

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*

汪小东** 袁秀萍 黄艳勤 张建华 赵伊英***

(石河子大学农学院, 石河子 832000)

摘 要 【目的】 为了解加州新小绥螨 *Neoseiulus Californicus* (McGregor) 对土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestan* (Ugarov et Nikolski) 和截形叶螨 *Tetranychus truncate* (Ehara) 的控制能力。【方法】 采用实验种群生命表方法进行评价。【结果】 以土耳其斯坦叶螨为食时加州新小绥螨的净增值率 ($R_0=33.236$)、内禀增长率 ($r_m=0.218$)，大于以截形叶螨为食时的值 ($R_0=32.458$, $r_m=0.207$)，而世代平均周期 ($T=16.340$) 和种群倍增时间 ($t=3.173$) 小于以截形叶螨为食时的值 ($T=16.849$, $t=3.355$)。【结论】 以土耳其斯坦叶螨为食有利于加州新小绥螨种群的发育和繁殖。

关键词 加州新小绥螨, 土耳其斯坦叶螨, 截形叶螨, 生命表参数, 生物防治

Evaluation of the potential for *Neoseiulus californicus* to act as a biological control for *Tetranychus turkestan* and *Tetranychus truncate*, based on life table analysis

WANG Xiao-Dong** YUAN Xiu-Ping HUANG Yan-Qin ZHANG Jian-Hua ZHAO Yi-Ying***

(College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract [Objectives] To evaluate the potential for *Neoseiulus californicus* (McGregor) to act as a biological control for *Tetranychus turkestan* (Ugarov et Nikolski) and *T. truncate* (Ehara). [Methods] Life tables for an experimental, captive population of *N. californicus* preying on *T. turkestan* and *T. truncate* were constructed. [Results] The results show that the net reproductive rate (R_0) and intrinsic rate of natural increase (r_m) of *N. californicus* feeding on *T. turkestan* were 33.236 and 0.218, respectively, greater than when feeding on *T. truncate* ($R_0=32.458$, $r_m=0.207$). The mean generation duration ($T=16.340$) and the time for the population to double ($t=3.173$) when feeding on *T. turkestan* were less than when feeding on *T. truncate* ($T=16.849$, $t=3.355$). [Conclusion] *N. californicus* develops faster and has a higher reproductive rate when feeding on *T. turkestan* compared to when feeding on *T. truncate*.

Key words *Neoseiulus californicus*, *Tetranychus turkestan*, *Tetranychus truncate*, life table, biocontrol capability

新疆是我国乃至世界最大的棉花生产基地, 近年来棉叶螨发生严重, 成为制约新疆棉

* 资助项目: 国家自然科学基金 (31201521); 中国博士后科学基金 (2013T60903; 20110491746)

**E-mail: wxdwjrooo@163.com

***通讯作者, E-mail: zhaoyiying@shzu.edu.cn

收稿日期: 2013-10-11, 接受日期: 2014-01-20

花高产优质的重要因子,其中土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* (Ugarov et Nikolski) 分布广、数量多、为害重,是新疆棉花上的优势种群,其寄主达 25 科 150 余种植物,可为害果树、蔬菜和多种农作物(鲁苏玲和罗明, 1990),国外主要分布于俄罗斯、哈萨克斯坦、美国和中东等地(Hill and Donnell, 1991),国内仅分布于新疆维吾尔自治区,其它省尚未见报道(王旭疆等, 1999)。该螨为害棉花时主要集中在棉株叶片背面吸取汁液,造成棉株红叶,为害严重时造成叶片脱落,生长受到抑制,也可为害棉花的嫩枝、嫩茎、花萼、果柄及幼嫩的蕾铃等部位,引起蕾铃大量脱落。截形叶螨 [*Tetranychus truncate* (Ehara)] 是棉花、玉米、大豆、黄瓜、菜豆、茄子等农作物的重要害螨(孟瑞霞等, 2008)。该螨刺吸植株叶片,产生针头大小的退绿斑块,严重时使整个叶片发黄、皱缩,直至干枯脱落,造成减产、绝收。20 世纪 80 年代以来,随着玉米、小麦种植面积扩大和干旱天气的影响,该螨日益严重,由原来的次要害虫上升为北方玉米生产的重要害虫,在内蒙古、甘肃、新疆、陕西等地都有关于该螨严重危害的报道(张桂芬等, 1989)。近年来,随着新疆玉米种植面积不断扩大,该螨已成为限制新疆玉米增产的主要原因之一(郭文超等, 2001; 庞保平等, 2004)。

加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* (McGregor) 属蜱螨亚纲 Acari 植绥螨科新小绥螨属 *Neoseiulus*, 广泛分布于美国、日本、阿根廷、智利、南非及欧洲南部,在自然界中栖息于玉米、葡萄、鳄梨、柑橘、木薯、草莓、蔬菜等植物上(Fraulo and Liburd, 2007;

Kustutan *et al.*, 2009)。研究表明它能有效控制上述作物上的红蜘蛛或蓟马等害虫(Hasan *et al.*, 2009)。由于该螨能忍受高温和低湿条件(张艳璇等, 2012),并且对杀虫剂具有一定的抗药性,在国外已被开发为天敌商品,用于二斑叶螨 *Tetranychus urticae* (Koch)、苹果全爪螨 *Panonychus ulmi* (Koch)、印度雷须螨 *Raoiella indica*、柑桔全爪螨 *Panonychus citri* (McGregor)、侧多食跗线螨 *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) 等害螨的生物防治(Katayama *et al.*, 2006; Kishimoto and Teshiba, 2007; Monteiro *et al.*, 2008)。2009 年福建省农业科学院植物保护研究所自欧洲引进了该螨,并测定以截形叶螨为食时加州新小绥螨的生命表(张艳璇等, 2012)。2010 年,覃贵勇在四川省成都地区牵牛花上发现该螨,并研究了该螨对柑橘全爪螨的控制潜力(覃贵勇等, 2013)。然而,有关加州新小绥螨以土耳其斯坦叶螨为食种群生命表构建的研究国内未见报道。

新疆特有的高温干旱气候,既适合棉花的生长,也为害螨的发生猖獗提供条件。目前市面上商品化的捕食螨很多,但是都很难防治旱作物上的农业害螨。加州新小绥螨能够适应 25%~90% 的湿度范围,通过利用其对湿度的敏感性所引起的种内变异,已筛选出适用于干旱环境的加州新小绥螨耐旱品系(Walzer *et al.*, 2007; Palevsky *et al.*, 2008)。本研究以土耳其斯坦叶螨和截形叶螨为猎物,建立了加州新小绥螨实验种群生命表,以期控制两种害螨的生物防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

加州新小绥螨: 在石河子大学昆虫生态实验室以土耳其斯坦叶螨为食料进行繁殖。土耳其斯坦叶螨和截形叶螨: 引自昆虫生理实验室的敏感品系, 在实验室内用盆栽豇豆苗繁殖。RXZ-270B 智能型人工气候箱, 宁波东南仪器厂。

饲养小室设置: 饲养小室为自行设计, 由1层边长为4 cm 的正方形的亚克力板及2层玻璃板构成, 上下层为玻璃盖子厚3 mm, 中层为亚克力板, 在中间打直径1.5 cm 的孔, 在底层和中层之间覆以长直径2 cm 叶片于中层孔中央, 最后盖上顶层盖子, 用两个规格为19 mm 的彩色长尾票夹将三层夹住, 防止螨逃逸。

1.2 方法

在上述饲养小室用小号毛笔挑入1粒加州新小绥螨的卵, 置于 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, RH 65%人工气候箱, 每个处理30个重复, 每天早上8:00和晚上20:00各观察一次, 记录加州新小绥螨的发育情况, 孵化后挑入足够的土耳其斯坦叶螨和截形叶螨饲喂, 成螨后引入雄螨交配。记录各个发育阶段的时间及每日的产卵量, 存活情况等。

1.3 计算方法

实验种群生命表参数测定(南京农学院, 1985)如下:

净增殖率 $R_0 = \sum (l_x \cdot m_x)$; 种群世代平均周期 $T = \sum (l_x \cdot m_x \cdot x) / \sum (l_x \cdot m_x)$; 内禀增长率 $r_m = (\ln R_0) / T$; 周限增长率 $K = e^{r_m}$; 种群倍增时间 $t = (\ln 2) / r_m$ 。x: 按天划分

的单位时间间距; l_x : 在x期内雌成螨的存活率; m_x : 在x期内平均每头雌成螨产下的雌性后代数; e: 自然常数。采用Duncan's 新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 取食土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的加州新小绥螨发育历期参数

从表1可以看出, 以土耳其斯坦叶螨为食加州新小绥螨的卵、幼螨、前若螨和后若螨的发育历期分别为 (2.11 ± 0.18) 、 (0.76 ± 0.04) 、 (1.45 ± 0.03) 、 (1.66 ± 0.08) d, 而以截形叶螨为食时分别为 (1.77 ± 0.10) 、 (0.93 ± 0.14) 、 (1.04 ± 0.13) 、 (1.41 ± 0.09) d。以土耳其斯坦叶螨为食时加州新小绥螨的卵、前若螨、后若螨及世代显著高于以截形叶螨为食($P < 0.05$), 说明以截形叶螨为食有利于加州新小绥螨的发育。

2.2 取食土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的加州新小绥螨生殖参数

表2可知, 以土耳其斯坦叶螨为食时加州新小绥螨的产卵期、日均产卵量、雌成螨的寿命及总的产卵量分别为 (20.5 ± 1.63) d、 (2.23 ± 0.09) 粒、 (8.43 ± 1.67) d、 (40.98 ± 2.84) 粒, 而以截形叶螨为食时分别为 (24.4 ± 2.30) d、 (1.78 ± 0.60) 粒、 (30.3 ± 2.26) d 和 (40.51 ± 3.28) 粒。可以看出, 取食土耳其斯坦叶螨的加州新小绥螨的日均产卵量明显较高, 但其总的产卵量却相差不大, 说明以土耳其斯坦叶螨为食更有利于加州新小绥螨后代的繁殖。

2.3 取食不同猎物的加州新小绥螨种群生命表

参数

表 3 可知, 以土耳其斯坦叶螨为食时加州新小绥螨种群的净增值率 R_0 和内禀增长率 r_m 分别为 33.236 和 0.218, 均大于以截形叶螨为食

($R_0=32.485$, $r_m=0.207$), 而世代平均周期 ($T=16.340$) 却小于以截形叶螨为食时 ($T=16.849$), 说明以土耳其斯坦叶螨为食有利于加州新小绥螨种群的发育和繁殖。

表 1 加州新小绥螨取食土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的发育历期

Table 1 The development duration of *Neoseiulus californicus* reared on *Tetranychus turkestanii* and *Tetranychus truncate*

参数 Parameters	取食土耳其斯坦叶螨 Fed on <i>T. turkestanii</i>	取食截形叶螨 Fed on <i>T. truncate</i>
卵期 Egg(d)	2.11±0.18a	1.77±0.11b
幼螨期 Larva(d)	0.76±0.04a	0.93±0.14a
前若螨期 Protonymph(d)	1.45±0.03a	1.04±0.13b
后若螨期 Deutonymph(d)	1.66±0.08a	1.41±0.09b
世代 Generation time(d)	5.48±0.16a	5.09±0.01b
成螨期 Adult(d)	22.96±1.68a	25.25±2.28a

表中数据为平均数±标准误。不同小写字母表示两者差异显著 $P<0.05$ (Duncan 氏新复极差法)。下表同。

The data in the table are mean±SE, and followed by the different lowercase letters indicate significantly different between two mites at 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same below.

表 2 加州新小绥螨取食土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的生殖参数

Table 2 The reproductive parameters of *Neoseiulus californicus* reared on *Tetranychus turkestanii* and *Tetranychus truncate*

参数 Parameters	取食土耳其斯坦叶螨 Fed on <i>T. turkestanii</i>	取食截形叶螨 Fed on <i>T. truncate</i>
产卵前期 Pre-oviposition(d)	2.45±0.05a	2.66±0.18b
产卵期 Post-oviposition(d)	20.5±1.63a	24.4±2.30b
日均产卵量 Egg/adult/d	2.23±0.09a	1.78±0.60b
雌成螨寿命 Adult longevity(d)	28.43±1.67a	30.3±2.26a
总产卵量 (粒) Total eggs	40.98±2.84a	40.51±3.28a

表 3 以土耳其斯坦叶螨和截形叶螨为食时加州新小绥螨的种群生命表参数

Table 3 The life table parameters of *Neoseiulus californicus* reared on *Tetranychus turkestanii* and *Tetranychus truncate*

参数 Parameters	取食土耳其斯坦叶螨 Fed on <i>T. turkestanii</i>	取食截形叶螨 Fed on <i>T. truncate</i>
净增值率 Net reproductive rate(R_0)	33.236	32.485
世代平均周期 generation time(T)	16.340	16.849

内禀增长力 Intrinsic rate of increase(r_m)	0.218	0.207
种群加倍时间 Population double time(t)	3.173	3.355
周限增长率 Finite rate of increase(λ)	1.244	1.229

2.4 取食不同猎物时的加州新小绥螨存活率和平均产雌数曲线

从图1、图2可以看出,以土耳其斯坦叶螨为食时加州新小绥螨在第10天达到产卵高峰为2.77粒/雌/d,而以截形叶螨为食时在第21天达到产卵高峰为2.35粒/雌/d,日均产雌数以土耳其斯坦叶螨为食高于以截形叶螨为食;土耳其斯坦叶螨为食时前期产雌数相对较高,随后逐渐减少,截形叶螨为食日均产雌数则相对平稳,但其寿命相对较长达35d左右。

3 讨论

建立害螨及害螨天敌生命表,通过比较天敌和害螨的生命表参数,能够客观地评价天敌的控制作用,为生物防治中高效利用天敌提供参考(洪晓月,2012)。本文以对新疆农作物

危害最为严重的两种害螨为猎物,构建加州新小绥螨的实验种群生命表,发现以土耳其斯坦叶螨为食时产雌率为2.33粒/雌/d,高于以截形叶螨为食(1.78粒/雌/d),整个发育历期为5.48d,高于截形叶螨为食时(5.09d)。

r_m 值决定于种群的生殖能力、寿命和发育速度,是种群增殖能力的一个综合指标(徐汝梅,1990)。将本实验获得加州新小绥螨生命表参数与土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的相比较(表4)可知,以土耳其斯坦叶螨为食加州新小绥螨世代平均周期 T (16.340)和种群倍增时间 t (3.173)均小于土耳其斯坦叶螨($T=18.614$, $t=3.191$),表明加州新小绥螨具有控制土耳其斯坦叶螨的潜力。而由表4可知以截形叶螨为食加州新小绥螨内禀增长率 r_m (0.208)小于截形叶螨 r_m

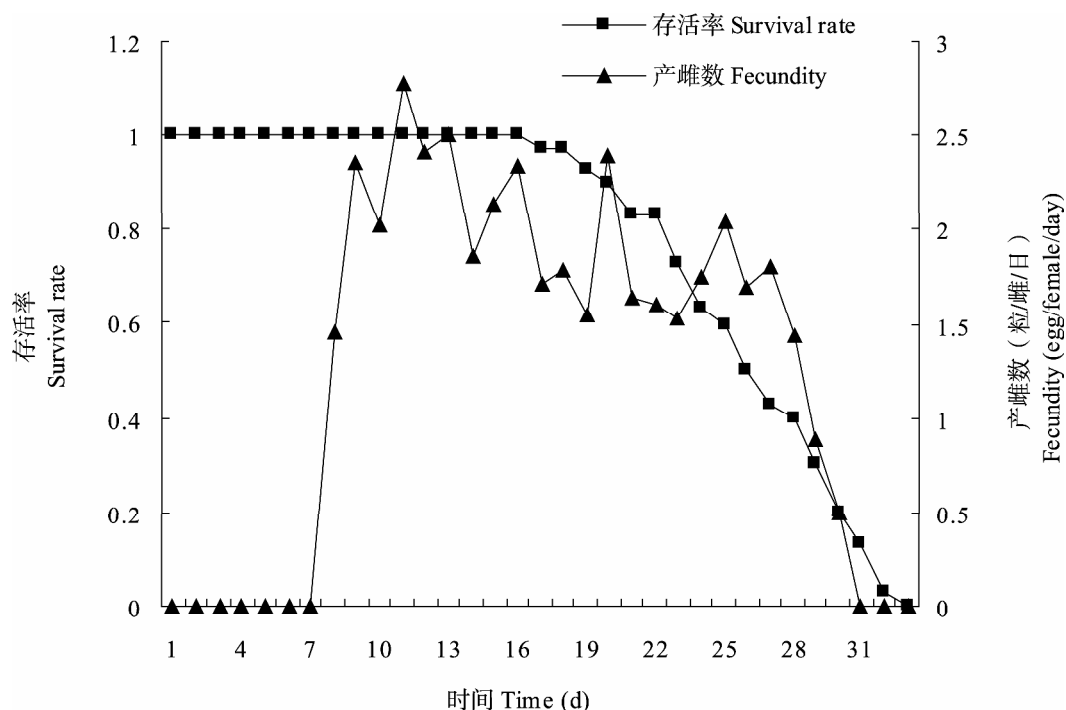


图 1 加州新小绥螨取食土耳其斯坦叶螨的存活率和产雌数

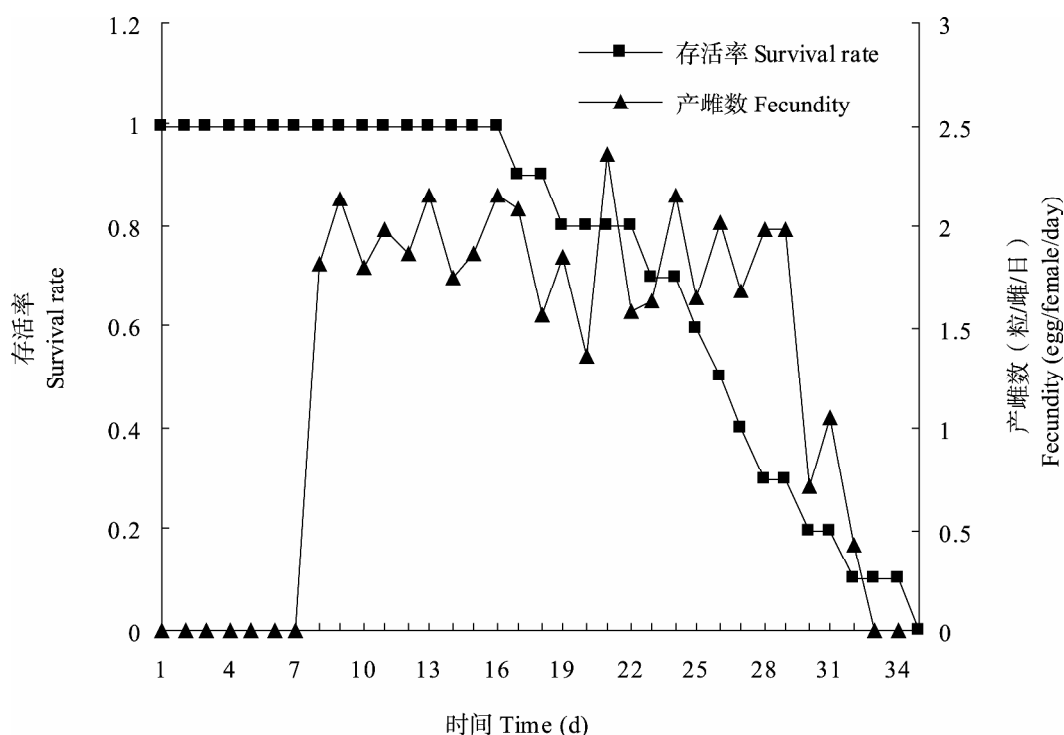
Fig. 1 The survival rate and fecundity of *Neoseiulus californicus* reared on *Tetranychus turkestanii*

图 2 加州新小绥螨取食截形叶螨的存活率和产雌数

Fig. 2 The survival rate and fecundity of *Neoseiulus californicus* reared on *Tetranychus truncate*

表 4 加州新小绥螨及其猎物生命表参数

Table 4 The life table parameters of *Neoseiulus californicus* and its preys

参数 Parameters	净增殖率 R_0	世代生长 周期 T	内禀 增长率 r_m	种群倍增 时间 t	周限 增长率 λ	温度 ($^{\circ}\text{C}$) Temperature	来源 Source
取食土耳其斯坦叶螨 Fed on <i>T. turkestanii</i>	33.236	16.340	0.218	3.173	1.244	25 ± 1	本实验 Present study
土耳其斯坦叶螨 <i>T. turkestanii</i>	57.031	18.614	0.217	3.191	1.243	25 ± 1	张艳璇等, 2006
取食截形叶螨 Fed on <i>T. truncate</i>	32.485	16.849	0.207	3.355	1.229	25 ± 1	本实验 Present study
截形叶螨 <i>T. truncate</i>	34.559	15.141	0.234	2.962	1.264	25 ± 1	袁辉霞等, 2008

(0.234)；世代平均周期 T 和种群倍增时间 t 均大于截形叶螨，表明加州新小绥螨对截形叶螨的控制效果相对较差。

食物和环境对加州新小绥螨的发育历期有较大的影响，本实验中以截形叶螨为食时加州新小绥螨的发育历期为 5.09 d，张艳璇等

(2012) 同样以截形叶螨为食其发育历期雌 7.85 d 和雄 6.00 d, 后者的湿度相对较高; 研究发现, 当加州新小绥螨以烟蓟马 *Thrips tabaci* Lindeman 为猎物, 平均日产卵量可达 2.42 粒/d, 且卵的孵化率可达 90%, 但仅有 16% 的幼螨发育至成螨, 内禀增长率仅为 0.041

(Messelink *et al.*, 2008; Hasan *et al.*, 2009), 这表明烟蓟马提供的营养能满足加州新小绥螨的繁殖, 但不能完全满足其发育。本次实验以土耳其斯坦叶螨和截形叶螨为食, 加州新小绥螨的内禀增长率相对以蓟马为食高出许多, 可见以土耳其斯坦叶螨和截形叶螨为食更有利于加州新小绥螨繁殖和发育。

作为新疆棉田的两大害螨, 土耳其斯坦叶螨和截形叶螨与其它棉叶螨经常混合在一起存在, 形成害螨的混合体, 有研究表明, 西花蓟马和温室白粉虱的表现竞争, 能显著提高斯氏钝绥螨对温室白粉虱的控制, 这归因于混合猎物提高了斯氏小盲绥螨的存活率和发育速度

(Messelink *et al.*, 2008; Hasan *et al.*, 2009), 而我们研究发现以截形叶螨为食有利于加州新小绥螨的发育(世代 5.09 d) 和存活时间(35 d), 而以土耳其斯坦叶螨为食时有利于加州新小绥螨的种群增长($r_m=0.218$), 那么当两者共同存在时, 是否能够提高加州新小绥螨的发育历期和种群繁殖的速度, 进而提高加州新小绥螨对两种害螨的控制能力, 有待进一步的研究, 以便更好地利用天敌控制害螨。

参考文献 (References)

- Fraulo AB, Liburd OE, 2007. Biological control of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, with predatory mite, *Neoseiulus californicus*, in strawberries. *Exp. Appl. Acarol.*, 43: 109–119.
- Hasan R, Yaghouf F, Karim K, 2009. Life history and population growth parameters of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in laboratory conditions. *Syst. Appl. Acarol.*, 14: 91–100.
- Hill RL, Donnell DJ, 1991. Reproductive isolation between *Tetranychus linterius* and two related mites, *T. urticae* and *T. turkestanii* (Acariina: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.*, (11): 241–251.
- Katayama H, Masu S, Tsuchiya M, Tatara A, Doi M, Kaneko S, Saito T, 2006. Density suppression of the citrus red mite *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) due to the occurrence of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) on Satsuma mandarin. *Appl. Entomol. Zool.*, 41(4): 679–684.
- Kishimoto H, Teshiba M, 2007. Occurrence of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) on citrus in Kyushu district, Japan. *Journal of the Acarological Society of Japan*, 16 (2): 129–137.
- Kustutan O, Cakmak I, 2009. Development, fecundity, and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (McGregor) fed *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33: 19–28.
- Messelink GJ, Van Maanen R, Sebastiaan EF, Van steenpaal, Janssen A, 2008. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one. *Biol. Control*, 44 (3): 372–379.
- Monteiro LB, Doll A, Boeing LF, 2008. Effect of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) density on the control of red mite in apple trees. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(4): 902–906.
- Palevsky E, Walzer A, Gal S, Schausberger P, 2008. Evaluation of dry-adapted strains of the predatory mite *Neoseiulus californicus* for spider mite control on cucumber, strawberry and pepper. *Exp. Appl. Acarol.*, 45(1/2): 15–27.
- Walzer A, Castagnoli M, Simoni S, Liguori M, Palevsky E, Schausberger P, 2007. Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: Survival, development and reproduction. *Biol. Control*, 41(1): 42–52.
- 郭文超, 许建军, 吐尔逊, 何江, 2001. 新疆玉米害螨种类分布及危害的研究. *新疆农业科学*, 38(4): 198–201. [GUO WC, XU JJ, YE EX, HE J, 2001. Study on the distribution and damage status of the species of corn mite in Xinjiang area, *Xinjiang Agricultural Sciences*, 38(4): 198–201.]
- 洪晓月, 2012. 农业螨类学. 北京: 中国农业出版社 123–125.
- 鲁苏玲, 罗明, 1990. 新疆蔬菜害螨种类调查初报. *新疆农业科*

- 学, 32(2): 25–27. [LU SL, LUO M, 1990. The early survey report of the spider mites species of vegetables in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 32(2): 25-27.]
- 孟瑞霞, 刘家骥, 黄俊霞, 冯淑军, 伊卫东, 2008. 温度对玉米截形叶螨实验种群繁殖的影响. 内蒙古农业大学学报, 29(1): 32–35. [MENG RX, LIU JX, HUANG JX, FENG SJ, MENG HW, 2008. Effect of temperature on fecundity of experimental population of *tetranychus truncatus* ehara on corn (acarina, tetranychidae). *Journal of Inner Mongolia Agricultural University*, 29(1): 32-35]
- 南京农学院, 1985. 昆虫生态及预测预报. 北京: 农业出版社 188–191.
- 庞保平, 周晓榕, 史丽, 穆洪波, 2004. 不同寄主植物对截形叶螨生长发育及繁殖的影响. 昆虫学报, 47(1): 55–58. [PANG BP, ZHOU XR, SHI L, MU HB, 2014. Performance of *Tetranychus truncatus* Ehara (Acarina: Tetranychidae) reared with different host plants. *Acta Entomologica Sinica*, 47(1): 55-58.]
- 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): 151–154. [Qin GY, LI Q, Yang QF, Wang HJ, JIANG CX, 2013. Potential of predacious mite *Neoseiulus californicus* in controlling citrus red mite *Panonychus citri*. *ACTA PHYTOPHYLACICA SINICA*, 40(2): 151-154]
- 王旭疆, 袁丽萍, 王永卫, 1999. 土耳其斯坦叶螨的生物学特性及其综合防治. 蛛形学报, 8(1): 16–19. [WANG XJ, YUAN LP, WANG YW, 1990. The biological characteristics and control of *Tetranychus truncatus* ehara and *Tetranychus turkestanii* Ugarovet Nikolski, *Acta Arachnologica Sinica*, 8(1): 16-19.]
- 徐汝梅, 1990. 昆虫种群生态学(第二版). 北京: 北京师范大学出版社 61–84.
- 袁辉霞, 张建萍, 杨孝辉, 冯晓慧, 李庆, 2008. 土耳其斯坦叶螨和截形叶螨生殖力比较. 蛛形学报, 17(1): 35–38. [YUAN HX, ZHANG JP, YANG XH, FENG XH, LI Q, 2008. The reproduction of *tetranychus truncatus* ehara and *Tetranychus turkestanii* Ugarovet, *Acta Arachnologica Sinica*, 17(1): 35-38.]
- 张桂芬, 申效诚, 孔健, 王克荣, 1989. 玉米叶螨的发生危害与防治指标. 植物保护学报, 15(4): 11–13. [ZHANG GF, SHEN XC, KONG J, WANG KR, 1989. The damage and control index of corn mites. *ACTA PHYTOPHYLACICA SINICA*, 15(4): 11-13.]
- 张艳璇, 季洁, 王福堂, 陈霞, 陈芳, 2006. 土耳其斯坦叶螨的生殖潜能. 植物保护学报, 33(4): 80–83. [ZHANG YX, JI J, WANG FT, CHEN X, CHEN F, 2006. The fecundity potential of *Tetranychus turkestanii* Ugarovet Nikolski (Acari: Tetranychidae). *ACTA PHYTOPHYLACICA SINICA*, 33(4): 80-83.]
- 张艳璇, 季洁, 陈霞, 林坚贞, 陈蓓蕾, 2012. 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. [ZHANG YX, JI J, CHEN X, LIN JZ, CHEN BL, 2012. 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]