

桃树主要害虫的发生与防控技术进展

张帆, 肖达, 徐庆宣, 李姝, 郭晓军*

(北京市农林科学院植物保护研究所/农业农村部北方果蔬有害生物绿色防控重点实验室(部省共建)/北方果树病虫害绿色防控北京市重点实验室, 北京 100097)

摘要: 综述了近5年国内外桃树害虫的发生与危害情况, 桃树害虫种类繁多, 主要包括蚜虫、梨小食心虫、桃蛀螟、橘小实蝇、潜叶蛾、卷叶蛾、桑白蚧、红颈天牛等。在全球范围内, 桃实蝇的危害范围呈扩展趋势; 蚜虫、叶蝉和叶螨等小型害虫由于发生频率高、危害严重、受到广泛关注; 一些新出现的桃树害虫, 如地中海实蝇、玉米象、玫瑰象甲等正在对桃树生产构成新的威胁。国内主要害虫种类基本保持稳定, 其危害程度因不同产区和年份而异。介绍了防控技术的最新研发进展, 讨论了未来研究方向并提出建议。

关键词: 桃树; 害虫; 发生; 防控技术; 进展

中图分类号: S661.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-



Occurrence and control technology progress of major pests on peach trees

ZHANG Fan, XIAO Da, XU Qingxuan, LI Shu, GUO Xiaojun*

(Beijing Key Laboratory of Environment Friendly Management on Fruit Diseases and Pests in North China; Key Laboratory of Environment Friendly Management on Fruit and Vegetable Pests in North China (Co-construction by Ministry and Province), Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Institute of Plant Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, 100097, Beijing, China)

Abstract: Reviewed the occurrence and damage of peach pests both domestically and internationally over the past five years, peach trees are affected by a wide variety of pests. In recent years, the major pest species have remained relatively stable in China, including *peach aphids*, *Grapholita molesta*, *Bactrocera dorsalis*, *Conogethes punctiferalis*, *leafminers*, *Adoxophyes orana*, *Pseudaulacaspis pentagona*, and *Aromia bungii*, with the degree of damage varying across different regions and years. Globally, the distribution of *Bactrocera zonata* has shown an expanding trend.

收稿日期: 2024-09-30

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFD2000100); 国家桃产业技术体系(CARS-30)。

***通信作者:** 郭晓军(1978-), 男, 山西吕梁人, 研究员, 从事生物防治工作。E-mail: guoxiaojun@baafs.net.cn

作者简介: 张帆(1961-), 女, 吉林长春人, 研究员, 从事生物防治工作。E-mail: zf6131@263.net

Meanwhile, smaller pests such as *aphids*, leafhoppers, and spider mites have drawn significant attention due to their high occurrence rates and severe impacts. Additionally, emerging peach pest like Mediterranean fruit fly, maize weevil, and rose weevil are posing new threats to peach production. Introduce recent advancements in control technologies, and discuss further research direction as well as offer suggestion.

Key words: peach trees; pest; happen; prevention and control technology; progress

桃原产于中国。据联合国粮农组织的统计数据,中国的桃树种植面积和产量均居世界首位,占全球总产量的近一半。然而,桃产业的快速发展也伴随着新的挑战,特别是桃树害虫种类的增加以及危害的加剧,不仅侵害桃树的叶片和果实,还影响树体的整体健康,已对桃果的品质构成了严重威胁,产量大幅下降。此外,随着气候变化和全球贸易的扩展,一些外来入侵害虫也逐渐在中国的桃园中定殖并扩散,加剧了害虫防控的难度。害虫的有效管理已成为保障桃产业可持续发展的关键问题。

随着全球桃产业的不断发展,害虫种类及危害模式在不同生产区域逐渐显现出独特的特点和挑战。了解这些害虫在全球桃生产中的发生概况,特别是其对不同区域的影响,对于制定有效的防控策略至关重要。

1 桃生产中害虫发生概况

1.1 国外桃生产中害虫发生情况

全球范围内,桃树害虫的危害趋势基本一致。梨小食心虫、茶翅蛾、橘小实蝇等害虫是防治研究的重点,茶翅蛾作为入侵害虫对北美洲地区桃园造成严重危害,并成为近年来研究的热点。地中海实蝇对气候变暖的适应能力及其生物潜力使其在地中海盆地得以侵居并增加种群密度,对当地水果生产和出口产生重大影响。地中海实蝇和桃实蝇在突尼斯、摩洛哥及埃及的发生较为普遍,桃实蝇已成为埃及的主要害虫,在目前的气候条件下,桃实蝇可能进一步扩展其分布范围,覆盖非洲大部分地区甚至更多的地中海国家。此外,吉丁虫、小蠹虫、叶螨和全爪螨等害虫在不同地区也存在一定程度的发生,进一步加大了害虫综合治理的难度。

1.2 国内桃生产中害虫发生情况

国内桃树主要害虫是蚜虫、梨小食心虫、桃蛀螟、橘小实蝇、潜叶蛾、卷叶蛾、桑白蚧、红颈天

牛等。总体看来,桃蚜在各产区普遍发生,是春季桃树上最重要的害虫,由于抗药性增强,常用药剂的防治效果较差,危害加重。梨小食心虫几乎在所有产区都有发生,需要针对性防治。桃小食心虫和桃蛀螟等发生危害的产区增加,危害稍有加重。红颈天牛是树龄较大桃树的重要害虫,发生区域和危害有继续扩大和加重的趋势。有些产区,叶蝉和绿盲蝽、蓟马、山楂叶螨等小型害虫危害也较为严重。值得关注的是桃园橘小实蝇(图1),几乎在所有产区均有发现,长江以南的南方产区普遍发生,北方产区则呈现不确定性暴发危害,特别是对晚熟桃威胁更大。



图1 桃园橘小实蝇食诱剂诱捕装置

2 桃主要害虫防控技术研究进展

近年来,对桃树主要害虫的防控技术研究呈现出多元化的发展趋势。尽管化学防治仍占据主导地位,但越来越多的研究开始关注减少化学农药投入和天敌保护的平衡。利用植物源次生代谢产物进行环境友好的害虫防治也展现出巨大潜力。此外,从基因角度深入了解害虫生理生化特点,并通过特定基因干扰进行靶向防控,已成为当前热门的研究方向。

2.1 监测预警与发生规律

害虫监测对于掌握其发生动态并指导有效防治至关重要。目前,除了扫网和目测等传统方法外,现代智能监测设备不断涌现,如智能虫情测报灯、

智能性诱捕器、昆虫雷达、低空遥感、卫星遥感、智能识别 App 等。这些技术极大地提高了监测的时效性和准确度,促进了重大病虫害实时监测预警系统的发展^[1]。

郭晓军等^[2]在全国 17 个主要桃产区通过为期 8 年的监测,发现橘小实蝇在南北方桃园的危害存在显著差异。在南方桃园,橘小实蝇是一种常发性害虫,主要危害中晚熟桃;北方桃园中,橘小实蝇对晚熟桃造成危害,种群数量和发生时间因年份不同而有所差异。形态学与分子生物学的鉴定结果显示,石家庄地区的橘小实蝇种群与其他地区存在较大的遗传距离,而郑州地区的标本为橘小实蝇与番石榴实蝇的混合种群。朱俐遐等^[3]的研究表明,橘小实蝇的种群数量与相对湿度呈正相关,在适宜的温度范围内,相对湿度越大,越有利于橘小实蝇种群的增长。李媛等^[4]指出,橘小实蝇雌虫对果实产卵的选择与果实表面硬度和挥发物有关,青果、黄果、红果 3 种成熟度的果实中,橘小实蝇雌成虫最偏好于转色期的黄果上。

精准地预测害虫的发生规律,可以提前规划防治措施。研究人员开发并应用了度日(DD)模型,能够帮助预测昆虫的生命周期关键节点,并为害虫防治提供参考。Damos 等^[5]通过在希腊北部的多个桃园中使用信息素诱捕器,结合梨小食心虫的累积度日数据,系统分析了该害虫的季节性发生情况。度日模型还可以用于制订自动化的实时决策支持系统,帮助农场主更科学、有效地管理果园害虫。赵志国等^[6]通过大数据挖掘与地理信息系统(GIS)分析,绘制了梨小食心虫的化性预测地图,发现其世代数与纬度、海拔显著相关。温度升高时,世代数增加,而海拔升高则导致世代数减少。

为了更好地防控茶翅蜡,Grabarczyk 等^[7]探讨了茶翅蜡成虫和若虫在果园及邻近非作物植物中的时空分布模式。通过信息素诱捕和网络数据研究分析,发现茶翅蜡主要聚集在桃树及邻近的林地,且在 7 月和 8 月的发生密度最高。非作物植物在维持茶翅蜡种群中发挥重要作用,建议果农在管理果园时,应同时考虑果树周围栖息地的植物类型。

2.2 农业措施与物理防治技术

采用农业措施是减少虫源基数和降低害虫发生的重要手段。通过栽培健康苗木和适度修剪,可提

高树体的抗虫能力。针对主要害虫的越冬或隐蔽场所、生活史及种群发展薄弱环节、采取清除病虫枝、清洁果园、翻土深耕等措施,可有效破坏害虫的越冬越冬场所,恶化其生存条件,减少虫源基数。

物理防治技术,如通过利用物理屏障和干扰手段,可以有效减少害虫对果园的侵害。常用的物理防治措施包括地面覆盖、树干胶带、防虫网和阻隔器具等。一些新型技术如电击杀虫设备、超声波驱虫器和光催化灭虫灯等也逐步应用于果园害虫的防控中。赫娟等^[8]研究了不同磁场强度对桃蚜生长发育的影响,在 0.100T 和 0.280T 的磁场强度下,桃蚜的生长发育受到显著抑制,净增殖和内禀增长率均降低,这为物理防治桃蚜提供了新的可能性。

2.3 生物防治

生物防治是利用害虫的天敌进行害虫管理的生态友好型技术。通过天敌的释放与增殖,在不依赖化学农药的情况下,有效控制害虫种群。

2.3.1 天敌的保护和利用。①对桃蚜的作用。早春桃园引种功能植物及引入寄主昆虫,吸引保育自然天敌,对初期蚜虫种群的控制效果显著,极大减小了蚜虫发生峰值及防治压力。如早春接种蚕豆-豌豆蚜-瓢虫系统,可以为瓢虫等天敌提供初期食物资源,提前建立控害天敌昆虫种群。孟利峰等^[11]强调了瓢虫在桃蚜控制中的重要作用。王峥等^[12]指出,烟蚜茧蜂(*Aphidius gifuensis*)和菜少脉蚜茧蜂(*Diaeretiella rapae*)在桃蚜的自然控制中具有潜在价值。刘艳红等^[13]研究了桃蚜体内次生共生菌沙雷氏菌(*Serratia symbiotica*)对宿主抗逆性的影响显示,人工感染沙雷氏菌可提高桃蚜对短翅蚜小蜂(*Aphelinus asychis*)和高温胁迫的防御作用,这为利用微生物干扰桃蚜与天敌的相互作用提供了新的思路。②对鳞翅目害虫的作用。赤眼蜂作为重要的天敌昆虫,对桃园鳞翅目害虫的生物防治具有重要意义。在害虫发生初期释放赤眼蜂,可以有效控制多种鳞翅目害虫(卵)等。马爱红等^[14]在室内研究松毛虫赤眼蜂对梨小食心虫卵的寄生效果认为,蜂卵比为 1:10~15 时,松毛虫赤眼蜂对梨小食心虫卵的寻找和寄生效果较好。Chen 等^[15]研究发现,中国本土的 4 种赤眼蜂能够寄生不同发育阶段的桃蛀螟卵,尤其是松毛虫赤眼蜂表现出较好的寄生性,表明松毛虫赤眼蜂是一种具有潜力的桃蛀螟生防天

敌。孙瑞红等^[16]建议在桃蛀螟卵期释放赤眼蜂以控制其虫口密度。通过监测桃蛀螟的成虫和产卵情况,可以合理确定赤眼蜂的释放时间和数量,从而提高生物防治效果。③对实蝇的作用。Altafini 等^[17]研究了寄生蜂长尾潜蝇茧蜂在不同寄主密度下对地中海实蝇和南美实蝇幼虫的功能反应,结果表明,该寄生蜂对两种实蝇均表现出 III 型功能反应,具有较好的生物防治潜力。刘吉敏等^[18]研究发现,前裂长管茧蜂是橘小实蝇幼虫的重要寄生蜂,增加其田间种群是当前生物防治中的重要手段。④对茶翅蛾的作用。中国茶翅蛾卵期寄生蜂有 7 种,其中茶翅蛾沟卵蜂(*Trissolcus halyomorphae*)是其优势天敌^[19],平腹小蜂(*Anastatus japonicas*)对茶翅蛾卵也有很高的寄生率,且已经规模化繁殖并应用^[20]。侯峰嵘等^[21]在北京平谷桃园释放平腹小蜂,对茶翅蛾起到很好的防控作用。Konopka 等^[22]研究了本地和外来寄生蜂对茶翅蛾卵块的寄生效果,发现外来寄生蜂不能有效寄生茶翅蛾的卵,可能是由于其幼虫发育不完全而非受到本土寄生蜂的排斥,说明在选择寄生蜂种类时应充分考虑其寄生效率和环境适应性。

2.3.2 生殖与行为干扰。①利用性信息素可以干扰害虫的交配行为,降低其繁殖成功率。相会明等^[23]研究了不同性信息素载体的缓释效果,发现 PE 管的半衰期最长,迷向效果也最为持久。郑燕等^[24]研究了性信息素微胶囊的迷向效果,表明其对梨小食心虫的迷向率较高,且迷向效果持久。金唯新等^[25]证实,连续 4 年采用迷向丝可以有效降低桃园内梨小食心虫的种群密度,大面积且连续使用迷向防治法对桃园梨小食心虫具有很好的防控效果。郭晓军等^[26]报道,在北京市平谷区大面积(约 8 667 hm²)连片使用梨小食心虫性迷向素,梨小食心虫的种群数量显著低于常规化学防治的对照区,对梨小食心虫的迷向率达到 99.68%,保梢效果 98.40%以上,保果效果几乎 100%。说明桃园大面积应用迷向技术对梨小食心虫具有很好的控制作用。②食诱剂的应用。杨永利等^[27]的试验结果显示,食诱产品康碧、聪绿以及性诱产品纽康、依科曼,在橘小实蝇的控制中表现出较好的诱杀效果,且橘小实蝇的诱杀量与天敌诱杀量高峰期无显著相关性,这意味着诱杀技术不对天敌昆虫产生过多干扰。基于橘小实蝇嗅觉受体蛋白 BdorOBP2 的研究,钟耿军等^[28]通过荧光竞争试

验证了 BdorOBP2 对多种化合物(如丁香酚、异丁香酚、甲基丁香酚等)具有较强的结合能力,这为基于靶标蛋白的新型行为调控剂的设计提供了重要参考。③植物挥发物的应用。植物挥发物是一种自然释放的化学信号,能够吸引或驱避害虫,性信息素是昆虫之间用来传递繁殖信号的化学物质。将植物挥发物与性信息素结合使用,能够增强害虫对诱捕器的响应,显著提高诱捕效率。Jing 等^[29]通过鉴定桃蛀螟的气味结合蛋白,发现该害虫在产卵选择过程中能够识别桃李的挥发物,以寻找合适的寄主植物。OBP1 和 OBP2 对法尼醇的结合效率最高。这些发现为揭示桃蛀螟的寄主选择机制提供了分子基础,有助于开发气味结合蛋白的害虫管理策略。Xiang 等^[30]研究显示,通过在梨小食心虫的性信息素中添加 β -罗勒烯和 β -法尼烯,可以显著提升诱捕效果。表明植物挥发物与信息素的联合使用为未来的害虫综合防治技术提供了更多可能。Kong 等^[31]的研究进一步证实,通过将信息素、植物挥发物质和食物诱饵相结合,开发出了一种双性引诱剂,不仅能够有效诱捕雄虫,同时能够吸引雌虫,显著提高了对梨小食心虫的诱捕效率。Dardouri 等^[32]研究了 5 个迷迭香克隆体的挥发性化合物对桃蚜的驱避作用,并利用双选择嗅觉仪验证了 15 种主要挥发物成分中的 5 种具有显著的驱避效果。这为基于植物挥发物的桃蚜驱避剂的开发提供了理论依据。Wroblewska 等^[33]利用刺探电位图谱(EPG)技术,研究了半萜类化合物对桃蚜寄主选择行为的影响表明,虽然这些化合物没有表现出显著的驱避作用,但抑制了桃蚜对半萜类化合物处理过植物的选择活性。

2.3.3 微生物杀虫剂。微生物杀虫剂是指以细菌、真菌、病毒和原生动物等微生物活体为有效成分的生物源农药。如白僵菌、绿僵菌、BT 杀虫剂、昆虫病原线虫等,已广泛应用于害虫的防治中。近年来,桃树害虫病原菌的研究取得了重要进展。Kumar 等^[37]从被感染的桃蛀螟幼虫中分离出一种具有高毒力的昆虫病原真菌。经生物测定,证明该分离物对桃蛀螟幼虫具有较强的致死作用。尹政等^[38]通过分离橘小实蝇死亡成虫上的真菌黄曲霉(*Aspergillus flavus*),发现其孢悬液可显著降低橘小实蝇蛹的羽化率,具有一定的应用前景。

2.3.4 生物措施的组合应用。昆虫病原真菌、天敌昆虫和昆虫性信息素在生物防治中各自有其独特优势,将多种防治措施结合使用,能够进一步增强控制效果。孙圣杰等^[34]通过释放松毛虫赤眼蜂和使用迷向散发器,有效降低了园区内梨小食心虫的种群密度。陆爽等^[35]研究了 16 000 IU/mg 的苏云金杆菌可湿性粉剂对梨小食心虫的防治效果,结果显示该药剂 300 倍液的防治效果最好,且持效期较长。董思佳^[36]经多年田间试验,综合应用性信息素、糖醋液、赤眼蜂等技术,成功将梨小食心虫蛀果率控制在 3% 以下,生态环境得到显著改善。

2.4 生态调控

果园生草是生态调控的重要措施之一,通过引种低矮、非竞争性的草本植物,可以有效替代恶性杂草,维持果园的植物多样性,且为害虫的自然天敌提供栖息地(图2),从而增强天敌的控害作用。



图2 桃园生草生物防控技术

一是优化桃园植物布局。根据当地气候和生态条件,选择不同生长周期的草本植物,可以保证为天敌提供稳定的栖息和繁殖环境。多样化的植物群落不仅能够吸引和保育天敌,还能通过资源分配,抑制害虫的发生。吴长兵等^[9]研究结果表明,夏至草花可以显著延长东亚小花蝽成虫和松毛虫赤眼蜂成虫的寿命,提高产卵量和寄生量,增强天敌对害虫的抑制作用。

二是果园间套种。调查发现蚜虫天敌主要有捕食性瓢虫、食蚜蝇、草蛉等。生草园的天敌种群数量明显增加,而蚜虫的发生量明显低于清耕园与化防园。在秋季桃蚜回迁前,在果园种植韭菜(可同时作为茶翅蝽的诱集植物)、香菜等趋避作物,并

在果园内部种植白菜等植物引诱害虫产卵,在冬季彻底清除,减少虫源基数。在果园周围种植向日葵、玉米等高秆作物,形成物理屏障,可引诱桃蛀螟、梨小食心虫等,但需在害虫成虫末期 3~5 d 或下一代羽化前,进行统一防治或处理,减少害虫对果实的侵害。采用谐波雷达和蛋白质免疫标记法研究发现,茶翅蝽喜爱聚集在向日葵盘上吸食汁液^[10]。在有机农场,栽种高粱和向日葵对茶翅蝽具有显著的引诱效果,因此,可在果园合理种植向日葵诱集茶翅蝽,并进行无害化集中处理。

2.5 化学防治

目前化学防治仍然是控制害虫的关键手段之一。许幅英等^[39]通过田间试验,评估了多种杀虫剂对梨小食心虫的防效表明,5%高效氯氟氰菊酯的防治效果最佳,蛀果率仅 2.08%。但随着化学防治的广泛应用,梨小食心虫对多种杀虫剂产生了不同程度的抗药性。刘月英等^[40]用浸卵法测定发现,梨小食心虫对阿维菌素、甲维盐等药剂已表现出高水平抗性,在实际生产中需要注意轮换用药,以延缓抗药性的产生。刘新新等^[41]连续 2 年对中国主要桃产区的桃蚜和桃粉蚜种群对常用药剂吡虫啉和双丙环虫酯的敏感度进行监测表明,桃蚜种群对吡虫啉的敏感度在不同地区之间存在显著差异。河北省秦皇岛市、陕西省西安市和甘肃省兰州市的桃蚜种群表现出较低的敏感性。此外,桃粉蚜的监测结果表明,河北省秦皇岛市和安徽省宿州市的种群对吡虫啉的敏感度显著低。郭盼盼等^[42]在河南、河北、辽宁 3 省的田间试验中发现,15%联苯菊酯·氟啶虫酰胺悬浮剂在 33.3~37.5 mg/L 的剂量下,对桃蚜的防效在 90% 以上,且对桃树安全。最佳施药时期为春季桃蚜初发期至初盛期。赵斌荣等^[43]研究了喷雾助剂对氟吡呋喃酮防治桃蚜的增效作用,结果显示,添加助剂“强力源”可使氟吡呋喃酮的使用量减少 40%,防效可达到 94.95%。王攀等^[44]比较了叶面喷雾、茎部用药和灌根处理 3 种施药方式对噻虫嗪防治桃蚜的效果。结果表明,茎部用药法虽然速效性不如叶面喷雾法,但持效期更长,对桃蚜种群增长速率的抑制作用更显著,适合于对桃蚜等刺吸式口器害虫的可持续防控。Nisar 等^[45]通过生物测定法评估了 5 种昆虫生长调节剂对桃实蝇的毒性表明,甲氧虫酰胺对桃实蝇的毒性最强,具有显著的致死性和化学

不孕不育,表明其在果实蝇综合治理中的应用潜力。Halawa等^[46]通过生物测定法评估了5种杀虫剂对地中海实蝇和桃实蝇3日龄的幼虫和蛹的毒性,桃实蝇对杀虫剂的耐受性更高。

3 展望和建议

桃园是一个复杂的生态系统,生物群落的多样性与稳定性在害虫控制中发挥着重要作用。未来的研究和技术开发应从生态系统整体出发,综合考虑自然天敌、害虫和栽培环境之间的相互作用,提出基于生态调控的桃园害虫综合管理技术。

3.1 生态调控技术的布局应用

应加强对天敌昆虫的引入与保育,重点关注如何通过提升桃园的生态多样性来增强天敌的自然控害能力,例如通过生草栽培模式维持有利的生境条件,增加天敌种群的繁衍。建立生态系统服务功能评估框架,量化天敌对害虫控制的贡献,指导桃园的生态管理实践,使天敌保护和生物防治措施在桃园管理中发挥最大效益。

3.2 非化学防控投入品的改进创新

性信息素当前防治效果受到外部环境因素的限制,未来的研发方向应集中在延长性信息素的有效期,通过改进信息素释放器具和释放技术,延长其在田间的有效期,确保长期发挥控害作用。降低成本,提高应用规模,降低性信息素制剂和诱捕器具的生产成本,以便在大规模桃园中普及使用。

对已有的绿色防控产品,如捕虫器、天敌昆虫等,进行功能评估和技术改进,确保其在不同气候条件下的有效性和稳定性。基于昆虫的行为学、生物学特性,研发针对害虫不同发育阶段的阻断剂或干扰剂。例如,筛选新的植物源提取物或生物源物质,开发可用于干扰害虫发育、繁殖和行为的的产品。此外,优化应用技术,开发更加简便、高效的施用方法,以降低对使用环境的要求,提升产品的应用广度。

3.3 化学农药科学合理使用

随着害虫对传统化学农药的抗药性不断增强,未来的化学防治将更多地依赖于精准施药技术和新型低毒农药的研发,实现对害虫的有效控制,同时尽量减少对生态环境的负面影响。

3.4 植保专业化服务的推广

桃园生产将逐渐向标准化、规模化方向发展,对植保专业化服务的需求日益增强。通过发展植保专业合作社或技术服务公司,提供全面的害虫监测、技术咨询和防控服务,提升桃园的整体管理水平。未来的防控策略需要综合考虑生态保护、经济效益和技术可操作性,研发集物理防治、生物防治和化学防治为一体的综合防控技术体系,并根据桃园不同区域的生态条件和害虫种群特性,制定差异化的防控方案。

参考文献:

- [1] 封洪强,姚青,胡程,等.我国农作物病虫害智能监测预警技术新进展[J].植物保护,2023,49(5):229-242.
- [2] 郭晓军,徐庆宣,王甦,等.桃园橘小实蝇种群结构与发生危害调查[J].果树学报,2021,38(6):967-974.
- [3] 朱俐遐,李桂珍,尧美英,等.攀枝花地区杧果园桔小实蝇成虫种群动态规律[J].中国南方果树,2019,48(2):30-33.
- [4] 李媛,黄爱玲,黄慧欣,等.橘小实蝇对三华李果实的产卵选择[J].南方农业学报,2020,51(2):319-326.
- [5] DAMOS PT, SOULOPOULOU P, GKOUDEIRIS D, et al. Degree-day risk thresholds for predicting the occurrence of *Anarsia lineatella*, *Grapholita molesta* and *Adoxophyes orana* in northern Greece peach orchards[J]. Plant Protection Science, 2022(58):234-244.
- [6] 赵志国,李亚林,贺晓红,等.基于GIS的梨小食心虫化性研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2019,39(6):81-86.
- [7] GRABARCZYK EE, COTTRELL TE, TILLMAN PG. Spatiotemporal distribution of *Halyomorpha halys* (Stal) (Hemiptera: Pentatomidae) across a fruit and tree nut agricultural ecosystem[J]. Environmental Entomology, 2022, (51):824-835.
- [8] 赫娟,史晓斐,陈伟.四种强度磁场辐射对桃蚜生长发育和种群参数的影响[J].植物保护学报,2022,49(2):620-628.
- [9] 吴长兵,刘飞宇,刘俊秀,等.夏至草对天敌昆虫控害能力的促进作用[J].应用昆虫学报,2022,59(2):303-310.
- [10] BLAAUW RB, MORRISON III WR, MATHEWS C, et al. Measuring host plant selection and retention of *Halyomorpha halys* by a trap crop[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2017(163):197-208.
- [11] 孟利峰,胡增丽,韩凤,等.桃园桃蚜及其主要天敌类群动态研究[J].果树资源学报,2020,1(5):4-6.
- [12] 王峥,王秀梅,阮长春.两种蚜茧蜂在桃蚜上的繁殖特性及其控害潜能评估[J].吉林农业大学学报,2020,42(1):20-25.
- [13] 刘艳红,闫裕,王圣印,等.桃蚜体内次生共生菌沙雷氏菌对宿主抵御寄生蜂和高温胁迫的影响[J].植物保护学报,2019,46(4):840-848.
- [14] 马爱红,李敏,冉红凡,等.不同蜂卵比条件下松毛虫赤眼蜂对梨小食心虫卵的寄生效果[J].河北农业科学,2024,28(4):59-63.

- [15] CHEN WB, HE KL, WANG QY, et al. Effects of yellow peach moth *Conogethes punctiferalis* egg age on parasitism and oviposition behaviour of four indigenous *Trichogramma* strains in China[J]. Biocontrol Science and Technology, 2021 (31) : 739–753.
- [16] 孙端红, 姜莉莉, 王圣楠, 等. 山东省桃树重要害虫的监测与防控[J]. 落叶果树, 2020, 52 (3) : 36–39.
- [17] ALTAFINI DL, REDAELLI LR, JAHNKE SM, et al. Functional response and preference of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)[J]. Anais Da Academia Brasileira De Ciencias. 2021 (93) : e20190935.
- [18] 刘吉敏, 黄其椿, 邓铁军, 等. 人工释放前裂长管茧蜂对橘小实蝇的田间控制作用[J]. 广东农业科学, 2021, 48 (5) : 118–123.
- [19] 仇兰芬, 车少臣, 王建红, 等. 荔枝、稻绿蝽和茶翅蝽生物防治研究概况[J]. 中国森林病虫, 2009, 28 (2) : 23–26.
- [20] 吕欣, 韩诗畴, 戴建青, 等. 不同地理种群荔枝平腹小蜂的繁殖品质比较[J]. 环境昆虫学报, 2009, 31 (4) : 340–347.
- [21] 侯峥嵘, 梁洪柱, 陈倩, 等. 利用平腹小蜂防治茶翅蝽田间应用效果[J]. 中国森林病虫, 2009, 28 (4) : 39–40.
- [22] KONOPKA JK, GARIEPYTD, HAYE T, et al. Exploitation of pentatomids by native egg parasitoids in the native and introduced ranges of *Halyomorpha halys*: a molecular approach using sentinel egg masses [J]. Journal of Pest Science, 2019 (92) : 609–619.
- [23] 相会明, 刁红亮, 李先伟, 等. 梨小食心虫性信息素在四种载体中释放速率及田间迷向率研究[J]. 应用昆虫学报, 2022, 59 (2) : 311–317.
- [24] 郑燕, 徐德坤, 胡海燕, 等. 不同果梨小食心虫性信息素微胶囊迷向效果初探[J]. 中国植保导刊, 2020, 40 (6) : 62–64.
- [25] 金唯新, 姜义平, 沈斐, 等. 多年迷向防治对桃园梨小食心虫的控制作用评估[J]. 中国生物防治学报, 2022, 38 (2) : 360–366.
- [26] 郭晓军, 肖达, 王甦, 等. 大面积连片应用性迷向素对桃园梨小食心虫的防控效果[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6) : 1242–1249.
- [27] 杨永利, 李桂珍, 朱俐遐, 等. 8种实蝇诱剂产品对芒果园桔小实蝇成虫诱杀效果比较[J]. 四川农业科技, 2024, (2) : 53–56.
- [28] 钟耿军, 高旭渊, 申建梅, 等. 桔小实蝇 *BdorOBP2* 对甲基丁香酚及其结构类似物的结合分析[J]. 环境昆虫学报, 2024, 46 (2) : 480–488.
- [29] JING D, ZHANG T, BAI S, et al. GOBP1 plays a key role in sex pheromones and plant volatiles recognition in Yellow Peach Moth, *Conogethes punctiferalis* (Lepidoptera: Crambidae) [J]. Insects, 2019 (10) , 302.
- [30] XIANG HM, CHEN Z, LI XW, et al. Two terpenoids activates close mating behavior and enhances trap efficiency of sex pheromone of *Grapholita molesta* [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2019, 1109–1114.
- [31] KONG WN, WANG Y, GUO YF, et al. Behavioral effects of different attractants on adult male and female oriental fruit moths, *Grapholita molesta* [J]. Pest management science, 2020 (76) : 3225–3235.
- [32] DARDOURI T, GOMEZ L, SCHOENY A, et al., Behavioural response of green peach aphid *Myzus persicae* (Sulzer) to volatiles from different rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) clones [J]. Agricultural and Forest Entomology, 2019, 21: 336–345.
- [33] WROBLEWSKA-KURDYK A, DANCEWICZ K, GLISZCZYNSKA A, et al. New insight into the behaviour modifying activity of two natural sesquiterpenoids farnesol and nerolidol towards *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae)[J]. Bulletin of Entomological Research, 2020, 110: 249–258.
- [34] 孙圣杰, 任爱华, 王晓祥, 等. 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.
- [35] 陆爽, 张顾旭. 16000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂对桃树梨小食心虫的田间防效[J]. 上海农业科技, 2019 (3) : 110–111.
- [36] 董思佳. 梨小食心虫综合防治试验研究[J]. 河北果树, 2023, (1) : 8–9.
- [37] KUAMR CMS, JACOB TK, DEVASAHAYAM S, et al. Characterization and biocontrol potential of a naturally occurring isolate of *Metarhizium pingshaense* infecting *Conogethes punctiferalis* [J]. Microbiological Research, 2021, 243, 126645.
- [38] 尹政, 张静, 刁立功, 等. 黄曲霉对桔小实蝇蛹致病性的初步测定[J], 2022, 36 (3) : 17–22.
- [39] 许幅英, 彭彬, 张彦萍, 等. 梨小食心虫成虫发生期监测及药剂防治试验[J]. 中国森林病虫, 2021, 40 (3) : 26–30.
- [40] 刘月英, 周昭旭, 张美娇, 等. 浸卵法测定甘肃省梨小食心虫田间种群对8种杀虫剂的敏感性[J]. 农药学报, 2022, 24 (4) : 819–824.
- [41] 刘新新, 吴萌萌, 薛丽, 等. 桃园蚜虫对吡虫啉和双丙环虫酯的敏感度监测[J]. 果树学报, 2024, 41 (9) : 1836–1845
- [42] 郭盼盼, 张伟, 孙瑞红, 等. 15%联苯菊酯·氟啶虫酰胺悬浮剂防治桃蚜药效试验[J]. 现代农药, 2021, 20 (1) : 50–53.
- [43] 赵斌荣, 常华, 柴军发, 等. 喷雾助剂对氟吡呋喃酮防治桃蚜的增效作用[J]. 安徽农业大学学报. 2021, 48 (5) : 733–737.
- [44] 王攀, 杨帆, 周利琳, 等. 噻虫嗪经不同施药方式施用后对桃蚜种群的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49 (5) : 114–117.
- [45] NISAR MJ, GOGI MD, ARIF MJ, et al. Toxicity and chemosterility impact of insect growth regulators baited diet on adult peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae) [J]. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 2020, 57: 1089–1099.
- [46] HALAWA SM, EL-KHIAT EF, EL-HOSARY RA, et al. Comparative toxicity of certain insecticides against two species of fruit flies [J]. Journal of Plant Protection and Pathology, 10 (5): 269–274.