



卢塘飞, 陈俊谕, 张方平, 叶政培, 李磊, 符悦冠. 不同猎物及密度对巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨同类相残和集团内捕食作用的影响[J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (1): 214–223.

不同猎物及密度对巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨 同类相残和集团内捕食作用的影响

卢塘飞^{1,2}, 陈俊谕², 张方平², 叶政培², 李磊², 符悦冠^{2*}

(1. 海南大学植物保护学院, 海口 570228; 2. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海口 571101)

摘要: 明确不同猎物及密度下巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* 与拉戈钝绥螨 *Amblyseius largoensis* (Muma) 的同类相残和集团内捕食作用, 为其协同应用控制橡胶树害螨提供依据。在室温 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $75\% \pm 5\%$ 、光周期 12 L: 12 D 条件下, 以六点始叶螨 *Eotetranychus sexmaculatus* (Riley)、比哈小爪螨 *Oligonychus biharens* (Hirst) 和东方真叶螨 *Eutetranychus orientalis* (Klein) 为集团外猎物, 观察巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨对集团内和集团外猎物的捕食选择行为, 以及不同集团外猎物密度下两种捕食螨对同种和异种捕食螨的捕食作用。巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨对异种个体及集团外不同猎物的捕食偏好性及捕食时间存在明显差异。巴氏新小绥螨偏好取食集团外猎物, 异种捕食螨拉戈钝绥螨残存率达到 80.00% 以上; 拉戈钝绥螨偏好取食集团外猎物六点始叶螨和比哈小爪螨, 而当东方真叶螨存在时, 其更偏好取食异种捕食螨巴氏新小绥螨 (残存率为 26.67%); 发生集团内捕食时, 拉戈钝绥螨为集团内捕食者, 而巴氏新小绥螨为集团内猎物。集团外猎物密度可显著影响巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨同类相残作用, 尤以猎物六点始叶螨对巴氏新小绥螨和东方真叶螨对拉戈钝绥螨影响最为明显, 其充足时比无猎物时捕食量分别下降了 68.85% 和 62.90%。巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨的集团内捕食分别以比哈小爪螨和六点始叶螨的影响最大, 猎物充足时比无猎物时捕食量下降了 80.00% 和 69.44%, 但拉戈钝绥螨在以东方真叶螨为猎物时集团内捕食受猎物密度影响较小, 猎物充足时取食量与猎物不足时接近, 比无猎物时捕食量只下降 20.83%。集团外猎物六点始叶螨、比哈小爪螨存在时, 巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨表现为偏好选择集团外猎物, 密度增加对两种植绥螨的同类相残和集团内捕食作用有明显抑制作用, 但东方真叶螨充足与否, 拉戈钝绥螨对巴氏新小绥螨的集团内捕食作用影响差异不显著。

关键词: 巴氏新小绥螨; 拉戈钝绥螨; 捕食偏好性; 捕食量; 猎物

中图分类号: Q968.1; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 01-0214-10

Effects of prey species and density on cannibalism and intraguild predation of predacious mites *Neoseiulus barkeri* and *Amblyseius largoensis*

LU Tang-Fei^{1,2}, CHEN Jun-Yu², ZHANG Fang-Ping², YE Zheng-Pei², LI Lei², FU Yue-Guan^{2*}

(1. College of Plant Protection, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China)

Abstract: The study aims to clarify the cannibalisms and intraguild predations of *Neoseiulus barkeri* and *Amblyseius largoensis* with different spider mite species and densities. This knowledge will allow us to establish a reasonable predacious mite combination for biological control of major spider mites on rubber

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2020YFD1000600); 橡胶产业体系害虫防控岗位 (CARS-33-BC2); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项-中国热带农业科学院院级创新团队项目 (1630042017009)

作者简介: 卢塘飞, 女, 1995 年生, 海南东方人, 硕士研究生, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: lht229191@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 符悦冠, 男, 博士, 研究员, 主要研究方向为害虫综合防治, E-mail: fygeatas@163.com

收稿日期 Received: 2020-11-09; 接受日期 Accepted: 2021-01-10

trees. Under the condition of 27°C, 70% ± 5% humidity, and photoperiod 12 L: 12 D, the predilections between spider mite predation and intraguild predation of *N. barkeri* and *A. largoensis* were assessed. Afterwards, the effects of spider mite species and density on intraguild predations and cannibalisms of two predators were evaluated. The predation preferences and consuming times for spider mite predations and intraguild predations of two predacious mites were different. *N. barkeri* preferred always spider mites, the survival rate of *A. largoensis* was more than 80.00% compared to all spider mites. However, *A. largoensis* preferred spider mites, only when *Eotetranychus sexmaculatus* or *Oligonychus biharens* existed. In case, *Eutetranychus orientalis* existed, it preferred to prey on *N. barkeri* (survival rate: 26.67%). In the intraguild predation interaction of two predacious mites, *A. largoensis* seemed the predator and *N. barkeri* was likely the prey. The cannibalisms of *N. barkeri* and *A. largoensis* significantly decreased when spider mites existed, especially when sufficient numbers of *E. sexmaculatus* and *O. biharens* were provided to *N. barkeri* and *A. largoensis*, respectively, the cannibalisms decreased 68.85% and 62.90% compared to spider mite absent. Similarly, the intraguild predations of *N. barkeri* and *A. largoensis* decreased when spider mites existed, especially when sufficient numbers of *O. biharens* and *E. sexmaculatus* were provided to *N. barkeri* and *A. largoensis*, the intraguild predations of *N. barkeri* and *A. largoensis* decreased 80.00% and 69.44% compared to spider mite absent. However, the density of *E. orientalis* did affect the intraguild predation of *A. largoensis* on *N. barkeri*. When sufficient number of *E. orientalis* was provided, the predation number of *A. largoensis* on *N. barkeri* decreased only 20.83% compared to spider mite absent. When the spider mites *E. sexmaculatus* and *O. biharens* existed, both predacious mites preferred spider mites than intraguild predation. The increase of spider mite densities could decrease both cannibalisms and intraguild predations of the two predacious mites. However, *E. orientalis* and its density had only limited influence on the intraguild predation of *A. largoensis* on *N. barkeri*.

Key words: *Neoseiulus barkeri*; *Amblyseius largoensis* (Muma); prey preference; predation number; prey

天敌的同类相残及集团内捕食是影响天敌应用效果的重要因素之一。同类相残 (Cannibalism) 是种内发生相互捕食的现象 (Polis *et al.*, 1992)。集团内捕食作用 (Intraguild predation, IGP) 是指在相同营养级的物种间既存在对资源的竞争关系, 同时又存在着捕食或者寄生关系 (Polis *et al.*, 1989; 马克争等, 2004; Finke *et al.*, 2006; Mendel *et al.*, 2011)。IGP 作用强度与集团外猎物密度及发育阶段等因素息息相关 (Ferreira *et al.*, 2011; Sourassou *et al.*, 2013)。研究发现, 集团外猎物密度显著影响天敌间同类相残和 IGP 的作用强度 (Burgio *et al.*, 2002; Sato *et al.*, 2009), 如巴氏新小绥螨与黄瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) 联合防治西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 时, 植绥螨同类相残和 IGP 作用随猎物密度的降低而增强, 并可能导致其中一种植绥螨数量减少, 从而影响生物防治效果 (杨帆, 2016; 王鑫, 2017)。因此, 天敌的组合应用应当充分考虑猎物密度对捕食螨之间同类相残和 IGP 作用的影响。

巴氏新小绥螨属植绥螨科 Phytoseiidae 新小绥螨属 *Neoseiulus*, 具有发育历期短、繁殖能力强、捕食谱广、扩散能力强等特点, 是目前国内外已成功实现商品化的天敌种类之一, 国内已有报道其对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* (Koch)、西花蓟马、截形叶螨 *Tetranychus truncatus* (Ehara) 和茶黄蓟马 *Scirtothrips dorsalis* (Hood) 等均有很好的控制作用 (Zhang *et al.*, 2008; 张东旭, 2013)。拉戈钝绥螨属植绥螨科 Phytoseiidae 钝绥螨属 *Amblyseius*, 广泛分布于热带地区的橡胶、芒果、椰子、荔枝等多种热带作物上, 是海南本土地区橡胶树和芒果树上的优势捕食螨, 对橡胶害螨和芒果蓟马等有较好的捕食作用, 具有较大的利用潜能 (林延谋等, 1993; 程立生等, 2005; 郝慧华等, 2020; 周炀等, 2020)。

六点始叶螨 *Eotetranychus sexmaculatus* (Riley)、比哈小爪螨 *Oligonychus biharens* (Hirst) 和东方真叶螨 *Eutetranychus orientalis* (Klein) 是我国橡胶上发生的主要害螨, 在田间单一或多种同

时混合发生为害。前期观察巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨在室内对 3 种橡胶害螨具有较强的捕食能力,具有通过扩繁释放应用于防治橡胶害螨的潜力,但试验发现两种捕食螨在没有集团外猎物时存在相互取食现象。在有集团外猎物橡胶害螨存在条件下两种捕食螨是否存在同类相残以及 IGP 程度尚未有报道。本文拟以橡胶重要害螨六点始叶螨、比哈小爪螨和东方真叶螨为集团外猎物,研究其不同密度条件下巴氏新小绥螨与拉戈钝绥螨的同类相残与 IGP 作用,明确两种捕食螨同类相残和 IGP 的作用强度与猎物种类及密度的关系,为巴氏新小绥螨在橡胶等热带作物上的释放及发挥其与拉戈钝绥螨的协同防治橡胶害螨提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试螨源

巴氏新小绥螨为中国热带农业科学院环境与植物保护研究所实验室扩繁。拉戈钝绥螨采自海南省三亚市梅山镇芙蓉岭芒果树上,在室内以比哈小爪螨和茶花粉为食物混合连续饲养繁殖数代后作为试验螨源。六点始叶螨、比哈小爪螨和东方真叶螨均采自海南省儋州市宝岛新村中国热带农业科学院基地的橡胶园,在室内用橡胶(品种为热研 7-33-97)叶片连续饲养繁殖数代后作为供试螨源。

1.2 试验装置

采用自制的亚克力板隔离小室进行隔离观察。隔离小室装置由三层长 $\times$ 宽为 26 mm $\times$ 26 mm 的透明亚克力板组成,上、中、下层厚度分别为 0.5 mm、2 mm、0.5 mm,其中中层亚克力板中间留有直径 7 mm 的圆孔,用长尾夹进行固定即为一套完整的试验装置。中层亚克力板圆孔与上下层形成的空间即为供以放置橡胶叶片(直径 6 mm)和观察隔离小室。

1.3 试验方法

1.3.1 捕食者对集团内、外不同猎物的选择性

以巴氏新小绥螨雌成螨作为集团内捕食者供试螨态。挑取 1 头巴氏新小绥螨雌成螨放入小室中为供试捕食者,饥饿 24 h 备用。选择捕食者的嗜食螨态拉戈钝绥螨幼螨为集团内和六点始叶螨、比哈小爪螨及东方真叶螨的幼螨为集团外猎物的

供试螨态。试验共设 3 组猎物处理,分别为:(1)拉戈钝绥螨幼螨和六点始叶螨幼螨各 1 头;(2)拉戈钝绥螨幼螨和比哈小爪螨幼螨各 1 头;(3)拉戈钝绥螨幼螨和东方真叶螨幼螨各 1 头。以拉戈钝绥螨雌成螨作为集团内捕食者供试螨态,选择巴氏新小绥螨幼螨为集团内猎物供试螨态,集团外猎物种类、螨态及与集团内猎物的数量组合同上述设置。

每处理重复 15 次。试验开始后第 1 h 内每 5 min 观察 1 次并记录不同猎物幼螨的存活情况(以猎物被吸干躯壳计为发生捕食),之后每 20 min 观察记录一次,试验时间持续 6 h。

1.3.2 捕食者在不同猎物及密度时的捕食量

以巴氏新小绥螨雌成螨作为集团内捕食者,挑取 1 头巴氏新小绥螨雌成螨放入小室中为供试捕食者,进行饥饿 24 h 处理。以六点始叶螨、比哈小爪螨和东方真叶螨为集团外猎物。猎物螨态均为同日龄的前若螨。分别设置无集团外猎物、集团外猎物不充足(20 头)和集团外猎物充足(80 头或 100 头)3 种集团外猎物数量处理,具体猎物组合及个体数量如下:

(1) 以六点始叶螨为集团外猎物: a. 无猎物: 10 头同种捕食螨幼螨; 10 头异种捕食螨幼螨; b. 集团外猎物不充足: 10 头同种捕食螨幼螨 + 20 头六点始叶螨前若螨; 10 头异种捕食螨幼螨 + 20 头六点始叶螨前若螨; c. 集团外猎物充足: 10 头同种捕食螨幼螨 + 80 头六点始叶螨前若螨; 10 头异种捕食螨幼螨 + 80 头六点始叶螨前若螨。

(2) 以比哈小爪螨为集团外猎物: 猎物组合及个体数量同六点始叶螨为集团外猎物的设置。

(3) 以东方真叶螨为集团外猎物: 猎物充足: 10 头同种捕食螨幼螨 + 100 头东方真叶螨前若螨; 10 头异种捕食螨幼螨 + 100 头东方真叶螨前若螨。其它数量处理同六点始叶螨为集团外猎物的设置。

以拉戈钝绥螨作为集团内捕食者,集团外猎物种类、螨态及与集团内猎物的数量组合同上述以巴氏新小绥螨为集团内捕食者的设置。

每个捕食螨作为集团内捕食者试验分别重复 10 次,24 h 后观察并记录不同捕食螨雌成螨对同种或异种幼螨和集团外猎物的捕食量。以猎物个体被吸干计为发生捕食数。

1.4 数据分析

采用软件 SPSS 23.0 对试验数据进行分析。利用 Kaplan-Meier 分析两种猎物的残存率,用

Breslow-Day 检验捕食者对猎物偏好性的差异显著性; 使用独立样本 T 检验检测选择性试验中捕食者对集团内猎物和集团外猎物捕食时间上的差异性。

残存率 (%) = 残存螨的数量 ÷ 总螨数 × 100

用 ANOVA 方差分析巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨对不同的共有猎物 (六点始叶螨、比哈小爪螨、东方真叶螨) 不同密度的捕食量差异显著性, 并用 LSD 测验进行多重比较。利用独立样本 T 检验比较同一密度下捕食者对不同集团内猎物捕食量的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 巴氏新小绥螨对集团内猎物与集团外猎物的选择性

以巴氏新小绥螨为集团内捕食者, 其对集团内猎物和集团外不同猎物的捕食偏好性及捕食时

间存在差异 (图 1)。以拉戈钝绥螨与六点始叶螨、比哈小爪螨和东方真叶螨任意一种为猎物进行组合时, 巴氏新小绥螨均表现为偏好捕食集团外猎物, 拉戈钝绥螨的残存率均达到 80% 以上, 显著高于六点始叶螨 ($\chi^2 = 11.033$, $df = 1$, $P < 0.001$)、比哈小爪螨 ($\chi^2 = 14.577$, $df = 1$, $P < 0.001$) 和东方真叶螨 ($\chi^2 = 11.143$, $df = 1$, $P = 0.001$) 的残存率 (分别为 13.33%、20%、20%)。捕食集团内猎物所需时间表现为均显著高于捕食集团外猎物的时间, 3 种不同猎物组合下, 其捕食拉戈钝绥螨幼螨的平均时间分别为 314.33 ± 31.12 min、 296.33 ± 34.03 min、 299.33 ± 32.61 min, 捕食 3 种叶螨幼螨的平均时间分别为 59.53 ± 31.56 min、 86.87 ± 36.94 min、 116.67 ± 35.58 min, 3 种不同猎物组合下巴氏新小绥螨对集团内猎物的捕食时间分别为集团外猎物时间的 5.28、3.41 和 5.57 倍。

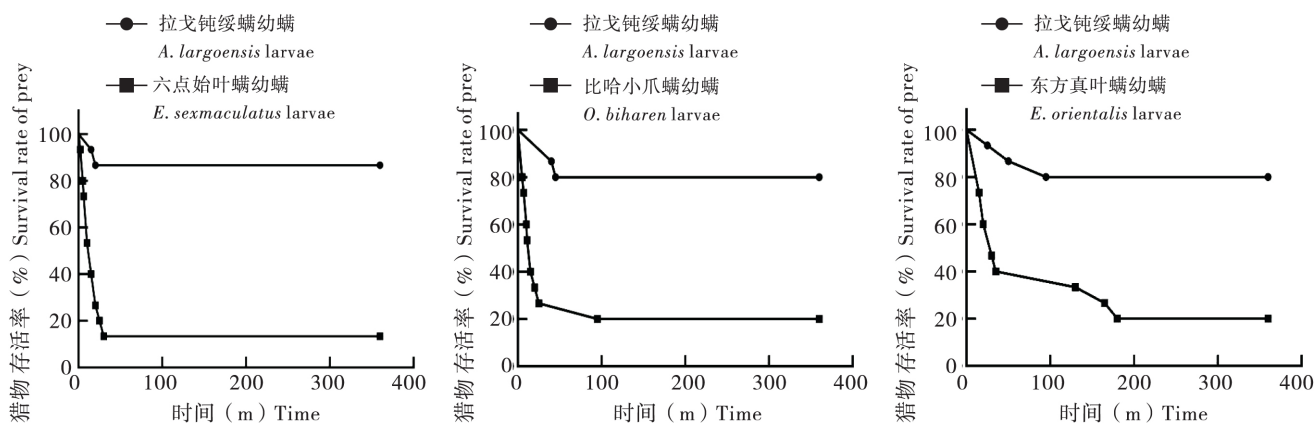


图 1 巴氏新小绥螨为捕食者时猎物的残存率

Fig. 1 Survival rate curve of prey when the *Neoseiulus barkeri* was chosen as predator

2.2 拉戈钝绥螨对集团内猎物与集团外猎物的选择性

以拉戈钝绥螨为集团内捕食者, 其对集团内猎物和集团外不同猎物的捕食偏好性及捕食时间均存在差异 (图 2)。以巴氏新小绥螨分别与六点始叶螨、比哈小爪螨为猎物组合时, 巴氏新小绥螨的残存率均为 73.33%, 显著高于 2 种叶螨的残存率 (均为 26.67%) (六点始叶螨: $\chi^2 = 5.147$, $df = 1$, $P = 0.0233$; 比哈小爪螨: $\chi^2 = 8.028$, $df = 1$, $P = 0.005$); 而以巴氏新小绥螨和东方真叶螨组合为猎物时, 巴氏新小绥螨的残存率 (26.67%) 显著低于东方真叶螨 (73.33%) (东方真叶螨: $\chi^2 = 6.186$, $df = 1$, $P = 0.013$)。说明

拉戈钝绥螨显著偏好取食集团外猎物的六点始叶螨和比哈小爪螨, 而当东方真叶螨存在时, 更偏好取食集团内猎物。在不同猎物组合下拉戈钝绥螨的捕食时间存在差异。当巴氏新小绥螨分别与六点始叶螨和比哈小爪螨为食物组合, 均表现为捕食巴氏新小绥螨所需时间较长, 分别为 267.67 ± 40.93 min 和 267.33 ± 41.07 min, 捕食六点始叶螨和比哈小爪螨分别仅需 107.07 ± 40.86 min 和 105.60 ± 41.16 min; 以东方真叶螨和巴氏新小绥螨为食物组合时, 则表现为取食东方真叶螨所需时间较长, 为 268.80 ± 40.44 min, 为捕食巴氏新小绥螨的 2.50 倍。

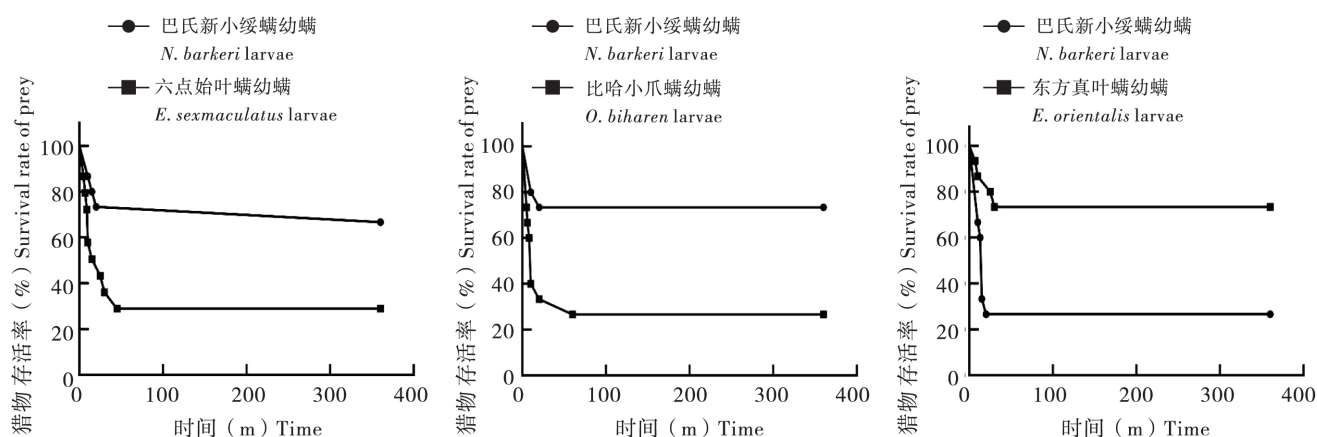


图2 拉戈钝绥螨为捕食者时猎物的残存率

Fig. 2 Survival rate curve of prey when the *Amblyseius largoensis* was chosen as predator

2.3 集团外猎物六点始叶螨的不同密度对两种捕食螨的同类相残和集团内捕食影响

当集团外猎物为六点始叶螨时,捕食者巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨雌成螨对集团内同种和异种捕食螨幼螨的日均捕食量均随着集团外猎物密度的增加而显著降低(表1)。在无集团外猎物时,巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨均表现出明显的同类相残和集团内捕食现象,其中巴氏新小绥螨的同类相残和集团内捕食程度没有显著性差异,对同种和异种捕食螨幼螨的日均捕食量分别为 6.10 ± 0.43 头和 5.50 ± 0.27 头,而拉戈钝绥螨的集团内取食与同类相残差异不显著,其对同种和异种捕食螨幼螨的日均捕食量分别为 6.20 ± 0.36 头和 7.20 ± 0.42 头。两种捕食螨相比,拉戈钝绥螨比巴氏新小绥螨具有更明显的同类相残和集团内捕食特性。在相同的集团外猎物密度下,两种捕食螨对同种和异种捕食螨幼螨的日均捕食量没有显著差异。集团外猎物的增加,巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨的同类相残和集团内捕食作用减弱。与无集团外猎物时相比,集团外猎物不足和猎物充足时,巴氏新小绥螨对同种和异种幼螨的日均捕食量降低了42.62%、18.18%和68.85%、47.27%,并从偏向于同类相残变化为偏向于集团内取食;拉戈钝绥螨对同种和异种幼螨的日均捕食量分别降低了25.81%、36.11%和59.68%和69.44%,从更偏向于集团内取食变化为同类相残和集团内

捕食发生率相当。说明集团外猎物六点始叶螨的存在能够明显降低两种捕食螨的同类相残和集团内捕食作用。

2.4 集团外猎物比哈小爪螨的不同密度对两种捕食螨的同类相残和集团内捕食影响

当集团外猎物为比哈小爪螨时,捕食者巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨对集团内同种和异种捕食螨幼螨的日均捕食量均随着集团外猎物密度的增加而显著降低,且不论有无集团外猎物,巴氏新小绥螨发生的同类相残现象强于集团内捕食,拉戈钝绥螨的集团内捕食作用较强(表2)。当无集团外猎物比哈小爪螨时,巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨对同种和异种幼螨的日均捕食量分别为 6.10 ± 0.43 头、 5.50 ± 0.27 头和 6.20 ± 0.36 头、 7.20 ± 0.42 头;集团外猎物不充足和充足条件下,巴氏新小绥螨均表现为对同种幼螨的日均捕食量显著高于异种幼螨的日均捕食量,拉戈钝绥螨对同种幼螨的日均捕食量与异种幼螨差异不显著。与无集团外猎物相比,集团外猎物不足时巴氏新小绥螨对同种和异种幼螨的日均捕食量降低了19.67%和32.73%,拉戈钝绥螨分别降低了30.65%和34.72%;猎物充足时巴氏新小绥螨对同种和异种幼螨的日均捕食量降低了49.18%和80%,拉戈钝绥螨分别降低了59.68%和66.67%。同样说明猎物比哈小爪螨的存在能够明显减低两种捕食螨的同类相残和集团内捕食作用。

表 1 捕食者以同种、异种捕食螨和不同密度六点始叶螨为猎物组合时的日均捕食量

Table 1 Daily predation number of predators prey on phytoseiid mites (*Neoseiulus barkeri* and *Amblyseius largoensis*) and spider mite *Eotetranychus Sexmaculatus*, respectively, when different density of spider mite existed

捕食者 Predator	猎物组合 Prey combination	日均捕食量 (头) No. of daily predation		
		0	20	80
巴氏新小绥螨 <i>N. barkeri</i>	巴氏新小绥螨幼螨 <i>N. barkeri</i> larvae	6.10 ± 0.43 Aa	3.50 ± 0.52 Ab	1.90 ± 0.50 Ac
	六点始叶螨前若螨 <i>E. sexmaculatus</i> protonymph	—	19.60 ± 0.16 b	51.60 ± 2.33 a
	拉戈钝绥螨幼螨 <i>A. largoensis</i> larvae	5.50 ± 0.27 Aa	4.50 ± 0.34 Ab	2.90 ± 0.31 Ac
	六点始叶螨前若螨 <i>E. sexmaculatus</i> protonymph	—	19.70 ± 0.21 b	57.70 ± 2.21 a
拉戈钝绥螨 <i>A. largoensis</i>	拉戈钝绥螨幼螨 <i>A. largoensis</i> larvae	6.20 ± 0.36 Aa	4.60 ± 0.31 Ab	3.30 ± 0.43 Ac
	六点始叶螨前若螨 <i>E. sexmaculatus</i> protonymph	—	19.80 ± 0.13 b	59.20 ± 1.50 a
	巴氏新小绥螨幼螨 <i>N. barkeri</i> larvae	7.20 ± 0.42 Aa	4.60 ± 0.78 Ab	2.70 ± 0.33 Ac
	六点始叶螨前若螨 <i>E. sexmaculatus</i> protonymph	—	19.70 ± 0.15 b	53.00 ± 1.71 a

注：表中捕食量为平均数 ± 标准误；同行不同小写字母表示不同密度条件同一猎物捕食量差异显著性 ($P < 0.05$)。同列不同大写字母表示同一密度条件下不同集团内猎物捕食量差异显著性 ($P < 0.05$)。下表同。Notes: Data were represented mean ± SE; The lowercase letters in the same row indicated significant difference of predation on the same prey among different spider mite density conditions ($P < 0.05$). The uppercase letters in the same column indicated significant difference of intraguild predation under the same spider mite density condition ($P < 0.05$). The same bellow.

表 2 捕食者以同种、异种捕食螨和不同密度比哈小爪螨为猎物组合时的日均捕食量

Table 2 Daily predation number of predators prey on phytoseiid mites (*Neoseiulus barkeri* and *Amblyseius largoensis*) and spider mite *Oligonychus biharens*, respectively, when different density of spider mite existed

捕食者 Predator	猎物组合 Prey combination	日均捕食量 (头) No. of daily predation		
		0	20	80
巴氏新小绥螨 <i>N. barkeri</i>	巴氏新小绥螨幼螨 <i>N. barkeri</i> larvae	6.10 ± 0.43 Aa	4.90 ± 0.31 Ab	3.10 ± 0.41 Ac
	比哈小爪螨前若螨 <i>O. biharens</i> protonymph	—	19.20 ± 0.33 b	47.10 ± 3.04 a
	拉戈钝绥螨幼螨 <i>A. largoensis</i> larvae	5.50 ± 0.27 Aa	3.70 ± 0.30 Bb	1.10 ± 0.35 Bc
	比哈小爪螨前若螨 <i>O. biharens</i> protonymph	—	19.80 ± 0.13 b	51.90 ± 2.90 a

续表 2 Continued table 2

捕食者 Predator	猎物组合 Prey combination	日均捕食量 (头) No. of daily predation		
		0	20	80
拉戈钝绥螨 <i>A. largoensis</i>	拉戈钝绥螨幼螨 <i>A. largoensis</i> larvae	6.20 ± 0.36 Aa	4.30 ± 0.37 Ab	2.50 ± 0.50 Ac
	比哈小爪螨前若螨 <i>O. biharens</i> protonymph	—	19.60 ± 0.22 b	59.60 ± 2.90 a
	巴氏新小绥螨幼螨 <i>N. barkeri</i> larvae	7.20 ± 0.42 Aa	4.70 ± 0.56 Ab	2.40 ± 0.40 Ac
	比哈小爪螨前若螨 <i>O. biharens</i> protonymph	—	19.10 ± 0.28 b	50.10 ± 2.85 a

2.5 集团外猎物东方真叶螨的不同密度对两种捕食螨的同类相残和集团内捕食影响

当集团外猎物为东方真叶螨时,捕食者巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨对集团内同种和异种捕食螨幼螨的日均捕食量均随着集团外猎物密度的增

加而显著降低,捕食者的同类相残和集团内捕食作用减弱(表3)。当无集团外猎物时,巴氏新小绥螨对同种和异种幼螨的日均捕食量分别为 6.10 ± 0.43 头和 5.50 ± 0.27 头,拉戈钝绥螨的分别为 6.20 ± 0.36 头和 7.20 ± 0.42 头。集团内猎物不足和

表3 捕食者以同种、异种捕食螨和不同密度东方真叶螨为猎物组合时的日均捕食量

Table 3 Daily predation number of predators prey on phytoseiid mites (*Neoseiulus barkeri* and *Amblyseius largoensis*) and spider mite *Eutetranychus orientalis*, respectively, when different density of spider mite existed

捕食者 Predator	猎物组合 Prey combination	日均捕食量 (头) No. of daily predation		
		0	20	100
巴氏新小绥螨 <i>N. barkeri</i>	巴氏新小绥螨幼螨 <i>N. barkeri</i> larvae	6.10 ± 0.43 Aa	4.50 ± 0.41 Ab	3.40 ± 0.52 Ac
	东方真叶螨前若螨 <i>E. orientalis</i> protonymph	—	19.30 ± 0.26 b	83.20 ± 2.48 a
	拉戈钝绥螨幼螨 <i>A. largoensis</i> larvae	5.5 ± 0.27 Aa	4.50 ± 0.48 Ab	2.2 ± 0.49 Ac
	东方真叶螨前若螨 <i>E. orientalis</i> protonymph	—	19.50 ± 0.40 b	73.80 ± 3.37 a
拉戈钝绥螨 <i>A. largoensis</i>	拉戈钝绥螨幼螨 <i>A. largoensis</i> larvae	6.20 ± 0.36 Aa	5.00 ± 0.56 Ab	2.30 ± 0.47 Bc
	东方真叶螨前若螨 <i>E. orientalis</i> protonymph	—	19.00 ± 0.33 b	78.10 ± 3.00 a
	巴氏新小绥螨幼螨 <i>N. barkeri</i> larvae	7.20 ± 0.42 Aa	5.80 ± 0.53 Aab	5.70 ± 0.58 Ab
	东方真叶螨前若螨 <i>E. orientalis</i> protonymph	—	19.30 ± 0.34 b	67.70 ± 3.56 a

充足条件下, 巴氏新小绥螨对同种幼螨的日均捕食量与异种幼螨差异不显著; 集团内猎物不足时, 拉戈钝绥螨对同种和异种幼螨的日均捕食量无显著差异, 集团外猎物充足时, 拉戈钝绥螨对异种幼螨的日均捕食量显著高于同种幼螨。与无集团外猎物相比, 集团外猎物不足时巴氏新小绥螨对同种和异种幼螨的日均捕食量降低了 26.23% 和 18.18%, 猎物充足时日均捕食量分别降低了 44.26% 和 60%。与无集团外猎物相比, 集团外猎物不足时拉戈钝绥螨对同种和异种幼螨的日均捕食量降低了 19.67% 和 19.44%, 猎物充足时捕食量分别降低了 62.90% 和 20.83%。说明猎物东方真叶螨的存在能够显著降低巴氏新小绥螨的同类相残和集团内捕食作用, 而食物充足与否对拉戈钝绥螨的集团内捕食作用影响不显著。

3 结论与讨论

在本研究中, 以猎物残存率和捕食猎物消耗时间为衡量, 巴氏新小绥螨表现为偏好捕食集团外猎物的六点始叶螨、比哈小爪螨和东方真叶螨; 对于拉戈钝绥螨, 其显著偏好取食集团外猎物的六点始叶螨和比哈小爪螨, 而当东方真叶螨存在时, 更偏好取食集团异种捕食螨巴氏新小绥螨。本研究结果与加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* (McGregor) 及斯氏钝绥螨 *Amblyseius swirskii* (Athias - Henriot) 的研究结果相似。以加州新小绥螨为捕食者时对集团内猎物西方盲走螨 *Typhlodromus occidentalis* (Nesbitt) 和集团外猎物二斑叶螨的捕食选择中表现为偏好于捕食集团外猎物 (Rahmani, 2015), 斯氏钝绥螨以黄瓜新小绥螨和西花蓟马 1 龄若虫为猎物, 其更偏好捕食集团内猎物黄瓜新小绥螨幼螨 (Buitenhuis *et al.*, 2010)。

通常情况下植绥螨对同种和异种个体有区分能力 (Montserrat *et al.*, 2011), 当集团外猎物缺乏时, 植绥螨对同种个体间会发生同类相残行为, 但也因所提供的集团外猎物种类和营养不同以及猎物的抵抗能力差异引发捕食螨对集团内外猎物的偏好性不同 (Buitenhuis *et al.*, 2010; Walzer and Schausberger, 2013; Rahmani, 2015)。捕食螨偏好取食集团外猎物, 据推测可能属于植绥螨的亲子保护行为 (Faraji *et al.*, 2010; Ghasemloo *et al.*, 2016), 也有证据表明, 捕食螨在捕食过程

中更偏好于捕食耗能较小的猎物, 捕食集团内猎物幼螨是一种高耗能的过程, 而捕食活动能力较弱的集团外猎物耗能低且可以获得丰富的营养 (Zannou *et al.*, 2006; Momen, 2009; Onzo *et al.*, 2012)。还有一些研究认为集团内猎物活动较为敏捷, 其为了躲避被捕食而爬到亚克力板装置的顶层边缘躲藏, 减少了被捕食的机会, 这都是造成捕食者偏好捕食集团外猎物的可能原因 (Iwasa, 2015)。对于捕食螨在有集团外猎物存在时却更偏好取食集团内猎物, 其原因有待于继续探讨。本研究明确, 拉戈钝绥螨对巴氏新小绥螨比巴氏新小绥螨对拉戈钝绥螨具有更强的取食偏好性, 发生集团内捕食时, 拉戈钝绥螨为集团内捕食者, 而巴氏新小绥螨为集团内猎物。

马克争等 (2004) 认为无集团外猎物时, 捕食螨会扩大食物谱, 增加对同种或异种个体的捕食几率, 导致同类相残和 IGP 作用频繁发生; 当存在集团外猎物时可有效降低捕食螨的同类相残和集团内捕食 (马克争, 2004; Montserrat *et al.*, 2006; Mirande *et al.*, 2015)。如 Cakmak (2009) 发现以朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) 为集团外猎物时, 加州新小绥螨和智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) 的同类相残和 IGP 作用随着朱砂叶螨种群密度降低而增强; 也有研究发现增加集团外猎物二斑叶螨的密度, 斯氏钝绥螨、巴氏新小绥螨和智利小植绥螨的 IGP 作用随着集团外猎物二斑叶螨的密度增加而减弱 (Maleknia *et al.*, 2016), 这与本研究结果相一致。本研究中, 随着集团外猎物 3 种叶螨密度的增加, 巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨的同类相残和集团内捕食总体上明显降低, 其中巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨的相残作用最高降低了 68.85% 和 62.90%, 集团内捕食作用降低了 80% 和 69.44%。但不同猎物对其的影响存在差异, 以六点始叶螨和东方真叶螨为猎物, 拉戈钝绥螨的同类相残和 IGP 作用总体上强于巴氏新小绥螨的, 以比哈小爪螨为猎物, 拉戈钝绥螨的 IGP 作用强于巴氏新小绥螨的。集团外猎物从无、不充足到充足的改变, 巴氏新小绥螨和拉戈钝绥螨的同类相残和集团内捕食始终存在, 只是程度由强变弱。

解决好释放天敌与本地天敌协同控害, 一直是生物防治研究关注的热点问题 (Rosenheim *et al.*, 1995)。本研究揭示了巴氏新小绥螨与橡胶园优势天敌拉戈钝绥螨在橡胶重要害虫六点始叶

螨、比哈小爪螨和东方真叶螨不同密度时的相残和 IGP 作用, 其对进一步研究解决田间释放应用问题有较好的指导作用。结果提示, 巴氏新小绥螨可以应用于橡胶园六点始叶螨、比哈小爪螨和东方真叶螨等的防治, 但应根据害螨发生的种类及本地捕食螨的数量考虑应用策略。巴氏新小绥螨应重点选择在本地捕食螨拉戈钝绥螨低密度的橡胶园释放应用, 尤其是在东方真叶螨单独发生的情况下。当橡胶园的本地天敌拉戈钝绥螨有一定密度, 且东方真叶螨为单一发生时, 不合适进行巴氏新小绥螨的释放。本研究仅围绕橡胶树 3 种害螨的不同猎物密度对 2 种植绥螨的同类相残和 IGP 作用的影响进行了研究, 本研究是在局限的隔离空间对 2 种捕食螨的相残和 IGP 作用进行观察, 其结果与田间情况肯定存在差异, 在田间 2 种捕食螨的相残及 IGP 作用如何及怎样进行最佳的组合应用, 还有待进一步探讨。

参考文献 (References)

- Buitenhuis R, Shipp L, Scottdupree C. Intra-guild vs extra-guild prey: Effect on predator fitness and preference of *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) and *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2010, 100 (2): 167.
- Burgio F, Santi F, Maini S. On intraguild predation and cannibalism in *Harmonia axyridis* (Pallas) and *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. *Biological Control*, 2002, 24 (2): 110–116.
- Cakmak I, Janssen A, Sabelis MW, et al. Biological control of an acarine pest by single and multiple natural enemies [J]. *Biological Control*, 2009, 50 (1): 60–65.
- Cheng LS, Zhang XM, Sha LH, et al. Functional response and numerical response of *Amblyseius largoensis* to *Aceria litchi* [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2005, 26 (1): 52–59. [程立生, 张先敏, 沙林华, 等. 拉戈钝绥螨对荔枝瘤瘿螨的功能和数值反应 [J]. *热带作物学报*, 2005, 26 (1): 52–59]
- Faraji F, Janssen A, Sabelis MW. Oviposition patterns in a predatory mite reduce the risk of egg predation caused by prey [J]. *Ecological Entomology*, 2010, 27 (6): 660–664.
- Ferreira JA, Cunha DF, Pallini A, et al. Leaf domatia reduce intraguild predation among predatory mites [J]. *Ecological Entomology*, 2011, 36 (4): 435–441.
- Finke DL, Denno RF. Spatial refuge from intraguild predation: Implications for prey suppression and trophic cascades [J]. *Oecologia*, 2006, 149 (2): 265–275.
- Ghasemloo Z, Pakyari H, Arbab A. Cannibalism and intraguild predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae) [J]. *International Journal of Acarology*, 2016, 42 (3): 149–152.
- Hao HH, Li GY, Cui ZF, et al. Investigation on predatory mites in rubber trees and evaluation of dominant species of predatory mites in Hainan [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2020, 41 (1): 141–147. [郝慧华, 李国寅, 崔志富, 等. 海南橡胶园捕食螨种类调查及优势种评价 [J]. *热带作物学报*, 2020, 41 (1): 141–147]
- Iwasa T, Osakabe M. Effects of combination between web density and size of spider mite on predation by a generalist and a specialist phytoseiid mite [J]. *Experimental & Applied Acarology*, 2015, 66 (2): 1–7.
- Lin YM, Huang JC. Study on the preliminary biological characteristics and predation ability of *Amblyseius largoensis* [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 1983, 3: 36–38. [林延谋, 黄健诚. 拉戈钝绥螨生物学特性及捕食能力的初步研究 [J]. *热带作物研究*, 1983, 3: 36–38]
- Ma KZ, Hao SG, Zhao HY. Intraguild predation in the insect communities [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2004, 41 (3): 191–197. [马克争, 郝树广, 赵惠燕. 昆虫群落中的集团内捕食作用 [J]. *应用昆虫学报*, 2004, 41 (3): 191–197]
- Maleknia B, Fathipour Y, Soufbaf M. Intraguild predation among three phytoseiid species, *Neoseiulus barkeri*, *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii* [J]. *Systematic and Applied Acarology*, 2016, 21 (4): 417–426.
- Mendel D, Schausberger P. Diet – dependent intraguild predation between the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus cucumeris* [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2011, 135 (4): 311–319.
- Mirande L, Desneux N, Haramboure M, et al. Intraguild predation between an exotic and a native coccinellid in Argentina: The role of prey density [J]. *Journal of Pest Science*, 2015, 88 (1): 155–162.
- Momen FM, Abdel – Khalek A. Cannibalism and intraguild predation in the phytoseiid mites *Typhlodromips swirskii*, *Euseius scutalis* and *Typhlodromus athiasae* (Acari: Phytoseiidae) [J]. *Acarina*, 2009, 17 (2): 223–229.
- Montserrat M, Janssen A, Magalhaes S. To be an intra – guild predator or a cannibal: Is prey quality decisive [J]. *Ecological Entomology*, 2006, 31 (5): 430–436.
- Montserrat M, Magalhães S, Sabelis MW, et al. Invasion success in communities with reciprocal intraguild predation depends on the stage structure of the resident population [J]. *Oikos*, 2011, 121: 67–76.
- Negloh K, Hanna R, Schausberger P. Intraguild predation and cannibalism between the predatory mites *Neoseiulus neobaraki*, and *N. paspalivorus*, natural enemies of the coconut mite *Aceria guerrerensis* [J]. *Experimental & Applied Acarology*, 2012, 58 (3): 235–246.
- Onzo A, Houedokoho AF, Hanna R. Potential of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* to suppress the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* on the gboma eggplant, *Solanum macrocarpon* [J]. *Journal of Insect Science*, 2012, 12 (1): 7.
- Polis GA, Holt RD. Intraguild predation: The dynamics of complex

- trophic interactions [J]. *Trends in Ecology and Evolution*, 1992, 7 (5): 151 – 154.
- Polis GA, Myers CA, Holt RD. The ecology and evolution of intraguild predation: Potential competitors that eat each other [J]. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 1989, 20 (1): 297 – 330.
- Rahmani H, Daneshmandi A, Walzer A. Intraguild interactions among three spider mite predators: Predation preference and effects on juvenile development and oviposition [J]. *Experimental & Applied Acarology*, 2015, 67 (4): 493 – 505.
- Rosenheim JA, Kaya HK, Ehler LE, et al. Intraguild predation among biological control agents [J]. *Biological Control*, 1995, 5 (3): 303 – 335.
- Sato S, Shinya K, Yasuda H, et al. Effects of intra and interspecific interactions on the survival of two predatory ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) in relation to prey abundance [J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2009, 44 (2): 215 – 221.
- Sourassou NF, Hanna R, Negloh K, et al. Females as intraguild predators of males in cross – pairing experiments with phytoseiid mites [J]. *Experimental & Applied Acarology*, 2013, 61 (2): 173 – 182.
- Walzer A, Schausberger P. Integration of multiple cues allows threat – sensitive anti – intraguild predator responses in predatory mites [J]. *Behaviour*, 2013, 150 (2): 115 – 132.
- Wang X. Intraguild Predation and Cannibalism in the Phytoseiid Mites *Neoseiulus barkeri* and *Neoseiulus cucumeris* [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2017. [王鑫. 巴氏新小绥螨和黄瓜新小绥螨间的集团内捕食和同类相残作用 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017]
- Yang F, Lu YH, Xu JX. Effects of cotton aphid density on the intraguild predation among three Ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. *Biological Control*, 2016, 32 (3): 17 – 22. [杨帆, 陆宴辉, 徐建祥. 棉蚜密度对瓢虫集团内捕食作用的影响 [J]. 中国生物防治学报, 2016, 32 (3): 17 – 22]
- Yin YF. The Intraguild Predation in the Phytoseiid Mites Exotic *Amblyseius swirskii* and Indigenous *Neoseiulus cucumeris* [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2016. [尹云飞. 外来种斯氏钝绥螨与本地种巴氏新小绥螨的集团内捕食作用 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2016]
- Zannou ID, Moraes GJ. Phytoseiid mites of the genus *Neoseiulus* Hughes (Acari: Phytoseiidae) from sub – Saharan Africa [J]. *International Journal of Acarology*, 2006, 32 (3): 241 – 276.
- Zhang DX, Meng RX, Zhang PF, et al. Study on the foraging ability of the predatory mite *Neoseiulus barkeri* [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (1): 203 – 209. [张东旭, 孟瑞霞, 张鹏飞, 等. 巴氏新小绥螨对猎物搜寻能力的研究 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (1): 203 – 209]
- Zhang JP, Fan QH, Zhang F. Evaluation of the potential biocontrol capability of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) on *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera, Thripidae) based on life table [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2008, 30: 229 – 232.
- Zhou Y, Chen JY, Cai DC, et al. Functional response of *Neoseiulus barkeri* to *Scirtothrips dorsalis* (Hood) of mango [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2020, 41 (5): 1001 – 1006. [周炆, 陈俊谕, 蔡笃程, 等. 巴氏新小绥螨对芒果茶黄蓟马的功能反应研究 [J]. 热带作物学报, 2020, 41 (5): 1001 – 1006]