

不同性状的棉花及其杂交 F₁ 代对棉铃虫的抗性*

吴立峰 蔡青年 张青文

(中国农业大学昆虫系 北京 100094)

摘要 通过连续两年的田间试验,系统、全面地研究了棉花对棉铃虫 (*Helicoverpa armigera*) 的形态抗虫作用。研究表明:在小区试验条件下,以百株累积卵量、百株平均幼虫量及百株平均蕾铃受害量为考察指标,红叶可使危害减轻 28.1%、31.45%和 36.0%;鸡脚叶使其下降 19.0%、25.4%和 28.4%;窄卷苞叶使其降低 25.8%、32.9%和 34.0%;光叶使各指标分别降低 32.7%、35.1%和 37.3%。高棉酚(油腺)抗性主要表现为对幼虫的抗生作用,使幼虫量下降了 45.1%,使蕾铃受害量下降了 51.4%。此外,研究还表明,两种抗虫性状的抗性效果有累加作用,鸡脚叶与红叶联合作用使三项指标分别下降达 48.3%、55.2%和 57.9%;红叶与窄卷苞叶则使危害减轻了 52.7%、58.3%和 60.6%;具有光叶与较密油腺两个抗虫性状的品种受害可减轻 29.9%、54.9%和 58.3%。将一些具有相对性状的品种进行杂交,其 F₁ 有不同的抗虫表现。红叶、鸡脚叶和光叶品种与其对照杂交后的 F₁ 代因在不同程度上保持了抗虫性状故能表现出抗性,而窄卷苞叶品种与其对照杂交后 F₁ 代苞叶正常,则未能表现出抗性。因小区条件限制了无蜜腺抗性的表达,无蜜腺小区未表现出明显差异。

关键词 棉花, 棉铃虫, 形态抗虫

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 是我国棉花生产中的主要害虫,尤其是进入 90 年代以来在我国南北棉区连年大暴发,其原因之一是抗药性剧增,这促使人们从综防的角度出发对棉花本身的抗虫性给予更多的关注。在国内外,经过近 30 余年的研究,人们做了大量试验去确认并评估与抗棉铃虫有关的各种形态,认为棉花叶毛密度和棉铃虫为害有显著关系^[1~3];窄卷苞叶不利于棉铃虫产卵^[4,5];无蜜腺性状在一定条件下能提供一定抗性^[6];认为棉株色素腺的多少及其中多种次生代谢物的含量的高低是一个重要的抗生因子^[7,8]。但这些报道都比较零星、分散,而且有些在评估抗性效果时未能充分考虑到不同性状间的互作。本文系统介绍运用整体分析的方法对各抗虫性状抗棉铃虫效果逐一研究的结果。

1 材料和方法

1.1 中国农业科学院安阳棉花研究所于 1994 年提供具有典型形态特征的材料 18 份,

* 国家攀登计划资助项目

1997-05-05 收稿, 1997-07-17 收修改稿

表 1 棉花各品种性状的杂交组合

品种	性状	杂交对象
矮红株	红叶	鄂沙 28
红叶鸡脚棉	红叶、鸡脚叶	鄂沙 28
紫叶花苞棉	红叶、窄卷苞叶	鄂沙 28、华农 101
锦州紫花	鸡脚叶	鄂沙 28
PD7596	窄卷苞叶	华农 101、中棉 12
岱 16	无茸毛	鲁棉 1 号
光叶岱字棉	无茸毛	鲁棉 1 号、中无 151
4588	无茸毛、低棉酚	鲁棉 1 号
美棉 12	无蜜腺	江苏棉 1 号
HG-BR-8	无蜜腺、高棉酚	江苏棉 1 号、中无 151

并于该年选择部分相对性状品种进行了杂交(表 1),之后于 1995、1996 年使用亲本与其杂交 F_1 进行抗性试验。

1.2 1995 年与 1996 年试验分别安排在中国科学院地理研究所禹城实验站与本校科学园进行。每份材料为一个处理,每处理 3 次重复,每重复为一试验小区,小区面积为 10 m^2 ,重复间随机排列。

利用田间自然感虫,自 7 月中旬三代产卵开始 3 d 一次连续调查半月。在各小区定点 20 株,调查累积卵量、幼虫数和被害蕾铃数,计算相对抗虫率。

2 结果和分析

2.1 叶色

红色棉叶相对于绿色而言,对棉铃虫吸引较弱(表 2)。在 1995 年试验中,与鄂沙 28 相比,矮红株百株累积着卵量减少了 29.7%,红叶鸡脚棉和紫叶花苞棉各减少了 47.3% 和 50.5%。矮红株百株平均幼虫量和百株平均蕾铃受害量分别降低 26.5% 和 31.9%,红叶鸡脚棉两个指标各降低 55.9% 和 58.6%,紫叶花苞棉各降低了 52.9% 和 52.6%。由此可见,凡红叶品种受害都有减轻,其中红叶鸡脚棉和紫叶花苞棉下降幅度比矮红株明

表 2 叶色性状抗虫观察结果*

年份	品种(处理)	百株累积卵量	±%	百株平均幼虫量	±%	百株平均蕾铃被害量	±%
1995	鄂沙 28(r)	317 a		34 a		116 a	
	矮红株(R)	223 b	-29.7	25 b	-26.5	79 b	-31.9
	红叶鸡脚棉(R)	167 c	-47.3	16 c	-52.9	48 c	-58.6
	紫叶花苞棉(R)	157 c	-50.5	16 c	-55.9	55 c	-52.6
1996	鄂沙 28	73 a		11 a		35 a	
	矮红株	53 b	-27.4	7 bc	-36.4	21 bc	-40.0
	紫叶花苞×鄂沙 28 F_1 (R)	50 b	-31.5	7 bc	-36.4	22 b	-37.1
	矮红株×鄂沙 28 F_1 (R)	47 bc	-35.6	8 b	-27.3	24 b	-31.4
	红叶鸡脚棉×鄂沙 28 F_1 (R)	43 cd	-41.1	6 cd	-45.5	18 c	-48.6
	红叶鸡脚棉	37 d	-49.3	5 d	-54.5	15 d	-57.1
	紫叶花苞棉	33 d	-54.8	4 e	-63.6	11 d	-68.6

* R:红色,r:绿色;1996 年在本校科学园进行试验,因诸种原因虫量较小,数字后字母为 Duncan 5% 显著水平测验结果,字母相同表示差异不显著。表 3~7 同此

显增大, 原因在于鸡脚叶和窄卷苞叶也具有抗虫作用。1996 年结果与 1995 年类似, 但需注意的是, 杂种 F₁ 代叶色虽不如红叶亲本深, 但抗性效果相近, 只有紫叶花苞×鄂沙 28 F₁ 的着卵量、幼虫量和受害量降幅各为 31.5%、36.4%和 37.1%, 抗性较紫叶花苞明显降低, 究其原因在于该 F₁ 苞叶形态正常。

2.2 鸡脚叶

鸡脚叶品种不仅减少了供产卵的叶面积, 而且因其缺刻深, 裂片窄, 冠层通风性好, 因而形成湿度低, 温度高之小生境, 不适于棉铃虫生长。从两年试验看(表 3), 锦州紫花着卵量平均减少了 19.0%以上, 红叶鸡脚棉因还具有红叶进一步减少了 48.3%。从幼虫量和蕾铃被害量两项指标看, 红叶鸡脚棉两年平均各下降了 53.7%和 57.9%, 锦州紫花各减少了 25.4%和 28.4%, 可见鸡脚叶小区这两项下降幅度比之于卵的降幅有进一步提高, 这说明鸡脚叶性状产生的小生境除不利于产卵外, 还不利于幼虫的生长发育。两类杂交 F₁ 性状与抗性亲本类似, 故其抗性效果相近。

表 3 鸡脚叶性状抗虫观察结果*

年代	品种(处理)	百株累积卵量	±%	百株平均幼虫量	±%	百株平均蕾铃被害量	±%
1995	鄂沙 28(L)	317 a		34 a		116 a	
	锦州紫花(L)	253 b	-20.2b	26 b	-23.5	90 b	-22.4
	红叶鸡脚棉(L)	167 c	-47.3	16 c	-52.9	48 c	-58.6
1996	鄂沙 28	73 a		11 a		35 a	
	锦州紫花	60 b	-17.8	8 b	-27.3	+	
	锦州紫花×鄂沙 28F ₁ (L)	57 b	-21.9	8 b	-27.3	23 b	-34.3
	红叶鸡脚×鄂沙 28F ₁ (L)	43 c	-41.1	6 c	-45.5	18 c	-48.6
	红叶鸡脚棉	37 c	-49.3	5 c	-54.5	15 c	-57.1

* L: 鸡脚叶; l: 正常叶

2.3 窄卷苞叶

关于窄卷苞叶的试验结果列于表 4。窄卷苞叶因为苞叶狭窄、扭曲、外翻, 其着生基部的蕾铃外露, 故不利于棉铃虫产卵, 尤其是第三代棉铃虫多数卵产在蕾及群尖上, 因而表现出较强抗性。1995、1996 两年平均, PD7596 着卵量、百株平均幼虫量和百株平均蕾铃受害量分别下降了 25.8%、32.9%和 33.9%, 因为紫叶花苞紫色叶具有累加抗性, 故其三项指标比 PD7596 降幅更大, 分别达到 59.4%、57.3%和 62.8%。我们比较 PD7596 和紫叶花苞棉三项指标的降幅, 可以发现幼虫量与受害量比各自的着卵量下降更多, 这说明因苞叶外翻增加了幼虫暴露的机会也导致抗性增强, 在 F₁ 代中, PD7596×中棉 12 苞叶正常, 因而未能表现出抗性, 紫叶花苞×中棉 12 苞叶也正常, 但叶色发红, 卵量有 31.2%的减少, 表现出一定抗性。

表 4 窄卷苞叶性状抗性观察结果*

年代	品种(处理)	百株累积卵量	±%	百株平均幼虫量	±%	百株平均蕾铃被害量	±%
1995	中棉 12 (Fg)	373 a		40 a		157 a	
	PD7596 (fg)	277 b	-25.7	27 b	-32.5	96 b	-28.7
	紫叶花苞 (fg)	157 c	-57.9	16 c	-60.0	55 c	-65.0
1996	PD7596×中棉 12F ₁ (Fg)	83 a	+7.8	9 a	-0.0	31 a	+10.7
	中棉 12	77 a		9 a		28 a	
	PD7596	57 b	-25.9	6 b	-33.3	17 c	-39.2
	紫叶花苞×中棉 12F ₁ (Fg)	53 b	-31.2	7 b	-22.2	21 b	-25.0
	紫叶花苞	33 c	-57.1	4 c	-55.6	11 d	-60.7

* Fg: 正常苞叶; fg: 窄卷苞叶

2.4 茸毛

在两年试验中,各光叶小区着卵量比对照鲁棉 1 号有显著下降(表 5),岱 16、光叶岱字棉、4588 在 1995 年分别降低了 29.1%、32.8%和 44.8%,1996 年又各下降了 30.9%、38.1%和 45.5%。这说明棉铃虫在产卵时倾向于选择有茸毛的叶片。观察百株平均幼虫量和百株平均蕾铃受害量,岱 16 两年平均各降低 34.1%和 33.1%,光叶岱字棉两年平均各下降了 36.2%和 41.5%,与各自着卵量降幅相仿,但 4588 小区这两个指标呈大幅反弹,与对照相比,两年平均幼虫量仅降低 13.1%,受害量甚至略有加大,其原因在于 4588 极少油腺,这可反证油腺的抗生作用。我们应注意到,三个杂种 1 代茸毛密度介于双亲本之间,其百株累积卵量降幅也处于这一水平,分别为 20.6%、24.7%和 14.4%,这说明棉叶茸毛密度与其抗性效果有较高的相关性。

表 5 茸毛性状抗性观察结果*

年代	品种(处理)	百株累积卵量	±%	百株平均幼虫量	±%	百株平均蕾铃被害量	±%
1995	鲁棉 1 号 ^B	357 a		39 a		133 a	
	岱 16 ^A	253 b	-29.1	28 b	-31.7	91 b	-31.6
	光叶岱字棉 ^A	240 b	-32.8	25 b	-35.9	79 b	-40.6
	4588 ^A	193 a	-44.8	34 a	-17.1	126 a	-5.3
1996	鲁棉 1 号	97 a		11 a		26 ab	
	4588×鲁棉 1 号 ^B	83 ab	-14.4	9 bc	-18.2	23 bc	-11.5
	岱 16×鲁棉 1 号 ^B	77 bc	-20.6	9 bc	-18.2	21 cd	-19.2
	光岱×鲁棉 1 号 ^B	73 bc	-24.7	8 cd	-27.3	19 de	-26.9
	岱 16	67 cd	-30.9	7 d	-36.4	17 e	-34.6
	光叶岱字棉	60 de	-38.1	7 d	-36.4	15 e	-42.3
	4588	53 e	-45.4	10 ab	-9.1	29 a	+11.5

* A 光叶; B: 有茸毛

2.5 蜜腺

美棉 12 与江苏棉 1 号相比，三项指标均无显著差异，这是因为无蜜腺抗虫主要原因在于不能为成虫提供补充营养，从而导致成虫产卵量减少，但在小区试验条件下，由于成虫的飞行习性，可在相邻的有蜜腺小区上取食，从而使无蜜腺抗性难以表达。但对 HG-BR-8 而言，两年平均百株累积卵量减少了 22.1%，百株平均幼虫量和百株平均蕾铃受害量减少了 27.2% 和 22.7%，说明高油腺具有一定抗性。由表 6 结果还可看到，美棉 12×江苏棉 1 号 F₁ 未表现出明显差异，HG-BR-8×江苏棉 1 号 F₁ 因油腺密度降低，也没有显著的抗性表现。

2.6 油腺

油腺中的棉酚、单宁等物质能与蛋白质形成不可逆的聚合物，还能抑制淀粉酶、ATP 酶的活性，因而密集的油腺对棉铃虫表现出较强的抗性。和中无 151 相比，光叶岱字棉不仅有较密的油腺而且叶片光滑少毛，使其着卵量大为减少，仅为中无 151 的 70.1%，幼虫更降到 45.1%，并最终使受害显著减轻。HG-BR-8 有密集的油腺，因此尽管其着卵量与中无 151 相当，但百株幼虫量有显著降低，在 1995 与 1996 年试验中各下降了 43.1% 和 47.1%，最终使蕾铃受害减少了 49.1% 和 53.6%（表 7）。

表 6 无蜜腺性状抗虫观察结果*

年代	品种(处理)	百株累积卵量	±%	百株平均幼虫量	±%	百株平均蕾铃被害量	±%
1995	江苏棉 1 号(Ne)	393 a		41 a		114 a	
	美棉 12(ne)	327 a	-16.8	34 a	-17.1	105 a	-7.9
	HG-BR-8(ne)	310 b	-21.1	29 b	-29.3	86 b	-24.6
1996	美棉 12×江苏 1 号 F ₁ (Ne)	107 a	+7.0	13 a	+8.3	22 ab	-8.3
	江苏棉 1 号	100 ab		12 ab		24 a	
	HG-BR-8×江苏 1 号 F ₁ (Ne)	97 ab	-3.0	11 b	-8.3	20 b	-16.7
	美棉 12	83 bc	-17.0	10 bc	-16.7	21 ab	-12.5
	HG-BR-8	77 c	-23.0	9 c	-25.0	19 b	-20.8

* ne: 无蜜腺; Ne: 有蜜腺

表 7 油腺性状抗虫观察结果*

年代	品种(处理)	百株累积卵量	±%	百株平均幼虫量	±%	百株平均蕾铃被害量	±%
1995	中无 151 (gl)	337 a		51 a		169 a	
	HG-BR-8 (Gl)	310 a	-8.0	29 b	-43.1	86 b	-49.1
	光叶岱字棉 (Gl)	240 b	-28.8	25 b	-50.9	79 b	-53.3
1996	中无 151	87 a		17 a		41 a	
	HG-BR-8	77 a	-11.5	9 b	-47.1	19 b	-53.6
	光叶岱字棉	60 b	-31.0	7 b	-58.9	15 b	-63.4

* Gl: 有油腺; gl: 无油腺; 光叶岱字棉与 HG-BR-8 对中无 151 杂交的 F₁ 都用于去海南种植以获得 F₁ 自交种子，故此试验未能考察 F₁ 抗性

3 讨论

鸡脚叶抗性主要在于造成不利棉铃虫的小环境,但在小区试验中因为面积小,对环境影响不可能很大,未能表现出较好的抗性,估计在大田情况下效果会更好一些。棉花自身抗虫性与其生育期或者说棉铃虫世代有关,因为三代主要将卵产在幼蕾及群尖上,这势必减弱鸡脚叶因叶面积小而具有的部分抗虫性。本试验采用了百株平均蕾铃受害量这一指标,是因为考虑到蕾铃受害率是一个相对指标,和棉花本身结蕾性及受害后补偿性有关,未必能准确反映形态相似情况下棉铃虫对不同品种的危害情况。

考察棉花不同性状的抗虫性,应依据其机理采用不同方法与指标,如叶色、窄卷苞叶、无茸毛主要通过减少产卵达到避害,研究这些性状应从着卵量入手,但腺体主要通过其中次生代谢物质起抗生作用。卵量就难以准确反映其抗性。从试验中可以看出,对同一品种而言,它所具有的不同性状在抗虫效果上可表现出累加,也有可能互相削弱以致抵销,这在生产尤其是抗性育种中极需注意。

另外王琛柱研究证明棉酚和槲皮素在低剂量时对棉铃虫生长有刺激作用,高剂量才表现为抑制^[9],那么作为形态上直观反应的油腺在抗感上是否也有数量上的分界?在生产中我们不能仅仅依靠形态抗虫,一些能影响化防药剂分布的形态如鸡脚叶、窄卷苞叶除了自身抗性外对化防效果能否提高,能提高多少?总之,要想真正弄清楚棉花形态抗虫的机理与应用,还有很多问题有待于进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Lukefahr M J, Houghtaling J E, Graham H M. Suppression of *Heliothis* populations with glabrous cotton strains. *Jour. Econ. Entomol.*, 1971, **64** (2): 486~488
- 2 方昌源等. 棉叶茸毛密度与抗蚜性抗棉铃虫性关系的研究. 棉花病虫害综合防治及研究进展. 北京: 农业出版社, 1990, 290~295
- 3 周明群. 作物抗虫性原理及应用. 北京: 北京农业大学出版社, 1991, 24~41
- 4 Jenkins J N, Parrott W L. Effectiveness of frego bract as a boll weevil resistance character in cotton. *Crop Sci.*, 1971, **11**: 739~743
- 5 张永孝等. 外翻苞叶棉 2643, 2453 的抗虫性鉴定及抗性机理分析. 棉花病虫害综合防治及研究进展. 北京: 农业出版社, 1990, 57~62
- 6 Lukefahr M J, Houghtaling J E, Gruhm D G. Suppression of *Heliothis* spp. with cottons containing combinations of resistant characters. *J. Econ. Entomol.*, 1975, **68**: 743~746
- 7 Bottger G T, Sheehan E T, Lukefahr M J. Relation of gossypol content of cotton plants to insect resistance. *J. Econ. Entomol.*, 1964, **57**: 283~285
- 8 马丽华等. 棉叶棉酚含量与棉叶色素腺数目与棉花抗虫性的关系. 棉花病虫害综合防治及研究进展. 北京: 农业出版社, 1990, 271~278
- 9 王琛柱. 棉花它感素对棉铃虫幼虫取食及生长发育的影响. 首届全国中青年植物保护科技工作者学术讨论会论文集. 1991, 366~372

ON THE RESISTANCE OF COTTON LINES HAVING DIFFERENT MORPHOLOGICAL CHARACTERS AND THEIR F₁ HYBRIDS TO COTTON BOLLWORM

Wu Lifeng Cai Qingnian Zhang Qingwen

(Department of Entomology, China Agricultural University Beijing 100094)

Abstract Based on two years field trials, the morphological resistance of cotton lines to cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) were analysed. The results showed that the three indices, namely, the accumulated eggs, mean larval number and damaged square + boll number/100 plants, in the plots of cotton lines having red leaf, okra leaf, and frego bract were decreased by 28.1%, 31.45% and 36.0%; 19.0%, 25.4% and 28.4%; and 25.8%, 32.9% and 34.0% in comparison with the check plots, respectively. The larval number and damage of square and boll of those possessing high oil gland density, i. e. rich in terpenoid contents, were 45.1% and 51.4% lower than the check plots, respectively. There were coordinated action in those having both okra and red leaf, red leaf and frego bract or glabrous leaf and denser oil gland number characters, and the three indices of these combinations were 48.3%, 55.2% and 57.9%; 52.7%, 58.3% and 60.6%; and 29.9%, 54.9% and 58.3% lower than the checks respectively. The F₁ hybrids of the check separately crossed with red, okra or glabrous leaf lines had kept their own resistance to cotton bollworm in various degrees, while the bract of F₁ crossed with frego leaf line turned normal and no resistance expressed. Possibly owing to the narrow condition of plot, the cotton lines without (outside flower) nectary glands did not show resistance.

Key words cotton, cotton bollworm, resistance to insect