

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2014.04.007

转植酸酶基因玉米对田间节肢动物群落多样性的影响

李 凡, 孙红炜, 杨淑珂, 赵 维, 徐晓辉, 高 瑞, 路兴波*
山东省农业科学院植物保护研究所, 山东省植物病毒学重点实验室, 山东 济南 250100

摘要:【背景】节肢动物群落是农田生态系统的重要组成部分,转基因作物的种植对节肢动物群落结构及多样性的影响是环境安全评价的重要内容之一。转植酸酶基因玉米是我国首例获得生产应用安全证书的转基因粮食作物。【方法】以转植酸酶基因玉米 10TPY005、非转基因亲本玉米蠡玉 35 和当地常规品种郑单 958 为试验材料,在大田种植条件下,采用直接观察法定期调查了玉米田间主要节肢动物的种类和发生数量,通过分析比较 3 个玉米品种田间节肢动物群落、天敌亚群落和害虫亚群落的多样性指数、均匀性指数以及优势集中性指数,研究了转植酸酶基因玉米对田间节肢动物群落多样性的影响。【结果】在各个调查时间,转植酸酶基因玉米 10TPY005 与亲本玉米蠡玉 35 相比,各群落指数均不存在显著性差异;随着玉米生育期的延长,各群落指数的变化趋势也基本一致。【结论与意义】转植酸酶基因玉米的短期种植,对田间节肢动物群落多样性没有明显影响。

关键词: 转植酸酶基因玉米; 节肢动物群落; 多样性

Effects of phytase transgenic maize on biodiversity of arthropod communities under field conditions

Fan LI, Hong-wei SUN, Shu-ke YANG, Wei ZHAO, Xiao-hui XU, Rui GAO, Xing-bo LU*
Shandong Key Laboratory of Plant Virology, Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong 250100, China

Abstract:【Background】The arthropod community is an important part of farmland ecosystems. The effect of transgenic crops on the structure and biodiversity of arthropod communities in the fields is one of the important subjects of the environmental safety evaluation. Phytase transgenic maize was the first transgenic crop that was issued a bio-safety certificate in China.【Method】By using direct observation method, the species and population of the most common arthropod groups were investigated regularly in 3 experimental treatments including phytase transgenic maize 10TPY005 plot, its non-transgenic parent Liyu 35 plot and local corn variety Zhengdan 958 plot. The effects of phytase transgenic maize on the biodiversity of arthropod communities were studied by analyzing diversity index, evenness index and the Berger-Parker dominance index of the whole arthropod community, the natural enemy, and pest sub-communities.【Result】There was no significant difference in any of above community indices between phytase transgenic maize 10TPY005 and its parent Liyu 35. The index dynamics of the arthropod community living in phytase transgenic maize 10TPY005 and its parent Liyu 35 were also similar.【Conclusion and significance】In the short term, the phytase transgenic maize did not significantly affect on the biodiversity of arthropod communities in cornfield.

Key words: phytase transgenic maize; arthropod community; biodiversity

玉米是我国目前种植面积最大的作物(中国农业年鉴编辑委员会,2009),每年生产的玉米中大约 80%用于饲料行业。由于玉米自身的植酸酶活性较低且单胃动物体内缺乏内源性植酸酶,使得饲料中植酸磷的利用率极低,大部分磷未被有效吸收就从粪便中排出,造成了磷资源的浪费和对环境的污染(于彩虹等,2012)。由中国农业科学院生物技术研究所培育的转植酸酶基因玉米,是将来源于黑曲

收稿日期(Received): 2014-08-23 接受日期(Accepted): 2014-09-30
基金项目: 国家转基因生物新品种培育重大专项(2014ZX08003002-010)
作者简介: 李凡,女,助理研究员。研究方向:转基因作物环境安全评价及检测技术。E-mail: lzfjnd@163.com
* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: luxb99@sina.com

霉的植酸酶基因转入玉米胚乳,从而得到能够高效表达植酸酶并稳定遗传的转基因玉米纯合系(杨文竹,2008)。转植酸酶基因玉米有效提高了牲畜对饲料中磷的利用率,减少了粪便中磷的排泄量(张军民等,2011; Wang *et al.*, 2011),减轻了环境污染。2004~2008 年我国对转植酸酶基因玉米进行了环境安全和食用安全评价,2009 年转植酸酶基因玉米获得生产应用安全证书(李宁等,2011),标志着转植酸酶基因玉米从此正式跨入产业化阶段。

目前,转基因玉米已经成为全球种植面积第二的转基因作物(熊建文等,2011)。截至 2013 年,全球转基因玉米种植面积达到 5740 万 hm^2 , 占全球玉米种植面积的 32%(James, 2014)。随着转基因玉米的大面积推广应用,其安全性问题引起了世界范围内的广泛关注(Bergelson *et al.*, 1998; Crawley *et al.*, 2001)。国内外已经对转基因抗虫玉米的环境安全问题进行了大量的研究。虽然植酸酶本身不会对动物产生危害,但是外来基因的插入有可能导致作物生理特性和次生物质的变化,影响到生态系统和生物多样性(刘慧,2005; 吴研,2006)。因此,研究转植酸酶基因玉米的环境安全性具有重要意义。目前,有关转植酸酶基因玉米的环境安全性,尤其是对农田节肢动物群落影响的报道较少。本研究参照转基因玉米环境安全检测技术规范(中华人民共和国农业部,2004),通过田间定期调查与分析,探讨转植酸酶基因玉米对田间节肢动物群落多样性的影响,以期对转植酸酶基因玉米大规模释放的生态风险评估提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种:转植酸酶基因玉米 10TPY005 及其非转基因亲本玉米蠡玉 35,由北京奥瑞金种业股份有限公司提供;当地常规品种为郑单 958。

1.2 试验地点

试验地点设在山东省东平县州城街道办事处小东门村,位于东经 $116^{\circ}19'11.88''$ 、北纬 $35^{\circ}54'07.11''$,属于暖温带大陆性季风气候,年平均气温 15.7°C ,年平均降水量 680 mm,年无霜期 200 d 左右。试验田地势平坦,土壤为中性壤土,肥力中等,前茬作物为蔬菜。四周种植蔬菜,周围 1000 m 以内未种植生育期相同的玉米。

1.3 试验方法

本试验设 3 个处理:处理 1,转植酸酶基因玉米 10TPY005;处理 2,亲本玉米蠡玉 35;处理 3,当地常规品种郑单 958。每个处理 3 次重复,共 9 个小区,随机排列,小区面积为 200 m^2 。

于 2011 年 7 月 10 日播种,人工撒播,播种深度 6 cm,播种量 $45\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。除全生育期不喷施杀虫剂外,其余按当地常规栽培模式进行管理。

1.4 调查方法

从定苗后 10 d 到成熟,每 7 d 调查 1 次,每个小区采用对角线 5 点取样,每点调查相邻的 20 株玉米。记录整株玉米及其地面各种节肢动物的种类和数量。

1.5 数据分析

统计分析 3 个处理在各个调查时期不同群落(节肢动物群落、害虫亚群落和天敌亚群落)的结构与组成,计算 3 个处理各时期各群落的多样性指数(H)、均匀性指数(J)和优势集中性指数(C)(中华人民共和国农业部,2008)。

$$H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$J = H / \ln S$$

$$C = \sum_{i=1}^S (N_i / N)^2$$

式中, $P_i = N_i / N$, N_i 为第 i 个物种的个体数, N 为群落中所有物种的总个体数, S 为群落中的物种数。

利用 EXCEL 2003 和 DPS 统计软件对试验数据进行统计分析,用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 对田间节肢动物群落多样性的影响分析

调查结果显示,在玉米整个生长期,田间节肢动物主要包含蚜虫科、螟蛾科、叶蝉科、盲蝽科、长蝽科、花蝽科、蓟马科、夜蛾科、瓢甲科、草蛉科等 21 个科的 33 种昆虫及 4 种蜘蛛。从节肢动物的发生种类和数量来看,转植酸酶基因玉米 10TPY005 与亲本玉米蠡玉 35 之间没有明显差异。

在玉米生长期,3 个处理的田间节肢动物群落多样性指数和均匀性指数动态均呈现先下降后趋于平缓的态势,而优势集中性指数动态变化趋势则是先上升后趋于平缓(图 1)。在玉米生长早期(7 月下旬),田间节肢动物种类较多,多样性指数较

高,均达到 0.6 以上;均匀性指数也较高,均在 0.5 左右;而优势集中性指数较低,均在 0.6 左右。至 8 月中下旬,田间节肢动物种类逐渐减少,多样性指数和均匀性指数随之降低,而优势集中性指数则随之上升。进入 9 月份后,节肢动物种类趋于稳定,3 个指数的动态变化也趋于平稳。差异显著性分析结果表

明,整个调查期间,转植酸酶基因玉米 10TPY005 与亲本玉米蠡玉 35、当地常规品种郑单 958 相比,各指数均不存在显著性差异,说明转植酸酶基因玉米 10TPY005 对田间节肢动物群落多样性没有明显影响。

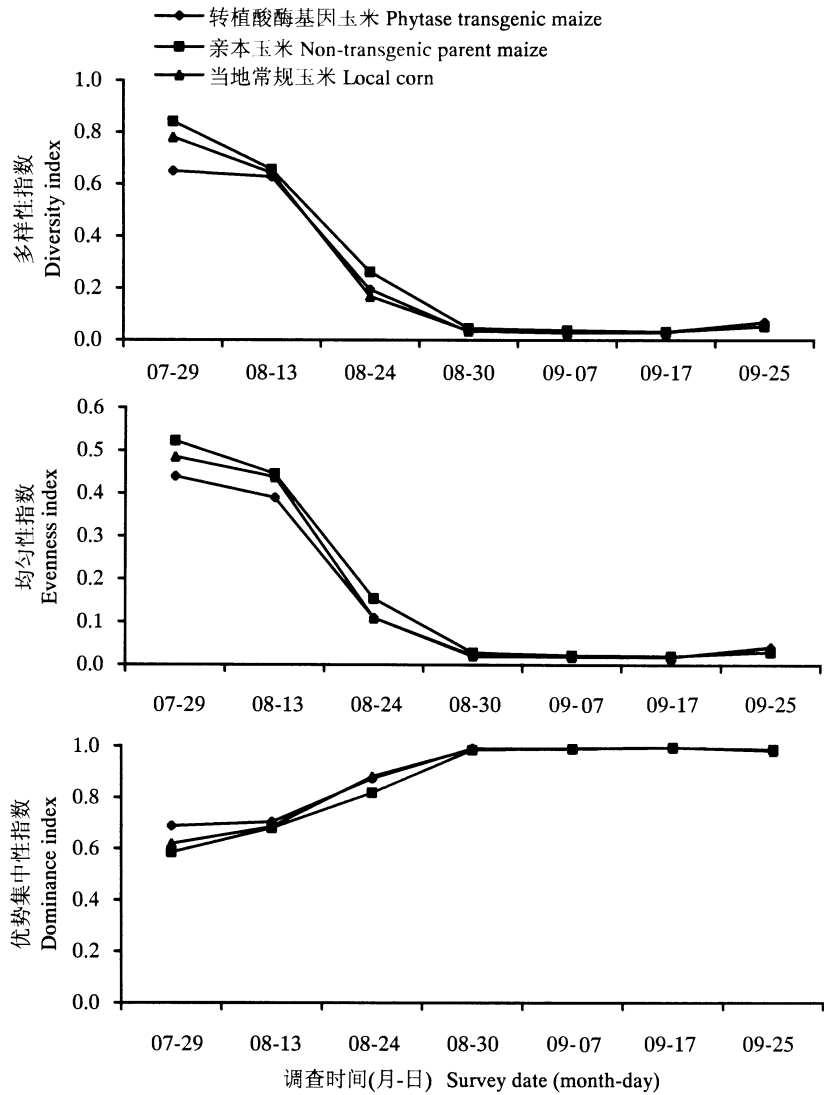


图 1 玉米田间节肢动物群落多样性的动态变化
Fig.1 The dynamics of biodiversity of arthropod community in cornfield

2.2 对田间天敌亚群落多样性的影响分析

由图 2 可以看出,3 个处理的田间天敌亚群落多样性指数和均匀性指数动态变化均呈现先下降后上升再下降的趋势,而优势集中性指数则刚好相反,但 3 个指数的总体变化幅度均较小,这与田间调查时发现的整个生长期天敌种群变化较小相一致。差异显著性分析结果表明,转植酸酶基因玉米 10TPY005 与亲本玉米蠡玉 35、当地常规品种郑

单 958 相比,各指数差异均不显著,说明转植酸酶基因玉米 10TPY005 对田间天敌亚群落多样性没有明显影响。

2.3 对田间害虫亚群落多样性的影响分析

田间调查结果显示,7 月份害虫种类和数量较多,进入 8 月后逐渐减少,9 月份则变化较小。通过分析发现,3 个玉米品种田间害虫亚群落的多样性指数和均匀性指数动态均表现为先下降后平稳的

趋势,而优势集中性指数则呈先上升后平稳态势,3 个指数均在 8 月底到达转折点(图 3)。差异显著性分析结果表明,转植酸酶基因玉米 10TPY005 与亲本玉米蠡玉 35、当地常规品种郑单 958 相比,各指数均不存在显著性差异,说明转植酸酶基因玉米 10TPY005 对田间害虫亚群落多样性没有明显影响。

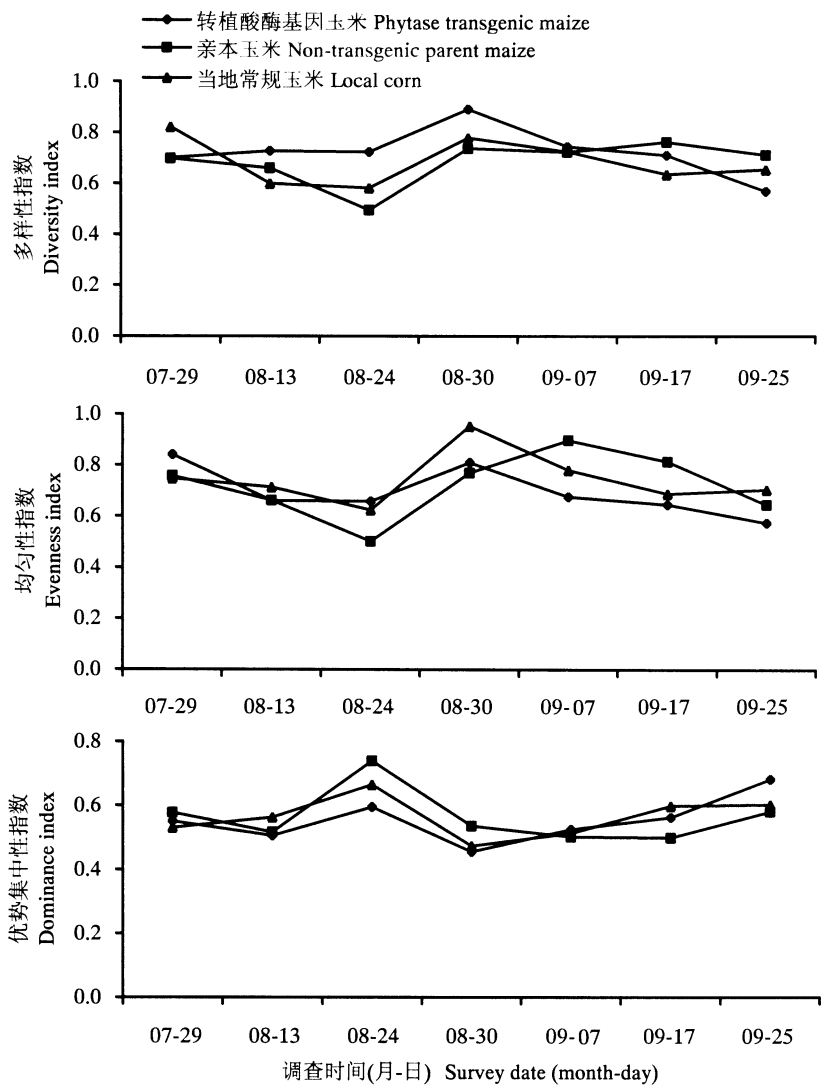


图 2 玉米田间天敌亚群落多样性的动态变化
Fig.2 The dynamics of biodiversity of natural enemy sub-community in cornfield

3 讨论

近期的研究表明,转植酸酶基因玉米的田间种植对步甲物种多样性及常见物种没有明显影响(赵彩云等,2013),也未对土壤线虫的生态指标和群落结构造成直接影响(郭维维等,2014)。本实验室早期的报道也指出,转植酸酶基因玉米的短期种植,未对田间主要害虫和天敌种群动态产生显著影响(李凡等,2013)。

本试验主要进行了 7 次田间调查。调查发现,害虫主要有蚜虫 Aphidoidea、玉米螟 *Ostrinia nubilalis*、叶蝉 Cicadellidae、盲蝽 Miridae、蓟马 Thripinae、

夜蛾 Noctuidae 等;天敌主要有各种瓢虫、草蛉和蜘蛛等,其中瓢虫主要是龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* (Thunberg) 和异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas 等,草蛉以中华草蛉 *Chrysoperla sinica* Tjeder 为主,蜘蛛主要是草间小黑蛛 *Erigonidium graminicola*、肖蛸 *Tetragnatha* 和狼蛛 Lycosidae 等。转植酸酶基因玉米 10TPY005 田间主要节肢动物的发生种类、数量与亲本玉米蠡玉 35 之间没有明显差异。

群落多样性、均匀度及优势集中性是群落组织水平的 3 个指标。一般而言,多样性指数和均匀度值较高而优势集中性值较低的群落,其稳定性较好

(刘慧, 2005)。本研究表明, 转植酸酶基因玉米 10TPY005 与亲本玉米蠡玉 35 相比, 各群落组织水平相似, 各指数均不存在显著性差异, 说明转植酸酶基因玉米的短期种植, 对田间节肢动物群落多样性没有明显影响, 这与 *Bt* 玉米的研究结果(刘慧, 2005) 基本一致。

转植酸酶基因玉米即将进入产业化, 但目前对其安全性的研究还太少, 尤其需要加强研究其长期种植对农田生态环境的影响, 以为今后转植酸酶基因玉米商业化种植过程中的安全监管提供技术支撑和理论依据。

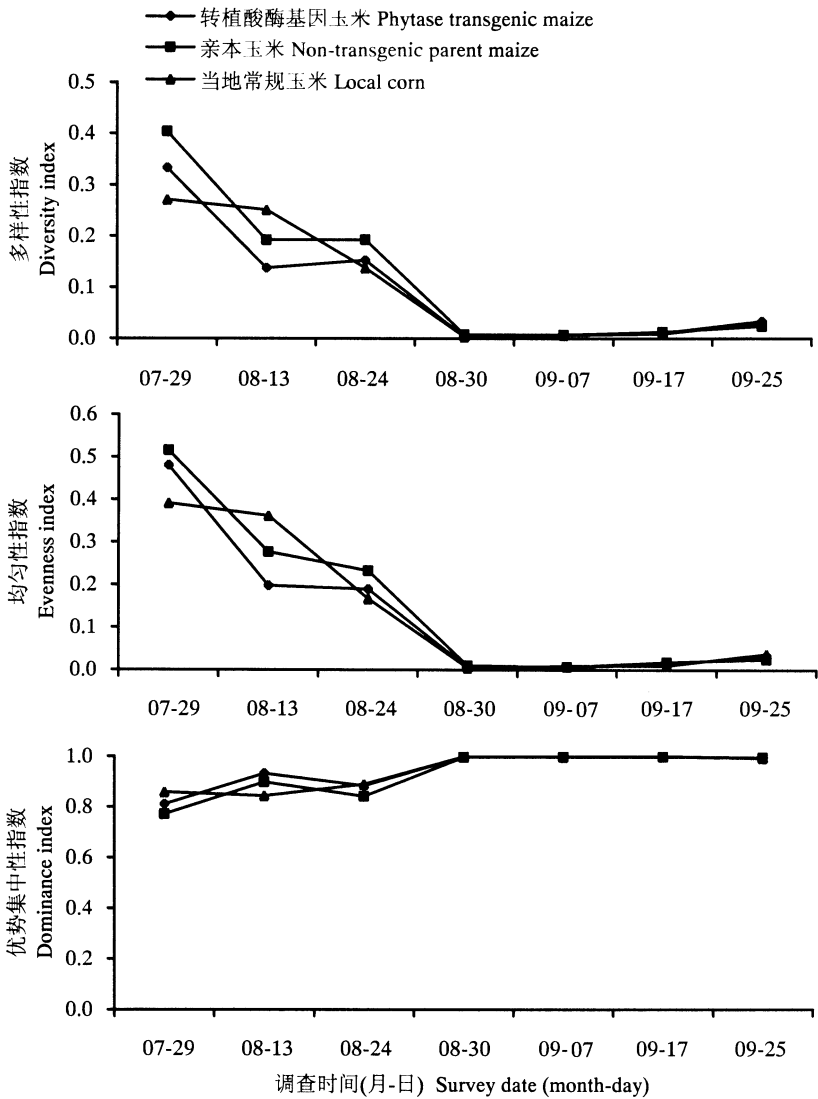


图 3 玉米田间害虫亚群落多样性的动态变化

Fig.3 The dynamics of biodiversity of pest sub-community in cornfield

参考文献

郭维维, 赵宗潮, 苏营, 牟文雅, 刘满强, 陈小云, 陈法军. 2014. 转植酸酶基因玉米种植对土壤线虫群落的影响. 应用生态学报, 25(4): 1107-1114.

李凡, 孙红炜, 杨淑珂, 赵维, 郭颖慧, 路兴波. 2013. 转植酸酶基因玉米对田间主要害虫和天敌种群动态的影响. 中国农学通报, 29(36): 362-366.

李宁, 何康来, 崔蕾, 王振营. 2011. 转基因抗虫玉米环境

安全性及我国应用前景. 植物保护, 37(6): 18-26.

刘慧. 2005. 转 *Bt* 基因玉米对节肢动物群落多样性的影响. 北京: 中国农业科学院.

吴研. 2006. 转 *Bt* 基因抗虫玉米对天敌昆虫的影响. 哈尔滨: 东北农业大学.

熊建文, 彭端, 覃晓娟, 王继瑞. 2011. 转植酸酶基因玉米的研究与安全评价. 基因组学与应用生物学, 30(2): 251-256.

- 杨文竹. 2008. 转植酸酶基因玉米中植酸酶的亚细胞定位. 北京: 中国农业科学院.
- 于彩虹, 田少亭, 路兴波, 李凡, 杨淑珂, 孙红炜. 2012. 转植酸酶基因(*phyA2*)玉米定性、定量 PCR 检测. 农业生物技术学报, 20(4): 356–361.
- 张军民, 邓丽青, 陈茹梅, 马永喜. 2011. 转植酸酶基因玉米对肉仔鸡生长性能及钙磷代谢的影响. 中国兽医学报, 31(2): 283–287.
- 赵彩云, 肖能文, 柳晓燕, 何丁元, 关潇, 白加德, 李俊生. 2013. 转植酸酶基因玉米对步甲群落动态的影响. 昆虫学报, 56(6): 680–688.
- 中国农业年鉴编辑委员会. 2009. 中国农业年鉴. 北京: 中国农业出版社.
- 中华人民共和国农业部. 2004. NY/T 720.3–2003 转基因玉米环境安全检测技术规范 第 3 部分: 对生物多样性影响的检测. 北京: 中国农业出版社.
- 中华人民共和国农业部. 2008. 农业部 953 号公告–10.4–2007 转基因植物及其产品环境安全检测 抗虫玉米 第 4 部分: 生物多样性影响. 北京: 中国农业出版社.
- Bergelson J, Purrington C B and Wichmann G. 1998. Promiscuity in transgenic plants. *Nature*, 395: 25.
- Crawley M J, Brown S L, Hails R S, Kohn D D and Rees M. 2001. Transgenic crops in natural habitats. *Nature*, 409: 682–683.
- James C. 2014. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2013. ISAAA Brief No. 46*. Ithaca, NY: ISAAA.
- Wang X Q, Wang S, Zhang J M and Yang J P. 2011. The effect of dietary supplementation with phytase transgenic corn on growth performance, phosphorus utilization and excretion in growing pigs. *Agricultural Sciences in China*, 10: 769–776.

(责任编辑: 杨郁霞)

(上接第 255 页)

- Griffitts J S and Aroian R. 2005. Many roads to resistance: how invertebrates adapt to Bt toxins. *BioEssays*, 27: 614–624.
- Huang F. 2006. Detection and monitoring of insect resistance to transgenic Bt crops. *Insect Science*, 13: 73–84.
- Li G, Wu K, Gould F, Feng H, He Y and Guo Y. 2004. Frequency of Bt resistance genes in *Helicoverpa armigera* populations from the yellow river cotton-farming region of China. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 112: 135–143.
- McGaughey W H and Whalon M E. 1992. Managing insect resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins. *Science*, 258: 1451–1455.
- Meng F X, Shen J L, Zhou W J and Cen H M. 2004. Long-term selection for resistance to transgenic cotton expressing *Bacillus thuringiensis* toxin in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Management Science*, 60: 167–172.
- Tabashnik B E. 1994. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annual Review of Entomology*, 39: 47–79.
- van Rensburg J B J. 2007. First report of field resistance by the stem borer, *Busseola fusca* (Fuller) to Bt-transgenic maize. *South African Journal of Plant and Soil*, 24: 147–151.
- Wu K. 2007. Monitoring and management strategy for *Helicoverpa armigera* resistance to Bt cotton in China. *Journal of Invertebrate Pathology*, 95: 220–223.

(责任编辑: 杨郁霞)

