

抗虫陆地棉配合力与杂种优势分析

商连光¹ 闫勇^{1,2} 肖荧南² 王玉美³ 华金平^{1*}

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100193; 2. 中国农业大学 曲周实验站, 河北 曲周 057250;
3. 湖北省农业科学院 经济作物研究所, 武汉 430064)

摘要 采用不同来源的常规棉、抗虫棉,按照 4×7 的 NC II 设计组配不完全双列杂交得到 28 个杂交组合,通过 2 年重复试验,分析 F₁、F₂ 产量和纤维品质的杂种优势和配合力。结果表明:产量和品质性状广义遗传力和狭义遗传力大多比较低,但衣分的广义遗传力可达 92.16%;狭义遗传力大于 54.64% 的性状为衣分、衣指、断裂比强度和籽指,部分性状的 F₂ 狭义遗传力高于 F₁ 代。供试组合 F₁ 和 F₂ 的中亲优势和高亲优势主要表现在产量上;所研究的性状中,F₁ 以皮棉产量竞争优势、中亲优势和超亲优势最高,平均值分别为 11.31%、34.17% 和 13.33%;组合 P4/P7(鄂抗棉 12/5H303) 的皮棉产量比竞争对照邯 284 增产 27.4%。F₂ 杂种优势依然部分存在,但大多性状比 F₁ 优势都有衰退。F₁ 籽棉和皮棉产量较优的特殊配合力组合为 P4/P7(鄂抗棉 12/5H303)、F₂ 籽棉和皮棉产量较优的特殊配合力组合为 P4/P10(鄂抗棉 12/5H335)、P1/P11(611/5H336)。产量性状一般配合力好的抗虫棉亲本是 P8(5H309)、P5(5H181);品质性状一般配合力好的亲本是 P1(611)、P2(05-5317) 和 P4(鄂抗棉 12)。优选亲本配组可以指导抗虫杂交棉的选育,获得具竞争优势的抗虫杂交棉品种。

关键词 陆地棉; 抗虫性; 杂种优势; 配合力

中图分类号 S 562 文章编号 1007-4333(2012)04-0001-08 文献标志码 A

Analysis on the heterosis and combining ability of upland cotton with Bt resistance

SHANG Lian-guang¹, YAN Yong^{1,2}, XIAO Ying-nan², WANG Yu-mei³, HUA Jin-ping^{1*}

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. Quzhou Experimental Station, China Agricultural University, Quzhou 057250, China;
3. Institute of Cash Crops, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China)

Abstract Hybrid breeding has great significance in cotton genetic improvement as well as that in other crops. Eleven stocks from areas of Yangtze River and Yellow River, with Bt resistance or not, were divided into two groups of 4 or 7 respectively, and made crosses according to NC II design of the incomplete diallel cross (4 × 7) to analysis the heterosis and combining ability of hybrid of upland cotton based on the evaluation in two years. The results show that both broad sense heritability and narrow sense heritability were relatively low; but the narrow heritability of lint percentage, lint index, fiber strength and seed index was over 54.64%, and the broad heritability of lint percentage was even reached to 92.16%. The narrow heritability of F₂ for some traits was higher than that of F₁. The heterosis was checked in F₁ and F₂ generations. The heterosis of lint yield in F₁ was with an average of 11.31%, 34.17% and 13.33% over competitive control, the mid-parent and high-parent, respectively. The lint yield of a cross of P4/P7 (EZAMIAN 12/5H303) showed 27.4% higher than a local commercial variety Han284. The depression showed in crosses of F₂ generation while the heterosis remained in some crosses in F₂ generation. The cross P4/P7 (EZAMIAN 12/5H303) showed the highest specific combining ability (SCA) of yield in the crosses of F₁ generation, while the crosses

收稿日期: 2012-03-09

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-06-0106); 国家重大专项(2009ZX08013-008B, 2009AA101104)

第一作者: 商连光, 硕士研究生, E-mail: shanglianguang@163.com

通讯作者: 华金平, 教授, 博士生导师, 主要从事棉花遗传育种和功能基因组研究, E-mail: jinpings_hua@cau.edu.cn

P4/P10 (EZAMIAN 12/5H335), P1/P11 (611/5H336) showed the highest SCA in the crosses of F_2 generation. The parent with best general combining ability (GCA) were P8 (5H309) and P5 (5H181) in yield and P1 (611), P2 (05-5317), P4 (EZAMIAN 12). So it is possible to bred commercial hybrid with Bt-resistance of upland cotton by using stocks from different regions.

Key words *Gossypium hirsutum*; Bt resistance; heterosis; combining ability

棉花是重要的经济作物,棉纤维是纺织工业的主要原料。棉花育种目标包括提高品种产量潜力、改良纤维品质和提高稳产性,如抗虫性、耐病性以及耐盐性等。利用棉花杂种优势能够大幅度提高产量、改进纤维品质和增强抗病虫能力^[1]。杂交棉选配周期短,增产效益来自杂种的竞争优势和统一供种带来的增产效应;棉花杂交种大规模应用于生产的关键在能否成功育成高优势的杂交种组合并且经济有效地制种^[2]。评价亲本材料的配合力^[3]以及研究组合杂种优势^[4-5]对杂交棉育种与应用具有重要意义。

抗虫杂交棉因为大幅度提高了成铃率导致丰产性提高,具有显著的增产效应;与常规棉相比,由于其具备一定的抗虫性,故稳产性较好;加之可减少农药用量及减少用药用工的经济效益和环境效益,在生产上广受欢迎。黄河流域棉区中棉所 29、鲁研棉 15 号、欣杂棉 2 号和长江流域湘杂棉系列、鄂杂棉系列、苏杂棉系列杂交种的抗虫杂交棉推广种植,为我国棉花产量提高做出了重要贡献,杂交棉应用面

积达长江流域棉区面积的 90% 以上,黄河流域棉区面积的 1/3。

抗虫杂交棉配组容易、育种进程快。杂种优势的形成是基于亲本的良好表现,因此亲本研究十分重要。本研究选用 11 个陆地棉品种,采用 4×7 的 NC II 设计^[6],组配 28 个抗虫杂交棉组合,通过 2 年重复田间试验,评价 11 份亲本材料的遗传特性、分析 F_1 、 F_2 产量和纤维品质的杂种优势和配合力,筛选杂种优势的最佳组合,以期棉花杂交种亲本选配提供一定的依据。

1 材料与方法

试验选用来自长江流域棉区和黄河流域棉区的 11 个陆地棉材料,包括 3 个常规棉材料和 8 个抗虫棉材料(表 1)。以 P1~P4 作母本、P5~P11(引自国内欣种业,均为抗虫棉)作父本,2006 年夏季按 4×7 的 NC II 设计组配不完全双列杂交,得到 28 个新组合。

表 1 供试材料来源

Table 1 Origin of experimental materials

材料代号	系号	来源	抗虫性	籽棉/kg	皮棉/kg	衣分/%	衣指/g	籽指/g	单铃重/g	纤维长度/mm	整齐度/%	断裂比强度 cN/tex	伸长率/%	马克隆值
P1	S 1212	611,海陆杂种后代 ^[14]	—	2.75	1.00	36.57	5.68	10.52	5.66	30.97	85.32	31.25	6.33	4.54
P2	S 1213	05-5317,330 选系,选自邯 109	+	2.60	0.89	37.85	6.50	11.00	5.16	31.13	84.32	32.02	6.28	4.51
P3	S 1215	F3061	—	2.49	1.05	41.98	7.13	10.21	5.91	31.25	83.48	30.33	6.28	4.02
P4	S 1216	鄂抗棉 12	—	1.64	0.68	41.27	7.17	10.82	5.73	29.35	82.77	29.10	6.33	4.51
P5	S 2900	5H181	+	2.82	1.22	42.88	7.68	11.39	6.01	30.85	85.22	30.90	6.33	4.98
P6	S 2901	5H185	+	3.15	1.26	39.8	7.48	11.67	5.96	29.79	84.97	28.78	6.25	5.72
P7	S 2902	5H303	+	3.37	1.31	38.68	6.65	10.86	6.23	29.78	84.75	29.48	6.30	4.89
P8	S 2903	5H309	+	3.27	1.36	41.28	6.92	10.41	5.58	30.82	84.67	32.90	6.33	4.48
P9	S 2905	5H330	+	3.03	1.19	38.82	6.78	11.09	6.45	29.97	84.28	29.50	6.32	4.41
P10	S 2906	5H335	+	3.05	1.29	42.1	7.32	10.56	6.08	31.23	84.97	31.58	6.35	4.88
P11	S 2907	5H336	+											
CK		邯 284	+	3.68	1.41	38.28	6.75	11.82	5.98	29.85	84.87	30.9	6.32	4.56

田间试验于2007—2008年在中国农业大学曲周实验站进行。2007年试验材料为 F_1 组合、全部亲本和竞争对照。试验采用随机区组设计,双行区,4次重复;行长7 m,宽窄行,平均行距0.65 m、株距0.4 m,小区面积9.1 m²;田间管理采用大田丰产栽培管理。以当地生产上广泛种植的杂交棉邯284为对照。2008年试验设计同2007年,以各组合相应的 F_2 取代 F_1 。

试验分小区收花计产(kg/小区);考查大样衣分,计算小区皮棉产量。田间调查取样,每小区随机选取正常生长植株10株,调查单株结铃数、果枝数等;各小区取中部内围棉铃100个考种,测定单铃重。取混合棉样,送农业部纤维品质检验中心测定绒长(纤维2.5%跨距长度)、整齐度、比强度、伸长率和马克隆值。

杂种优势分别基于双亲平均值(MP)和高亲平均值(HP)计算。以 F_1 和CK分别代表杂种一代和对照性状的平均值,则中亲优势 $= (F_1 - MP) \times 100\% / MP$,超亲优势 $= (F_1 - HP) \times 100\% / HP$,竞争优势 $= (F_1 - CK) \times 100\% / CK$ 。优势衰退 $=$

$(F_1 - F_2) \times 100\% / F_1$ ^[7]。利用Excel 2007和DPS软件进行数据整理和运算。

2 结果与分析

2.1 性状平均表现与配合力方差分析

供试材料及其杂交后代变异丰富。对11个亲本、28个组合以及竞争对照共40份材料 F_1 、 F_2 代各性状进行方差分析,40份材料中除整齐度在 F_2 代无显著差异外,其他9个性状均达到极显著水平,在此基础上可对材料进行配合力分析和杂种优势研究。28个组合在纤维品质的性状中,除整齐度外其他性状在2个世代中大多都达到差异极显著水平;性状在组合间存在遗传差异(表2)。 F_1 和 F_2 除整齐度指数外,其他性状的一般配合力方差和特殊配合力方差均达到了80%以上。母本和父本组合的特殊配合力效应中只有衣分在 F_1 代有极显著差异,其他均不显著。父本间和母本间纤维品质的一般配合力差异除在 F_1 、 F_2 代的整齐度、 F_2 的马克隆值外皆达显著水平,为选择高一般配合力亲本创造了条件。

表2 主要性状表现及其方差分析

Table 2 Statistic analysis and ANOVA of agronomy traits

性状	世代	亲本平均表现	组合平均表现	父本均方	母本均方	40个材料均方	28个组合均方	7个父本GCA均方	4个母本GCA均方	SCA均方	广义遗传力 V_G/V_P	狭义遗传力 V_A/V_P
籽棉产量/kg	F_1	3.10	3.87	0.53*	0.45*	1.09**	0.19	2.20	0.22	2.65	8.12	8.12
	F_2	2.49	2.95	0.43	1.61**	0.80**	0.46*	3.37	4.73**	4.38	20.47	20.47
皮棉产量/kg	F_1	1.27	1.63	0.09*	0.06*	0.22**	0.06*	0.35	0.68**	0.56	21.52	21.52
	F_2	0.96	1.12	0.07	0.20**	0.11**	0.07*	0.60*	0.57**	0.68	21.10	20.35
衣分/%	F_1	41.60	42.10	19.58**	24.47**	15.06**	12.45**	60.58**	259.73**	15.86**	92.16	88.74
	F_2	38.44	38.30	7.04**	30.68**	13.27**	13.97**	77.93**	272.34**	26.98	77.12	75.59
衣指/g	F_1	7.23	7.51	1.41**	2.47**	1.18**	1.02**	5.91**	17.28**	4.23	60.92	59.60
	F_2	6.47	6.68	0.67	1.11	0.98**	1.02**	3.77*	20.20**	3.61	62.54	62.54
籽指/g	F_1	10.94	10.94	0.85**	0.53	0.67**	0.54**	4.88**	6.57**	3.14	63.84	54.64
	F_2	10.87	11.06	0.80	0.27	0.85**	0.86**	12.10**	3.60	7.51	40.72	33.31
纤维长度/mm	F_1	31.22	31.81	1.30**	3.96*	1.83**	1.45**	19.04**	11.93**	8.11	50.82	48.68
	F_2	29.91	30.33	1.25*	1.26	2.11**	2.37**	25.30**	30.64**	7.98	64.20	64.00
整齐度指数/%	F_1	84.67	84.91	0.22	5.04**	1.20**	0.82	2.95	5.35	13.69	17.78	7.29
	F_2	84.31	84.38	0.53	2.52	1.25	1.20	6.31	4.76	21.38	18.69	2.09
断裂比强度/ cN/tex	F_1	30.94	31.06	6.16*	6.54*	4.27**	3.99**	59.04**	30.37**	18.51	58.75	56.04
	F_2	30.24	30.73	6.79	3.58	4.69**	4.64**	65.82**	36.77**	22.62	56.22	53.88
伸长率/%	F_1	6.22	6.23	0.01	0.04*	0.02**	0.02**	0.28**	0.20**	0.15	45.26	43.86
	F_2	6.40	6.40	0.02	0.02	0.02**	0.02**	0.20**	0.17**	0.08	51.45	51.45
马克隆值	F_1	4.63	4.57	0.58**	0.33**	0.31**	0.18**	3.08**	0.71*	1.11	37.69	37.69
	F_2	4.78	4.70	0.59	0.10	0.28**	0.21*	3.20**	0.60	1.76	28.70	28.70

2.2 遗传力估计

不同性状的遗传力有很大的差异(表2)。大多性状广义遗传力大于40%，衣分广义遗传力可达92.16%。只有前4个性状狭义遗传力大于54.64%，依次为衣分、衣指、断裂比强度、籽指。狭义遗传力低的性状受环境影响相对较大，皮棉、籽棉产量、整齐度指数狭义遗传力很低。部分性状狭义遗传力 F_2 高于 F_1 代，因此，在 F_2 中进行选择也是

有效的。

2.3 杂种优势分析

F_1 以皮棉产量竞争优势、中亲优势和超亲优势最高，竞争优势平均为11.31%，中亲优势平均为34.17%(表3)。籽棉产量中亲优势为29.75%、超亲优势为13.09%，组合P4/P7表现突出，皮棉产量比当地对照邯284超出27.4%；另外，衣分、单铃重等在 F_1 也有不同程度的杂种优势表现。

表3 供试组合性状的杂种优势和优势衰退

Table 3 Average heterosis and depression of various traits in upland cotton

性状	世代	竞争优势率			中亲优势率			超亲优势率		
		范围	平均值	衰退	范围	平均值	衰退	范围	平均值	衰退
籽棉产量/ kg	F_1	-3.97~18.11	3.94	5.76	0.29~57.08	29.75	0.25	-4.82~38.47	13.09	0.38
	F_2	-45.03~-4.83	-18.76		-2.02~52.23	22.31		-19.13~43.72	8.12	
皮棉产量/ kg	F_1	-4.63~27.3	11.31	4.26	12.15~58.61	34.17	0.38	-8.45~47.8	13.33	0.46
	F_2	-56.67~-21.54	-36.89		-7.40~50.11	21.20		-24.52~40.76	7.16	
衣分/%	F_1	-0.68~16.82	7.03	0.72	-1.73~5.99	1.62	1.60	-9.07~9.77	-1.32	-1.95
	F_2	-25.40~12.68	1.95		-25.99~3.36	-0.98		-27.85~2.60	-3.90	
单铃重/g	F_1	-11.72~13.86	1.14	3.41	-5.73~17.45	7.88	0.15	-11.86~14.05	2.31	0.00
	F_2	-18.76~12.31	-2.75		-7.74~26.55	6.69		8.36~25.37	2.31	
衣指/g	F_1	-14.69~13.97	-0.37	10.19	-4.31~12.64	4.18	0.03	-8.45~19.25	5.13	1.15
	F_2	-21.09~20.83	3.40		-23.09~17.64	4.06		-25.73~17.02	-0.76	
籽指/g	F_1	-15.86~-3.88	-8.86	0.38	-3.89~4.75	0.48	-3.83	-8.52~2.75	-1.95	0.84
	F_2	-26.93~5.38	-5.50		-23.41~11.56	2.32		-25.0~10.52	-0.32	
纤维长度/ mm	F_1	-0.7~9.52	4.05	0.38	-0.84~6.31	1.55	0.08	-3.54~4.10	0.46	0.37
	F_2	-0.60~4.46	2.52		-3.94~5.06	1.42		-6.12~4.89	0.29	
整齐度指 数/%	F_1	-1.06~1.62	0.37	3.92	-0.98~1.85	0.40	0.53	-1.36~2.12	-0.21	-0.62
	F_2	-2.23~-0.29	-1.08		-1.08~1.56	0.19		-1.92~1.22	-0.34	
断裂比强 度/cN/tex	F_1	-7.72~5.57	-0.14	-10.29	-0.08~2.24	0.08	-20.25	-13.12~2.60	-2.49	0.78
	F_2	-7.22~4.56	-1.58		-2.16~5.98	1.70		-8.13~3.31	-0.54	
伸长率/%	F_1	-2.65~0.01	-0.10	9.30	-2.13~0.02	-0.08	4.50	-3.16~1.61	-0.86	0.26
	F_2	-0.26~2.36	0.83		1.57~1.82	0.28		-2.55~1.55	-0.64	
马克隆值	F_1	-6.86~15.0	3.30	0.78	-6.93~11.38	0.69	1.84	-14.66~9.88	-5.12	0.05
	F_2	-7.13~11.39	0.72		-12.07~6.34	-0.58		-15.29~4.56	-4.87	

F_1 除了单铃重、籽指、伸长率和马克隆值外，其他性状平均值均大于 F_2 ，并且都具有明显的超亲杂种优势。 F_1 产量性状、纤维上半部平均长度、比强度、整齐度和马克隆值的中亲优势、竞争优势和超亲优势均优于 F_2 。

另外，产量和纤维品质性状的 F_2 代中亲优势和超亲优势优势衰退率在-20.25~4.50%之间，平均为0.137%。 F_2 代比 F_1 代性状变化幅度更大； F_1 杂种优势强的性状到 F_2 代衰退明显，以产量性状衰退最大。 F_2 代籽棉产量的中亲优势和超亲优势最

高,中亲优势为 22.31%,皮棉产量次之为 21.2%。 F_2 代单铃重、上半部平均长度、断裂比强度、伸长率、马克隆值等都有正的中亲优势和超亲优势。

2.4 配合力分析

2.4.1 一般配合力分析

一般配合力在同一亲本不同性状间及同一性状

不同亲本间存在明显差异,效应大小各不相同(表 4)。结果显示, F_1 和 F_2 中 P9(5H330)的籽棉产量和皮棉产量的一般配合力最大,母本 P3(F3061)的衣分、衣指和伸长率一般配合力最大。综合来看,产量性状一般配合力好的抗虫棉亲本是 P8(5H309)、P5(5H181);品质性状一般配合力好的亲本是 P1(611),

表 4 亲本各性状的一般配合力

Table 4 GCA of parents in different traits

材料	世代	籽棉产量	皮棉产量	单铃重	衣分	衣指	籽指	纤维长度	整齐度指数	断裂比强度	伸长率	马克隆值
P1	F_1	-0.040	-0.040	-0.305	-1.561	-0.711	-0.128	0.336	0.215	0.630	0.043	0.038
	F_2	0.259	0.072	-0.218	-1.543	-0.721	-0.276	0.489	0.298	0.432	-0.035	0.107
P2	F_1	-0.040	-0.040	-0.020	-1.194	-0.204	0.316	0.194	0.282	0.563	-0.081	0.103
	F_2	0.044	-0.032	-0.146	-1.138	-0.179	0.267	0.221	0.155	0.723	0.059	-0.012
P3	F_1	0.068	0.068	0.214	2.277	0.581	-0.393	-0.165	-0.299	-0.494	0.005	-0.147
	F_2	0.013	0.042	0.165	2.238	0.498	-0.105	0.323	-0.150	-0.144	0.032	-0.183
P4	F_1	0.012	0.012	0.111	0.477	0.334	0.205	-0.364	-0.199	-0.699	0.033	0.006
	F_2	-0.316	-0.082	0.199	0.443	0.402	0.114	-1.033	-0.302	-1.011	-0.057	0.089
P5	F_1	-0.069	0.020	0.094	1.285	0.305	0.302	0.886	0.383	0.727	-0.104	0.059
	F_2	-0.363	-0.123	-0.121	0.426	0.407	0.775	0.574	-0.370	0.090	0.059	0.115
P6	F_1	-0.091	-0.052	0.061	-0.357	0.188	0.338	-0.191	0.142	-0.639	-0.029	0.396
	F_2	0.158	0.075	0.309	-0.265	0.040	-0.217	-0.604	0.321	-0.818	0.009	0.396
P7	F_1	0.142	0.034	-0.014	-0.749	-0.270	-0.059	-0.596	-0.142	-1.014	0.080	0.041
	F_2	-0.039	-0.013	-0.086	-0.640	-0.143	0.067	-0.663	-0.212	-1.176	-0.041	0.086
P8	F_1	-0.116	-0.035	-0.171	0.376	-0.087	-0.324	0.193	-0.200	1.436	-0.037	-0.276
	F_2	0.182	0.129	0.164	0.860	0.174	-0.458	0.551	0.105	1.632	0.075	-0.088
P9	F_1	0.277	0.100	0.509	-0.374	-0.056	-0.062	-0.517	-0.125	-0.889	0.038	-0.045
	F_2	0.079	0.017	0.669	-0.682	-0.160	-0.158	-0.099	-0.329	-0.385	-0.041	-0.269
P10	F_1	-0.026	0.013	-0.346	0.668	0.305	-0.284	0.138	0.000	0.069	-0.004	-0.061
	F_2	0.070	0.030	-0.546	1.251	-0.060	-0.250	0.683	0.196	0.774	-0.002	-0.091
P11	F_1	-0.116	-0.080	-0.131	-0.849	-0.387	0.088	0.086	-0.058	0.311	0.055	-0.114
	F_2	-0.087	-0.116	-0.391	-0.949	-0.260	0.242	-0.442	0.288	-0.118	-0.058	-0.149

P2(05-5317)和 P4(鄂抗棉 12)。

2.4.2 特殊配合力分析

由表 5 可知,供试组合特殊配合力在不同性状上各不相同,籽棉和皮棉产量 F_1 特殊配合力最高的组合为 P4/P7(鄂抗棉 12/5H303); F_2 组合为 P4/P10(鄂抗棉 12/5H335)、P1/P11(611/5H336)。其他性状,特殊配合力高的,衣分为 P1/P10(611/

5H335, F_1 和 F_2 分别为 0.56 和 0.73),P4/P6(鄂抗棉 12/5H185, F_1 和 F_2 分别为 0.68 和 0.23)以及 P1/P5(611/5H181, F_1 和 F_2 分别为 0.38 和 0.59);衣分 F_1 和 F_2 特殊配合力差别大的组合,如 P1/P8(611/5H309, F_1 和 F_2 分别为 0.65 和 -0.17),P4/P9(鄂抗棉 12/5H330, F_1 和 F_2 分别为 -0.37 和 0.48)。

表5 供试组合不同性状的特殊配合力
Table 5 SCA of hybrids in different traits

组合	世代	籽棉产量	皮棉产量	单铃重	衣分	衣指	籽指	上半部平均长度	整齐度指数	断裂比强度	伸长率	马克隆值
P1/P5	F ₁	0.07	0.04	0.14	0.38	-0.16	0.02	-0.48	-0.27	0.02	0.03	-0.11
P1/P5	F ₂	0.18	0.08	0.18	0.59	-0.11	-0.47	-0.33	-0.21	0.01	-0.06	-0.21
P2/P5	F ₁	-0.07	-0.04	-0.24	-0.42	0.54	-0.20	0.53	0.09	0.49	-0.01	-0.12
P2/P5	F ₂	0.04	0.01	-0.29	-0.21	0.15	0.26	-0.61	0.64	-0.55	-0.02	0.22
P3/P5	F ₁	0.09	0.04	0.10	0.17	0.02	0.17	-0.16	0.27	-0.52	0.00	0.17
P3/P5	F ₂	0.05	0.05	0.31	-0.15	0.20	0.10	0.72	-0.06	0.69	0.04	-0.04
P4/P5	F ₁	-0.09	-0.04	0.00	-0.13	-0.40	0.01	0.11	-0.09	0.02	-0.03	0.06
P4/P5	F ₂	-0.28	-0.14	-0.20	-0.23	-0.24	0.11	0.22	-0.37	-0.15	0.03	0.04
P1/P6	F ₁	0.15	0.04	-0.02	-0.51	-0.04	-0.02	-0.22	-0.17	-0.98	0.06	0.08
P1/P6	F ₂	-0.03	-0.05	-0.21	-0.75	-0.15	0.59	0.58	0.64	0.62	0.03	-0.18
P2/P6	F ₁	-0.07	-0.03	0.20	-0.05	-0.11	-0.23	0.09	0.20	0.22	-0.02	-0.07
P2/P6	F ₂	0.05	0.06	0.04	0.11	0.11	0.08	-0.07	-0.32	-0.71	-0.03	0.20
P3/P6	F ₁	0.08	0.03	-0.14	-0.12	0.17	0.16	0.14	0.58	0.28	-0.04	0.13
P3/P6	F ₂	0.23	0.10	-0.08	0.40	-0.23	-0.38	-0.24	-0.28	0.46	-0.01	-0.01
P4/P6	F ₁	-0.17	-0.04	-0.04	0.68	-0.02	0.10	-0.01	-0.62	0.48	0.00	-0.14
P4/P6	F ₂	-0.25	-0.10	0.25	0.23	0.26	-0.30	-0.27	-0.03	-0.37	0.02	-0.01
P1/P7	F ₁	-0.39	-0.19	-0.46	-0.82	-0.05	0.54	-0.19	0.02	1.10	-0.02	-0.21
P1/P7	F ₂	0.00	0.09	0.70	0.33	0.24	-0.26	-0.20	0.40	-0.09	0.04	0.09
P2/P7	F ₁	0.03	0.01	0.12	0.14	-0.35	-0.06	-0.21	0.02	-0.44	0.01	-0.04
P2/P7	F ₂	-0.11	-0.08	0.09	0.52	-0.30	-0.30	-0.04	0.08	0.25	0.02	-0.04
P3/P7	F ₁	-0.02	0.00	0.27	0.21	0.33	-0.15	-0.75	-0.77	-0.01	-0.01	-0.03
P3/P7	F ₂	0.22	0.07	-0.76	-0.39	-0.25	0.00	0.04	0.35	-0.18	-0.02	0.01
P4/P7	F ₁	0.38	0.17	0.07	0.47	0.07	-0.34	1.15	0.73	-0.64	0.02	0.28
P4/P7	F ₂	-0.11	-0.08	-0.03	-0.46	0.31	0.55	0.19	-0.83	0.02	-0.03	-0.06
P1/P8	F ₁	0.14	0.08	-0.16	0.65	0.07	-0.35	-0.34	0.21	-0.42	0.07	0.04
P1/P8	F ₂	-0.07	-0.07	-0.13	-0.17	-0.21	-0.33	0.22	-0.71	0.27	-0.01	0.04
P2/P8	F ₁	-0.13	-0.04	0.01	0.25	0.06	-0.02	-0.16	-0.76	-0.39	0.06	0.02
P2/P8	F ₂	-0.25	-0.07	-0.08	0.02	-0.22	-0.17	0.08	0.20	0.74	0.03	-0.09
P3/P8	F ₁	0.13	0.05	-0.04	-0.22	-0.16	0.25	0.18	0.46	0.67	-0.03	-0.03
P3/P8	F ₂	0.21	0.11	0.39	0.01	0.30	0.20	-0.39	0.20	0.24	-0.04	0.04
P4/P8	F ₁	-0.14	-0.08	0.19	-0.69	0.02	0.13	0.33	0.09	0.14	-0.09	-0.03
P4/P8	F ₂	0.11	0.03	-0.18	0.14	0.13	0.31	0.09	0.32	-1.26	0.02	0.01
P1/P9	F ₁	-0.02	-0.02	0.01	-0.03	-0.01	-0.13	0.61	0.23	-0.63	-0.04	0.05
P1/P9	F ₂	-0.18	-0.03	-0.41	-0.37	0.19	0.00	-0.45	-0.18	-0.92	-0.06	0.10
P2/P9	F ₁	0.20	0.09	0.28	0.17	-0.13	0.05	-0.52	0.17	-0.10	0.01	0.10
P2/P9	F ₂	0.22	0.07	0.36	-0.17	0.11	0.09	0.44	-0.27	0.39	0.02	-0.11

续表

组合	世代	籽棉产量	皮棉产量	单铃重	衣分	衣指	籽指	上半部平均长度	整齐度指数	断裂比强度	伸长率	马克隆值
P3/P9	F ₁	-0.13	-0.04	-0.03	0.23	0.11	-0.05	0.24	-0.38	0.39	-0.04	0.02
P3/P9	F ₂	-0.09	-0.06	-0.06	0.05	-0.16	-0.30	0.18	-0.33	-0.07	0.04	-0.02
P4/P9	F ₁	-0.05	-0.03	-0.26	-0.37	0.03	0.12	-0.33	-0.02	0.33	0.07	-0.17
P4/P9	F ₂	0.05	0.01	0.11	0.48	-0.14	0.21	-0.17	0.79	0.59	0.00	0.02
P1/P10	F ₁	0.10	0.07	0.08	0.56	0.01	-0.14	0.37	-0.52	0.55	-0.03	0.08
P1/P10	F ₂	-0.23	-0.13	-0.28	0.73	0.22	0.33	-0.13	0.16	-0.07	-0.01	0.08
P2/P10	F ₁	0.07	0.02	-0.29	-0.41	-0.10	0.26	0.22	0.78	0.15	-0.01	0.03
P2/P10	F ₂	-0.01	-0.04	0.19	-0.64	0.08	0.08	0.04	-1.06	-0.40	0.02	-0.08
P3/P10	F ₁	-0.29	-0.14	0.20	-0.14	-0.21	-0.12	-0.05	-0.18	-0.23	0.07	-0.22
P3/P10	F ₂	-0.14	-0.04	-0.06	0.15	0.14	-0.05	-0.20	0.97	-0.33	-0.01	0.01
P4/P10	F ₁	0.12	0.05	0.01	-0.01	0.30	0.00	-0.54	-0.08	-0.46	-0.03	0.12
P4/P10	F ₂	0.37	0.21	0.15	-0.25	-0.44	-0.36	0.28	-0.07	0.80	-0.01	-0.01
P1/P11	F ₁	-0.04	-0.02	0.41	-0.22	0.17	0.07	0.25	0.50	0.37	-0.06	0.07
P1/P11	F ₂	0.33	0.11	0.15	-0.37	-0.18	0.13	0.31	-0.10	0.18	0.06	0.08
P2/P11	F ₁	-0.04	0.00	-0.08	0.31	0.10	0.20	0.06	-0.50	0.07	-0.04	0.08
P2/P11	F ₂	0.06	0.05	-0.30	0.36	0.08	-0.04	0.15	0.75	0.26	-0.03	-0.09
P3/P11	F ₁	0.14	0.05	-0.36	-0.13	-0.26	-0.25	0.39	0.02	-0.57	0.05	-0.04
P3/P11	F ₂	-0.49	-0.23	0.24	-0.08	0.00	0.43	-0.11	-0.85	-0.81	-0.01	0.01
P4/P11	F ₁	-0.05	-0.02	0.03	0.04	-0.01	-0.02	-0.70	-0.02	0.13	0.05	-0.11
P4/P11	F ₂	0.10	0.07	-0.09	0.08	0.10	-0.52	-0.35	0.20	0.36	-0.02	0.01

组合 P3/P8(F3061/5H309)F₁ 和 F₂ 比强度的特殊配合力, 分别为 0.67 和 0.24; P1/P7(611/5H303)F₁ 比强度特殊配合力最高, 为 1.1; F₁ 和 F₂ 比强度特殊配合力差别大的组合, 如 P2/P8(F₁ 和 F₂ 分别为 -0.39 和 0.74), P4/P10(F₁ 和 F₂ 分别为 -0.46 和 0.80), P3/P5(F₁ 和 F₂ 分别为 -0.52 和 0.69)。

3 结论与讨论

3.1 抗虫杂交棉选育的亲本选配

亲本选配是杂交育种和抗虫杂交棉选育中十分重要的环节, 亲本材料间亲缘关系远近和遗传差异大小直接影响杂种优势的表现。选择农艺性状优良亲本是获得高优势抗虫杂交棉的前提。在杂种优势利用中, 鉴定出配合力强的亲本至关重要。一般配合力是指某一亲本在杂交后代中的平均表现, 主要来自加性基因作用。本研究试验材料来源各异, 亲本间差异显著, 如籽棉产量和皮棉产量的一般配

合力最大的是 P9 和 P7, 纤维品质性状的一般配合力最大的是 P1 和 P2; 性状在不同世代之间遗传力也有很大差异; 不同双亲具有不同产量、纤维品质和抗性, 评价这些材料的配合力和遗传特性并进行杂种优势研究, 为筛选高优势组合提供了依据。

3.2 特殊配合力与优势组合筛选

不同棉花品种间存在一般配合力和特殊配合力差异, 通过优选组合可能获得具竞争优势的新组合^[8]。供试组合中, F₁ 籽棉和皮棉产量特殊配合力较优的组合为 P4/P7, 本试验中, 其皮棉产量比对照邯 284 超出 27.4%, 说明通过不完全双列杂交进行杂种优势研究可筛选到高优势的组合, 这些组合可在棉花抗虫杂交棉的选育中加以利用。F₂ 籽棉和皮棉产量较优的特殊配合力组合为 P4/P10、P1/P11。

F₁ 和 F₂ 代中各性状最佳组合的一般配合力是籽棉产量、皮棉产量为(高×低), 衣分为(高×低), 断裂比强度为(低×高), 马克隆值为(高×低)或者

(高×低)。说明双亲一般配合力和组合特殊配合力相互独立,组合特殊配合力与其亲本一般配合力效应并不对应,亲本一般配合力高的性状,组合特殊配合力不一定高;亲本一般配合力低的性状,组合特殊配合力并不一定低。事实上,一般配合力主要来自加性基因的遗传效应;特殊配合力遗传组成则还包含显性基因和上位性基因作用。因此,在选配杂交棉组合时,除加强亲本一般配合力选择外,还应注重特殊配合力的选择,以及考虑综合性状表现^[9]。

3.3 自交衰退与 F₂ 杂种优势利用

不同性状 F₁ 和 F₂ 代一般配合力和特殊配合力有差别。显性方差经过 F₁ 自交后会下降一半, F₂ 群体中特殊配合力增加或者降低主要依赖于分离群体的上位性作用。杂合性群体的非加性遗传方差,对于产生杂种优势非常重要^[9]。

供试组合表现出 F₁ 和 F₂ 产量的竞争优势、中亲优势和高亲优势。大多数组合的 F₂ 优势率比 F₁ 有所衰退; F₁ 优势强的性状, F₂ 代衰退明显,以产量性状衰退最大。F₁ 和 F₂ 中纤维品质杂种优势比较低,与 Wu 等的研究结果一致^[4]。尽管存在优势衰退,棉花因为收获期长、株型和熟性分离对群体直接影响小于水稻等作物,所以棉花杂种 F₂ 代仍有剩余优势可利用^[4,10],筛选出具有竞争优势的 F₂ 代组合是可能的^[10]。

3.4 抗虫杂交棉育种策略

选育常规品种要选择一般配合力好的亲本,而选育杂交种,要选择特殊配合力高的组合。因此应选择性状表现上能够互补的亲本进行杂交棉的组合。利用高产、优质、抗病的高强力中长绒棉新品系^[11-12]和抗虫棉组配杂交,把海岛棉的优质纤维基因与陆地棉的丰产性结合,是选育优质中长绒陆地棉品种的快速有效途径。

选育利用杂种 F₂ 代剩余优势的杂交种,要选配一般配合力大多为正值,特殊配合力较高的组合,除丰产性还要兼顾纤维品质的性状。双交比单交在复杂农艺性状杂种优势延续上更有优势,异源四倍体的作物比起二倍体的作物可在一个位点积累更多有利基因^[13],因此在棉花杂种优势利用时适宜多考虑双交种的结合利用。此外,利用分子标记辅助选择

对目标性状进行跟踪选择^[14],开展聚合育种,既可缩小育种群体规模,又可减少育种过程中选择的盲目性,加快育种进程。

参 考 文 献

- [1] Wu J, McCarty J C, Jenkins J N, et al. Breeding potential of introgressions into upland cotton: Genetic effects and heterosis [J]. *Plant Breeding*, 2010, 129: 526-532
- [2] 华金平. 杂交棉制种研究与实践[J]. *棉花学报*, 1996, 8(3): 120-122
- [3] Zeng L H, William R, Meredith J, et al. Germplasm potential for continuing improvement of fiber quality in upland cotton: Combining ability for lint yield and fiber quality[J]. *Crop Sci*, 2011, 51: 60-68
- [4] Wu Y T, Yin J M, Guo W Z, et al. Heterosis performance of yield and fibre quality in F₁ and F₂ hybrids in upland cotton [J]. *Plant Breeding*, 2004, 123(3): 285-289
- [5] Guo X P, Zhao Y M, Wu J H, et al. Combining ability and heterotic performance of Bt transgenic lines in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. *Cotton Science*, 2006, 18(5): 304-308
- [6] Comstock R E, Robinson H F. The components of genetic variance in a population of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance [J]. *Biometrics*, 1948, 4: 254-266
- [7] Esparza Martinez J H, Foster A E. Genetic analysis of heading date and other agronomic characters in barley (*Hordeum vulgare* L.) [J]. *Euphytica*, 1998, 99: 145-153
- [8] Yuksel B, Hatice C, Adem B. Combining ability and heterosis for fiber quality traits in cotton [J]. *Plant Breeding and Seed Science*, 2011, 62: 3-16
- [9] Basal H, Canavar O, Khan N U, et al. Combining ability and heterotic studies through line×tester in local and exotic upland cotton genotypes [J]. *Pak J Bot*, 2011, 43(3): 1699-1706
- [10] 王学德, 潘家驹. 陆地棉杂种优势及自交衰退的遗传分析 [J]. *作物学报*, 1991, 17(1): 18-23
- [11] 刘景山, 杨宝新, 高轶云, 等. 采用陆地棉和海岛棉间杂交培育高强力中长绒棉 [J]. *中国棉花*, 2005, 32(3): 12-13
- [12] 秦文斌, 李雪源, 孙国清, 等. 中长绒陆地棉品种选育及其产业化思考 [J]. *新疆农业大学学报*, 2004, 27(增刊): 30-33
- [13] Li X H, Charles B E. Inbreeding depression for fertility and biomass in advanced generations of inter- and intraspecific hybrids of tetraploid Alfalfa [J]. *Crop Sci*, 2009, 49: 13-19
- [14] 张天真, 郭旺珍. 棉花分子育种的现状、问题与展望 [J]. *中国农业科技导报*, 2007, 9(2): 19-25