

新疆棉区转Bt基因棉对棉铃虫抗性表达及对节肢动物的影响

刘小侠¹ 汪飞² 徐静¹ 张青文^{*1} 封红兵¹ 宋荣²

(1 中国农业大学 植物保护学院, 北京 100094; 2 新疆农科院 植保所, 乌鲁木齐 830000)

摘要 2000—2001 年在新疆喀什叶城县研究了转Bt基因棉MD-80不同发育阶段对棉铃虫的抗性表达和棉田节肢动物群落。结果表明: 1) 转Bt基因棉棉叶对棉铃虫初孵幼虫有2个抗性高峰即5月中下旬和7月底, 抗性分别为94.5%和83.3%, 8月份抗性最低(22.7%), 而河南的研究表明8月份正是第2个抗性高峰, 抗虫效果高达93.8%; 2) 7月上旬棉株不同器官抗棉铃虫的强弱依次为: 棉苞叶(96.7%)、棉蕾(74.2%)、花瓣(60%)、棉叶(50.2%)、棉铃(30%)、花蕊(26.8%); 3) 转Bt基因棉对不同龄期棉铃虫抗性随着龄期的增大而降低; 4) 节肢动物群落多样性、均匀度顺序依次为普通棉对照田(不进行任何防治, $Q_{770.6}$ 和 $Q_{188.3}$)、Bt棉药防田(使用化学农药防治害虫, $Q_{396.8}$ 和 $Q_{093.1}$)、Bt棉自控田(仅依靠自然天敌控制害虫, $Q_{221.1}$ 和 $Q_{054.9}$), 优势集中性依次为Bt棉自控田($Q_{926.4}$)、Bt棉药防田($Q_{862.5}$)、普通棉对照田($Q_{688.1}$), 表明普通棉对照田的节肢动物群落最稳定, Bt棉药防田次之, Bt棉自控田最差。

关键词 棉铃虫; 转Bt基因棉; 抗性表达; 群落

中图分类号 S435.622.4

Transgenic Bt Cotton's Expression on Cotton Bollworm's Resistance and Effect on the Arthropod Community in the Field of South Xinjiang

Liu Xiaoxia¹ Wang Fei² Xu Jing¹ Zhang Qingwen¹ Feng Hongbing¹ Song Rong²

(1 College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2 Xinjiang Agricultural Institute, Wulumuqi 830000, China)

Abstract From 2000—2001, various parts of transgenic Bt cotton were tested with cotton bollworm larvae at different growing stages and investigated arthropod community structure in Yecheng, Xinjiang. The results were as follows: 1) Transgenic Bt cotton showed the highest resistance to cotton bollworm at the last ten days of May and July, which were 94.5% and 83.3%, but the resistance was the lowest in August (22.7%). 2) Different organs have different resistance to larvae of cotton bollworm, which was cotton bract (96.7%), cotton bud (74.2%), cotton petal (60%), cotton leaf (50.2%), cotton boll (30%), cotton pistil (26.8%) on the first ten days of July. 3) Elder larvae have more ability to resist Bt cotton than younger larvae. 4) The diversity and evenness index were the common cotton without controlling any pest ($Q_{770.6}$ and $Q_{188.3}$), the Bt cotton field which utilized pesticides to control pest ($Q_{396.8}$ and $Q_{093.1}$), the Bt cotton field with natural enemies to control pests ($Q_{221.1}$ and $Q_{054.9}$). The dominant concentration were Bt cotton field with natural enemies to control pests ($Q_{926.4}$), Bt cotton field which utilized pesticides to control pest

收稿日期: 2002-05-07

国家“973”资助项目(G2000016209)和农业部“发展棉花生产专项基金”资助项目(99032)

* 张青文, 教授, 博士生导师, 研究方向为 IPM 与植物抗虫性。联系作者。北京圆明园西路 2 号

(0 862 5)、the common cotton field (0 688 1). So the stability of arthropod in the common cotton field was better than that of the transgenic *Bt* cotton field

Key words cotton bollworm; transgenic *Bt* cotton; toxicity expression; community

培育和种植抗虫棉是棉花害虫治理,尤其是棉铃虫治理的重要措施之一。80年代中期以前,主要利用形态抗性和生化抗性等常规的育种方法将抗虫基因转入棉株,获得抗虫棉品种(系)^[1]。此后,随着生物技术的飞速发展,人们可成功地将外源抗虫基因导入棉花,获得了转基因抗虫棉品种(系)。

转 *Bt* 基因棉的研制成功给棉铃虫等鳞翅目害虫的治理带来了一个全新的方法,目前国内许多人就转 *Bt* 基因棉对棉铃虫及其他节肢动物群落的影响开展了研究^[2-5],但是关于转 *Bt* 基因棉在南疆棉区对棉铃虫抗性的时空表达及节肢动物群落结构等方面的系统研究尚无报道,而南疆棉区是我国3大棉区之一,棉花生产在新疆乃至西部发展中占有重要的作用。棉铃虫在新疆部分棉区发生,尤其在南疆棉区第3代棉铃虫发生危害较重。考虑到生态安全性问题,*Bt* 棉尚未允许在该地区进行推广。为了研究转 *Bt* 基因棉在新疆棉区的适应性,对棉铃虫的控制作用及生态安全性,我们在对华北棉区转 *Bt* 基因棉田间节肢动物群落结构特征研究的基础上^[6],于2000—2001年首次在新疆叶城县棉田进行了此项研究,以便为转 *Bt* 基因棉在新疆的推广应用和正确使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验处理

2000年和2001年4—9月,在新疆喀什地区叶城县进行了棉田田间及室内试验。

Bt 棉自控田: 种植转 *Bt* 基因棉MD-80(转入的基因为 *Bt cry 1A (c)*, 由邯郸农科院提供) 667 m², 全生育期不施用任何农药防治害虫。

Bt 棉药防田: 种植转 *Bt* 基因棉MD-80 667 m², 采用化学防治措施防治害虫, 对棉伏蚜在百株2000头以上的用40%久效磷1000倍喷雾防治; 2、3代棉铃虫百株幼虫(2龄以上)达到10头以上时, 用2.5%的功夫乳油1000倍液喷雾防治。

普通棉对照田(CK): 品种为MD-80的受体棉邯93-2, 种植667 m², 不施用任何农药防治害虫。

1.2 室内试验方法^[7]

田间摘取转 *Bt* 基因棉的不同器官, 以受体常规棉作对照, 接室内人工饲养的棉铃虫幼虫, 每日更换饲料, 观察记载其存活情况, 计算第5天校正死亡率。

1.3 田间调查方法

根据棉铃虫的空间分布型及新疆棉区棉田害虫发生特点, 调查方法采用棋盘式抽样方法, 每个处理每次取样10个点, 每点10株。各处理棉田每5d调查1次。

1.4 分析方法

统计分析各类型棉田节肢动物群落的优势种^[8]、优势度^[8]、多样性^[9,10]、均匀度^[9,10]、优势集中性^[9,10]等各项指标, 用DPS数据分析软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 转 *Bt* 基因棉对棉铃虫抗性的时空表达

2.1.1 转 *Bt* 基因棉对棉铃虫初孵幼虫抗性的时空表达(图1) 5月下旬棉花营养生长期抗性最强, 6月份棉花各组织的抗性开始下降, 6月中旬抗性最弱, 以后又开始回升, 到7月底各组织的

抗性上升到第 2 个高峰, 8 月份随着棉株衰老抗性显著下降。不同器官对棉铃虫初孵幼虫的抗性表现为: 棉苞叶 > 棉蕾 > 花瓣 > 棉叶 > 棉铃 > 花蕊。Duncan's 新复极差分析结果表明, 棉蕾与花瓣的抗性差异不显著, 与其他组织的抗性差异极显著, 棉铃与花蕊的抗性差异不显著, 与其他组织的抗性差异显著。

2.1.2 转 *Bt* 基因棉不同组织对不同龄期棉铃虫抗性时空表达 (图 2) 转 *Bt* 基因棉花的各组织对棉铃虫幼虫的抗性随着幼虫龄期的增大而减小, 棉苞叶、棉蕾、花瓣、棉叶对各龄幼虫的抗性波动较大, 棉铃、花蕊对棉铃虫各龄幼虫的抗性波动范围较小。不同组织对棉铃虫各龄幼虫的抗性表现为棉苞叶 > 棉蕾 > 花瓣 > 棉叶 > 棉铃 > 花蕊。Duncan's 新复极差分析结果表明, 棉蕾与花瓣的抗性差异不显著, 与其他组织的抗性差异极显著; 棉铃与花蕊的抗性差异不显著, 与其他组织的抗性差异极显著。这一结果与不同时期棉花不同组织对棉铃虫初孵幼虫抗性的时空动态实验结果相似。另外, 转 *Bt* 基因棉对不同龄期幼虫的抗性差异表现为: 初孵幼虫 > 1 龄幼虫 > 2 龄幼虫 > 3 龄幼虫 > 4 龄 > 5 龄 > 6 龄幼虫。Duncan's 新复极差分析结果表明, 对初孵幼虫的抗性与对 1 龄幼虫的抗性差异不显著, 与对其他龄期幼虫抗性差异极显著; 4 龄幼虫的抗性与对 5 龄、6 龄幼虫的抗性差异不显著, 与对其他龄期幼虫抗性差异极显著。

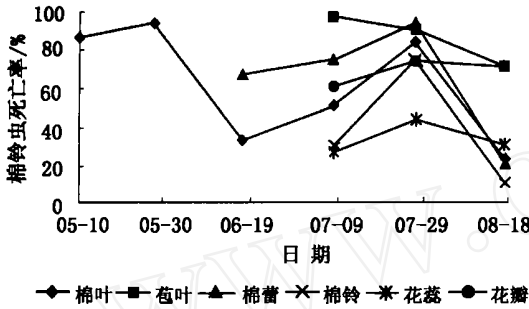


图 1 转 *Bt* 基因棉各生育期对棉铃虫抗性的时空表达 (离体)

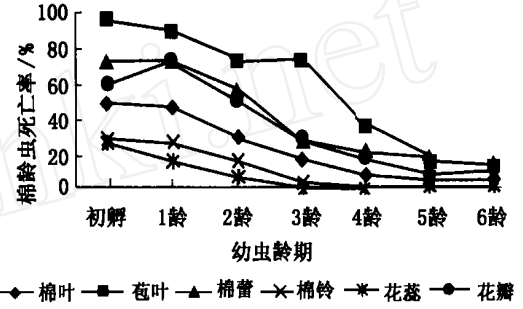


图 2 转 *Bt* 基因棉对棉铃虫各龄幼虫抗性的表达 (离体)

2.2 转 *Bt* 基因棉致 3 龄以下棉铃虫幼虫全部死亡所需天数 (图 3)

除取食花瓣的 1 龄幼虫的全部死亡所需天数小于初孵幼虫外, 1 龄幼虫全部死亡所需天数均多于或等于初孵幼虫全部死亡所需天数; 从全部死亡所需天数的变化范围来看, 初孵幼虫、1 龄幼虫全部死亡所需天数为 5~ 13、6~ 13 d。2 龄幼虫取食转 *Bt* 基因棉各组织后全部死亡所需天数远远大于初孵幼虫和 1 龄幼虫; 各龄幼虫取食转 *Bt* 基因棉的苞叶、棉蕾、花瓣等组织后其全部死亡所需天数, 均小于其取食棉叶、棉铃、花蕊等组织后全部死亡所需天数。这主要是因为取食棉叶、棉铃、花蕊等抗性相对较弱组织的棉铃虫幼虫由于摄入的毒素较少, 故而存活时间大于取食棉苞叶、棉蕾、花瓣等抗性较强组织的棉铃虫幼虫。

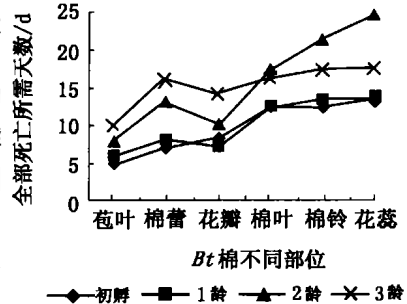


图 3 转 *Bt* 基因棉不同组织对棉铃虫各龄期幼虫抗性表现 (离体)

2.3 转 *Bt* 基因棉田对昆虫群落的影响

2.3.1 对优势种和优势度的影响 (表 1) *Bt* 棉药防田的优势害虫有棉蚜、棉蓟马和棉盲蝽; *Bt* 棉自控田的优势害虫有棉蚜、棉蓟马、棉盲蝽和蜘蛛; 普通棉对照田的优势害虫有棉蚜、

棉蓟马、棉盲蝽、红蜘蛛和棉铃虫。棉铃虫已不再是转 *Bt* 基因棉田的主要害虫, 而刺吸性害虫上升为主要害虫, 3 种处理棉田的优势天敌种类均为草蛉、多异瓢虫、黑食蚜盲蝽、小花蝽, 可见, 转 *Bt* 基因棉田天敌种类与对照田的差别不大, 这表明转 *Bt* 基因棉对天敌的影响不大。

表 1 各处理棉田节肢动物优势种的优势度

优势种		<i>Bt</i> 棉药防田	<i>Bt</i> 棉自控田	CK
害虫	棉蚜 <i>Aphis gossypii</i>	0.9505	0.9719	0.8597
	烟蓟马 <i>Thrips tabaci</i>	0.0407	0.0246	0.1203
	棉盲蝽 <i>Lygus lucorum</i>	0.0007	0.0004	0.0032
	红蜘蛛 <i>Tetranychus urticae</i>	—	0.0020	0.0043
	棉铃虫 <i>Helicoverpa armigera</i>	—	—	0.0003
天敌	草蛉 <i>Chrysopa fomalpa</i>	0.3591	0.3187	0.2168
	多异瓢虫 <i>A. donia variegata</i>	0.0628	0.0597	0.0818
	黑食蚜盲蝽 <i>D. eraeocoris punctulatus</i>	0.2732	0.2831	0.3071
	小花蝽 <i>O. riuus minutus</i>	0.1733	0.1779	0.2414
	逍遥蛛 <i>Philodromus</i> sp.	0.2958	—	—
	狡球腹蛛 <i>Theridion sisypium</i>	0.2535	0.2707	0.3120
	草间小黑蛛 <i>Eringonidium</i> sp.	0.2324	0.3910	0.2404

2.3.2 对群落稳定性的影响(表 2) 就 3 种处理棉田节肢动物群落和害虫亚群落而言, 多样性、均匀度都为普通棉对照田 > *Bt* 棉药防田 > *Bt* 棉自控田; 优势集中性为: *Bt* 棉自控田 > *Bt* 棉药防田 > 对照田。这说明对照田的节肢动物群落及害虫亚群落最稳定, 其次为 *Bt* 棉药防田, *Bt* 棉自控田的稳定性最差。3 种处理棉田的天敌亚群落的多样性为对照田 > *Bt* 棉药防田 > *Bt* 棉自控田, 均匀度为对照田 > *Bt* 棉自控田 > *Bt* 棉药防田, 优势集中性为 *Bt* 棉药防田 > *Bt* 棉自控田 > 对照田, 表明对照田的天敌亚群落最稳定, *Bt* 棉自控田略高于 *Bt* 棉药防田。

表 2 各处理棉田节肢动物群落及亚群落的参数值

参数值	<i>Bt</i> 棉自控田			<i>Bt</i> 棉药防田			CK		
	节肢动物群落	害虫亚群落	天敌亚群落	节肢动物群落	害虫亚群落	天敌亚群落	节肢动物群落	害虫亚群落	天敌亚群落
多样性	0.2211	0.1475	1.8813	0.3968	0.2447	1.8867	0.7706	0.5112	2.2263
均匀度	0.0549	0.0443	0.9453	0.0931	0.0688	0.5265	0.1833	0.1503	0.6166
优势集中性	0.9264	0.9453	0.2082	0.8625	0.9052	0.2206	0.6881	0.6166	0.1593

3 讨论

3.1 转 *Bt* 基因棉毒性的时空表达及其影响因素

在空间动态方面, 崔金杰^[11]在河南安阳的研究认为: 转 *Bt* 基因棉棉株不同组织对棉铃虫幼虫的抗性不同; 对于棉铃虫初孵幼虫, 7 月中旬以前抗性顺序为: 棉蕾 > 棉苞叶 > 花瓣 > 棉叶 > 花蕊; 8 月份不同器官的抗性为棉苞叶 > 棉蕾 > 花瓣 > 花蕊 > 棉叶。本研究结果与此基本相似。

在时间动态方面, 许多文献报道: 转 *Bt* 基因棉在华北对棉铃虫的抗虫性前期强, 后期弱^[12]。崔金杰等^[11]的室内测定表明, 棉花生长后期(7 月中旬至 8 月中旬)棉叶、棉蕾等器官抗性明显下降, 8 月下旬虽有回升, 但最后仍呈下降的趋势, 需要对棉铃虫进行化学防治。

与上不同的是,本研究结果表明,转 Bt 基因棉在南疆棉区对棉铃虫的抗性有2个高峰期:一个是6月初之前,另一个是7月底。在6月下旬~7月中旬是一个抗性低谷,8月份抗虫效果更差,而这时正是第3代棉铃虫的发生高峰期,也是危害关键世代,这就大大降低了转 Bt 基因棉的抗棉铃虫效果,原因有待进一步研究。

3.2 转 Bt 基因棉棉田节肢动物的影响

通过对3种处理棉田 Bt 棉药防田、 Bt 棉自控田、普通棉对照田的全生育期多样点连续调查和统计分析后发现3种处理棉田的害虫优势度、多样性、均匀度、优势集中性的差异较大:对照田的多样性、均匀度均高于转 Bt 基因棉自控田和转 Bt 基因棉药防田,而优势集中性小于转 Bt 基因棉自控田和转 Bt 基因棉药防田。由此可推出转 Bt 基因棉田的稳定性较差,在药剂防治的条件下稳定性略有增加,但仍不及对照田。因此理论上转 Bt 基因棉自控田有某种害虫大发生的可能,而这与田间观察结果相同:转 Bt 基因棉自控田的棉蚜大量发生,比转 Bt 基因棉药防田和对照田均严重(表1)。

4 结论

由于南疆棉区棉铃虫以第3代危害为重(而转 Bt 基因棉在此时正是一个抗性低谷时期),大大影响 Bt 棉抗棉铃虫的效果;新疆此棉区主要是以棉蚜危害为主,棉铃虫及其他害虫为次;当地棉田天敌数量也较多。故本研究建议:暂时不宜在南疆推广转 Bt 基因棉。

参 考 文 献

- 1 夏敬源 棉花抗虫性研究及利用 棉花学报, 1996, 8(2): 57~ 64
- 2 陈松, 吴敬音, 周宝良, 等 转 Bt 基因棉 Bt 毒蛋白表达量的时空变化 棉花学报, 2000, 12(4): 189~ 193
- 3 Benedict J H, et al Field performance of cotton genetically modified to express in insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis* II College station TX. Proc Belt Cotton Prod Res Con, 1991, 84: 576~ 577
- 4 Wilson F D, Flint H M, Deaton W R, et al Resistance of cotton lines containing a *Bacillus thuringiensis* toxin to pink bollworm and other insects J Econ Entomol, 1992, 85(4): 1516~ 1521
- 5 Shelton A M, Zhao J Z, Roush R T. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants Annu Rev Entomol, 2002, 47: 845~ 881
- 6 魏国树, 崔龙, 张小梅, 等 转 Bt 基因棉田节肢动物群落结构特征研究 应用生态学报, 2001, 12(4): 576~ 580
- 7 Benedict J H, Altman D W, Umbeck P F, et al Behavior, growth, survival and plant injury for *Heliothis virescens* on transgenic Bt cottons J Econ Entomol, 1992, 85(2): 589~ 593
- 8 吴孔明 棉虫综合治理对天敌昆虫群落的影响 昆虫天敌, 1989, 11(4): 151~ 155
- 9 赵志模, 等编著 群落生态学原理与方法 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990
- 10 何洪俊 水旱轮作棉田昆虫群落的初步研究 湖北农业科学, 1991, (1): 22~ 24
- 11 崔金杰, 夏敬源 转 Bt 基因棉对棉铃虫抗性的时空动态 棉花学报, 1999, 11(3): 141~ 146
- 12 束春娥, 孙洪武, 孙以文, 等 转基因棉 Bt 毒性表达的时空动态及对棉铃虫生存、繁殖的影响 棉花学报, 1998, 10(3): 131~ 135