

双尾新小绥螨的形态特征及捕食性功能*

王振辉^{1**} 李永涛¹ 李 婷¹ 陆宴辉² 张建萍^{1***} 徐学农^{2***}

(1. 石河子大学农学院, 石河子 832003; 植物病虫害生物学国家重点实验室, 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘 要 【目的】通过对新疆本地捕食螨双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* Wainstein 的形态学特征观察及其对新疆农作物上两种重要害螨的捕食量测定, 为该捕食螨的保护、研究、扩繁和释放提供理论基础。

【方法】在实验室 (26±1) °C, RH60%, 16L: 8D 条件下, 借助显微成像系统观察其各个螨态形态特征及生物学习性; 定量小室饲养技术对不同密度下对新疆两种重要害螨各螨态的捕食量进行研究。

【结果】双尾新小绥螨有卵、幼螨、第一若螨、第二若螨和成螨 5 个螨态, 嗜好阴暗条件, 活动范围小, 通过有性生殖进行繁殖, 有多次交配行为, 产卵方式为单产; 单头双尾新小绥螨雌成螨每日对截形叶螨 *Tetranychus truncatus* 卵和幼螨的捕食量 (106.8 粒/日·雌和 45.4 头/日·雌) 要显著大于土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* (64.4 粒/日·雌和 39.4 头/日·雌), 而对两种叶螨的若螨和成螨捕食量无明显差异。

【结论】本研究表明双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的卵和幼螨的捕食较对若螨和成螨的效果好, 对新疆害螨有一定控制能力。

关键词 双尾新小绥螨, 形态特征, 生物习性, 捕食能力

The morphology and predatory behavior of the mite *Neoseiulus bicaudus*

WANG Zhen-Hui^{1**} LI Yong-Tao¹ LI Ting¹ LU Yan-Hui² ZHANG Jian-Ping^{1***} XU Xue-Nong^{2***}

(College of Agricultural, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 2. State Key Laboratory for Biology Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract [Objectives] To provide a theoretical basis for the protection, breeding and release of the native predatory mite *N. bicaudus*. [Methods] A microscopic imaging system was used to observe the biological and morphological characteristics of different developmental stages of *N. bicaudus*, and the quantity cell feeding technique was used to test its predatory ability with respect to two species of pest mites under conditions of (26±1)°C, RH60%, 16L: 8D in a laboratory. [Results] *N. bicaudus* had five developmental stages; egg, larva, protonymph, deutonymph and adult. *N. bicaudus* preferred shade and had a small range of activity. They propagated their species by sexual reproduction and mated multiple times. The eggs were laid singly. Predation on the eggs and larvae of *T. truncatus* (106.8 grain/day·female and 45.4 head/day·female) was higher than on those of *T. turkestanii* (64.4 grain/day·female and 39.4 head/day·female); but there were no significant differences in predation on the nymphs and adults of these species. [Conclusion] *N. bicaudus* preys more on the eggs and larvae of *T. turkestanii* and *T. truncatus* than on nymphs and adults, and has the potential to control these pest mites in Xinjiang.

Key words *Neoseiulus bicaudus*, morphological characteristics, biological characteristics, predation capability

在世界范围内, 植绥螨科 (Phytoseiidae) 约有 2 250 种; 其中, 有 20 余种已经被用于商业化生产, 并在防治各种作物上的叶螨、蓟马、粉虱和其他一些小型害虫方面起到了巨大的作用

(洪晓月, 2012; Guo *et al.*, 2013; 李广云等, 2013)。在中国, 捕食螨资源丰富, 目前已知种类达 260 余种 (唐斌等, 2004); 新疆地域辽阔, 生物资源丰富, 植绥螨有 4 属 19 种 (鲁素玲和

* 资助项目 Supported projects: 植物病虫害生物学国家重点实验室开放基金 (SKLOF201312); 兵团杰出青年基金 (2014CD004)

**第一作者 First author, E-mail: wangzh327@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhjp_agr@shzu.edu.cn; xuxn_99@yahoo.com

收稿日期 Received: 2015-03-19, 接受日期 Accepted: 2015-03-25

张建萍, 2000)。

笔者于 2013 年 7 月份在新疆伊犁地区成功采集到新疆本地捕食螨; 经中国农业科学院植物保护研究所徐学农等人鉴定属于植绥螨科 (Phytoseiidae), 新小绥螨属 (*Neoseiulus* Hughes), 双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* (Wainstein, 1962)。该种分布于伊朗、俄罗斯、希腊、塞浦路斯、美国等多个国家 (DeLeon, 1962; Wainstein, 1962; Schuster and Pritchard, 1963; Livshitz and Kuznetsov, 1972; Wainstein, 1975; Faraji *et al.*, 2007; Palevsky *et al.*, 2009; Asali *et al.*, 2011)。

双尾新小绥螨于 1962 年首次被 Wainstein 命名为 *Amblyseius bicaudus*; 被 DeLeon (1962) 命名为 *Cydnodromus comitatus*; 后被 Schuster 和 Pritchard (1963) 命名为 *A. scyphus*; 也被 Tuttle (1973) 和 Muma (1961) 命名为 *N. comitatus* (DeLeon); 最终被 Wainstein (1977) 命名为 *N. bicaudus*。此间以至后来有多人相继对该种成螨分类学特征进行描述 (McMurtry *et al.*, 2004)。

对本种的成螨分类学特征已有不少报道, 但对其不同螨态形态学与生物学特性及主要习性未见报道。本研究对双尾新小绥螨各螨态形态学及生物学习性进行详细观察并描述, 并对其控制新疆农林主要害螨土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* 和截形叶螨 *Tetranychus truncatus* 捕食效能进行了初步研究, 为该螨在新疆控制害螨进行了评价。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源: 双尾新小绥螨于 2013 年 7 月份采集于新疆维吾尔自治区伊犁地区, 猎物为石河子大学农学院昆虫实验室长期饲养的土耳其斯坦叶螨与截形叶螨。

1.2 方法

1.2.1 形态特征描述 往饲养小室 (规格为 3 cm × 2 cm × 0.5 cm 的长方形玻璃, 中间为直径 1

cm 小孔, 上下用玻璃片封住) 中挑入 2~3 头土耳其斯坦叶螨, 继而挑入一头双尾新小绥螨雌成螨使其产卵。次日, 将成螨挑出, 将所产卵留在原小室中, 每个小室保留一粒卵, 在实验室条件下用双筒解剖镜 (Nikon MODEL C-LEDS) 观察其生活习性 & 生长发育状况, 并用显微成像系统 (Olympus MODEL SZX6) 将各个虫态拍照, 描述各个螨态的形态特征; 共 15 个重复。捕食螨饲养过程在光照培养箱 (Eyela FLI-2000H) 设定的条件下进行。

1.2.2 捕食能力研究 分别把土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的卵 160 粒、幼螨 120 头、若螨 120 头和成螨 20 头, 挑入事先制作好的饲养小室中; 之后, 将 1 头饥饿处理 24 h 后的双尾新小绥螨挑入饲养有叶螨各个虫态的小室中, 每个虫态重复 5 个。以同样的方法分别往饲养有两种叶螨各个虫态的小室挑入 2、4 和 6 头饥饿处理 24 h 的双尾新小绥螨。以上实验均在 (26±1) °C, RH60%, 16L: 8D 条件下进行。24 h 后观察其捕食量。

1.3 统计方法

1.3.1 形态学特征描述 用解剖镜拍照并测量双尾新小绥螨各虫态的大小, 以 μm 为单位。

1.3.2 捕食能力研究 用软件 SPSS17.0 对双尾新小绥螨捕食土耳其斯坦叶螨和截形叶螨各个螨态进行 *t*-测验。采用 Hassell 和 Varley (1969) 及张孝羲 (2002) 提出的干扰反应模型:

$$E = QP^{-m}$$

进行推导得出:

$$\lg E = \lg Q - m \lg P (E = N_a / N_0 P)$$

式中: Q 为搜索常数, m 为干扰系数, N_a 为被捕食叶螨数量, N_0 为初始叶螨数量, P 为天敌的密度, E 为捕食作用率 (或寻找效应)。

2 结果与分析

2.1 形态特征描述

卵: 初为乳白色 (图 1:A), 随时间延长变为白色透明 (图 1:B), 椭圆形, 长 180~230 μm,

宽 130 ~ 150 μm 。

幼螨：白色、透明，3 对足，躯体长 200 ~ 300 μm ，宽 130 ~ 160 μm （图 1：C，D）。足长 80~100 μm ，颚体长 60 μm 。雌螨和雄螨在此阶段难以分辨。

第一若螨：白色、透明，椭圆形，4 对足，有光泽，取食土耳其斯坦叶螨和截形叶螨后体色变为浅黄色（图 1：E，F），体型较幼螨大，躯体长 290 ~ 330 μm ，宽 140 ~ 160 μm 。足长 100~140 μm ，颚体长 70 μm 。雌螨和雄螨无明显区别。

第二若螨：与第一若螨特征相似，但体型较第一若螨大，雌螨和雄螨能区分开来；雌螨背板长 310 ~ 360 μm ，宽 150 ~ 200 μm ；而雄螨躯体长 250 ~ 300 μm ，宽 120 ~ 160 μm ；足长 120~160 μm ，颚体长 90 μm 。两者搜寻食物能力和活动强度明显增强（图 1：G，H）。

成螨：特征与若螨相似，体型大小有变化，雌成螨性成熟后体型急剧增加，躯体长 450 ~ 500 μm ，宽 250 ~ 300 μm ；足长 140~180 μm ，颚体长 95 μm 。而雄螨在蜕皮后体型无明显变化，躯体长为 300 ~ 350 μm ，宽 150 ~ 180 μm ，足长 80~120 μm ，颚体长 50 μm （图 1：I）。

2.2 生活习性观察

双尾新小绥螨的幼螨通常在阴暗的环境条件下活动，活动范围小，搜寻食物能力差，主要以叶螨幼螨为食，少量取食便蜕皮进入若一阶段。若螨阶段，活动能力及搜寻能力明显增加，能取食叶螨各个螨态。到成螨阶段，雄螨会主动寻找雌成螨进行交配，起初，雄螨对雌螨进行搂抱行为（图 1：J），交配方式为雄下雌上，雄螨可交配多次，时间长短不定；交配完成后，雌成螨需进行大量捕食，之后进入产卵期。雌成螨往往将卵产于未被叶螨取食过的叶柄的凹陷处、黏着于蛛网或敞开的叶表面；产卵方式为单产，具产完卵可将卵推到一起的行为特性（图 1：K，L）。

通过观察，双尾新小绥螨不仅取食叶螨，而且对粉虱有一定的捕食作用，此外，对瘿螨也有良好的捕食效果。

2.3 捕食能力研究

通过双尾新小绥螨成螨对土耳其斯坦叶螨和截形叶螨不同螨态的取食量比较，由表 1 可知，单头双尾新小绥螨雌成螨每日对截形叶螨卵和幼螨的捕食量（108.0 粒和 45.4 头）均显著大于对土耳其斯坦叶螨的捕食量（64.4 粒和 39.4 头）；但对若螨和成螨的捕食量却没有显著差异。随着双尾新小绥螨密度的增加，均表现为对两叶螨的卵和幼螨的捕食量要大于对若螨和成螨的捕食量。

对于同一种害螨同一虫态，随着捕食螨密度增加，建立其个体之间干扰反应模型，由表 2 可知，双尾新小绥螨在捕食土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的卵时干扰系数 m （0.900 和 1.003）均为最大；其次是捕食若螨（0.842 和 0.638）。在捕食土耳其斯坦叶螨幼螨时，其干扰系数 m （0.704）较捕食成螨（0.342）时大；但捕食截形叶螨幼螨干扰系数 m （0.493）较成螨（0.521）偏小。表明，在捕食不同种类叶螨时，双尾新小绥螨的自身密度干扰反应不同，不同害螨虫态干扰反应也不同，其中捕食土耳其斯坦叶螨卵时，捕食螨个体间干扰反应最大，成螨反应最小；对截形叶螨卵取食时，捕食螨个体间干扰反应最大，幼螨反应最小。

3 讨论

本研究通过对新疆本地捕食螨双尾新小绥螨的形态学及生物学习性进行描述。表明双尾新小绥螨的雌螨和雄螨均有卵、幼螨、第一若螨、第二若螨和成螨 5 个螨态。刚产卵为无色透明，之后变为乳白色；幼螨活动量少，历期短；前若螨与后若螨形态除了大小、捕食有所差异，生物学习性差异并不显著；雌成螨活动频繁，捕食量大，嗜好阴暗较为潮湿的地方栖息，产卵方式为散产，但其产卵后可将卵推到一起。双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的卵和幼螨的捕食量要明显大于对若螨和成螨的捕食量；其中双尾新小绥螨对两种叶螨的卵更为喜好；这说明捕食螨的取食更倾向于叶螨的卵；这也更能说明

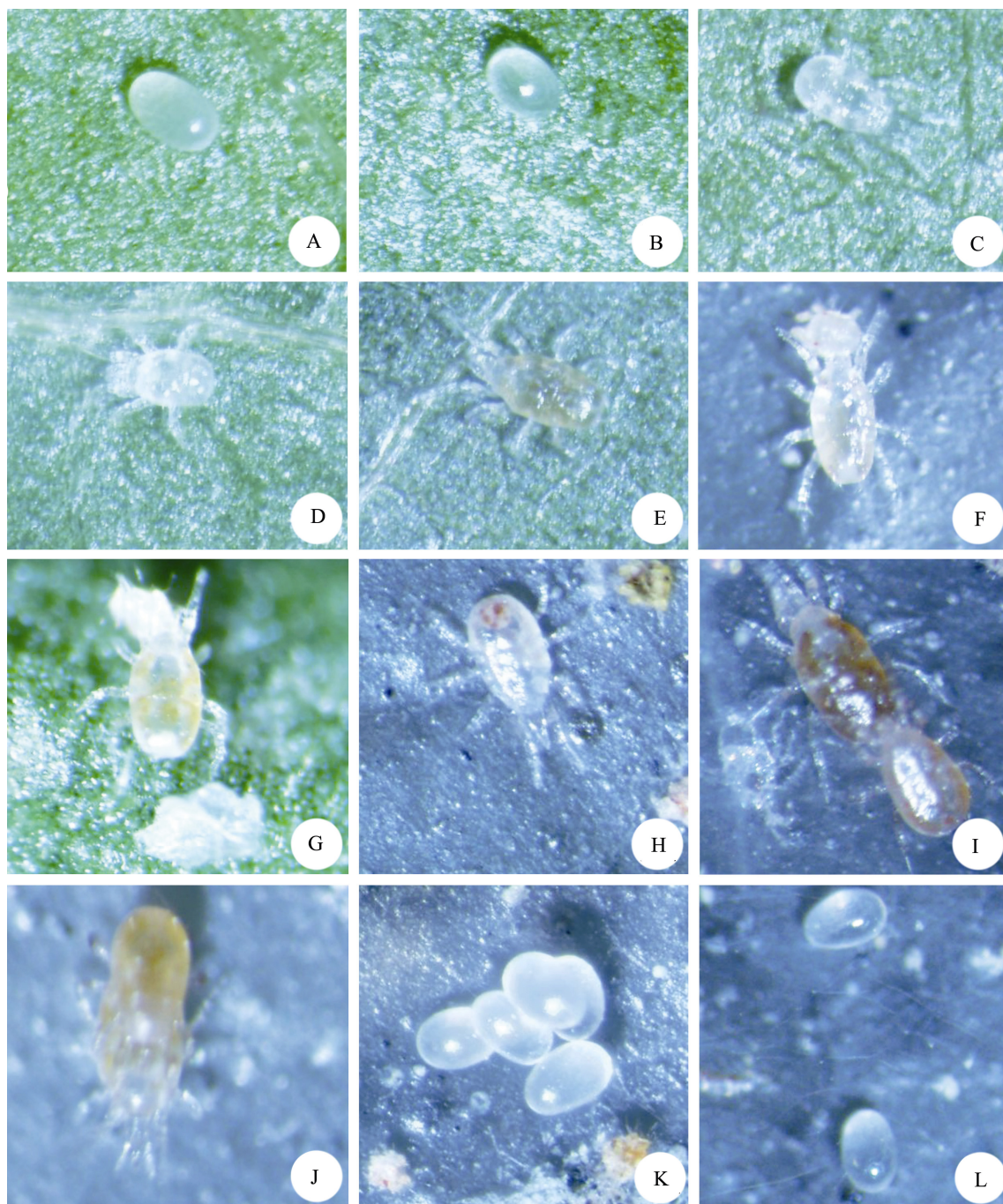


图 1 双尾新小绥螨各虫态形态特征

Fig. 1 The characteristics of every developmental stage of *Neoseiulus bicaudus*

A: 双尾新小绥螨卵 (产卵后 1 d); B: 双尾新小绥螨卵 (产卵后 2 d); C: 双尾新小绥螨雄幼螨; D: 双尾新小绥螨雌幼螨; E: 双尾新小绥螨雌螨第一若螨; F: 双尾新小绥螨雄螨第一若螨; G: 双尾新小绥螨雌螨第二若螨; H: 双尾新小绥螨雄螨第二若螨; I: 双尾新小绥螨雌成螨和雄成螨; J: 双尾新小绥螨搂抱行为; K: 双尾新小绥螨卵聚集; L: 双尾新小绥螨分散产卵。

A: The egg of *N. bicaudus* (1 d after egg laying); B: The egg of *N. bicaudus* (2 d after egg laying); C: The male larva of *N. bicaudus*; D: The female larva of *N. bicaudus*; E: The female protonymph of *N. bicaudus*; F: The male protonymph of *N. bicaudus*; G: The female deutonymph of *N. bicaudus*; H: The male deutonymph of *N. bicaudus*; I: The female and male adult of *N. bicaudus*; J: Hugging behavior of *N. bicaudus*; K: *N. bicaudus* eggs in mass; L: *N. bicaudus* eggs singly laid.

表 1 双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的捕食量比较

Table 1 The predation of *Tetranychus turkestanii* and *Tetranychus truncatus* by *Neoseiulus bicaudus*

叶螨种类 Mite species	螨态 Developmental stage of mite	猎物起始数量 Initial number of prey mite	双尾新小绥螨数量 (粒或头) Number of predator <i>Neoseiulus bicaudus</i>			
			1	2	4	6
土耳其斯坦叶螨 <i>T. turkestanii</i>	卵 Egg	160	64.40±3.50	64.20±4.91	100.20±2.03	105.00±3.59
截形叶螨 <i>T. truncatus</i>			108.00±3.27*	108.20±3.27*	138.20±4.63*	145.40±1.89*
土耳其斯坦叶螨 <i>T. turkestanii</i>	幼螨 Larva	120	39.40±1.36	86.20±3.37	75.20±1.88	118.00±1.14
截形叶螨 <i>T. truncatus</i>			45.40±0.60*	91.00±2.02	104.60±2.08*	114.20±1.85
土耳其斯坦叶螨 <i>T. turkestanii</i>	若螨 Nymph	120	45.00±0.63	59.60±4.20	62.20±1.39	99.80±5.18
截形叶螨 <i>T. truncatus</i>			47.80±1.02	54.60±0.93	87.80±8.52	106.20±3.23
土耳其斯坦叶螨 <i>T. turkestanii</i>	成螨 Adult	20	5.60±0.40	7.80±0.66	16.60±1.47	14.60±1.50
截形叶螨 <i>T. truncatus</i>			7.20±0.37	7.00±0.73	16.00±0.55	17.00±1.09

表示不同叶螨物种同一螨态之间差异显著 ($P<0.05$)。 indicates the significance difference between the same development stage of different species of spider mites ($P<0.05$).

表 2 双尾新小绥螨密度干扰反应幂函数模型

Table 2 The model of mutual interference of *Neoseiulus Bicaudus* with different densities

螨态 Developmental stage of mite	方程 ($E = QP^{-m}$)	
	土耳其斯坦叶螨 <i>Tetranychus turkestanii</i>	截形叶螨 <i>Tetranychus truncatus</i>
卵 Egg	$E = 0.688P^{-0.900}$	$E = 0.355P^{-1.000}$
幼螨 Larva	$E = 0.598P^{-0.704}$	$E = 0.431P^{-0.493}$
若螨 Nymph	$E = 0.709P^{-0.842}$	$E = 0.372P^{-0.638}$
成螨 Adult	$E = 0.286P^{-0.342}$	$E = 0.335P^{-0.521}$

捕食螨在捕食叶螨卵时自身密度效应更强。考虑到双尾新小绥螨对叶螨成螨捕食时会受到叶螨卵的影响,实验期间,每隔 4 h 对叶螨的卵进行刺破处理,以确保捕食螨只对叶螨成螨进行捕食。

我国的捕食螨研究自 20 世纪 60—70 年代起步,至今,包括新种发现、捕食螨的基础研究及

田间释放方面都取得了丰硕的成果(徐学农等, 2013a)。但中国土地面积广阔,捕食螨资源丰富,仍有新的天敌螨类靠生防工作者去发掘;新疆作物种类丰富,害虫种类繁多,叶螨为害尤为严重;目前,新疆防治叶螨的生物防治措施主要是引进外来捕食螨。引进的捕食螨物种有智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* 和胡瓜新小绥螨 *Amblyseius cucumeris* 等。本地种双尾新小绥螨对土耳其斯坦叶螨的捕食量(5.6 头/日)与胡瓜新小绥螨和加州新小绥螨(5.3 头/日和 5.5 头/日)的日捕食量相差微小,均远不及智利小植绥螨(10.7 头/日)(张艳璇等, 2006;王银方等, 2013;汪小东等, 2014a, 2014b)。但是,由于新疆夏季干燥高温,冬季温度极低,这就使得引进物种的生存受到威胁;此外,引进种的生态安全也未受到有效的评估。因此,产业化利用双尾新小绥螨等本地捕食螨种类是新疆害螨生物防治的重要方向。

密度干扰效应是评价一种捕食螨捕食方法; 由于捕食螨对叶螨的各个虫态都有捕食作用, 了解捕食螨对叶螨各个螨态的自身密度干扰效应, 并结合叶螨的发生规律, 来释放捕食螨, 在一定程度上可以有效防治叶螨(戈峰, 2002)。

生物防治因其保护生态环境而越来越受到关注, 捕食螨在防治小型昆虫及叶螨方面有着潜在的意义。使用天敌防治害虫无疑是一种友好的防治措施; 然而, 释放天敌(捕食螨)之前需要充分了解昆虫(或螨)的生物生态学习性; 本实验旨在对释放双尾新小绥螨提供相关的理论基础。

参考文献 (References)

- Asali FB, Khanjani M, Uckermann EA, 2011. Description of immature stages and redescription of female and male of *Neoseiulus bicaudus* (Wainstein, 1962) (Acari: Phytoseiidae) from West of Iran. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 46(2): 329–338.
- Chant DA, McMurtry JA, 1994. A review of the subfamilies Phytoseiinae and Typhlodrominae (Acari: Phytoseiidae). *International Journal Acarology*, 20(4): 223–310.
- DeLeon D, 1962. Twenty-three new phytoseiids, mostly from southeastern United States (Acarina: Phytoseiidae). *Florida Entomologist*, 45(1): 11–27.
- Ehara S, 1966. A tentative catalogue of predatory mites of Phytoseiidae known from Asia, with descriptions of five new species from Japan. *Mushi*, 39(2): 9–30.
- Faraji F, Hajizadeh J, Ueckermann EA, 2007. Two new records for Iranian phytoseiid mites with synonymy and keys to the species of Typhloseiulus Chant and McMurtry and Phytoseiidae in Iran (Acari: Mesostigmata). *International Journal Acarology*, 33(3): 231–239.
- Ge F, 2002. Modern Ecology. Beijing: Science Press. 108–109. [戈峰, 2002. 现代生态学. 北京: 科学出版社. 108–109.]
- Guo YL, Jiao XD, Xu JJ, Yang S, Duan XK, Zhang JP, 2013. Growth and reproduction of *Tetranychus turkestanii* and *Tetranychus truncatus* (Acari: Tetranychidae) on cotton and corn. *Systematic and Applied Acarology*, 18(1): 89–98.
- Hong XY, 2012. Agricultural Acarology. Beijing: Chinese Agricultural Press. 239–245. [洪晓月, 2012. 农业螨类学. 北京: 中国农业出版社. 239–245]
- Li GY, Li HQ, Guo YL, Yang S, Li JJ, Xia W, Zhang JP, 2013. Effect of transgenic cotton on life table parameters of *Tetranychus turkestanii*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(2): 376–381. [李广云, 李海强, 郭艳兰, 杨帅, 李晶晶, 夏伟, 张建萍, 2013. 转基因棉对土耳其斯坦叶螨生命参数的影响. 应用昆虫学报, 50(2): 376–381.]
- Livshitz IZ, Kuznetsov NN, 1972. Phytoseiid mites from Crimea (Parasitiformes: Phytoseiidae). Pests and diseases of fruit and ornamental plants. Proceedings of the All-Union VI Lenin Academy of Agricultural Science. The State Nikita Botanical Gardens, Yalta, Ukraine. 13–64.
- Lu SL, Zhang JP, 2000. The preliminary report of species of Phytoseiid mites in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 38(S1): 127–128. [鲁素玲, 张建萍, 2000. 新疆植绥螨科种类调查初报. 新疆农业科学, 38(S1): 127–128.]
- McMurtry JA, Denmark HA, Campos CB, 2004. A Revised Catalog of the Mite Family Phytoseiidae. New Zealand: Magnolia Press. 108–109.
- Muma MH, 1961. Subfamilies, genera, and species of Phytoseiidae (Acarina: Mesostigmata). *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences*, 5(7): 267–302. <http://bionames.org/references/0a09fbb480ee7e293998751748b61238>
- Palevsky E, Gal S, Ueckermann EA, 2009. Phytoseiidae from date palms in Israel with descriptions of two new taxa and a key to the species found on date palms worldwide (Acari: Mesostigmata). *Journal of Natural History*, 43(27/28): 1715–1747.
- Papadoulis GT, Emmanouel NG, 1991. The genus *Amblyseius* (Acari: Phytoseiidae) in Greece, with the description of a new species. *Entomologia Hellenica*, Greece, 9: 35–62.
- Schuster RO, Pritchard AE, 1963. Phytoseiid mites of California. *Hilgardia*, 34:191–285.
- Tang B, Zhang F, Tao SX, Xiong JW, 2004. The recent advances on resources and biology of phytoseiid mites. *Entomological Knowledge*, 41(6): 527–531. [唐斌, 张帆, 陶淑霞, 熊继文, 2004. 中国植绥螨资源及其生物学研究进展. 昆虫知识, 41(6): 527–531.]
- Tuttle DM, Muma MH, 1973. Phytoseiidae (Acarina: Mesostigmata) inhabiting agricultural and other plants in Arizona. *Agricultural Experiment Station Technical Bulletin, University of Arizona, Tucson, USA*, 208: 55.

- Wainstein BA, 1962. Some new predatory mites of the family Phytoseiidae (Parasitiformes) of the USSR fauna. *Entomological Review, Russia*, 41: 139–146.
- Wainstein BA, 1975. Predatory mites of the family Phytoseiidae (Parasitiformes) of Yaroslavl Province. *Entomological Review, Russia*, 54(4): 138–143.
- Wang XD, Liu F, Zhang JH, Yuan XP, Zhao YY, 2014a. Predation of predatory mite *Neoseiulus californicus* on strawberry spider mite *Tetranychus turkestanii*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 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, Zhang JH, Huang YQ, Yuan XP, He M, Li Q, Zhao YY, 2014b. Predation of *Neoseiulus californicus* on *Tetranychus truncate*. *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, 2014b. 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.]
- Wang YF, Tu EX, Guo WC, He J, 2013. Functional response of *Phytoseiulus persimilis* to predation of *Tetranychus turkestanii*, *Tetranychus truncate* and *Tetranychus cinnabarinus*. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 50(5): 839–844. [王银方, 吐尔逊, 郭文超, 何江, 2013. 智利小植绥螨对土耳其斯坦叶螨、截形叶螨、朱砂叶螨的捕食作用. 新疆农业科学, 50(5): 839–844.]
- Xu XN, Lü JL, Wang ED, 2013a. Review of research on predatory mites and its applications in China. *China Plant Protection*, 29(2): 163–174. [徐学农, 吕佳乐, 王恩东, 2013a. 捕食螨在中国的研究与应用. 中国植保导刊, 29(2): 163–174.]
- Zhang XX, 2002. *Insect Ecology and Forecast*. Beijing: Chinese Agricultural Press. 108–109. [张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社. 108–109.]
- Zhang YX, Wang FT, Ji J, 2006. Evaluation of *Amblyseius cucumeris* for control of pest mites of Koerle pear and strategy for its practical application. *Scientia Agricultural Sinica*, 39(3): 518–524. [张艳璇, 王福堂, 季洁, 2006. 胡瓜钝绥螨对香梨害螨控制作用的评价及其应用策略. 中国农业科学, 39(3): 518–524.]