

Doi: 10.3969/j.issn.2095-1787.2012.02.010

转 *cry1Ab* 基因玉米对瓢虫科天敌种群动态的影响

刘 慧, 何康来, 白树雄, 王振营*

中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193

摘要:【背景】瓢虫科天敌昆虫是玉米田中重要的天敌类群,可捕食多种农业害虫,对害虫有很好的控制作用。为了明确转基因玉米对瓢虫科天敌的潜在效应。【方法】在田间条件下,采用系统调查结合吸虫器方法,研究了 *cry1Ab* 基因玉米对玉米田主要瓢虫科天敌种类丰富度和种群动态的影响。【结果】转 *cry1Ab* 基因玉米田与其对照田瓢虫类群和优势种群组成相同。春播时 Bt 玉米田与对照田以龟纹瓢虫为优势种,仅在玉米生长后期 Bt 玉米田中的龟纹瓢虫数量显著高于对照田,其他时期 2 种田间龟纹瓢虫的种群动态没有显著差异。夏播玉米田以龟纹瓢虫和异色瓢虫为主,在 8 月 17 日 Bt 玉米田中异色瓢虫数量显著高于对照田,在 9 月 27 日其异色瓢虫数量显著低于对照田,而其他时期 Bt 玉米田和对照田中异色瓢虫优势度以及田间种群动态没有显著差异。【结论与意义】转 *cry1Ab* 基因玉米对玉米田重要的瓢虫科天敌丰富度、优势度和种群数量没有不良影响。因此,该转基因玉米可用于农田生态系统的有害生物管理。

关键词: 转 *cry1Ab* 基因玉米; 瓢虫; 物种丰富度; 优势度; 种群动态

Population dynamics of ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in transgenic *cry1Ab* and non-transgenic maize fields

Hui LIU, Kang-lai HE, Shu-xiong BAI, Zhen-ying WANG*

State Key Laboratory for the Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

Abstract: 【Background】Ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae) are important predators in maize fields and prey on many different agricultural pest insects. They provide an important ecosystem service, and should not be harmed by new agricultural techniques. 【Method】Field studies were conducted to determine whether transgenic Bt maize, expressing the *cry1Ab* toxin to control corn borers, has unintended impacts on ladybird beetle species richness, abundance of species and population dynamics of dominant species, with respect to an isogenic hybrid as control. Bt maize and its isogenic hybrid were planted in late of April and middle of June, as spring and summer maize, respectively, at Langfang, Hebei Province, China. 【Result】There were 8 species of ladybird beetles observed, including *Propylaea japonica* (Thunberg), *Harmonia axyridis* (Pallas), *Coccinella septempunctata* (L.), *Scymnus* (*Neopullus*) *babai* Sasaji, *Stethorus punctillum* (Weise), *Scymnus folchinii* (Canepari), *Scymnus inderihensis* (Mulsant), and *Anisosticta kabensis* (Lewis). Few differences were found in species richness and abundance between the Bt and non-Bt maize fields, either in spring or summer corn field. The dominant species was *P. japonica* in the spring, and *P. japonica* and *H. axyridis* in the summer, respectively. No significant differences were observed in population dynamics of *P. japonica* and *H. axyridis* in spring and summer in the two types of fields. 【Conclusion and significance】Bt corn expressing *cry1Ab* toxin had no significant effect on the observed parameters, therefore, this Bt maize hybrid may be suitable in an integrated pest management system.

Key words: transgenic *cry1Ab* maize; ladybird beetle; species richness; abundance; population dynamics

目前,在已进入商业化应用的转基因抗虫作物中,导入基因主要来自苏云金芽孢杆菌 *Bacillus thuringiensis* (简称 Bt) 杀虫晶体蛋白基因。已有研究表明,转 *cry1Ab* 基因抗虫玉米对欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis* (Hübner) 具有很好的控制作用 (Ost-

lie *et al.*, 1997), 并且可明显减轻玉米穗腐病的发生,降低玉米籽粒中的霉菌毒素,提高品质 (Munkvold *et al.*, 1999)。Bt 玉米对亚洲玉米螟 *O. furnacalis* (Guenée) 也有很好的控制效果 (王冬妍等, 2004; He *et al.*, 2006)。至 2011 年 Bt 玉米已

在全球 16 个国家商业化种植,种植面积已达 5100 万 hm^2 , 占全球转基因作物种植面积的 32% (James, 2012)。我国研发的转 Bt 基因抗虫玉米已进入环境释放阶段。孟山都公司以及杜邦公司的转 *cry1Ab* 基因玉米 MON810 和先正达公司的转 *cry1Ab* 基因玉米 Bt11 也先后被批准在我国进行环境释放,有的已进入生产性试验阶段。

Losey *et al.* (1999) 发表了抗鳞翅目害虫的 Bt 玉米花粉对帝王斑蝶 *Danaus plexippus* (L.) 有潜在风险的论述。尽管后来的研究表明,目前商业化的转 Bt 基因玉米对帝王斑蝶种群的影响微乎其微 (Shelton *et al.*, 2002), 但转基因抗虫作物对非靶标生物的影响仍受到广泛关注。大规模种植 Bt 作物是否会影响农田生态系统中天敌的种类和数量也引起各国研究人员的重视。有研究表明,在 Bt 棉田内,七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* L.、龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* (Thunberg)、草间小黑蛛 *Ergonidium graminicolum* (Sundevall) 和大眼蝉长蝽 *Geocoris punctipes* (Say) 的捕食量显著高于常规田,但其种群数量与常规棉田无显著差异 (崔金杰和夏敬源, 1998、1999)。瓢虫是玉米田的一类重要的多食性天敌昆虫,其在 Bt 玉米田间可能直接或间接摄入杀虫蛋白 (Álvarez-Alfageme *et al.*, 2008; Lundgren *et al.*, 2005; Wold *et al.*, 2001), 且可能影响其生长发育,进而影响其在田间的种群动态。因此,本研究通过对转 *cry1Ab* 基因玉米田与对照玉米田中瓢虫科天敌昆虫种类丰富度和种群动态的比较,研究转 *cry1Ab* 基因玉米对主要瓢虫科天敌的影响。

1 材料与方法

1.1 供试材料与试验设计

供试玉米品种是由孟山都远东公司提供的转 *cry1Ab* 基因的抗虫玉米 (Event MON810) 及非转基因玉米对照。试验地点位于河北省廊坊市中国农业科学院植物保护研究所试验基地。分春播和夏播, Bt 玉米及其对照亲本玉米小区随机排列,每小区面积为 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$, 重复 4 次。肥水管理按常规操作,全生育期末使用任何农药。

1.2 调查方法

1.2.1 直接观察调查法 从定苗后 10 d 到成熟,每 5 d 调查 1 次,每小区采用双对角线 5 点取样,每

点调查 20 株玉米。记录整株玉米上各种瓢虫的种类、数量和发育阶段。将田间不易识别的种类编号,带回室内鉴定。

1.2.2 吸虫器调查法 吸虫器由山东华盛农业药械股份有限公司生产的机动喷雾器改装而成。从定苗 15 d 后开始,利用吸虫器依照双对角线 5 点取样法进行抽样。每点抽取 10 株玉米 (全株) 及其地面 1 m^2 范围内的所有节肢动物。将抽取的样品带回室内清理,挑出瓢虫科昆虫,并对其进行分类和计数。

1.2.3 调查时间 调查于 2004 年进行,春播玉米从 6 月 15 日开始到 8 月 23 日结束;夏播玉米从 7 月 28 日开始到 10 月 5 日结束。

1.3 数据分析

本试验数据均采用 SPSS11.5 软件进行分析,差异显著性比较采用 *t* 测验。

2 结果与分析

2.1 对瓢虫科昆虫物种丰富度和优势度的影响

瓢虫科昆虫是玉米田捕食性天敌的主要类群。本研究表明, Bt 玉米田与对照田瓢虫科昆虫种类相同,有龟纹瓢虫、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas)、七星瓢虫、黑背毛瓢虫 *Scymnus* (*Neopullus*) *babai* Sasaji、深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum* (Weise)、长隆小毛瓢虫 *Scymnus folchini* (Canevari)、连斑小毛瓢虫 *Scymnus inderihensis* (Mulsant) 和展缘异点瓢虫 *Anisosticta kabensis* (Lewis) 等 8 种。其中,春播时 Bt 玉米田与对照田以龟纹瓢虫为优势种,夏播时以龟纹瓢虫和异色瓢虫为主,七星瓢虫和深点食螨瓢虫次之,其余 4 种瓢虫数量较少 (表 1)。

2.2 对龟纹瓢虫种群动态的影响

图 1 显示, Bt 玉米田龟纹瓢虫种群消长动态趋势和对照田基本一致。春播 Bt 玉米田中龟纹瓢虫的数量仅在玉米生长后期显著高于对照田,其他时期与对照田没有显著差异。夏播 Bt 玉米田中龟纹瓢虫的种群数量较对照田或高或低,但两者间无显著性差异。

2.3 对异色瓢虫种群动态的影响

从图 2 可以看出, Bt 玉米田异色瓢虫种群数量的变化趋势与对照基本相似。春播 Bt 玉米田中异色瓢虫在玉米各生育期的种群数量与对照田没有

明显差异。夏播 Bt 玉米田中异色瓢虫种群数量在 8 月 17 日和 9 月 27 日与对照田存在显著差异;8 月 17 日 Bt 玉米田异色瓢虫数量显著高于对照田, 而 9 月 27 日 Bt 玉米田异色瓢虫数量显著低于对照田。其他时间两者没有显著差异。

表 1 Bt 玉米和对照玉米田瓢虫科昆虫优势度比较

播种期 Planting period	品种 Maize cultivar	总个体数(头) Total number	优势度 Abundance (%)			
			龟纹瓢虫 <i>Propylaea japonica</i>	异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	七星瓢虫 <i>Coccinella septempunctata</i>	深点食螨瓢虫 <i>Stethorus punctillum</i>
春播玉米 Spring corn	MON810	821	80.8	18.0	0.71	0.40
	CK	796	80.6	18.1	0.83	0.40
夏播玉米 Summer corn	MON810	756	45.5	51.8	2.04	0.37
	CK	681	49.5	47.9	2.10	0.35

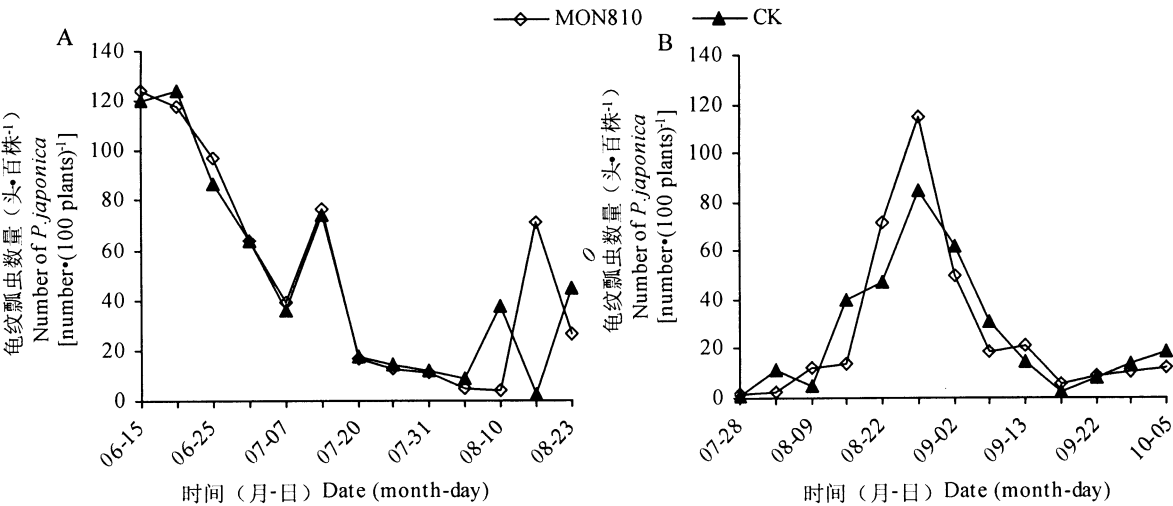


图 1 Bt 玉米田与对照田龟纹瓢虫种群消长动态

Fig.1 The seasonal dynamics of *P. japonica* in Bt maize MON810 and non-Bt maize fields at Langfang, Hebei Province, China
A: 春播玉米; B: 夏播玉米。A: Spring maize; B: Summer maize.

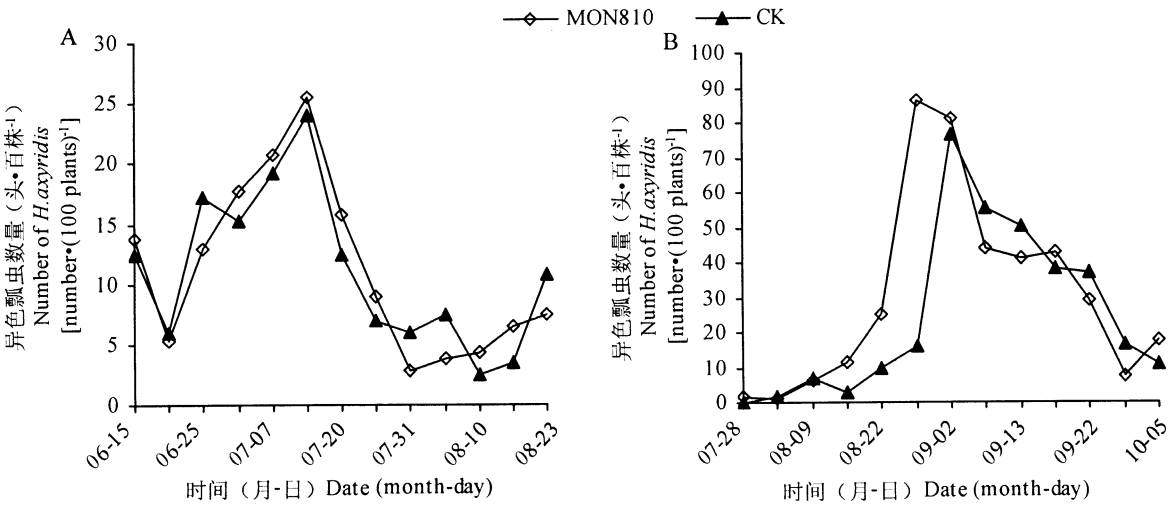


图 2 Bt 玉米田与对照田异色瓢虫种群消长动态

Fig.2 The seasonal dynamics of *H. axyridis* in Bt maize MON810 and non-Bt maize fields at Langfang, Hebei Province, China
A: 春播玉米; B: 夏播玉米。A: Spring maize; B: Summer maize.

3 讨论

已有研究表明,Bt 玉米对捕食性天敌的种群数量和捕食作用没有明显的副作用(Al-Deeb *et al.*, 2001; Dogan *et al.*, 1996; Orr, 1997; Ostlite *et al.*, 1997; Pilcher *et al.*, 1997)。玉米田中常见的 3 种捕食性天敌,斑鞘饰瓢虫 *Coleomegilla maculata* De-Geer,狡诈花蝽 *Orius insidiosus* Say 和草蛉 *Chrysoperla carnea* Stephens 幼虫直接取食 Bt 玉米花粉,不会影响其发育或存活(Pilcher *et al.*, 1997)。在实验室中给斑鞘饰瓢虫喂以不同浓度的表达 Cry3Bb 杀虫蛋白的 MON863 玉米的混合花粉,发现 MON863 花粉对斑鞘饰瓢虫的适度参数没有影响(Lundgren *et al.*, 2002)。取食在转 *cry1Ab* 基因玉米 MON810 和 Bt11 上繁殖的玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) 以及直接取食这 2 种 Bt 玉米的花粉对龟纹瓢虫的存活、生长、发育和繁殖没有明显的不利影响(李丽莉, 2004)。用转 *cry1Ah* 或 *cry1Ab* 基因玉米花粉饲喂异色瓢虫的结果表明,与对照相比,异色瓢虫各虫态发育历期没有显著差异,多数龄期体内的 α -乙酸萘酯酶、乙酰胆碱酯酶以及谷光甘肽-S-转移酶活性与对照组相比没有显著差异(崔蕾等, 2011a; 张永军等, 2005)。研究转 *cry1Ab* 基因玉米对深点食螨瓢虫适应度和消化的影响发现, Bt 玉米对其存活、成虫发育历期和繁殖以及消化功能没有显著的负面影响(Álvarez-Alfageme *et al.*, 2008)。进一步的研究表明,深点食螨瓢虫取食转 *cry1Ab* 基因玉米上的二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 后对其幼虫和成虫的存活率、发育历期和干重均没有不利影响(Li *et al.*, 2010)。室内研究表明, Cry1Ab 和 Cry3Bb 杀虫蛋白对二星瓢虫 *Adalia bipunctata* (L.) 幼虫的死亡率、体重和发育历期没有显著的负面影响(Álvarez-Alfageme *et al.*, 2011), 这与 Schmidt *et al.* (2009) 的研究结果有差异, 后者研究表明, 取食 Cry1Ab 和 Cry3Bb 杀虫蛋白的二星瓢虫幼虫和蛹的死亡率显著高于对照。转 *cry1Ah* 基因玉米花粉对龟纹瓢虫幼虫发育历期、成虫重量、蛹重、幼虫/成虫存活率和成虫的步速以及翻跃时间没有显著的负面影响(崔蕾等, 2011b)。

也有研究表明,基因抗虫作物对捕食性瓢虫有不利影响,在实验室条件下,给二星瓢虫成虫喂以取食过叶片中表达雪花莲凝集素(GNA)的转基因马铃薯的蚜虫 12 d 后,二星瓢虫的繁殖力、卵的存

活率和寿命明显下降;在给二星瓢虫改喂来自非转基因大豆上的豌豆蚜 *Acyrtosiphon pisum* Harris 后,负面影响消失了。这可能是因为抗蚜蛋白在蚜虫肠道组织中被吸收和积累,从而以较高的浓度有效地传送给瓢虫,也可能是因为取食 GNA 植物后蚜虫生长发育延缓或发育不良,从而导致自身营养价值降低,或者是前两者的联合作用(Birch *et al.*, 1999)。

本研究结果显示,转 *cry1Ab* 基因抗虫玉米田与对照田瓢虫科昆虫种类和优势种群组成相同。春播时 Bt 玉米田与对照田以龟纹瓢虫的优势度最高,仅在玉米生长后期 Bt 玉米田中的龟纹瓢虫数量显著高于对照田,其他时期没有显著差异。夏播时以龟纹瓢虫和异色瓢虫为主,仅在 8 月 17 日 Bt 玉米田中异色瓢虫数量显著高于对照田,在 9 月 27 日显著低于对照田,而其他时期 Bt 玉米田和对照田中异色瓢虫优势度以及田间种群动态没有显著差异。这可能由于以上 2 个时间点 Bt 玉米田和对照田中蚜虫数量不同,从而影响了瓢虫的数量。由此可以得出,转 *cry1Ab* 基因玉米(MON810)对玉米田重要的瓢虫科天敌的丰富度、优势度和种群动态没有不良影响。

本研究结果仅从田间种群数量上评价了转 *cry1Ab* 抗虫玉米对捕食性瓢虫的影响,并且只是短期的试验结果。有关转 Bt 基因抗虫玉米对瓢虫科天敌长期的潜在效应需要进一步深入的研究。

参考文献

- 崔金杰,夏敬源. 1998. 麦套夏播转 Bt 基因棉田主要害虫及其天敌的发生规律. 棉花学报, 10(5): 255–262.
- 崔金杰,夏敬源. 1999. 转 Bt 基因棉对天敌种群动态的影响. 棉花学报, 11(2): 84–91.
- 崔蕾,王振营,何康来,白树雄. 2011a. 转 *Bt-cry1Ah* 基因玉米花粉对龟纹瓢虫解毒酶和中肠蛋白酶活性的影响. 生物安全学报, 20(1): 64–68.
- 崔蕾,王振营,何康来,白树雄. 2011b. 转 *cry1Ah* 基因玉米花粉对龟纹瓢虫生长发育和成虫移动能力的影响. 中国生物防治学报, 27(4): 564–568.
- 李丽莉. 2004. 转 Bt 基因玉米对玉米蚜及其捕食性天敌龟纹瓢虫的影响. 杨凌: 西北农林科技大学.
- 王冬妍,王振营,何康来,丛斌,白树雄,文丽萍. 2004. Bt 玉米杀虫蛋白含量的时空表达及对亚洲玉米螟的杀虫效果. 中国农业科学, 37(8): 1155–1159.
- 张永军,孙毅,袁海滨,吴孔明,彭于发. 2005. 转 Bt-

- cry1Ab* 玉米花粉对异色瓢虫生长发育及体内三种代谢酶活性的影响. *昆虫学报*, 48(6): 898 – 902.
- Al-Deeb M A, Wiled G E and Higgins R A. 2001. No effect of *Bacillus thuringiensis* corn and *Bacillus thuringiensis* on the predator *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Environmental Entomology*, 30: 625 – 629.
- Álvarez-Alfageme F, Bigler F and Romeis J. 2011. Laboratory toxicity studies demonstrate no adverse effects of Cry1Ab and Cry3Bb1 to larvae of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae): the importance of study design. *Transgenic Research*, 20: 467 – 479.
- Álvarez-Alfageme F, Ferry N, Castañera P, Ortego F and Gatehouse A M R. 2008. Prey mediated effects of Bt maize on fitness and digestive physiology of the red spider mite predator *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae). *Transgenic Research*, 17: 943 – 954.
- Birch N E, Geoghegan I E, Majerus M E N, McNicol J W, Hackett C A, Gatehouse A M R and Gatehouse J A. 1999. Tri-trophic interactions involving pest aphids, predatory 2-spot ladybirds and transgenic potatoes expressing snowdrop lectin for aphid resistance. *Molecular Breeding*, 5: 75 – 83.
- Dogan E B, Berry R E, Reed G L and Rossignol P A. 1996. Biological parameters of convergent lady beetle (Coleoptera: coccinellidae) feeding on aphids (Homoptera: aphididae) on transgenic potato. *Journal of Economic Entomology*, 89: 1105 – 1108.
- He K L, Wang Z Y, Bai S X, Zheng L, Wang Y B and Cui H Y. 2006. Efficacy of transgenic Bt cotton for resistance to the Asian corn borer (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Protection*, 25: 167 – 173.
- James C. 2012. 2011 年全球生物技术/转基因作物商业化发展态势. *中国生物工程杂志*, 32(1): 1 – 14.
- Li Y and Romeis J. 2010. Bt maize expressing Cry3Bb1 does not harm the spider mite, *Tetranychus urticae*, or its ladybird beetle predator, *Stethorus punctillum*. *Biological Control*, 53: 337 – 344.
- Losey J E, Rayer L S and Carter M E. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 399: 214.
- Lundgren J G and Wiedenmann R N. 2002. Coleopteran-specific Cry3Bb toxin from transgenic corn pollen does not affect the fitness of a nontarget species, *Coleomegilla maculata* De-Geer (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology*, 31: 1213 – 1218.
- Lundgren J G, Huber A and Wiedenmann R N. 2005. Quantification of consumption of corn pollen by the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) during anthesis in an Illinois cornfield. *Agricultural and Forest Entomology*, 7: 53 – 60.
- Munkvold G P, Hellmich R L and Rice L G. 1999. Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. *Plant Disease*, 83: 130 – 138.
- Orr D B and Landis D A. 1997. Oviposition of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) and impact of natural enemy populations in transgenic versus isogenic corn. *Journal of Economic Entomology*, 90: 905 – 909.
- Ostlie K R, Hutchison W D and Hellmich R L. 1997. *Bt Corn and European Corn Borer, Long Term Success Through Resistance Management*. NCR-602, University of Minnesota, St. Paul, MN.
- Pilcher C D, Obrycki J J, Rice M E and Lewis L C. 1997. Preimaginal development, survival and field abundance of insect predators on transgenic *Bacillus thuringiensis* corn. *Environmental Entomology*, 26: 446 – 456.
- Schmidt J E U, Braun C U, Whitehouse L P and Hilbeck A. 2009. Effects of activated Bt transgene products (Cry1Ab, Cry3Bb) on immature stages of the ladybird *Adalia bipunctata* in laboratory ecotoxicity testing. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 56: 221 – 228.
- Shelton A M, Zhao J Z and Roush R T. 2002. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. *Annual Review of Entomology*, 47: 845 – 881.
- Wold S J, Burkness E C, Hutchinson W D and Venette R C. 2001. In-field monitoring of beneficial insect populations in transgenic corn expressing a *Bacillus thuringiensis* toxin. *Journal of Entomological Science*, 36: 177 – 187.

(责任编辑:彭露)