

## 转 *Bt* 基因棉和 2 种常规棉田节肢动物群落结构和动态规律比较研究

陈海风<sup>1</sup>, 周春晓<sup>2</sup>, 黄诚诚<sup>1</sup>, 陈绍坤<sup>1</sup>, 江雨倩<sup>1</sup>, 史雪莹<sup>1</sup>, 原俊灵<sup>1</sup>, 巫厚长<sup>1\*</sup>  
(1. 安徽农业大学资源与环境学院, 合肥 230036; 2. 合肥市第三十二中学, 合肥 230051)

**摘要:** 采用田间系统调查和方差分析群落参数对转 *Bt* 基因鲁棉研 34<sub>F1</sub>(A)、常规棉苏棉 12(B)和中棉 19(C) 田间节肢动物群落结构和动态变化规律进行了比较研究。结果表明, 在全生育期, 相对丰度害虫类为 A(92.1%) > B(85.4%) > C(77.9%), 捕食类为 A(1.4%) < B(1.5%) < C(2.8%), 中性昆虫类为 A(6.5%) < B(13.1%) < C(19.3%); A 田害虫类物种数为每 10 株 7.3±0.3 种, 显著低于 C 田 11.3±1.3 种; A 田总群落个体数为每 10 株 21 827.3±7 293.4 头, 显著高于 B 田 12 079.0±1 056.7 头, 极显著高于 C 田 7 302.3±1 423.8 头; A 田害虫类个体数为每 10 株 20 101.3±4 198.6 头, 显著性高于 C 田 5 690.6±881.1 头; A 田捕食类个体数为每 10 株 298.0±12.7 头, 显著性高于 B 田 185.3±17.4 头; A 田优势种天敌八斑球腹蛛 (*Theridion octomaculatum*) 个体数为每 10 株 33.0±1.0 头, 显著低于 C 田 45.0±2.6 头; A 田优势种天敌龟纹瓢虫 (*Propylaea japonica*) 个体数为每 10 株 145.6±34.4 头, 极显著高于 B 田 67.6±7.7 头和 C 田 59.3±24.1 头; A 田目标害虫棉蚜(*Aphis gossypii*)的个体数量为每 10 株 18 810.6±7 105.0 头, 显著高于 B 田 9 164.0±786.0 头, 极显著高于 C 田 4 790.0±890.9 头; A 田总群落优势集中性为 0.745 7±0.041 3, 极显著高于 B 田 0.600 1±0.017 6 和 C 田 0.485 0±0.019 3; A 田总群落多样性为 0.589 1±0.080 5, 极显著低于 B 田 0.846 1±0.048 7 和 C 田 1.072 4±0.053 2; 害虫类多样性为 0.262 9±0.093 9, 显著低于 C 田 0.469 1±0.131 4; A 田总群落均匀度为 0.176 7±0.022 4, 极显著低于 B 田 0.246 5±0.009 3 和 C 田 0.307 8±0.014 7。

**关键词:** 转 *Bt* 基因棉; 常规棉; 节肢动物群落; 动态

中图分类号: Q968.1; S476

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2013)06-0988-07

### Structure and dynamic changing patterns of arthropod community in transgenic *Bt* cotton and two traditional cotton fields

CHEN Hai-feng<sup>1</sup>, ZHOU Chun-xiao<sup>2</sup>, HUANG Cheng-cheng<sup>1</sup>, CHEN Shao-kun<sup>1</sup>,  
JIANG Yu-qian<sup>1</sup>, SHI Xue-ying<sup>1</sup>, YUAN Jun-ling<sup>1</sup>, WU Hou-zhang<sup>1</sup>

(1. School of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. The Thirty-second High School, Hefei City, Hefei 230051)

**Abstract:** Using the systematic investigation in fields and community parameters analysis by one way ANOVA, studies for the structure and dynamics of arthropod community in the fields of transgenic *Bt* cotton Lumianyan 34<sub>F1</sub>(A), conventional cotton Sumian 12(B) and Zhongmian 19(C) were conducted. The results showed that in the whole cotton growth period, the relative abundance of arthropod sub-communities in pest insects, predators and neutral insects were A(92.1%)>B(85.4%)>C(77.9%), A(1.4%)<B(1.5%)<C(2.8%), and A(6.5%)<B(13.1%)<C(19.3%), respectively. The pest insect species number of 7.3±0.3 species / 10 plants in A was significantly lower than that of 11.3±1.3 species / 10 plants in C. The individual number of total community in A was 21 827.3±7 293.4 individuals / 10 plants, which was significantly higher than that of 12 079.0±1 056.7 individuals / 10 plants in B and 7 302.3±1 423.8 individuals / 10 plants in C. The pest in-

收稿日期: 2013-03-12

基金项目: 国家科技支撑计划(2011BAD12B04, 2007BAD87B06), 安徽高校省级自然科学研究重点项目(KJ2010A109)和安徽农业大学大创基金(2012)共同资助。

作者简介: 陈海风, 男, 硕士研究生。E-mail: chhfeifei@126.com

\* 通信作者: 巫厚长, 男, 博士, 教授。E-mail: houzhangw@aahu.edu.cn

sect individual number in A was  $20\ 101.3 \pm 4\ 198.6$  individuals / 10 plants, which was significantly higher than that of  $5\ 690.6 \pm 881.1$  individuals / 10 plants in C. The predator individual number of  $298.0 \pm 12.7$  individuals / 10 plants in A was significantly higher than that of  $185.3 \pm 17.4$  individuals / 10 plants in B. The individual number of dominant species enemy *T. octomaculatum* in A was  $33.0 \pm 1.0$  individuals / 10 plants, which was significantly lower than that of  $45.0 \pm 2.6$  individuals / 10 plants in C. The individual number of dominant species enemy *P. japonica* in A was  $145.6 \pm 34.4$  individuals / 10 plants, which was significantly higher than that of  $67.6 \pm 7.7$  individuals / 10 plants in B and  $59.3 \pm 24.1$  individuals / 10 plants in C. The individual number of target pest insect *A. gossypii* in A was  $18\ 810.6 \pm 7\ 105.0$  individuals / 10 plants, which was significantly higher than that of  $9\ 164.0 \pm 786.0$  individuals / 10 plants in B and  $4\ 790.0 \pm 890.9$  individuals / 10 plants in C. The dominant index of total community in A was  $0.745\ 7 \pm 0.041\ 3$ , which was significantly higher than that of  $0.600\ 1 \pm 0.017\ 6$  in B and  $0.485\ 0 \pm 0.019\ 3$  in C. The diversity index of total community in A was  $0.589\ 1 \pm 0.080\ 5$ , which was significantly lower than that of  $0.846\ 1 \pm 0.048\ 7$  in B and  $1.072\ 4 \pm 0.053\ 2$  in C. The pest insects diversity index in A was  $0.262\ 9 \pm 0.093\ 9$ , which was significantly lower than that of  $0.469\ 1 \pm 0.131\ 4$  in C. The evenness index of total community in A was  $0.176\ 7 \pm 0.022\ 4$ , which was significantly lower than that of  $0.246\ 5 \pm 0.009\ 3$  in B and  $0.307\ 8 \pm 0.014\ 7$  in C.

**Key words:** transgenic *Bt* cotton; traditional cotton; arthropod community; dynamics

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相互作用, 相互影响, 组成一个不可分割的有机体。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作用, 可以为天敌提供食物, 进而对害虫起到调控作用。随着转 *Bt* 基因棉在全国棉区的推广种植, 棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)的危害得到显著地控制, 棉蚜(*A. gossypii*)、绿盲蝽(*Lygus lucorum*)、棉红蜘蛛(*Tetranychus spp.*)、烟粉虱(*Bemisia tabaci*)和棉叶蝉(*Empoasca flavescens*)等刺吸性害虫的发生数量增加, 成为主要害虫<sup>[1-2]</sup>。目标害虫变化机制及发展趋势的系统研究国内外报道较少<sup>[3-9]</sup>。作者研究了转 *Bt* 基因棉与 2 种常规棉田节肢动物群落结构和动态, 检测了目标害虫变化规律, 为制定转 *Bt* 基因棉种植模式下棉田害虫综合防治体系提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验设计

试验在安徽农业大学农翠园内进行, 共 9 个小区, 每小区种植 60 株棉花, 种植密度为  $1.95$  万株· $\text{hm}^{-2}$ 。为避免小区之间的相互影响, 各小区以  $50$  cm 宽的生态廊道相隔。试验设 3 个处理, 每个处理重复 3 次。施肥:  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$  分别为 210、105 及  $105$   $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 均分 1 次基肥, 2 次追肥施入。

### 1.2 材料

供试棉花: 鲁棉研 34<sub>F1</sub> (转 *Bt* 基因), 山东省

棉花研究中心培育; 苏棉 12 (常规棉), 太仓市棉花原种场培育; 中棉 19 (常规棉), 中棉所培育。供试化肥: 安徽红四方股份有限公司生产的复合肥 ( $\text{N+P}_2\text{O}_5\text{+K}_2\text{O} \geq 45\%$ , 15-15-15); 安徽吴源化工集团有限公司生产的尿素 (总氮  $\geq 46.4\%$ )。

### 1.3 调查方法

从 2012 年 5 月 13 日至 9 月 2 日, 每 7 d 调查 1 次, 采取平行跳跃法在每个小区分别抽取 2 垄, 再按棋盘式每垄定点 5 株, 每个棉花品种共抽取 30 株, 系统调查棉株地上部分和棉株周围  $0.25$   $\text{m}^2$  地表部分所有节肢动物种类和个体数量。棉花全生育期不喷施农药, 其它同常规栽培措施管理。

### 1.4 数据分析<sup>[10]</sup>

相对丰盛度:  $P_i = N_i/N$ ; 优势集中性指数:  $C = \sum P_i^2$ ; 多样性指数:  $H = -\sum P_i \ln P_i$ ; 均匀度指数:  $J = H/\ln S$ 。其中  $N_i$  为第  $i$  个亚群落或物种的个体数量,  $N$  为全部亚群落或物种总个体数,  $S$  表示节肢动物群落中亚群落数或物种数,  $i$  从 1 到  $S$ 。试验使用 Excel2003 和 SPSS18 版软件通过单因素试验统计分析方法对文中各项指数进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 3 种棉田节肢动物群落的组成

在全生育期内, 鲁棉研 34<sub>F1</sub>、苏棉 12、中棉 19 棉田中节肢动物分别隶属于 14 目 30 科 33 种、15 目 35 科 37 种、14 目 36 科 38 种, 表明转基因棉鲁棉研 34<sub>F1</sub> 田的节肢动物科数、种数均小于常规棉苏

表 1 3种棉田节肢动物亚群落的相对丰盛度

Table 1 The relative abundance of arthropod sub-communities in 3 cotton field treatments

指数 Index	亚群落 Sub-community	棉田 Cotton field		
		A	B	C
相对丰盛度 Relative abundance	害虫类 Pests	92.1%	85.4%	77.9%
	捕食类 Predators	1.4%	1.5%	2.8%
	中性昆虫类 Neutral insects	6.5%	13.1%	19.3%

注: A: 鲁棉研 34<sub>F1</sub>; B: 苏棉 12; C: 中棉 19。下同。Note: Lumianyan34<sub>F1</sub>; Sumian12; Zhongmian19. The same below.

表 2 3种棉田节肢动物群落和各亚群落的物种数和个体数及其动态

Table 2 The number of species, individuals and their dynamics of arthropod community and its sub-communities in 3 cotton field treatments

指数 Index	群落类型 Style of community	时期 Stage	棉田 Cotton field		
			A	B	C
物种数 Species number	总群落 Total community	全生育期 Whole growth period	28.0±1.7 <sup>a</sup>	31.0±3.0 <sup>a</sup>	32.6±2.5 <sup>a</sup>
		前期 First stage	20.3±7.5 <sup>a</sup>	17.6±2.0 <sup>a</sup>	17.6±2.0 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	21.6±2.5 <sup>a</sup>	21.3±6.3 <sup>a</sup>	25.0±4.3 <sup>a</sup>
	害虫类 Pests	全生育期 Whole growth period	7.3±0.3 <sup>b</sup>	9.6±0.8 <sup>ab</sup>	11.3±1.3 <sup>a</sup>
		前期 First stage	5.6±0.3 <sup>a</sup>	6.0±1.0 <sup>a</sup>	6.0±0.5 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	4.3±0.3 <sup>b</sup>	5.3±1.2 <sup>ab</sup>	10.0±2.0 <sup>a</sup>
	捕食类 Predators	全生育期 Whole growth period	17.0±0.5 <sup>a</sup>	17.0±1.0 <sup>a</sup>	17.0±0.5 <sup>a</sup>
		前期 First stage	8.3±0.8 <sup>a</sup>	8.6±1.3 <sup>a</sup>	7.6±0.6 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	14.3±0.8 <sup>a</sup>	12.6±1.3 <sup>a</sup>	12.6±1.8 <sup>a</sup>
	中性昆虫类 Neutral insects	全生育期 Whole growth period	3.6±0.3 <sup>a</sup>	4.3±0.6 <sup>a</sup>	4.3±0.3 <sup>a</sup>
		前期 First stage	2.6±0.3 <sup>a</sup>	3.0±0.0 <sup>a</sup>	3.3±0.3 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	2.6±0.3 <sup>a</sup>	3.0±1.0 <sup>a</sup>	4.3±0.3 <sup>a</sup>
个体数 Individual number	总群落 Total community	全生育期 Whole growth period	21 827.3±7293.4 <sup>Aa</sup>	1 2079.±1 056.7 <sup>ABb</sup>	7 302.3±1423.8 <sup>Bb</sup>
		前期 First stage	1 686.3±144.0 <sup>a</sup>	1406.0±805.0 <sup>a</sup>	846.0±462.0 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	18 052.3±8 102.8 <sup>a</sup>	8 906.0±1 054.7 <sup>ab</sup>	4 963.6±1105.2 <sup>b</sup>
	害虫类 Pests	全生育期 Whole growth period	2 088.6±207.5 <sup>a</sup>	1 767.6±324.3 <sup>a</sup>	1 752.3±445.1 <sup>a</sup>
		前期 First stage	1 306.0±123.9 <sup>a</sup>	774.3±305.8 <sup>a</sup>	511.6±215.7 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	16 954.6±4 317.3 <sup>a</sup>	8 286.3±518 <sup>ab</sup>	4 459.0±464.0 <sup>b</sup>
	捕食类 Predators	全生育期 Whole growth period	1 840.6±63.8 <sup>a</sup>	1 253.6±220.6 <sup>a</sup>	1 046.6±423.9 <sup>a</sup>
		前期 First stage	298.0±12.7 <sup>a</sup>	185.3±17.4 <sup>b</sup>	202.0±24.0 <sup>ab</sup>
		中期 Middle stage	56.3±5.6 <sup>a</sup>	59.6±11.3 <sup>a</sup>	29.0±1.1 <sup>b</sup>
	中性昆虫类 Neutral insects	全生育期 Whole growth period	203.0±9.7 <sup>a</sup>	69.3±10.1 <sup>b</sup>	83.0±18.1 <sup>b</sup>
		前期 First stage	38.6±4.2 <sup>a</sup>	56.3±8.2 <sup>a</sup>	56.0±5.1 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	1 424.6±376.3 <sup>a</sup>	1 580.0±101.9 <sup>a</sup>	1 409.6±110.9 <sup>a</sup>
中性昆虫类 Neutral insects	前期 First stage	324.0±48.7 <sup>a</sup>	572.0±161.2 <sup>a</sup>	280.6±52.7 <sup>a</sup>	
	中期 Middle stage	894.6±353.7 <sup>a</sup>	550.3±102.0 <sup>a</sup>	873.6±93.8 <sup>a</sup>	
	后期 Late stage	206.0±59.2 <sup>b</sup>	457.6±72.1 <sup>a</sup>	389.0±5.5 <sup>ab</sup>	

注: 表中数据为平均数±标准误。同行数据后标有相同小写字母者表示差异不显著 ( $P>0.05$ ), 标有相同大写字母表示差异不极显著 ( $P>0.01$ )。下同。

Note: Data in the table are mean±SE. Mean in the rows followed by the same lowercase letters are not significantly different at  $P>0.05$ . Mean in the rows followed by the same uppercase letters are not significantly different at  $P>0.01$ . The same below.

棉 12 和中棉 19 田。根据棉田间节肢动物群落中物种的营养关系, 将其划分为: 害虫类、捕食类和中性昆虫类 3 个亚群落, 各亚群落的相对丰盛度如表 1 所示。相对丰盛度害虫类为棉田 A 92.1% > 棉田 B 85.4% > 棉田 C 77.9%, 捕食类为棉田 A 1.4% < 棉田 B 1.5% < 棉田 C 2.8%, 中性昆虫类为棉田 A 6.5% < 棉田 B 13.1% < 棉田 C 19.3%, 表明害虫类的相对丰盛度转基因棉田高于常规棉田 B 和 C, 捕食类和中性昆虫类均为转基因棉田低于常规棉田 B 和 C。

## 2.2 3 种棉田间节肢动物群落的物种数和个体数及其动态

根据棉花生长发育情况, 将系统调查时间分别划分为: 前期从 5 月 13 日至 6 月 17 日, 为棉花幼苗生长至现蕾开花前期; 中期从 6 月 18 日至 7 月 29 日, 为棉花始花期至棉花吐絮前期; 后期从 7 月 30 日至 9 月 2 日, 为棉花吐絮期。各物种数量和个体数如表 2 所示。

3 种棉田总群落、捕食类、中性昆虫类的物种数在全生育期及前、中、后期均无显著性差异。害虫类物种数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $7.3 \pm 0.3$  种, 显著低于棉田 C  $11.3 \pm 1.3$  种, 主要表现在中期棉田 A 为每 10 株  $4.3 \pm 0.3$  种, 显著低于棉田 C  $10.0 \pm 2.0$  种, 前期和后期无显著性差异, 表明中期是转基因棉田害虫类物种数显著低于常规棉田 C 的

关键阶段。

3 种棉田总群落个体数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $21\ 827.3 \pm 7\ 293.4$  头, 显著高于棉田 B  $12\ 079. \pm 1\ 056.7$  头, 极显著高于棉田 C  $7\ 302.3 \pm 1\ 423.8$  头, 前期和后期无显著性差异, 中期棉田 A 为每 10 株  $18\ 052.3 \pm 8\ 102.8$  头显著性高于棉田 C  $4\ 963.6 \pm 1\ 105.2$  头, 表明中期是转基因棉田的总群落个体数显著高于常规棉田 C 的关键阶段。害虫类个体数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $20\ 101.3 \pm 4\ 198.6$  头, 显著性高于棉田 C  $5\ 690.6 \pm 881.1$  头, 前期、后期无显著性差异, 中期棉田 A 为每 10 株  $16\ 954.6 \pm 4\ 317.3$  头, 显著性高于棉田 C  $4\ 459.0 \pm 464.0$  头, 表明中期是转基因棉田害虫类个体数显著高于常规棉田 C 的关键阶段。捕食类个体数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $298.0 \pm 12.7$  头, 显著性高于棉田 B  $185.3 \pm 17.4$  头, 前期棉田 A 为每 10 株  $59.6 \pm 11.3$  头, 显著性高于棉田 C  $29.0 \pm 1.1$  头, 中期棉田 A 为每 10 株  $203.0 \pm 9.7$  头, 分别显著性高于棉田 B  $69.3 \pm 10.1$  头和棉田 C  $83.0 \pm 18.1$  头, 后期无显著性差异, 表明中期是转基因棉田捕食类个体数显著高于常规棉田 B 的关键阶段。中性昆虫类个体数在全生育期、前期和中期无显著性差异, 后期棉田 A 为每 10 株  $206.0 \pm 59.2$  头, 显著性低于棉田 B  $457.6 \pm 72.1$  头。

表 3 3 种棉田优势种天敌和目标害虫的个体数及其动态

Table 3 The individual number and their dynamics of dominant enemies and target pest insects in 3 cotton field treatments

优势种 Dominant species	时期 Stage	棉田 Cotton field		
		A	B	C
八斑球腹蛛 <i>T. octomaculatum</i>	全生育期 Whole growth period	$33.0 \pm 1.0^{ABb}$	$31.0 \pm 6.9^{Bb}$	$45.0 \pm 2.6^{Aa}$
	前期 First stage	$18.6 \pm 2.3^a$	$21.3 \pm 4.7^a$	$24.6 \pm 2.0^a$
	中期 Middle stage	$12.0 \pm 2.0^{Bb}$	$6.6 \pm 2.5^{Bc}$	$19.3 \pm 0.5^{Aa}$
	后期 Late stage	$2.3 \pm 0.5^a$	$3.0 \pm 4.3^a$	$1.0 \pm 1.0^a$
龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	全生育期 Whole growth period	$145.6 \pm 34.4^A$	$67.6 \pm 7.7^B$	$59.3 \pm 24.1^B$
	前期 First stage	$1.3 \pm 0.5^a$	$9.0 \pm 7.0^a$	$2.6 \pm 2.8^a$
	中期 Middle stage	$134.0 \pm 31.5^A$	$32.6 \pm 17.0^B$	$37.0 \pm 17.6^B$
	后期 Late stage	$10.3 \pm 2.3^b$	$26.0 \pm 3.4^a$	$19.6 \pm 9.0^{ab}$
棉蚜 <i>A. gossypii</i>	全生育期 Whole growth period	$18\ 810.6 \pm 7105.0^{Aa}$	$9\ 164.0 \pm 786.0^{ABb}$	$4\ 790.0 \pm 890.9^{Bb}$
	前期 First stage	$851.6 \pm 462.4^a$	$634.6 \pm 405.7^a$	$443.6 \pm 383.0^a$
	中期 Middle stage	$16\ 519.3 \pm 7123.8^{Aa}$	$7644.0 \pm 686.1^{ABb}$	$3506.6 \pm 503.1^{Bb}$
	后期 Late stage	$1\ 439.6 \pm 236.3^a$	$886.0 \pm 414.6^a$	$840.0 \pm 623.3^a$
烟粉虱 <i>B. tabaci</i>	全生育期 Whole growth period	$1\ 203.0 \pm 554.9^a$	$1\ 061.3 \pm 137.2^a$	$827.0 \pm 593.3^a$
	前期 First stage	$446.0 \pm 429.0^a$	$124.0 \pm 130.1^a$	$51.0 \pm 8.5^a$
	中期 Middle stage	$405.3 \pm 372.3^a$	$588.6 \pm 243.4^a$	$599.3 \pm 552.5^a$
	后期 Late stage	$351.6 \pm 153.1^a$	$348.6 \pm 157.3^a$	$176.6 \pm 164.3^a$

表 4 3种棉田节肢动物群落和亚群落的特征指数及其动态

Table 4 Characteristic indexes and their dynamics of arthropod community and its sub-communities in 3 cotton field treatments

指数 Index	群落类型 Style of community	时期 Stage	棉田 Cotton field		
			A	B	C
优势集中性 Dominance index	总群落 Total community	全生育期 Whole growth period	0.745 7±0.041 3 <sup>A</sup>	0.600 1±0.017 6 <sup>B</sup>	0.485 0±0.019 3 <sup>C</sup>
		前期 First stage	0.442 0±0.116 1 <sup>a</sup>	0.375 6±0.004 1 <sup>a</sup>	0.365 9±0.114 0 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	0.848 9±0.030 4 <sup>Aa</sup>	0.749 0±0.050 9 <sup>Ab</sup>	0.538 3±0.045 7 <sup>Bc</sup>
	害虫类 Pests	全生育期 Whole growth period	0.874 1±0.060 9 <sup>a</sup>	0.800 2±0.013 5 <sup>a</sup>	0.752 1±0.093 0 <sup>a</sup>
		前期 First stage	0.664 6±0.089 5 <sup>a</sup>	0.727 0±0.033 5 <sup>a</sup>	0.693 8±0.098 4 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	0.955 0±0.010 2 <sup>a</sup>	0.8586±0.0194 <sup>ab</sup>	0.776 1±0.071 6 <sup>b</sup>
	捕食类 Predators	全生育期 Whole growth period	0.272 6±0.068 4 <sup>a</sup>	0.196 5±0.066 9 <sup>a</sup>	0.168 8±0.042 4 <sup>a</sup>
		前期 First stage	0.230 0±0.015 0 <sup>a</sup>	0.226 8±0.025 1 <sup>a</sup>	0.747 7±0.276 4 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	0.452 4±0.071 1 <sup>a</sup>	0.278 9±0.087 9 <sup>a</sup>	0.466 3±0.098 7 <sup>a</sup>
	中性昆虫类 Neutral insects	全生育期 Whole growth period	0.147 7±0.021 1 <sup>b</sup>	0.318 7±0.059 8 <sup>a</sup>	0.252 7±0.022 0 <sup>ab</sup>
		前期 First stage	0.968 9±0.020 3 <sup>a</sup>	0.963 6±0.004 8 <sup>a</sup>	0.940 4±0.014 0 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	0.979 7±0.011 9 <sup>a</sup>	0.9717±0.0075 <sup>a</sup>	0.885 2±0.029 6 <sup>b</sup>
多样性 Diversity index	总群落 Total community	全生育期 Whole growth period	0.990 2±0.002 5 <sup>a</sup>	0.972 6±0.012 3 <sup>a</sup>	0.947 2±0.021 3 <sup>a</sup>
		前期 First stage	0.890 8±0.021 2 <sup>b</sup>	0.9351±0.0055 <sup>ab</sup>	0.941 2±0.007 2 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	0.589 1±0.080 5 <sup>C</sup>	0.846 1±0.048 7 <sup>B</sup>	1.072 4±0.053 2 <sup>A</sup>
	害虫类 Pests	全生育期 Whole growth period	1.103 5±0.168 9 <sup>Bb</sup>	1.251 9±0.084 4 <sup>ABb</sup>	1.701 8±0.275 6 <sup>Aa</sup>
		前期 First stage	0.379 4±0.042 2 <sup>Bc</sup>	0.564 9±0.080 8 <sup>Ab</sup>	0.937 0±0.088 2 <sup>Aa</sup>
		中期 Middle stage	1.009 4±0.054 5 <sup>a</sup>	1.248 1±0.137 2 <sup>a</sup>	0.997 1±0.439 0 <sup>a</sup>
	捕食类 Predators	全生育期 Whole growth period	0.262 9±0.093 9 <sup>b</sup>	0.391 0±0.026 2 <sup>ab</sup>	0.469 1±0.131 4 <sup>a</sup>
		前期 First stage	0.5404±0.1087 <sup>a</sup>	0.534 2±0.024 3 <sup>a</sup>	0.601 7±0.166 6 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	0.114 4±0.018 5 <sup>b</sup>	0.292 7±0.026 7 <sup>ab</sup>	0.412 1±0.090 2 <sup>a</sup>
	中性昆虫类 Neutral insects	全生育期 Whole growth period	0.610 1±0.056 7 <sup>a</sup>	0.653 4±0.088 8 <sup>a</sup>	0.458 7±0.171 1 <sup>a</sup>
		前期 First stage	1.902 5±0.184 0 <sup>a</sup>	2.122 7±0.250 8 <sup>a</sup>	2.195 5±0.211 6 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	1.676 9±0.073 7 <sup>a</sup>	1.720 0±0.131 1 <sup>a</sup>	1.613 8±0.025 2 <sup>a</sup>
均匀度 Evenness index	总群落 Total community	全生育期 Whole growth period	1.404 6±0.171 8 <sup>a</sup>	1.834 3±0.269 6 <sup>a</sup>	2.107 5±0.319 7 <sup>a</sup>
		前期 First stage	2.203 1±0.128 1 <sup>a</sup>	1.531 6±0.197 8 <sup>b</sup>	1.734 4±0.095 0 <sup>ab</sup>
		中期 Middle stage	0.090 6±0.053 8 <sup>a</sup>	0.109 7±0.017 5 <sup>a</sup>	0.163 5±0.038 8 <sup>a</sup>
	害虫类 Pests	全生育期 Whole growth period	0.059 5±0.031 2 <sup>b</sup>	0.082 5±0.018 9 <sup>b</sup>	0.246 8±0.050 3 <sup>a</sup>
		前期 First stage	0.034 1±0.009 0 <sup>a</sup>	0.082 7±0.036 2 <sup>a</sup>	0.142 8±0.053 7 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	0.240 1±0.044 6 <sup>a</sup>	0.166 4±0.012 6 <sup>a</sup>	0.154 4±0.015 6 <sup>a</sup>
	捕食类 Predators	全生育期 Whole growth period	0.176 7±0.022 4 <sup>C</sup>	0.246 5±0.009 3 <sup>B</sup>	0.307 8±0.014 7 <sup>A</sup>
		前期 First stage	0.378 7±0.093 1 <sup>Bb</sup>	0.436 8±0.030 2 <sup>ABa</sup>	0.596 1±0.076 6 <sup>Aa</sup>
		中期 Middle stage	0.123 9±0.018 2 <sup>Cc</sup>	0.189 2±0.041 1 <sup>BCb</sup>	0.291 8±0.015 1 <sup>Aa</sup>
	中性昆虫类 Neutral insects	全生育期 Whole growth period	0.333 5±0.009 3 <sup>b</sup>	0.418 1±0.053 6 <sup>a</sup>	0.401 6±0.046 6 <sup>ab</sup>
		前期 First stage	0.133 0±0.050 7 <sup>a</sup>	0.173 8±0.020 3 <sup>a</sup>	0.195 5±0.060 8 <sup>a</sup>
		中期 Middle stage	0.315 5±0.069 3 <sup>a</sup>	0.311 5±0.039 3 <sup>a</sup>	0.345 9±0.101 3 <sup>a</sup>
捕食类 Predators	全生育期 Whole growth period	0.079 8±0.015 8 <sup>a</sup>	0.197 0±0.050 3 <sup>a</sup>	0.185 3±0.043 4 <sup>a</sup>	
	前期 First stage	0.354 5±0.040 3 <sup>a</sup>	0.349 0±0.055 7 <sup>a</sup>	0.237 0±0.073 6 <sup>a</sup>	
	中期 Middle stage	0.666 4±0.049 3 <sup>a</sup>	0.748 6±0.062 1 <sup>a</sup>	0.774 6±0.063 6 <sup>a</sup>	
中性昆虫类 Neutral insects	全生育期 Whole growth period	0.795 5±0.009 7 <sup>a</sup>	0.808 3±0.027 9 <sup>a</sup>	0.798 7±0.043 5 <sup>a</sup>	
	前期 First stage	0.526 4±0.056 3 <sup>b</sup>	0.720 0±0.080 2 <sup>ab</sup>	0.829 1±0.080 2 <sup>a</sup>	
	中期 Middle stage	0.879 2±0.017 2 <sup>a</sup>	0.672 3±0.052 0 <sup>b</sup>	0.748 0±0.021 7 <sup>b</sup>	
捕食类 Predators	全生育期 Whole growth period	0.067 6±0.035 3 <sup>a</sup>	0.076 8±0.004 7 <sup>a</sup>	0.111 4±0.021 5 <sup>a</sup>	
	前期 First stage	0.058 3±0.026 2 <sup>b</sup>	0.075 1±0.017 2 <sup>b</sup>	0.204 6±0.034 6 <sup>a</sup>	
	中期 Middle stage	0.034 1±0.005 5 <sup>a</sup>	0.062 2±0.023 5 <sup>a</sup>	0.096 0±0.034 9 <sup>a</sup>	
中性昆虫类 Neutral insects	全生育期 Whole growth period	0.252 9±0.037 2 <sup>a</sup>	0.130 0±0.011 1 <sup>b</sup>	0.132 8±0.022 0 <sup>b</sup>	
	前期 First stage				
	中期 Middle stage				

### 2.3 3 种棉田优势种天敌与目标害虫种群数量及其动态

在棉花全生育期调查中, 棉田优势种天敌为八点球腹蛛 (*Theridion octomaculatum*) 和龟纹瓢虫 (*Propylaea japonica*), 棉田目标害虫为棉蚜 (*Aphis gossypii*) 和烟粉虱 (*Bemisia tabaci*), 各优势种的个体数如表 3 所示。

3 种棉田优势种天敌八点球腹蛛个体数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $33.0 \pm 1.0$  头, 显著低于棉田 C  $45.0 \pm 2.6$  头, 前期和后期无显著差异, 中期棉田 A 为每 10 株  $12.0 \pm 2.0$  头, 极显著低于棉田 C  $19.3 \pm 0.5$  头, 表明中期是转基因棉田八点球腹蛛个体数显著低于常规棉田 C 的关键阶段。优势种天敌龟纹瓢虫个体数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $145.6 \pm 34.4$  头, 极显著高于棉田 B  $67.6 \pm 7.7$  头和棉田 C  $59.3 \pm 24.1$  头, 前期无显著差异, 中期棉田 A 为每 10 株  $134.0 \pm 31.5$  头, 极显著高于棉田 B  $32.6 \pm 17.0$  头和棉田 C  $37.0 \pm 17.6$  头, 后期棉田 A 为每 10 株  $10.3 \pm 2.3$  头, 显著低于棉田 B  $26.0 \pm 3.4$  头, 表明龟纹瓢虫对目标害虫的追随性, 中期是转基因棉田龟纹瓢虫个体数极显著高于常规棉田 B、C 的关键阶段。

3 种棉田目标害虫棉蚜的个体数量在全生育期棉田 A 为每 10 株  $18\ 810.6 \pm 7\ 105.0$  头, 显著高于棉田 B  $9\ 164.0 \pm 786.0$  头, 极显著高于棉田 C  $4\ 790.0 \pm 890.9$  头, 前期和后期无显著性差异, 中期棉田 A 为每 10 株  $16\ 519.3 \pm 7\ 123.8$  头, 显著高于棉田 B  $7\ 644.0 \pm 686.1$  头, 极显著高于棉田 C  $3\ 506.6 \pm 503.1$  头, 表明中期是转基因棉田的目标害虫棉蚜个体数显著高于常规棉田 B, 极显著高于常规棉田 C 的关键阶段。3 种棉田目标害虫烟粉虱个体数在全生育期、前期、中期和后期无显著性差异。

### 2.4 3 种棉田群落特征指数及其动态

如表 4 所示, 3 种棉田总群落优势集中性在全生育期棉田 A 为  $0.745\ 7 \pm 0.041\ 3$ , 极显著高于棉田 B  $0.600\ 1 \pm 0.017\ 6$  和棉田 C  $0.485\ 0 \pm 0.019\ 3$ , 前期无显著性差异, 中期棉田 A 为  $0.848\ 9 \pm 0.030\ 4$ , 显著高于棉田 B  $0.749\ 0 \pm 0.050\ 9$ , 极显著高于棉田 C  $0.538\ 3 \pm 0.045\ 7$ , 后期棉田 A 为  $0.518\ 9 \pm 0.044\ 8$ , 显著高于棉田 B  $0.373\ 2 \pm 0.071\ 7$ , 表明中期是转基因棉田总群落优势集中性显著高于常规棉田 B 和 C 的关键阶段。害虫类优势集中性在全生育期、前期和后期无显著性差异, 但中期棉田 A 为  $0.9550 \pm 0.0102$ , 显著性高于棉田 C  $0.776\ 1 \pm 0.071\ 6$ 。捕食类优势集中性在全生育期、前期和中期无显著性差

异, 后期棉田 A 为  $0.147\ 7 \pm 0.021\ 1$ , 显著性低于棉田 B  $0.3187 \pm 0.0598$ 。中性昆虫类优势集中性在全生育期无显著性差异, 前期棉田 A 为  $0.9797 \pm 0.0119$ , 显著性高于棉田 C  $0.885\ 2 \pm 0.029\ 6$ , 中期无显著性差异, 后期棉田 A 为  $0.890\ 8 \pm 0.021\ 2$ , 显著性低于棉田 C  $0.9412 \pm 0.0072$ 。

3 种棉田总群落多样性在全生育期棉田 A 为  $0.589\ 1 \pm 0.080\ 5$ , 极显著低于棉田 B  $0.846\ 1 \pm 0.048\ 7$  和棉田 C  $1.072\ 4 \pm 0.053\ 2$ , 前期棉田 A 为  $1.103\ 5 \pm 0.168\ 9$ , 极显著低于棉田 C  $1.701\ 8 \pm 0.275\ 6$ , 中期棉田 A 为  $0.379\ 4 \pm 0.042\ 2$ , 极显著低于棉田 B  $0.564\ 9 \pm 0.080\ 8$  和棉田 C  $0.937\ 0 \pm 0.088$ , 后期无显著性差异, 表明中期是转基因棉田总群落多样性极显著低于常规棉田 B 和 C 的关键阶段。害虫类多样性在全生育期棉田 A 为  $0.262\ 9 \pm 0.093\ 9$ , 显著低于棉田 C  $0.469\ 1 \pm 0.131\ 4$ , 前期和后期无显著性差异, 中期棉田 A 为  $0.114\ 4 \pm 0.018\ 5$ , 显著低于棉田 C  $0.412\ 1 \pm 0.090\ 2$ , 表明中期是转基因棉田害虫类多样性显著低于常规棉田 C 的关键阶段。捕食类多样性在全生育期、前期和中期无显著性差异, 后期棉田 A 为  $2.203\ 1 \pm 0.128\ 1$ , 显著性高于棉田 B  $1.531\ 6 \pm 0.197\ 8$ , 表明后期常规棉田 B 优势种天敌个体数量显著高于转基因棉田 A。中性昆虫类多样性在全生育期、中期和后期无显著性差异, 前期棉田 A 为  $0.059\ 5 \pm 0.0312$  显著低于棉田 C  $0.246\ 8 \pm 0.050\ 3$ 。

3 种棉田总群落均匀度在全生育期棉田 A 为  $0.176\ 7 \pm 0.022\ 4$ , 极显著低于棉田 B  $0.246\ 5 \pm 0.009\ 3$  和棉田 C  $0.307\ 8 \pm 0.014\ 7$ , 前期棉田 A 为  $0.378\ 7 \pm 0.093$ , 显著低于棉田 B  $0.436\ 8 \pm 0.030\ 2$ , 极显著低于棉田 C  $0.596\ 1 \pm 0.076\ 6$ , 中期棉田 A 为  $0.123\ 9 \pm 0.018\ 2$ , 显著低于棉田 B  $0.189\ 2 \pm 0.041\ 1$ , 极显著低于棉田 C  $0.291\ 8 \pm 0.015\ 1$ , 后期棉田 A 为  $0.333\ 5 \pm 0.009\ 3$ , 显著低于棉田 B  $0.418\ 1 \pm 0.053\ 6$ , 表明前期、中期是转基因棉田总群落均匀度显著低于常规棉田 B 和 C 的关键阶段。害虫类均匀度在全生育期、前期、中期和后期无显著性差异。捕食类均匀度在全生育期、前期无显著性差异, 但中期棉田 A 为  $0.526\ 4 \pm 0.056\ 3$ , 显著性低于棉田 C  $0.829\ 1 \pm 0.080\ 2$ , 后期棉田 A 为  $0.879\ 2 \pm 0.017\ 2$ , 显著高于棉田 B  $0.672\ 3 \pm 0.052\ 0$  和棉田 C  $0.748\ 0 \pm 0.0217$ 。中性昆虫类均匀度在全生育期、中期无显著性差异, 但前期棉田 A 为  $0.058\ 3 \pm 0.026\ 2$ , 显著低于棉田 C  $0.2046 \pm 0.0346$ , 后期棉田 A 为  $0.252\ 9 \pm 0.037\ 2$ , 显著性高于棉田 B  $0.130\ 0 \pm 0.011\ 1$  和棉田 C  $0.132\ 8$

$\pm 0.0220$ 。

### 3 结论

相对丰盛度害虫类为棉田 A  $92.1\% >$  棉田 B  $85.4\% >$  棉田 C  $77.9\%$ , 捕食类为棉田 A  $1.4\% <$  棉田 B  $1.5\% <$  棉田 C  $2.8\%$ , 中性昆虫类为棉田 A  $6.5\% <$  棉田 B  $13.1\% <$  棉田 C  $19.3\%$ 。

仅害虫类物种数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $7.3 \pm 0.3$  种, 显著低于棉田 C  $11.3 \pm 1.3$  种, 主要表现在中期阶段。

总群落个体数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $21\ 827.3 \pm 7\ 293.4$  头, 显著高于棉田 B  $12\ 079.0 \pm 1\ 056.7$  头, 极显著高于棉田 C  $7\ 302.3 \pm 1\ 423.8$  头, 主要表现在中期棉田 A 显著性高于棉田 C。害虫类个体数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $20\ 101.3 \pm 4\ 198.6$  头, 显著性高于棉田 C  $5\ 690.6 \pm 881.1$  头, 主要表现在中期阶段。捕食类个体数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $298.0 \pm 12.7$  头, 显著性高于棉田 B  $185.3 \pm 17.4$  头, 主要表现在中期棉田 A 显著性高于棉田 B 和 C。

优势种天敌八斑球腹蛛个体数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $33.0 \pm 1.0$  头, 显著低于棉田 C  $45.0 \pm 2.6$  头, 主要表现在中期棉田 A 极显著低于棉田 C。优势种天敌龟纹瓢虫个体数在全生育期棉田 A 为每 10 株  $145.6 \pm 34.4$  头, 极显著高于棉田 B  $67.6 \pm 7.7$  头和棉田 C  $59.3 \pm 24.1$  头, 主要表现在中期阶段。目标害虫棉蚜的个体数量在全生育期棉田 A 为每 10 株  $18\ 810.6 \pm 7\ 105.0$  头, 显著高于棉田 B  $9\ 164.0 \pm 786.0$  头, 极显著高于棉田 C  $4\ 790.0 \pm 890.9$  头, 主要表现在中期阶段。

总群落优势集中性在全生育期棉田 A 为  $0.7457 \pm 0.0413$ , 极显著高于棉田 B  $0.6001 \pm 0.0176$  和棉田 C  $0.4850 \pm 0.0193$ , 主要表现在中期棉田 A 显著高于棉田 B, 极显著高于棉田 C。害虫类优势集中性主要表现在中期棉田 A 为  $0.9550$

$\pm 0.0102$ , 显著性高于棉田 C  $0.7761 \pm 0.0716$ 。总群落多样性在全生育期棉田 A 为  $0.5891 \pm 0.0805$ , 极显著低于棉田 B  $0.8461 \pm 0.0487$  和棉田 C  $1.0724 \pm 0.0532$ , 主要表现在中期阶段。害虫类多样性在全生育期棉田 A 为  $0.2629 \pm 0.0939$ , 显著低于棉田 C  $0.4691 \pm 0.1314$ , 主要表现在中期阶段。总群落均匀度在全生育期棉田 A 为  $0.1767 \pm 0.0224$ , 极显著低于棉田 B  $0.2465 \pm 0.0093$  和棉田 C  $0.3078 \pm 0.0147$ , 主要表现在前期棉田 A 显著低于棉田 B, 极显著低于棉田 C, 中期棉田 A 显著低于棉田 B, 极显著低于棉田 C。

### 参考文献:

- [1] Wu K M, Lu Y H, Feng H Q, et al. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton [J]. Science, 2008, 321: 1676-1679.
- [2] Lu Y H, Wu K M, Jiang Y Y, et al. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China [J]. Science, 2010, 328: 1151-1154.
- [3] 崔金杰, 夏敬源. 麦套夏播转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.
- [4] 邓曙东, 徐静, 张青文, 等. 转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.
- [5] 孙长贵, 徐静, 张青文, 等. 新疆棉区转 Bt 基因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.
- [6] 崔金杰, 夏敬源. 一熟转 Bt 基因棉田主要害虫及其天敌的发生规律 [J]. 植物保护学报, 2000, 27(2): 141-145.
- [7] 刘万学, 万方浩, 郭建英. 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 [J]. 生态学报, 2002, 22(5): 729-735.
- [8] 崔金杰, 夏敬源. 转基因棉对天敌种群动态的影响 [J]. 棉花学报, 1999, 11(2): 84-91.
- [9] 门兴元, 戈峰, 尹新明, 等. 转基因棉田与常规棉田节肢动物群落多样性的比较研究 [J]. 生态学报, 2003, 22(5): 26-29.
- [10] 巫厚长, 邹运鼎, 程遐年. 不同烟草品种棉田捕食性节肢动物群落的结构和动态研究 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(4): 637-640.