

异色瓢虫对枸杞木虱田间控害作用*

欧阳浩永^{1,2**} 巫鹏翔^{1,2} 徐 婧¹ 张 蓉³ 何 嘉³ 张润志^{1***}

(1. 中国科学院动物研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 宁夏农林科学院植物保护研究所, 银川 750002)

摘 要 【目的】为了测定异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas)对枸杞木虱 *Paratrioza sinica* Yang & Li 田间控害作用。【方法】在自然生长区分别测定枸杞木虱 4 种虫态田间种群动态,并在天敌释放区利用罩笼移笼法研究异色瓢虫对枸杞木虱控害关键期。【结果】自然生长区枸杞木虱卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫、成虫在 4 月 23 日到 10 月 24 日期间均发生 3 代,枸杞木虱平均量为 (71.0±11.8) 头/叶。天敌释放区不罩笼与始终罩笼处理下枸杞木虱平均量为 (41.1±6.8) 头/叶与 (115.1±18.7) 头/叶,分别为自然生长区 0.58 倍与 1.62 倍。异色瓢虫对枸杞木虱卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫、成虫控害关键期分别为:6 月 20 日、7 月 11 日、5 月 23 日与 8 月 8 日、6 月 13 日与 9 月 19 日,控害效果分别为:67%、75%、57%与 76%、48%与 79%;异色瓢虫释放密度分别为 (3.0±1.0)、(4.0±1.2)、(4.3±0.7) 头/株与 (3.0±1.0)、(3.7±0.9)、(3.0±1.0) 头/株。【结论】研究表明,异色瓢虫田间释放应根据对枸杞木虱不同虫态的防治需要,选择适宜的时间点与释放密度进行田间控害枸杞木虱。

关键词 异色瓢虫, 枸杞木虱, 控害作用

Effectiveness of *Harmonia axyridis* as a natural enemy for controlling *Paratrioza sinica* Yang & Li in the field

OUYANG Hao-Yong^{1,2**} WU Peng-Xiang^{1,2} XU Jing¹
ZHANG Rong³ HE Jia³ ZHANG Run-Zhi^{1***}

(1. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agro-Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

Abstract [Objectives] This research is to evaluate the effectiveness of *Harmonia axyridis* as a natural enemy for controlling *Paratrioza sinica* Yang & Li in the field. [Methods] The population dynamics of 4 stages of *P. sinica* were investigated in the field and the critical dates for controlling these 4 stages with *H. axyridis* were investigated using predator exclosures. [Results] Eggs, 1st-2nd instar nymphs, 3rd-5th instar nymphs and adults of *P. sinica*, had 3 generations from 23 April to 24 October. The average abundance of *P. sinica* was (71.0±11.8) per leaf. The average abundance of *P. sinica* inside, and outside, predator exclosures were (115.1±18.7) and (41.1±6.8) per leaf, respectively, which were, respectively, 1.62 and 0.58 times the species' natural abundance in the field. The critical dates for controlling eggs, 1st-2nd instar nymphs, 3rd-5th instar nymphs, and adults, of *P. sinica* with *H. axyridis* were 20 June, 11 July, 23 May and 8 August, 13 June, and 19 September, respectively. The release of *H. axyridis* reduced the abundance of these life stages by 67%, 75%, 57% and 76%, 48%, and 79%, respectively. The post-release density of *H. axyridis* on each of the above dates was (3.0±1.0), (4.0±1.2), (4.3±0.7) and (3.0±1.0), (3.7±0.9), and (3.0±1.0) per plant, respectively. [Conclusion] Successive releases of *H. axyridis* should be done to control different instars of *P. sinica*. The release of suitable densities of *H. axyridis* at the right time can effectively control *P. sinica* in the field.

Key words *Harmonia axyridis*, *Paratrioza sinica* Yang & Li, control effect

*资助项目 Supported projects: 宁夏自治区中宁县农业综合开发办公室项目 (znnfkj2015)

**第一作者 First author, E-mail: 22253280@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhangrz@ioz.ac.cn

收稿日期 Received: 2017-01-16, 接受日期 Accepted: 2017-11-03

宁夏枸杞 *Lycium barbarum* L. 属茄科 (Solanaceae) 枸杞属 (*Lycium*) 多年生灌木, 用于食用及药用的成熟果实被称为枸杞或枸杞子 (薛立文和李以暖, 2000)。枸杞营养生长与生殖生长同时进行, 花果同期, 是害虫多发的药食兼用中药材 (段文杰, 2013), 据调查枸杞有 60 多种害虫为害, 成灾害虫有 10 多种 (赵紫华等, 2009)。

枸杞木虱 *Paratrioza sinica* Yang & Li 是严重危害枸杞的四大害虫之一 (吴福桢和高兆宁, 1984), 属同翅目 (Homoptera) 个木虱科 (Triozidae), 分布于宁夏、甘肃、新疆、内蒙古、山西等地。枸杞木虱成虫和若虫均刺吸危害嫩叶、嫩枝、花及幼果, 严重时导致新叶畸形, 提早干枯落叶 (张长海和马玉铃, 1982)。若虫还会排泄一种白色分泌物黏附于叶片上, 招致煤污病的发生 (谭大凤和陈阿兰, 2006)。枸杞木虱在宁夏地区一年发生 4 代, 以成虫在土块、树皮缝、枝叉、枯枝落叶层等处越冬; 第 2 年 4 月下旬、5 月上旬开始活动; 若虫找到合适的取食部位后便固定取食直至羽化。成虫善跳易飞, 主要在白天取食 (刘晓丽等, 2013)。目前枸杞害虫的防治依然以化学防治为主 (段立清等, 2004; 任月萍和胡忠庆, 2004; 刘爱萍等, 2007), 辅以生物防治 (段立清等, 2005)。进而导致了枸杞子农药残留超标严重, 出口退货频繁发生, 严重威胁枸杞产业的健康持续发展 (徐常青等, 2013)。鉴于此, 利用生物防治代替化学防治来控制枸杞害虫是解决农残问题的突破口。利用宁夏枸杞种植区捕食性优势天敌异色瓢虫对枸杞木虱进行有效控制, 可为枸杞木虱的防治开辟一条新的途径。

异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas) 属鞘翅目 Coleoptera 瓢虫科 Coccinellidae, 对蚜虫 (张岩等, 2006, 2008; 杜军利等, 2015)、木虱 (盖英萍等, 2001)、粉虱 (林克剑等, 2006)、蚧壳虫 (张娟等, 2007) 等重要害虫均具有很强的捕食能力, 目前作为一种重要的生防天敌, 在全世界农业生产中广泛应用 (王甦等, 2007)。异色瓢虫同样是枸杞木虱重要捕食性天敌 (段立清

等, 2002; 陈君等, 2003), 但异色瓢虫对枸杞木虱田间控害作用研究目前十分稀缺。

田间天敌对害虫的控制作用评价是合理利用田间天敌控害功能的重要前提。近些年对于天敌田间控害作用进行了大量研究 (胡冠芳, 1992; 田正仁等, 1998; 高孝华等, 2000; 任月萍和刘生祥, 2006; 吕文彦等, 2010; 赵紫华等, 2012)。田间天敌对害虫控害作用评价方法主要包括室内功能反应、田间生命表、ELISA 法、生态能量分析法、害虫与天敌的种群时空关系分析等 (戈峰, 2008)。尽管根据田间害虫与天敌种群动态调查可以定性分析两者时空关系, 却无法定量分析天敌的控害作用, 通过室内捕食功能研究虽能定量评价天敌对害虫的捕食能力, 但无法真实反映天敌在田间实际控害作用。

罩笼移除法就是通过田间对植株罩笼一段时间后移除笼子, 比较移笼前和移笼后植株上害虫种群数量进而评价天敌控害作用的方法。其中罩笼处理笼架全部用网罩罩住, 阻止天敌自由通过, 罩笼后清除所有天敌, 移笼后将整笼全部移除。Fox 等 (2004) 通过罩笼法成功地评价了大豆田自然天敌对豆蚜的控制作用, 该方法操作简单, 结果直观。Gardiner 等 (2009) 同样利用这一方法研究发现农田景观多样性能够增加美国中北部自然天敌对豆蚜的控制作用。本研究通过系统调查法记录枸杞木虱 4 种虫态自然发生动态, 并利用罩笼移笼法, 定量研究田间人工释放异色瓢虫对枸杞木虱的控害作用, 找到枸杞木虱控害关键期与异色瓢虫释放密度。通过合理利用田间优势天敌异色瓢虫的控害作用, 为枸杞木虱生物防治策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

田间研究地点位于中国宁夏回族自治区, 中卫市, 中宁县, 大地生态有机枸杞生产基地 (N37°27', E105°45')。样地面积约 2 100 m², 共种植 8 行枸杞植株, 枸杞植株品种为宁杞 7 号, 每行 85 株, 共 680 余株, 种植行距 2 m, 株距

1.5 m。从中选出两区作为试验区域, 其中 A 区为自然生长区, 包含 80 株植株, 面积约为 247 m²; B 区为异色瓢虫释放区, 包含 400 株植株, 面积约为 1 235.3 m², 人工释放 600 头异色瓢虫成虫, 异色瓢虫平均量为 1.5 头/株。两区均进行隔网保护, 两试验区内均不进行任何化学防治, 其他按照常规农事操作管理。

1.2 研究方法

1.2.1 枸杞木虱田间发生动态 调查方法:选取 1 株枸杞植株, 于每个植株上、中、下层的东、南、西、北、中分别选取 1 片共 15 片叶片, 记录每片叶上木虱卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫、成虫数量并计算平均值。调查区域包括 1) 自然组: 从 4 月 23 日到 10 月 24 日对 A 区自然生长区进行系统调查, 随机调查 5 棵植株为 5 个重复(随机抽样), 每 7 d 调查 1 次; 2) 不罩笼组: 从 5 月 17 日到 10 月 24 日对 B 区异色瓢虫释放区进行系统调查, 随机调查 5 棵始终不罩笼的植株为 5 个重复(随机抽样), 每 7 d 调查 1 次; 3) 罩笼组: 从 5 月 17 日到 10 月 24 日对 B 区异色瓢虫释放区进行系统调查, 定株调查 5 棵始终罩笼的植株为 5 个重复, 每 7 d 调查 1 次; 记录不同枸杞木虱虫态和异色瓢虫的数量。

1.2.2 枸杞木虱控害关键期 罩笼的制作和设置参考 Fox 等(2004)。实验所用罩笼框架材料采用直径为 10 cm 的钢筋焊制而成, 笼架规格为 95 cm×120 cm×150 cm (长×宽×高)。笼网为 100 目纱网, 既可减少封闭处理和开放处理的温度、湿度差异以及罩笼对作物生长影响差异, 又能隔离异色瓢虫及其他捕食性天敌通过。框架的四个底角伸出长度为 30 cm 支架, 通过插入地面进行固定, 笼两侧分别装置有弧形的拉链, 用于打开检查笼内的害虫危害情况。封闭时笼子用网罩全部罩住, 开放时将整个笼移除。每个罩笼处理的枸杞植株面积为 1 m²。

罩笼试验选择 B 区异色瓢虫释放区, 在枸杞木虱 F₁ 代发生初始时(5 月 3 日)开始罩笼, 试验田中随机选取 1 m² 的长势整齐枸杞植株进行罩笼, 总共选择 77 株进行笼罩, 罩笼后即清

除笼内所有天敌。试验分为 2 个处理: 1) 从 5 月 10 日到 10 月 24 日枸杞木虱发生期之间, 每隔 7 d 随机移除 1 棵植株上笼子, 共 24 个处理, 每个处理重复 3 次, 共 72 株罩笼植株, 各处理移笼后每隔 7 d 调查不同虫态枸杞木虱平均值; 2) 随机选择 1 棵植株从 5 月 10 日到 10 月 24 日之间始终罩笼, 每个处理重复 5 次, 共 5 棵罩笼植株, 每隔 7 d 调查不同虫态枸杞木虱平均值。

1.3 数据分析

使用 Excel 进行初始数据的统计, 采用 SPSS 20.0 for Windows 软件对试验数据进行统计分析。控害指数(Biocontrol services index, BSI)计算公式为: $BSI = (A_c - A_0) / A_c$, 其中, A_c 表示移笼处理时间点前罩笼处理内枸杞木虱数量的平均值; A_0 表示移笼处理时间点开放处理内枸杞木虱数量的平均值。

2 结果与分析

2.1 枸杞木虱田间发生动态

2.1.1 自然状态下枸杞木虱发生动态 卵:枸杞木虱卵在 4 月 23 日到 10 月 24 日期间一共发生 3 代, 3 代发生的时期分别为 4 月 23 日—5 月 23 日(6 周)、5 月 23 日—8 月 8 日(11 周)、8 月 8 日—10 月 24 日(11 周)。其中 3 代的上升期分别为 4 月 23 日前、5 月 23 日—6 月 13 日、8 月 8 日—8 月 29 日, 此时卵量急剧增加。3 代的发生顶峰期分别为 4 月 23 日、6 月 13 日、8 月 29 日, 卵量分别为(17.97±0.23)、(105.47±1.08)、(140.57±5.67) 颗/叶。4 月 23 日—5 月 23 日、6 月 13 日—8 月 8 日、8 月 29 日—10 月 24 日分别为 3 代的消退期, 此时卵量逐渐下降, 3 代的底谷期分别为 5 月 23 日、8 月 8 日、10 月 24 日, 此时底谷卵量分别为(0.05±0.02)、(0.39±0.08)、(1.25±0.25) 颗/叶。异色瓢虫的田间发生动态显示, 异色瓢虫种群发生的顶峰期分别为 6 月 6 日、7 月 25 日、9 月 12 日, 分别发生在枸杞木虱卵 3 代的顶峰期、底谷期、消退期附近, 两者发生动态没有明显的联系(图 1:A)

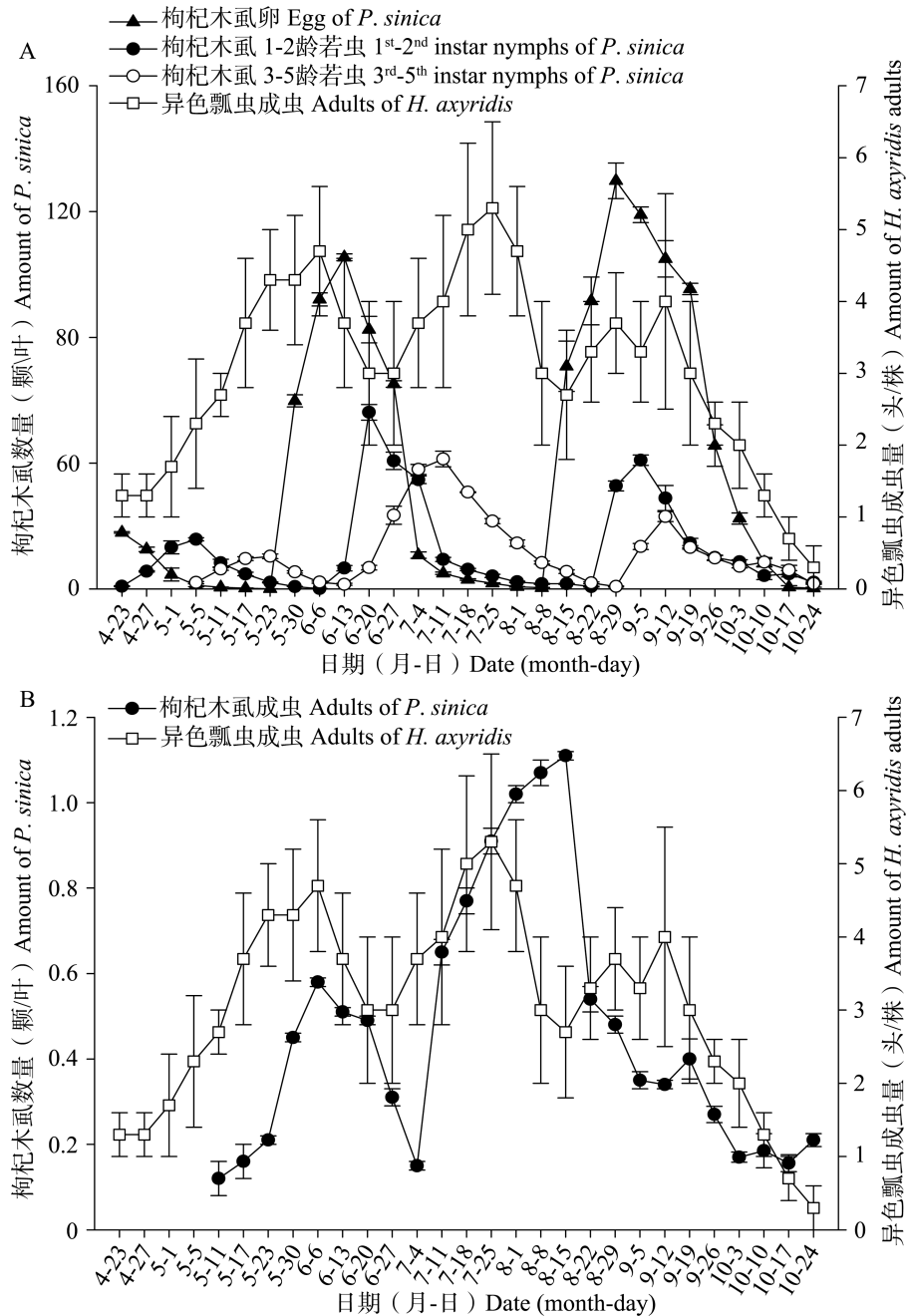


图1 自然状态下枸杞木虱4种虫态与异色瓢虫发生动态
Fig. 1 Dynamic of 4 stages of *Poratrioza sinica* and *Harmonia axyridis*

A. 卵、1~2龄若虫、3~5龄若虫; B. 成虫。

A. Eggs, 1st-2nd instar nymphs, 3rd-5th instar nymphs; B. Adults.

1~2龄若虫: 枸杞木虱1~2龄若虫3代发生期分别为4月23日—6月6日(8周)、6月6日—8月22日(11周)、8月22日—10月24日(9周)。其中3代的上升期分别为4月23日—5月5日、6月6日—6月20日、8月22日—9月19日, 此时1~2龄若虫量急剧增加。3代发

生的顶峰期分别为5月5日、6月20日、9月19日, 此时1~2龄若虫量分别为(15.77±0.49)、(56.17±2.48)、(48.29±2.26)头/叶。5月5日—6月6日、6月20日—8月22日、9月19日—10月24日分别为3代的消退期, 此时1~2龄若虫量逐渐下降, 6月6日、8月22日、10月24

日分别为 3 代的底谷期, 此时若虫量分别为 (0.12 ± 0.04) (0.75 ± 0.15) (2.35 ± 0.32) 头/叶。异色瓢虫种群发生顶峰期分别在 1~2 龄若虫 3 代发生的底谷期、消退期、顶峰期附近, 两者发生同样没有明显联系 (图 1:A)。

3~5 龄若虫: 枸杞木虱 3~5 龄若虫 3 代发生期分别为 5 月 5 日—6 月 13 日 (6 周) 6 月 13 日—8 月 29 日 (11 周) 8 月 29 日—10 月 24 日 (8 周)。其中 3 代的上升期分别为 5 月 5 日—5 月 23 日、6 月 13 日—7 月 11 日、8 月 29 日—9 月 26 日, 此时 3~5 龄若虫量急剧增加。3 代发生的顶峰期分别为 5 月 23 日、7 月 11 日、9 月 26 日, 此时 3~5 龄若虫量分别为 (10.35 ± 0.73) (41.28 ± 2.48) (29.41 ± 1.15) 头/叶。5 月 23 日—6 月 13 日、7 月 11 日—8 月 29 日、9 月 26 日—10 月 24 日分别为 3 代的消退期, 此时 3~5 龄若虫量逐渐下降, 6 月 13 日、8 月 29 日、10 月 24 日分别为 3 代的底谷期, 此时若虫量分别为 (1.49 ± 0.36) (0.80 ± 0.17) (1.89 ± 0.21) 头/叶。异色瓢虫种群顶峰期均发生在 3~5 龄若虫 3 代顶峰期的后 2 周, 前期 3~5 龄若虫量很少, 异色瓢虫量也很少, 3~5 龄若虫进入发生顶峰期后异色瓢虫跟随 3~5 龄若虫随后也进入发生顶峰期, 当 3~5 龄若虫量开始减少时异色瓢虫量也开始减少, 异色瓢虫种群数量有明显的跟随 3~5 龄若虫种群动态现象 (图 1:A)。

成虫: 枸杞木虱成虫 3 代发生期分别为 5 月 11 日—7 月 4 日 (8 周) 7 月 4 日—9 月 5 日 (9 周) 9 月 5 日—10 月 24 日 (7 周)。其中 3 代的上升期分别为 5 月 11 日—6 月 6 日、7 月 4 日—8 月 15 日、9 月 5 日—10 月 3 日, 此时成虫量急剧增加。3 代发生的顶峰期分别为 6 月 6 日、8 月 15 日、10 月 3 日, 此时成虫量分别为 (0.58 ± 0.01) (1.11 ± 0.01) (0.64 ± 0.04) 头/叶。6 月 6 日—7 月 4 日、8 月 15 日—9 月 5 日、10 月 3 日—10 月 24 日分别为 3 代的消退期, 此时成虫量逐渐下降, 7 月 4 日、9 月 5 日、10 月 17 日分别为 3 代的底谷期, 此时若虫量分别为 (0.15 ± 0.01) (0.35 ± 0.02) (0.15 ± 0.03) 头/叶。异色瓢虫种群发生顶峰期分别在成虫 3 代发生

的顶峰期、上升期、上升期, 异色瓢虫发生顶峰均在枸杞木虱成虫发生盛发期, 两者发生动态盛发期有明显重合 (图 1:B)。

2.1.2 自然状态和不罩笼、始终罩笼处理下枸杞木虱发生动态 自然生长区、天敌释放区不罩笼、天敌释放区始终罩笼 3 种处理下枸杞木虱均发生 3 代, 且 3 代发生时期均为 4 月 23 日—5 月 23 日 (6 周) 5 月 23 日—8 月 8 日 (11 周) 8 月 8 日—10 月 24 日 (11 周)。3 种处理下 F_1 代发生期均较平稳; F_2 代顶峰期均发生在 6 月 20 日, 枸杞木虱发生量分别 (145.98 ± 2.31) (67.93 ± 2.45) (207.27 ± 8.63) 头/叶; F_3 代顶峰期均发生在 8 月 29 日, 枸杞木虱发生量分别 (174.63 ± 6.00) (99.55 ± 4.66) (277.64 ± 2.80) 头/叶。3 种处理下 F_1 代底谷期均发生在 5 月 23 日, 枸杞木虱发生量分别为 (12.70 ± 0.73) 、 (5.93 ± 0.24) (19.24 ± 1.36) 头/叶; F_1 代底谷期均发生在 8 月 8 日, 枸杞木虱发生量分别为 (11.49 ± 0.53) 、 (4.86 ± 0.46) 、 (21.04 ± 4.29) 头/叶; F_3 代底谷期均发生在 10 月 24 日, 枸杞木虱发生量分别为 (5.70 ± 0.79) (2.34 ± 0.44) (6.91 ± 0.60) 头/叶。比较 3 种处理下 4 月 23 日—10 月 24 日枸杞木虱发生动态平均值, 3 种处理下枸杞木虱平均值顺序为: 天敌释放区始终罩笼 > 自然生长区 > 天敌释放区不罩笼且有显著差异 ($F_{2,74} = 7.42$, $P=0.001$), 分别为 (115.10 ± 18.70) (71.00 ± 11.80) (41.10 ± 6.08) 头/叶, 天敌释放区始终罩笼处理下枸杞木虱量为自然条件下 1.62 倍, 而天敌释放区不罩笼处理下枸杞木虱量仅为自然条件下 0.58 倍。

2.2 枸杞木虱控害关键期

卵: 根据 24 个不同时间移笼处理的控害指数, 得出控害指数曲线。根据控害指数曲线, 控害指数顶峰发生在 6 月 20 日移笼处理, 控害指数为 0.67 (图 3:A)。选择 6 月 20 日人工释放异色瓢虫能控制将近 67% 的枸杞木虱卵, 此时异色瓢虫田间密度约为 (3.0 ± 1.0) 头/株。

1~2 龄若虫: 根据控害指数曲线, 控害指数顶峰发生在 7 月 11 日的移笼处理, 控害指数为

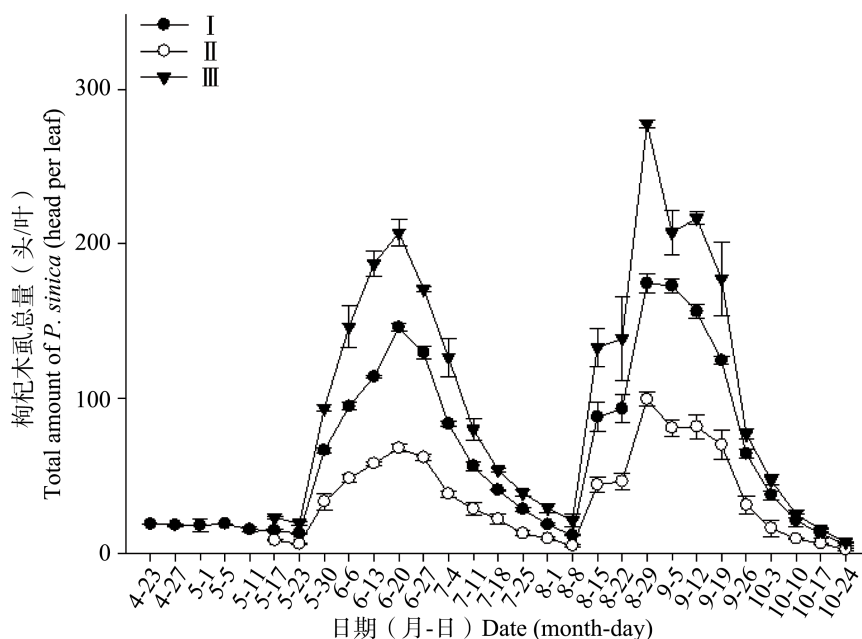


图2 枸杞木虱在3种处理下发生动态

Fig. 2 Dynamic of *Poratrioza sinica* in 3 treatments

I: 自然生长区; II: 天敌释放区不罩笼; III: 天敌释放区始终罩笼。

I: Natural growth zone; II: Without cage treatment in predator releasing zone;

III: Cage treatment in predator releasing zone.

0.75 (图3:B)。选择7月11日人工释放异色瓢虫能够控制将近75%的枸杞木虱1~2龄若虫,此时异色瓢虫田间密度为 (4.0 ± 1.2) 头/株。

3~5龄若虫:根据控害指数曲线,控害指数有两个顶峰,分别发生在5月23日移笼处理与8月8日移笼处理,控害指数分别为0.57与0.76 (图3:C)。选择5月23日与8月8日人工释放异色瓢虫分别能够控制将近57%与76%的枸杞木虱3~5龄若虫,此时异色瓢虫田间密度分别为 (4.3 ± 0.7) 头/株与 (3.0 ± 1.0) 头/株。

成虫:根据控害指数曲线,控害指数同样有两个顶峰,分别发生在6月13日与9月19日移笼处理,控害指数分别为0.48与0.79 (图3:D)。选择6月13日与9月19日人工释放异色瓢虫分别能够控制将近48%与79%的枸杞木虱成虫,此时异色瓢虫田间密度分别为 (3.7 ± 0.9) 头/株与 (3.0 ± 1.0) 头/株。

始终罩笼处理下枸杞木虱平均值为 (115.1 ± 18.7) 头/叶是不罩笼处理下 (41.1 ± 6.8) 头/叶的2.8倍。将24个移笼处理与始终罩笼、不罩笼两

个处理进行比较发现,移笼处理在移笼前枸杞木虱量与始终罩笼处理一致。移笼后,移笼处理的枸杞木虱量开始低于始终罩笼处理并逐渐下降,逐渐趋于不罩笼处理枸杞木虱量,大约在6周后与不罩笼处理的枸杞木虱量达到一致。

3 讨论

本研究利用罩笼后释放异色瓢虫的方法分析了异色瓢虫对枸杞木虱田间控制能力。异色瓢虫是枸杞木虱田间优势捕食性天敌(刘爱萍等,2007;关晓庆,2011)。笼网选择100目,防止异色瓢虫自由通过,同时减少罩笼处理和开放处理的温度、湿度差异以及罩笼对作物生长影响差异,而且大大减少了降雨对于试验结果的影响,因为雨水冲刷作用对枸杞木虱特别成虫及其异色瓢虫均有较强影响(卢子华等,2009),雨水冲刷对天敌的影响往往比对枸杞木虱的影响更显著(印毅,2004)。本文系统调查了枸杞木虱卵、1~2龄若虫、3~5龄若虫、成虫在自然条件下发生动态,枸杞木虱在宁夏地区一年发生3

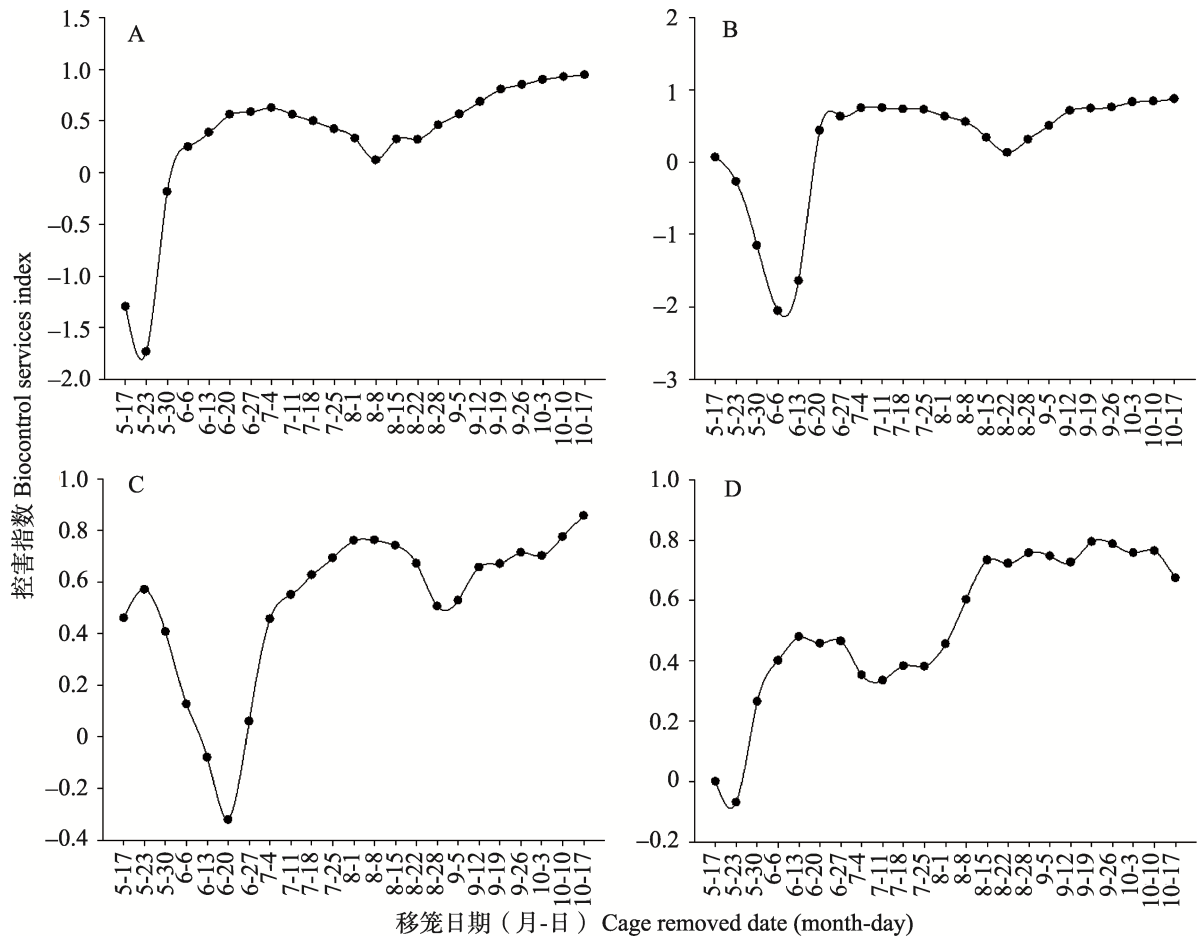


图3 不同时间移笼处理下异色瓢虫对枸杞木虱控害指数

Fig. 3 Biocontrol services index of *Harmonia axyridis* on *Poratrioza sinica* under cages removed on different dates

A. 卵; B. 1~2 龄若虫; C. 3~5 龄若虫; D. 成虫。

A. Eggs; B. 1st-2nd instar nymphs; C. 3rd-5th instar nymphs; D. Adults.

代。之前的研究中,枸杞木虱在宁夏地区一年发生4代(刘晓丽等,2013),本文则发现枸杞木虱在中宁地区发生3代,可能是由于枸杞木虱世代重叠严重,导致8月上旬至9月下旬这两个月枸杞木虱数量仅出现一个高峰。同时调查了异色瓢虫的发生动态,异色瓢虫对枸杞木虱3~5龄若虫有明显的跟随现象,且异色瓢虫与枸杞木虱成虫两者盛发期有明显的重合。

天敌释放区不罩笼与始终罩笼两种处理与自然状态下枸杞木虱发生动态一致,3代发生时期均为4月23日—5月23日(6周)、5月23日—8月8日(11周)、8月8日—10月24日(11周)。其中F₁代发生期均较平稳,F₂代顶峰期均为6月20日,F₃代顶峰期均为8月29日,表明

天敌释放区不罩笼与始终罩笼处理不会引起枸杞木虱发生代数的变化,也不会导致发生时间的提前或延后。

天敌释放区不罩笼与始终罩笼处理下枸杞木虱种群变化趋势显示,不罩笼后人工释放异色瓢虫,控制作用增强;始终罩笼后清除了异色瓢虫,枸杞木虱种群控制作用明显减弱。不罩笼与始终罩笼2种处理下枸杞木虱量均值分别为(41.1±6.8)头/叶与(115.1±18.7)头/叶,分别为自然生长处理下(71.0±11.8)头/叶的0.58倍与1.62倍。表明在人工释放密度为1.5头/株的异色瓢虫后,田间枸杞木虱量能够下降42%;而完全隔绝捕食性天敌后,田间枸杞木虱量能够上升62%。

天敌释放区笼内外枸杞木虱量相差 2.8 倍, 移笼后枸杞木虱量开始下降, 大约在 6 周的时间, 移笼后植株上枸杞木虱量与不罩笼处理一致, 表明移笼后, 异色瓢虫的控制作用使得枸杞木虱量加速减退。由此可以看出异色瓢虫在枸杞木虱田间控制上具有重要作用。通过罩笼后在 24 个时间点进行移笼处理研究枸杞木虱控害关键期。根据枸杞木虱 4 种虫态控害指数曲线, 异色瓢虫对枸杞木虱卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫、成虫控害指数顶峰分别为: 6 月 20 日、7 月 11 日、5 月 23 日与 8 月 8 日、6 月 13 日与 9 月 19 日, 此时为枸杞木虱控害关键期。选择在此时释放异色瓢虫对枸杞木虱 4 种虫态控害效果分别为: 67%、75%、57%与 76%、48%与 79%。控制枸杞木虱 4 种虫态释放的异色瓢虫密度分别为: (3.0 ± 1.0) 、 (4.0 ± 1.2) 、 (4.3 ± 0.7) 头/株与 (3.0 ± 1.0) 、 (3.7 ± 0.9) 与 (3.0 ± 1.0) 头/株。本研究与于汉龙等 (2014) 成功通过罩笼法评价了麦田天敌对麦蚜控害关键期为 5 月 17 日控害效果达 42% 的结果相一致。异色瓢虫田间人工释放中, 应根据对枸杞木虱不同虫态的防治需要, 选择适宜的时间点与异色瓢虫释放密度对枸杞木虱进行田间控害。

参考文献 (References)

- Chen J, Cheng HZ, Zhang JW, 2003. Investigation on occurrence of *Lycium barbarum* pests and its natural enemies at Ningxia. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 26(6): 391–394. [陈君, 程惠珍, 张健文, 2003. 宁夏枸杞害虫及天敌种类的发生规律调查. 中药材, 26(6): 391–394.]
- Du JL, Wu DG, Liu CZ, 2015. Study on predation preference of *Harmonia axyridis* (Pallas) and *Adonia variegata* (Goeze) on red and green color morphpea aphids. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 23(1): 102–109. [杜军利, 武德功, 刘长仲, 2015. 异色瓢虫和多异瓢虫对两种色型豌豆蚜的捕食偏好研究. 中国生态农业学报, 23(1): 102–109.]
- Duan LQ, Feng SJ, Yi FM, Ma QZ, 2004. Amino acid analysis of nymphal secretion of *Paratrioza sinica* Yang & Li. *Journal of Inner Mongolia Institute of Agriculture and Animal Husbandry (Natural Science)*, 25(1): 64–67. [段立清, 冯淑军, 尹凤民, 马青枝, 2004. 枸杞木虱 *Paratrioza sinica* Yang & Li 若虫分泌物中氨基酸的分析. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 25(1): 64–67.]
- Duan LQ, Liu KY, Otvos IS, Feng SJ, Li HP, Shan YM, 2005. Behavior responses of *Tetrastichus* sp., an ectoparasitoid wasp, to its host, *Paratrioza sinica* Yang & Li and host plant, *Lycium barbarum* L. *Acta Entomologica Sinica*, 48(5): 725–730. [段立清, 刘宽余, Otvos IS, 冯淑军, 李海平, 单艳敏, 2005. 木虱啮小蜂对枸杞、枸杞木虱的行为反应. 昆虫学报, 48(5): 725–730.]
- Duan LQ, Zhou XL, Feng SJ, Li HP, Yuan QC, 2002. Study on pest integrated management of wolf-berry. *Journal of Inner Mongolia Institute of Agriculture and Animal Husbandry (Natural Science)*, 23(4): 51–54. [段立清, 邹晓林, 冯淑军, 李海平, 元沁春, 2002. 枸杞上的主要害虫、天敌及其综合管理. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 23(4): 51–54.]
- Duan WJ, 2013. Pharmacological function and value in medlar. *Heilongjiang Medicine Journal*, 26(6): 127–128. [段文杰, 2013. 枸杞子的药理作用及价值. 黑龙江医学, 26(6): 127–128.]
- Fox TB, Landis DA, Cardoso FF, Difonzo CD, 2004. Predators suppress *Aphis glycines* Matsumura population growth. *Environmental Entomology*, 33(3): 608–618.
- Gai YP, Ji XL, Liu YS, Sun XG, 2001. Control effects of *Harmonia axyridis* Pallas on *Psylla chinensis* Yang et Li nymphs. *Journal of Plant Protection*, 28(3): 285–287. [盖英萍, 冀宪领, 刘玉升, 孙绪良, 2001. 异色瓢虫对中国梨木虱若虫的捕食作用. 植物保护学报, 28(3): 285–287.]
- Gao XH, Qu YX, Mu SM, Liu JZ, Wang X, 2000. Studies on the predatory functional responses and searching efficiency of *Propylaea japonica* on *Macrosiphum granarium*. *Journal of Laiyang Agriculture College*, 17(2): 103–106. [高孝华, 曲耀训, 牟少敏, 刘进展, 王霞, 2000. 龟纹瓢虫对麦蚜的捕食功能反应与寻找效应研究. 莱阳农学院学报, 17(2): 103–106.]
- 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.
- Ge F, 2008. Principle and Methods of Insect Ecology. Beijing: China Agricultural Science and Higher Education Press. 201–223. [戈峰, 2008. 昆虫生态学原理与方法. 北京: 高等教育出版社. 201–223.]
- Guan XQ, 2011. The predation functional response and selection of *Leis axyridis* against aphid. *Hubei Agricultural Sciences*, 50(12): 2442–2445. [关晓庆, 2011. 异色瓢虫对枸杞蚜虫的捕食功能反应及选择. 湖北农业科学, 50(12): 2442–2445.]
- Hu GF, 1992. Functional responses of larvae of three ladybirds, *Adonia variegata*, *Coccinella septempunctata* and *Coccinella transversogutata* to the aphid *Schizaphis graminum* (Homopoda: Aphididae). *Natural Enemies of Insects*, 14(4): 180–185. [胡冠芳, 1992. 三种瓢虫幼虫捕食麦二叉蚜的功能反应. 昆虫天敌, 14(4): 180–185.]
- Lin KJ, Wu KM, Liu SB, Zhang YJ, Guo YY, 2002. Functional responses of *Chrysopa sinica*, *Propylaea japonica* and *Leis axyridis* to *Bemisia tabaci*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(3): 339–343. [林克剑, 吴孔明, 刘山蓓, 张永军, 郭予元, 2006. 中华草蛉、龟纹瓢虫和异色瓢虫对 B 型烟粉虱的捕食功能反应. 昆虫知识, 43(3): 339–343.]
- Liu AP, Xu LB, Wang H, 2007. Investigation on occurrence of

- Lycium barbarum* pests and its natural enemies. *China Plant Protection*, 27(8): 31–33. [刘爱萍, 徐林波, 王慧, 2007. 枸杞害虫及其天敌的种类和发生规律调查. 中国植保导刊, 27(8): 31–33.]
- Liu XL, Li F, Li XL, Ma JG, Liu CG, 2013. Study on population dynamics and vertical activity habits of *Paratrioza sinica* Yang&Li. *Northern Horticulture*, (12): 122–124. [刘晓丽, 李锋, 李晓龙, 马建国, 刘春光, 2013. 枸杞木虱种群动态及其垂直分布特征研究. 北方园艺, (12): 122–124.]
- Liu AP, Xu LB, Wang H, 2007. The occurrence regularity and control measures of the insect pests in Chinese wolfberry. *Protection Forest Science and Technology*, (6): 64–66. [刘爱萍, 徐林波, 王慧, 2007. 枸杞害虫发生规律及防治对策. 防护林科技, (6): 64–66.]
- Lu WY, Qin XF, Du KS, 2010. Dynamics of pest and natural enemy community in wheat field. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 18(1): 111–116. [吕文彦, 秦雪峰, 杜开书, 2010. 麦田害虫与天敌群落动态变化研究. 中国生态农业学报, 18(1): 111–116.]
- Lu ZH, Yin Y, Yang YZ, 2009. The effects of rain wash on cereal aphids and predators. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 37(35): 17547–17548. [卢子华, 印毅, 杨益众, 2009. 雨水冲刷对麦蚜与捕食性天敌的影响. 安徽农业科学, 37(35): 17547–17548.]
- Ren YP, Hu ZG, 2004. The progress of research on chemical control for main diseases and insect pests of Chinese wolfberry in Ningxia. *Journal of Ningxia Agricultural College*, 25(3): 88–91. [任月萍, 胡忠庆, 2004. 宁夏枸杞主要病虫害化学防治研究进展. 宁夏农学院学报, 25(3): 88–91.]
- Ren YP, Liu SX, 2006. Research of the predated and hunted functional response of *Propylaea japonica* to wheat aphid. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(1): 20–21. [任月萍, 刘生祥, 2006. 龟纹瓢虫对麦蚜的捕食功能反应及寻找效应研究. 农业科学研究, 27(1): 20–21.]
- Tan DF, Chen AL, 2006. Bionomics of *Paratrioza sinica* and its control. *Journal of Qinghai Normal University (Natural Science)*, (4): 91–94. [谭大风, 陈阿兰, 2006. 枸杞木虱的生物学特性及其防治. 青海师范大学学报, 自然科学版, (4): 91–94.]
- Tian ZR, Liu WR, Zhou SM, 1998. Following phenomenon of the natural enemy population against wheat aphid. *Plant Protection Technology and Extension*, 18(1): 6–8. [田正仁, 刘万仁, 周世明, 1998. 蚜虫天敌复合种群对麦蚜的跟随现象. 植保技术与推广, 18(1): 6–8.]
- Wang S, Zhang RZ, Zhang F, 2007. Research progress on biology and ecology of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera Coccinellidae). *Chinese Journal of Applied Ecology*, 18(9): 2117–2126. [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.]
- Wu FZ, Gao ZN, 1984. Analysis and description of the fauna and species of Chinese wolfberry in Ningxia. *Ningxia Agricultural Science And Technology*, (5): 22–26. [吴福桢, 高兆宁, 1984. 宁夏枸杞害虫区系分析及种类记述. 宁夏农业科技, (5): 22–26.]
- Xu CQ, Liu S, Qiao HL, Chen J, Guo K, Yu J, Yu LY, 2013. Effects of bionic glue on experimental population dynamics of *Paratrioza sinica* and its natural enemies. *Chinese Journal of Chinese Materia Medica*, 38(5): 666–669. [徐常青, 刘赛, 乔海莉, 陈君, 郭昆, 于晶, 余柳英, 2013. 仿生胶对枸杞木虱及其天敌种群动态的影响. 中国中药杂志, 38(5): 666–669.]
- Xue LW, Li YN, 2000. Nutrition and health functions of *Lucium barbarum* L. *Guangdong Trace Elements Science*, 7(6): 1–4. [薛立文, 李以暖, 2000. 枸杞子的营养和保健功能. 广东微量元素科学, 7(6): 1–4.]
- Yin Y, 2004. Study on the occurrence and damage of critical aphid population and its main influencing factors. Master dissertation. Yangzhou: Yangzhou University. [印毅, 2004. 麦蚜种群的发生与主要影响因子分析. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学.]
- Yu HL, Li LM, Zhang SC, Yu Y, Zhang AS, Li LL, Zhou XH, Zhuang QY, Men XY, Ye BH, 2014. Effect of suppression of natural enemies on wheat aphids using enclosures in wheat fields. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1): 107–113. [于汉龙, 李林懋, 张思聪, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 周仙红, 庄乾营, 门兴元, 叶保华, 2014. 应用罩笼法定量评价天敌对麦蚜的控害作用. 应用昆虫学报, 51(1): 107–113.]
- Zhang CH, Ma YL, 1982. Preliminary observation of *Paratrioza sinica* in Hami. *Xinjiang Agricultural Sciences*, (5): 13–14. [张长海, 马玉铃, 1982. 哈密枸杞木虱的初步观察. 新疆农业科学, (5): 13–14.]
- Zhang J, Tao W, Li JX, Yang YB, Chen GH, 2007. Study on the predacious function of *Harmonia axyridis* to *Pseudococcus comstocki* (Kuwana). *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 20(4): 662–665. [张娟, 陶玫, 李金秀, 杨永波, 陈国华, 2007. 异色瓢虫对康氏粉蚧的捕食功能. 西南农业学报, 20(4): 662–665.]
- Zhang Y, Liu S, Qin QJ, He YZ, 2006. Predation of *Harmonia axyridis* (Pallas) on aphid species, *Chaitophorus populeti* (Panzer), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) and *Lipaphis erysimi* (Kaltback). *Chinese Agricultural Bulletin*, 22(12): 323–326. [张岩, 刘顺, 秦秋菊, 何运转, 2006. 异色瓢虫对菜缢管蚜、禾谷缢管蚜和白杨毛蚜的捕食作用. 中国农学通报, 22(12): 323–326.]
- Zhang Y, Qin QJ, Chen J, Liu S, He YZ, 2008. Effects of five species aphids on development and fecundity of *Harmonia axyridis* (Pallas). *Acta Phytophylacica Sinica*, 35(5): 394–398. [张岩, 秦秋菊, 陈洁, 刘顺, 何运转, 2008. 五种蚜虫对异色瓢虫生长发育和繁殖的影响. 植物保护学报, 35(5): 394–398.]
- Zhao ZH, Ouyang F, He DH, 1998. Edge effects and spillover effects of natural enemies on different habitat interfaces of agricultural landscape. *Scientia Sinica (Vita)*, 42(10): 825–840. [赵紫华, 欧阳芳, 贺达汉, 2012. 农业景观中不同生境界面麦蚜天敌的边缘效应与溢出效应. 中国科学: 生命科学, 42(10): 825–840.]
- Zhao ZH, Zhang R, He DH, Wang F, Zhang TT, Zhang ZS, 2009. Risk assessment and control strategies of pests in *Lycium barbarum* fields under different managements. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 20(4): 843–850. [赵紫华, 张蓉, 贺达汉, 王芳, 张婷婷, 张宗山, 2009. 不同人工干扰条件下枸杞园害虫的风险性评估与防治策略. 应用生态学报, 20(4): 843–850.]