

中国设施蔬菜害虫天敌昆虫应用研究进展

张帆, 李姝, 肖达, 赵静, 王然, 郭晓军, 王甦

(北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097)

摘要: 设施蔬菜是现代农业生产中极为重要的组成部分, 而且设施蔬菜的发展不仅使蔬菜生产的品种和产量得到快速增长, 也为有机蔬菜的发展创造了有利条件。但是, 设施蔬菜种植条件也给害虫提供了适宜生长、繁殖和危害的生态环境, 严重影响了蔬菜的质量和产量, 成为制约设施蔬菜产业进一步发展的关键因素。化学农药的长期使用带来了一系列的生态环境和食品安全问题, 而治理化学农药污染不仅要求逐步减少其使用量, 更需要寻求优化升级与替代传统防治方法的技术。天敌昆虫作为传统的生物防治产品, 在控制设施蔬菜虫(螨)害, 保证其产量和品质中起着不可替代的作用。随着人们环境保护意识的加强和绿色农业的发展, 以天敌昆虫释放为主的生物防治技术在害虫综合治理(IPM)中发挥着越来越重要的作用。中国的天敌资源非常丰富, 但目前在设施蔬菜生产中应用的种类相当有限。经过几十年的努力, 中国在设施蔬菜害虫生物防治及应用领域开展了大量的研究工作, 在天敌昆虫资源和应用基础、技术研发和配套技术及应用等方面取得了较大进展。本文概述了设施蔬菜害虫的主要发生种类及其危害特点、主要害虫天敌资源及其生物防治的技术途径等, 重点介绍了蚜虫、粉虱、叶螨、蓟马等几种重大害虫的生物防治实例, 并分析了中国天敌昆虫人工繁殖(人工饲料、规模化生产)的研究进展。此外, 还综述了中国温室蔬菜害虫的天敌应用技术研究成果, 从天敌昆虫保护利用、释放技术、控害效果评价、规模化生产等方面对设施蔬菜应用天敌昆虫进行生物防治中存在的问题进行了讨论, 并展望了该领域的未来发展方向。

关键词: 设施蔬菜; 害虫; 天敌昆虫; 人工繁殖; 生物防治

Progress in Pest Management by Natural Enemies in Greenhouse Vegetables in China

ZHANG Fan, LI Shu, XIAO Da, ZHAO Jing, WANG Ran, GUO Xiao-jun, WANG Su

(Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097)

Abstract: Greenhouse vegetables are very important part of modern agricultural production and the development of vegetables produced in facilities not only makes the rapid growth of variety and production output of vegetables, but also creates favorable conditions for the development of organic vegetables. However, planting conditions of greenhouse vegetables have a serious impact on the quality and yield of vegetables through supplying a suitable environment for pest insect growth and reproduction. It has become the key factor restricting the further development of the vegetable industry. A series of environmental and food safety problems are produced with the long-term use of chemical pesticides. In order to manage the chemical pesticides pollution, not only their application amount should be reduced gradually, but also the technology for optimizing and upgrading the traditional control method should be developed. As traditional biological control products, the natural enemies of insect pests play an irreplaceable role in controlling vegetable insect pests and guaranteeing the yield and quality of vegetables. With the strengthening of people's consciousness of environment protection and development of green agriculture, the biological control technology plays an important

收稿日期: 2015-03-24; 接受日期: 2015-05-27

基金项目: 国家“973”计划(2013CB127600)、国家桃产业技术体系(nycyt3-31-02)、北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX20140101)、北京市科技计划(D141100000914000)

联系方式: 张帆, E-mail: zf6131@263.net. 通信作者张帆, E-mail: zf6131@263.net. 通信作者王甦, E-mail: anthocoridae@163.com

role in the integrated pest management (IPM) which is based on natural enemy insect release. In China, the resources of natural enemy insect are very rich; however, the application of natural enemies in greenhouse vegetable is quite limited. After decades of efforts, lots of researches focus on vegetable pest biological control and application field. A great progress has been made in the resources of natural enemy insects, application basis, technology research development and supporting technology. In this paper, an overview that related to the damage characteristics of vegetable pest insects and biological control of main pest insects using natural enemy technique was summarized. Examples of biological control of aphids, whiteflies, spider mites and thrips were listed. The research progress in insect natural enemies artificial rearing (artificial feed, the scale of production) in China was analyzed. In addition, the results in technology research on greenhouse vegetables control using natural enemies were also studied. The problems existing in biological control including the protection use of natural enemies, release technology, control effect evaluation and scale production were also discussed. And the prospects of the development direction of this field in the future were pointed out.

Key words: greenhouse vegetable; pest; natural enemy; artificial rearing; biological control

设施蔬菜生产是现代农业生产中极为重要的组成部分,可以高效利用环境因子增加蔬菜生产周期,提高蔬菜产量和质量^[1]。中国是世界上最大的温室蔬菜种植国家,近年来每年以 10%左右的速度增长^[2]。据新华网报道,2014 年设施蔬菜面积已达到 386 万 hm^2 ^[3],蔬菜产值已超过 7 000 亿元,行业从业人员达到 4 000 万以上,已成为许多区域农业的支柱产业^[4-5]。经过近 30 年的发展,中国设施蔬菜生产在不同地区形成了各具特色的类型,例如小拱棚、大中棚、日光温室和连栋温室等^[1]。

随着设施蔬菜产业的迅速发展,使蔬菜生产的品种和产量得到快速增长,但同时也给害虫提供了适宜的生长、繁殖和危害的生态环境。各类植食性有害生物的危害不断加剧,造成极大的经济损失^[6]。如蚜虫、蓟马类、粉虱类等小型害虫得到充分有利的发育条件,有猖獗危害的趋势,发生面积不断扩大(约占播种面积的 50%—80%),产量损失一般 15%—30%,严重的减产 50%以上,甚至会造成绝收或使产品失去其商品价值,严重影响着蔬菜产品的产量和品质。

由于蔬菜生长周期较短,害虫的发生种类多、危害重,目前尚难于提出既能有效控制其发生又符合食品安全生产要求的防治措施,化学农药仍占较大比重,农药不合理的使用造成生态环境污染,影响食物安全。因此设施农业重要害虫的生态、生物控制措施已成为首选技术和发展方向。中国生物防治技术研究在 20 世纪 80 年代开始列入了国家攻关计划。经过几十年的努力,中国的生物防治研究把引进外来天敌昆虫防治外来有害生物、保护和利用本地天敌放在首位,大力发展规模化天敌生产,取得了较好的结果。设施蔬菜害虫天敌昆虫研究应用主要涉及天敌资源筛选评价、重要天敌大量繁殖技术和田间释放及保护利用策略等方面。

1 设施蔬菜害虫主要种类

中国设施蔬菜重要害虫种类主要包含 6 目 20 种昆虫(表 1)。在相对封闭、环境温暖湿润、作物种植密度高的设施温室中,发育速率快、世代多、繁殖能力强的害虫极易定殖与发展,而且比大田作物更易暴发成灾^[7-8]。其中以蚜虫、粉虱、叶螨和蓟马在设施蔬菜生产中发生最为普遍、危害最重。如桃蚜(*Myzus persicae*),寄主范围很广,可在 50 多科近 400 种植物上取食,并可传播 200 多种植物病毒。桃蚜通过直接刺吸植物,造成植物营养不良,使寄主植物生长缓慢甚至停滞^[9-10]。粉虱(温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* 和烟粉虱 *Bemisia tabaci*)的危害不仅降低了果蔬的产量同时也严重影响果蔬的品质。由于粉虱抗药性发展迅速,已对常用杀虫剂产生高水平的抗性和交互抗性。中国设施蔬菜生产中常见叶螨大多是叶螨属(*Tetranychus*),主要包括二斑叶螨(*Tetranychus urticae*)、朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)、截形叶螨(*Tetranychus truncatus*)和侧多食跗线螨(*Polyphagotarsonemus latus*)等,极易暴发成灾,严重影响蔬菜的品质和质量^[11]。蓟马是全球性重要的杂食性昆虫,黄蓟马(*Thrips flavus*)和葱蓟马(*Thrips tabaci*)是危害蔬菜生产的主要蓟马种群。2003 年,在北京郊区的蔬菜大棚内发现外来入侵种西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)^[12]。西花蓟马是一种世界性检疫害虫,具有繁殖速度快和寄主范围广等特点,危害极其严重,常常造成作物减产甚至绝收,现已成为危害中国温室蔬菜生产的主要蓟马种类。

此外,许多害虫在温室条件下改变了发生规律,如小菜蛾(*Plutella xylostella*)、菜粉蝶(*Pieris rapae*)等有冬眠习性的害虫,可以一年四季不间断地发育、繁殖,发生基数大增,危害加重^[13]。蚜虫及螨类害虫

也改变了其在木本植物上以卵越冬的习性，以孤雌生殖的方式不断周年存在并持续危害^[14]。害虫发生面积不断扩大（约占播种面积的 50%—80%）、危害频率增加（一年发生十几代以上）、危害程度加重（总虫株率 80%，叶片受害率 60%，产量损失一般达 15%—

30%，严重的减产 50%以上，甚至造成绝收或使产品失去商品价值），严重影响蔬菜的产量和品质^[6]。在温室蔬菜农业生态系统中，由外来入侵害虫和本地害虫构成的复合群落大大降低了化学杀虫剂的控害效率。

表 1 中国设施蔬菜害虫主要种类
Table 1 The primary pests of greenhouse vegetables in China

目 Order	害虫 Pest	寄主植物 Host plant
半翅目 Hemiptera	烟粉虱 <i>B. tabaci</i>	茄科、十字花科、葫芦科、豆科等 Solanaceae, Brassicaceae, Cucurbitaceae, Leguminosae, etc.
	温室白粉虱 <i>T. vaporariorum</i>	茄科 Solanaceae
	桃蚜 <i>M. persicae</i>	十字花科、茄科 Brassicaceae, Solanaceae
	菜缢管蚜 <i>Rhopalosiphum pseudobrassicae</i>	甘蓝、花椰菜 <i>Brassica oleracea</i> , <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>
	甘蓝蚜 <i>Brevicoryne brassicae</i>	大白菜、萝卜等 <i>Brassica rapa pekinensis</i> , <i>Raphanus sativus</i> , etc.
	棉蚜 <i>Aphis gossypii</i>	葫芦科、茄科、豆科、菊科及十字花科 Cucurbitaceae, Solanaceae, Leguminosae, Asteraceae, Brassicaceae
缨翅目 Thysanoptera	瓜蓟马 <i>Thrips flavus</i>	葫芦科、茄科、豆科 Cucurbitaceae, Solanaceae, Leguminosae
	西花蓟马 <i>F. occidentalis</i>	草莓、茄科等 <i>Fragaria ananassa</i> , Solanaceae, etc.
双翅目 Diptera	美洲斑潜蝇 <i>Liriomyza sativae</i>	茄科、豆科等 Solanaceae, Leguminosae, etc.
鞘翅目 Coleoptera	黄曲条跳甲 <i>Phyllotreta striolata</i>	十字花科（白菜、萝卜、芥菜等） Brassicaceae (<i>Brassica campestris</i> ssp. <i>chinensis</i> , <i>Raphanus sativus</i> , <i>Brassica juncea</i> , etc.)
	黄足黄守瓜 <i>Aulacophora indica</i>	葫芦科 Cucurbitaceae
鳞翅目 Lepidoptera	小菜蛾 <i>P. xylostella</i>	十字花科（甘蓝、花椰菜、白菜、萝卜） Brassicaceae (<i>Brassica oleracea</i> , <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> , <i>Brassica campestris</i> ssp. <i>chinensis</i> , <i>Raphanus sativus</i>)
	菜粉蝶 <i>P. rapae</i>	十字花科（甘蓝、花椰菜和球茎甘蓝等） Brassicaceae (<i>Brassica oleracea</i> , <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> , <i>Brassica oleracea</i> var. <i>caulorapa</i> , etc.)
	豆野螟 <i>Maruca testulalis</i>	豆科 Leguminosae
	小地老虎 <i>Agrotis ypsilon</i>	十字花科、茄科、葫芦科及豆科 Brassicaceae, Solanaceae, Cucurbitaceae, Leguminosae
	甘蓝夜蛾 <i>Mamestra (Barathra) brassicae</i>	甘蓝、白菜、萝卜、烟草、菠菜、甜菜及豆科 <i>Brassica oleracea</i> , <i>Brassica campestris</i> ssp. <i>chinensis</i> , <i>Raphanus sativus</i> , <i>Nicotiana tabacum</i> , <i>Spinacia oleracea</i> , <i>Beta vulgaris</i> , Leguminosae
	斜纹夜蛾 <i>Prodenia litura</i>	十字花科、茄科 Brassicaceae, Solanaceae
	银纹夜蛾 <i>Argyrogramma agnata</i>	十字花科、豆科、茄科 Brassicaceae, Leguminosae, Solanaceae
	二斑叶螨 <i>Tetranychus urticae</i>	茄科 Solanaceae
	侧多食跗线螨 <i>P. latus</i>	茄科、豆科、葫芦科及萝卜 Solanaceae, Leguminosae, Cucurbitaceae, <i>Raphanus sativus</i>

2 天敌昆虫应用历史

中国是最早人工开展生物防治的国家，早在公元前 304 年，就有利用捕食性昆虫——黄猄蚁（*Oecophylla smaragdina*）来防治柑橘园害虫的记录^[15]。自 20 世纪 50 年代起，中国从国外引入赤眼蜂（*Trichogrammatid*）、澳洲瓢虫（*Rodolia cardinalis*）、孟氏隐唇瓢虫（*Cryptolaemus montrouzieri*）等天敌昆虫，继而开启

了传统生物防治的序幕^[13]。1979 年从英国引入丽蚜小蜂（*Encarsia formosa*）成功控制了温室白粉虱的危害，并在北京、天津、辽宁省（市）推广^[16]。而据 Van Lenteren^[17]的统计，目前全球天敌应用产生的效益 80%集中在温室农业系统中，丽蚜小蜂的收益占 25%，智利小植绥螨（*Phytoseiulus persimilis*）和黄瓜钝绥螨（*Amblyseius cucumeris*）的收益占 12%。近年来，中国不少学者研究了在

温室条件下释放丽蚜小蜂^[18-19]、东亚小花蝽(*Orius sauteri*)^[20-21]、异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)^[22]、巴氏钝绥螨(*Amblyseius barkeri*)^[23]控制温室害虫的效果(表2)。

天敌昆虫作为生物防治的一项重要组成部分在农业可持续发展和无公害蔬菜生产中具有明显的专业优势^[13]。在应用中主要有经典性、增强性、保护性生物防治3种方式。

2.1 经典型生物防治

从国外或外地引进本地没有的天敌昆虫和有益生物,可加强对本地害虫的控制。例如从美国和加拿大分别引进的丽蚜小蜂和食蚜瘿蚊(*Aphidoletes abietis*),分别在对温室白粉虱及菜蚜(*Lipaphis erysimi*)的控制上显示出良好的效果^[14]。1996年从英国引进的胡瓜钝绥螨(*Amblyseius cucumeris*)可有效控制蓟马、螨类的危害,2006年在新疆生产建设兵团应用面积达到9 000 hm²^[6]。近年来对于引入式天敌的安全评价成为生物防治的热点,因此提倡外来引入式天敌与本地天敌混合防治成为趋势。将从美国引进的海氏桨角蚜小蜂(*Eretmocerus hayati*)和浅黄恩蚜小蜂(*Encarsia sophia*) 在田间笼罩中组合释放,比单独释放对烟粉虱的控制效果好,两者之间的竞争反而增强了生物防治效果^[24]。

2.2 增强型生物防治

人工大量繁殖天敌,接种式释放到田间,促进已有天敌的控害作用,是目前设施蔬菜生产中天敌应用最主要的生物防治模式。中国成功利用替代猎物粉螨等饲养捕食螨防治叶螨、蓟马等小型刺吸性害虫^[25]。此外,温室害虫生长周期短、种群结构复杂,单一天敌释放很难控制在经济阈值以下^[26-27],利用多种天敌复合释放技术已经成为现代生物防治应用体系中的研究重点。

2.3 保护型生物防治

近年来基于物种多样性和稳定性等生态理论,利用辅助性助迁功能植被对生境进行调控使天敌能够稳定增殖起到增效作用,生态调控的综合治理开始受到较多关注^[28-29]。大量实例证明,通过适宜增加植被多样化、周边生境多样性,或为天敌提供食物、补充寄主和补充营养;或有助于改善天敌栖息环境、越冬场所、休息地或产卵场所,为天敌提供逃避农药施用、耕作干扰等恶劣条件的庇护场所,利于天敌的生存和繁衍;提高天敌昆虫群落多样性的抗逆性和补偿能力,增强天敌昆虫对害虫的生态控制能力^[30-33]。依据维持

和增强天敌的不同功能可分为蜜源植物、储蓄植物、栖境植物、诱集植物等。在生产前期增加储蓄植物,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。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。同时应用天敌防控时,除应考虑更加合理的益害比,维持二者的低密度下的平衡外,还需要研发天敌田间保育、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。

国际上将储蓄植物(banker plant)作为一种天敌增殖和释放方法在害虫防治中应用已经有近40年的历史,不同时期的系统累积百余种,多种天敌如寄生蜂、小花蝽、捕食螨等均有应用,防治害虫主要为蚜虫、粉虱和蓟马等^[34],在欧洲和加拿大主要天敌公司均提供储蓄植物产品^[35]。近年来,中国在果园、小麦等大田作物生态系统中增加功能性植物,建立和保护生态环境,提高有益昆虫多样性,为害虫生态调控提供保障。而设施蔬菜生产方面的应用研究相对局限。

“木瓜载体植物系统”防治烟粉虱^[36]、“玉米载体植物系统”防治二斑叶螨^[37]、“蓖麻载体植物系统”防治烟粉虱^[38]等储蓄植物系统已取得试验成功。此外,蜜源植物、栖境植物、诱集植物在设施蔬菜生产中的应用还在研发中。

3 设施蔬菜害虫的主要天敌昆虫及其应用

天敌昆虫作为传统的生物防治产品,在控制设施蔬菜虫(螨)害,保证其产量和品质中起着不可替代的作用。随着人们环境保护意识的加强和绿色农业的发展,天敌昆虫在设施蔬菜害虫生物防治中的作用越来越受到人们的重视。中国的天敌资源非常丰富,但目前设施蔬菜生产中应用的种类相当有限。

3.1 主要天敌昆虫资源

表2中列出了目前中国设施蔬菜害虫主要天敌资源种类,蚜虫天敌主要有捕食性瓢虫、小花蝽、寄生性天敌蚜茧蜂和卵形异绒螨(*Allothrombium ovatum*)。粉虱类害虫的天敌主要有捕食性瓢虫、草蛉、小花蝽和寄生蜂等。蔬菜害虫叶螨的天敌主要以捕食螨为主,捕食性瓢虫对叶螨也具有一定的控制效果。菜蛾类害虫的天敌以寄生性天敌为主。

表 2 中国设施蔬菜害虫天敌昆虫资源种类

Table 2 The main natural enemies of greenhouse vegetables in China

靶标害虫 Target pest insect	天敌昆虫 Natural enemies	参考文献 Reference
蚜虫 Aphid	卵形异绒螨 <i>A. ovatum</i>	Dong, 2001 ^[39]
	多异瓢虫 <i>Adonia variegata</i>	杨芳等, 2007 ^[40]
	异色瓢虫 <i>H. axyridis</i>	郭丽娜等, 2008 ^[41]
	六斑月瓢虫 <i>M. sexmaculatus</i>	吴红胜等, 2010 ^[42]
	龟纹瓢虫 <i>Propylea japonica</i>	Zhang 等, 2007 ^[43]
	大突肩瓢虫 <i>Synonycha grandis</i>	欧善生, 2008 ^[44]
	南方小花蝽 <i>Orius similis</i>	周兴苗等, 2002 ^[45]
	烟蚜茧蜂 <i>Aphidius gifuensis</i>	吴兴富, 2007 ^[46]
	菜少脉蚜茧蜂 <i>Diaeretiella rapae</i>	余明恩等, 1993 ^[47]
粉虱 Whitefly	异色瓢虫 <i>H. axyridis</i>	沈平等, 2009 ^[48]
	龟纹瓢虫 <i>P. japonica</i>	Lin 等, 2008 ^[49]
	小黑粉虱瓢虫 <i>Delphastus catalinae</i>	Lin 等, 2008 ^[49] ; 罗宏伟, 2005 ^[50]
	六斑月瓢虫 <i>M. sexmaculatus</i>	吴红胜等, 2010 ^[42]
	粉虱小毛瓢虫 <i>Nephaspis oculatus</i>	Lin 等, 2008 ^[49]
	黑襟毛瓢虫 <i>Scymnus hoffmanni</i>	Lin 等, 2008 ^[49]
	刀角瓢虫 <i>Serangium japonicum</i>	Lin 等, 2008 ^[49]
	沙巴拟刀角瓢虫 <i>Serangiella sababensis</i>	Lin 等, 2008 ^[49]
	东亚小花蝽 <i>O. minutus</i>	汤方等, 2007 ^[51]
	烟盲蝽 <i>Nesidiocoris tenuis</i>	李令蕊等, 2008 ^[52]
	丽草蛉 <i>Chrysopa formosa</i>	李志刚等, 2010 ^[53]
	大草蛉 <i>Chrysopa pallens</i>	刘爽等, 2011 ^[54]
	丽蚜小蜂 <i>E. formosa</i>	张世泽等, 2003 ^[55]
	浅黄恩蚜小蜂 <i>E. Sophia</i>	Xiao 等, 2011 ^[36]
	海氏桨角蚜小蜂 <i>E. hayati</i>	Yang 等, 2011 ^[56] ; 邱宝利等, 2004 ^[57]
叶螨 Spider mites	真桑钝绥螨 <i>Amblyseius makuwa</i>	蒲天胜等, 1991 ^[58]
	尼氏钝绥螨 <i>Amblyseius nicholsi</i>	胡展育等, 2007 ^[59]
	芬兰真绥螨 <i>Euseius finlandicus</i>	关秀敏等, 2002 ^[60]
	智利小植绥螨 <i>P. persimilis</i>	李丽娟等, 2004 ^[61]
	异色瓢虫 <i>H. axyridis</i>	郭丽娜等, 2008 ^[41]
	拟小食螨瓢虫 <i>Stethorus parapauperculus</i>	程立生等, 1989 ^[62]
	食螨瓢虫 <i>Stethorus siphonulus</i>	黄阿兴等, 1997 ^[63]
	黄瓜钝绥螨 <i>A. cucumeris</i>	孙月华等, 2009 ^[64]
蓟马 Thrips	东亚小花蝽 <i>O. sauteri</i>	王恩东等, 2010 ^[23]
	南方小花蝽 <i>O. similis</i>	周兴苗等, 2002 ^[45]
小菜蛾 Diamond back moth	烟盲蝽 <i>Nesidiocoris tenuis</i>	李令蕊等, 2008 ^[52]
	黄斑粗喙椿象 <i>Eocanthecona furcellata</i>	Zhang 等, 2001 ^[65]

3.2 应用的主要天敌昆虫

3.2.1 蚜虫天敌 中国设施蔬菜生产中,危害其产量和品质的蚜虫以桃蚜为主。目前,捕食性瓢虫、食蚜蝇、蚜茧蜂和食蚜瘿蚊是对设施蔬菜蚜虫防治时释放

的主要天敌昆虫^[1]。对设施蔬菜蚜虫控制效果较好的捕食性瓢虫有异色瓢虫、多异瓢虫、七星瓢虫（*Coccinella septempunctata*）和龟纹瓢虫^[43,66]。其中,具有多色型的异色瓢虫在生物防治起着主导作用,它

不仅可以取食桃蚜,还可以取食梨二叉蚜(*Toxoptera piricola*)、桃大尾蚜(*Hyaloperus arundinis*)和棉蚜(*Aphis gossypii*)^[67]。利用异色瓢虫可以成功防治温室黄瓜和草莓上的蚜虫^[68-69]。近期研究显示,释放异色瓢虫对北京温室甜椒和圆茄上的桃蚜均可以达到较高的防效^[22]。食蚜蝇是双翅目中相对较大的类群,对蚜虫的捕食能力很强,部分种类的食蚜蝇还能捕食粉虱、飞虱和蚱壳虫等害虫^[70]。例如黑带食蚜蝇(*Episyrphus balteatus*)、大灰食蚜蝇(*Eupeodes corolla*)的幼虫对桃蚜均具有较强的捕食能力^[71]。1986年,中国从加拿大引进烟蚜茧蜂后,分别在北京市、河北省和福建省的温室中释放用来防治蚜虫。上海市和辽宁省的相关研究人员用桃蚜饲养烟蚜茧蜂,可以成功防治番茄、黄瓜和辣椒上的桃蚜和棉蚜^[46,72-73]。近期研究表明,烟蚜茧蜂和异色瓢虫混合释放对烟蚜的防效高于单一释放^[74]。将食蚜瘿蚊按益害比 1 : 20 的比例释放 10 d 后,蚜虫的种群密度可以减少 70%—90%^[75]。

3.2.2 粉虱天敌 粉虱的天敌种类繁多,包括寄生性天敌、捕食性天敌和虫生真菌等。目前,在温室中释放寄生性天敌昆虫可以对粉虱起到很好的控制效果。目前,对烟粉虱和温室白粉虱有效的寄生性天敌有 27 种均属于蚜小蜂科(Aphelinidae),其中有 21 种属于恩蚜小蜂属(*Encarsia*),6 种属于桨角蚜小蜂属(*Eretmocerus*)^[76]。这些寄生性天敌中丽蚜小蜂在防治温室粉虱中取得了显著的成果。中国于 1978 年从英国引进丽蚜小蜂,随后中国农业科学院生物防治研究所和蔬菜花卉研究所研究人员对其生物学特性和应用方面进行了深入研究并研发了烟草苗繁蜂法^[77]。随后在河北、辽宁、山东、内蒙古等省(市)释放用来防治温室白粉虱。丽蚜小蜂防治烟粉虱的效果较好,可在设施蔬菜生产中大面积推广应用^[78]。近期研究结果显示,丽蚜小蜂和东亚小花蝽混合释放对烟粉虱的防治效果高于单独释放^[79]。除丽蚜小蜂以外,双斑恩蚜小蜂(*Encarsia bimaculata*)、浅黄恩蚜小蜂和裸盾恩蚜小蜂(*Encarsia aseta*)也是防治温室白粉虱的重要寄生性天敌^[76]。防治粉虱的捕食性天敌主要包括小黑瓢虫(*Delphastus cataliane*)、刀角瓢虫、草蛉 *Chrysoperla rufilabris* 及盲蝽 *Macrolophus caliginosus*^[80]。以捕食性瓢虫为主,例如从国外引进的刀角瓢虫、沙巴拟刀角瓢虫和小黑粉虱瓢虫对温室蔬菜上的粉虱均可以起到很好的控制效果^[49]。近期研究结果表明捕食螨也可以用于对烟粉虱的生物防治

中,例如在甜椒温室释放胡瓜钝绥螨对烟粉虱的控制效果可以达到 94%^[81]。

3.2.3 叶螨天敌 中国于 20 世纪 70 年代起开始对叶螨进行生物防治的研究工作,取得了一定的成效。叶螨的天敌可以分为捕食性天敌和寄生性天敌两类。1975 年,从瑞典引入智利小植绥螨,此后通过利用引入种和本土优势的捕食螨成功地防治了这些害虫。在这些本土优势种中,长毛钝绥螨(*Amblyseius longispinosus*)和拟长毛钝绥螨(*Amblyseius pseudolongispinosus*)已经广泛应用控制朱砂叶螨。智利小植绥螨是当前害螨生物防治中最有效的捕食螨,已成功应用于温室蔬菜、热带水果和观赏园艺植物的生物防治中^[82]。例如,将长毛钝绥螨按益害比 1 : 100 的比例释放,3 周后茄子上二斑叶螨的数量显著降低^[14]。拟长毛钝绥螨是叶螨的专性捕食性天敌,可以有效控制冬瓜上二斑叶螨的数量^[83]。捕食性瓢虫也可以用来控制叶螨,深点食螨瓢虫(*Stethorus punctillum*)和腹管食螨瓢虫(*Stethorus siphonulus*)可以有效地控制温室中的柑橘全爪螨(*Panonychus citri*)^[63,84]。拟小食螨瓢虫可以协助智利小植绥螨控制朱砂叶螨^[62]。

3.2.4 蓟马天敌 目前,蓟马的捕食性天敌主要包括食虫蝽、草蛉和捕食螨^[85-86]。研究结果显示释放胡瓜钝绥螨对日光大棚甜椒上西花蓟马的控制效果可达 86.7%^[87]。释放巴氏钝绥螨可以控制温室茄子上的西花蓟马高峰期的数量^[23]。将巴氏钝绥螨和剑毛帕厉螨(*Stratiolaelaps scimitus*)混合释放对彩椒上蓟马的防效达到 47.16%^[88]。将捕食螨和食虫蝽混合释放后可以提高对西花蓟马的防控效果^[89]。半翅目花蝽科小花蝽属东亚小花蝽对蓟马也具有很强的控制能力^[90]。例如在茄子生产过程中释放东亚小花蝽,对蓟马的控制效果可以达到 94.46%^[21]。

4 天敌昆虫的人工繁殖

天敌昆虫大量释放的首要前提是在一定的时间内积累足够数量的个体,因此天敌昆虫的规模化生产一直以来都是害虫生物防治应用中的关键性环节^[91],也是制约以天敌昆虫应用为基础的生物防治成败的重要因素^[92]。

4.1 人工饲料

目前,绝大多数天敌昆虫的繁殖仍采用自然寄主,造成其规模化生产受到生产周期长、占用空间大和成本高等因素的影响。因此,天敌昆虫人工饲料的制作已成为其大规模扩繁的重要关键技术,且人工饲料对

于规模化生产流程是至关重要的。

早期研究表明,花粉等水溶性植物类物质作为人工饲料在小花蝽的生长过程中起到了显著的作用。此外,用于大量饲养小花蝽的人工饲料也包括动物的内脏组织、昆虫的细胞系以及半纯卵黄蛋白。尽管上述研究较为充分,但是通过评价从而寻找到相对最优的人工饲料仍是一个未解难题。Tan 等^[93]通过试验发现,通过研制并使用一种微胶囊技术可以解决东亚小花蝽人工饲料存在的缺点。目前,赤眼蜂^[94]、捕食性瓢虫如七星瓢虫^[95]、孟氏隐唇瓢虫^[96]、异色瓢虫^[97]、龟纹瓢虫^[98]、黑缘红瓢虫(*Chilocorus rubidus*)^[99]等、大草蛉^[100-101]和捕食性蝽类^[102]、捕食螨^[103]等天敌昆虫的人工饲料研究已相当成熟,广泛应用于规模化生产。

4.2 规模化生产

中国天敌昆虫规模化扩繁技术研究已取得显著成就,国内主要天敌昆虫人工饲养开始走向规模化、商品化。自 20 世纪 80 年代以来,先后获得“赤眼蜂的应用基础、工厂化中试生产新工艺及大面积防治示范的建立、改进米蛾饲养技术研究”、“草蛉大量饲养繁殖技术研究”、“丽蚜小蜂防治温室白粉虱的研究”等多项科研成果,这为天敌昆虫商品化生产和应用的新技术和新工艺的开发奠定了良好的基础^[92,104]。到目前为止,已成功地规模化饲养赤眼蜂、丽蚜小蜂、七星瓢虫、小花蝽、捕食螨等捕食性或寄生性天敌昆虫。北京市农林科学院植物保护环境保护研究所天敌昆虫研究室成功地研制出了利用柞蚕卵、米蛾卵、人造卵繁殖多种赤眼蜂的技术与工艺流程,研制出了规模化繁殖天敌昆虫的多套机械化及半机械化生产机械,并已成功建立生产线。此外,研发的异色瓢虫饲养技术,可以年产异色瓢虫 200 万头左右(王甦等,未发表)。

但中国的天敌昆虫产业化还处在起步阶段,总体上讲生产规模较小、产品单一,受季节性影响,技术服务滞后。天敌昆虫的生产大多依附于有关大专院校、科研单位和技术推广部门。与发达国家相比,中国天敌昆虫生产及应用的技术手段和天敌种类的多样性方面差距还较大,无论是天敌的种类,还是天敌的生产规模,都不能满足农业生产精品化、无公害化趋势的要求。

5 问题与展望

设施栽培方式为人类带来了更为丰富的蔬菜产品,同时其特殊的环境也加重了昆虫的发生与危害,

长期的化学防治已引起了害虫的抗药性、农药残留等问题。毫无疑问,生物防治在温室病虫害的综合治理中逐渐会上升至重要地位,利用天敌昆虫捕食或寄生害虫在温室中的应用虽已取得了一定成效,但还有很多问题亟待解决。

5.1 天敌保护利用

通过建设农业生态景观结构,增加植被多样性,从而提高农业生态景观自身的病虫害防治能力,是近年来新兴的生物防治应用辅助策略之一。但针对景观植被结构及规模管理对天敌昆虫适生性及群落动态影响的研究还十分有限。随着农业生产向自动化、精细化和量化调控等方面的飞跃式发展,如何尽量减少植物保护投入品(包括天敌昆虫),而通过主动调节生态系统所依托的自然和农业景观来实现以生物防治为核心的现代绿色循环型植物保护体系,才是我们今后为之投入与发展的目标。如何设计农业生态群落的结构,加入功能性植被景观,并且顺应害虫与天敌互作的基本规律,发挥保护天敌昆虫与抑制单一害虫暴发成灾的作用,将会是未来保护型生物防治研究中的核心问题。

欧美国家已经建立以天敌昆虫为核心的生物防治综合生态功能体系。众多生态因子,如辅助植物多样性管理、土壤腐殖质的调控、温室及保护地的量化防治策略等均作为生物防治的增强因素而加以整合。因此,如何针对中国现有的农业生态系统结构,利用本地丰富的天敌资源,开发研究出适于本地应用的多层次复合量化“订制型”生物防治新模式,已经是一个刻不容缓的问题。

5.2 天敌释放技术

温室害虫生长周期短、种群结构复杂,单一天敌释放很难控制在经济阈值以下,尽量利用占据不同生态位的天敌组合,多种天敌复合释放技术已经成为现代生物防治应用体系中的研究热点。随着提高综合生态效应与保护农业生态安全逐步成为农业植物保护工作的基准,人们开始着眼于针对指定的靶标农业生态系统,而不是单一作物上的单一害虫开展天敌昆虫的选择与释放工作。通过这种释放方式,不但可以形成“天敌+害虫”的稳定生态群落,并且可以针对不同时期的优势害虫,自我调节天敌群落的结构规模,主动防御害虫,抑制害虫的暴发。此外,这种复合释放方式,增加了靶标生态系统中的多样性水平,延长了生态竞争的缓冲条件,也有效地减少了天敌昆虫种群发展后如非靶标作用等的生态风险。

5.3 控害效果评价

控害效果评价是害虫生物防治措施推广应用的重要依据。然而,目前使用的方法都是建立在一些假设的或人为设计的条件下进行评价,较少综合考虑取样、条件控制、模型设计和天敌的行为学等多方面的因素。通过开展针对天敌昆虫实际防控效果的评价,可以增强对于现有生物防治应用模式及方法的认知与反馈,及时对生物防治技术体系自身进行修正和优化,保持和提升其对害虫的防控能力。

5.4 天敌规模化生产技术

中国天敌昆虫大量繁殖释放方面进展缓慢,与发达国家相比差距甚大,特别是天敌的规模化繁育及与其相关的基础研究方面的不足。天敌昆虫人工饲料的应用也存在一些问题,其中最值得注意的是饲养昆虫的“活力”问题。例如,连续饲养中有时种群会过早地衰退,在大量饲养天敌进行田间释放中,其生存能力和竞争能力不及自然种群等,随着昆虫食性和营养研究的深入以及饲养技术的发展,人工饲料的研制也将更加合理,饲养中所产生的过早衰退和“活力”不强等疑难问题将逐步解决。

天敌昆虫产品的产业化需瞄准当前及未来发展可持续农业、无公害食品必需的关键技术,并在原有生产和应用的基础上,发展天敌昆虫扩繁的技术体系。着眼于优势种高效天敌昆虫的大规模饲养与工厂化生产的技术体系,对有发展潜力和良好工作基础的天敌昆虫半人工饲料配方、规模化饲养技术及其与饲养有关的应用基础工作(如昆虫行为学、营养学与化学生态学),开展深入研究与技术改进,以适应工厂化生产的需要,以期快速开发出实用的天敌扩繁技术体系,形成天敌扩繁的规模化与产业化的模式。

References

- [1] Yang N W, Zang L S, Wang S, Guo J Y, Xu H X, Zhang F, Wan F H. Biological pest management by predators and parasitoids in the greenhouse vegetables in China. *Biological Control*, 2014, 68: 92-102.
- [2] 喻景权. “十一五”中国设施蔬菜生产和科技进展及其展望. 中国蔬菜, 2011(2): 11-23.
Yu J Q. Progress in protected vegetable production and research during ‘the eleventh five-year plan’ in China. *China Vegetables*, 2011(2): 11-23. (in Chinese)
- [3] http://news.xinhuanet.com/fortune/2014-04/01/c_1110051027.htm.
- [4] 张真和, 陈青云, 高丽红, 王娟娟, 沈军, 李中民, 张雪艳. 中国设施蔬菜产业发展对策研究(上). 蔬菜, 2010(5): 1-3.
Zhang Z H, Chen Q Y, Gao L H, Wang J J, Shen J, Li Z M, Zhang X Y. Development tendency and countermeasures of vegetable protected production in China (I). *Vegetables*, 2010(5): 1-3. (in Chinese)
- [5] 张真和, 陈青云, 高丽红, 王娟娟, 沈军, 李中民, 张雪艳. 中国设施蔬菜产业发展对策研究 (下). 蔬菜, 2010(6): 1-3.
Zhang Z H, Chen Q Y, Gao L H, Wang J J, Shen J, Li Z M, Zhang X Y. Development tendency and countermeasures of vegetable protected production in China (II). *Vegetables*, 2010(6): 1-3. (in Chinese)
- [6] 任顺祥, 陈学新. 生物防治. 北京: 中国农业出版社, 2011.
Ren S X, Chen X C. *Biological Control*. Beijing: China Agriculture Press, 2011. (in Chinese)
- [7] 吕要斌, 张治军, 吴青君, 杜予州, 张宏瑞, 于毅, 王恩东, 王鸣华, 王满园, 童晓立, 吕利华, 谭新球, 付卫东. 外来入侵害虫西花蓟马防控技术与示范. 应用昆虫学报, 2011, 48(3): 488-496.
Lü Y B, Zhang Z J, Wu Q J, Du Y Z, Zhang H R, Yu Y, Wang E D, Wang M H, Wang M K, Tong X L, Lü L H, Tan X Q, Fu W D. Research progress of the monitoring, forecast and sustainable management of invasive alien pest *Frankliniella occidentalis* in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48(3): 488-496. (in Chinese)
- [8] 黄保宏, 林桂坤, 王学辉, 张先锋. 防虫网对设施蔬菜害虫控害作用研究. 植物保护, 2013, 39(6): 164-169.
Huang B H, Lin G K, Wang X H, Zhang X F. Control effects of fly nets to the pests of vegetables in greenhouses. *Plant Protection*, 2013, 39(6): 164-169. (in Chinese)
- [9] Emden H F, Eastop V F, Hughes R D, Way M J. The ecology of *Myzus persicae*. *Annual Review of Entomology*, 1969, 14(1): 197-270.
- [10] 宫亚军, 王泽华, 石宝才, 康总江, 朱亮, 郭晓军, 刘建华, 魏书军. 北京地区不同桃蚜种群的抗性研究. 中国农业科学, 2011, 44(21): 4385-4394.
Gong Y J, Wang Z H, Shi B C, Kang Z J, Zhu L, Guo X J, Liu J H, Wei S J. Resistance status of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) populations to pesticide in Beijing. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(21): 4385-4394. (in Chinese)
- [11] 蔡仁莲, 郭建军, 金道超. 蔬菜叶螨发生特点及其生物防治的研究进展. 贵州农业科学, 2014, 41(1): 81-86.
Cai R L, Guo J J, Jin D C. Review on occurrence characteristics and biocontrol of vegetable pest mites. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2014, 41(1): 81-86. (in Chinese)
- [12] 吴青君, 徐宝云, 张友军, 张治军, 朱国仁. 西花蓟马对不同颜色的趋性及蓝色粘板的田间效果评价. 植物保护, 2007, 33(4): 103-105.

- Wu Q J, Xu B Y, Zhang Y J, Zhang Z J, Zhu G R. Taxis of western flower thrips to different colors and field efficacy of the blue sticky cards. *Plant Protection*, 2007, 33(4): 103-105. (in Chinese)
- [13] 张帆, 张君明, 罗晨, 王甦. 蔬菜害虫的生物防治技术概述. 中国蔬菜, 2011(1): 23-24.
- Zhang F, Zhang J M, Luo C, Wang S. A summary of biological control of vegetable pest. *China Vegetables*, 2011(1): 23-24. (in Chinese)
- [14] 田毓起. 蔬菜害虫生物防治. 北京: 金盾出版社, 2000.
- Tian Y Q. *Biological Control of Vegetable Pests*. Beijing: Jindun Press, 2000. (in Chinese)
- [15] 包建中, 古德祥. 中国生物防治. 太原: 山西科学技术出版社, 1998.
- Bao J Z, Gu D X. *Biological Control in China*. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Publishing House, 1998. (in Chinese)
- [16] 程洪坤, 田毓起, 魏炳传. 丽蚜小蜂商品化生产技术. 生物防治通报, 1989, 5(4): 178-181.
- Cheng H K, Tian Y Q, Wei B C. A technique for commercial-scale production of *Encarsia formosa*. *Chinese Journal of Biological Control*, 1989, 5(4): 178-181. (in Chinese)
- [17] van Lenteren J C. *Internet Book of Biological Control*. www.IOBC-Global.org. Wageningen, The Netherlands, 2007.
- [18] 张世泽. 丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* 生态学及其对烟粉虱 *Bemisia tabaci* 控制效能的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2003.
- Zhang S Z. Ecology of two *Encarsia formosa* strains and their control efficacy on tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*[D]. Yangling: Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, 2003. (in Chinese)
- [19] 张君明, 张帆, 王兵. 以释放丽蚜小蜂为主的保护地番茄温室粉虱的控制技术. 蔬菜, 2010(7): 34-35.
- Zhang J M, Zhang F, Wang B. Control effects of releasing density and time of *Encarsia formosa* on *Trialeurodes vaporariorum*. *Vegetables*, 2010(7): 34-35. (in Chinese)
- [20] 蒋月丽, 武予清, 段云, 高新国. 释放东亚小花蝽对大棚辣椒上几种害虫的防治效果. 中国生物防治学报, 2011, 27(3): 414-417.
- Jiang Y L, Wu Y Q, Duan Y, Gao X G. Control efficiencies of releasing *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae) on some pests in greenhouse pepper. *Chinese Journal of Biological Control*, 2011, 27(3): 414-417. (in Chinese)
- [21] 尹健, 高新国, 武予清, 蒋月丽, 刘顺通, 段爱菊, 张自启, 刘长营. 释放东亚小花蝽对茄子上蓟马的控制效果. 中国生物防治学报, 2013, 29(3): 459-462.
- Yin J, Gao X G, Wu Y Q, Jiang Y L, Liu S T, Duan A J, Zhang Z Q, Liu C Y. Thrips control on the greenhouse eggplant by releasing *Orius sauteri* (Heteroptera: Anthocoridae). *Chinese Journal of Biological Control*, 2013, 29(3): 459-462. (in Chinese)
- [22] 李姝, 王甦, 赵静, 杨丽文, 高希武, 张帆. 释放异色瓢虫对北京温室甜椒和圆茄上桃蚜的控害效果. 植物保护学报, 2014, 41(6): 699-704.
- Li S, Wang S, Zhao J, Yang L W, Gao X W, Zhang F. Efficacy of multicolored Asian lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) against green peach against green peach aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) on vegetables under greenhouse conditions. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2014, 41(6): 699-704. (in Chinese)
- [23] 王恩东, 徐学农, 吴圣勇. 释放巴氏钝绥螨对温室大棚茄子上西花蓟马及东亚小花蝽数量的影响. 植物保护, 2010, 36(5): 101-104.
- Wang E D, Xu X N, Wu S Y. Control effects of *Amblyseius barkeri* on *Frankliniella occidentalis* on the eggplants and their natural enemy *Orius sauteri* in the greenhouse. *Plant Protection*, 2010, 36(5): 101-104. (in Chinese)
- [24] 徐海云. 浅黄恩蚜小蜂与海氏桨角蚜小蜂的致死干扰竞争作用[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
- Xu H Y. Lethal interference competition between *Encarsia* and *Eretmocerus hayati* (Hymenoptera: Aphelinidae)[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2011. (in Chinese)
- [25] 曾凡荣, 陈红印. 天敌昆虫饲养系统工程. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.
- Zeng F R, Chen H Y. *The System Engineering for Rearing Insect Natural Enemies*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2009. (in Chinese)
- [26] Bouyer J, Seck M T, Sall B, Ndiaye E Y, Guerrini L, Vreysen M J. Stratified entomological sampling in preparation for an area-wide integrated pest management program: the example of *Glossina palpalis gambiense* (Diptera: Glossinidae) in the Niayes of Senegal. *Journal of Medical Entomology*, 2010, 47(4): 543-552.
- [27] Wilby A, Thomas M B. Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecology Letters*, 2002, 5(3): 353-360.
- [28] Cook S M, Khan Z R, Pickett J A. The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology*, 2007, 52(1): 375-400.
- [29] 陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 张帆, 张文庆, 戈峰. 害虫天敌的植物支持系统. 应用昆虫学报, 2014, 51(1): 1-12.
- Chen X X, Liu Y Q, Ren S X, Zhang F, Zhang W Q, Ge F. Plant-mediated support system for natural enemies of insect pests. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51(1): 1-12. (in Chinese)

- [30] Landis D A, Wratten S D, Gurr G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 2000, 45: 175-201.
- [31] Heimpel G E, Jervis M A. Does floral nectar improve biological control by parasitoids//*Plant-Provided Food for Carnivorous Insects: a Protective Mutualism and Its Applications*. New York: Cambridge University Press, 2005: 267-304.
- [32] 魏永平, 花蕾, 张雅林. 生境调节对苹果园害虫可持续控制作用. 中国农学通报, 2004, 20(1): 204-206.
Wei Y P, Hua L, Zhang Y L. Sustainable control technique of protecting natural enemies by habitat regulation. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2004, 20(1): 204-206. (in Chinese)
- [33] 肖英方, 毛润乾, 万方浩. 害虫生物防治新概念——生物防治植物及创新研究. 中国生物防治学报, 2013, 29(1): 1-10.
Xiao Y F, Mao R Q, Wan F H. New concept of biological control: bio-control plants used for management of Arthropod pests. *Chinese Journal of Biological Control*, 2013, 29(1): 1-10. (in Chinese)
- [34] Frank S D. Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control*, 2010, 52(1): 8-16.
- [35] Huang N X, Enkegaard A, Osborne L S, Ramakers P M J, Messelink G J, Pijnakker J, Murphy G. The banker plant method in biological control. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2011, 30(3): 259-278.
- [36] Xiao Y F, Chen J J, Cantliffe D, Mckenzie C, Houben K, Osborne L S. Establishment of papaya banker plant system for parasitoid, *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphilidae) against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in greenhouse tomato production. *Biological Control*, 2011, 58(3): 239-247.
- [37] Xiao Y F, Osborne L, Chen J J, Mckenzie C, Houben K, Irizarry F. Evaluation of corn plant as potential banker plant for supporting predatory gall midge, *Feltiella acarisuga* (Diptera: Cecidomyiidae) against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in greenhouse vegetable production. *Crop Protection*, 2011, 30(12): 1635-1642.
- [38] Huang H, Zhao H, Zhang Y M, Zhang S Z, Liu T X. Influence of selected host plants on biology of castor whitefly, *Trialeurodes ricini* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2014, 17(4): 745-751.
- [39] Dong Y C. Laboratory experiments on the effect of *Allothrombium ovatum* larvae (Acari: Thrombidiidae) on the aphid *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae). *Systematic and Applied Acarology*, 2001, 6: 61-64.
- [40] 杨芳, 王芳, 张蓉, 贺达汉. 小十三星瓢虫对苜蓿斑蚜捕食功能反应的研究. 草业科学, 2007, 24(10): 80-84.
Yang F, Wang F, Zhang R, He D H. Study on predatory function of *Adonia variegata* on *Therioaphis trifolii*. *Pratacultural Science*, 2007, 24(10): 80-84. (in Chinese)
- [41] 郭丽娜, 王洪平. 异色瓢虫对麦蚜和红蜘蛛的捕食功能反应. 河南农业科学, 2008(4): 72-74.
Guo L N, Wang H P. The functional response of *Harmonia axyridis* (Pallas) to wheat aphids and Tetranychidae. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2008(4): 72-74. (in Chinese)
- [42] 吴红胜, 韩诗畴, 张宇宏, 李志刚, 郑基焕. 双带盘瓢虫与六斑月瓢虫成虫对螺旋粉虱幼虫的捕食作用. 环境昆虫学报, 2010, 32(3): 380-383.
Wu H S, Han S C, Zhang Y H, Li Z G, Zheng J H. Predation of *Lemnia buplagiata* and *Menochilus sexmaculatus* adults to larvae of *Aleurodicus dispersus*. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32(3): 380-383. (in Chinese)
- [43] Zhang S Z, Zhang F, Hua B Z. Suitability of various prey types for the development of *Propylea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology*, 2007, 104: 149-152.
- [44] 欧善生. 大突肩瓢虫成虫对桃蚜的捕食作用. 安徽农业科学, 2008, 36(3): 974-975.
Ou S S. Predation of *Synonychia grandis* (Thunberg) adult on peach aphid. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008, 36(3): 974-975. (in Chinese)
- [45] 周兴苗, 雷朝亮. 南方小花蝽对不同猎物捕食作用及利用效率. 生态学报, 2002, 22(12): 2085-2090.
Zhou X M, Lei C L. Utilization efficiency and functional response of *Orius similis* (Hemiptera: Anthocoridae) to different preys. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(12): 2085-2090. (in Chinese)
- [46] 吴兴富. 烟蚜茧蜂繁殖利用概述. 中国农学通报, 2007, 23(5): 306-308.
Wu X F. Summarize on the using and reproducing of *Aphidius gifuensis* (Aphidiidae). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2007, 23(5): 306-308. (in Chinese)
- [47] 余明恩, 古德就, 张维球. 温度对菜蚜茧蜂行为功能反应影响的研究. 华南农业大学学报, 1993, 14(4): 20-25.
Yu E M, Gu D J, Zhang W Q. The effects of temperature on the foraging behavior of parasitoid *Diaeretiella rapae* (Hym., Braconidae). *Journal of South China Agricultural University*, 1993, 14(4): 20-25. (in Chinese)
- [48] 沈平, 常承秀, 朱惠英, 王新东, 田炜, 张永强, 韩淑琴. 异色瓢虫成虫对槐豆木虱的捕食作用. 植物保护, 2009, 35(1): 66-69.
Shen P, Chang C X, Zhu H Y, Wang X D, Tian W, Zhang Y Q, Han S Q. Predation of *Cyamophila willeti* by the adults of *Harmonia axyridis*.

- Plant Protection*, 2009, 35(1): 66-69. (in Chinese)
- [49] Lin K J, Wu K M, Zhang Y J, Guo Y Y. Naturally occurring population of *Bemisia tabaci*, biotype B and associated natural enemies in agroecosystem in northern China. *Biocontrol Science and Technology*, 2008, 18: 169-182.
- [50] 罗宏伟. 小黑瓢虫人工繁殖技术的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2005.
- Luo H W. Studies on the artificial rearing technology of *Delphastus catalinae* (Horn)[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2005. (in Chinese)
- [51] 汤方, 李生臣, 刘玉升, 王开运, 赵克思. 微小花蝽对温室白粉虱的捕食作用. *昆虫知识*, 2007, 44(5): 703-706.
- Tang F, Li S C, Liu Y S, Wang K Y, Zhao K S. Predation of predatory bug, *Orius minutus* on the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2007, 44(5): 703-706. (in Chinese)
- [52] 李令蕊, 薛仁凤, 王晓婧, 曾凡荣. 烟盲蝽对温室白粉虱和小菜蛾捕食作用研究. *河北农业大学学报*, 2008, 31(1): 84-87.
- Li L R, Xue R F, Wang X J, Zeng F R. Predation of *Nesidiocoris tenuis* to *Trialeurodes vaporariorum* and *Plutella xylostella*. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2008, 31(1): 84-87. (in Chinese)
- [53] 李志刚, 郑基焕, 叶静文, 韩诗畴, 严珍, 陈泽坦. 丽盲蝽对螺旋粉虱的捕食作用. *环境昆虫学报*, 2010, 32(4): 516-519.
- Li Z G, Zheng J H, Ye J W, Han S C, Yan Z, Chen Z T. Predation of the green lacewing *Chrysopa formosa* Brauer on the spiraling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32(4): 516-519. (in Chinese)
- [54] 刘爽, 王魁, 刘佰明, 周长青, 张帆. 大草蛉幼虫对烟粉虱的捕食功能反应及捕食行为观察. *中国农业科学*, 2011, 44(6): 1136-1145.
- Liu S, Wang S, Liu B M, Zhou C Q, Zhang F. The predation function response and predatory behavior observation of *Chrysopa pallens* larva to *Bemisia tabaci*. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(6): 1136-1145. (in Chinese)
- [55] 张世泽, 万方浩, 张帆, 花保桢. 丽蚜小蜂两个品系对烟粉虱若虫的寄生适宜性. *中国生物防治*, 2003, 19(4): 149-153.
- Zhang S Z, Wan F H, Zhang F, Hua B Z. Parasitic suitability of two strains of *Encarsia formosa* on *Bemisia tabaci*. *Chinese Journal of Biological Control*, 2003, 19(4): 149-153. (in Chinese)
- [56] Yang N W, Wan F H. Host suitability of different instars of *Bemisia tabaci* biotype B for the parasitoid *Eretmocerus hayati*. *Biological Control*, 2011, 59(2): 313-317.
- [57] 邱宝利, 任顺祥, 林莉, 王兴民. 放蜂密度对梨角蚜小蜂 *Eretmocerus* sp. 控制烟粉虱效果的影响. *华东昆虫学报*, 2004, 13(2): 27-30.
- Qiu B L, Ren S X, Lin L, Wang X M. Effects of release density of *Eretmocerus* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) on the control effectiveness of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Entomological Journal of East China*, 2004, 13(2): 27-30. (in Chinese)
- [58] 蒲天胜, 曾涛, 韦德卫. 20 种植物花粉对真桑钝绥螨饲养效果的综合评判. *生物防治通报*, 1991, 7(3): 111-114.
- Pu T S, Zeng T, Wei D W. An integrated evaluation on 20 plant pollen as diet for mass rearing *Amblyseius makuwa* (Acari: Phytoseiidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 1991, 7(3): 111-114. (in Chinese)
- [59] 胡展育, 鄧军锐, 熊继文. 尼氏钝绥螨对二斑叶螨的捕食作用. *安徽农业科学*, 2007, 35(15): 4556-4557.
- Hu Z Y, Zhi J R, Xiong J W. Predatory impact of *Amblyseius nicholis* to *Tetranychus urticae*. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35(15): 4556-4557. (in Chinese)
- [60] 关秀敏, 孙续良. 芬兰真绥螨捕食功能的研究. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 2002, 33(3): 297-301.
- Guan X M, Sun X G. A study of predation of *Euseius finlandicus*. *Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science*, 2002, 33(3): 297-301. (in Chinese)
- [61] 李丽娟, 鲁新, 刘宏伟, 张国红. 中国智利小植绥螨的繁殖及应用研究. *吉林农业大学学报*, 2004, 26(4): 402-405, 410.
- Li L J, Lu X, Liu H W, Zhang G H. Studies on reproduction and application of *Phytoseiulus persimilis* in China. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2004, 26(4): 402-405, 410. (in Chinese)
- [62] 程立生, 刘君成, 宋国敏. 拟小食螨瓢虫成虫对朱砂叶螨捕食作用的研究. *热带作物学报*, 1989, 10(2): 99-105.
- Cheng L S, Liu J C, Song G M. Studies on predation of *Stethorus parapauperculus* to *Tetranychus cinnabarinus*. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 1989, 10(2): 99-105. (in Chinese)
- [63] 黄阿兴, 蔡衍龙. 腹管食螨瓢虫开发与利用. *华东昆虫学报*, 1997, 6(2): 119-110.
- Huang A X, Cai Y L. Development and utilization of *Stethorus siphonulus* Kapur. *Entomological Journal of East China*, 1997, 6(2): 119-110. (in Chinese)
- [64] 孙月华, 鄧军锐, 李景柱, 袁成明. 花粉在胡瓜钝绥螨控制西花蓟马中的作用. *山地农业生物学报*, 2009, 28(3): 260-263.
- Sun Y H, Zhi J R, Li J Z, Yuan C M. The role of pollen in the effect of *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) on the control of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2009, 28(3): 260-263. (in Chinese)
- [65] Zhang J B, Xie F G. The predatory effects of *Eocanthecona furcellata*

- (Wolff) (Hemiptera: Pentatomidae) to several preys. *Taiwan Insects*, 2001, 21: 257-267.
- [66] 侯茂林, 万方浩. 七星瓢虫成虫对烟蚜的捕食作用. *昆虫知识*, 2004, 41(4): 347-350.
- Hou M L, Wan F H. Predation of *Myzus persicae* by adults of *Coccinella septempunctata*. *Entomological Knowledge*, 2004, 41(4): 347-350. (in Chinese)
- [67] 王小艺, 沈佐锐. 异色瓢虫的应用研究概况. *昆虫知识*, 2002, 39(4): 255-261.
- Wang X Y, Shen Z R. Progress of applied research on multicolored Asian ladybird beetle. *Entomological Knowledge*, 2002, 39(4): 255-261. (in Chinese)
- [68] 孙兴全, 陈文龙, 陈志兵, 何继龙, 叶文娟. 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.
- Sun X Q, Chen W L, Chen Z B, He J L, Ye W J. A preliminary study on the artificial diet of an aphidophagous coccinellid, *Harmonia axyridis* (Pallas) and its use to control strawberry aphids in the plastic covering. *Journal of Shanghai Agricultural College*, 1996, 14(2): 133-137. (in Chinese)
- [69] 王延鹏, 吕飞, 王振鹏. 异色瓢虫开发利用研究进展. *华东昆虫学报*, 2007, 16(4): 310-314.
- Wang Y P, Lü F, Wang Z P. Progress of *Harmonia axyridis* (Pallas) utilization. *Entomological Journal of East China*, 2007, 16(4): 310-314. (in Chinese)
- [70] 兰鑫, 罗辑, 成新跃. 东北大豆生态区捕食性食蚜蝇种类及其对大豆蚜的控害效应分析. *应用昆虫学报*, 2011, 48(6): 1625-1630.
- Lan X, Luo J, Cheng X Y. Control of soybean aphids by predatory syrphids in northeast China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48(6): 1625-1630. (in Chinese)
- [71] 杨友兰, 王红武, 王全寿, 曹琳, 梁定栋, 张志勇. 山西菜田捕食性食蚜蝇优势种及其对菜蚜的控制效果. *中国生物防治*, 2002, 18(3): 124-127.
- Yang Y L, Wang H W, Wang Q S, Cao L, Liang D D, Zhang Z Y. Control aphids in vegetable fields with syrphid flies. *Chinese Journal of Biological Control*, 2002, 18(3): 124-127. (in Chinese)
- [72] 忻亦芬, 李学荣, 王洪平, 王桂清, 唐永红. 用萝卜苗作桃蚜植物寄主繁殖烟蚜茧蜂. *中国生物防治*, 2001, 17(2): 49-52.
- Xin Y F, Li X R, Wang H P, Wang G Q, Tang Y H. Studies on the use radish seedling to propagate peach aphid for mass rearing *Aphidius gifuensis*. *Chinese Journal of Biological Control*, 2001, 17(2): 49-52. (in Chinese)
- [73] 邓建华, 吴兴富, 宋春满, 黄江梅, 刘光辉, 杨硕媛. 田间小棚繁殖烟蚜茧蜂的繁蜂效果研究. *西南农业大学学报: 自然科学版*, 2006, 28(1): 66-69, 73.
- Deng J H, Wu X F, Song C M, Huang J M, Liu G H, Yang S Y. Rearing effect of *Aphidius gifuensis* with nylon-net covered cages in tobacco fields. *Journal of Southwest Agricultural University: Natural Science*, 2006, 28(1): 66-69, 73. (in Chinese)
- [74] 王夸平, 詹筱国, 潘悦, 毛春堂, 高福宏, 孔宁川. 烟蚜茧蜂和异色瓢虫综合防治烟蚜的效果评价. *湖北农业科学*, 2013, 52(7): 1567-1570.
- Wang K P, Zhan Y G, Pan Y, Mao C T, Gao F H, Kong N C. Evaluation on the effects of releasing *Aphidius gifuensis* and *Leis axyridis* to control *Myzus persicae*. *Hubei Agricultural Sciences*, 2013, 52(7): 1567-1570. (in Chinese)
- [75] 程洪坤, 赵军华, 谢明, 魏淑贤, 宋兴甫, 王锦祯. 利用食蚜瘿蚊防治保护地蔬菜桃蚜的试验. *生物防治通报*, 1992, 8(3): 97-100.
- Chen H K, Zhao J H, Xie M, Wei S X, Song X F, Wang J Z. Tests on the effect of releasing *Aphidoletes aphidimyza* [Dip: Cecidomyiidae] to control the aphid, *Myzus persicae* in greenhouse and plastic tunnels. *Chinese Journal of Biological Control*, 1992, 8(3): 97-100. (in Chinese)
- [76] Li S J, Xue X, Ahmed M Z, Ren S X, Du Y Z, Wu J H, Cuthbertson A G S, Qiu B L. Host plants and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. *Insect Science*, 2011, 18(1): 101-120.
- [77] 朱国仁, 乔德禄, 徐宝云. 丽蚜小蜂防治白粉虱的应用技术. *中国农学通报*, 1993, 9(3): 52-53.
- Zhu G R, Qiao D L, Xu B Y. The applied technology of *Encarsia formosa* control *Trialetrodes vaporariorum*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 1993, 9(3): 52-53. (in Chinese)
- [78] 何笙, 吴晓云, 郑金竹, 韩振芹, 赵晨霞, 王月英, 陈卉, 陈晨, 韩杰. 丽蚜小蜂防治设施番茄烟粉虱效果研究. *安徽农业科学*, 2013, 41(14): 6244-6245, 6248.
- He S, Wu X Y, Zheng J Z, Han Z Q, Zhao C X, Wang Y Y, Chen H, Chen C, Han J. A study of control effect of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on greenhouse tomatoes using parasitoid *Encarsia formosa* Gahan. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(14): 6244-6245, 6248. (in Chinese)
- [79] 李姝, 劳永兵, 王甦, 郭晓军, 张帆. 东亚小花蝽和丽蚜小蜂对烟粉虱的协同控制效果研究. *环境昆虫学报*, 2014, 36(6): 978-982.
- Li S, Lao Y B, Wang S, Guo X J, Zhang F. Control effect of *Orius sauteri* collaborated with *Encarsia formosa* on *Bemisia tabaci* in the greenhouse. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36(6): 978-982. (in Chinese)

- [80] 任顺祥, 黄振, 姚松林. 烟粉虱捕食性天敌研究进展. 昆虫天敌, 2004, 26(1): 34-42.
- Ren S X, Huang Z, Yao S L. Advances in studies on predators of *Bemisia tabaci* gennadius. *Natural Enemies of Insects*, 2004, 26(1): 34-42. (in Chinese)
- [81] 张艳璇, 林坚贞, 张公前, 陈霞, 季洁, 唐清. 胡瓜钝绥螨控制大棚甜椒烟粉虱的研究. 福建农业学报, 2011, 26(1): 91-97.
- Zhang Y X, Lin J Z, Zhang G Q, Chen X, Ji J, Tang Q. Research and application of *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) for control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on sweet pepper in plastic greenhouse. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2011, 26(1): 91-97. (in Chinese)
- [82] 董慧芳, 郭玉杰, 牛离平. 应用智利小植绥螨防治温室四种花卉上二斑叶螨的研究. 生物防治通报, 1986, 2(2): 59-62.
- Dong H F, Guo Y J, Niu L P. Biological control of the two spotted spider mites with *Phytoseiulus persimilis* on four ornamental plants in greenhouse. *Chinese Journal of Biological Control*, 1986, 2(2): 59-62. (in Chinese)
- [83] 候爱平, 张艳璇, 杨孝泉, 陈宇航, 陈浩然. 利用长毛钝绥螨控制冬瓜上二斑叶螨研究. 昆虫天敌, 1996, 18(1): 29-33.
- Hou A P, Zhang Y X, Yang X Q, Chen Y H, Chen H R. Integrated control of two-spotted spider mite in white ground. *Natural Enemies of Insects*, 1996, 18(1): 29-33. (in Chinese)
- [84] 姜廷荣, 张立本, 魏新田. 深点食螨瓢虫的生物学及其利用. 昆虫天敌, 1982, 4(4): 34-36.
- Jiang T R, Zhang L B, Wei X T. Biological characteristics and application of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae). *Natural Enemies of Insects*, 1982, 4(4): 34-36. (in Chinese)
- [85] Castane C, Alomar O, Riudavets J. Management of western flower thrips on cucumber with *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae). *Biological Control*, 1996, 7(1): 114-120.
- [86] Shipp J L, Wang K. Evaluation of *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) for control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse tomatoes. *Biological Control*, 2003, 28(3): 271-281.
- [87] 张艳璇, 单绪南, 林坚贞, 张公前, 季洁, 陈霞, 唐清. 胡瓜钝绥螨控制日光大棚甜椒上的西花蓟马的研究与应用. 中国植保导刊, 2010, 30(11): 20-22.
- Zhang Y X, Shan X N, Lin J Z, Zhang G Q, Ji J, Chen X, Tang Q. The studies and applications of *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) controlling *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *China Plant Protection*, 2010, 30(11): 20-22. (in Chinese)
- [88] 谷培云, 马永军, 焦雪霞, 尹哲, 郭书臣, 国洋, 郭明阁, 田学伟. 释放捕食螨对彩椒上蓟马防效的初步评价. 生物技术进展, 2013, 3(1): 54-56.
- Gu P Y, Ma Y J, Jiao X X, Yin Z, Guo S C, Guo Y, Guo M G, Tian X W. Primary evaluation of the control efficacy of releasing predatory mites to thrips in color sweet pepper. *Current Biotechnology*, 2013, 3(1): 54-56. (in Chinese)
- [89] 徐学农, Borgemeister C, Poehling H M. 联合释放黄瓜钝绥螨或小花蝽和尖狭下盾螨防治西方花蓟马//迈入二十一世纪的中国生物防治. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005: 35-40.
- Xu X N, Borgemeister C, Poehling H M. Biocontrol of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) by combined releases of plant-inhabiting predatory mite, *Amblyseius cucumeris* Oudemans or bug, *Orius insidiosus* Say with soil-dwelling mite, *Hypoaspis aculeifer* Canestrini//*Biological Control of China in Twenty-first Century*. Beijing: China Agriculture Science and Technology Press, 2005: 35-40. (in Chinese)
- [90] 张安盛, 于毅, 李丽莉, 张思聪. 东亚小花蝽(*Orius sauteri*)成虫对入侵害虫西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)成虫的捕食作用. 生态学报, 2007, 27(3): 1903-1909.
- Zhang A S, Yu Y, Li L L, Zhang S C. Predation of *Orius sauteri* adult on adults of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*), an invasive insect pest. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(3): 1903-1909. (in Chinese)
- [91] van Lenteren J, Tommasini M. Mass production, storage, shipment and quality control of natural enemies//Albajes R, Gullino M L, van Lenteren J C, Elad Y. eds. *Mass Production, Storage, Shipment and Quality Control of Natural Enemies, Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*. Springer, Netherlands, 2002: 276-294.
- [92] 万方浩, 叶正楚, 郭建英, 谢明. 中国生物防治研究的进展及展望. 昆虫知识, 2000, 37(2): 65-74.
- Wan F H, Ye Z C, Guo J Y, Xie M. The research progress of biological control and prospect in our country. *Entomological Knowledge*, 2000, 37(2): 65-74. (in Chinese)
- [93] Tan X L, Wang S, Zhang F. Optimization an optimal artificial diet for the predatory bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *PLoS ONE*, 2013, 8(4): e61129.
- [94] 巫之馨, 钦俊德, 李同修, 张志品, 刘德岷. 以无昆虫物质的人工饲料培育松毛虫赤眼蜂幼虫. 昆虫学报, 1982, 25(2): 128-134.
- Wu Z X, Qin J D, Li T Z, Zhang Z P, Liu D M. Culturing *Trichogramma dendrolimi* in vitro with artificial media devoid of insect materials. *Acta Entomologica Sinica*, 1982, 25(2): 128-134. (in Chinese)

- [95] 孙毅, 万方浩. 七星瓢虫人工饲料的研究现状及发展对策. 中国生物防治, 1999, 15(4): 169-173.
- Sun Y, Wan F H. Mass rearing *Coccinella septempunctata* L. (Col.: Coccinellidae) with artificial diets: problems and substitute diets. *Chinese Journal of Biological Control*, 1999, 15(4): 169-173. (in Chinese)
- [96] 庞虹, 汤才, 李丽英. 孟氏隐唇瓢虫成虫的人工饲料保种技术. 昆虫天敌, 1996, 18(2): 64-66.
- Pang H, Tang C, Li L Y. The technology for preservation of *Cryptolaemus montrouzieri* adult with the artificial diets. *Natural Enemies of Insects*, 1996, 18(2): 64-66. (in Chinese)
- [97] 杨洪, 熊继文, 张帆. 异色瓢虫人工饲料研究进展. 山地农业生物学报, 2003, 22(2): 169-172.
- Yang H, Xiong J W, Zhang F. Advances of artificial diet for *Harminia axyridis*. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2003, 22(2): 169-172. (in Chinese)
- [98] 王利娜, 陈红印, 张礼生, 王树英, 杨海霞. 龟纹瓢虫幼虫人工饲料的研究. 中国生物防治, 2008, 24(4): 306-311.
- Wang L N, Chen H Y, Zhang L S, Wang S Y, Yang H X. Improved formulations of an artificial diet for larvae of *Propylea japonica*. *Chinese Journal of Biological Control*, 2008, 24(4): 306-311. (in Chinese)
- [99] 黄保宏, 邹运鼎, 毕守东, 郭义. 黑缘红瓢虫成虫人工饲料研究. 中国农业大学学报, 2005, 10(3): 4-9.
- Huang B H, Zou Y D, Bi S D, Guo Y. Artificial diet for adults of *Chilocorus rubidus*. *Journal of China Agricultural University*, 2005, 10(3): 4-9. (in Chinese)
- [100] 林美珍, 陈红印, 王树英, 仝赞华. 大草蛉幼虫人工饲料的研究. 中国生物防治, 2007, 23(4): 316-321.
- Lin M Z, Chen H Y, Wang S Y, Tong Z H. Development of artificial diet for *Chrysopa pallens* larva. *Chinese Journal of Biological Control*, 2007, 23(4): 316-321. (in Chinese)
- [101] 党国瑞, 张莹, 陈红印, 张礼生, 王孟卿, 刘晨曦. 人工饲料对大草蛉生长发育和繁殖力的影响. 中国农业科学, 2012, 45(23): 4818-4825.
- Dang G R, Zhang Y, Chen H Y, Zhang L S, Wang M Q, Liu C X. Effect of different artificial diets on the development and fecundity of the green lacewing *Chrysopa pallens* (Rambur). *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(23): 4818-4825. (in Chinese)
- [102] 刘丰姣, 曾凡荣. 捕食性蜾类昆虫人工饲料研究进展. 中国生物防治学报, 2013, 29(2): 294-300.
- Liu F J, Zeng F R. Advances in artificial diet for rearing of predatory bugs. *Chinese Journal of Biological Control*, 2013, 29(2): 294-300. (in Chinese)
- [103] 徐学农, 吕佳乐, 王恩东. 国际捕食螨研发与应用的热点问题及启示. 中国生物防治学报, 2013, 29(2): 163-174.
- Xu X N, Lü J L, Wang E D. Hot spots in international predatory mite studies and lessons to us. *Chinese Journal of Biological Control*, 2013, 29(2): 163-174. (in Chinese)
- [104] 万方浩, 王韧, 叶正楚. 中国天敌昆虫产品产业化的前景分析. 中国生物防治, 1999, 15(3): 135-138.
- Wan F H, Wang R, Ye Z C. Prospects of commercial products of insect natural enemies in China. *Chinese Journal of Biological Control*, 1999, 15(3): 135-138. (in Chinese)

(责任编辑 岳梅)