

可持续利用天敌昆虫防治设施蔬菜害虫的进展及模式创新

张帆, 李姝, 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】传统的设施蔬菜栽培方式为蚜虫类、蓟马类、粉虱类、斑潜蝇等小型害虫提供了适宜的生长、繁殖和为害的生态环境, 易暴发严重危害。而天敌昆虫是自然存在的害虫控制因子, 是目前害虫生物防治的首选技术和发展方向。文章介绍和分析了蔬菜害虫的天敌昆虫应用的主要类型及研究进展, 并对设施蔬菜的主要害虫的生物防治应用技术进行了系统阐述, 明确了几种天敌昆虫精准释放参数、混合释放机理及其功能植物种类与布局等, 提出了设施蔬菜害虫的天敌保护利用技术新模式。

中国是蔬菜生产和消费大国, 设施蔬菜生产发展迅速, 据统计自 2013 年中国设施蔬菜种植面积从 368 万 hm^2 增长到 2016 年的 391.5 万 hm^2 , 目前发展面积还在不断扩大, 预计 2020 年将会达到 410.5 万 hm^2 ^[1-2]。设施农业的发展, 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、繁殖和为害的生态环境, 如蚜虫、蓟马类、粉虱类、斑潜蝇等小型害虫得到充分有利的发育条件, 有猖獗为害的趋势。害虫发生面积不断扩大, 一般可造成产量损失 15%~30%, 严重的减产 50% 以上, 甚至绝收或使产品失去其商品价值, 害虫严重影响蔬菜产品的产量和品质, 对生产构成严重威胁。

传统蔬菜生产周期较短, 害虫的发生种类多、危害重, 化学农药防治见效快成为主要防治方式, 但由于害虫抗药性剧增, 同时杀伤大量自然天敌, 致使害虫为害越来越严重, 愈加难以防治。另外, 农药不合理的使用, 使高达 80% 的农药飘移或流失到非靶标生物、土壤和水域中,

严重污染生态环境。化学农药通过生物富集在作物体内形成较高残留, 再通过食物链危害人体健康, 食用蔬菜发生食物中毒和中国出口蔬菜受阻事件时有发生, 给人类的生存和农业安全生产造成了严重威胁。

因此, 害虫的生态、生物控制措施已成为目前的害虫防控首选技术和发展方向, 研发害虫防治新产品、新技术, 是提高人们的生活质量, 改善生存和生态环境, 促进农民增收和农村经济持续发展不可或缺的重要措施。近年来, 在国家相关科研和推广项目资助下, 在蔬菜害虫生物防治, 特别是保护利用天敌昆虫控制蔬菜害虫方面, 取得了一系列的进展。

天敌昆虫是生态系统内存在的重要害虫控制因子

在农林生态系统中, 处于第二营养级 (初级消费者) 的每一种害虫都会有一种或多种天敌昆虫, 对其及寄生或直接捕食。基于生态学原理开

展害虫综合治理, 强调利用天敌因子自然制约害虫种群增长的方法, 达到减少农作物生长受害和产量损失的目的^[3]。

自然条件下, 天敌昆虫资源非常丰富。如浙江大学等研究团队查明了中国蔬菜生态系统中天敌昆虫 466 种, 其中新种 37 种、中国新纪录 45 种, 主要蔬菜害虫的优势天敌昆虫种类有小菜蛾 43 种、菜粉蝶 47 种、烟粉虱 37 种、蚜虫 34 种、豌豆彩潜蝇 11 种, 而葱斑潜蝇和美洲斑潜蝇分别 7 种。人为干预(如药剂防治害虫等)会造成天敌的“缺失”, 致使生态失衡, 这是害虫成灾的重要原因之一。通过减少或削弱对天敌的不利因素和增强对天敌的有利因素, 充分发挥天敌的作用是重构和恢复农业生态系统的有效途径。

以天敌为核心的害虫生物防治分为 3 种类型。

①**经典生物防治**: 引入外来天敌昆虫防治外来入侵性害虫的生物防治方法, 如利用原产美洲地区的丽蚜小蜂防治入侵性害虫烟粉虱, 是典型的生物防治案例。②**增强型生物防治**: 通过人工饲养等方式, 大规模生产天敌昆虫, 并利用“淹没式”释放及“接种式”释放的方法, 有效控害。如赤眼蜂的大规模工厂化生产与淹没式释放。③**保护型生物防治**: 综合协调生防作用物与生态系统之间, 以及外部理化环境之间的关系, 通过加强植被管理、应用功能景观以及优化理化环境关系, 来提升生物防治应用效率的方法, 如蜜源植物等对天敌的增殖与保护。

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, 具有效果稳定、持效期长、避免害虫产生抗药性、保护自然天敌、不污染环境、维持生态平衡等特点, 在农业可持续发展和无公害蔬菜生产中具有明显优势。

■ 天敌昆虫防治设施蔬菜害虫的应用进展 ■

中国是最早开展人工生物防治的国家, 早在

公元前 304 年, 就有利用捕食性昆虫——黄猷蚁来防治柑桔园中的害虫的纪录^[3]。从 20 世纪 50 年代起, 从国外引入的赤眼蜂、澳洲瓢虫、孟氏隐唇瓢虫等开启了中国传统生物防治的序幕^[4]。1979 年从英国引入丽蚜小蜂成功控制了中国内温室白粉虱的为害, 并在北京、天津、辽宁等省市推广^[5]。据 Van Lenteren^[6] 统计, 全球天敌应用产生的效益 80% 集中在温室农业系统中, 丽蚜小蜂的收益占据 25%, 捕食螨(智利小植绥螨)和黄瓜钝绥螨的收益占 12%。

由于中国设施蔬菜害虫以蚜虫、粉虱、叶螨、蓟马为主, 所应用的天敌昆虫有蚜茧蜂、蚜小蜂、捕食螨、捕食性瓢虫、草蛉、捕食性蝽、食蚜蝇、食蚜瘿蚊等。近年来, 中国有很多在温室内释放丽蚜小蜂^[7-8]、东亚小花蝽^[9-10]、异色瓢虫^[11]、巴氏钝绥螨^[12]来控制温室害虫效果评价的实例报道。

■ 天敌田间应用存在的主要技术问题 ■

在目前的实际应用中, 特别是设施蔬菜害虫的防控中还存在一些问题, 使得天敌田间控害效果不稳定, 影响控害效果和生产效益。主要有以下问题需要研究和解决: ①影响天敌田间控害效果的关键点; ②针对特定目标害虫及其种群数量, 天敌田间释放(接种式、淹没式)方式的选择; ③确定天敌昆虫田间精准释放技术参数及其科学依据; ④确定天敌组合释放的作用原理(增效或干扰); ⑤天敌释放后, 使其种群能够在田间定殖和延续的方法; ⑥以作物种植系统整体出发的主要害虫生物防治总体方案。

■ 可持续利用天敌昆虫防治害虫新模式的研究和建立 ■

针对上述天敌昆虫应用中的重大科学技术问题, 笔者所在的研究团队进行了大量的试验研究, 获得了一些具有实际应用价值的成果, 并在田间生产中进行了验证和示范。下面以设施蔬菜害虫防控为例进行介绍。

研究系统和对象的选择

粉虱、蚜虫和蓟马 3 类害虫对设施蔬菜生产为害巨大, 具有体型小、繁殖快、易扩散等特点, 更由于其抗药性强而难于防治, 严重影响蔬菜的产量和品质。研究团队以大棚栽培的茄子、番茄、青椒上的粉虱、蚜虫和蓟马为对象, 选择了对目标害虫控害能力较好且容易人工大量繁殖的几种天敌(表 1), 开展了较为系统的应用技术研究。

表 1 研究体系及主要对象

设施蔬菜	主要害虫	施用天敌
茄子	粉虱	蚜小蜂、小花蝽
番茄	蚜虫	捕食性瓢虫
青椒	蓟马	小花蝽、龟纹瓢虫

天敌单独应用及量化参数

根据已报道的相关天敌生物生态学特性(起点温度/有效积温/卵-成虫历期/单雌产卵/成虫寿命/存活率等), 补充温室条件下天敌-猎物的试验种群生命表及捕食功能反应等(丽蚜小蜂、异色瓢虫、东亚小花蝽等), 分析确定了天敌释放数量(益害比)及控害预期。根据天敌在目标生态条件下的控害和扩散行为等研究, 明确释放点数、次数和时间等参数(表 2)。

表 2 设施蔬菜几种主要害虫的天敌应用技术参数

天敌-害虫	释放时期	益害比	次数	点/100 m ²	日释放时间	释放部位
丽蚜小蜂-烟粉虱	害虫发生初期	1:1	2~3	7	8:00	中下部叶
东亚小花蝽-西花蓟马	害虫发生初期	1:20	2~3	15	早上及傍晚	中上部叶
异色瓢虫幼虫-蚜虫	蚜株率 50% 以下	1:20	7	每株释放	白天	上部叶片
	蚜株率 80% 以上	1:10	12	每株释放		上部叶片

多种天敌组合防治单种害虫的研究

每种天敌都有偏好的猎物种类、龄期及其对生态条件的适应性, 而一种害虫往往有多个天敌, 多个天敌组合是否会提高田间控害效果? 天敌种间的相互作用是怎样? 研究结果显示:

● 浅黄恩蚜小蜂和丽蚜小蜂组合释放防治粉虱类害虫

2 种寄生蜂组合释放与丽蚜小蜂单独释放的控害(寄生和取食寄主)均可将粉虱种群持续稳定的控制在较低水平, 但两处理间不存在明显差异; 在 40 天时, 单独释放丽蚜小蜂控害率最高, 其次是两种寄生蜂组合释放, 而单独释放浅黄恩蚜小蜂最低。丽蚜小蜂的存在会干扰浅黄恩蚜小蜂的控害作用, 浅黄恩蚜小蜂不能竞争替代丽蚜小蜂。表明生态位相似的天敌的组合释放在实际应用中存在消极影响。

● 东亚小花蝽和丽蚜小蜂组合释放防治粉虱类害虫

释放天敌 3 周后, 对烟粉虱 1 龄和 2 龄若虫, 组合释放的控害效果好于单独释放, 具有增效作用; 对烟粉虱 3 龄和 4 龄若虫, 增效与干扰作用均不明显。

● 异色瓢虫、浅黄恩蚜小蜂和丽蚜小蜂组合释放防治粉虱类害虫

异色瓢虫对烟粉虱的若虫, 特别是被寄生个体, 表现出极低的攻击欲望, 但其存在会严重影响寄生蜂的子代孵化率; 2 种寄生蜂均在与瓢虫组合时表现出更高的寄生效率, 异色瓢虫充当了刺激寄生蜂种间竞争的角色。

多种天敌复合防治多种害虫的研究

蔬菜生产中同一时间段内会有多种害虫危害, 那么是否可以利用多种天敌复合释放控制多种害虫? 在上述研究结果的基础上, 提出了 3 种复合释放模式: ①丽蚜小蜂、浅黄恩蚜小蜂、异色瓢虫复合控制番茄粉虱、蚜虫; ②东亚小花蝽、龟纹瓢虫、捕食螨、丽蚜小蜂复合控制青椒蓟马、蚜虫、叶螨、粉虱; ③异色瓢虫、丽蚜小蜂、捕食螨复合控制茄子蚜虫、叶螨、粉虱。但在实际应用中需要根据蔬菜田间不同害虫种群发生动态的监测数据, 灵活调整相对应天敌的释放时间和数量。

天敌定殖与持续控害

当天敌释放后, 害虫种群被压低到一定数量后, 缺少食物源的天敌数量也随之锐减, 一段时间后害虫种群快速恢复并继续危害。怎样才能让天敌在释放地定殖繁衍并持续控害? 经过调查研究发现, 一些植物可以为天敌昆虫提供食物、补充营养、栖境或产卵场所, 保护和增殖天敌昆虫种群, 持续发挥控害作用。

● 蜜源植物的选择与利用

试验分别筛选出适合蔬菜、水稻和

果园的蜜源植物，如三叶草、夏至草、波斯菊、荷兰菊、芝麻、酢浆草、油菜等，并从花朵颜色、大小、气味、开闭周期及猎物等方面，初步明确其对天敌的引诱机理，并在不同的作物田间进行了组合、布局和验证。

● 天敌昆虫伴存植物的筛选与利用

通过试验证明，芝麻、绿豆、蓖麻、罗勒、苜蓿和南瓜可以作为诱集及增殖天敌群落的优选植物，其小区内天敌亚群落显著高于其他植物。并且筛选出适宜保护地内生态系统的天敌功能植物系统，初步查明其上昆虫种类及时间动态，提出了蔬菜温室配植玉米带、“小麦-玉米蚜-龟纹瓢虫”等储蓄植物系统。

● 温室棚间功能植被多样性提升

通过试验筛选出波斯菊、矢车菊、绿豆和罗勒等有效诱集及增殖天敌的功能植物，试验小区天敌亚群落显著提高，有利于持续涵养天敌昆虫，增加园区内天敌昆虫多样性。

以天敌释放为主的设施蔬菜主要害虫的生物防治新模式

经过多年的研究、验证和改进，提出了设施蔬菜主要害虫的生物防治新模式，主要包括迷你工厂繁育天敌—天敌复合释放—功能植物增殖保育天敌—整体景观增效调控天敌（图1~3）。

● 番茄害虫

种植（培养）功能植物（玉米、苘麻、菜豆）—害虫（粉虱、蚜虫等）监测—早期释放天敌（丽蚜小蜂、浅黄恩蚜小蜂、异色瓢虫等）—昆虫及其天敌种群动态监测—补充释放天敌—控制害虫。

● 青椒害虫

种植（培养）功能植物（玉米、苘麻、芸豆）—害虫（蓟马、蚜虫、叶螨、粉虱）监测—早期释放天敌（东亚小花蝽、龟纹瓢虫、捕食螨、丽蚜小蜂）—昆虫动态监测—控制害虫。

● 茄子害虫

种植（培养）功能植物（玉米、苘麻、小麦）—害虫（蚜虫、粉虱、叶螨）监测—早期释放天敌

（异色瓢虫、丽蚜小蜂、捕食螨）—昆虫动态监测—控制害虫。



图1 利用寄生性天敌丽蚜小蜂防治番茄粉虱



图2 释放异色瓢虫防治彩椒蚜虫



图3 设施温室内种植蜜源植物花带增加天敌多样性

结论及讨论

设施栽培技术不断发展,在为人类带来更丰富的蔬菜产品时,其特殊的环境也加重了昆虫的发生与为害,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,生物防治在设施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。

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而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,抑制害虫爆发。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。

建设农业生态景观结构,增加植被多样性,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,才是今后为之投入与发展的目标。

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,利用当地丰富的天敌资源,开发研究出适于当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。

参考文献

- [1] 李天来. 我国设施蔬菜科技与产业发展现状及趋势 [J]. 中国农村科技, 2016(5):75-77.
- [2] 喻景权, 周杰. “十二五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望 [J]. 中国蔬菜, 2016,1(9):18-30.
- [3] 陈学新, 任顺祥, 张帆, 等. 天敌昆虫控害机制与可持续利用 [J]. 应用昆虫学报, 2013,50(1):9-18.
- [4] 张帆, 李姝, 肖达, 等. 中国设施蔬菜害虫天敌昆虫应用研究进展 [J]. 中国农业科学, 2015,48(17):3463-3476.
- [5] 程洪坤, 田毓起, 魏炳传, 等. 丽蚜小蜂商品化生产技术. 中国生物防治 [J]. 1989(4):178-181.
- [6] VanLenteren, J. C. Internet Book of Biological Control[EB/OL]. <http://www.IOBC-Global.org>.
- [7] 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.
- [8] 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 [J]. 蔬菜, 2010(7):34-35.
- [9] 蒋月丽, 武予清, 段云, 等. 释放东亚小花蝽对大棚辣椒上几种害虫的防治效果 [J]. 中国生物防治学报, 2011,27(3):414-417.
- [10] 尹健, 高新国, 武予清, 等. 释放东亚小花蝽对茄子上蓟马的控制效果 [J]. 中国生物防治学报, 2013,29(3):459-462.
- [11] 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.
- [12] 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 [J]. 植物保护, 2010,36(5):101-104.

作者简介: 张帆 (1961-), 北京人, 研究员, 研究方向: 生物防治技术。

[引用信息] 张帆, 李姝, 王甦. 可持续利用天敌昆虫防治设施蔬菜害虫的进展及模式创新 [J]. 农业工程技术, 2017,37(31):16-20.