

光照时间对双尾新小绥螨生长发育及种群参数的影响*

张燕南** 李永涛 蒋珏瑛琪 苏杰 郭丹丹 张建萍***

(石河子大学农学院, 石河子 832000)

摘要 【目的】 为了进一步明确光照时间对双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* Wainstein 生长发育的影响。【方法】 在实验室恒温条件下, 采用生命表研究方法, 研究在不同光照时间下, 双尾新小绥螨捕食土耳其斯坦叶螨的生长发育情况。【结果】 双尾新小绥螨在不同光照时间段下均能完成世代周期。在光照时数小于 12 h 时, 从卵发育至成螨的各个发育阶段所需时间均呈缩短趋势, 当光照时数大于 16 h 后各个发育阶段所需的时间又呈增长趋势。产卵期在 12L : 12D 光照时数下最长为 20.74 d, 且同其他光照条件均存在显著性差异 ($P < 0.05$)。产卵后期、寿命、总产卵量均表现在 16L : 8D 光照时数下最长, 分别为 11.93 d、31.05 d 和 42.4 粒。双尾新小绥螨种群的净增值率 (R_0) 在 16L : 8D 时达到最大值 33.88, 在 8L : 16D 时最低为 14.97。【结论】 光照时间在 12~16 h 范围内最适合双尾新小绥螨生长发育。

关键词 光照, 捕食螨, 害螨, 发育历期, 生命参数

Effects of different photoperiods on the development and population parameters of *Neoseiulus bicaudus* Wainstein

ZHANG Yan-Nan** LI Yong-Tao JIANG Jue-Ying-Qi SU Jie GUO Dan-Dan ZHANG Jian-Ping***

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

Abstract [Objectives] To study the development and reproduction of *N. bicaudus*. [Methods] The effects of different photoperiods on the development and reproduction of *N. bicaudus* feeding on *T. turkestanii*, were measured and compared. [Results] *N. bicaudus* successfully completed its development under all five photoperiods. Developmental duration decreased under photoperiods < 12 h, but increased under photoperiods > 16 h. The oviposition period (20.74 d) was significantly longer under a photoperiod of 12 h ($P < 0.05$). The post-oviposition period, life span and total fecundity were longest under a photoperiod of 16L : 8D (11.93 d, 31.05 d and 42.4 eggs/female, respectively). Photoperiod had no significant effect on the offspring sex ratio. The net reproductive rate (R_0) was highest (33.88) under a photoperiod of 16L : 8D, and shortest (14.97) under one of 8L : 16D. [Conclusion] The optimum photoperiod for the development and reproduction of *N. bicaudus* preying on *T. turkestanii* are between 12 and 16 h.

Key words photoperiods, predatory mites, spider mite, development, life parameters

随着人类对农业“3R”问题的关注以及害虫对各类农产品抗药性的日益加剧, 生物防治在研究领域成为一个焦点。捕食螨在大田和温室具有很好抑制害虫的能力, 因此它在全世界成为防治

害虫的生物体 (Buitenhuis *et al.*, 2015) 之一。捕食螨可捕食多种微小昆虫, 其中包括害螨、蓟马及烟粉虱等 (徐学农, 2013)。

植绥螨科是捕食螨类重要的部分, 全世界植

* 资助项目 Supported projects : 兵团杰出青年基金 (2014CD004); 公益性行业 (农业) 专项 (201103020); 国家棉花产业技术体系西北棉区病虫害综合防控 (CARS-18)

**第一作者 First author, E-mail : 1074379346@qq.com

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

收稿日期 Received : 2016-01-04, 接受日期 Accepted : 2016-01-19

绥螨科已知种约为 2 250 种,新小绥螨属和钝绥螨属是植绥螨科中种类较多的属,全世界已记录了有 1 000 多种,而在中国已记录有 150 多种(肖顺根, 2010)。我国地域广阔,新小绥螨资源丰富,自 1974 年以来,许多学者对国内新小绥螨资源进行广泛而系统的调查,发现了多种有利用价值的种类。肖顺根(2010)对国内植绥螨科作了全面的记述,共报道 16 属,279 种。

双尾新小绥螨属于植绥螨科(Phytoseiidae),新小绥螨属(*Neoseiulus* Hughes),是新疆近年发现的新纪录捕食螨,其对土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* Ugarov et Nikolski、截形叶螨 *Tetranychus truncates* Ehara、葱蓟马 *Thrips tabaci* 均有很好的捕食作用。Wang 等(2015)对新疆新纪录的双尾新小绥螨 *Neoseiulus bicaudus* Wainstein 进行了描述;王振辉等(2015)和 Li 等(2015)对双尾新小绥螨进行形态特征描述并对害螨的捕食作用以及温度对其生长发育做了相关研究。

土耳其斯坦叶螨 *Tetranychus turkestanii* (Ugarov et Nikolskii) 隶属于叶螨科(Tetranychidae),叶螨属(*Tetranychus*)(袁辉霞等,2008)。国外分布于俄罗斯、哈萨克斯坦、美国和中东等地,国内分布在新疆,其他地区未见报道。该螨可危害 25 科 150 余种植物,在棉花、玉米、豆类等作物上发生最为严重(杨帅等,2013;刘敏等,2015)。在新疆普遍发生,为新疆北部棉田的优势种群(Guo et al., 2013; Li et al., 2014; 王振辉等,2015)。

光照在昆虫及螨类的生活周期中发挥着极其重要的作用,大多数昆虫及螨类的发育和繁殖以及是否滞育都与光照有着直接关系(李迎洁等,2012)。对于节肢动物,光周期是诱导其滞育的一个主要因素(吴千红和丁兆荣,1985;卢芙蓉等,2013)。新小绥螨的发育过程一般经历卵、幼螨、前若螨、后若螨和成螨 5 个发育时期,新小绥螨同其他昆虫一样,生长发育受食物、光照、温度和湿度等因素影响。

前期研究了该捕食螨的形态学、生活习性、捕食功能以及温度对其影响,为了扩大生产和饲

养以及大田释放,除了掌握该捕食螨生物学习性,还必须掌握环境因子对其影响。本研究探讨了光照时数对双尾新小绥螨生长发育及繁殖的影响,旨在探讨研究出适合双尾新小绥螨最适的光照时数,最后在生物防治中,为双尾新小绥螨的大量繁殖及大田释放提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试螨源

1.1.1 供试土耳其斯坦叶螨 供试土耳其斯坦叶螨采自石河子大学农学院试验站,采回后在实验室用盆栽豇豆苗在 EYELA FLI-2000H 型号光照培养箱内(饲养条件:温度(28±1)℃,相对湿度 60%,光周期 16L:8D)饲养 20 代以上,建立试验敏感种群。

1.1.2 供试新小绥螨 供试新小绥螨采自新疆维吾尔自治区伊犁地区,并在实验室用土耳其斯坦叶螨在 EYELA FLI-2000H 型号光照培养箱内(饲养条件:温度(26±1)℃,相对湿度 60%,光周期 16L:8D)饲养,建立试验种群。

1.2 实验方法

将清洁的豇豆叶片按照小室规格(3 cm×2 cm×0.5 cm)用手术刀切成块状,把滤纸条(用于叶片保鲜)放在叶片下,然后分别在小室的上面和滤纸的下面用玻璃片封盖,最后用夹子将其夹紧防止土耳其斯坦叶螨和双尾新小绥螨逃逸(Xu and Annie, 2009)。之后用小号毛笔挑入已受精的新小绥螨雌成虫一头和 10 头的土耳其斯坦叶螨成螨于 26℃,RH 为 60%±5%,光周期为 4L:20D、8L:16D、12L:12D、16L:8D、20L:4D 的人工气候箱中产卵 24 h,将双尾新小绥螨雌成螨剔除,每小室留 1 粒卵,供饲养观察。每 12 h 观察一次,在发育到若螨之前,不更换叶片,发育到若螨之后,每天换一次叶片,并及时补充叶螨,记录各虫态发育历期情况。双尾新小绥螨进入成虫时,雌雄配对饲养,开始产卵后,每天记录产卵量,并根据不同光照条件下土耳其斯坦叶螨和新小绥螨的活动能力定期更换新小室,直至成螨死亡。

1.3 统计方法

试验种群各生命表生命参数测定如下：

净生殖率 $R_0 = \sum l_x m_x$ ；

种群一个世代的时间值 $T = \sum x l_x m_x / \sum l_x m_x$ ；

内禀增长率 $r_m = \ln R_0 / T$ ；

周限增长率 $\lambda = e^{r_m}$ ；

种群增倍时间 $t = \ln 2 / r_m$ 。

x 为按天划分的单位时间间隔； l_x 为在 x 期内双尾新小绥螨雌成螨的存活率； m_x 为在 x 期内存活的每一个双尾新小绥螨雌螨所产生的雌性后代数； e 为自然常数 (McMurtry and Scriven, 1964)。实验数据用 SPSS18.0 软件处理，后用 Origin7.5 进行分析做图。

2 结果与分析

2.1 不同光照时数对双尾新小绥螨未成熟期发育历期的影响

从卵发育至成螨的发育历期观察结果表明，双尾新小绥螨在光照时数小于 12 h 时，各个发育阶段随着光照时间增加，所需时间均缩短；当光照时数大于 16 h 后，各个发育阶段所需时间又随着光照时数增加而增加。在试验光周期范围内，卵、幼螨、前若螨、后若螨的发育历期分别为 1.61~1.85 d、0.55~0.79 d、1.66~1.74 d、1.51~1.91 d，分别相差 0.24、0.24、0.08、0.40 d。从卵到成螨的整个发育历期表明，双尾新小绥螨在光周期为 12L 12D 的条件下所需时间最短，

为 5.58 d，而在 4L 20D 的光周期条件下所需时间最长，为 6.25 d (表 1)。

2.2 光照时数对双尾新小绥螨雌成螨生长发育的影响

双尾新小绥螨在不同光照时数下，产卵前期均不存在显著性差异。产卵期在 12L 12D 的光照时数下最长为 20.74 d，且与其他光照条件均存在显著性差异 ($P < 0.05$)，而在 8L 16D 的光照时数下最短为 12.05 d，与 4L 20D 光照时数没有显著性差异。产卵后期、寿命、总产卵量均表现在 16L 8D 的光照时数下最长，分别为 11.93 d、31.05 d 和 42.4 粒，其中产卵后期和寿命在 4L 20D 光照时数下表现最短，分别为 4.2 d 和 19.6 d，而总产卵量在 8L 16D 的光照时数下最小为 24 粒。产卵后期在不同光照时数下差异均显著 ($P < 0.05$)。寿命在 12 h 和 16 h 差异不显著，而在低于 12 h 后差异也不显著，而在 20L 4D 条件下与其他光照时数差异显著 ($P < 0.05$)。总产卵量在 12 h 和 16 h 光照时数下差异不显著，而与其他光照时数差异显著。

2.3 光照时数对双尾新小绥螨繁殖力的影响

单雌日产卵量和日产雌数在 16L : 8D 条件下和其它光照时数差异均显著 ($P < 0.05$)。单雌日产卵量和日产雌数在 16L : 8D 条件下最大，分别为 2.6 粒和 1.7 头，而在 20L : 4D 时最小，分别为 1.8 粒和 1.3 头。光照时间对雌雄比影响

表 1 不同光周期对双尾新小绥螨未成熟期发育历期的影响

Table 1 Development time (days) of immature *Neoseiulus bicaudus* at different photoperiods

光周期 Photoperiods	卵期 (d) Egg	幼螨期 (d) Larva	前若螨期 (d) Protonymph	后若螨期 (d) Deutonymph	卵到成螨历期 (d) Generation
4 : 20	1.85±0.04 a	0.79±0.05 a	1.71±0.53 a	1.91±0.07 a	6.25±0.12 a
8 : 16	1.73±0.05 ab	0.55±0.02 b	1.70±0.60 a	1.81±0.06 ab	5.79±0.11 bc
12 : 12	1.61±0.05 b	0.77±0.04 a	1.69±0.56 a	1.51±0.05 c	5.58±0.10 c
16 : 8	1.65±0.03 b	0.62±0.02 b	1.66±0.03 a	1.72±0.03 b	5.65±0.06 c
20 : 4	1.71±0.05 b	0.76±0.05 a	1.74±0.60 a	1.81±0.06 ab	6.02±0.09 ab

表中数字为平均值±标准差；同一列数据后标有不同字母者表示经 Duncan 氏检验差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

Data in the table are mean±SD, and followed by different letters in the same column are significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same below.

表 2 光照时数对双尾新小绥螨雌成螨生长发育的影响
Table 2 Development time (d) of adult *Neoseiulus bicaudus* at different photoperiods

光周期 Photoperiods	产卵前期 (d) Pre-oviposition	产卵期 (d) Oviposition	产卵后期 (d) Post-oviposition	寿命 (d) Life span	雌 雄 Female male
4 : 20	2.28±0.06 a	13.17±0.60 c	4.21±0.51 c	19.62±0.93 c	0.69
8 : 16	2.56±0.13 a	12.05±0.65 c	5.26±0.72 bc	19.86±1.03 c	0.71
12 : 12	2.44±0.13 a	20.74±0.93 a	6.74±1.05 bc	29.91±1.34 a	0.68
16 : 8	2.52±0.44 a	16.60±0.77 b	11.93±1.47 b	31.05±1.66 a	0.66
20 : 4	2.62±0.22 a	16.21±0.92 b	6.41±0.98 a	25.24±1.32 b	0.72

不大, 在 20L : 4D 条件下最大为 0.72, 在 16L : 8D 条件下最小为 0.66。

2.4 光照时数对双尾新小绥螨种群生命参数的影响

从表 4 可以看出, 双尾新小绥螨的净增值率 (R_0) 在 16L : 8D 时达到最大值为 33.88, 12L : 12D 时次之, 为 25.22, 在 8L : 16D 时最低为 14.97, 并且在 16L : 8D 时和其他光照时数存在显著性差异 ($P < 0.05$)。内禀增长率 (r_m)、周限增长率 (λ) 在 8L : 16D 时最大, 分别为 0.34 和

1.41, 4L : 20D 时次之, 分别为 0.32 和 1.38, 16L : 8D 时最小, 分别为 0.26 和 1.29, 且在 16L : 8D 和 12L : 12D 时均不存在显著性差异; 世代生长周期 (T) 在 16L : 8D 时达到最大值为 13.59 d, 在 8L : 16D 最小值为 7.92 d。种群加倍时间 (t) 在 16L : 8D 时最大值为 2.67 d, 12L : 12D 次之, 为 2.61 d, 8L : 16D 最小为 2.04 d。

2.5 双尾新小绥螨试验种群的存活率和平均产雌数

根据不同光照时间上特定时间实验种群生

表 3 光照时数对双尾新小绥螨繁殖力的影响
Table 3 Fecundity of *Neoseiulus bicaudus* at different photoperiods

光周期 Photoperiods	单雌日产卵量 (粒/d) Daily fecundity (eggs/day/female)	日产雌数 (头/d) Daily female fecundity (female eggs/day/female)	总产卵量 (粒) Total oviposition (eggs/female)
4 : 20	1.99±0.16 b	1.38±0.11 b	25.97±1.63 b
8 : 16	1.98±0.10 b	1.41±0.07 b	24.88±1.50 b
12 : 12	1.94±0.09 b	1.33±0.06 b	39.15±2.14 a
16 : 8	2.55±0.10 a	1.69±0.06 a	42.40±2.36 a
20 : 4	1.80±0.09 b	1.30±0.06 b	29.62±2.29 b

表 4 光照对双尾新小绥螨种群生命参数的影响
Table 4 Life table parameters of *Neoseiulus bicaudus* at different photoperiods

光周期 Photoperiods	净增值率 R_0 Net reproductive rate	世代生长周期 T Mean generation time (d)	内禀增长率 r_m Intrinsic rate of natural increase	种群加倍时间 t Doubling time for population (d)	周限增长率 λ Finite rate of increase
4 : 20	15.40±1.20 c	8.81±1.29 b	0.32±0.03 ab	2.23±0.27 ab	1.38±0.05 ab
8 : 16	14.97±1.10 c	7.92±0.24 b	0.34±0.02 a	2.04±0.10 b	1.41±0.02 a
12 : 12	25.22±2.01 b	12.14±0.29 a	0.27±0.01 b	2.61±0.06 a	1.30±0.01 b
16 : 08	33.88±2.63 a	13.59±0.77 a	0.26±0.01 b	2.67±0.10 a	1.29±0.01 b
20 : 04	20.16±0.53 bc	9.60±0.33 b	0.31±0.01 ab	2.22±0.09 ab	1.37±0.02 ab

命表的数据，以时间 (d) 为横轴，以双尾新小
 绥螨种群存活率和平均产雌数为纵轴，绘制双尾
 新小绥螨在不同光照时间上的存活率和平均产
 雌数曲线 (图 1)。双尾新小绥螨的存活曲线均
 呈 I 型。存活率 (l_x) 在个体发育后期出现明显
 的下降。在 8L:16D，在第 10 天最先出现死亡
 个体，所有个体在 40 d 全部死亡。在 4L:20D
 时，存活天数最短为 37 d，在第 11 天个体开始
 死亡。在 16L:8D 时，在第 14 天最晚出现死亡

个体，所有个体在 40 d 完成死亡。

在试验所设光照范围内，双尾新小绥螨绝大
 多数个体均能完成平均寿命，死亡主要发生在年
 老的个体产卵后期。平均产雌数 (m_x) 随着时
 间的增长达到高峰后，随后又开始下降。在 16L:8D
 时，双尾新小绥螨在 11 d 时达到最大产雌数为
 1.85 粒，在光照为 4L:20D 时产雌数在第 4 天
 达到最大值为 1.60 粒。产雌天数在 16L:8D 时
 最长为 31 d，而在 4L:20D 时最短为 22 d。

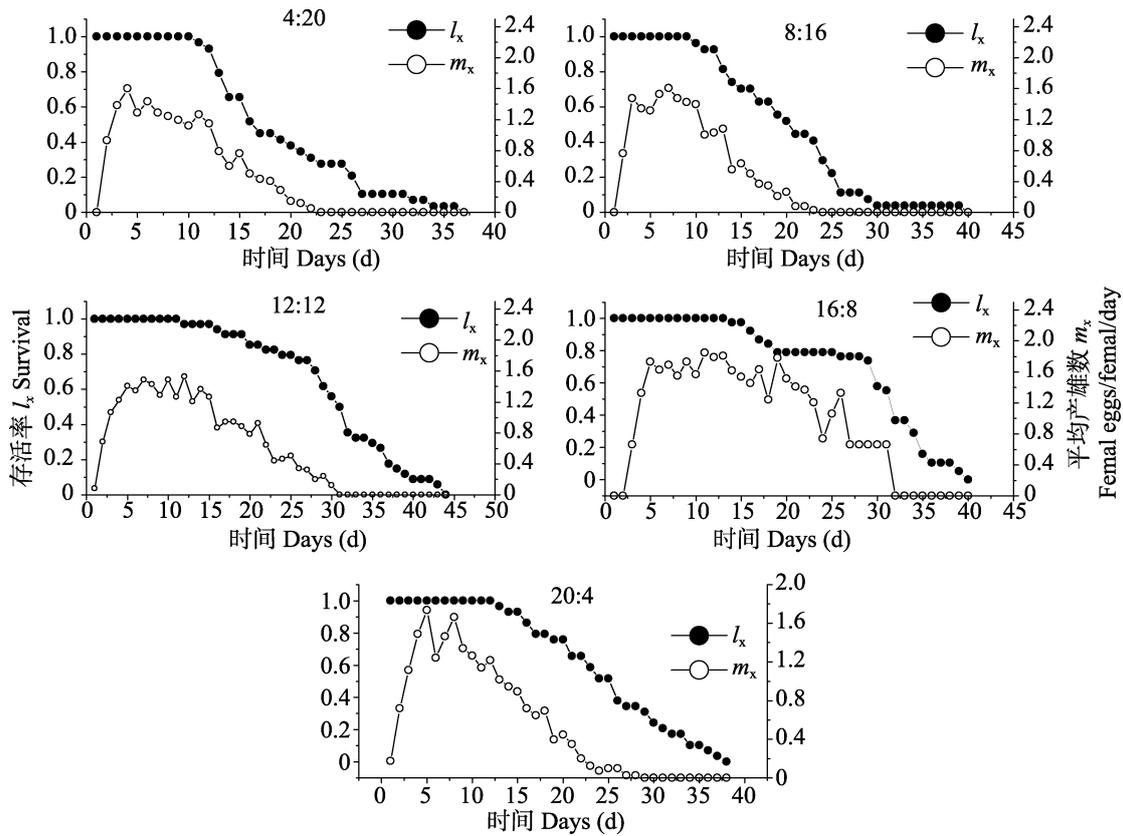


图 1 不同光照时数条件下双尾新小绥螨存活、繁殖力曲线图

Fig. 1 Effect of photoperiods on the survival and daily fecundity of *Neoseiulus bicaudus* females

3 讨论

光是昆虫和螨类生命活动中的重要影响因
 子，光照条件的改变可以使一些昆虫的昼夜节律
 发生变化，并且直接影响大多数昆虫和螨类的繁
 殖和发育 (范丽清等，1999)。有研究表明，长
 刺新小绥螨 (*Neoseiulus longispinosus*)、瑞
 士新小绥螨 *Neoseiulus swirskii*、巴氏新小
 绥螨 (*Neoseiulus barkeri*) 等 13 种新小绥螨和其
 它植

绥螨在短光照环境下会有滞育现象，而在长光
 照环境下不会产生滞育 (Veerman, 1992)。竹
 缺爪螨 *Aponychus corpuzae* Rimando 在全黑
 条件下不能完成世代周期，且其在超过 5 h 以
 上的光照条件下，光照时长决定了其能否完成
 整个世代周期，其几率随光照时间的延长而增
 大。8 h 和 12 h 以上光照处理幼螨后，其发
 育至成螨后的产卵历期相近，但不同光照处理
 的总产卵量不同。光照时数对南京裂爪螨
Schizotetranychus nanjingensis

Ma et Yan 存活与发育及繁殖具有很大影响,光照时数不同,南京裂爪螨各龄螨发育历期及雌成螨的产卵量也存在差异(吕龙石等,1997;张飞萍等,2001)。

本研究发现光照时数对双尾新小绥螨产卵前期没有影响,而产卵后期、寿命、总产卵量均表现在 16 h 的光照时数下最长,其中产卵后期和寿命在 4 h 光照时数下表现最短,而总产卵量在 8 h 的光照时数下最小。研究表明,单雌日产卵量和日产雌数在 16 h 光照条件下和其他光照时数差异均显著 ($P < 0.05$)。光照时数对雌雄比影响不大。双尾新小绥螨的净增值率 (R_0) 在 16L 8D 时达到最大值,12L 12D 时次之,在 8L 16D 时最低为 16.08。以上结果表明,适合双尾新小绥螨生长发育的时间段在 12~16 h。

本研究结果表明,在光照时数小于 12 h 时,各个发育阶段随着光照时间增加,所需时间均缩短;当光照时数大于 16 h 后,各个发育阶段所需时间又随着光照时数增加而增加。研究结果与肖顺根(2010)研究不同光照对巴氏新小绥螨生长发育的影响的研究结果一致。

光照是影响螨类存活和生殖的重要因素之一,不同种类的螨对光照的反应各异,影响程度不尽相同。Morewood 和 Gilkeson (1991) 报道了胡瓜钝绥螨在短日照, 15℃ 时,滞育率为 100%,当温度上升到 21℃ 时,滞育率为零,因此,在同等光照条件下,改变温度可以调节螨类滞育。作为一种新疆发现的新纪录捕食螨,笔者研究了光照对其发育与繁殖的影响,旨在确定其适宜的光照周期,为优化其饲养条件以深入开展其生物防治奠定基础。然而,作为一种捕食螨,持续光照、短于 8 h 光照以及连续黑暗条件对其发育与繁殖有何影响,是否会导致其死亡或滞育,以及光照与温度等条件共同作用对其发育与繁殖的影响等都有待进一步研究。

参考文献 (References)

- Buitenhuis R, Murphy G, Shipp L, Scott-Dupree C, 2015. *Amblyseius swirskii* in greenhouse production systems: a floricultural perspective. *Experimental and Applied Acarology*, 65(4): 451–464.
- Fan LQ, Lu LS, Jin DY, 1999. Effect of temperature and light length on growing of male-*Tetranychus truncatus* Ehara. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 24(3): 35–38. [范丽清, 吕龙石, 金大勇, 1999. 温度和光照长度对雄性截形叶螨生长发育的影响. *吉林农业科学*, 24(3): 35–38.]
- 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.
- Li GY, Li JJ, Xia W, Qu HL, Yang S, Zhang JP, 2014. Effects of Bt+CpTI transgenic cotton on the performance of *Tetranychus turkestanii* (Acari: Tetranychidae). *Systematic and Applied Acarology*, 19(2): 236–247.
- Li LY, Wang ZY, Liu H, 2012. Influence of photoperiods for growing of *Eotetranychus kankitus* (Ehara). *Plant Protection Society of China*. 226–229. [李迎洁, 王梓英, 刘怀, 2012. 光照对柑橘始叶螨生长发育和繁殖的影响. *中国植物保护学会*. 北京. 226–229.]
- Li YT, Jiang JYQ, Huang YQ, Wang ZH, Zhang JP, 2015. Effects of temperature on development and reproduction of *Neoseiulus bicaudus* (Phytoseiidae) feeding on *Tetranychus turkestanii* (Tetranychidae). *Systematic and Applied Acarology*, 20(5): 478–490.
- Liu M, Li YT, Li Ting, Su J, Duan XK, Wang ZH, Zhang JP, 2015. Effects of sub-lethal concentrations of Azocyclotin on the movement rates of *Tetranychus turkestanii* (Ugarov et Nikolskii). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(3): 593–599. [刘敏, 李永涛, 李婷, 苏杰, 段祥坤, 王振辉, 张建萍, 2015. 三唑锡亚致死浓度对土耳其斯坦叶螨运动速率的影响. *应用昆虫学报*, 52(3): 593–599.]
- Lu FP, Fu YG, Lu H, Xu XL, Chen Q, Tian WM, 2013. Effect of photoperiod on the development and the reproduction of cassava green mite *Mononchellus mcgregort*. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 34(7): 1319–1322. [卢芙蓉, 符悦冠, 卢辉, 徐雪莲, 陈青, 田维敏, 2013. 光照对木薯单爪螨发育与繁殖的影响. *热带作物学报*, 34(7): 1319–1322.]
- Lu LS, Fan LQ, Jin DY, Li XY, Cu XS, 1997. Influence of temperature and light length for growing of *Tetranychus truncatus* Ehara. *Journal of Agricultural Science Yanbian Univcracity*, 19(4): 232–236. [吕龙石, 范丽清, 金大勇, 李熙英, 崔学善, 1997. 温度与光照长度对截形叶螨繁殖的影响. *延边大学农学学报*, 19(4): 232–236.]
- McMurtry JA, Scriven GT, 1964. Studies on the feeding, reproduction, and development of *Amblyseius hibisci* (Acarina: Phytoseiidae) on various food substances. *Annals of the Entomological Society*

- of America*, 57(5): 649–655.
- Morewood WD, Gilkeson LA, 1991. Diapause induction in the thrips predator *Amblyseius cucumeris* (Acarina: phytoseiidae) under greenhouse conditions. *BioControl*, 36(2): 253–263.
- Veerman A, 1992. Diapause in phytoseiid mites: a review. *Experimental and Applied Acarology*, (14): 1–60.
- Wang BM, Wang ZH, Jiang XH, Zhang JP, Xu XN, 2015. Re-description of *Neoseiulus bicaudus* (Acari: Phytoseiidae) newly recorded from Xinjiang, China. *Systematic and Applied Acarology*, 20(4): 455–461.
- Wang ZH, Li YT, Li T, Lu YH, Zhang JP, Xu XN, 2015. The morphology and predatory behavior of the mite *Neoseiulus bicaudus*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(3): 580–586. [王振辉, 李永涛, 李婷, 陆宴辉, 张建萍, 徐学农, 2015. 双尾新小绥螨的形态特征及捕食性功能. 应用昆虫学报, 52(3): 580–586.]
- Wu QH, Ding ZR, 1985. Influence of light on the growth and development of *Tetranychus cinnabarinus*. *Journal of Ecology*, (3): 22–26. [吴千红, 丁兆荣, 1985. 光照对朱砂叶螨生长发育的影响. 生态学杂志, (3): 22–26.]
- Xiao SG, 2010. Effect of photoperiod on development of *Neoseiulus Barkeri* (Hughes) and its applied basic research. Master thesis. Nanchang: Nanchang University. [肖顺根, 2010. 光照时间对巴氏新小绥螨生长发育影响及其应用基础研究. 硕士学位论文. 南昌: 南昌大学.]
- Xu XN, Lu JL, Wang ED, 2013. Hot spots in international predatory mite studies and lessons to us. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(2): 163–174. [徐学农, 吕佳乐, 王恩东, 2013. 国际捕食螨研发与应用的热点问题及启示. 中国生物防治学报, 29(2): 163–174.]
- Xu XN, Annie E, 2009. Prey preference of *Orius sauteri* between western flower thrips and spider mites. *The Netherlands Entomological Society*, 132(1): 93–98.
- Yang S, Zhao BM, Li GY, Hu SL, Guo YL, Zhang JP, 2013. Effects of brief exposure to high temperature on *Tetranychus turkestanii* and *T. truncatus* (Acari: Tetranychidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(3): 276–285. [杨帅, 赵冰梅, 李广云, 胡素丽, 郭艳兰, 张建萍, 2013. 短时高温暴露对土耳其斯坦叶螨和截形叶螨的影响. 昆虫学报, 56(3): 276–285.]
- Yuan HX, Zhang JP, Li Q, 2009. Host preference and mechanism of *Tetranychus turkestanii* (Vgorag&Nikolski) to different cotton varieties. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 46(6): 1258–1262. [袁辉霞, 张建萍, 李庆, 2009. 土耳其斯坦叶螨对棉花不同品种(系)的寄主选择性及其机理初步研究. 新疆农业科学, 46(6): 1258–1262.]
- Zhang FP, Xu YC, Huang FR, Cai QJ, Zhong JH, 2001. The effect of temperature and photoperiod on *Schizotetranychus nanjingensis*. *Forest Research*, 14(4): 459–462. [张飞萍, 徐耀昌, 黄芙蓉, 蔡秋锦, 钟景辉, 2001. 温度、光照对南京裂爪螨的影响. 林业科学研究, 14(4): 459–462.]