

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2024.05.002

## 捕食螨在橘园害螨绿色防控中的应用及展望

杨博惟, 谭皓月, 王冕, 何丹阳, 刘怀, 李亚迎

西南大学植物保护学院/长江上游农业生物安全与绿色生产教育部重点实验室, 重庆 400715

**摘要:** 柑橘害螨是危害柑橘的灾害性生物, 随着种植结构调整及气候变化, 害螨在我国柑橘各产区大面积暴发成灾, 严重影响柑橘产业安全。天敌捕食螨发育快、繁殖力高、捕食量大, 加之其低成本高效率的规模化繁育技术成熟, 成为柑橘害螨生物防治的主要应用产品。本文归纳了近40年来的80余篇中英文文献, 对橘园害螨和捕食螨的优势类群, 橘园捕食螨的保育利用、释放应用技术和联合控害措施等进行了综述, 并展望了捕食螨作为优势天敌在橘园害螨绿色防控中的发展方向, 为更好利用捕食螨在橘园控害提供理论参考。

**关键词:** 捕食螨; 柑橘害螨; 保育利用;

协同控害

中图分类号: S436.66

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2024)05-0008-10

## Application and Prospect of Predatory Mites in Green Control of Pest Mites in Citrus Orchards

YANG BOWEI, TAN HAORYUE, WANG MIAN,

HE DANYANG, LIU HUAI, LI YAYING

College of Plant Protection, Southwest University/Key Laboratory of Agricultural Biosafety and Green

Production of Upper Yangtze River (Ministry of Education), Chongqing 400715, China

**Abstract:** Citrus pest mites are disastrous pests to citrus plants. With the adjustments of planting structure and climate changes, outbreaks of citrus mites have occurred in large areas of citrus producing regions in China, seriously affecting the safety of citrus industry. Development of predatory mites is fast, with high reproductivity and high predatory capacity, along with its low-cost and high-efficiency of mass rearing, which has become the main biological control agents for citrus pest mites. This review summarized more than 80 Chinese and English litera-

收稿日期: 2024-07-29

基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFD1400600)。

作者简介: 杨博惟, 博士研究生, 主要从事有害生物的防治研究。

通信作者: 李亚迎, 博士, 副教授。

tures focused on citrus pest and predatory mites in the past 40 years, and reviewed the superiority species of citrus pest and predatory mites, the conservation and utilization of predatory mites in citrus orchards, releasing and application technologies of predatory mites, and integrated pest control measures. This review prospected the development direction of predatory mites application in green control of citrus pest mites, and provided theoretical basis for better utilization of predatory mites in citrus orchards.

**Key words:** predatory mites; citrus pest mites; conservation and utilization; integrated pest control

柑橘是世界第一大类水果,也是我国南方栽培面积最广、经济地位最重要的果树<sup>[1]</sup>.随着我国种植结构调整及全球气候变化,在全世界范围的柑橘害虫种类的发生也越来越多.我国柑橘害虫有 2 门 14 目 106 科 865 种,但大部分属于客居性或偶发性害虫,真正造成柑橘经济损失且需要重点防治的害虫有 15~20 种<sup>[2]</sup>.在实际生产中,由于化学农药的过量、不科学使用,导致一些害虫的抗药性不断提高,使得螨类、粉虱、蚧类、蓟马和蚜虫等小型吸汁型害虫逐渐成为危害柑橘生产的重要害虫<sup>[3]</sup>.其中,柑橘害螨在我国柑橘各产区大面积暴发成灾,严重制约柑橘产业的可持续健康发展.

捕食螨具有体型小、发育快、繁殖量大、捕食力强等特点,是商业化程度仅次于寄生蜂的天敌产品,在小型吸汁型害虫害螨的生物防治中具有重要作用.捕食螨低成本、高效率、规模化繁育技术的突破,使得其在多年生橘园生态系统中的淹没式释放成为可能,近年来在橘园害螨的生物防治中扮演着越来越重要的角色.本文归纳总结了 40 余年来的 80 篇中英文文献,重点介绍了我国橘园害螨和捕食螨的优势类群、橘园捕食螨的保育利用、关键释放技术和协同应用措施,并就今后橘园应用捕食螨存在的问题进行了讨论,展望了捕食螨作为在害螨绿色防控中的发展方向,为捕食螨在橘园控害中的应用提供了理论参考.

## 1 柑橘害螨优势种类与为害

据《中国果树病虫害》(第二版)记载,我国为害柑橘的主要螨类有:柑橘全爪螨(*Panonychus citri*)、柑橘始叶螨(*Eotetranychus kankitus*)、柑橘瘤瘿螨(*Aceria sheldoni*)、橘皱叶刺瘿螨(*Phyllocoptruta oleivora*)和侧多食跗线螨(*Polyhagotarsonemus latus*)<sup>[3-7]</sup>.我国多个地区柑橘害螨治理防控任务艰巨,其中四川、重庆、湖南、湖北、云南、浙江、江西等地受柑橘害螨为害严重<sup>[4]</sup>,导致柑橘园大量落叶,为害严重的橘树甚至出现整树无叶、秃顶、无果可收的情况.四川病害严重地区的果园防治柑橘全爪螨所用农药占柑橘全年农药使用量的近 2/3<sup>[8]</sup>;湖北地区橘园柑橘始叶螨为害面积达 1 430 hm<sup>2</sup>,直接经济损失上千万元<sup>[9]</sup>.

柑橘害螨具有繁殖力强、代数多、隐蔽性高、抗药性强等特点.有研究表明,在 25 °C 的恒温培养情况下,柑橘全爪螨和柑橘始叶螨的一个世代平均为 18 d 和 21.9 d,种群数量加倍时间为 5 d 和 7.45 d,且随着温度的升高,其产卵量也会提高<sup>[10-11]</sup>.在我国许多柑橘产区,传统意义上的化学防治导致柑橘害螨已经对有机磷、有机氯类、有机硫类、有机锡类、有机氮类、拟除虫菊酯类等农药均以产生了不同程度的抗性<sup>[12]</sup>.湖北地区柑橘全爪螨对哒螨灵的抗性增加到了 7.16 倍,福建地区柑橘全爪螨对哒螨灵的抗性增加到了 33.04 倍<sup>[13-15]</sup>.福州地区柑橘全爪螨对水胺硫磷和氧化乐果的抗药性测定发现,抗性在 10 倍以上的柑橘园占 63.6%,对水胺硫磷最高的抗性达 222.7 倍,对氧化乐果也表现出较高抗性<sup>[16]</sup>.通过抗性测定发现中国南方地区的柑

橘全爪螨对阿维菌素和甲氰菊酯的耐药性水平已提高了1 000多倍<sup>[17]</sup>. 柑橘害螨已经成为柑橘产业生产的头号问题, 造成了巨大的经济损失. 各害螨为害特征及发生规律见表1.

表1 柑橘害螨为害特征及发生规律

害螨种类	识别特征(雌成螨)	主要为害特征	发生规律	参考文献
柑橘全爪螨 (俗名: 柑橘红蜘蛛) <i>Panonychus citri</i>	体长0.3~0.4 mm, 卵圆形、暗红色	部位: 嫩叶、嫩枝、嫩梢、果实 症状: 受害叶片有灰白色小点, 严重时整个叶片呈灰白色, 受害果实表皮为黑褐色 为害: 大量落叶、落果, 被害嫩枝出现枯梢; 果实变小, 失去光泽, 影响树势和产量	年发生代数: 一年发生12~20代 越夏场所: 枝干、树皮缝隙或树冠内部 越冬场所: 叶背、卷叶、枝干缝隙或落叶枯枝 暴发盛期: 3~5月、9~11月	[6], [18]
柑橘始叶螨 (俗名: 柑橘黄蜘蛛) <i>Eotetranychus kankitus</i>	体长约0.384 mm, 椭圆形、浅白色或黄绿色, 前足体和末体的两侧各有一个黑斑	部位: 嫩叶、嫩枝、嫩梢、果实 症状: 受害叶片有黄斑, 呈凹陷皱缩或扭曲呈畸形, 在凹陷处还常常有少量丝网覆盖. 受害果实果萼下或果皮低洼处有灰白色斑点 为害: 大量落叶、落花、落果, 影响树势和产量	年发生代数: 一年发生16代以上 越夏场所: 无明显越夏现象 越冬场所: 树冠内部、潜叶蛾为害的卷叶 暴发盛期: 3~5月	[19], [5]
橘皱叶刺瘿螨 (俗名: 橘锈壁虱、柑橘锈螨) <i>Phyllocoptruta oleivora</i>	体长约0.158 mm, 前段宽大, 后端尖细, 纺锤形, 橙黄色	部位: 嫩枝、嫩梢、果实、叶片 症状: 受害叶片背面形成铁锈色或黑褐色, 整叶卷缩、叶面粗糙, 叶片易脱落. 受害果实表皮呈赤褐色和黑褐色, 有灰尘状的蜕皮壳, 受害果实易脱落, 有发酵味 为害: 大量落叶、落果, 影响树势和产量	年发生代数: 一年发生18~30代 越夏场所: 无明显越夏现象 越冬场所: 秋梢叶片、枝梢上的腋芽缝隙、病虫害危害的卷叶 暴发盛期: 7~9月	[20], [21]
柑橘瘤瘿螨 (俗名: 柑橘瘤壁虱、柑橘芽壁虱) <i>Aceria sheldoni</i>	体长0.17~0.18 mm, 纺锤型, 淡黄色或橙黄色	部位: 嫩枝嫩梢、果蒂、嫩叶 症状: 嫩芽成胡椒状的虫瘿, 枝梢变为扫帚状 为害: 大量落叶, 影响树势, 受害严重植株不能抽梢和开花结果	年发生代数: 一年发生10多代 越夏场所: 无明显越夏现象 越冬场所: 虫瘿 暴发盛期: 4~7月	[22]
侧多食跗线螨 (俗名: 半跗线螨) <i>Polythogotarsonemus latus</i>	体长0.15~0.25 mm, 卵圆形, 黄褐色或黄绿色	部位: 嫩叶、嫩枝、嫩梢、果实 症状: 叶片背面受害, 受害叶片叶狭小、扭曲, 纵向卷曲成筒状, 并具银白色龟裂纹; 受害嫩芽膨大呈瘤状, 但瘤状芽内无虫; 受害嫩枝细长或扭曲; 受害果实表皮有银白色龟裂纹, 覆盖浓米汤状的膜 为害: 叶片稀少影响树势, 严重植株不能抽梢	年发生代数: 一年发生20~40代 越夏场所: 无明显越夏现象 越冬场所: 杂草根部、叶片上介壳虫的空介壳 暴发盛期: 6~7月、9~10月	[7]

## 2 橘园捕食螨类群与潜能评价

近年来, 以释放天敌昆虫为主的生物防治技术在规模化农业生产中发挥着越来越重要的作用, 其具有效果稳定、不污染环境、维持生态平衡等特点<sup>[23]</sup>. 捕食螨在柑橘害螨的天敌昆虫资源中占据十分重要的位置<sup>[24]</sup>, 它的体型小、发育历期短、繁殖力高、捕食专一性强, 对叶螨、蓟马、粉虱和木虱等害虫害螨均具有一定的自然控制作用<sup>[24]</sup>. 目前, 我国有关捕食螨的一些基础研究相对成熟, 规模化生产技术、释放技术也得到了突破, 在大田应用中取得了良好的成果<sup>[25]</sup>. 我国自20世纪70年代初, 先后引进了智利小植绥螨(*Phytoseiulus persimilis*)、西方静走螨

(*Galendromus occidentalis*)、伪钝绥螨(*Amblyseius fallacis*)、胡瓜新小绥螨(*Neoseiulus cucumeris*)、加州新小绥螨(*Neoseiulus californicus*)和斯氏钝绥螨(*Amblyseius swirskii*)等6种植绥螨科捕食螨,在果树与保护地蔬菜上得到较为广泛的使用<sup>[26]</sup>。

在捕食螨中,植绥螨科是目前最具潜力的种类,是“以螨治螨”生物防治技术中利用以及研究最多的种类,已鉴定种类有300余种<sup>[24]</sup>。其中纽氏钝绥螨(*Amblyseius newsami*)是最早报道能有效控制柑橘害螨的植绥螨,随后发现拉戈钝绥螨(*Amblyseius largoensis*)、东方钝绥螨(*Amblyseius brientalis*)、江原钝绥螨(*Amblyseius eharai*)、冲绳钝绥螨(*Amblyseius okinawanus*)和尼氏真绥螨(*Euseius nicholsi*)等在田间都是柑橘害螨的有效天敌<sup>[27-33]</sup>。1997年,胡瓜新小绥螨(*Neoseiulus cucumeris*)被引入国内并建立了规模化生产线,在各大柑橘产区应用并取得较好的防治效果和经济效益<sup>[34]</sup>。此后,国内产量最大的本地品种巴氏新小绥螨(*Neoseiulus barkeri*)也被陆续释放在柑橘园中<sup>[35]</sup>。有研究证明,在化学防控后利用巴氏新小绥螨对沙田橘上的柑橘全爪螨进行防控,可3~6个月不使用农药防治,大大降低了经济成本<sup>[36]</sup>。有研究表明,巴氏新小绥螨比胡瓜新小绥螨的控害效果更好<sup>[37]</sup>。加州新小绥螨(*Neoseiulus californicus*)就柑橘全爪螨卵、幼螨和若螨控制作用而言,比江原钝绥螨和拟长毛钝绥螨、尼氏真绥螨更具有防治潜力<sup>[38]</sup>。除植绥螨科外,其他捕食螨类群如肉食螨科、长须螨科、大赤螨科等对柑橘害螨也有一定的控制作用。长须螨科中有具瘤神蕊螨(*Agistemus exsertus*)和细毛神蕊螨(*Agistemus terminalis*)对柑橘全爪螨和柑橘始叶螨具有防治潜力<sup>[39]</sup>,肉食螨科的马六甲肉食螨成螨对柑橘全爪螨的最大日捕食量为14头/日<sup>[40]</sup>。

本文汇总了我国柑橘害螨有记录的天敌捕食螨共27种,其中植绥螨科(Phytoseiidae)24种、长须螨科(Stigmaeidae)2种、大赤螨科(Erythraeidae)1种,详见表2<sup>[18, 31, 41-48]</sup>。

表2 柑橘害螨天敌昆虫(螨类)名录表

科名	属名	天敌种类	分布	报道的靶标害螨
植绥螨科 Phytoseiidae	小植绥螨属 <i>Phytoseiulus</i>	智利小植绥螨 <i>Phytoseiulus persimilis</i>	广泛分布于世界各国	柑橘全爪螨、柑橘始叶螨
	新小绥螨属 <i>Neoseiulus</i>	巴氏新小绥螨 <i>Neoseiulus barkeri</i>	国内有广东、江西、福建、湖南、云南、河北等;国外有欧洲和美国	柑橘全爪螨、柑橘始叶螨、柑橘锈壁虱
		加州新小绥螨 <i>Neoseiulus californicus</i>	广泛分布于世界各国	柑橘全爪螨、柑橘始叶螨
		胡瓜新小绥螨 <i>Neoseiulus cucumeris</i>	江苏、湖北、江西、湖南、福建、广东、香港、海南、贵州、重庆和四川	柑橘全爪螨、柑橘锈壁虱
	钝绥螨属 <i>Amblyseius</i>	东方钝绥螨 <i>Amblyseius brientalis</i>	国内有江西、河北、辽宁、江苏、安徽、福建、山东、湖北、广东和贵州;国外有印度、韩国、俄罗斯、美国等	柑橘全爪螨
		江原钝绥螨 <i>Amblyseius eharai</i>	国内有湖北、湖南、江西、广西、广东、浙江、福建、上海、江苏;国外有日本	柑橘全爪螨
		纽氏钝绥螨 <i>Amblyseius newsami</i>	上海、江西和广东	柑橘全爪螨
		斯氏钝绥螨 <i>Amblyseius swirskii</i>	广泛分布于世界各国	柑橘全爪螨、柑橘始叶螨
		德氏钝绥螨 <i>Amblyseius deleari</i>	湖北、上海、江苏、浙江、湖南、江西、福建、广东、广西、贵州、云南	柑橘全爪螨
		冲绳钝绥螨 <i>Amblyseius okinawanus</i>	广泛分布于世界各国	柑橘全爪螨

续表

科名	属名	天敌种类	分布	报道的靶标害虫
		拟长毛钝绥螨 <i>Amblyseius pseudolongispinosus</i>	湖北、辽宁、河北、山东、江苏、湖南、福建、贵州、云南	柑橘全爪螨
		间泽钝绥螨 <i>Amblyseius aiawai</i>	贵州	柑橘全爪螨
		隘腰钝绥螨 <i>Amblyseius cinctus</i>	国内有广东、广西、海南、云南；国外有泰国、菲律宾、马来西亚、新加坡、越南	柑橘全爪螨
		草栖钝绥螨 <i>Amblyseius herbicolus</i>	湖南、贵州、吉林、辽宁、江西、福建、广东、广西	柑橘全爪螨
		鳞纹钝绥螨 <i>Amblyseius imbricatus</i>	湖南、江西、上海、福建、广东	柑橘全爪螨
		拉戈钝绥螨 <i>Amblyseius largoensis</i>	广泛分布于世界各国	柑橘全爪螨
		真桑钝绥螨 <i>Amblyseius makuwa</i>	湖北、上海、山东、云南	柑橘全爪螨
		少毛钝绥螨 <i>Amblyseius asetus</i>	国内有江苏、广东、广西和台湾；国外有美国、巴西、墨西哥、牙买加等	柑橘全爪螨
		台湾钝绥螨 <i>Amblyseius taiwanicus</i>	国内有广东、海南、台湾；国外有泰国、菲律宾	柑橘全爪螨
		津川钝绥螨 <i>Amblyseius tsuganai</i>	国内有河北、山西、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、湖北、湖南、广东、广西、海南、贵州、云南；国外有韩国	柑橘全爪螨
		亚洲钝绥螨 <i>Scapulaseius asiaticus</i>	广泛分布于世界各国	柑橘全爪螨
	冲绥螨属 <i>Okiseius</i>	亚热冲绥螨 <i>Okiseius subtropicus</i>	国内有江苏、浙江、福建、江西、广东、广西、海南、贵州、云南、台湾；国外有澳大利亚、日本、马来西亚、菲律宾	柑橘全爪螨
	真绥螨属 <i>Euseius</i>	尼氏真绥螨 <i>Euseius nicholsi</i>	国内有江苏、湖北、江西、湖南、福建、广东香港、海南、贵州、重庆和四川；国外有泰国	柑橘全爪螨、柑橘始叶螨
	盲走螨属 <i>Typhlodromus</i>	锯齿盲走螨 <i>Typhlodromus Serrulatus</i>	国内有辽宁、山东、湖北、江西、福建、广东、广西、贵州、云南；国外有日本	柑橘全爪螨
长须螨科 Stigmaeidae	神蕊螨属 <i>Agistemus</i>	具瘤神蕊螨 <i>Agistemus Gonzalaz</i>	国内有北京、陕西、四川、广东、广西；国外有日本、印度	柑橘全爪螨、柑橘始叶螨
		细毛神蕊螨 <i>Agistemus terminalis</i>	国内有广东、江西；国外有日本、印度、美国和墨西哥	柑橘全爪螨、柑橘始叶螨
大赤螨科 Erythraeidae	<i>Anystis</i> 属	圆果大赤螨 <i>Anystis baccharum</i>	国内分布广泛；国外有加拿大、北爱尔兰、俄罗斯、伊朗、土耳其、非洲、澳大利亚、印度尼西亚、印度	柑橘全爪螨、柑橘锈壁虱

### 3 橘园捕食螨应用关键技术

#### 3.1 橘园捕食螨的保育与利用

##### 3.1.1 生草栽培

生草栽培是在除果树树盘外的行间播种禾本科、豆科等草种的土壤管理方法。传统农业生产为减少水肥竞争而除尽一切杂草，使作物区的小环境温度上升、湿度降低，天敌种群受到抑制，害虫害螨逐渐猖獗<sup>[49]</sup>。对橘园进行生草栽培管理，一方面，由于捕食螨喜好绒毛丰富的叶

片,捕食螨类在植物上的附着、移动、取食和产卵等行为会受植物体表毛状体影响<sup>[50]</sup>,生草栽培可以为捕食螨提供温湿度适宜的栖息地与食物来源,创造越冬条件.另一方面,生草栽培一定程度提高了果园的生态多样性<sup>[51]</sup>.橘园杂草藿香蓟大量开花后,其花粉以及一种斑啮虫科的幼虫可作为捕食螨的食料,为维持冬季捕食螨数量的提供保障<sup>[31]</sup>.橘园间种藿香蓟的生草综合防治区柑橘全爪螨每百叶为251.42头,为常规化学防治区的23.2%,其益害比为1:8.62<sup>[52]</sup>.在橘园中喷施农药时,捕食螨会为了免受农药伤害而转移到橘树内层或附近的藿香蓟上,待到农药药效降低时,橘园的捕食螨种群得到较快的恢复<sup>[53]</sup>.Malagnini等<sup>[54]</sup>的研究发现,将花粉施用于葡萄园中可大大增加捕食螨种群的数量,在果园周围或行间种植显花植物是促进捕食螨生物防治策略成功的关键.除藿香蓟外,白三叶、紫云英、白花草木犀等一些豆科和禾本科的显花植物都对捕食螨生长繁殖、种群维持有积极影响<sup>[55]</sup>.

### 3.1.2 越冬条件

捕食螨在橘园中顺利越冬,是来年控制柑橘害螨始发初发的关键保障.对于气候较冷地区,巴氏新小绥螨以滞育成螨越冬,雄性和未成熟期个体在冬季前死亡,在较寒冷的地区,捕食螨死亡率可高达80%~90%<sup>[56]</sup>.一些人为的橘园管理措施可以为捕食螨提供有利的越冬场所,果园使用旧棉絮、麦颖等材料对枝干进行包扎,幼树进行地表盖草压土等措施,可以帮助西方盲走螨顺利越冬,翌年继续发挥控制叶螨的作用<sup>[57]</sup>.

## 3.2 橘园捕食螨的释放与应用

### 3.2.1 释放方式

靶标害螨的虫口密度是橘园释放捕食螨的前提条件之一.在害螨虫口密度较小时,点状接种从而释放较少的捕食螨就能达到较好的防治效果<sup>[58]</sup>,在害螨密度较高时,先使用杀螨剂压低虫口密度,后采用淹没式、大范围的释放捕食螨,能使捕食螨的控害作用达到最大<sup>[59]</sup>.在早期释放捕食螨时,将装有捕食螨的盒装或袋装容器直接带到田间释放效果较好<sup>[60]</sup>,在后期橘园大规模释放捕食螨则主要采用撒施、挂袋和纸杯释放等方式<sup>[61-62]</sup>.

### 3.2.2 田间环境

捕食螨喜欢温暖湿润的生活环境.橘园气温20~30℃、相对湿度为60%~80%时,利于捕食螨的生长繁殖与利用率.胡瓜新小绥螨最适的温湿度范围分别为21~28℃,60%~80%,在温度超过25℃时,其幼螨和若螨死亡率会增加<sup>[63]</sup>.巴氏新小绥螨繁殖最适宜的温度为25~30℃、相对湿度为80%±5%<sup>[45]</sup>.以朱砂叶螨为食的加州新小绥螨在温度为19~31℃、相对湿度为80%±5%时平均寿命为26.27d,且随着温度的提高,雌螨的日均产雌量提高,在28℃时为雌螨的最适产卵温度<sup>[64]</sup>.高温低湿环境对于捕食螨的生长发育、繁殖都有不利的影响<sup>[65]</sup>.光照和温度的联合作用是诱导捕食螨滞育的关键因素<sup>[66]</sup>,一般来说,当光照与黑暗的比值确定后,黑暗条件下温度越低,越会促使捕食螨进入滞育<sup>[67]</sup>.不同的光照时间对巴氏新小绥螨的总未成熟期存在显著影响,同时光照时间也显著影响巴氏新小绥螨的存活率<sup>[68]</sup>.因此,一般4~6月的柑橘园温度适宜,光照时间充足,也是柑橘全爪螨的春季暴发前期,在进行清园后的20~40d的下午或阴天释放捕食螨,避免太高的温度和释放后遇下雨天等情况,为橘园捕食螨的应用控害提供有利的环境条件<sup>[69-70]</sup>.

## 3.3 捕食螨协同其他因子联合控害措施

### 3.3.1 联合化学农药运用

柑橘园中常用的杀虫(螨)剂,如菊酯类和有机磷类等农药的不科学、不合理使用会显著降

低橘园捕食螨的控害效果. 研究表明大多数杀虫(螨)剂是影响伪钝绥螨定居和种群数量的主要因素, 其中氧化乐果、久效磷和菊酯类农药的影响更为显著<sup>[71]</sup>. 比较9种柑橘园防治害虫(螨)的常用药剂发现, 毒死蜱、马拉硫磷、辛硫磷等有机磷农药和甲氰菊酯等菊酯类杀虫剂对柑橘全爪螨和巴氏新小绥螨的选择性不高, 不能实现有针对性的防治害螨<sup>[72]</sup>.

由于捕食螨对化学农药相对敏感, 为协调生物防治与化学防治的关系, 对柑橘害螨的化学防控主要措施从高效低毒、选择性强的药剂入手, 将捕食螨与类似苦参碱、石硫合剂、矿物油乳剂等进行联合运用, 可减少捕食螨影响的同时, 也可提高对柑橘害螨的防治效果, 并保持了橘园物种的多样性. 相较于使用毒死蜱、螺螨酯和阿维菌素等农药对柑橘全爪螨进行防治, 使用苦参碱、矿物油乳剂与捕食螨配套防治柑橘全爪螨的效果更为显著, 前者末期的害螨螨口减退率为-570%, 而后者末期的害螨螨口减退率为-28.26%和100%<sup>[73]</sup>. 使用苦参碱、矿物油乳剂既保护了橘园天敌、丰富了橘园物种多样, 还间接控制了柑橘木虱的发生<sup>[73-74]</sup>.

### 3.3.2 联合虫生真菌运用

虫生真菌具有致病力强、杀虫广谱性及无污染等特点, 在众多柑橘害螨虫生真菌中研究较为广泛的有汤普森多毛菌(*Hirsutella thompsonii*)和球孢白僵菌(*Beauveria bassiana*), 两者均能引起柑橘害螨种群的死亡与衰退<sup>[75]</sup>. 在利用虫生真菌和捕食螨联合运用防治靶害螨时, 浓度为 $1 \times 10^7$ 个/mL的球孢白僵菌侵染柑橘始叶螨, 其致死中时间为4.41~7.42 d, 而浓度为 $1 \times 10^9$ 个/mL的球孢白僵菌侵染巴氏新小绥螨, 其致死中时间为16.1 d, 两者致死中时间的差异, 为捕食螨联合虫生真菌协同控制害螨危害提供了前提保障<sup>[76]</sup>. 此外, 巴氏新小绥螨还能携带白僵菌孢子, 将白僵菌孢子主动扩散传播至常规喷雾法难以覆盖的生境<sup>[77]</sup>.

## 4 展望

本文从橘园害螨和捕食螨的优势类群, 橘园捕食螨的保育利用、释放应用技术和联合控害措施等进行了总结讨论. 尽管橘园捕食螨的研究与应用取得了一定的经济、社会和生态效益, 但是由于捕食螨应用是系统性和整体性比较强的防治工作, 其规模化、标准化的繁育与应用在研究方法和实施手段等方面还存在一定不完善的地方. 因此, 橘园捕食螨的研究与应用还应该在以下几个方面进行加强: 第一, 挖掘橘园生态系统新型捕食螨资源, 综合橘园调查与室内研究开展捕食螨的生长发育、防控靶标和控害能力研究. 第二, 综合评价捕食螨在不同逆境下的适应能力, 筛选出适应性强、抗逆性强的捕食螨品系. 例如, 抗药性捕食螨可以对5种田间常用农药存在抗性<sup>[78-79]</sup>, 耐热性捕食螨的捕食能力不会受到高温环境胁迫的影响<sup>[80-81]</sup>, 对此类捕食螨可进行其生长发育、生殖特点等研究, 评估其扩繁潜能和成为商业化产品、规模化应用的可能性. 第三, 捕食螨的应用也需要兼容橘园的管理和其他病虫害防治措施, 捕食螨与其他技术措施能否兼容及联合应用、是否能出现增效效果是目前亟需寻求突破的关键点, 综合评价其他措施对捕食螨的风险程度以及天敌捕食螨抵御风险的能力, 围绕橘园多年生生态系统的特点, 最终制定出合理科学的、兼容捕食螨等生物防治技术的橘园IPM决策与应用系统.

### 参考文献:

- [1] 郭文武, 叶俊丽, 邓秀新. 新中国果树科学研究70年——柑橘[J]. 果树学报, 2019, 36(10): 1264-1272.
- [2] 赵志模. 我国柑桔害虫的研究现状[J]. 昆虫知识, 2000, 37(2): 110-116.
- [3] 张宏宇, 王永模, 蔡万伦, 等. 我国主要柑橘害虫发生为害现状[J]. 湖北植保, 2009(S1): 52-53.

- [4] 忻介六. 农业螨类学 [M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [5] 魏冬, 王涛. 柑橘始叶螨的空间分布规律及综合防治 [J]. 植物医生, 2011(2): 18-19.
- [6] 徐南昌, 郎国良, 刘立峰. 柑橘全爪螨发生规律及防治措施 [J]. 植保技术与推广, 2003, 23(9): 22-23.
- [7] 张权炳, 雷慧德, 冉春, 等. 侧多食跗线螨——柑桔的又一重要害螨 [J]. 中国南方果树, 2002, 31(3): 16-17.
- [8] 罗怀海, 张梅, 王胜, 等. 四川柑橘主要病虫害的发生与绿色防控对策 [J]. 中国植保导刊, 2008, 28(1): 25-28.
- [9] 柯林. 汉江河谷地区柑橘始叶螨暴发成因及防控技术 [J]. 果树实用技术与信息, 2012(10): 28-29.
- [10] 赵志模, 朱文炳, 叶辉, 等. 桔全爪螨 (*Panonychus citri* McGergor) 实验种群生命表的组建与分析 [J]. 西南农学院学报, 1985, 7(3): 30-39.
- [11] 鄧军锐, 郭振中, 熊继文. 温度对柑桔始叶螨实验种群的影响 [J]. 贵州农学院学报, 1996, 15(3): 37-42.
- [12] 刘国瑛, 丁天波, 牛金志, 等. 柑橘全爪螨抗药性机制研究进展 [C]. 植保科技创新与病虫防控专业化——中国植物保护学会 2011 年学术年会, 江苏苏州, 2011.
- [13] 刘永华, 蒋红波, 袁明龙, 等. 柑橘全爪螨对 4 种杀螨剂的抗性监测及增效作用 [J]. 果树学报, 2010, 27(4): 570-574.
- [14] 张振, 封海东, 秦光明, 等. 柑橘全爪螨药剂防治研究进展 [J]. 农业与技术, 2017, 37(12): 64-65.
- [15] 孟和生, 王开运, 姜兴印, 等. 桔全爪螨对常用杀螨剂的抗药性测定 [J]. 农药, 2000, 39(2): 26-28.
- [16] 陈达荣, 钟捷英, 陈细生. 福州地区桔全爪螨对水胺硫磷抗性测定 [J]. 植物保护, 1990, 16(3): 12-13.
- [17] PAN D, DOU W, YUAN G R, et al. Monitoring the Resistance of the Citrus Red Mite (Acari: Tetranychidae) to Four Acaricides in Different Citrus Orchards in China [J]. Journal of Economic Entomology, 2020, 113(2): 918-923.
- [18] 梁声侃, 宁蕾. 柑桔红蜘蛛防控研究进展 [J]. 农业研究与应用, 2014, 27(5): 70-74.
- [19] 陈玖勋. 柑桔始叶螨的发生与防治 [J]. 四川农业科技, 2002(7): 31.
- [20] 严成灼, 林先荣. 柑桔锈壁虱发生为害和综合防治技术 [J]. 安徽农学通报, 2007, 13(6): 171.
- [21] 陈铠, 陈章宁, 刘超, 等. 柑桔锈螨的发生与防治 [J]. 安徽农业科学, 1996(2): 156-158.
- [22] 洪晓月. 农业螨类学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2012.
- [23] 吴佳蔚. 柑橘—柑桔全爪螨—加州新小绥螨相互作用关系初步研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2018.
- [24] 徐学农, 吕佳乐, 王恩东. 捕食螨在中国的研究与应用 [J]. 中国植保导刊, 2013, 33(10): 26-34.
- [25] 徐学农, 吕佳乐, 王恩东. 捕食螨繁育与应用 [J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 647-656.
- [26] 徐学农, 吕佳乐, 王恩东. 国际捕食螨研发与应用的热点问题及启示 [J]. 中国生物防治学报, 2013, 29(2): 163-174.
- [27] 黄珍岚, 杨子琦. 释放冲绳钝绥螨 防治柑桔红蜘蛛 [J]. 江西农业科技, 1987(7): 22-23.
- [28] 李继祥, 张格成. 利用尼氏钝绥螨控制柑桔始叶螨的研究 [J]. 浙江柑桔, 1995(2): 38-39.
- [29] 周程爱, 欧阳志云, 邹建栩. 尼氏钝绥螨对柑桔红蜘蛛的捕食作用研究 [J]. 生物防治通报, 1988, 4(3): 106-110.
- [30] 陈熙雯, 马恩沛, 朱志民. 捕食性天敌——拉哥钝绥螨 *Amblyseius largensis* Muma 的形态与生物学特性观察 [J]. 昆虫天敌, 1979, 1(1): 57-60.
- [31] 广东省昆虫研究所生物防治室. 利用钝绥螨为主综合防治柑桔红蜘蛛的研究 [J]. 昆虫学报, 1978, 21(3): 260-270, 353.
- [32] 江汉华, 李秀清, 姚正昌, 等. 江原钝绥螨的生物学及其对柑桔全爪螨捕食作用的研究 [J]. 昆虫天敌, 1988, 10(3): 165-169.
- [33] 杨子琦, 曹克加, 李卫平. 东方钝绥螨研究初报 [J]. 昆虫天敌, 1987, 9(4): 203-206.
- [34] 张艳璇, 林坚贞, 季洁. 工厂化生产胡瓜钝绥螨防治柑橘全爪螨的应用效果 [J]. 植保技术与推广, 2002, 22(10): 25-28.

- [35] 舒畅, 钟玲, 李爱华, 等. 释放巴氏钝绥螨控制柑橘全爪螨试验示范效果初报 [J]. 中国植保导刊, 2007, 27(9): 23-24.
- [36] 徐海莲, 李爱华, 钟玲, 等. 释放巴氏钝绥螨对沙田柚上橘全爪螨的防治效果 [J]. 昆虫知识, 2010, 47(1): 102-104.
- [37] 贾勇. 巴氏钝绥螨和胡瓜钝绥螨控制柑桔害螨对比试验 [J]. 四川农业科技, 2018(4): 33-34.
- [38] 覃贵勇, 李庆, 杨群芳, 等. 加州新小绥螨对柑橘全爪螨的控制潜力 [J]. 植物保护学报, 2013, 40(2): 149-154.
- [39] 王慧英. 我国果园中常见的捕食螨——长须螨 [J]. 昆虫知识, 1981, 18(2): 81-82, 95.
- [40] 殷家栋. 马六甲肉食螨对豌豆修尾蚜及柑橘全爪螨捕食效能的研究 [D]. 南昌: 南昌大学, 2019.
- [41] XIAO Y F, FADAMIRO H Y. Functional Responses and Prey-Stage Preferences of Three Species of *Predacious Mites* (Acari: Phytoseiidae) on Citrus Red Mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) [J]. *Biological Control*, 2010, 53(3): 345-352.
- [42] ZHANG Y N, SHENG F J, WANG E D, et al. *Amblyseius orientalis* Shows High Consumption and Reproduction on *Polyphagotarsonemus latus* in China [J]. *Experimental and Applied Acarology*, 2023, 91(4): 561-569.
- [43] 韦德卫, 曾涛, 蒲天胜. 锯齿盲走螨的初步研究 [J]. 广西植保, 1997, 10(3): 8-12.
- [44] 吴洪基. 圆果大赤螨的初步研究 [J]. 昆虫天敌, 1994, 16(3): 101-106.
- [45] 孙贝贝, 郑书恒, 梁铁双, 等. 几种常见捕食螨的研究与应用 [J]. 农业工程技术, 2020, 40(1): 20-23.
- [46] 吴伟南, 蓝文明. 我国柑桔园植绥螨及其利用问题 [J]. 昆虫知识, 1988, 25(6): 341-344.
- [47] 张格成, 李继祥. 中国柑桔上的捕食螨种类 [J]. 四川果树, 1996(3): 3-4.
- [48] 张礼生, 陈红印. 我国天敌昆虫与生防微生物资源引种三十年成就与展望 [J]. 植物保护, 2016, 42(5): 24-32.
- [49] 徐国良, 黄忠良, 欧阳学军, 等. 中国植绥螨的研究应用 [J]. 昆虫天敌, 2002, 24(1): 37-44.
- [50] LOUGHNER R, WENTWORTH K, LOEB G, et al. Influence of Leaf Trichomes on Predatory Mite Density and Distribution in Plant Assemblages and Implications for Biological Control [J]. *Biological Control*, 2010, 54(3): 255-262.
- [51] 刘蝴蝶, 郝淑英, 曹琴, 等. 生草覆盖对果园土壤养分、果实产量及品质的影响 [J]. 土壤通报, 2003, 34(3): 184-186.
- [52] 周程爱, 邹建楠, 黄绍东. 湖南丘陵桔园间种藿香蓟对桔树螨类和昆虫的影响 [J]. 植物保护学报, 1994, 21(1): 57-61.
- [53] 方小端, 卢慧林, 宋子伟, 等. 植绥螨在桔树、藿香蓟和假臭草上的时空分布 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(4): 760-765.
- [54] MALAGNINI V, POZZEBON A, FACCHIN P, et al. Airborne Pollen Can Affect the Abundance of Predatory Mites in Vineyards: Implications for Conservation Biological Control Strategies [J]. *Pest Management Science*, 2022, 78(5): 1963-1975.
- [55] 张贝, 郑薇薇, 张宏宇. 田间植物对捕食螨的影响 II: 地面覆盖物的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2013, 35(5): 673-678.
- [56] 江高飞, 陈飞, 李晓娇, 等. 巴氏新小绥螨的研究进展 [J]. 中国南方果树, 2012, 41(2): 36-40.
- [57] 邓雄, 郑祖强, 张乃鑫, 等. 西方盲走螨保护越冬的研究 [J]. 生物防治通报, 1988, 4(3): 97-101.
- [58] 赵文娟, 夏爽, 郑薇薇, 等. 益害比及花粉存在对江原钝绥螨和柑橘全爪螨种群动态的影响 [J]. 植物保护, 2021, 47(1): 148-152.
- [59] 黄加盛. 胡瓜钝绥螨控制柑桔害螨的技术 [J]. 福建农业科技, 2009, 40(6): 58-59.
- [60] 张艳璇, 林坚贞, 侯爱平, 等. 捕食螨大量繁殖、贮存、释放技术研究 [J]. 植物保护, 1996, 22(5): 11-13.
- [61] 李爱华, 李蔚明, 钟露霞, 等. 果园释放巴氏钝绥螨的影响因素分析 [J]. 中国植保导刊, 2007, 27(5): 25-26.
- [62] 张艳璇, 林涛, 林坚贞, 等. 释放胡瓜新小绥螨对温室作物烟粉虱垂直分布和种群数量的影响 [J]. 福建农业

- 学报, 2012, 27(4): 355-362.
- [63] SHIPP J L, VAN HOUTEN Y M. Influence of Temperature and Vapor Pressure Deficit on Survival of the Predatory Mite *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) [J]. Environmental Entomology, 1997, 26(1): 106-113.
- [64] 崔琦, 李庆. 温度对以朱砂叶螨为食的加州新小绥螨实验种群参数的影响 [J]. 植物保护, 2015, 41(3): 40-44.
- [65] 李美, 符悦冠. 胡瓜钝绥螨室内种群生命表研究 [J]. 植物保护, 2007, 33(2): 84-87.
- [66] 李美, 符悦冠. 胡瓜钝绥螨研究进展 [J]. 华南热带农业大学学报, 2006, 12(4): 32-38.
- [67] VAN HOUTEN Y M, VAN STRATUM P, BRUIN J, et al. Selection for Non-Diapause in *Amblyseius cucumeris* and *Amblyseius barkeri* and Exploration of the Effectiveness of Selected Strains for Thrips Control [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1995, 77(3): 289-295.
- [68] ZOU Z W, MIN Q, XIAO S G, et al. Effect of Photoperiod on Development and Demographic Parameters of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) Fed on *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae) [J]. Experimental and Applied Acarology, 2016, 70(1): 45-56.
- [69] 黄加盛. 应用胡瓜钝绥螨控制柑橘害螨的技术规范 [J]. 福建果树, 2009(4): 61-62.
- [70] 杨明霞. 橘园释放捕食螨防治柑橘红蜘蛛应用技术 [J]. 植物医生, 2010(6): 46.
- [71] 吴元善, 东孝子, 任宏涛, 等. 伪钝绥螨对 23 种农药的耐药性测试 [J]. 生物防治通报, 1994, 10(1): 32-34.
- [72] 袁庆东. 果园常用药剂对柑橘全爪螨和巴氏钝绥螨的影响研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [73] 方小端, 欧阳革成, 卢慧林, 等. 矿物油乳剂与巴氏新小绥螨对柑橘全爪螨的协同控制研究 [J]. 环境昆虫学报, 2012, 34(3): 322-327.
- [74] 方小端, 欧阳革成, 卢慧林, 等. 不同防治措施对柑橘全爪螨及橘园天敌类群的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(2): 413-420.
- [75] 叶琪明, 陈卫民, 陈道茂. 虫生真菌在柑桔主要害虫上的研究及应用现状 [J]. 浙江柑桔, 1994, 11(4): 15-18.
- [76] 杨瑒. 短时高温胁迫对球孢白僵菌和巴氏新小绥螨生物学特性的影响研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2019.
- [77] ZHANG Y X, SUN L, LIN G Y, et al. A Novel Use of Predatory Mites for Dissemination of Fungal Pathogen for Insect Biocontrol: The Case of *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Phytoseiidae) as Vectors of *Beauveria bassiana* Against *Diaphorina citri* (Psyllidae) [J]. Systematic and Applied Acarology, 2015, 20(2): 177.
- [78] CONG L, CHEN F, YUS J, et al. Transcriptome and Difference Analysis of Fenpropathrin Resistant Predatory Mite, *Neoseiulus barkeri* (Hughes) [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2016, 17(6): 704.
- [79] 侯栋元, 丛林, 陈飞, 等. 巴氏新小绥螨甲氧菊酯抗性品系生物学特性及其对常用药剂的交互抗性 [J]. 应用昆虫学报, 2020, 57(3): 690-699.
- [80] 田川北. MAPK 信号通路和 HSP70 参与巴氏新小绥螨高温适应的分子机制研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2021.
- [81] 张国豪. 巴氏新小绥螨高温品系筛选及其适应性机制研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2017.

责任编辑 王新娟