

# 两种植绥螨种内和种间捕食及适合度\*

李玉晶\*\* 田 宇 尹云飞 迟元铭 曾科科 齐 慧 孟瑞霞\*\*\*

(内蒙古农业大学园艺与植物保护学院, 呼和浩特 010019)

**摘 要** 【目的】通过研究斯氏钝绥螨 *Amblyseius (Typhlodromips) swirskii* 和胡瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris* 这两种外来植绥螨种内和种间的捕食关系及适合度, 为斯氏钝绥螨的释放应用前的风险评估及与胡瓜新小绥螨的联合释放技术提供理论依据。【方法】在无共享猎物的条件下, 分别为两种雌成螨提供同种和异种的卵、同种和异种的幼螨、同种和异种的若螨, 测定其对同种和异种不同个体的捕食选择性及捕食量, 并比较两种植绥螨捕食后的适合度(产卵率和存活率)的差异。【结果】两种植绥螨互为捕食者, 斯氏钝绥螨为集团内捕食者的几率高于胡瓜新小绥螨; 两种植绥螨发生同类相残的几率无显著差异( $\chi^2=0.118$ ,  $df=1$ ,  $P=0.732$ )。两种植绥螨对幼螨的捕食量显著高于对若螨、卵的捕食量(斯氏钝绥螨:  $F_{2,114}=66.27$ ,  $P<0.0001$ ; 胡瓜新小绥螨:  $F_{2,114}=50.39$ ,  $P<0.0001$ ), 而且两种植绥螨对异种幼螨和若螨的捕食量均显著高于对同种个体的捕食量。两种植绥螨捕食幼螨后的产卵率均显著高于捕食若螨后的产卵率(斯氏钝绥螨:  $t=5.774$ ,  $df=26$ ,  $P<0.0001$ ; 胡瓜新小绥螨:  $t=3.334$ ,  $df=26$ ,  $P=0.0026$ ), 斯氏钝绥螨捕食异种个体后的产卵率显著高于捕食同种个体后的产卵率( $t=2.854$ ,  $df=26$ ,  $P=0.0084$ )。两种植绥螨捕食不同发育阶段(幼螨和若螨)的存活率无显著差异; 但斯氏钝绥螨捕食异种个体后的存活率显著高于捕食同种个体后的存活率( $t=2.196$ ,  $df=26$ ,  $P=0.0372$ )。【结论】两种植绥螨更倾向于发生交互集团内捕食作用而非同类相残; 两种植绥螨捕食幼螨比捕食若螨更利于产卵; 对于斯氏钝绥螨, 异种个体是比同种个体更适合的食物来源。

**关键词** 捕食螨; 交互集团内捕食; 同类相残; 适合度; 风险评估

## Effect of feeding on conspecific and heterospecific prey on the fitness of two species of phytoseiid mites

LI Yu-Jing\*\* TIAN Yu YIN Yun-Fei CHI Yuan-Ming  
ZENG Ke-Ke QI Hui MENG Rui-Xia\*\*\*

(College of Horticulture and Plant Protection, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China)

**Abstract** 【Objectives】To investigate conspecific and heterospecific predator-prey interactions between two exotic phytoseiid mites, *Amblyseius (Typhlodromips) swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* in order to assess the risk of using *A. swirskii*, either alone, or in combination with other phytoseiid species, as a biocontrol agent. 【Methods】The prey preferences and predation rates of these two phytoseiid mites were determined by offering either conspecific or heterospecific eggs, larvae or protonymphs, to female adults. The effect of feeding on either conspecific or heterospecific prey on the fitness (oviposition rate and adult female survival) of females of each species was measured and compared. 【Results】*A. swirskii* and *N. cucumeris* both preyed on each other but *A. swirskii* was more likely to be the IG-predator than *N. cucumeris*. There was no significant difference in the likelihood of cannibalism by each species ( $\chi^2=0.118$ ,  $df=1$ ,  $P=0.732$ ). Both species of predatory mites displayed statistically higher predation on larvae than on protonymphs or eggs (*A. swirskii*:  $F_{2,114}=66.27$ ,  $P<0.0001$ ; *N. cucumeris*:  $F_{2,114}=50.39$ ,  $P<0.0001$ ). Both phytoseiid predators preyed significantly more on heterospecific larvae and

\*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金(31560529, 32060636); 内蒙古自治区科技计划项目(2020GG0065); 内蒙古自治区自然科学基金(2019MS03018)

\*\*第一作者 First author, E-mail: 1373686402@qq.com

\*\*\*通讯作者 Corresponding author, E-mail: mengrx@hotmail.com

收稿日期 Received: 2021-09-14; 接受日期 Accepted: 2021-12-30

protonymphs than on conspecific larvae and protonymphs. The oviposition rate of females of both species was significantly higher when females fed on larvae than when they fed on protonymphs (*A. swirskii*:  $t=5.774$ ,  $df=26$ ,  $P<0.0001$ ; *N. cucumeris*:  $t=3.334$ ,  $df=26$ ,  $P=0.0026$ ) and *A. swirskii* had significantly higher oviposition rates after feeding on heterospecific larvae than conspecific larvae ( $t=2.854$ ,  $df=26$ ,  $P=0.0084$ ). There was no significant difference in the survival of the two species when they fed on either larvae or protonymphs. However, the survival of *A. swirskii* was significantly higher when fed heterospecific prey than when fed conspecific prey ( $t=2.196$ ,  $df=26$ ,  $P=0.0372$ ). **[Conclusion]** *A. swirskii* and *N. cucumeris* preferentially engage in reciprocal IGP rather than cannibalism. Females of either species that fed on larvae laid more eggs than those that fed on protonymphs. Heterospecific prey appears to be more suitable than conspecific prey for *A. swirskii*.

**Key words** predatory mite; reciprocal intraguild predation; intraspecific predation (ISP); fitness; risk assessment

斯氏钝绥螨 *Amblyseius* (*Typhlodromips*) *swirskii* 和胡瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris* 均属于外来多食性植绥螨。斯氏钝绥螨自 2005 年商业化生产后, 在欧美国家已广泛应用于烟粉虱 *Bemisia tabaci* 和西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 等多种小型害虫和害螨的防治 (Meng *et al.*, 2006; Messelink *et al.*, 2006, 2008; 孟瑞霞等, 2007; Calvo *et al.*, 2015; Kutuk *et al.*, 2017); 胡瓜新小绥螨又称黄瓜新小绥螨、胡瓜钝绥螨 *Amblyseius cucumeris*, 是我国应用广泛的商业化植绥螨, 主要用来防治蓟马和叶螨等 (Ramaker, 1980; 徐学农等, 2013; 韩玉华等, 2016)。两种捕食螨在防治对象、防治区域上常发生重叠, 因此, 研究两者的相互捕食关系即集团内捕食 (Intraguild predation, IGP), 对两种捕食螨的兼容性及其合理的释放具有重要意义。

IGP 是一种复杂的种间关系, 指有共享资源 (Shared resource) 的物种间既存在竞争关系又存在捕食作用 (Polis *et al.*, 1989)。常见的 IGP 包括简单 IGP 和交互 IGP 两种类型, 简单 IGP 为一种捕食者总是捕食另一种捕食者; 然而不同的捕食者在相互作用时其不同发育阶段个体经常是共存的, 这样两个捕食者之间就可能相互攻击对方的脆弱阶段 (Polis, 1984; Montserrat *et al.*, 2012; Marques *et al.*, 2018), 从而形成交互 IGP (Reciprocal intraguild predation, RIGP) (Rosenheim *et al.*, 1995; Lucas *et al.*, 1998; Fonseca *et al.*, 2017)。同类相残 (Intraspecific predation, ISP) 是指在同种个体之间发生的捕食作用 (Polis *et al.*, 1989)。物种间的 IGP 和物种内的 ISP 作用对种群动态、物种共存及共享猎

物的持续控制具有重要意义 (Polis *et al.*, 1989; Rosenheim *et al.*, 1995; Walzer *et al.*, 2001)。特别是在主要猎物缺乏的情况下, 捕食者为了生存则被迫相互捕食, 捕食可以发生在一个种团内不同植绥螨物种之间 (IGP) 和 (或) 同一物种内 (ISP) 的不同生命阶段 (Rahmani and Afshari, 2020), 并且个体发育阶段决定着捕食螨天敌的捕食趋向和攻击性 (Montserrat *et al.*, 2012; 彭勇强等, 2013; 郭建晗等, 2016; 李杨等, 2018)。

对于斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨, Buitenhuis 等 (2010) 研究了这两种植绥螨分别对异种不同阶段个体和共享猎物西花蓟马的捕食选择性; 李杨等 (2018) 对这两种植绥螨成螨阶段之间的捕食进行了测定。然而, 斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨在无共享猎物条件下对同种和异种不同发育阶段的捕食选择及适合度的系统研究还不多。本研究以斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨雌成螨为捕食者, 以同种和异种卵、幼螨、若螨作为猎物, 研究两种植绥螨分别对同种和异种不同发育阶段个体的捕食偏好性及捕食量, 并比较两种植绥螨捕食同种或异种个体后的产卵率和存活率的差异, 为外来种斯氏钝绥螨的释放应用进行风险评估及与胡瓜新小绥螨的联合释放提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

斯氏钝绥螨由中国农业科学院植物保护研究所提供, 胡瓜新小绥螨购自福建艳璇生物防治技术有限公司。采用海绵水盘法, 饲养于温度为  $(25\pm 1)^\circ\text{C}$ , 光周期为 16L : 8D, 相对湿度为

65%±5%的智能人工气候箱中 (PRX-350C, 宁波海曙赛福实验仪器厂)。在透明塑料盒 (30 cm×20 cm×13 cm) 底部放上海绵块 (26 cm×16 cm×8 cm), 在海绵块上铺上一层滤纸 (26 cm×26 cm), 超出海绵的滤纸部分保证能够吸水, 在滤纸上再铺上黑色塑料膜 (24 cm×14 cm), 饲养盒中注入大约 1/2 海绵高度的水, 使水充分浸湿海绵和滤纸, 以防止植绥螨的逃逸。在黑塑料膜上接上植绥螨, 以甜果螨 *Carpoglyphus lactis*、腐食酪螨 *Tyrophagus putrescentiae* 作为食物分别饲养斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨并建立种群。为避免植绥螨取食经历对实验结果产生影响, 实验前两种植绥螨均采用香蒲花粉 *Typha* sp. 饲养; 同时为获取同一发育阶段年龄一致的个体, 每 24 h 收集 1 次新卵到新的饲养盒中, 待幼螨孵化后再继续更换饲养盒以获得下一阶段。

## 1.2 实验装置

参考 Schausberger (1997) 的方法制作实验小室。小室共有 3 层, 由 3 块透明的亚克力板 (长×宽×高=3.0 cm×1.5 cm×0.3 cm) 组成, 顶层完整无镂空, 中层、底层中央有一直径 1 cm 的圆孔。在底层之上放置滤纸 (3.0 cm×1.5 cm), 滤纸之上放置新鲜黄瓜 *Cucumis sativus* 叶片 (2.0 cm×1.5 cm), 再依次盖上中层、顶层, 将排好顺序的 3 块板用燕尾夹将两端夹紧成小室。从底层圆孔处滴入蒸馏水以润湿滤纸, 以保证其上层黄瓜叶片新鲜。

实验时植绥螨置于中层打孔处的黄瓜叶片上, 盖好顶层夹好小室, 全部放置于铺有湿润棉纱布的托盘上。将托盘放入上述 1.1 相同条件的气候箱中饲养。

## 1.3 研究方法

**1.3.1 两种植绥螨雌成螨分别对同种和异种个体的捕食选择性** 参考 Ghasemloo 等 (2016) 方法, 共设 6 组处理, 测定斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨在无集团外猎物条件下分别对同种和异种捕食螨卵、幼螨和前若螨的捕食选择。挑选 2-4 日龄经饥饿处理 24 h 的斯氏钝绥螨和胡瓜新小

绥螨的雌成螨各 1 头分别接入生测实验小室中, 同时, 分别接入 24 h 内所产的同种和异种卵各 1 粒、同种和异种新孵化幼螨各 1 头和同种和异种新产前若螨 (以下简称若螨) 各 1 头。然后, 观察每种植绥螨雌成螨对同种和异种个体的捕食情况。根据预实验结果, 观察时间超过 6 h 则幼螨和若螨发育至下一虫态, 观察时间小于 6 h 则成螨不能完成捕食选择。因此, 本文设置的观察时间为 6 h。实验进行前 1 h 内每 5 min 观察 1 次两种植绥螨的选择情况; 实验观察 1 h 后每 20 min 观察 1 次捕食螨的选择情况, 两种植绥螨一旦做出选择并进行捕食即结束观察。实验过程中记录个体存活情况, 以两种植绥螨吸干猎物体液剩下躯壳作为捕食发生的标准。每组实验重复 30 次。为了区分每个重复中两种植绥螨的卵、幼螨和前若螨, 参考 Schausberger 和 Croft (2000a) 的方法, 测试前用微小的蓝色水彩点标记其中的异种个体。

**1.3.2 两种植绥螨雌成螨分别对同种和异种个体的捕食量** 共设 3 组处理, 测定斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨在无集团外猎物条件下分别对同种或异种植绥螨卵、幼螨和若螨的捕食情况。挑选 2-4 日龄经饥饿处理 24 h 的斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨的雌成螨各 1 头分别接入生测实验小室中, 同时, 分别接入 24 h 内所产的同种或异种卵各 10 粒、同种或异种新孵化幼螨各 20 头和同种或异种新产若螨各 15 头 (预实验显示均为最大捕食量)。然后, 24 h 后观察猎物的死亡率, 以两种植绥螨吸干猎物体液剩下猎物躯壳作为捕食发生的标准。每组实验重复 20 次。

**1.3.3 两种植绥螨雌成螨捕食同种和异种个体后的适合度** 根据 1.3.1 和 1.3.2 的结果及已有报道 (Schausberger and Croft, 2000a), 两种植绥螨对卵的选择捕食几率都很低, 因此主要对两种植绥螨捕食幼螨和若螨后的适合度 (产卵率、存活率) 进行了测定。挑选 2-4 日龄经饥饿处理 24 h 的斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨的雌成螨各 1 头分别接入生测实验小室中, 同时, 分别接入 24 h 内所产的同种或异种新孵化幼螨各 20 头、同种或异种新产若螨各 15 头。然后, 每隔 24 h 观察记录每种植绥螨雌成螨的产卵数量及存活情况, 每

日将雌成螨移入新的同期的幼螨或若螨实验小室内, 共计进行 7 d。每组处理 20 次重复。

#### 1.4 数据分析

采用卡方 ( $\chi^2$ ) 检验比较每种植绥螨对不同发育阶段的 IGP 水平 (即有 IGP 发生的重复数占总重复数的比例) 和 ISP 发生频次及总体的差异显著性。对于小于 5 的 IGP 水平值, 采用校正的卡方检验。

实验获得的数据均采用 SPSS 19.0 进行统计与分析。利用单因素方差分析 (ANOVA) 比较两种捕食者对猎物不同发育阶段 (卵、幼螨和若螨) 捕食率的差异, 并采用 Tukey's 检验进行多重比较。采用独立样本  $T$ -测验比较同一捕食者对相同发育阶段同种和异种个体及两种捕食者捕食同种或异种个体后猎物死亡率、产卵率、存活率的差异 (SPSS19.0)。

## 2 结果与分析

### 2.1 两种植绥螨雌成螨分别对同种和异种个体的捕食选择性

**2.1.1 在无共享猎物时对同种、异种个体的捕食选择性** 两种植绥螨雌成螨均能捕食同种和异种的卵、幼螨及若螨 (图 1)。当斯氏钝绥螨雌成螨为捕食者, 其对卵的捕食最少, 并且在同种卵 (3.33%) 和异种卵 (6.67%) 之间无显著差异 ( $\chi^2=0.351$ ,  $df=1$ ,  $P=0.554$ ); 但对幼螨的捕食最多, 并且在同种幼螨 (13.33%) 和异种幼螨 (63.33%) 之间显著偏向捕食异种幼螨 ( $\chi^2=15.864$ ,  $df=1$ ,  $P=0.000$ ); 对若螨的捕食仅次于幼螨, 在同种 (13.33%) 幼螨和异种若螨 (50.00%) 之间也显著偏向捕食异种若螨 ( $\chi^2=9.320$ ,  $df=1$ ,  $P=0.002$ ) (图 1)。

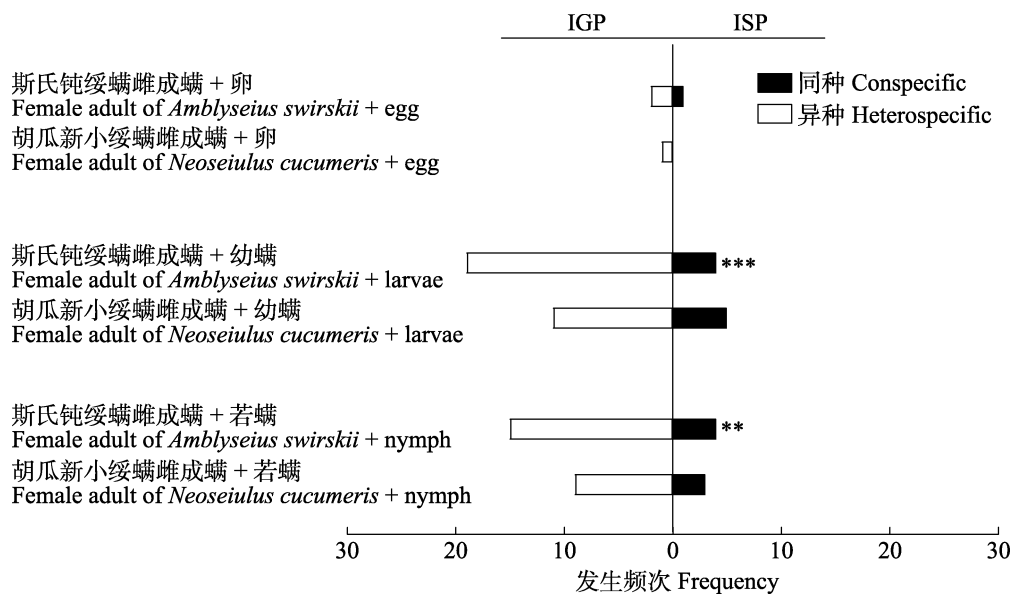


图 1 斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨雌成螨对其未成熟阶段的集团内捕食和同类相残

Fig. 1 Occurrence of intraguild predation and intraspecific predation by adult females of *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* on immature stages

IGP: 集团内捕食; ISP: 同类相残。下图同。\*\*和\*\*\*分别表示同种和异种个体之间存在显著差异和极显著差异 ( $\chi^2$ -test)。

IGP: Intraguild predation; ISP: Intraspecific predation. The same as below. \*\* and \*\*\* indicates significant differences and extremely significant differences between conspecific and heterospecific individuals ( $\chi^2$ -test), respectively.

当胡瓜新小绥螨雌成螨为捕食者, 其对卵的捕食同样最少, 并且对同种卵未进行捕食, 在同种卵 (0.00%) 和异种卵 (3.33%) 之间无显著偏向性 ( $\chi^2=1.107$ ,  $df=1$ ,  $P=0.313$ ); 对幼螨的捕

食最多, 但在同种幼螨 (16.67%) 和异种幼螨 (36.67%) 之间无显著偏向性 ( $\chi^2=3.068$ ,  $df=1$ ,  $P=0.080$ ); 对若螨的捕食仅次于幼螨, 在同种若螨 (10.00%) 和异种若螨 (30.00%) 之间也无显

著偏向性 ( $\chi^2=3.750$ ,  $df=1$ ,  $P=0.053$ ) (图 1)。

**2.1.2 在无共享猎物时的总 IGP 水平和 ISP** 在两种植绥螨分别对异种卵、幼螨、若螨 3 个阶段内所有发生 IGP 的重复中 (共 57 组), 斯氏钝绥螨为集团内捕食者的占 63.16% (共计 36 组), 胡瓜新小绥螨为集团内捕食者的占 36.84% (共计 21 组), 因此, 两种植绥螨互为捕食者而倾向于发生交互 IGP 作用, 但斯氏钝绥螨的攻击性强于胡瓜新小绥螨的攻击性 ( $\chi^2=8.832$ ,  $df=1$ ,  $P=0.003$ ) (图 2)。

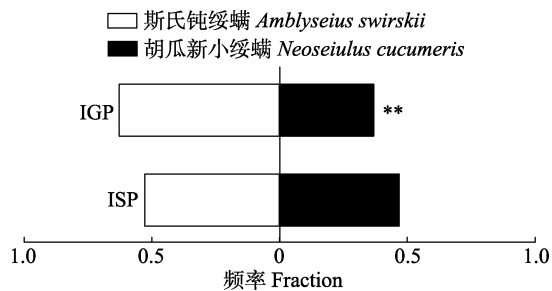
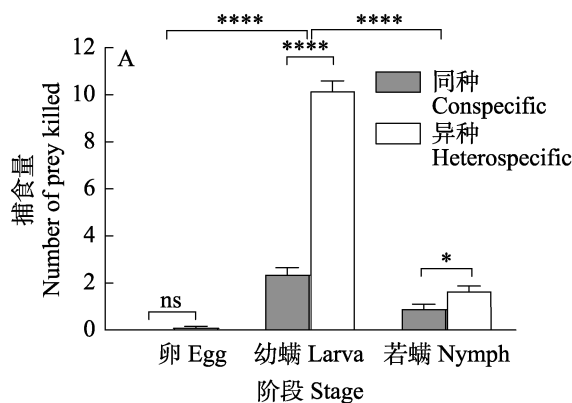


图 2 斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨发生集团内捕食和同类相残的总频率

Fig. 2 Total occurrence of intraguild predation and intraspecific predation between *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris*

\*\*表示斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨之间存在显著差异 ( $P<0.01$ , 卡方检验)。

\*\* indicates significant differences between *A. swirskii* and *N. cucumeris* ( $P<0.01$ ,  $\chi^2$  test).



在两种植绥螨分别对同种卵、幼螨、若螨 3 个阶段内所有发生 ISP 的重复中 (共 17 组), 斯氏钝绥螨占 52.94% (共计 9 组), 胡瓜新小绥螨占 47.06% (共计 8 组), 因此, 两种植绥螨在无集团外猎物条件下发生 ISP 的几率没有显著差异 ( $\chi^2=0.118$ ,  $df=1$ ,  $P=0.732$ ) (图 2)。

## 2.2 两种植绥螨雌成螨分别对同种和异种个体的捕食量

斯氏钝绥螨对不同发育阶段 (卵、幼螨和若螨) 个体的捕食量有极显著差异 ( $F_{2,117}=66.27$ ,  $P<0.0001$ ), 其中对幼螨的捕食量显著高于对若螨、卵的捕食量 ( $P$ 's  $<0.0001$ ); 斯氏钝绥螨对同种和异种个体的捕食量之间也有显著差异 ( $t=4.627$ ,  $df=118$ ,  $P<0.0001$ ), 并且对异种幼螨或若螨的捕食量显著高于对同种个体的捕食量 (幼螨:  $P<0.0001$ ; 若螨:  $P=0.0171$ ), 而对同种和异种卵的捕食量之间无显著差异 ( $P=0.1544$ ) (图 3: A)。

胡瓜新小绥螨对不同发育阶段 (卵、幼螨和若螨) 的个体捕食量具有极显著差异 ( $F_{2,117}=50.39$ ,  $P<0.0001$ ), 其中对幼螨的捕食量显著高于对卵、若螨的捕食量 ( $P$ 's  $<0.0001$ ), 对若螨的捕食量也高于对卵的捕食量 ( $P=0.0008$ ); 胡瓜新小绥螨对同种和异种个体的捕食量之间

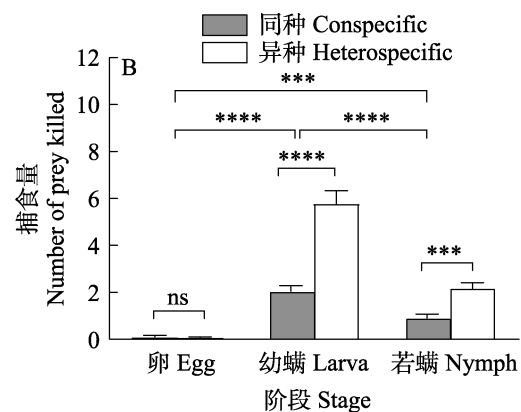


图 3 两种植绥螨雌成螨对同种和异种个体的捕食量

Fig. 3 Predation of adult females of *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* feeding on con- and heterospecific individuals

A. 斯氏钝绥螨; B. 胡瓜新小绥螨。星号表示捕食量之间的显著差异性

(\*:  $P<0.05$ ; \*\*\*:  $P<0.001$ ; \*\*\*\*:  $P<0.0001$ ), ns 表示无显著差异, Tukey's 检验。

A. *Amblyseius swirskii*; B. *Neoseiulus cucumeris*. The asterisks indicate significant differences between predation (\*:  $P<0.05$ ; \*\*\*:  $P<0.001$ ; \*\*\*\*:  $P<0.0001$ ), ns indicates no significant differences by Tukey's test.

也有显著差异 ( $t=4.090$ ,  $df=118$ ,  $P<0.0001$ ), 并且对异种幼螨 ( $P<0.0001$ ) 或若螨 ( $P=0.0003$ ) 的捕食量显著高于对同种个体的捕食量, 而对同种和异种卵的捕食量之间无显著差异 ( $P=0.5602$ ) (图 3: B)。

此外, 两种植绥螨对异种幼螨的捕食量存在显著差异, 斯氏钝绥螨对异种幼螨的捕食量显著高于胡瓜新小绥螨对异种幼螨的捕食量 ( $t=5.943$ ,  $df=38$ ,  $P<0.0001$ ) (图 3: A, B)。

## 2.3 两种植绥螨雌成螨捕食同种和异种个体后的适合度

### 2.3.1 捕食同种和异种幼螨、若螨后的产卵率

斯氏钝绥螨捕食不同发育阶段 (幼螨和若螨) 个体后的产卵率存在极显著差异 ( $t=5.774$ ,  $df=26$ ,  $P<0.0001$ ), 捕食幼螨后的产卵率显著高于捕

食若螨后的产卵率; 斯氏钝绥螨捕食同种和异种个体后的产卵率之间也存在显著差异 ( $t=2.854$ ,  $df=26$ ,  $P=0.0084$ ), 捕食异种幼螨 ( $P=0.0019$ ) 或若螨 ( $P=0.0013$ ) 后的产卵率显著高于捕食同种个体后的产卵率 (图 4: A)。

胡瓜新小绥螨捕食不同发育阶段 (幼螨和若螨) 个体后的产卵率存在显著差异 ( $t=3.334$ ,  $df=26$ ,  $P=0.0026$ ), 捕食幼螨后的产卵率显著高于捕食若螨后的产卵率; 但捕食同种和异种个体后的产卵率均无显著差异 ( $P's>0.05$ ) (图 4: B)。

此外, 两种植绥螨捕食异种幼螨后的产卵率也存在显著差异 ( $t=4.566$ ,  $df=12$ ,  $P=0.001$ ), 斯氏钝绥螨捕食异种幼螨的产卵率显著高于胡瓜新小绥螨捕食异种幼螨的产卵率 (图 4: A, B)。

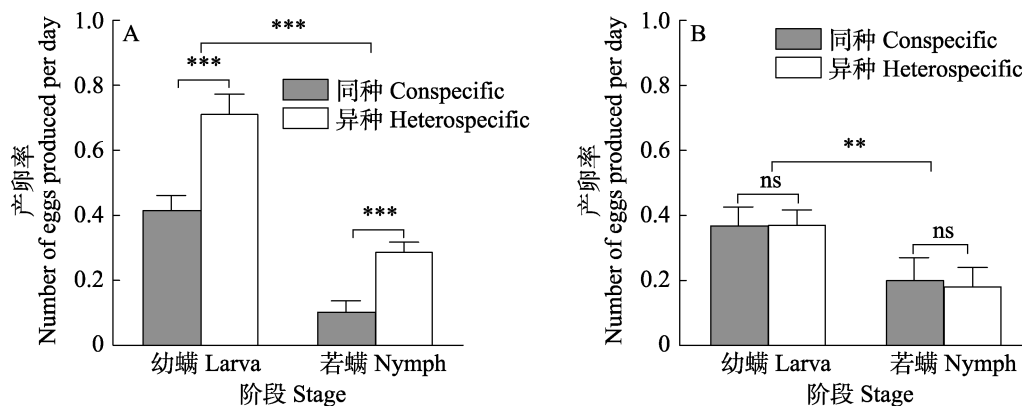


图 4 两种植绥螨雌成螨捕食同种、异种幼螨或若螨的日均产卵率

Fig. 4 Average oviposition rates of adult females of *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* feeding on con- and heterospecific larvae or nymphs per day

A. 斯氏钝绥螨; B. 胡瓜新小绥螨. \*\*和\*\*\*分别表示日均产卵率之间的显著差异性

(\*\* :  $P<0.01$ ; \*\*\* :  $P<0.0001$ ,  $t$ -检验)。图 5 同。

A. *Amblyseius swirskii*; B. *Neoseiulus cucumeris*. The asterisks indicate significant differences between oviposition rates (\*\* :  $P<0.01$ ; \*\*\* :  $P<0.0001$ ,  $t$ -test). The same as Fig. 5.

### 2.3.2 捕食同种和异种幼螨、若螨后的存活率

斯氏钝绥螨捕食不同发育阶段 (幼螨和若螨) 个体后的存活率无显著差异 ( $t=0.9825$ ,  $df=26$ ,  $P=0.3349$ ); 但捕食同种和异种个体后的存活率之间具有显著差异 ( $t=2.196$ ,  $df=26$ ,  $P=0.0372$ ), 捕食异种个体 (幼螨加若螨) 后的存活率 (86.07%) 显著高于捕食同种个体 (幼螨加若螨)

后的存活率 (69.64%), 但捕食同种和异种幼螨或同种和异种若螨后的存活率均无显著差异 ( $P's>0.05$ ) (图 5: A)。

胡瓜新小绥螨捕食不同发育阶段 (幼螨和若螨) 个体后的存活率无显著差异 ( $t=0.3436$ ,  $df=26$ ,  $P=0.7339$ ), 捕食同种和异种个体后的存活率之间也无显著差异 ( $P's>0.05$ ) (图 5: B)。

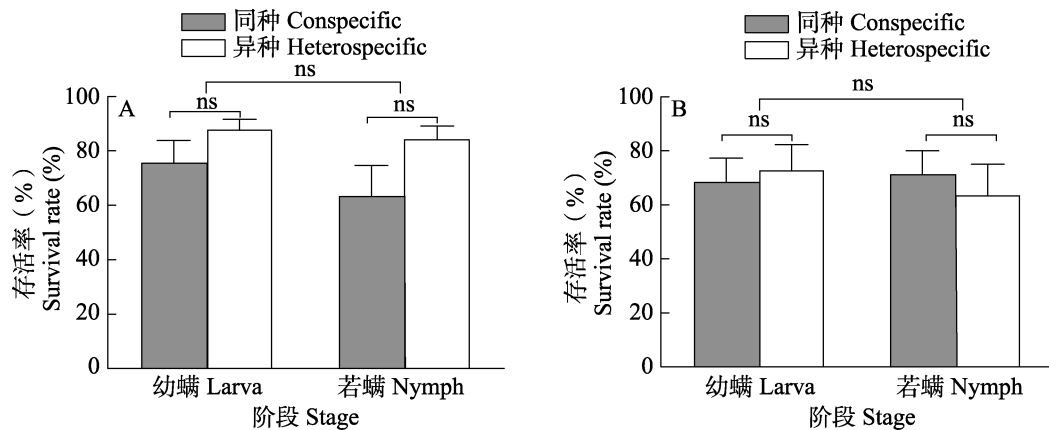


图 5 两种植绥螨雌成螨捕食同种、异种幼螨或若螨的存活率

Fig. 5 Average survival rates of adult females of *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* feeding on con- and heterospecific larvae or nymphs per day

A. 斯氏钝绥螨; B. 胡瓜新小绥螨。ns 表示无显著差异。

A. *Amblyseius swirskii*; B. *Neoseiulus cucumeris*. ns indicates no significant differences.

### 3 结论与讨论

斯氏钝绥螨与胡瓜新小绥螨在无集团外猎物条件下互为捕食者而发生交互 IGP 作用,斯氏钝绥螨为集团内捕食者的几率(即 IGP 水平)为 63.16%,而胡瓜新小绥螨为 36.84%,斯氏钝绥螨的攻击性强于胡瓜新小绥螨。这和 Buitenhuis 等(2010)的结果是一致的。Guo 等(2016)通过研究斯氏钝绥螨与东方钝绥螨 *Amblyseius orientalis*、加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* 的 IGP 作用,同样得出斯氏钝绥螨攻击性较强,在无共享猎物时,IGP 水平均可达到 65%-70%。

在不同的植绥螨组合中,植绥螨对同种和异种的捕食选择性也不同。在日本,当斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨作为外来种时,两种植绥螨均不选择捕食同种幼螨,而只选择捕食异种的本地植绥螨奇异宽腹绥螨 *Gynaeseius liturivorus* 的幼螨(Sato and Mochizuki, 2011)。本研究的结果表明,在无猎物的条件下,斯氏钝绥螨与胡瓜新小绥螨之间均优先捕食异种个体而倾向于发生 IGP。这可能是因为植绥螨能够区分同种和异种个体并偏好捕食异种个体(Schausberger, 1997, 2003; Schausberger and Croft, 1999, 2000a; Montserrat *et al.*, 2006),因此,相比 ISP 而言,两种植绥螨更容易发生 IGP。Haghani 等(2015)

研究斯氏钝绥螨、加州新小绥螨、智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* 在无共享猎物条件下的捕食选择性也得出了相似结论,并证明斯氏钝绥螨和加州新小绥螨均具有识别同种和异种幼螨的能力。

IG-捕食者对 IG-猎物的捕食应直接导致在生长、繁殖或生存方面的增加,这是发生 IGP 的先决条件(Polis *et al.*, 1989; Fonseca *et al.*, 2017)。本研究主要通过两种植绥螨捕食幼螨及若螨后的产卵量以及存活时间来评价其适合度,结果显示两种植绥螨捕食幼螨比捕食若螨更利于其产卵,而且斯氏钝绥螨捕食异种个体后的产卵率、存活率均高于胡瓜新小绥螨捕食异种个体后相应的数值。这样,对于斯氏钝绥螨,异种个体似乎是比同种个体更合适的食物来源。此外,当为斯氏钝绥螨提供同种和异种真绥螨 *Euseius concordis* 幼螨时,也显示了同样的结果(Cavalcante *et al.*, 2017)。

斯氏钝绥螨与胡瓜新小绥螨捕食同种个体后都能产卵,但也有研究显示斯氏钝绥螨雌成螨不能成功捕食同种卵和前若螨,并且自相残杀(即使是捕食同种幼螨)后也不能产卵并很快死亡(Momen and Abdel-Khalek, 2009);同时,斯氏钝绥螨与胡瓜新小绥螨取食幼螨的产卵率最高,这可能是因为雌成螨较难刺破卵或捕食若

螨, 对卵或若螨的捕食或许只是为了生存而不是为了产生子代 (Schausberger and Croft, 2000b; Meszaros *et al.*, 2007)。

对于斯氏钝绥螨, 由于明显偏向选择异种个体, 这直接引起斯氏钝绥螨对异种的捕食量更高, 而对异种的大量捕食又导致其产卵也明显提高; 胡瓜新小绥螨对同种和异种的选择虽统计分析无显著差异, 但仍偏向选择异种个体 (幼螨: 异种 36.67% > 同种 16.67%; 若螨: 异种 30.00% > 同种 10.00%), 引起对异种的捕食更多, 但并未导致产卵有显著差异, 其它植绥螨也有类似结果 (Momen and Abdel-Khalek, 2009), 这或许是因为产卵量本身数值很低, 在 7 d 实验期内未能表现出取食异种比同种个体后产卵更多的统计学差异。同样, 在其它植绥螨组合也存在同样情况, 即捕食异种植绥螨的产卵量虽然高于捕食同种植绥螨的产卵量, 但产卵量数值仍然是相对较低的现象 (Walzer and Schausberger, 1999; Schausberger and Croft, 2000b; Zannou *et al.*, 2005; Negloh *et al.*, 2012)。

斯氏钝绥螨所参与的 IGP, 多数为集团内捕食者 (Rasmy *et al.*, 2004; Buitenhuis *et al.*, 2010; Sato and Mochizuki, 2011; Haghani *et al.*, 2015; Guo *et al.*, 2016; Maleknia *et al.*, 2016); 而胡瓜新小绥螨在不同植绥螨组合中多为集团内猎物 (Buitenhuis *et al.*, 2010; 彭勇强等, 2013)。Buitenhuis 等 (2010) 的研究表明, 斯氏钝绥螨喜欢捕食胡瓜新小绥螨甚于捕食共享猎物西花蓟马, 本研究也显示这两种植绥螨捕食异种幼螨后具有较好适合度。本研究仅是在室内条件下获得的结果, 未在实践中较大尺度的范围内进行验证, 未来可尝试在温室中进行斯氏钝绥螨和胡瓜新小绥螨组合应用的风险性评价。

## 参考文献 (References)

- Buitenhuis R, Shipp L, Scottdupree C, 2010. Intra-guild vs extra-guild prey: Effect on predator fitness and preference of *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) and *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 100(2): 167–173.
- Calvo FJ, Knapp M, van Houten YM, Hoogerbrugge H, Belda JE, 2015. *Amblyseius swirskii*: What made this predatory mite such a successful biocontrol agent? *Experimental and Applied Acarology*, 65(4): 419–433.
- Cavalcante ACC, Sourassou NF, de Moraes GJ, 2017. Potential predation of the exotic *Amblyseius swirskii* on *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae), a predatory mite commonly found in Brazil. *Biocontrol Science and Technology*, 27(2): 288–293.
- Fonseca MM, Montserrat M, Guzmán C, Campos TI, Pallini A, Janssen A, 2017. How to evaluate the potential occurrence of intraguild predation. *Experimental and Applied Acarology*, 72(2): 103–114.
- Ghasemloo Z, Pakyari H, Arbab A, 2016. Cannibalism and intraguild predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 42(3): 1–4.
- Guo JH, Meng RX, Zhang DX, Yin YF, Jia YH, Liu WM, 2016. Intraguild predation and cannibalism in the phytoseiid mites *Euseius utilis* and *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae). *Acta Entomologica Sinica*, 59(5): 560–567. [郭建哈, 孟瑞霞, 张东旭, 尹云飞, 贾永红, 刘文明, 2016. 有益真绥螨与巴氏新小绥螨的集团内捕食和同类相残作用. 昆虫学报, 59(5): 560–567.]
- Guo YW, Lv JL, Jiang XH, Wang BM, Gao YL, Wang ED, Xu XN, 2016. Intraguild predation between *Amblyseius swirskii* and two native Chinese predatory mite species and their development on intraguild prey. *Scientific Reports*, 6: 22992.
- Haghani S, Golpayegani AZ, Saboori A, Allahrari H, 2015. Aggressiveness and predation preference of predatory mites *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) towards to heterospecific larvae. *Ecologica Montenegrina*, 3: 46–55.
- Han YH, Meng RX, Dong Z, Wei CG, Yi WD, Zhang QW, 2016. Evaluation of the potential of six phytoseiid predators as biological control agents of the western flower thrip *Frankliniella occidentalis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(5): 996–1004. [韩玉华, 孟瑞霞, 董喆, 魏春光, 伊卫东, 张青文, 2016. 以实验种群生命表评价 6 种植绥螨对西花蓟马的控制潜力. 应用昆虫学报, 53(5): 996–1004.]
- Kutuk H, 2017. Performance of the predator *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) on greenhouse eggplants in the absence and presence of pine *Pinus brutia* (Pinales: Pinaceae) pollen. *Entomological Research*, 47(4): 263–269.
- Li Y, Wang X, Meng RX, Hou LL, Jia YH, 2018. The influence of females and males of three species of predatory mites on their intraguild predation and cannibalism. *Journal of Northern Agriculture*, 46(5): 85–88. [李杨, 王鑫, 孟瑞霞, 侯林林, 贾永红, 2018. 雌雄性别对 3 种植绥螨之间集团内捕食和同类相残的影响. 北方农业学报, 46(5): 85–88.]
- Lucas É, Coderre D, Brodeur J, 1998. Intraguild predation among aphid predators: Characterization and influence of extraguild prey density. *Ecology*, 79(3): 1084–1092.
- Maleknia B, Fathipour Y, Soufba M, 2016. Intraguild predation among three phytoseiid species, *Neoseiulus barkeri*, *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii*. *Systematic and Applied*

- Acarology*, 21(4): 417–426.
- Marques RV, Sarmiento RA, Oliveira AG, Rodrigues DM, Venzon M, PedroNeto M, Pallini A, Janssen A, 2018. Reciprocal intraguild predation and predator coexistence. *Ecology and Evolution*, 8(14): 6952–6964.
- Meng RX, Janssen A, Nomiko M, Zhang QW, Sabelis MW, 2006. Previous and present diets of mite predators affect antipredator behaviour of whitefly prey. *Experimental and Applied Acarology*, 38(2/3): 113–124.
- Meng RX, Zhang QW, Liu XX, 2007. Recent progress in biological control of *Bemisia tabaci* with phytoseiid predators. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(6): 798–803. [孟瑞霞, 张青文, 刘小侠, 2007. 利用植绥螨防治烟粉虱的进展. 昆虫知识, 44(6): 798–803.]
- Messelink GJ, van Steenpaal SEF, Ramakers PMJ, 2006. Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. *Biocontrol*, 51(6): 753–768.
- Messelink GJ, Maanen B, van Steenpaal SEF, Janssen A, 2008. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one. *Biological Control*, 44(3): 372–379.
- Meszáros A, Tixier MS, Cheval B, Barbar Z, Kreiter S, 2007. Cannibalism and intraguild predation in *Typhlodromus exilis* and *T. phialatus* (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. *Experimental and Applied Acarology*, 41(1/2): 37–43.
- Momen FM, Abdel-Khalek A, 2009. Cannibalism and intraguild predation in the phytoseiid mites *Typhlodromus swirskii*, *Euseius scutalis* and *Typhlodromus athiasae* (Acari: Phytoseiidae). *Acarina*, 17(2): 223–229.
- Montserrat M, Janssen A, Magalhães S, Sabelis MW, 2006. To be an intra-guild predator or a cannibal: Is prey quality decisive? *Ecological Entomology*, 31(5): 430–436.
- Montserrat M, Magalhaes S, Sabelis MW, De Roos AM, Janssen A, 2012. Invasion success in communities with reciprocal intraguild predation depends on the stage structure of the resident population. *Oikos*, 121(1): 67–76.
- Negloh K, Hanna R, Schausberger P, 2012. Intraguild predation and cannibalism between the predatory mites *Neoseiulus neobarakii*, and *N. paspalivorus*, natural enemies of the coconut mite *Aceria guerreronis*. *Experimental and Applied Acarology*, 58(3): 235–246.
- Peng YQ, Meng RX, Zhang DX, Zhang PF, Han YH, 2013. Cannibalism and intraguild predation of phytoseiid mites *Neoseiulus barkeri* and *Neoseiulus cucumeris*. *Chinese Journal of Ecology*, 32(7): 1825–1831. [彭永强, 孟瑞霞, 张东旭, 张鹏飞, 韩玉花, 2013. 两种植绥螨同类相残和集团内捕食作用. 生态学杂志, 32(7): 1825–1831.]
- Polis GA, 1984. Age structure component of niche width and intraspecific resource partitioning: Can age groups function as ecological species? *American Naturalist*, 123(4): 541–564.
- Polis GA, Myers CA, Holt RD, 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: Potential competitors that eat each other. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20(1): 297–330.
- Rahmani H, Afshari N, 2020. Intraguild predation and cannibalism between two phytoseiid mites, *Neoseiulus californicus* and *Amblyseius andersoni*. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22(2): 477–487.
- Ramaker PMJ, 1980. Biological control of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) with *Amblyseius* spp. (Acari: Phytoseiidae). *Bull. SROP/WPRS*, 3(3): 203–207.
- Rasmy AH, Abou-El-Ella GM, Hussein HE, 2004. Cannibalism and interspecific predation of the phytoseiid mite, *Amblyseius swirskii*. *Journal of Pest Science*, 77(1): 23–25.
- Rosenheim JA, Kaya HK, Ehler LE, Marois JJ, Jaffee BA, 1995. Intraguild predation among biological-control agents: Theory and evidence. *Biological Control*, 5(3): 303–335.
- Sato Y, Mochizuki A, 2011. Risk assessment of non-target effects caused by releasing two exotic phytoseiid mites in Japan: Can an indigenous phytoseiid mite become IG prey? *Experimental and Applied Acarology*, 54(4): 319–329.
- Schausberger P, 1997. Inter- and intraspecific predation on immatures by adult females in *Euseius finlandicus*, *Typhlodromus pyri* and *Kampimodromus aberrans* (Acari, Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 21(3): 131–150.
- Schausberger P, Croft BA, 1999. Predation on and discrimination between con- and heterospecific eggs among specialist and generalist phytoseiid mite species (Acari: Phytoseiidae). *Environmental Entomology*, 28(3): 523–528.
- Schausberger P, Croft BA, 2000a. Cannibalism and intraguild predation among phytoseiid mites: Are aggressiveness and prey preference related to diet specialization? *Experimental and Applied Acarology*, 24(9): 709–725.
- Schausberger P, Croft BA, 2000b. Nutritional benefits of intraguild predation and cannibalism among generalist and specialist phytoseiid mites. *Ecological Entomology*, 25(4): 473–480.
- Schausberger P, 2003. Cannibalism among phytoseiid mites: A review. *Experimental and Applied Acarology*, 29(3/4): 173–191.
- Walzer A, Blümel S, Schausberger P, 2001. Population dynamics of interacting predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*, held on detached bean leaves. *Experimental and Applied Acarology*, 25(9): 731–743.
- Walzer A, Schausberger P, 1999. Cannibalism and interspecific predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*: Predation rates and effects on reproduction and juvenile development. *BioControl*, 43(4): 457–468.
- Xu XN, Lv JL, Wang ED, 2013. Review of research on predatory mites and its applications in China. *China Plant Protection*, 33(10): 26–34. [徐学农, 吕佳乐, 王恩东, 2013. 捕食螨在中国的研究与应用. 中国植保导刊, 33(10): 26–34.]
- Zannou I, Hanna R, De Moraes JG, Kreiter S, 2005. Cannibalism and interspecific predation in a phytoseiid predator guild from cassava field in Africa: Evidence from the laboratory. *Experimental and Applied Acarology*, 37(1/2): 27–42.