

转基因棉田节肢动物群落结构与动态

郭建英¹, 周洪旭^{1,2}, 万方浩¹, 韩召军³

(1. 中国农业科学院植物保护研究所 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100094;

2. 青岛农业大学, 山东 青岛 266109; 3. 南京农业大学 植物保护学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 2002 年在河北省南皮县, 以亲本常规棉(石远 321)棉田为对照, 对转 *CryCIAC* + *CpTI* 基因的双价抗虫棉 (SGK321) 棉田的节肢动物群落、害虫及其天敌的种群动态进行了系统研究, 结果发现: SGK321 棉田的功能团种类与常规棉田基本相同, 两者节肢动物多样性差异并不显著, 物种多样性指数分别为 0.975 和 0.967。但 SGK321 棉田节肢动物总数量比常规棉田降低了 53.9%, 其主要原因是基位物种数量显著减少; SGK321 棉田与其亲本对照棉田的害虫和捕食性天敌的种类基本相同, 但数量差异较大。SGK321 对靶标害虫具有很好的抗性, 与对照棉田相比, 棉铃虫种群数量减少了 89.5%。SGK321 对棉蚜、棉粉虱、绿盲蝽、小绿叶蝉等非靶标害虫的发生也具有一定抑制作用, 其种群数量比对照棉田分别降低了 64.5%, 15.6%, 21.8% 和 33.7%。SGK321 棉田龟纹瓢虫和中华草蛉的种群数量分别比对照增加 34.0% 和 9.1%, 但异色瓢虫、小花蝽、异须盲蝽、蚜茧蜂和蜘蛛类等其他主要天敌的数量则分别降低 28.6%, 6.5%, 43.1%, 44.7% 和 14.0%。由此表明: 双价抗虫棉 SGK321 在对棉铃虫具有较好抗性的同时, 对棉田主要非靶标害虫也都有一定抑制作用, 对某些天敌种类的种群存在不利影响, 但对棉田节肢动物多样性动态没有显著影响。

关键词: 转 *Cry1Ac* + *CpTI* 基因棉; 害虫; 天敌; 节肢动物群落; 多样性

中图分类号: Q968.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)06-0183-07

Structure and Seasonal Dynamics of Arthropods in Transgenic Cotton Fields

GUO Jian-ying¹, ZHOU Hong-xu^{1,2}, WAN Fang-hao¹, HAN Zhao-jun³

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant

Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China;

2. Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China; 3. Department of Plant

Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Structure and seasonal dynamics of arthropods in transgenic cotton (cv. SGK321, with inserted genes of *CryIAC* and *CpTI*) and population dynamics of pests and natural enemies were studied in Nanpi County, Hebei Province in 2002, with the non-transgenic parental cotton (Shiyuan321) as control. It showed that the composition of pest and predatory species was similar between the plots of SGK321 and the control, but the accumulated numbers of each species were different. SGK321 had good control not only to cotton bollworm (89.5%), but also to some non-target pests, such as cotton aphid *Aphis gossypii*, green leaf bug *Lygus lucorum*, tobacco whitefly *Bemisia tabaci* and green leafhopper *Empoasca flavescens*, and their accumulated numbers decreased by 64.5%, 21.8%, 15.6% and 33.7%, respectively. For the dominant natural enemy species, the accumulated numbers of *Praxyla japonica* and *Chrysopa sinica* increased by 34.0% and 9.1%, respectively; but those of *Harmonia axyridis*, *Orius minutus*, *Campylomma diversicornis*, *Lysiphlebia japonicus* and spiders decreased by 28.6%, 6.5%, 43.1%, 44.7% and 14.0%, respectively. Arthropod diversity in SGK321 was similar to that in Shiyuan321, and the Shannon-Weiner diversity index was 0.975 and 0.967, respectively. Whereas the total number of arthropods in SGK321 decreased by 53.9%, which was mainly caused by the reduction of basal species. It indicated that SGK321 had good control not only to cotton bollworm, but also to some non-target pests. SGK321 had some negative effects on certain natural enemy populations. But it had no significant impacts on the arthropod diversity in the fields.

Key words: Transgenic *CryIAC* + *CpTI* cotton; Pest; Natural enemy; Arthropod community; Diversity

收稿日期: 2007-11-12

基金项目: 国家 973 项目 (2006CB102004); 国家“十五”科技攻关课题 (2004BA516A01)

作者简介: 郭建英 (1973-), 女, 山西神池人, 副研究员, 博士, 主要从事转基因作物和外来入侵生物的生物安全研究。

棉田节肢动物群落是一个以棉花为中心的多种害虫、天敌和中性节肢动物共存的复杂网络系统,棉花、害虫、天敌和中性节肢动物相互作用,相互影响,组成了一个不可分割的有机统一体。在该系统中,一种天敌可以取食多种害虫,一种害虫又受多种天敌的控制,中性节肢动物在群落的食物网中也起着重要的作用,可为天敌提供食物,并对害虫起到间接的调控作用^[1]。

转 *Bt* 基因抗虫棉大面积推广种植,对棉田害虫、天敌和群落结构产生较大影响。研究表明,棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)已不是转基因棉田的主要害虫,而棉蚜(*Aphis gossypii*)、绿盲蝽(*Lygus lucorum*)、棉红蜘蛛(*Tetranychus* spp.)等刺吸性害虫的发生数量增加^[2-4];捕食性天敌数量变化不大,寄生性天敌数量明显减少,寄生性天敌优势种由棉铃虫幼虫寄生蜂演替为棉蚜茧蜂(*Lysiphlebia japonicus*^[5])。刘万学等^[6]、门兴元等^[7]则从不同群落结构层次水平上分析了转单价基因棉田节肢动物群落的组成与变化。

继转单价基因棉成功后,中国科学家于 1998 年采用花粉管通道法将 *Bt* 基因和 *CpTI*(豇豆胰蛋白酶抑制素)基因转入中棉 19, 23 等受体棉花中^[8],成功地培育了转双价基因抗虫棉(以下简称双价抗虫棉),为延缓棉铃虫的抗性发生,延长转基因棉的使用寿命开辟了新的途径。有关双价抗虫棉对棉田生态系统影响,近年来陆续见诸报道^[9-13],但研究结果并不一致。为便于双价抗虫棉田天敌的保护与利用,亟需了解转双价抗虫棉作为一种新型害虫抑制因子在害虫综合治理和生物防治系统中的作用与影响。我们于 2002 年在河北省南皮县系统调查了双价抗虫棉 SGK321 棉田主要害虫及其天敌的种群动态,棉田节肢动物的群落结构,分析了不同功能团、类群和营养层的组成与变化,从群落学角度探讨了不同功能团间的相互影响、相互联系的内在机理,以期建立双价抗虫棉田害虫综合防治体系提供理论和实践依据。

1 材料和方法

1.1 供试棉花品种

2002 年在河北省南皮县中国科学院农业生态试验站,选取 2 个棉花品种的春播田:(1)转双价基因棉 SGK321,简称双价抗虫棉,含 *Bt CryIAC* 毒素和豇豆胰蛋白酶抑制素 *CpTI* 两种基因,(2)石远 321,简称常规棉,为 SGK321 所转基因之受体,均由中国农业科学院生物技术研究所廊坊科研基地提供。两

棉花品种于 2002 年 4 月 26 日播种,每品种 0.2 hm²,地膜覆盖,常规栽培管理。

1.2 试验田的害虫防治情况

两品种棉田的用药种类及时间完全相同,皆在棉蚜和绿盲蝽发生高峰期适当使用生物农药和化学农药防治。分别在 5 月 29 日、7 月 5 日、7 月 20 日用 1 000 倍百草一号(0.36% 苦参碱)防治一次,7 月 31 日用 10% 杀吡啉可湿性粉剂(*Methomyl*) 300 g/hm²和 1 000 倍蜡甲净乳油(β -cypermethrin)混合,机动喷雾一次。

1.3 调查取样方法

采用棋盘式 10 点取样,每点随机调查 10 株棉花(7 月 15 日后调查数量减半,5 株/点),自 5 月 23 日至 9 月 16 日,每 5 d 1 次,共 24 次,定点定株系统调查两品种棉田中每株棉花上所有节肢动物的种类和数量。

1.4 功能团、类群及营养层的划分

营养层(Nutritional classes)的划分,参考吴进才等^[14]的方式把群落中的节肢动物分为基位物种(*Basal species*):不捕食其他物种,而被其他物种所捕食,主要是指一些植食性害虫和多种中性昆虫(包括蚊虫、腐食性蝇类);中位物种(*Intermediate species*):既能捕食其他物种,又被其他物种所捕食,主要是一些小型的肉食性天敌(如中小型蜘蛛、瓢虫、寄生蜂等);顶位物种(*Top species*):指捕食其他物种,而很少被其他物种所捕食,主要是一些食性凶狠、游走性强的大中型捕食者(如狼蛛、跳蛛、蟹蛛等)。

功能团(*Functional group*)的概念与划分,是把群落中以相似方式利用相同等级生境的一个类群中的物种,划分为多个取食行为相似、利用资源相似、生境选择相似的集合体^[15]。本文对功能团的划分主要基于系统分类上的科以及空间分布和食性相似等特征。将棉田所有生物分成功能团,把数量较大的物种单独列出,棉铃虫幼虫单独列出。

1.5 群落多样性指数计算公式

群落多样性指数采用 Shanon-Winner 多样性指数: $H' = - \sum P_i \ln P_i$

其中 H' 为群落多样性指数, P_i 为第 i 个物种占全部物种个体数的比例。

2 结果与分析

2.1 双价抗虫棉田和常规棉田节肢动物的种类组成与数量比较

在双价抗虫棉 SGK321 与其亲本石远 321 棉田的 24 次调查中共调查到 88 种节肢动物,分属 12 目

53 科, 其中害虫 39 种, 天敌 40 种, 中性节肢动物 9 种。这 88 种节肢动物分属 3 个营养层的 28 个功能团(表 1)。

从功能团数量比较来看, 双价抗虫棉田与亲本常规棉田的各功能团种类基本相同, 但数量差别较大(表 1)。基位物种优势功能团为蚜虫, 在双价抗虫棉田与其亲本常规棉田中分别占基位物种个体数量的 65.4% 和 81.9%, 其次为粉虱类, 在双价抗虫

棉田与其亲本常规棉田中分别占基位物种个体数量的 24.8% 和 13.1%; 中位物种优势功能团为捕食蚁类和龟纹瓢虫, 在双价抗虫棉田中分别占中位物种个体数量的 35.7% 和 22.7%, 在亲本常规棉田分别占 25.6% 和 16.1%; 顶位物种优势功能团为狼蛛, 在双价抗虫棉田与其亲本常规棉田中分别占顶位物种个体数量的 88.4% 和 91.9%。

表 1 双价抗虫棉(SGK321)田与常规棉(石远 321)田不同节肢动物功能团的数量

Tab. 1 Accumulated arthropod numbers in the plots of transgenic *CryI*Ac+ *QpTI* cotton (SGK321) and non-transgenic cotton (Shiyuan321) from 24 surveys during May 23– Sep. 16, 2002

营养层 Nutritional class	功能团 Functional group	SGK321 (头/百株) (ind. per 100 plants)	石远 321 Shiyuan321 (CK) (头/百株) (ind. per 100 plants)	与石远 321 相比的变化/% Increased (+) or decreased (-) comparing to Shiyuan321/%
基位物种 Basal species	蚜虫类 (1)	3 544.6	9 988.4	- 64.5
	蓟马类 (2)	320.9	362.8	- 11.5
	叶蝉类 (3)	47.4	72.5	- 34.6
	粉虱类 (4)	1 344.8	1 592.7	- 15.6
	蜡象类 (5)	35.3	53.7	- 34.3
	棉铃虫 (6)	16.3	25.2	- 35.3
	其他鳞翅目类 (7)	0.2	4.7	- 95.7
	潜叶蝇类 (8)	0.2	0.3	- 33.3
	蝗虫类 (9)	0.1	0.3	- 66.7
	棉象甲类 (10)	0.5	0.7	- 28.6
	其他甲虫类 (11)	0.5	0.8	- 37.5
	腐生性甲虫类 (12)	17.8	11.0	+ 61.8
	蝇蚊类 (13)	83.1	81.8	+ 15.9
	中性蚂蚁类 (14)	4.5	6.1	- 26.2
中位物种 Intermediate species	捕食蚁类 (15)	137.4	103.7	+ 32.5
	食蚜蝇类 (16)	0.5	0.7	- 28.6
	隐翅甲类 (17)	0.7	1.7	- 58.8
	龟纹瓢虫 (18)	87.4	65.2	+ 34.0
	其他瓢虫类 (19)	2.4	3.3	- 27.3
	草蛉类 (20)	35.0	32.3	+ 8.4
	食虫蜡类 (21)	49.4	77.0	- 35.8
	蚜虫寄生蜂类 (22)	52.8	93.7	- 43.7
	鳞翅目寄生蜂类 (23)	0.8	3.7	- 78.4
	圆蛛类 (24)	15.0	19.4	- 22.7
	皿蛛类 (25)	3.6	4.3	- 16.3
	狼蛛类 (26)	11.4	11.3	+ 0.9
	蟹蛛类 (27)	1.2	0.9	+ 33.3
	跳蛛类 (28)	0.3	0.1	+ 66.7
基位物种 Basal species	总数量 Total No.	12 200.9	5 416.3	- 55.6
中位物种 Intermediate species	相对多度/% Relative richness	96.7	93.2	- 3.6
中位物种 Intermediate species	总数量 Total No.	405.0	385.0	- 4.9
中位物种 Intermediate species	相对多度/% Relative richness	3.2	6.6	+ 106.3
顶位物种 Top species	总数量 Total No.	12.3	12.9	+ 4.9
顶位物种 Top species	相对多度/% Relative richness	0.1	0.2	+ 100.0
节肢动物总数量 Total No. of arthropods		12 618.2	5 814.2	- 53.9

Note: (1) Aphids; (2) Thrips; (3) Leaf hoppers; (4) Whiteflies; (5) Phytophagous bugs; (6) Cotton bollworm; (7) Other Lepidoptera; (8) Leaf miners; (9) Locusts; (10) Cotton weevils; (11) Other phytophagous weevils; (12) Saprophytic weevils; (12) Flies and mosquitos; (14) Neutral ants; (16) Predaceous ants; (17) Syrphids; (18) *Propylaea japonica*; (19) Other ladybeetles; (20) Lacewings; (21) Predaceous bugs; (22) Aphid parasitoids; (23) Lepidoptera parasitoids; (24) Araneidae; (25) Linyphidae; (26) Lycosidae; (27) Thomisidae; (28) Salticidae

与亲本常规棉田相比, 双价抗虫棉田的主要害虫(蚜虫类、粉虱类、蓟马类、叶蝉类、蜡象类等)数量较小, 中性节肢动物中腐生性甲虫类数量较大, 捕食性天敌蚁类和龟纹瓢虫的数量较大, 寄生蜂类数量则较小。总体而言, 双价抗虫棉田百株累计节肢动

物总数量比其亲本常规棉田低 53.9%; 基位物种总数量和相对多度均低于亲本常规棉田; 中位物种的总数量较低, 相对多度却较亲本棉田高 106.3%; 而顶位物种的总数量和相对多度均高于亲本常规棉田。可见, 双价抗虫棉田基位物种数量降低, 并是节

肢动物总数量降低的主要原因,中位物种和顶位物种的数量则相对增加;种植转基因抗虫棉,可以提高棉田节肢动物群落的稳定性,强化天敌对害虫的控制作用。

2.2 双价抗虫棉对主要害虫种群数量的影响

双价抗虫棉棉田及其亲本对照棉田的害虫种类基本相同,主要为棉铃虫、棉蚜、绿盲蝽、棉粉虱、小绿叶蝉、棉蓟马等。

在两品种棉田均用生物农药与化学农药综合防治害虫的情况下,双价抗虫棉 SGK321 棉田棉铃虫、棉蚜、棉粉虱、绿盲蝽、小绿叶蝉的 24 次调查到的总数量均低于其亲本常规棉田,其中棉蚜和棉铃虫总数量降低幅度最大,均在 60% 以上(表 1),表明双价抗虫棉在对棉铃虫有很好的抗性的同时,对棉蚜、棉粉虱、绿盲蝽、小绿叶蝉等非靶害虫的发生也有一定的抑制作用。

2.3 双价抗虫棉对主要天敌种群数量的影响

双价抗虫棉及其亲本对照棉田出现的捕食性天敌种类基本相同,主要为龟纹瓢虫、异色瓢虫、中华草蛉、小花蝽、异须盲蝽、蜘蛛等;寄生性天敌主要有棉蚜茧蜂、棉铃虫齿唇姬蜂和棉铃虫侧沟绿茧蜂等。

双价抗虫棉 SGK321 棉田中龟纹瓢虫和中华草蛉 24 次调查到的总数量均高于其亲本常规棉田,分别增加 34.0% 和 9.1%;而异色瓢虫、小花蝽、异须盲蝽、蚜茧蜂、棉铃虫齿唇姬蜂、棉铃虫侧沟绿茧蜂和蜘蛛类天敌 24 次调查到的总数量均低于常规棉田(表 1),可见双价抗虫棉棉田中有部分天敌种群数量增加,而多数天敌种群数量有所降低。

2.4 双价抗虫棉田节肢动物营养层和优势功能团动态

图 1 表明,双价抗虫棉田与亲本常规棉田的基位物种、中位物种和顶位物种相对多度的变化规律基本相似。从 5 月底开始,基位物种数量逐渐减少,中位物种和顶位物种数量逐渐增加。这是由于 5 月底至 6 月初小麦收获,麦田的瓢虫、草蛉、蜘蛛等天敌转移到棉田,使中位物种和顶位物种数量增加,从而控制了棉蚜等基位物种,使基位物种的相对多度降低。由于基位物种数量减少,中位物种和顶位物种的食物减少,因而它们逐渐从棉田迁走,相对多度降低,其中中位物种的相对多度降低最快,变化最明显,因而从 6 月上旬开始,又使基位物种数量逐渐增加,相对多度升高。至 7 月初以后,基位物种、中位物种和顶位物种的相对多度基本保持稳定,基位物种的相对多度最大,中位物种次之,顶位物种最小。

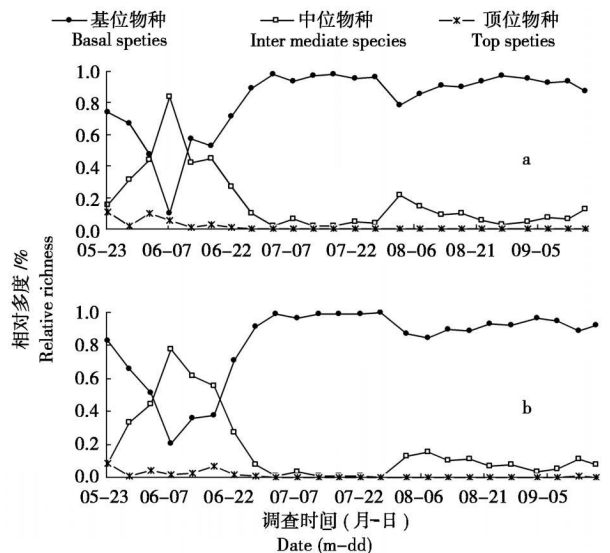


图 1 双价抗虫棉 (SGK321) 田 (a) 与常规棉 (石远 321) 田 (b) 不同营养层节肢动物相对多度动态

Fig. 1 Arthropod relative richness of different nutritional classes in the plots of transgenic *Cy1Ac+ CptI* cotton (SGK321) and non-transgenic cotton (Shiyuan321) in 2002

从害虫、天敌和中性节肢动物相对多度动态来看(图 2),天敌的平均相对多度在常规棉田和双价抗虫棉田分别为 22.0% 和 18.5%;害虫的平均相对多度在常规棉田和双价抗虫棉田分别为 76.0% 和 78.7%;中性节肢动物数量在两类型棉田的数量相对较低,在常规棉田和双价抗虫棉田的平均相对多度分别为 2.0% 和 2.8%。棉田前期(5 月下旬-6 月中旬)天敌的相对多度较高,尤其在 6 月上中旬,常规棉田天敌的数量甚至较害虫多,双价抗虫棉田天敌与害虫的数量则基本持平,在 6 月 7 日的调查中天敌相对多度达到 89.9%。棉田中后期(6 月下旬-9 月中旬),不论在常规棉田还是双价抗虫棉田,由于害虫在棉田持续增殖,天敌数量相对稳定,因此害虫的相对多度始终高于天敌,在 70%~99% 之间,可见两类型棉田害虫-天敌发生动态趋势基本相同。

2.3 转基因棉田物种、功能团和营养层的多样性指数动态

图 3 表明,物种多样性指数和功能团多样性指数在整个调查期变化规律基本相似,季节动态波动均很明显;而营养层多样性指数与物种多样性指数和功能团多样性指数偏离较大,且季节动态波动较小。可见,功能团多样性指数是比较敏感的指标,可以代替物种多样性指数用于分析棉田节肢动物群落结构。

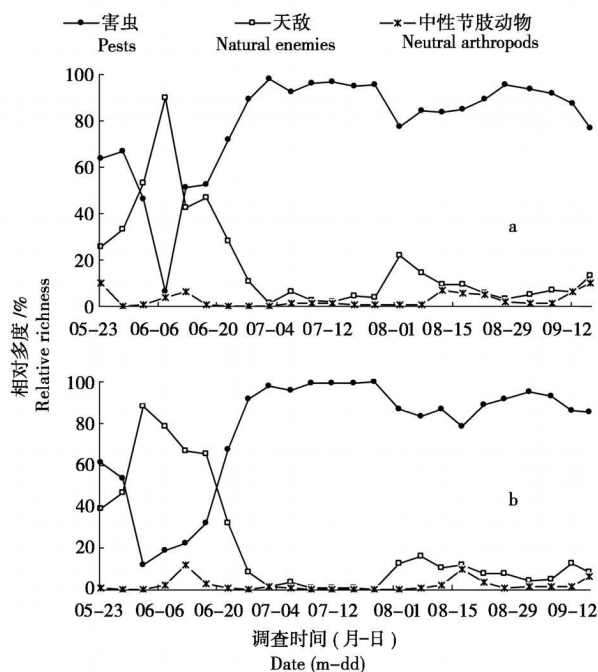


图2 双价抗虫棉(SGK321)田(a)与常规棉(石远321)(b)田不同类型节肢动物相对多度动态

Fig. 2 Relative richness dynamics of pests, natural enemies and neutral arthropods in the plots of transgenic *CryIac+ CpTI* cotton (SGK321) and non-transgenic cotton (Shiyan321) in 2002

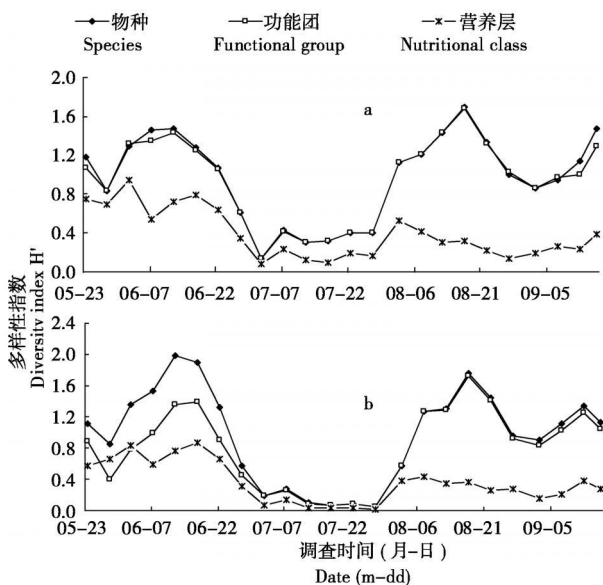


图3 双价抗虫棉(SGK321)田(a)与常规棉(石远321)(b)田节肢动物多样性动态

Fig. 3 Dynamics of arthropod diversities in the plots of transgenic *CryIac+ CpTI* cotton (SGK321) and non-transgenic cotton (Shiyan321) in 2002

双价抗虫棉田和其亲本常规棉田群落多样性指数变化较为一致,波动规律相似(图3)。5月底为苗蚜发生期,棉蚜优势度高,因此棉田节肢动物多样性

指数低;6月初由于邻作小麦的收获,大量天敌转移至棉田,因此苗蚜数量下降,棉田节肢动物多样性指数升高;7月初-7月下旬为伏蚜盛发期,且是天敌控制的薄弱环节,因此棉蚜优势度较高,棉田节肢动物多样性指数则较低;自7月底,棉蚜数量逐渐减少,中位物种和顶位物种数量相对增加,因此棉田节肢动物多样性指数再度升高;而从8月中下旬开始,由于棉粉虱数量逐渐增加并形成棉田优势种群,棉田节肢动物多样性指数呈下降趋势。

比较两类型棉田,双价抗虫棉田的物种多样性指数平均值为0.975,与常规棉田(0.967)差异不大,双价抗虫棉田功能团多样性指数平均值为0.951,较常规棉田(0.803)高,由于物种多样性指数更能反映棉田节肢动物群落结构,可见双价抗虫棉田和常规棉田节肢动物多样性差异不显著。

3 讨论

本研究表明,与亲本常规棉田相比,双价抗虫棉田的各功能团种类基本相同,但数量差别较大。双价抗虫棉田的主要害虫数量较少,中性节肢动物中腐生性甲虫类数量较多,捕食性天敌蚁类和龟纹瓢虫的数量较多,寄生蜂类数量则较少。双价抗虫棉田节肢动物总数量降低的主要原因是基位物种(主要是目标害虫和非目标害虫)数量减少,而中位物种和顶位物种的数量相对增加。可见,种植转基因抗虫棉,可以提高棉田节肢动物群落的稳定性,强化天敌对害虫的控制作用。本研究结果与Fitt等^[6]的理论分析一致,该理论分析认为,比较转基因棉影响的合适参照物应是目前大量应用农药的常规棉,与常规棉种植系统相比,转基因棉田内由于农药使用量大量减少,有益生物种群数量可能增大。

双价抗虫棉田节肢动物总数量较其亲本常规棉田明显降低。这是由于双价抗虫棉SGK321中转入了*CryIac*和*CpTI*两种基因,*CryIac*毒素的靶生物是鳞翅目害虫,而豇豆胰蛋白酶抑制素基因的纯化蛋白具有广谱的抗虫特性,几乎对所供试的主要农作物害虫(包括大部分鳞翅目和部分鞘翅目害虫)都有抑制作用^[17],它的杀虫机理是抑制害虫必需的消化酶活性,并通过神经系统的反馈,使害虫产生厌食,最终使害虫缺乏必需的氨基酸而非正常发育或死亡,因此SGK321棉田的害虫亚群落受到严重破坏,部分天敌也或多或少地受到抑制,因此棉田节肢动物总数量降低。

研究结果中,双价抗虫棉田棉蚜、棉粉虱、绿盲蝽、小绿叶蝉的种群数量降低,龟纹瓢虫、中华草蛉

的种群数量则升高,对棉田节肢动物多样性动态没有显著影响。这与其他田间报道结果基本吻合。如:崔金杰等^[9]在河南安阳的调查表明,双价抗虫棉田伏蚜和棉粉虱的数量比常规棉田减少;苗蚜、棉叶螨、棉盲蝽和棉蓟马的数量比常规棉田增加;草间小黑蛛、龟纹瓢虫和小花蝽等天敌的数量显著增加;但棉蚜茧蜂和中红侧沟茧蜂数量显著降低。郚卫弟等^[10,11]在河北廊坊研究发现,双价抗虫棉田害虫多样性和天敌亚群落多样性与常规棉田没有显著差异。但也有报道与本文结果有所差异,如:孙长贵等^[12]在北京研究发现,双价抗虫棉田非靶标害虫的发生量明显高于对照棉田,龟纹瓢虫、棉蚜茧蜂和卵形异绒螨显著降低,中华草蛉的数量显著增加。徐遥等^[13]在新疆的调查表明,双价抗虫棉田棉蓟马种群数量较对照田上升,棉叶螨种群数量下降,棉蚜种群数量在化防田高于对照,自控田则低于对照;双价抗虫棉对天敌数量影响不大。双价抗虫棉对害虫及天敌种群影响的不同,可能与棉花品种、棉田位置、管理措施有关,也可能与试验和调查方法不一致有关。

前人对转 *Bt* 基因单价抗虫棉田昆虫群落的研究也表明,不同转基因棉花品种对棉田害虫、天敌及节肢动物个体数量的影响也可能略有不同。如: *Bt* 棉 R93-4 棉田的昆虫总个数大于常规棉(中棉所 12)^[18],但 *Bt* 棉 R93-6 棉田的昆虫总个数小于常规棉(中棉所 16)^[19]; *Bt* 棉田非靶标害虫(棉蚜、棉粉虱、棉叶螨、绿盲蝽等)数量明显高于常规棉田^[18]。可见,单价抗虫棉在对棉铃虫等鳞翅目害虫发挥良好控制作用的同时,棉田生态位出现空缺,可导致非靶标害虫数量增多,棉田昆虫总个体数增加或降低。孙长贵等^[12]研究则表明,单、双价转基因棉对不同天敌的影响差异较大。可见,针对特定的转基因棉品种、特定的地区和特定的评价对象,有必要开展个案评价(Case evaluation),这也是国际上针对转基因植物生物安全性评价的原则之一。

将棉田节肢动物群落划分为不同的营养层和功能团,并在此基础上探讨群落结构和多样性变化,可简化物种间复杂的网络关系。本研究表明,物种多样性指数和功能团多样性指数在整个棉田调查期变化规律基本相似,功能团多样性指数可以代替物种多样性指数用于分析棉田节肢动物群落结构。但营养层多样性指数波动性较小,不适于反映棉田节肢动物群落多样性的季节变动。这与刘万学等^[6]对转 *Bt* 基因单价抗虫棉田的分析结果一致。这是由于同一层次内包含不同科、目、甚至纲的节肢动物类

群,淡化了各类生物自身及其对环境反应的差异性,因此仅将棉田节肢动物笼统地划分为顶位物种、中位物种和基位物种这 3 个营养层显然过于粗略,掩盖了实际的群落关系。而功能团的划分以系统分类学上的科为依据,在概念、含义和划分原则上均体现了营养层次和营养渠道的意义,既能反映各类群间的生物学差异,在调查研究和统计分析中也比物种更为方便和实用。因此可利用对群落功能团的分析替代对物种的分析,从而使群落中天敌与害虫的复杂关系易于数量化表达,这在群落研究中具有较强的实践意义。

本研究调查过程中发现,邻作的小麦收获后,麦田的瓢虫、草蛉、蜘蛛等天敌转移到棉田,因此双价抗虫棉田和常规棉田的天敌数量均迅速上升,并在短期内有效控制了棉蚜等害虫的为害,但由于基位物种数量骤减,天敌因没有足够的食物而死亡或迁离棉田。因此如何在麦收后对迁移至棉田的大量天敌进行保护,在棉田内长期维持较高的天敌数量,是双价抗虫棉田和常规棉田 IPM 防治体系建设的重要内容。

参考文献:

- [1] 郝树广,张孝羲,程遐年,等.稻田节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性动态[J].昆虫学报,1998,41(4):343-353.
- [2] 崔金杰,夏敬源.麦套夏播转 *Bt* 基因棉田主要害虫及其天敌的发生规律[J].棉花学报,1998,10(5):255-262.
- [3] 邓曙东,徐静,张青文,等.转 *Bt* 基因棉对非靶标害虫及害虫天敌种群动态的影响[J].昆虫学报,2003,46(1):1-5.
- [4] 孙长贵,徐静,张青文,等.新疆棉区转 *Bt* 棉对棉田主要害虫及其天敌种群数量的影响[J].中国生物防治,2002,18(3):106-110.
- [5] 崔金杰,夏敬源.转 *Bt* 基因棉对天敌种群动态的影响[J].棉花学报,1999a,11(2):84-91.
- [6] 刘万学,万方浩,郭建英.转 *Bt* 基因棉田节肢动物营养层及优势功能团的组成及变化[J].生态学报,2002,22(5):729-735.
- [7] 门兴元,戈峰,尹新明,等.转 *Bt* 基因棉田与常规棉田节肢动物群落多样性的比较研究[J].生态学杂志,2003,22(5):26-29.
- [8] 李付广,崔金杰,刘传亮,等.双价基因抗虫棉及其抗性研究[J].中国农业科学,2000,33(1):46-52.
- [9] 崔金杰,雒瑜,王春义,等.转双价基因棉田主要害虫及其天敌的种群动态[J].棉花学报,2004,16(2):94-101.
- [10] 郚卫弟,吴孔明,陈学新,等.华北地区转 *CryIA+ C_{ptI}*

- 和 *CryIA* 基因棉棉田害虫和天敌昆虫的群落结构[J]. 农业生物技术学报, 2003a, 11(5): 494– 499.
- [11] 酆卫弟, 吴孔明, 陈学新, 等. 华北北部地区转 *CryIA* + *CpTI* 和 *CryIA* 基因棉田节肢动物多样性[J]. 农业生物技术学报, 2003b, 11(4): 383– 387.
- [12] 孙长贵, 张青文, 徐 静, 等. 转 *Bt* 基因棉和转 *Bt* + *CpTI* 双价基因棉对棉田主要害虫及其天敌种群动态的影响[J]. 昆虫学报, 2003, 46(6): 705– 712.
- [13] 徐 遥, 吴孔明, 李号宾, 等. 转基因抗虫棉对新疆棉田主要害虫及天敌群落的影响[J]. 新疆农业科学, 2004, 41(5): 345– 347.
- [14] 吴进才, 陆自强, 杨金生. 稻田主要捕食性天敌的栖息生态位与捕食作用分析[J]. 昆虫学报, 1993, 36(3): 323– 331.
- [15] 高 玮, 相贵权, 尚金成. 山地次生林鸟类集团及集团关系研究[C] // 数学生态学进展. 成都: 成都科技大学出版社, 1994: 242– 247.
- [16] Fitt G P, Mares C L, Llewellyn D J. Field evaluation and potential ecological impact of transgenic cottons (*Gossypium hirsutum*) in Australia[J]. Biocontrol Sci Technol, 1994, 4: 535– 548.
- [17] 刘春明, 朱 祯, 周兆澜, 等. 豇豆胰蛋白酶抑制剂 cDNA 在大肠杆菌中的克隆与和表达[J]. 生物工程学报, 1993, 9(2): 152– 157.
- [18] 崔金杰, 夏敬源. 一熟转 *Bt* 基因棉田昆虫群落研究[J]. 西北农业大学学报, 1999b, 27(6): 28– 32.
- [19] 崔金杰, 夏敬源. 转 *Bt* 基因棉对昆虫群落结构与组成的影响[J]. 河南农业大学学报, 1999c, 33(4): 342– 345.