前沿与综述

芒果重大害虫蓟马灾变规律及绿色防控技术研究进展*

韩冬银[1**] 符悦冠[1,2] 陈俊谕[1] 赵 菁[1] 邱海燕[1] 张方平[1] 李 磊[1***]

（1. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所，农业农村部热带作物有害生物综合治理重点实验室，海南省热带农业有害生物监测与控制重点实验室，海口 571101；2. 中国热带农业科学院三亚研究院，三亚 572024）

摘 要 蓟马是我国芒果上的重要害虫，种类多达 40 余种，其为害可造成 10%-42%的产量损失，严重时甚至绝收。近年来，随着芒果种植面积的增加，蓟马对我国芒果生产的危害呈逐渐加重态势。国内外学者围绕其生物学特性及防控技术等方面开展系列研究，并取得重要进展。然而，现有研究多聚焦于单一技术环节或特定区域，缺乏对我国芒果蓟马种类组成、灾变规律及绿色防控技术体系的系统性梳理与整合。本文系统回顾了我国芒果蓟马的发生、分布、危害、生物生态学特性、成灾规律以及绿色防控等方面的研究，揭示当前防控实践中存在的主要问题与技术瓶颈，以期为芒果蓟马灾变规律研究及生产防治提供理论依据和实践指导。

关键词 芒果；蓟马；种类；发生危害；灾变规律；绿色防控

Progress in research on outbreak frequency and environmentally-friendly control methods for thrips, major insect pests of mango

HAN Dong-Yin[1**] FU Yue-Guan[1,2] CHEN Jun-Yu[1] ZHAO Jing[1]
QIU Hai-Yan[1] ZHANG Fang-Ping[1] LI Lei[1***]

(1. Hainan Key Laboratory for Monitoring and Control of Tropical Agricultural Pests, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Tropical Crops, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China; 2. Sanya Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Sanya 572024, China)

Abstract Thrips are significant pests of mangoes in China, where over 40 thrip species have been identified. Infestations can result in crop losses ranging from 10% to 42%, and in severe cases, even complete crop failure. In recent years, the damage caused by thrips to mango production in China has gradually increased with the expansion of mango plantations. Domestic and international scholars have made significant progress in research on the biological characteristics of thrips and methods for controlling these pests. However, existing research has mainly focused on specific technical aspects, or specific regions; there has been no systematic review and integration of species composition, outbreak frequency, and environmentally-friendly control technology systems, for mango thrips in China. This paper systematically reviews research on the occurrence, distribution, damage, bio-ecological characteristics, outbreak patterns, and environmentally-friendly prevention and control of mango thrips in China. It discusses the main issues and technical bottlenecks in current prevention and control practices with the aim of providing a theoretical foundation and practical guidance for studying outbreak patterns, and the prevention and control of mango thrips.

Key words mango; thrips; type; hazards; catastrophe regularity; green prevention and control

*资助项目 Supported projects：海南省科技专项资助（ZDYF2025XDNY098）；中国热带农业科学院“揭榜挂帅”项目（1630042022007）

**第一作者 First author，E-mail：hdy426@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：lee_lay@163.com

收稿日期 Received：2025-11-10；接受日期 Accepted：2026-04-27

芒果素有“热带果王”之美誉，是我国热区农业主导产业之一，对乡村振兴、丰富人民“果盘子”和提高人民生活品质意义重大（陈业渊等，2020）。芒果蓟马是在芒果不同生育期发生与危害的蓟马类群总称，常年在芒果主产区暴发成灾，尤其在嫩梢期、花期以及小果期，发生高峰明显（韩冬银等，2019），严重影响芒果产业的健康可持续发展。芒果蓟马常以若虫、成虫锉吸嫩梢、嫩叶、花、嫩果等芒果幼嫩组织造成不可逆的损失，嫩梢被害后，生长点受抑制，呈现枝叶丛生或萎缩；嫩叶被害后，受害叶片主脉两侧有明显的红褐色或黑褐色条痕，严重时叶背呈现一片褐色，后期叶片边缘卷曲，叶片无法正常展开，甚至干枯、脱落，严重影响树势生长；花穗、幼果受害后，大量落花落果。幼果被害后，果面出现黑褐色或锈褐色针状小点，甚至畸形，果皮组织增生木栓化，呈锈褐色粗糙状。果实生长中后期，果皮变粗，出现凸起的红褐色锈皮斑，严重影响果实的品质与质量（蒲金基和韩冬银，2014；韩冬银等，2015）。据不完全统计，芒果蓟马造成的损失可达 10%-42%，严重时甚至毁园绝收（林长河，2004；韩冬银等，2019）。鉴于芒果蓟马的重要性，国内外就芒果蓟马的种类、生物生态学特性、成灾规律、监测、农业防治、生态调控、化学防治等技术及诱板、诱剂、天敌等绿色产品等开展了系列研究（Aliakbarpour and Rawi, 2010, 2011；丁春霞, 2011；Long *et al.*, 2012；Rocha *et al.*, 2012；Affandi and Medina, 2013；陈永森等，2013；韩冬银等，2017b）。本文重点综述了我国芒果蓟马种类与分布、生物生态学特性、成灾规律、绿色防控等取得的重要进展，并对其绿色防控趋势进行了展望，以期为推进芒果蓟马的科学防控提供重要参考。

1 芒果蓟马的种类与分布

芒果蓟马分布范围极广，全球 100 多个芒果种植国家几乎均有发生，其中芒果主要生产国印度、泰国、中国、马来西亚、印度尼西亚、菲律宾、墨西哥、南非、巴基斯坦、尼日利亚、埃及、科特迪瓦等国家发生与为害较为严重（Aliakbarpour and Rawi，2010；Affandi and Medina，2013；Luis *et al.*, 2013；韩冬银等，2015；陈业渊等，2020），但不同国家、不同地区芒果蓟马的组成不同，优势种也因地而异。如马来西亚发现黄胸蓟马 *Thrips hawaiiensis*、茶黄蓟马 *Scirtothrips dorsalis*、棉花蓟马 *Frankliniella schultzei*、豆大蓟马 *Megalurothrips usitatus* 4 种蓟马为害芒果，其中黄胸蓟马和茶黄蓟马为优势种（Aliakbarpour and Rawi，2010，2012）；墨西哥报导的常见芒果蓟马主要有温室蓟马 *Heliothrips haemorrhoidalis*、花蓟马 *F. invasor*、西花蓟马 *F. occidentalis*、淡黄硬蓟马 *Sc. citri*、*Sc. perseae*、*Sc. hectorgonzalazi* 等 15 种，其中花蓟马在大部分芒果种植区均有发生，为当地优势种（Rocha *et al.*，2012；Tucuch-Cauich *et al.*，2012；Luis *et al.*，2013）；印度尼西亚芒果蓟马主要种有黄胸蓟马和茶黄蓟马（Affandi and Medina，2013）；南非报道的芒果蓟马主要是橘硬蓟马 *Scirtothrips aurantii*（Grové *et al.*，2003，2020）。

我国芒果蓟马的种类较为丰富，且随着芒果产业的发展其种类日益增加。在芒果产业起步发展阶段（1980-1989 年），海南地区芒果上发生为害的蓟马主要为红带滑胸针蓟马 *Selemothrips rubrocinctus*，云南地区主要有红带滑胸针蓟马、茶黄蓟马及芒果硬蓟马 *Sc. mangiferae* 3 种（潘贤丽等，1987；司徒英贤，1988）。在芒果规模化发展阶段（1990-1999 年），海南地区芒果上发生为害的蓟马上升到 5 种，其中新增温室蓟马 *H. haemorrhoidalis*、褐蓟马 *Thrips fusca*、威岛蓟马 *T. victoriensis*（罗永明等，1996）；2000 年以后我国芒果产业进入提质增效阶段，在芒果上发生为害的蓟马种类明显增多，到 2010 年海南和云南分别报道有 10 种和 8 种（陈泽坦，2004；黄华等，2010）；目前全国各芒果产区共记录芒果蓟马种类达 42 种（韩冬银等，2025b），见表 1，其中蓟马科 33 种，管蓟马科 9 种，是目前报导芒果蓟马种类最多的国家。不同芒果产区不同果园发现的蓟马种类有所不同，在海南芒果园内蓟马种类较丰富，福建产区果园内蓟马种类相对

较少，海南儋州地区单一果园最高可采集到 16 种蓟马，而福建、云南元江部分地区仅采集到 2-3 种（杨永生，2000；丁春霞等，2019；韩冬银等，2023a）。威岛蓟马、温室蓟马仅在海南发现为害芒果叶片，表现出一定的区域性和为害部位专化性。相比之下，茶黄蓟马、黄胸蓟马和花蓟马 3 种蓟马是我国大多芒果产区的优势种（黄华等，2010；Chen *et al.*，2018；韩冬银等，2025b），其为害可贯穿芒果全生育期，嫩梢、花、果期均可连续发生，防控难度相对较大。此外，绝大部分芒果蓟马均在花期发生与为害，花期是蓟马种群暴发和防控的关键时期。

表 1　芒果蓟马名录

Table 1　Thrips list on mango

科名 Family	种名 Species	为害部位 Infested site	分布地区 Distribution
蓟马科 Thripidae	茶黄蓟马 *Scirtothrips dorsalis*	嫩梢、花穗、幼果 Tender shoot, flower, young fruit	各芒果产区 Mango-producing regions
	芒果硬蓟马 *Scirtothrips mangiferae*	花 Flower	云南 Yunnan
	褐蓟马 *Thrips fusca*	花穗 Flower	海南 Hainan
	威岛蓟马 *Thrips victoriensis*	叶片 Leave	海南 Hainan
	黄胸蓟马 *Thrips hawaiiensis*	叶片、花穗、幼果 Leave, flower spike, young fruit	各芒果产区 Mango-producing regions
	网纹蓟马 *Thrips malloti*	花穗 Flower	云南 Yunnan
	色蓟马 *Thrips coloratus*	花穗 Flower	各芒果产区 Mango-producing regions
	翅蓟马 *Thrips alatus*	花穗 Flower	海南、广西、云南、四川 Hainan, Guangxi, Yunnan, Sichuan
	灵蓟马 *Thrips facetus*	花穗 Flower	海南 Hainan
	短角蓟马 *Thrips brevicornis*	花穗 Flower	海南 Hainan
	褐花蓟马 *Thrips florum*	花穗 Flower	海南、广西、云南 Hainan, Guangxi, Yunnan
	瓜蓟马 *Thrips palmi*	花穗 Flower	海南、四川 Hainan, Sichuan
	暗足蓟马 *Thrips obscuripes*	花穗 Flower	云南、四川 Yunnan, Sichuan
	黄蓟马 *Thrips flavus*	花穗 Flower	广西、云南、四川 Guangxi, Yunnan, Sichuan
	褐翅蓟马 *Thrips fuscipennis*	花穗 Flower	云南、四川 Yunnan, Sichuan
	八节黄蓟马 *Thrips flavidulus*	花穗 Flower	广西、云南、福建 Guangxi, Yunnan, Fujian
	烟蓟马 *Thrips tabaci*	花穗 Flower	云南 Yunnan
	台湾蓟马 *Thrips parvispinus*	花穗 Flower	云南 Yunnan
	苹果蓟马 *Thrips carthami*	花穗 Flower	广西、云南 Guangxi, Yunnan
	暗褐蓟马 *Thrips brunneus*	花穗 Flower	云南 Yunnan
	腹小头蓟马 *Microcephalothrips abdominalis*	叶片、花穗 Leave, flower	海南、四川 Hainan, Sichuan
	豆大蓟马 *Megalurothrips usitatus*	花穗 Flower	各芒果产区 Mango-producing regions
	端大蓟马 *Megalurothrips distalis*	花穗 Flower	海南、广西、云南、福建 Hainan, Guangxi, Yunnan, Fujian

续表 1 (Table 1 continued)

科名 Family	种名 Species	为害部位 Infested site	分布地区 Distribution
蓟马科 Thripidae	温室蓟马 *Heliothrips haemorrhoidalis*	叶片 Leave	海南 Hainan
	花蓟马 *Frankliniella intonsa*	叶片、花穗、幼果 Leave, flower, young fruit	各芒果产区 Mango-producing regions
	西花蓟马 *Frankliniella occidentalis*	花穗 Flower	云南、四川 Yunnan, Sichuan
	裂片膜蓟马 *Ernothrips lobatus*	花穗 Flower	云南 Yunnan
	褐三鬃蓟马 *Lefroyothrips lefroyi*	花穗 Flower	广西 Guangxi
	豆喙蓟马 *Mycterothrips glycines*	花穗 Flower	广西、云南 Guangxi, Yunnan
	北京呆蓟马 *Anaphothrips beijingensis*	花穗 Flower	广西 Guangxi
	红带滑胸针蓟马 *Selenothrips rubrocinctus*	叶片、花穗、果 Leave, flower, fruit	各芒果产区 Mango-producing regions
	腹突皱针蓟马 *Rhipiphorothrips cruentatus*	花穗 Flower	海南 Hainan
	丽色皱针蓟马 *Rhipiphorothrips pulchellus*	花穗 Flower	海南 Hainan
管蓟马科 Phlaeothripidae	华简管蓟马 *Haplothrips chinensis*	花穗 Flower	各芒果产区 Mango-producing regions
	草皮简管蓟马 *Haplothrips ganglbaueri*	花穗 Flower	海南、云南 Hainan, Yunnan
	菊简管蓟马 *Haplothrips gowdeyi*	花穗 Flower	海南、云南、广西 Hainan, Yunnan, Guangxi
	山肚管蓟马 *Gastrothrips monticola*	花穗 Flower	广西 Guangxi
	窄体隐管蓟马 *Ethirothrips stenomelas*	花穗 Flower	海南 Hainan
	榕管蓟马 *Gynaikothrips garitacambroneroi*	花穗、果 Flower, fruit	海南、四川 Hainan, Sichuan
	寄居木管蓟马 *Xylaplothrips inquilinus*	花穗 Flower	海南 Hainan
	窄矮管蓟马 *Pygmaeothrips angusticeps*	叶片、花穗 Leave, flower	海南 Hainan
	尼泊尔长角管蓟马 *Meiothrips nepalensis*	花穗 Flower	海南 Hainan

2 芒果蓟马的发生与成灾规律

2.1 芒果蓟马种群特征与发生规律

芒果蓟马在我国芒果产区均有发生，且在热带地区不越冬。该类蓟马大多可年发生 10-17 代，世代重叠现象明显（谢振伦，1987；张万金等，2008；Long *et al.*，2012；朱文静，2016）。其年度发生高峰在不同芒果种植区存在差异，如在海南的高峰期主要在 12 月至翌年 3 月，在广西及云南等芒果产区的高峰期主要集中在 2-4 月（Long *et al.*，2012；陈永森等，2013；韩冬银等，2015，2017b）。同时，研究发现蓟马发生高峰与芒果树生长发育期密切相关，其在嫩梢期、花期至小果期会出现明显的发生高峰。具体而言，嫩梢期时，种群数量随嫩叶抽生而增加，随

着嫩梢老熟则逐渐减少；花期时，从花芽萌动开始，芒果蓟马种群数量明显增多，且随着花期的推进呈几何倍数快速增长，在整个花期均保持较高水平，至谢花期达到高峰，之后随着小果期的到来种群数量逐渐下降，直至果实膨大期回落至较低水平（陈永森等，2013；韩冬银等，2015，2017b）。此外，研究也发现，不同生育期芒果蓟马的成虫与若虫种群变动规律不同，尤其在花期表现最为明显。在花穗抽穗初期芒果蓟马成虫比例占种群总量的 95.0%-100.0%；随着花穗抽长，成虫占比逐渐下降，若虫比例逐渐升高，至谢花-座果期若虫比例显著高于成虫（韩冬银等，2023a；杨可卿，2025）。不同采样日期的每片叶子，蓟马的若虫和成虫的丰度在 0-0.33 之间，其中 4 月份每片叶子上发现的蓟马若虫和成虫最多（Tucuch-Cauich *et al.*，2012）。芒果蓟马成虫活动也具有明显的规律性。成虫主要集中在白天活动，夜间活动能力较弱，日活动高峰时段为 10:00-12:00。芒果蓟马的活动受天气影响较大，晴天蓟马活动活跃，阴天较晴天少，雨天蓟马极少活动；清晨有雾的天气，在雾气消散前其极少活动（韩冬银等，2015）。

除表现出明显的发生与活动规律外，芒果蓟马在不同地区不同芒果园的分布型差异较大，其分布型主要受种群密度的影响。主要表现为芒果蓟马半变异函数在种群密度高时多为高斯模型，密度低时为线性模型；密度低时为均匀分布，密度较低时为中度聚集分布、密度高时为聚集分布；聚集程度随密度升高而增大，个体间相互吸引（邢楚明等，2017；韩冬银等，2019）。同时，研究发现芒果蓟马的聚集主要是由蓟马自身习性和外界环境共同作用引起的，种群密度高时，空间异质性是由空间自相关引起，蓟马分布随寄主植物花期的变化而变化（邢楚明等，2017）。

2.2　环境因子对芒果蓟马种群增殖的影响

温度是影响芒果蓟马发育、繁殖的最主要环境因子。研究发现，在 16-32 ℃温度范围内，芒果蓟马优势种均可完成世代发育，多种芒果蓟马最适活动温度范围为 24-32 ℃，茶黄蓟马和黄胸蓟马在 32 ℃时世代存活率最高，其次是 28 和 24 ℃（卢辉等，2011a；朱文静，2016）；花蓟马在 25 ℃时世代存活率最高，其次是 28 和 22 ℃（盖海涛等，2011）。黄胸蓟马在 20-28 ℃范围内，从卵到成虫的发育历期随温度升高而缩短，36 ℃发育历期延长，完成世代需要的有效积温为 251.43 ℃·d（卢辉等，2011a）；茶黄蓟马在 16-32 ℃范围内，从卵到成虫的发育历期同样随温度升高而缩短，世代有效积温为 229.95 ℃·d（朱文静，2016）；当温度低于 16 ℃时，茶黄蓟马的发育与存活受到影响（韩冬银等，2023b）。

通过分析气象因子对芒果蓟马混合种群数量的影响，发现冬春季月均最高与最低气温（℃）、月平均温度（℃）、月降水量（mm）、平均相对湿度（%）等显著影响芒果蓟马种群增长，尤其是在花期，当温度在 12 ℃及以下，蓟马种群的发生会受到抑制，发生与为害均相对较轻。相反若冬季气温偏高（如 1-2 月平均气温较高），且相对干旱以及空气相对湿度达 40%-70%时，则可增加芒果蓟马在冬季的存活率，进而导致其在翌年春季为害加剧和种群暴发（韩冬银等，2019）。Aliakbarpour 和 Rawi（2010）也证实干旱和降雨会影响芒果蓟马的发生，主要表现为蓟马的丰度在旱季期间较高，在雨季期间降低。此外，研究还发现温度和相对湿度也可交互影响芒果蓟马的发育与繁殖，在同一温度处理下，相对湿度越高花蓟马存活率越高（Hossain and Taek，2020）。

除气象因子外，土壤类型与土壤含水量显著影响芒果蓟马的化蛹与羽化。研究表明，在相同温度条件下，茶黄蓟马的羽化率在 5%-15%范围内，随土壤含水量增加逐渐降低。土壤类型与土壤含水量间存在交互作用，土壤含水量在 1%-15%范围内，茶黄蓟马在黏土、砂壤土、砂土及壤土 4 种类型土壤中的羽化率随着土壤含水量的增加呈先增加，后降低的趋势（Han *et al.*，2025c）。花蓟马在含水量为 10%沙土中羽化率最高，而黏土、壤土含水量为 15%时最高，当沙土含水量低于 3%或高于为 20%，黏土、壤土低于

5%或高于 25%时不利于其化蛹与羽化（潘润东等，2023）。

不同生育期的芒果树也会影响芒果蓟马的发育与存活。以茶黄蓟马为例，不同发育程度叶片（Ⅰ-Ⅴ期）显著影响了茶黄蓟马的发生，其中Ⅰ期叶片上成虫和卵的密度最高，明显高于在其他发育期的叶片上的数量，在Ⅱ期和Ⅲ期叶片若虫种群密度较高，在Ⅴ期叶片上成虫和若虫种群密度均最低，取食Ⅱ期和Ⅲ期芒果叶片的成虫寿命较长，而取食Ⅴ期叶片的成虫寿命最短（朱文静，2016）。

2.3 转移对芒果蓟马成灾的影响

芒果蓟马偏好聚集在芒果嫩叶和花上，一到合适的物候，其可通过自身短距离飞行转移以及随风远距离转移至芒果树上进行为害（Masui，2007a，2007b；韩冬银等，2017b）。韩冬银等（2017b）通过田间笼罩试验证实外来虫源迁入是芒果蓟马在芒果园暴发成灾的重要因素。李金磊（2023）和杨可卿（2025）采用 DNA 分子追踪技术解析了 2 种优势芒果蓟马（花蓟马和茶黄蓟马）体内的植物 DNA，发现在初花期与末花期，芒果园内 90%以上的蓟马均属于外来迁入。同时，在芒果园不同物候期，采用定期踏查，并结合布设于园周及行间的透明粘板进行监测，发现芒果蓟马的转移分为两种，一种是水平迁移，即蓟马从芒果园迁移至园外，或从园外迁移至芒果园内，另一种是垂直迁移，即蓟马从芒果树迁移至园内地面，或从园内地面迁移至芒果树上；同时，研究也发现芒果蓟马的转移是频繁发生的，且水平迁入与迁出的数量基本持平（杨可卿，2025）。

3 绿色防控基础和技术研究进展

3.1 抗性品种利用

植物抗虫性是控制害虫的有效途径之一。经过多代繁殖遗传，植物自身的积极抗性得以发挥作用：既能避免受害或表现出耐害性，又能在受害后展现出强大的补偿能力；同时，其散发的气味或物理特性可驱避害虫，减少被取食的几率，即便遭受取食，其恢复能力也可以减轻取食所造成的危害。张中润等（2020）通过筛选 40 个芒果品种，发现 Jan-78、缅甸 3 号等为高抗品种，嫩叶颜色为锌黄色的品种较感虫，通过改变嫩叶颜色减弱对蓟马的吸引，虫口数量仅是敏感品种的 4%-6%。丁春霞等（2019）研究表明，芒果园 3 种主要蓟马在室内偏好取食凯特芒叶片，对季芒芒果叶片的选择性较低；田间调查亦显示，凯特芒树上蓟马种群数量较大，季芒品种上发生量最低。紫花芒、红象牙等生长较旺盛的品种蓟马发生少，桂香芒、印度 1 号等长势较弱的品种发生较重（劳有德和韦文添，2003）。当前主栽品种台农、贵妃、金煌等品种往往蓟马发生严重，但相关抗虫性研究尚未见报道。为此，有必要进一步研究明确主栽品种的抗性水平，并探讨芒果抗蓟马的机制，为抗性种质的快速鉴定及抗性品种的选育提供依据。

3.2 农业防治

农业防治是病虫害防治的基础，其根据现代农业栽培管理技术，调节环境因子以促进作物健康生长，预防或减少病虫害的发生。利用蓟马的发生规律及入土化蛹等习性，可通过调节湿度（潘润东等，2023；Han *et al.*，2025c）、翻耕埋土灭蛹、灌水灭蛹等改变土壤表层物理性质等措施来控制蓟马种群密度。利用蓟马喜隐藏于花或叶片交叠等处等习性，谢花至座果期通过摇花或洗花破坏蓟马的栖息场所。此外，及时清除果园杂草、枯枝落叶，消灭过冬或中间寄主，减少外来虫源。提高芒果树的抗逆性，收果后应施足有机肥，特别注意 N、P、K 肥的配合，促进芒果树枝梢、花穗抽生整齐。保持果园通风透光，合理密植，也可有效降低蓟马的种群数量（林长河，2004）。

3.3 生态调控

生态调控是通过种植诱集植物、驱避植物等功能植物吸引天敌、驱避害虫，利用信息素干扰害虫取食、交配等生物和生态手段，将害虫种群控制在经济危害水平之下，而非彻底消灭。芒果行间套种大叶油草、平托花生、柱花草等不同生

草，可改变芒果园微环境，增加天敌数量，减少蓟马的种群数量（晁骏等，2021）。芒果园留植墨苜蓿 4 个月后，对芒果蓟马具有捕食作用的西沙大眼长蝽 *Geocoris xishaensis* 在墨苜蓿上的数量是自然生草上的 3.5-6.7 倍，说明单独留植墨苜蓿有利于西沙大眼长蝽种群的建立和增长（李磊等，2022）。

3.4　理化诱控

理化诱控是利用害虫对色、光、味的趋向行为，通过特定的诱源或驱避源，对害虫进行诱杀或驱避的一种方式。王琛等（2015）发现茶黄蓟马对虚拟波长为 560 nm 的黄绿色色板最嗜好，且圆形色板对茶黄蓟马诱捕效果显著高于其他形状色板，陈俊谕等（2017）发现虚拟波长为 435-450 nm 的蓝板对花蓟马诱集效果较好，卢辉等（2011b）发现黄色对黄胸蓟马引诱效果最强。由于芒果园中蓟马种群常常混合发生，韩冬银等（2015）对比了单独使用黄板或蓝板及不同黄板和蓝板组合应用的效果，表明在芒果花期以黄板+蓝板组合诱虫效果最佳；在 0.2-10.0 m 高度范围内均有芒果蓟马活动，其中 2 m 诱集到的虫量最高（韩冬银等，2015；夏红军等，2019），结合芒果植株高度，色板悬挂高度以植株中上部为宜。

研究表明，茶黄蓟马对不同芒果部位表现出不同的偏好选择与取食行为。以嫩叶、老叶、花穗及小果等不同部位互为食物及气味源条件下，观察食物上的蓟马是否向气味源转移，结果以花穗为食物，分别以其它组织为气味源时，转移到气味源的虫量均显著低于食物上的剩余虫量；而以花穗为气味源，除嫩叶外，老叶或小果为食物时，转移到气味源的虫量显著高于剩余虫量（袁小昆等，2020）。在食物充足的情况下，出现偏好食物时蓟马会明显向偏好食物转移（朱文静，2016；袁小昆等，2020）。芒果组织中对茴香醛、水杨酸、萜品油烯、γ-萜品烯、苯甲醇以及苯乙醇等物质对蓟马具有显著吸引作用，但不同组织挥发物及其含量有差异（朱文静，2016；韩冬银等，2018；叶乾民等，2026）。田间诱捕测试发现，萜品油烯和 γ-萜品烯等在芒果园中悬挂 24 与 72 h 后，对花蓟马的诱集数量显著高于对照（叶乾民等，2026）。除芒果外，蓟马的其它寄主或非寄主植物中也有大量对蓟马有引诱活性的物质，韩云等（2015a）发现花蓟马对烟酸乙酯、水杨醛、芳樟醇等挥发物有极强的趋向性；林涛等（2024）发现芳樟醇、茉莉酸甲酯等植物挥发物对黄胸蓟马具有吸引作用。植物中即有对蓟马有吸引作用的物质也有驱避作用的物质，研究发现 3-蒈烯、α-水芹烯、香茅精油或大蒜精油对茶黄蓟马具有较强的驱避作用（朱文静，2016；韩冬银等，2022，2023c）；乙酸香叶酯、乙酸香茅酯、紫苏醛及 β-蒎烯对花蓟马具有较强的驱避作用（武怡，2025）。除植物挥发物外，虫体信息素也是重要味源，花蓟马雄虫气味源挥发性物质(R)-Lavandulyl acetate 和 Neryl (S)-2-methylbutanoate 按 1∶4 混配后对花蓟马雄性成虫的吸引作用十分明显，花蓟马雄虫气味对其雌性成虫具有相同的吸引作用（祝晓云等，2012）。

蓟马的嗅觉响应受多种来源的化学信号调控，涵盖植物挥发物与虫体信息素等，其在蓟马寄主定位、种内通讯及行为调控中均发挥重要作用。这些挥发物多处于实验室筛选或田间试验阶段，小部分物质已经以缓释剂或食诱剂应用（蔡晓明等，2018；李晓维等，2022）。此外，将多种诱捕手段相结合，一直是生产所需，早在 1982 年 Penman 等通过在粘虫板上涂抹异烟酸乙酯等植物挥发物，发现这种粘虫板对花蓟马的诱杀效果是对照的 8 倍；在玫瑰大棚、落叶果园中，使用基于异烟酸甲酯的一元蓟马食诱剂产品“Lurem-TR”可使粘虫色板上西花蓟马、苹果蓟马的数量提高 4 倍（Broughton and Harrison，2012；Broughton *et al.*，2015）；在芒果园中，将配比为 2.2∶7.8 的苯甲醇和苯乙醇联合黄色粘虫板使用，诱到的蓟马虫量是对照的 5-8 倍（韩冬银等，2018）。刘胜等（2023）将异烟酸甲酯和球孢白僵菌分生孢子联合，通过诱剂吸引蓟马使得真菌繁殖体在蓟马种群间传播，从而达到防治的作用。然而，上述物质对蓟马的行为调控作用受剂量、配比、背景颜色和背景气味等因素的

影响，整体尚未形成规模化的产品体系。

3.5 生物防治

目前国内外报道的蓟马类害虫天敌种类多、范围广，包含小花蝽、捕食性蓟马、草蛉、寄生蜂、捕食螨、线虫和微生物等，主要为天敌昆虫。其中捕食性蝽类包括西沙大眼长蝽、南亚大眼长蝽 *G. ochropterus*、海岛小花蝽 *Orius maxidentex*、南方小花蝽 *O. sauteri*、东亚小花蝽 *O. sauteri*、狡小花蝽 *O. insidiosis*、淡翅小花蝽 *O. tantillus* 及 *Orius leavigatus* 等（Marwa *et al.*, 2018, 2020；李少卡等，2022；王建赟等，2022；甘扬子等，2024）。常见的捕食性螨类有巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri*、胡瓜钝绥螨 *Amblyseius cucumeris* Oudemans、斯氏钝绥满 *Amblyseius swirskii* 和 *Amblydromalus limonicus* 等（Arthurs *et al.*, 2009；Doğramaci *et al.*, 2011；郑丽旧等，2019；周炀等，2020；Schoeller *et al.*, 2022）。捕食性蓟马有塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii*、胡蜂形长角蓟马 *Franklinothrips vespiformis*、*Leptothrips mali* 等（Kumar *et al.*, 2013；杨磊等，2021）。此外，还有草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum*、锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa*（柯胜兵等，2011）、六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、中华草蛉 *Chrysoperla sinica*、日本通草蛉 *Chrysoperla nipponensis* 等也对蓟马起到防治作用。除捕食性天敌昆虫外，线虫、球孢白僵菌 *Beauveria bassiana*、金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 和棒束孢菌 *Isaria fumosorosea* 及半裸镰刀菌 *Fusarium semitectum* 等真菌也被利用在对蓟马的防控中（Raquel *et al.*, 2021；杨磊等，2021；Cheerapha *et al.*, 2022）。

在上述天敌资源中，针对芒果蓟马已筛选出若干具有良好控害潜力的种类。室内功能反应表明西沙大眼长蝽、东亚小花蝽、海岛小花蝽、巴氏新小绥螨及胡瓜钝绥螨等对芒果蓟马具有良好的控害效能，西沙大眼长蝽、东亚小花蝽、海岛小花蝽成虫对茶黄蓟马成虫的日均捕食量最高分别达 50.6、23.8 及 30.6 头；巴氏新小绥螨及胡瓜钝绥螨雌成螨对茶黄蓟马 2 龄若虫的日均捕食量最高分别达 10.09 及 122.35 头（郑丽旧等，2019；Marwa *et al.*, 2020；周炀等，2020；李金磊，2023；甘扬子等，2024）。田间试验表明，嫩梢期，在有机芒果园采取 1 500 头/树、普通果园 4 500 头/树的密度释放巴氏新小绥螨，21 d 最高达到 71.38%的防效（周炀等，2020），在芒果初抽嫩梢期，田间虫口密度较低时按 10 个/667 m^2 放置小花蝽释放器释放小花蝽 300-500 头，30 d 可达到 65%以上的防效。通过捕食性蝽类或捕食螨防治蓟马的技术在国内外已经比较成熟，如大眼长蝽 *O. laevigatus* 等已经被商品化应用于欧洲多国，如巴氏新小绥螨、胡瓜钝绥螨及斯氏钝绥满等在国内已商品化。然而，当前在芒果园应用天敌还存在多重挑战。首先，芒果嫩叶期、花期为病虫高发期，多种病虫往往同时发生，同一时期天敌释放与其它靶标对象的化学防治存在矛盾；其次，复杂的果园环境使得天敌定殖率不稳定。此外，种植户对生物防治的接受度有限，对成本投入的考量也构成了现实障碍。以东亚小花蝽、胡瓜钝绥螨为例，这两种天敌虽已被证实对芒果蓟马有效，并具备商品化基础，是目前最具推广应用潜力的天敌，但受上述因素制约，仍难以实现大规模应用。

3.6 化学防治

化学防治仍然是当前芒果蓟马防治的主要手段，在芒果蓟马虫口数量较多的情况下，可在短期内有效控制其种群数量。防治芒果蓟马的农药主要有新烟碱类农药（如烯啶虫胺、啶虫脒、吡虫啉和噻虫嗪等）、生物源农药（如甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素、阿维菌素等）、砜亚胺类（氟啶虫胺腈）等（魏书艳等，2012；韩云等，2015b；韩冬银等，2017a；杨密等，2017）。韩冬银等（2017a）对比了 9 种药剂对茶黄蓟马的室内毒力，1.5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对茶黄蓟马 2 龄若虫和成虫的 LC_{50} 最低，分别为 0.90 和 0.91 mg/L；其次为 6%乙基多杀菌素，分别为 0.91 和 0.92 mg/L。樊宗芳等（2021）比较了 5 种常用杀虫剂对花蓟马和西花蓟马的室内生物

活性，结果发现毒力大小依次为：乙基多杀菌素>甲氨基阿维菌素苯甲酸盐>阿维菌素>吡虫啉>噻虫嗪。张暄翊等（2022）对比了 11 种常用杀虫剂，结果发现 60 g/L 乙基多杀菌素对花蓟马的成虫毒性最强。田间试验表明：10%啶虫脒、6%乙基多杀菌素、1.5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐等药剂对芒果蓟马复合种具有良好的速效性（韩冬银等，2017a）；20%烯啶虫胺对茶黄蓟马和花蓟马的防效均较为突出，持效期较长（魏书艳等，2012）；复配药剂 10%氟啶·溴虫悬浮剂 2 000 倍药后 1 d 对芒果蓟马的防效达 90.49%，药后 7 d 持效性较好，防效达 80.03%（赵帅等，2022）。由于蓟马生活史短，繁殖快，隐蔽性较强，在进行化学防控时，施药方法直接影响了其防控效果，因此，可优先选用无人机（刘泽凡等，2023；杨行洲和乐秀虎，2024）、弥雾机等高效施药器械，降低农药使用量，提升作业安全性和效率。此外，在生产中应交替使用不同作用机理的药剂，防止长期使用单一药剂导致蓟马产生抗药性。

3.7　防控体系构建

贯彻“预防为主、综合防治”的植保方针，以芒果园生态系统为整体，综合考虑影响虫害发生的各种因素，建立监测预警机制，以监测结果为依据，适时结合果园修剪及时剪除植株上严重受害或干枯的枝叶、花穗和果实，清除果园地面的落叶、落花、落枝和落果等残体，集中烧毁或深埋，修剪或冬季清园后及时使用药剂进行果园消毒，间套种诱集或驱避植物等农业防治为基础，构建生态平衡，从根本上降低芒果蓟马的种群密度；协调应用保护田间天敌种群、释放捕食螨或小花蝽等生物防治，色板、信息素诱杀及套袋等理化诱控防治，以及及时选用绿色、高效药剂的化学防治等措施对害虫进行综合防控。同时，应充分考虑早熟、中熟、晚熟不同产区的虫情特点，组建区域性的防治技术体系（图 1）。

4　小结与展望

在芒果蓟马的研究中，当前存在诸多问题和挑战。蓟马体型微小且隐蔽性强，其繁殖速度快，暴发周期短，这导致防治工作极为困难。其次，由于长期大量使用化学农药，蓟马已对多种常规农药产生了抗药性，使得防治效果大打折扣。此外，不同地区的气候、土壤、寄主物候等因素也对蓟马的防治提出了更高要求。因此，未来研究的方向和重点应放在以下几个方面：

加强监测：当前主要以田间调查及色板诱集进行监测，当嫩叶或花穗上蓟马虫量达到当前物候阶段相应指标，进行生物或化学防治（韩冬银等，2025a）。为进一步提升虫情预测精度，通过建立远程监测或专业的监测站点、充分应用物联网、结合寄主物候和图像识别、气候和大数据分析等模式，提升虫情预测精度，实时跟踪芒果蓟马的动态变化，确保在蓟马发生初期便能迅速发现并预警，并以此为依托实施精准防控。

成灾机制：深入探究芒果蓟马的生物学特性、发生规律及成灾的关键影响因子，通过分子追踪和标记等手段解析蓟马在不同芒果园间甚至不同寄主间的大尺度转移暴发机制，为其精准防治提供理论依据。

生态调控：加大蜜源植物、诱集植物、指示植物及驱避植物等功能植物的挖掘和应用，包括植物信息化合物的应用技术研究，统筹利用功能植物以维持和增强天敌发挥控害效能，降低蓟马等害虫对芒果的为害，探索以功能植物协作调控害虫与天敌平衡的微生态调控技术。

生物防治：蓟马的天敌种类多、范围广，包括小花蝽、捕食性蓟马、草蛉、寄生蜂、捕食螨、线虫和微生物等，当前芒果蓟马天敌的研究多以室内为主，田间应用尚少，加强天敌和病原微生物的应用及植物-微生物协同防控技术研究与应用。

精准用药：化学防治作为种群暴发后的应急手段必不可少。为应对长期大量使用化学农药，蓟马已对多种常规农药产生抗药性的问题，应结合监测结果，适时选用高效、低毒的药剂，并积极开发新型高效、低毒的药剂，特别是适用于无人机等高效施药器械的配套药剂及应用技术。

综上所述，既要强化监测预警，又要研发、推广绿色防控技术和产品，特别是农业、物理、



图 1　芒果生产周期蓟马防控关键期及相应的技术措施

Fig. 1　Critical thrips management periods and techniques in mango production

据当地实际情况与监测结果，灵活调整防控措施与用药方案。

Adjust control measures and pesticide use protocols according to local conditions and monitoring results.

生物及化学等多措施协同应用技术，形成综合防控技术体系，以便高效应对芒果蓟马的威胁，保障芒果产业的健康发展。

参考文献 (References)

Affandi A, Medina CDR, 2013. Age structure and sex ratio of thrips *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) associate with mango agroecosystem in East Java, Indonesia. *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 35(3): 227–236.

Aliakbarpour H, Rawi CSM, 2011. Evaluation of yellow sticky traps for monitoring the population of thrips in a mango orchard. *Environmental Entomology*, 40(4): 873–879.

Aliakbarpour H, Rawi CSM, 2010. Diurnal activity of four species of thrips and efficiencies of three nondestructive sampling techniques for thrips in mango inflorescences. *Journal of Economic Entomology*, 103(3): 631–640.

Aliakbarpour H, Rawi CSM, 2012. Seasonal abundance of *Thrips hawaiiensis* (Morgan) and *Scirtothrips dorsalis* (Hood) (Thysanoptera: Thripidae) in mango orchards in Malaysia. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 35(3): 631–640.

Arthurs S, McKenzie CL, Chen J, Dogramaci M, Osborne L, 2009. Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agents of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper. *Biological Control*, 49(1): 91–96.

Broughton S, Cousins DA, Rahman T, 2015. Evaluation of semiochemicals for their potential application in mass trapping of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in roses. *Crop Protection*, 67: 130–135.

Broughton S, Harrison J, 2012. Evaluation of monitoring methods for thrips and the effect of trap colour and semiochemicals on sticky trap capture of thrips (Thysanoptera) and beneficial insects (Syrphidae, Hemerobiidae) in deciduous fruit trees in Western Australia. *Crop Protection*, 42: 156–163.

Cai XM, Li ZQ, Pan HS, Lu YH, 2018. Research and application of food-based attractants of herbivorous insect pests. *Chinese Journal of Biological Control*, 34(1): 8–35. [蔡晓明, 李兆群, 潘洪生, 陆宴辉, 2018. 植食性害虫食诱剂的研究与应用. 中国生物防治学报, 34(1): 8–35.]

Chao J, Li L, Fu YG, Zhu EL, 2021. Effects of planting carpet grass on arthropod community structure and diversity in mango orchard. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 42(1): 275–282. [晁骏, 李磊, 符悦冠, 朱恩林, 2021. 芒果园种植大叶油草对果园节肢动物群落结构及多样性的影响. 热带作物学报, 42(1): 275–282.]

Cheerapha P, Sumalee S, Sukitaya V, Rungtiwa C, Tanapong B, Vanicha V, 2022. Control efficacy of entomopathogenic fungus *Purpureocillium lilacinum* against chili thrips (*Scirtothrips dorsalis*) on chili plant. *Insects*, 13(8): 100.

Chen JY, Gao YL, Han DY, Lei L, Zhang FP, Niu LM, Fu YG, 2018. Species composition and distribution of thrips (Thysanoptera) in mango orchards of China. *Animal Biology*, 68(2): 175–192.

Chen JY, Niu LM, Li L, Han DY, Zhang FP, Fu YG, 2017. Field trapping effect of different colors sticky cards to *Frankliniella intonsa*. *Journal of Environmental Entomology*, 39(5): 1169–1176. [陈俊谕, 牛黎明, 李磊, 韩冬银, 张方平, 符悦冠, 2017. 不同颜色粘虫板对花蓟马的田间诱集效果. 环境昆虫学报, 39(5): 1169–1176.]

Chen YS, Huang GD, Qin C, Li RW, Zhou J, Chen HJ, Mo YL, Lan W, 2013. Occurrence dynamic of *Scirtothrips dorsalis* Hood and its monitoring methods in mango orchard. *Journal of Southern Agriculture*, 44(10): 1646–1652. [陈永森, 黄国弟, 覃婵, 李日旺, 周俊, 陈豪军, 莫永龙, 蓝唯, 2013. 芒果茶黄蓟马（*Scirtothrips dorsalis* Hood）田间发生动态及监测方法研究. 南方农业学报, 44(10): 1646–1652.]

Chen YY, Dang ZG, Lin D, Hu MJ, Huang JF, Zhu M, Zhang H, Han DY, Gao AP, Gao ZY, Huang YY, 2020. Mango scientific research in China in the past 70 years. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 41(10): 2034–2044. [陈业渊, 党志国, 林电, 胡美姣, 黄建峰, 朱敏, 张贺, 韩冬银, 高爱平, 高兆银, 黄媛媛, 2020. 中国芒果科学研究 70 年. 热带作物学报, 41(10): 2034–2044.]

Chen ZT, 2004. Description of thrips species on mango trees in my country. *Plant Protection*, 30(4): 88–89. [陈泽坦, 2004. 我国芒果树蓟马种类记述. 植物保护, 30(4): 88–89.]

Ding CX, 2011. Occurrence of thrips in mango orchard and studies of the biological and chemical control of *Frankliniella intonsa*. Master dissertation. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [丁春霞, 2011. 芒果蓟马的发生情况以及花蓟马的生物化学防控技术研究. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学.]

Ding CX, Shi MZ, Li JY, Yang HL, Zheng LZ, Fu JW, You MS, 2019. Population dynamics of thrips infesting variety of mango cultivars. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 34(8): 947–951. [丁春霞, 史梦竹, 李建宇, 杨红利, 郑丽祯, 傅建炜, 尤民生, 2019. 蓟马类害虫在不同品种芒果上的种群动态及寄主选择性. 福建农业学报, 34(8): 947–951.]

Doğramaci M, Arthurs SP, Chen JJ, McKenzie C, Irrizary F, Osborne L, 2011. Management of chilli thrips *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on peppers by *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera:

Anthocoridae). *Biological Control*, 59(3): 340–347.

Fan ZF, Song JL, Gui FR, He SQ, 2021. Effect of five insecticides on toxicity and physiological enzyme activities of *Frankliniella occidentalis* and *F. intonsa*. *Journal of Biosafety*, 30(3): 206–212. [樊宗芳, 宋洁蕾, 桂富荣, 和淑琪, 2021. 5种杀虫剂对西花蓟马和花蓟马的毒力及其生理酶活性的影响. 生物安全学报, 30(3): 206–212.]

Gai HT, Zhi JR, Sun M, 2011. Effects of temperature on the survival and fecundity of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Phytophylacica Sinica*, 38(6): 521–526. [盖海涛, 郅军锐, 孙猛, 2011. 温度对西花蓟马、花蓟马存活和繁殖的影响. 植物保护学报, 38(6): 521–526.]

Gan YZ, Fu YG, Han DY, Wang JY, Liang CS, Sun RF, Li L, 2024. Observations of morphological and biological characteristics of *Geocoris xishaensis* (Hemiptera: Geocoridae). *Acta Entomologica Sinica*, 67(5): 674–682. [甘杨子, 符悦冠, 韩冬银, 王建赟, 梁昌寿, 孙然锋, 李磊, 2024. 西沙大眼长蝽形态和生物学特性观察. 昆虫学报, 67(5): 674–682.]

Grové T, Giliomee JH, Pringle KL, 2003. The relationship between citrus thrips, *Scirtothrips aurantii* (Thysanoptera: Thripidae), abundance and fruit size in mango orchards. *Journal of Changchun Normal University*, 11(1): 39–48.

Grové T, Giliomee JH, Pringle KL, 2020. Treatment levels for citrus thrips, *Scirtothrips aurantii* (Thysanoptera: Thripidae), in mango orchards. *African Plant Protection*, 6(1): 17–20.

Han DY, Li L, Chen JY, Niu LM, Zhang FP, Xing CM, Fu YG, 2019. Effect of climatic factors on the quantitative dynamics of mango thrips. *Journal of Environmental Entomology*, 41(3): 553–558. [韩冬银, 李磊, 陈俊谕, 牛黎明, 张方平, 邢楚明, 符悦冠, 2019. 气象因素对芒果蓟马种群数量动态的影响. 环境昆虫学报, 41(3): 553–558.]

Han DY, Li L, Chen JY, Xing CM, Zhang FP, Niu LM, Fu YG, 2017a. Toxicity and control effect of nine insecticides on thrip compound of mango. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 33(16): 141–145. [韩冬银, 李磊, 陈俊谕, 邢楚明, 张方平, 牛黎明, 符悦冠, 2017a. 9种杀虫剂对芒果蓟马的毒力测定及田间防效. 中国农学通报, 33(16): 141–145.]

Han DY, Li L, Niu LM, Zhang FP, Chen JY, Ye ZP, Wang JY, Fu YG, 2023a. Changes of community structure of thrips during mango fruiting period. *Journal of Environmental Entomology*, 45(6): 1570–1578. [韩冬银, 李磊, 牛黎明, 张方平, 陈俊谕, 叶政培, 王建赟, 符悦冠, 2023a. 芒果花果期蓟马群落结构变化. 环境昆虫学报, 45(6): 1570–1578.]

Han DY, Li L, Fu YG, Zhao J, Wang JY, Zhang FP, Qiu HY, Chen JY, 2025a. DB 46/T 699-2025. Technical code of practice for environmental friendly control of mango thrips. Haikou: Hainan Provincial Administration for Market Regulation. [韩冬银, 李磊, 符悦冠, 赵菁, 王建赟, 张方平, 邱海燕, 陈俊谕, 2025a. DB 46/T 699-2025. 芒果蓟马绿色防控技术规程. 海口: 海南省市场监督管理局.]

Han DY, Xing CM, Fu YG, Zhang FP, Li L, Niu LM, Chen JY, 2018. A thrips attractant using benzyl alcohol and phenethyl alcohol as active ingredients and its application. China, ZL201810885544.9. 2021-02-09. [韩冬银, 邢楚明, 符悦冠, 张方平, 李磊, 牛黎明, 陈俊谕, 2018. 一种以苯甲醇和苯乙醇为活性成分的蓟马引诱剂及其应用. 中国专利. ZL201810885544.9. 2021-02-09.]

Han DY, Xing CM, Li L, Niu LM, Chen JY, Zhang FP, Fu YG, 2017b. Effects of thrips migration between hosts on their population growth in the flowering and fruiting stages of mango. *Acta Entomologica Sinica*, 60(6): 723–730. [韩冬银, 邢楚明, 李磊, 牛黎明, 陈俊谕, 张方平, 符悦冠, 2017b. 芒果花果期蓟马寄主植物间迁移对其种群数量增长的影响. 昆虫学报, 60(6): 723–730.]

Han DY, Xing CM, Li L, Zhang FP, Chen JY, Wang JY, Fu YG, 2023b. Effects of short-term low temperature on development and reproduction of *Scirtothrips dorsalis* Hood. *Journal of Environmental Entomology*, 45(3): 667–672. [韩冬银, 邢楚明, 李磊, 张方平, 陈俊谕, 王建赟, 符悦冠, 2023b. 短时低温对茶黄蓟马发育与繁殖的影响. 环境昆虫学报, 45(3): 667–672.]

Han DY, Xing CM, Li L, Zhang FP, Niu LM, Chen JY, Fu YG, 2015. Population activities and occurrence dynamics of thrips in mango orchard. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 36(7): 1297–1301. [韩冬银, 邢楚明, 李磊, 张方平, 牛黎明, 陈俊谕, 符悦冠, 2015. 海南芒果蓟马种群的活动及消长规律. 热带作物学报, 36(7): 1297–1301.]

Han DY, Xing CM, Zhu WJ, Li L, Fu YG, Zhang FP, Chen JY, 2022. A repellent for yellow tea thrips. China, ZL202111152153.4. 2022-09-23. [韩冬银, 邢楚明, 朱文静, 李磊, 符悦冠, 张方平, 陈俊谕, 2022. 一种茶黄蓟马驱避剂. 中国专利, ZL202111152153.4. 2022-09-23.]

Han DY, Xing CM, Zhu WJ, Li L, Fu YG, Zhang FP, Chen JY, 2023c. Application of 3-Carene, α-phellandrene, citronella essential oil, or garlic essential oil against *Scirtothrips dorsalis*. China, ZL202211061025.3. 2023-08-08. [韩冬银, 邢楚明, 朱文静, 李磊, 符悦冠, 张方平, 陈俊谕, 2023c. 3-蒈烯、α-水芹烯、香茅精油或大蒜精油在驱避茶黄蓟马方面的应用. 中国专利, ZL202211061025.3. 2023-08-08.]

Han DY, Ye ZP, Fu YG, Zhang FP, Zhan CL, Li L, 2025c . Effect of pupation environment on pupal development and eclosion of chilli thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Environmental Entomology*,

54(1): 223–230.

Han DY, Zhao J, Qiu HY, Zhang FP, Fu YG, Li L, 2025b. Current status of occurrence, evolution, and control of mango insect pests in China. *Plant Protection*, 51(5): 390–410. [韩冬银, 赵菁, 邱海燕, 张方平, 符悦冠, 李磊, 2025b. 我国芒果害虫发生、发展及防控现状. 植物保护, 51(5): 390–410.]

Han Y, Liu K, Wu JH, Tang LD, 2015a. The behavioral response of *Frankliniella intonsa* (Trybom) to eleven different chemicals. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 36(9): 1646–1649. [韩云, 刘奎, 吴建辉, 唐良德, 2015a. 花蓟马对 11 种挥发性化合物的室内趋性. 热带作物学报, 36(9): 1646–1649.]

Han Y, Tang LD, Wu JH, 2015b. Researches advances on integrated pest management of thrips (Thysanoptera). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 31(22): 163–174. [韩云, 唐良德, 吴建辉, 2015b. 蓟马类害虫综合治理研究进展. 中国农学通报, 31(22): 163–174.]

Hossain BMM, Taek L, 2020. Relative susceptibility to pesticides and environmental conditions of *Frankliniella intonsa* and *F. occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), an underlying reason for their asymmetrical occurrence. *PLoS ONE*, 15(8): e0237876.

Huang H, Niu LM, Han DY, Zhang FP, Fu YG, 2010. Investigations on mango thrips in Hainan Island. *Ecological Science*, 29(4): 385–389. [黄华, 牛黎明, 韩冬银, 张方平, 符悦冠, 2010. 海南岛芒果蓟马种类调查研究. 生态科学, 29(4): 385–389.]

Kumar V, Kakkar G, Mckenzie LC, Seal DR, Osborne LS, 2013. An overview of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) biology, distribution and management. Apopka: Weed and Pest Control-Conventional and New Challenges. 53–57.

Ke SB, Zhou XZ, Bi SD, Zou YD, Xu JF, Yu K, Dang FH, Zhao XJ, 2011. Relationships of *Scirtothrips dorsalis* and the predatory natural enemies in tea garden of the Dabie Mountain Area. *Journal of South China Agricultural University*, 32(4): 40–46. [柯胜兵, 周夏芝, 毕守东, 邹运鼎, 徐劲峰, 禹坤, 党凤花, 赵学娟, 2011. 大别山区茶园茶黄蓟马与捕食性天敌的关系. 华南农业大学学报, 32(4): 40–46.]

Lao YD, Wei WT, 2003. The harm and prevention of mango thrips. *Guangxi Tropical Agriculture*, 16(1): 16–17. [劳有德, 韦文添, 2003. 芒果蓟马的为害与防治. 广西热带农业, 16(1): 16–17.]

Li JL, 2023. Food source tracking of *Scirtothrips dorsalis* in mango orchard and the evaluation for pest control efficiency of *Orius maxidentex*. Master dissertation. Haikou: Hainan University. [李金磊, 2023. 芒果园茶黄蓟马食源追踪及海岛小花蝽对其控害效能评价. 硕士学位论文. 海口: 海南大学.]

Li L, Wang JY, Fu YG, Han DY, Zhang FP, Cheng JY, Ye ZP, 2022. An artificial rearing method for a predatory bug natural enemy, *Geocoris xishaensis*. China, ZL202110741602.2. 2022-06-24. [李磊, 王建赟, 符悦冠, 韩冬银, 张方平, 陈俊谕, 叶政培, 2022. 一种捕食性蝽类天敌西沙大眼长蝽人工饲养方法. 中国专利, ZL202110741602.2. 2022-06-24.]

Li SK, Wu MY, Lin JX, Li QS, Fu ZS, Lin MZ, Kong XY, Zhang YJ, Xie W, 2022. Predatory function of *Geocoris ochropterus* and *Geocoris xishaensis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 59(2): 318–325. [李少卡, 吴明月, 林俊旭, 李启珊, 符振实, 林明智, 孔祥义, 张友军, 谢文, 2022. 南亚大眼长蝽和西沙大眼长蝽的捕食功能研究. 应用昆虫学报, 59(2): 318–325.]

Li XW, Cheng JH, Han HB, Lu YB, 2022. Behavioral manipulation of the plant secondary metabolites to thrips and their application in thrips management. *Acta Entomologica Sinica*, 65(9): 1222–1246. [李晓维, 程江辉, 韩海斌, 吕要斌, 2022. 植物次生代谢物质对蓟马的行为调控作用及其在蓟马防控中的应用. 昆虫学报, 65(9): 1222–1246.]

Lin CH, 2004. Damage characteristics and prevention strategies of mango thrips in Sanya. *South China Fruits*, 33(1): 26–28. [林长河, 2004. 三亚芒果蓟马的为害特点及防治策略. 中国南方果树, 33(1): 26–28.]

Lin T, Guo YQ, Chen XY, Yang FH, Yang G, Wei H, 2024. Attractiveness and attracting efficiency of three plant volatile compounds on *Thrips hawaiiensis* (Thysanoptera: Thripidae) and *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae). *Acta Entomologica Sinica*, 67(8): 1096–1105. [林涛, 郭雅清, 陈晓瑜, 杨风花, 杨广, 魏辉, 2024. 三种植物挥发性化合物对黄胸蓟马和南方小花蝽的吸引作用及诱集效率. 昆虫学报, 67(8): 1096–1105.]

Liu S, Liu Z, Wang SY, Zhang QK, Lei ZR, Wang HH, 2023. Combined use of *Beauveria bassiana* and food lure for control of the western flower thrip. *Chinese Journal of Biological Control*, 39(2): 297–304. [刘胜, 刘召, 王帅宇, 张起恺, 雷仲仁, 王海鸿, 2023. 球孢白僵菌与食诱剂对西花蓟马的联合作用. 中国生物防治学报, 39(2): 297–304.]

Liu ZF, Xie DA, Han JB, Xie YF, Ma L, Gao SY, Peng RQ, Zhao YT, Fu XZ, Cheng WG, Feng YH, Zhang Y, Zhang HP, Huang Y, Dai LJ, Wang LF, 2023. The control effect of UAV low volume spray technology on thrips and TSWV. *Agrochemicals*, 62(2): 146–150. [刘泽凡, 谢德安, 韩家宝, 谢宴芬, 马力, 高斯源, 彭瑞琦, 赵宇婷, 伏祥泽, 程文刚, 冯永洪, 张雁, 张华萍, 黄英, 代磊杰, 王岚锋, 2023. 无人机低容量喷雾技术对蓟马及番茄斑萎病毒的防治效果. 农药, 62(2): 146–150.]

Long YQ, Wang WD, Chen YF, Xie DH, Zhang FM, Wang MC, Zhang CX, Hu FG, Ni ZG, 2012. Study on biological habits and control of *Scirtothrips dorsalis* Hood on mangoes. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(12): 2623–2626, 2647.

Lu H, Xu XL, Lu FP, Chen Q, Chen J, 2011a. Effects of temperature on development and reproduction of *Thrips hawaiiensis* (Morgan). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27(21): 296–300. [卢辉, 徐雪莲, 卢芙萍, 陈青, 陈俊, 2011a. 温度对黄胸蓟马生长发

育的影响. 中国农学通报, 27(21): 296–300.]

Lu H, Zhong YH, Liu K, Liang XW, Peng S, 2011b. The taxis of the banana flower thrips *Thrips hawaiiensis* to different colors and field trapping effect of sticky cards. *Plant Protection*, 37(2): 145–147. [卢辉, 钟义海, 刘奎, 梁晓维, 彭帅, 2011b. 香蕉花蓟马对不同颜色的趋性及田间诱集效果研究. 植物保护, 37(2): 145–147.]

Luis AAU, Mario AMS, Mario Alfonso Urías L, Fermín Orona C, Martin TC, 2013. Thrips species (Thysanoptera) in mango, fluctuation and abundance. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1): 9–12.

Luo YM, Pang ZQ, Jin QA, 1996. An investigation on mango pest insects in Hainan Island. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 17(2): 52–62. [罗永明, 彭正强, 金启安, 1996. 海南芒果树害虫种类与分布. 热带作物学报, 17(2): 52–62.]

Marwa AES, Fu YG, Niu LM, 2018. Biological aspects of the *Orius similis* Zheng reared on two preys at three constant temperatures. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 8(6): 350–363.

Marwa AES, Fu YG, Niu LM, Han DY, 2020. Functional response of the predatory bug *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae) to chilli thrips *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) infested mango trees in Hainan Province, China. *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute*, 3(1): 365–376.

Masui S, 2007a. Timing and distance of dispersal by flight of adult yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 51(2): 137–140.

Masui S, 2007b. Synchronism of immigration of adult yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) to citrus orchards with reference to their occurrence on surrounding host plants. *Applied Entomology and Zoology*, 42(4): 517–523.

Pan RD, Li PZ, Han DY, Fu YG, Zhan CL, Li L, 2023. Effect of soil type and water content on pupa development and eclosion of *Frankliniella intonsa*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 39(30): 138–143. [潘润东, 李培征, 韩冬银, 符悦冠, 詹灿烂, 李磊, 2023. 土壤类型及含水量对花蓟马蛹期发育及羽化的影响. 中国农学通报, 39(30): 138–143.]

Pan XL, Li JY, Zhang J, 1987. The pest status of mango on Hainan Island. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 8(2): 115–122. [潘贤丽, 李继勇, 张钧, 1987. 海南岛芒果害虫相. 热带作物学报, 8(2): 115–122.]

Pu JJ, Han DY, 2014. Mango pests and diseases and their control. Beijing: China Agricultural Press. 106–108. [蒲金基, 韩冬银, 2014. 芒果病虫害及其防治. 北京: 中国农业出版社. 106–108.]

Raquel C, Ignacio VD, Magda G, Maryam C, Maria GTM, Miguel P, David L, Alicia P, Javier C, Eduardo BJ, 2021. Intraspecific virulence of entomopathogenic nematodes against the pests *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) and *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Nematology*, 53(1): 100–105.

Rocha FH, Infante F, Quilantán J, Goldarazena A, Funderburk JE, 2012. 'Ataulfo' mango flowers contain a diversity of thrips (Thysanoptera). *Florida Entomologist*, 95(1): 171–178.

Schoeller EN, McKenzie CL, Osborne LS, 2022. Chilli thrips rose management using an *Amblyseius swirskii* or *Amblydromalus limonicus* (Acari: Phytoseiidae) pepper banker plant. *Journal of Applied Entomology*, 146(10): 1281–1292.

Situ YX, 1988. The present status of mango production in South Yunnan and a checklist of pests. *Journal of Southwest Forestry*, 8(2): 172–183. [司徒英贤, 1988. 滇南芒果生产现状及害虫名录. 西南林学院学报, 8(2): 172–183.]

Tucuch-Cauich M, Miranda-Salcedo M, Orona-Castro F, Cerna-Chávez E, Mariano Flores-Dávila, Aguirre-Ribe L, 2012. Thrips (Thysanoptera) species and their fluctuation in abundance in mango at Campeche, Mexico. *Southwestern Entomologists*, 37(2): 171–175.

Wang C, Zhu WJ, Fu YG, Xie ZF, Han DY, Zhang FP, Niu LM, 2015. Screening of preferred color and field evaluation for monitoring *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Environmental Entomology*, 37(1): 107–115. [王琛, 朱文静, 符悦冠, 解志峰, 韩冬银, 张方平, 牛黎明, 2015. 茶黄蓟马嗜好颜色筛选及监测效果测定. 环境昆虫学报, 37(1): 107–115.]

Wang JY, Liu YY, Han SN, Ye ZP, Chen JY, 2022. Discovery and bionomic notes of *Orius maxidentex* Ghauri (Hemiptera: Anthocoridae) from Hainan, China. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 43(9): 1899–1906. [王建赟, 刘印怡, 韩姗妮, 叶政培, 陈俊谕, 2022. 中国海南海岛小花蝽 (*Orius maxidentex* Ghauri) 的发现及生物学记述. 热带作物学报, 43(9): 1899–1906.]

Wei SY, Lu DL, Qu YX, Zhang QW, 2012. Efficacy trials of five pesticides against thrips from mango and cowpea. *Journal of Environmental Entomology*, 34(4): 519–524. [魏书艳, 陆德玲, 曲耀训, 张庆文, 2012. 五种药剂对芒果及豆角田蓟马的防效试验. 环境昆虫学报, 34(4): 519–524.]

Wu Y, 2025. Behavioral regulation of *Frankliniella intonsa* by aromatic plant volatiles. Master dissertation. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [武怡, 2025. 芳香植物挥发物对花蓟马行为调控的研究. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学.]

Xia HJ, Li JY, Shi MZ, Wang QY, Zheng LZ, Fu JW, You MS, 2019. Field trapping effect of different colors sticky cards to thrips in mango orchard. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 34(7): 818–823. [夏红军, 李建宇, 史梦竹, 王秋月, 郑丽祯, 傅建炜, 尤民生, 2019. 不同颜色诱虫板对芒果园蓟马的田间

诱集效果. 福建农业学报, 34(7): 818–823.]

Xie ZL, 1987. Scientific note on the biology of chilli thrips (*Scirtothrips dorsalis* Hood). *Journal of Plant Protection*, 14(1): 7–8, 27. [谢振伦, 1987. 茶黄蓟马的生物学特性研究简报. 植物保护学报, 14(1): 7–8, 27.]

Xing CM, Han DY, Li L, Niu LM, Chen JY, Zhang FP, Fu YG, 2017. Spatio-temporal dynamics of thrips in mango orchard. *Journal of Environmental Entomology*, 39(6): 1258–1265. [邢楚明, 韩冬银, 李磊, 牛黎明, 陈俊谕, 张方平, 符悦冠, 2017. 蓟马在芒果园田间的时空动态. 环境昆虫学报, 39(6): 1258–1265.]

Yang KQ, 2025. Research on the transfer behavior and patterns of *Frankliniella intonsa* (Trybom) in mango Orchards. Master dissertation. Haikou: Hainan University. [杨可卿, 2025. 芒果园花蓟马转移行为及规律研究. 硕士学位论文. 海口: 海南大学.]

Yang L, Shao Y, Li F, Chen DX, Li FY, Wu SY, 2021. Advances on biological control of thrips pests. *Chinese Journal of Biological Control*, 37(3): 393–405. [杨磊, 邵雨, 李芬, 陈德鑫, 李方友, 吴少英, 2021. 缨翅目害虫蓟马生物防治的研究进展. 中国生物防治学报, 37(3): 393–405.]

Yang M, Han HF, Liu XF, Wang YL, 2017. 5% Agri-vitro microemulsion to prevent and treat mango thrips. *Hubei Plant Protection*, 2017(5): 13–14. [杨密, 韩虎峰, 刘新峰, 王耀垒, 2017. 5%甲维盐微乳剂防治芒果蓟马的效果试验. 湖北植保, 2017(5): 13–14.]

Yang XZ, Le XH, 2024. Adaptability and optimization strategy for spray application of UAV in different crops. *China Agricultural Machinery Equipment*, 2024(12): 77–79. [杨行洲, 乐秀虎, 2024. 植保无人机喷洒技术在不同作物中的适应性与优化策略. 中国农机装备, 2024(12): 77–79.]

Yang YS, 2000. Harm characteristics and the control of thrips in *Mangifera indica* in Yuanjiang. *Yunnan Forestry Science and Technology*, 29(3): 57–59. [杨永生, 2000. 元江芒果蓟马的危害特性及其防治. 云南林业科技, 29(3): 57–59.]

Ye QM, Han DY, Qiu HY, Fu YG, Zhao J, Liang CS, Li PZ, Li L, 2026. Olfactory behavioral responses of *Frankliniella intonsa* (Trybom) to mango flower volatiles. *Journal of Environmental Entomology*, https://link.cnki.net/urlid/44.1640.Q.20260205.1539.002. [叶乾民, 韩冬银,邱海燕, 符悦冠, 赵菁, 梁昌寿, 李培征, 李磊, 2026. 花蓟马对芒果花挥发物的嗅觉行为反应. 环境昆虫学报, https://link.cnki.net/urlid/44.1640.Q.20260205.1539.002.]

Yuan XH, Fu YG, Li L, Niu LM, Zhang FP, Chen JY, Han DY, 2020. The transfer of thrips under conditions where mango leave, flowers and fruits serve as food and taste sources for each other. *South China Fruits*, 49(3): 47–49. [袁小昆, 符悦冠, 李磊, 牛黎明, 张方平, 陈俊谕, 韩冬银, 2020. 茶黄蓟马在芒果叶、花及果互为食物及味源条件下的转移. 中国南方果树, 49(3): 47–49.]

Zhang WJ, Zeng CH, Wu J, 2008. Panzhihua mango thrips occurrence and prevention and control. *Sichuan Agricultural Science and Technology*, 2008(6): 49. [张万金, 曾朝华, 吴静, 2008. 攀枝花芒果蓟马发生与防治. 四川农业科技, 2008(6): 49.]

Zhang XY, Guo JR, Zhang YL, Sun JW, Hong B, Jia YX, 2022. Synergistic effect and field efficacy of insecticide combinations on *Frankliniella intonsa*. *Agrochemicals*, 61(7): 537–541. [张暄翊, 郭佳茹, 张愉力, 孙建伟, 洪波, 贾彦霞, 2022. 药剂复配对花蓟马的增效作用及田间防效. 农药, 61(7): 537–541.]

Zhang ZR, Gao Y, Huang JF, Zhu M, Xiao LY, Xiang DD, 2020. Evaluation on the resistance of different mango varieties to thrips. *Journal of Southern Agriculture*, 51(7): 1591–1597. [张中润, 高燕, 黄建峰, 朱敏, 肖丽燕, 项丹丹, 2020. 不同芒果品种对蓟马的抗虫性评价. 南方农业学报, 51(7): 1591–1597.]

Zhao S, Yuan EL, Yu ZZ, Li XL, 2022. Indoor toxicity test and field efficacy test of sulfoxaflor + broflanilide 10% SC against mango thrips.*Pesticide Science and Administration*, 43(9): 61–66. [赵帅, 袁恩林, 玉珍珠, 李现玲, 王顺清, 2022. 10% 氟啶·溴虫悬浮剂防治芒果蓟马室内毒力测定及田间药效试验. 农药科学与管理, 43(9): 61–66.]

Zheng LJ, Chen JY, Wang KQ, Fu YG, Zhang CH, 2019. Study on life table of laboratory population of *Amblyseius cucumeris* Oudemans preying on *Scirtothrips dorsalis* Hood. *Guangdong Agricultural Sciences*, 46(6): 93–98. [郑丽旧, 陈俊谕, 王康权, 符悦冠, 章程辉, 2019. 胡瓜钝绥螨捕食茶黄蓟马实验种群生命表研究. 广东农业科学, 46(6): 93–98.]

Zhou Y, Chen JY, Cai DC, Fu YG, 2020. Functional response of *Neoseiulus barkeri* to *Scirtothrips dorsalis* Hood of mango. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 41(5): 1001–1006. [周炀, 陈俊谕, 蔡笃程, 符悦冠, 2020. 巴氏新小绥螨对芒果茶黄蓟马的功能反应研究. 热带作物学报, 41(5): 1001–1006.]

Zhu WJ, 2016. Studies on the mechanism of adaptation of *Scirtothrips dorsalis* (Hood) to mango. Doctoral dissertation. Haikou: Hainan University. [朱文静, 2016. 茶黄蓟马对芒果的适应性及机制的初步研究. 博士学位论文. 海口: 海南大学.]

Zhu XY, Zhang PJ, Lu YB, 2012. Isolation and identification of the aggregation pheromone released by male adults of *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(4): 376–385. [祝晓云, 张蓬军, 吕要斌, 2012. 花蓟马雄虫释放的聚集信息素的分离和鉴定. 昆虫学报, 55(4): 376–385.]