

曾富义, 吴鹏程, 张曼, 等. 捕食螨防治对柑橘全爪螨及柑橘园中节肢动物群落的影响[J]. 江苏农业学报, 2025, 41(5): 875-882.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2025.05.006

捕食螨防治对柑橘全爪螨及柑橘园中节肢动物群落的影响

曾富义, 吴鹏程, 张曼, 郭峰, 吴国星, 吴毅歆, 何月秋, 高熹
(云南农业大学植物保护学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 为评估捕食螨在生物防治害虫中的效果, 分别采用释放加州新小绥螨 (*Neoseiulus californicus*) 和施用化学药剂 2 种防治方法防治柑橘全爪螨, 并对柑橘树冠层节肢动物群落进行系统调查。研究表明, 捕食螨防治处理在柑橘园中共采集到节肢动物 47 825 只, 分属 2 纲 16 目 128 科 305 种。捕食螨防治处理柑橘园中害虫、中性节肢动物、天敌物种数均显著高于化学药剂防治处理 ($P < 0.05$), 且捕食螨防治处理柑橘园中害虫、天敌个体数均显著高于化学药剂防治处理 ($P < 0.05$)。捕食螨防治处理柑橘园中柑橘全爪螨数量均显著低于对照。捕食螨防治处理柑橘园中节肢动物群落多样性指数、丰富度指数、均匀度指数、稳定性均显著高于化学药剂防治处理 ($P < 0.05$)。捕食螨防治处理柑橘园中优势天敌物种为大草蛉。综上, 加州新小绥螨能有效防治柑橘全爪螨, 同时增加了柑橘园中节肢动物群落丰富度、多样性、稳定性。本研究结果为柑橘全爪螨的生物防治提供了理论依据。

关键词: 加州新小绥螨; 柑橘全爪螨; 节肢动物; 群落特征; 群落稳定性

中图分类号: S436.661.2⁺3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2025)05-0875-08

Effects of predatory mites control on *Panonychus citri* and the arthropod community in citrus orchards

ZENG Fuyi, WU Pengcheng, ZHANG Man, GUO Feng, WU Guoxing, WU Yixin, HE Yueqiu, GAO Xi
(College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: To evaluate the effectiveness of predatory mites in biological pest control, two control methods, namely releasing *Neoseiulus californicus* and applying chemical pesticides, were used to control *Panonychus citri*, and a systematic investigation was carried out on the arthropod community in the canopy of citrus trees. The research results showed that a total of 47 825 arthropods were collected from the citrus orchards treated with predatory mites, belonging to two classes, 16 orders, 128 families, and 305 species. The number of pest species, neutral arthropod species, and natural enemy species in the citrus orchards treated with predatory mites was significantly higher than that in the citrus orchards treated with chemical pesticides ($P < 0.05$), and the number of pest individuals and natural enemy individuals in the citrus orchards treated with predatory mites was also significantly higher than that in the citrus orchards treated with chemical pesticides ($P < 0.05$). The number of *Panonychus citri* in the citrus orchards treated with predatory mites was significantly lower than that in the control. The diversity index, richness index, evenness index, and stability of the arthropod community in the citrus orchards treated with predatory mites were significantly higher than those in the citrus orchards treated with chemical pesticides ($P < 0.05$). The dominant

natural enemy species in the citrus orchards treated with predatory mites was *Chrysopa pallens*. In conclusion, *Neoseiulus californicus* can effectively control *Panonychus citri* and simultaneously increase the richness, diversity, and stability of the arthropod community in citrus orchards. The results of this study provide a theoretical basis for the

收稿日期: 2024-09-29

基金项目: 云南省重大科技专项 (202402AE090003); 云南省中青年学术和技术带头人后备人才项目 (202205AC160077)

作者简介: 曾富义 (2000-), 女, 云南绥江人, 硕士研究生, 主要研究方向为害虫生物防治。(E-mail) zcyysj@163.com

通讯作者: 高熹, (E-mail) chonchon@163.com

biological control of *Panonychus citri*.

Key words: *Neoseiulus californicus*; *Panonychus citri*; arthropods; community characteristics; community stability

芸香科 (Rutaceae) 柑橘属 (*Citrus*) 植物种类繁多,涵盖了生产应用中大部分柑橘栽培品种^[1]。云南省环境条件得天独厚,适于柑橘生长。但随着柑橘产业的不断扩大,害虫对柑橘造成的危害亦日益严重。叶螨科 (Tetranychidae) 全爪螨属 (*Panonychus*) 的柑橘全爪螨 (*Panonychus citri*) 是柑橘园中的常发性、灾害性农业害虫^[2]。柑橘全爪螨的各虫态均可于春季、夏季和干旱少雨的晚秋季群集在柑橘嫩叶、枝梢及果实上刺吸为害,严重影响树势、果实品质和产量^[3-4]。目前,柑橘全爪螨的防治主要依赖杀螨剂或兼有杀螨活性的杀虫剂,其中阿维菌素、甲维盐对柑橘全爪螨的防治效果显著,其次为哒螨灵及螺螨酯^[5]。然而柑橘全爪螨具有极强的繁殖能力,且由于果园种植管理不均衡、农药用量及施用方式不当,柑橘全爪螨对大部分农药产生了不同程度的抗药性^[6-7]。因此,化学防治方法已无法对该害虫进行有效控制,也不满足可持续发展的要求,利用天敌捕食柑橘全爪螨的防治方法逐渐受到关注^[8]。植绥螨科新小绥螨属的加州新小绥螨 (*Neoseiulus californicus*) 是叶螨类的重要天敌,在自然界中广泛存在,已在国际上实现商品化^[9-11]。加州新小绥螨能有效防治二斑叶螨 (*Tetranychus urticae*)、苹果全爪螨 (*Panonychus ulmi*)、卢氏叶螨 (*Tetranychus lude-ni*) 等多种害螨^[12-14]。覃贵勇等^[15]、吴佳蔚等^[16-17] 试验结果表明,加州新小绥螨对柑橘全爪螨的防治效果显著。然而,目前国内对加州新小绥螨的研究多集中于其防治效果,关于加州新小绥螨对果园整体生态环境影响的研究较少。

本研究拟分别采用释放加州新小绥螨和施用化学药剂 2 种防治方法防治柑橘全爪螨,并对柑橘树冠层节肢动物群落进行系统调查,分析不同防治方法对节肢动物群落特征的影响,为柑橘全爪螨的生物防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于云南省保山市龙陵县勐糯镇田坡村(北纬 24°14'53", 东经 99°3'28"), 地处怒江流域,海拔 800~1 200 m,属亚热带低热河谷气候,光照资源

丰富。园内柑橘树按照西北-东南走向成行栽种,行距 4 m,株距 2 m,共 1 310 株,总面积 9 897 m²。柑橘树树龄为 6 年,树高约 2 m,树冠呈圆形。

1.2 试验材料

供试柑橘品种为冰糖橙,原产自湖南黔阳,该品种是由普通甜橙通过芽变选育得到。加州新小绥螨购自福州冠农生物科技有限公司。所用杀菌剂包括 80% 代森锰锌、50% 噁菌灵、250 g/L 啶氧菊酯、200 g/L 氟唑菌酰胺。防治螨虫所用化学药剂包括 5% 阿维菌素、22% 螺虫乙酯、240 g/L 螺螨酯、30% 乙唑螨腈、43% 联苯肼酯、30% 乙螨唑、30% 吡丙·虫螨腈、15% 哒螨灵、5% 唑螨酯、3% 阿维·噁螨酮、30% 联肼·乙螨唑。对捕食螨伤害较小的化学药剂为 5% 阿维菌素、43% 联苯菊酯、15% 哒螨灵。

1.3 试验设计

采用单因素随机区组设计,共设置 3 个处理,分别为捕食螨防治处理(PC)、化学药剂防治处理(CC)和对照(CK)。捕食螨防治处理:释放加州新小绥螨防治柑橘全爪螨,使用常规杀菌剂防治其他病害。在捕食螨释放前 7 d,使用对捕食螨伤害较小的化学药剂防治柑橘全爪螨,以压低虫口密度。试验期间,分别于 5 月 4 日、7 月 1 日、8 月 13 日、8 月 31 日释放捕食螨,每次在每株柑橘树上释放 3 000 只捕食螨。化学防治处理:采用化学药剂防治柑橘全爪螨,每月统一施用 2 次。对照:仅统一喷施杀菌剂,不采取任何害虫防治措施。每个处理设 1 个区组,每个区组划分成若干小区,试验重复 3 次,不同重复间小区随机排列。区组 1、区组 2、区组 3 面积分别为 3 097 m²、3 800 m²、3 000 m²,区组间由宽 4 m 的运输通道隔开。

1.4 节肢动物群落调查方法

于 2021 年 6 月至 2021 年 11 月,对柑橘园节肢动物群落进行系统调查,采用观察法、拍打法、网捕法采集样本。每 15 d 调查 1 次,共进行 10 次调查。相邻 2 个小区间由 4 行柑橘树分隔,因此调查时剔除小区外围 2 行柑橘树。

观察法:在每个小区内,采用五点取样法选取 5 株健康的柑橘树作为观察对象。每个处理设 3 次重复,总计 9 个小区,共 45 株柑橘树。调查时,分别在每株柑橘树的东、南、西、北 4 个方位随机选取 2 根

长约 30 cm 的枝条和 2 颗柑橘果实。肉眼观察,并记录节肢动物的种类和数量。每根枝条上再随机选取 5 片树叶,连同 2 个果实使用放大镜仔细观察,统计柑橘全爪螨活卵数和活螨数,同时采集并记录其他小型昆虫。

拍打法:在每个小区内随机选取 5 株柑橘树,分别在树体东、南、西、北 4 个方位随机选取 2 个枝条(可带花、果),用 9 号塑封袋套住后用力拍打、抖动 5 下,封口后带回实验室分类保存并记录。

网捕法:在每个小区随机选取 5 株柑橘树,使用捕虫网在每株树冠上以倒“8”字形扫 5 次,采集节肢动物,随后带回实验室保存。

将采集到的节肢动物标本均置于体式显微镜下观察,参考相关书籍和文献进行鉴定,分类至目、科水平,并记录种类及数量。根据生物学特性,将其分为害虫、天敌和中性节肢动物,并进一步分析其亚群落结构。

1.5 数据处理

1.5.1 节肢动物群落特征指数 采用多样性指数(H')、均匀度指数(J')、丰富度指数(D_{\max})、优势度指数(D)、优势集中性指数(C)对节肢动物群落进行分析, H' 为基于 Shannon-Wiener 多样性指数的群落多样性指数^[18]。计算公式如下:

$$P_i = N_i / N \quad (1)$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (2)$$

$$J' = H' / \ln S \quad (3)$$

$$D_{\max} = (S-1) / \ln S \quad (4)$$

$$D = N_{\max} / N \quad (5)$$

$$C = \sum_{i=1}^S P_i^2 = \sum_{i=1}^S (N_i / N)^2 \quad (6)$$

式中, N 为群落中所有物种的个体数, N_i 为第 i 个物种的个体数^[19], N_{\max} 为优势种群数, P_i 为第 i 个物种的相对丰度指数^[20], S 为物种数^[21]。

1.5.2 节肢动物群落稳定性分析 采用 S_s/S_i 、 S_n/S_p 、 S_d/S_p 、 N_n/N_p 和 N_d/N_p 对柑橘园节肢动物群落稳定性进行描述。 S_s 为总物种数, S_i 为物种总个体数、 S_n 为天敌亚群落的物种数, S_p 为害虫亚群落的物种数, S_d 为中性亚群落的物种数, N_n 为天敌亚群落的个体数, N_p 为害虫亚群落的个体数, N_d 为中性亚群落的个体数。

1.5.3 主要害虫和主要天敌时间生态位分析 Levins 测度用于衡量生态位宽度指数,Pianka 测度用于衡量生态位重叠指数^[22]。

Levins 测度计算公式如下:

$$B_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^S P_{ij}^2} \quad (7)$$

式中, B_i 为第 i 个物种的生态位宽度, S 为资源的等级数; P_{ij} 为第 i 个物种在第 j 个资源等级中的个体数占该物种所有个体数的比例。

Pianka 测度计算公式如下:

$$a_{ij} = \sum_{a=1}^r P_{ia} P_{ja} / \sqrt{(\sum_{a=1}^r P_{ia}^2)(\sum_{a=1}^r P_{ja}^2)} \quad (8)$$

式中, a_{ij} 为第 i 个物种和第 j 个物种之间的生态位重叠值; P_{ia} 和 P_{ja} 分别为第 i 个物种和第 j 个物种利用 a 资源占总资源等级的比例; r 为资源序列等级数。

2 结果与分析

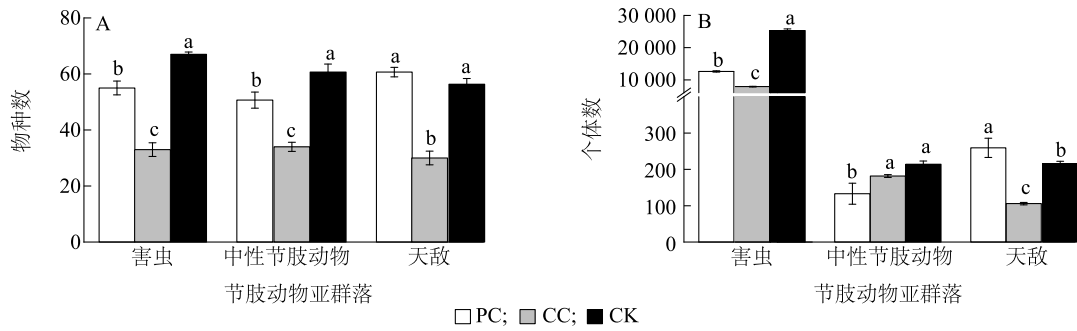
2.1 柑橘园中节肢动物群落组成

如表 1 所示,在柑橘园中共调查到节肢动物 47 825 只,经室内鉴定,节肢动物分属昆虫纲(13 目 111 科 265 种)和蛛形纲(3 目 17 科 40 种)。根据营养和取食关系,将这些节肢动物分为害虫、中性节肢动物和天敌。如图 1 所示,捕食螨防治处理柑橘园中害虫、中性节肢动物、天敌物种数均显著高于化学药剂防治处理($P < 0.05$),且捕食螨防治处理柑橘园中害虫、天敌个体数均显著高于化学药剂防治处理($P < 0.05$)。

表 1 柑橘园中节肢动物群落组成

Table 1 Composition of the arthropod community in citrus orchards

类群	科		种		个体数	
	数量	占比(%)	数量	占比(%)	数量	占比(%)
半翅目	20	15.63	44	14.43	7 283	15.230
鳞翅目	9	7.03	16	5.25	69	0.140
鞘翅目	14	10.94	31	10.16	143	0.300
双翅目	30	23.44	88	28.85	354	0.740
直翅目	2	1.56	3	0.98	4	0.010
缨翅目	1	0.78	5	1.64	286	0.600
脉翅目	1	0.78	1	0.33	80	0.170
膜翅目	23	17.97	64	20.98	268	0.560
啮虫目	6	4.69	7	2.30	28	0.060
蜉蝣目	1	0.78	1	0.32	4	0.010
蜚蠊目	1	0.78	1	0.33	1	0.002
蜻蜓目	2	1.56	3	0.98	4	0.010
螳螂目	1	0.78	1	0.33	1	0.002
蛛形纲	17	13.28	40	13.11	39 300	82.170



PC:捕食螨防治;CC:化学药剂防治;CK:不防治对照。同一亚群落图柱上不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

图 1 柑橘园中节肢动物物种数 (A) 与个体数 (B)

Fig.1 The number of arthropod species (A) and individuals (B) in citrus orchards

2.2 柑橘园中节肢动物群落的动态变化

如图 2a 所示,柑橘园中捕食螨防治处理和对照节肢动物群落物种数总体多于化学药剂防治处理。如图 2b 所示,捕食螨防治处理、化学药剂防治处理、

对照柑橘园中节肢动物群落个体数均在 8 月 23 日出现高峰。捕食螨防治处理和化学药剂防治处理柑橘园中节肢动物群落个体数变化程度较小,说明柑橘园中主要害虫柑橘全爪螨并未出现大规模暴发。

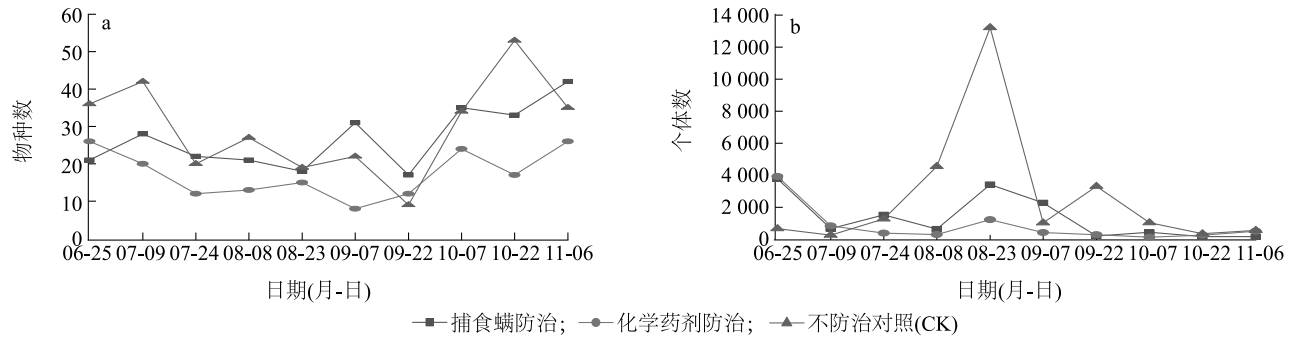
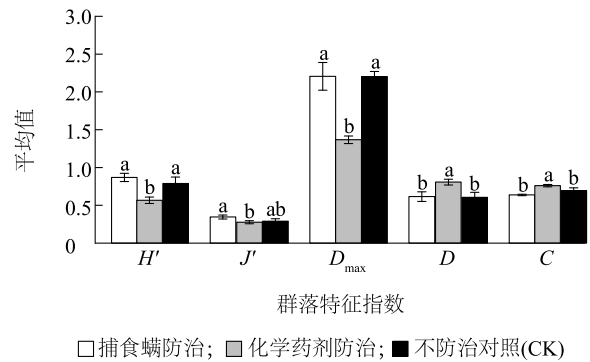


图 2 柑橘园中节肢动物群落物种数 (a) 与个体数 (b) 的动态变化

Fig.2 Dynamic changes in the number of species (a) and individuals (b) of the arthropod community in citrus orchards

2.3 柑橘园中节肢动物群落特征

如图 3 所示,捕食螨防治处理柑橘园中节肢动物群落多样性指数、均匀度指数、丰富度指数均显著高于化学药剂防治处理 ($P < 0.05$)。化学药剂防治处理柑橘园中节肢动物群落优势度指数、优势集中性指数均显著高于捕食螨防治处理 ($P < 0.05$)。捕食螨防治处理柑橘园中节肢动物群落多样性指数、均匀度指数、丰富度指数、优势度指数、优势集中性指数和对照相比均无显著差异 ($P > 0.05$)。



H' :多样性指数; J' :均匀度指数; D_{max} :丰富度指数; D :优势度指数; C :优势集中性指数。相同指标图柱上不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

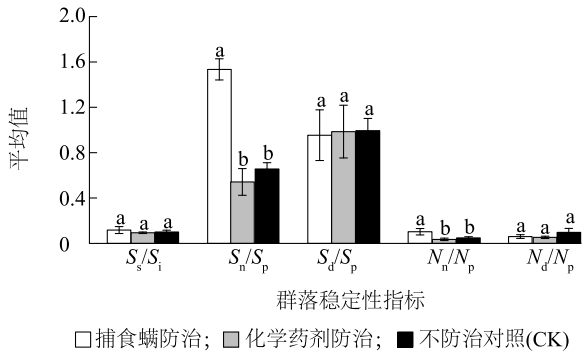
图 3 柑橘园中节肢动物群落特征

Fig.3 Characteristics of the arthropod community in citrus orchards

2.4 柑橘园中节肢动物群落稳定性

如图 4 所示,捕食螨防治处理、化学药剂防治处理、对照柑橘园中节肢动物群落 S_n/S_i 、 S_d/S_p 、 N_d/N_p 均无显著差异 ($P > 0.05$)。捕食螨防治处理柑橘园中节肢动物群落 S_n/S_p 、 N_n/N_p 显著高于化学药剂防

治处理、对照($P < 0.05$)。



S_s :总物种数; S_i :物种总个体数; S_n :天敌亚群落的物种数; S_p :害虫亚群落的物种数; S_d :中性亚群落的物种数; N_n :天敌亚群落的个体数; N_p :害虫亚群落的个体数; N_d :中性亚群落的个体数。

图4 柑橘园中节肢动物群落稳定性

Fig.4 Stability of the arthropod community in citrus orchards

2.5 不同处理对柑橘园中害虫和天敌的影响

2.5.1 害虫发生动态 柑橘全爪螨是柑橘园害虫亚群落中的优势种群。如图5所示,捕食螨防治处理、化学药剂防治处理和对照柑橘全爪螨数均在8月23日出现峰值,且对照峰值显著高于捕食螨防治处理和化学药剂防治处理。7-11月,对照柑橘园中柑橘全爪螨数总体高于捕食螨防治处理和化学药剂防治处理。

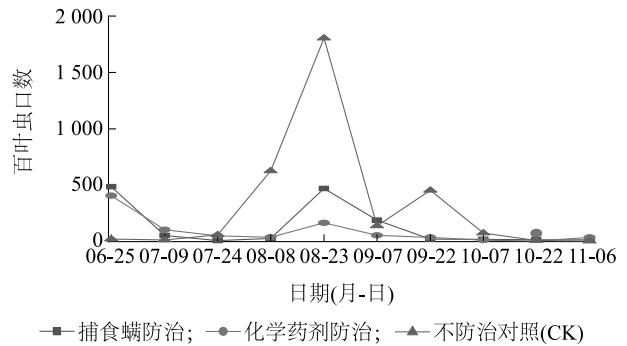
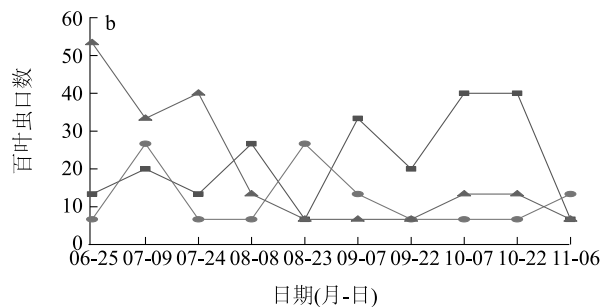
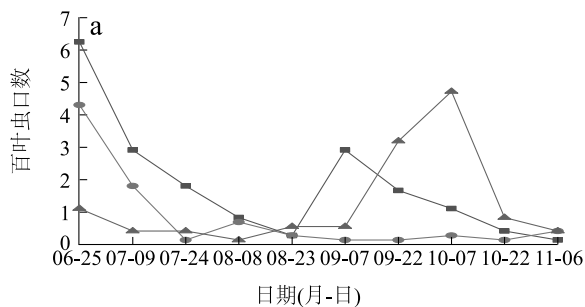


图5 柑橘园中柑橘全爪螨的发生动态

Fig.5 The occurrence dynamics of Panonychus citri in citrus orchards

2.5.2 天敌发生动态 在柑橘园的天敌亚群落中,塔六点蓟马和大草蛉为主要的优势种。如图6a所示,捕食螨防治处理柑橘园中塔六点蓟马数总体高于化学药剂防治处理。化学药剂防治处理柑橘园中塔六点蓟马数在8月8日出现峰值,捕食螨防治处理柑橘园中塔六点蓟马数在9月7日出现峰值,对照柑橘园中塔六点蓟马数在10月7日出现峰值。与对照相比,化学药剂防治处理和捕食螨防治处理柑橘园中塔六点蓟马暴发期提前。如图6b所示,捕食螨防治处理柑橘园中大草蛉数总体上呈波动上升趋势,在9-11月捕食螨防治处理柑橘园中大草蛉数高于化学药剂防治处理和对照。



a:塔六点蓟马(*Scolothrips takahashii*);b:大草蛉(*Chrysopa septempunctata*)。

图6 柑橘园中主要天敌发生动态

Fig.6 The occurrence dynamics of major natural enemies in citrus orchards

2.5.3 柑橘园中害虫及天敌的时间生态位 如表2和表3所示,捕食螨防治处理大草蛉的生态位宽度最大(7.723 4),其次为塔六点蓟马(5.226 2)。捕食螨防治处理塔六点蓟马和柑橘全爪螨生态位重叠指数最高(0.703 7),其次为塔六点蓟马和大草蛉(0.602 4),大草蛉和柑橘全爪螨的生态位重叠指数

最低(0.355 5)。

化学药剂防治处理大草蛉的生态位宽度最大(7.043 5),塔六点蓟马生态位宽度最小(3.061 2)。化学防治处理塔六点蓟马和柑橘全爪螨的生态位重叠指数最高(0.931 5),其次为大草蛉和柑橘全爪螨(0.581 2)。

对照大草蛉的生态位宽度最大(5.964 5),其次为塔六点蓟马(4.293 2)。对照塔六点蓟马和大草蛉的生态位重叠指数最高(0.417 6),塔六点蓟马和

柑橘全爪螨、大草蛉和柑橘全爪螨的生态位重叠指数均较低。

表 2 柑橘园中主要害虫和主要天敌的时间生态位宽度

Table 2 The temporal niche breadth of major pests and major natural enemies in citrus orchards

处理	柑橘全爪螨 (<i>Panonychus citri</i>)	塔六点蓟马 (<i>Scolothrips takahashii</i>)	大草蛉 (<i>Chrysopa septempunctata</i>)
PC	3.444 5	5.226 2	7.723 4
CC	3.921 9	3.061 2	7.043 5
CK	2.656 7	4.293 2	5.964 5

PC:捕食螨防治;CC:化学药剂防治;CK:不防治对照。

表 3 柑橘园中主要害虫和主要天敌的时间生态位重叠指数

Table 3 The temporal niche overlap index of major pests and major natural enemies in citrus orchards

处理	害虫/天敌	柑橘全爪螨 (<i>Panonychus citri</i>)	塔六点蓟马 (<i>Scolothrips takahashii</i>)	大草蛉 (<i>Chrysopa septempunctata</i>)
PC	柑橘全爪螨	1.000 0		
	塔六点蓟马	0.703 7	1.000 0	
	大草蛉	0.355 5	0.602 4	1.000 0
CC	柑橘全爪螨	1.000 0		
	塔六点蓟马	0.931 5	1.000 0	
	大草蛉	0.581 2	0.468 6	1.000 0
CK	柑橘全爪螨	1.000 0		
	塔六点蓟马	0.259 0	1.000 0	
	大草蛉	0.189 9	0.417 6	1.000 0

PC:捕食螨防治;CC:化学药剂防治;CK:不防治对照。

3 讨论

随着化学药剂防治带来的 3R 问题(抗药性、残留、再猖獗),开发生态可持续的防治方法已成为有害生物综合治理的研究热点。本研究发现,捕食螨防治处理柑橘园中节肢动物群落多样性指数、丰富度指数、均匀度指数均显著高于化学药剂防治处理($P < 0.05$),与季洁等^[23]的研究结果一致。且捕食螨防治处理柑橘园中节肢动物群落 S_n/S_p 和 N_n/N_p 均显著高于化学药剂防治处理和对照($P < 0.05$)。明确害虫与天敌的种群动态变化,不仅能为高效实施生态调控提供理论基础^[24],还能最大限度地利用天敌控制害虫种群密度。本研究发现,捕食螨防治处理和化学药剂防治处理柑橘园中柑橘全爪螨数量均显著低于对照,这与覃贵勇等^[15]、吴佳蔚等^[16-17]、黄婕等^[25]的研究结果一致,表明加州新小绥螨对柑橘全爪螨、苹果全爪螨具有较强的控制能力。曾宗

梁等^[26]研究发现,释放烟蚜茧蜂和捕食螨可以长期防治烟蚜和烟蓟马,同时对田间其他天敌种群友好。从天敌与害虫的相互关系来看,柑橘园中柑橘全爪螨为害虫优势种,塔六点蓟马和大草蛉为天敌优势种。塔六点蓟马与柑橘全爪螨、大草蛉与柑橘全爪螨的生态位重叠指数较高,说明塔六点蓟马、大草蛉对柑橘全爪螨存在跟随关系,且两种天敌之间存在竞争关系。其中,塔六点蓟马与柑橘全爪螨的生态位重叠指数高于大草蛉与柑橘全爪螨的生态位重叠指数,表明塔六点蓟马对柑橘全爪螨的跟随作用更强。捕食螨防治处理和对照大草蛉生态位宽度均显著大于塔六点蓟马,且捕食螨防治处理大草蛉生态位宽度大于化学药剂防治处理和对照,表明捕食螨防治处理大草蛉占据更多的资源。塔六点蓟马是中国果园中多种害螨的专食性本土天敌,在生态系统中具有重要作用^[27-28]。作为广食性捕食者,大草蛉不仅能捕食柑橘全爪螨,还能捕食其他农业害虫,活

动范围广泛^[29-30]。因此,相较于专食害螨类的塔六点蓟马,大草蛉的适应能力和生存能力更强。

化学药剂防治在农业病虫害防治中效果显著,但化学药剂会杀死农田里的有益生物以及其他非靶标生物,导致物种多样性降低。虽然捕食螨防治可以增加柑橘园内生物多样性,但其对柑橘全爪螨的防治效果不如化学药剂防治,且释放的捕食螨未能大量繁殖,这可能与本试验捕食螨释放时机不当有关。外界环境不适于捕食螨的生长、繁殖,会导致加州新小绥螨未能快速占据生态位。谢金招等^[31]研究表明,影响捕食螨防治效果的关键因素为释放时机,释放捕食螨前后 15 d 内应保持环境温度在 25 ℃ 左右,并避免使用捕食螨敏感的化学药剂。此外,可以通过生草栽培为捕食螨创造稳定的生态环境和栖息场所^[32]。本研究中,由于杀梢剂的使用,生草栽培所用的藿香蓟出苗率较低,同时长途运输导致捕食螨生命力下降,捕食螨释放时间正值雨季,以及使用化学药剂防治柑橘木虱,这些因素均对捕食螨的定殖产生了不利影响。在以后的研究中,可以在捕食螨释放方式、生草品种选择等方面进行深入探索,以创造出更利于捕食螨生存和繁衍的外界环境。

4 结论

为评估捕食螨在生物防治害虫中的效果,分别采用释放加州新小绥螨和施用化学药剂 2 种防治方法防治柑橘全爪螨,并对柑橘树冠层节肢动物群落进行系统调查。研究表明,捕食螨防治处理柑橘园中害虫、中性节肢动物、天敌物种数均显著高于化学药剂防治处理($P < 0.05$),且捕食螨防治处理柑橘园中害虫、天敌个体数均显著高于化学药剂防治处理($P < 0.05$)。捕食螨防治处理柑橘园中柑橘全爪螨数量均显著低于对照。捕食螨防治处理柑橘园中节肢动物群落多样性指数、丰富度指数、均匀度指数、稳定性均显著高于化学药剂防治处理($P < 0.05$)。捕食螨防治处理柑橘园中优势天敌物种为大草蛉。综上,加州新小绥螨能有效防治柑橘全爪螨,同时增加柑橘园中节肢动物群落的丰富度、多样性、稳定性,具有显著的生态效益。

参考文献:

[1] 邓秀新,彭抒昂. 柑橘学[M]. 北京:中国农业出版社,2013.

- [2] MCGEGOR E A. Classification, food plants, and distribution of the spider mites[J]. Journal of Economic Entomology, 1948, 41(5):684-687.
- [3] 刘映红,李隆术,赵志模. 柑橘全爪螨与柑橘相互作用的研究[J]. 蛛形学报,1995(4):103-110.
- [4] 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.
- [5] 林乾,罗恽,王小柯,等. 6种药剂对柑橘全爪螨的室内毒力[J]. 农技服务,2023,40(10):66-68.
- [6] 唐涛,赵明平,黄生空,等. 乙啶螨腈与螺螨酯混用对柑橘全爪螨的田间防治效果评价[J]. 植物保护,2021,47(4):282-297.
- [7] 石绪根,李娟,张纪利,等. 三种害螨对螺螨酯的抗性研究进展[J]. 生物灾害科学,2014,37(3):211-214.
- [8] 陈慧萍,丛林,李凤敏,等. 柑橘全爪螨防控研究进展[J]. 农药科学与管理,2021,42(5):24-34.
- [9] GERSON U, SMILEY R L, OCHOA R. Mites (Acari) for pest control[M]. Oxford:Blackwell Publishing Ltd,2003.
- [10] TIXIER M S, GUICHOU S, KREITER S. Morphological variation in the biological control agent *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari:Phytoseiidae): consequences for diagnostic reliability and synonymies[J]. Invertebrate Systematics,2008,22(4):453-469.
- [11] 张智慧,蒋春先,李庆. 重要捕食性天敌加州新小绥螨研究文献计量分析[J]. 植物医学,2022,1(4):98-110.
- [12] EL TAJ H F, JUNG C. Effect of temperature on the life-history traits of *Neoseiulus californicus* (Acari:Phytoseiidae) fed on *Panonychus ulmi* [J]. Experimental and Applied Acarology, 2012, 56(3):247-260.
- [13] KATAYAMA H, MASUI S, TSUCHIYA M, et al. Density suppression of the citrus red mite *Panonychus citri* (Acari:Tetranychidae) due to the occurrence of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari:Phytoseiidae) on *Satsuma mandarin* [J]. Applied Entomology and Zoology,2006,41(4):679-684.
- [14] 陈莉,李庆,蒋春先,等. 加州新小绥螨对猕猴桃卢氏叶螨的捕食作用[J]. 中国生物防治学报,2016,32(5):569-574.
- [15] 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.
- [16] 吴佳蔚. 柑橘-柑橘全爪螨-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.
- [17] 吴佳蔚,李庆. 加州新小绥螨对猎物的选择行为及其扩散行为[J]. 中国生物防治学报,2019,35(3):374-381.
- [18] PIELOU E C. The measurement of diversity in different types of biological collections[J]. Journal of Theoretical Biology,1966,13:131-144.
- [19] PIELOU E C. Ecological diversity[M]. New York:John Wiley & Sons,1975.
- [20] SHANNON C E, WEAVER W. The mathematical theory of communication[M]. Urbana:The University of Illinois Press,1949.
- [21] 李东育,陈晓露,韩大勇,等. 不同管理模式苹果园昆虫群落物种组成及其多样性[J]. 江苏农业学报,2021,37(3):589-

- 596.
- [22] PIANKA E R. The structure of lizard communities[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4(1): 53-74.
- [23] 季洁, 张艳璇, 陈霞, 等. 多次释放胡瓜新小绥螨对橘园节肢动物群落多样性的影响[J]. *生物多样性*, 2012, 20(1): 24-31.
- [24] 陆宴辉, 赵紫华, 蔡晓明, 等. 我国农业害虫综合防治研究进展[J]. *应用昆虫学报*, 2017, 54(3): 349-363.
- [25] 黄婕, 王蔓, 门兴元, 等. 加州新小绥螨对苹果全爪螨各螨态的捕食作用[J]. *植物保护学报*, 2020, 47(1): 46-52.
- [26] 曾宗梁, 叶团会, 应羽丰, 等. 人工释放2种天敌昆虫的防治效果及其对烟田天敌昆虫种群的影响[J]. *陕西农业科学*, 2024, 70(6): 44-48.
- [27] GILSTRAP F E. Six-spotted thrips; a gift from nature that controls spider mites[J]. *Thrips Biology and Management*, 1995, 276: 305-316.
- [28] 张金勇, 陈汉杰, 涂洪涛. 塔六点蓟马对山楂叶螨的控制效果[J]. *果树学报*, 2014, 31(5): 922-926.
- [29] 李姝, 王杰, 郭晓军, 等. 天敌昆虫大草蛉的研究进展与展望[J]. *环境昆虫学报*, 2019, 41(2): 241-252.
- [30] 赖艳, 刘星月. 中国草蛉科天敌昆虫及其生防应用研究进展[J]. *植物保护学报*, 2020, 47(6): 1169-1187.
- [31] 谢金招, 陈慈相, 钟八莲. 影响捕食螨防治柑橘害螨效果的主要因素与对策[J]. *江西植保*, 2009, 32(1): 47-48.
- [32] 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.

(责任编辑: 成纾寒)