

转 *Cry1Ac* 基因抗虫玉米 Bt-799 对田间节肢动物群落多样性的影响

尹俊琦^{1,2}, 武奉慈^{1,2}, 周琳³, 宋新元^{1,2*}

¹吉林省农业科学院; ²吉林省农业生物技术重点实验室, 吉林 长春 130033;

³哈尔滨师范大学, 黑龙江 哈尔滨 150025

摘要:【目的】安全评价是转基因品种研发的重要保障,为明确转基因玉米 Bt-799 在生物多样性影响方面的安全性,并为其在吉林春玉米区种植提供安全保证,开展了转基因玉米 Bt-799 对田间节肢动物群落多样性影响的研究。【方法】综合利用直接观察法和地面陷阱法,以多样性指数、均匀度指数、优势度指数等参数以及主要种群动态作为评价指标,系统研究转基因玉米 Bt-799 对田间节肢动物群落多样性的影响。【结果】转基因玉米 Bt-799 较之对应的非转基因对照郑 58 在田间节肢动物群落结构参数、主要种群动态等方面均无显著差异。【结论】转 *Cry1Ac* 基因玉米 Bt-799 在吉林省种植,不会对田间节肢动物群落多样性造成显著不良影响。

关键词: 转 *Cry1Ac* 基因抗虫玉米; 节肢动物; 群落结构; 种群动态

Impacts of a transgenic insect-resistant maize (Bt-799) containing a *Cry1Ac* gene on arthropod biodiversity

YIN Junqi^{1,2}, WU Fengci^{1,2}, ZHOU Lin³, SONG Xinyuan^{1,2*}

¹Jilin Academy of Agricultural Sciences; ²Jilin Main Lab of Agricultural Biotechnology, Changchun, Jilin 130033, China;

³Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150025, China

Abstract:【Aim】Bio-safety assessment is an important requirement during the development of genetically modified varieties. We aimed to carry out research on the influence of transgenic Bt-799 maize on the diversity of arthropod communities in Jilin Province, and provide security assurance for its planting in Jilin spring maize region.【Method】We censused the arthropod community by direct observations and by using pitfall traps. Diversity was evaluated with the Shannon-Wiener, Pielou and Simpson indices.【Result】Compared with the non-transgenic maize cv. Zheng 58, as control, the arthropod communities sampled in the transgenic cultivar showed no significant difference in diversity.【Conclusion】Growing the genetically modified maize Bt-799 in Jilin Province is not expected to cause significant negative effects on the diversity of arthropod communities.

Key words: transgenic insect-resistant maize with *Cry1Ac* gene; arthropod; community structure; seasonal dynamics

玉米在我国大部分地区广泛种植,是主要的粮食作物与经济作物,其对保持农业结构稳定乃至粮食安全具有重要作用。玉米螟 *Ostrinia furnacalis* Guenée 是限制玉米产量提升的重要因素,由于其具有发生代数不稳定,钻蛀能力强,药剂不易到达取食位置,抗药性较强等特点,化学方法对玉米螟的防治效果并不理想(王振营等,2004)。同时,现有玉米种质缺少抗虫资源,传统抗性育种途径亦很难取得突破。基因工程技

术为解决玉米螟危害提供了重要途径(Ishida *et al.*, 1996)。由中国农业大学研制的转 *Cry1Ac* 基因抗虫玉米 Bt-799 已在吉林省完成生产性实验,进入申请安全应用证书阶段,具有重要的应用前景。

研发与安评同步是转基因育种的重要原则,转基因植物及其产品的安全性亦备受关注(Andow & Zwahlen, 2006)。节肢动物是农田生态系统的重要组成部分,作物的品种、布局和栽培方式都会影响

收稿日期(Received): 2016-09-12 接受日期(Accepted): 2017-01-20

基金项目: 国家自然科学基金(31301329); 转基因生物新品种培育重大专项(2016ZX08011-003)

作者简介: 尹俊琦,女,研究实习员,硕士。研究方向:转基因植物环境安全评价。E-mail: yin_junqi@163.com

* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: songxinyuan1980@163.com

其多样性组成(郭建英等,2008;刘雨芳等,2000)。转基因玉米对农田节肢动物群落多样性的影响一直是环境安全评价关注的重点。关于转基因作物对节肢动物多样性影响的研究已陆续开展,如通过对转 *Bt* 基因大豆 MON87701RR2Y、转 *Cry1Ie* 基因抗虫玉米及对转 *EPSPS* 基因抗除草剂玉米 CC-2 与其非转基因对照的研究,均表明转基因作物田与非转基因作物田的节肢动物各特征参数无显著差异(郭井非等,2014;王尚等,2014;Yu *et al.*, 2014)。目前,有关转 *Cry1Ac* 基因抗虫玉米 Bt-799 对于田间节肢动物多样性影响的研究并不多。

吉林省地处世界黄金玉米带,又是我国主要的春玉米产区(王阳,2010)。本研究选址吉林省,选取转 *Cry1Ac* 基因抗虫玉米 Bt-799 及其对应的非转基因对照郑 58 为研究对象,利用直接观察法和地面陷阱法,以多样性指数、均匀度指数、优势度指数等群落特征参数及主要种群动态为评价指标,系统研究 Bt-799 对田间节肢动物群落的影响,旨在为该品种未来在吉林省的推广提供一定的基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验材料 转 *Cry1Ac* 基因抗虫玉米 Bt-799 (B),对应的非转基因对照郑 58 (B-CK),均由中国农业大学提供。

1.1.2 实验地点 本研究选址吉林省公主岭市吉林省农业科学院“国家转基因玉米大豆中试与产业化基地(公主岭)”转基因植物环境安全研究实验圃场(总面积 10 hm²,43°30'N、124°49'E)。

1.1.3 小区设计与管理 实验种植参考当地玉米大田生产方式,分区设计,每小区面积 150 m²(10 m × 15 m),每个处理 3 次重复,随机区组排列。2013 年 5 月 15 日播种,采用人工播种方式,2~3 粒·穴⁻¹,按常规农事耕作管理,整个生长季节不施用杀虫剂。

1.2 实验方法

1.2.1 直接观察法 自玉米定苗后 10 d 开始,直至成熟为止,每隔 10 d 调查一次,每个小区利用对角线 5 点取样法,每一点选取 5 株玉米,对整株玉米(蚜虫和叶螨,收集上、中、下 3 叶)及其地面 1 m² 范围内的各种节肢动物进行调查。调查时,先快速观察记录活泼易动的昆虫和(或)蜘蛛数量,对于不易分类的类群,保存到装有 95%乙醇溶液的胶卷盒中,做好标记,带回实验室做进一步鉴定。

1.2.2 地面陷阱法 自玉米定苗后 10 d 开始,直至植株成熟为止,每 10 d 调查一次,每小区采用对角线 5 点取样,每点埋设 3 个塑料杯(Φ 15 cm × 10 cm),杯中放 5%的洗涤剂水(不超过杯容积的 1/3),间隔 0.5 m。在埋杯的第 2 天,调查杯中节肢动物的种类和数量,不易识别的种类进行编号,放入 95%乙醇溶液保存,供进一步鉴定。

记录所有通过直接观察法和地面陷阱法得到的节肢动物的名称、发育阶段和数量。

1.3 统计分析

根据各类群的捕获量占捕获总量的百分比来划分节肢动物的数量等级:10%以上者为优势类群;1%~10%为常见类群;小于 1%为稀有类群。

节肢动物群落结构特征值采用下列公式计算(赵志模和郭依泉,1990;Magurran,2004)。

Shannon-Wiener 多样性指数: $H' = -\sum P_i \ln P_i$

式中: P_i 为 i 类群占总个体数的比率; $P_i = N_i/N$, N_i 为第 i 个类群的个体数; N 为全部类群的个体总数。

Pielou 均匀度指数: $J = H'/\ln S$

式中: H' 为多样性指数; S 为类群数。

Simpson 优势度指数: $D = \sum (n_i/N)^2$

式中: N 为节肢动物个体总数; n_i 为 i 类群的个体数。

利用 EXCEL 2003 对原始数据进行整理,通过 SPSS 19.0 软件对实验数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 节肢动物类群及数量组成

2013 年 7—9 月,8 次直接观察法和地面陷阱法调查共采集样本 480 份,鉴定出节肢动物个体总数 4362 头。其中,直接观察法采集节肢动物 2866 头,分属 2 纲 11 目 35 种(或类),优势类群为蚜虫,在转基因玉米田(B)与非转基因对照田(B-CK)中分别占个体总数的 60.47%和 65.13%,常见类群包括蜘蛛、龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、瓢虫幼虫、双斑萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica*、蚁科和啮虫科等,其余为稀有类群。地面陷阱法采集节肢动物 1496 头,分属 4 纲 14 目 40 种(或类),优势类群有蚜虫、银川油葫芦 *Teleogryllus infernalis* 和蠼螋 *Labidura japonica*,在转基因玉米田(B)分别占个体总数的 18.64%、13.74%和 19.05%,非转基因对照田(B-CK)中分别占个体总数的 30.35%、11.04%和 19.05%,常见类群包括蜘蛛

蛛、家蟋蟀 *Acheta domestica*、蠊步甲 *Dolichus halensis*、婪步甲 *Harpalus sinicus*、瓢虫幼虫、双斑萤叶甲、黄斑青步甲 *Chlaenius micans*、蚁科、中华草蛉 *Chrysoperla sinica*、蜉蝣和家蝇 *Musca domestica* 等,其余为稀有类群。方差分析表明,不论是直接观察法还是地面陷阱法,2种类型玉米田的节肢动物类群基本一致,发生数量无显著差异(表1、表2)。

2.2 对节肢动物主要种群动态的影响

2.2.1 直接观察法 分析直接观察法统计的田间优势类群和常见类群的季节动态变化发现,蜘蛛的发生量较为平稳,从调查初期到调查末期,呈缓慢

下降的趋势。异色瓢虫、瓢虫幼虫、龟纹瓢虫、啮虫科、双斑萤叶甲等物种的变化趋势较为一致,均在7月末—8月初发生量达到最大。蚜虫和蚁科数量变化趋势较为一致,发生数量较大的时期集中在7月中下旬和9月末。作为蚜虫的主要天敌昆虫,异色瓢虫、龟纹瓢虫等瓢甲科昆虫的发生与蚜虫呈现此消彼长的规律,季节动态密切相关,从中可体现瓢甲科对蚜科有明显的控制作用。差异显著性分析表明,转基因玉米田与对应的非转基因玉米田优势类群和常见类群在各个调查时期的发生量均无显著差异($p>0.05, t\text{-test}$)(图1)。

表1 玉米田内节肢动物个体数(I)及分布频率(F)(直接观察法)

Table 1 Abundance (I) and frequency (F) of selected arthropod groups of the two types of maize, sampled by direct observation

目 Order	科 Family	种 Species	B		B-CK		
			I	F	I	F	
蜘蛛目 Araneae			24.00±1.15	5.63	32.67±1.20	6.18	
蜉蝣目 Ephemeroptera			0.00±0.00	0.00	1.00±0.00	0.19	
直翅目 Orthoptera	蟋蟀科 Gryllidae	银川油葫芦 <i>Teleogryllus infernalis</i>	3.33±2.03	0.78	2.00±1.15	0.38	
	蝗科 Acrididae	笨蝗 <i>Haplotropis brunneriana</i>	0.67±0.33	0.16	0.00±0.00	0.00	
		亚洲小车蝗 <i>Oedaleus decorus asiaticus</i>	0.33±0.33	0.08	0.00±0.00	0.00	
啮虫目 Psocoptera	啮虫科 Psocidae		9.33±1.45	2.19	10.67±4.67	2.02	
	叶啮虫科 Phyllipsocidae		3.00±1.15	0.70	4.33±1.20	0.82	
同翅目 Homoptera	蚜科 Aphidoidea		258.00±40.38	60.47	344.33±47.89	65.13	
	叶蝉科 Cicadellidae	大青叶蝉 <i>Cicadella viridis</i>	0.33±0.33	0.08	1.00±1.00	0.19	
半翅目 Hemiptera	盲蝽科 Miridae	苜蓿盲蝽 <i>Adelphocoris lineolatus</i>	1.00±0.00	0.23	0.67±0.33	0.13	
		绿盲蝽 <i>Apolygus luorum</i>	0.33±0.33	0.08	0.33±0.33	0.06	
		赤须盲蝽 <i>Trigonotylus ruficornis</i>	0.00±0.00	0.00	0.67±0.33	0.13	
	缘蝽科 Coreidae	粟缘蝽 <i>Liorhyssus hyalinus</i>	1.00±0.00	0.23	2.67±0.33	0.50	
	花蝽科 Anthracoridae		3.00±1.15	0.70	2.00±0.00	0.38	
	猎蝽科 Reduviidae		0.00±0.00	0.00	0.33±0.33	0.06	
	脉翅目 Neuroptera	草蛉科 Chrysopidae	中华草蛉 <i>Chrysoperla sinica</i>	3.00±1.15	0.70	5.33±1.33	1.01
鞘翅目 Coleoptera	瓢甲科 Coccinellidae	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	41.00±3.06	9.61	38.00±4.58	7.19	
		瓢虫幼虫 Ladybird larvae	17.33±5.49	4.06	18.00±1.53	3.40	
		龟纹瓢虫 <i>Propylaea japonica</i>	16.00±3.06	3.75	21.67±7.06	4.10	
	叶甲科 Chrysomelidae	双斑萤叶甲 <i>Monolepta hieroglyphica</i>	9.67±2.19	2.27	7.00±1.00	1.32	
		柳圆叶甲 <i>Plagioderma versicolora</i>	3.33±1.76	0.78	2.33±0.88	0.44	
		白星花金龟 <i>Protaetia brevitarsis</i>	0.33±0.33	0.08	0.33±0.33	0.06	
	金龟科 Scarabaeidae		0.33±0.33	0.08	0.33±0.33	0.06	
	步甲科 Carabidae	婪步甲 <i>Harpalus sinicus</i>	0.00±0.00	0.00	0.33±0.33	0.06	
	隐翅甲科 Staphylinidae		0.33±0.33	0.08	0.33±0.33	0.06	
	埋葬甲科 Staphylinidae		0.33±0.33	0.08	0.00±0.00	0.00	
	双翅目 Diptera	麻蝇科 Sarcophagidae		2.33±1.86	0.55	2.67±1.67	0.50
		蝇科 Muscidae	家蝇 <i>Musca domestica</i>	2.00±0.58	0.47	3.33±0.33	0.63
		食蚜蝇科 Syrphidae		0.67±0.33	0.16	0.00±0.00	0.00
寄蝇科 Tachinidae			0.67±0.67	0.16	0.33±0.33	0.06	
大蚊科 Tipulidae			0.00±0.00	0.00	1.00±0.58	0.19	
鳞翅目 Lepidoptera	鳞翅目幼虫 Lepidoptera larvae		4.00±1.53	0.94	5.33±0.33	1.01	
	螟蛾科 Pyralidae	玉米螟 <i>Pyrausta nubilalis</i>	0.67±0.33	0.16	0.00±0.00	0.00	
	螟蛾科 Pyralidae adults		0.00±0.00	0.00	0.33±0.33	0.06	
膜翅目 Hymenoptera	蚁科 Formicidae		20.33±7.54	4.77	19.67±2.40	3.72	
	姬蜂科 Ichneumonidae		0.33±0.33	0.08	0.00±0.00	0.00	

B: 转基因玉米田; B-CK: 非转基因玉米对照田。数据为平均个体数±标准误。

B: Transgenic maize; B-CK: Non-transgenic maize. Data are mean no of individuals per plot±SE.

表 2 玉米田内节肢动物个体数 (*I*) 及分布频率 (*F*) (地面陷阱法)

Table 2 Abundance (*I*) and frequency (*F*) of selectes arthropod groups of the two types of maize, sampled by pitfall traps

目 Order	科 Family	种 Species	B		B-CK	
			<i>I</i>	<i>F</i>	<i>I</i>	<i>F</i>
蜈蚣目 Scolopendrida			0.33±0.33	0.14	0.33±0.33	0.13
等足目 Isopoda		鼠妇 <i>Armadillidium vulgare</i>	0.67±0.33	0.27	0.00±0.00	0.00
蜘蛛目 Araneae			33.33±8.84	13.61	21.00±3.21	8.28
蛛螨目 Arachnoidea			5.67±1.67	2.31	4.33±1.86	1.71
直翅目 Orthoptera	蟋蟀科 Gryllidae	银川油葫芦 <i>Teleogryllus infernalis</i>	33.67±7.33	13.74	28.00±2.00	11.04
		家蟋蟀 <i>Acheta domesticus</i>	3.33±0.88	1.36	3.67±0.88	1.45
		北京油葫芦 <i>Gryllus mitratus</i>	0.33±0.33	0.14	0.00±0.00	0.00
	蝗科 Acrididae	亚洲小车蝗 <i>Oedaleus decorus asiaticus</i>	0.00±0.00	0.00	0.67±0.33	0.26
		大尖头蚱 <i>Acrida cineria</i>	0.00±0.00	0.00	0.33±0.33	0.13
革翅目 Dermaptera	蠹螋科 Labiduridae		46.67±2.91	19.05	48.33±3.53	19.05
啮虫目 Psocoptera	啮虫科 Psocidae		0.33±0.33	0.14	0.00±0.00	0.00
同翅目 Homoptera	蚜科 Aphidoidea		45.67±22.56	18.64	77.00±10.79	30.35
		叶蝉科 Cicadellidae	大青叶蝉 <i>Cicadella viridis</i>	0.33±0.33	0.14	0.33±0.33
脉翅目 Neuroptera	草蛉科 Chrysopidae	中华草蛉 <i>Chrysoperla sinica</i>	3.67±1.86	1.50	1.67±0.67	0.66
鞘翅目 Coleoptera	步甲科 Carabidae	蠋步甲 <i>Dolichus halensis</i>	18.00±6.08	7.35	10.00±0.58	3.94
		黄斑青步甲 <i>Chlaenius micans</i>	4.33±1.86	1.77	3.33±2.33	1.31
		婪步甲 <i>Harpalus sinicus</i>	2.33±0.67	0.95	3.00±1.15	1.18
		中华星步甲 <i>Calosoma chinense</i>	0.67±0.67	0.27	0.33±0.33	0.13
	叶甲科 Chrysomelidae	双斑萤叶甲 <i>Monolepta hieroglyphica</i>	5.67±2.40	2.31	5.00±2.08	1.97
		柳圆叶甲 <i>Plagioderia versicolora</i>	0.33±0.33	0.14	0.33±0.33	0.13
	瓢甲科 Coccinellidae	瓢虫幼虫 Ladybird larvae	5.33±1.33	2.18	8.00±1.53	3.15
		异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	0.33±0.33	0.14	1.00±1.00	0.39
	金龟科 Scarabaeidae	铜绿丽金龟 <i>Anomala corpulenta</i>	1.67±0.33	0.68	1.33±0.67	0.53
		蛴螬 <i>Holotrichia diomphalia</i>	0.33±0.33	0.14	0.00±0.00	0.00
		大黑鳃金龟 <i>Holotrichia diomphalia</i>	0.00±0.00	0.00	0.33±0.33	0.13
	象甲科 Curculionidae		0.33±0.33	0.14	0.00±0.00	0.00
	隐翅甲科 Staphylinidae		1.00±1.00	0.41	0.67±0.67	0.26
双翅目 Diptera	蝇科 Muscidae	家蝇 <i>Musca domestica</i>	5.33±1.33	2.18	7.00±1.53	2.76
		大蚊科 Tipulidae	1.00±0.58	0.41	2.33±0.88	0.92
	寄蝇科 Tachinidae		0.00±0.00	0.00	1.00±0.58	0.39
	果蝇科 Drosophilidae	果蝇 <i>Drosophila melanogaster</i>	0.00±0.00	0.00	0.33±0.33	0.13
	鳞翅目 Lepidoptera	鳞翅目幼虫 Lepidoptera larvae	0.67±0.33	0.27	0.67±0.67	0.26
鳞翅目 Lepidoptera	螟蛾科 Pyralidae	螟蛾科成虫 Pyralidae adults	0.00±0.00	0.00	0.33±0.33	0.13
	粉蝶科 Pieridae	菜粉蝶 <i>Pieris rapae</i>	0.67±0.67	0.27	0.33±0.33	0.13
	凤蝶科 Papilionidae		0.00±0.00	0.00	0.33±0.33	0.13
膜翅目 Hymenoptera	蚁科 Formicidae		22.00±7.57	8.98	21.33±6.06	8.41
		胡蜂科 Vespidae	黄胡蜂 <i>Vespula vulgaris</i>	0.33±0.33	0.14	0.00±0.00
	马蜂科 Polistidae	陆马蜂 <i>Polistes rothneyi grahami</i>	0.00±0.00	0.00	0.33±0.33	0.13
	姬蜂科 Ichneumonidae		0.00±0.00	0.00	0.33±0.33	0.13
未知 Unknown species			0.67±0.33	0.27	0.33±0.33	0.13

B: 转基因玉米田; B-CK: 非转基因玉米对照田。数据为平均个体数±标准误。

B: Transgenic maize; B-CK: Non-transgenic maize. Data are mean no of individuals per plot±SE.

2.2.2 地面陷阱法 分析地面陷阱法捕获的优势类群和常见类群的季节动态变化发现, 蜘蛛、蠋步甲、瓢虫幼虫、双斑萤叶甲、蚜虫、蚁科和中华草蛉等的变化趋势较一致, 均在 7 月末发生量达最大。家蝇、蠹螋、家蟋蟀和黄斑青步甲在 8 月中下旬发生量较大。银川油葫芦的发生量整体呈上升趋势, 蛴螬仅在 8 月中上旬少量发生, 婪步甲的发生时期主要集中在 8 月中旬到 9 月初。方差分析表明, 2

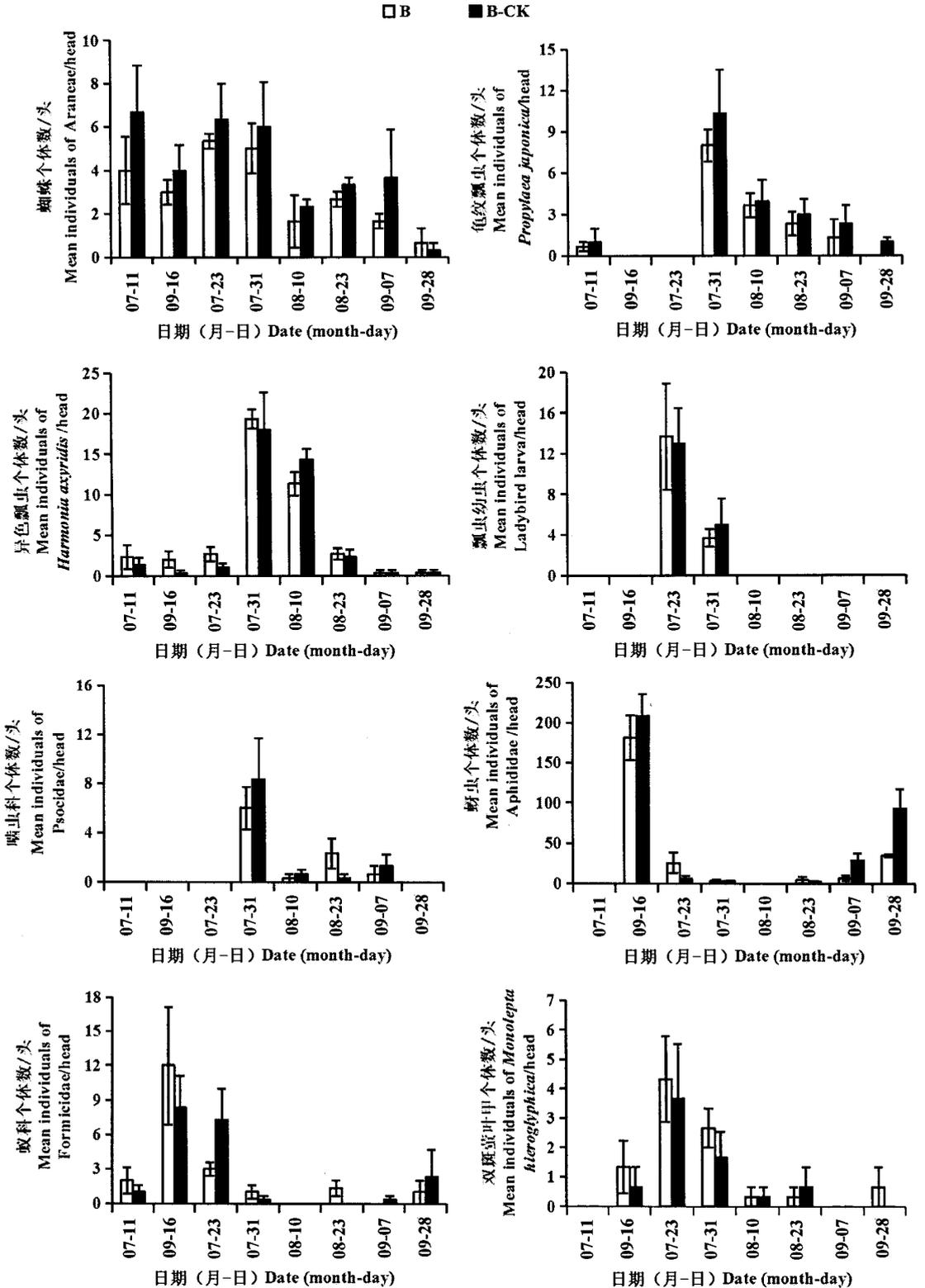
种玉米田优势类群和常见类群在各个调查时期的发生量均无显著差异 ($p>0.05, t\text{-test}$) (图 2)。

2.3 对节肢动物群落结构的影响

对整个玉米生育期内 2 种玉米田节肢动物群落结构进行分析, 结果表明, 2 种玉米田多样性指数、均匀度指数和优势度指数发生趋势基本一致, 只有直接观察法中 7 月末和 9 月 (图 3)、地面陷阱法中 7 月末和 9 月末出现轻微的波动 (图 4)。方差

分析结果表明,各个调查时期,2种玉米田多样性指数、均匀度指数、优势度指数尽管在个别时期存在轻微波动,但均未达到显著水平($p>0.05$, t -test)。

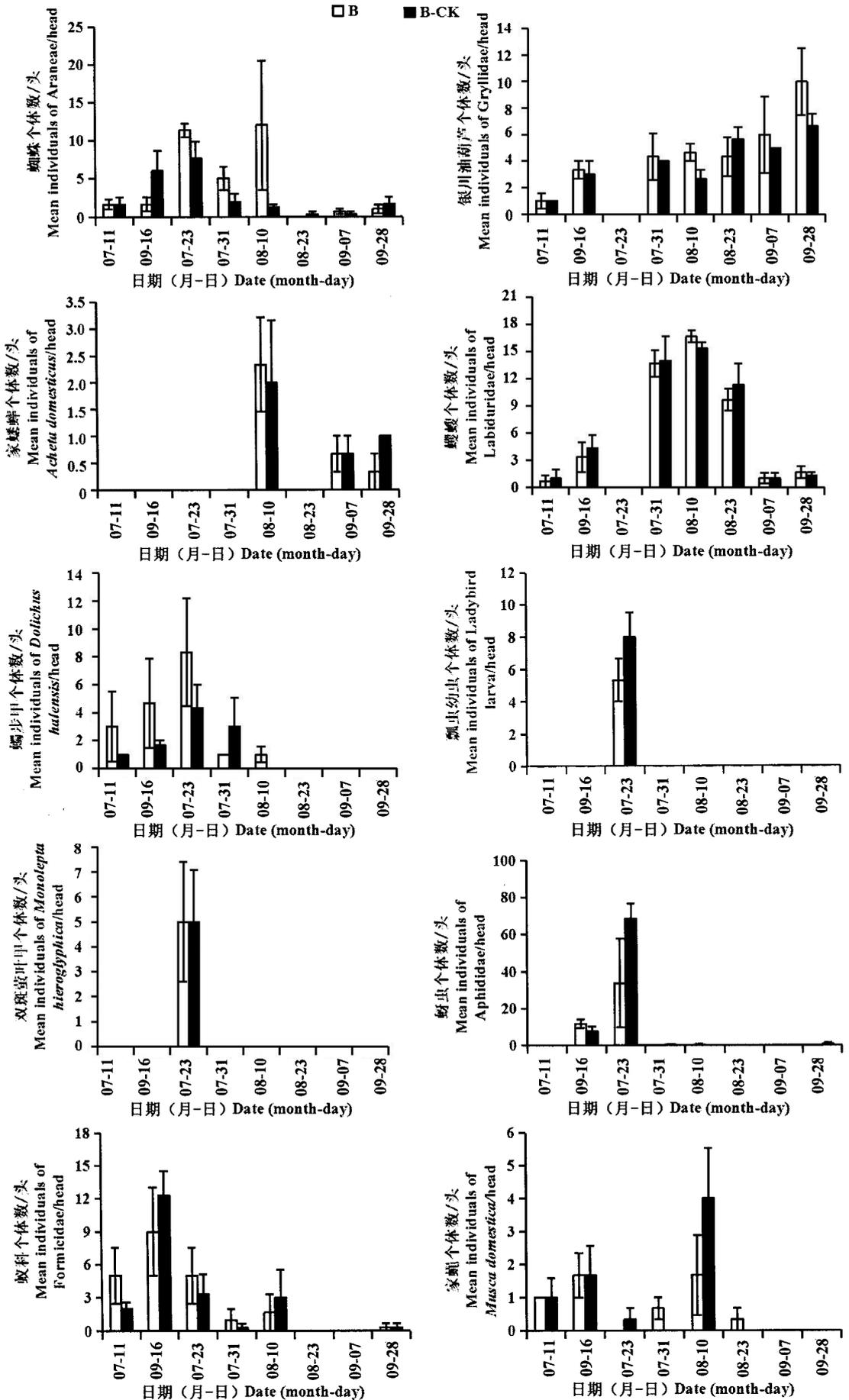
因此,实验表明,转 *Cry1Ac* 基因玉米的种植对田间节肢动物群落结构无显著影响。

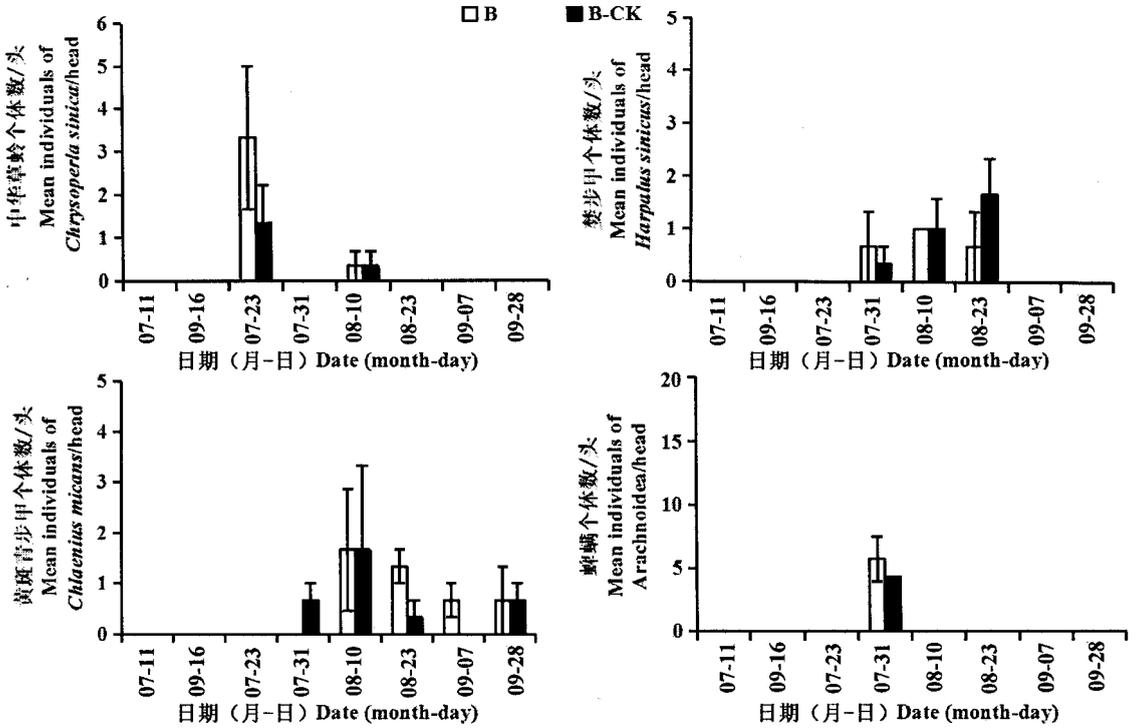


数据为平均个体数±SE。Data are mean no of individuals per plot±SE.

图1 转基因玉米及其对应的非转基因玉米田间主要节肢动物类群个体数量季节变化(直接观察法)

Fig.1 Seasonal changes of the dominant arthropod groups in transgenic vs non-transgenic maize fields, sampled by direct observation

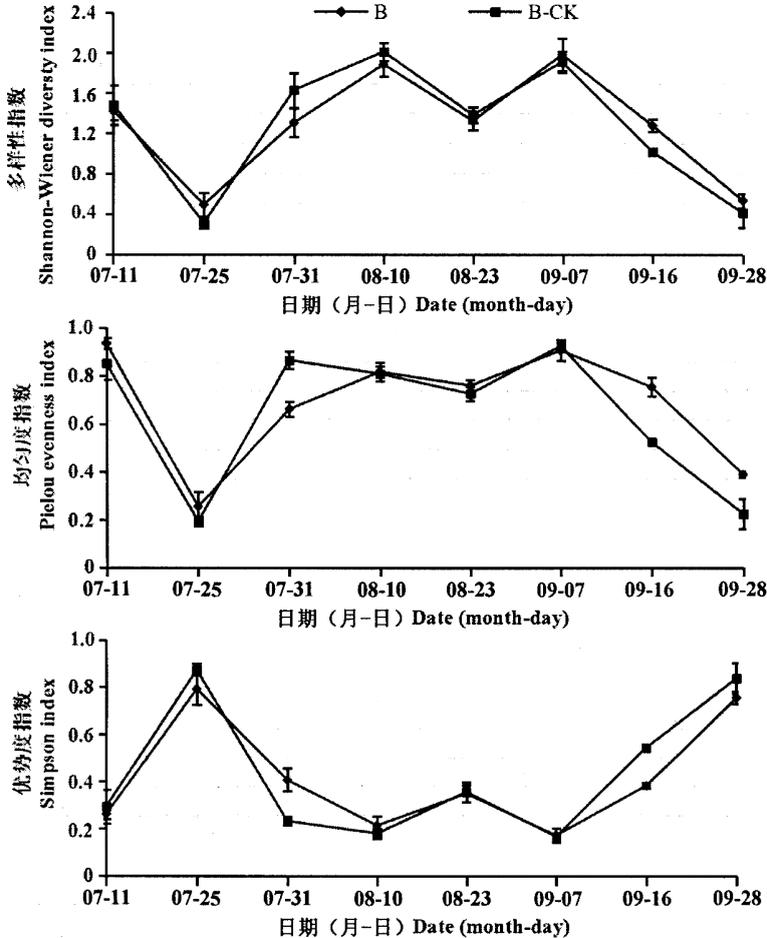




数据为平均个体数±SE。Data are mean no. of individuals per plot±SE.

图2 转基因玉米及其对应的非转基因玉米田间主要节肢动物类群个体数量季节变化(地面陷阱法)

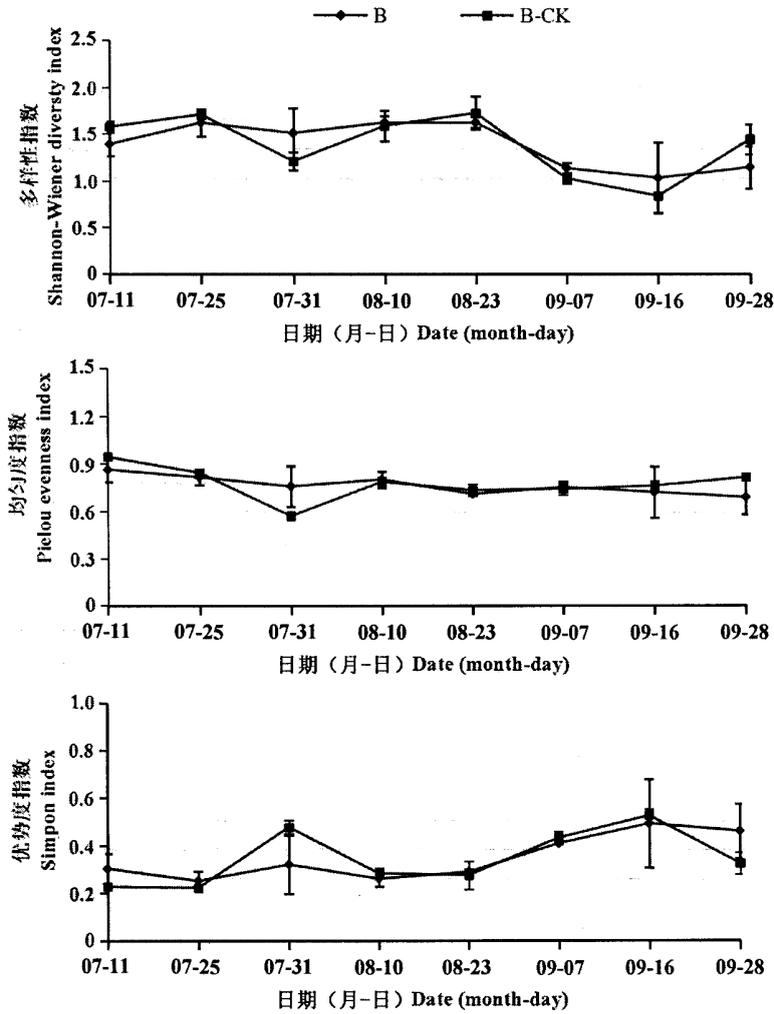
Fig.2 Seasonal changes of the dominant arthropod groups in transgenic vs non-transgenic maize fields, sampled by pitfall traps



数据为平均个体数±SE。Data are means per plot ±SE.

图3 转基因玉米田及其对应的非转基因玉米田节肢动物群落结构(直接观察法)

Fig.3 Seasonal changes in the diversity of arthropod communities in transgenic vs non-transgenic maize fields, sampled by direct observation



数据为平均个体数±SE。Data are means per plot ±SE.

图 4 转基因玉米田及其对应的非转基因玉米田节肢动物群落结构 (地面陷阱法)

Fig.4 Seasonal changes in the diversity of arthropod communities in transgenic vs non-transgenic maize fields, sampled by pitfall traps

3 讨论

亚洲玉米螟是限制我国玉米产量与品质提升的重要害虫,其寄主植物种类多,年发生代数不一,同时穗期玉米密度大,植株高,造成防治效果不理想(周大荣和何康来,1995)。转基因技术的产生和发展及优良抗虫基因的不断研发成功,为玉米螟的防治提供了可能(Ishida *et al.*,1996)。同时,人们对转基因玉米食用安全和环境安全十分关注,对转基因玉米进行安全性评价势在必行(宋新元等,2011)。

对农田生物多样性的影响是环境安全性评价的重要指标,相关的调查方法也较多,主要包括直接观察法、地面陷阱法、吸虫器法、解剖法和空中水盆诱捕法等(郭井菲等,2014)。为了保证数据的准确性和结论的可靠性,一般选取 2 种或 2 种以上的调查方法来考察田间节肢动物的多样性。本实验

选用直接观察法和地面陷阱法对转 *Cry1Ac* 基因抗虫玉米 Bt-799 田间节肢动物进行调查。其中,直接观察法比较灵活,且操作简单,但容易漏掉体型小、速度快的物种,且调查时间局限在白天,所以选取地面陷阱法对其进行补充和完善,地面陷阱法收集节肢动物时间长,包括白天和夜晚 2 个时间段,可以在收集节肢动物种类上弥补直观法的不足(杜开书等,2010;刘慧等,2012;徐洪富等,2000)。

通过对田间节肢动物生物多样性影响的观察与统计分析表明,转基因玉米 Bt-799 与其对应的非转基因玉米郑 58 相比,田间节肢动物群落组成、群落结构大体相似,其中优势类群和常见类群的季节发生动态也基本一致,对田间主要节肢动物种群的发生规律等指标均无显著影响,这与目前大量相关研究结果相符(李丽莉等,2007)。对转基因玉米和非转基因玉米田间节肢动物的多样性指数、均匀度

指数和优势度指数进行计算并比较,虽然在个别调查时期存在轻微波动,但总体并无显著差异。

综上所述,较之非转基因对照郑 58, 转 *Cry1Ac* 基因抗虫玉米 Bt-799 对田间节肢动物多样性未产生显著的影响,该实验结果为转基因抗虫玉米的进一步研发提供一定基础数据。由于本实验仅是一年单点实验,若要获得更加准确、全面、可靠的实验数据,应进行连续多年多点实验,以便更好地进行环境安全风险评估。

参考文献

- 杜开书, 柴立英, 赵青席, 2010. 玉米田昆虫群落得结构及时序动态研究. *玉米科学*, 18(3): 150-154.
- 郭井菲, 张聪, 袁志华, 何康来, 王振营, 2014. 转 *cry1Ie* 基因抗虫玉米对田间节肢动物群落多样性的影响. *植物保护学报*, 41(4): 482-489.
- 郭建英, 周洪旭, 万方浩, 范中南, 董亮, 2008. *Bt* 棉种植时期和作物布局方式对龟纹瓢虫生长发育和繁殖的影响. *植物保护学报*, 35(2): 137-142.
- 刘慧, 何康来, 白树雄, 王振营, 2012. 转 *cry1Ab* 基因玉米对瓢虫科天敌种群动态的影响. *生物安全学报*, 21(2): 130-134.
- 李丽莉, 王振营, 何康来, 白树雄, 花蕾, 2007. 转 *Bt* 基因抗虫玉米对玉米蚜种群增长的影响. *应用生态学报*, 18(5): 1077-1080.
- 刘雨芳, 张古忍, 古德祥, 2000. 农田生态系统中生境与植被多样性对节肢动物群落的影响及其作用机制探讨. *湘潭师范学院学报*, 21(6): 74-78.
- 宋新元, 张欣芳, 于壮, 李新海, 张明, 2011. 转基因植物环境安全评价策略. *生物安全学报*, 20(1): 37-42.
- 王尚, 王柏凤, 严杜升, 王军, 武奉慈, 席景会, 宋新元, 2014. 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. *生物安全学报*, 23(4): 271-277.
- 王阳, 2010. 吉林玉米加工业产业集群竞争力研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.
- 王振营, 何康来, 邢珍娟, 白树雄, 文丽萍, 2004. 不同类型玉米组织对亚洲玉米螟幼虫存活和生长发育的影响. *中国农学通报*, 20(5): 217-221.
- 徐洪富, 牟少敏, 许永玉, 牟吉元, 2000. 棉区夏玉米田害虫及天敌群落结构. *植物保护学报*, 27(3): 199-204.
- 周大荣, 何康来, 1995. 玉米螟综合防治. 北京: 金盾出版社.
- 赵志模, 郭依泉, 1990. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社.
- ANDOW D A, ZWAGLEN C, 2006. Assessing environmental risks of transgenic plants. *Ecology Letters*, 9: 196-214.
- ISHIDA Y, SATIO H, OHTA S, HIEI Y, KOMARI T, kU-MASHIRO T, 1996. High efficiency transformation of maize (*Zea mays* L.) mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. *Nature Biotechnology*, 14(6): 745-750.
- MAGURRAN A E, 2004. *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.
- YU H L, LI Y H, LI X J, WU K M, 2014. Arthropod abundance and diversity in transgenic *Bt* Soybean. *Environmental Entomology*, 43(4): 1124-1134.

(责任编辑:郭莹)