

危险性害虫三带实蝇生物生态学及防治研究进展

温健¹, 黄锋², 卓婷婷³, 梁毕毕¹, 陆永跃^{4*}, 曹凤勤^{1*}

(1. 海南大学热带农林学院, 海口 570228; 2. 海南省农业生态与资源保护总站, 海口 571199; 3. 万宁市农业技术推广中心, 海南万宁 570203; 4. 华南农业大学植物保护学院, 广州 510642)

摘要: 三带实蝇 *Bactrocera umbrosa* (Fabricius) 是一种广泛分布于东南亚的寡食性实蝇, 主要对桑科波罗蜜属植物, 特别是波罗蜜和面包树构成危害。随着我国与东南亚地区的经贸联系日益加强, 三带实蝇对我国农业构成的潜在威胁也日益严重。然而, 对于三带实蝇的认识和基础研究仍相对不足。本文综述了三带实蝇的形态特征、寄主范围、传播与入侵机制, 及其防治策略, 并探讨了未来的研究方向。提高对三带实蝇入侵风险的认知、加强研究和综合治理, 对预防和控制该害虫至关重要。

关键词: 三带实蝇; 生物入侵; 热带地区; 生态学; 综合防治

中图分类号: Q968.1;

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858(2024)00-0000-00

Advances in the biology, ecology and control of dangerous fruit fly *Bactrocera umbrosa* (Fabricius)

WEN Jian¹, HUANG Feng², ZHUO Ting-Ting³, LIANG Bi-Bi¹, LU Yong-Yue^{4*}, CAO Feng-Qin^{1*}
(1. School of Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. Hainan Provincial Agricultural Ecology and Resource Protection Station, Haikou 571199, China; 3. Wanning Agricultural Technology Extension Center, Wanning 570203, Hainan Province, China; 4. College of Plant Protection, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: *Bactrocera umbrosa* (Fabricius), a monophagous tephritid fruit fly native to Southeast Asia, represents a significant threat to the *Artocarpus* genus within the Moraceae family, particularly to jackfruit *Artocarpus heterophyllus* and breadfruit *Artocarpus altilis*. As economic and trade ties between China and Southeast Asia strengthen, the risk that *B. umbrosa* poses to agricultural security is increasing. Despite the growing threat, our understanding and fundamental research on this species remain relatively limited. This review synthesizes the current knowledge regarding the morphological characteristics of *B. umbrosa*, its hosts, dispersal and invasion patterns, and existing management strategies. It also proposes potential avenues for future research. Increasing vigilance against its invasive potential, bolstering scientific research, and adopting a comprehensive management strategy are essential to effectively mitigate and control this

基金项目: 海南省桔小实蝇防控技术试验示范项目 (RH2400008674); 广州市重点研发计划项目 (2023B04J0154); 广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队建设项目 (2023KJ134)

作者简介: 温健, 男, 博士, 讲师, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: arcwenjian@gmail.com

*共同通讯作者 Author for correspondence: 曹凤勤, 女, 博士, 副教授, 从事入侵生物生态调控研究工作, E-mail: caofengqin@163.com;

陆永跃, 男, 博士, 教授, 从事昆虫生态学、害虫治理与入侵生物学研究工作, E-mail: luyongyue@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2024-09-18; 接受日期 Accepted: 2024-10-22

destructive species.

Key words: *Bactrocera umbrosa*; biological invasion; ecology; integrated pest management

实蝇科 Tephritidae 属双翅目 Diptera, 是具重要经济性的类群之一, 已知约 500 属 4500 余种, 其起源普遍认为在东南亚和南亚热带地区 (Clarke *et al.*, 2019; 朱雁飞等, 2020; Zhang *et al.*, 2023)。目前, 全球已记录的具有经济意义的实蝇有 26 属 233 种 (李志红等, 2013; Vargas *et al.*, 2015), 这些实蝇类昆虫在生态系统中扮演着授粉和有机物分解等关键角色 (Tan, 2008), 但部分种类也会对农作物构成严重威胁 (许益鏊等, 2005; 王在凌等, 2020), 尤其是水果、瓜果类蔬菜产业 (王在凌等, 2020; 李志红等, 2024)。随着全球气候环境不断变化、贸易交流增加、产业结构调整, 实蝇类害虫不断扩散传播、蔓延和入侵, 对 120 多个国家和地区农业生产构成了日益严重的威胁 (Trombik *et al.*, 2023; Zhao *et al.*, 2024)。

三带实蝇 *Bactrocera umbrosa* (Fabricius), 又称面包果实蝇, 属于双翅目实蝇科果实蝇属 *Bactrocera*, 主要分布在新几内亚、东南亚、南太平洋群岛等地区, 尤其是马来西亚、印度尼西亚、菲律宾等地 (Yong *et al.*, 2016; Wee *et al.*, 2018; Krosch *et al.*, 2019)。基因序列研究结果揭示该虫与辣椒果实蝇 *Bactrocera latifrons* 亲缘关系密切 (Yong *et al.*, 2016)。作为寡食性昆虫, 三带实蝇主要危害面包树 *Artocarpus altilis*、波罗蜜 *Artocarpus heterophyllus* 和榴莲 *Durio zibethinus* 等热带水果, 因此这类植物种植区往往是三带实蝇入侵和发生的高风险区 (Yong *et al.*, 2016; Wee *et al.*, 2018; Krosch *et al.*, 2019), 也有记录表明该虫可为害柚 *Citrus maxima*、酸橙 *Citrus aurantium*、苦瓜 *Momordica charantia*、大果西番莲 *Passiflora quadrangularis* 等其他植物 (吴佳教等, 2009)。自 20 世纪 90 年代以来, 尽管我国多个地方的海关口岸截获了三带实蝇 (蔡水清等, 1999; 王伍等, 1999; 余道坚等, 2000; 钟勇等, 2019 年), 但迄今为止, 我国尚未有关于该虫入侵和发生情况的正式报道。

我国华南和西南热带地区波罗蜜属、榴莲等热带经济水果分布较多, 种植范围及面积逐步增大, 经济效益逐渐显现。目前国内对三带实蝇的生物学特性研究尚属空白。普及、提升对该虫及其潜在危害性的认识和了解, 对预防该虫入侵具有明显意义。本研究综述三带实蝇形态特征、寄主植物范围、传播及入侵机制等, 以期加深对该虫潜在入侵风险的认识; 随后分析了现有的综合防治措施, 旨在为控制入侵危害提供科学的策略; 最后, 讨论了该害虫未来的研究方向。

1 形态特征

三带实蝇成虫体长通常为 7~10 mm, 体型大小因寄主和地理分布而异 (Yong *et al.*, 2016; Krosch *et al.*, 2019; 钟勇等, 2019) (图 1-a)。成虫的鉴定主要依据头部和胸部的特征, 特别是翅膀上的三条显著横向条纹 (刘爱华和黄建西, 1987; Krosch *et al.*, 2019) (图 1-a)。额部褐黄色, 带有两对下侧额鬃; 颜面褐黄色, 具有一对黑色圆形斑点。胸部黑色, 带有黄色条带, 中胸侧板延伸至肩胛。小盾片黄色, 通常有一条狭窄的黑色基带。翅前缘宽, 烟褐色。翅展 5~7 mm, 腹部橙棕色, 股节区颜色较浅, 胫节长度 1.7~2.0 mm。雄性体型通常略小于雌性 (图 1-b),

雌性具有细长且可伸缩的产卵器（钟勇等，2019）。

卵初产时透明，随后变为乳白色或淡黄色，呈长椭圆形，长约 0.5 mm，宽约 0.2 mm（图 2-a）。幼虫有 3 个龄期，成熟的 3 龄幼虫体长可达 10 mm，身体白色半透明，头部有一对黑色口钩（图 2-b~d）。蛹壳坚硬，形态如小桶（图 2-e），发育过程中颜色逐渐加深。



图 1 三带实蝇雌雄形态 (a. 雌虫, b. 雄虫)

Fig. 1 Morphology of female (a) and male (b) *Bactrocera umbrosa*

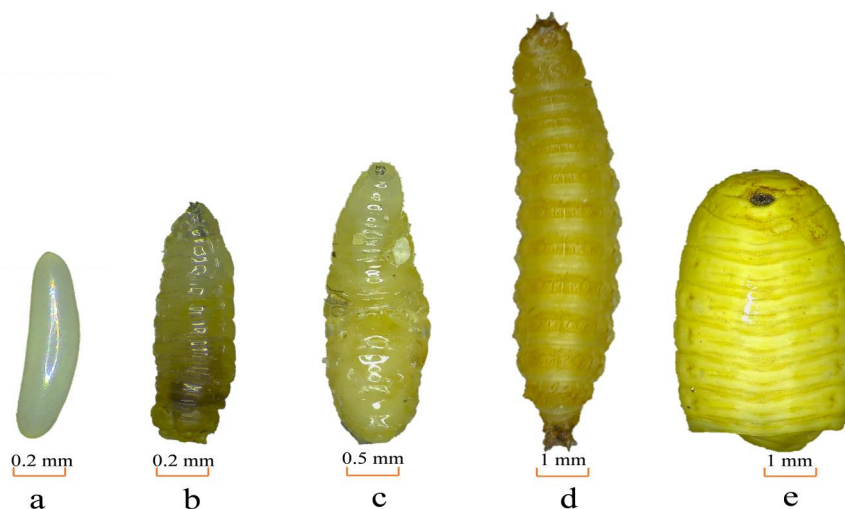


图 2 三带实蝇卵 (a)、1 龄 (b)、2 龄 (c)、3 龄幼虫 (d) 及蛹 (e) 形态

Fig. 2 Morphology of *Bactrocera umbrosa*: (a) egg, (b) 1st instar larva, (c) 2nd instar larva, (d) 3rd instar larva, (e) pupa

2 寄主植物

三带实蝇是一种寡食性害虫，强烈偏好桑科波罗蜜属 *Artocarpus* 果实，尤其是对波罗蜜和面包果。这种寄主专一性可能是三带实蝇长期与特定植物协同进化的结果，减少了与其他实蝇的竞争（Wee *et al.*, 2018; 钟勇等，2019; Song *et al.*, 2022）。在长期进化互作过程中三带实蝇可能已经适应了这些植物特有的化学物质（Jang and Light, 2020）。

其他一些研究结果显示三带实蝇的寄主范围可能比预期更广泛。除了已知的桑科波罗蜜属果实外，该虫还可能危害其他植物。例如在印度尼西亚里瑟当县，红番石榴 *Passiflora edulis* 被鉴定为其寄主（Sari *et al.*, 2022）。Hardy (1974) 在实验室中用苦瓜成功饲养了三带实蝇，表明苦瓜也可能是潜在寄主。在印度尼西亚和马来西亚的红树林中三带实蝇较为常见，是取食红树林

种子的害虫（Marquez and Sinohin, 2009）。在印度尼西亚油棕种植园和茂物县蛇皮果果园中也发现了三带实蝇（Sari *et al.*, 2012; Susiamti *et al.*, 2024）。在我国海关检验检疫中，榴莲蜜、榴莲和蒲桃上也发现了三带实蝇的繁殖体（蔡水清等, 1999; 王伍等, 1999; 钟勇等, 2019; 余道坚等, 2000）。

尽管三带实蝇的寄主范围相对有限，但其对嗜好作物的威胁依然显著。三带实蝇一旦入侵、蔓延、暴发，可能会严重影响相关种植业，因此，需要特别关注该虫潜在寄主范围的变化及其对寄主影响的研究。



图3 三带实蝇在波罗蜜上的危害状：危害初期，产卵位置变褐，褐斑逐渐扩展并伴随着果实腐烂

Fig. 3 Damage caused by *Bactrocera umbrosa* to jackfruit: In the early stages of infestation, the oviposition sites turn brown, and the brown spots gradually expand, accompanied by fruit rot

3 传播与入侵途径

三带实蝇最初主要分布在太平洋西岸的国家和地区，如马来西亚、印度尼西亚和菲律宾等。近年来，其分布范围已扩展至澳大利亚等地（Li *et al.*, 2010; Starkie *et al.*, 2024），并且在中国海关多次被截获（蔡水清等, 1999; 王伍等, 1999; 余道坚等, 2000; 钟勇等, 2019）。这类害虫的入侵往往难以在早期发现，因为它们的幼虫在果实内部发育，而它们强大的繁殖能力是成功入侵的关键（Zhao *et al.*, 2024）。

三带实蝇的入侵途径多样，包括国际水果贸易、旅客携带的水果或植物产品，以及自然扩散，例如随风传播或自身飞行（蔡水清等, 1999; 王伍等, 1999; 余道坚等, 2000; Li *et al.*, 2010; 钟勇等, 2019）。随着旅游业的发展，旅客无意中携带含有三带实蝇繁殖体的果实入境已成为主要的入侵途径之一。因此，对特定物品加强口岸检验检疫、对高风险地区/作物定期开展田间监测是较早发现其入侵、防止其进一步传播扩散的关键措施。

4 防治策略

在治理三带实蝇方面，目前可以采用生物防治和化学防治等方法。生物防治方法包括使用引

诱剂、驱避剂以及寄生蜂等。至于其他实蝇防治技术，例如昆虫不育技术（SIT）和抗性作物品种的培育，目前尚未有文献报道显示它们被应用于三带实蝇的防控工作中。

4.1 生物防治

应用引诱剂是三带实蝇防治中的重要方法。已证实甲基丁香酚对三带实蝇雄虫具有强烈引诱作用，并能提高其交配成功率（Wee *et al.*, 2018）。在巴布亚新几内亚，田间试验证明，与其他引诱剂相比，甲基丁香酚显示出特别好的效果，但其效力可能因地区而异（Royer *et al.*, 2018）。在印度尼西亚，毛叶丁香罗勒精油作为诱捕剂同样可以有效诱集三带实蝇（Sarmiento *et al.*, 2017）。诱蝇酮和诱蝇羧酯也是有效的监测和防控三带实蝇的工具（Tan *et al.*, 2014）。 β -石竹烯因其环境相容性好而被视为未来可能替代甲基丁香酚的有前景的引诱剂，在对三带实蝇的引诱试验中效果良好（Haq *et al.*, 2024）。不同类型诱捕器与不同引诱剂的组合对三带实蝇的诱集效果存在显著差异。研究表明，使用具有水平开口的诱捕器，并结合甲基丁香酚作为引诱剂，在特定时间段内进行悬挂，能够实现最佳的诱捕效果（Wee and Hee, 2018; Rahmawati *et al.*, 2024）。

蛋白饵剂对三带实蝇也有防控效果。报道表明，三带实蝇的雄性和雌性均能被散发出氨气的蛋白质水解物所吸引（CABI, 2022）。使用酸水解的蛋白能引诱三带实蝇，但对作物具有一定的毒性。Armstrong 和 Couey（1989）开发了一种使用自溶蛋白的系统。在马来西亚，这一系统已被开发成一种非常有效的商业产品，可用于引诱包括三带实蝇在内的实蝇害虫。

此外，研究发现，番荔枝 *Annona squamosa*、胡椒 *Piper retrofractum* 和香茅 *Cymbopogon nardus* 等提取物也能减少三带实蝇对作物的损害，其作用机制可能与驱避和触杀有关（Amalia *et al.*, 2014）。

在针对三带实蝇的寄生蜂研究领域，目前尚未发现专门针对该物种的寄生蜂。然而，已有研究表明，一些常见的实蝇类寄生蜂也能对三带实蝇产生影响。例如，在印度尼西亚西爪哇省茂物县的蛇皮果果园中，研究人员在腐烂水果里发现了3种能够寄生三带实蝇幼虫或蛹的寄生蜂，它们分别是长尾潜蝇茧蜂 *Diachasmimorpha longicaudata*、阿里山潜蝇茧蜂 *Fopius arisanus* 和布氏潜蝇茧蜂 *Fopius vandenboschi*（Ardiyanti *et al.*, 2019）。此外，短背茧蜂属 *Psytalia* 的两种寄生蜂也被证实能寄生三带实蝇幼虫（Sari *et al.*, 2017）。尽管这些寄生蜂显示出一定的防治潜力，但关于它们在三带实蝇防治中的具体效果，目前还缺乏系统性的研究数据。

4.2 化学防治

化学防治是控制三带实蝇的有效方法之一。尽管目前关于这方面的报道相对较少，但已有文献报道使用马拉硫磷与蛋白质诱饵混合喷雾来防控三带实蝇（CABI, 2022）。植物源性杀虫剂较为环保，对环境影响较小。田间实验显示，0.9%浓度的印度苦楝籽提取物对三带实蝇防治效果良好（Trinh *et al.*, 2023）。

5 研究展望

目前国内对三带实蝇的研究仅限于口岸截获报道。未来研究应重点放在探讨变化的环境因素如温度、湿度等对三带实蝇生产发育、行为和分布的影响，分析其入侵规律、机制及对新环境的

适应性，以及其与其他实蝇种类、寄主植物间的相互作用。此外，研究、建立监测技术、防控策略与技术措施也是关键研究方向之一。

5.1 气候变化对三带实蝇的影响

气候变化对三带实蝇的影响是一个涉及多维生态相互作用的复杂问题。研究表明，全球变暖导致的温度上升显著影响了实蝇的生命周期，温度是其发育的关键因素。温暖的气候条件加速了实蝇卵的孵化、幼虫的发育和成虫的羽化，但过高温度可能抑制其繁殖，甚至致死（袁盛勇等，2005；顾祥鹏等，2020）。

气候变化对实蝇的物候模式产生了显著影响。在云南，随着年均温和四季均温的上升，橘小实蝇 *Bacteroides dorcasalis* 的物候期呈现延迟趋势（孟李涛等，2023）。瓜实蝇的始见期和种群高峰期在年际间也表现出显著的延迟，这与气候变暖密切相关（蔡普默等，2022）。这些变化对制订科学的害虫防控策略具有重要意义。

气候变暖还扩大了实蝇的地理分布范围，使原本不适宜的地区逐渐成为其新栖息地，带来了新的农业和生态威胁。适生性分析模型显示，橘小实蝇在中国的适生区面积扩大，分布北界北移（沈沾红等，2024）。潜在地理分布模型预测表明，在未来气候情景下特别是 2030 年和 2080 年，樱桃实蝇 *Rhagoletis cerasi* 的低度和中度适生区面积增加，而高度适生区面积减少（秦誉嘉等，2019）。

此外，气候变化还影响了实蝇与寄主植物的关系。气候变暖可能改变寄主植物的生长周期和分布，从而影响实蝇的食物来源和繁殖场所（沈沾红等，2024）。由于寄主适应性差异，实蝇在不同地区的分布和危害程度也出现差异。橘小实蝇可能因气候变暖而更偏好特定寄主，改变其取食行为和危害模式（郭腾达等，2022）。实蝇通过视觉和嗅觉系统快速识别寄主植物，气候变化可能影响其感受植物信息的敏感性（高秉丽等，2022；Wang *et al.*, 2023）。

气候变化通过影响实蝇的发育周期、物候模式、地理分布以及与寄主植物的关系，带来了复杂且多维的生态影响。未来研究应关注通过气候模型预测三带实蝇潜在分布的变化、研究不同气候情景下种群动态的变化规律，以及探索气候变化对实蝇与寄主植物相互作用的影响。

5.2 三带实蝇入侵规律及机制

目前，三带实蝇的入侵规律及机制尚未有深入研究，但包括三带实蝇在内的实蝇类害虫的入侵规律、机制是未来农业害虫研究的重要方向之一。实蝇类害虫依赖其视觉和嗅觉系统来定位寄主植物，这对于其食性和生态位的确定具有关键作用。研究表明，实蝇类昆虫的嗅觉受体基因存在差异，可能与它们对不同气味物质的响应相关（Jang and Light, 2020；高秉丽等，2022）。

三带实蝇与其他实蝇之间生态位关系、潜在竞争关系、与环境因子作用关系等都是揭示三带实蝇入侵机制的重要研究领域。深入研究三带实蝇的视觉和嗅觉系统及其与寄主植物和环境的相互作用，对于理解其入侵机制至关重要。

5.3 综合防治策略

研究建立和优化三带实蝇及其他实蝇的综合防治策略对于有效控制实蝇并减少对化学农药

的依赖至关重要。这种策略应涵盖多个方面，包括监测与预警、农业措施、生物防治、物理防治、生态调控、化学防治以及遗传控制技术等。

遗传控制技术在橘小实蝇的防控领域已取得显著进展。例如，研究人员利用 CRISPR/Cas9 基因编辑技术成功敲除了橘小实蝇的关键靶标基因 *multiple edematous wings* (MEW)，这一基因的敲除显著影响了橘小实蝇的羽化和飞行能力（郑文平，2024）。此外，CRISPR/Cas9 技术还被用于研究橘小实蝇 Y 染色体上的特异性基因 *spermless*，揭示了其在精子发生和精巢发育中的关键作用（赵三涛，2018；郑文平，2024）。这些研究成果表明，基因编辑技术可能为三带实蝇的防控提供了新工具，也指明未来研究的重要方向。

单一防治手段往往难以在控制害虫的同时平衡产量与环境。例如，化学农药的单一使用虽然能够迅速杀灭实蝇，但可能引发环境和食品安全问题，并导致抗药性的产生。单一使用驱避剂也可能仅能暂时驱赶实蝇，随后它们可能会重新侵害作物。因此，在优化防控策略时需要综合考虑多种防控措施，并建立能够产生协同增效的防控体系。例如，将驱避剂与引诱剂联合使用，形成“推-拉”防控策略，已在橘小实蝇防控中显示出超过 80% 高效性（Wen *et al.*, 2024）。同时，结合果园生态系统的特点，可以在树冠下种植具有吸引和储留天敌功能的植物，或种植具有驱蝇效果的植物，以构建生态调控技术。这些不仅有助于改善农田生态环境，还能增强自然控制能力。

6 总结

国际上对三带实蝇的生物学、生态学及防治策略等开展了一些研究，但在中国相关研究仍处于起步阶段。尽管三带实蝇尚未大规模发生，但对其潜在入侵、扩散风险仍需保持高度警惕。一旦该虫入侵，可能会对波罗蜜属、榴莲等热带水果产业造成严重的影响。面对全球化和气候变化的挑战，深入研究三带实蝇的生物学、入侵规律和机制及其与环境和寄主的相互作用，对该虫监测、防控具有重要意义。加强海关检疫阻截、生物生态学和防控技术研究，构建高效预警和综合治理体系，是有效预防和控制三带实蝇的关键。

参考文献 (References)

- Amalia H, Dadang D, Prijono D. Effect of mulches, botanical insecticides, and traps against fruit flies infestation and yield of chili (*Capsicum annuum*) [J]. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 2014, 20 (2): 11-18.
- Ardiyanti RM, Maryana N, Pudjianto. Diversity of fruit flies (Diptera:Tephritidae) and parasitoid (Hymenoptera: Braconidae) in Mekarsari fruit garden, Cileungsi, Bogor [J]. *Indonesian Journal of Entomology*, 2019: 65-74.
- Armstrong JW, Couey HM. Control; fruit disinfestation; fumigation, heat and cold. In: Robinson AS, Hooper G, eds. *Fruit Flies; Their Biology, Natural Enemies and Control* [C]. Amsterdam: Elsevier, 1989, 3: 411-424.
- Bellis GA, Brito AA, Jesus Hipolito DE, *et al.* A preliminary account of the fruit fly fauna of Timor-Leste (Diptera: Tephritidae: Dacinae) [J]. *Zootaxa*, 2017, 4362 (3): 421-432.
- CABI. *Bactrocera umbrosa* [EB/OL]. Wallingford: CABI Compendium, 2022: 8747.
- Cai P, Zhao M, Song Y, *et al.* Investigating the impacts of climatic warming on phenology of *Zeugodacus cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) in China based on historical data [J]. *China Cucurbits and Vegetables*, 2022, 35 (9): 64-72. [蔡普默, 赵梦婷, 宋蕴哲, 等. 基于历史数据探究气候变暖对我国瓜实蝇物候的影响 [J]. *中国瓜菜*, 2022, 35 (9): 64-72]

- Cai S, Li X, Chen D, *et al.* Detection of *Bactrocera umbrosa* in the container of imported fruit [J]. *Plant Quarantine*, 1999, 3: 36. [蔡水清, 李秀容, 陈达新, 等. 在进境水果的集装箱中检出三带实蝇 [J]. 植物检疫, 1999, 3: 36]
- Clarke AR, Li ZH, Qin YJ, *et al.* *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera:Tephritidae) is not invasive through Asia: It's been there all along [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2019, 143 (8): 797-801.
- Danjuma S, Boonrotpong S, Thaochan N, *et al.* Biodiversity of the genus *Bactrocera* (Diptera: Tephritidae) in guava *Psidium guajava* L. orchards in different agro-forested locations of southern Thailand [J]. *International Journal of Chemical, Environmental and Biological Sciences*, 2013, 1 (3): 538-544.
- Gao B, Wang H, Wang Y, *et al.* Molecular basis and application of host location by vision and olfaction in Tephritid insects [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2022, 41 (2): 161-167. [高秉丽, 王浩然, 王耀辉, 等. 实蝇类昆虫利用视觉和嗅觉定位寄主的分子基础及应用 [J]. 华中农业大学学报(自然科学版), 2022, 41 (2): 161-167]
- Gu X, Huang Y, Zhang J, *et al.* Effects of short-term high-temperature stress on growth, development and reproduction of melon fly [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020, 42 (2): 391-399. [顾祥鹏, 黄禹禹, 张金永, 等. 短时高温胁迫对瓜实蝇生长发育及繁殖的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (2): 391-399]
- Guo T, Sun R, Ye B, *et al.* Research advances in occurrence characteristics and influential factors of *Bacteroides dorcasalis* [J]. *China Fruits*, 2022, 4: 5-10. [郭腾达, 孙瑞红, 叶保华, 等. 橘小实蝇发生特点及影响因素研究进展 [J]. 中国果树, 2022, 4: 5-10]
- Haq IU, Fatima S, Rasool A, *et al.* Consumption of β -Caryophyllene increases the mating success of *Bactrocera zonata* males (Diptera:Tephritidae) [J]. *Insects*, 2024, 15 (5): 310.
- Hardy DE. The fruit flies (Tephritidae-Diptera) of Thailand and bordering countries [J]. *Pacific Insects Monograph*, 1973, 31: 353-355.
- Jang EB, Light DM. Olfactory Semiochemicals of Tephritids [M]. Florida: CRC Press, 2020: 73-90.
- Krosch MN, Schutze MK, Newman J, *et al.* In the footsteps of Wallace: Population structure in the breadfruit fruit fly, *Bactrocera umbrosa* (F.) (Diptera:Tephritidae), suggests disjunction across the Indo-Australian Archipelago [J]. *Austral Entomology*, 2019, 58 (3): 602-613.
- Li B, Ma J, Hu X, *et al.* Risk of introducing exotic fruit flies, *Ceratitidis capitata*, *Ceratitidis cosyra*, and *Ceratitidis rosa* (Diptera: Tephritidae), into southern China [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2010, 103 (4): 1100-1111.
- Li ZH, Jiang F, Ma XL, *et al.* Review on prevention and control techniques of Tephritidae invasion [J]. *Plant Quarantine*, 2013, 27 (2): 1-10. [李志红, 姜帆, 马兴莉, 等. 实蝇科害虫入侵防控技术研究进展 [J]. 植物检疫, 2013, 27 (2): 1-10]
- Liu A, Huang J. *Bactrocera umbrosa* [J]. *Plant Quarantine*, 1987, 2: 142-143. [刘爱华, 黄建西. 三带实蝇 [J]. 植物检疫, 1987, 2: 142-143]
- Marquez CC, Sinohin VO. Seed health testing of bungalon (*Avicennia marina*) and api-api (*A. officinalis*) from Southern Luzon mangrove areas [J]. *Sylvatrop*, 2009, 19 (1): 81-102.
- Meng L, Song Y, Zhao M, *et al.* Response of *Bactrocera minax* phenology in Yunnan to climate warming-based on literature data analysis [J]. *South China Fruits*, 2023, 52 (4): 27-33. [孟李涛, 宋蕴哲, 赵梦婷, 等. 云南桔小实蝇物候对气候变暖的响应-基于文献数据的分析 [J]. 中国南方果树, 2023, 52 (4): 27-33]
- Qin Y, Lan S, Lu G, *et al.* Prediction on potential geographical distribution of European cherry fruit fly *Rhagoletis cerasi* in China under climate change [J]. *Journal of Plant Protection*, 2019, 46 (1): 63-70. [秦誉嘉, 蓝帅, 卢国彩, 等. 气候变化条件下樱桃实蝇在中国的潜在地理分布预测 [J]. 植物保护学报, 2019, 46 (1): 63-70]
- Rahmawati YF, Leksono AS, Gama ZP, *et al.* A comparison of vertical and horizontal trap orientations for attracting male *Bactrocera* spp. as fruit fly pest [J]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2024, 1302 (1): 012022.

- Royer JE, Agovau S, Bokosou J, *et al.* Responses of fruit flies (Diptera: Tephritidae) to new attractants in Papua New Guinea [J]. *Austral Entomology*, 2018, 57 (1): 40-49.
- Sari PM, Bakti D, Tobing MC. The diversity of fruit flies in red guava crops and parasitoid parasitization level in district Deli Serdang [J]. *Journal Community Research and Service*, 2012, 1 (2): 26-30.
- Sari PM, Lisa O, Lisdayani L. Identification of morphology and molecular PCR-RAPD *Bactrocera* spp. in the location of red guava crops, Deli Serdang District [J]. *Agrotechnology Research Journal*, 2022, 6 (2): 134-140.
- Shen Z, Wen P, Zhao J, *et al.* Prediction of potential distribution of *Bactrocera Minax* in China under future climate change scenarios[J]. *Plateau and Mountain Meteorology Research*, 2024, 44 (1): 143-150. [沈沾红, 温鹏, 赵金鹏, 等. 气候变化情景下中国区域柑橘大实蝇潜在分布区域预估 [J]. 高原山地气象研究, 2024, 44 (1): 143-150]
- Song SL, Yong HS, Chua KO, *et al.* Data set on the diversity and core members of bacterial community associated with two specialist fruit flies *Bactrocera melastomatos* and *B. umbrosa* (Insecta, Tephritidae) [J]. *Data in Brief*, 2022, 45: 108727.
- Starkie ML, Cameron SL, Krosch MN, *et al.* Biogeographic influences on the evolution and historical dispersal of the Australo-Pacific Dacini fruit flies (Tephritidae: Dacinae) [J]. *Zoologica Scripta*, 2024, 53 (1): 87-97.
- Susianti W, Rawati P, Robi B. Identification of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in oil palm plantations in Sumuri District, Teluk Bintuni [J]. *International Journal of Latest Research in Humanities and Social Science*, 2024, 7 (6): 125-128.
- Tan KH, Nishida R, Jang EB, *et al.* Pheromones, male lures, and trapping of tephritid fruit flies. In: Shelly T, Epsky N, Jang E, *et al.* eds. *Trapping and the Detection, Control, and Regulation of Tephritid Fruit Flies* [C]. Dordrecht: Springer, 2014: 15-74.
- Tan KH. Fruit Fly Pests as Pollinators of Wild Orchids [C]. Salvador: Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, 2006: 195-206
- Trinh T, Hang N. Determination of species composition and effective of plant extracts to prevent the eggs-lay of fruit flies, *Bactrocera* spp. infesting jackfruit [J]. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2023, 11 (3): 24-28.
- Trombik J, Ward SF, Norrbom AL, *et al.* Global drivers of historical true fruit fly (Diptera: Tephritidae) invasions [J]. *Journal of Pest Science*, 2023, 96: 345-357.
- Vargas RI, Piñero JC, Leblanc L. An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approaches for their management with a focus on the Pacific region [J]. *Insects*, 2015, 6 (2): 297-318.
- Wang W, Luo S, Han C, *et al.* Detection of *Bactrocera umbrosa* and *Bactrocera zonata* at Luohu Port [J]. *Plant Quarantine*, 1999, 6: 14. [王伍, 罗思云, 韩长录, 等. 罗湖口岸在旅检中截获三带实蝇和桃实蝇 [J]. 植物检疫, 1999, 6: 14]
- Wang Y, Li Z, Zhao Z. Population mixing mediates the intestinal flora composition and facilitates invasiveness in a globally invasive fruit fly [J]. *Microbiome*, 2023, 11 (1): 213.
- Wang Z, Xu J, Zhang R, *et al.* Global distribution and invasion of important quarantine fruit flies in China [J]. *Journal of Biosafety*, 2020, 29 (3): 164-169. [王在凌, 徐婧, 张润志, 等. 中国重要检疫性实蝇的全球分布和入侵情况 [J]. 生物安全学报, 2020, 29 (3): 164-169]
- Wee SL, Hee AKW. Diurnal attraction of fruit flies (Diptera: Tephritidae) to methyl eugenol in a village ecosystem in Tanjung Bungah, Penang, Malaysia [J]. *Serangga*, 2018, 23: 83-91.
- Wee SL, Munir MZA, Hee AKW, *et al.* Attraction and consumption of methyl eugenol by male *Bactrocera umbrosa* Fabricius (Diptera: Tephritidae) promotes conspecific sexual communication and mating performance [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2018, 108 (1): 116-124.
- Wen J, Shan Z, Zou Y, *et al.* Developing an effective push-pull system for managing outbreaks of the invasive pest *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in *Nephelium lappaceum* orchards [J]. *Agronomy*, 2024, 14 (5): 890.

- Wu JJ, Liang F, Liang GQ. Atlas of Economic Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2009: 111. [吴佳教, 梁帆, 梁广勤. 实蝇类重要害虫鉴定图册 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2009: 111]
- Xu Y, Zeng L, Lu Y, *et al.* Selectivity of oviposition by the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), on different fruits[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2005, 1: 25-26. [许益鏊, 曾玲, 陆永跃, 等. 桔小实蝇对不同水果产卵的选择性 [J]. 华中农业大学学报, 2005, 1: 25-26]
- Yong HS, Song SL, Lim PE, *et al.* Complete mitochondrial genome of three *Bactrocera* fruit flies of subgenus *Bactrocera* (Diptera: Tephritidae) and their phylogenetic implications [J]. *PLoS ONE*, 2016, 11 (2): e0148201.
- Yu D, Zhuo M, Hu G. Detection of *Bactrocera umbrosa* in imported durian by the Shatoujiao Bureau [J]. *Plant Quarantine*, 2000, 1: 18. [余道坚, 卓敏哲, 胡耿良. 沙头角局从进口榴莲中检出三带实蝇 [J]. 植物检疫, 2000, 1: 18]
- Yuan S, Kong Q, Xiao C, *et al.* Influence of temperature on development, survival and fecundity of *Bactrocera dorsalis* Hendel [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2005, 24 (6): 588-591. [袁盛勇, 孔琼, 肖春, 等. 温度对桔小实蝇发育、存活和繁殖的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2005, 24 (6): 588-591]
- Zhang Y, Liu S, De Meyer M, *et al.* Genomes of the cosmopolitan fruit pest *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) reveal its global invasion history and thermal adaptation [J]. *Journal of Advanced Research*, 2023, 53: 61-74.
- Zhao S. The Study of Transference for the Determination in *Bacteroides dorcasalis* Based on CRISPR/Cas9 system [D]. Haikou: Hainan University Master Thesis, 2018. [赵三涛. 基于 CRISPR/Cas9 系统的桔小实蝇 transformer 基因性别决定研究 [D]. 海口: 海南大学硕士论文, 2018]
- Zhao Z, Hui C, Plant RE, *et al.* The failure of success: Cyclic recurrences of a globally invasive pest [J]. *Ecological Applications*, 2019, 29 (8): e01991.
- Zhao ZH, Carey JR, Li ZH. The global epidemic of *Bactrocera* pests: Mixed-species invasions and risk assessment [J]. *Annual Review of Entomology*, 2024, 69 (1): 219-237.
- Zheng W. Establishment of CRISPR/Cas9 System and Function Research of Y-linked Genespermless in *Bacteroides dorcasalis* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University Master Thesis, 2024. [郑文平. 橘小实蝇 CRISPR/Cas9 基因编辑技术及 Y 特异性基因 spermless 功能研究 [D]. 武汉: 华中农业大学硕士论文, 2024]
- Zhong Y, Ma F, Li Y, *et al.* *Bactrocera umbrosa* intercepted from champedak [J]. *Plant Quarantine*, 2019, 33 (2): 34-36. [钟勇, 马福欢, 李秉然, 等. 从榴莲蜜上截获三带实蝇 [J]. 植物检疫, 2019, 33 (2): 34-36]
- Zhu Y, Shang M, Teng Z, *et al.* Analysis of invasion, distribution, and spreading trend of *Bactrocera dorsalis* [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2020, 52 (12): 141-149. [朱雁飞, 商明清, 滕子文, 等. 桔小实蝇的入侵分布及传播扩散趋势分析 [J]. 山东农业科学, 2020, 52 (12): 141-149]