

沙糖橘上植绥螨种群动态变化及原因分析*

宋子伟** 郑苑 张宝鑫*** 李敦松***

(广东省农业科学院植物保护研究所, 农业农村部华南果蔬绿色防控重点实验室, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘要 【目的】明确化学防治措施和果园杂草对沙糖橘 *Citrus reticulata* Blanco 上植绥螨种群动态变化的影响, 为建立以利用捕食螨为主的柑橘病虫害综合防控体系提供理论依据。【方法】2021年4月至2023年12月, 连续在同一个沙糖橘果园中开展了植绥螨的种群动态调查, 分别在果树上和周围杂草上采取振落法采集捕食螨标本, 室内进行玻片鉴定捕食螨种类, 统计螨个体数量, 分析植绥螨的种群结构和种群动态变化规律。【结果】沙糖橘上调查采集的捕食螨分别是江原钝绥螨 *Amblyseius eharai* Amitai & Swirski、加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* (McGregor)、钝毛钝绥螨 *A. obtuserellus* Wainstein & Begljarov、尼氏真绥螨 *Euseius nicholsi* (Ehara et Lee)、长刺新小绥螨 *N. longispinosus* (Evans)和墨西哥似前锯绥螨 *Propriozeiopsis mexicanus* Garman。墨西哥似前锯绥螨为杂草上优势种, 真桑新小绥螨 *N. makuwa* Ehara 和冲绳肩绥螨 *Scapulaseius okinawanus* Ehara 仅在杂草上发现。加州新小绥螨和墨西哥似前锯绥螨在沙糖橘上和杂草上的种群动态变化相似, 发生高峰期存在互补的现象。【结论】化学农药对沙糖橘上植绥螨的种群结构组成没有显著影响。自然状态下, 沙糖橘园的植绥螨优势种类为加州新小绥螨和江原钝绥螨, 两种捕食螨种群发生高峰时间段也不同。加州新小绥螨对化学农药的整体耐受度相较其它种类较高, 田间使用高效氯氰菊酯会显著抑制柑橘上植绥螨的种群增长。杂草对于稳定果园中捕食螨种群具有积极作用, 使用除草剂会间接破坏柑橘园中植绥螨种群的稳定性。

关键词 植绥螨; 沙糖橘; 种群动态; 化学农药; 杂草

The population dynamics of phytoseiid mites on tangerine Shatangju and the causes analysis

SONG Zi-Wei** ZHENG Yuan ZHANG Bao-Xin*** LI Dun-Song***

(Key Laboratory of Green Prevention and Control on Fruits and Vegetables in South China Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract 【Aim】 To better understand the effects of chemical controls and weeds on the population structure and dynamics of phytoseiid mites on *Citrus reticulata* Blanco. The findings will provide a theoretical foundation for the establishment of a comprehensive control-based prevention system for citrus pests using predatory mites. 【Methods】 Between April 2021 and December 2023, continuous field investigations were carried out on the citrus and weeds growing around the trees in the same Shatangju orchard. Five-point sampling and shaking-off-the-plate methods were used to measure the population dynamics of predatory mites at independent fixed sites. Predatory mite samples were collected using the plant-flapping plate method. The species were identified and counted using a microscope. The pesticides applied were recorded and the population structure and dynamics of phytoseiid mites were analyzed. 【Results】 The main phytoseiid species identified in the Shatangju orchard were *Amblyseius eharai* Amitai & Swirski, *Neoseiulus californicus* (McGregor), *Amblyseius obtuserellus* Wainstein & Begljarov, *Euseius nicholsi* (Ehara et Lee), *N. longispinosus* (Evans) and *Propriozeiopsis mexicanus* Garman. *P. mexicanus* was the

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划(2023YFD1400600); 广东省农业科学院协同创新中心项目 XTXM202202(XT202211); 农业基础性长期性科技工作(ZX09S200100); 国家(广东)农业基础性长期性科技工作监测与研究项目(2021KJ156)

**第一作者 First author, E-mail: ziweisong@139.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: zhangbx@gdppri.cn; dsli@gdppri.cn

收稿日期 Received: 2023-02-20; 接受日期 Accepted: 2023-12-01

dominant species found on weeds growing around the Shatangju trees. *N. makuwa* Ehara and *Scapulaseius okinawanus* (Ehara) were only found on the weeds. *N. californicus* and *P. mexicanus* had similar population dynamics on the Shatangju trees and weeds, with corresponding peak periods. **[Conclusion]** There was no significant effect of chemical pesticides on the population structure of phytoseiid mites in the Shatangju orchard. Under natural conditions, *N. californicus* and *A. eharai* were the dominant species, although there was a significant difference in the timing of their population peaks. *N. californicus* had a significantly higher tolerance to the chemical pesticides than the other phytoseiid mites in the orchard. The use of beta-cypermethrin in the field has an inhibitory effect on the population growth of phytoseiid mites and the use of herbicides indirectly destroys the stability of phytoseiid mites in citrus orchards. In contrast, weeds have a positive effect on stabilizing the population of predatory mites in the orchard and should therefore be encouraged.

Key words phytoseiid mites; *Citrus reticulata*; population dynamics; pesticides; weeds

沙糖橘 *Citrus reticulata* Blanco 原产于广东, 由于其品质出众, 自 20 世纪 90 年代中后期以来, 种植面积迅速扩大, 成为广东省柑橘产业的主栽品种, 也是广东、广西发展最快, 栽培面积最大、产量最高的柑橘类品种(闫化学和周碧容, 2021)。

植绥螨是柑橘园中重要的自然天敌, 对柑橘害螨具有显著的控制作用 (Liang and Huang, 1994; Nyrop *et al.*, 1998; Aguilar-Fenollosa *et al.*, 2011)。已有研究表明, 国内柑橘园中常见的植绥螨种类有加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* (McGregor)、江原钝绥螨 *Amblyseius eharai* Amitai & Swirski、冲绳肩绥螨 *Scapulaseius okinawanus* Ehara、尼氏真绥螨 *Euseius nicholsi* (Ehara *et Lee*)、纽氏肩绥螨 *S. newsami* Evans、东方钝绥螨 *A. orientalis* Ehara、真桑新小绥螨 *N. makuwa* Ehara (江汉华和欧高才, 1989; 蒲天胜等, 1990; 徐国良等, 2002; 张权炳, 2004; 宋子伟等, 2019, 2022), 其中纽氏肩绥螨、江原钝绥螨、加州新小绥螨 3 种柑橘园的优势捕食螨种类对柑橘害螨的自然控制作用较为显著(蒲天胜等, 1990; 徐国良等, 2002; 覃贵勇等, 2013; 李晓杨等, 2021; 宋子伟等, 2022)。除了人工规模化释放植绥螨防治柑橘害螨, 利用生境措施保护利用植绥螨也是柑橘全爪螨 *Panonychus citri* (McGregor) 防控的重要措施之一 (Zhao *et al.*, 2014)。然而, 柑橘病虫害种类多, 仍需要化学防治等作为配套措施对病虫害加以控制 (Landis *et al.*, 2000; 方小端等, 2013)。

明确植绥螨的田间种群动态及其影响因素

对于植绥螨的保护和利用具有重要意义 (黄明度, 1979)。植绥螨的种群动态受猎物密度、寄主植物的特征以及非生物因子如湿度、温度、光照和农药的影响 (徐学农等, 2013; 方小端等, 2019)。农药使用和生态环境变化是影响柑橘园植绥螨利用的重要问题(吴伟南和蓝文明, 1988), 筛选对植绥螨安全的化学药剂和果园生态植物对于柑橘园植绥螨的保护和利用具有重要意义。本文重点调查了化学防治措施和树体周围杂草对植绥螨的种群结构及动态的影响, 为建立以利用捕食螨为主的柑橘病虫害综合防控体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点

沙糖橘园位于惠州市博罗县园洲镇 (114°3'33' E, 23°6'34" N), 海拔 10 m, 果园面积 6 000 m², 树龄 7-9 年, 正常投产。

1.2 调查方法

调查点选择: 果树上捕食螨种类及种群动态调查采用 5 点取样方法, 定点选取 5 棵树势较好的果树, 绕树冠外围选取 5 个方位, 每个方位选取上、中和下 3 个部位, 每个部位一条枝条 (包含 15 至 20 片叶片), 采用振落法采集捕食螨 (方小端等, 2016); 果园杂草以马唐、白花鬼针草和水花生为主, 每种杂草上随机选择 3 个调查点。

采样方法: 每个调查点拍打 3 下, 果树上每

个方位的样品收集在同一个盘子中；同一种杂草的样品收集在同一个盘子中。将承接盘中观察到的捕食螨利用 0 号毛笔挑入装有 75%酒精的 5 mL 塑料离心管中，带回实验室制作捕食螨标本永久玻片（吴伟南等，2009），用于捕食螨种类的鉴定、种群螨态和数量统计。

调查区域及调查时间：对照区（CK）和常规施药区 T1 调查时间为 2021 年 4 月至 12 月，每个月调查 2 次。对照区不施用化学农药，常规施药区 T1 正常管理，对照区和常规施药区 T1

间隔 6 m。常规施药区 T2 调查时间为 2022 年 1 月至 12 月，1 月至 3 月、11 月和 12 月每个月调查 1 次，4 月至 10 月每个月调查 2 次。常规施药区 T3 调查时间为 2023 年 4 月至 12 月，每个月调查 2 次。对照区、常规施药区 T2 和常规施药区 T3 为同一区域。2022 年常规施药区 T2 杂草区（T2W 区）共调查 10 次；2023 年常规施药区 T3 杂草区（T3W 区）共调查 14 次。

2021 年常规施药区内化学杀虫剂的使用记录如表 1 所示。

表 1 2021 年沙糖橘园施药区化学农药使用记录

Table 1 The records of chemical pesticides used in the chemical control areas of Shatangju orchard in 2021

日期(月·日) Date (month·day)	化学品类别和名称 Types and names of chemicals			
	杀虫剂 Insecticide	杀菌剂 Fungicide	除草剂 Herbicide	杀螨剂 Acaricide
4.06–4.21	–	吡唑醚菌酯 Pyraclostrobin (25%悬浮剂, 1 500 倍) (25%SC, 1 500 ×)	–	–
4.21–5.06	高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin (4.5%乳油, 1 000 倍) (4.5%EC, 1 000 ×)	乙蒜素 Ethylcin (30%乳油, 1 000 倍) (30%EC, 1 000 ×)	–	–
5.06–5.20	啶虫脒 Acetamiprid (5%乳油, 4 000 倍) (5%EC, 4 000 ×)	–	–	–
5.20–6.05	–	代森锰锌 Mancozeb (80%可湿性粉剂, 500 倍) (80%WP, 500 ×)	–	–
6.05–6.25	–	代森锰锌 Mancozeb (80%可湿性粉剂, 500 倍) (80%WP, 500 ×)	草铵膦 Glufosinate- ammonium (10%可溶液剂, 200 倍) (10%SL, 200 ×)	阿维螺螨酯 Abamectin & spirodiclofen (28%悬浮剂, 1 500 倍) (28%SC, 1 500 ×)
6.25–7.08	噻虫嗪 Thiamethoxam (25%水分散剂, 3 000 倍) (25%WG, 3 000 ×) 啶虫脒 Acetamiprid (5%乳油, 4 000 倍) (5%EC, 4 000 ×) 噻虫胺 Clothianidin (30%悬浮剂, 2 000 倍) (30%SC, 2 000 ×) 噻嗪酮 Buprofezin (22%可湿性粉剂, 2 000 倍) (22%WP, 2 000 ×)	–	–	–

续表 1 (Table 1 continued)

日期(月·日) Date (month·day)	化学品类别和名称 Types and names of chemicals			
	杀虫剂 Insecticide	杀菌剂 Fungicide	除草剂 Herbicide	杀螨剂 Acaricide
7.08-7.27	噻虫嗪 Thiamethoxam (25%水分散粒剂, 3 000 倍) (25%WG, 3 000 ×)	春雷霉素 Kasugamycin (2%可溶液剂, 500 倍) (2%SL, 500 ×)	-	-
7.27-8.10	噻虫嗪 Thiamethoxam (25%水分散粒剂, 3 000 倍) (25%WG, 3 000 ×) 噻虫胺 Clothianidin (30%悬浮剂, 2 000 倍) (30%SC, 2 000 ×) 矿物油 Petroleum oil (99%乳油, 200 倍) (99%EC, 200 ×)	春雷霉素 Kasugamycin (2%可溶液剂, 500 倍) (2%SL, 500 ×)	-	-
8.10-8.22	矿物油 Petroleum oil (99%乳油, 200 倍) (99%EC, 200 ×)	春雷霉素 Kasugamycin (2%可溶液剂, 500 倍) (2%SL, 500 ×)	-	-
8.22-9.06	高效氯氟菊酯 Beta-cypermethrin (4.5%乳油, 1 000 倍) (4.5%EC, 1 000 ×) 噻虫胺 Clothianidin (30%悬浮剂, 2 000 倍) (30%SC, 2 000 ×) 矿物油 Petroleum oil (99%乳油, 200 倍) (99%EC, 200 ×)	-	草铵膦 Glufosinate-ammoniu m (10%可溶液剂, 200 倍) (10%SL, 200 ×)	阿维菌素 Abamectin (1.8%乳油, 1 500 倍) (1.8%EC, 1 500 ×)
9.06-9.23	高效氯氟菊酯 Beta-cypermethrin (4.5%乳油, 1 000 倍) (4.5%EC, 1 000 ×) 噻虫胺 Clothianidin (30%悬浮剂, 2 000 倍) (30%SC, 2 000 ×) 矿物油 Petroleum oil (99%乳油, 200 倍) (99%EC, 200 ×)	咪鲜胺 Prochloraz (40%水乳剂, 500 倍) (40%EW, 500 ×)	-	-
9.23-10.07	噻虫胺 Clothianidin (30%悬浮剂, 2 000 倍) (30%SC, 2 000 ×) 矿物油 Petroleum oil (99%乳油, 200 倍) (99%EC, 200 ×)	代森锰锌 Mancozeb (80%可湿性粉剂, 500 倍) (80%WP, 500 ×)	-	-
10.07-10.26	噻虫胺 Clothianidin (30%悬浮剂, 2 000 倍) (30%SC, 2 000 ×)	代森锰锌 Mancozeb (80%可湿性粉剂, 500 倍) (80%WP, 500 ×)	-	阿维菌素 Abamectin (1.8%乳油, 1 500 倍) (1.8%EC, 1 500 ×) 乙唑螨腈 Cyetpyrafen (30%悬浮剂, 3 000 倍) (30%SC, 3 000 ×)

续表 1 (Table 1 continued)

日期(月·日) Date (month·day)	化学品类别和名称 Types and names of chemicals			
	杀虫剂 Insecticide	杀菌剂 Fungicide	除草剂 Herbicide	杀螨剂 Acaricide
10.26–11.10	–	咪鲜胺 Prochloraz (40%水乳剂, 500 倍) (40%EW, 500 ×)	草铵膦 Glufosinate-ammonium (10%可溶液剂, 200 倍) (10%SL, 200 ×)	–
11.10–11.23	矿物油 Petroleum oil (99%乳油, 200 倍) (99%EC, 200 ×)	乙蒜素 Ethylcin (30%乳油, 1 000 倍) (30%EC, 1 000 ×)	–	–
11.23–12.07	–	–	–	–
12.07–12.23	–	代森锰锌 Mancozeb (80%可湿性粉剂, 500 倍) (80%WP, 500 ×)	–	炔螨特 Propargite (73%乳油, 2 000 倍) (73%EC, 2 000 ×)

– 表示此项无数据, 下表同。1 000 倍表示药剂使用前的稀释倍数, 其它使用浓度的表示方法与此相同。

– means no data in this item, the same below. “1 000 ×” means the chemicals were diluted 1 000 times with water before used, the other concentrations are expressed in the same way. EC: Emulsifiable concentrate; EW: Emulsion, oil in water; SC: Suspension concentrate; SL: Soluble concentrate; WG: Water dispersible granule; WP: Wettable powder.

1.3 数据统计与分析

1.3.1 捕食螨种类鉴定 植绥螨科种类的鉴定参照《中国动物志: 无脊椎动物(第 47 卷)》(吴伟南等, 2009; Xu *et al.*, 2013), 植绥螨种类学名参照 Demite 等(2023)建立的在线植绥螨数据库中的种类名称, 植绥螨中文名称参照《植绥螨系统学及其对有害生物的治理》(吴伟南和方小端, 2021)。

1.3.2 捕食螨数量统计 不同种类植绥螨的个体数量统计来源于玻片上捕食螨数量, 是植绥螨数量的绝对值。

1.3.3 捕食螨种群数量特征分析 捕食螨的种群数量特征采用 Berger-Parker 的优势度指数(D)分析。 $D = N_{\max}/N$, 式中: N_{\max} 为优势种的最大种群数量; N 为全部物种的总个体数(张孝羲, 2002)。

2 结果与分析

2.1 不同调查区植绥螨类群的种群分布

2021 年沙糖橘树上调查采集的捕食螨种类有 5 种, 分别是江原钝绥螨、加州新小绥螨、钝

毛钝绥螨 *A. obtuserellus* Wainstein & Begljarov、尼氏真绥螨和长刺新小绥螨 *N. longispinosus* (Evans)。其中, 对照区内的优势种是江原钝绥螨和加州新小绥螨, 优势度指数分别为 0.49 和 0.40; 常规施药区 T1 内的优势种仅有加州新小绥螨 1 种, 优势度指数为 0.82 (表 2)。

2022 年, 常规施药区沙糖橘树上的植绥螨种类相比 2021 年增加了 1 种, 为墨西哥似前锯绥螨 *Proprioseiopsis mexicanus* Garman。加州新小绥螨是沙糖橘树上植绥螨优势种, 优势度指数为 0.55; 其次为江原钝绥螨, 优势度指数为 0.27。调查区内杂草上植绥螨种类相较沙糖橘树上的植绥螨缺少了尼氏真绥螨和长刺新小绥螨, 增加了真桑新小绥螨和冲绳肩绥螨。杂草上优势种是墨西哥似前锯绥螨, 优势度指数为 0.78 (表 2)。

2023 年, 常规施药区沙糖橘树上的植绥螨种类与 2022 年调查的种类一致, 优势种是加州新小绥螨, 优势度指数为 0.47; 其次为江原钝绥螨, 优势度指数为 0.23。调查区内杂草上植绥螨种类相较沙糖橘树上的植绥螨种类多两种, 分别是真桑新小绥螨和冲绳肩绥螨。杂草上优势种是墨西哥似前锯绥螨, 优势度指数为 0.40; 其次是

表 2 2021-2023 年不同处理区沙糖橘及周围杂草上植绥螨类群分布数量
Table 2 The phytoseiid mites collected on Shatangju and weeds around citrus trees

植绥螨种类 Species of phytoseiid mites	个体数量 (N) Individual number						优势度指数 (D) Dominance index						
	CK	T1	T2	T2W	T3	T3W	CK	T1	T2	T2W	T3	T3W	
植绥螨科 Phytoseiidae	1	303	742	593	188	384	293						
加州新小绥螨 <i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor)	520	611	327	13	181	97	0.40	0.82	0.55	0.07	0.47	0.33	
江原钝绥螨 <i>Amblyseius eharai</i> Amitai & Swirski	634	7	162	9	89	24	0.49	0.01	0.27	0.05	0.23	0.08	
钝毛钝绥螨 <i>Amblyseius obtuserellus</i> Wainstein & Begljarov	95	34	31	4	9	16	0.07	0.05	0.05	0.02	0.02	0.05	
尼氏真绥螨 <i>Euseius nicholsi</i> (Ehara et Lee)	34	2	1	-	34	5	0.03	0.00	0.00	-	0.09	0.02	
长刺新小绥螨 <i>Neoseiulus longispinosus</i> (Evans)	20	88	4	-	31	7	0.02	0.12	0.01	-	0.08	0.02	
墨西哥似前锯绥螨 <i>Proprioseiopsis mexicanus</i> Garman	-	-	68	147	40	116	-	-	0.11	0.78	0.10	0.40	
真桑新小绥螨 <i>Neoseiulus makuwa</i> Ehara	-	-	-	10	-	10	-	-	-	0.05	-	0.03	
冲绳肩绥螨 <i>Scapulaseius okinawanus</i> (Ehara)	-	-	-	5	-	18	-	-	-	0.03	-	0.06	

CK: 对照区; T1: 2021 年常规施药区; T2: 2022 年常规施药区; T2W: 2022 年常规施药区内杂草; T3: 2023 年常规施药区; T3W: 2023 年常规施药区内杂草。

CK: Control; T1: Normal chemical control area in 2021; T2: Normal chemical control area in 2022; T2W: Weed in normal chemical control area in 2022; T3: Normal chemical control area in 2023; T3W: Weed in chemical control area in 2023.

加州新小绥螨, 优势度指数为 0.33 (表 2)。

2.2 不同调查区主要植绥螨的种群动态

2.2.1 对照区沙糖橘上主要植绥螨的种群动态

2021 年对照区沙糖橘上主要植绥螨种类及其高峰期不同 (图 1)。在 8 月 10 日之前, 沙糖橘上优势种为加州新小绥螨, 从 4 月 6 日至 8 月 10 日, 共有 2 个高峰日, 分别为 4 月 21 日和 7 月 8 日。8 月 22 日至 12 月 23 日, 优势种为江原钝绥螨, 也有 2 个高峰日, 分别为 9 月 23 日和 11 月 23 日。从 7 月 27 日至 10 月 26 日, 钝毛钝绥螨在加州新小绥螨的低谷期出现 1 个小高峰, 10 月 7 日后, 随着加州新小绥螨种群数量的上升, 钝毛钝绥螨的种群数量下降。10 月 26 日, 加州新小绥螨达到下半年的最高峰, 11 月 10 日开始, 加州新小绥螨数量开始显著下降。

江原钝绥螨和钝毛钝绥螨全年最高峰出现的时间分别为 9 月 6 日和 9 月 23 日, 但本时间段内田间未采集到加州新小绥螨。

2.2.2 2021 年施药区 T1 沙糖橘上主要植绥螨的种群动态

2021 年施药区 T1 沙糖橘上, 优势植绥螨加州新小绥螨的种群数量随时间变化相较其它捕食螨极其显著 (图 2)。从 4 月 6 日至 6 月 5 日, 加州新小绥螨种群数量保持下降趋势, 7 月 8 日至 7 月 27 日, 加州新小绥螨数量显著上升, 随后持续下降, 8 月 10 日至 9 月 23 日, 加州新小绥螨数量为全年最低水平。10 月 7 日至 10 月 26 日, 加州新小绥螨数量达到年度最高。11 月 10 日至 12 月 23 日, 加州新小绥螨数量出现升降, 但总体数量在 25 至 50 头之间变化。

2.2.3 2022 年施药区 T2 沙糖橘和杂草上主要植绥螨的种群动态

2022 年施药区 T2 沙糖橘和杂

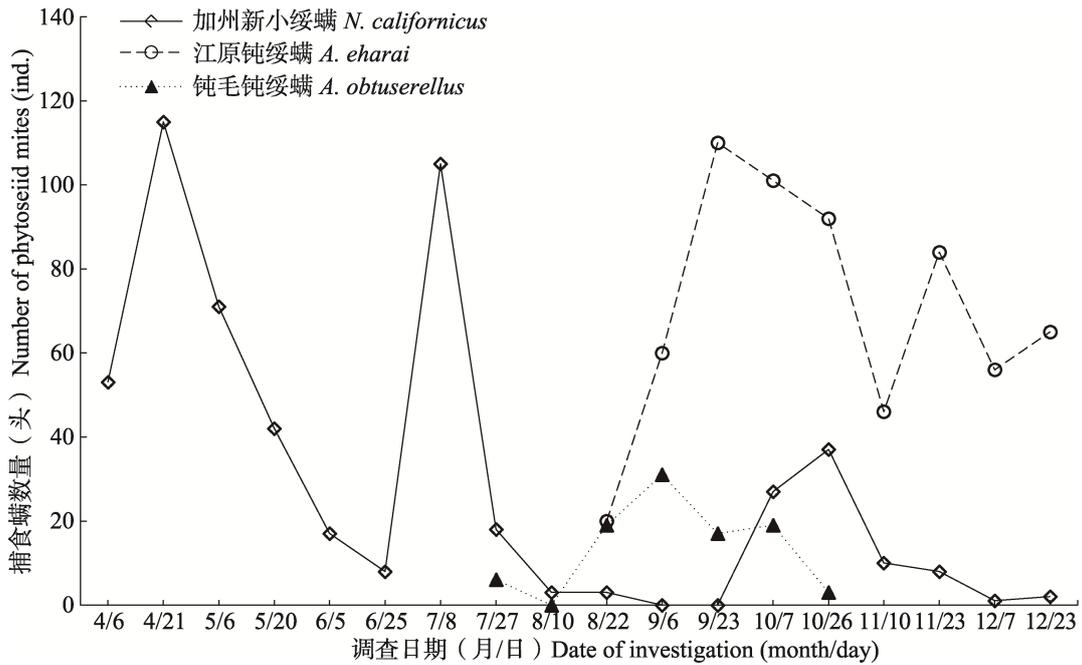


图 1 2021 年对照区沙糖橘上主要植绥螨种类的种群发生动态

Fig. 1 The population dynamics of major phytoseiid mites on Shatangju in the CK area in 2021

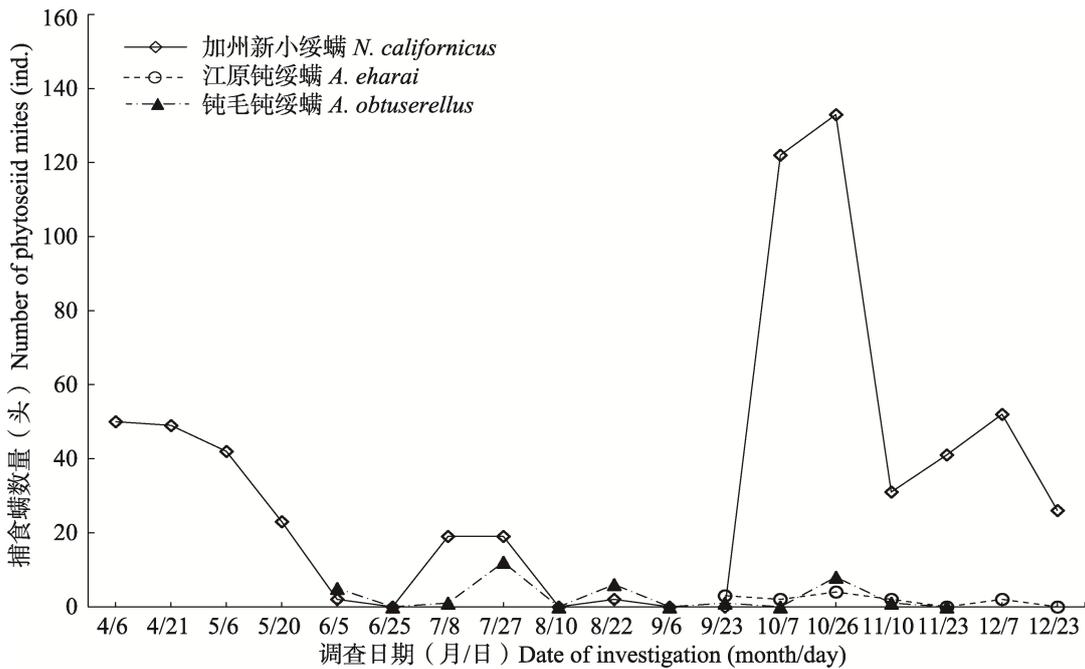


图 2 2021 年施药区 T1 沙糖橘上主要植绥螨种类的种群发生动态

Fig. 2 The population dynamics of major phytoseiid mites on Shatangju in the T1 area in 2021

草上加州新小绥螨和墨西哥似前锯绥螨高峰期随时间呈现显著的变化(图3)。6月6日之前,柑橘上加州新小绥螨有2个小高峰日,分别是2月15日和5月18日。6月6日至8月9日,柑橘上加州小绥螨种群出现全年最高峰,最高峰日

为7月21日;杂草上墨西哥似前锯绥螨也出现全年第一个高峰日,高峰日也为7月21日。8月23日至10月24日,柑橘上加州新小绥螨种群数量显著降低,墨西哥似前锯绥螨在柑橘上出现全年高峰日,高峰日为9月20日;杂草上墨

西哥似前锯绥螨出现全年第二个高峰日, 高峰日为 10 月 9 日。10 月 9 日至 10 月 24 日, 沙糖橘上未发现加州新小绥螨, 杂草上还存在有加州新小绥螨。11 月 9 日至 12 月 9 日, 沙糖橘上加州新小绥螨数量有显著上升。

2.2.4 2023 年施药区 T3 沙糖橘和杂草上主要植绥螨的种群动态 2023 年施药区 T3 沙糖橘和杂草上加州新小绥螨和墨西哥似前锯绥螨的种群动态变化如图 4 所示。沙糖橘上加州新小绥螨在调查时间段内有 3 个高峰时间段, 分别是 4 月 7

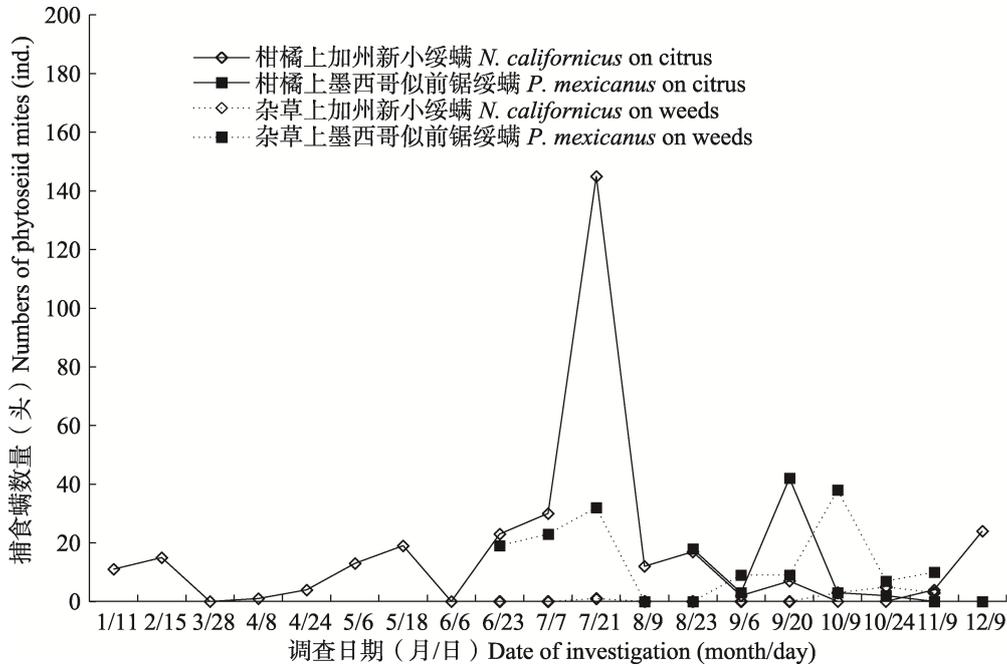


图 3 2022 年施药区沙糖橘和杂草上主要植绥螨种类的种群发生动态

Fig. 3 The population dynamics of major phytoseiid mites on Shatangju and weeds in the chemical control area in 2022

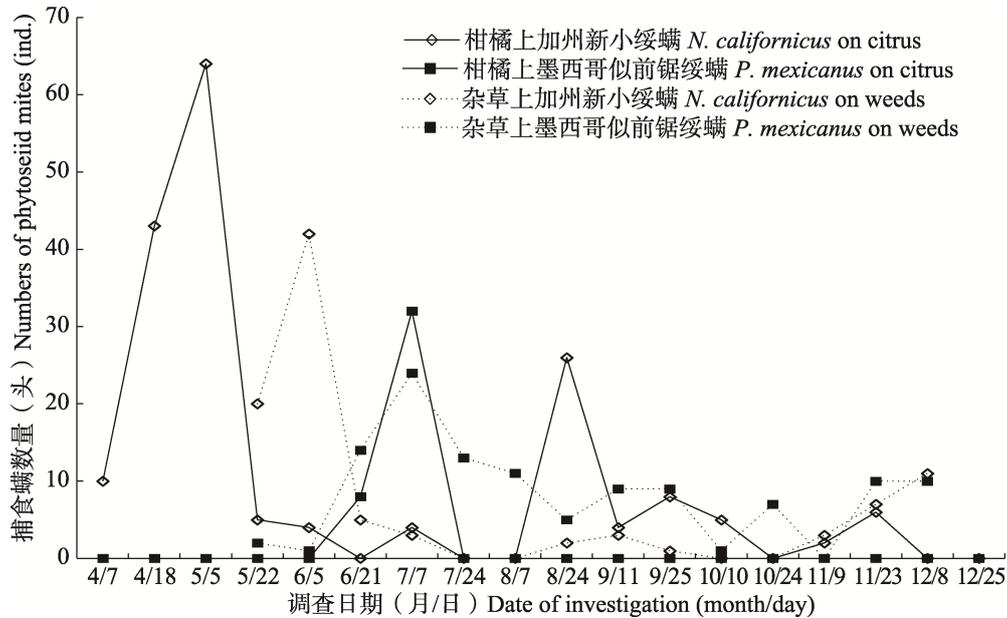


图 4 2023 年施药区沙糖橘和杂草上主要植绥螨种类的种群发生动态

Fig. 4 The population dynamics of major phytoseiid mites on Shatangju and weeds in the chemical control area in 2023

日至5月22日、8月24日至10月10日、11月9日至11月23日,其中,最高峰日为5月5日;沙糖橘上墨西哥似前锯绥螨在调查时间段内仅有1个高峰时间段,6月21日至7月7日,高峰日为7月7日。杂草上加州新小绥螨在调查时间段内有2个高峰时间段,分别是5月22日至7月7日、11月23日至12月8日,其中最高峰日为6月5日;杂草上墨西哥似前锯绥螨在调查时间段内也有2个高峰时间段,分别是6月21日至8月7日、11月23日至12月8日,其中,最高峰日为7月7日。

3 讨论

连续3年调查结果表明,同一地块沙糖橘上的植绥螨优势种均为加州新小绥螨,其次为江原钝绥螨。在未施用化学农药的对照区沙糖橘上江原钝绥螨的优势度稍高于加州新小绥螨,常规施药区内沙糖橘上的植绥螨种类虽然没有显著变化,但加州新小绥螨的优势度显著高于其它种类。加州新小绥螨和江原钝绥螨均为柑橘上常见的优势种类,对柑橘全爪螨均具有显著的控制作用(江汉华和欧高才,1989;蒲天胜等,1990;Kishimoto *et al.*, 2007;覃贵勇等,2013;方小端等,2014;Kishimoto, 2014;李晓杨等,2021)。本研究结果表明,两种植绥螨都是沙糖橘上的优势种,但发生期和发生高峰均存在显著差异。2021年8月10日之前,加州新小绥螨为田间优势种,8月22日之后,江原新小绥螨取代加州新小绥螨成为田间优势种。除气候因素外,食料也是影响这两种植绥螨种群动态变化的主要因素。加州新小绥螨和江原钝绥螨分别属于捕食Ⅱ型(叶螨的选择性捕食者)和捕食Ⅲ型(广食性捕食者)(McMurtry *et al.*, 2013),两种不同捕食类型的捕食螨出现此消彼长的现象有可能跟田间的食物来源有关(Aguilar-Fenollosa *et al.*, 2011)。柑橘白粉虱 *Dialeurodes citri* (Ashmead) 为柑橘梢期主要害虫,以秋梢期发生严重(高俊燕等,2012),2021年的田间调查结果表明,在8月22日之后,柑橘白粉虱发生量比上半年

显著增加(数据未发表)。江原钝绥螨对柑橘白粉虱具有较强的捕食能力,江原钝绥螨可以通过捕食柑橘粉虱来维持种群的稳定(李晓杨等,2021),江原钝绥螨还可以花粉作为替代食物,以此维持种群数量(赵文娟等,2021)。真桑新小绥螨为柑橘园中的优势种,并且对害螨具有一定的控制作用(蒲天胜等,1990),而本研究中仅在杂草上发现有真桑新小绥螨,没有在柑橘树上发现,关于真桑新小绥螨对于柑橘害螨的控制作用有待进一步研究。

农药施用 T1 区与对照区相比调查到的植绥螨种类一致,但其优势种不同,T1 区优势种仅有加州新小绥螨,对照区为江原钝绥螨和加州新小绥螨,且江原钝绥螨在 T1 区中的数量明显减少。已有研究表明,加州新小绥螨相较江原钝绥螨对农药的抗性更高,在常规管理使用农药的柑橘园中,有 50%-60% 的果园存在加州新小绥螨,但在未施用任何化学农药的果园中几乎没有发现有加州新小绥螨(Kishimoto *et al.*, 2007)。方小端等(2014)研究结果表明,在不使用任何农药处理的柑橘园中,江原钝绥螨为绝对优势种,但在化学防治区,江原钝绥螨数量极少或者没有发现。Wari 等(2015)研究了不同栽培措施下日本梨园中的植绥螨种群分布,结果表明,在常规化学防治区,8月中旬之前加州新小绥螨为优势种;8月中旬后,由于化学农药的使用减少,江原钝绥螨逐渐成为优势种。

化学农药中,杀虫(螨)剂对捕食螨的影响显著高于杀菌剂(程小敏等,2013;徐学农等,2013)。2021年,调查区 T1 与对照区相比,捕食螨数量显著降低的时间段为4月6日至4月21日、6月5日至6月25日、8月22日至9月6日和9月6日至9月23日。对照2021年全年用药情况,捕食螨显著降低时间段内与高效氯氰菊酯、吡唑啉菌酯和草铵膦这3种化学农药的使用时间段重合。高效氯氰菊酯对多种捕食螨都具有高毒性(程小敏等,2013);吡唑啉菌酯对捕食螨的毒性尚未有报道,但吡唑啉菌酯对玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostriniae* Pang *et* Chen 的寄

生能力有显著影响,作用时间长(王瑜等,2022);草铵膦虽然对捕食螨没有直接影响,但草铵膦的使用,对柑橘周围的杂草具有灭生性作用,树体周围植被(杂草)对于柑橘上的植绥螨种群具有稳定作用(Aguilar-Fenollosa *et al.*, 2011)。

2022 和 2023 年连续两年的调查结果显示,杂草上的植绥螨种类结构与柑橘树上的基本一致,而且杂草上植绥螨种类更为丰富。墨西哥似前锯绥螨是沙糖橘周围杂草上的优势种,当柑橘上加州新小绥螨种群数量较低时,墨西哥似前锯绥螨可以作为补充,成为沙糖橘上的植绥螨优势种。少毛钝绥螨 *P. asetus* (Chant) 是墨西哥似前锯绥螨的同物异名,栖息植物以草本植物居多(吴伟南和方小端, 2021)。墨西哥似前锯绥螨可以捕食多种猎物,包括蓟马、粉虱和多种叶螨等,是一种优良的本土天敌,具有饲养成本低、田间适应性好和捕食能力强等特点(黄建华等, 2020; 孙莉等, 2022)。加州新小绥螨作为柑橘上的优势种类,当柑橘上种群数量较低时,周围杂草上加州新小绥螨种群数量显著增加,表明果园杂草可以作为加州新小绥螨的临时庇护所。杂草对于果园中捕食螨的稳定性起积极作用(蒲天胜等, 1990)。

因此,在实际生产中,高效氯氰菊酯和除草剂应当慎用,而可以选择联苯肼酯、螺螨酯、吡蚜酮、噻虫嗪和氯虫苯甲酰胺等对加州新小绥螨毒性较小的杀虫(螨)剂(黄婕等, 2019)。吡啶醚菌酯对柑橘园优势捕食螨的影响有待进一步研究。

4 结论

化学农药对沙糖橘上植绥螨的种群结构组成没有显著影响。自然状态下,沙糖橘园的植绥螨优势种类为加州新小绥螨和江原钝绥螨,种群发生高峰时间段存在显著差异。加州新小绥螨对化学农药的整体耐受度相较于其它种类较高,田间使用高效氯氰菊酯会显著抑制柑橘上植绥螨的种群增长。杂草对于稳定果园中捕食螨种群具有积极作用,使用除草剂会间接破坏柑橘园中植绥螨种群的稳定性。

参考文献 (References)

- Aguilar-Fenollosa E, Ibáñez-Gual MV, Pascual-Ruiz S, Hurtado M, Jacas JA, 2011. Effect of ground-cover management on spider mites and their phytoseiid natural enemies in clementine mandarin orchards (II): Top-down regulation mechanisms. *Biological Control*, 59(2): 171-179.
- Barbar Z, 2014. Occurrence, population dynamics and winter phenology of spider mites and their phytoseiid predators in a citrus orchard in Syria. *Acarologia*, 54(4): 409-423.
- Cheng XM, Zheng WW, Zhao WJ, Zhang HY, 2013. Toxicity test of 12 pesticides against predatory mites. *Plant Protection*, 39(2): 184-187. [程小敏, 郑薇薇, 赵文娟, 张宏宇, 2013. 12 种橘园常用农药对 3 种捕食螨的毒力. *植物保护*, 39(2): 184-187.]
- Demite PR, de Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark HA, Castilho RC, 2023. Phytoseiidae Database. Available from: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae (accessed 16/01/2023).
- Fang XD, Lu HL, Song ZW, Ouyang GC, 2019. Temporal and spatial distributions of phytoseiid mites on citrus, *Ageratum conyzoides* and *Praxelis clematidea*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(4): 760-765. [方小端, 卢慧林, 宋子伟, 欧阳革成, 2019. 植绥螨在桔树、藿香蓟、假臭草上的时空分布. *应用昆虫学报*, 56(4): 760-765.]
- Fang XD, Ouyang GC, Lu HL, Guo MF, Meng X, Liu H, 2013. The effects of different control measures on *Panonychus citri* and arthropod enemies in citrus orchards. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(2): 413-420. [方小端, 欧阳革成, 卢慧林, 郭明昉, 孟翔, 刘慧, 2013. 不同防治措施对柑橘全爪螨及橘园天敌类群的影响. *应用昆虫学报*, 50(2): 413-420.]
- Fang XD, Ouyang GC, Lu HL, Guo MF, Wu WN, 2014. Studies on structure and diversity of phytoseiid groups in citrus orchards with different control treatments. *Journal of Environmental Entomology*, 36(2): 133-138. [方小端, 欧阳革成, 卢慧林, 郭明昉, 吴伟南, 2014. 不同防治措施柑橘园植绥螨的类群结构与多样性研究. *环境昆虫学报*, 36(2): 133-138.]
- Fang XD, Ouyang GC, Lu HL, Song ZW, Wu WN, 2016. A new method for surveying mini arthropods such as *Panonychus citri*, predatory mites etc. *China Plant Protection*, 36(7): 47-50. [方小端, 欧阳革成, 卢慧林, 宋子伟, 吴伟南, 2016. 一种调查柑橘全爪螨、捕食螨等微小节肢动物的新方法. *中国植保导刊*, 36(7): 47-50.]
- Gao JY, Guo J, Wang ZR, Zhou DG, Peng MX, Yue JQ, 2012. Study on insect pest species and occurrence rule of main species in Dehong lemon orchard of Yunnan Province. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 24(6): 70-73. [高俊燕, 郭俊, 王自然, 周东果, 彭满秀, 岳建强, 2012. 云南德宏柠檬园害虫种类及主要害虫发生

- 规律研究. *江西农业学报*, 24(6): 70–73.]
- Huang J, Wang M, Men XY, Ji J, Liu YJ, Yin SY, 2019. Safety evaluation of eight commonly used pesticides on *Neoseiulus californicus* in apple orchard. *Shandong Agricultural Sciences*, 51(4): 124–127. [黄婕, 王蔓, 门兴元, 季洁, 刘永杰, 尹淑艳, 2019. 苹果园 8 种常用药剂对加州新小绥螨的安全性评价. *山东农业科学*, 51(4): 124–127.]
- Huang JH, Sun Q, Yang YQ, Lan B, Li XM, 2020. Biological characteristics and rDNA ITS sequence analysis of *Proprioseiopsis asetus* (Acari: Phytoseiidae). *Plant Protection*, 46(1): 208–211, 218. [黄建华, 孙强, 杨迎青, 兰波, 李湘民, 2020. 少毛钝绥螨的生物学特性及 rDNA ITS 序列分析. *植物保护*, 46(1): 208–211, 218.]
- Huang MD, 1979. The relationship between hydrothermal conditions and dynamics of phytoseiid mites in citrus orchards. *Natural Enemies of Insects*, 1(1): 61–65. [黄明度, 1979. 柑桔园水热条件与植绥螨的数量消长. *昆虫天敌*, 1(1): 61–65.]
- Jiang HH, Ou GC, 1989. Descriptions of some common phytoseiid mites in the orange orchard in Hunan. *Journal of Hunan Agricultural College*, 15(1): 62–68. [江汉华, 欧高才, 1989. 湖南省桔园常见植绥螨种类记述和检索. *湖南农学院学报*, 15(1): 62–68.]
- Kishimoto H, 2014. Development and oviposition of six native phytoseiid species (Acari: Phytoseiidae) reared on pink citrus rust mite, *Aculops pelekassi* (Keifer) (Acari: Eriophyidae). *Journal of the Acarological Society of Japan*, 23(2): 71–77.
- Kishimoto H, Teshiba M, Kondoh T, Miyazaki T, Sugiura N, Toda S, Yamasaki R, Wakatsuki H, Motoyama H, Horie H, 2007. Occurrence of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) on citrus in Kyushu district, Japan (in Japanese with English abstract). *Journal of the Acarological Society of Japan*, 16(2): 129–137.
- Landis DA, Wratten SD, Gurr GM, 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45: 175–201.
- Li XY, Zhao WJ, Zheng WW, Zhang HY, 2021. Predation abilities of the *Amblyseius eharai* on different prey species. *Chinese Journal of Biological Control*, 37(3): 443–450. [李晓杨, 赵文娟, 郑薇薇, 张宏宇, 2021. 江原钝绥螨对三种橘园害虫的捕食能力. *中国生物防治学报*, 37(3): 443–450.]
- Liang W, Huang MD, 1994. Influence of citrus orchard ground cover plants on arthropod communities in China: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 50(1): 29–37.
- Liu ZP, 1985. Analysis of the causes affecting the population dynamics of phytoseiid mites. *Plant Protection*, 11(1): 30–32. [刘忠平, 1985. 影响植绥螨种群数量变动的因素分析. *植物保护*, 11(1): 30–32.]
- McMurtry JA, De Moraes GJ, Sourassou NF, 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic & Applied Acarology*, 18(4): 297–320.
- Nyrop J, English-Loeb G, Roda A, 1998. Conservation biological control of spider mites in perennial cropping systems//Barbosa P(ed.). *Conservation Biological Control*. San Diego: Academic Press. 307–333.
- Pu TS, Zeng T, We DW, Pan GH, Liao HN, 1990. On the investigation and utility of predacious mite resources in citrus orchard in Guangxi. *Acta Phytomycol Sinica*, 17(4): 355–358. [蒲天胜, 曾涛, 韦德卫, 潘贵华, 廖皓年, 1990. 广西柑桔园捕食螨资源调查及开发利用. *植物保护学报*, 17(4): 355–358.]
- Qin GY, Li Q, Yang QF, Wang HJ, Jiang CX, 2013. Potential of predacious mite *Neoseiulus californicus* in controlling citrus red mite *Panonychus citri*. *Acta Phytomycol Sinica*, 40(2): 149–154. [覃贵勇, 李庆, 杨群芳, 王海建, 蒋春先, 2013. 加州新小绥螨对柑橘全爪螨的控制潜力. *植物保护学报*, 40(2): 149–154.]
- Song ZW, Fang XD, Zhang BX, Li DS, 2019. Pilot study of the population dynamics of predatory mites and pest leaf mites in citron-lemon orchards. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 56(4): 766–771. [宋子伟, 方小端, 张宝鑫, 李敦松, 2019. 香柠檬捕食螨和叶螨发生动态初报. *应用昆虫学报*, 56(4): 766–771.]
- Song ZW, Zheng Y, Zhang BX, Li DS, 2022. Population dynamics of predatory mites and citrus red mites on three different citrus varieties. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 59(6): 1436–1446. [宋子伟, 郑苑, 张宝鑫, 李敦松, 2022. 三种柑橘品种上捕食螨和柑橘全爪螨种群发生动态调查. *应用昆虫学报*, 59(6): 1436–1446.]
- Sun L, Zheng YQ, Chen X, Chen DS, Zheng CX, 2022. Toxicity of four acaricides to *Tetranychus urticae* Koch and safety assessment to *Proprioseiopsis asetus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Environmental Entomology*, 44(5): 1333–1340. [孙莉, 郑月琼, 陈霞, 陈达嵩, 郑晨昕, 2022. 4 种杀螨剂对二斑叶螨的毒力测定和对少毛钝绥螨的安全性评价. *环境昆虫学报*, 44(5): 1333–1340.]
- Wang Y, Dai XY, Wang RJ, Liu Y, Chen H, Zheng L, Dong XL, Zhai YF, 2022. Effects of residues of pesticides commonly used in corn fields on *Trichogramma ostrinae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) at different time after application. *Acta*

- Entomologica Sinica*, 65(7): 852–865. [王瑜, 代晓彦, 王瑞娟, 刘艳, 陈浩, 郑礼, 董小林, 翟一凡, 2022. 施药后不同时间玉米田中常用农药残留对玉米螟赤眼蜂的影响. *昆虫学报*, 65(7): 852–865.]
- Wari D, Funayama K, Kishimoto H, Toyama M, Sonoda S, 2015. Molecular verification of dispersal of phytoseiid mites from groundcover plants to tree leaves in Japanese peach orchards. *Biological Control*, 80: 143–155.
- Wu WN, Ou JF, Huang JL, 2009. *Fauna Sinica, Invertebrata Vol. 47 Arachnida, Acari, Phytoseiidae*. Beijing: Science Press. 511. [吴伟南, 欧剑锋, 黄静玲, 2009. 中国动物志, 无脊椎动物, 蛛形纲, 蜱螨亚纲, 植绥螨科. 北京: 科学出版社. 511.]
- Wu WN, Fang XD, 2021. *Phytoseiidae Systematics and Management of Pests*. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press. 411. [吴伟南, 方小端, 2021. 植绥螨系统学及其对有害生物的治理. 广州: 广东科技出版社. 411.]
- Wu WN, Lan WM, 1988. Phytoseiid mites of citrus orchards and its utilization. *Entomological Knowledge*, 25(6): 341–344. [吴伟南, 蓝文明, 1988. 我国柑橘园植绥螨及其利用问题. *昆虫知识*, 25(6): 341–344.]
- Xu GL, Wu HJ, Huang ZL, OuYang XJ, 2002. The application of phytoseiid mites in China. *Natural Enemies of Insects*, 24(1): 37–44. [徐国良, 吴洪基, 黄忠良, 欧阳学军, 2002. 中国植绥螨的研究应用. *昆虫天敌*, 24(1): 37–44.]
- Xu XN, Lü JL, Wang ED, 2013. Hot spots in international predatory mite studies and lessons to us. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(2): 163–174. [徐学农, 吕佳乐, 王恩东, 2013. 国际捕食螨研发与应用的热点问题及启示. *中国生物防治学报*, 29(2): 163–174.]
- Yan HX, Zhou BR, 2021. Breeding report of a new Shatangju mandarin cultivar Yueju No.1. *Journal of Fruit Science*, 38(4): 623–626. [闫化学, 周碧容, 2021. 柑橘新品种粤橘 1 号的选育. *果树学报*, 38(4): 623–626.]
- Zhang QB, 2004. Common and most important beneficial organisms in citrus orchard (1). *South China Fruits*, 33(2): 24–25. [张权炳, 2004. 柑桔园中常见的最重要有益生物(一). *中国南方果树*, 33(2): 24–25.]
- Zhang XX, 2002. *Insect Ecology and Forecast*. Beijing: China Agriculture Press. 151–155. [张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社. 151–155.]
- Zhao WJ, Xia S, Zheng WW, Zhang HY, 2021. Effects of predatory mite-pest mite ratio and pollen presence on population dynamics of *Amblyseius eharai* and *Panonychus citri*. *Plant Protection*, 47(1): 148–152. [赵文娟, 夏爽, 郑薇薇, 张宏宇, 2021. 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. *植物保护*, 47(1): 148–152.]
- Zhao WJ, Zheng WW, Zhang B, Yu GL, Hu SQ, Xu XN, Zhang HY, 2014. Effect of different ground cover management on their phytoseiid (Acari: Phytoseiidae) enemies in citrus orchards. *Biocontrol Science and Technology*, 24(6): 705–709.