

路纪芳, 蔡静芸, 陈乾, 等. 我国橘小实蝇危害习性及防治技术研究进展[J]. 中国森林病虫, 2023, 42(6): 28–32.

我国橘小实蝇危害习性及防治技术研究进展

路纪芳¹, 蔡静芸¹, 陈乾², 赵斌¹, 任雪敏¹

(1. 遵义市林业科学研究所, 贵州 遵义 563000; 2. 遵义市仁怀市林业局, 贵州 遵义 564500)

摘要: 橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 是我国近年来发生和危害较严重的果实害虫, 该虫适应能力强、寄主范围广, 阻碍林果产业发展和林农增收。系统总结国内有关橘小实蝇生活习性、发生世代、分布与危害、寄主范围及防治技术研究进展, 提出未来橘小实蝇研究趋势和方向, 探索更加科学合理的治理策略, 服务我国林果产业高质量发展。

关键词: 橘小实蝇; 食果害虫; 生物学; 防治技术; 研究进展

中图分类号: S763.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671–0886(2023)06–0028–05

DOI: 10.19688/j.cnki.issn1671–0886.20230023

Research progress on damage habits and control techniques of *Bactrocera dorsalis* in China

LU Jifang¹, CAI Jingyun¹, CHEN Qian², ZHAO Bin¹, REN Xuemin¹

(1. Institute of Zunyi Forestry, Zunyi 563000, China; 2. Renhuai Forestry Bureau of Zunyi City, Zunyi 564500, China)

Abstract: *Bactrocera dorsalis* is a frugivorous pest that has occurred and caused serious damage in China in recent years. It seriously affects the development of fruit or forestry industry and farmers' income, with strong adaptability and wide host range. The research trends and prospects on *B. dorsalis* in the future were proposed by summarizing the biology, including the living habits, life history, distribution and damage, host range, and control techniques. Thereby, scientific and reasonable governance strategies were explored to serve the high-quality development of fruit or forestry industry in China.

Keywords: *Bactrocera dorsalis*; frugivorous insect; biology; control technique; research progress

橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis*, 又名柑橘小实蝇、东方果实蝇, 隶属双翅目 Diptera 实蝇科 Tephritidae 寡毛实蝇亚科 Dacinae 果实蝇属 *Bactrocera*, 是一种典型的多食性检疫性害虫^[1–2]。该虫寄主范围广泛、分布地区广、繁殖速度快, 极易暴发成灾, 严重威胁林果产业健康发展^[3–4]。

为了有效防控橘小实蝇危害, 笔者系统总结了该虫生活习性、发生世代、分布与危害、防治技术等方面的研究进展, 提出未来橘小实蝇研究趋势和方向, 探索更加科学合理的治理策略, 服务我国林果产业高质量发展。

1 生物学和生态学特性

1.1 生活习性

成虫 羽化孔为不规则圆形小孔, 位于果皮表面。体表黄褐色和黑色相间, 雌雄性比约为 1 : 1^[5–6]。多在白天上午阳光较弱、气温不高的时候活动, 具有远距离扩散迁移能力。以果实分泌物为食, 平均寿命为 (70 ± 29.29) d, 最长可达 135 d^[7–8]。

成虫产卵于果实内部, 每次产卵 3~10 粒, 一生可多次产卵。每头雌虫一生平均产卵量为 (910.17 ± 361.48) 粒^[5]。成虫的产卵行为和产卵位置会受到果

收稿日期: 2023–07–07; 修回日期: 2023–09–11; 网络首发: 2023–09–13

基金项目: 中央财政林业改革发展资金项目“柑橘标准化栽培推广示范”(贵[2022]TG04号)

第一作者: 路纪芳(1984—), 女, 河南禹州人, 硕士, 从事害虫生物学及防治技术研究, E-mail: 592055383@qq.com

通信作者: 陈乾, 高级工程师, 主要从事农林业产业发展及病虫害防治技术研究, E-mail: 395973745@qq.com。

实品种和成熟度的影响。雌成虫喜欢在成熟的或者有机机械损伤的果实上产卵。雌成虫在枇杷 *Eriobotrya japonica* 青涩果上的产卵孔集中于果蒂部,而在桃 *Prunus persica*、枣 *Ziziphus jujuba*、成熟枇杷上的产卵孔则在果蒂和果梗部均有分布^[9-10]。

卵 常聚集成堆,或竖状排列。卵的孵化受温度和湿度的影响较大。环境条件适宜,平均孵化率为 $(78.20 \pm 11)\%$,最高孵化率达90%以上^[5-6]。

幼虫 有3个龄期,具有群居性和负趋光性。在果实内部取食危害,取食部位由果皮向果肉内部延伸^[11]。老熟幼虫有较强的弹跳能力。脱离果肉的幼虫,到树干基部泥土表层、枯枝落叶等位置化蛹^[5,12]。

幼虫期取食不同营养会影响自身耐寒性。将携带有橘小实蝇幼虫的果实经过低温处理后,番茄 *Lycopersicon esculentum* 和柑橘 *Citrus reticulata* 上蛹的羽化率明显低于杨桃 *Averrhoa carambola*、番石榴 *Psidium guajava* 和南瓜 *Cucurbita moschata*^[13]。

蛹 土壤湿度和温度是影响幼虫化蛹及蛹期长短和成虫羽化率的关键因素。化蛹的最适湿度为60%~70%,温度在18℃以上^[5,14]。

1.2 发生世代

橘小实蝇在我国1a发生多代,世代交替,无明显的越冬现象,不同地区发生情况存在差异^[1]。沈发荣等^[15]报道橘小实蝇在云南省景谷地区(海拔910m)1a发生5代,成虫无冬滞育;张清源等^[16]报道橘小实蝇在厦门1a发生5代,根据有效积温推算该虫在厦门地区1a可发生6.2代,无明显的越冬现象;詹开瑞等和范京安分别就橘小实蝇在我国的适生性和适生分布开展了系列研究,发现该虫在我国不同地区1a可发生2~11代^[17-18]。因此,橘小实蝇发生世代受温度影响较大,根据其生物学特性和各虫态发育起点温度、有效积温可推算出其在不同地区的发生世代数。

1.3 分布与危害

橘小实蝇主要以幼虫在果实内取食危害,幼虫取食果肉,造成烂果或落果,使之失去经济价值^[9,19]。其在我国主要分布在长江流域以南,包括广东、海南、台湾、广西、福建、云南、四川、贵州、浙江、上海等地^[1]。在广西桂林市,橘小实蝇对瓜果的蛀果率达80%~90%^[20]。

根据文献记载,橘小实蝇发生的北界界限为北纬25°,其以南地区为该虫的适生区,其他地区为非适生区^[18]。但近年来,橘小实蝇的危害日趋严重,其

危害范围也在逐步向北扩散蔓延,我国河南、山东、陕西等主要桃产区,均发现有该虫危害,在未及时监测、防控的果园内虫果率可达80%,甚至出现全园尽毁的现象^[21]。

1.4 寄主范围

橘小实蝇是一种广食性昆虫,寄主主要为:番石榴、杨桃、芒果 *Mangifera indica*、番荔枝 *Annona squamosa*、番橄榄 *Canarium pimela*、黄皮 *Clausena lansium*、枇杷、人心果 *Manilkara zapota*、莲雾 *Syzygium samarangense*、油梨 *Butyrospermum parkii*、橙 *Citrus sinensis* 和柑橘等数百种果蔬^[16,22]。除了水果品种外,果实的成熟度、完整性、果皮厚度和颜色等也是影响橘小实蝇选择的重要因素^[23]。

何学友等^[24]2012年发现橘小实蝇可在油茶 *Camellia oleifera* 开裂果或其他虫害果中产卵,目前受害率很低。这表明橘小实蝇寄主范围不断扩大,存在危害油料作物的风险。

2 防治技术

橘小实蝇卵和幼虫均生活在果实内,危害隐蔽,且生活周期短、繁殖能力强、寄主范围广、防治难度大。近年来,该虫的猖獗发生,严重威胁林果业发展和水果进出口贸易,已经成为世界性难题。目前,我国在橘小实蝇防治研究和实践上已取得较大进展。

2.1 物理防治

橘小实蝇成虫偏爱在成熟果实上产卵,可在果实坐果期套袋隔离害虫。在受害果园里,及时清除落果及果树上已感染的青果和过熟果实,或利用深埋、水浸、焚烧等物理措施,可杀死虫果内的橘小实蝇卵或幼虫;在每年果实采收后和春季果树发芽时,翻耕可有效灭杀土壤中越冬老熟幼虫和蛹^[25]。但 these 方法费时费工,不适用于大规模生产。

橘小实蝇成虫对果实挥发物质气味和颜色比较敏感,研究发现甲基丁香酚、乙酸乙酯等物质对橘小实蝇成虫有较强的引诱作用,而异松油烯、辣椒油、樟脑油、冬青油和香茅油等物质则对成虫及其产卵行为有驱避作用^[26-27]。在颜色选择上,橘小实蝇成虫偏向于绿色、黄色、红色^[28-29]。这些行为反应可以作为生产中制作诱捕器和性信息素控制橘小实蝇危害的重要依据。

2.2 化学防治

国内早期对于橘小实蝇的危害多采用化学防治,主要使用有机磷类化学药剂,但这些药剂毒性

强、残留量大,已逐渐被淘汰。近年来,生产中开始筛选低毒低残留的化学药剂防治橘小实蝇。李姝等^[30]研究表明,60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂(SC)和16%噻虫嗪悬浮剂(SC)2种低毒高效药剂对橘小实蝇成虫的防治效果明显,且药效时间长。胡维月等^[31]研究发现,溴氰菊酯和阿维菌素对橘小实蝇成虫具有较好的控制作用,可作为应急防控药剂。但使用化学药剂防治橘小实蝇,在控制害虫的同时,大量农药施用会导致害虫产生抗性,并带来严重的食品安全和环境污染等问题。

2.3 生物防治

生物防治是一种具有持续性、防控效果比较理想的防治手段。在控制橘小实蝇危害的研究中发现,该虫天敌种类丰富。近年来,利用天敌资源控制橘小实蝇危害备受关注。随着我国在该领域研究的逐步深入,表明在林间同时使用多种天敌可有效增强防治效果,这将成为今后生物防治的发展趋势^[32]。

2.3.1 寄生性天敌昆虫种类

目前,我国已发现的橘小实蝇寄生蜂种类有5科12种(表1)。茧蜂科 Braconidae 寄生蜂是控制该虫最主要的优势天敌类群,包含费氏茧蜂属 *Fopius* 2种、全裂茧蜂属 *Diachasmimorpha* 1种、短背茧蜂属 *Psytalia* 2种^[33-36]。也有文献记载齿唇费氏茧蜂 *Fopius denticulifer*(中国新纪录种)和麦氏短背茧蜂 *Psytalia makii* 可寄生实蝇科昆虫,但是否对橘小实蝇有寄生作用尚未见报道^[37]。

另外,蝇蛹俑小蜂 *Spalangia endius* 和蝇蛹金小蜂 *Pachycrepoides vindemmiae* 是家蝇 *Musca domestica* 的蛹期寄生蜂,后发现对橘小实蝇具有较强的寄生能力,作为其主要寄生蜂而广泛使用^[38-39]。姚婕敏等^[33]2008年调查了广东省橘小实蝇的寄生蜂种类,发现了匙胸瘦蜂科 Eucolidae 柔匙胸瘦蜂属 *Aganaspis* 2种寄生蜂,种名暂未确定。

林间的天敌数量有限,一般无法有效控制害虫危害,需要人工释放天敌开展助增式生物防治。橘小实蝇天敌类群中茧蜂科和金小蜂科等优势天敌已基本实现了人工繁育,这为大规模生产天敌、满足林间采用天敌昆虫防治橘小实蝇提供了技术支撑。

2.3.2 捕食性天敌昆虫

橘小实蝇捕食性天敌有7种,包括黄柑蚁 *Oecophylla smaragdina*, 隐翅虫 *Spalangia* sp., 2种蠋螋 *Anisolabis eternoma*、*Sphingolabis hawaiiens*, 小花蝽 *Orius insidiosus*, 2种蚂蚁 *Solenopsis invicta*、*Oecophylla longinoda*^[42-44]。

2.3.3 昆虫病原微生物

微生物对害虫具有独特的寄生效果,且安全有效,易大量培养。章玉苹等^[45]报道球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* B6 菌株对橘小实蝇老熟幼虫、蛹、成虫具有控制作用,对成虫致死作用较为明显。苏云金芽孢杆菌 *Bacillus thuringiensis* WB9 菌株 *cry2Ac4* 基因表达产物对橘小实蝇幼虫也具有显著的毒杀作用^[46]。另外,有研究表明在橘小实蝇雄成虫体内发现沃尔巴克氏体属 *Wolbachia* 细菌,但研究尚不深入,对于是否存在超感染现象,能否引起不同地理种群的橘小实蝇之间的生殖不亲和现象,以及对其他生殖活动的影响都需要进一步研究^[47]。

除此之外,在控制橘小实蝇危害中,昆虫病原线虫的使用也已取得了一些成效。例如,小卷蛾斯氏线虫 *Steinernema carpocapsae* 可侵染橘小实蝇3龄老熟幼虫,且侵染力强,在土壤中的持效时间达20 d^[48]。

表 1 我国橘小实蝇主要寄生性天敌昆虫

Tab. 1 Main parasitism natural enemies of *B. dorsalis* in China

科 Family	种 Species	寄主虫态 Host stage	参考文献 References
茧蜂科 Braconidae	阿费氏茧蜂 <i>Fopius arisanus</i>	卵期	[33]
	凡氏费氏茧蜂 <i>Fopius vandenboschi</i>	幼虫期	[34]
	长尾全裂茧蜂 <i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	幼虫期、 蛹期	[35]
	弗氏短背茧蜂 <i>Psytalia fletcheri</i>	—	[33]
	切割短背茧蜂 <i>Psytalia incisi</i>	1~2龄幼虫	[36]
姬小蜂科 Eulophidae	印度实蝇姬小蜂 <i>Aceratoneuromyia indica</i>	幼虫期、 蛹期	[40]
小蜂科 Chalcididae	吉氏角头小蜂 <i>Dirhinus giffardii</i>	蛹期	[33]
	长柄俑小蜂 <i>Spalangia longepetiolata</i>	蛹期	[41]
金小蜂科 Pteromalidae	蝇蛹俑小蜂 <i>Spalangia endius</i>	蛹期	[38]
	蝇蛹金小蜂 <i>Pachycrepoides vindemmiae</i>	蛹期	[39]
匙胸瘦 蜂科 Eucolidae	<i>Aganaspis</i> sp.1	—	[33]
	<i>Aganaspis</i> sp.2	—	[33]

注:—表示未找到相关文献记载。

Note: "—" in the table show no relevant literature records.

2.4 其他防治措施

橘小实蝇卵期和幼虫期在果实内,蛹期在土壤里,此阶段难以防治。成虫羽化后暴露在外面,因此抓住该时期进行有效防治可以取得良好效果。如在成虫期挂设诱捕器、诱虫板可诱杀成虫;或采取在果园内喷洒杀虫剂、冬季翻土等措施^[49]。

3 展望

橘小实蝇是危害果实和蔬菜的一种毁灭性害虫,因其危害每年造成的经济损失高达20多亿美元,世界各地对其严加防控,采取有力措施控制、遏制乃至根除该害虫^[50]。

随着绿色发展理念的逐步兴起,橘小实蝇绿色防治技术也迅速发展,生物防治和引诱剂诱杀等已成为重要技术措施。利用寄生蜂防控橘小实蝇的生物防治技术具有良好的效果,但这种方法成本较高,且防治效果滞后^[51]。同时,生物防治在应用上还有一些亟需研究和解决的问题。如:天敌专一性不强,规模化繁育技术尚不完善;多种寄生蜂之间存在干扰作用;天敌资源保护和利用等方面的研究较为薄弱。探索有效解决生物防治中存在问题的方法,筛选出寄生力高、繁育成本低的专一性天敌昆虫,提高生物防治效果,是当前和今后一个时期的主要研究方向。

采用引诱剂诱杀橘小实蝇也是绿色防控技术的重要措施,常用引诱剂主要为信息化合物引诱剂和食饵类引诱剂^[51]。目前采用引诱剂诱杀橘小实蝇已有大量的研究报道,但是信息化合物的活性研究多局限于室内实验,田间效果不够理想,难以用于生产实践中。橘小实蝇繁殖量大,现有性引诱剂多诱捕雄成虫,对雌成虫效果不明显。因此,研发针对雌成虫的高效引诱剂具有更重要的价值。同时,橘小实蝇取食、产卵等活动常受到寄主植物挥发性物质影响,与寄主植物之间的相互作用较为复杂,可基于这种互作关系研发一种控制橘小实蝇危害的安全、协调和高效的新技术。

参考文献:

- [1] 康乐, 骆有庆. 中国植物保护百科全书: 昆虫卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2022.
- [2] 黄可辉. 检获检疫性害虫: 橘小实蝇[J]. 华东昆虫学报, 1994, 3(2): 104-107.
- [3] 刘元明. 植物检疫手册[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1999.
- [4] DOHINO T, HALLMAN G J, GROUT T G, et al. Phytosanitary treatments against *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae): current situation and future prospects[J]. Journal of Economic Entomology, 2017, 110(1): 67-79.
- [5] 王文心. 元江县桔小实蝇生物学特性及防治[J]. 昆虫知识, 1999, 36(5): 281-282.
- [6] 谢琦, 张润杰. 桔小实蝇生物学特点及其防治研究概述[J]. 生态科学, 2005, 24(1): 52-56.
- [7] 陈敏, 陈鹏, 叶辉. 桔小实蝇飞行活动节律及其飞行能力[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(4): 813-819.
- [8] 袁瑞玲, 杨珊, 冯丹, 等. 温度湿度光照对桔小实蝇飞行能力的影响[J]. 环境昆虫学报, 2016, 38(5): 903-911.
- [9] 方薛交, 闫振华, 张金龙, 等. 桔小实蝇成虫对不同水果的产卵为害特点及种群动态[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2017, 32(2): 212-217.
- [10] 黄爱玲, 王小云, 陆温, 等. 橘小实蝇对不同寄主果实的产卵偏好及其与寄主果实理化性质的相关性[J]. 植物保护学报, 2022, 49(2): 595-602.
- [11] 周小妹, 李柏树, 刘波, 等. 桔小实蝇幼虫龄期鉴别初步研究[J]. 植物检疫, 2017, 31(2): 17-22.
- [12] 孙国坤. 橘小实蝇生物学及控制技术研究[J]. 植物保护, 2006, 32(5): 115-117.
- [13] 任璐, 陆永跃, 曾玲, 等. 寄主对桔小实蝇耐寒性的影响[J]. 昆虫学报, 2006, 49(3): 447-453.
- [14] 吕欣, 韩诗畴, 徐洁莲, 等. 广州桔小实蝇(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))发生动态及气象因子[J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1850-1856.
- [15] 沈发荣, 周又生, 赵焕萍, 等. 柑桔小实蝇生物学特性及其防治研究[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(1): 85-89.
- [16] 张清源, 林振基, 刘金耀, 等. 桔小实蝇生物学特性[J]. 华东昆虫学报, 1998, 7(2): 65-68.
- [17] 詹开瑞, 赵士熙, 朱水芳, 等. 桔小实蝇在中国的适生性研究[J]. 华南农业大学学报, 2006, 27(4): 21-25.
- [18] 范京安. 用模糊综合评判法探讨桔小实蝇在中国的适生分布[J]. 植物检疫, 1998, 12(2): 76-80.
- [19] 和万忠, 孙兵召, 李翠菊, 等. 云南河口县桔小实蝇生物学特性及防治[J]. 昆虫知识, 2002, 39(1): 50-52.
- [20] 廖国新, 黄超艳, 黄小玲. 桔小实蝇发生危害调查及防控技术模式[J]. 植物保护学报, 2018(5): 118-120.
- [21] 杜小康, 朱佩群, 尹传坤, 等. 桔小实蝇对北方桃园的为害及绿色防控技术[J]. 果树资源学报, 2022, 3(4): 48-51.
- [22] 项前, 杨卫平, 于金鑫, 等. 桔小实蝇对石榴的产卵偏好性研究[J]. 环境昆虫学报, 2022, 44(5): 1308-1318.
- [23] 王泽槐, 马镫, 张瑞萍, 等. 番石榴腐烂果对桔小实蝇的引诱作用及挥发物化学成分分析[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(4): 32-35.
- [24] 何学友, 蔡守平. 橘小实蝇的新寄主: 油茶[J]. 中国森林病虫, 2012, 31(1): 46.
- [25] 黄素青, 韩日畴. 桔小实蝇的研究进展[J]. 昆虫知识, 2005, 42(5): 479-484.
- [26] 江婷婷, 周湾, 孟幼青, 等. 甲基丁香酚对桔小实蝇雌虫寿命、交配及雌虫繁殖的影响[J]. 中国生物防治, 2010,

- 26(4): 409-414.
- [27] 施伟, 刘辉, 叶辉. 桔小实蝇对五种芒果气味挥发性物质的行为反应[J]. 昆虫知识, 2010, 47(2): 318-321.
- [28] 杨子祥, 沙毓沧, 袁理春, 等. 不同颜色和果实对桔小实蝇的诱集效果研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2011, 33(4): 64-66.
- [29] 杨琴, 罗德诚, 杨毅娟, 等. 不同颜色实蝇粘虫板对桔小实蝇及天敌昆虫的诱捕效果[J]. 应用昆虫学报, 2021, 58(5): 1176-1182.
- [30] 李姝, 杨亚洁, 金光, 等. 2种药剂和食诱剂对桃园防治橘小实蝇效果评价[J]. 河北师范大学学报(自然科学版), 2023, 47(3): 301-306.
- [31] 胡维月, 李振, 李凯, 等. 橘小实蝇成虫的防治药剂筛选及抗性监测[J]. 河南农业大学学报, 2023, 57(2): 269-276.
- [32] MIGANI V, EKESI S, MERKEL K, HOFFMEISTER T. At lunch with a killer: the effect of weaver ants on host-parasitoid interactions on mango[J]. PLoS One, 2017, 12(2): e017010.
- [33] 姚婕敏, 谢翠红, 何衍彪, 等. 广东橘小实蝇寄生蜂调查[J]. 环境昆虫学报, 2008, 30(4): 350-356.
- [34] 吕增印, 黄居昌, 季清娥, 等. 布氏潜蝇茧蜂对橘小实蝇幼虫寄生作用的研究[J]. 华东昆虫学报, 2007, 16(3): 212-215.
- [35] 邵屯, 刘春燕, 陈科伟, 等. 桔小实蝇及其寄生性天敌: 前裂长管茧蜂饲养方法[J]. 环境昆虫学报, 2008, 30(4): 377-380.
- [36] 季清娥, 董存柱, 陈家骅, 等. 桔小实蝇寄生蜂一新记录: 切割潜蝇茧蜂[J]. 昆虫分类学报, 2004, 26(2): 144-145.
- [37] 吴琼. 中国蝇茧蜂亚科分类及系统发育研究(膜翅目: 茧蜂科)[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [38] 章玉苹, 范一霖, 曾玲, 等. 蝇蛹小蜂 *Spalangia endius* Walker 性比、寿命及冷藏对其羽化影响研究[J]. 中国生物防治学报, 2013, 29(2): 181-186.
- [39] 赵海燕, 曾玲, 梁广文, 等. 蝇蛹小金蜂对桔小实蝇蛹的寄生功能反应[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(1): 122-126.
- [40] 章玉苹, 李敦松, 赵远超, 等. 桔小实蝇寄生蜂: 中国新记录种印度实蝇姬小蜂 *Aceratoneuromyia indica* (Silvestri) 及其寄生效能研究[J]. 中国生物防治, 2009, 25(2): 106-111.
- [41] 郑敏琳, 黄居昌, 季清娥, 等. 长柄蛹小蜂寄生橘小实蝇蛹的功能反应[J]. 华东昆虫学报, 2006, 15(2): 155-157.
- [42] 杨沛. 黄柑蚁 (*Oecophylla smaragdina* Fabr.) 生物学特性及其用于防治柑桔害虫的初步研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1982(3): 102-105.
- [43] CAO Liu, ZHOU Aiming, CHEN Ruihao, et al. Predation of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* puparia by the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*: role of host olfactory cues and soil depth[J]. *Biocontrol Science and Technology*, 2012, 22(5): 551-557.
- [44] CHAILLEUX A, STIMEMANN A, LEYES J, et al. Manipulating natural enemy behavior to improve biological control: attractants and repellents of a weaver ant[J]. *Entomologia Generalis*, 2019, 38(3): 191-210.
- [45] 章玉苹, 黄少华, 李敦松, 等. 球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* B6 菌株对桔小实蝇的控制作用[J]. 中国生物防治, 2010, 26(s1): 14-18.
- [46] 黄天培, 潘洁茹, 黄张敏, 等. 苏云金芽胞杆菌 WB9 菌株 *cry2Ac4* 基因的克隆及表达[J]. *农业生物技术学报*, 2008, 16(2): 341-345.
- [47] 孙晓, 李志红, 梁广勤, 等. 首次发现我国柑橘小实蝇沃尔巴克氏体的共生[J]. 植物检疫, 2004(6): 321-323.
- [48] 林进添, 曾玲, 梁广文, 等. 病原线虫对桔小实蝇种群的控制作用[J]. 昆虫学报, 2005, 48(5): 736-741.
- [49] 郭腾达, 官庆涛, 叶保华, 等. 桔小实蝇的国内研究进展[J]. 落叶果树, 2019, 51(1): 43-46.
- [50] 温强, 程晓琴, 李晓雪, 等. 实蝇觅食、交配和产卵行为相关的信息化合物研究及其应用进展[J]. 应用昆虫学报, 2023, 60(2): 426-448.
- [51] 刘欢, 王怡铭, 候佳辉, 等. 甲基丁香酚对桔小实蝇的生物学效应及其在防控应用中的研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2023, 60(2): 475-485.

(责任编辑 才玉石)