取食转 Bt+CpTI 基因棉花的棉蚜对普通草蛉生长发育及繁殖力的影响*

丁瑞丰[1] 麦麦提·亚生[1,2] 杨寒丽[3] 刘 建[1] 王冬梅[1]
阿克旦·吾外士[1**] 李号宾[1] 李海强[1] 汪 飞[1]

(1. 新疆农业科学院植物保护研究所，农业部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室，农业部库尔勒作物有害生物综合治理野外科学试验站，乌鲁木齐 830091；2.阿克苏地区荒漠节水生态农业试验推广站，阿克苏 843000；
3. 巴州农业技术推广中心，巴州 841000)

摘 要 **【目的】** 研究取食转 Bt+CpTI 基因棉花的棉蚜 *Aphis gossypi*i Glover 对普通草蛉 *Chrysopa carnea* Stephens 生长发育及繁殖力的影响，为转 Bt 基因抗虫棉花的推广和应用提供理论支持。**【方法】** 普通草蛉取食转 Bt+CpTI 棉花 SKG321 和对照品种石远 321 棉花上的棉蚜后，对普通草蛉生长发育情况进行研究，并对其幼虫、蛹的存活率和成虫的羽化率及产卵量进行分析。**【结果】** 取食转 Bt+CpTI 棉花上的棉蚜对普通草蛉的各龄幼虫发育历期、蛹期和产卵前期无不利影响；处理与对照间各龄幼虫存活率、蛹的存活率和成虫羽化率之间没有显著差异；取食转 Bt+CpTI 棉花上棉蚜的普通草蛉单雌日产卵量与对照相比没有减少，而 25 d 内的单雌总产卵量与对照相比差异亦不显著。**【结论】** 取食转 Bt+CpTI 棉花上的棉蚜对普通草蛉的生长发育及繁殖力无负面影响。

关键词 转 Bt+CpTI 棉花，普通草蛉，棉蚜，生长发育，繁殖力

Development and fecundity of *Chrysopa carnea* reared on *Aphis gossypii* on transgenic Bt+CpTI cotton

DING Rui-Feng[1] Maimaiti • Yasheng[1,2] YANG Han-Li[3] LIU Jian[1] WANG Dong-Mei[1]
Akedan • Wuwaishi[1**] LI Hao-Bin[1] LI Hai-Qiang[1] WANG Fei[1]

(1. Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crop in Northwestern Oasis, Ministry of Agriculture, Scientific Observing Experimental Station of Crop Pest in Korla, Ministry of Agiculture, Urumqi 830091, China; 2. Akesu Agricultural Experiment Extension Station for Desert Water-saving Irrigation, Akesu 843000, China; 3. The Center of Agricultural Technologies Extension in Bazhou, Korlar 841000, China)

Abstract **[Objectives]** The development and fecundity of *Chrysopa carnea* Stephens reared on *Aphis gossypi*i Glover on transgenic Bt+CpTI cotton and its parent cotton variety were studied in order to provide theoretical support for the use of transgenic Bt cotton. **[Methods]** The development, larval and pupal survival rates, eclosion rate and adult fecundity of *Chrysopa carnea* Stephens feeding on *Aphis gossypi*i Glover were investigated were on both transgenic Bt+CpTI cotton and the parental cotton variety. **[Results]** The results show that there was no significant difference in the development duration of larvae, pupal duration and preoviposition period, and fecundity per day and total fecundity per adult during 25 days after eclosion between the different treatments. **[Conclusion]** Transgenic Bt+CpTI cotton had no negative effects on the development and fecundity of *Chrysopa carnea* Stephens.

Key words transgenic Bt+CpTI cotton, *Chrysopa carnea*, *Aphis gossypii*, development, fecundity

* 资助项目：农业部转基因生物新品种培育重大专项（2013ZX08012004）和新疆维吾尔自治区科技厅国际科技合作项目（20116006）
**通讯作者，E-mail: ahtamu@163.com
收稿日期：2013-10-11，接受日期：2013-11-27

近年来，转基因作物在世界范围内的种植面积不断扩大，截止 2012 年，全球转基因作物的种植面积已达 1.7 亿 hm^2(James, 2013)。转 Bt 基因抗虫棉花对棉田靶标害虫棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)具有特异杀虫活性，能够在减少棉田化学农药的使用量的同时，节约劳动力，使农业生产成本降低，目前已成为世界上种植面积最大、分布范围最广的转基因农作物之一(James, 2004)。转 Bt 基因抗虫棉花在有效控制了棉铃虫对棉花为害的同时，还通过压低区域性的棉铃虫种群而减轻了棉铃虫在玉米、大豆、花生和蔬菜等作物上的发生和危害(Wu *et al*., 2008），展现出良好的生态效益和应用前景。

转 Bt 基因抗虫棉花对农业生态系统中非靶标生物的影响是生态风险评价的重要内容之一，陆宴辉（2012）的研究表明，随着化学杀虫剂使用量的减少，导致一些非靶标害虫的发生危害，在给害虫综合防治工作带来机遇的同时，也带来了新的挑战。Wu 和 Guo（2003）和 Lu 等（2010）的研究表明，转 Bt 基因抗虫棉花的种植虽然降低了棉铃虫的发生和为害，但并没有降低棉田棉蚜 *Aphis gossypi*i（Glover）等一些刺吸式口器害虫的数量。Bt 棉由于无法控制刺吸式口器害虫，通常情况下棉田刺吸式口器害虫的密度均高于常规化学防治棉田（周洪旭等，2003；Abro *et al*.，2004）。但也有研究表明，转基因抗虫棉田的害虫和天敌种类数量都明显多于常规施药棉田，能够显著提高棉田中后期生态系统节肢动物的群落多样性，从而能够保护棉田的生物多样性和棉田生态系统有害生物的管理（李文东等，2003；郦卫弟等，2003；吴孔明，2007）。因此，转 Bt 基因抗虫棉花对棉田非靶标生物的影响需要从植物、害虫和天敌之间的三级营养关系入手（Giles *et al*., 2000; Özder and Sağlam, 2003），综合评价转 Bt 基因棉花对棉田非靶标昆虫的影响。

新疆作为我国最大的商品棉生产基地，新疆棉花生产在我国棉花产业中占有举足轻重的地位。新疆植棉面积、总产和单产已连续 15 年位居全国首位，与长江、黄河流域棉区并称我国三大棉区（李雪源等, 2009），2012 年新疆棉花种植面积已增长为 172.08 万 hm^2 (新疆统计年鉴，2013)。新疆棉区由于其特殊的地理位置和气候环境，实施与内陆棉区不同的“矮、密、早、膜”栽培模式，棉田昆虫种类与内陆棉区亦有差别。国内学者针对新疆棉田在转 Bt 基因棉花 Bt 毒蛋白表达、棉铃虫的抗虫效果和生物学影响方面进行了相关研究（李号宾等，2006；徐遥等，2008；王冬梅等，2011，2012；丁瑞丰等，2012），并从节肢动物群落和种群的角度对转 Bt 基因抗虫棉田非靶标害虫和自然天敌的发生情况进行了探讨（李号宾等，2007a，2007b，2007c，2008；徐遥等，2012），取得了可观的研究成果，但对于新疆棉田的捕食性天敌普通草蛉 *Chrysopa carnea* Stephens 的研究较少。

本研究通过对新疆棉田的天敌普通草蛉取食转 Bt+CpTI 基因抗虫棉花上的棉蚜，对普通草蛉的生长发育和繁殖力进行研究，探索转 Bt+CpTI 基因抗虫棉花对新疆棉田自然天敌普通草蛉的影响，以期为新疆转 Bt 基因抗虫棉花的推广和应用提供理论和基础。

1　材料与方法

1.1　材　料

棉花品种：供试棉花品种为转 Cry1A+CpTI 基因抗虫棉花 SGK321，对照为其受体品种石远 321，2 个棉花品种均由中国农业科学院棉花研究所提供。棉花种植于新疆农业科学院植物保护所库尔勒试验基地（85°48′N，41°44′S），棉田肥力中等，采用地膜栽培，播种时间为 2013 年 4 月 10 日，每品种种植面积为 1 000 m^2，种植密度为 19.5 万株/hm^2。棉花生长过程中不使用任何化学农药进行防治，其它为常规管理。

供试昆虫：普通草蛉于 2012 年秋季采自新疆库尔勒市包头湖农场棉田，室内用麦蛾 *Sitotroga cerealella* Olivier 和人工饲料（包建中和古德祥，1998）对普通草蛉的幼虫和成虫进行饲养繁殖 1 代后，置于（7±2）℃的环境中冷藏

5 个月，2013 年继续扩繁 2 代后用于试验。试验所用棉蚜分别在供试棉花品种上收集，试验时将带有棉蚜的棉叶一并摘下，带回室内对普通草蛉进行饲喂。

1.2 试验方法

普通草蛉开始孵化成 1 龄幼虫时，将单头幼虫置于直径 90 mm，高 15 mm 的一次性塑料培养皿中，同时放入带有足量棉蚜的棉叶供其取食，每 2 d 更换 1 次带有棉蚜的棉叶，以保证普通草蛉有充足的食物。本试验所用的普通草蛉取食两个棉花品种上的棉蚜各重复 3 次，每个重复选用 60~70 头普通草蛉，每 12 h 记录各处理的普通草蛉龄期，死亡数量等。待取食各处理的普通草蛉羽化后，对其进行雌雄两两配对，用 15% 的蜜糖水进行饲喂，统计单雌日产卵量。试验在温度 25℃±1℃，相对湿度 80%±5%，光照 16L∶8D 下进行。

1.3 统计分析

对普通草蛉每龄期的幼虫存活率、化蛹率、羽化率、发育历期、蛹期、产卵前期和单雌日产卵量等进行统计，采用 SPSS19.0 软件的单因素（ANOVA）LSD 方法比较分析各处理间试验数据的差异显著性，幼虫存活率、化蛹率和羽化率等数值先转换为反正弦函数再进行方差分析，幼虫发育历期、蛹期、产卵前期和单雌产卵量等先转换为平方根数值后再进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 对生长发育的影响

如表 1 所示，取食石远 321 和取食 SGK321 棉花上棉蚜的普通草蛉在 1 龄、2 龄、3 龄幼虫的发育历期以及蛹期、雌虫产卵前期上并无显著性差异（1 龄幼虫历期：F=2.950，df=1,4，P=0.161；2 龄幼虫历期：F=0.193，df=1,4，P=0.683；3 龄幼虫历期：F=2.046，df=1,4，P=0.226；蛹期：F=0.592，df=1,4，P=0.485；雌虫产卵前期：F=0.038，df=1,4，P=0.855）。

2.2 对存活率的影响

如表 2 所示，分别取食石远 321 和 SGK321 棉花上棉蚜后，普通草蛉的 1 龄、2 龄、3 龄幼虫的存活率、化蛹率和羽化率之间无显著差异（1 龄幼虫存活率：F=0.132，df=1,4，P=0.735；2 龄幼虫存活率：F=0.34，df=1,4，P=0.863；3 龄幼虫存活率：F=0.136，df=1,4，P=0.731；化蛹率：F=0.019，df=1,4，P=0.898；羽化率：F=0.101，df=1,4，P=0.767）。

2.3 对产卵的影响

由表 3 所示，取食 2 个棉花品种上棉蚜的普通草蛉的单雌日产卵量均在开始产卵后第 5 日时达到高峰期，普通草蛉取食石远 321 棉花上的棉蚜后最高单雌日产卵量为 32.2 头/雌虫，取食 SGK321 棉花上棉蚜的普通草蛉最高单雌日产卵

表 1 取食石远 321 和 SGK321 棉花上的棉蚜对普通草蛉发育历期的影响（h）

Table 1 The development duration (h) of *Chrysopa carnea* reared on *Aphis gosspii* on SY-321 and SGK-321 cotton

棉花品种 Cotton cultivar	1 龄幼虫 Duration of 1st instar larva	2 龄幼虫 Duration of 2nd instar larva	3 龄幼虫 Duration of 3rd instar larva	蛹期 Pupal period	产卵前期 Preoviposition period
石远 321 SY-321	58.8±3.61a	71.1±2.10a	107.7±1.81a	154.7±3.24a	95.7±10.68a
SGK321 SGK-321	52.0±1.67a	72.3±1.75a	104.8±1.65a	152.0±1.22a	92.8±9.86a

注：表中数据为 3 次重复的平均值±标准误。同列小写字母不相同表示同列数据之间差异显著（P≦0.05）。下表同。

Data in this table are mean ± SE of 3 replications. The data with different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

表 2　普通草蛉取食石远 321 和 SGK321 棉花上的棉蚜后的存活率、化蛹率及羽化率（%）

Table 2　The survival, pupation and eclosion rates (%) of *Chrysopa carnea* reared on *Aphis gosspii* on SY-321 and SGK-321 cotton

棉花品种 Cotton cultivar	1 龄幼虫存活率 Survival rates of 1st instar larvae	2 龄幼虫存活率 Survival rates of 2nd instar larvae	3 龄幼虫存活率 Survival rates of 3rd instar larvae	化蛹率 Pupation rates	羽化率 Eclosion rates
石远 321 SY-321	84.4±3.43a	92.4±2.49a	90.1±0.71a	91.0±1.34a	65.3±3.79a
SGK321 SGK-321	85.7±1.24a	93.0±2.23a	91.0±2.32a	91.3±2.08a	63.4±4.35a

表 3　普通草蛉取食石远 321 和 SGK321 棉花上的棉蚜后单雌日产卵量

Table 3　The fecundity per female *Chrysopa carnea* reared on *Aphis gosspii* on SY-321 and SGK-321 cotton

产卵天数(d) Fecundity periods	石远 321 SY-321	SGK321 SGK-321	统计值 Statistical values		
			df	*F*	*P*
1	17.5±1.19a	14.8±1.24a	1，58	2.481	0.121
2	16.3±1.44a	20.3±2.11a	1，52	2.437	0.125
3	20.5±1.74b	32.2±2.61a	1，47	13.594	0.001
4	27.3±2.47a	34.2±3.06a	1，45	3.130	0.084
5	32.2±3.37a	38.3±2.76a	1，41	1.917	0.174
6	29.8±2.72a	25.8±4.02a	1，38	0.679	0.415
7	24.8±2.27a	18.7±4.38a	1，38	1.528	0.224
8	14.7±2.54b	22.0±1.73a	1，36	5.660	0.023
9	18.5±2.69a	17.2±1.61a	1，35	0.169	0.684
10	17.5±4.30a	15.3±2.50a	1，35	0.207	0.652
11	12.8±1.72a	12.0±1.89a	1，34	0.107	0.746
12	15.2±2.16a	19.2±2.72a	1，34	1.366	0.251
13	12.2±2.36b	26.3±3.24a	1，34	12.359	0.001
14	12.5±3.77a	23.2±4.20a	1，33	3.629	0.066
15	9.8±3.03a	18.3±3.89a	1，33	3.021	0.092
16	9.3±2.10a	15.0±3.08a	1，30	2.185	0.150
17	8.7±2.44a	15.0±5.38a	1，29	1.099	0.303
18	8.0±2.21a	10.3±1.92a	1，28	0.597	0.446
19	4.0±1.80a	8.2±2.11a	1，28	2.216	0.148
20	5.5±2.05a	8.5±2.35a	1，28	0.901	0.351
21	5.2±1.26a	6.3±1.55a	1，28	0.291	0.594
22	3.2±1.58a	5.2±2.04a	1，28	0.560	0.460
23	3.2±0.71a	4.3±1.03a	1，27	0.691	0.413
24	3.0±0.64a	2.7±0.71a	1，27	0.077	0.784
25	1.7±0.46a	2.3±0.87a	1，27	0.382	0.542
合计 Total	333.4±24. 89 a	415.4±25.53a	1，58	1.424	0.238

量为 38.3 头/雌虫，之后取食 2 种棉花上棉蚜的普通草蛉单雌日产卵量均呈下降过程。但取食 SGK321 棉花上棉蚜的普通草蛉在产卵第 13 日时单雌日产卵量略有回升，为 26.3 头/雌虫。方差分析结果显示，普通草蛉在取食 SGK321 棉花上的棉蚜后，其单雌日产卵量在产卵的第 3、8 和 13 日时显著高于对照，其余时间处理与对照间的单雌日产卵量差异并不显著。对处理和对照间在 25 d 内的单雌日产卵总量进行方差分析后，结果表明其差异亦未达显著水平。

3 结论与讨论

国外有研究表明，转基因作物带来的环境影响主要体现在其对非靶标生物的影响上（Dale *et al.*, 2002; Conner *et al.*, 2003），而转 Bt 基因抗虫作物通过不同的植食性昆虫对其天敌的影响也不尽相同。Rice 和 Wilde（1989）和 Power（1992）的研究表明，由于转 Bt 基因抗虫作物体内所含有的毒素被植食性昆虫摄取后，可能会导致其捕食性天敌生长发育时间和死亡率的增加。Hilbeck 等（1998）和 Dutton 等（2002）的研究也表明取食 Bt 玉米饲喂的欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilals*（Hübner）和海灰翅夜蛾 *Spodoptera littoralis*（Boisduval）的死亡率有所增加。

但国内外更多的研究结果证明转 Bt 基因作物对捕食天敌并未造成不利影响。郭建英等（2005）、施敏娟等（2012）的研究表明，中华草蛉 *Chrysopa sinica* Tjeder 和丽草蛉 *Chrysopa formosa* Brauer 取食双价基因棉和单价基因棉花上的棉蚜对其生长发育和繁殖并无不利影响。Romeis 等（2006）的研究也表明，由于棉田的鳞翅目幼虫并不是草蛉的重要猎物， Bt 毒素对草蛉幼虫没有直接毒性，所以认为 Bt 毒素对草蛉幼虫的风险是很低的。Gao 等（2013）的研究表明，中华草蛉取食 Bt 棉花国抗 12 上的棉蚜后，对其存活率和发育历期并没有负面影响。并指出这可能是由于转 Bt 基因抗虫棉花所含的 Bt 毒素对棉蚜和其天敌而言并没有毒性，也可能是因为 Bt 蛋白被棉蚜取食经消化后的含量太低而对老熟中华草蛉幼虫并无影响的原因。Lozzia 等（1998）等的研究结果也表明，用取食转 Bt 基因玉米的稠李缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* Linnaeus 饲喂普通草蛉后，对普通草蛉幼虫的生长发育、存活率并无不利影响。

本文的研究结果表明，取食转 Bt+CpTI 棉花上棉蚜的普通草蛉在幼虫发育时间、蛹发育时间、幼虫存活率、化蛹率、羽化率和单雌日产卵量等指标与对照相比，差异均未达显著水平，这与 Gao 等（2013），Romeis 等（2004）对中华草蛉和普通草蛉的研究结果相似。本研究中普通草蛉的单雌日产卵量，在产卵后第 3、8 和 13 日时，取食转 Bt+CpTI 基因抗虫棉花上棉蚜的普通草蛉单雌日产卵量显著高于对照，数据表明转 Bt+CpTI 棉花对普通草蛉的繁殖力可能有一定的促进作用，这与施敏娟等（2012）对中华草蛉的研究结果颇为相似，但转 Bt+CpTI 棉花 SGK321 是否对草蛉类的繁殖力具有一定的促进作用，仍需要不断深入研究。

之前的研究显示，捕食性天敌对取食不同猎物对其个体生长发育、捕食和繁殖力等的影响不尽相同。本研究中取食转 Bt+CpTI 棉花上棉蚜的普通草蛉在产卵前期的时间上略低于对照，但是差异并未达到显著水平。而普通草蛉的总产卵量远低于董亮等（2003）对中华草蛉的研究结果，这可能是由于试验所用草蛉、棉花品种不同造成的。

本研究利用取食 SGK321 棉花的棉蚜饲喂普通草蛉，研究普通草蛉生长发育的影响，并在普通草蛉羽化至成虫后对其雌虫的繁殖力情况进行统计，尽可能的模拟自然环境条件下普通草蛉的发生繁殖情况，但室内与自然环境毕竟有所差别。鉴于本研究仅是对 1 代普通草蛉生长发育和繁殖力的研究，今后对于转 Bt 基因抗虫棉花对捕食性天敌普通草蛉的影响，还需要进一步从转基因植物自身化学组成和含量变化引起植食性昆虫化学信息物质及营养变化来探讨天敌的影响（郭建英等，2005），同时适当的增加天敌昆虫的饲养代数，能够连续的进行试验和监测，

以期能够得到更加完整和详实的结论。

参考文献 (References)

Abro GM, Syed TS, Tunio GM, Khunhro MA, 2004. Performance of transgenic Bt cotton against insect pest infestation. *Biotechnology*, 3: 75–81.

Conner AJ, Glare TR, Nap JP, 2003. The release of genetically modified crops into environment. Part Ⅱ. Over of ecological risk assessment. *Plant Journal*, 33(2): 19–46.

Dale PJ, Buntin B, Fontes EMG, 2002. Potential for the environmental impact of transgenic crop. *Nature Biotechnology*, 20: 567–574.

Dutton A, Klein H, Romeis J, Bigler F, 2002. Uptake of Bt-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for predator *Chrysoperla carnea. Ecol. Entomol.*, 27:441–447.

Gao F, Liu XH, OUYANG F, 2013. Development and reproduction of *Chrysopa sinica* (Neuroptera: Chrysopidae) reared in *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphidinae) fed transgenic cotton, *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50 (4): 897–902.

Giles KL, Madden RD, Payton ME, Dillwith JW, 2000. Survival and development of *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chursopidae) supplied with pea aphids (Homoptera: Aphidiae) reared on alfalfa and fava bean. *Environ. Entomol.* , 29: 304–311.

Hilbeck A, Baumgartner M, Fried PM, Bigler F, 1998a. Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae). *Environ. Entomol.*, 27: 480–487.

James C, 2004. Global status of commercialized biotech GM crops. *ISAAA Briefs*, (32): 1–12.

James C, 2013. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2012. Ithaca, New York, USA: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications SEAsia Center (ISAAA).

Lozzia GC, Furlanis C, Manachini B, Rigamonti IE, 1998. Effects of Bt corn on *Rhopalosiphum padi* L. (Rhynchota Aphididae) and on its predator *Chrysoperla carnea* Stephen (Neuroptera Chrysopidae). *Bollettino di Zoologia Agraiae di Bachicoltura*, 30 (2): 153–164.

Lu YH, Wu KM, Jiang YY, Xia B, Li P, Feng HQ, Wychhuys KAG, Guo YY, 2010. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, 328: 1151–1154.

Özder N, Sağlam O, 2003. Effects of aphid prey on larval development and mortality of *Adalia bipunctata* and *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biocontrol Sci. Techn*., 13(4): 449–453.

Power M, 1992. Top-down and bottom-up forces in food webs: Do plants have a primacy? *Ecology*, 73(3): 733–746.

Rice ME, Wilde GE, 1989. Antibiosis effect of sorghum on the convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae), a third-trophic level predator of the greenbug (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* , 82(2): 570–573.

Romeis J, Dutton A, Bigler F, 2004. *Bacillus thuringensis* toxin(Cry1Ab) has no effect on larvae of the green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *J. Insect Pgysiol.*, 50(2/3): 175–183.

Romeis J, Meissle M, Bigler F, 2006. Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxin and biological control. *Nat. Biotechnol*., 24(1): 63–71.

Wu KM, Lu YH, Feng HQ, Jiang YY, Zhao JZ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in china in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 321 (19): 1676–1678.

Wu KM, Guo YY, 2003. Influences of *Bacillus thuringiensis* Berliner cotton planting on population dynamics of the cotton aphid, *Ahpis gossypii* Glover in northern China. *Environ. Entomol.*, 32(2): 312–318.

Xu Y, Wu KM, Li HB, Liu J, Ding RF, Wang F, Ahtam U, Li HQ, Wang DM, Chen XX, 2012. Effects of transgenic Bt+CpTI cotton on field abundance of non-target pests and predators in Xinjiang, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(9): 1493–1499.

包建中, 古德祥, 1998. 中国生物防治. 山西: 山西科学技术出版社. 209–213. [Bao JZ, Gu DX, 1998. Biological control in China. Shanxi: Shanxi Science and Technology Publishing House. 209-213.]

丁瑞丰, 李号宾, 刘建, 徐遥, 张永军, 阿克旦·吾外士, 2012. 新疆南部棉区转Bt基因棉花对棉铃虫抗性的季节性变化规律研究. 植物保护学报, 39 (3): 193–199. [Ding RF, Li HB, Liu J,Xu Y, Zhang YJ, Ahram·U, 2012. The seasonal dynamics of resistance of transgenic Bt cotton to cotton bollworm in cotton planting region of southern Xinjiang. *Journal of Plant Protection*, 39 (3): 193-199.]

董亮, 万方浩, 张桂芬, 刘小京, 李强, 2003. 转 Bt 基因抗虫棉对中华草蛉发育及繁殖的影响研究. 中国生态农业学报, 11(3): 16 – 18. [Dong L, Wan FH, Zhang GF, Liu XJ, Li Q, 2003. Impacts of transgenic Bt cotton on the development and fecundity of Chrysopa sinica Tjeder. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 11(3): 16-18.]

李雪源, 郑巨云, 王俊铎, 吐尔逊江, 艾先涛, 莫明, 多力坤, 2009. 中国棉业科技进步 30 年-新疆篇. 中国棉花, 36 (增刊):

24–29. [Li XY, Zhen JY, Wang JD, Tu EXJ, Ai XT, Mo M, Duo LK, 2009. Progress of China cotton industry of science and technology in thirty years in Xinjiang. *China Cotton,*36:24-29]

李号宾, 吴孔明, 杨秀荣, 徐遥, 姚举, 汪飞, 马祁, 2006. 新疆南部棉区棉铃虫发生趋势及 Bt 棉花的控制效率. 中国农业科学, 39 (1): 199−205. [Li HB, Wu KM, Yang XR, Xu Y, Yao J, Wang F, Ma Q, 2006. Trend of occurrence of ootton bollworm and control efficacy of Bt cotton in cotton planting region of sout hern Xinjiang. *Scientia Agricultura Sinica*, 39 (1): 199-205.]

李号宾, 吴孔明, 徐遥, 杨秀荣, 姚举, 孙世龙, 李祥烨, 姜海芸, 2008. 南疆地区棉田蚜虫种群数量动态研究. 新疆农业科学, 45 (4): 670−675. [Li HB, Wu KM, Xu Y, Yang XR, Yao J, Sun SL, Li XY, Jiang HY, 2008. Dynamic analysis of population of cotton aphids in the south of Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 45 (4): 670-675.]

李号宾, 吴孔明, 徐遥, 杨秀荣, 姚举, 汪飞, 2007a. 南疆地区棉田棉蓟马种群数量动态研究. 新疆农业科学, 44 (5): 583−586. [Li HB, Wu KM, Xu Y, Yang XR, Yao J, Wang F, 2007a. Studies on population density dynamic of onion thrips in cotton f ield. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 44 (5): 583-586.]

李号宾, 吴孔明, 徐遥, 杨秀荣, 姚举, 汪飞, 2007b. 南疆棉田盲蝽类害虫种群数量动态.昆虫知识, 44 (2): 219−222. [Li HB, Wu KM, Xu Y, Yang XR, Yao J, Wang F, 2007b, Population dynamics of pest mirids in cotton filed in southern Xinjiang. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44 (2): 219-222.]

李号宾, 吴孔明, 姚举, 徐遥, 杨秀荣, 汪飞, 2007c. 新疆莎车县棉田自然天敌数量动态.中国生物防治, 23 (4): 297−305. [Li HB, Wu KM, Yao J, Xu Y, Yang XR, Wang F, 2007c, Population dynamics of natural enemies in cotton fields in Shache county of Xinjiang uygur autonomous region. *Chinese Journal of Biological Control*, 23 (4): 297-305.]

陆宴辉, 2012. Bt 棉花害虫综合治理研究前沿. 应用昆虫学报, 49(4): 809 – 819. [Lu YH, 2012. Advance in insect pest management in Bt cotton worldwide. *Chinese Bulletin of Entomology*, 49(4): 809-819.]

李文东, 吴孔明, 王小奇, 郭予元, 2003. 转 *Cry1Ac* 和 *Cry1Ac+CpTI* 基因棉花粉对柞蚕生长发育影响的评价. 农业生物技术学报, 11(5): 488−493. [Li WD, Wu KM, Wang XQ, Guo YY, 2003. Evaluation of impact of pollen grains of Cry1Ac and Cry1Ac+CpTI transgenic cotton on the growth and development of Chinese tussah silkworm (Antheraea pernyi). *Journal of Agricultural Biotechnology*, 11(5): 488-493.]

郦卫弟, 吴孔明, 陈学新, 封洪强, 徐广, 郭予元, 2003. 华北地区转 *Cry1A+CpTI* 和 *Cry1A* 基因棉棉田害虫和天敌昆虫的群落结构. 农业生物技术学报, 11(5): 494–499. [Li WD, Wu KM, Chen XX, Feng HQ, Xu G, Guo YY, 2003. Effects of transgenic cottons carrying Cry1Ac+CpTI and Cry1Ac genes on the structures and composition of pest and beneficial arthropod communities in cotton field in north China. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 11(5): 494-499.]

郭建英, 万方浩, 董亮, 闪慧月, 韩召军, 2005. 取食转 Bt 基因棉花上的棉蚜对丽草蛉发育和繁殖的影响. 昆虫知识, 42 (2): 149–154.

Guo JY, Wang FH, Dong L, Shan HY, Han ZJ, 2005. Survival, development and fecundity of Chrysopa formosa feedin g on Aphis gossypii propagated on transgenic Bt cotton. Entomological Knowledge, 42 (2): 149-154.

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. [Shi MJ, 2012. Effects of Aphis gossypii feeding in transgenic cotton on Chrysoperla sinica and the transfer of Bt toxin protein in the nutrition chain. Ph. D. Dissertation. Yangzhou: Yangzhou University.]

王冬梅, 丁瑞丰, 李海强, 李号宾, 汪飞, 阿克旦·吾外士, 徐遥, 刘建, 2011. 新疆南部棉区转 Bt 基因棉花 Bt 杀虫蛋白表达规律研究. 植物保护, 37 (6): 97–101. [Wang DM, Ding RF, Li HQ, Li HB, Wang F, Ahtam U, Xu Y, Liu J, 2011. Expression trends of Bt insecticidal protein in transgenic Bt cotton in southern Xinj iang. *Plant Protection*, 37 (6): 97-101.]

王冬梅, 李海强, 丁瑞丰, 汪飞, 李号宾, 徐遥, 阿克旦·吾外士, 刘建, 2012. 新疆北部地区转 Bt 基因棉外源杀虫蛋白表达时空动态研究. 棉花学报, 24 (1): 18−26. [Wang DM, Li HQ, Ding RF, Wang F, Li HB, Xu Y, Ahtam Uwayis, Liu J, 2012. Spatio-temporal expression of foreign Bt insecticidal protein in tr ansgenic Bt cotton varieties in northern Xinjiang province, China. *Cotton Science*, 24 (1): 18-26.]

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. [Wu KM, 2007. Environmental impacts and risk management strategies of Bt cott on commercialization in China. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 15(1): 1-4.]

新疆统计年鉴, 2013. 新疆维吾尔自治区统计局. 中国统计出版社. 377. [Xinjiang statistical yearbook, 2013. China Statistics Press. 377]

徐遥, 丁瑞丰, 李号宾, 刘建, 吴孔明, 陈学新, 2008. 转 Bt 基因棉花国抗 62 对棉铃虫生长发育的影响及田间抗虫效果. 昆虫学报, 51 (2): 222−226. [Xu Y, Ding RF, Li HB, Liu J, Wu KM, Chen XX, 2008. Effect of transgenic Bt cotton GK62 on the development of cotton bollworm and its resistant efficiency in fie

lds. *Acta Entomologica Sinica*, 51 (2): 222-226.]

周洪旭, 万方浩, 刘万学, 2003. 绿盲蝽在转 Bt 基因抗虫棉的发生动态及其为害研究. 中国生态农业学报, 3(11): 13–15. [Zhou HX, Wan FH, Liu WX, 2003. Study on population dynamics and damage of Lygus lucorum Mayr in transgenic Bt cotton. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 3(11): 13-15.]