中国农业大学学报　2024,29(6):102-108
Journal of China Agricultural University　http://zgnydxxb.ijournals.cn

帕热提·艾山,宁新元,赵鹏,刘小侠. 有机农业虫害管理策略及方法[J]. 中国农业大学学报,2024,29(06):102-108.
AISHAN Pareti, NING Xinyuan, ZHAO Peng, LIU Xiaoxia. Strategies and methods for pest management in organic agriculture[J]. *Journal of China Agricultural University*,2024,29(06):102-108.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.06.11

有机农业虫害管理策略及方法

帕热提·艾山[1,2]　宁新元[1]　赵　鹏[1]　刘小侠[1*]
(1. 中国农业大学 植物保护学院,北京 100083;
2. 新疆阿克苏地区农业技术推广中心,新疆 阿克苏 843000)

摘　要　为进一步推动害虫绿色防控新理念,解决有机农业中的虫害问题,基于Web of Science核心合集数据库(SCI-Expanded数据库)和中国科学引文数据库收集整理了近年来国内外有机农业虫害发生现状及绿色有效的虫害管理策略及方法。结果表明:有机农业呈现持续增长态势,但农田系统中害虫种类及数量不断增加,为害程度逐年加重,带来了严重的经济损失,越来越多的科研工作者加入到有机农业虫害防治的队伍中,并在有机农业虫害防治方面获得了一批新技术,取得了一些新成果。本研究综述了我国有机农业主要害虫发生现状,提出了有机农业虫害的管理策略和绿色防治技术,为有机农业虫害治理提供了参考。

关键词　有机农业;虫害发生;害虫防治;绿色防控
中图分类号　S436.6　　**文章编号**　1007-4333(2024)06-0102-07　　**文献标志码**　A

Strategies and methods for pest management in organic agriculture

AISHAN Pareti[1,2], NING Xinyuan[1], ZHAO Peng[1], LIU Xiaoxia[1*]
(1. College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100083, China;
2. Agricultural Technology Extension Center in Aksu Prefecture, Aksu 843000, China)

Abstract　In order to further promote the new concept of green pest control and solve the pest problems in organic agriculture, publications on the current situation of pests in organic agriculture at home and abroad in recent years as well as the green and effective pest management strategies and methods were collected and organized based on the Web of Science Core Collection Database (SCI Expanded Database) and the China Science Citation Database. The results showed that: Organic agriculture was showing a sustained growth trend, but the types and quantities of pests in the agricultural system were constantly increasing, and the degree of damage was increasing year by year, bringing serious economic losses. More and more scientific researchers participated in organic agriculture pest control and obtained a number of new technologies in organic agriculture pest control and achieved some new results. This study provides an overview of the current situation of major pests in organic agriculture in China, and proposes management strategies and green control technologies for organic agriculture pests.

Keywords　organic agriculture; pest occurrence; pest control; green prevention and control

收稿日期:2023-12-01
基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFD1400300);国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-28)
第一作者:帕热提·艾山(ORCID:0009-0002-5121-2399),高级农艺师,主要从事植物保护、农业技术研究及推广示范等研究,E-mail:342150915@qq.com
通讯作者:刘小侠(ORCID:0000-0002-0811-485X),教授,主要从事农业害虫综合治理专业研究,E-mail:liuxiaoxia611@cau.edu.cn

有机农业生产中禁止使用化学合成的化肥、农药、植物激素、生长调节剂和畜禽饲料添加剂，大力发展有机农业不仅可以解决传统农业带来的环境污染、土地质量下降和物种多样性下降等一系列问题[1]，而且生产的农作物绿色健康，能满足人们对生活品质和食品安全的追求。我国有机农业呈现持续增长态势，据报道截至2021年，有机农田面积不断增大，是亚洲有机农业用地面积第一大国，居世界第七位[2]。有机农业主要作物种类有谷物、蔬菜、水果、坚果、豆类及茶叶等[3]。有机农业的认证机构主要包括农业部中绿华夏有机食品认证中心（COFCC）、南京国环有机产品认证中心（OFDC）和国家环境保护部有机食品发展中心（OFDC），随着有机农业的发展，有机产品认证推广力度不断加大，认证制度不断完善，截止至2022年底，全国正式注册的认证机构已达105家[2]。

虫害防治是有机农业生产管理过程中的重要环节，科学有效地进行虫害防治，对于提高农作物品质和生产效益具有重要意义。随着全球气候变暖，种植模式和机械化管理水平的使用等，农田虫害发生现状日益复杂，虫害防控的形势越来越严峻。本研究总结了国内外有机农业虫害发生现状、有机农业虫害管理策略和可选用的绿色防治技术等，为我国有机农业的虫害管理提供一些理论参考。

1　有机农业虫害发生现状

1.1　国际有机农业虫害发生现状

2019年年底东非地区发生了严重的沙漠蝗灾，当地农业遭受毁灭性的打击[3]。粉虱作为世界性害虫，严重影响东亚及北美地区有机蔬菜种植业，发生严重时蔬菜减产超30%，温室白粉虱（*Trialeurodes vaporariorum*）在欧洲有机农业中泛滥成灾，制约当地有机农业发展；草地贪夜蛾（*Spodoptera frugiperda*）是一种危害农作物的重大迁飞性入侵害虫，入侵非洲后迅速蔓延至44个国家，对入侵地的玉米产业造成毁灭性打击，导致每年8.3万～2 060万t玉米损失[4]。

1.2　我国有机农业虫害发生现状

受气候变化、耕作制度变革、产业结构调整、作物种植品种和害虫防治措施改变等因素影响，我国有机农业虫害的主要种类及成灾规律也发生了相应变化。整体来看，不同作物上虫害的发生呈现以下特点。

1）粮食作物害虫的发生特点：水稻害虫飞虱、螟虫，小麦害虫蚜虫，玉米害虫亚洲玉米螟（*Ostrinia furnacalis*）等传统害虫在全国各地的主要粮食作物上呈现大面积持续爆发趋势。据2016年的统计数据显示，水稻螟虫导致我国水稻生产损失占总体损失的8.75%[6]，仅二化螟（*Chilo suppressalis*）这一种害虫在水稻主产区就造成很大损失[7]。飞虱具有迁飞性、突发性和猖獗性等特点，我国每年有1 300万～2 000万 hm^2 水稻遭受褐飞虱（*Nilaparvata lugens*）危害，年损失稻谷达10亿～15亿kg[8]。蚜虫在我国各麦区呈现逐年加重的发生趋势，年均发生面积1 600万 hm^2，虽大力防治但仍导致高达5亿～9亿kg的损失，占小麦虫害损失总量的1/3[9]。2003年以来，亚洲玉米螟呈持续爆发趋势，常年发生面积在2 000万 hm^2 以上，东北地区亚洲玉米螟大发生周期逐渐缩短，1～2年就有一次大发生，造成玉米减产超30%；南疆和北疆玉米主产区暴发态势十分严重，已严重影响新疆玉米的安全生产和玉米种植业的持续健康发展[10]。

2）果菜茶等经济作物害虫的发生特点：蓟马、盲蝽、叶螨、番茄潜叶蛾（*Tuta absoluta*）和小菜蛾（*Plutella xylostella*）等害虫为害加重，给我国有机蔬菜和水果生产带来了巨大挑战。蓟马在南方地区的豇豆种植区发生严重，严重影响了豇豆产业安全生产[11]。自从抗虫棉的大面积推广种植，盲蝽由次要害虫演变成了主要害虫[12]，并随着北方各类果树种植面积的大幅度增加，在我国北方各省果园内种群数量快速上升，区域性爆发严重，制约我国果树产业的发展[13]。番茄潜叶蛾是我国重要的检疫性有害生物，该虫在贵州、四川和重庆等地相继发现，呈现出持续扩散的趋势，严重发生时可导致80%～100%的番茄产量损失，严重威胁我国番茄及其他蔬菜产业[14]。叶螨种群增长速度快，抗药性强，在很多水果产区均有发生，为害严重。小菜蛾是十字花科蔬菜重大害虫，由于杀虫剂大量滥用，小菜蛾已对多种杀虫剂产生不同程度的抗药性，成为蔬菜产业防治难度较大的害虫之一。据统计，我国每年因小菜蛾为害造成的损失达7.7亿美元[15-16]。茶尺蠖（*Ectropis oblique*）、小绿叶蝉（*Empoasca flavescens*）等在茶园频发，危害程度逐渐

加重。总之,有机农业害虫发生形势严峻,迫切需要绿色措施进行有效防治[17]。

2 有机农业虫害管理策略与方法

有机农业虫害防治应该以生态系统中的害虫、有益生物和生态环境之间的相互关系为基础,充分利用生态系统的自我调节功能,利用生物链之间的相互制约关系,在不破坏自然的前提下因地制宜协调应用各种绿色防控措施,力争生态系统的自然平衡,做到"有虫不成灾",获得最佳的经济、生态和社会效益。"预防为主,综合治理"是我国科研工作者1975年在全国植物保护工作会议确立的植保工作方针,有机农业更需要遵循此原则。以选用抗虫品种、科学管理等农业防治措施为基础,配合使用生态防控手段尽可能增加生态系统中有益生物的种类,增加生物多样性,必要时释放主要害虫的天敌或者针对靶标害虫施用绿色植物源农药,增强生物防治,再配合使用理化诱控等措施,将害虫控制在生态经济阈值水平之下(图1)。

2.1 农业防治

农业防治是害虫综合防治系统的基础措施,在有机农业害虫防治中应该被广泛应用,大致包括2个方面:一方面从影响害虫内因的方面减轻或免于作物受害,也就是优先选用抗虫品种;另一方面就是从外界环境方面创造有利于作物健康生长,不利于害虫生长发育的条件或创造有利于天敌增长的环境条件。具体措施包括:培育无病虫壮苗、增强植物本身对病虫害的抗性;调节作物播种期,使作物的敏感期和害虫爆发期不相吻合;合理轮作、间作,目前国内学者针对主要蔬菜,制定了多种轮作方案,有效降低了有机农业种植区的蓟马和蚜虫数量[18];科学农田管理,例如及时除草、使用有机腐熟肥料和合理浇水耕地等;对于茶和草莓等经济价值较高的作物,还可以人工捕捉害虫、刮除虫卵等方法进行防治。

2.2 生态防控

害虫生态防控是指通过生态设计,增加生物多样性和生境改造,基于食物网相生相克关系,重塑农田生态系统,发挥农田景观中生物多样性的生态控害作用,以草养虫、以虫治虫,保障农业高质量发展以及生态安全。主要措施包括:生态景观设计、作物合理布局、功能植物合理配置、"推-拉"技术、生态"自杀"技术等措施。戈峰[19]通过在麦田田埂上种植蛇床草(*Cnidium monnieri*),涵养了瓢虫、草蛉、食蚜蝇和寄生蜂等多种天敌,建立了"以草养虫,以虫治虫"的生态系统;肯尼亚等东非国家利用"推-拉"技术防控玉米害虫,在玉米田附近大量种植糖蜜草驱避玉米田外的螟蛾科雌虫(推),同时种植狼尾草对玉米田内鳞翅目害虫进行诱杀(拉)[20];种植覆盖植物(Cover crop)在国外有机农业中很受欢迎,覆盖植物具有控制杂草,改善天敌种群等重要作用,种植在玉米、小麦、水稻、苜蓿和十字花科作物附近能有效减少虫害发生[21];储蓄植物例如大麦、烟草、蓖麻(*Ricinus communis*)能够支持天敌在系统中"预存"与"增殖",目前已在比利时、德国、法国、日本、美国和加拿大等国的温室及有机作物有害生物防治中推广应用[22];生态"自杀"技术如提前播种,双季稻改为单季稻则是利用时间、空间上生态位的错位,切断害虫与寄主之间的食物链,从而使害虫的种群因无法完成整个生活史而自行衰退或者灭亡[23]。害虫生态调控技术发展潜力巨大,将会是当前乃至未来有机农业种植业可持续发展的重要方向。

2.3 理化诱控和物理防治技术

利用昆虫习性或趋性对害虫进行理化诱控也是重要的有机农业虫害防治手段。上个世纪就有通过灯光诱杀来防治害虫的应用,利用害虫的趋光性对其进行诱杀。随着近些年灯光诱杀研究更加深入、应用更加普遍,逐渐出现了一些新型的诱虫灯,如高压钠灯和LED灯等。这些新型诱虫灯具有集害虫诱杀、测报和种类调查于一体的特点。在稻田养鱼体系中,灯光诱杀到的昆虫还能给鱼类提供饵料,实现稻鱼双丰收[24];针对食心虫类和金龟子类等虫的趋化性特点,使用糖醋液进行诱杀,在防控梨小食心虫(*Grapholita molesta*)时,将糖醋液与性诱剂结合,还能起到增效作用[25];诱虫板已在茶园、果园、大棚、蔬菜和烟田等有机农田中大面积应用,对蚜虫、粉虱、蓟马和蝇类害虫起到了良好的防控效果[26],诱虫板与昆虫信息物质和植物源信息物质配合使用,能提高诱捕效果,延长诱捕时间[27]。

高温闷棚作为有机蔬菜虫害防治的一项关键绿色物理防控技术,能有效杀灭棚中杂草和杂草上的害虫,使叶螨和蓟马等害虫活动受到抑制,不再

大面积发生。针对韭蛆不耐高温的特点，可以在地面铺盖透明保温的无滴膜，让阳光直射到膜上，提高膜下土壤温度，彻底杀死害虫，该技术目前已在山东、河北、天津、安徽、甘肃和浙江等多省（市）示范，防治效果均达100%，效果极为显著[28]。此外，一些简单有效的物理措施也可有效控制害虫发生，如悬挂防虫网等设施防虫、防鸟；冬季在树干基部绑瓦楞纸或束草，有效诱集越冬害虫；利用果实套袋有效控制蛀果类害虫数量，降低经济损失[13]。

2.4　生物防治

生物防治是指利用生物或其天然产物以及生物技术控制有害生物的方法，包括传统的天敌生物、昆虫激素、信息素及生物源农药等，具有对环境友好且可持续发展等优点。农田中自然存在的天敌很多，主要有以下两大类：卵寄生蜂以及蛹寄生蜂等寄生性天敌，瓢虫、捕食螨、草蛉类、食蚜蝇类、捕食蝽类和蜘蛛类等捕食性天敌[16]。虽然自然存在的天敌害虫种类和数量很多，但它们经常受到气候和生物等不良环境条件及人为因素的影响，不能充分发挥其对害虫的控制作用。常常需要在实际生产中种植芳香植物和蜜源植物，促进其繁殖发展[29]。此外，在稳定的生态系统中，也可以采取引进天敌和人工释放天敌等措施控制害虫发生。近年来，国内外关于赤眼蜂用于防控多种害虫的研究均有报道，涉及室内寄生率观察、蜂种寄生效能评价、田间释放技术和防控效果监测等多个方面。在东北有机种植区，释放松毛虫赤眼蜂（*Trichogramma dendrolimi*）等寄生性天敌可显著降低亚洲玉米螟和水稻螟虫等多种害虫发生数量，提高玉米、水稻等作物产量；在蔬菜害虫生物防治中，丽蚜小蜂（*Encarsia formosa*）可有效防治温室白粉虱和烟粉虱的发生，2次释放150 000头/hm^2后防效可达95.6%；捕食螨作为一种捕食性天敌常用于防治果园害螨，如胡瓜钝绥螨（*Amblyseius cucumeris*）早已商品化生产，其对果园多种害螨均有较好的防效[13]。基于有机农业中多害虫、多虫态的发生情况，还可以采取多种天敌联合释放，例如联合丽蚜小蜂与东亚小花蝽（*Orius sauteri*）共同防治烟粉虱（*Bemisia tabaci*）[30]。

以生物防治为主的昆虫信息素新型防治产品，目前也取得了很好的防治效果，目前商品化的引诱产品以性诱剂为主，主要诱杀田间雄性成虫，破坏雌雄比，降低交配率，减少雌虫产卵。还可以配合诱虫板进行害虫种群检测，掌握害虫的发生规律进行精准防控。目前市场上还有以迷向丝为主的迷向产品，通过高浓度、多位点释放靶标害虫的信息素来掩盖雌虫释放的信息素，使雄虫无法准确定位雌虫位置，干扰交配[31]。目前，迷向丝主要是针对梨小食心虫和苹果蠹蛾（*Cydia pomonella*）等果园害虫，在绿色果园中悬挂梨小食心虫和苹果蠹蛾性信息素迷向丝可有效干扰害虫正常的交尾行为，可在全年范围内降低其发生数量，在果实膨大期和成熟期悬挂，降低害虫蛀果率[32]。

植物源农药具有成分天然、不污染环境和对非靶标生物安全等优点，可以作为有机农业害虫防治的最终治疗性措施[33]。例如苦参碱杀虫谱广，对各种作物上的黏虫、菜粉蝶、蚜虫、红蜘蛛、绿叶蝉、白粉虱（*Trialeurodes vaporariorum*）有较好的防治效果[34]；印楝素药效迅速，可有效地阻止直翅目、鳞翅目、鞘翅目、同翅目和膜翅目等害虫对农作物的伤害。此外，微生物源农药在有机农业中也发挥了重大作用，对于为害严重的甜菜夜蛾（*Spodoptera exigua*）、棉铃虫（*Helicoverpa armigera*）等鳞翅目害虫，苏云金芽胞杆菌和核型多角体病毒可有效控制其为害[35]；真菌型杀虫剂例如绿僵菌和球孢白僵菌可用于防治多种害虫，目前已在我国商品化规模生产，在有机农业上取得了良好的防控效果[16]。

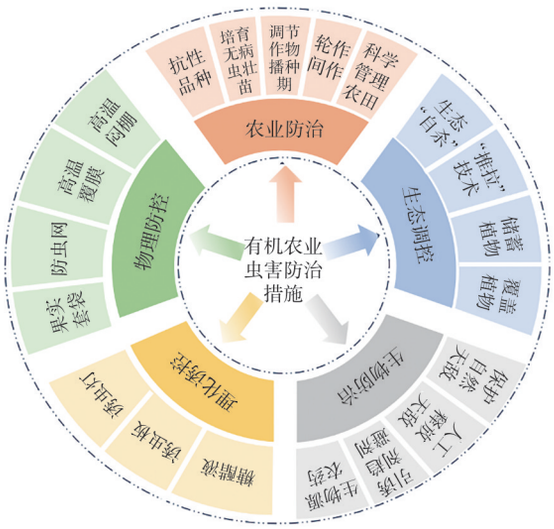

图1　有机农业虫害主要防治措施

Fig. 1　Main strategies and methods for pest management in organic agriculture

3 展 望

近年来,在各级农业农村部门的指导支持下,绿色防控技术在有机农业生产中已经广泛应用,构建起“因地制宜、经济有效”的绿色防控模式。南方有机稻区集成了“统一翻耕+深水灭蛹+灯诱、性诱+适时搁田+统防统治”防控模式;东北春玉米区集成了“秸秆粉碎还田+白僵菌封垛+灯诱、性诱诱杀成虫+释放赤眼蜂+生物农药”防控模式,绿色防控区域农田生态环境得到改善,天敌种群数量明显增加,扼制了水稻螟虫和亚洲玉米螟的爆发;果菜茶优势区集成了“灯诱、色诱、性诱、食诱+生物防治”的防控模式,有效防范了“毒豇豆”“毒韭菜”事件的发生,显著提升了农产品质量安全水平。

随着现代农业信息技术的不断创新与应用,成像水平、人工智能深度学习技术以及计算机技术开始逐步应用到害虫监测中来。研发出害虫种类自动识别系统[36],满足田间防控对于害虫物种鉴定的迫切需求;构建了测报信息网络,实现害虫种群动态监测数据化和可视化[37];研制出新型昆虫雷达、病虫害远程诊断APP、智能化预测预报装备,为田间及时阻截、快速扑灭和科学防治虫害提供了技术支持[38]。相信在不久的未来,有机农业虫害防治策略及方法将会越来越丰富,防治水平也将越来越高,中国的有机农业虫害防治定会不断突破,有机农业实现高速发展。

参考文献 References

[1] 吴文良,孟凡乔. 国际有机农业运动及我国生态产业发展探讨[J]. 中国蔬菜,2001(3):3-7
Wu W L, Meng F Q. Exploration of the international organic agriculture movement and the development of China's ecological industry[J]. *China Vegetable*, 2001(3):3-7 (in Chinese)

[2] Helga W, Jan T, Claudia M, Bernhard S. *The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends*[M]. Germany: FiBL and IFOAM -OI, 2023

[3] 张滢. 亚洲地区有机农业发展现状及启示[J]. 世界农业,2020(2):92-97
Zhang Y. The current situation and inspiration of organic agriculture development in the Asian region[J]. *World Agriculture*, 2020(2):92-97 (in Chinese)

[4] 郭晓娇,康乐. 蝗虫群聚信息素研究的过去、现在和未来[J]. 应用昆虫学报,2023,60(2):315-322
Guo X J, Kang L. The past, present, and future of research on locust swarm pheromones[J]. *Journal of Applied Entomology*, 2023, 60(2):315-322(in Chinese)

[5] 丁奎婷,杜素洁,杨念婉,刘万学,郭建洋. 草地贪夜蛾综合防控技术研究进展[J]. 生物安全学报,2023,32(4):291-302
Ding K T, Du S J, Yang N W, Liu W X, Guo J Y. Research progress in comprehensive prevention and control technology of armyworm on grasslands[J]. *Journal of Biosafety*, 2023, 32(4):291-302 (in Chinese)

[6] Savary S, Willocquet L, Pethybridge S J, Esker P, McRoberts N, Nelson A. The global burden of pathogens and pests on major food crops[J]. *Nature Ecology and Evolution*, 2019, 3(3):430-439

[7] 叶恭银,方琦,徐红星,吴顺凡,滕子文,徐刚,党聪,熊时姣. 我国水稻螟虫发生及治理研究进展[J]. 植物保护,2023(5):167-180
Ye G Y, Fang Q, Xu H X, Wu S F, Teng Z W, Xu G, Dang C, Xiong S J. Research progress on the occurrence and management of rice borers in China[J]. *Plant Protection*, 2023(5):167-180 (in Chinese)

[8] 弓少龙,侯茂林. 水稻对褐飞虱和白背飞虱的抗性及其机制研究进展[J]. 植物保护,2017,43(1):15-23
Gong S L, Hou M L. Research progress on the resistance and mechanism of rice to brown planthopper and white backed planthopper[J]. *Plant Protection*, 2017, 43(1):15-23 (in Chinese)

[9] Zhang Q Q, Men X Y, Hui C, Feng G, Fang O. Wheat yield losses from pests and pathogens in China[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2022, 326(1):107821 (in Chinese)

[10] 王振营,王晓鸣. 我国玉米病虫害发生现状、趋势与防控对策[J]. 植物保护,2019(1):1-11
Wang Z Y, Wang X M. The current situation, trend, and prevention and control strategies of corn diseases and pests in China[J]. *Plant Protection*, 2019(1):1-11 (in Chinese)

[11] 吴圣勇,谢文,刘万才,雷仲仁,王登杰,任小云,张起恺,吕宝乾,贺振,唐良德. 我国豇豆蓟马研究进展及综合防控措施[J/OL]. 植物保护,1-11[2023-12-23]. https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2023043
Wu S Y, Xie W, Liu W C, Lei Z R, Wang D J, Ren X Y, Zhang Q K, Lv B Q, He Z, Tang L D. Research progress and comprehensive prevention and control measures of cowpea thrips in China[J/OL]. *Plant Protection*, 1-11[2023-12-23]. https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2023043 (in Chinese)

[12] Lu Y H, Wu K M, Jiang Y Y, Xia B, Li P, Feng H Q, Wyckhuys K A, Guo Y Y. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China[J]. *Science*, 2010, 328(5982):1151-1154

[13] 程杰,赵鹏,李建瑛,李贞,张松斗,李建成,刘小侠. 我国落叶果树主要害虫及其防治技术60年研究进展[J]. 植物保护学报,2022(1):87-96
Cheng J, Zhao P, Li J Y, Li Z, Zhang S D, Li J C, Liu X X. Research progress on the main pests of deciduous fruit trees in China and their control technologies over the past 60 years[J]. *Journal of Plant Protection*, 2022(1):87-96 (in Chinese)

[14] 吴圣勇,张起恺,张烨,刁红亮,张治科,唐良德,张田园,张晓明,雷仲仁. 番茄潜叶蛾综合防控技术研究进展[J]. 植物保护,2023(2):6-12,21
Wu S Y, Zhang Q K, Zhang Y, Diao H L, Zhang Z K, Tang L D, Zhang T Y, Zhang X M, Lei Z R. Research progress in comprehensive prevention and control technology of tomato leaf miner[J]. *Plant Protection*, 2023(2):6-12,21 (in Chinese)

[15] Li Z Y, Feng X, Liu S S, You M S, Furlong M J. Biology, ecology, and management of the diamondback moth in China[J]. *Annual Review of Entomology*, 2016, 61:277-296

[16] 雷仲仁,吴圣勇,王海鸿. 我国蔬菜害虫生物防治研究进展[J]. 植物保护,2016,42(1):1-6,25

Lei Z R, Wu S Y, Wang H H. Research progress on biological control of vegetable pests in China[J]. *Plant Protection*, 2016, 42(1): 1-6, 25 (in Chinese)

[17] 杨妮娜,黄大野,万鹏,曹春霞. 茶树主要害虫研究进展[J]. 安徽农业科学, 2019,47(22):1-3,30
Yang N N, Huang D Y, Wan P, Cao C X. Research progress on major pests in tea trees[J]. *Anhui Agricultural Science*, 2019, 47(22): 1-3, 30 (in Chinese)

[18] 刘晓梅,余宏军,李强,蒋卫杰. 有机农业发展概述[J]. 应用生态学报, 2016,27(4):1303-1313
Liu X M, Yu H j, Li Q, Jiang W J. Overview of organic agriculture development[J]. *Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(4): 1303-1313 (in Chinese)

[19] 戈峰. 论害虫生态调控策略与技术[J]. 应用昆虫学报,2020,57(1):10-19
Ge F. On ecological control strategies and technologies for pests[J]. *Journal of Applied Insects*, 2020, 57(1): 10-19 (in Chinese)

[20] Khan Z R, James D G, Midega C A, Pickett J A. Chemical ecology and conservation biological control[J]. *Biological Control*, 2008, 45(2): 210-224

[21] Gadi V P R, Govinda S, Anamika S. Special issue on the application of trap and cover crops in insect pest management[J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2019, 112(4): 293-294

[22] 李姝,王杰,黄宁兴,金振宇,王甦,张帆. 捕食性天敌储蓄植物系统研究进展与展望[J]. 中国农业科学,2020,53(19):3975-3987
Li S, Wang J, Huang N X, Jin Z Y, Wang S, Zhang F. Research progress and prospects of predatory natural enemy storage plant systems[J]. *Chinese Agricultural Science*, 2020, 53(19): 3975-3987 (in Chinese)

[23] 陆宴辉,刘杨,杨现明,荆玉谱,胡高,栾军波,郭兆将,马罡,闫硕,梁沛,刘杰,肖海军. 中国农业害虫综合防治研究进展:2018年-2022年[J]. 植物保护,2023(5):145-166
Lu Y H, Liu Y, Yang X M, Jing Y P, Hu G, Luan J B, Guo Z J, Ma G, Yan S, Liang P, Liu J, Xiao H J. Research progress in integrated pest control in agriculture in China: 2018-2022[J]. *Plant Protection*, 2023(5): 145-166 (in Chinese)

[24] 闫凯,唐良德,吴建辉,毕志兼. 诱杀技术在害虫综合治理(IPM)中的应用[J]. 中国植保导刊,2016,36(6):17-25
Yan K, Tang L D, Wu J H, Bi Z J. The application of trapping and killing technology in integrated pest management (IPM)[J]. *China Plant Protection Journal*, 2016, 36(6): 17-25

[25] 巫鹏翔,吴凤明,郭冲,王璇,郭晨茜,李贞,张青文,刘小侠. 糖醋酒液与性诱剂结合对梨园梨小食心虫的最佳诱捕效果研究[J]. 应用昆虫学报, 2016,53(5):1005-1011
Wu P X, Wu F M, Guo C, Wang X, Guo C Q, Li Z, Zhang Q W, Liu X X. Study on the optimal trapping effect of sugar and vinegar liquor combined with sexual attractants on pear fruit borers in pear orchards[J]. *Journal of Applied Entomology*, 2016, 53(5): 1005-1011 (in Chinese)

[26] 郭祖国,王梦馨,崔林,韩宝瑜. 昆虫趋色性及诱虫色板的研究和应用进展[J]. 应用生态学报,2019(10):3615-3626
Guo Z G, Wang M X, Cui L, Han B Y. Research and application progress of insect chromotaxis and inducing color plate[J]. *Journal of Applied Ecology*, 2019(10): 3615-3626 (in Chinese)

[27] Mu D, Cui L, Ge J, Wang M X, Liu L F, Yu X P, Zhang Q H, Han B Y. Behavioral responses for evaluating the attractiveness of specific tea shoot volatiles to the tea green leafhopper, *Empoaca vitis*[J]. *Insect Science*, 2012, 19: 229-238

[28] 史彩华. "日晒高温覆膜法"在韭蛆防治中的应用[J]. 中国蔬菜, 2017(7):90
Shi C H. The application of "sun exposure and high-temperature film covering method"in the prevention and control of leek maggots[J]. *China Vegetable*, 2017(7): 90

[29] 华永刚,洪文英,张莉丽,陈瑞,吴燕君. 蜜源植物对虫害绿色防控促进作用的研究进展[J]. 浙江农业科学,2023(2):421-424
Hua Y G, Hong W Y, Zhang L L, Chen R, Wu Y J. Research progress on the promoting effect of honey plants on green pest prevention and control[J]. *Zhejiang Agricultural Science*, 2023(2): 421-424 (in Chinese)

[30] 李姝,劳水兵,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[J]. 环境昆虫学报,2014(6):978-982
Li S, Lao S B, Wang S, Guo X J, Zhang F. Study on the synergistic control effect of East Asian small flower bug and aphid wasp on tobacco whiteflies[J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014(6): 978-982 (in Chinese)

[31] 崔艮中,李粉莲,薛建光,王俊文,张从顺,张迪,吕凯飞,马燕,王琳. 我国昆虫信息素应用技术的概况及研究展望[J]. 应用昆虫学报,2023(2): 534-553
Cui G Z, Li F L, Xue J G, Wang J W, Zhang C S, Zhang D, Lv K F, Ma Yan, Wang L. Overview and research prospects of insect pheromone application technology in China[J]. *Journal of Applied Insects*, 2023(2): 534-553 (in Chinese)

[32] 孙圣杰,任爱华,王晓祥,杨雪琳,李浩文,李贞,刘小侠. 利用迷向散发器和释放松毛虫赤眼蜂对梨树蛀果害虫的防控效果[J]. 中国生物防治学报, 2021,37(1):102-109
Sun S J, Ren A H, Wang X X, Yang X L, Li H W, Li Z, Liu X X. The control effect of using disoriented emitters and releasing pine caterpillar trichogramma on pear fruit borers[J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2021, 37(1): 102-109 (in Chinese)

[33] 张兴,马志卿,冯俊涛,吴华,韩立荣. 植物源农药研究进展[J]. 中国生物防治学报,2015(5):685-698
Zhang X, Ma Z Q, Feng J T, Wu H, Han L R. Research progress on plant-based pesticides[J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2015(5): 685-698 (in Chinese)

[34] Li J, Wei S, Marabada D, Wang Z, Huang Q. Research progress of natural matrine compounds and synthetic matrine derivatives[J]. *Molecules*, 2023, 28(15): 5780

[35] 葛少彬,梁卿,郑常格,徐树兰,汤历. 甜菜夜蛾核型多角体病毒研究进展[J]. 中国植保导刊,2015(9):16-20
Ge S B, Liang Q, Zheng C G, Xu S L, Tang L. Research progress on nuclear polyhedrosis virus of beet armyworm[J]. *Chinese Journal of Plant Protection*, 2015(9): 16-20 (in Chinese)

[36] Zhang H W, Zhao S Y, Song Y F, Ge S S, Liu D Z, Yang X M, Wu K M. A deep learning and Grad-Cam-based approach for accurate identification of the fall armyworm (Spodoptera frugiperda) in maize fields[J/OL]. Computers and Electronics in Agriculture[2022-11-01]. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169922007487. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107440

[37] 赵紫华,马建华,高峰,张蓉. 害虫种群区域性生态调控的系统策略[J]. 中国生物防治学报,2021,37(5):855-862
Zhao Z H, Ma J H, Gao F, Zhang R. Systematic strategies for regional ecological regulation of pest populations[J]. *Chinese Journal of Biological*

Control, 2021, 37(5): 855-862 (in Chinese)

[38] 张礼生,刘文德,李方方,陆宴辉,周雪平. 农作物有害生物防控:成就与展望[J]. 中国科学:生命科学, 2019(12): 1664-1678

Zhang L S, Liu W D, Li F F, Lu Y H, Zhou X P. Pest control of crops: Achievements and prospects[J]. *Chinese Science: Life Science*, 2019(12): 1664-1678 (in Chinese)

责任编辑: 董金波

第一作者简介: 帕热提·艾山,男,中共党员,1984年7月生。大学本科生,高级农艺师(六级),现任阿克苏地区农业技术推广中心植物保护站副站长,阿克苏市第十届人大代表。主要从事植物保护,农业技术研究及推广示范等工作。先后参加国家、新疆维吾尔自治区及阿克苏地区各类农业科研项目10余项,主持和参与完成各类新技术、新品种试验课题15余项;发表学术论文20多篇,副主编著作1部;获得实用新型专利7项,其中以第一完成人完成2项;获得计算机软件著作权1项。

通讯作者简介: 刘小侠,教授,主要研究方向为农业害虫综合治理。主持或参加国家自然科学基金项目、科技部和农业部等项目10余项。已在国内外发表学术论文120余篇,其中以第一或通讯作者发表SCI论文60余篇;主编专著2部,参编专著8部。