

加州新小绥螨的研究进展*

肖 榕** 乙天慈 郭建军 金道超***

(贵州大学昆虫研究所, 贵阳 550025)

摘 要 加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* (McGregor) 在世界范围内分布广泛, 可有效的防控草莓、玉米、葡萄、玫瑰及其他果树的叶螨。近年来, 加州新小绥螨作为一种重要的可商品化捕食螨, 已在有害生物综合治理系统中占有重要地位, 且取得了不少研究成果, 受到学者和行业的广泛关注。本文主要围绕加州新小绥螨的繁殖生物学生态学、替代食物饲养繁育、重要害螨防治应用等的国内外相关研究进行综述。

关键词 加州新小绥螨; 生物防治; 害螨

Progress in research on *Neoseiulus californicus* (McGregor)

XIAO Rong** YI Tian-Ci GUO Jian-Jun JIN Dao-Chao***

(Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract *Neoseiulus californicus* (McGregor) is found in arid and humid areas worldwide, including semi-tropical and temperate America, and arid areas of southern California and southern Europe. *N. californicus* is a predatory mite that is an effective biological control for Tetranychid mites in crops such as strawberries, corn, grapes, roses, fruit trees and ornamentals. Recently commercially produced, *N. californicus* has proven effective in the integrated pest management of pest mites in scientific trials, attracting the attention of both entomologists and the agricultural industry. In this paper, we summarize advances in research on *N. californicus* both at home and abroad, focusing on its reproductive biology, reproduction on alternative foods in captivity, and its deployment against crop pests.

Key words *Neoseiulus californicus*; biological control; pest mites

加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* (McGregor) 属于蜱螨亚纲 Acari, 植绥螨科 Phytoseiidae, 广泛分布于世界各国 (McMurtry and Croft, 1997; Xu *et al.*, 2013)。国外已有很多关于加州新小绥螨的相关研究, 涉及加州新小绥螨的生物学、生态学、防治害螨等内容 (Gotoh *et al.*, 2004; Canlas *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2016; Vacacela *et al.*, 2019)。国内关于加州新小绥螨的研究从 2009 年开始, 由福建省农科院自欧州引进后, 先后研究了不同猎物 (二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch、截形叶螨 *Tetranychus truncata* (Ehara)、不同温度对加州新小绥螨发

育和繁殖的影响 (陈蓓蕾, 2011; 张艳璇等, 2012a, 2012b)。同时, 在国内也陆续报道了加州新小绥螨的分布, 先是覃贵勇等 2010 年在四川省成都市牵牛花上采到了加州新小绥螨, 并研究了其对柑橘全爪螨的控制作用 (覃贵勇等, 2013), 徐学农等于 2013 年报道了在广东肇庆鼎湖山地区分布有加州新小绥螨, 并对雌雄螨进行了详细的形态学描述 (Xu *et al.*, 2013)。因此, 本文主要从加州新小绥螨个体发育与繁殖生物学生态学、替代食物饲养、防治重要害螨三个方面, 介绍其近年来在国内外的相关研究情况。

*资助项目 Supported projects: 贵州大学人才引进科研项目 (贵大人基合字 (2016) 41 号); 贵州省科技厅科技支撑项目 (黔科合支撑[2018]2354); 贵州省教育厅青年科技人才成长项目 (黔教合 KY 字[2017]109)

**第一作者 First author, E-mail: rong1234xiao@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: daochaojin@126.com

收稿日期 Received: 2019-05-18; 接受日期 Accepted: 2019-06-22

1 个体发育和繁殖生物学生态学 研究

食物和温度对加州新小绥螨的发育繁殖存在重要影响 (Raworth *et al.*, 1994; Ghazy and Amano, 2014; Vacacela *et al.*, 2019)。国内外近年来主要就加州新小绥螨在不同温度、湿度、不同食物源条件下的发育繁殖开展了研究。在 15-35 °C、RH 80%-85% 条件下, 加州新小绥螨均能完成世代发育, 发育历期随着温度升高而逐渐缩短, 在 35 °C 的高温条件, 雌性的发育历期最短仅为 5.7 d, 平均产卵期和平均寿命均随着温度的上升逐渐缩短, 但在 25 °C 条件下净增值率最大, 15 °C 条件下内禀增长率和周限增长率均最低 (张艳璇等, 2012a, 2012b; 崔琦和李庆, 2015)。在 37.5 °C 条件下, 加州新小绥螨雌螨可以产卵, 但是卵不能孵化, 在 40 °C 条件下, 加州新小绥螨雌螨不能产卵 (Gotoh *et al.*, 2004)。在实验室模拟自然界冬季低温条件下, 加州新小绥螨雌螨的繁殖力明显下降, 产卵前期时间长且孵化率低, 但不存在滞育现象, 当转移到实验室模拟的春季温度条件下, 加州新小绥螨雌螨的产卵前期变短且繁殖力升高 (Ottaviano *et al.*, 2018)。

低温驯化实验可为加州新小绥螨大规模繁育利用提供理论基础。加州新小绥螨各螨态在 5 °C 处理 1-2 h 后再暴露在 -10 °C 温度条件下的存活率要远高于直接暴露在 -10 °C 的温度条件下 (Ghazy and Amano, 2014)。低温贮藏研究发现, 冷藏温度和时间显著影响加州新小绥螨卵的孵化率和发育历期, 短期冷藏后孵化的雌螨比例与对照差异不显著。加州新小绥螨雌成螨适宜以叶片加叶螨为冷藏基质, 短期冷藏的最适温度为 4-7 °C, 长期冷藏最适温度为 10 °C; 卵以 4 °C 冷藏 7 d 最佳, 在 10 °C 下冷藏不宜超过 2 周 (税玲等, 2016)。

高温冲击试验研究可为夏季更好的利用加州新小绥螨防治害螨提供理论基础。短时高温研究发现, 处于产卵盛期的加州新小绥螨雌成螨经

35-38 °C 短时高温处理后均能正常生存, 当温度超过 38 °C 时, 其死亡率升高, 且处理温度越高, 时间越长, 其子代卵和幼螨的存活率越低 (袁秀萍等, 2015)。当温度为 38 °C, 处理 8 h 后, 加州新小绥螨卵的后续发育历期最短, 为 4.1 d; 卵在 45 °C 下处理 2 h 以上将不能正常孵化, 而幼螨在 45 °C 下处理 8 h 后不能存活; 雌成螨产卵期和产卵量基本随温度升高先增加后降低, 35 °C 处理 8 h 后, 单雌产卵量最高, 为 38.9 粒; 38 °C 处理 8 h 后, 单雌产卵量为 36.7 粒; 45 °C 处理 8 h 后, 单雌产卵量仅为 14.5 粒 (袁秀萍等, 2015)。

虽然极端湿度可以影响加州新小绥螨的种群数量, 但一定范围内的湿度波动不影响加州新小绥螨捕食二斑叶螨 (Döker *et al.*, 2016)。在温度为 25 °C 条件下, 蒋洪丽 (2013) 研究了湿度对加州新小绥螨卵的孵化率和幼螨存活率的影响: 在湿度 34.97% 时, 加州新小绥螨的卵完全不能孵化, 但卵的孵化率随着湿度的增大而增大, 当湿度达 66.00% 以上, 孵化率增大不再明显; 在环境湿度低于 57.11% 时, 其幼螨几乎不能存活, 高于 57.11% 后, 幼螨存活率随着湿度增大而增大。

当加州新小绥螨以叶螨类为食物时, 均能完成世代发育, 且发育良好 (张艳璇等, 2012a, 2012b; 崔琦和李庆, 2015)。加州新小绥螨分别以二斑叶螨、截形叶螨、朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) 为食物时, 在 15-35 °C 温度范围内均能完成世代发育, 且发育历期随着温度升高而逐渐缩短 (张艳璇等, 2012a, 2012b; 崔琦和李庆, 2015)。在 15-35 °C 温度范围内, 当加州新小绥螨以二斑叶螨和朱砂叶螨为食时, 25 °C 时净增值率最大, 且雄性比最大, 而以截形叶螨为食物时, 20 °C 时净增值率最大, 且雄性比最大 (张艳璇等, 2012a, 2012b; 崔琦和李庆, 2015)。当加州新小绥螨以土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* (Ugarov *et al.* Nikolski) 为食时, 相比以截形叶螨为食时, 更有利于加州新小绥螨种群的发育和繁殖 (汪小东等, 2014b)。

2 替代食物饲养加州新小绥螨相关研究

加州新小绥螨是一种多食性捕食螨,除了取食叶螨、瘿螨、跗线螨等,在自然取食时还可取食花粉(Saber, 2013; Marafeli *et al.*, 2014)。为了提高加州新小绥螨在室内规模化繁殖的效率,很多研究者选用不同替代食物研究了其种群繁殖情况。在实验室条件下,利用7种蛋白含量不同的市售酵母粉饲养甜果螨 *Carpoglyphus lactis*,研究发现以蛋白含量为45.37%的酵母粉饲喂甜果螨,最有利于甜果螨的种群增长,酵母粉饲喂的甜果螨作为加州新小绥螨的食物可间接促进加州新小绥螨种群的增长(李颜等, 2016)。为了更好的筛选加州新小绥螨的替代食物,用不同植物花粉(如槐花、玉米、南瓜、山茶花粉等)作为食物进行研究发现,向日葵花粉和苹果花粉较适于加州新小绥螨的生长和繁殖,且饲喂结果分别与取食天然猎物土耳其斯坦叶螨和朱砂叶螨相近(吴双, 2016; 袁秀萍等, 2016)。

Vacacela 等(2019)研究发现,加州新小绥螨雌成螨在饥饿状态下不产卵,取食二斑叶螨和蒲黄花粉的产卵率显著高于分别单独取食二斑叶螨、蒲黄花粉、棕榈花粉、蜂花粉(桉树、柑橘、蓖麻等混合花粉)。Song 等(2019)的研究发现,用人工饲料添加地中海粉螟 *Ephestia kuehniella* Zeller 卵(20%)可用于规模化饲养加州新小绥螨。

3 加州新小绥螨防治重要害螨相关研究

目前,国内对加州新小绥螨防治害螨的研究多采用捕食者功能反应方法,且一些报道主要以温度作为调控因子进行研究。加州新小绥螨对各种害螨(截形叶螨、柑橘全爪螨 *Panonychus citri* McGregor、二斑叶螨、朱砂叶螨、侧多食跗线螨等)的捕食功能反应均符合 Holling II 型(李庆等, 2014; 汪小东等, 2014a; 陈莉等, 2016; Zhu *et al.*, 2019)。在 16-32 °C 温度范围内,加州

新小绥螨的捕食能力随温度升高呈先增高后降低趋势,在 28 °C 时,对截形叶螨(汪小东等, 2014c)、猕猴桃卢氏叶螨 *Tetranychus ludeni* Zacher (陈莉等, 2016)、土耳其斯坦叶螨(汪小东等, 2014a)、二斑叶螨(李庆等, 2014)、侧多食跗线螨(朱睿等, 2019)的控制作用最强,在 30 °C 时,对比哈小爪螨 *Oligonychus biharens* Hirst (贾静静等, 2018)、柑橘全爪螨(覃贵勇等, 2013)的控制作用最强。加州新小绥螨对柑橘全爪螨各螨态的控制潜力显著强于江原钝绥螨 *Amblyseius eharai* Amitai *et Swirski*、尼氏真绥螨 *Euseius nicholsi* (Ehara *et Lee*) 和拟长毛钝绥螨 *Amblyseius pseudolongispinosus* (覃贵勇和李庆, 2013)。研究加州新小绥螨对朱砂叶螨的捕食功能发现,加州新小绥螨对朱砂叶螨3种螨态(卵、幼螨、若螨)控制能力均强于拟长毛钝绥螨(蒋洪丽等, 2015)。

国内目前关于加州新小绥螨释放后的防治效果研究较少。王培曾研究了加州新小绥螨在室内迁徙、扩散情况和室外释放后种群密度、种群分布情况(王培, 2014)。王佳武(2017)在新疆伊犁地区薰衣草田、薄荷田间一次和二次大量释放加州新小绥螨,分别统计分析释放区和化防区害螨的卵、幼螨、若螨、成螨的消长曲线,结果表明加州新小绥螨能有效控制叶螨卵、幼螨、若螨、成螨的种群数量增长,防治效果显著。Wu 等(2016)通过扫描电镜观察发现,对二斑叶螨高毒力的球孢白僵菌(菌株为 LNSZ-26)孢子可以在加州新小绥螨等5种捕食螨体壁附着和萌发,但不能穿透螨体壁,之后逐渐从螨的体表脱落,说明加州新小绥螨等捕食螨的背板能够抵御其背部萌发孢子的机械压力,从而保护其自身免于侵染(吴圣勇等, 2019),因而联用昆虫病原真菌和加州新小绥螨或其他捕食螨来防治二斑叶螨具有潜在应用。

国外关于加州新小绥螨的田间应用研究较多。在美国佛罗里达州的中北部通过温室大棚和田间试验比较,加州新小绥螨和杀螨剂联苯肼酯联用时,防治草莓上的二斑叶螨效果显著(Liu

et al., 2016)。Fraulo 等于 2005-2007 年在美国东南部草莓温室大棚和田间释放的研究发现, 在二斑叶螨种群较小时, 释放一次加州新小绥螨可以有效控制草莓在整个生长期免受二斑叶螨危害 (Fraulo and Liburd, 2007)。Montserrat 等 (2008) 研究发现, 加州新小绥螨雌螨可以穿透鳄梨小爪螨 (*Oligonychus perseae* Tuttle, Baker and Abbatiello) 的网巢, 并在巢里面搜寻和捕食鳄梨小爪螨, 由于这一特点, 加州新小绥螨在西班牙鳄梨园被用来防治鳄梨小爪螨。

在柑橘园内要多次重复释放加州新小绥螨或者智利新小绥螨才能有效的防控二斑叶螨。相比较单独释放有草茎真绥螨 *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot), 混合释放草茎真绥螨、加州新小绥螨、智利新小绥螨来防治二斑叶螨更加有效 (Abad-Moyano et al., 2010)。通过对已有的数据分析发现, 加州新小绥螨作为二斑叶螨的捕食者, 数量大的情况下可以导致二斑叶螨灭绝, 但是超过饱和状态释放加州新小绥螨并不是防治二斑叶螨的好方法 (De Oliveira et al., 2013)。

在缺氧处理条件下, 加州新小绥螨的卵和雌成螨的成活率远高于二斑叶螨和柑橘全爪螨的卵和雌成螨, 例如在 20 °C 条件下缺氧处理 15 h 或 25 °C 条件下缺氧处理 8 h, 二斑叶螨和柑橘全爪螨的雌成螨的存活率为 0, 而加州新小绥螨雌成螨的存活率大于 95%, 所以可以采用缺氧处理来防治二斑叶螨和柑橘全爪螨, 而对它们的天敌加州新小绥螨没有不良影响 (Wang et al., 2016)。通过在大棚内甜辣椒的对比试验发现, 无论在高温或低湿田间条件下, 加州新小绥螨防治二斑叶螨的效果都比智利小植绥螨更好 (Weintraub and Palevsky, 2008)。

4 展望

目前, 国内关于加州新小绥螨的研究相对于国外比较少, 已有研究主要涉及加州新小绥螨在不同温度、不同食物源条件下的发育繁殖以及生物生态学。从国际范畴看, 加州新小绥螨对叶螨科害螨的防治效果已被国际肯定。因而, 加州

新小绥螨作为重要的害螨天敌, 有广阔的应用前景。为能在我国高地应用, 在加强加州新小绥螨生物生态学研究同时, 还应深入开展以下几个方面的研究:

(1) 营养与繁殖生理生化机制相关研究。从国内外加州新小绥螨整体研究成果来看, 关于加州新小绥螨营养获取与转化和繁殖相关分子生物学和生理生化方面的研究较少, 作为重要的生物防治物, 将来可扩大这些方面的研究, 解析其生理生化和遗传机制, 有助于更好地规模化繁育利用。

(2) 大田示范与应用相关研究。目前国内外关于加州新小绥螨的研究多是评价其对害螨(虫)的控害潜力, 大面积的大田应用研究较少, 今后需推进这方面的研究, 发展加州新小绥螨防治不同植物害螨的实用大田技术。

(3) 寄主-叶螨-加州新小绥螨三级营养关系互作相关研究。加州新小绥螨防治叶螨效果好, 但其和叶螨及危害的寄主植物的相互关系研究较少, 了解三者互作过程中的生理、生化过程, 可构建利用加州新小绥螨防控叶螨的新手段。

参考文献 (References)

- Abad-Moyano, R, Urbaneja A, Hoffmann D, Schausberger P, 2010. Effects of *Euseius stipulatus* on establishment and efficacy in spider mite suppression of *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* in clementine. *Experimental and Applied Acarology*, 50(4): 329–341.
- Canlas LJ, Amano H, Ochiai N, Takeda M, 2006. Biology and predation of the Japanese strain of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and Applied Acarology*, 11(2): 141–157.
- Chen BL, 2011. Influence of temperature and prey on development and reproduction of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Master dissertation. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University. [陈蓓蕾, 2011. 温度、猎物对加州新小绥螨发育、繁殖的影响. 硕士学位论文. 福州: 福建农林大学.]
- Chen L, Li Q, Jiang CX, Yang QF, Wang HJ, 2016. Predation of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus ludeni* of Kiwi Fruit. *Chinese Journal of Biological Control*, 32(5): 569–574. [陈莉, 李庆, 蒋春先, 杨群芳, 王海建, 2016. 加州新小绥螨对猕猴桃卢氏叶螨的捕食作用. 中国生物防治学报, 32(5): 569–574.]
- Cui Q, Li Q, 2015. Effects of temperature on the parameters of experimental populations of *Neoseiulus californicus* (Acari:

- Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus cinnabarinus*. *Plant Protection*, 41(3): 40–44. [崔琦, 李庆, 2015. 温度对以朱砂叶螨为食的加州新小绥螨实验种群参数的影响. 植物保护, 41(3): 40–44.]
- De Oliveira ACS, Martins SGF, Zacarias MS, 2013. An individual-based model for the interaction of the mite *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) with its predator *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae). *Ecological Modelling*, 255: 11–20.
- Döker İ, Kazak C, Karut K, 2016. Functional response and fecundity of a native *Neoseiulus californicus* population to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) at extreme humidity conditions. *Systematic and Applied Acarology*, 21(11): 1463–1473.
- Fraulo AB, Liburd OE, 2007. Biological control of twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, with predatory mite, *Neoseiulus californicus*, in strawberries. *Experimental and Applied Acarology*, 43(2): 109–119.
- Ghazy NA, Amano H, 2014. Rapid cold hardening response in the predatory mite *Neoseiulus californicus*. *Experimental and Applied Acarology*, 63(4): 535–544.
- Gotoh T, Yamaguchi K, Mori K, 2004. Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 32(1/2): 15–30.
- Jia JJ, Fu YG, Zhang FP, Niu LM, Chen JY, 2018. Effects of temperature on predatory functional responses of *Neoseiulus californicus* to *Oligonychus biharens*. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 39(10): 2028–2033. [贾静静, 符悦冠, 张方平, 牛黎明, 陈俊谕, 2018. 温度对加州新小绥螨捕食比哈小爪螨功能反应的影响. 热带作物学报, 39(10): 2028–2033.]
- Jiang HL, 2013. Studies on the experimental population ecology of *Neoseiulus dinghushanensis* (Acari: Phytoseiidae). Master dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [蒋洪丽, 2013. 鼎湖山新小绥螨实验种群生态学特性研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]
- Jiang HL, Wang ED, Lü JL, Wang BM, Xu XN, 2015. Preference of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and functional responses of *N. californicus* and *Amblyseius pseudolongispinosus* to prey developmental stages of *Tetranychus cinnabarinus*. *Chinese Journal of Biological Control*, 31(1): 8–13. [蒋洪丽, 王恩东, 吕佳乐, 王伯明, 徐学农, 2015. 加州新小绥螨对朱砂叶螨不同螨态的捕食选择性与拟长毛钝绥螨功能反应比较. 中国生物防治学报, 31(1): 8–13.]
- Li Q, Cui Q, Jiang CX, Wang HJ, Yang QF, 2014. Control efficacy of Chinese *Neoseiulus californicus* (McGregor) population on *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval). *Journal of Plant Protection*, 41(3): 257–262. [李庆, 崔琦, 蒋春先, 王海建, 杨群芳, 2014. 加州新小绥螨对朱砂叶螨的控制作用. 植物保护学报, 41(3): 257–262.]
- Li Y, Lü JL, Wang ED, Xu XN, 2016. Impact of crude protein and amino acid levels in yeast on development and reproduction of *Carpoglyphus lactis* and its predator *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 32(1): 25–32. [李颜, 吕佳乐, 王恩东, 徐学农, 2016. 酵母粗蛋白及氨基酸含量对甜果螨及其饲喂的加州新小绥螨繁育的影响. 中国生物防治学报, 32(1): 25–32.]
- Liu RH, Nyoike TW, Liburd OE, 2016. Evaluation of site-specific tactics using bifenazate and *Neoseiulus californicus* for management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberries. *Experimental and Applied Acarology*, 70(2): 189–204.
- Marafeli PP, Reis PR, Silveira ED, Souza-Pimentel GC, Toledo MD, 2014. Life history of *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) fed with castor bean (*Ricinus communis* L) pollen in laboratory conditions. *Brazilian Journal of Biology*, 74(3): 691–697.
- McMurtry JA, Croft BA, 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology*, 42(1): 291–321.
- Montserrat M, de la Peña F, Hormaza JI, González-Fernández JJ, 2008. How do *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) females penetrate densely webbed spider mite nests? *Experimental and Applied Acarology*, 44(2): 101–106.
- Ottaviano MFG, Alonso M, Cédola C, Pascua M, Roggiero M, Greco N, 2018. Overwintering of the Argentine strain of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 76(3): 311–323.
- Qin GY, Li Q, 2013. Effect of temperature on predation of *Neoseiulus californicus* (McGregor) and starvation tolerance at high temperature. *Southwest China Journal of Agricultural Science*, 26(3): 1034–1037. [覃贵勇, 李庆, 2013. 温度对加州新小绥螨捕食作用影响及高温耐饥饿能力研究. 西南农业学报, 26(3): 1034–1037.]
- Qin GY, Li Q, Yang QF, Wang HJ, Jiang CX, 2013. Potential of predacious mite *Neoseiulus californicus* in controlling citrus red mite *Panonychus citri*. *Journal of Plant Protection*, 40(2): 149–154. [覃贵勇, 李庆, 杨群芳, 王海建, 蒋春先, 2013. 加州新小绥螨对柑橘全爪螨的控制潜力. 植物保护学报, 40(2): 149–154.]
- Raworth DA, Fauvel G, Auger P, 1994. Location, reproduction and movement of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) during the autumn, winter and spring in orchards in the south of France. *Experimental and Applied Acarology*, 18(10): 593–602.
- Saber SA, 2013. Survival, fecundity and reproductive recovery period of *Neoseiulus californicus* (McGregor) during long-term preservation on maize pollen and after switch to *Tetranychus urticae* Koch. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46(7): 789–795.
- Shui L, Pu P, Li Q, Ma XL, Li Y, 2016. Effects of cold storage on biological traits and predation of predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor). *Journal of Plant Protection*, 43(5): 759–767. [税玲, 蒲颇, 李庆, 马孝龙, 李颖, 2016. 低温贮藏对加州新小绥螨生物学特性和捕食能力的影响. 植物保护学

- 报, 43(5): 759–767.]
- Song ZW, Nguyen DT, Li DS, De Clercq P, 2019. Continuous rearing of the predatory mite *Neoseiulus californicus* on an artificial diet. *BioControl*, 64(2): 125–137.
- Vacacela HA, Colares F, Lemos F, Marques PH, Franklin EC, Vale WS, Oliveira EE, Venzon M, Pallini A, 2019. Supplementary food for *Neoseiulus californicus* boosts biological control of *Tetranychus urticae* on strawberry. *Pest Management Science*. 75(7): 1986–1992.
- Wang CH, Suzuki T, Ohyama K, Ullah MS, Gotoh T, 2016. Anoxia treatment for selectively controlling spider mites *Tetranychus urticae* and *Panonychus citri* with little impact on the predatory mite *Neoseiulus californicus*. *International Journal of Acarology*, 42(4): 206–211.
- Wang JW, 2017. Pests Investigation and bio-control technology on two aromatic crops in Yili Region. Master dissertation. Shihezi: Shihezi University. [王佳武, 2017. 伊犁地区两种香料作物病虫害种类及生防研究. 硕士学位论文. 石河子: 石河子大学.]
- Wang P, 2014. The preliminary study on the dispersal law of *Neoseiulus californicus* which feed on *Tetranychus cinnabarinus*. Master dissertation. Nanchang: Nanchang University. [王培, 2014. 以朱砂叶螨为猎物的加州新小绥螨扩散规律的初步研究. 硕士学位论文. 南昌: 南昌大学.]
- Wang XD, Liu F, Zhang JH, Yuan XP, Zhao YY, 2014a. Predation of predatory mite *Neoseiulus californicus* on strawberry spider mite *Tetranychus turkestanii*. *Journal of Plant Protection*, 41(1): 19–24. [汪小东, 刘峰, 张建华, 袁秀萍, 赵伊英, 2014a. 加州新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的捕食作用. 植物保护学报, 41(1): 19–24.]
- Wang XD, Yuan XP, Huang YQ, Zhang JH, Zhao YY, 2014b. Evaluation of the potential for *Neoseiulus californicus* to act as a biological control for *Tetranychus turkestanii* and *Tetranychus truncatus*, based on life table analysis. *China Journal of Applied Entomology*, 51(3): 795–801. [汪小东, 袁秀萍, 黄艳勤, 张建华, 赵伊英, 2014b. 应用实验种群生命表评价加州新小绥螨对土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的控制能力. 应用昆虫学报, 51(3): 795–801.]
- Wang XD, Zhang JH, Huang YQ, Yuan XP, He M, Li Q, Zhao YY, 2014c. Predation of *Neoseiulus californicus* on *Tetranychus truncatus*. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 23(2): 39–43. [汪小东, 张建华, 黄艳勤, 袁秀萍, 何森, 李倩, 赵伊英, 2014c. 加州新小绥螨对截形叶螨的捕食作用. 西北农业学报, 23(2): 39–43.]
- Weintraub P, Palevsky E, 2008. Evaluation of the predatory mite, *Neoseiulus californicus*, for spider mite control on greenhouse sweet pepper under hot arid field conditions. *Experimental and Applied Acarology*, 45(1/2): 29–37.
- Wu S, 2016. The election of pollen as alternative food for *Neoseiulus californicus* and the formation of fertility life table. Master dissertation. Chengdu: Sichuan Agricultural University. [吴双, 2016. 加州新小绥螨替代食物花粉的筛选及生殖力生命表的组建. 硕士学位论文. 成都: 四川农业大学.]
- Wu SY, Gao YL, Zhang Y, Wang ED, Xu XN, Lei ZR, 2014. An entomopathogenic strain of *Beauveria bassiana* against *Frankliniella occidentalis* with no detrimental effect on the predatory mite *Neoseiulus barkeri*: evidence from laboratory bioassay and scanning electron microscopic observation. *PLoS ONE*, 9(1), e84732.
- Wu SY, Xie H, Li M, Xu X, Lei Z, 2016. Highly virulent *Beauveria bassiana* strains against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, show no pathogenicity against five phytoseiid mite species. *Experimental and Applied Acarology*, 70(4): 421–435.
- Wu SY, Yang QP, Xu CC, Xu XN, Lei ZR, 2019. Research prospect in interactions between entomopathogenic fungi and predatory mites and their combined applications. *Chinese Journal of Biological Control*, 35(1): 127–133. [吴圣勇, 杨清坡, 徐长春, 徐学农, 雷仲仁, 2019. 昆虫病原真菌和捕食螨间的互作关系及二者联合应用研究进展. 中国生物防治学报, 35(1): 127–133.]
- Xu XN, Wang B, Wang E, Zhang ZQ, 2013. Comments on the identity of *Neoseiulus californicus* sensu lato (Acari: Phytoseiidae) with a redescription of this species from southern China. *Systematic and Applied Acarology*, 18(4): 329–345.
- Yuan XP, Wang XD, Wang JW, Zhao YY, 2015. Effects of brief exposure to high temperature on *Neoseiulus californicus*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 26(3): 853–858. [袁秀萍, 汪小东, 王佳武, 赵伊英, 2015. 短时高温对加州新小绥螨发育的影响. 应用生态学报, 26(3): 853–858.]
- Yuan XP, Ren J, Wang XJ, Zhao YY, 2016. Effects of six different pollens on development and reproduction of *Neoseiulus californicus*. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 25(8): 1263–1268. [袁秀萍, 任俊, 王小军, 赵伊英, 2016. 6种花粉对加州新小绥螨发育繁殖的影响. 西北农业学报, 25(8): 1263–1268.]
- Zhang YX, Ji J, Chen X, Lin JZ, Chen BL, 2012a. The effect of temperature on the life table and development duration of *Neoseiulus (Amblyseius) californicus* (Mcgregor). *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 27(2): 157–161. [张艳璇, 季洁, 陈霞, 林坚贞, 陈蓓蕾, 2012a. 温度对加州新小绥螨发育及繁殖的影响. 福建农业学报, 27(2): 157–161.]
- Zhang YX, Ji J, Chen X, Lin JZ, Chen BL, 2012b. The effect of temperature on development and reproduction of *Neoseiulus (Amblyseius) californicus* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Tetranychus truncatus*. *Journal of Environmental Entomology*, 34(2): 190–195. [张艳璇, 季洁, 陈霞, 林坚贞, 陈蓓蕾, 2012b. 温度对加州新小绥螨以截形叶螨为猎物的发育及繁殖的影响. 环境昆虫学报, 34(2): 190–195.]
- Zhu R, Guo JJ, Yi TC, Xiao R, Jin DC, 2019. Preying potential of predatory mite *Neoseiulus californicus* to broad mite *Polyphagotarsonemus latus*. *Journal of Plant Protection*, 46(2): 465–471. [朱睿, 郭建军, 乙天慈, 肖榕, 金道超, 2019. 加州新小绥螨对侧多食跗线螨的捕食潜能. 植物保护学报, 46(2): 465–471.]