

# 转 *Cry1Ac/1Ab* 基因棉花对异色瓢虫生长发育及其捕食功能的影响

朱香镇<sup>1</sup>, 雒珺瑜<sup>1</sup>, 李笠坤<sup>1,2</sup>, 吴益东<sup>2</sup>, 李春花<sup>1</sup>, 崔金杰<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>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;

<sup>2</sup>南京农业大学植物保护学院/昆虫分子毒理学实验室, 江苏 南京 210095

**摘要:**【目的】为探究转 *Cry1Ac/1Ab* 基因棉花对异色瓢虫生长发育及其捕食功能的影响。【方法】以转 *Cry1Ac/1Ab* 基因棉与其亲本常规棉为实验材料, 利用取食不同棉花品种叶片的棉铃虫饲喂异色瓢虫幼虫。【结果】与常规亲本棉相比, 取食饲喂转基因棉花叶片的初孵棉铃虫幼虫的异色瓢虫幼虫从 1 龄发育至化蛹期时间延长 0.77 d, 但差异不显著; 除 1 龄幼虫体重增加 (0.0773 mg) 外, 其余各龄期幼虫体重均有所下降, 但差异均不显著; 异色瓢虫 1、2、3、4 龄幼虫对初孵棉铃虫捕食量均随棉铃虫密度的增加而增加, 捕食功能反应均符合 Holling II 圆盘方程。【结论】转 *Cry1Ac/1Ab* 基因棉花对异色瓢虫生长发育无显著影响, 饲喂取食转 *Cry1Ac/1Ab* 基因棉花的棉铃虫对异色瓢虫捕食功能无显著差异。

**关键词:** 转 *Cry1Ac/1Ab* 棉花; 异色瓢虫; 棉铃虫; 捕食功能反应

## Effects of transgenic *Cry1Ac/1Ab* cotton on the development and predation function of *Harmonia axyridis*

ZHU Xiangzhen<sup>1</sup>, LUO Junyu<sup>1</sup>, LI Likun<sup>1,2</sup>, WU Yidong<sup>2</sup>, LI Chunhua<sup>1</sup>, CUI Jinjie<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Cotton Research of CAAS/State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang, Henan 455000, China;

<sup>2</sup>College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University/Lab of Insect Molecular Toxicology, Nanjing, Jiangsu 210095, China

**Abstract:** 【Aim】 We evaluated the effect of transgenic *Cry1Ac/1Ab* cotton on the development and predation function of *Harmonia axyridis*. 【Method】 *H. axyridis* larvae were fed with *Helicoverpa armigera* that have been fed on either *Cry1Ac/1Ab* cotton (A26-5 variety) or its parental conventional cotton (J14 variety). 【Result】 Compared with the conventional parental cotton, the time from the first to the pupal stage larvae of the *H. axyridis* which were fed with the larvae of the *H. armigera* that had been fed on transgenic cotton leaves were prolonged by 0.77 days, but the difference was not significant. The body weights instar larvae did not significantly differ between both feeds. The 1st to 4th instar larvae of the *H. axyridis* had great predation ability with the increase of the density of *H. armigera*, predation function response consistent with the Holling II model. 【Conclusion】 The transgenic *Cry1Ac/1Ab* cotton had no significant effect on the growth and development of *H. axyridis*, and there was no significant difference in predation function between the two cotton varieties.

**Key words:** transgenic *Cry1Ac/1Ab* cotton; *Harmonia axyridis*; *Helicoverpa armigera*; predation function response

近 20 年来,随着转基因棉花在我国大规模的商业化种植,其转基因技术得到迅猛发展,越来越多的新型基因被导入棉花中,转基因棉花的种类也蜂拥出现(刘晨曦和吴孔明,2011),其中复合性状转基因棉花、转特殊基因棉花、转融合基因棉花等新型转基因棉花已成为商业化开发的一个重要趋

势。新型转基因棉花和传统转单价基因棉花一样,大规模的种植可能会对生态环境产生潜在的影响,因此,在商业化种植前对新型转基因棉花的环境安全性评价显得尤为重要。

环境安全性评价主要包括靶标昆虫对转基因棉花产生的抗性、转基因作物的杂草化趋势、基因

漂流、对有益昆虫和天敌生物以及生物多样性的影响等问题(钱迎倩等,2001;吴孔明,2007;Hails,2000)。异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas) 作为一种捕食性很强的天敌生物广泛存在于农田生态系统中(王甦等,2007),其捕食对象包括各种蚜虫、叶螨和介壳虫等同翅目昆虫以及鞘翅目、膜翅目、双翅目和鳞翅目昆虫的幼虫和蛹(Dixon,2000;Obrycki & Kring,1998)。捕食性天敌在维持田间生态平衡和复杂的生态链锁方面起着重要作用;而当转基因作物种植后,植物体内或组织上表达出异源蛋白或毒蛋白如花粉、花蜜、叶片等,被害虫取食后,影响害虫的生长发育和繁殖等,最终导致天敌生物猎物质量与数量改变(Harwood *et al.*,2005;Zwahlen & Andow,2005)。通过三级营养关系评估转基因作物对天敌生物生长发育影响以及对农田害虫的捕食和控制作用已在转基因水稻、玉米、棉花等作物上成为研究热点(Álvarez-Alfageme *et al.*,2009;Han *et al.*,2014;Romeis *et al.*,2004)。

丁瑞丰等(2016)以转 *Bt+CpTI* 基因抗虫棉花及其亲本为材料对棉花—棉蚜 *Aphis gossypii* Glover—普通草蛉 *Chrysoperla carnea* (Stephens) 三级营养关系进行研究,结果表明转基因棉花对普通草蛉捕食功能反应和搜寻效应没有显著的影响;施敏娟(2012)研究发现转 *Bt* 基因抗虫棉对中华草蛉 *Chrysoperla sinica* Tjeder 的生长发育和繁殖无不良影响,并且 ELISA 检验的结果显示,中华草蛉体内不含 *Bt* 毒蛋白,说明 *Bt* 毒蛋白不会经过棉蚜传至其天敌中华草蛉体内;对捕食性天敌草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum* 利用棉花—棉铃虫—草间小黑蛛三级营养关系的研究表明,转 *Cry1Ac + Cry2Ab* 基因棉花对草间小黑蛛体重及其体内外源蛋白含量的影响均不显著,并且对草间小黑蛛体内相关解毒酶和保护酶活性亦无显著影响(雒珺瑜等,2013);还有研究转 *Bt* 基因棉花对烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 天敌昆虫龟纹瓢虫 *Propylea japonica* (Thunberg) 影响时发现,龟纹瓢虫对烟粉虱的捕食功能符合 Holling II 型反应,并且转 *Bt* 基因棉花上的烟粉虱对龟纹瓢虫的发育历期和存活率没有明显的影响(周福才等,2013)。

本研究以转 *Cry1Ac/1Ab* 基因棉花为实验对象,以其常规亲本棉为对照,研究饲喂不同棉花的初孵棉铃虫对天敌生物异色瓢虫生长发育的影响,以及

不同龄期异色瓢虫对初孵棉铃虫的捕食功能,旨在探索我国转新型基因棉花的环境安全评价理论与方法,同时为我国转基因棉花对天敌生物安全性评价提供更多的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试棉花

转 *Cry1Ac/1Ab* 基因棉花品系(A26-5)和其亲本常规棉花品系(J14)由创世纪种业公司提供,种植在中国农业科学院棉花研究所东场实验田内,供试棉花叶片为直接在实验田块 A26-5 和 J14 采集的倒三叶。整个实验过程中田间未使用任何化学农药。

### 1.2 供试昆虫及饲养方法

异色瓢虫采集于非转基因棉田,在室内经人工饲养至产卵后,将瓢虫卵放在透明并带有透气孔的塑料盒内(直径 9 cm,高 10 cm),置于光照培养箱[温度(26±1)℃,湿度 60%~70%,L/D=14/10]待孵化;棉铃虫由中国农业科学院棉花研究所提供,在室内利用人工饲料饲养多代且未使用任何农药。

### 1.3 饲喂转基因棉花的棉铃虫对异色瓢虫生长发育及体重的影响

在第二代棉铃虫发生期(棉花生长的蕾期),采集不同棉花品种的上部倒三叶,饲喂初孵棉铃虫幼虫后备用。选择体型大小一致的棉铃虫幼虫用于异色瓢虫捕食功能实验,转基因棉花对棉铃虫幼虫的生长发育具有抑制作用,因此,幼虫饲喂转基因棉花 24 h,饲喂对照叶片 12 h。初孵异色瓢虫幼虫每 20 头为一组,瓢虫幼虫在 20 mm × 100 mm 小试管中单头饲养,重复 3 次。瓢虫用初孵棉铃虫饲喂,每天更换棉铃虫初孵幼虫;小试管内事先放入清洁纸条和保湿的棉球,每天更换一次。观察其生长发育,记录蜕皮情况,用 1/100000 的天平对蜕皮后的瓢虫称重,直到所有供试瓢虫产卵结束为止。

### 1.4 饲喂转基因棉花的棉铃虫对异色瓢虫捕食功能反应的影响

异色瓢虫的捕食功能反应以取食不同转基因棉花的棉铃虫初孵幼虫为猎物,并在室内统一饥饿 12 h 后进行实验;在 5 个塑料盒中分别放置 5、10、15、20、25 头棉铃虫初孵幼虫,然后分别放入 1 头异色瓢虫 1 龄幼虫,每个密度设置 5 个塑料盒为 1 次重复,实验共重复 3 次;透明塑料盒的直径为 9 cm,高为 10 cm,置于光照培养箱中培养。对于异色瓢虫 2、3 和 4 龄幼虫的捕食功能反应模型,实验步骤

同异色瓢虫 1 龄幼虫,只是设置的初孵棉铃虫的密度不同。对于异色瓢虫 2 龄幼虫,设置的 5 个棉铃虫初孵幼虫密度分别为 10、20、30、40 和 50 头;对于异色瓢虫 3 龄幼虫,设置的 5 个棉铃虫初孵幼虫密度分别为 15、30、45、60 和 75 头;对于异色瓢虫 4 龄幼虫,设置的 5 个棉铃虫初孵幼虫密度分别为 30、45、60、75 和 90 头。24 h 后记录取食棉铃虫幼虫个数,并建立捕食功能反应模型——Holling II 型反应模型。功能反应圆盘方程为:  $1/Na = 1/(aT) \times 1/N + T_h/T$ 。式中:  $Na$  为被捕食的猎物数量;  $N$  为猎物密度;  $a$  为瞬时攻击率;  $T$  为实验持续时间(1 d);  $T_h$  为处置 1 头猎物时间。

### 1.5 数据分析方法

所有数据运用 SPSS 12.0 软件进行统计分析,采用单因素方差分析(One-way analysis, ANOVA)和 Duncan's 差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 转基因棉花对异色瓢虫生长发育及体重的影响

2.1.1 转基因棉花对异色瓢虫幼虫发育历期的影响 如表 1 所示,与常规亲本棉相比,取食饲喂转基因棉花叶片的初孵棉铃虫幼虫的异色瓢虫幼虫发育至 2 龄时间缩短 0.33 d,差异不显著( $P>0.05$ ),但发育至 3、4 龄、蛹期时间均被延长,分别延长 0.30、0.57、0.23 d,差异均不显著( $P>0.05$ );异色瓢虫幼虫从 1 龄发育至化蛹期时间延长 0.77 d,但差异不显著( $P>0.05$ )。

2.1.2 转基因棉花对异色瓢虫幼虫体重的影响 如表 2 所示,与常规亲本棉相比,取食饲喂转基因棉花叶片的初孵棉铃虫的异色瓢虫幼虫,除 1 龄幼虫体重增加 0.0773 mg 外,其余各龄期幼虫体重均有所下降,但差异均不显著( $P>0.05$ )。

表 1 不同棉花品种对异色瓢虫幼虫发育历期的影响

Table 1 Response of developmental duration of *H.axyridis* larvae to the varieties of cotton

棉花品种 Cotton variety	发育时间 Development time/d				
	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	蛹期 Pupa	2 龄-成虫 2nd instar-adult
A26-5	3.00±0.84	3.58±0.66	4.82±0.75	6.83±0.40	18.23±0.69
J14	3.33±0.97	3.28±0.72	4.25±0.45	6.60±0.54	17.46±0.64

表 2 不同棉花品种对不同龄期异色瓢虫幼虫体重的影响

Table 1 Body weight of *H.axyridis* larvae fed with the two cotton varieties

棉花品种 Cotton variety	体重 Weight/mg			
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar
A26-5	0.5653±0.0293	0.9400±0.0612	2.589±0.1314	6.3882±0.3343
J14	0.4880±0.0309	1.0680±0.0612	2.788±0.1649	6.5540±0.4086

### 2.2 转基因棉花对异色瓢虫捕食功能反应的影响

异色瓢虫 1、2、3、4 龄幼虫对初孵棉铃虫捕食量均随棉铃虫密度的增加而增加,当棉铃虫密度达到一定限度后不再增加(图 1)。各龄期异色瓢虫幼虫对饲喂不同棉花品种的初孵棉铃虫捕食功能均符合 Holling II 型反应。通过捕食功能反应模型拟合实验数据(表 3),不同龄期的异色瓢虫幼虫对初孵棉铃虫的功能反应相关系数均高于 0.9284,达显著相关水平,说明实验得到的数据模型能反应不同龄期异色瓢虫在不同棉铃虫密度下的捕食规律。随着异色瓢虫龄期的增长,其对饲喂 2 种棉花的棉铃虫瞬间攻击率加快,即异色瓢虫 1 龄时对饲喂 A26-5 和 J14 棉花的棉铃虫攻击率分别为 0.8818 和 0.8173,而至 4 龄时瞬间攻击率达到 0.9521 和

0.9992;随着异色瓢虫龄期的增长,其对棉铃虫的处理时间逐渐缩短,即异色瓢虫取食饲喂 A26-5 和 J14 棉花的棉铃虫的处理时间从 1 龄的 0.0161 和 0.0172 h 减少到 4 龄的 0.0026 和 0.0043 h,但异色瓢虫对饲喂 2 种棉花的棉铃虫的瞬间攻击率和处理时间差异均不显著( $P>0.05$ )。

## 3 讨论

转基因作物的出现,一方面使农业生产成本大幅度降低并且有效地提升了品质和产量,另一方面却给生态环境安全带来不确定性和不稳定性。研究表明,转基因作物对生态环境安全的影响最为重要的是其对非靶标生物的影响(Conner *et al.*, 2003; Paul, 2002)。实验结果表明,与常规亲本棉相比,转 *Cry1Ac/1Ab* 基因棉对异色瓢虫生长发育历期无

显著影响,取食饲喂转基因棉花叶片的初孵棉铃虫的异色瓢虫幼虫,除 1 龄幼虫体重增加外,其余各龄期幼虫体重均有所下降,但差异均不显著,与雒珺瑜等(2013)、Han *et al.* (2014)、Zhu *et al.* (2006)

的研究结果一致。本实验是捕食性天敌通过三级营养间接取食转基因作物,因此直接或间接取食转基因作物是否增加或减轻捕食性天敌的体重还需进一步研究(Sayyed *et al.*, 2003)。

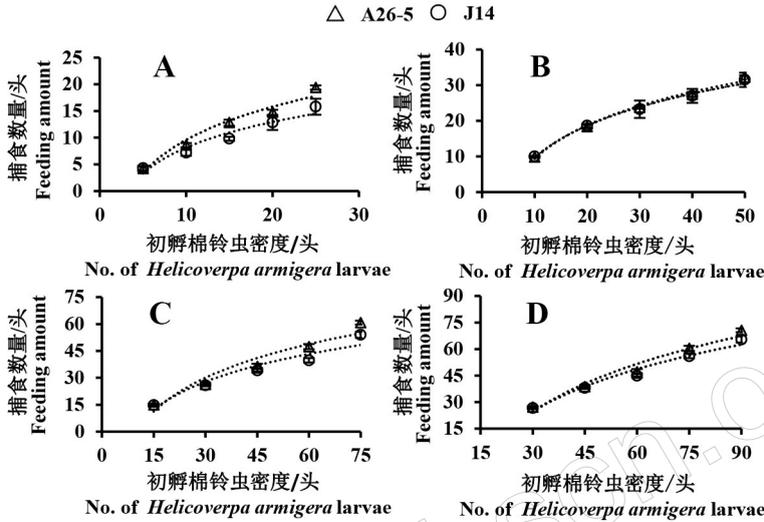


图 1 不同龄期异色瓢虫对饲喂不同棉花初孵棉铃虫的捕食功能反应曲线

Fig.1 The response curves of *H.axyridis* larvae preying on bollworms feeding in different cotton varieties

A: 异色瓢虫 1 龄幼虫; B: 异色瓢虫 2 龄幼虫; C: 异色瓢虫 3 龄幼虫; D: 异色瓢虫 4 龄幼虫。

A: 1st instar *H.axyridis* larva; B: 2nd instar *H.axyridis* larva; C: 3rd instar *H.axyridis* larva; D: 4th instar *H.axyridis* larva.

表 3 不同龄期异色瓢虫对饲喂不同棉花初孵棉铃虫的捕食功能反应方程及参数

Table 3 Equation of predator functional response of *H.axyridis* larvae to bollworms feeding the two cotton varieties

龄期 Stages	棉花品种 Cotton variety	瞬时攻击率( <i>a</i> ) Instantaneous attack rate	处理时间( <i>T<sub>h</sub></i> ) Handling time/s	功能方程 Function equation	<i>R</i> <sup>2</sup>
1 龄 1st instar	A26-5	0.8818±0.0761	0.0161±0.0025	$N_a = 0.8818N / (1 + 0.1446N)$	0.9594
	J14	0.8173±0.0969	0.0172±0.0047	$N_a = 0.8173N / (1 + 0.0156N)$	0.9420
2 龄 2nd instar	A26-5	1.1580±0.0256	0.0136±0.0004	$N_a = 1.1580N / (1 + 0.2223N)$	0.9928
	J14	1.2069±0.0161	0.0152±0.0007	$N_a = 1.2069N / (1 + 0.2122N)$	0.9931
3 龄 3rd instar	A26-5	1.0058±0.0245	0.0039±0.0007	$N_a = 1.0058N / (1 + 0.0040N)$	0.9324
	J14	1.0361±0.0239	0.0069±0.0012	$N_a = 1.0361N / (1 + 0.0072N)$	0.9284
4 龄 4th instar	A26-5	0.9521±0.0237	0.0026±0.0004	$N_a = 0.9521N / (1 + 0.0025N)$	0.9670
	J14	0.9992±0.0525	0.0043±0.0010	$N_a = 0.9992N / (1 + 0.0045N)$	0.9716

摄取转基因产物的生物可能将未改变的转基因产物从植物传递给捕食者,而且生物能够通过自身的代谢潜在改变其生物化学活性并对捕食者产生某些不利的影响(Andow & Hilbeck, 2004),其中包括对捕食性天敌捕食能力及功能反应的影响。功能反应(functional response)是捕食者对猎物的捕食效应,指环境中猎物密度的变化使猎物捕食率发生改变的一种反应,可用于鉴别捕食者对猎物的选择性以及生物防治中对敌害控制作用和转基因环境安全性评价的指标(Fernandez-arhex & Corley, 2003; Murdoch *et al.*, 2003)。谢修庆等(2012)利用转 *Bt* 基因棉花、转 *Bt+CpTI* 基因棉花、常规棉

为材料,研究了取食不同棉花品种的棉蚜对龟纹瓢虫 1~4 龄幼虫功能反应的影响,结果表明龟纹瓢虫对不同品种棉花上棉蚜的捕食量随猎物密度的增加而增大,均符合 Holling II 圆盘方程,但对来自转基因棉田蚜虫的捕食量大多高于常规棉田,表明龟纹瓢虫对 *Bt* 棉上的棉蚜并不存在排斥性。中华草蛉对取食转基因棉的甜菜夜蛾的捕食功能反应研究结果表明,与常规棉相比,中华草蛉对用转基因棉处理的甜菜夜蛾的捕食量和捕食效率均高于对照,但其捕食功能反应均符合 Holling II 型(施敏娟等,2011)。

本研究表明,各龄期异色瓢虫幼虫对饲喂不同

棉花初孵棉铃虫捕食功能反应均符合 Holling II 圆盘方程, 与常规棉相比, 饲喂取食转 *Cry1Ac/1Ab* 基因棉花棉铃虫对异色瓢虫捕食功能无显著差异。但本研究是在室内条件下进行的, 由于棉田自然环境因素复杂, 害虫种类繁多, 温度、湿度、光周期等多种因子在天敌捕食害虫过程起到某些干扰作用。因此, 需进一步在棉田环境条件下研究异色瓢虫对棉铃虫的捕食能力; 同时, 转基因棉对其他天敌的影响还应进一步研究与完善。

### 参考文献

- 丁瑞丰, 李号宾, 潘洪生, 阿克旦·吾外士, 李海强, 王冬梅, 刘建, 2016. 转 *Bt+CpTI* 基因棉花对普通草蛉幼虫捕食功能反应和搜寻效应的影响. *中国生物防治学报*, 32(5): 575-580.
- 刘晨曦, 吴孔明, 2011. 转基因棉花的研发现状与发展策略. *植物保护*, 37(6): 11-17.
- 雒珺瑜, 崔金杰, 张帅, 辛惠江, 王春义, 2013. 转基因棉花对草间小黑蛛生长发育及其相关酶活性的影响. *植物保护学报*, 40(1): 10-14.
- 钱迎倩, 魏伟, 桑卫国, 马克平, 2001. 转基因作物对生物多样性的影响. *生态学报*, 21(3): 337-343.
- 施敏娟, 2012. 取食转基因棉的棉蚜对中华草蛉的影响及 Bt 毒蛋白在三级营养链中的传递. 博士学位论文. 扬州: 扬州大学.
- 施敏娟, 谢修庆, 蒋晴, 杨益众, 2011. 取食转基因棉的甜菜夜蛾对草蛉生命参数与功能反应的影响. *环境昆虫学报*, 33(4): 482-487.
- 王甦, 张润志, 张帆, 2007. 异色瓢虫生物生态学研究进展. *应用生态学报*, 18(9): 2117-2126.
- 吴孔明, 2007. 我国 Bt 棉花商业化的环境影响与风险管理策略. *农业生物技术学报*, 15(1): 1-4.
- 谢修庆, 陆佩玲, 胡蒙蒙, 苏宏华, 杨益众, 2012. 取食不同品种棉花的棉蚜对龟纹瓢虫功能反应的影响. *应用昆虫学报*, 49(4): 911-916.
- 周福才, 顾爱祥, 杨益众, 周桂生, 胡其靖, 任佳, 2013. 转 Bt 基因棉花对烟粉虱天敌昆虫龟纹瓢虫的影响. *生态学报*, 33(20): 6455-6461.
- ÁLVAREZ-ALFAGEME F, ORTEGO F, CASTANERA P, 2009. Bt maize fed-prey mediated effect on fitness and digestive physiology of the ground predator *Poecilus cupreus* L. (Coleoptera: Carabidae). *Journal of Insect Physiology*, 55(2): 144-150.
- ANDOW D A, HILBECK A, 2004. Science-based risk assessment for nontarget effects of transgenic crops. *BioScience*, 54(7): 637-649.
- CONNER A J, GLARE T R, NAP J P, 2003. The release of genetically modified crops into environment. Part II. Over of ecological risk assessment. *The Plant Journal*, 33(1): 19-46.
- DIXON A F G, 2000. Insect predator-prey dynamics: ladybird beetles and biological control. *Quarterly Review of Biology*, 82(3): 244.
- FERNANDEZ-ARHEX V, CORLEY J C, 2003. The functional response of parasitoids and its implications for biological control. *Biocontrol Science and Technology*, 13(4): 403-413.
- HAILS R S, 2000. Genetically modified plants-the debate continues. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(1): 14-18.
- HAN Y, MENG J R, CHEN J, CAI W L, WANG Y, ZHAO J, HE Y P, FENG Y N, HUA H X, 2014. Bt rice expressing *Cry2Aa* does not harm *Cyrtorhinus lividipennis*, a main predator of the nontarget herbivore *Nilaparvata lugens*. *PLoS ONE*, 9(11): e112315.
- HARWOOD J D, WALLIN W G, OBRYCKI J J, 2005. Uptake of Bt endotoxins by nontarget herbivores and higher order arthropod predators: molecular evidence from a transgenic corn agroecosystem. *Molecular Ecology*, 14(9): 2815-2823.
- MURDOCH W W, BRIGGS C J, NISBET R M, 2003. *Consumer-resource dynamics*. Princeton: Princeton University Press.
- OBRYCKI J J, KRING T J, 1998. Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology*, 43(1): 295-321.
- PAUL A, 2002. Potential for the environmental impact of transgenic crops. *Nature Biotechnology*, 20(6): 567-574.
- ROMEIS J, DUTTON A, BIGLER F, 2004. *Bacillus thuringiensis* toxin (*Cry1Ab*) has no direct effect on larvae of the green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Insect Physiology*, 50(2/3): 175-183.
- SAYYED A H, CERDA H, WRIGHT D J, 2003. Could Bt transgenic crops have nutritionally favourable effects on resistant insects? *Ecology Letters*, 6(3): 167-169.
- ZHU S R, SU J W, LIU X H, DU L, YARDIM E N, GE F, 2006. Development and reproduction of *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae) raised on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) fed transgenic cotton. *Zoological Studies*, 45(1): 98-103.
- ZWAHLEN C, ANDOW D A, 2005. Field evidence for the exposure of ground beetles to *Cry1Ab* from transgenic corn. *Environmental Biosafety Research*, 4(2): 113-117.