



高吉鑫, 姬亚男, 李 渊, 李明辉, 包明慧, 党敏霞, 王文军, 王森山. 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的捕食效应研究 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (3): 710–715.

黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的捕食效应研究

高吉鑫, 姬亚男, 李 渊, 李明辉, 包明慧, 党敏霞, 王文军, 王森山*

(甘肃农业大学植物保护学院/甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室, 兰州 730070)

摘要: 本文在 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $80\% \pm 5\%$ 和光照 (L:D = 16 h:8 h) 条件下研究了黄瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris* 对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 不同螨态的捕食功能反应、捕食选择性及个体间干扰反应, 以期为黄瓜新小绥螨的大田释放和利用提供理论依据。结果表明, 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨各螨态捕食功能反应符合 Holling II 型圆盘方程, 其对二斑叶螨卵 ($a/Th = 47.9965$) 的控制作用强于若螨 ($a/Th = 27.6906$) 和成螨 ($a/Th = 9.3963$)。黄瓜新小绥螨对二斑叶螨卵和若螨表现为正喜好性 ($C_i > 0$)、成螨表现为负喜好性 ($C_i < 0$)。在相同猎物密度下, 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨成螨捕食率随着自身密度增大而降低, 捕食者自身密度干扰反应方程为 $E = 0.2225P^{-0.617}$ 。

关键词: 黄瓜新小绥螨; 二斑叶螨; 功能反应; 干扰反应

中图分类号: Q968.1; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 03-0710-06

Predatory functional response of *Neoseiulus cucumeris* on *Tetranychus urticae*

GAO Ji-Xin, JI Ya-Nan, LI Yuan, LI Ming-Hui, BAO Ming-Hui, DANG Min-Xia, WANG Wen-Jun, WANG Sen-Shan* (College of Plant Protection, Gansu Agricultural University/Biocontrol Engineering Laboratory of Crop Diseases and Pests of Gansu Province, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to clarify the predatory functional response, predatory selectivity and individual interference response of *Neoseiulus cucumeris* to different stages of *Tetranychus urticae* under the lab condition of $25 \pm 1^\circ\text{C}$, RH $80\% \pm 5\%$, and light (L:D = 16 h:8 h). The result showed that the predatory response of *N. cucumeris* to *T. urticae* was in accordance with the Holling II disc equation, among which, the control effect on the eggs ($a/Th = 47.9965$) was the strongest, than that of the nymphs ($a/Th = 27.6906$) and adults ($a/Th = 9.3963$) followed respectively. *N. cucumeris* showed positive preference to *T. urticae* eggs and nymphs ($C_i > 0$), and showed negative preference to adults ($C_i < 0$). At the same prey density, the predation rate of *N. cucumeris* on the adults of *T. urticae* decreased with the increase of its own density, and the predator's own density interference response equation was $E = 0.2225P^{-0.617}$, which will further provide theoretical basis for the field release of *N. cucumeris*.

Key words: *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans); *Tetranychus urticae* (Koch); functional response; interference response

基金项目: 甘肃省高等学校科研项目 (2016B-040); 甘肃省自然科学基金 (1506RJZA026)

作者简介: 高吉鑫, 男, 硕士研究生, 主要研究方向为害虫综合治理, E-mail: 1490037344@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 王森山, 男, 博士, 教授, 主要研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: wangsenshan@gsau.edu.cn

收稿日期 Received: 2020-04-09; 接受日期 Accepted: 2020-05-12

为降低害虫的抗药性, 转变防治策略, 我国“以螨治螨”的生物防治技术也随之应运而生, 植绥螨因其在生物防治中的广泛利用而受到大多数研究者的高度重视。黄瓜新小绥螨 *Neoseiulus cucumeris* Oudemans 属植绥螨科 Phytoseiidae 新小绥螨属 *Neoseiulus*, 具有食性广、发育历期短、繁殖速度快、捕食能力强和扩散能力强等优点, 在荷兰、英国、美国 and 法国等地, 被广泛应用于温室大棚里的黄瓜、辣椒等蔬菜和花卉上的蓟马 (Papadoulis and Emmanouel, 1993; Jensen, 2000) 的防治中。在我国有研究表明, 通过黄瓜新小绥螨对烟粉虱 *Bemisia tabaci* Gennadius、比哈小爪螨 *Oligonychus biharens* 等的捕食功能反应的测定 (张艳璇等, 2009; 李茂海等, 2019), 发现黄瓜新小绥螨对这些害虫有很强的捕食能力, 为其田间应用提供了理论依据。同时, 田间试验表明黄瓜新小绥螨对果园、桑园、柑橘园的叶螨的防治可有效地减少化学防治的次数, 对害螨的绿色防控和可持续防控发挥着良好的作用 (李前进和马军霞, 2012; 柴建萍等, 2013; 欧阳传禄, 2017)。黄瓜新小绥螨是当前在生物防治中被广泛应用并且较为成功的捕食性天敌螨类之一, 在生物防治中有着举足轻重的作用。因此, 本文通过研究黄瓜新小绥螨对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 不同螨态的捕食功能反应、捕食选择性及个体间干扰反应, 明确黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的控制作用, 以期黄瓜新小绥螨的利用和二斑叶螨田间绿色防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试捕食螨

黄瓜新小绥螨购于福建艳璇生物防治技术有限公司, 挑入人工制作的饲养台, 置于实验室人工气候箱内, 在 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、RH $80\% \pm 5\%$ 、光照 (L:D=16 h:8 h) 的条件下, 以粉螨作为食物饲养进行繁殖。

1.1.2 供试二斑叶螨

二斑叶螨由甘肃农业大学植物保护学院农药实验提供, 初样于 2018 年 5 月采自于甘肃省兰州市兴隆山, 经过形态学鉴定和分子鉴定, 确定其为二斑叶螨。在室内经雌雄螨单系饲养繁育获得种群, 置于 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、RH $80\% \pm 5\%$ 、光照 (L:

D=16 h:8 h) 的养虫室内, 在盆栽的豇豆苗上进行饲养、繁殖数代, 备用。

1.1.3 试验小室

试验小室参考 Zhang 等的研究方法 (Zhang et al., 2015)。试验小室共 3 层, 其中, 上层和底层均为厚 1 mm, 长 30 mm, 宽 20 mm 的有机玻璃板; 中层为厚 3 mm, 长 35 mm, 宽 25 mm, 且中央部分有直径为 15 mm 的圆孔的有机玻璃板; 在中层和底层之间依次覆以菜豆叶和滤纸, 3 层有机玻璃板两头分别用燕尾夹夹住。

1.2 试验方法

1.2.1 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的捕食功能反应

二斑叶螨的卵设 10、15、20、25、30、35 粒 6 个不同密度处理; 幼螨、若螨、成螨均设 6、9、12、15、18、21 头 6 个不同密度处理, 每个处理再挑入 1 头饥饿了 24 h 新羽化的黄瓜新小绥螨成螨。然后置于温度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、RH $80\% \pm 5\%$ 、光照 (L:D=16 h:8 h) 的人工气候箱内, 24 h 后观察并记录被捕食的二斑叶螨各螨态的数量。每个处理重复 9 次。

1.2.2 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的捕食选择性

每个小室内挑入二斑叶螨的卵、若螨、成螨各 20 头 (粒), 再放 1 头饥饿了 24 h 新羽化的黄瓜新小绥螨成螨, 然后放于 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、RH $80\% \pm 5\%$ 、光照 (L:D=16 h:8 h) 的人工气候箱内, 24 h 后观察并记录黄瓜新小绥螨对二斑叶螨各螨态的日捕食数量。每个处理重复 9 次。

1.2.3 黄瓜新小绥螨个体间干扰反应

每小室中放入 30 头二斑叶螨成螨, 再按 1、3、5、7、9 头的密度接入新羽化的黄瓜新小绥螨成螨, 置于温度 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、RH $80\% \pm 5\%$ 、光照 (L:D=16 h:8 h) 下, 24 h 后观察剩余二斑叶螨的数量。每处理设 9 次重复。

1.3 数据分析方法

1.3.1 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的捕食功能反应

试验数据采用 Holling 圆盘方程 $Na = aTN / (1 + aThN)$ (吴坤君等, 2004) 进行拟合, 式中 N 为二斑叶螨初始密度, Na 为二斑叶螨被捕食的数量, a 为瞬间攻击系数, T 为捕食者发现猎物的时间 (1 d), 为处理时间。黄瓜新小绥螨的捕食能力用 a/Th 值来评价。

1.3.2 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的捕食选择性

天敌对害虫的捕食喜好性用 C_i 表示, 其方程为 $C_i = (Q_i - F_i) / (Q_i + F_i)$ (崔晓宁等, 2011),

式中: Q_i 为捕食螨所捕食第 i 种猎物的比例, F_i 表示第 i 种猎物在所有猎物中所占比例。当 $-1 < C_i < 0$ 时, 表示捕食螨对第 i 种猎物有负喜好性; 当 $C_i = 0$ 时, 表示捕食螨对第 i 种猎物无喜好性; 当 $0 < C_i < 1$ 时, 表示捕食螨对第 i 种猎物有正喜好性。

1.3.3 黄瓜新小绥螨个体间干扰反应

试验数据用 Hassell - Varley 的干扰与竞争模型 $E = QP^{-m}$ 拟合 (Hassell, 1978), 式中: E 为捕食率, Q 为搜索常数, P 为捕食者密度, m 为干扰常数。

采用 Excel 和 SPSS 20.0 软件对试验数据进行统计分析, 采用 Duncan 氏新复极差法 t 测验法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的捕食功能反应

黄瓜新小绥螨对二斑叶螨各螨态的捕食功能反应见图 1 所示, 由图可知, 黄瓜新小绥螨的捕食量随着二斑叶螨各螨态的增加而增加, 当二斑叶螨各螨态密度增大到一定程度时黄瓜新小绥螨

的捕食量增加缓慢, 其功能反应属 Holling II 型, 拟合圆盘方程得功能反应方程及参数从表 1 可见。从表中可以得出, 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨各螨态均具有较强的捕食能力。黄瓜新小绥螨对二斑叶螨各螨态攻击系数 (a): 卵 (1.2476) > 若螨 (0.9407) > 成螨 (0.8068), 单头猎物处理时间 (Th): 卵 (0.0260 d) < 若螨 (0.0340 d) < 成螨 (0.0859 d), 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨各螨态控制作用 (a/Th): 卵 (47.9965) > 若螨 (27.6906) > 成螨 (9.3963)。可见黄瓜新小绥螨对二斑叶螨卵攻击系数大、处理时间短、日最大捕食量高、控制作用最强, 其次为若螨、成螨。

2.2 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的捕食选择性

一定空间内, 猎物二斑叶螨各螨态同时存在时, 黄瓜新小绥螨对各螨态捕食喜好性表现明显差异 (表 2)。黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的卵和若螨为正喜好性 (C_i 分别为 0.1871 和 0.0475), 对二斑叶螨的成螨显示为负喜好性 ($C_i = -0.3893$)。结果显示, 当二斑叶螨各螨态同时存在时, 黄瓜新小绥螨最喜欢捕食卵, 其次为若螨, 最不喜欢捕食成螨。

表 1 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨不同螨态捕食功能反应方程及参数

Table 1 Response function and parameters of *Neoseiulus cucumeris* to three stages of *Tetranychus urticae*

二斑叶螨 <i>T. urticae</i>	a	Th (d)	a/Th	最大捕食量 (头/d) Maximal predation	功能反应方程 Functional response equation	R^2
卵 Eggs	1.2476	0.0260	47.9965	38.47	$Na = 1.2476N / (1 + 0.0324N)$	0.9933
若螨 Nymphs	0.9407	0.0340	27.6906	29.43	$Na = 0.9407N / (1 + 0.0328N)$	0.9775
成螨 Adults	0.8068	0.0859	9.3963	11.64	$Na = 0.8068N / (1 + 0.0693N)$	0.9817

注: a , 攻击系数; Th , 处理时间; a/Th , 控制作用; Na , 猎物捕食量; N , 猎物初始密度。Note: a , Attack coefficient; Th , Handling time; a/Th , Control effect; Na , The number of prey consumed; N , The number of prey density.

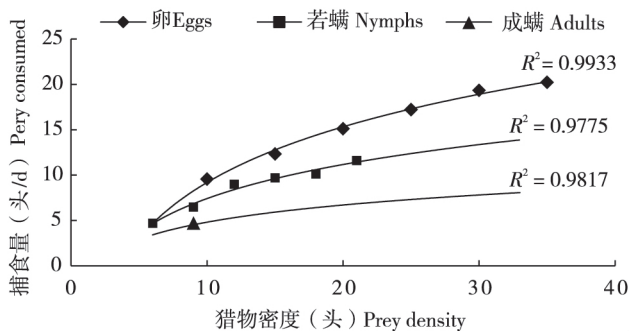


图 1 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨卵、若螨和成螨的功能反应

Fig. 1 Functional response of *Neoseiulus cucumeris* on the egg, nymph and adult of *Tetranychus urticae*

2.3 黄瓜新小绥螨个体间干扰反应

在一定的空间和特定的猎物密度条件下, 黄瓜新小绥螨的平均捕食量及捕食率随着其自生密度的增加而逐渐减小, 当黄瓜新小绥螨密度达到 7 头/室时, 平均捕食量和捕食率趋于平缓。由此可知, 捕食者个体间存在干扰作用, 并且捕食者个体间的干扰反应会导致捕食率下降 (表 3)。

表 2 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨各螨态捕食选择性
Table 2 Prey preference of *Neoseiulus cucumeris* to three stages of *Tetranychus urticae*

二斑叶螨螨态 Stage of <i>T. urticae</i>	数量 (头) Number	被捕食量 (头) No. prey	占被捕食量比例 (%) Proportion prey	捕食喜好 C_i Ivlev index
卵 Eggs	20	10.33 ± 0.40 Aa	48.68	0.1871
若螨 Nymphs	20	7.78 ± 0.46 Bb	36.66	0.0475
成螨 Adults	20	3.11 ± 0.51 Cc	14.65	-0.3893

注: 表中数据为平均数 ± 标准误, 同列数据后不同大、小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 水平差异显著。下同。Note: Data in the table were mean ± SE. Data followed by different uppercase or lowercase letters in the same column indicated significant difference at $P < 0.01$ or $P < 0.05$ level by Duncan's new multiple range test, respectively. The same below.

表 3 黄瓜新小绥螨自身密度干扰反应数据及方程
Table 3 Data and equation of auto-interference of *Neoseiulus cucumeris* in various density

捕食者密度 (头) Predator densities	平均捕食量 (头/d) Predacious number	捕食率 E Predation rate	方程 Equation	R^2
1	6.22 ± 0.82 Aa	0.2073	$E = 0.2225P^{-0.617}$	0.9758
3	3.81 ± 0.14 Bb	0.1271		
5	2.62 ± 0.09 Cc	0.0874		
7	1.94 ± 0.07 Dd	0.0646		
9	1.60 ± 0.04 Dd	0.0535		

3 结论与讨论

本研究结果表明, 黄瓜新小绥螨对二斑叶螨各螨态均有很强的捕食能力。其功能反应属于 Holling II 型, 结果与黄瓜新小绥螨对荔枝叶螨 *O. litchi* Lo et Ho (全林发等, 2019), 加州新小绥螨 *N. californicus* McGregor 对截形叶螨 *T. truncate* Ehara (汪小东等, 2014)、二斑叶螨 (Zhu et al., 2019) 和朱砂叶螨 *T. cinnabarinus* Boisduval (李庆等, 2014), 巴氏新小绥螨 *N. barkeri* 对二斑叶螨各螨态的捕食功能反应 (尚素琴等, 2017) 结果相一致, 说明不同的环境条件不会改变捕食者的捕食功能反应类型。在相同的条件下, 对于同一螨态下的不同种捕食螨的捕食能力有很大差异。巴氏新小绥螨对二斑叶螨卵的捕食能力 ($a/Th = 89.7$) > 加州新小绥螨 ($a/Th = 57.8$) > 黄瓜新小绥螨 ($a/Th = 47.9$), 而黄瓜新小绥螨对二斑叶螨成螨的捕食能力 ($a/Th = 9.3$) > 巴氏新小绥螨和加州新小绥螨 ($a/Th = 4.5$) (王蔓等, 2019)。所以, 对于害螨的不同螨态的防治, 选用何种捕食

螨就显得尤为重要了。在黄瓜新小绥螨对烟粉虱的捕食功能反应研究中发现 (Li et al., 2017), 交配 3 日龄的雌成螨比雄成螨捕食效率更高, 黄瓜新小绥螨在不成熟的不同阶段对猎物表现出不同的捕食倾向, 而本文只研究了捕食成螨对二斑叶螨各螨态的捕食能力, 而其它不同阶段的黄瓜新小绥螨对二斑叶螨的防效如何, 还有待进一步研究。

在混合螨态下, 黄瓜新小绥螨对截形叶螨的卵、若螨和雌成螨的喜好性表现与本文结论一致 (王志敏等, 2020), 郑开福等 (郑开福等, 2013) 研究表明, 芬兰真绥螨 *Euseius finlandicus* Oudemans 对二斑叶螨的卵和若螨表现出嗜食性, 而雌成螨则表现为非嗜食性。可能因为卵处于静止状态易于捕食, 而若螨行动能力相对较弱, 而成螨因个体大、易产生对抗导致捕食者处理时间长, 控制作用相对较弱。个体间的干扰反应说明, 要想达到最佳防效, 应该在确定害螨防治指标的同时, 还要把握好捕食螨的释放密度, 否则会影响捕食螨的捕食率。

张艳璇等通过生命表数据比较发现黄瓜新小

绥螨内禀增长率高于针叶小爪螨 *O. ununguis*，每一世代周期短于针叶小爪螨，表明在针叶小爪螨初发生期释放黄瓜新小绥螨能有效的控制其种群增长（张艳璇等，2016）。取食皮氏叶螨 *T. piercei* McGregor 的黄瓜新小绥螨的平均世代周期和种群倍增时间比取食截形叶螨的要长（李美和符悦冠，2007），食物不同可能是最主要的原因。那黄瓜新小绥螨在取食二斑叶螨后的生命表参数情况如何，有待进一步研究。

由于本文仅研究了室内条件下黄瓜新下绥螨对二斑叶螨的捕食能力，而在自然环境还应考虑气候条件、其它天敌竞争等因素，因此还需要更深一步研究。

参考文献 (References)

- Cai SH, Cheng LS. Research progress of *Tetranychus urticae* [J]. *Tropical Agricultural Science*, 2003, 2: 68–74. [蔡双虎, 程立生. 二斑叶螨的研究进展 [J]. 热带农业科学, 2003, 2: 68–74]
- Chai JP, Jiang XJ, Xie DY, et al. Preliminary report on the predation of *Tetranychus cinnabarinus* in Mulberry Garden [J]. *Journal of Southwest Agriculture*, 2013, 26 (3): 1058–1061. [柴建萍, 江秀均, 谢道燕, 等. 胡瓜钝绥螨对桑园朱砂叶螨捕食作用研究初报 [J]. 西南农业学报, 2013, 26 (3): 1058–1061]
- Cui XN, Zhang YL, Shen HM, et al. Predation of *Amblyseius barkeri* on *Tetranychus truncatus* [J]. *Journal of Plant Protection*, 2011, 38 (6): 575–576. [崔晓宁, 张亚玲, 沈慧敏, 等. 巴氏钝绥螨对截形叶螨的捕食作用 [J]. 植物保护学报, 2011, 38 (6): 575–576]
- Hassell MP. The dynamics of arthropod predator–prey systems [J]. *Monographs in Population Biology*, 1978, 13.
- Hu ZY, Zhi JR. Research progress of *Tetranychus urticae* [J]. *Journal of Mountain Agricultural Biology*, 2004, 5: 442–447. [胡展育, 鄧军锐. 二斑叶螨的研究进展 [J]. 山地农业生物学报, 2004, 5: 442–447]
- Ilias A, Vassiliou VA, Vontas J, et al. Molecular diagnostics for detecting pyrethroid and abamectin resistance mutations in *Tetranychus urticae* Pestic [J]. *Biochem. Physiol.*, 2017, 135: 9–14.
- Jensen SE. Insecticide resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* [J]. *Pest Manage*, 2000, 5: 131–146.
- Jin GH, Gong YJ, Qian ZW, et al. Selection and suitability of *Tetranychus urticae* to different egg plant varieties [J]. *Journal of Entomology*, 2016, 59 (3): 328–336. [金桂华, 宫亚军, 潜宗伟, 等. 二斑叶螨对不同品种茄子的选择性与适合度 [J]. 昆虫学报, 2016, 59 (3): 328–336]
- Khajehali J, Van Nieuwenhuysse P, Demaeght P, et al. Acaricide resistance and resistance mechanisms in *Tetranychus urticae* populations from rose greenhouses in the Netherlands [J]. *Pest Management Science*, 2011, 67 (11): 1424–1433.
- Kun DH, Song DY, Kang S, et al. Residual contact vial bioassay for the on-site detection of acaricide resistance in the two-spotted spider mite [J]. *Asia-Pacific Entomol*, 2010, 13 (4): 333–337.
- Leeuwen TV, Vontas J, Tsagkarakou A, et al. Mechanisms of acaricide resistance in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* [J]. *Journal of Entomology of Arthropod Pests*, Springer, Netherlands, 2009: 347–393.
- Li M, Fu YG. A study on the life table of the indoor population of *Amblyseius cucumeris* Oudemans [J]. *Plant Protection*, 2007, 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, 2: 84–87]
- Li MH, Liu LL, Zhang JH, et al. The control ability of *Neoseiulus cucumeris* on *Bemisia tabaci* Gennadius [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35 (3): 356–363. [李茂海, 刘丽玲, 张金花, 等. 胡瓜新小绥螨对 B 型烟粉虱的控制能力 [J]. 中国生物防治学报, 2019, 35 (3): 356–363]
- Li MH, Yang NW, Wan FH, et al. Functional response of *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) to *Bemisia tabaci* (Gennadius) on tomato leaves [J]. *Biocontrol Science and Technology*, 2017, 27 (5).
- Li Q, Cui Q, Jiang CX, et al. Control of *Tetranychus cinnabarinus* by *Neoseiulus californicus* [J]. *Journal of Plant Protection*, 2014, 41 (3): 257–262. [李庆, 崔琦, 蒋春先, 等. 加州新小绥螨对朱砂叶螨的控制作用 [J]. 植物保护学报, 2014, 41 (3): 257–262]
- Li QJ, Ma JX. Studies on the control of *Amblyseius cucumeris* to *Amphitetranychus viennensis* [J]. *Shanxi Fruits*, 2012, 6: 5–6, 15. [李前进, 马军霞. 胡瓜钝绥螨控制苹果山楂叶螨的研究 [J]. 山西果树, 2012, 6: 5–6, 15]
- OuYang CL. Evaluation on the field control effect of *Amblyseius cucumeris* released from citrus garden in summer [J]. *Grassroots Agricultural Technology Promotion*, 2017, 5 (11): 50–51. [欧阳传祿. 夏季柑橘园释放胡瓜钝绥螨防治红蜘蛛的田间防效评价 [J]. 基层农技推广, 2017, 5 (11): 50–51]
- Papadoulis GTH, Emmanouel NG. New records of Phytoseiid mites from Greece with a description of the larva of *Typhlodromus erymanthii* Papadoulis & Emmanouel [J]. *International Journal of Acarology*, 1993, 19 (1): 22–26.
- Quan LF, Xu HM, Dong YZ, et al. The control potential of *Neoseiulus cucumeris* Oudemans on *Oligonychus litchii* Lo et Ho [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2019, 35 (6): 835–840. [全林发, 徐海明, 董易之, 等. 胡瓜新小绥螨对荔枝叶螨的控制潜力 [J]. 中国生物防治学报, 2019, 35 (6): 835–840]
- Sedaratian A, Fathipour Y, Moharramipour S. Comparative life table analysis of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on 14 soybean genotypes [J]. *Insect Science*, 2011, 18 (5): 541–553.
- Shang SQ, Liu P, Chen YN, et al. A study on the predatory function and control potential of *Neoseiulus barkeri* to *Tetranychus urticae* [J]. *Plant Protection*, 2017, 43 (3): 118–121, 159. [尚素

- 琴, 刘平, 陈耀年, 等. 巴氏新小绥螨对二斑叶螨的捕食功能及控制潜力研究 [J]. 植物保护, 2017, 43 (3): 118 – 121, 159]
- Sun YH, Zhi JR, Tian T. Effects of *Tetranychus urticae* on physiological indexes of bean [J]. *Journal of Ecology*, 2014, 33 (4): 1010 – 1014. [孙月华, 鄧军锐, 田甜. 二斑叶螨为害对菜豆生理指标的影响 [J]. 生态学杂志, 2014, 33 (4): 1010 – 1014]
- Tsagkarakou A, Leeuwen TV, Khajehali J, et al. Identification of pyrethroid resistance associated mutations in the para sodium channel of the two – spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) [J]. *Insect Mol. Biol.*, 2009, 18 (5): 583 – 593.
- Wang M, Li B, Huang J, et al. Comparison of predation ability of *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus barkeri* to *Tetranychus urticae* [J]. *Journal of Applied Insects*, 2019, 56 (6): 1256 – 1263. [王蔓, 李波, 黄婕, 等. 加州新小绥螨和巴氏新小绥螨对二斑叶螨的捕食能力比较 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (6): 1256 – 1263]
- Wang XD, Zhang JH, Huang YQ, et al. Predation of *Neoseiulus californicus* on *Tetranychus truncatus* [J]. *Journal of Northwest Agriculture*, 2014, 23 (2): 39 – 43. [汪小东, 张建华, 黄艳勤, 等. 加州新小绥螨对截形叶螨的捕食作用 [J]. 西北农业学报, 2014, 23 (2): 39 – 43]
- Wang ZM, Chen WG, Yuan XW, et al. A study on the predation ability and life table of *Neoseiulus cucumeris* Oudemans on *Tetranychus truncatus* [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (1): 185 – 188, 228. [王志敏, 陈维刚, 袁勋文, 等. 黄瓜新小绥螨对截形叶螨的捕食能力及其生命表的研究 [J]. 植物保护, 2020, 46 (1): 185 – 188, 228]
- Wu KJ, Sheng CF, Gong PY. Functional response equations of predatory insects and estimation of their parameters [J]. *Insect Knowledge*, 2004, 41 (3): 267 – 269. [吴坤君, 盛承发, 龚佩瑜. 捕食性昆虫的功能反应方程及其参数的估算 [J]. 昆虫知识, 2004, 41 (3): 267 – 269]
- Zhang XX, Lv JL, Hu Y, et al. Prey preference and life table of *Amblyseius orientalis* on *Bemisia tabaci* and *Tetranychus cinnabarinus* [J]. *PLoS ONE*, 2015, 10 (10): 1 – 16.
- Zhang YX, Lin GY, Wei H, et al. Analysis of the control effect of *Neoseiulus cucumeris* on *Oligonychus ununguis* from the perspective of predator and prey biology [J]. *Journal of Applied Insects*, 2016, 53 (1): 55 – 63. [张艳璇, 林公羽, 魏辉, 等. 从捕食者、猎物的生物学分析胡瓜新小绥螨对针叶小爪螨的控制作用 [J]. 应用昆虫学报, 2016, 53 (1): 55 – 63]
- Zhang YX, Lin JZ, Ji J, et al. Study on the predatory function of *Neoseiulus cucumeris* to *Oligonychus biharens* [J]. *Journal of Fruit Trees*, 2009, 26 (5): 683 – 686. [张艳璇, 林坚贞, 季洁, 等. 胡瓜钝绥螨对比哈小爪螨捕食作用的研究 [J]. 果树学报, 2009, 26 (5): 683 – 686]
- Zheng KF, Shen HM, Zhang XH. Study on the predatory function of *Euseius finlandicus* to *Tetranychus truncatus* [J]. *Journal of Applied Insects*, 2013, 50 (2): 401 – 405. [郑开福, 沈慧敏, 张新虎. 芬兰真绥螨对截形叶螨的捕食功能研究 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (2): 401 – 405]
- Zhu R, Guo JJ, Yi TC, et al. Functional and numerical responses of *Neoseiulus californicus* (McGregor) to eggs and nymphs of *Oulenzia bakeri* and *Tetranychus urticae* [J]. *Systematic & Applied Acarology*, 2019, 24 (7): 1225 – 1235.