \times P5$.

Key words: Transgenic Bt cotton; Heterosis; Combining ability

杂种优势是生物界的普遍现象,已在粮食作物、蔬菜等广泛利用。棉花同样具有很强的杂种优势^[1-2],利用棉花杂种优势可有效地提高产量、改进品质和增强抗性^[3-5]。随着转 Bt 基因抗虫棉的问世,国内外许多学者在转 Bt 基因抗虫棉与非抗虫棉种间杂种优势利用方面做了大量工作^[6-8]。研究结果表明:杂种 F_1 具有明显的产量优势^[9-11],但在纤维品质方面表现负向优势^[12-14]。而有关转 Bt 基因抗虫棉种间杂种优势利用的研究少有报道,本研究

以 6 个转 Bt 基因抗虫棉作为亲本材料,从 16 个性状指标上对其品种间杂种优势和配合力进行研究,旨在为抗虫棉的杂种优势利用和新品种的培育提供依据。

1 材料和方法

1.1 亲本材料

6 个转 Bt 抗虫基因抗虫棉品种(系):衡棉 4 号、衡 210、衡 866、衡棉 3 号、冀棉 616 和冀棉 228,

收稿日期:2013-08-30

基金项目:国家科技支撑项目协作子课题(2006BAD01A05-xx03)

作者简介:戴茂华(1979-),男,安徽铜陵人,在读硕士,助理研究员,主要从事棉花遗传育种研究。

通讯作者:吴振良(1966-),男,河北冀州人,研究员,主要从事棉花遗传育种研究。

其代号依次为 P1、P2、P3、P4、P5、P6, 其中衡棉 4 号、衡 210、衡 866、衡棉 3 号为河北省农林科学院旱作农业研究所自育品种(系), 冀棉 616、冀棉 228 是河北省农林科学院棉花研究所培育品种。

1.2 试验方法

试验在河北省农林科学院旱作农业研究所试验站进行。以 6 个转 Bt 基因陆地棉作为亲本材料, 按完全双列杂交(Griffing4)人工去雄方法配成 15 个杂交组合。2010 年田间种植 15 个 F_1 、6 份亲本及 1 个对照种, 以邯杂 306 为对照(CK)。随机区组设计 3 次重复 3 行区, 行长 9 m, 行距 0.67 m, 每行 27 株, 田间管理与大田相同。

本试验分析测试了 6 个亲本材料的 16 个性状: 籽棉产量、皮棉产量、株高、果枝数、单株铃数、单铃重、衣分、籽指、衣指、烂铃率、霜前花率、纤维长度、纤维整齐度、比强度、纤维伸长率、麦克隆值。其中棉纤维品质由农业部棉花品质监督检验测试中心(HVICC)测定完成。

1.3 数据处理和统计方法

1.3.1 杂种优势计算 中亲优势(MPH) = $(F_1 - MP) / MP \times 100$ [其中: $MP = (P_1 + P_2) / 2$]; 高亲优势(HPH) = $(F_1 - HP) / HP \times 100$; 竞争优势(CKH) = $(F_1 - CK) / CK \times 100$, 其中 MP、HP、CK 分别表示双亲的中亲值、高亲值和对照品种邯杂 306 的表现值^[12]。

1.3.2 配合力分析 配合力方差分析和配合力测定参照刘来福^[15]的方法, 采用固定模型进行分析。所有计算过程在 SPSS 和 Microsoft Excel 中进行。

2 结果与分析

2.1 杂种优势分析

2.1.1 中亲优势 杂种 F_1 的 16 个性状中有 13 个性状具有正向中亲优势(表 1)。产量和产量构成因素方面除单株铃数和籽指以外, 其他 9 个性状均表现一定的中亲优势, 其中籽棉产量、皮棉产量、株高、单铃重的中亲优势较大, 分别为 7.39%、10.51%、5.92%、5.13%, 且与其相对应的优势组合率均达到 90% 以上。纤维品质 5 个指标中除纤维伸长率外, 其他 4 个指标均表现一定的正向中亲优势, 平均优势率从 0.22% 到 2.31% 不等。

2.1.2 超高优势 杂种 F_1 的 16 个性状中有 5 个性状具有正向超高优势(表 1)。产量和产量构成因素中皮棉产量、株高的超高优势较大, 分别为 3.44% 和 2.65%, 全距分别为 -12.38% ~ 15.31% 和 -3.72% ~ 9.57%, 优势组合率分别为 60.00% 和 66.67%。单株铃数和籽指具有较高的负向优势, 分别为 -10.05% 和 -5.27%。纤维品质 5 个指标的超高优势均为负值, 其中纤维伸长率具有较高的负向优势为 -9.32%。

表 1 杂种 F_1 的中亲优势、超高优势和竞争优势

Tab.1 High-parent heterosis, mid-parent heterosis and competitive heterosis for 16 traits of F_1

%

性状 Traits	中亲 优势 Mid-parent heterosis	优势组 合率 Superior combination rate	全距 Range	超高 优势 High-parent heterosis	优势组 合率 Superior combination rate	全距 Range	竞争 优势 Competitive heterosis	优势组 合率 Superior combination rate	全距 Range
籽棉产量/(kg/hm ²) Seed cotton yield	7.39	93.33	-4.28 ~ 18.41	0.20	60.00	-10.36 ~ 10.27	3.40	80.00	-8.70 ~ 14.09
皮棉产量/(kg/hm ²) Lint yield	10.51	93.33	-2.50 ~ 20.73	3.44	60.00	-12.38 ~ 15.31	3.55	73.33	-6.82 ~ 18.73
株高/cm Plant height	5.92	100.00	0.53 ~ 15.10	2.65	66.67	-3.72 ~ 9.57	1.97	60.00	-4.02 ~ 12.35
果枝数 Number of fruit branches	1.77	60.00	-3.33 ~ 7.36	0.16	60.00	-4.07 ~ 7.36	4.00	100.00	0.01 ~ 6.06
单株铃数 Boll number per plant	-3.69	33.33	-17.08 ~ 6.95	-10.05	13.33	-26.28 ~ 2.07	4.11	73.33	-10.00 ~ 16.67
单铃重/g Single boll weight	5.13	93.33	-2.41 ~ 7.90	0.73	53.33	-7.06 ~ 6.89	2.31	66.67	-9.79 ~ 12.10
衣分/% Lint percentage	2.79	86.67	-1.39 ~ 7.17	-0.43	33.33	-3.57 ~ 3.41	0.21	53.33	-5.37 ~ 5.92
籽指/g Seed index	-2.41	26.67	-9.88 ~ 3.18	-5.27	13.33	-14.36 ~ 1.90	2.46	60.00	-6.06 ~ 13.64
衣指/g Lint index	2.32	80.00	-2.59 ~ 6.87	-1.71	26.67	-7.20 ~ 6.13	2.73	66.67	-3.93 ~ 9.44
烂铃率/% Rate of rotten boll	8.25	53.33	-66.57 ~ 79.24	-3.15	46.67	-69.15 ~ 71.99	-12.88	40.00	-73.96 ~ 40.78
霜前花率/% Rate of pre frosty seed cotton	0.33	73.33	-0.56 ~ 0.96	-0.28	40.00	-1.36 ~ 0.61	1.83	100.00	0.49 ~ 3.3
纤维长度/mm Fiber length	1.46	80.00	-1.01 ~ 3.98	-0.58	46.67	-4.73 ~ 3.06	2.43	86.67	-2.00 ~ 7.16
纤维整齐度/% Fiber uniformity	0.33	60.00	-0.85 ~ 1.32	-0.03	60.00	-1.40 ~ 0.93	1.84	100.00	0.61 ~ 3.15
比强度/(cN/Tex) Fiber strength	2.31	73.33	-0.89 ~ 7.25	-0.28	46.67	-4.51 ~ 4.76	3.72	86.67	-2.67 ~ 8.58
纤维伸长率/% Fiber elongation rate	-1.55	26.67	-7.87 ~ 6.86	-9.32	6.67	-19.35 ~ 1.13	21.82	100.00	0.67 ~ 40.67
麦克隆值/(ug/in) Micronaire value	0.22	46.67	-2.45 ~ 4.58	-4.19	26.67	-11.93 ~ 2.56	-2.94	20.00	-9.83 ~ -3.23

2.1.3 竞争优势 以邯杂 306 为对照,15 个组合杂种 F_1 的产量和产量构成因素中除烂铃率外,其他 10 个性状均表现一定的正向竞争优势(表 1),平均优势率从 0.21% 到 4.11% 不等,竞争优势明显。纤维品质 5 个指标中除麦克隆值外,其他 4 个指标均表现一定的正向竞争优势,其中以纤维伸长率的竞争优势最大,达到 21.82%,全距为 0.67% ~ 40.67%,优势组合率为 100.00%。

2.2 产量与产量构成因素的通径分析

对籽棉产量与株高、果枝数、单株铃数、单铃重、衣分、籽指、衣指、烂铃率和霜前花率 9 个性状通径分析表明(表 2),决定籽棉产量的主要因素是单铃重和株高,其与籽棉产量的相关系数分别为 0.621

和 0.548,单铃重对籽棉产量的贡献主要是直接作用和通过衣分和衣指的间接作用引起;株高直接作用较小,所起作用主要通过单铃重和衣分间接作用引起。

对皮棉产量与上述 9 个性状的通径分析表明(表 3),决定皮棉产量的主要因素是单铃重、株高和衣分,其与皮棉产量的相关系数分别为 0.459, 0.389 和 0.315,单铃重对皮棉产量的贡献主要是直接作用和通过衣分和衣指的间接作用引起;株高主要是直接作用和通过衣分和单铃重的间接作用引起;衣分直接作用为负值,主要是通过籽指和衣指的间接作用引起。

表 2 籽棉产量与主要性状通径分析

Tab.2 Path analysis of seed cotton yield and major traits

主要性状 Major traits	相关值 Associated value	直接系数 Direct coefficient	间接作用 Indirect effects								
			株高 Plant height	果枝数 Number of fruit branches	单株铃数 Boll number per plant	单铃重 Single boll weight	衣分 Lint percentage	籽指 Seed index	衣指 Lint index	烂铃率 Rate of rotten boll	霜前花率 Rate of pre frosty seed cotton
株高 Plant height	0.548	0.229	-	-0.027	0.057	0.312	1.967	-0.812	-1.253	-0.074	0.150
果枝数 Number of fruit branches	-0.020	0.115	-0.053	-	-0.059	0.008	-1.516	1.099	0.533	0.000	-0.146
单株铃数 Boll number per plant	0.222	0.342	0.038	-0.020	-	-0.251	0.778	0.356	-1.169	-0.004	0.152
单铃重 Single boll weight	0.621	1.005	0.071	0.001	-0.085	-	1.897	-4.684	2.200	-0.051	0.267
衣分 Lint percentage	-0.169	-6.774	-0.067	0.026	-0.039	-0.282	-	4.464	2.927	0.050	-0.474
籽指 Seed index	0.238	-6.550	0.028	-0.019	-0.019	0.719	4.617	-	1.081	-0.057	0.437
衣指 Lint index	0.043	5.127	-0.056	0.012	-0.078	0.431	-3.867	-1.382	-	0.003	-0.148
烂铃率 Rate of rotten boll	0.251	-0.165	0.104	0.000	0.008	0.313	2.049	-2.286	-0.082	-	0.309
霜前花率 Rate of pre frosty seed cotton	-0.350	-0.569	-0.060	0.029	-0.091	-0.471	-5.642	5.035	1.330	0.089	-

表 3 皮棉产量与主要性状通径分析

Tab.3 Path analysis of lint yield and major traits

主要性状 Major traits	相关值 Associated value	直接系数 Direct coefficient	间接作用 Indirect effects								
			株高 Plant height	果枝数 Number of fruit branches	单株铃数 Boll number per plant	单铃重 Single boll weight	衣分 Lint percentage	籽指 Seed index	衣指 Lint index	烂铃率 Rate of rotten boll	霜前花率 Rate of pre frosty seed cotton
株高 Plant height	0.389	0.229	-	-0.027	0.053	0.295	1.781	-0.791	-1.225	-0.074	0.149
果枝数 Number of fruit branches	0.089	0.115	-0.053	-	-0.055	0.007	-1.373	1.072	0.521	0.000	-0.145
单株铃数 Boll number per plant	0.153	0.317	0.038	-0.020	-	-0.237	0.704	0.347	-1.143	-0.004	0.151
单铃重 Single boll weight	0.459	0.951	0.071	0.001	-0.079	-	1.718	-4.568	2.151	-0.051	0.265
衣分 Lint percentage	0.315	-6.135	-0.066	0.026	-0.036	-0.266	-	4.353	2.861	0.050	-0.471
籽指 Seed index	-0.100	-6.388	0.028	-0.019	-0.017	0.680	4.181	-	1.057	-0.057	0.435
衣指 Lint index	0.311	5.012	-0.056	0.012	-0.072	0.408	-3.502	-1.347	-	0.003	-0.147
烂铃率 Rate of rotten boll	0.098	-0.164	0.103	0.000	0.008	0.296	1.856	-2.229	-0.080	-	0.308
霜前花率 Rate of pre frosty seed cotton	0.063	-0.566	-0.060	0.029	-0.085	-0.446	-5.109	4.909	1.300	0.089	-

2.3 配合力分析

2.3.1 配合力方差分析 对按完全双列杂交 (Griffing4) 设计的 15 个组合的 16 个性状的配合力方差分析(表 4),16 个性状的一般配合力(GCA)均

达到极显著水平,其中籽棉产量、皮棉产量、单铃重、衣分、烂铃率和比强度的特殊配合力(SCA)达到极显著水平;果枝数和纤维长度的特殊配合力达到显著水平;而且 16 个性状的一般配合力的均方值都明

显大于特殊配合力的均方值,说明 16 个性状的遗传变异主要产生于基因的加性效应^[16],而籽棉产量、皮棉产量、果枝数、单铃重、衣分、烂铃率、比强度和纤维长度的非加性效应也很强,其他性状非加性作用较小。

2.3.2 亲本的一般配合力效应 各亲本 16 个性状

的一般配合力分析,以主要经济性状产量和品质指标作为评价依据,以冀棉 616(P5) 的 GCA 效应值表现最高,其次是衡棉 4 号(P1) 和冀棉 228(P6) (表 5) 。亲本冀棉 616(P5) 在籽棉产量、皮棉产量、果枝数、单株铃数、单铃重、籽指、衣指等性状上均表现出较大的正值,且在籽棉产量、皮棉产量、单铃重、籽

表 4 16 个性状的亲本配合力方差分析

Tab.4 Analysis of variance of combining ability for 16 traits of parents

变异来源 Sources	籽棉产量 Seed cotton yield	皮棉产量 Lint yield	株高 Plant height	果枝数 Number of fruit branches	单株铃数 Boll number per plant	单铃重 Single boll weight	衣分 Lint percentage	籽指 Seed index	衣指 Lint index	烂铃率 Rate of rotten boll	霜前花率 Rate of prefrosty seed cotton	纤维长度 Fiber length	整齐度 Fiber uniformity	比强度 Fiber strength	伸长率 Fiber elongation rate	麦克隆值 Micronaire value
亲本 GCA	1 183.48 **	153.95 **	37.80 **	0.23 **	5.00 **	0.76 **	8.30 **	1.45 **	0.44 **	2.98 **	2.38 **	2.66 **	0.41 **	3.85 **	1.38 **	0.24 **
组合 SCA	210.59 **	48.45 **	12.49	0.10 *	1.09	0.05 **	0.87 **	0.10	0.04	1.66 **	0.18	0.17 *	0.31	0.44 **	0.06	0.01
误差 Error	68.12	13.78	8.81	0.05	0.97	0.01	0.33	0.06	0.04	0.14	0.30	0.07	0.10	0.13	0.05	0.01

注: ** 和 * 分别表示 0.01 水平和 0.05 水平差异显著性。
Note: ** and * indicate significance at 0.01 and 0.05 level of probability respectively.

表 5 亲本 16 个性状的一般配合力效应值

Tab.5 General combining ability for 16 traits of parents

亲本 Parents	籽棉产量 Seed cotton yield	皮棉产量 Lint yield	株高 Plant height	果枝数 Number of fruit branches	单株铃数 Boll number per plant	单铃重 Single boll weight	衣分 Lint percentage	籽指 Seed index	衣指 Lint index	烂铃率 Rate of rotten boll	霜前花率 Rate of prefrosty seed cotton	纤维长度 Fiber length	整齐度 Fiber uniformity	比强度 Fiber strength	伸长率 Fiber elongation rate	麦克隆值 Micronaire value
P1	3.10	1.64	0.48	0.27	-0.69	-0.01	0.15	-0.33	-0.16	-0.48	0.31	-0.14	-0.21	-0.78	-0.09	-0.10
P2	-16.33	-4.61	-2.68	0.07	-0.83	-0.14	0.75	-0.16	0.13	-0.74	0.66	-0.36	0.20	0.31	0.47	0.03
P3	0.45	3.44	-0.73	-0.05	1.13	-0.36	1.29	-0.54	0.04	-0.30	0.44	-0.11	-0.08	0.54	0.08	0.11
P4	-10.24	-4.21	-0.92	-0.19	-0.44	-0.01	-0.13	0.22	0.10	0.13	-0.22	-0.31	-0.07	-0.73	0.43	-0.05
P5	18.35	6.10	0.01	0.04	0.14	0.57	-0.41	0.63	0.27	0.60	-0.60	-0.24	-0.10	-0.25	-0.58	0.25
P6	4.66	-2.36	3.85	-0.15	0.68	-0.05	-1.66	0.18	-0.38	0.78	-0.59	1.16	0.25	0.91	-0.31	-0.25

表 6 杂种 F₁ 的 16 个性状的特殊配合力效应值

Tab.6 Special combining ability for 16 traits of F₁

组合 Combinations	籽棉产量 Seed cotton yield	皮棉产量 Lint yield	株高 Plant height	果枝数 Number of fruit branches	单株铃数 Boll number per plant	单铃重 Single boll weight	衣分 Lint percentage	籽指 Seed index	衣指 Lint index	烂铃率 Rate of rotten boll	霜前花率 Rate of prefrosty seed cotton	纤维长度 Fiber length	整齐度 Fiber uniformity	比强度 Fiber strength	伸长率 Fiber elongation rate	麦克隆值 Micronaire value
P1 × P2	20.54	9.12	2.17	0.01	-0.14	0.21	0.37	-0.02	0.09	-1.79	0.60	-0.10	-0.30	-0.37	-0.17	0.10
P1 × P3	0.43	-1.04	-0.78	0.00	0.50	0.01	-0.50	-0.14	-0.25	-1.28	-0.34	0.31	0.24	0.37	-0.01	-0.12
P1 × P4	13.52	8.33	3.54	0.01	0.67	0.13	1.19	-0.10	0.31	0.38	0.44	0.18	0.33	-0.13	-0.36	0.05
P1 × P5	4.36	0.02	-2.45	-0.42	-1.04	0.16	-0.63	0.02	-0.17	0.72	-0.54	-0.13	-0.60	-0.61	0.39	-0.06
P1 × P6	7.12	3.48	6.04	0.24	0.95	0.09	0.36	0.00	0.12	1.51	0.06	-0.22	-0.15	0.10	0.24	0.11
P2 × P3	-9.21	-2.79	1.18	0.07	1.24	0.11	0.49	-0.17	0.02	0.37	-0.07	0.30	-0.31	0.41	-0.04	-0.04
P2 × P4	5.25	1.45	1.56	-0.65	-0.33	0.00	-0.29	-0.10	-0.15	-0.63	0.02	-0.46	-0.82	0.01	0.01	0.16
P2 × P5	-0.68	-1.58	-1.36	-0.02	0.69	-0.05	-0.60	0.22	-0.04	-1.16	-0.16	0.39	0.58	1.16	-0.08	-0.08
P2 × P6	16.98	8.49	4.73	-0.23	-1.31	0.21	0.70	-0.36	0.01	0.37	0.33	0.50	0.70	0.37	-0.05	-0.02
P3 × P4	-6.33	0.10	1.28	-0.26	-0.49	0.18	1.15	-0.11	0.29	-0.73	0.51	0.19	0.16	0.68	0.04	0.14
P3 × P5	12.61	7.78	2.35	0.24	-1.47	0.12	0.92	-0.16	0.21	0.71	0.79	0.54	0.56	0.43	-0.35	-0.03
P3 × P6	6.63	5.65	-2.62	0.23	-0.07	-0.28	1.16	-0.65	-0.08	1.29	-0.08	-0.45	-0.66	-0.52	0.34	0.03
P4 × P5	14.97	4.67	0.00	0.25	0.34	0.11	-0.31	0.25	0.06	-0.75	-0.35	0.04	0.48	0.23	-0.13	-0.10
P4 × P6	6.53	3.04	-0.24	-0.16	-0.37	0.16	0.29	-0.07	0.04	0.70	0.18	0.15	0.47	-0.13	-0.07	-0.07
P5 × P6	-19.03	-6.87	3.04	0.20	-1.69	0.21	0.19	0.35	0.24	1.39	-0.01	0.54	0.50	0.89	-0.19	-0.04

指、衣指上其 GCA 效应值最高,冀棉 616 是理想的丰产亲本;衡棉 4 号的 GCA 效应值在籽棉产量、皮棉产量、株高、果枝数、衣分、霜前花率等性状上表现出较大的正值,尤其以株高、果枝数和衣分最为突出。冀棉 616 和衡棉 4 号(P1)的 GCA 效应值在纤维品质 5 个指标上表现一般,冀棉 228(P6)在纤维长度、整齐度、比强度等指标上表现出较大的 GCA 效应值,冀棉 228 是理想的优质亲本。

2.3.3 组合的特殊配合力效应 亲本材料的一般配合力是后代的遗传基础,而特殊配合力是发挥杂种优势、配制强优势组合的关键^[9],有必要对抗虫杂交棉组合 F₁ 的 16 个性状特殊配合力效应进行分析(表 6)。就产量性状而言,SCA 效应值前 5 位的组合依次为 P1 × P2、P2 × P6、P4 × P5、P1 × P4、P3 × P5;在纤维品质方面,SCA 效应值前 5 位的组合依次为 P5 × P6、P3 × P5、P2 × P6、P2 × P5、P3 × P4;2 个组合 P2 × P6、P3 × P5 在产量和品质性状上均表现突出,有效地将高产优质结合在一起。

3 结论

伴随植物转基因技术一步步发展成熟,优秀显性基因的成功发掘导入,加之与杂交育种技术相结合,使得外源优秀显性基因在棉花上的快速利用成为可能^[17-18]。携带外源显性基因的品种(系)间杂种优势凸显,辅之以配合力研究,从而大幅度提高育种效率和加快新品种培育步伐。

在形态性状方面,杂种 F₁ 具有较强的中亲优势、超高优势和竞争优势,表现为茎秆粗壮、株高、果枝数比对照和亲本多^[11],差异达显著水平。

在产量性状和纤维品质方面,杂种 F₁ 的籽棉产量和皮棉产量在中亲优势、超高优势和竞争优势方面均表现出一定的正向优势,具有较强的产量优势。在增产因素中,株高、铃重和衣分所起的作用大。在纤维品质方面,5 个指标表现出一定的正向中亲优势和竞争优势,具有较高的优势组合率,但 5 个指标的超高优势为负值。

配合力效应分析,筛选出 3 个高一般配合力亲本,其中 2 个为丰产亲本冀棉 616(P5)和衡棉 4 号(P1)、1 个优质亲本冀棉 228(P6)。筛选出 8 个高特殊配合力组合,其中 3 个为丰产组合 P1 × P2、P4 × P5、P1 × P4,3 个为优质组合 P5 × P6、P2 × P5、P3 × P4,2 个高产优质组合 P2 × P6、P3 × P5。8 个高特殊配合力优势组合中,有 7 个组合含有高一般配合力亲本,表明选育高配合力的亲本是产生强优势组合的基础。配制抗虫棉杂交组合时,选择一般配

合力高的亲本较为可靠^[19-20]。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 汪若海,李秀兰. 杂交棉的新进展及其深化研究[J]. 中国农业科学, 2000, 33(6): 111-112.
- [3] 陈于和,唐灿明,周兆华,等. 陆地棉显性无腺体品系杂种优势及配合力研究[J]. 棉花学报, 1997, 9(6): 299-303.
- [4] 纪家华,王恩德,李朝辉,等. 陆地棉优异种质间的杂种优势和配合力分析[J]. 棉花学报, 2002, 14(2): 104-107.
- [5] 袁有禄,张天真,郭旺珍,等. 棉花优异纤维品质性状的双列杂交分析[J]. 遗传学报, 2005, 32(1): 79-85.
- [6] Meredith W R J R. Relative performance of F₁ and F₂ hybrids from doubled haploids and their parents varieties in upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. [J]. Crop Sci, 1970, 10(3): 295-298.
- [7] Yuan You-lu, Zhang Tian-zhen, Guo Wang-zheng. Heterosis and gene action of boll-weight and lint percentage in high quality fiber property varieties in upland cotton[J]. Acta Agronomica Sinica, 2002, 28(2): 196-202.
- [8] Rummel D R, Arnold M D, Gannaway J R. Evaluation of Bt cottons resistant to injury from boll-worm: Implication for pest management in the Texas Southern High Plains[J]. South Western Entomologist, 1994, 19(3): 199-207.
- [9] 李红,李哲,崔秀珍,等. 抗虫杂交棉产量性状杂种优势及配合力分析[J]. 河南科技学院学报, 2007, 35(3): 12-14.
- [10] 刘存敬,李延增,李之树,等. 抗棉铃虫棉花杂交种杂种优势利用研究[J]. 华北农学报, 2002, 17(增刊): 115-119.
- [11] 邢朝柱,靖深蓉,郭立平,等. 转 Bt 基因棉杂种优势及性状配合力研究[J]. 棉花学报, 2000, 12(1): 6-11.
- [12] 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和杂种优势研究[J]. 棉花学报, 2009, 21(1): 77-80.
- [13] 张桂寅,刘立峰,马峙英. 转 Bt 基因抗虫棉杂种优势利用研究[J]. 棉花学报, 2001, 13(5): 264-267.
- [14] 李定国,张文英,李中华,等. 15 个杂交棉组合杂种优势研究[J]. 长江大学学报, 2006, 3(2): 105-108.
- [15] 刘来福,毛盛贤,黄远樟. 作物数量遗传学[M]. 北京: 中国农业科学出版社, 1984.
- [16] 秦素平,陈于和,刘世强. 低酚棉品种间杂种优势及配合力研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2000-04, 31(2): 158-161.
- [17] Vaeck M, Reynaerts A, Hofte H et al. Transgenic plants protected from insect attack [J]. Nature, 1987, 328: 33-37.
- [18] Perlak F J, Fuchs R L, Dean D A et al. Modification of the coding sequence enhances plant expression of insect control protein genes [J]. Proc Natl Acad Sci(USA), 1991, 88(8): 3324-3328.
- [19] 潘家驹,张树榛,刘记麟,等. 作物育种学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [20] 韩文珍,郝赤. 浅谈棉铃虫对转 Bt 基因抗虫棉的抗性及其对策[J]. 山西农业科学, 2008, 36(2): 38-39.