

释放异色瓢虫对北京温室甜椒和圆茄上 桃蚜的控害效果

李 姝^{1,2} 王 甦¹ 赵 静¹ 杨丽文^{1,2} 高希武² 张 帆^{1*}

(1. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097; 2. 中国农业大学昆虫学系, 北京 100193)

摘要: 为评价异色瓢虫在温室条件下对桃蚜的控害能力及效益, 在甜椒和圆茄生产温室中以生物农药防治为对照, 开展释放异色瓢虫控制桃蚜的示范试验, 分析天敌害虫的种群动态变化, 并计算防治成本。结果显示: 异色瓢虫能够持续控制甜椒温室中桃蚜种群密度, 其定殖率在蚜虫暴发高峰期时最高, 为 64%; 且甜椒产量及经济效益高于生物农药防治。在圆茄温室中, 前期释放的异色瓢虫使桃蚜高峰延缓 1 周出现; 在增加瓢虫释放量后, 1 周内桃蚜种群密度下降了 79%, 且瓢虫定殖率达到 86%, 控害效果较好。表明通过生产期全程监测天敌-害虫的种群动态, 在植株定植 15 d 后每周确定益害比, 通过 2~3 个月持续释放异色瓢虫, 可有效、持续控制整个生产期桃蚜为害。

关键词: 异色瓢虫; 桃蚜; 生物防治; 温室; 经济成本评价

Efficacy of multicolored Asian lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) against green peach aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) on vegetables under greenhouse conditions

Li Shu^{1,2} Wang Su¹ Zhao Jing¹ Yang Liwen^{1,2} Gao Xiwu² Zhang Fan^{1*}

(1. Institute of Plant and Environmental Protection, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 2. Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: In order to evaluate the control ability and benefit of multicolored Asian beetle, *Harmonia axyridis* against green peach aphid, *Myzus persicae*, *H. axyridis* was released to control *M. persicae* in pimiento and eggplant greenhouses and biological insecticide was also applied as a control. The results showed that *H. axyridis* could suppress population density of *M. persicae* in the pimiento greenhouse. The colonization rate of *H. axyridis* was 64% at the peak of *M. persicae* population. In addition, the yield of pimiento and benefits by releasing *H. axyridis* were higher than those by applying biological insecticides. In eggplant greenhouses, releasing *H. axyridis* delayed the peak of aphids by one week. The population density of *M. persicae* was declined by 79% and the colonization rate of *H. axyridis* reached 86% when the number of released *H. axyridis* was increased. These results indicated that monitoring the population dynamics of natural enemies and pests in the entire stage could definitely facilitated the ratio of natural enemy and pest per week 15 days after planting. Releasing *H. axyridis* in the early two to three months could be cost-effective and sustainable in controlling *M. persicae* in vegetable greenhouses.

Key words: *Harmonia axyridis*; *Myzus persicae*; biological control; greenhouse; economic benefits

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2013CB127605), 北京市博士后基金, 北京市农林科学院博士后基金

作者简介: 李姝, 女, 1984 年生, 博士后, 研究方向为蔬菜害虫的生物防治, E-mail: ls_baafs@163.com

* 通讯作者 (Authors for correspondence), E-mail: zhf6131@263.net

收稿日期: 2014-10-15

茄果类蔬菜因营养丰富,产值较高而成为设施蔬菜的主栽品种,并深受广大消费者的欢迎。但在其生产过程中,容易受到如蚜虫、粉虱、螨类、蓟马等多种害虫的为害。桃蚜 *Myzus persicae* Sulzer 是造成严重为害的害虫之一,主要通过刺吸菜叶汁液,为害嫩叶、花梗,影响开花、结实,还传播多种病毒病,带来严重的经济损失。目前在田间防控桃蚜仍以化学药剂防控为主^[1-2]。但频繁、大量使用化学药剂,极易使害虫产生抗药性、导致农药残留,严重影响防效和农产品的质量安全,而且污染环境。利用捕食性瓢虫对桃蚜等害虫进行生物防治,是现代温室绿色植物保护体系中的有效举措^[3]。

异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas) 原产于亚洲地区,是蚜虫的主要天敌之一,作为害虫的重要生物防治天敌,在世界各地发挥了极大的控害功效^[4-6]。我国有关异色瓢虫的人工饲养^[7]、生物学^[8]、生态学^[9-10]等方面的研究较多,却鲜见关于其生产中释放利用和控制效果评价等的报道。本研究在北京生产性温室条件下,针对桃蚜在甜椒和圆茄生产过程中的发生特点,人工释放异色瓢虫控制其为害;同时基于田间异色瓢虫和桃蚜种群动态,调节异色瓢虫的释放数量,并对防治效果及成本进行综合评价,以期温室茄果类蔬菜害虫的生物防治提供实用技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

试验地点:北京市诺亚农业发展有限公司(平谷区马昌营镇 116°59'E, 40°6'N)有机蔬菜基地,于 2013 年获得有机认证。

供试蔬菜:甜椒品种为中椒 5 号;圆茄品种为京茄一号。均在 2014 年 3 月 6 日播种,3 月 31 日定植,甜椒 9 月 2 日、圆茄 9 月 16 日采收结束。

供试昆虫:异色瓢虫由北京市农林科学院植保环保所天敌昆虫研究室提供。在北京市诺亚农业发展有限公司天敌良种繁育车间,温度 25 ± 1 °C、相对湿度 $(65 \pm 5)\%$ 、光照强度 3 000 lx 以及光照周期 16 L:8 D 条件下,于养虫笼(铝合金+纱网制,80 目,75.0 cm × 55.0 cm × 50.0 cm)中,以蚕豆苗繁殖的豌豆修尾蚜 *Megoura japonica* 饲养扩繁 3 代以上供试。

供试药剂:0.5% 藜芦碱(veratrine)可溶液剂,河北广盛生物科技有限公司;5% 除虫菊(pyrethrin)乳油,红河森菊生物有限责任公司。

1.2 方法

选择结构和大小完全相同的甜椒和圆茄各 2 个温室,每个温室 733 m²,甜椒种植密度:2 行/畦 × 23 株/行 × 48 畦 = 2 208 棵;圆茄种植密度:2 行/畦 × 16 株/行 × 48 畦 = 1 536 棵,均采用有机蔬菜管理标准进行日常农事操作,每周打底叶 1 次。分别在甜椒和圆茄温室释放异色瓢虫和喷洒生物农药(对照),共设异色瓢虫-甜椒、生物农药-甜椒、异色瓢虫-圆茄、生物农药-圆茄 4 个处理,除蚜虫防治外,其它栽培管理措施相同。

1.2.1 甜椒和圆茄温室释放异色瓢虫试验

在甜椒和圆茄温室中,自 4 月 14 日起(即作物定植后 15 d),每周定期调查桃蚜和异色瓢虫种群动态。采用“棋盘式”取样方法,每点随机选取 5 株植物,随机抽取植株上部 3 片叶片,分别观察记载其上桃蚜及异色瓢虫种群数量,并计算每百株桃蚜数量,百株桃蚜数量 = 调查桃蚜数量/调查株数 × 100。依据桃蚜发生动态,按照益害比,释放 1 次 2~3 龄异色瓢虫幼虫。甜椒温室:调查 20 次;释放比例为 1:20,连续释放 7 次,累计百株释总量为 738 头,整个温室总计释放 16 410 头。圆茄温室:调查 22 次;释放比例为 1:10,连续释放 12 次,累计百株释放量为 2 382 头,整个温室总计释放 35 870 头。

1.2.2 甜椒和圆茄温室施用生物农药试验

在甜椒和圆茄温室中,自 4 月 14 日起(即作物定植后 15 d),每周定期调查桃蚜种群动态。调查方法同上。依据桃蚜发生动态,每周喷 1 次 0.5% 藜芦碱溶液 400~600 倍稀释液或 5% 除虫菊乳油用药量 450 mL/hm²,均匀喷雾;2 种药剂轮换使用。甜椒温室:共 20 次,施用藜芦碱 6 840 mL,除虫菊 4 090 mL;圆茄温室:共 22 次,施用藜芦碱 8 120 mL,除虫菊 4 929 mL。

1.2.3 异色瓢虫在温室内的定殖动态

在异色瓢虫处理温室,统计异色瓢虫释放前后种群数量,并计算异色瓢虫定殖率、益害比及种群数量变化率。异色瓢虫定殖率 = 当月调查异色瓢虫数量/(当月释放数量 + 上月调查异色瓢虫数量) × 100%;益害比 = 异色瓢虫数量/桃蚜数量;种群数量变化率 = (第 2 次调查数量 - 第 1 次调查数量)/第 1 次调查数量 × 100%,其中正值为种群增长率,负值为种群减退率。

1.2.4 防治效益与成本评价

本试验投入成本只计算购买瓢虫(或药剂)费用和释放(施药)人工费用。所用材料单价如下:异

色瓢虫: 0.2 元/头; 藜芦碱: 25 元/100 mL; 除虫菊: 40 元/100 mL; 单次人工费用: 70 元。计算公式: 瓢虫(或药剂)费用 = 单价 × 释放(施药)用量; 人工费 = 单次人工费 × 释放(施药)次数。

1.3 数据分析

数据经 Excel 2010 软件处理后, 用 SigmaPlot 12.0 绘制种群发生动态图。

2 结果与分析

2.1 不同处理方法对桃蚜种群动态的影响

不同温室中异色瓢虫均能有效降低桃蚜的种群数量, 控制其发展和为害(图 1)。在甜椒温室中, 异色瓢虫处理的桃蚜高峰期比生物农药处理提前 1 周, 但峰值比生物农药处理低 9%。在 5—6 月桃蚜暴发期内, 异色瓢虫处理区的桃蚜种群密度始终低于生物农药区, 保持在较低水平; 7 月初桃蚜种群有小幅上升, 但数量较低, 未对生产造成影响(图 1-

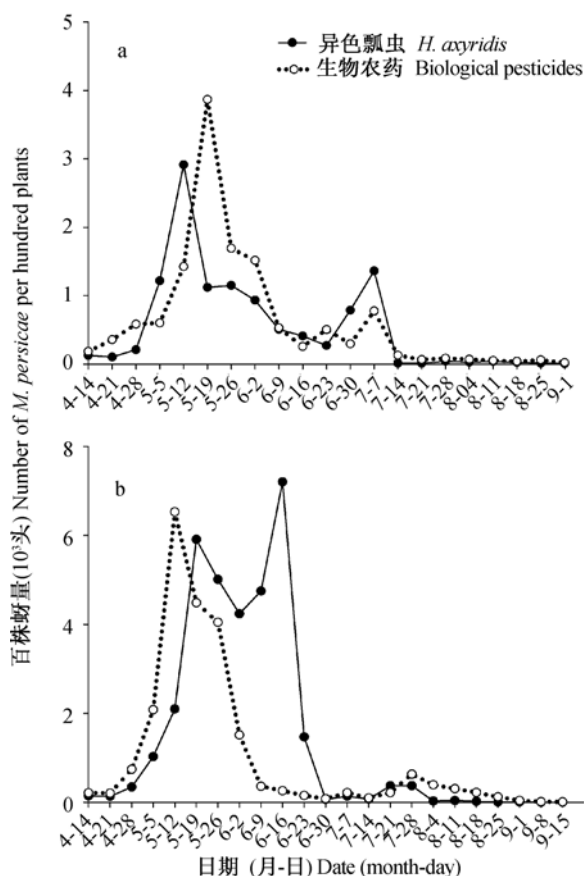


图 1 不同处理方法对温室桃蚜种群发生动态的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on the population dynamics of *Myzus persicae* in greenhouses

a: 甜椒温室; b: 圆茄温室。a: Pimiento greenhouse; b: eggplant greenhouse.

a)。在圆茄温室中, 异色瓢虫释放使桃蚜种群高峰暴发比生物农药处理延后 1 周, 且峰值也降低 10%; 6 月中下旬, 生物农药处理的桃蚜种群暴发第 2 次高峰。增加瓢虫投放量后, 桃蚜种群密度在 1 周(6 月 16 日—6 月 23 日)内下降了 79%, 此后一直处于较低水平, 在 7 月以后, 二者达到平衡(图 1-b)。

2.2 异色瓢虫处理对其与桃蚜种群消长动态的影响

桃蚜与异色瓢虫种群动态在一定时间内此消彼长, 最后趋于平稳。蚜虫发生后引入的异色瓢虫高峰期比桃蚜高峰期约晚 2 周左右, 异色瓢虫的种群数量随蚜虫数量的上升而稳定增加, 蚜虫种群则随瓢虫数量增加而骤降, 作物生长后期天敌、害虫的种群数量均显著减少(图 2)。6 月份圆茄温室中, 尽管瓢虫种群数量一直处于较高水平, 但蚜虫数量仍处于较高水平, 说明蚜虫种群密度过高时, 单靠异色瓢虫可能不会在短期内有效控制其为害(图 2-b)。

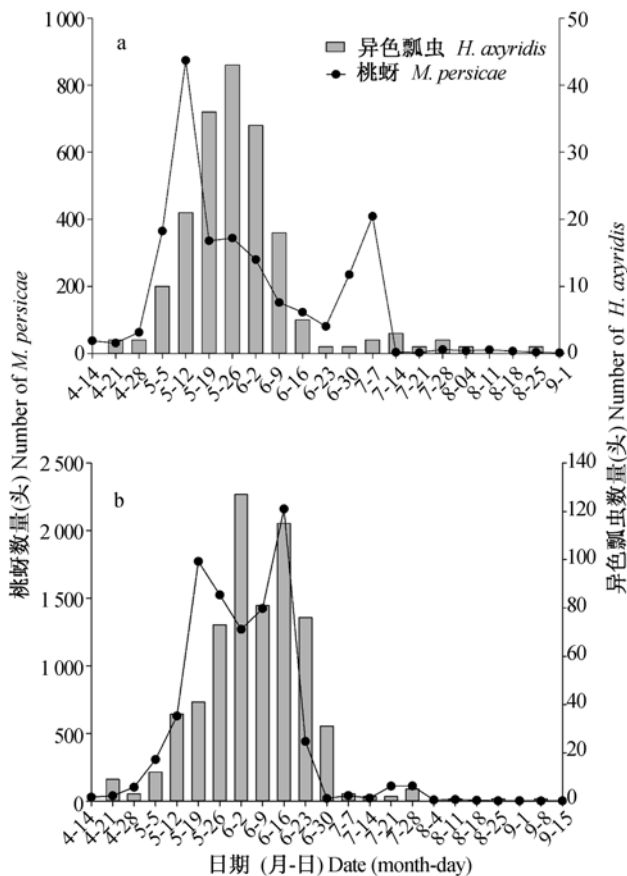


图 2 异色瓢虫处理温室桃蚜和异色瓢虫数量动态变化

Fig. 2 Dynamics of the numbers of *Myzus persicae* and *Harmonia axyridis* in greenhouses

a: 甜椒温室; b: 圆茄温室。a: Pimiento greenhouse; b: eggplant greenhouse.

2.3 异色瓢虫在温室内的定殖动态

异色瓢虫释放后可以在温室中定殖,但在月份间变化幅度很大,甜椒和圆茄温室的定殖率分别为7%~64%和5%~86%,其定殖存活率受蚜虫和瓢虫种群数量变化的双重影响。

在甜椒温室中,经过4—5月持续释放异色瓢虫,其与桃蚜田间实际益害比从释放初期4月的1:26上升到5、6月的1:18、1:11,但随着桃蚜种群数量减少,7月益害比明显降低为1:74,7月初桃蚜发生小高峰,8月小幅上升到1:50。瓢虫种群增

长率5月剧增至最高为2650%,6、7月逐渐减少,种群减退率分别为47%和84%;同时蚜虫种群减退率在6月份达最大,为67%;7月在较低密度下恢复增长(表1)。

在圆茄温室中,4—6月持续释放异色瓢虫,4、5、6、7、8月田间实际益害比分别为1:14、1:26、1:13、1:7、1:14,始终保持较高水平。5—6月瓢虫和蚜虫的种群变化率均为正值,说明2种群均处于增加状态;在6月异色瓢虫种群增长率显著高于桃蚜,但7月相反;在7、8月后2种群同时衰退(表1)。

表1 异色瓢虫及桃蚜种群动态调查结果比较

Table 1 Comparison of the populations of *Harmonia axyridis* and *Myzus persicae* in different treatments

日期 Date	甜椒温室 Pimiento greenhouse				圆茄温室 Eggplant greenhouse			
	瓢虫定殖率(%) Colonization rate of <i>H. axyridis</i>	益害比 Ratio of natural enemy to pest	种群变化率(%) Ratio of population density		瓢虫定殖率(%) Colonization rate of <i>H. axyridis</i>	益害比 Ratio of natural enemy to pest	种群变化率(%) Ratio of population density	
			瓢虫 <i>H. axyridis</i>	桃蚜 <i>M. persicae</i>			瓢虫 <i>H. axyridis</i>	桃蚜 <i>M. persicae</i>
4月 April	9	1:26	—	—	20	1:14	—	—
5月 May	64	1:18	2 650	1 354	44	1:26	1 250	2 362
6月 June	55	1:11	-47	-67	86	1:13	146	25
7月 July	15	1:74	-84	4	11	1:7	-89	-94
8月 August	7	1:50	-78	-95	5	1:14	-91	-90

2.4 防治效益与成本评价

在甜椒温室中,释放瓢虫处理与施用生物农药投入的成本基本相当,但喷洒农药人工费用(1 400元)要远高于释放瓢虫(490元),且后者安全省力、节水方便,具有持续控害能力;从产量上看,释放瓢虫处理区比生物农药对照区增产277 kg,有较高的

经济效益。

在圆茄温室中的结果与甜椒温室相反,释放瓢虫处理的投入成本比生物农药对照高出2 612元,产量减少了264 kg。实际调查中发现,尽管温室中益害比始终保持在1:7~1:26的较高水平,但蚜虫的种群数量一直较高(表2)。

表2 不同处理的防治成本与产量

Table 2 The harvest and economic benefits of different treatments

温室 Greenhouse	投入成本 Input cost (RMB/greenhouse)						产量 Yield (kg)	
	处理 Treatment			对照 Control			瓢虫 Lady beetle	农药 Biological pesticides
	瓢虫 Lady beetle	人工 Labor	总计 Total	农药 Biological pesticides	人工 Labor	总计 Total		
甜椒温室 Pimiento greenhouse	3 282	490	3 772	3 346	1 400	4 746	2 066	1 789
圆茄温室 Eggplant greenhouse	7 174	840	8 014	4 002	1 540	5 542	2 449	2 713

3 讨论

根据天敌对靶标猎物的捕食能力,并基于害虫种群数量确定天敌释放数量,是保证控害效果的前提。异色瓢虫对桃蚜室内捕食功能反应研究表明,2、3、4龄幼虫和成虫对桃蚜日最大捕食量分别为8.6、30.7、94.2、38.3头^[11-12]。孙兴全等^[13]利用异色瓢虫防治棚栽草莓蚜虫的释放比为1:100,3 d和6 d后虫口减退率分别达到了69%和88%,证明异色瓢虫防控草莓上的棉蚜取得了良好效果。吴凌飞和耿丰华^[14]报道了释放异色瓢虫1.5万头/hm²对小麦穗蚜的控制效果,5 d和10 d后虫口减退率可达到28%和84%。但这2个研究都仅是一次释放瓢虫后一段时间内的防控效果,并没有关于田间天敌和害虫的种群动态变化情况。而在本研究中,充分考虑了温室内异色瓢虫定殖率、搜寻能力及蚜虫密度分布等因素,因此将异色瓢虫起始释放比例定为1:20和1:10,大于室内试验理论值,并及时根据温室内蚜虫种群数量动态进行释放数量调整,实际益害比保持在1:26以上,且随蚜虫种群数量变化而增减,达到了较好的控害效果。害虫种群动态和数量调查尤为重要,以此及时调整释放策略,才能在生产中应用异色瓢虫防治达到预期的控害效果。建议在生产实践中,重视虫情的全程监测,依据田间天敌-害虫的种群动态,在植株定植15 d后每周确定益害比,持续释放天敌。仅在前2~3个月释放,即可防控整个生产期。但若想要精确掌控田间益害比,还需要结合天敌和害虫二者的生物生态学特性、生命表参数等开展进一步的研究与探索,最终提出简单实用的释放模型或田间操作规范,才能使这项技术获得广泛应用。

天敌在特定环境内能否定殖,是影响其控害能力,尤其是持续控害效果的重要因素。本研究发现,在温室环境中,生产中期瓢虫和蚜虫种群在发生发展过程中互相牵制和制约,天敌定殖率可达到50%以上,能够在短时间内压低甚至消灭害虫。而生产前期和后期蚜虫数量较低时天敌定殖率小于20%,可能释放的低龄幼虫处于温室相对封闭的环境中,扩散能力有限,会因食物缺乏而死亡。因此,建议在生产前期增加储蓄植物系统(banker plant),引入替代猎物及植物,为天敌提供食物使其提前在温室中定殖^[15]。在生产后期主栽蔬菜上害虫种群数量较低时,引入诱集植物或蜜源植物等,诱集天敌,为其提供补充营养,减少天敌因食物短缺死亡的损失。

同时应用异色瓢虫防控时,除应考虑更加合理的益害比,维持二者的低密度下平衡外,还需要研发瓢虫田间保育、诱集回收再利用等技术模式,探索增加天敌植物支持系统、调整天敌释放策略等技术措施,降低应用成本,提高控害效益。目前关于天敌植物支持系统在田间应用的研究较少,还需要后续工作进一步探索。

本研究结果表明,甜椒温室应用异色瓢虫防控效果、经济效益比圆茄温室好,这可能与2种蔬菜上不同的害虫发生动态有关。甜椒温室生产中害虫主要以桃蚜为主,而圆茄温室后期茶黄螨 *Polyphagotarsonemus latus* (Banks)成为主要害虫,这可能与圆茄叶片大,适宜桃蚜扩增或当时螨虫发生严重,致使圆茄本身抗虫害能力下降,使蚜虫有了反复暴发的可能。生物农药对照温室内药剂可以兼治叶螨,增加了整体控制效果,而异色瓢虫对其防控作用较差。因此,在对多种害虫混合发生的温室蔬菜生产中,应采用多种天敌复合释放的策略。

本研究仅从投入成本及产量上对应用天敌昆虫和生物农药进行评价,而农产品品质、价格差异等因素对经济收益的影响,还有待进一步试验探索。从生态效益角度来看,长期应用天敌昆虫进行生物防治不仅减少了化学农药的使用量以保证蔬菜安全,而且使天敌昆虫免受化学农药的杀伤,有利于其在温室内定殖并建立种群。在后续调查中发现,经过农耕、休耕2个月后,在原瓢虫释放温室中,仍有部分天敌昆虫(异色瓢虫及寄生蜂等)在田间定殖,可见此温室的生态环境良好,天敌昆虫的种群得以恢复和发展,从而更有效地抑制植株苗期害虫的发生和为害,提高对害虫的控制水平。

致谢:北京市诺亚农业发展有限公司职工寇景菊和孙玲、长江大学农学院本科生王文生、浙江农林大学农业与食品科学学院本科生王伟松及吴念子参加调查工作,特此致谢!

参 考 文 献 (References)

- [1] 侯慧锋, 王海荣. 25% 噻虫嗪水分散性粒剂防治桃蚜田间药效试验简报. 现代农药, 2010, 9(3): 55-56
- [2] 康总江, 宫亚军, 石宝才. 22.4% 螺虫乙酯悬浮剂防治苹果黄蚜田间药效研究. 北方园艺, 2013(13): 157-158
- [3] Dixon A F G. Insect predator-prey dynamics: ladybird beetles and biological control. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 33-34
- [4] Trouve C, Ledee S, Ferran A, et al. Biological control of the damson-hop aphid, *Phorodon humuli* (Hom.: Aphididae) using the ladybeetle *Harmonia axyridis* (Col.: Coccinellidae).

- BioControl, 1997, 42(1): 57–62
- [5] 王小艺, 沈佐锐. 四种杀虫剂对桃蚜和异色瓢虫的选择毒性及害虫生物防治与化学防治的协调性评价. 农药学学报, 2002, 4(1): 34–38
- [6] de Clercq P, Peeters I, Vergauwe G, et al. Interaction between *Podisus maculiventris* and *Harmonia axyridis* two predators used in augmentative biological control in greenhouse crops. BioControl, 2003, 48(1): 39–55
- [7] 郭建英, 万方浩. 三种饲料对异色瓢虫和龟纹瓢虫的饲喂效果. 中国生物防治, 2001, 17(3): 116–120
- [8] Koch R L. The multicoloured Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: a review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. Journal of Insect Science, 2003, 3(3): 32
- [9] 王甦, 张润志, 张帆. 异色瓢虫生物生态学研究进展. 应用生态学报, 2007, 18(9): 2117–2126
- [10] 赵静, 陈珍珍, 曲建军, 等. 异色瓢虫成虫冷驯化反应及体内几种酶活力的相关变化. 昆虫学报, 2010, 53(2): 147–153
- [11] 邓建华, 谭仲夏, 单琼丽, 等. 异色瓢虫对烟蚜的捕食功能反应及密度干扰效应. 西南农业大学学报, 2002, 24(5): 433–435
- [12] Seko T, Miura K. Functional response of the lady beetle *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) on the aphid *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). Applied Entomology and Zoology, 2008, 43(3): 341–345
- [13] 孙兴全, 陈文龙, 陈志兵, 等. 异色瓢虫的人工饲料及防治棚栽草莓蚜虫的初步研究. 上海农学院学报, 1996, 14(2): 133–137
- [14] 吴凌飞, 耿丰华. 异色瓢虫对小麦穗蚜的控制效果研究. 现代农业科技, 2014(15): 141–143
- [15] 陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 等. 害虫天敌的植物支持系统. 应用昆虫学报, 2014, 51(1): 1–12
- (责任编辑: 高峰)