

不同调查方法对转基因棉田节肢动物群落构成及生物多样性的影响

雒珺瑜, 张 帅, 张开心, 姬继超, 朱香镇, 王春义, 张利娟, 王 丽, 李春花, 崔金杰*

中国农业科学院棉花研究所/棉花生物学国家重点实验室, 河南 安阳 455000

摘要:【目的】明确不同生育期调查方法对棉田物种结构和生物多样性的影响,以期选择合适的生育期调查方法开展转基因棉花的安全性研究。【方法】于2016和2017年,选择2个新型转基因棉花(GGK2, N15-5)及其亲本(K312, J14)为材料,使用3种调查方法对棉田节肢动物群落进行调查:(1)在整个生育期每7 d调查一次(5月上旬—9月中下旬);(2)主要生育期调查(5月中旬、6月中旬、7月中旬、8月中旬和9月中旬)和(3)6月中旬—8月下旬期间的3个棉铃虫发生高峰期调查。计算出不同调查方法下的棉田节肢动物群落个体总数、物种丰富度、多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数。【结果】3种方法对物种个体总数和物种丰富度影响最大,第1种方法数值最大,第3种方法数值最小。2016年,转抗除草剂基因棉田(GGK2)与其亲本(K312)相比,3种调查方法得到的物种个体总数在节肢动物群落和害虫亚群落差异显著,其他指数无差异。此外,2016年与2017年相比,相同棉田中的多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数均无明显差异。【结论】不同生育期调查方法仅对物种个体总数和物种丰富度有影响,而对多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数无显著影响。因此,在转基因生物安全研究中可根据不同的研究目的选择合适的生育期开展调查。

关键词: 转基因棉田; 全生育期; 关键生育期; 棉铃虫; 节肢动物群落; 生物多样性

Composition of arthropod community and diversity in transgenic cotton fields surveyed by different methods

LUO Junyu, ZHANG Shuai, ZHANG Kaixin, JI Jichao, ZHU Xiangzhen, WANG Chunyi,
ZHANG Lijuan, WANG Li, LI Chunhua, CUI Jinjie*

Institute of Cotton Research of CAAS/State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang, Henan 455000, China

Abstract: 【Aim】 Influences of different survey methods on community structure and biodiversity in transgenic cotton fields were determined to define the most effective survey method for arthropod community research. 【Method】 In 2016 and 2017, we investigated the arthropod communities in two transgenic cotton (GGK2, N15-5) fields and their parental non-transgenic (K312, J14) equivalents using three survey methods: (1) investigate every 7 days during the whole growth period (early May-mid to end of September); (2) investigate in the critical growth periods only (mid May, mid June, mid July, mid August, mid September); (3) investigate three times during the peak of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* occurrence from mid June to late August. We calculated species richness, Shannon-Wiener diversity index, evenness index and Simpson dominance index. 【Result】 We found significant differences in the total number of species and species richness surveyed by three methods with the maximum value by the first and the minimum value by the third method. In 2016, the total number of species and of arthropod community and the pest-sub community in herbicide-resistant cotton (GGK2) fields decreased significantly compared with its parental non-transgenic (K312) field surveyed by all three methods, but there was no significant difference in other indicators. In addition, there was no obvious difference on the Shannon-Wiener diversity index, evenness index, and Simpson index in the same cotton field between 2016 and 2017. 【Conclusion】 The survey method had influence on the total number and the abundance of species, and had no significant effect on the Shannon-Wiener diversity index, evenness index and Simpson dominance index. Therefore, we should choose the appropriate survey method according to different research purposes.

Key words: transgenic cotton field; full growth period; critical growth period; *Helicoverpa armigera*; arthropod community; biodiversity

收稿日期 (Received): 2018-03-13 接受日期 (Accepted): 2018-04-10

基金项目: 基金项目: 转基因生物新品种培育重大专项 (2016ZX08011-002)

作者简介: 雒珺瑜, 女, 副研究员。研究方向: 转基因植物环境安全评价。E-mail: luojunyu1818@126.com

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: cuijinjie@126.com

转基因作物的安全性评价是生物技术在农业上应用的保证。因此,转基因棉花在商业化种植之前,必须评价其环境安全性(路献勇等,2017; 雒珺瑜等,2017)。其中新型棉田节肢动物群落构成和生物多样性是评价的重要内容(雒珺瑜等,2014a, 2014b, 2016)。棉花生育期长、棉田物种丰富、种类多,尚没有仪器能准确识别物种及其数量。在劳动力资源低、机械化程度低的大环境下,要尽可能准确地调查整个生育期棉田物种结构及生物多样性,是非常困难、费时、费工的任务。系统研究转基因棉花对生物多样性的影响,调查时期的选择也是非常重要的因素。调查时间间隔太长,某些昆虫的种群指标会发生遗漏,不能反映棉田真实情况;间隔时间太短,有些昆虫会被重复性调查,也不能反映田间真实情况,且增加了劳动量(雒珺瑜等,2013)。在以往进行棉田昆虫群落结构和组成分析时,棉田昆虫群落调查没有具体时间间隔,有的间隔 1 d(潘启明等,2002)、3 d(董文霞等,2001)、5 d(崔金杰等,2005; 雒珺瑜等,2013; 吕文彦等,2009)、15 d(夏敬源等,1995)或更长时间(雒珺瑜等,2013)调查一次,得出的结论也不尽相同。而对棉田以棉花生育期、棉铃虫发生期为调查时间点进行调查,尚没有人研究比较。

本文为明确不同间隔时间调查方法在时间、品种方面对棉田物种结构和生物多样性的影响程度,同时还能尽可能在接近实际情况下完成转基因棉花环境安全研究,于 2016—2017 年选择 2 对不同性状的新型转基因棉花,对不同棉田昆虫群落进行不同生育期种群数量的系统调查和分析,以期为棉田昆虫群落调查和转基因棉花环境安全评价积累科学数据,同时或可为其他转基因作物的环境评价提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验材料 转抗除草剂基因棉花材料 G GK2 及其亲本非转基因棉花材料 K312,由中国农业科学院生物技术研究所提供;转基因抗虫棉花材料 N15-5 及其亲本非转基因棉花材料 J14,由创世纪种业有限公司提供。

1.1.2 试验地点 试验于 2016—2017 年在位于河南省安阳市的中国农业科学院棉花研究所东场进行(东经 114°31′47.19″,北纬 36°5′34.8″),采用随

机区组试验,重复 3 次,小区面积 65 m²,行长 8 m,株距 25 cm,行距 80 cm。每年在 4 月 28—30 日播种,常规管理,所有小区的整个生长周期均不使用化学农药。

1.2 棉田昆虫种类及数量调查方法

田间调查时间:每年从 5 月上旬—9 月中下旬。

调查方法根据调查间隔时间分为 3 类:(1)从棉花出苗至 9 月中下旬,每 7 d 调查一次(简称“全生育期调查方式”);(2)在棉花生长的主要生育期苗期(5 月中旬)、蕾期(6 月中旬)、花蕾期(7 月中旬)、花铃期(8 月中旬)和收获期(9 月中旬)调查(简称“关键生育期调查方式”);(3)以亲本对照棉田棉铃虫幼虫发生盛期(高峰日)为准调查,二代棉铃虫发生高峰在 6 月 15—20 日,三代棉铃虫发生高峰在分别在 7 月 15—20 日和 8 月 15—20 日(简称“棉铃虫发生期调查方式”)。

试验采用对角线 5 点取样方法(Deguine *et al.*, 2008),每次主要调查样本范围内棉株上害虫及其天敌的种群数量。每小区每次调查 5 个样点,每点随机顺行连续调查 5 株棉花。详细调查取样范围内地面和植株上节肢动物的种类和数量。棉田节肢动物参照雒珺瑜等(2013)和王向阳等(2005)进行分类,并统计分析各棉田昆虫群落的结构与组成(科、目、种和个体数量);个体总数用 N 表示, $N = \sum N_i$,其中 N_i 表示第 i 个物种的总数;多样性指数(H)用 Shannon-Wiener 多样性指数表示: $H = -\sum P_i \ln P_i$,式中 P_i 为第 i 种物种个体数占群落个体数的比例;均匀性指数(J), $J = H/\ln S$, H 为实际观察的物种多样性指数, S 为群落中总物种数;优势集中性指数 $C = \sum P_i^2$ 。

1.3 数据分析

用 SPSS 17.0 对不同时期不同群落转基因品种和对照品种进行 0.05 水平 t -test;同一品种不同调查方式及其之间交互作用进行 0.05 水平多因素差异分析。

2 结果与分析

2.1 全生育期调查方式棉田节肢动物群落构成及生物多样性

棉花生长的整个生育期每 7 d 调查一次棉田主要害虫及其天敌种群数量见表 1。与其亲本对照棉田相比,2016 年转抗除草剂基因棉田物种个体总数在各群落间分别减少 44.0%、22.4% 和 45.8% ($p <$

0.01);物种丰富度无显著差异,多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数在转基因棉田和非转基因棉田差异均达显著或极显著水平;而 2016 年转抗虫基因棉花(除节肢动物群落多样性指数和均匀性指数、害虫亚群落均匀性指数外)、2017 年转抗除草剂基因棉花及转抗虫基因棉花均与其亲本棉田在物种个体总数、物种丰富度、多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数方面均无显著差异。

表 1 全生育期每隔 7 d 调查后的棉田节肢动物群落构成及生物多样性
Table 1 Composition and diversity of arthropod communities in cotton fields investigated every 7 days during the whole growth period

年份 Year	调查目标 Survey object	品种 Cultivar	物种个体数 总和(N) Total number of individuals	物种丰富度 (S) Species richness	多样性指数 (H) Diversity index	均匀性指数 (J) Evenness index	优势集中性 指数(C) Dominance index
2016	节肢动物群落	G GK2	77358.3±11868.8 **	59.8±5.3	1.84±0.07 **	0.45±0.03 **	0.27±0.02 **
	Arthropod community	K 312	138038.0±29398.9	60.8±5.9	1.60±0.06	0.39±0.02	0.32±0.01
	天敌亚群落	G GK2	8598.0±1239.8 *	29.5±2.5	2.18±0.05 **	0.64±0.01 **	0.17±0.01 **
	Natural enemy subcommunity	K 312	11077.0±1198.7	28.5±2.4	2.32±0.03	0.69±0.02	0.14±0.00
	害虫亚群落	G GK2	68760.3±10704.3 **	30.5±3.5	1.40±0.07 **	0.41±0.03 *	0.34±0.02 **
	Pest subcommunity	K 312	126961.0±28339.9	32.3±4.8	1.23±0.05	0.36±0.02	0.38±0.01
2016	节肢动物群落	N 15-5	125204.0±8229.4	60.8±5.6	1.68±0.08 *	0.41±0.03 *	0.30±0.03
	Arthropod community	J 14	143667.3±17650.0	65.3±4.3	1.53±0.07	0.37±0.02	0.34±0.02
	天敌亚群落	N 15-5	11647.0±1336.3	30.0±3.8	2.18±0.04	0.64±0.03	0.16±0.01
	Natural enemy subcommunity	J 14	11634.5±725.1	31.5±2.1	2.20±0.05	0.64±0.01	0.16±0.01
	害虫亚群落	N 15-5	113557.0±7094.8	30.8±2.2	1.29±0.09	0.38±0.03 *	0.36±0.04
	Pest subcommunity	J 14	132032.8±17316.7	33.8±2.5	1.16±0.05	0.33±0.01	0.40±0.02
2017	节肢动物群落	G GK2	101292.7±11396.7	60.3±6.0	2.06±0.10	0.50±0.04	0.20±0.03
	Arthropod community	K 312	111503.3±9708.9	60.0±1.7	1.87±0.08	0.46±0.02	0.27±0.03
	天敌亚群落	G GK2	12228.7±471.0	30.0±2.6	2.07±0.02	0.61±0.02	0.20±0.01
	Natural enemy subcommunity	K 312	13209.3±1079.0	32.0±2.0	2.15±0.07	0.62±0.03	0.18±0.02
	害虫亚群落	G GK2	89064.0±10927.4	30.3±3.5	1.64±0.13	0.48±0.06	0.26±0.05
	Pest subcommunity	K 312	98294.0±8657.8	28.0±1.0	1.42±0.10	0.43±0.03	0.35±0.04
2017	节肢动物群落	N 15-5	160288.7±23654.5	58.0±6.1	1.73±0.13	0.43±0.03	0.29±0.03
	Arthropod community	J 14	172617.3±11668.8	61.7±1.5	1.66±0.03	0.40±0.01	0.31±0.01
	天敌亚群落	N 15-5	14985.0±1729.9	29.0±2.6	2.29±0.07	0.68±0.01	0.15±0.01
	Natural enemy subcommunity	J 14	15407.3±1724.6	30.0±1.0	2.25±0.02	0.66±0.01	0.15±0.01
	害虫亚群落	N 15-5	145303.7±22159.5	29.0±3.6	1.33±0.11	0.40±0.04	0.35±0.03
	Pest subcommunity	J 14	157210.0±10104.8	31.7±1.2	1.27±0.03	0.37±0.01	0.37±0.01

数据为平均值±标准差; * 和 ** 分别表示转基因棉与其亲本对照在 $p<0.05$ 和 $p<0.01$ 水平上差异显著。
Data are means±SE. * and ** represent significant differences between transgenic cotton and the parental cotton at $p<0.05$ and $p<0.01$ level, respectively (t -test).

2.2 关键生育期调查棉田节肢动物群落构成及生物多样性

关键生育期调查棉田节肢动物群落构成及生物多样性结果见表 2。与其亲本对照棉田相比, 2016 年转抗除草剂基因棉田物种个体总数在节肢动物群落和害虫亚群落分别减少 52.6% 和 53.9% ($p<0.01$), 物种丰富度分别减少 16.1% 和 22.4% ($p<0.05$), 均匀性指数分别增加 23.5% 和 25.0% ($p<0.05$), 多样性指数在节肢动物群落营养层增加 16.8% ($p<0.05$), 优势集中性指数在天敌亚群落营养层增加 28.6% ($p<0.05$); 转基因抗虫棉与其对照棉田相比在节肢动物群落、天敌亚群落和害虫亚群落各参数均无显著差异。2017 年转基因抗除草剂

棉田及其亲本棉田(除节肢动物群落和害虫亚群落优势集中性指数外)、转抗虫基因棉田与其亲本棉田(除害虫亚群落均匀性指数外)在节肢动物群落、天敌亚群落和害虫亚群落的各参数均无显著差异。

2.3 棉铃虫发生期调查棉田节肢动物群落构成及生物多样性

棉铃虫发生期调查棉田节肢动物群落构成及生物多样性结果见表 3。与其亲本对照棉田相比, 2016 年转抗除草剂基因棉田物种个体总数在节肢动物群落和害虫亚群落分别减少 53.0% 和 56.0% ($p<0.05$), 物种丰富度和均匀性指数均无显著差异; 天敌亚群落多样性指数减少 9.3% ($p<0.05$), 优势集中性指数增加 25.0% ($p<0.05$)。2016 年转基

因抗虫棉及其亲本、2017 年转基因抗除草剂基因棉及其亲本棉田和转基因抗虫棉及其亲本棉田在 3 个群落上物种个体总数、物种丰富度、多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数方面均无显著差异。

2.4 不同生育期调查对转基因棉田生物多样性的互作效应

对不同调查年份、2 种转基因棉及其亲本棉田、3 种不同生育期调查在物种个体总数、物种丰富度、多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数方面做了多个因素的互作效应分析。分析结果表明, 年份、品种、年份×品种、品种×调查时期和年份×品种×调查时期对物种个体总数、物种丰富度、多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数均无显著影响, 而调查时期对物种个体总数和物种丰富度有显著影响(虽然转抗除草剂基因棉田与其亲本在物种丰富度无显著差异, 但很接近差异显著), 多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数均无显著影响。

结果表明, 如果要重点观察转基因棉田及其亲本棉田在物种个体总数和物种丰富度方面的差异, 应对调查间隔时期进行选择, 如果只观察多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数, 则根据试验时间在 3 种调查方式中均可选择。

3 讨论

在种植面积不变的情况下, 致力于提高棉花产量是一个世界性的重要课题。然而, 在提高棉花产量的同时, 棉田生态系统的可持续发展和环境安全性也是值得重视的一个方面。棉田生态系统是以物种为单元形成的群落, 而群落的多样性是群落生态系统水平所特有的、可以反映群落功能的重要特征, 且描述群落至少包括群落的物种数和各个物种的相对多度, 而多样性指数是包含群落丰富度、均匀度以及优势集中性等的函数(Zhao *et al.*, 1989), 同时, 改变群落的物种数和物种的相对多度均会影响群落多样性(门兴元等, 2003)。

表 2 关键生育期调查棉田节肢动物群落构成及生物多样性

Table 2 Composition and biodiversity of arthropod community in cotton fields investigated at critical growth periods

年份 Year	调查目标 Survey object	品种 Cultivar	物种个体数 总和(N) Total number of individuals	物种丰富度 (S) Species richness	多样性指数 (H) Diversity index	均匀性指数 (J) Evenness index	优势集中性 指数(C) Dominance index
2016	节肢动物群落 Arthropod community	GGK2	27908.0±4573.9 **	39.0±2.0 *	1.53±0.15 *	0.42±0.04 *	0.36±0.06
	天敌亚群落 Natural enemy subcommunity	K312	58898.0±13973.4	46.5±4.5	1.31±0.08	0.34±0.01	0.42±0.04
	害虫亚群落 Pest subcommunity	GGK2	2250.0±539.7	20.0±2.2	2.09±0.11	0.70±0.04	0.18±0.03 *
		K312	3222.0±728.2	22.0±2.2	2.24±0.08	0.72±0.01	0.14±0.01
		GGK2	25658.0±4199.5 **	19.0±2.4 *	1.18±0.12	0.40±0.05 *	0.43±0.06
		K312	55676.0±13254.8	24.5±3.7	1.03±0.09	0.32±0.02	0.47±0.04
2016	节肢动物群落 Arthropod community	N15-5	42973.5±5195.9	43.5±4.4	1.42±0.08	0.38±0.02	0.36±0.03
	天敌亚群落 Natural enemy subcommunity	J14	54487.3±9065.9	44.3±4.1	1.35±0.09	0.36±0.03	0.38±0.02
	害虫亚群落 Pest subcommunity	N15-5	3104.5±652.5	21.5±2.4	2.16±0.14	0.70±0.05	0.17±0.04
		J14	3283.0±253.3	22.5±1.7	2.18±0.06	0.70±0.01	0.16±0.01
		N15-5	39869.0±4673.6	22.0±2.2	1.09±0.09	0.35±0.03	0.42±0.04
		J14	51204.3±8951.8	21.8±2.5	1.05±0.06	0.34±0.03	0.43±0.01
2017	节肢动物群落 Arthropod community	GGK2	36222.0±5048.0	42.0±3.5	1.70±0.07	0.46±0.03	0.29±0.01 *
	天敌亚群落 Natural enemy subcommunity	K312	39284.0±3168.1	39.3±3.5	1.60±0.01	0.44±0.01	0.31±0.00
	害虫亚群落 Pest subcommunity	GGK2	2980.7±288.7	21.3±3.2	2.02±0.06	0.66±0.04	0.22±0.03
		K312	3297.3±524.3	20.7±2.1	2.13±0.04	0.70±0.02	0.18±0.01
		GGK2	33241.3±4847.1	20.7±0.6	1.36±0.09	0.45±0.03	0.34±0.02 *
		K312	35986.7±2656.0	18.7±2.3	1.24±0.02	0.43±0.03	0.37±0.00
2017	节肢动物群落 Arthropod community	N15-5	34329.3±7522.3	40.3±2.3	1.66±0.15	0.45±0.04	0.30±0.05
	天敌亚群落 Natural enemy subcommunity	J14	42392.7±3678.3	44.0±3.0	1.49±0.10	0.39±0.02	0.34±0.02
	害虫亚群落 Pest subcommunity	N15-5	3071.0±206.6	22.0±2.0	2.19±0.10	0.71±0.01	0.16±0.02
		J14	2972.7±510.2	22.3±2.5	2.16±0.12	0.70±0.03	0.17±0.02
		N15-5	31258.3±7366.3	18.3±3.1	1.27±0.12	0.44±0.02 *	0.36±0.04
		J14	39420.0±3490.3	21.7±0.6	1.17±0.06	0.38±0.02	0.39±0.01

数据表示为平均值±标准差; * 和 ** 分别表示转基因棉与其亲本对照在 $p<0.05$ 和 $p<0.01$ 水平上差异显著。

Data are means±SE. * and ** represent significant differences between transgenic cotton and the parental cotton at $p<0.05$ and $p<0.01$ level, respectively (*t*-test).

表3 棉铃虫发生期调查棉田节肢动物群落构成及生物多样性

Table 3 Composition and biodiversity of arthropod community in cotton field at bollworm occurrence period

年份 Year	调查目标 Survey object	品种 Cultivar	物种个体数 总和(N) Total number of individuals	物种丰富度 (S) Species richness	多样性指数 (H) Diversity index	均匀性指数 (J) Evenness index	优势集中性 指数(C) Dominance index
2016	节肢动物群落	GGK2	12833.0±3387.0 *	39.3±1.7	1.98±0.21	0.54±0.06	0.23±0.05
	Arthropod community	K312	27279.0±10650.4	39.0±3.9	1.56±0.23	0.43±0.07	0.32±0.06
	天敌亚群落	GGK2	1647.0±175.1	19.0±1.4	1.95±0.06 *	0.66±0.02	0.20±0.01 *
	Natural enemy subcommunity	K312	1906.0±152.9	20.3±2.9	2.15±0.05	0.72±0.03	0.16±0.01
	害虫亚群落	GGK2	11186.0±3333.3 *	20.3±2.6	1.53±0.15	0.51±0.07	0.30±0.05
	Pest subcommunity	K312	25373.0±10514.8	18.8±3.6	1.22±0.14	0.42±0.05	0.38±0.04
2016	节肢动物群落	N15-5	27041.5±1868.8	37.3±3.8	1.71±0.11	0.47±0.04	0.30±0.05
	Arthropod community	J14	34125.0±6619.2	37.0±2.8	1.49±0.15	0.41±0.04	0.35±0.05
	天敌亚群落	N15-5	2493.5±343.3	18.5±3.3	1.99±0.03	0.69±0.03	0.19±0.01
	Natural enemy subcommunity	J14	2452.0±153.6	20.3±2.5	2.03±0.15	0.67±0.02	0.19±0.04
	害虫亚群落	N15-5	24548.0±1621.5	18.8±2.4	1.34±0.12	0.46±0.05	0.36±0.06
	Pest subcommunity	J14	31673.0±6700.6	16.8±1.9	1.17±0.10	0.41±0.03	0.41±0.04
2017	节肢动物群落	GGK2	18745.3±617.7	40.0±3.0	1.99±0.13	0.54±0.02	0.22±0.03
	Arthropod community	K312	18618.7±676.5	42.0±2.6	1.87±0.07	0.50±0.01	0.29±0.03
	天敌亚群落	GGK2	2576.7±75.6	20.3±3.2	2.03±0.02	0.68±0.03	0.19±0.01
	Natural enemy subcommunity	K312	2921.3±282.1	22.7±0.6	2.08±0.06	0.67±0.03	0.19±0.01
	害虫亚群落	GGK2	16168.7±1810.0	27.7±13.4	1.65±0.41	0.50±0.05	0.28±0.08
	Pest subcommunity	K312	15697.3±543.2	19.3±2.3	1.32±0.09	0.45±0.01	0.40±0.04
2017	节肢动物群落	N15-5	22038.7±2062.7	39.7±4.2	1.87±0.17	0.51±0.04	0.30±0.08
	Arthropod community	J14	23718.0±27.1	42.3±2.5	1.72±0.03	0.46±0.02	0.36±0.02
	天敌亚群落	N15-5	2905.3±257.1	20.3±2.5	2.20±0.16	0.73±0.02	0.15±0.02
	Natural enemy subcommunity	J14	3220.7±366.5	21.3±0.6	2.14±0.07	0.70±0.02	0.16±0.02
	害虫亚群落	N15-5	19133.3±1818.2	19.3±3.2	1.37±0.17	0.47±0.07	0.39±0.10
	Pest subcommunity	J14	20497.3±360.9	21.0±3.0	1.19±0.04	0.39±0.03	0.48±0.03

数据表示为平均值±标准差; * 表示转基因棉与其亲本对照在 $p < 0.05$ 水平上差异显著。

Data are means±SE. * in the same column represent significant differences at $p < 0.05$ (t -test).

目前,对棉田生物多样性的研究因不同的调查时间、调查方法得到不同的结论。大多数研究表明,转基因抗虫棉的种植并没有降低农田的生物多样性(Carpenter *et al.*, 2011),但有报道转基因棉田昆虫群落发生了演替(Bjorge *et al.*, 1996; Wu *et al.*, 2007)。本文通过比较全生育期调查(每7 d调查一次,调查约19~20次)、关键生育期调查(自棉花出苗基本每1个月调查一次,仅调查5次)和棉铃虫发生期调查(6月、7月、8月仅调查3次)结果显示,全生育期调查的物种个体总数和物种丰富度与关键生育期和棉铃虫发生期调查差距较大,个体总数和物种丰富度显著高,且随着调查次数的降低,其值越小。其原因主要是由于调查间隔时间短,有些虫态被重复计数,调查间隔时间长,有些虫态短的种类会被漏查和计数(雒珺瑜等, 2013);多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数在不同调查时期中的变化值较小,与雒珺瑜等(2013)在转Bt基因抗虫棉及其常规棉上的分析结果一致。

转基因棉花商业化前其环境安全评价是重要的内容,其中生物多样性的变化也是重要内容之一。转Bt基因棉田和常规棉田中的节肢动物群落、害虫亚群落和天敌亚群落的多样性指数在不同的棉花生长发育时期的变化、指标和数据、模型和情景是推动生物多样性与生态系统服务评估研究理论建设和方法集成的重要工具(于丹丹等, 2017)。目前,尚未查阅到对全生育期、关键生育期和棉铃虫发生期进行比较调查的研究。由于新型转基因棉花的大量出现,转基因棉田的物种丰富度和生物多样性是不可或缺的安全评价的一个环节。但是如果从5月—9月底每5~7 d调查一次,且在棉花材料较多的情况下,该调查需要对节肢动物进行分类、计数,没有调查经验的人员会忽视个体较小的节肢动物,因此,调查人员、调查时间均是很大的问题。如何科学合理且运用操作简单的方法进行棉田生物多样性调查,是目前棉田节肢动物群落生物多样性获得数据来源的一个重要问题。通过

本文的分析比较,在后期的调查研究中,应该根据不同的试验要求和评价目的,选择不同的间隔时间进行调查,既可以达到试验目的,还可省时省工。

参考文献

- 崔金杰, 雒珺瑜, 夏敬源, 2005. 4 种不同类型棉田昆虫群落结构的比较. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 33(12): 48-52.
- 董文霞, 张钟宁, 李生才, 冀丽花, 2001. 不同棉田昆虫群落的比较研究. 昆虫知识, 38(2): 112-116.
- 雒珺瑜, 刘传亮, 张帅, 王春义, 吕丽敏, 李春花, 李付广, 崔金杰, 2014a. 转 *RRM2* 基因棉生长势和产量及对棉田节肢动物群落的影响. 植物生态学报, 38(7): 785-794.
- 雒珺瑜, 王春义, 辛惠江, 崔金杰, 2013. 转基因棉田节肢动物群落调查时间间隔的探讨. 棉花学报, 25(5): 440-445.
- 雒珺瑜, 张帅, 吕丽敏, 王春义, 朱香镇, 李春花, 崔金杰, 2014b. 转 *Cry1Ac+Cry2Ab* 棉花生长势及其对棉田节肢动物物种丰富度的影响. 生物安全学报, 23(4): 256-264.
- 雒珺瑜, 张帅, 朱香镇, 吕丽敏, 王春义, 李春花, 张利娟, 王丽, 崔金杰, 2016. 转 *GFP* 基因棉花生态适合度及其对棉田昆虫群落的影响. 应用生态学报, 27(11): 3675-3681.
- 雒珺瑜, 张帅, 朱香镇, 吕丽敏, 王春义, 崔金杰, 2017. 转 *Cry1Ac+Cry2Ab* 基因棉花主要生化物质含量变化及其对棉田昆虫的影响. 生物安全学报, 26(2): 144-151.
- 路献勇, 李淑英, 朱加保, 雒珺瑜, 马艳, 崔金杰, 程福如, 2017. 转 *RRM2* 基因棉和其亲本苗蚜种群数量及其优势天敌的动态规律. 生物安全学报, 26(2): 152-158.
- 吕文彦, 秦雪峰, 徐艳聆, 沈宗霞, 2009. 不同类型棉田昆虫群落结构研究. 中国生态农业学报, 17(2): 330-334.
- 门兴元, 戈峰, 尹新明, 蔡东章, 2003. 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. 生态学杂志, 22(5): 26-29.
- 潘启明, 潘宾, 李建勋, 樊宝华, 吕菊英, 卫武宵, 2002. 转 *Bt* 基因抗虫棉棉田主要害虫发生消长特点. 中国棉花, 29(9): 22-23.
- 王向阳, 邹运鼎, 孟庆雷, 章炳旺, 代海敏, 2005. 两种除草剂对棉田节肢动物群落多样性指数的影响. 应用生态学报, 16(3): 514-518.
- 夏敬源, 王月恒, 马艳, 王春义, 1995. 不同类型棉田昆虫群落调查的抽样方法研究. 棉花学报, 7(3): 179-183.
- 于丹丹, 吕楠, 傅伯杰, 2017. 生物多样性与生态系统服务评估指标与方法. 生态学报, 37(2): 349-357.
- BJORGE C, WIGER R, HOLME J A, BRUNBORG G, SCHOLZ T, DYEING E, SØDERLUND E J, 1996. DNA strand breaks in testicular cells from humans and rats following in vitro exposure to 1, 2-dibromo-3-chloropropane (DB-CP). *Reproductive Toxicology*, 10(1): 51-59.
- CARPENTER J E, 2011. Impact of GM crops on biodiversity. *Gm Crops*, 2(1): 7.
- WU K M, 2007. Environmental impact and risk management strategies of Bt cotton commercialization in China. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 15(1): 1-4.
- ZHAO Z M, GUO Y Q, 1998. *Principle and methods of community ecology*. Chongqing: Chongqing Branch of Publishing House of Scientific and Technical Documentation.

(责任编辑:郭莹)