

北疆棉田捕食性天敌昆虫应对棉蚜的数量反应*

阿力甫·那思尔^{1,2**} 艾山·阿布都热依木² 孟玲¹ 李保平^{1***}

(1. 南京农业大学植物保护学院, 农作物生物灾害综合治理教育部重点实验室, 南京 210095;

2. 新疆师范大学生命科学学院, 乌鲁木齐 830054)

摘要 【目的】棉蚜 *Aphis gossypii* 是新疆棉田的主要害虫, 近来的研究多集中于南疆棉区, 较少关注北疆棉田在新种植模式下的天敌种群数量发生规律。本文研究了北疆棉田棉蚜的优势种捕食性昆虫数量发生规律。【方法】对五家渠地区棉田中棉蚜及其 4 种主要捕食性天敌昆虫 (2 种瓢虫和 2 种草蛉) 的种群数量进行了持续 2 年的跟踪调查。【结果】不同种捕食性天敌昆虫对棉蚜种群数量变化具有不同的响应, 具体表现为: 七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 数量随蚜虫数量增大而显著增大, 多异瓢虫 *Hippodamia verigata* 和普通草蛉 *Chrysopa carnea* 随蚜虫数量增大而逐渐增大, 而大草蛉 *Ch. septempunctata* 种群数量与棉蚜数量无关; 连续 2 年的大田调查均发现, 这 4 种捕食性昆虫种群数量在 7 月底有一高峰, 而且七星瓢虫和大草蛉数量大于多异瓢虫和普通草蛉。【结论】七星瓢虫和大草蛉是北疆五家渠地区棉田棉蚜的优势天敌。

关键词 蚜虫, 棉花, 捕食性天敌, 种群动态, 生物防治

Behavioral responses of predatory insects to *Aphis gossypii* in cotton fields in north Xinjiang

NASER Alipu^{1,2**} HASAN Abdirehim² MENG Ling¹ LI Bao-Ping^{1***}

(1. Key Laboratory of Integrated Management of Crop Diseases and Pests of Ministry of Education,

College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. School of Life Science, Xinjiang Normal University, Wulumuqi 830054, China)

Abstract [Objectives] To understand the behavioral responses of the main predators of aphids in cotton fields in north Xinjiang. [Methods] We undertook a two-year survey of *Aphis gossypii* and four of its insect predators, two ladybird beetles, *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia verigata*, and two lacewings, *Chrysopa carnea* and *Ch. septempunctata*, in cotton fields in the Wujiaqu region of northern Xinjiang. [Results] The survey showed differential numerical responses to cotton aphids and varying seasonal patterns among the four predatory insects. *Co. septempunctata* increased strongly in abundance in response to aphid abundance; *H. verigata* and *Ch. carnea* increased gradually but *Ch. septempunctata* did not increase in abundance, in response to aphid abundances. The four predatory insects showed similar seasonal trends in abundance, all peaking at the end of July. *Co. septempunctata* and *Ch. carnea* were more abundant than *H. verigata* and *Ch. septempunctata* across the entire cotton-growing season. [Conclusion] The results of this study indicate that *Co. septempunctata* and *Ch. carnea* are the dominant natural enemies of *A. gossypii* in cotton fields in the Wujiaqu region of northern Xinjiang.

Key words aphids, cotton, predaceous natural enemy, population dynamics, biological control

新疆是我国最大的棉花种植地 (潘伟等, 2011), 但棉花在生长期常受到多种病、虫害的严重威胁, 其中, 棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 为害是主要威胁之一 (郑成锐和刘小英, 1997; 李

* 资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金(30960055); 国家公益性行业 (农业) 科研专项(201103002)

**第一作者 First author, E-mail: Alip20@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: lbp@njau.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-06-23, 接受日期 Accepted: 2015-06-30

号宾等, 2008)。棉蚜由于世代历期短、世代间重叠明显, 产生抗药性快, 常使杀虫剂防治难以奏效(贺福德等, 2000)。自然界存在大量的蚜虫天敌, 包括种类繁多、食谱广泛的捕食性(如瓢虫和草蛉)和食谱专一的寄生性(如蚜茧蜂)天敌昆虫, 对抑制棉蚜种群数量增长发挥着重要作用(李保平和唐小海, 1998)。大量研究和生产实践证明, 保护和利用天敌是持续控制棉田蚜害的重要途径(杨海峰等, 1986; 郭文超等, 2000; 杨海峰等, 2001; 李号宾等, 2008; 王伟等, 2009, 2012)。

有关新疆棉田害虫的天敌研究开展了很多, 大体上分为两个阶段: 第一阶段是 20 世纪 90 年代前, 棉花种植面积尚未大幅度扩张, 以玛河流域棉田天敌保护利用为目标, 开展了扎实的调查研究, 积累了重要的成果(杨海峰等, 1986; 杨海峰等, 2001); 第二阶段是 20 世纪 90 年代之后, 随着棉花种植面积大幅度扩张、尤其是在新疆东部(东疆)和南部(南疆)的大面积种植, 棉蚜为害日益加重, 以吐鲁番和南疆棉田天敌保护利用为目标进行了大量研究(林荣华等, 2003; 吴文岳等, 2006; 李号宾等, 2008; 王伟等, 2009, 2012)。近年来, 诸如地膜覆盖、膜下滴灌和无埂条田等多项新的耕作栽培技术以及新品种的大面积推广应用(娄春恒, 1989; 马富裕等, 2002; 孙孝贵等, 2005; 缪新龙等, 2007), 必然影响棉田害虫及其天敌群落和种群数量的变化, 如棉田地表干燥, 杂草减少, 易造成棉蚜猖獗。

因此, 有必要加强对新种植模式下棉田害虫天敌的研究, 尤其是对北疆棉区棉蚜天敌的研究, 通过与几十年前的研究结果进行比较, 可为认识其内在发生规律提供依据, 并为保护天敌、控制蚜害提供参考。

1 材料与方法

1.1 采样地概况

调查地点位于新疆五家渠市 101 农场(44.17°N, 87.53°E), 棉田面积 10 000 m², 棉花品种为当地主栽品种“豫棉 15 号”, 棉花整

个生育期不施用农药, 覆膜播种, 采用通用的“早密矮状高”栽培模式。棉田周围的植被主要有榆树 *Ulmus pumila* L.、丛白杨 *Populus tomentosa* Carr.)、甘草 *Glycyrrhiza uralensis* Fisch.、苦豆 *Sophora alopecuroides* L. 和冰草 *Agropyron cristatum* L. 等。

1.2 调查方法

本研究于 2011 和 2012 年的 7 月 13 日至 8 月 12 日棉花生长期进行抽样调查, 在棉田内沿对角线设 5 个等距离(28 m)的样点, 每点沿一行连续查 20 株整株, 目测计数棉蚜以及捕食性昆虫种类及其数量。每 5 d 定点、定株调查 1 次。

1.3 数据分析

采用多层次 Poisson 广义线性模型(Multilevel generalized linear model)分析各捕食性昆虫数量与蚜虫数量的关系, 由于不同年份之间、同一年内不同调查时间之间不完全独立, 故将年份及其调查时间作为随机效应自变量; 用对数似然比测验检验蚜虫数量因素的影响。数据分析用 R 软件(R Core Team, 2014)。

2 结果与分析

2.1 捕食性昆虫应对棉蚜种群数量的反应

多层次 Poisson 广义线性模型分析表明, 七星瓢虫应对棉蚜数量变化具有显著的数量反应(对数似然比测验: $\chi^2 = 5.24$, $P = 0.02$), 随蚜虫数量增大而显著增大(图 1:A); 多异瓢虫和普通草蛉应对棉蚜的数量反应刚达到显著水平(多异瓢虫: $\chi^2 = 3.93$, $P = 0.047$; 普通草蛉: $\chi^2 = 4.14$, $P = 0.04$), 随蚜虫数量增大而逐渐增大(图 1:B, C); 但大草蛉种群数量与棉蚜数量无关($\chi^2 = 0.93$, $P = 0.24$)(图 1:D)。

2.2 捕食性昆虫种群数量的季节消长趋势

4 种捕食性昆虫数量在 2011 和 2012 年的季节变化格局相似(图 2, 图 3), 在 7 月底有一个高峰; 但捕食性昆虫之间存在数量差异, 七星瓢虫和大草蛉数量明显高于多异瓢虫和普通草蛉。

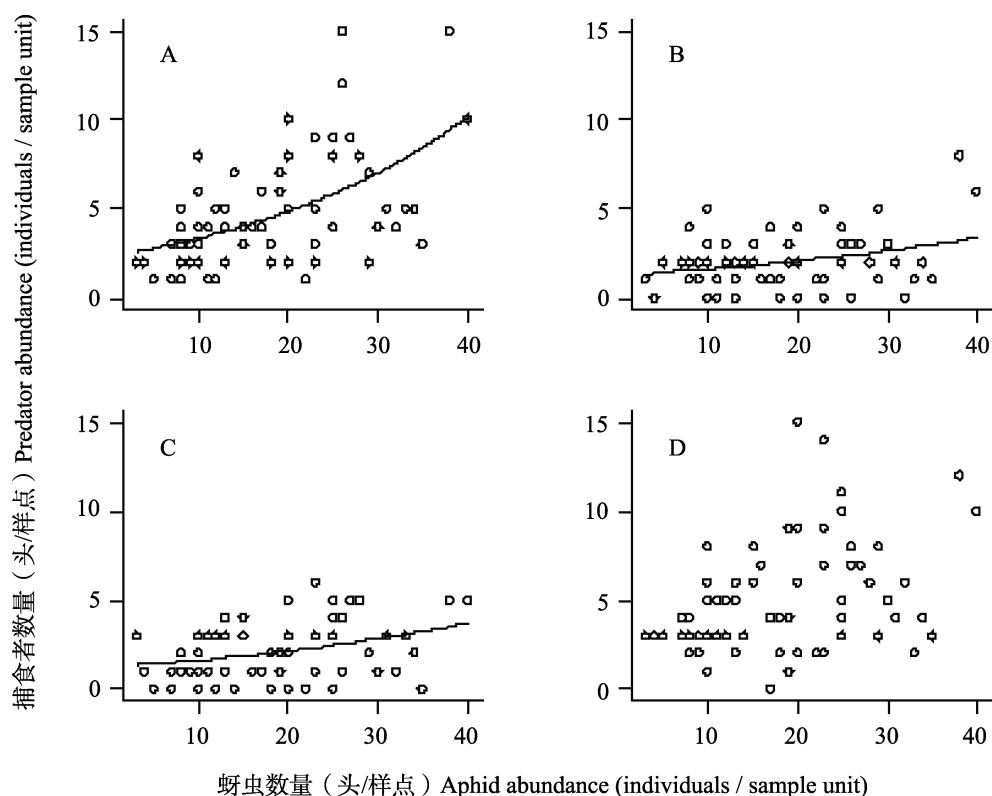


图 1 不同捕食性昆虫数量随棉蚜数量的变化趋势

Fig. 1 Abundances of four predators in relation to *Aphis gossypii* abundances

A. 七星瓢虫 *Co. septempunctata*; B. 多异瓢虫 *H. verigata*; C. 普通草蛉 *Ch. carnea*; D. 大草蛉 *Ch. septempunctata*. 负二项分布模型拟合曲线: A. 捕食者数量 = $0.935 (\pm \text{标准误} = 0.279) + 0.026 (\pm 0.011) \times \text{蚜虫数量}$. B. 捕食者数量 = $0.186 (\pm 0.292) + 0.026 (\pm 0.013) \times \text{蚜虫数量}$. C. 捕食者数量 = $0.249 (\pm 0.269) + 0.025 (\pm 0.012) \times \text{蚜虫数量}$.

The lines are fitted by negative binomial model: A. Predator abundance = $0.935 (\pm \text{SE} = 0.279) + 0.026 (\pm 0.011) \times \text{aphid abundance}$; B. Predator abundance = $0.186 (\pm 0.292) + 0.026 (\pm 0.013) \times \text{aphid abundance}$; C. Predator abundance = $0.249 (\pm 0.269) + 0.025 (\pm 0.012) \times \text{aphid abundance}$.

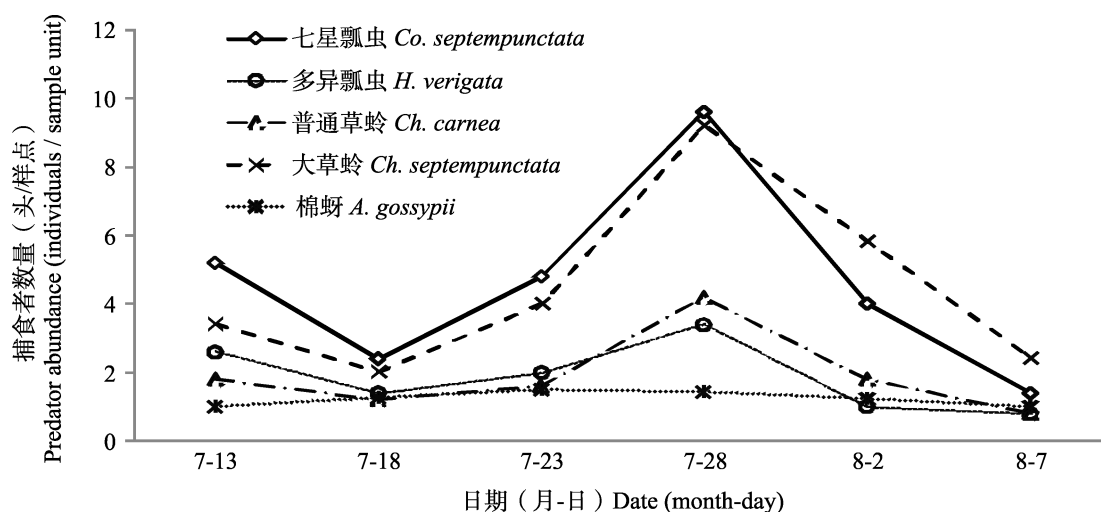


图 2 2011 年棉田棉蚜及其不同捕食性天敌种群数量的季节动态

Fig. 2 Seasonal dynamics of *Aphis gossypii* and its predatory natural enemies in abundances in 2011

棉蚜数量用 $\log_{10}$ 转换。下图同。Numbers of aphids are $\log_{10}$ -transformed. The same below.

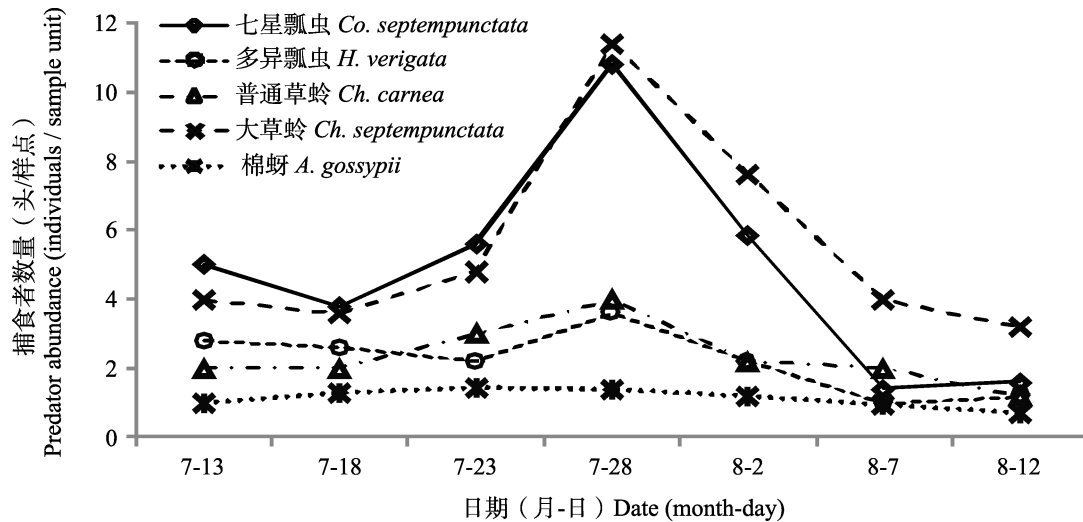


图3 2012年棉田棉蚜及其不同捕食性天敌种群数量的季节动态

Fig. 3 Seasonal dynamics of *Aphis gossypii* and its predatory insects in abundances in 2012

3 讨论

关于高营养级捕食者是否通过“营养级瀑布”放大效应决定植物生产力一直是生态学研究的核心问题之一,虽尚未定论,但大量实证研究和理论预测均说明,在简单的生态系统中(植物种单一、植物防卫弱、生境分离较明显)高营养级生物可通过有效控制植食者而决定植物生产力(Polis and Strong, 1996; Halaj and Wise, 2001; Stireman *et al.*, 2005),即在农业生态系统中天敌可能通过有效控制害虫而提高作物产量。但在何种环境条件下才能发挥天敌的控害潜力,一直是农业害虫防治研究与实践的严峻挑战。对农业生态系统中害虫与天敌关系研究的综合分析结果说明,天敌控害潜力的发挥与:(1)天敌的多样性有关,多样性越大,控害效应越强;(2)天敌种间的互作效应:互补有利于发挥,对抗则不利于发挥(Letourneau *et al.*, 2009)。

本研究发现,4种捕食性天敌昆虫应对棉蚜数量变化具有不同的数量响应:3种随棉蚜数量增多而增多,以七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 最强烈,多异瓢虫 *Hippodamia verigata* 和普通草蛉 *Chrysopa carnea* 较弱;而大草蛉 *Ch. septempunctata* 的数量与棉蚜数量变化没有关系。根据该结果推测,瓢虫对棉蚜的控

制作用应强于草蛉,而在瓢虫中七星瓢虫的作用要强于多异瓢虫。该结论与20多年前对玛河流域棉田天敌的研究结果略有不同,那时多异瓢虫明显是优势种,占瓢虫总个体数量的23.7%~64.2%,而七星瓢虫仅占3.0%~10.6%(杨海峰等, 1986)。造成捕食性天敌地位的变化可能有多种原因,首先,棉花种植面积大幅增加,北疆棉花种植面积从2000年的 $133.52 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 增大至2007年的 $231.74 \times 10^3 \text{ hm}^2$ (潘伟等, 2011),随之而来的是农业生态系统的景观结构和组成发生变化,这些变化会影响害虫和天敌群落特征。大量研究说明,景观组成变化影响天敌及其对害虫的控制作用(Thies *et al.*, 2003; Bianchi *et al.*, 2006; Woltza *et al.*, 2012),例如,美国对大豆蚜 *A. glycines* 天敌瓢虫的研究说明,在大豆地块周边1.5 km的范围内的景观多样性和组成是瓢虫数量的最大的决定因素(Gardinar *et al.*, 2009)。其次,棉花耕作栽培制度发生了重大变化,例如:地膜覆盖技术(娄春恒, 1989; 孙孝贵等, 2005)、“早密矮壮高”栽培技术(马富裕等, 2002; 缪新龙等, 2007)等已在北疆大范围推广,这些技术的采用必将直接和间接地影响棉蚜及其天敌数量。例如,地膜覆盖、密植矮化必将明显影响棉田小气候(胡明芳和田长彦, 2003),不仅直接影响害虫及其天敌的行为,而

且通过影响棉花生长而间接影响害虫及其天敌的数量。本研究对 2011 和 2012 年两个棉花生长季进行的调查发现,这 4 种天敌昆虫的种群数量均在 7 月底达到高峰、然后下降(图 2, 图 3)。该消长动态与北疆小麦收割期有关,通常 7 月中旬开始麦收,此时棉田的捕食性天敌会大量向周边棉田扩散。大量研究说明,麦田是棉田蚜虫捕食性天敌的重要库源(杨帆等,1999;郭文超等,2000;杨海峰等,2001;王伟等,2009)。

本研究调查的这些天敌的消长动态与 20 年前的表现不完全一致,瓢虫比较相似,但草蛉差异很大,以前草蛉有 2 个高峰——7 月中旬和 8 月下旬(杨海峰等,1986)。造成这种差异的原因是多方面的,包括上述的景观生态学特征、耕作栽培技术的变化,具体原因有待进一步研究。

参考文献 (References)

- Bianchi FJJA, Booij CJH, Tschamntke T, 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society of London. B*, 273 (1595): 1715–1727.
- Gardiner MM, Landis DA, Gratton C, DiFonzo CD, O'Neal M, Chacon JM, Wayo MT, Schmidt NP, Mueller EE, Heimpel GE, 2009. Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the north-central USA. *Ecological Applications*, 19 (1): 143–154.
- Guo WC, Xu JJ, He J, Hajitai B, 2000. A preliminary study of dispersal of natural enemies in cotton-grain mixing region in north Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*(Suppl.): 119–122. [郭文超, 许建军, 何江, 白山, 哈吉泰, 2000. 新疆北部粮棉混作生态区天敌群落转移规律的初步研究. 新疆农业科学(增刊): 119–122.]
- Halaj J, Wise DH, 2001. Terrestrial trophic cascades: How much do they trickle? *American Naturalist*, 157 (3): 262–281.
- He FD, Wang JG, Lan JL, Wang HY, Qin CM, 2000. A note on *Aphis gossypii* outbreak. *Xinjiang Agricultural Sciences*(Suppl.): 89–91. [贺福德, 王俊刚, 蓝江林, 王宏跃, 秦春明, 2000. 棉蚜成灾规律的探讨. 新疆农业科学(增刊): 89–91.]
- Hu MF, Tian CY, 2003. The temperature effects of membrane coverage on cultivated soil of cotton field in Xinjiang. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 11(3):128–130. [胡明芳, 田长彦, 2003. 新疆棉田地膜覆盖耕层土壤温度效应研究. 中国生态农业学报, 11(3):128–130.]
- Letourneau DK, Jedlicka JA, Bothwell SG, Moreno CR, 2009. Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 40: 573–592.
- Li BP, Tang XH, 1998. A research on the efficacy of natural enemies of the cotton aphid in cotton fields. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 21(4): 270–272. [李保平, 唐小海, 1998. 棉蚜天敌控害作用的研究. 新疆农业大学学报, 21(4): 270–272.]
- Li HB, Wu KM, Xu Y, Yang XR, Yao J, Sun SL, Li XH, 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, 孙世龙, 李祥辉, 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.]
- Lin RH, Zhang RZ, Tian CY, Feng LH, 2003. Community structure of predatory arthropods in agricultural landscape of southern Xinjiang. *Chinse Journal of Biological Control*, 19(1): 1–5. [林荣华, 张润志, 田长彦, 冯丽红, 2003. 新疆棉田生态系统中捕食性节肢动物类天敌亚群落结构. 中国生物防治, 19(1): 1–5.]
- Lou CH, 1989. Introduction and extension of crop field film-covering technique to cotton planting. *Xinjiang Agricultural Sciences*, (1): 1–3. [娄春恒, 1989. 新疆棉花地膜覆盖栽培技术的引进与推广. 新疆农业科学, (1): 1–3.]
- Ma FY, Zheng Z, Zhao ZH, Wang F, Li MC, 2002. The factor analyses of high yield population and related culture methos of cotton in north Xinjiang. *Cotton Science*, 14(S2):91–94. [马富裕, 郑重, 赵志鸿, 王峰, 李蒙春, 2002. 新疆北疆棉花高产群体因素分析及其栽培技术途径. 棉花学报, 14(2): 91–94.]
- Miao XL, Liu YT, Li J, Chen SB, 2007. Research on cultivation technology of cotton high yield in cotton region in the north of Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 44(2): 62–64. [缪新龙, 柳延涛, 李军, 陈树宾, 2007. 北疆棉区棉花高产栽培技术的研究. 新疆农业科学, 44(S2):62–64.]
- Pan W, Yang DG, Yabf L, Xiao YQ, Wang GG, Tang H, 2011. Spato-temporal dynamics and optimal development scale of cotton industry in Xinjiang. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 19(2): 415–420. [潘伟, 杨德纲, 杨莉, 肖艳秋, 王国刚, 唐宏, 2011. 新疆棉花种植面积的时空变化及适度规模研究. 中国生态农业学报, 19(2):415–420.]
- Polis GA, Strong DR, 1996. Foodweb complexity and community dynamics. *American Naturalist*, 147 (5): 813–846.

- R Core Team, 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Stireman J, Dyer LA, Matlock R, 2005. Top-down forces in managed versus unmanaged habitats // Barbosa DP, Castellanos I (eds.). *Ecology of Predator-Prey Interactions*. New York: Oxford Univ. Press. 303–323.
- Sun XG, Liu WJ, Gan RW, 2005. Damages of plastic film residue and management strategy in cotton fields of Xinjiang. *China Cotton*, 33(2):7–8.[孙孝贵, 刘文江, 甘润伟, 2005. 新疆棉田残膜危害及其治理对策. *中国棉花*, 33(2): 7–8.]
- Thies C, Steffan-Dewenter I, Tschamtker T, 2003. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos*, 101(1): 18–25.
- Woltza JM, Isaacs R, Landis DA, 2012. Landscape structure and habitat management differentially influence insect natural enemies in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 152(1): 40–49.
- Wu WY, Lv ZZ, Wang DY, Zhang JX, Yan SZ, 2006. Dynamics of *Aphis gossypii* and its predatory natural enemies in organic agricultural cotton field. *Chinese Journal of Ecology*, 25(10): 1173–1176. [吴文岳, 吕昭智, 王登元, 张建新, 闫绍洲, 2006. 有机农业棉田中棉蚜及其捕食性天敌的种群动态. *生态学杂志*, 25(10): 1173–1176.]
- Yang X, Aihemaiti T, Guo WC, Xu JJ, Hajitai B, He J, Song R, 1999. Effects of the distance between wheat and cotton fields on abundances of natural enemies in the cotton fields. *China Cotton*, 26(11): 21–23. [杨利, 吐尔逊·艾合买提, 郭文超, 许建军, 白山·哈吉太, 何疆, 宋荣, 1999. 麦棉距离对棉田天敌数量的影响. *中国棉花*, 26(11): 21–23.]
- Yang HF, Ma Q, Xu Y, 2001. Natural enemy source pool of cotton fields and its protection and enhancement. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 38(1): 1–3.[杨海峰, 马祁, 徐遥, 2001. 新疆棉田天敌的源库及其保护与扩增. *新疆农业科学*, 38(1): 1–3.]
- Yang HF, Wang HZ, Ma Q, 1986. Dynamics of natural enemies of cotton pests and their effects on pests. *The August-First Agricultural College Journal*, (28):39–45. [杨海峰, 王惠珍, 马祁, 1986. 新疆棉花害虫天敌的发生规律及控制效应. *八一农学院学报*, (28):39–45].
- Wang W, Yao J, Zhang Y, Liu HY, 2012. Effects of apricot trees insect pests and their natural enemies in nearby cotton field in southern Xinjiang. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(4): 951–956.[王伟, 姚举, 张瑜, 刘海洋, 2012. 新疆南部棉区杏树对棉田主要害虫和自然天敌的影响. *应用昆虫学报*, 49(4): 951–956.]
- Wang W, Yao J, Li HB, Zhang Y, Wang D, Ma GL, 2009. Occurrence of predators in different cotton fields in south Xinjiang. *Plant Protection*, 35(5): 43–47. [王伟, 姚举, 李号宾, 张瑜, 王东, 马国兰, 2009. 新疆麦棉间作布局及麦棉比例与棉田捕食性天敌发生的关系. *植物保护*, 35(5): 43–47.]
- Zheng CR, Liu XY, 1997. A note on aphid outbreaks in cotton fields of Xinjiang. *Plant Protection Technology and Extension*, 17(1): 13. [郑成锐, 刘小英, 1997. 新疆棉田蚜虫为害及原因浅析. *植保技术与推广*, 17(1):13.]