

专 论 与 综 述

Reviews

玉米田节肢动物群落研究进展

朱 莹^{1,2}, 姜 韬¹, 杨益众^{1*}

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院, 扬州 225002; 2. 扬州职业大学数学科学学院, 扬州 225009)

摘要 玉米是世界上种植最广泛的粮食作物之一,播种面积仅次于小麦和水稻居第三位。中国的玉米播种面积大,分布广,是全球第二大玉米生产国和消费国。节肢动物是包括玉米田在内的农田生态系统重要组成部分,也是维持农田生态系统正常生态功能的重要因素。目前玉米田节肢动物群落的研究主要集中在两个方向:常规玉米田节肢动物群落和转基因玉米田节肢动物群落。现有的研究大多集中于常规玉米田。随着转基因玉米种植规模及商业化进程的快速推进,国内外许多学者开始关注转基因玉米田节肢动物群落结构、动态及其食物网。研究者认为转基因玉米作物的大面积种植对昆虫群落生态功能的影响研究将会成为新的热点与方向。

关键词 节肢动物群落; 常规玉米; 转基因玉米

中图分类号: S 435.13, S 476 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.06.001

Research advances in arthropod community in corn fields

Zhu Ying^{1,2}, Jiang Tao¹, Yang Yizhong¹

(1. School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225002, China;

2. School of Mathematics Science, Yangzhou Polytechnic College, Yangzhou 225009, China)

Abstract Corn is one of the most widely distributed food crops in the world. Its planting area ranks the third after wheat and rice. The corn planting areas are widely distributed in most of China, which is the second largest corn producer and consumer in the world. Arthropods are important parts of farmland ecosystem including corn-field, which are important factors for maintaining the ecological function of normal farmland ecosystem. The research of field arthropods focuses on two directions: arthropod community of conventional corn fields and arthropod community of genetically modified corn fields. Up to now, most studies focus on the conventional corn field, with rapid advances in genetically modified corn planting and commercial process. Many domestic and foreign scholars began to focus on genetically modified corn field arthropod community structure, dynamics and food webs. After large areas of genetically modified crop growing, the impact on the ecological function of insect community research will become the new hotspot and direction.

Key words arthropod community; conventional corn; genetically modified corn

玉米是世界上分布最广泛的粮食作物之一,种植面积仅次于小麦和水稻而居第三位。玉米在我国播种面积大,分布广,是重要的粮食与饲料作物。我国也是全球第二大玉米生产国和消费国。玉米常会遭受亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)、玉米茎管蚜 *Rhopalosiphum maidis* (Fitch)、黏虫 *Mythimna separata* (Walker) 等多种害虫的为害,并造成不同程度的产量损失。目前对玉米施行的害虫综合防治正

在向害虫种群生态调控方向发展。了解玉米田生态系统中节肢动物群落的组成及其相互作用,对于实施生态调控措施,利用自然因素管控害虫,并减少化学农药的投入,发展可持续农业,确保农产品质量安全有着重要意义。国内现有研究大多聚焦于常规玉米田节肢动物群落,转基因玉米田节肢动物群落结构、动态及其食物网的研究已有一些学者开始涉及。随着转基因玉米在世界各地的广泛种植,以及我国对转

收稿日期: 2017-03-06 修订日期: 2017-05-09

基金项目: 转基因农业生态风险监测与控制技术重大专项(2016ZX08012-004);江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(KYLX16-1401)

* 通信作者 E-mail: zzyang@yzu.edu.cn

基因玉米种植风险评估的不断深化,对转基因玉米田节肢动物群落的研究也许会成为今后的热点之一。

1 常规玉米田节肢动物群落研究现状

1.1 国内研究进展

玉米田生态系统中节肢动物种类多,不同种类之间由于食物营养等关系形成各种食物链,进而交互为食物网。食物网中许多节肢动物之间形成捕食者与猎物、寄生者与寄主、相互竞争或互惠共存等多种关系,它们会相互影响;食物网中任何一种节肢动物的消长都会引起其他节肢动物数量或种类的变化,进而影响整个玉米田生态系统的稳定性。

尽管同为常规玉米,不同种植地区以及抗性不同的玉米品种(系),其节肢动物群落组成也不尽相同。徐丽娜等^[1]研究发现尽管安徽全境玉米种植结构复杂,但主要玉米害虫仍然是亚洲玉米螟 *O. furnacalis*、桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* (Guenée) 和蜗牛等。邱明生等^[2]对重庆市玉米田整个生长季节的节肢动物群落调查后发现,玉米田节肢动物群落相对多度、丰富度、多样性指数和均匀度呈现明显的季节动态,并且不同类型田的节肢动物群落组成、群落多样性明显不同。丁伟等^[3]研究了重庆春玉米节肢动物群落组成,将其分为 4 个营养层、7 个功能集团和 22 个类群。这种划分有利于以生态系统为核心的害虫综合防治。侯美珍等^[4]对南宁玉米田捕食性节肢动物群落的结构、数量动态、多样性变化等进行了研究,发现各优势类群的变动呈现一定季节性规律,捕食性天敌种类较多且结构复杂,对玉米田害虫有很好的跟随控制作用,应该加强保护并利用天敌进行生物防治。卢翠华等^[5]对大庆地区常规玉米田节肢动物的种类构成进行了调查,发现大庆春玉米田节肢动物共有 56 个种,植食性节肢动物 27 种,天敌和蜘蛛共有 16 种,中性昆虫 13 种。李武高等^[6]对关中地区非同期播种玉米田,按玉米生育期时间序列对节肢动物群落的种类、数量进行了系统调查和分析。结果表明,玉米田天敌亚群落非常丰富且以捕食性类群为主,优势种群是龟纹瓢虫 *Propylea japonica* (Thunberg)、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas) 和草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum* Sundevall。徐洪富等^[7]研究了山东菏泽棉区夏玉米田节肢动物群落结构与变动,结果表明加强对棉区夏玉米田棉铃虫 *Helicoverpa armigera*

(Hübner) 综合防治可有效控制其发生为害,并提出以保护利用天敌为主的综合防治方法。邵正飞^[8]研究了玉米品种抗虫性对玉米田节肢动物群落的影响,结果表明玉米品种的抗虫性对玉米田节肢动物群落丰富度没有明显影响,但对均匀度和多样性有显著影响,抗虫性较高的玉米品种田间益害比明显高于抗虫性较低的品种,玉米品种抗虫性与天敌对玉米害虫有明显的联合控制作用。

还有一些专家学者根据不同生态型玉米地对节肢动物群落的影响进行了研究与探讨。辛肇军等^[9]对泰安市不同生态型夏玉米田节肢动物群落结构进行了研究。结果表明,粮菜区和粮果区节肢动物丰富度、个体总数、多样性指数和均匀度均明显高于纯粮区;夏玉米田节肢动物物种丰富度在不同时间序列上差异明显,建立了泰安市玉米田节肢动物名录。柴正群等^[10]调查云南普洱不同种植环境夏玉米田节肢动物群落,显示混交地比单作地节肢动物群落物种数、多样性、均匀性和丰富度指数、天敌物种数及个体数高。黄吉等^[11]综述了玉米地中、玉米地周围、周围大尺度这三个不同尺度,非作物植被对玉米地节肢动物群落影响形式的不同。

以上研究显示,常规玉米田节肢动物群落的组成与玉米田所处地理位置、玉米品种的抗性、不同的时间序列、玉米田的生态型,以及玉米田周边非作物植被都有较强关联。

1.2 国外研究进展

Hay-Roe 等^[12]研究了本地寄生蜂种群对玉米地和草地两种不同生境草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 的选择性,结果无明显差异。不同作物栖息地里寄生蜂的组成不同且季节性丰度有差异。在与林地相邻的作物地边缘区域发现寄生蜂的分布受生境复杂性影响。寄生蜂的分布可能减少直接竞争、避免竞争排斥行为出现。Rivers 等^[13]研究了保护性农业对墨西哥中部玉米小麦旱作系统节肢动物群落组成的影响,显示土壤表面残留物的类型和数量可能会影响节肢动物群落动态。说明保护性农业可以保护某些节肢动物天敌且有助于对害虫进行生物防治。

2 转基因玉米田节肢动物群落研究进展

2.1 国内研究进展

2015 年,中国转基因作物的种植面积已达 370

多万 hm^2 , 但不含转基因玉米。中国目前还未批准转基因玉米的商业化种植, 但已经批准转 Bt 基因抗虫玉米等抗虫、抗除草剂品系进行环境释放试验。

关于转基因玉米和常规玉米田间节肢动物多样性的比较研究, 马辉^[14]对比了转基因抗虫玉米和常规玉米‘丹玉 13 号’上玉米螟卵量、被害株数及转基因抗虫玉米田间节肢动物的群落结构, 发现转基因抗虫玉米对亚洲玉米螟具有较高的抗性, 并且这种抗性持久稳定。同时, 转基因抗虫玉米对非鳞翅目及其他节肢动物蚜虫、草蛉、瓢虫、叶甲和朱砂叶螨等影响较小, 可以认为转基因抗虫玉米对田间生态环境是安全的。刘慧^[15]对转 *cry1Ab* 抗虫 Bt 玉米‘MON810’进行研究, 认为 Bt 玉米田的节肢动物总个体数、物种丰富度、多样性指数、均匀性指数和优势集中性指数和对照田没有差异, 且各指数时间动态和对照组相比也无明显差异。显示 Bt 玉米对节肢动物群落没有明显的负面影响。郭井菲等^[16-18]研究认为, 转 *cry1Ie* 抗虫玉米对田间节肢动物群落的多样性没有显著影响。李凡等^[19]的研究结果显示: 转植酸酶基因玉米‘10TPY005’和非转基因亲本玉米‘蠡玉 35’相比, 各群落指数均无显著性差异; 各群落指数随着玉米生育期的逐渐延长有着基本相同的变化趋势。即转植酸酶基因玉米的种植不会对田间节肢动物群落多样性有显著的影响。刘俊峰等^[20]利用陷阱法调查了转 *BcBCP1* 基因耐盐碱玉米田地上主要节肢动物群落, 显示该转基因玉米对田间节肢动物群落短期内无显著影响。王尚等^[21]研究认为转 *EPSPS* 基因抗除草剂玉米‘CC-2’对节肢动物多样性也不存在安全风险。

对于非靶标节肢动物群落结构与转基因玉米品种(系)的关系, 王培等^[22]研究了转 Bt 基因玉米对非靶标节肢动物多样性的影响, 发现转 *cry1Ac* 基因玉米田间节肢动物群落的多样性指数、优势集中性指数和均匀性指数等与非转基因玉米田无显著差异。郭艳艳等^[23-24]研究了‘BT38’和‘BT799’两种转基因玉米对玉米田主要非靶标节肢动物种群密度、生物多样性和群落结构的影响, 发现这两个品种对非靶标节肢动物群落的多样性没有显著影响。

关于转基因玉米对土壤动物群落影响方面, 刘新颖^[25]研究了转 Bt 基因玉米对土壤动物群落的影响并指出: 转基因玉米‘BT799’、‘IE09S034’的种植对田间土壤动物群落无显著影响, 未产生新的安全

性风险。郭佳惠等^[26]的研究表明, 转基因玉米、棉花等作物对土壤无脊椎动物群落多样性无明显不利影响, 但对个别对环境敏感类群, 可能在数量或组成上与非转基因作物田有所差异。

2.2 国外研究进展

国外转基因玉米的商业化生产已有 20 年, 其对农田生态系统中节肢动物群落多样性影响的研究已经陆续展开。已有研究表明, Bt 玉米不会影响害虫天敌的群落结构和功能^[27], 并随着杀虫剂用量的减少, 田间节肢动物群落多样性和物种丰富度都明显高于常规施药田, 有利于保持玉米田生态系统稳定及害虫的综合治理^[28-30]。Prasifka 等^[31]认为 Bt 玉米产生的 Bt 蛋白可以通过自身根系分泌物、玉米残株及花粉飘落等多种途径进入土壤中并能保持长期活性。目前主流认知 Bt 植株及其残留组织对土壤中的非靶标物种无任何负面影响^[32]。如 Bt 玉米田中的杀虫蛋白对土壤中微型节肢动物和线虫均没有明显影响^[33]。María 等^[34]研究表明: 连续种植 Bt 玉米不会影响土壤小型节肢动物群落, 表明 Bt 玉米与这个群落可以和谐相处。Kai 等^[35]研究发现: Cry3Bb1 蛋白在玉米残留物中的快速分解及其在土壤中的短时效性表明土壤生物与 Cry3Bb1 蛋白的接触水平低且可能是暂时的。然而, 根部低浓度的 Cry3Bb1 蛋白可能加速害虫耐药性的发展并造成经济损失。

Lumbierres 等^[36]对传统意义上的食物链研究后认为: Bt 玉米对植物-蚜虫-寄生蜂三级营养关系没有造成负面影响。Tian 等^[37]使用对转 *cry1F* 基因玉米产生田间抗性的鳞翅类害虫证明了 Cry1F 蛋白对天敌无任何不良影响, Cry1F 蛋白不会积累, 且在营养层级间会被强烈稀释。

Farinó 等^[38]的研究也证实了 Bt 玉米对田间天敌没有不利影响。Daniela 等^[39]在米纳斯吉拉斯的 7 个县通过对同种的常规玉米和表达 Bt 蛋白转基因玉米进行比较, 评估了 Bt 玉米对昆虫生物多样性潜在的影响。结果显示 Bt 蛋白不会影响昆虫生物多样性, 昆虫的丰富度和多样性取决于所在地地理位置和杀虫剂的使用。Erasmus 等^[40]研究表明, 种植转 *cry1Ab* 玉米可以保护作物免受棉铃虫的危害, 且该害虫很可能随着时间的推移对 Cry1Ab 蛋白产生抗性, 从而成为一个重要的次生害虫。Dutton 等^[41]则指出, 目前评价转基因作物对天敌的影响主要考

虑生存率、发育进度和繁殖力角度,很少从种群、群落和生态系统有关参数方面来考虑;且大多是从Bt作物-植食者-天敌这个食物链来研究的,很少从生态系统中食物网来进行综合评价。Lövel和Arpaia^[42]建议选取有代表性的物种,从种群-群落-生态系统及食物网角度长期、全面和系统地非靶标生物进行评价。

蜘蛛是农业生态系统及玉米田害虫的重要天敌,并且可以通过捕食食草猎物或收集花粉猎物接触到Bt蛋白。Andreas等^[43-44]对田间蜘蛛研究后认为:Bt玉米对蜘蛛的丰度和物种丰富度没有实质性影响,但杀虫剂的使用会降低蜘蛛密度。研究同时认为Bt玉米对Bt玉米田以及邻接的苕麻田边缘地带蜘蛛的个体数、物种丰富度和蜘蛛种群结构无持续的影响。

3 研究展望

转基因玉米种植规模及商业化进程在快速推进。转基因作物商业化20年来,转基因玉米已成为世界上种植面积仅次于转基因耐除草剂大豆的主要转基因作物,遍及世界上的十多个国家。尽管目前对转基因作物的商业化还存在一些争议和疑虑,但随着许多国家的政府对其发展的评估程序和行业标准的不断规范与优化,对种植转基因玉米是否会给环境带来风险以及其对生态安全的影响将是今后一段时间内研究的热点与重点。这期间,诸如基因漂移,对田间非靶标节肢动物群落多样性及对田间天敌的影响,以及从食物网的角度探讨转基因玉米田生态系统中物种、种群的数量变化,将会成为转基因玉米安全评价的重要指标。尽管植物-害虫-捕食者的三级营养关系的食物链研究已有不少,但基于更高层级食物链高端的生物是否会受到转基因玉米影响的研究目前鲜有涉及;更复杂食物网结构与模型的建立与分析,可用来解析转基因作物大面积种植后对昆虫群落生态功能的影响^[45]。

参考文献

[1] 徐丽娜,周子燕,胡飞,等. 安徽省玉米主要害虫种类与发生为害初探[J]. 植物保护,2017,43(2):152-155.
[2] 邱明生,张孝羲,王进军,等. 玉米田节肢动物群落特征的时序动态[J]. 西南农业学报,2001,14(1):70-73.
[3] 丁伟,赵志模,王进军,等. 玉米地节肢动物群落优势功能集团的组成与演替[J]. 生态学杂志,2002,21(1):38-41.

[4] 侯美珍,张永强,王卫光,等. 玉米地捕食性节肢动物群落结构及动态分析[J]. 中国生物防治,2005,21(4):209-214.
[5] 卢翠华,王丽艳,纪伟波,等. 大庆玉米田节肢动物种类构成调查[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2008,20(2):34-37.
[6] 李武高. 关中地区玉米田节肢动物群落结构变动规律研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2003.
[7] 徐洪富,牟吉元,牟少敏,等. 棉区夏玉米田节肢动物群落的研究[J]. 华东昆虫学报,1999,8(1):76-80.
[8] 邵正飞. 玉米不同品种抗虫性及与天敌的联合作用研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2011.
[9] 辛肇军,李照会,叶保华,等. 不同生态型夏玉米田节肢动物群落特征的研究[J]. 山东农业科学,2012,44(11):90-98.
[10] 柴正群,可胜杰,黄吉,等. 不同种植环境夏玉米田节肢动物群落特征及稳定性[J]. 生态学杂志,2016,35(12):3306-3314.
[11] 黄吉,可胜杰,柴正群,等. 非作物植被对玉米地节肢动物群落的影响[J]. 环境昆虫学报,2015,37(4):857-864.
[12] Hay-Roe M M, Meagher R L, Nagoshi R N, et al. Distributional patterns of fall armyworm parasitoids in a corn field and a pasture field in Florida [J]. Biological Control, 2016, 96: 48-56.
[13] Rivers A, Barbercheck M, Govaerts B, et al. Conservation agriculture affects arthropod community composition in a rainfed maize-wheat system in central Mexico [J]. Applied Soil Ecology, 2016, 100: 81-90.
[14] 马辉. Bt转基因玉米的抗虫效果及其对田间动物种群影响的初步研究[J]. 杂粮作物,2002,22(3):167-169.
[15] 刘慧. Bt转基因玉米对节肢动物群落多样性的影响[D]. 北京:中国农业科学院,2005.
[16] 郭井菲,张聪,袁志华,等. 转cry1Ie基因抗虫玉米对田间节肢动物群落多样性的影响[J]. 植物保护学报,2014,41(4):482-289.
[17] Guo Jingfei, He Kanglai, Bai Shuxiong, et al. Effects of transgenic cry1Ie maize on non-lepidopteran pest abundance, diversity and community composition [J]. Transgenic Research, 2016, 25(6): 761-772.
[18] Guo Jingfei, He Kanglai, Hellmich R L, et al. Field trials to evaluate the effects of transgenic cry1Ie maize on the community characteristics of arthropod natural enemies [J]. Scientific Reports, 2015,6(12):22102.
[19] 李凡,孙红伟,杨淑珂,等. 转植酸酶基因玉米对田间节肢动物群落多样性的影响[J]. 生物安全学报,2014,23(4):265-270.
[20] 刘俊峰,邸宏,曾兴,等. 转BcBCP1基因耐盐碱玉米对田间节肢动物群落的影响分析[J]. 玉米科学,2013,21(3):35-39.
[21] 王尚,王柏凤,严杜升,等. 转EPSPS基因抗除草剂玉米CC-2对田间节肢动物多样性的影响[J]. 生物安全学报,2014,23(4):271-277.
[22] 王培,王应伦,王振营,等. 转cry1Ac基因玉米对玉米田非靶标节肢动物群落多样性的影响[C]//吴孔明. 植保科技创新与病虫防控专业化. 北京:中国农业科学技术出版社,2011:814.
[23] 郭艳艳. 转基因抗虫玉米和棉花对非靶标生物的影响评价[D]. 北京:中国农业大学,2014.

- [24] Guo Yayan, Feng Yanjie, Ge Yang, et al. The cultivation of Bt corn producing cry1Ac toxins does not adversely affect non-target arthropods [J]. *PLoS ONE*, 2014, 9(12): e0114228.
- [25] 刘新颖. 转 Bt 基因玉米对土壤动物群落结构的影响[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2016.
- [26] 郭佳惠, 孔云, 李刚, 等. 转基因作物对土壤无脊椎动物的影响 [J]. *生态学杂志*, 2016, 35(10): 2838–2844.
- [27] Naranjo S E, Head G, Dively G P. Field studies assessing arthropod non-target effects in Bt transgenic crops: introduction [J]. *Environmental Entomology*, 2005, 34(5): 1178–1180.
- [28] Bhatti M A, Duan J, Head G, et al. Field evaluation of the impact of corn, rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) protected Bt corn on ground-dwelling invertebrates [J]. *Environmental Entomology*, 2005, 34(5): 1325–1335.
- [29] Bhatti M A, Duan J, Head G, et al. Field evaluation of the impact of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) protected Bt corn on foliage dwelling arthropods [J]. *Environmental Entomology*, 2005, 34(5): 1336–1345.
- [30] Bitzer R J, Rice M E, Pilcher C D, et al. Biodiversity and community structure of epedaphic and euedaphic springtails (Collembola) in transgenic rootworm Bt corn [J]. *Environmental Entomology*, 2005, 34(5): 1346–1376.
- [31] Prasifka J R, Hellmich R L, Dively G P, et al. Assessing the effects of pest management on non-target arthropods: the influence of plots size and isolation [J]. *Environmental Entomology*, 2005, 34(5): 1181–1192.
- [32] Saxena D, Stotzky G. Insecticidal toxin from *Bacillus thuringiensis* is released from roots of transgenic Bt corn *in vitro* and *in situ* [J]. *FEMS Microbiology Ecology*, 2000, 33(1): 35–39.
- [33] Al-Deeb M A, Wilde G E, Blair J M, et al. Effect of Bt corn for corn rootworm control on non-target soil microarthropods and nematodes [J]. *Environmental Entomology*, 2003, 32(4): 859–865.
- [34] María A M, Matías G, Ma J L, et al. Effects of three-year cultivation of *Cry1Ab*-expressing Bt maize on soil microarthropod communities [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2016, 220: 125–134.
- [35] Xue Kai, Diaz B R, Thies J E. Stability of Cry3Bb1 protein in soils and its degradation in transgenic corn residues [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2014, 76(1): 119–126.
- [36] Lumbierres B, Stary P, Pons X. Effect of Bt maize on the plant-aphid-parasitoid tritrophic relationships [J]. *Biological Control*, 2011, 56: 133–143.
- [37] Tian Junce, Collins H L, Romeis J, et al. Using field-evolved resistance to *Cry1F* maize in a lepidopteran pest to demonstrate no adverse effects of *Cry1F* on one of its major predators [J]. *Transgenic Research*, 2012, 21: 1303–1310.
- [38] Farinós G P, de la Pozza M, Hernández-Crespo P, et al. Diversity and seasonal phenology of aboveground arthropods in conventional and transgenic maize crops in central Spain [J]. *Biological Control*, 2008, 44(3): 362–371.
- [39] Daniela C R, Simone M M, Rosangela C M, et al. Does Bt maize cultivation affect the non-target insect community in the agro ecosystem? [J]. *Revista Brasileira de Entomologia*, 2015, 60(1): 82–93.
- [40] Erasmus A, van den Berg J. Effect of Bt-maize expressing *Cry1Ab* toxin on non-target Coleoptera and Lepidoptera pests of maize in South Africa [J]. *African Entomology*, 2014, 22(1): 167–179.
- [41] Dutton A, Romeis J, Bigler F. Assessing the risks of insect resistant transgenic plants on entomophagous arthropods: Bt-maize expressing *Cry1Ab* as a case study [J]. *Biological Control*, 2003, 48(6): 611–636.
- [42] Lövei G L, Arpaia S. The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2005, 114(1): 1–14.
- [43] Michael M, Andreas L. Comparing methods to evaluate the effects of Bt maize and insecticide on spider assemblages [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2005, 107(4): 359–370.
- [44] Ludy C, Lang A. A 3-year field-scale monitoring of foliage-dwelling spiders (Araneae) in transgenic Bt maize fields and adjacent field margins [J]. *Biological Control*, 2006, 38(4): 314–324.
- [45] von Burg S, van Veen F J F, Álvarez-Alfageme F, et al. Aphid-parasitoid community structure on genetically modified wheat [J]. *Biology Letters*, 2011, 7(3): 387–391.

(责任编辑: 田 喆)