

异色瓢虫人工繁育与应用进展

孙贝贝, 尹哲*, 侯峥嵘, 李金萍

北京市植物保护站, 北京 100029

摘要: 异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)是蚜虫、蚧壳虫、粉虱、叶螨等农林害虫的捕食性天敌,具有适应性强、繁殖力强、食量大和食性广等特点,在蚜虫的生物防治中具有很好的应用前景。对国内外人工繁育、应用和释放等方面开展的研究进行了综述,以期对异色瓢虫大规模推广应用提供参考。

关键词: 异色瓢虫;人工繁育;应用

DOI: 10.3969/j.issn.2095-2341.2016.02.11

Progress on Artificial Breeding and Application of *Harmonia axyridis*

SUN Bei-bei, YIN Zhe*, HOU Zheng-rong, LI Jin-ping

Beijing Plant Protection Station, Beijing 100029, China

Abstract: *Harmonia axyridis* is a predatory natural enemy of aphids, scale insects, whitefly, spider mites and other agriculture and forestry pests. It has the characteristics of strong adaptability, high fecundity, large predating quantity, wide feeding habits and so on. The domestic and international development of artificial breeding and application situation were reviewed in this paper to provide references for large-scale promotion and application of *Harmonia axyridis*.

Key words: *Harmonia axyridis*; artificial breeding; application

瓢虫为鞘翅目瓢虫科昆虫的通称,种类繁多,全世界有记录的瓢虫超过 5 000 种,根据食性不同大致可分为植食性、捕食性和菌食性三大类^[1]。捕食性瓢虫约占瓢虫总数的 80%,以蚜虫、蚧壳虫、粉虱、叶螨以及一些鳞翅目害虫的幼虫和卵为食^[2],是农林害虫的重要天敌。其中,异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)是受到广泛关注的捕食性瓢虫之一,分布于我国除广东南部、香港以外的各个地区^[3],及日本、蒙古、俄罗斯等亚洲其他国家^[4]。与其他捕食性瓢虫相比,异色瓢虫具有适应性强、繁殖力强、食性广和取食量大等特点,作为一种优势性天敌,在世界农业生产中都占有重要地位,美国、欧洲等地区在 20 世纪初就开始引进异色瓢虫防治蚜虫^[5]。

因此,异色瓢虫是具有巨大应用价值的生防产品,国内外学者对其人工繁育和应用开展了大

量研究,本文在总结前人研究的基础上,从人工繁育和应用两大方面进行了论述,以期对异色瓢虫大规模推广应用提供参考。

1 人工繁育研究

实现规模化饲养的关键点有两个,一是有易于取得、成本低且来源稳定的饲料^[6],二是繁育和储存条件,国内外专家围绕这两方面开展了大量研究,取得了一些突破性的进展。

1.1 人工饲料

有效的人工饲料是实现天敌昆虫的规模化饲养、工厂化生产的基础,从 20 世纪 70 年代开始,国内外学者就对异色瓢虫的人工饲料开展了大量研究,近年来先后筛选了近百个配方,但是仍然难以解决产卵率低和孵化率低的问题。

收稿日期:2015-12-22; 接受日期:2016-01-28

基金项目:北京市科委重大项目(D14110500090000)资助。

作者简介:孙贝贝,助理农艺师,主要从事农业病虫害生物防治工作。E-mail: bpps1234@163.com。*通信作者:尹哲,高级农艺师,主要从事蔬菜病虫害生物防治工作。E-mail: yinze1216@163.com

异色瓢虫的人工饲料主要有化学规定饲料和实用饲料两类。化学规定饲料国内研究的较少,国外报道过一种由 18 种氨基酸、蔗糖、胆固醇、10 种氨基酸和 6 种无机盐组成的饲料,该饲料既不能使幼虫完成发育,也不能使成虫产卵,但添加雄蜂蛹粉的可溶性提取物后可促进产卵^[7]。

实用饲料包括昆虫源人工饲料和非昆虫源人工饲料。昆虫源人工饲料是以猪肝、鳞翅目昆虫的卵或幼虫、雄蜂蛹或幼虫、赤眼蜂蛹等为主,添加蜂蜜、蔗糖、玉米油、脂肪酸、Vc、胆固醇等物质,饲喂效果较好,但存在成本过高,难以大量获取等困难^[7-10]。除了昆虫源人工代饲料以外,张岫等^[11]还参照 Liu 等^[12]饲喂大草蛉的人工饲料进行改进后制作出一种异色瓢虫非昆虫源人工饲料。实用饲料对成虫的生殖仍有不利的影响,因此仅可以作为大规模饲养异色瓢虫幼虫阶段的食物,或作为低温储存期间补充营养的食物。

综合以上研究,各种人工饲料配方均无法实现异色瓢虫的周年人工繁育,蚜虫仍是保证瓢虫正常生长、发育和产卵的最佳饲料。

1.2 最适条件

瓢虫繁育和储存的最适条件研究是实现瓢虫工厂化繁育的另一个重要基础。影响昆虫发育的条件包括温度、湿度和光照等。研究发现,异色瓢虫生长发育的适宜温度为 20~30℃,最适温度为 25℃,温度过高易造成异色瓢虫死亡,而温度过低不利于成虫交配产卵^[13,14]。研究发现,20℃条件下,短光照(10L:14D)可显著缩短异色瓢虫成虫前发育历期,长光照(14L:10D)下成虫前发育历期显著延长;同时短光照下饲喂的异色瓢虫成虫多不产卵,而长光照下异色瓢虫雌性成虫正常产卵^[15-17]。大量繁殖异色瓢虫普遍选取的光周期为 L:D=16:8^[6,18]。

除了明确异色瓢虫繁育的适宜条件以外,长期储存的最适条件研究对延长产品的货架期,实现异色瓢虫产业化至关重要。目前对异色瓢虫的储藏一般采用低温冷藏,国内外从冷藏条件、冷藏对成虫生殖的影响等方面开展了大量研究^[3,19-24]。越冬代异色瓢虫储藏的适宜温度为 0~4℃,适宜湿度为 70%~80%,其中 0℃,RH75%条件下,储存 6 个月存活率超过 80%。人工扩繁代异色瓢虫卵、成虫和 1、2 龄幼虫的最适储藏温度均为 10℃,湿度为 70%~90%; 3、4 龄幼虫和蛹

的最适贮存温度为 10~12℃,湿度为 70%~90%。

利用光照和温度诱导成虫滞育可明显提高冷藏的存活率,延长冷藏时间^[25]。异色瓢虫是典型的短日照诱导滞育,成虫羽化初期是感受光周期的敏感时期。研究发现 20℃条件下,诱导滞育的临界光周期为 6.4L:17.6D 和 11.9L:8.1D^[26]。刘震^[27]研究发现诱导异色瓢虫成虫滞育较为适宜的温度为 14~16℃,较为适宜的光周期为 4~8 L,在此条件下定量饲喂 18~20 d,成虫便可以进入滞育状态。对于滞育成虫,最适宜的长期冷藏保存温度为 8~10℃。

1.3 产卵介质筛选

用天然饲料蚜虫人工饲养异色瓢虫时,卵多产于饲养蚜虫的植物叶片上,或者养虫的容器壁上,导致卵块难以搜集。侯峥嵘等^[28]通过比较人工繁育异色瓢虫对棉花叶片、蚕豆苗叶片、小油菜叶片、甘蓝叶片、条状折叠纸片和蜂窝状纸片 6 种产卵介质的趋向性,筛选出最佳的产卵介质为条状折叠纸片,条状折叠纸片在产卵选择性、产卵量、孵化率和介质保存期上均优于其他介质。

目前,有学者通过利用自动控温大棚周年种植白菜,培育白菜蚜虫,实现了异色瓢虫周年工厂化繁育^[29]。北京市植物保护站也开展了利用蚜虫繁育异色瓢虫的技术研究,建立了规模繁育技术规程,设计了不同虫态的包装和释放技术,并进行了示范应用。

2 应用和释放研究

瓢虫用于害虫生物防治已有 100 多年的历史,早在 1888 年,美国加利福尼亚州就成功引进瓢虫防治吹绵蚧。据统计截至 2004 年已有 6 个亚科近 42 种瓢虫被从原产地引入应用地区,并成功定殖发挥控害作用,每年还在不断增加^[30]。异色瓢虫原产于亚洲地区,一直被视为优秀的天敌品种。因此,虽然异色瓢虫的人工饲养存在着依靠天然饲料、成本较高等问题,但异色瓢虫的人工释放和应用早已开始。

2.1 害虫防治

美国夏威夷州和加利福尼亚州最早在 1916 年引入异色瓢虫,经过将近一百年的发展,截至 2011 年美国只有怀俄明州和阿拉斯加州没有发

现异色瓢虫定居^[31];20世纪末,异色瓢虫也被成功引入欧洲以及南美洲地区,很好的控制了蚜虫、蚧壳虫和粉虱等有害生物。法国研究人员通过实验室内筛选建立了异色瓢虫的不飞品系,用于控制温室棉蚜,避免因越冬迁出释放区域而大大提高了利用效率^[32,33]。

我国学者也就异色瓢虫在农业和林业生产中的应用开展了大量研究,其中大多为室内的捕食功能研究。室内研究表明,异色瓢虫可以捕食农田作物和果树上的蚜虫等害虫,如棉蚜[*Aphis gossypii* (Glover)]、豆蚜(*Aphis craccivora* Koch)、麦二叉蚜(*Schizaphis graminum*)、莲管蚜(*Rhopalosiphum nymphaeae*)、菜缢管蚜[*Lipaphis erysimi* (Kaltback)]、禾谷缢管蚜[*Rhopalosiphum padi* (Linnaeus)]、烟蚜[*Myzus nicotianae*]、梨二叉蚜[*Toxoptera piricola* (Mats)]、梨木虱[*Psylla pyrisuga* (Forster)]、苹果绵蚜[*Eriosoma lanigerum* (Hausman)]、苹果黄蚜、绣线菊蚜(*Aphis citricela*)、苹果瘤蚜(*Myzus malisuctae*)及桃树上的桃蚜[*Myzus persicae* (Sulzer)]、桃大尾蚜[*Hyalopterus arundinis* (Fabricius)]等^[34~40]。

异色瓢虫也是林业上的一种重要的捕食性天敌,对榆金花虫、毛白蚜(*Chaitophorus populialbae*)、槐蚜(*Aphis sophoricola*)、落叶松大蚜(*Cinara laricis*)、辽宁松干蚧[*Matsucoccus liaoningensis* (Tang)]、铁杉球蚜[*Adelges tsugae* (Annan)]等均有很好的控制作用^[41~43]。

除室内捕食功能研究外,国内学者也开展了一些田间释放实验。在大豆种植试验田中释放异色瓢虫,在不额外施用农药的条件下,可以很好地控制大豆蚜^[44];孙兴全等^[45]利用采集田间发生的蚜虫室内饲养出大量的异色瓢虫,释放于草莓棚中可减少草莓蚜虫的发生量。另外,利用麦田建立瓢虫早春饲养基地,人工助迁至果园中可有效控制苹果蚜虫;人工释放异色瓢虫于棉田、烟田中对棉蚜、烟蚜有较好的防治效果^[46~48]。在温室内释放异色瓢虫可有效、持续的控制甜椒和圆茄子上的桃蚜^[49]。

2.2 杀虫剂敏感性

国内外学者就农药对异色瓢虫应用效果的影响开展了大量研究,主要集中在繁殖力、捕食能力和存活率等方面^[50~52]。吡虫啉、鱼藤酮、氰戊菊脂、阿维菌素、抗蚜威和印楝素等6种杀虫剂亚致

死剂量对异色瓢虫日产卵量、卵孵化率和幼虫发育历期有很大影响^[53],而吡虫啉、鱼藤酮、氰戊菊脂、阿维菌素抑制了异色瓢虫的捕食作用,捕食量、寻找效应等都被减弱,处理猎物时间延长^[54]。安全性方面,常用的杀菌剂对异色瓢虫幼虫和成虫均较为安全;常用杀虫剂中苏云金杆菌、矿物油类杀虫剂、吡虫啉、除虫菊素——苦参碱微囊悬浮剂等对异色瓢虫比较安全^[55~58],杨琼等^[59]采用喷雾法测定结果表明,新型选择性杀虫剂吡蚜酮、噻虫嗪、哒螨灵、虫酰肼等对异色瓢虫的毒力低于吡虫啉和阿维菌素,对幼虫和成虫更安全。

对于选择性较高的药剂,可以考虑在田间与瓢虫交替或组合使用,提高防效,但具体的使用剂量、时期等缺乏相应的田间试验研究。除此之外,还研究了常用的杀虫剂对异色瓢虫保护酶的影响,结果表明低浓度杀虫剂对体内酶活性存在一定的不利影响。

2.3 释放技术

天敌田间释放受到环境条件影响,释放时期至关重要。郭建英等^[60]田间释放瓢虫未达到控制蚜虫的效果,是由于释放瓢虫后3~4 d强降雨导致瓢虫大量死亡。因此研究并制定异色瓢虫的释放技术规程至关重要。

瓢虫的释放时期、释放次数和释放量一般根据田间害虫的放生情况来确定,露地释放还要注意释放前后阶段的气候条件,避免恶劣条件影响瓢虫定殖。释放前应先取样调查,将蚜虫数量进行分级,通过田间调查和黄版监测了解田间害虫的发生情况。在百株蚜虫量100~150头^[61]或黄板上出现1~2头有翅蚜时开始第一次释放。释放次数可随田间蚜虫的发生情况调整,设施种植时,一般一个生长季释放3次可有效控制蚜虫。雒珺瑜等^[48]研究发现棉田防治棉蚜,每2 d释放一次在短期内效果较好,每3 d释放一次在较长期内效果较好。经济角度考虑,释放量以瓢蚜比为1:100较为适宜,可有效控制草莓、茄子、辣椒上的蚜虫^[62]。

卵、幼虫、成虫3种虫态均可释放,卵的释放以悬挂卵卡的形式,操作方便,但应注意悬挂位置,以及恶劣天气和天敌的影响。释放幼虫和成虫均可采用塑料盒,让瓢虫自行爬出觅食。幼虫抗药性差且具有自残习性,成虫捕食量大且对杀虫剂不如幼虫敏感,但容易四处扩散,因此,田间

蚜虫发生严重时,可3种虫态都释放,达到更好的控制效果。王夸平等^[47]通过比较烟蚜茧蜂和异色瓢虫单一释放和结合释放对烟蚜的防治效果,发现结合释放的效果好于单一释放,且两次联合释放后,对烟蚜的防效好于化学防治。因此,研究几种优势天敌的协同作用,可以为害虫的生物防治提供指导。

3 展望

综上所述,目前以可利用蚜虫等天然饲料大规模繁育异色瓢虫,工厂化繁育和田间应用各项技术已基本成熟,但异色瓢虫的应用还局限在小范围内。在当前全国农药减量和确保食品安全的背景下,应在蔬菜、果树生产中推广异色瓢虫释放技术,减少化学农药的使用。同时应该加强人工饲料的研究,以及异色瓢虫与其他种类的天敌协同作用和释放技术的研究,进一步降低生产成本,提高利用效率。

参 考 文 献

- [1] 庞虹. 瓢虫科分类研究的现状 [J]. 昆虫知识, 2002, 39(1): 17-22.
- [2] Evans E W. Ladybeetles as predators of insects other than *Hemiptera* [J]. Biol. Control, 2009, 51(2): 255-267.
- [3] 刘震, 徐洪富, 孔繁华, 等. 异色瓢虫成虫最适冷藏条件的研究 [J]. 山东农业科学, 2009, 6: 64-67.
- [4] 王小艺, 沈佐锐. 异色瓢虫的应用研究概况 [J]. 昆虫知识, 2002, 39(4): 255-259.
- [5] Koch R L. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts [J]. J. Insect Sci., 2003, 3: 1-16.
- [6] 王红托, 张伟东, 陈新中, 等. 异色瓢虫规模化生产技术及瓢虫工厂的建立 [J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(6): 1726-1731.
- [7] 杨洪, 熊继文, 张帆. 异色瓢虫人工饲料研究进展 [J]. 山地农业生物学报, 2003, 22(2): 169-172.
- [8] 吕晓东, 刘随存, 贾荟荣, 等. 异色瓢虫人工饲料研究现状和进展 [J]. 山西林业科技, 2015, 44(3): 35-37.
- [9] 卢绍辉, 宋宏伟, 梅象信, 等. 利用家蚕幼虫饲养异色瓢虫研究初报 [J]. 河南林业科技, 2009, 29(3): 31-32.
- [10] Ferran A, Gambier J, Parent S, et al.. The effect of rearing the ladybird *Harmonia axyridis* on *Ephesthia kuehniella* eggs on the response of its larvae to aphid tracks [J]. J. Insect Behav., 1997, 10: 129-144.
- [11] 张岫, 毛建军, 曾凡荣. 非昆虫源人工饲料对异色瓢虫生物学特性的影响 [J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(1): 35-40.
- [12] Liu F, Liu C, Zeng F. Effects of an artificial diet on development, reproduction and digestive physiology of *Chrysopa septempunctata* [J]. Biol. Control, 2013, 58(6): 789-795.
- [13] 陈洁, 秦秋菊, 孙文琰, 等. 温度对异色瓢虫实验种群的影响 [J]. 植物保护学报, 2008, 35(5): 405-409.
- [14] 王洪平, 纪树凯, 翟文博. 温度对异色瓢虫生长发育和繁殖的影响 [J]. 昆虫知识, 2009, 46(3): 449-452.
- [15] Berkvens N, Bonte L, Tirry P, et al.. Influence of diet and photoperiod on development and reproduction of European populations of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. Biol. Control, 2008, 53: 211-221.
- [16] Reznik S Y, Vaghina N P. Photoperiodic control of development and reproduction in *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). [J]. Eur. J. Entomol., 2011, 108: 385-390.
- [17] 张伟, 何运转, 黎丹, 等. 光周期和食物对异色瓢虫生长发育的影响 [J]. 河北农业大学学报, 2013, 36(1): 80-84.
- [18] 曾斌. 异色瓢虫人工大量繁殖与田间释放技术研究 [D]. 湖北: 华中农业大学, 硕士学位论文, 2013.
- [19] 滕树兵, 徐志强. 人工扩繁代异色瓢虫卵和成虫最适冷藏条件的探讨 [J]. 昆虫知识, 2005, 42(2): 180-183.
- [20] 赵静, 于令媛, 李敏, 等. 异色瓢虫成虫耐寒能力的季节性变化 [J]. 昆虫学报, 2008, 51(12): 1271-1278.
- [21] 潘悦, 常寿荣, 张晓龙, 等. 不同冷藏条件对越冬代异色瓢虫成虫存活率的影响 [J]. 湖南农业科学, 2012, (17): 77-78, 81.
- [22] Awad M, Kalushkov P, Nedvředová T, et al.. Fecundity and fertility of ladybird beetle *Harmonia axyridis* after prolonged cold storage [J]. Biol. Control, 2013, 58: 657-666.
- [23] 孙梅梅, 陈若霞, 柴伟纲, 等. 低温冷藏对越冬代异色瓢虫的影响 [J]. 浙江农业科学, 2014, (12): 1843-1844.
- [24] 郭喜红, 李金萍, 尹哲, 等. 人工扩繁异色瓢虫幼虫和蛹最适储存条件研究 [J]. 湖北农业科学, 2014, 53(15): 3542-3545.
- [25] 王伟, 张礼生, 陈红印, 等. 瓢虫滞育的研究进展 [J]. 植物保护, 2011, 37(5): 27-33.
- [26] 张伟, 刘顺, 李娜, 等. 光周期对异色瓢虫生殖滞育的影响 [J]. 植物保护学报, 2014, 41(8): 495-500.
- [27] 刘震. 人工扩繁代异色瓢虫最适冷藏条件研究 [D]. 山东: 山东农业大学, 硕士学位论文, 2009.
- [28] 侯峥嵘, 郭喜红, 王璐, 等. 人工繁育异色瓢虫产卵介质的筛选试验 [J]. 湖北农业科学, 2015, 54(12): 2904-2906.
- [29] 李连枝. 异色瓢虫工厂化繁育技术研究 [J]. 山西林业科技, 2011, 40(1): 28-30.
- [30] 张帆, 杨洪, 王甦. 瓢虫的大量饲养与应用 [A]. 见: 曾凡荣, 陈红印. 天敌昆虫饲养系统工程 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009, 138-162.
- [31] Brown P M J, Thomas C E, Lombaert E, et al.. The global spread of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): distribution, dispersal and routes of invasion [J]. Biol. Control, 2011, 56: 623-641.
- [32] Tournaire R, Ferran A, Giuge L, et al.. A natural flightless mutation in the ladybird, *Harmonia axyridis* [J]. Entomol. Exp. Appl., 2000, 96(1): 33-38.
- [33] Kuroda T, Miura K. Comparison of the effectiveness of two methods for releasing *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera:

- Coccinellidae) against *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cucumbers in a greenhouse [J]. *Appl. Entomol. Zool.*, 2003, 38(2): 271-274.
- [34] 袁忠林. 异色瓢虫对桃大尾蚜的捕食作用研究[J]. *植物保护*, 2001, 27(1): 29-31.
- [35] 盖英萍, 冀宪领. 异色瓢虫对中国梨木虱若虫的捕食作用[J]. *植物保护学报*, 2001, 28(3): 285-286.
- [36] 葛有茂, 万玲, 赵士熙, 等. 异色瓢虫对莲缢管蚜的捕食作用研究[J]. *江西农业大学学报*, 2006, 28(2): 208-212.
- [37] 张岩, 刘顺, 秦秋菊, 等. 异色瓢虫对菜缢管蚜、禾谷缢管蚜和白杨毛蚜的捕食作用[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(12): 323-326.
- [38] 孙丽娟, 衣维贤, 顾耘, 等. 异色瓢虫对两种苹果蚜虫的捕食作用[J]. *西北农业学报*, 2012, 21(7): 39-43.
- [39] 方寅昊, 陶玫, 马钧, 等. 异色瓢虫对绣线菊蚜捕食功能研究[J]. *云南农业大学学报: 自然科学版*, 2013, 28(3): 306-309.
- [40] 张文秋, 郭喜红, 侯峥嵘, 等. 异色瓢虫对豆蚜的捕食功能反应[J]. *环境昆虫学报*, 2014, 36(6): 965-970.
- [41] Yu G, Montgomery M E, Yao D. Lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) from Chinese hemlocks infested with the hemlock woolly adelgid, *Adelges tsugae* Annand (Homoptera: Adelgidae) [J]. *Coleopt. Bull.*, 2000, 54(2): 154-199.
- [42] 梁洪柱, 胡雅君, 陈倩, 等. 异色瓢虫对槐蚜的捕食功能反应[J]. *中国生物防治*, 2007, 23(S): 103-106.
- [43] 王静, 刘少辉. 异色瓢虫的生态习性及其保护利用[J]. *现代农村科技*, 2014, (7): 32.
- [44] 孟国玲, 刘细群. 三种瓢虫对大豆蚜自然控制研究[J]. *科技与工作*, 2002, (10): 32-33.
- [45] 马菲, 杨瑞生, 高德三. 果园蚜虫的发生及应用异色瓢虫控蚜[J]. *辽宁农业科学*, 2005, 2: 37-39.
- [46] 汪兆春. 人工释放天敌防治烟田害虫的研究[J]. *贵州农业科学*, 2007, 35(2): 74-76.
- [47] 王夸平, 詹筱国, 潘悦, 等. 烟蚜茧蜂和异色瓢虫综合防治烟蚜的效果评价[J]. *湖北农业科学*, 2013, 52(7): 1567-1570.
- [48] 雒珺瑜, 崔金杰, 王春义, 等. 棉田释放异色瓢虫对棉蚜自然种群的控制效果[J]. *中国棉花*, 2014, 41(7): 8-10.
- [49] 李姝, 王甦, 赵静, 等. 释放异色瓢虫对北京温室甜椒和圆茄上桃蚜的控害效果[J]. *植物保护学报*, 2014, 41(6): 699-704.
- [50] Michaud J P. Relative toxicity of six insecticides to *Cycloneda sanguinea* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. *J. Entomol. Sci.*, 2002, 37(1): 83-89.
- [51] Musser F R, Shelton A M. Bt sweet corn and selective insecticides: impacts on pests and predators [J]. *J. Econ. Entomol.*, 2003, 96(1): 71-80.
- [52] 王甦, 张润志, 张帆. 异色瓢虫生物生态学研究进展[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(9): 2117-2126.
- [53] 王小艺, 沈佐锐, 徐文兵, 等. 亚致死剂量杀虫剂对异色瓢虫繁殖力的影响[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(8): 1354-1358.
- [54] 王小艺, 沈佐锐. 亚致死剂量杀虫剂对异色瓢虫捕食作用的影响[J]. *生态学报*, 2002, 22(12): 2278-2284.
- [55] 吴红波, 张帆, 王素琴, 等. 几种常用杀虫剂对异色瓢虫的敏感性测定[J]. *中国生物防治*, 2007, 23(3): 213-217.
- [56] 姜晓环, 王恩东, 杨康, 等. 几种常见杀虫剂及杀菌剂对异色瓢虫的影响[J]. *植物保护*, 2015, 41(4): 151-153.
- [57] 潘悦, 曾凡海, 张有伟, 等. 4种植物源杀虫剂对烟蚜的药效及其对异色瓢虫的毒力[J]. *云南农业大学学报*, 2013, 28(3): 302-305.
- [58] 潘悦, 董石飞, 毛春堂, 等. 几种化学农药对烟蚜的毒性及对异色瓢虫的安全性评价[J]. *云南农业大学学报*, 2015, 30(1): 142-146.
- [59] 杨琼, 王淑会, 张文慧, 等. 常用杀虫剂对异色瓢虫的毒力及其保护酶的影响[J]. *植物保护学报*, 2015, 42(2): 258-263.
- [60] 郭建英, 吴岷, 武吉兆, 万方浩. 释放天敌瓢虫和施用化学农药吡虫啉对麦田蚜虫的控制效果评价[J]. *昆虫知识*, 2006, 43(4): 508-513.
- [61] 高福宏, 潘悦, 孔宁川, 等. 异色瓢虫释放技术概况[J]. *湖北农业科学*, 2012, 51(11): 2172-2174.
- [62] 孙兴全, 仇红柳, 褚可龙, 等. 异色瓢虫的过冷却点测定及其对棚栽蔬菜蚜虫的防治[J]. *上海交通大学学报: 农业科学版*, 2002, 20(40): 346-351.