

# 加州新小绥螨对猎物的选择行为及其扩散行为

吴佳蔚, 李庆\*

(四川农业大学农学院, 成都 611130)

**摘要:** 本文研究了柑橘全爪螨 *Panonychus citri* (McGregor) 不同螨态及其丝网对加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* 的吸引作用和影响加州新小绥螨扩散行为的因素。结果表明, 柑橘全爪螨完整丝网对加州新小绥螨吸引最强, 在试验的 5 h 中, 对加州新小绥螨吸引作用在第 1 h 效果显著, 第 2~5 h 效果极显著, 其中第 3 h 时的吸引作用最强达 78.33%; 柑橘全爪螨雌成螨、若螨和幼螨对加州新小绥螨均具有不同强度的吸引能力, 吸引作用最强时分别达 76.67%、71.67% 和 68.33%; 猎物密度影响不同取食经历下加州新小绥螨的扩散行为, 其扩散时间与生境中的柑橘全爪螨卵初始密度呈正相关, 处于饥饿状态和自身密度较高时会加速加州新小绥螨的扩散行为, 加州新小绥螨雌后若螨扩散时间低于加州新小绥螨雌成螨。

**关键词:** 加州新小绥螨; 柑橘全爪螨; 搜索作用; 扩散

**中图分类号:** S476.2    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1005-9261(2019)03-0374-08

## Prey Preference and Diffusion Behavior of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae)

WU Jiawei, LI Qing\*

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** Preference of *Neoseiulus californicus* (McGregor) for different stages (larva, nymph, female adult) and web-nest of *Panonychus citri* (McGregor) and the factors affecting the predator diffusion were investigated. The results showed that *N. californicus* preferred the most for the intact web-nest of *P. citri*. The predators were significantly attracted to the prey web since 1 h after the starting of evaluation, with the highest rate 78.3% reaching at the 3 h time point over a 5-h observation. The female adult, nymph, and young *P. citri* mites attracted *N. californicus* at varying rates, the highest being 76.67%, 71.67%, and 68.33%, respectively. Diffusion behaviors of *N. californicus* were examined in association with *P. citri* density and with different feeding experience. Diffusion rate of *N. californicus* was positively correlated with the initial prey egg density. Starvation and high density of the predator enhanced diffusion. Diffusion rate also differed between stages, lower in the female nymphs than in the female adults.

**Key words:** *Neoseiulus californicus*; *Panonychus citri*; search function; dispersal

柑橘全爪螨 *Panonychus citri* (McGregor) 又名柑橘红蜘蛛, 是一种全世界范围内广泛分布并对柑橘造成严重为害的农业害螨, 造成的损失可达 30%<sup>[1,2]</sup>。采用“以螨治螨”技术可以有效解决化学防治导致的“3R”问题, 全年可减少使用化学农药 4~6 次, 每亩柑橘果园节约防治成本约 50~100 元<sup>[3-5]</sup>。目前加州新小绥螨已开始用于叶螨的防治, 覃勇贵等<sup>[6]</sup>研究发现, 加州新小绥螨对柑橘全爪螨具有较强的捕食能力和控制

收稿日期: 2018-08-24

基金项目: 国家现代农业产业技术体系四川水果创新团队项目

作者简介: 吴佳蔚, 硕士研究生, E-mail: wujiawei@126.com; \*通信作者, 博士, 教授, E-mail: liq8633@163.com。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.03.009

潜力。广泛应用于田间生物防治的植绥螨不仅要拥有良好的捕食控制能力，还需具有较强的扩散能力和对猎物的搜索能力，这样才能在田间随猎物种群的动态变化而迅速改变自身的空间分布，提高对害螨的防治效果<sup>[7,8]</sup>。巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* 在板栗树释放后，7 d 内可扩散至 4 m 远处，智力小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* 在 7 d 内可扩散至 15 m<sup>[9]</sup>，双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* Wainstein 在不同寄主植物的扩散速率不同，在棉花和菜豆上的扩散速率最快，同时捕食能力也最强<sup>[10]</sup>。加州新小绥螨室内扩散试验的研究表明，朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) 的密度是影响它扩散速率的主要因素，充足的猎物将降低其扩散速率，处于饥饿状态的捕食螨扩散速率较快<sup>[11]</sup>。加州新小绥螨由于其捕食量大、适应性强和耐旱、耐高温等特点具有较大的田间利用潜质，加州新小绥螨作为本土采集的捕食螨还拥有越冬的能力，可以有效降低捕食螨的释放量以节约防治成本，在柑橘全爪螨暴发期前进行有效控制。本文通过研究柑橘全爪螨对加州新小绥螨的吸引作用和影响加州新小绥螨的扩散因素，探索两者之间的互作关系，旨在为田间利用加州新小绥螨防治柑橘全爪螨提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫

加州新小绥螨于 2010 年采集自四川成都市蒲江县，经形态鉴定，DNA 测序对比，并经中国农业科学院植物保护研究所鉴定。在实验室以刀豆叶片饲养的朱砂叶螨为食物，在温度 (25±1) °C、相对湿度 RH (75±5) %、光周期 16L:8D 下建立种群并连续繁殖。

柑橘全爪螨为室外盆栽的 2 年生黄果柑（不进行农药防治）饲养建立的柑橘全爪螨种群。

### 1.2 柑橘全爪螨对加州新小绥螨的吸引作用

参照孙莉等<sup>[12]</sup>方法，采用两侧吸引法测定柑橘全爪螨对加州新小绥螨的吸引作用。

试验设置 6 个处理：（1）黄果柑叶片完整丝网，取受害黄果柑顶端 5 片嫩叶，剪成直径为 3 cm 大小圆片（包含柑橘全爪螨各螨态、取食斑、丝网和排泄物等）；（2）将 20 头柑橘全爪螨雌成螨接入洁净健康直径为 3 cm 黄果柑叶圆片上（下同）；（3）将 20 头柑橘全爪螨若螨接入洁净健康黄果柑叶上；（4）将 20 头柑橘全爪螨幼螨接入洁净健康黄果柑叶上；（5）将 20 头柑橘全爪螨卵接入洁净健康黄果柑叶上；（6）将 50 头柑橘全爪螨雌成螨接入洁净健康黄果柑叶上，静置 5 h 后将螨和卵全部挑走，留下害螨的排泄物和取食斑等。以干净健康的柑橘（黄果柑）叶片为对照。将处理区黄果柑叶圆片与对照区干净的黄果柑叶圆片分别放入 15 cm 培养皿中，培养皿底部铺上一层充分吸水的脱脂棉，两区处理叶片用湿棉线围绕，防止螨逃逸。两个处理区之间分别用干净黄果柑叶剪成长 5 cm、宽 0.5 cm 叶桥相连，桥中央垂直连接长 5 cm、宽 0.5 cm 的叶桥，如图 1 所示。

试验装置置于 25 °C、没有单侧光线的实验室中，测试时分别在各处理的叶桥底部如图 1 所示的释放点处用勾线毛笔接入 1 头待测加州新小绥螨雌成螨，试验开始后的第 1、2、3、4 和 5 h 各观察一次加州新小绥螨所在区域并记录各区域中加州新小绥螨的螨量，20 个装置同时进行试验，每个处理重复 3 次，用于测试后的加州新小绥螨不再参与之后的生测，每重复一次试验后交换对照区和处理区的位置，生测时间为早上 9 点至下午 5 点。

### 1.3 柑橘全爪螨对加州新小绥螨扩散的影响

1.3.1 圆盘设置 参照 1.2 试验方法，设置试验圆盘。将洗干净的健康黄果柑叶片与受到严重为害的黄果柑叶片剪成大小一致的圆片分别放入 15 cm 培养皿中，培养皿底部铺上一层充分吸水的脱脂棉，叶片周围用湿润棉线围绕防止螨逃逸，用长 5 cm、宽 0.5 cm 黄果柑叶片制成的叶桥将叶片相连（图 2）。一侧干净健康叶片中放置不同密度柑橘全爪螨卵分别为 0、5、10、20、40 粒，另一侧则放置大小一致受严重为害的黄果柑叶片用来吸引加州新小绥螨扩散。将待测的 1 头加州新小绥螨用勾线笔挑入健康叶片，等待其适应生境后，接入加州新小绥螨 0.5 h 后用叶桥将另一边的严重为害叶片连接起来，开始观察并记录加州新小绥螨从原有生境爬行扩散至严重为害叶片所需时间。加州新小绥螨处理：（1）1 头非饥饿状态下的加州新小绥螨雌成螨；（2）1 头饥饿状态下的加州新小绥螨雌成螨；（3）5 头非饥饿状态下的加州新小绥螨雌成螨；（4）5 头饥饿状态下的加州新小绥螨雌成螨；（5）1 头非饥饿状态下的加州新小绥螨雌后若螨；

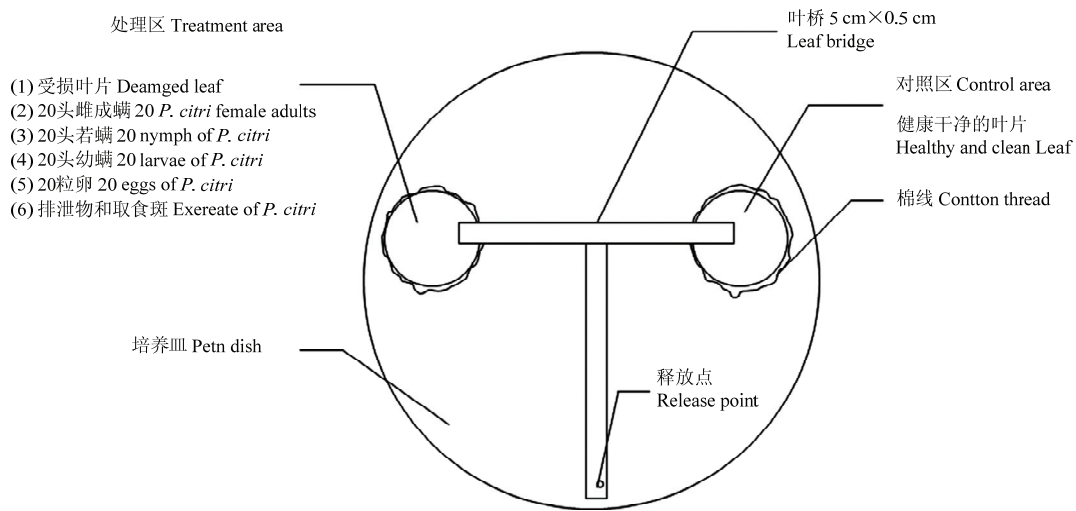


图 1 捕食螨吸引作用试验简单装置

Fig. 1 The sample apparatus of experiment to suction effect of predators

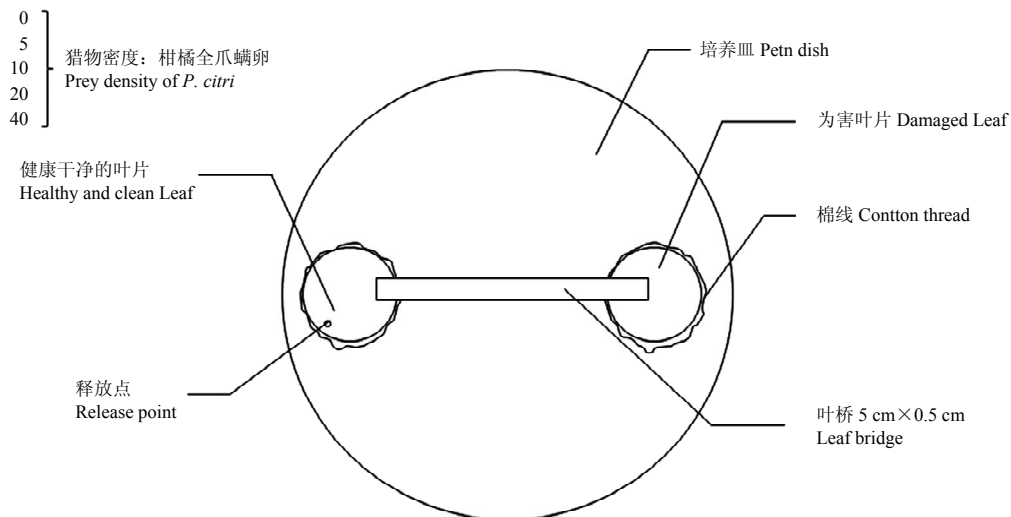


图 2 扩散试验简单装置

Fig. 2 The sample apparatus of dispersal experiment

(6) 1 头饥饿状态下的加州新小绥螨雌后若螨。

1.3.2 观察方法 0.5 h 内连续观察加州新小绥螨的行为，之后每隔 0.5 h 观察 1 次，共计 5 h，记录各处理的扩散时间，当 5 头捕食螨进行测试时，第 1 头螨通过叶桥后便记录。在 5 h 内，有 80% 的加州新小绥螨成功扩散至被严重为害的叶片中，算本次试验成功。试验共 6 个处理，每个处理 30 次重复。

#### 1.4 加州新小绥螨扩散后的捕食量

当捕食螨从健康干净叶片通过叶桥到达为害叶片后，观察并记录健康叶片上被取食的柑橘全爪螨卵的数量。

#### 1.5 数据统计与分析

柑橘全爪螨对加州新小绥螨的吸引作用的所有试验数据分析均在 Excel 和 SPSS 统计分析软件上进行。将在 6 种处理叶片的加州新小绥螨作为选择处理区，将在干净健康叶片的捕食螨作为选择对照区，处于叶桥和逃逸的捕食螨作为选择逃逸区，假设加州新小绥螨在试验过程中能自由选择处理区和对照区，即设  $H_0: P=0.5$ 。单个样本百分数的假设测验用 DPS 软件进行显著性测定 ( $t$  检验)。由于本次试验测试的样本容量达 60，因此无需进行连续性矫正。

加州新小绥螨扩散因素试验先采用 ANOVA 分析不同情况下加州新小绥螨在不同猎物密度所需的爬行扩散时间的差异显著性，如果存在显著差异，再通过 Duncan 氏新复极差法多重比较各处理间的差异 ( $P < 0.05$ )，并同时用 ANOVA 分析同一处理下的加州新小绥螨在不同取食经历下扩散时间的差异显著性 ( $P < 0.05$ )。

各处理加州新小绥螨在扩散过程中对柑橘全爪螨卵的捕食量通过 Duncan 氏新复极差法多重比较各处理间的差异 ( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 柑橘全爪螨完整丝网和各螨态对加州新小绥螨的吸引作用

2.1.1 柑橘全爪螨完整丝网 在试验后的第 1 h，处理区的加州新小绥螨选择率 65.00%，受损叶片柑橘全爪螨完整丝网对加州新小绥螨具有显著的吸引作用；随后的 2~5 h，处理区的柑橘全爪螨完整丝网对加州新小绥螨吸引作用极显著，其中 3 h 时最高，随后的 4、5 h，随着部分柑橘全爪螨被加州新小绥螨捕食，加州新小绥螨开始离开处理区，吸引作用逐渐缓慢减弱（表 1）。

表 1 柑橘全爪螨完整丝网对加州新小绥螨的吸引效果  
Table 1 The attraction response of *P. citri* to *N. californicus* with intact web-nest

时间 Hour (h)	样本数 (头) Sample number	处理区 Treatment area		对照区 Control area		逃逸区 On bridge and escape	
		螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)
1	60	39	65.00*	13	21.67	8	13.33
2	60	42	70.00**	10	16.67	8	13.33
3	60	47	78.33**	7	11.67	6	10.00
4	60	44	73.33**	7	11.67	9	15.00
5	60	43	71.67**	10	16.67	7	11.67

注：\*表示各区域选择率之间差异显著 ( $P < 0.05$ )，\*\*表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )，下同。

Note: \*indicated significant difference during each region selection rate ( $P < 0.05$ ); \*\* indicated extremely significant difference ( $P < 0.01$ ); The notes in the following tables were same with table 1.

2.1.2 柑橘全爪螨雌成螨 柑橘全爪螨雌成螨对加州新小绥螨有较强的吸引作用（表 2）。试验开始第 1 h 已有 58.33%的加州新小绥螨被吸引到处理区，18.33%的加州新小绥螨在对照区，而有 23.33%捕食螨在叶桥上徘徊或逃跑；2、3 h 吸引作用开始显著增强，在试验第 2 h 时处理区的捕食螨量最高，共 46 头，吸引作用极显著；随后的 3~5 h 中，处理区的捕食螨数量逐渐减少，但 3、4 h 仍处于极显著水平，5 h 时仍为显著水平，随着处理区的柑橘全爪螨被捕食，部分加州新小绥螨开始转移到叶桥或逃跑。

表 2 柑橘全爪螨雌成螨对加州新小绥螨的吸引效果  
Table 2 The attraction response of *P. citri* female adults to *N. californicus*

时间 Hour (h)	样本数 (头) Sample number	处理区 Treatment area		对照区 Control area		逃逸区 On bridge and escape	
		螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)
1	60	35	58.33	11	18.33	14	23.33
2	60	46	76.67**	8	13.33	6	10.00
3	60	44	73.33**	8	13.33	8	13.33
4	60	40	66.67**	13	21.67	7	11.67
5	60	38	63.33*	14	23.33	8	13.33

2.1.3 柑橘全爪螨若螨 柑橘全爪螨的若螨对加州新小绥螨有一定吸引作用（表 3）。试验开始后第 1 h 时，有 63.33%的加州新小绥螨被吸引到处理区，在随后的 2、3h 时吸引作用增强，在第 2 h 达显著水

平,而在第 3 h 时达极显著水平;随着处理区的柑橘全爪螨的若螨被加州新小绥螨捕食,取食后的捕食螨开始向对照区扩散、在叶桥徘徊或逃跑,在试验 4、5 h 时,处理区的加州新小绥螨的选择率分别为 55%和 50%。

表 3 柑橘全爪螨若螨对加州新小绥螨的吸引效果

Table 3 The attraction response of *P. citri* nymph to *N. californicus*

时间 Hour (h)	样本数 (头) Sample number	处理区 Treatment area		对照区 Control area		逃逸区 On bridge and escape	
		螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)
1	60	38	63.33*	10	16.67	12	20.00
2	60	39	65.00*	9	15.00	12	20.00
3	60	43	71.67**	11	18.33	6	10.00
4	60	33	55.00	20	33.33	7	11.67
5	60	30	50.00	19	31.67	11	18.33

2.1.4 柑橘全爪螨幼螨 柑橘全爪螨的幼螨对加州新小绥螨有一定吸引作用(表 4)。在第 1、2 h 时加州新小绥螨的选择率分别为 51.67%和 60.00%,而在试验第 3 h 时,柑橘全爪螨幼螨对加州新小绥螨吸引作用最高,共有 68.33%加州新小绥螨选择处理区,吸引作用极显著;第 5 h 吸引作用降低。

表 4 柑橘全爪螨幼螨对加州新小绥螨的吸引效果

Table 4 The attraction response of *P. citri* larvae to *N. californicus*

时间 Hour (h)	样本数 (头) Sample number	处理区 Treatment area		对照区 Control area		逃逸区 On bridge and escape	
		螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)
1	60	31	51.67	18	30.00	11	18.33
2	60	36	60.00	20	33.33	4	6.67
3	60	41	68.33**	13	21.67	6	10.00
4	60	39	65.00*	9	15.00	12	20.00
5	60	29	48.33	11	18.33	20	33.33

2.1.5 柑橘全爪螨卵 柑橘全爪螨的卵对加州新小绥螨没有明显的吸引作用(表 5)。在整个试验期间处理区的加州新小绥螨量最高时在第 1 h,仅达到 61.67%,在第 5 h 时最低,为 43.33%,整个过程中均未出现显著吸引作用,在叶桥徘徊或逃跑的捕食螨最高达 33.33%。

表 5 柑橘全爪螨卵对加州新小绥螨的吸引效果

Table 5 The attraction response of *P. citri* eggs to *N. californicus*

时间 Hour (h)	样本数 (头) Sample number	处理区 Treatment area		对照区 Control area		逃逸区 On bridge and escape	
		螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)
1	60	37	61.67	14	23.33	9	15.00
2	60	29	48.33	14	23.33	17	28.33
3	60	33	55.00	19	31.67	8	13.33
4	60	31	51.67	9	15.00	20	33.33
5	60	26	43.33	15	25.00	19	31.67

2.1.6 柑橘全爪螨排泄物 柑橘全爪螨的排泄物对加州新小绥螨吸引作用不显著(表 6)。在整个试验期间,处理区的加州新小绥螨量最高仅达到 60.00%,在第 2 h 时最低,整个过程中均未出现显著吸引作用,在叶桥徘徊或逃跑的加州新小绥螨最高达 40.00%。

表 6 柑橘全爪螨排泄物对加州新小绥螨的吸引效果  
Table 6 The attraction response of excreta of *P. citri* to *N. californicus*

时间 Hour (h)	样本数 (头) Sample number	处理区 Treatment area		对照区 Control area		逃逸区 On bridge and escape	
		螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)	螨量 (头)	选择率 (%)
1	60	29	48.33	10	16.67	21	35.00
2	60	24	40.00	20	33.33	16	26.67
3	60	32	53.33	15	25.00	13	21.67
4	60	36	60.00	19	31.67	5	8.33
5	60	27	45.00	9	15.00	24	40.00

2.2 影响加州新小绥螨扩散的因素

加州新小绥螨在不同取食经历下，扩散至叶桥另一端的为害叶片上所需时间与猎物密度呈正相关关系，且两者之间相互独立，不存在交互作用。

猎物密度影响加州新小绥螨的扩散时间，扩散时间随猎物密度升高而增加，且随密度升高增幅变小。当柑橘全爪螨卵密度为 40 粒时，6 个处理下的加州新小绥螨的平均扩散时间均显著高于猎物密度为 0 和 5 处理 ( $P < 0.05$ )；当柑橘全爪螨卵密度为 20 和 10 粒时，无论是饥饿状态还是非饥饿状态，加州新小绥螨扩散时间均显著高于猎物卵密度为 0 处理的；当卵密度为 5 粒时，处于饥饿和非饥饿状态下的 1 头、5 头雌成螨的扩散时间均高于卵密度为 0 时的；其他各处理之间的扩散时间无显著差异 ( $P > 0.05$ ) (表 7)。

饥饿与非饥饿取食经历对加州新小绥螨扩散时间的影响并未呈现规律性变化。处于饥饿状态下的 1 头加州新小绥螨雌成螨所需的扩散时间在猎物密度为 0、20 和 40 粒时显著低于 1 头加州新小绥螨雌后若螨 ( $P < 0.05$ )；在猎物密度为 5、10 和 40 粒时，1 头加州新小绥螨雌成螨的扩散时间显著高于 5 头加州新小绥螨雌成螨处理的扩散时间 ( $P < 0.05$ )；5 头加州新小绥螨雌成螨的扩散时间在除卵密度为 5 粒时的 4 个密度下均显著低于 1 头加州新小绥螨雌后若螨 ( $P < 0.05$ )；而处于非饥饿状态下的 1 头加州新小绥螨雌成螨仅在卵密度为 5 粒时的扩散时间显著高于密度为 1 头加州新小绥螨雌后若螨，但其扩散时间在所有卵密度中均显著高于密度 5 头雌成螨的扩散时间 ( $P < 0.05$ ) (表 7)。

表 7 柑橘全爪螨卵密度对加州新小绥螨扩散时间的影响  
Table 7 Effects of egg densities of *P. citri* on giving-up time of *N. californicus* (min)

取食经历 Feeding experience	加州新小绥螨 <i>N. californicus</i>	柑橘全爪螨卵初始密度 (粒) The initial density of <i>P. citri</i> eggs				
		0	5	10	20	40
饥饿 In starvation	1 头雌成螨 One female adult	5.90 ± 0.91 Bc	25.30 ± 3.43 Ab	31.55 ± 3.81 Aab	37.95 ± 3.85 Ba	41.50 ± 2.86 Ba
	5 头雌成螨 Five female adults	6.10 ± 0.65 Bc	14.35 ± 1.61 Bb	20.65 ± 1.68 Bb	25.80 ± 2.76 Bab	29.40 ± 3.03 Ca
非饥饿 In non starvation	1 头雌后若螨 One nymph mite	9.50 ± 1.23 Ac	16.30 ± 1.93 Bc	36.35 ± 6.02 Ab	51.40 ± 5.90 Aab	56.65 ± 5.58 Aa
	1 头雌成螨 One female adult	10.20 ± 1.31 Ac	32.30 ± 4.22 Ab	40.85 ± 7.04 Ab	61.20 ± 7.23 Aab	73.65 ± 8.83 Aa
	5 头雌成螨 Five female adults	5.50 ± 0.90 Bc	16.70 ± 2.05 Bb	18.80 ± 1.68 Bb	32.30 ± 3.93 Ba	40.20 ± 4.28 Ba
	1 头雌后若螨 One nymph mite	13.50 ± 1.60 Ac	20.55 ± 2.29 Bc	47.65 ± 7.04 Ab	74.70 ± 7.23 Aab	80.80 ± 8.83 Aa

注：表中数据为平均值 ± 标准误。不同大、小写字母分别代表同列和同行间数据在  $P < 0.05$  水平差异显著 (Duncan 氏新复极差法)。

Note: Data were mean ± SE. Different lowercase letters and uppercase letters following the data indicated significant difference at  $P < 0.05$  level by Duncan's new multiple range test among the same row and the same column, respectively.

2.3 加州新小绥螨扩散后的捕食量

经饥饿与非饥饿取食经历的加州新小绥螨雌成螨与雌后若螨捕食量均随猎物柑橘全爪螨卵密度升高而升高。无论是饥饿还是非饥饿状态，均以 40 粒猎物卵密度下，密度为 5 头加州新小绥螨雌成螨的捕食量最高 (表 8)。

在相同经历和相同的猎物卵密度下，加州新小绥螨雌成螨捕食量高于雌后若螨。在同一螨态下，捕食螨密度高则捕食量高，无论是饥饿还是非饥饿经历下，均以密度为 5 头时的加州新小绥螨捕食量最大，其次为密度为 1 头时的加州新小绥螨雌成螨 (表 8)。

表 8 加州新小绥螨扩散后对柑橘全爪螨卵的捕食量  
Table 8 Number of *P. citr* eggs consumed by *N. californicus* after dispersal

取食经历 Feeding experience	加州新小绥螨 <i>N. californicus</i>	柑橘全爪螨卵初始密度 (粒) The initial density of <i>P. citr</i> eggs			
		5	10	20	40
饥饿 In starvation	1 头雌成螨 One female adult	2.70±0.25 Bc	3.75±0.39 Bc	6.40±0.41 Bb	14.35±0.70 Ba
	5 头雌成螨 Five female adults	4.45±0.17 Ac	6.40±0.30 Abc	9.10±0.42 Ab	18.40±1.83 Aa
非饥饿 In non starvation	1 头雌后若螨 One nymph mite	1.95±0.31 Cc	3.20±0.40 Bc	5.85±0.50 Bb	11.30±0.79 Ba
	1 头雌成螨 One female adult	2.05±0.28 Bc	3.55±0.44 Bb	7.00±0.46 Aa	7.80±0.59 Ba
	5 头雌成螨 Five female adults	3.10±0.25 Ad	4.85±0.29 Ac	7.70±0.35 Ab	16.10±0.86 Aa
	1 头雌后若螨 One nymph mite	2.15±0.31 Bb	2.20±0.30 Cb	4.50±0.42 Ba	5.55±0.52 Ba

注: 表中数据为平均值±标准误。不同大、小写字母分别代表同列和同行间数据在  $P<0.05$  水平差异显著 (Duncan 氏新复极差法)。

Note: Data were mean±SE. Different lowercase letters and uppercase letters following the data indicated significant difference at  $P<0.05$  level by Duncan's new multiple range test among the same row and the same column, respectively.

### 3 讨论

本文通过柑橘全爪螨各螨态及丝网对加州新小绥螨的吸引研究后表明, 加州新小绥螨对柑橘全爪螨拥有良好的自动搜索能力和控制作用。试验过程中, 柑橘全爪螨完整丝网、雌成螨、若螨和幼螨对加州新小绥螨具有显著吸引效果, 在第 2 或 3 h 处理区中的加州新小绥螨螨量达到最高值, 这与张艳璇等<sup>[12]</sup>对山楂叶螨 *Tetranychus veinnensis* Zacher 和胡瓜钝绥螨 *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) 的吸引作用研究结果相似。通过试验观察发现, 加州新小绥螨在试验开始时的第 1 h 开始搜索猎物适应环境, 当到达处理区后进行取食, 叶片中猎物密度降低后又进行扩散, 这与低密度猎物生境会加速加州新小绥螨的扩散行为研究结果一致<sup>[13]</sup>。柑橘全爪螨的卵和排泄物在整个试验过程中均未对加州新小绥螨有显著吸引作用, 通过观察发现, 柑橘全爪螨的卵更容易被加州新小绥螨捕食, 因此在第 1 h 就有 61.67% 的加州新小绥螨位于处理区中, 但猎物很快被捕食完毕后, 导致接下来的试验过程中, 加州新小绥螨在逃逸区和对照区进行扩散。

螨类的扩散行为是一个受多种因素综合影响的复杂过程, 主要的扩散方式为风力传播、雨水传播、动植物携带和爬行, 而最主要的近距离扩散方式是主动爬行迁移<sup>[14]</sup>。捕食螨在植株上的扩散过程中, 寄主植物受到高密度害螨为害后所产生的挥发物就能吸引捕食螨去寻找猎物, 植绥螨的扩散行为不仅与猎物和寄主植物相关, 与自身密度和状况也息息相关。通过观察发现, 猎物密度对加州新小绥螨的扩散行为具有强烈的影响, 当猎物被取食后, 加州新小绥螨会进入饥饿状态从而加速其扩散速率<sup>[15]</sup>。据报道, 温度也是影响加州新小绥螨扩散行为的主要因素之一, 对于刚进入产卵阶段的雌成螨来说, 其所在生境的温度越高、光照强度越强时, 加州新小绥螨的扩散速度会显著升高<sup>[16,17]</sup>。研究加州新小绥螨的扩散因素, 有利于捕食螨在田间释放效果的提升, 解决实际问题, 提高防治效果。

### 参 考 文 献

- [1] 毛加梅, 付小猛, 王自然, 等. 我国柑橘园病虫害有机防控现状和展望[J]. 中国果树, 2018(2): 44-47.
- [2] 雷清. 柑橘害虫发生流行趋势及综合防治技术[J]. 南方农业, 2016, 10(18): 48-50.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 裴强, 冯春刚, 陈力, 等. 巴氏钝绥螨防控柑橘全爪螨应用效果[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(11): 33-36.
- [6] 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.
- [7] Xiao Y, 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.
- [8] Skirvin D, Fenlon J. Of mites and movement: the effects of plant connectedness and temperature on movement of *Phytoseiulus persimilis*[J]. Biological

- Control, 2003, 27(3): 242-250.
- [9] 许长新, 焦蕊. 巴氏新小绥螨在板栗上的扩散规律[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 1051-1053.
- [10] 张燕南, 顾佳敏, 陈静, 等. 寄主植物对双尾新小绥螨运动速率及捕食能力的影响[J]. 昆虫学报, 2018, 61(9): 1047-1053.
- [11] Helal E M, Donia A R, Elhamid M M A, *et al.* Abundance of insect and mite species in some citrus orchards[C]. International Conference on Integrated Fruit Production, 2000.
- [12] 张艳璇, 孙莉, 林坚贞, 等. 柑橘木虱及分泌物对胡瓜新小绥螨的吸引作用研究[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(2): 447-453.
- [13] Bowler D E, Yano S, Amano H. The non-consumptive effects of a predator on spider mites depend on predator density[J]. Journal of Zoology, 2013, 289(1): 52-59.
- [14] Croft B A, Jung C. Phytoseiid dispersal at plant to regional levels: a review with emphasis on management of *Neoseiulus fallacis* in diverse agroecosystems[J]. Experimental and Applied Acarology, 2001, 25(10-11): 763-784.
- [15] 陈俊谕, 马华博, 张方平, 等. 不同饥饿程度的拟小食螨瓢虫成虫摄食朱砂叶螨前后的运动格局变化[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(1): 140-147.
- [16] 穆丹, 付建玉, 刘守安, 等. 虫害诱导的植物挥发物代谢调控机制研究进展[J]. 生态学报, 2010, 30(15): 4221-4233.
- [17] Xu X, Wang B, Wang E, *et al.* Comments on the identity of *Neoseiulus californicus* sensu lato (Acari: Phytoseiidae) with a redescription of this species from southern China[J]. Systematic and Applied Acarology, 2013, 18(4): 329-344.