



不同环境下抗虫陆地棉杂交种优势表现 及经济性状分析

邢朝柱, 喻树迅*, 郭立平, 苗成朵, 冯文娟, 王海林, 赵云雷

(中国农业科学院棉花研究所, 农业部棉花遗传改良重点实验室, 河南安阳 455000)

摘要: 转基因抗虫杂交棉在不同生态环境下产量性状超亲优势普遍存在, 尤以皮棉产量和子棉产量为强, 铃数次之。高产水平环境中, 杂交种和亲本产量水平均较高, 群体超亲优势不明显; 产量水平相对较低的环境下, 杂交种产量水平相对较低, 但群体超亲优势显著, 表明杂交种产量相对稳定, 而亲本产量水平发挥受环境影响较大。品质性状随环境变化而发生改变, 但超亲优势表现均不显著。相关性分析表明, 铃数与产量最为密切, 单株结铃性强是杂交种选育的重点; 铃数、铃重和衣分三者之间均呈显著或极显著正相关, 通过亲本选配, 三个性状可以同步提高。品质性状之间相关性不一致, 麦克隆值与多数品质性状呈显著正相关, 表明选配高产优质杂交组合时, 一定要选择较低麦克隆值的材料当亲本。

关键词: 棉花; 生态环境; 杂种优势; 相关分析

中图分类号: S562.032 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2007)01-0003-05

Heterosis Performance and Correlation Analysis on Economic Traits of Upland Cotton under Various Ecological Environments

XING Chao-zhu, YU Shu-xun*, GUO Li-ping, MIAO Cheng-duo, FENG Wen-juan, WANG Hai-lin, ZHAO Yun-lei

(Cotton Research Institute, CAAS, Key Laboratory for Cotton Genetic Improvement of, MOA, Anyang, Henan 455000, China)

Abstract: The transgenic Bt hybrids cotton accounted for 80% of total hybrids cotton area in China, so it was very important to study their traits and heterosis under different ecological environments. The mating design used in the experiment was North Carolina II. Six females from the Yangtze River Valley and the Huanghe River Valley were crossed to each of four males with transgenic Bt. The 24 crosses and their 10 parents were planted at three locations on Wangjiang Cotton Experimental Farm in Anhui Province, Anyang Cotton Experimental Farm in Henan Province, and Sanya in Hainan Province, respectively. The experimental design was a randomized complete blocks. 50 normal opened bolls were picked for assaying the boll weight, lint percentage. Seed cotton was harvested eventually. The crosses and parents' fiber samples were tested with HVI system in Cotton Research Institute of CAAS. The results showed that yield traits surpassing parent heterosis in transgenic hybrid cotton were much widely existed under various ecological environments. Among these heterosis, lint and seed cotton yield heterosis were higher, followed by boll number. Under high production environment, hybrids and their parents had higher yield, but heterosis was not evident. Under relatively low production levels, hybrids had relatively lower yield, but heterosis was significant. Those indicated that hybrids yield performances were relatively stable in three kinds of environments, and parental

收稿日期: 2006-02-30 作者简介: 邢朝柱(1967-), 男, 研究员, 博士; * 通讯作者 yu@cricaas.com.cn

基金项目: 国家 863 项目(2002AA207005)

yield were greatly affected by environments. Fiber quality traits varied with environment changes, but the heterosis surpassed by parent was not significant. Correlation analysis showed the boll number had the closest relation with lint yield. There were significant positive correlations among boll number, boll size and lint percentage, which indicated the three yield traits may be synchronously improved through parents selection. Correlation was inconsistent between fiber quality traits, and micronaire was a significantly positive correlation with other fiber traits, so it was attached importance to selecting low value micronaire materials in high yield and fine quality hybrid breeding.

Key words: upland cotton; ecological environment; heterosis; correlation analysis.

我国生产上应用的杂交棉 80% 以上为转基因抗虫杂交棉, 它的推广和应用为我国棉花产量的提高和种植成本的降低作出重大贡献。转基因抗虫杂交棉已在我国长江流域和黄河流域广泛种植, 研究转基因抗虫杂交棉的性状特点及其在不同生态环境下的优势表现十分重要, 研究报告较少。本研究通过 3 种生态环境下 F_1 产量和品质性状及优势表现, 研究转基因抗虫杂交棉优势表达水平、不同生态环境下适应性等, 为其选育和推广提供指导。

1 材料和方法

1.1 材料

选用不同生态区(长江流域和黄河流域)具有一定代表性的 6 个性状稳定的陆地棉品种(中棉所 12、石远 345、泗棉 3 号、鄂棉 9 号、豫棉 668、惠抗 1 号)为母本, 4 个转基因抗虫棉品种(中棉所 41、双价 321、新棉 33B、GKP1)为父本, 按 NC II 遗传交配设计(6×4), 配制 24 个杂交组合。

1.2 试验方法

1.2.1 试验安排和设计。 2003 年在中国农业科学院棉花研究所试验地制种, 每个组合制种 2~4 kg, 提供河南安阳、安徽望江和海南三亚试验。2003 至 2004 年将 24 个组合及 10 亲本分别种在三亚、望江及安阳 3 种不同生态区, 进行多点试验。三亚点: 按 2 行区 3 重复随机区组排列种植, 小区面积 8 m², 密度 5.25 万株·hm⁻²; 安阳点: 按 3 行区 3 重复随机区组排列种植, 小区面积 20 m², 密度 3.75 万株·hm⁻²; 望江点: 按 2 行区 3 重复随机区组排列种植, 小区面积 12 m², 密度 3 万株·hm⁻²。按大田常规管理。

1.2.2 性状调查和室内考种。 ①在吐絮期(安阳 9 月 28 日, 望江 9 月 24 日, 三亚 3 月 15 日)调查 3 个重复的铃数, 每个重复调查 2 行, 大约 30~60 株, 铃数按每平方米计算。②在吐絮期每个重复

混收正常吐絮铃 50 个, 经室内考种, 考察铃重、衣分; 采用农业部棉花品质检测中心 HIV900 系列检测纤维品质。③按小区实收子棉产量, 安阳点收霜前子棉, 三亚和望江收子棉总产, 按衣分计算皮棉产量。

2 结果与分析

2.1 不同生态环境下转基因抗虫杂交棉组合性状及优势表现

2.1.1 转基因抗虫杂交棉组合产量性状及优势表现。 从整体产量水平分析, 望江点 F_1 、父、母本产量水平最高, 安阳点产量水平其次, 三亚点产量水平最低, 表明长江流域非常有利于棉花产量总体水平的发挥, 属于高产棉区, 高产主要得益于长江流域棉花生长期长、积温高、肥水充足等缘故; 海南总体产量水平较低, 主要是棉花开花期温度较低, 花期短, 单株成铃少, 造成棉花产量水平较低。从产量构成因素分析, 铃数在望江点最高, 安阳其次, 三亚最低。衣分三个点相差不大, 而铃重望江点稍低于三亚和安阳两个点。从超亲优势分析, 安阳点和三亚点杂交种产量水平超亲优势非常明显, 达极显著水平, 主要原因是这两个点父母本产量水平偏低, 望江试验点尽管 F_1 产量水平在该点较高, 但由于亲本产量也较高, 所以超亲优势不明显。铃数在安阳点和三亚点超母本优势明显, 达显著或极显著水平, 望江点无明显优势; 铃重和衣分三个点超亲优势均不明显。上述结果表明杂交种无论在较适的环境中还是在不适的环境中, 均表现出较高的产量水平, 但亲本只有在较适的环境中才能发挥出较高的产量水平, 说明抗虫杂交种产量水平受环境影响波动性相对较小, 具有一定的稳定性, 而亲本产量水平受环境影响波动性较大(表 1)。

2.1.2 转基因抗虫杂交棉组合品质性状及优势表现。 在 3 种生态环境下 2.5% 跨长差异不明

表 1 不同生态环境下转基因抗虫杂交组合及其亲本产量性状及优势表现

Table 1 Yield traits and heterosis of insect-resistant transgenic cotton crosses and their parents under different environments

环境	世代	子棉产量		皮棉产量		铃数/m ²		铃重		衣分	
		均值	超亲优势	均值	超亲优势	均值	超亲优势	均值	超亲优势	均值	超亲优势
		/(kg·hm ⁻²)	/%	/(kg·hm ⁻²)	/%	/个	/%	/g	/%	/%	/%
河南安阳	母本	2266.5	39.4**	996.0	39.2**	47.6	19.7*	6.0	0.0	43.7	0.0
	父本	2536.5	25.5**	1020.0	35.9**	54.3	4.8	5.5	9.1*	40.4	8.4
	F ₁	3159.0		1386.0		57.0		6.0		43.8	
安徽望江	母本	3751.5	4.4	1668.1	4.9	64.8	0.0	5.1	5.9	44.4	0.7
	父本	3844.5	1.9	1696.5	3.2	63.9	1.4	5.4	0.0	44.0	1.6
	F ₁	3916.6		1750.5		64.8		5.4		44.7	
海南三亚	母本	1299.0	53.8**	577.5	57.1**	31.5	30.0**	6.0	8.3	44.4	2.0
	父本	1516.4	31.8**	652.5	39.1*	36.7	11.4*	5.9	10.2*	44.0	3.0
	F ₁	1998.0		907.5		40.9		6.5		45.3	

注: * 和 ** 表示 0.05 和 0.01 显著水平。

显,仅在望江点表现比其它两试验点稍短,整体表现均为正向超亲优势,但均未达显著水平;三个点中望江点比强度表现稍强,比三亚点和安阳点分别增加 0.7 cN·tex⁻¹ 和 2.2 cN·tex⁻¹,但其亲本同样表现出较高的比强度,所以超亲优势为负向优势,但差异不显著;望江点麦克隆值要高于三亚点和安阳点 1.1~1.2,表明在该试验点棉花纤维有变粗趋势,三个试验点的超亲优势均不显著;三试验点整齐度表现无明显差异,超亲优势不显著;安阳点和三亚点伸长率相接近,但高于望江点,超亲优势均不显著。总体表现这组杂交组合安阳点

和三亚点纤维品质表现相接近,但由于亲本与杂交组合表现的趋势较为一致,除安阳点比强度和三亚点伸长率超母本优势达显著水平外,其它性状超亲优势均不显著;与安阳点和三亚点相比,望江点表现为绒短、比强度稍高、纤维变粗、伸长率降低等特点,但亲本在该点也有同样的表现,所以超亲优势值均不显著。上述结果分析,造成这种趋势的变化并不是杂种优势所产生,而是由当地的生态环境所造成。综上所述,不同生态环境可以影响陆地棉纤维品质性状表现,但对纤维杂种优势无明显影响(表 2)。

表 2 不同生态环境下转基因抗虫杂交组合及其亲本纤维品质性状及优势表现

Table 2 Fiber quality traits and heterosis of insect-resistant transgenic cotton crosses and their parents under different environments

环境	世代	2.5% 跨长		比强度		麦克隆值		整齐度		伸长率	
		均值	超亲优势	均值	超亲优势	均值	超亲优势	均值	超亲优势	均值	超亲优势
		/mm	/%	/(cN·tex ⁻¹)	/%	均值	超亲优势	/%	超亲优势	/%	超亲优势
安阳	母本	28.4	2.8	25.4	4.3*	4.9	-2.0	84.7	0.2	7.3	1.4
	父本	29.1	0.3	26.4	0.4	4.7	2.1	84.5	0.5	7.8	-5.1
	F ₁	29.2		26.5		4.8		84.9		7.4	
望江	母本	27.6	2.5	29.0	-1.0	6.1	-1.6	84.6	-0.9	5.4	0.0
	父本	28.3	0.0	29.2	-1.7	6.0	0.0	84.2	-0.5	5.4	0.0
	F ₁	28.3		28.7		6.0		83.8		5.4	
三亚	母本	28.4	2.1	27.2	2.9	4.8	2.1	85.1	0.7	7.1	4.2*
	父本	29.2	-0.7	28.5	-1.8	5.1	-3.9	85.3	0.5	7.3	1.4
	F ₁	29.0		28.0		4.9		85.7		7.4	

注: * 表示 5% 显著水平。

2.2 不同生态环境下转基因抗虫杂交棉产量和品质性状相关性分析

从表 3 可知,表型值和遗传值与性状相关是一致的,子、皮棉产量与产量构成因素(铃数、铃重和衣分)呈极显著的正相关,子、皮棉产量与铃数

的相关系数要大于子、皮棉产量与铃重和衣分的相关系数,说明在产量构成因素中,铃数对产量所起贡献最大。铃数、铃重和衣分三者之间均呈显著或极显著正相关,说明通过组合选配,可以同步筛选到结铃性强、铃大和衣分高的转基因抗虫杂

交棉组合。子、皮棉产量与绒长、比强度和麦克隆值也呈极显著的正相关,表明产量的提高可以同步提高绒长和比强度,但同时麦克隆值也得到极显著的提高,而产量与麦克隆值之间的相关系数大于产量与绒长和比强度之间的相关系数,说明选配高产组合时,绒长和比强度可以同步提高,但麦克隆值提高更快,麦克隆值提高,表明纤维变

粗,品质下降;子皮棉产量与伸长率呈负相关,与整齐度相关不显著;另外,麦克隆值与绒长和伸长率呈极显著的负相关,而与整齐度和比强度呈极显著的正相关,绒长、比强度之间呈极显著正相关。上述结果说明品质性状之间相关呈现出非一致性,表明在棉花纤维品质育种中将众多优良品质性状和高产性状聚合到一起有较大困难。

表3 不同生态环境下产量性状和品质性状之间的相关性

Table 3 Correlations of yield traits with quality traits under different environments

	皮棉产量	铃数	铃重	衣分	2.5%跨长	整齐度	比强度	伸长率	麦克隆值
子棉产量	0.974**	0.716**	0.451**	0.314**	0.201**	0.183	0.190**	-0.038	0.213**
	0.971**	0.757**	0.540**	0.406**	0.209**	0.199	0.212**	-0.085	0.294**
皮棉产量		0.707**	0.459**	0.513**	0.153*	0.166	0.140**	-0.012	0.212**
		0.756**	0.532**	0.605**	0.164*	0.180	0.139**	-0.042	0.272**
铃数			0.102*	0.261**	0.064	0.157	0.041	0.061	0.171**
			0.154*	0.384**	0.078	0.159	0.023	0.058	0.262**
铃重				0.223**	0.001	0.194*	0.364**	-0.440**	0.377**
				0.237**	0.021	0.324*	0.433**	-0.494**	0.414**
衣分					-0.204**	0.020	-0.253**	0.100**	0.098**
					-0.226**	0.051	-0.274**	0.139**	0.078*
2.5%跨长						0.148	0.283**	0.226**	-0.263**
						-0.025	0.276**	0.254**	-0.274**
整齐度							0.341**	-0.042	0.283**
							0.465**	-0.042	0.383**
比强度								-0.408**	0.263**
								-0.551**	0.334**
伸长率									-0.496**
									-0.524**

注:右上角上行数字和下行数字分别表示表型相关和遗传相关; * 和 ** 表示 0.05 和 0.01 显著水平。

3 讨论

3.1 转基因抗虫杂交棉产量和品质的适应性

转基因抗虫杂交棉的产量优势表现,很多报道认为,铃数和铃重优势较强,衣分优势较弱^[1-3],但也有少数报道铃重和衣分对产量起主要作用,铃数作用较小^[4-5],这可能与选用材料不同而造成结果不一致。不同生态环境下研究转基因抗虫杂交棉优势表现文献报道较少,在研究转基因抗虫杂交棉亲本和杂交种 F₂ 在不同环境下稳定性中,结果表明杂交种 F₂ 在不同环境下产量相对稳定,而亲本表现不稳定^[6-7]。本研究表明,杂交种 F₁ 和亲本在不同产量水平环境中,表现不一致,在高产水平环境中,杂交种和亲本总体产量水平均较高。但由于亲本在较优的高产水平环境中同样表现出较高产量水平;而在相对较低产量水平下,尽

管杂交种产量水平相对较低,但由于亲本产量水平更低,所以杂交种群体优势和超亲优势显著。此结果表明,杂交种无论在较适的环境中还是在不适的环境中,均表现出较高的产量水平,展现出杂交种较强适应性一面,而亲本需要在较适的环境中产量水平才能正常发挥。在研究水稻杂交种优势表达与环境互作关系中,发现水稻杂交种在最优环境下产量水平更能发挥,而且超亲优势更加明显^[8],其结果与本文研究棉花杂种优势表现不一致,说明不同作物在不同环境下杂种优势表达是不一致的。根据转基因抗虫杂交棉在不同生态区表现的特点,在我国产量水平相对较低的黄河流域种植抗虫杂交棉比在长江流域种植抗虫杂交棉效果更好,如果黄河流域能够实现营养钵育苗,节省用种,降低成本,那么转基因抗虫杂交棉在黄河流域的应用前景将更为广阔。多数研究表

明,陆地棉品质性状随环境变化而发生较大的改变^[9-11],但超亲优势表现不明显^[12],本研究转基因抗虫杂交棉的品质也表现出相似的结果。

3.2 产量、品质性状间相关性

在不同生态环境下研究产量和品质性状之间相关性对优良杂交组合的选配具有重要意义。前人研究表明,产量和品质之间呈现负相关,产量和品质同步改良较为困难^[13]。本研究表明,产量和品质性状中绒长、比强度和伸长率呈显著正相关,通过组合选配或后代选育可以达到同步提高,但是麦克隆值也与产量及产量性状呈显著正相关,麦克隆值的提高,意味着品质下降。在纺织工业中,符合要求的皮棉必须是品质性状指标匹配合理^[14]。麦克隆值的提高降低了纤维品质,尽管产量、绒长和比强能够同步较高,但麦克隆值也随之提高,因此产量与品质难以协调。所以高产优质品种(杂交种)选育中,必须关注亲本的麦克隆值,只有选用麦克隆值较低的材料作为亲本,才有可能选育到高产优质杂交种或品种。

产量构成因素对子、皮棉产量作用和贡献以前相关报道较多,多数研究表明铃数与子皮棉产量相关系数最大,对产量贡献最大。本研究结果与前人在研究非转基因抗虫杂交棉的结果基本相一致,所以在高产转基因抗虫杂交棉选配中,要注重单株铃数的选育,单株结铃性强仍是杂交种高产的主要原因之一。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 朱乾浩. 陆地棉品种间杂种优势利用研究进展[J]. 棉花学报,1995,7(1):8-11.
- [3] 王 武,聂以春,张献龙. 转基因抗虫组合在棉花杂种优势利用中增产原因剖析[J]. 华中农业大学学报,2002,21(5):419-424.
- [4] 崔瑞敏,闫芳教,王兆晓,等. 转 Bt 基因杂交棉主要性状优势率分布研究[J]. 棉花学报,2002,14(3):162-165.
- [5] 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.
- [6] TANG B, Jenkins J N, McCarty J C, et al. F₂ hybrids of host plant germplasm and cotton cultivars 1. Heterosis and combining ability for lint yield and yield components[J]. Crop Sciences, 1993,33:700-705.
- [7] TANG B. Genotypic stability of cotton varieties resistant germplasm and their F₂ hybrids[J]. Proceedings Belt Cotton Production Research Conference, 1992: 583-587.
- [8] 梁康迳. 基因型×环境互作效应对水稻穗部性状杂种优势的影响[J]. 应用生态学报,1999,10(6):683-688.
- [9] MEREDITH W R, R R Bridge. Heterosis and gene action in cotton, *Gossypium hirsutum* [J]. Crop Sci. 1972,12:304-310.
- [10] 李伟明,刘素恩,王志忠,等. 棉花纤维品质年际间变化及气象因素影响分析[J]. 棉花学报,2005,17(2):103-106.
- [11] 唐淑荣,杨伟华. 我国主产棉省纤维品质现状分析及建议[J]. 棉花学报,2006,18(6):386-390.
- [12] MEREDITH W R. Cotton breeding for fiber strength. In proceedings from cotton fiber cellulose; structure, function and utilization conference [C]. Memphis, TN; National Cotton Council of American,1992:289-302.
- [13] 袁有禄,张天真,郭旺珍,等. 陆地棉优异纤维品系的铃重和衣分的遗传及杂种优势分析(英文) [J]. 作物学报,2002,28(1):196-202.
- [14] 张丽娟,周治国. 棉花纤维品质指标对成纱强力的影响[J]. 棉花学报,2005,17(1):63-封三. ●