

转单价及双价基因抗虫棉田棉铃虫发生动态初报^{*}

周洪旭 郭建英 万方浩^{**} 张桂芬 刘万学

(中国农科院农业环境与可持续发展研究所 北京 100081)

摘要 试验研究转单价及双价基因抗虫棉田棉铃虫的发生动态结果表明,转单价及双价基因抗虫棉的棉叶、蕾、铃被害率均显著低于常规棉,抗虫棉田第 2 代、3 代棉铃虫幼虫发生数量均很少,第 4 代虽有一定数量发生但低于常规棉棉田。第 2 代、3 代和 4 代棉铃虫发生期间,转单价及双价基因抗虫棉田其幼虫平均数量及棉叶、蕾、铃被害率均未达显著差异水平,表明在田间转单价与双价基因抗虫棉对棉铃虫的抗性差异不明显。

关键词 转基因棉花 棉铃虫 被害率

Population dynamics of *Helicoverpa armigera* Hübner in transgenic cotton, SGK321, GK12 and 33B. ZHOU Hong-Xu, GUO Jian-Ying, WAN Fang-Hao, ZHANG Gui-Fen, LIU Wan-Xue (Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China), *CJEA* 2005, 13(4):157~160

Abstract The population dynamics of cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hübner) in transgenic cotton, SGK321, GK12 and 33B were studied. It showed that the damage rates of leaves, squares and bolls in transgenic cotton SGK321, GK12 and 33B fields were lower than those in non-transgenic cotton fields. There were much less larvae in the transgenic cotton fields during the second and third generations of *H. armigera*. Although the number of the fourth generation larvae in transgenic cotton fields was more than that of the third generation, it was still less than that in the non-transgenic cotton fields. There were no significant differences among transgenic Cry1Ac & CpTI cotton (SGK321), transgenic Cry1Ac & Ab cotton (GK12) and transgenic Cry1Ac (33B) cotton, when the numbers of larvae and the damage rates of leaves, squares and bolls were compared during the second, third and fourth generations of *H. armigera*. It indicates that the resistance of SGK321, GK12 and 33B to cotton bollworm does not differ in the fields.

Key words Transgenic cotton, Cotton bollworm, Damage rate

(Received June 9, 2004; revised July 18, 2004)

近年来转基因抗虫棉的培育成功及其大面积推广种植,为防治棉铃虫提供了良好契机。继转单价基因棉培育成功后,1998 年采用花粉管通道法将 Bt 基因和 CpTI(豇豆胰蛋白酶抑制剂)基因转入“中棉所 19”、“中棉所 23”等受体棉花中^[1],成功培育了转双价基因棉,为延长转基因棉的使用寿命开辟了新途径。但转 Bt 杀虫蛋白基因的表达在棉花体内存在明显的时空差异^[2],不同时间、不同器官对棉铃虫的杀虫效果和控制作用不同。转基因棉田棉铃虫发生规律及其特点的研究已见诸报道^[3],但有关转双价基因抗虫棉田棉铃虫发生规律及其特点的研究鲜见报道。本试验研究了转单价、双价基因抗虫棉田棉铃虫的发生动态,为综合治理转基因棉田棉铃虫提供理论依据。

1 试验材料与方法

试验在位于河北省南皮县的中国科学院南皮生态农业试验站进行,5 个供试棉花品种为转单价基因棉“GK12”(转 Cry1A 基因),由中国农业科学院生物技术研究所棉花生产基地梁山县种子公司提供,其亲本“泗棉 3 号”由江苏省泗阳棉花原种场提供;33B(转 Cry1Ac 基因),由美国 Monsanto 和河北省冀岱棉种技术有限公司提供;转双价基因棉“SGK321”(转 Cry1Ac 和 CpTI(豇豆胰蛋白酶抑制剂)2 种基因)及其亲本“石远 321”,由中国农业科学院生物技术研究所廊坊科研基地提供。2002 年 4 月 26 日自南向北依次种植“SGK321”、“泗棉 3 号”、“石远 321”、“33B”和“GK12”5 个棉花品种,每品种种植面积 0.20hm²,地膜覆盖,每

^{*} “十五”国家科技攻关重大项目(2004BA516A01)、国家重点基础研究(973)发展规划项目(G2000016209)、欧盟项目(ICA4-CT-2001-10069)及“十五”中国科学院项目(NK 十五-A-03)资助

^{**} 通讯作者

收稿日期 2004-06-09 改回日期 2004-07-18

2 个品种间种植 3 行玉米作为隔离带,常规栽培管理。棉花全生育期尽量少用药,仅在棉蚜和绿盲蝽发生高峰期适当用药进行防治,即于 5 月 29 日、7 月 5 日、7 月 20 日分别喷施 1000 倍液“百草 1 号”(0.36% 苦参碱),7 月 31 日喷施 10% 杀吡啉可湿性粉剂 300g/hm² 和 1000 倍液蜡甲净乳油,用 TS-12 拖拉机机动喷雾。于 6 月 13 日至 9 月 16 日采用棋盘式 10 点取样法,每 5d 定点定株调查 1 次,每点调查 10 株棉花(7 月 15 日后调查数量减半)上的棉铃虫各虫态及数量;7 月 3 日、8 月 20 日、9 月 10 日在上述已标记的 10 点上分别调查第 2 代、3 代、4 代棉铃虫对棉花叶、花、蕾、铃的危害状况,并调查记录每株棉花的被害叶片数量及被害指数,叶片被害指数按每片叶片受害后破损面积占叶片总面积的 0%(0)、1%~19%(1)、20%~39%(2)、40%~59%(3)、60%~79%(4)、80%~100%(5)划分为 6 级,其计算式为:

$$\text{叶片被害指数}^{[4,5]} = \left[\sum (\text{各级被害叶片数} \times \text{各级级别}) \right] / (\text{调查叶片总数} \times \text{最高级别}) \quad (1)$$

用 SPSS 8.0 统计软件对棉铃虫卵和幼虫发生数量及棉花叶片、蕾、铃被害率与叶片被害指数进行多重比较方差分析。

2 结果与分析

2.1 棉铃虫在转 Bt 基因棉的发生动态

棉铃虫卵的发生动态。图 1 表明第 1 代、2 代和 3 代棉铃虫成虫在棉花产卵高峰期分别为 6 月下旬、7

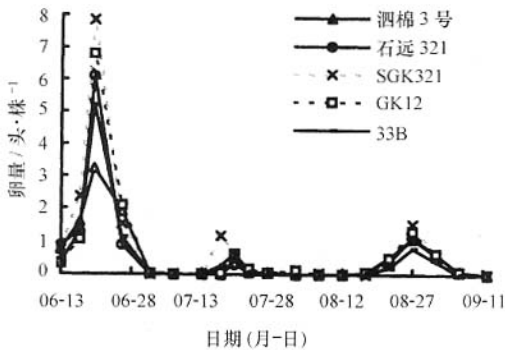


图 1 转基因棉花棉铃虫卵的发生动态 (河北南皮, 2002 年)

Fig. 1 Dynamics of cotton bollworm eggs in different cotton fields (Nanpi County, Hebei Province, 2002)

月下旬和 8 月底。第 1 代棉铃虫幼虫主要在麦田发生面积大且存活数量多,其成虫从麦田向棉田转移,使第 2 代落卵量在棉铃虫整个发生期最高。第 3 代卵量明显小于 2 代卵量,其原因可能一是转基因棉花前期对棉铃虫抗性强,使多数第 2 代幼虫不能正常发育,导致其成虫减少,因而第 3 代落卵量较少;二是因第 2 代成虫发生期间连续几次大雨使部分蛹死亡,尤其是 7 月 17 日 56.3mm 降雨使部分已羽化成虫冲刷致死。由于转基因棉花后期抗性降低,第 3 代成虫数量相对增多,故第 4 代卵量比 3 代卵量稍有增加,但仍低于 2 代卵量。5 个棉花品种第 2 代、3 代和 4 代棉铃虫平均落卵量均无显著差异(见表 1)。

棉铃虫幼虫的发生动态。图 2 表明第 2 代棉铃虫幼虫在不同品种棉田的发生数量为“泗棉 3 号”最高,“GK12”最低,而表 1 表明第 2 代棉铃虫卵量在各棉田差异不显著,说明转单价基因抗虫棉“GK12”上的棉铃虫幼虫死亡率高,能有效控制棉铃虫发生量;转双价基因抗虫棉田“SGK321”6 月 20 日的初孵幼虫数量较高(0.32

表 1 转基因棉花各代棉铃虫平均落卵量、幼虫数量比较*

Tab. 1 Numbers of cotton bollworm eggs and larvae in different cotton fields

棉铃虫世代 Generation	棉花品种 Varieties	卵量/粒·株 ⁻¹ No. of eggs	幼虫数量/头·株 ⁻¹ No. of larvae
第 2 代	泗棉 3 号	1.50 ± 0.54a	0.26 ± 0.08a
	GK 12	2.06 ± 1.24a	0.03 ± 0.01b
	石远 321	1.83 ± 1.09a	0.13 ± 0.04ab
	SGK 321	2.50 ± 1.39a	0.07 ± 0.06b
	33 B	1.58 ± 0.93a	0.03 ± 0.03b
第 3 代	泗棉 3 号	0.08 ± 0.05a	0.06 ± 0.03a
	GK 12	0.16 ± 0.09a	0.00 ± 0.00b
	石远 321	0.08 ± 0.05a	0.04 ± 0.02ab
	SGK 321	0.33 ± 0.19a	0.01 ± 0.01b
	33 B	0.16 ± 0.10a	0.00 ± 0.00b
第 4 代	泗棉 3 号	0.46 ± 0.19a	0.24 ± 0.07a
	GK 12	0.51 ± 0.23a	0.04 ± 0.01b
	石远 321	0.43 ± 0.20a	0.28 ± 0.08a
	SGK 321	0.51 ± 0.27a	0.02 ± 0.01b
	33 B	0.28 ± 0.14a	0.03 ± 0.01b

* 不同字母表示差异显著(P < 0.05),下同。

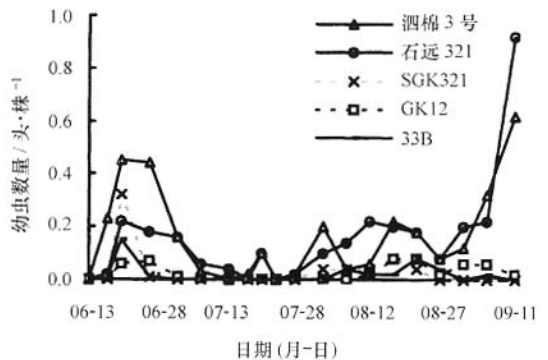


图 2 转基因棉花棉铃虫幼虫的发生动态 (河北南皮, 2002 年)

Fig. 2 Dynamics of larvae of cotton bollworm in different cotton fields (Nanpi County, Hebei Province, 2002)

头/株),此后由于“SGK321”的抗虫性,初孵幼虫存活率很低,至6月26日其幼虫密度仅为0.01头/株,而其亲本“石远321”上棉铃虫幼虫数量始终较高,说明转双价基因抗虫棉亦能很好地控制棉铃虫发生程度。第3代棉铃虫幼虫发生数量少,但“泗棉3号”上仍有较多幼虫。第4代幼虫在抗虫棉发生数量仍很少(8月17日“GK12”上为0.08头/株),而2种常规棉上的发生数量却较多(8月17日“泗棉3号”上为0.22头/株;“石远321”上为0.20头/株),表明转基因棉花生长后期对棉铃虫仍有一定抗性。对棉铃虫各代幼虫平均发生数量的方差分析表明,转双价基因棉田“SGK321”第2代棉铃虫幼虫数量极显著高于第3代数量($P=0.001$, LSD),这是由于第1代棉铃虫落卵量高于2代,初孵幼虫数量多所致;第2代、3代、4代棉铃虫幼虫数量在转单价基因抗虫棉“GK12”、“33B”与转双价基因抗虫棉“SGK321”间差异均不显著,但第2代、3代棉铃虫发生期间对棉铃虫的抗性强,至转基因棉生长后期其抗性降低,故“GK12”棉田第4代棉铃虫幼虫数量高于3代数量($P=0.015$, LSD)。

2.2 各代棉铃虫发生期间不同品种棉花叶片被害率及被害指数比较

表2表明第2代棉铃虫发生期间转单价基因抗虫棉“GK12”、“33B”叶片被害率及被害指数、蕾被害率和蕾脱落数量均显著低于“泗棉3号”;转双价基因抗虫棉“SGK321”叶片被害率及被害指数和蕾被害率均显著低于“石远321”,而蕾脱落数量差异不显著;3种抗虫棉叶片被害率及被害指数和蕾被害率均差异不显著,说明第2代棉铃虫发生期间转单价基因抗虫

表2 第2代棉铃虫发生期间转基因棉花被害率及被害指数比较

Tab. 2 Mean damage rate and damage index of cotton by the second generation cotton bollworm in different cotton fields

品 种 Varieties	叶片被害率/% Damage rate of leaves	叶片被害指数 Damage index of leaves	蕾被害率/% Damage rate of squares	蕾脱落数/个·株 ⁻¹ No. of fallen squares
泗棉3号	20.4±2.3a	8.1±0.5a	7.5±1.7a	4.2±0.5a
GK 12	4.0±0.8b	1.1±0.2b	1.7±0.7b	1.8±0.2b
石远321	10.9±2.6c	3.5±0.8c	5.4±1.1a	1.0±0.3c
SGK 321	1.0±0.7b	0.2±0.1b	1.1±0.8b	0.2±0.1c
33 B	3.4±0.8b	0.8±0.2b	0.9±0.4b	0.9±0.2c

表3 第3代棉铃虫发生期间转基因棉花被害率比较

Tab. 3 Damage rate of cotton by the third generation cotton bollworm in different cotton fields

品 种 Varieties	被害率/% Damage rate		
	蕾 Square	花 Flower	铃 Boll
泗棉3号	8.3±1.5a	17.9±7.1a	6.3±2.2a
GK 12	0.5±0.2b	0.0±0.0b	0.3±0.3b
石远321	6.3±1.8a	6.0±5.0b	2.3±1.4b
SGK 321	0.3±0.2b	0.0±0.0b	1.4±0.8b
33 B	0.0±0.0b	0.0±0.0b	0.8±0.6b

棉与转双价基因抗虫棉对棉铃虫的抗性差异不显著。由于第2代、3代棉铃虫发生期间绿盲蝽和棉铃虫对棉花危害严重,致使第3代、4代棉铃虫发生期间已很难区分二者对棉花叶片的危害,故未调查第3代、4代棉铃虫对棉花叶片的危害。

表3表明第3代棉铃虫发生期间转单价基因抗虫棉“GK12”和“33B”蕾、花、铃被害率均显著低于“泗棉3号”;转双价基因抗虫棉“SGK321”蕾被害率显著低于“石远321”,而花、铃被害率差异不显著;且3种抗虫棉中蕾、花、铃被害率差异均不显著。表4表明第4

代棉铃虫发生期间转单价基因抗虫棉“GK12”和“33B”蕾、幼铃、成铃被害率均显著低于“泗棉3号”;转双价基因抗虫棉“SGK321”蕾、幼铃、成铃被害率显著低于“石远321”;且3种抗虫棉间棉蕾、幼铃及成铃被害率差异均不显著。9月10号的调查显示转单价基因抗虫棉“GK12”、“33B”成铃数量显著高于“泗棉3号”,转双价基因抗虫棉“SGK321”成铃数量显著高于“石远321”,而2种常规棉“泗棉3号”和“石远321”间、3种抗虫棉“33B”、“GK12”和“SGK321”间成铃数量差异均不显著。

表4 第4代棉铃虫发生期间转基因棉花被害率比较

Tab. 4 Damage rate of cotton by the fourth generation cotton bollworm in different cotton fields

品 种 Varieties	被害率/% Damage rate			成铃数/个·株 ⁻¹ No. of adult bolls
	蕾 Square	幼铃 Young boll	成铃 Adult boll	
泗棉3号	8.6±1.8ac	8.8±2.8a	6.6±1.3a	9.6±0.8a
GK 12	0.0±0.0b	0.9±0.5b	0.9±0.5b	17.3±1.6b
石远321	13.9±6.1a	8.9±2.2a	9.3±0.3a	11.0±2.1ac
SGK 321	1.2±0.8bc	1.2±0.9b	1.7±0.4b	17.6±1.1b
33 B	0.0±0.0b	1.0±0.6b	1.8±0.9b	14.3±0.8bc

3 小结与讨论

本研究表明转单价基因抗虫棉田和转双价基因抗虫棉田棉铃虫发生数量无明显差异,但转基因棉叶、蕾、铃被害率显著低于常规棉,说明转基因棉对棉铃虫有较高的抗性,且有良好的控制作用。棉铃虫第1代

棉铃虫第1代

成虫在棉田落卵量较大,但由于转基因棉的抗性,第2代幼虫存活率低,虫源基数少,使第3代落卵量也很低,因转基因棉后期抗性逐渐降低,故第4代落卵量比第3代增多,其幼虫存活率增加。

豇豆胰蛋白酶抑制剂基因(CpTI)具有广谱抗虫特性,对大部分鳞翅目和部分鞘翅目害虫具有抑制作用^[6]。转双价抗虫棉“SGK321”成功转入CpTI与Bt基因后,室内实验结果表明其棉叶、蕾对棉铃虫的抗性强于转单价基因抗虫棉^[7,8],但本研究田间调查结果表明第2代、3代和4代棉铃虫发生期间转双价基因棉“SGK321”与转单价基因抗虫棉“GK12”、“33B”棉铃虫发生数量及叶、蕾、铃被害率差异均不显著,转双价基因棉“SGK321”对棉铃虫的抗性并未明显提高,这与李付广等^[1]研究结果基本一致,这可能由于Bt基因与CpTI(豇豆胰蛋白酶抑制剂)基因的相互拮抗作用,而使Bt杀虫晶体蛋白的毒性降低;也可能是由于豇豆胰蛋白酶抑制剂基因的作用导致棉铃虫食用更少叶片,从而使其体内含有相对较低的Bt毒蛋白所致。CpTI基因与Bt基因在田间受环境因素的综合作用,使转双价基因抗虫棉对棉铃虫的抗性与室内测定结果有所不同,其原因尚待进一步研究。

国外研究报道转单价基因抗虫棉在生产中一般只能应用8~10年,而转双价基因抗虫棉使用年限可延长到20~30年^[12],棉铃虫对转Bt基因棉产生抗性只是时间问题。因此在实行转Bt基因棉与非转Bt基因棉混合种植为敏感个体提供“避难所”、降低防治指标^[9]的前提下,应进一步研究转双价基因抗虫棉在田间的应用方法^[10,11],以延缓棉铃虫抗性的产生,延长转基因棉的使用寿命,为防治棉铃虫发挥更大的作用。

致谢 吉林农业大学2000级研究生孟昭君、山东农业大学2000级研究生董亮、河北农业大学1999级本科生闪慧月参加了本项部分研究工作,谨表谢意!

参 考 文 献

- 1 李付广,崔金杰,刘传亮等. 双价基因抗虫棉及其抗性研究. 中国农业科学, 2000, 33(1):46~52
- 2 赵建周,赵奎军,卢美光等. 华北地区棉铃虫与转Bt杀虫蛋白基因棉花间的互作研究. 中国农业科学, 1998, 31(5):1~6
- 3 张惠珍等. 转Bt基因抗虫棉田棉铃虫消长规律及危害特点. 昆虫知识, 2000, 37(3):146~148
- 4 孔凡明,左言龙,刘合群等. 大别山区中稻负泥虫种群动态与为害损失及防治指标的研究. 安徽农业科学, 1992, 20(4):357~359
- 5 桂连友,孟国玲,龚信文等. 茄子田间抗蚜鉴定. 湖北农学院学报, 1999, 19(4):307~309
- 6 陈恩深. 广谱抗虫基因转化烟草抗虫成功. 农业科技要闻, 1992(10):2
- 7 范贤林,芮昌辉,许崇任等. 转双价基因抗虫棉对棉铃虫的抗性. 昆虫学报, 2001, 44(4):582~585
- 8 芮昌辉,范贤林,郭三堆等. 双价基因(Bt+CpTI)抗虫棉对棉铃虫的杀虫活性及抑制生长作用. 棉花学报, 2001, 13(6):337~341
- 9 马丽华,李春花. 中棉所29对棉铃虫的抗性及其三代防治指标研究. 中国棉花, 2000, 27(3):20
- 10 周洪旭,万方浩,刘万学等. 绿盲蝽在转Bt基因抗虫棉的发生动态及其为害研究. 中国生态农业学报, 2003, 11(3):13~15
- 11 董亮,万方浩,张桂芬等. 转Bt基因抗虫棉对中华草蛉发育及繁殖的影响研究. 中国生态农业学报, 2003, 11(3):16~18
- 12 Roush R. Resistance management for Bt-transgenic cotton. The Australian Cotton Grower, 1994, 15(2):17~20