



林莉, 郭超, 韩群鑫, 章柱. 胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨的捕食效能初步研究 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (6): 1482 - 1487.

## 胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨的捕食效能初步研究

林莉<sup>1</sup>, 郭超<sup>2</sup>, 韩群鑫<sup>3\*</sup>, 章柱<sup>4</sup>

(1. 广州海关技术中心, 广州 510623; 2. 广东省粮食科学研究所, 广州 510000;  
3. 仲恺农业工程学院植保系, 广州 510225; 4. 广州白云机场海关, 广州 510470)

**摘要:** 胡瓜钝绥螨 *Amblyseius cucumeris* Oudemans 能捕食为害蝴蝶兰的害螨——太平洋细须螨 *Tenuipalpus pacificus* Baker 的卵、幼螨、若螨和成螨。室内研究了胡瓜钝绥螨雌成螨对太平洋细须螨卵、幼螨、若螨的捕食功能反应。结果表明, 随着太平洋细须螨密度的增加, 胡瓜钝绥螨雌成螨对太平洋细须螨的捕食数量也随之上升, 捕食功能反应曲线符合 Holling II 型方程。胡瓜钝绥螨雌成螨对太平洋细须螨卵的控制能力显著强于对幼螨和若螨的控制能力,  $a/Th$  值分别为 165.8、79.2 和 63.8。在猎物密度一定时, 由于胡瓜钝绥螨个体间存在相互竞争和相互干扰作用, 随着捕食螨密度的提高, 捕食螨平均捕食量逐渐减少。

**关键词:** 太平洋细须螨; 胡瓜钝绥螨; 功能反应; 捕食效能

中图分类号: Q968.1; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 06-1482-06

### Preliminary study of *Amblyseius cucumeris* Oudemans preying on *Tenuipalpus pacificus* Baker

LIN Li<sup>1</sup>, GUO Chao<sup>2</sup>, HAN Qun-Xin<sup>3\*</sup>, ZHANG Zhu<sup>4</sup> (1. Guangzhou Customs Technology Center, Guangzhou 510623, China; 2. Guangdong Institute for Cereal Science Research, Guangzhou 510000, China; 3. Plant Protection Department, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 4. Guangzhou Baiyun Airport Customs, Guangzhou 510470, China)

**Abstract:** *Tenuipalpus pacificus* Baker is a pest damaging the *Phalaenopsis orchid*. *Amblyseius cucumeris* Oudemans can prey all stages of *T. pacificus*. The predatory function response of *A. cucumeris* female adult to *T. pacificus* was studied in the laboratory. The result showed that the predation number of *A. cucumeris* to *T. pacificus* increased with the density of *T. pacificus* increase until it went to steady and the functional response belonged to Holling II model. The control ability of *A. cucumeris* to egg of *T. pacificus* was significantly better than that of *A. cucumeris* to the other stages of *T. pacificus*. The values of  $a/Th$  are 165.8, 79.2 and 63.8 respectively. Due to mutual competition and interference, consumption rate per predator decreased with increasing predator density.

**Key words:** *Tenuipalpus pacificus* Baker; *Amblyseius cucumeris* Oudemans; functional response; predation efficiency

蝴蝶兰 *Phalaenopsis* spp. 为兰科 Orchidaceae 蝴蝶兰属 *Phalaenopsis* 多年生附生植物, 由于其花形

美丽别致, 花期又比较长, 因而被冠以“洋兰皇后”的美称 (韩召军, 2001), 是当今国际、国内

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFC0809105)

作者简介: 林莉, 女, 博士, 高级农艺师, 主要从事农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: lungley@163.com

\* 通讯作者 Author for correspondence: 韩群鑫, 博士, 教授, 主要从事农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: 443543146@qq.com

收稿日期 Received: 2019-11-21; 接受日期 Accepted: 2020-06-08

花卉市场上最受欢迎的花卉之一。当前蝴蝶兰大量生产的主要方式是温室栽培(郑楚明等, 2007)。由于温室空间相对封闭, 往往因为温室环境控制不到位而使温室出现温度过高、通风不良、光线不足等情况而易造成病虫害的发生, 成为阻碍蝴蝶兰产业发展的重要因素(黄锦炎等, 2015)。近日, 在中国大陆新发现一种细须螨为害蝴蝶兰, 结合形态学和分子生物学的方法鉴定为太平洋细须螨 *Tenuipalpus pacificus* Baker (韩群鑫等, 2014)。

太平洋细须螨隶属蛛形纲 Arachnida 蜱螨亚纲 Acari 细须螨科 Tenuipalpidae, 在温室大棚中危害蝴蝶兰。其主要集中在蝴蝶兰叶背为害, 吸食汁液使得叶背变得粗糙不平, 留有大量的皮蜕, 并呈现密集的白色斑点, 严重时, 整片蝴蝶兰叶背变成银白色, 这极大地降低了蝴蝶兰的观赏价值和经济价值(张启翔, 2012)。同时蝴蝶兰温室大棚的温湿度等条件适合于太平洋细须螨的生长发育, 这使得其在我国大陆定殖的可能性较大, 一旦在大陆定殖, 那么将对蝴蝶兰造成严重的经济损失, 并将成为蝴蝶兰产业发展的一大阻碍。

胡瓜钝绥螨 *Amblyseius cucumeris* Oudemans 属植绥螨科 Phytoseiidae 钝绥螨属 *Amblyseius* Berlese, 是一种广谱性的捕食螨(韩群鑫等, 2014)。也是目前生物防治中应用较为成功的捕食性天敌之一(Remarker, 1987)。我国复旦大学曾在 20 世纪 80 年代从荷兰引进该种, 最初用于防治温室蓟马。在欧美等地区已运用于防治蔬菜、水果及花卉上的蓟马和螨类(Remarker, 1987; 张艳璇等, 2011)。但至今仍未有胡瓜钝绥螨防治太平洋细须螨的报道。本文在实验室条件下研究了胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨的生物控制能力, 为生产上利用胡瓜钝绥螨防治蝴蝶兰害螨—太平洋细须螨提供理论依据, 以达到“以螨治螨”生物防治的目的。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试虫源

胡瓜钝绥螨由广东省农业科学院植物保护研究所提供。

太平洋细须螨从广州市白云区蝴蝶兰温室大棚中采集获得。

### 1.2 试验设备和材料

RXZ 智能型人工气候箱: 宁波江南仪器厂;

SMZ-B4 连续变倍体视镜: 重庆奥特光学仪器有限公司;

另外有小号毛笔、海绵、培养皿、滤纸、记号笔。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 饲养器的制作

饲养器(图 1)可设置为: 在直径为 15 cm 的培养皿内放入圆形海绵块( $\varphi 15$  cm, 厚 1 cm), 在圆形海绵块上对称挖出“十”字的凹槽, 凹槽宽约 1 cm, 十字形的凹槽将海绵分成均等的 4 个区域, 分别在 4 个区域放上大小合适的正方形黑色胶板(边长 3.5 cm), 周边用吸水纸围住, 再在培养皿中注入适量的水但不浸入黑色纸板中, 以保持一定的湿度, 防止捕食螨逃逸。

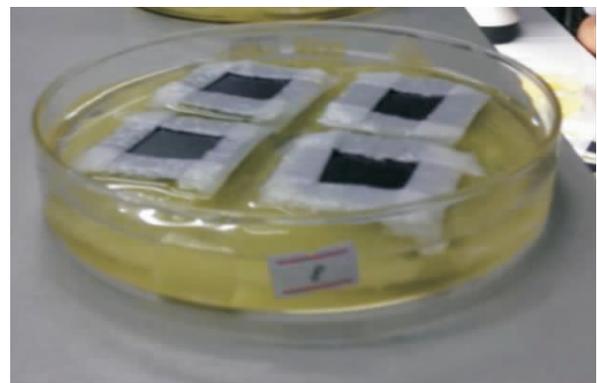


图 1 胡瓜钝绥螨捕食太平洋细须螨的试验装置示意图

Fig. 1 Map of the experimental apparatus for the predation of *Amblyseius cucumeris* on *Tenuipalpus pacificus*

#### 1.3.2 胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨的捕食行为观察

在饲养器的黑色塑料板上分别放入若干数量太平洋细须螨的卵、幼螨、若螨和成螨, 然后分别放入 1 头经 24 h 饥饿处理的胡瓜钝绥螨雌成螨。观察胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨各螨态的捕食情况。

#### 1.3.3 胡瓜钝绥螨捕食太平洋细须螨的功能反应

依次将 2、4、8、16、32、64 头太平洋细须螨分别和 1 头经 24 h 饥饿处理的胡瓜钝绥螨雌成螨放入饲养器的一块黑色塑料板上, 然后将其置于光照培养箱中, 24 h 后测定胡瓜钝绥螨雌成螨对

太平洋细须螨的捕食量。试验测试了胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨卵、幼螨、若螨 3 个螨态的功能反应。每处理重复 10 次。试验条件设为温度  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , RH  $70\% \pm 10\%$ , 光照 12 h (李美和符悦冠, 2007)。

### 1.3.4 胡瓜钝绥螨雌成螨间的干扰反应

在饲养器的黑板上放入 250 头太平洋细须螨的若螨, 按 1、2、3、4、5 头的密度分别放入胡瓜钝绥螨雌成螨, 将其置于光照培养箱中, 24 h 后观察并记录胡瓜钝绥螨雌成螨的捕食量。每个处理设 5 个重复。实验条件设为温度  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , RH  $70\% \pm 10\%$ , 光照 12 h。

## 1.4 数据处理

### 1.4.1 功能反应

根据 Holling 1959 年提出的圆盘方程 (Holling, 1959) 拟合胡瓜钝绥螨捕食太平洋细须螨的功能反应:

$$N_a = aTN / (1 + aT_h N)$$

$N_a$  为害螨被捕食量;  $N$  为害螨密度;  $T$  为实验时间 (试验时间为 24 h, 因此  $T=1$ );  $a$  为攻击系数 (瞬间攻击率);  $T_h$  为处置时间。本文用  $a/T_h$  值评价胡瓜钝绥螨的捕食能力 (Yan and Wu, 1989)。

$$\text{搜索效应 } S = a / (1 + aT_h N)$$

将  $Na = aTN / (1 + aThN)$  变形为:  $1/Na = 1/(aN) + Th$ , 令:  $1/Na = y$ ,  $1/a = B$ ,  $1/N = x$ ,  $Th = A$ , 则公式变为直线方程:  $y = A + Bx$ , 通过 SPSS 软件用最小二乘法估计 A 和 B。计算得到胡瓜钝绥螨捕食太平洋细须螨的功能反应方程。

### 1.4.2 搜索效率

每头捕食螨的搜索效率用 Nicholson 等式 (Nicholson, 1933) 进行拟合:

$$b = \left( \frac{1}{PT} \right) \ln \left( \frac{N_t}{N_t - N_a} \right)$$

其中  $N_t$  是最初猎物的总数;  $N_a$  是全部被杀的猎物数;  $P$  是捕食螨数;  $T$  是时间。

干扰常数用 Hassell and Varley 的等式 (Hassell and Varley, 1969):

$$\log b = \log Q - m \log P$$

$b$  是每头捕食螨的搜寻效率;  $Q$  是追击常数;  $m$  是相互干扰常数;  $P$  是捕食螨密度 (Free et al., 1977)。

试验数据采用 SPSS 21.0 软件进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 胡瓜钝绥螨对猎物太平洋细须螨的捕食行为观察

试验观察发现, 太平洋细须螨的各螨态即卵、幼螨、若螨和成螨均可被胡瓜钝绥螨捕食。当把胡瓜钝绥螨放入载有太平洋细须螨的饲养器上时, 胡瓜钝绥螨不停移动搜寻, 在找到猎物后, 直接用口针刺入太平洋细须螨体内, 吸取猎物体液, 在吸食过程中, 能观察到胡瓜钝绥螨吸取的猎物体液在其腹部形成“X”型流动, 当捕食足够多的害螨后, 胡瓜钝绥螨的整个身体变成红色乃至黑色 (图 2)。



图 2 捕食太平洋细须螨后的胡瓜钝绥螨  
Fig. 2 *Amblyseius cucumeris* after predation of  
*Tenuipalpus pacificus*

### 2.2 胡瓜钝绥螨捕食太平洋细须螨的功能反应

胡瓜钝绥螨雌成螨对太平洋细须螨不同螨态的捕食量不同, 对卵的捕食量为 1.6~50.6 头, 对幼螨的捕食量为 1.8~40.0 头, 对若螨的捕食量为 1.6~29.7 头。胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨不同螨态的日捕食量 ( $N_a$ ) 随太平洋细须螨密度 ( $N_0$ ) 的增加而增加, 同时在同等数量的太平洋细须螨下, 胡瓜钝绥螨雌成螨对太平洋细须螨卵的捕食量最大, 对若螨的捕食量最小。随着太平洋细须螨卵、幼螨、若螨密度的增加, 胡瓜钝绥螨雌成螨的搜索效应逐渐降低 (图 3)。

胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨的捕食功能反应符合 Holling II 型模型 (表 1)。胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨幼螨的瞬时攻击率最强, 然后依次是若螨和卵。胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨卵的处置时间  $Th = 0.004859$ , 表明胡瓜钝绥螨处理掉太平洋细须螨的一粒卵需 0.004859 d, 即 6.99 min。胡瓜

钝绥螨吃掉 1 头幼螨的  $Th = 0.01286$ , 即 18.52 min。胡瓜钝绥螨吃掉 1 头若螨的  $Th = 0.01545$ , 即 22.25 min。由此可知, 胡瓜钝绥螨处理太平洋细须螨所需时间的关系为: 卵 < 幼螨 < 若螨。

胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨的瞬时攻击率  $a$  与处置时间  $Th$  之比, 是衡量天敌作用的参数之

一,  $a/Th$  越大, 对害虫的控制能力越强 (牟吉元等, 1997; 张艳璇等, 2004)。对不同发育阶段的太平洋细须螨来说, 胡瓜钝绥螨对卵的  $a/Th$  值大于幼螨和若螨的  $a/Th$  值, 为 165.8, 说明胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨卵的控制能力最强, 对卵的捕食作用高于对若螨和幼螨的捕食作用。

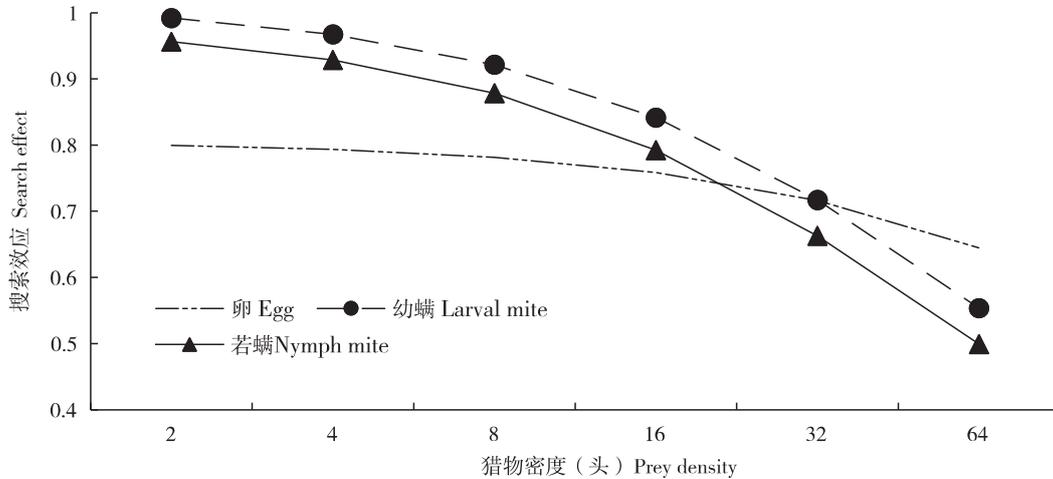


图 3 胡瓜钝绥螨雌成螨对太平洋细须螨不同螨态的搜索效应

Fig. 3 Search effect of *Amblyseius cucumeris* female adult on different mite stages of *Tenuipalpus pacificus*

表 1 胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨的捕食功能反应

Table 1 Predatory response of *Amblyseius cucumeris* to the *Tenuipalpus pacificus*

猎物 Prey	功能反应方程 Functional response equation	相关系数 ( $r$ ) Correlation coefficient	攻击系数 ( $a$ ) Attack coefficient	处置时间 ( $T_h$ ) Handling time	$a/T_h$
卵 Egg	$N_a = 0.8057N / (1 + 0.0039N)$	0.9992	0.8057	0.004859	165.8
幼螨 Larval mite	$N_a = 1.0181N / (1 + 0.0131N)$	0.9901	1.0181	0.01286	79.2
若螨 Nymph mite	$N_a = 0.9853N / (1 + 0.0152N)$	0.9981	0.9853	0.01545	63.8

2.3 胡瓜钝绥螨雌成螨间的密度干扰反应

捕食者在一定的空间范围内, 常常对邻近的同种其他个体存在着明显的反应。捕食螨常以增加局部扩散的倾向来对同种个体的相遇行为起反应, 亦即相互干扰效应。

胡瓜钝绥螨雌成螨之间存在竞争和相互干扰作用 (图 4), 太平洋细须螨密度相同时, 胡瓜钝绥螨的平均捕食量随其自身密度的增加而降低。随着捕食螨胡瓜钝绥螨雌成螨数量的增加, 其搜寻效率从 0.249 降到 0.202, 每头捕食螨的日均捕食量从 55.000 降到 31.840 (表 2)。

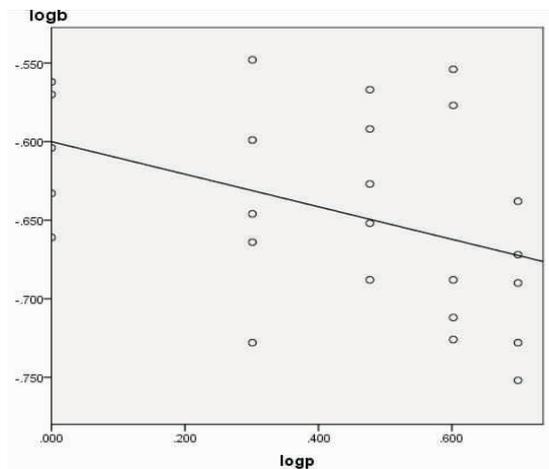


图 4 胡瓜钝绥螨雌成螨自身密度干扰反应图

Fig. 4 Self density interference response of *Amblyseius cucumeris* female adult

表 2 每头胡瓜钝绥螨雌成螨的搜寻效率与捕食效率

Table 2 Search efficiency and predation efficiency of *Amblyseius cucumeris* female adult

捕食螨数量 (头)	搜寻效率	捕食量	Hassell and Varley 方程	相关系数 ( $R^2$ )
Number of predatory mites	Search efficiency	Predation number	Hassell and Varley equation	Correlation coefficient
1	0.249 ± 0.106 <sup>a</sup>	55.000 ± 2.074 <sup>a</sup>		
2	0.233 ± 0.163 <sup>a</sup>	45.680 ± 2.054 <sup>b</sup>		
3	0.234 ± 0.128 <sup>a</sup>	41.866 ± 1.551 <sup>c</sup>	$\log b = -0.600 - 0.104 \log P$	0.179
4	0.226 ± 0.190 <sup>a</sup>	35.600 ± 1.633 <sup>d</sup>		
5	0.202 ± 0.094 <sup>b</sup>	31.840 ± 0.798 <sup>e</sup>		

注: 表中同列不同字母者表示方差分析在 0.05 水平上差异显著 (邓肯氏法)。Note: Different letters in each column of the table indicated the variance analysis has significant difference at 0.05 level (Duncan's method).

### 3 结论与讨论

自 20 世纪 90 年代, 胡瓜钝绥螨已被广泛应用于一些小型昆虫的生物防治, 如西花蓟马、烟蓟马 *Thrips tabaci* 和烟粉虱 *Bemisia tabaci* Gennadius 等, 胡瓜钝绥螨也被用于防治二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch、刘氏短须螨 *Brevipalpus lewisi* McGregor、苹果全爪螨 *Panonychus ulmi* (Koch)、柑橘全爪螨 *Panonychus citri* Mc Gregor、毛竹裂爪螨 *Phyllostachys pubescens* 和茶橙瘿螨 *Acaphylla theae* 等害螨 (邓军锐等, 2007; 张艳璇等, 2011; 周铁峰等, 2011; 李茂海, 2017; 邱晓红等, 2018), 已成为重要的捕食性天敌之一。胡瓜钝绥螨的人工饲养方法及工艺流程等技术难题也已逐渐解决, 目前已可产业化, 可为生物防治提供优质的天敌资源, 因此本研究选择了胡瓜钝绥螨作为控制太平洋细须螨的天敌进行了初步研究。

胡瓜钝绥螨对柑橘全爪螨、侧多食跗线螨等的功能反应为 II 型 (张艳璇等, 2004)。本实验的研究结果与其一致, 功能反应研究表明: 胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨的功能反应为 Holling II 型, 胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨卵的捕食作用高于对若螨和幼螨的捕食作用, 卵的控制能力最强。自身密度的干扰反应表明: 在猎物密度固定时, 由于胡瓜钝绥螨个体间存在竞争和相互干扰, 其自身密度对其捕食率有干扰作用。密度增高每头捕食螨搜寻效率, 捕食效率随之下降。在胡瓜钝绥螨捕食烟粉虱的实验中也发现 (李茂海, 2017), 胡瓜钝绥螨捕食量随生境内烟粉虱密度的增加而快速上升, 当烟粉虱密度达到一定程度后, 捕食

量增加变慢, 胡瓜钝绥螨对烟粉虱的捕食量趋于饱和, 饥饿程度逐渐下降。天敌在一定空间内, 同种个体间存在竞争, 这种干扰作用可导致捕食作用下降。研究表明, 当空间和密度保持一定和谐时, 随着捕食螨自身密度的增加, 其捕食作用会下降, 个体间竞争时, 干扰作用变强。因此, 在利用胡瓜钝绥螨对太平洋细须螨进行防控时, 释放密度还有待作进一步研究, 以便对太平洋细须螨的防治效果达最佳。

自然条件下的捕食作用是在各种因素共同作用下, 天敌与猎物之间相互影响的过程影响捕食效率的因素很多, 如天敌密度、猎物密度、天敌特点和环境因素等, 对这些因素及相互作用的研究, 会为生物防治的实践提供重要依据 (尚玉昌, 1990)。本次捕食螨对害螨的捕食功能反应试验是在实验室条件下进行的, 胡瓜钝绥螨也为人工饲养所得, 已有研究表明胡瓜钝绥螨不同螨态的捕食能力不同, 而本研究仅选取了胡瓜钝绥螨雌成螨进行了捕食反应。功能反应及数值反应均用来描述天敌的捕食作用和数量是如何依赖于猎物密度而变化的, 猎物密度是功能反应及数值反应有关的重要参数, 在研究天敌捕食作用机理和系统分析中具有重要作用。本研究仅通过功能反应和行为效应来评价胡瓜钝绥螨对目标猎物的捕食潜力, 对于胡瓜钝绥螨摄食太平洋细须螨后, 对自身种群数量影响的动态关系, 要结合数值反应一起评价, 还有待今后深入研究。另外, 蝴蝶兰温室大棚同实验室相比, 存在着较大不同, 虽然本研究尽量模拟了蝴蝶兰温室大棚的环境条件。由于太平洋细须螨的重新获得和饲养问题所限, 导致实验仅对卵、幼螨和若螨在恒温  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  条件下的功

能反应进行了初步研究, 雌成螨和雄成螨尚未研究, 尽管仅为实验室条件下获得的结果, 但对蝴蝶兰温室大棚中捕食螨—胡瓜钝绥螨捕食害螨—太平洋细须螨的评估具有一定的参考意义, 为蝴蝶兰花卉生产上利用胡瓜钝绥螨防治太平洋细须螨提供了理论依据。鉴于实际应用的可行性, 把胡瓜钝绥螨释放到蝴蝶兰温室大棚, 研究胡瓜钝绥螨在温室大棚中对太平洋细须螨的捕食效果是十分必要的, 也是进一步应用的基础。

### 参考文献 (References)

- Free CA, Beddington JR, Lawton JH. On the inadequacy of simple models of mutual interference for parasitism and predation [J]. *Journal of Animal Ecology*, 1977, 46 (2): 543–544.
- Han QX, Wang BW, Li ZH, et al. A survey on the occurrence and harm of the new record species of the *Tenuipalpus pacificus* Baker in China to *Phalaenopsis* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36 (4): 475–480. [韩群鑫, 王碧微, 李之华, 等. 国内新记录种太平洋细须螨及其对蝴蝶兰的发生危害调查 [J]. 环境昆虫学报, 2014, 36 (4): 475–480]
- Han ZJ. General Theory of Plant Protection [M]. Beijing: Higher Education Press, 2001: 1–2. [韩召军. 植物保护学通论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 1–2]
- Hassell MP, Varley GC. New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control [J]. *Nature*, 1969, 223 (5211): 1113–1137.
- Holling CS. The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly [J]. *Canadian Entomologist*, 1959, 91: 293–320.
- Huang JY, Xu WX, Li XJ. Study on the pests of *Phalaenopsis* exported and the epidemic prevention measures [J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2015, 4: 33–37. [黄锦炎, 许伟雄, 李小健. 出口蝴蝶兰有害生物及防疫措施研究 [J]. 黑龙江农业科学, 2015, 4: 33–37]
- Li M, Fu YG. A study on the life table of the lab population of *Amblyseius cucumeris* Oudemans [J]. *Plant Protection*, 2007, 33 (2): 84–87. [李美, 符悦冠. 胡瓜钝绥螨室内种群生命表研究 [J]. 植物保护, 2007, 33 (2): 84–87]
- Li MH. Evaluation on Combined Control Efficiency and Intraguild Predation between *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiid) and *Eretmocerus hayati* (Zolnerowich & Rose) (Hymenoptera: Aphelinidae) on *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University Doctoral Thesis, 2017. [李茂海. 胡瓜钝绥螨与海氏桨角蚜小蜂对烟粉虱联合控制及集团互作研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学博士学位论文, 2017]
- Mu JY, Xu HF, Li HJ. Insect Ecology and Prediction of Agricultural Pests [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1997: 651–656. [牟吉元, 徐洪复, 李火苟. 昆虫生态与农业害虫预测预报 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997: 651–656]
- Nicholson A J. The balance of animal populations [J]. *Journal of Animal Ecology*, 1933, 2 (1): 132–178.
- Qiu XH, Xiong KF, Chen YT, et al. The effect of *Amblyseius cucumeris* on controlling *Tetranychus urticae* and the quality of strawberry [J]. *China Plant Protection*, 2018, 38 (8): 51–54. [邱晓红, 熊凯凡, 陈雅婷, 等. 胡瓜钝绥螨防治二斑叶螨的效果和对草莓品质的影响 [J]. 中国植保导刊, 2018, 38 (8): 51–54]
- Remarkers PMJ. Control of spider mites and thrips with phytoseiid predator some sweet pepper [J]. *IOBC/WPRS Bulletin*, 1987, 10: 158–159.
- Shang YC. Theory and application of predator prey relationship [J]. *Journal of Applied Ecology*, 1990, 1 (2): 177–185. [尚玉昌. 捕食者—猎物关系的理论和应用研究 [J]. 应用生态学报, 1990, 1 (2): 177–185]
- Yan YJ, Wu ZF. Predation and simulation model of dwarf spider to brown planthopper [J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 1989, 18 (3): 289–294.
- Zhang QX. Research Progress of Ornamental Horticulture in China [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2012: 709–713. [张启翔. 中国观赏园艺研究进展 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2012: 709–713]
- Zhang YX, Lin JZ, Ji J, et al. Numerical response and life table analysis of experimental population by *Amblyseius cucumeris* Oudemans on *Panonychus citri* McGregor [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37: 1866–1873. [张艳璇, 林坚贞, 季洁, 等. 数值反应和实验种群生命表分析胡瓜钝绥螨对柑桔全爪螨的控制能力 [J]. 中国农业科学, 2004, 37: 1866–1873]
- Zhang YX, Lin JZ, Zhang GQ, et al. Studies on the control of *Bemisia tabaci* in greenhouse by *Amblyseius cucumeris* Oudemans [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2011, 26 (1): 95–101. [张艳璇, 林坚贞, 张公前, 等. 胡瓜钝绥螨控制大棚甜椒烟粉虱的研究 [J]. 福建农业学报, 2011, 26 (1): 95–101]
- Zheng CM, Li GW, Zheng SZ. Problems and Countermeasures in the development of *Phalaenopsis* industry in China [J]. *Auhui Agricultural Science Bulletin*, 2007, 13 (17): 75–76. [郑楚明, 李冠伟, 郑树周. 我国蝴蝶兰产业发展中存在的问题及对策 [J]. 安徽农学通报, 2007, 13 (17): 75–76]
- Zhi JR, Li JZ, Song QZ. Research progress in the control of thrips occidentalis by *Ambrosius cucurbitae* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2007, 23 (S1): 60–63. [邹军锐, 李景柱, 宋琼章. 利用胡瓜钝绥螨防治西花蓟马研究进展 [J]. 中国生物防治, 2007, 23 (S1): 60–63]
- Zhou TF, Shi CH, Yu JZ, et al. Evaluation of the field control effect of *Ambrosius cucurbitae* on *Acaphylla theae* Watt [J]. *Zhejiang Agricultural Science*, 2011, 5: 1114–1116. [周铁峰, 石春华, 余继忠, 等. 胡瓜钝绥螨对茶橙瘿螨田间防效评价 [J]. 浙江农业科学, 2011, 5: 1114–1116]