

转 Bt 基因棉田节肢动物群落营养层及优势功能团的组成与变化

刘万学, 万方浩* 郭建英

(中国农业部生物防治研究所, 农业部农作物病虫害生物防治资源研究与利用重点实验室, 北京 100081)

摘要 :1998 年在河北南皮棉区转 Bt 基因棉棉田和常规棉综防田的生物群落变化的研究表明 :与常规棉综防田相比 ,转 Bt 基因棉棉田的节肢动物种类增加 30.7% ,功能团多样性增加 66.9% ,天敌类和中性节肢动物类的丰富度分别增加 97.6% 和 158.0% ,害虫类的丰富度减少 45.7%。就功能团的种群数量来看 ,主要害虫棉铃虫、蚜虫和蓟马种群数量分别减少 98.9%、69.0% 和 72.6% ,而次要害虫害螨、粉虱、叶蝉类昆虫的种群数量分别增加了 2.2、3.2 和 14.8 倍。棉花生长中期 ,转 Bt 基因棉棉田中的基位物种丰富度大于中位和顶位物种 ,常规棉田中的差异则更大 ,出现天敌控制“空缺”。综合分析表明 ,转 Bt 基因棉棉田生态系统比常规棉综防田稳定 ,转 Bt 基因棉棉田的中性节肢动物和次要害虫在害虫-天敌的营养链中起到了重要的调控作用。

关键词 转 Bt 基因棉,节肢动物群落,营养层,功能团,丰富度,多样性

Structure and Seasonal Dynamics of Arthropods in Transgenic Bt Cotton Field

LIU Wan-Xue, WAN Fang-Hao*, GUO Jian-Ying (Key Laboratory of Bio-control, Resources and Utilization, MOA, Institute of Biological Control, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China). *Acta Ecologica Sinica* 2002, 22(5): 729~735.

Abstract :To understand the ecological impacts of the transgenic Bt (CryIc) cotton on natural enemies of the target pest, *Helicoverpa armigera* (Hübner), and non-target arthropods in cotton fields, a systematic survey was made in a transgenic (Bt) and a conventional cotton field in Nanpi county, Hebei Province in 1997. Both plots were about 0.3 hm². All arthropod species and their numbers were recorded by visual observation on 100 plants in 10 standard sampling spots between May and October at five-day intervals.

The non-target insect pests, natural enemies and neutral arthropods were distinguished, based on their trophic relationships, as well as taxonomy. Species richness, species abundance and community diversity indices were used to analyze and compare the seasonal trends of different functional groups in both cotton fields.

The systematic survey showed that : (1) More species and individuals were observed in the Bt-cotton plot than the conventional plot. The number of phytophagous species was 43 in Bt-vs. 28 in conventional plot, there were 56 (Bt-) vs. 46 (conventional) natural enemy species. Sixteen species in Bt-cotton and 14 species in conventional cotton were classified as 'neutral'. (2) The individual numbers for the categories of pests, natural enemies and neutral arthropods were 12941, 8690 and 10790, respectively, in transgenic Bt cotton field; while 15616, 2880 and 2739 in the conventional plot. Thus, the average abundance of natural enemies and neutral

基金项目 国家重点基础研究发展规划资助项目 (G2000016209); 国家“十五”科技攻关计划重大专项资助项目 (2002BA516A01)

吉林农业大学现代化所王福莲, 孟昭军参加部分工作, 中国科学院动物研究所陈军博士鉴定部分蜘蛛标本, 特表谢意。

收稿日期 2000-06-03, 修订日期 2001-05-10

* 通讯作者 Author for correspondence

作者简介 刘万学, 男, 湖南省衡阳县人, 博士。主要从事昆虫化学生态学研究。

arthropods in transgenic Bt cotton field increased by 97.6% and 158.0%, respectively, whereas the abundance of phytophagous pests decreased by 45.7%. (3) In transgenic Bt cotton field, the populations of cotton bollworm (*H. armigera*), decreased by 98.9% compared to the conventional plot; the aphid *Aphis gossypii* and the thrip (*Heliothrips indicus* Bagnall), decreased by 69.0% and 72.6%, respectively. The phytophagous bugs (*Lygus lucorum* and *Adelphocoris rapidus*), cotton whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius) and leafhopper (*Empoasca biguttula*) increased by 2.2, 3.2 and 14.8 times, respectively.

The abundance of natural enemy and neutral insect group in both fields were significantly higher than that of insect pest group at the early and late cotton growing seasons, but much lower at the middle growing season. The ratio of insect pest to natural enemy in the middle cotton growing season was 1.68 : 1 in transgenic Bt cotton field, and 6.78 : 1 in the conventional IPM cotton field. Compared to the conventional IPM cotton field, the species diversity and functional groups diversity in transgenic Bt cotton field decreased by 15.3% and 66.9%, respectively.

Biodiversity and functional groups abundance dynamics indicated that the arthropod community in transgenic Bt cotton field was more stable than that in the conventional IPM cotton field. The neutral arthropods and secondary pests played an important role in regulating food chain of pest-natural enemy.

Key words: transgenic Bt cotton; arthropod community; nutritional classes; functional groups; abundance, diversity

文章编号: 1000-093X(2002)05-0729-07 中图分类号: S43 文献标识码: A

转 Bt 基因棉(简称 Bt 棉)大面积推广应用以来,人们对 Bt 棉与目标害虫间的互作进行了一系列研究,且开始关注转 Bt 基因作物对不同营养层次上的非目标生物和不同天敌或天敌功能团产生的影响^[1]。但很少有从整个棉田生物群落的角度来探讨影响 Bt 棉田有益生物种群变化的内在机制。Fitt 等^[2]认为,比较 Bt 棉影响的合适参照物应是目前大量应用农药的常规棉。

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。在该系统中,一种天敌可取食多种害虫;一种害虫又受多种天敌的控制;并且天敌之间也存在相互的取食或竞争;中性昆虫和次要害虫在群落食物网中可能也起着重要的作用,它可为中位和顶位物种提供食物,通过自身种群数量的变化,对中位和顶位物种的数量和效能发挥影响,从而对害虫起到间接的调控作用^[3]。以往对棉田群落的大量工作,多数都集中在物种的水平上对群落的结构、多样性、稳定性、相似性及物种丰富度和多度的分析,或是对部分物种或某一亚群落中的物种进行生态位、种间关系、物种间的相似性分析^[4~8]。对于在不同的组织结构层次水平上分析群落的相似性和多样性,以及全面考察群落中所有物种的生态位及其变动规律的文献极少。对于 Bt 棉田,中性昆虫和次要害虫的动态及其在系统中的作用更缺乏研究。另外,Bt 棉田亦需合理保护和利用天敌,这亦需要了解转 Bt 基因作物作为一种新型的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。

本文根据 1997 年在河北南皮棉区的系统调查资料,将棉田中的节肢动物按照营养和取食关系进行划分和归类,从物种、营养层和功能团(functional groups)3 个水平上分析 Bt 棉田和常规棉田群落的组成结构和变化规律以及二类棉田的复杂性与稳定性的差异;从群落学角度探讨不同类群间的相互联系、相互作用和相互制约的内在机理,为转 Bt 基因棉的合理、持续利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 棉田生物群落调查

实验地设置 1997 年在河北省南皮县冯家口棉区,选取一块转 Bt 基因棉棉田和常规棉综防田,面积分别为 0.3hm²,两试验区相距约 50m。(1)Bt 棉田,品种为冀岱 33-B,棉铃虫发生期内未施有机农药。(2)常规春播棉综防田,品种为蜜桃棉,6 月 26 日、7 月 8 日和 25 日施药防治棉铃虫。棉铃虫发生期内共释放赤眼蜂 9 次,其中二代 2 次,三代 4 次,四代 3 次。

生物群落调查内容及方法 采用棋盘式 10 点取样,自 6 月 10 日始,每 5d 调查一次,共 21 次。定点定株分上、中、下、地面 4 个层次系统调查棉田 10 株(7 月 15 号后减半)内所有节肢动物的种类及数量。伏蚜发生高峰期,每株仅调查上、中、下各一片叶的数量。

1.2 数据处理及分析方法

1.2.1 基本概念 营养层的划分 参考吴进才等^[3]的方式把群落中的节肢动物分为基位物种:不捕食其它物种,而被其它物种所捕食,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:既能捕食其它物种,又被其它物种所捕食,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:指捕食其它物种,而很少被其它物种所捕食,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)3 个营养层。

功能团的概念与划分 在 Root 1967 年提出的概念^[9]的基础上,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^[10]。本文对功能集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。

1.2.2 计算公式 群落相似性系数采用 Bray 等 1957 年的计算方法,群落多样性指数 H' 、丰富度、优势度指数 D 、均匀度指数 J ,采用 Shanon-Winner 1949 年的计算方法^[11]。简单相关性分析,采用 SAS 处理。

2 结果与分析

2.1 Bt 棉田与常规棉综防田节肢动物的种类组成

在河北南皮棉区,共查到节肢动物 153 种,分属 14 目 64 科,其中植食性害虫有 17 科 41 种,腐生性节肢动物 6 科 12 种,瓢虫类天敌 7 种,食虫蝽类天敌 4 科 7 种,蜘蛛类 11 科 31 种,寄生性天敌 8 科 16 种。Bt 棉田节肢动物种类为 115 种(分属 14 目 56 科),比综防棉田增加了 30.7%,其中害虫 8 目 20 科 43 种,天敌 10 目 31 科 56 种,蜘蛛 10 科 20 种。常规棉综防田为 12 目 47 科 88 种,其中害虫 7 目 17 科 28 种,天敌 8 目 26 科 46 种,蜘蛛 9 科 15 种。二类棉田共有物种数为 78 种,群落相似性指数为 0.456。

2.2 Bt 棉田与常规棉综防田节肢动物营养层丰富度和功能团数量比较

表 1 结果表明,Bt 棉田百株累计节肢动物数量为 32 421 头,比常规棉综防田增加 52.7%;基位物种丰富度为 0.732,比综防棉田降低 15.3%,其中害虫丰富度降低 45.7%,但中性节肢动物丰富度增加 158.0%,Bt 棉田天敌丰富度为 0.268,比综防棉田增加 97.6%。

从功能团数量比较来看,Bt 棉田顶位物种和中位物种的优势功能团与常规棉综防田相似,但数量均大于常规棉田。顶位物种优势功能团为狼蛛,其中主要为拟环纹豹蛛 *Pardosa monticola* (Clerok.),在 Bt 棉田和常规棉综防田,分别占其顶位物种个体数量的 84.9%和 89.1%。中位物种优势功能团为瓢虫、球腹蛛、食虫蝽、皿蛛和卷叶蛛类,优势种龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* (Thunberg),温室希蛛 *Achaearanea tepidariorum* (Koch),草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum* (Sundevall)在 Bt 棉田中分别占其相应功能团总量的 99.2%、98.3%和 96.6%,在综防棉田分别占 98.9%、95.9%和 97.1%。基位物种中,Bt 棉田中的棉铃虫、蚜虫和蓟马种群数量均低于综防棉田,而次要害虫和中性节肢动物的数量均高于综防棉田。

2.3 节肢动物营养层及优势功能团动态

Bt 棉田中顶位物种的丰盛度变化不大,而中位物种和基位物种的丰富度变化明显(图 1a)。顶位物种丰富度平均为 0.025。前期,中位物种和基位物种丰盛度差异小,前者平均为 0.435,后者平均为 0.549。后随群落的发展,基位物种的丰盛度逐渐增加,明显高于中位物种和顶位物种的丰盛度,其平均丰富度为中位物种丰富度的 3.70 倍。

常规棉综防田(图 1b)和 Bt 棉田相比,基位物种、中位物种和顶位物种丰盛度变化趋势较一致,但在棉田中期,常规棉综防田中位物种与基位物种的丰富度相间幅度(二者丰富度差的绝对值)大,为 Bt 棉田的 1.36 倍。

从害虫、中性节肢动物和天敌昆虫丰盛度变化趋势来看(图2)棉田前期,天敌和中性节肢动物的丰盛度明显大于害虫的丰盛度。Bt 棉田天敌平均丰富度为 0.451,常规棉综防田为 0.439。棉田中后期,害虫通

表1 Bt 棉棉田与常规棉综防田节肢动物功能团的百株累计数量(头)

Table 1 Total numbers of arthropod functional groups in transgenic Bt cotton and conventional IPM cotton fields

营养层 Nutriti- onal classes	功能团 Functional groups	Bt 棉田 Transg- enic Bt cotton	常规棉 棉田 Conventi- onal IPM cotton	增加(+) 或减少 (-)(%) Increased or decre- ased(%)
基位物种 Basal species	棉铃虫幼虫 ^①	3	276	-98.9
	其它鳞翅目幼虫 ^②	65	43	+51.2
	蚜虫类 ^③	2133	6870	-69.0
	蓟马类 ^④	1802	6582	-72.6
	害螨类 ^⑤	496	154	+222.1
	斑潜蝇 ^⑥	61	44	+38.6
	蝗虫类 ^⑦	233	25	+832.0
	叶蝉类 ^⑧	1829	116	+1476.7
	粉虱类 ^⑨	6290	1499	+319.6
	棉象甲类 ^⑩	29	7	+314.3
中性节肢动物类 ^⑪		6790	2739	+293.9
中位物种 Interme- diate species	红蚁 ¹²	134	86	+55.8
	食蚜蝇类 ¹³	15	8	+87.5
	隐翅甲类 ¹⁴	132	90	+46.7
	瓢虫类 ¹⁵	3000	1263	+137.5
	草蛉类 ¹⁶	106	63	+68.3
	食虫螨类 ¹⁷	1067	292	+265.4
	寄生蜂类 ¹⁸	222	125	+77.6
	皿蛛类 ¹⁹	747	213	+250.7
	卷叶蛛类 ²⁰	176	30	+486.7
	球腹蛛类 ²¹	2173	418	+419.9
顶位物种 Top species	园蛛类 ²²	78	11	+609.1
	肖蛸蛛 ²³	4	2	+100.0
	其它 ²⁴	25	2	+115.0
	螳螂 ²⁵	5	2	+150.0
	管巢蛛类 ²⁶	30	8	+275.0
	狼蛛类 ²⁷	684	245	+179.2
	跳蛛类 ²⁸	31	4	+675.0
	蟹蛛类 ²⁹	61	18	+238.9

① Cotton bollworm ;② Others lep. pests ;③ Aphids ;④ Thrips ;⑤ Phytophagous bugs ;⑥ Leaf liner ;⑦ Locusts ;⑧ Leafhoppers ;⑨ Whitefly ;10 Cotton weevils ;11 Neutral arthropods ;12 *Tetramorium guineense* ;13 Syrphids ;14 Staphylinidae ;15 Ladybirds ;16 Lacewings ;17 Predacious bugs ;18 Parasitic wasps ;19 Linyphidae ;20 Dictynidae ;21 Thecridiidae ;22 Araneidae ;23 Tetragnathidae ;24 Others ;25 Mantis ;26 *Thomisidae* ;27 Lycosidae ;28 Salticidae ;29 Thomisidae

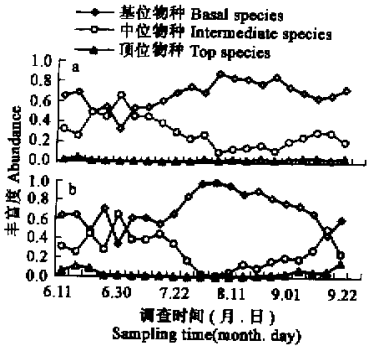


图1 二类棉田(a:Bt 棉田;b:综防棉田)节肢动物不同营养层丰盛度动态

Fig. 1 Abundance dynamics of arthropod nutritional classes in transgenic Bt cotton field (a) and conventional IPM cotton field (b)

过在棉田增殖而丰盛度大于天敌丰盛度,害虫平均丰富度与天敌平均丰富度之差在 Bt 棉田为 0.254,常规棉综防田为 0.743。在 7 月下旬~8 月下旬,由于施用化学农药,常规棉综防田出现天敌控制作用的最薄弱时期,说明施用农药的棉田有利于害虫的增长,而不利于天敌的增长。此期,尽管 Bt 棉田天敌丰富度也处于一个最低时期,但明显远大于常规棉综防田天敌的丰富度。另外,比较图 2a 和 2b 亦可看出,棉田中期,Bt 棉田中性节肢动物亦保持较高的比例,而常规棉综防田极低。

Bt 棉田伏蚜和蓟马的发生轻,伏蚜一直在防治指标之下。与常规棉综防田相比,Bt 棉田中,蚜虫、蓟马丰富度分别减少了 79.7%和 82.1%,并且 Bt 棉田的伏蚜高峰期滞后于常规棉田约 15d。

2.4 棉田节肢动物中各营养层的多样性动态

Bt 棉田和常规棉综防田多样性变化趋势较为一致,但常规棉田多样性波动幅度明显大于 Bt 棉田(图3)。Bt 棉田的功能团平均多样性指数为 1.914,比常规棉综防田增加了 66.9%。Bt 棉田节肢动物的生物多样性在 6 月 21 日左右出现高峰,功能团多样性高,为 1.977,物种数达 45 种,此时主要由于节肢动物大量从外界迁入。此后由于生境和食物原因,一些物种如小花蝽、姬猎蝽、大眼长蝽和稀有种

逐渐减少,龟纹瓢虫的数量继续增加,并维持在一个较高的水平,从而使优势种的地位更加突出,多样性降低。在6月30日,Bt棉田功能团多样性指数为1.178,主要影响因子为捕食性天敌和中性昆虫,其丰富度分别为0.656和0.303;而对常规棉,影响功能团多样性指数的主要因子为捕食性天敌和棉铃虫,其丰富度分别为0.620和0.225。随着时间的延续,种群数量的消长,种群变换,优势种发生了变化,粉虱类和害蝽类数量增加,多样性达到高峰。在伏蚜发生期,天敌数量处于最少,害虫的优势地位突出,从而多样性减到低谷;此时,Bt棉田的主要是中性节肢动物和食汁类昆虫,其丰富度分别为0.495和0.383;而在常规棉田,主要是食汁类害虫(蚜虫),丰富度为0.966。以后随天敌种类和数量的跟随递增,Bt多样性又逐渐上升,但变化较平缓。而中后期在综防棉田,由于棉田伏蚜上升,功能团指数降至最低,为0.95(8月6日),物种才11种,比同期Bt棉田减少26种。

2.5 不同多样性指数灵敏性比较

从表2比较可以看出,Bt棉田多样性指数均大于常规棉综防田,优势度指数均小于常规棉综防田,说明Bt棉田生态系统较常规棉综防田稳定。各营养层的多样性比较都表现为:种多样性>功能团多样性>营养层多样性,多样性与优势度的大小呈现相反的格局。在Bt棉田和常规棉综防田中,功能团的多样性与种的多样性变化趋势一致,且反应灵敏,而营养层多样性变动小,较稳定(图3),说明由于对物种的合并,消除了物种丰富度变动造成的多样性以及物种鉴定造成的误差。

经各类群多样性间的相关性分析(表3)表明以功能团与物种之间的相关性较高,优势度、多样性、均匀度都达到极显著水平。在Bt棉田,营养层与功能团间、营养层与种间无相关性,是因为营养层归类中,同一层次内含有不同的科、目、甚至纲的生物类群,淡化了各类生物间本身的或对环境反应的异质性。在常规棉田营养层与功能团间和营养层与种间相关性都极显著,这是由于施用农药使群落内物种趋于简单,优势种的地位突出,从而模糊了营养层、功能团、种之间的差异。

综上分析,功能团是依据系统分类上的科和它们的为害特点、空间分布的相似性,其既能反应各类群间的生物学差异,又大大简化了调查分析中的程序。因此,可以用功能团多样性替代物种多样性来进行群落的多样性和稳定性分析。

3 结论与讨论

Bt棉田比常规棉综防田靶标害虫锐减,有益生物增加,但一些次要的刺吸性害虫增加,这与Fitt等^[2]的推论一致。另外,棉田的主要害虫伏蚜和蓟马在Bt棉田发生减轻,可能与天敌的抑制有关。Bt棉田天敌数量增加,害虫数量减少,次要害虫和一些中性节肢动物却增加,说明其起到了为天敌提供了食物的作

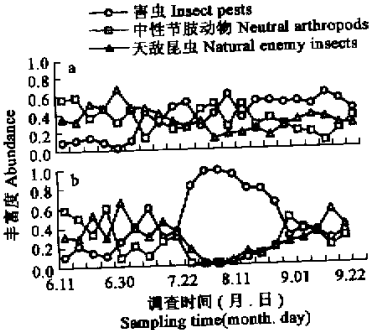


图2 二类棉田(a:Bt棉田;b:综防棉田)不同类型节肢动物丰富度发生动态

Fig. 2 Abundance dynamics of different type of arthropods in transgenic Bt cotton field (a) and conventional IPM cotton field (b)

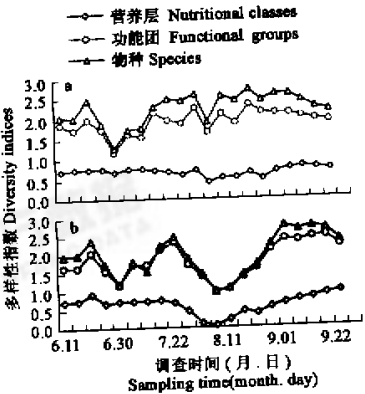


图3 二类棉田(a:Bt棉田;b:综防棉田)不同类型多样性的动态

Fig.3 Dynamics of different type of arthropod diversities in transgenic cotton Bt field (a) and conventional IPM cotton field (b)

用,

表 2 转 Bt 基因棉棉田与常规棉综防田中群落学参数的比较

Bt 棉田 Transgenic Bt cotton field			常规棉综防田 Conventional IPM cotton field		
物种 Species	功能团 Functional groups	营养层 Nutritional classes	物种 Species	功能团 Functional groups	营养层 Nutritional classes
优势度 ^①	0.189 ± 0.088	0.214 ± 0.079	0.254 ± 0.134	0.431 ± 0.223	0.636 ± 0.174
多样性 ^②	2.249 ± 0.356	1.914 ± 0.026	1.951 ± 0.590	1.147 ± 0.505	0.591 ± 0.258

①Dominance ②Diversity

表 3 不同营养层之间多样性的相关系数

项目 Item	Bt 棉 田 Transgenic Bt cotton field			常规棉综防田 Conventional IPM cotton field		
	优势度	多样性	均匀度	优势度	多样性	均匀度
	Dominance	Diversity	Evenness	Dominance	Diversity	Evenness
营养层-功能团 ^①	-0.16882	-0.06728	0.19794	0.64473 **	0.72274 * *	0.77954 * *
营养层-种 ^②	-0.23445	-0.14280	-0.03602	0.62498 **	0.69850 * *	0.76640 * *
功能团-种 ^③	0.93292 * *	0.93292 * *	0.73694 * *	0.98714 * *	0.98714 * *	0.99083 * *

* * 差异极显著 ($p < 0.01$) Double asterisk means significantly differences ($p < 0.01$). ①Nutritional classes-Functional guilds ②Nutritional classes-Species ③Functional guilds-Species

从而保护和增加的天敌反过来加强对害虫(如蚜虫)的控制作用。常规棉化防田,不合理地施用农药破坏了自然的物种结构规律,使生物群落的结构简单、脆弱。而释放赤眼蜂,其寄生率受多种环境因子的影响,也不足以控制棉铃虫,从而造成害虫种群失控。Bt 棉田由于减少了农药的使用,节肢动物群落比常规棉综防田稳定,从这个角度来说,Bt 棉应是棉田节肢动物群落的一个有益的调节因子。

根据本项研究数据可以看到,棉田生物群落受环境影响大,且具有阶段性。棉田早期,中位物种并不依赖于害虫的种群数量,这是由于其主要是从周边环境的种库中迁入,且迁入的天敌数量和种类大于害虫。由于 Bt 棉由于前期对棉铃虫的抗性强而不需施药,有利于天敌的保护和利用。对于常规棉田来说,除了可通过释放赤眼蜂和选用对天敌无害的生物农药来加强控害作用保护天敌外,还可采用保留田间杂草、喷施诱集物质、种植诱集作物来帮助天敌的早迁和在棉田滞留。棉田中、后期,天敌主要靠在棉田增殖来增加数量,其中主要是食虫蜂类和蜘蛛,而 Bt 棉田主要害虫(如蚜虫和蓟马)发生轻,中性昆虫和次要害虫在害虫-天敌的营养链中起到重要的调控作用,它们为中位和顶位物种提供了食物来源,而保护和增殖的天敌又有助于削弱和延缓中后期棉铃虫、伏蚜和后期蓟马的危害,其它一些次要害虫如粉虱、叶蝉等增加,是由于未施用农药和次要害虫的天敌较少所致。因此,如何保护和调控中性节肢动物和次要害虫,并维持较大的种群数量,促进天敌控制害虫的桥梁作用,是 Bt 棉田和常规棉田 IPM 策略防治的一个重要环节。在棉田中、后期,棉田天敌的丰富度降低,同时由于 Bt 棉的抗性下降,因此应采取合适的调控策略以加强中后期棉田天敌对棉铃虫和蚜虫控制作用,如可保护前期迁入棉田的天敌,释放赤眼蜂压低棉铃虫卵基数;另外,因为伏蚜的发生一般早于四代棉铃虫发生盛期,可选用对天敌较安全的选择性农药来防治蚜虫,Bt 制剂对龟纹瓢虫幼虫有较强的杀伤力^[12],应忌用。从以上分析来看,Bt 棉田天敌的保护利用及生态调控应采取阶段性对策。

尽管 Bt 棉田天敌数量多,对害虫起到了较好的控制作用,但天敌对害虫的控制作用不能单一地用益害比来进行评价^[13]。害虫不是天敌的唯一食物来源,并且不同的天敌具有不同的嗜好性;另外,顶位物种和中位物种的不同集团,以及不同集团内的不同种类间在时间分布上的演化和空间分布上的分离程度是很强的,这决定了它们的食谱和对猎物的选择性食量;并且大田中的作物极易受周边环境的影响,前期和后期,棉田的害虫和天敌往往来自于周边环境,由于天敌和害虫各自向棉田迁入的高峰期存在时间差,因此需要从整个群落中物种的时间空间生态位宽度和重叠来分析种间关系。天敌对害虫控制作用的评价应

同时考虑天敌的数量、天敌与害虫的空间生态位重叠度和时间发生上的同步性^[14]。

由于取样上的困难,对寄生蜂类、粉虱类、双翅目类及腐生性的蝇蚊记录不够精确,但是基本上可以反应其在田间的变化趋势。从物种、营养层和功能团 3 个水平上对比分析了 Bt 棉田和常规棉综防田节肢动物的组成和多样性可以看出,在群落中可以用对功能集团的研究代替对种的研究,从而简化物种间复杂的网络关系,营养多样性在时间序列过程中波动性较小,可用于群落相似性和稳定性分析^[13]。功能团在概念和含义以及划分原则上体现了营养层次和营养渠道的意义,在研究和操作上较物种更为方便和实用,因此利用对群落功能团的研究代替对物种的研究有实际意义,使群落中天敌与害虫的复杂关系易于数量化表达。

参考文献

- [1] Hilbeck A, Moar W J, Pusztai-Carey M, et al. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin to the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.*, 1998, **27**(5):1255~1263.
- [2] Fitt G P, Mares C L, Llewelly D J, et al. Field evaluation and potential ecological impact of transgenic cottons in Australia. *Biocontrol Science and Technology*, 1994, **4**:535~548.
- [3] Wu J C (吴进才), LU Z Q (陆自强), YANG J S (杨金生), et al. Habitat niche and predation effect of natural enemies of insect pests in paddy field. *Acta Entomologica Sinica*(in Chinese)(昆虫学报), 1993, **36**(3):323~331.
- [4] Luo Z Y (罗志义). Diversity analysis of arthropoda community in cotton fields of Sheshan District and diversity effect made by insecticides. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 1982, **2**(3):255~266.
- [5] Qu H Z (瞿汉忠), HUANG Y L (黄允龙), WU R X (吴荣祥). Spiders population dynamics and their preservation and utilization. *Natural Enemies of Insects*(in Chinese)(昆虫天敌), 1986, **8**(3):142~145.
- [6] Li D Q (李代芹), ZHAO J Z (赵敬钊). The spider community and its diversity in cotton fields. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 1993, **13**(3):205~213.
- [7] Xia J Y (夏敬源), WANG C Y (王春义), MA Y (马艳), et al. Arthropod community structure in different cotton cropping system. *Acta Gossypii Sinica*(in Chinese)(棉花学报), 1998, **10**(1):26~32.
- [8] Cui J J (崔金杰), XIA J Y (夏敬源). Studies on the components of diversity of the community in transgenic Bt cotton. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 2000, **20**(5):824~829.
- [9] Adans J. The definition and interpretation of guild structure in ecological communities. *J. Animal. Ecol.*, 1985, **54**:43~59.
- [10] Gao W (高玮), XIANG G Q (相贵权), SHANG J C (尚金成). Bird guilds and their interaction in mountain secondary forest. In: *Mathematics ecological progress*(in Chinese). Chengdu: Chengdu Scientific and Technological University Press, 1994. 242~247.
- [11] Simpson E H. Measurement of diversity. *Nature*, 1949, **163**:688.
- [12] Zuo G S (左广胜), GUO Y J (郭玉杰), WANG N Y (王念英). Control on cotton bollworm by *Bacillus thuringiensis* formulation and its effect on natural enemies. *Plant Protection* (in Chinese)(植物保护), 1994, **20**(1):2~4.
- [13] Hao S G (郝树广), ZHANG X X (张孝羲), CHEN X N (程遐年), et al. The dynamics of biodiversity and the composition of nutrition classes and dominant guilds of arthropoda communiy in paddy field. *Acta Entomologica Sinica* (in Chinese)(昆虫学报), 1998, **41**(4):343~353.
- [14] Liu W X (刘万学), WAN F H (万方浩), ZHANG F (张帆), et al. Evaluation on role of predators in *Helicoverpa armigera* control. *Chinese Journal of Biological Control*(in Chinese)(中国生物防治), 2000, **16**(3):97~101.