

文章编号: 1674-7054(2022)05-0532-08



我国天敌昆虫产业发展现状与建议

胡尊瑞^{1,2}, 李志强¹, 吴晓云¹, 姜 嫻¹, 尹 哲³, 张翌楠¹, 韩振芹¹

(1. 北京农业职业学院 园艺系, 北京 102442; 2. 中国农业科学院 植物保护研究所, 北京 100193;
3. 北京市植物保护站, 北京 100029)

摘要: 本文总结了当前我国在生产中应用的主要天敌种类及存在的问题, 如天敌昆虫产品种类单一, 生产规模较小、机械化水平低, 配套服务技术滞后, 农户生物防治思想意识淡薄等。为此, 笔者提出了应加大生物防治宣传力和思想引导, 增加天敌昆虫品种/品系、改进生产工艺和技术设备, 加强对天敌的包装、运输和服务技术的研究, 加强质量检测, 降低天敌昆虫生产成本, 加强田间应用配套技术研究等应对策略, 以期为天敌昆虫的生产及应用提供参考。

关键词: 生物防治; 天敌昆虫; 现状; 问题

中图分类号: S 476 **文献标志码:** A

引用格式: 胡尊瑞, 李志强, 吴晓云, 等. 我国天敌昆虫产业发展现状与建议 [J]. 热带生物学报, 2022, 13(5): 532-539. DOI: [10.15886/j.cnki.rdswwb.2022.05.016](https://doi.org/10.15886/j.cnki.rdswwb.2022.05.016)

近年来, 随着国家对生态文明建设的不断投入, 公众对绿色环保理念的重视, 生物防治和可持续治理的深入人心。天敌昆虫的繁育和应用是害虫可持续治理的重要手段^[1]。党在“十八大”上提出建设“生态文明, 保护自然环境”“绿水青山就是金山银山”的理念, 进一步阐述了经济发展和环境保护之间的关系。在加大生物防治宣传的同时, 倡导“两减一增”绿色防控措施^[2]。在减少化肥、农药生产和使用的同时, 还要增加农民的收入, 就要采取更多的生物防治技术和手段, 天敌昆虫则在其中起到重要作用。天敌昆虫作为生防产品, 在害虫的生物防治中占有重要地位。我国天敌资源十分丰富, 发展前景广阔, 如赤眼蜂、捕食螨、异色瓢虫 (*Harmonia axyridis*) 等应用到设施温室或大田中进行生物防治, 特别是在东北地区, 每年运用松毛虫赤眼蜂 (*Trichogramma dendrolimi*) 进行玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 的生物防治面积就达到 400 万 hm^2 ^[3], 虽然生物防治在农业生产中所占的比重日益增加, 但与国外相比, 我国还存在巨大的差距。为此, 笔者总结了当前我国在生产中应用的主要天敌种类及存在的问题, 旨在为天敌昆

虫的生产 and 应用提供借鉴。

1 我国天敌昆虫产业发展现状与问题

面对市场对生物天敌产品需求, 国家逐步放开对天敌昆虫的商品管控, 允许部分天敌昆虫作为农药产品进行登记。2010 年, “松毛虫赤眼蜂·松毛虫质型多角体病毒杀虫卡”获得了原农业部农药检定所的审定和登记, 成为我国首个获得登记的天敌生物类农药产品^[4]。

1.1 我国天敌昆虫产业发展现状 虽然我国天敌资源十分丰富, 天敌昆虫种类有 370 种之多^[5], 但我国天敌昆虫产业还处在起步阶段, 基础薄弱, 与发达国家存在巨大差距^[5]。2010 年, 在中国进行害虫生物防治的只占 5% 左右, 而欧美发达国家构建以天敌昆虫为核心的生物防治体系, 应用生物防治规模约占 60%。2010 年中国天敌昆虫年产值为 1 100 万美元, 仅为 Koppet 公司年产值的 1/7^[6]。为此, 国家在“十二五”期间, 制定了农业发展规划目标是生物防治占 30%^[1]。我国已成功饲养的天敌详见表 1。

据统计, 世界上重要的天敌生产公司约有

收稿日期: 2021-05-08

修回日期: 2022-04-07

基金项目: 北京市科技计划项目(KM201912448006); 北京农业职业学院科研项目(XY-YF-18-10); 北京农业职业学院大学生创新项目(XY-XK-21-01)

第一作者: 胡尊瑞(1985-), 男, 副教授, 博士. 研究方向: 害虫生物防治. E-mail: huzunrui001@163.com

表 1 天敌种类及其防治对象

天敌种类	防治对象
赤眼蜂属(玉米螟赤眼蜂 <i>Trichogramma ostrinae</i> 、松毛虫赤眼蜂 <i>Trichogramma dendrolimi</i> 、螟黄赤眼蜂 <i>Trichogramma chilonis</i> 、稻螟赤眼蜂、拟澳洲赤眼蜂 <i>Trichogramma confusum</i> 、广赤眼蜂 <i>Trichogramma evanescens</i>)	草地贪夜蛾 <i>Spodoptera frugiperda</i> 、亚洲玉米螟 <i>Ostrinia furnacalis</i> 、欧洲玉米螟 <i>Ostrinia nubilalis</i> 、松毛虫 <i>dendrolimus superans</i> 、二化螟 <i>Chilo suppressalis</i> 、黏虫 <i>Mythimna separata</i> 、梨小食心虫 <i>Grapholitha molesta</i> 等 ^[7-13]
肿腿蜂属(管氏肿腿蜂 <i>Scleroderma guani</i> 、川硬皮肿腿蜂 <i>Scleroderma sichuanensis</i> 、白蜡吉丁肿腿蜂 <i>Scleroderma pupariae</i>)	粗鞘双条杉天牛 <i>Semanotus sinoauster</i> Gressitt、双条杉天牛 <i>Semanotus bifasciatus</i> 、松褐天牛 <i>Monochamus alternatus</i> 、青杨天牛 <i>Saperda populnea</i> 、星天牛 <i>Anoplophora chinensis</i> 、光肩星天牛 <i>Anoplophora glabripennis</i> 、桃红颈天牛 <i>Aromia bungii</i> 、咖啡虎天牛 <i>Xylotrechus grayii</i> 、中华锯花天牛 <i>Apatophysis sinica</i> 、菊天牛 <i>Phytoecia rufiventris</i> 、玫瑰多带天牛 <i>Polyzonus fasciatus</i> 、梨眼天牛 <i>Bacchisa fortunei</i> 、桑天牛 <i>Apriona germari</i> 、棕杉天牛 <i>Callidium villosulum</i> 、柏肤小蠹 <i>Phloeosinus perlatius</i> 、梳角窃蠹 <i>Ptilinus fuscus</i> 、二齿茎长蠹 <i>Sinoxylon japonicum</i> 、杨干象 <i>Cryptorrhynchus lapathi</i> 、杨黄星象 <i>Lepyrus japonicus</i> 、六星吉丁虫 <i>Chrysobothris succedanea</i> 、白杨透翅蛾 <i>Paranthrene tabaniformis</i> 、杨大透翅蛾 <i>Aegeria apiformis</i> 等 ^[14-24]
花绒寄甲 <i>Dastarcus helophoroides</i> 、	松褐天牛 <i>Monochamus alternatus</i> 、青杨天牛 <i>Saperda populnea</i> 、星天牛 <i>A. chinensis</i> 、云斑天牛 <i>Batocera horsfieldi</i> 、光肩星天牛 <i>A. glabripennis</i> 、桃红颈天牛 <i>A. bungii</i> 、粗鞘双条杉天牛 <i>S. sinoauster</i> 、双条杉天牛 <i>S. bifasciatus</i> 、麻竖毛天牛 <i>Thyestilla gebleri</i> 等 ^[25-30]
平腹小蜂 <i>Anastatus japonicus</i> 、	荔枝椿 <i>Tessarotoma papillosa</i> 、茶翅椿 <i>Halyomorpha halys</i> ^[31-32]
白蛾周氏啮小蜂 <i>Chouioia cunea</i>	美国白蛾 <i>Hyphantria cunea</i> 、椰子织蛾 <i>Opisina arenosella</i> 、杨扇舟蛾 ^[33-36]
丽蚜小蜂 <i>Encarsia formosa</i> Gahan	白粉虱 <i>Trialeurodes vaporariorum</i> 、烟粉虱 <i>Bemisia tabaci</i> ^[37-38]
食蚜瘿蚊 <i>Aphidoletes aphidimyza</i> 、	萝卜蚜 <i>Lipaphis erysimi</i> 、禾谷缢蚜 <i>Rhopalosiphum padi</i> 、豆蚜 <i>Aphis craccivora</i> 、桃蚜 <i>Myzus persicae</i> 、棉蚜 <i>Aphis gossypii</i> 、甘蓝蚜 <i>Brevicoryne brassicae</i> 等 ^[39-44]
侧沟茧蜂(管侧沟茧蜂 <i>Microplitis tuberculifer</i> 、中红侧沟茧蜂 <i>Microplitis mediator</i>)	大地老虎 <i>Agrotis tokionis</i> 、黄地老虎 <i>Agrotis segetum</i> 、银纹夜蛾 <i>Argyrogramma agnata</i> 、甜菜夜蛾 <i>Spodoptera exiua</i> 、棉铃虫 <i>Helicoverpa armigera</i> 、粘虫 <i>Mythimna separate</i> 、杨十斑吉丁虫 <i>Melanophila picta</i> ^[45-47]
中华大草蛉 <i>Chrysopa pallens</i> 、丽草蛉 <i>Chrysopa formosa</i> 、和中华草蛉 <i>Chrysopa sinica</i>	黑刺粉虱 <i>Aleurocan spinifetus</i> 、螺旋粉虱 <i>Aleurodicus dispersus</i> 、白粉虱 <i>T. vaporariorum</i> 、烟粉虱 <i>B. tabaci</i> 、二斑叶螨 <i>Tetranychidae. urticae</i> 、棉蚜 <i>Aphis gossypii</i> 、萝卜蚜 <i>Lipaphis erysimi</i> 、麦二叉蚜 <i>Schizaphis graminum</i> 、麦长管蚜 <i>Sitobion avenae</i> 、禾谷缢蚜 <i>R. padi</i> 、豆蚜 <i>Aphis craccivora</i> 、桃蚜 <i>M. persicae</i> 、棉铃虫 <i>Helicoverpa armigera</i> 、银纹夜蛾 <i>Argyrogramma agnate</i> ^[48-61]
七星瓢虫 <i>Coccinella septempunctata</i> 、异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	绣线菊蚜 <i>Aphis citricola</i> 、月季长管蚜 <i>Macrosiphum rosirvorum</i> 、甘蓝蚜 <i>B. Brassicae</i> 、萝卜蚜 <i>L. erysimi</i> 、枸杞木虱 <i>Bactericera gobica</i> 、梨木虱 <i>Psylla chinensis</i> 、吹绵蚧 <i>Icerya purchasi</i> 、草履蚧 <i>Drosicha corpulenta</i> 、桃蚜 <i>M. persicae</i> 、雪松长足大蚜 <i>Cinara cedri</i> 、紫薇长斑蚜 <i>Tinocallis kahawaluokalani</i> ^[62-74]
东亚小花蝽 <i>Orius similis</i>	草地贪夜蛾 <i>S. frugiperda</i> 、西花蓟马 <i>Frankliniella occidentalis</i> 、二斑叶螨 <i>T. urticae</i> 和桃蚜 <i>M. persicae</i> ^[75-78]

250 家, 主要分布在西欧、北美、大洋洲的发达国家, 公司规模较大的有荷兰的 Koppet、比利时的 Biobest、德国的 Sautter & Stepper、英国的 Syngema Bioline 和 Biological Crop Protection (BCP) 天敌公司、以色列的 Bio-Bee 公司^[79]。亚洲地区主要分布在日本、韩国和印度等国。

我国天敌生产企业分布较为集中, 以京津冀为中心辐射全国, 主要分布于北京、天津、河北、吉林、山东、广东、浙江等省份, 代表企业及其生产天敌: 国家林业局工程技术防治中心(管氏肿腿

蜂 *S. guani*、白蜡吉丁肿腿蜂 *S. pupariae*、周氏啮小蜂 *C. cunea*、花绒寄甲 *D. helophoroides*) 北京市天敌繁育中心(松毛虫赤眼蜂 *T. dendrolimi*、周氏啮小蜂 *C. cunea*、异色瓢虫 *H. axyridis*、捕食螨)、北京市园林科学研究院(周氏啮小蜂 *C. cunea*、花绒寄甲 *D. helophoroides*)、吉林农业大学天敌繁育中心(松毛虫赤眼蜂 *T. dendrolimi*、玉米螟赤眼蜂 *T. ostrinae*)、青岛市天敌繁育中心(管氏肿腿蜂 *S. guani*、花绒寄甲 *D. helophoroides*)、广东林科院昆虫研究所(管氏肿腿蜂 *S. guani*、平腹小蜂 *A.*

japonicus), 这些天敌中真正实现工厂化繁育的只有赤眼蜂。

1.2 天敌产业存在问题 虽然我国在天敌昆虫方面做了很多基础性的研究工作, 也取得了一些研究成果, 但国内天敌产业与国外先进国家的企业相比还存在不小的差距^[80-82], 没有在科研-生产-推广-应用链条形成闭环结构, 相互脱节, 信息沟通不畅。我国的研究工作主要依托国内的科研院所、高校进行, 生产则由公司进行, 推广应用则由全国农技推广部门进行。由于研究、生产和推广的脱节, 造成中国昆虫天敌产业化进程发展缓慢, 单纯从事生物防治技术服务公司少之又少。此外, 科研成果转化难, 据统计科研成果孵化率不足5%。生产中仍延续传统养殖技术, 缺乏创新能力和国际竞争力, 生产效率低下, 造成人力和资源浪费。有的研究项目虽已实验室阶段取得成功, 但由于自然环境的复杂性, 造成田间应用效果不理想; 抑或某些天敌研发项目在田间应用效果很好, 但缺乏进一步的研发投入, 而处于产业化待开发状态。具体表现为以下5个方面。

1.2.1 天敌现状 1) 生物天敌种类非常丰富, 但实际应用种类比较单一, 一些潜力品种停留在实验室或试验阶段, 未进行产业开发和应用, 覆盖靶标范围面窄。生产上常用的天敌昆虫主要分3大类: ①防治鳞翅目昆虫的卵寄生蜂, 如赤眼蜂、周氏啮小蜂; ②防治鞘翅目蛀干害虫天牛、吉丁虫的肿腿蜂, 花绒寄甲; ③防治果树、蔬菜的蚜虫、红蜘蛛的瓢虫和捕食螨。2) 商品性不足, 产量、包装等不适合大批量、多用途的需要、货架期短。3) 市场上没有相关的质量标准。与化学农药相比, 天敌昆虫往往存在质量参差不齐, 天敌昆虫产品特性存在弱点, 防治效果不稳定, 容易受环境条件的影响。而且天敌昆虫也会有天敌, 释放到环境中, 如果存在其天敌, 会被捕食或寄生, 影响其使用效果。与化学农药的速度相比, 生物天敌在使用中存在作用效果慢的特点, 即使在害虫防治阶段, 作物仍会受到轻度为害, 农民难以接受。4) 天敌价格相对较高, 由于天敌具有明显的季节性和使用时效, 繁殖成本相对偏高, 造成其销售价格高。

由于以上原因, 导致农技推广人员、经销商在推广和销售中积极性不高。

1.2.2 生产企业现状 1) 不重视产业链上下游发

展。天敌生产企业是生物天敌推广的原动力, 重视产品开发, 但与其他措施协调配套研究较少。2) 天敌生产企业多, 规模相对小, 具有核心竞争力的企业少; 天敌品种相对集中, 容易形成竞争和内耗。3) 市场培育和开发不足, 对应用技术开发不重视。4) 技术服务较弱, 宣传推广不够。5) 夸大产品防治效果和应用范围, 导致产品使用效果不好。6) 规模化的天敌工厂极少, 没有按应用区分布的区域性天敌工厂, 规模小, 品种单一, 按需定产。

1.2.3 农民需求现状 1) 缺乏生物防治理念, 意识淡薄, 现行政策法规约束能力弱。2) 对使用生物天敌生产优质农产品缺乏动力(价格、技术、成本等因素)。3) 部分农户希望使用(水果、茶叶、中草药等), 但缺乏必要知识、信息、技术。

1.2.4 合作社、高端农产品农户和生产企业 1) 短期利益驱动, 重视高新设备投入, 缺乏长期可持续发展策略和技术体系; 不重视植保新技术更新和应用。2) 有需求, 但信息不通畅, 缺少专业技术人员和应用技术。3) 对生物天敌缺乏信心, 怀疑效果。更多的是对防治技术具有传统理念, 缺乏可持续发展、宏观、生态的理念, 以化学农药应急防治为主, 并以此构建防治体系。

1.2.5 政府层面 没有健全的产业化支撑体系。政策上缺乏激励措施, 国外天敌产业化进程, 离不开政府或跨国公司资金投入。而国内, 在全国范围内除上海^[1]、北京^[83]外, 对生物防治和天敌昆虫推广应用没有激励政策, 植保技术人员示范推广生物天敌缺乏必要的手段和经费^[1]。采用生物防治和天敌昆虫生产的农产品在价格上没有竞争力, 反而因为品相不好影响销售, 打击农民使用积极性, 影响天敌的市场推广工作。目前, 由于有机农产品生产方式, 导致其对天敌昆虫需求大, 而在大宗作物上, 天敌昆虫没有明显的优势。缺乏科研成果转化平台, 成熟技术不能有效进行转化, 服务生产。此外, 面对生物防治技术难题, 需要国家组织大型的技术攻关, 需要政府更多的资金支持, 法律法规加大生物防治的宣传与普及, 协调各部门发挥最大的优势, 进行大范围的合作^[83]。

总体来讲, 与国外发达国家存在不小的差距: 天敌昆虫产品种类单一, 生产规模较小、机械化水平低, 配套服务技术滞后, 生物防治思想意识淡薄等。

2 发展建议

2.1 增加天敌昆虫品种/品系,改进生产工艺和技术设备 只有增加天敌昆虫的种类/品系,才能增加企业竞争力和资源的整合利用,如筛选耐高温、耐寒品系,抗药性品系等。满足市场多元化需求。改进生产工艺,丰富繁育技术,解决由于季节交替造成天敌昆虫中的周期性。如冬春季节利用柞蚕卵赤眼蜂蛹繁育瓢虫、草蛉等捕食性天敌,解决厂房、设备、人力闲置;以及技术性工人的流失的问题,使企业效益最大化。

提高机械化水平。天敌昆虫寿命短,存活温度范围相对较窄,这就导致天敌使用的时间比较紧迫,基本上是订单式生产,需提前预定,面对一些年份的害虫大爆发,天敌企业应激能力较差,无力提供足够的天敌昆虫以应对害虫爆发防治的需求。目前为止,我国天敌产业化进程中,实现机械化生产的只有松毛虫赤眼蜂和螟黄赤眼蜂2种天敌昆虫。此外,有些天敌昆虫虽然实现了产业化,如松毛虫赤眼蜂^[83]、捕食螨^[84-85]、异色瓢虫等^[86],但生产工艺和生产设备尚需进一步改进和完善。提高机械化水平,扩增天敌昆虫种类,以促使更多种类、更多数量天敌昆虫应用到生物防治中。

2.2 加强对天敌的包装、运输和服务技术的研究 天敌昆虫作为活体商品,时效性很强,不耐贮存,更难以库存。此外,天敌昆虫由于其特殊性涉及检疫和生物安全性等,很多天敌经不起长途运输。在运输过程中,由于保存介质或自相残杀习性的原因,造成天敌昆虫损伤,死亡率极高。所以快递公司不愿寄送,使天敌昆虫的应用地域范围受到了极大的限制。如草蛉幼虫,七星瓢虫、异色瓢虫幼虫都具有很强的自相残杀的习性,加大了其在运输、贮存当中的难度^[87-88],影响天敌产品质量和应用效果。

此外,还应改进包装、运输方式。产品包装应包括:商品名(包装的天敌数量、天敌的生育期、填充物介质成分等)、靶标害虫、释放数量和频次、释放方法及对温湿度的要求、贮藏方法和时间、天敌作用机理和注意事项等^[4,86]。

天敌昆虫作为活体商品,使用的技术性很强,特别是在自然环境中应用,由于温湿度不能人为控制,技术服务显得尤为重要,要有专业的技术人员与客户对接,解决使用中的疑难问题,保证防治效果。在害虫得到控制后,指导客户让天敌昆虫

在当地建立种群,持续控制害虫发生。

2.3 加强质量检测 天敌昆虫作为商品进行流通,就要符合其包装所规定的质量标准。在包装前要检测天敌的活性、纯度、数量是否达到包装要求,确保没有被污染。天敌昆虫对寄主具有很强选择性,在自然界中跟随靶标害虫可自然发生,而一旦人工繁育,由于生存环境的改变以及气候室温湿度相对的稳定性,特别容易滋生病虫害,造成天敌昆虫免疫力下降而发生群体死亡。此外,由于采用人工饲料饲养,造成天敌产卵量降低,甚至有些种群不产卵的现象。天敌昆虫出现种性退化,使用过程中表现出控制效果差,特别是一些天敌昆虫运用人工饲料进行繁育数代以后,其仔代生理性状、寄生/捕食能力会出现骤降的现象,这就需要进行质量控制,以确保具备优良性状的天敌应用到生物防治中。质量控制包括:寄生率、雌雄性别比,羽化率、畸形率等,控制这些质量参数^[89],可以使天敌昆虫在田间应用中表现出稳定的防效,只有满足质量标准的产品才能进入市场流通和田间应用。其中的佼佼者当属以色列的 Bio-Bee 天敌公司,其是世界上第1个获得 ISO 9002 和 ISO 9001:2000 认证的公司^[90]。

2.4 降低天敌昆虫生产成本 相对于农药,天敌的价格以及控制效果是制约天敌昆虫推广应用的主要因素,所以就要从生产、销售环节入手解决。

生产上研究替代寄主或利用人工饲料繁育天敌昆虫技术,解决工厂化和商品化生产天敌与昆虫利用自然寄主难以采集的矛盾^[91-93],降低生产成本。如利用赤眼蜂蛹繁育异色瓢虫^[91],已被证实是完全可行的,繁育出的瓢虫捕食性和生殖潜能都不受影响;同样获得成功还有草蛉^[63]和肿腿蜂^[92-93]的替代寄主繁育。当然,使用替代寄主或人工饲料繁育会引起天敌昆虫寄生品性的下降,如长期使用替代寄主繁育天敌昆虫,其对自然寄主的选择性会随着繁育世代增多而下降,导致防效降低;所以要制定严格的质量标准,把与寄生蜂生理性状数据和寄生指标关联量化,及时对天敌昆虫室内种群与采集野外种群杂交、复壮^[89,92-93]。

在销售流通方面,天敌昆虫是活体生物产品,具有生命周期短,储存难度大的特点。天敌昆虫都是营寄生/捕食行为,而他们寄生/捕食的对象都需要活体养殖,天敌昆虫的生命活动受多因素影

响,这都增加了饲养难度。如果生产出来不能马上投入使用或销售出去,就会增加成本,其次,天敌昆虫在生产、运输和贮存过程中都会出现死亡情况,这都增加天敌生产成本;而在使用过程中的非正常死亡,或者因贮存、运输等原因造成的控制效果低甚至没有效果,则给天敌昆虫的市场推广和应用造成负面影响。为应对贮存和运输难题,应加强研究天敌昆虫休眠和滞育技术,利用昆虫自然习性提高贮存期天敌的存活率,缩短天敌扩散周期,提高生产效率;降低天敌的生产成本和销售价格。

2.5 加强田间应用配套技术研究 探索新型的天敌释放技术,如无人机搭配不同器具在玉米田和水稻田释放赤眼蜂防治钻蛀性害虫,提高了天敌的释放效率和精度。此外,当害虫被成功控制以后,如何让天敌昆虫在自然环境中增殖,建立起有效的种群密度。这需要人为的在田间增加害虫密度或在田间种植蜜源植物,帮助天敌进行过渡。此外,还要加强田间应用天敌昆虫的配套技术研究,在释放天敌控制靶标害虫的时候,需要精准的预测预报,以确定天敌昆虫的适宜释放时间和释放量。此外,还应兼顾农田其他病虫害发生与防治,研究多种防治措施协调运用,并在区域中施行联防联控。对于一些害虫引起的损失远超经济阈值,那么以释放天敌昆虫为防治手段的生防技术就要配合物理、化学方法进行综合防治,多措并举防治害虫,做到解决农民的后顾之忧。

2.6 加大生物防治宣传力度和思想引导 中国由于人口众多,人均可用耕地面积小,土地是中国农民的主要收入甚至是全部收入来源,这就导致在害虫的防治策略或选择上,构建的是传统防治模式,采取的是保守的、风险最小的化学防治措施,这给生物防治带来不小的阻力。虽然天敌昆虫控制效果是可持续的,但是这种可持续的防效由于其作用方式,不管是寄生还是捕食,都需要在使用一段时间才会显现出防治效果。相对于化学农药,天敌昆虫在短期内并不能起到立竿见影的效果,即使是不计成本的淹没式释放天敌昆虫进行防治,也需要一段时间才能达到控制效果,对于广大用户其实是一种考验。具体就需要在政府部门进行政策指导,应用层面(农民)进行思想转变两方面开展工作。

2.6.1 政府部门 1) 政策引导,从国家战略高度

出发,制定符合国情的生物防治决策、目标。2) 资金支持,对生物防治技术、项目或生物天敌生产、应用实行政策补贴。3) 对化学农药增税以补贴生物天敌防治所带来的成本增加,减轻用户的生防投入。4) 通过技术产业体系带动,实施天敌昆虫示范推广项目。5) 对生物天敌登记管理,税收政策,生产、流通施行优惠政策。6) 对农田环境的化学农药使用施行严格限制政策,鼓励农户选择非农药措施,对农残超标产品绝不姑息。7) 鼓励农户成立社团组织,提高生物天敌规模化应用和种植效益。

引导对天敌昆虫防效的科学评价,特别是在开放农田生态系统中释放易扩散飞行的天敌昆虫。要立足长远利益,不仅要注重经济效益,更要看生态效益以及天敌的后续的可持续控制作用。这将促进应用天敌昆虫的生物防治技术在基层中能够推广应用。由于作用方式和作用机理不同,生物防治与化学防治效果差别巨大。优秀天敌昆虫的控制效果大约只有40%~50%,比较好的能达到70%以上;而使用农药可达到95%以上防效^[90]。但天敌昆虫在释放的自然环境中建立种群后,其持续控制效果将会显现。如释放周氏啮小蜂防治美国白蛾,5年后天敌寄生率仍达92%,中红侧沟茧蜂对二代棉铃虫控制在76%以上^[6,94]。要加强思想引导和政策扶持,给予生物防治用户一些补贴,让使用者在此后的生产中尝到生防的红利。

2.6.2 应用层面(农民) 1) 技术示范,培训农民掌握天敌的使用方法和技术。2) 加强思想引导,转变传统理念,培养可持续发展理念。

天敌昆虫产业化符合国家生态文明建设的需求,既减少了化学农药的使用,又保护了生态系统的多样性。需要全民共同参与,这其中需要政府的政策引导和舆论宣传,科研院所和天敌企业生产优质天敌昆虫,农技推广部门落实天敌昆虫的示范推广和农民应用的技术支持,农民看到实实在在的防治效果,其应用天敌昆虫生产的农产品能体现出优质优价。生防技术才能在人们心中扎根落户,促进以应用天敌昆虫为主的生物防治技术在农业生产中的推广与应用。

3 展望

随着食品安全和生态环保意识提高,我国天敌昆虫产品拥有巨大的市场空间,且我国天敌昆

虫的自然资源丰富,发展潜力巨大。我们不仅要加强天敌的人工繁育与释放,更要构建以生态控制技术为主的生防技术体系,从生态的角度进行害虫调控。此外,还可以通过基因工程技术改变天敌昆虫应用范围。推动我国生物防治技术和天敌昆虫产业的发展壮大,为农业可持续发展保驾护航。

生物防治技术是发展可持续农业重点,需要政府和科研部门提供政策和技术支持,技术推广部门和生产企业合作,多措并举,把控技术推广、产品质量,为农户提供优质的天敌和技术服务,将生物防治和绿色植保践行起来。采用天敌昆虫进行生物防治,符合可持续农业发展策略,保护环境和生物多样性,解决由化学农药滥用导致的农药残留、害虫的抗药性及再猖獗问题。生物防治是未来农业发展的必由之路,是对自然的尊重和解决害虫抗药性发生的对策。随着国家出台相应的法律法规和相应的扶持政策,以及绿色环保的生态理念深入人心,人们将越来越多利用天敌昆虫进行害虫防治,天敌昆虫的使用面积和需求量将会越来越大,天敌昆虫的商品化和产业化必将迎来美好的春天。

参考文献:

- [1] 郭荣. 我国生物农药的推广应用现状及发展策略[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(1): 124 - 127.
- [2] 闵红. 我国农药减量控害技术的现状及展望[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(6): 83 - 85.
- [3] WANG Z Y, HE K L, ZHANG F, et al. Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China [J]. Biological Control, 2014, 68(1): 136 - 144.
- [4] 宋修伟. 首个天敌生物农药获登记[J]. 农药科学与管理, 2010(1): 7.
- [5] 张帆. 天敌昆虫资源的保护利用——害虫控制的终极和谐之选[J]. 中国农村科技, 2015(10): 34 - 37.
- [6] 陈学新. 21世纪我国害虫生物防治研究的进展、问题与展望[J]. 昆虫知识, 2010, 47(4): 615 - 625.
- [7] 杨建国, 赵猛, 朱萍, 等. 螟黄赤眼蜂防治草地贪夜蛾田间试验研究[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(11): 59 - 61.
- [8] 孙加伟, 戴鹏, 徐伟, 等. 东北地区四种本地赤眼蜂对草地贪夜蛾寄生能力及适应性研究[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(1): 36 - 41.
- [9] 李姝, 庄家祥, 杭德龙, 等. 不同释放密度和高度对稻螟赤眼蜂防控两种水稻螟虫效果的影响[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(2): 294 - 298.
- [10] 周淑香, 鲁新, 李丽娟, 等. 吉林省二代区玉米螟落卵与赤眼蜂寄生动态关系研究[J]. 玉米科学, 2020, 28(1): 165 - 171.
- [11] 朱凯辉, 周金成, 张柱亭, 等. 短管赤眼蜂对草地贪夜蛾和斜纹夜蛾不同日龄卵的寄生能力及子代蜂适合度[J]. 植物保护, 2019, 45(5): 54 - 59.
- [12] 张振铎, 陈俸, 常志龙, 等. 两种赤眼蜂防治水稻二化螟的效果比较[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(1): 46 - 47.
- [13] 施泽升, 陈海生, 覃振强, 等. 崇左甘蔗螟虫种群动态及螟黄赤眼蜂防治效果评价[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(5): 656 - 662.
- [14] 王雪菲, 陈孟, 白嘉伟, 等. 管氏肿腿蜂对桑天牛幼虫的寄生行为及防治效果[J]. 中国生物防治学报, 2020: 58.
- [15] 赵琪, 孟玲, 李保平. 川硬皮肿腿蜂在松褐天牛幼虫上的合作繁育行为[J]. 昆虫学报, 2020, 63(3): 327 - 333.
- [16] 周冰颖, 李保平, 林芳芳, 等. 寄主体型大小对管氏肿腿蜂生殖潜力的影响[J]. 昆虫学报, 2016, 59(3): 316 - 321.
- [17] 胡尊瑞, 吴晓云, 张翌楠, 等. 管氏肿腿蜂生物防治研究进展[J]. 福建林业科技, 2014(3): 225 - 232.
- [18] 来燕学, 杨忠岐, 王小艺, 等. 管氏肿腿蜂诱导松褐天牛幼虫推迟发育现象的初步研究[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(3): 305 - 311.
- [19] 牛春林, 田奥, 张福海, 等. 白蜡吉丁虫肿腿蜂对三种蛀干害虫的寄生效能研究[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 1046 - 1050.
- [20] 陈晶晶, 岳朝阳, 张新平, 等. 两种肿腿蜂对杨十斑吉丁幼虫寄生能力的研究[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(8): 1494 - 1500.
- [21] 赵正萍, 颜学武, 周刚, 等. 川硬皮肿腿蜂人工繁育及应用技术研究进展[J]. 湖南林业科技, 2018, 45(2): 57 - 62.
- [22] 王志华, 于静亚, 沈锦, 等. 花绒寄甲人工繁育及应用研究[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(2): 226 - 233.
- [23] 胡霞, 周祖基, 尹鹏. 不同寄主繁殖川硬皮肿腿蜂的寄生能力比较[J]. 福建林业科技, 2013, 40(1): 22 - 25.
- [24] 张犀, 周祖基, 杨春平, 等. 用松褐天牛幼虫培育的川硬皮肿腿蜂种群寄主选择性变化[J]. 林业科学研究, 2010, 23(5): 756 - 761.
- [25] 谢中, 付甫永, 王安良. 花绒寄甲对贵州核桃云斑天牛寄生性试验[J]. 现代农业科技, 2020(7): 105 - 106.
- [26] 温小遂, 廖三腊, 唐艳龙, 等. 释放花绒寄甲卵防治松褐天牛技术[J]. 林业科学, 2017, 53(10): 133 - 138.
- [27] 严巍, 朱春刚, 陈东旭, 等. 花绒寄甲对垂柳天牛的防治效果[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(2): 28 - 30.
- [28] 路纪芳, 蔡静芸, 展茂魁, 等. 花绒寄甲生物学特性及其应用研究进展[J]. 贵州林业科技, 2016, 44(4): 43 - 48.
- [29] 高悦, 解春霞, 刘云鹏, 等. 花绒寄甲松褐天牛生物型人工繁育替代寄主的筛选研究[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(2): 264 - 267.
- [30] 高悦, 解春霞, 刘云鹏, 等. 花绒寄甲对柳树光肩星天牛的防治效果及寄生能力[J]. 西南林业大学学报, 2013, 33(5): 104 - 106.
- [31] 侯峥嵘, 梁洪柱, 陈倩, 等. 利用平腹小蜂防治茶翅蛾田间应用效果[J]. 中国森林病虫, 2009, 28(4):

- 39-40.
- [32] 洗继东, 梁广文, 陈驹坚, 等. 平腹小蜂对荔枝蜡象自然种群的控制作用[J]. *华南农业大学学报*, 2008, 29(4): 47-50.
- [33] 钱佳慧, 周雯. 美国白蛾寄生性天敌周氏啮小蜂研究与利用[J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(34): 13-15.
- [34] 吕宝乾, 苏璐, 彭正强, 等. 周氏啮小蜂(海南种群)对椰子织蛾的寄生功能反应[J]. *生物安全学报*, 2018, 27(3): 200-204.
- [35] 辛蓓, 张少斌, 刘佩旋, 等. 白蛾周氏啮小蜂毒液对美国白蛾蛹血细胞免疫的影响[J]. *昆虫学报*, 2016, 59(7): 699-706.
- [36] 孟庆庭, 翟光耀, 林锦波, 等. 利用白蛾周氏啮小蜂防治杨树舟蛾试验[J]. *林业实用技术*, 2014(6): 39-40.
- [37] 赵悦, 戴鹏, 臧连生, 等. 丽蚜小蜂对雪莲果和烟草繁育温室白粉虱的适应性[J]. *中国生物防治学报*, 2018, 34(2): 198-203.
- [38] 徐文秀, 龚君淘, 杜予州, 等. 丽蚜小蜂寄生对Q型烟粉虱生长发育的影响[J]. *植物保护学报*, 2016, 43(1): 135-141.
- [39] 商胜华, 黄纯杨, 申修贤, 等. 食蚜瘿蚊对烟蚜的田间控害效果[J]. *贵州农业科学*, 2019, 47(6): 41-44.
- [40] 林清彩, 翟一凡, 陈浩, 等. 食蚜瘿蚊捕食能力研究[J]. *中国生物防治学报*, 2017, 33(2): 171-175.
- [41] 于文博. 不同温度下食蚜瘿蚊的生命表与其对玉米蚜的捕食能力研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [42] 赵玉雪. 食蚜瘿蚊扩繁技术及其田间应用技术研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2017.
- [43] 张洁, 杨茂发. 食蚜瘿蚊对3种蚜虫捕食作用的研究[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(36): 11897-11898.
- [44] 郭慧娟. 食蚜瘿蚊对蚜虫、种内竞争和捕食风险的产卵对策研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [45] 李贞, 褚艳娜, 李建成, 等. 管侧沟茧蜂寄生对粘虫在玉米植株上分布位置选择性的影响[J]. *植物保护学报*, 2018, 45(2): 201-207.
- [46] 路子云, 冉红凡, 刘文旭, 等. 粘虫及其寄生性天敌——管侧沟茧蜂饲养方法[J]. *环境昆虫学报*, 2013, 35(5): 683-687.
- [47] 王金耀, 屈振刚. 管侧沟茧蜂寄生行为生物学特性研究[J]. *华北农学报*, 2007, 22(2): 149-151.
- [48] 孔琳, 李玉艳, 王孟卿, 等. 七星瓢虫对草地贪夜蛾低龄幼虫的捕食能力评价[J]. *中国生物防治学报*, 2019, 35(5): 715-720.
- [49] 刘杨, 郭仕平, 冯长春, 等. 七星瓢虫防治桃树蚜虫初步研究[J]. *农业开发与装备*, 2019(4): 139-140.
- [50] 徐继伟, 肖志新, 李丽, 等. 七星瓢虫和异色瓢虫对烟蚜及被寄生蚜的取食选择与气味反应[J]. *南方农业学报*, 2018, 49(8): 1548-1554.
- [51] 臧建成, 洪大伟, 相栋, 等. 西藏林芝七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 对不同蚜虫的捕食功能反应[J]. *高原农业*, 2019, 3(1): 59-64.
- [52] 程英, 鄧军锐, 周宇航, 等. 非昆虫源人工饲料饲养的七星瓢虫对豆蚜的捕食功能[J]. *中国生物防治学报*, 2018, 34(2): 209-213.
- [53] 胡进锋, 林伟, 陈志厚, 等. 七星瓢虫与异色瓢虫对烟蚜的捕食功能反应及寻找效应[J]. *安徽农业科学*, 2017, 45(28): 151-153.
- [54] 巫鹏翔, 欧阳浩永, 徐婧, 等. 七星瓢虫成虫对枸杞木虱的捕食作用[J]. *应用生态学报*, 2016, 27(11): 3712-3718.
- [55] 刘本菊, 秦得强, 周游, 等. 异色瓢虫对草地贪夜蛾的捕食行为观察与评价[J]. *华南农业大学学报*, 2020, 41(1): 28-33.
- [56] 赵英杰, 符成悦, 李维薇, 等. 异色瓢虫幼虫对草地贪夜蛾卵和低龄幼虫的捕食作用[J]. *植物保护*, 2020, 46(1): 51-54, 86.
- [57] 王倩倩, 张卫光, 田恬, 等. 异色瓢虫对雪松长足大蚜的捕食作用[J]. *植物保护学报*, 2019, 46(2): 458-464.
- [58] 于炜, 刘锦. 异色瓢虫对紫薇长斑蚜捕食及控制作用研究[J]. *浙江林业科技*, 2019, 39(1): 55-59.
- [59] 南俊科, 宋丽文, 左彤彤, 等. 丽草蛉和异色瓢虫对美国白蛾的捕食作用研究[J]. *沈阳农业大学学报*, 2019, 50(2): 161-166.
- [60] 喻会平, 王召, 龙贵云, 等. 不同虫态异色瓢虫对3种蚜虫的捕食功能反应[J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(18): 86-90.
- [61] 欧阳浩永, 巫鹏翔, 徐婧, 等. 异色瓢虫对枸杞木虱田间控害作用[J]. *应用昆虫学报*, 2017, 54(6): 999-1007.
- [62] 徐庆宣, 王松, 田仁斌, 等. 大草蛉对草地贪夜蛾捕食潜能研究[J]. *环境昆虫学报*, 2019, 41(4): 754-759.
- [63] 李姝, 王杰, 郭晓军, 等. 天敌昆虫大草蛉的研究进展与展望[J]. *环境昆虫学报*, 2019, 41(2): 241-252.
- [64] 唐天成, 张艳, 李程锦, 等. 中华通草蛉和大草蛉幼虫对黑刺粉虱若虫的捕食功能反应[J]. *应用昆虫学报*, 2018, 55(2): 217-222.
- [65] 唐良德, 王晓双, 赵海燕, 等. 大草蛉幼虫捕食豆大蓟马和豆蚜的功能反应及生长发育[J]. *中国生物防治学报*, 2017, 33(1): 49-55.
- [66] SHOVON S C. 大草蛉对诱集作物紫花苜蓿的行为反应及对西花蓟马的生物防治[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [67] 王然, 王甦, 渠成, 等. 大草蛉幼虫对不同寄主植物上烟粉虱卵的捕食功能反应与搜寻效应[J]. *植物保护学报*, 2016, 43(1): 149-154.
- [68] 尹鹏, 丁新华, 付开赟, 等. 玉米螟优势捕食性天敌控害效益评价[J]. *新疆农业科学*, 2018, 55(4): 712-718.
- [69] 孙丽娟, 衣维贤, 赵川德, 等. 大草蛉对3种蚜虫的捕食能力研究[J]. *植物保护*, 2013, 39(5): 153-157.
- [70] 许乐园, 刘韶业, 于金凤, 等. 温度对中华通草蛉捕食麦长管蚜的影响[J]. *环境昆虫学报*, 2019, 41(3): 605-611.
- [71] 杨慧, 何香, 何恒果. 中华草蛉对月季长管蚜的捕食功能反应[J]. *西华师范大学学报(自然科学版)*, 2019, 40(1): 39-43.
- [72] 李鹤鹏. 中华草蛉三龄幼虫对大豆蚜的功能反应[J]. *黑龙江农业科学*, 2014(2): 59-61.
- [73] 买合甫皮古丽·阿不力米提, 热孜万古丽·阿布都哈尼, 李京, 等. 中华草蛉对烟粉虱的捕食功能反应及捕食

- 行为观察[J]. *新疆农业大学学报*, 2013, 36(2): 112 – 117.
- [74] 李志刚, 郑基焕, 叶静文, 等. 丽草蛉对螺旋粉虱的捕食作用[J]. *环境昆虫学报*, 2010, 32(4): 516 – 519.
- [75] 赵雪晴, 刘莹, 石旺鹏, 等. 东亚小花蝽对草地贪夜蛾幼虫的捕食效应[J]. *植物保护*, 2019, 45(5): 79 – 83.
- [76] 吕兵, 孙猛, 翟一凡, 等. 基于捕食功能反应评价麦蛾卵饲养东亚小花蝽对棕榈蓟马的控害效果[J]. *植物保护学报*, 2017, 44(5): 875 – 876.
- [77] 尹哲, 李金萍, 董民, 等. 东亚小花蝽对西花蓟马、二斑叶螨和桃蚜的捕食能力及捕食选择性研究[J]. *中国植保导刊*, 2017, 37(8): 17 – 19.
- [78] 王然, 王晓灵, 王甦, 等. 东亚小花蝽对西花蓟马的控害能力评价[J]. *环境昆虫学报*, 2014, 36(6): 983 – 989.
- [79] WEINTRAUB P, CHEEK S. Need for new biocontrol agents in greenhouse IPM—a European perspective [J]. *IOBC / WPRS Bulletin*, 2005, 28: 317 – 324.
- [80] 李中新, 刘玉升. 寄生蜂的繁殖与利用进展[J]. *山东农业大学学报(自然科学版)*, 2003, 44(2): 31.
- [81] 万方浩, 叶正楚, 郭建英, 等. 我国生物防治研究的进展及展望[J]. *昆虫知识*, 2000(2): 65 – 74.
- [82] 许彪, 朱强, 谷亨达. 提高工厂化生产赤眼蜂产量和质量的重要改进[J]. *辽宁农业科学*, 2005(5): 61.
- [83] 董杰, 张令军, 郭喜红, 等. 北京市天敌昆虫产业的发展现状与对策[J]. *环境昆虫学报*, 2012, 34(3): 377 – 381.
- [84] 李丽娟, 鲁新, 刘宏伟, 等. 我国智利小植绥螨的繁殖及应用研究[J]. *吉林农业大学学报*, 2004, 26(4): 402 – 405.
- [85] 张帆, 唐斌, 陶淑霞, 等. 中国植绥螨规模化饲养及保护利用研究进展[J]. *昆虫知识*, 2005, 42(2): 5.
- [86] 赵天璇, 袁明龙. 我国异色瓢虫的生物生态学特性[J]. *草业科学*, 2017, 34(3): 614 – 629.
- [87] 窦宝峰. 生物防治在植物病虫害防治中存在的问题及对策[J]. *北京农业*, 2015(8): 10.
- [88] 叶志坚. 有害生物在林业防治工作中存在的问题及对策[J]. *农业与技术*, 2013(8): 64.
- [89] 曾凡荣, 徐学农, 王恩东. 天敌昆虫品质控制方法[J]. *中国生物防治学报*, 2018, 34(2): 324 – 326.
- [90] 徐学农, 王恩东. 国外昆虫天敌商品化生产技术及应用[J]. *中国生物防治学报*, 2008, 24(1): 75 – 79.
- [91] 张帆, 王素琴, 罗晨, 等. 几种人工饲料及繁殖技术对大草蛉生长发育的影响[J]. *植物保护*, 2004(5): 36 – 40.
- [92] 姚万军, 杨忠岐. 人工繁殖管氏肿腿蜂的替代寄主研究[J]. *中国生物防治学报*, 2008, 24(3): 220 – 226.
- [93] 田慎鹏, 徐志强. 不同温度条件对利用黄粉甲繁育管氏肿腿蜂的影响[J]. *昆虫知识*, 2003(4): 16.
- [94] 王德安, 王金耀, 陈红印. 侧沟茧蜂繁殖器的研制及操作规程[J]. *中国生物防治*, 2001, 17(1): 43 – 44.

Development status and suggestions of insect natural enemy sector in China

HU Zunrui^{1,2}, LI Zhiqiang¹, WU Xiaoyun¹, JIANG Yuan¹, YIN Zhe³, ZHANG Yinan¹, HAN Zhenqin¹

(1. Department of Horticulture, Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102442; 2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193; 3. Beijing Plant Protection Station, Beijing 100029, China)

Abstract: Biological control plays an important role in agricultural production, and insect natural enemies has an incalculable role in biocontrol. The rearing and releasing of insect natural enemies is an important means of sustainable pest management. Literature was reviewed to summarize the production of the main insect natural enemy species and its problems in China. The insect natural enemy species were limited, small in production scale, low in mechanization level and poor in support service, and farmers were poorly aware of the importance of biocontrol. In this context a countermeasure was suggested based on the review to provide reference for production and application of the insect natural enemies. The countermeasure include promotion of the publicity and guidance of biocontrol, introduction of more insect natural enemy species, improvement of rearing and production techniques and technical facilities, enhancement of packaging, transport and services of the insect natural enemies, boosting of quality inspection and test, reducing of production cost for the insect natural enemies, strengthening of researches on necessary techniques for the application of the insect natural enemies in the field.

Keywords: biological control; insect natural enemy; current status; problems

(责任编辑: 吴少英 责任编辑: 潘学峰)