

变温和光周期对加州新小绥螨性别分化及繁殖的影响

胡昊旻, 李庆*, 蒋春先, 王海建, 杨群芳

(四川农业大学农学院, 成都 611130)

摘要: 本研究以朱砂叶螨为猎物, 研究了在 23 °C/13 °C、26 °C/16 °C、29 °C/19 °C、32 °C/22 °C 和 35 °C/25 °C 五个变温和 14L:10D、12L:12D 和 10L:14D 三个光周期共 15 个组合对加州新小绥螨性别分化及繁殖的影响。明确 32 °C/22 °C 的变温与光周期 14L:10D 组合的雌性比最高, 为 78.38%。其次为 32 °C/22 °C 的变温和光周期 10L:14D 的组合, 为 77.32%; 32 °C/22 °C 的变温和光周期 10L:14D 组合的每雌平均产卵量最高为 91.12, 显著高于 32 °C/22 °C 的变温和光周期 14L:10D 的每雌平均产卵量 43.55。32 °C/22 °C 的变温和光周期 10L:14D 组合利于加州新小绥螨种群发展。该研究结果为规模繁育加州新小绥螨, 实现种群快速增长提供了重要理论依据。

关键词: 加州新小绥螨; 变温; 光周期; 性别分化

中图分类号: S476.2 文献标识码: A 文章编号: 1005-9261 (2020) 02-0294-06

Effects of Fluctuating Temperature and Photoperiod on Sex Differentiation and Reproduction of *Neoseiulus californicus* (Parasitiformes: Phytoseiidae)

HU Haomin, LI Qing*, JIANG Chunxian, WANG Haijian, YANG Qunfang

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: With *Tetranychus cinnabarinus* as the prey, sex differentiation and reproduction of *Neoseiulus californicus* were examined under combinations of 5 fluctuating temperatures (23/13, 26/16, 29/19, 32/22, and 35/25 °C, temperatures in photophase/scotophase) and 3 photoperiods (14L:10D, 12L:12D, 10L:14D). A significant higher female rate (78.4%) was detected at the condition of 32/22 °C and 14L:10D. The second higher female rate (77.3%) was observed from the combination of 32/22 °C and 10L:14D. However, the highest fecundity (91.1 eggs/female) occurred in the combination of 32/22 °C and 10L:14D, which is significantly higher than that (43.55) in the combination of 32/22 °C and 14L:10D. In conclusion, the combination of 32/22 °C and 10L:14D is most beneficial to the reproduction of *N. californicus*. This finding serves to support the mass breeding of *N. californicus*.

Key words: *Neoseiulus californicus*; alternating temperature; photoperiod; sex differentiation

叶螨在粮、棉、果、蔬等作物上普遍发生, 为世界性有害生物, 对多种农作物及经济作物产生巨大的为害, 生产上长期采用化学药剂进行防治^[1]。由于使用农药的时间长、用量大, 在杀灭有害生物的同时也会对天敌造成伤害, 还会破坏生态平衡、造成环境污染, 甚至带来致畸、致癌、致突变等严重问题^[2]。近年来对于叶螨的生物防治研究日益受到重视, 而植绥螨作为一类能有效控制害螨的天敌生物, 是近几年来害螨绿色防控的首选对象^[3]。

植绥螨大多数是捕食性的, 是各类作物、果树和林木害螨的重要天敌, 对其他小型昆虫, 如蚜虫、介壳虫、蓟马等也有捕食作用, 是很有利用价值的天敌资源, 在农业有害生物的防治中发挥着重要作用^[4]。我国植绥螨资源相当丰富, 已知 10 个属, 到目前为止, 我国已经从不同地区作物上鉴定出植绥螨 260 余

收稿日期: 2019-08-20

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFD0201400); 国家现代农业产业技术体系四川创新团队 (sccxttd-04)

作者简介: 胡昊旻, 研究生, E-mail: 576176461@qq.com; *通信作者, 博士, 教授, E-mail: liq8633@163.com。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.02.016

种, 其中有利用价值的约 20 种左右^[5]。我国从 20 世纪 70 年代开始, 已利用多种植绥螨防治柑橘等果园害螨, 如四川、贵州已经大面积利用草栖钝绥螨 *Amblyseius herbicolus* (Chant) 防治茶树上的侧多食跗线螨 *Polyphagotarsonnemus latus* (Banks), 利用尼氏钝绥螨 *A. nicholsi* (Ehara et Lee) 大面积防治柑橘全爪螨 *Panonychus citri* (McGregor) 和柑橘始叶螨 *Eotetranychus kankitus* (Ehara) 获得成功^[6]; 广东释放江原钝绥螨 *A. eharai Amitai* (et Swirki)、纽氏钝绥螨 *A. newsami* (Evans) 和卵圆钝绥螨 *A. ovalis* (Evans) 对柑橘全爪螨等害螨进行防治, 表现出了较好的应用效果^[6,7]。我国从国外引种智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Hention) 防治温室叶螨、引进西方盲走螨 *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) 防治果园害螨, 都取得了显著效果^[5]。加州新小绥螨 *Neoseiulus californicus* (McGregor) 对入侵性害虫西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 也有一定的控制能力^[8]。

温度是影响植绥螨后代性比的一个重要环境因子, 植绥螨能根据不同季节的温度变化来调节自身的性比, 以维持种群的数量和质量^[9]。在台湾钝绥螨 *A. taiwanicus* 捕食跗线螨 *Tarsonemus* sp. 的研究中, 发现温度过高或过低时, 雌性比均会有所降低, 在温度为 25 °C 时其雌性比最高, 为 88%^[10]。Tanigoshi^[10] 的研究表明西方盲走螨的性比也会受到高温的影响。但在两种变温 (20~30 °C、23~33 °C) 和一种恒温 (25 °C) 条件下, 以朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) 为食物, 长毛钝绥螨 *A. longispinosus* 后代雌性比均在 70% 左右^[11]。

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周期有着直接关系^[12]。在光周期与温度对丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* (Gahan) 的协同影响的研究表明, 光照 13 h、温度 26 °C 最有利于其生长发育^[13]。对大草蛉 *Chrysopa pallens* (Rambur) 的研究表明, 光周期 15L:9D 和 9L:15D 对大草蛉滞育解除、滞育后发育和繁殖没有明显的影响, 而温度是调节大草蛉滞育发育和繁殖的重要因子^[14]。在对亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée) 和苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (Linnaeus) 的研究中发现, 光周期、温度及其交互作用均对其滞育诱导具有重要影响, 其中光周期占主导作用^[15,16]。有研究表明, 温度和光周期对斑翅食蚜蚜小蜂 *Coccophagus ceroplastae* 种群增长影响明显^[17]。

加州新小绥螨取食范围广, 适应能力较强, 已经被开发为天敌商品, 主要应用于二斑叶螨、苹果全爪螨、侧多食跗线螨和柑桔全爪螨等害螨的生物防治^[18]。覃贵勇等^[19]于 2010 年在成都采到加州新小绥螨国内种群, 并发现其对柑橘全爪螨具有较大控制潜力, 适应四川的生态环境, 能够正常的生长繁殖。正因为加州新小绥螨生防价值大, 温度、光照等环境因子会影响其性别分化, 因此本试验旨在研究变温和光周期组合对其性别分化的影响。研究结果为加州新小绥螨在国内的开发应用提供技术支撑, 具有重要的价值。

1 材料与方法

1.1 供试螨源

朱砂叶螨采自四川省成都市温江郊区, 在 (25±1) °C、RH 85%、光周期 14L:10D、光强度 6000 lx 的人工气候箱 (RXZ-436A-LED 型智能人工气候箱, 宁波江南仪器厂) 中, 利用盆栽的刀豆 *Canavalia gladiata* 叶片饲养繁殖。

加州新小绥螨采自四川省成都市蒲江县, 在实验室内, 以朱砂叶螨为猎物, 采用传统的水隔盆养法, 在 (25±1) °C、RH 85%、光周期 14L:10D、光强度 6000 lx 的人工气候箱中饲养加州新小绥螨, 建立试验种群作为供试螨源^[20]。

1.2 试验装置

采用海绵水盘法, 在直径为 6 cm 的培养皿内放置一稍小的圆形海绵, 后向培养皿内滴加适量清水直至将海绵浸透并使水平面与海绵最高处齐平, 海绵上放一张直径略小的圆形黑色塑料纸, 再将洗净擦干直径为 2.5 cm 的刀豆叶片叶背朝上置于黑色塑料纸上。

1.3 试验种群建立

参照北京市农林科学院植物保护环境保护研究所和天津市植物保护研究所开发的智利小植绥螨的大量繁殖工艺进行繁育研究^[21]。以健康厚实的刀豆叶片为朱砂叶螨的寄主, 向豆苗上接入叶螨的时机为刀豆

苗展开第一对真叶时,接入叶螨的虫态为雌、雄成螨。待一定数量的朱砂叶螨成功接入刀豆苗后,将豆苗置于温度为 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、RH 85%、光周期 14L:10D、光强度 6000 lx 的人工气候箱内饲养。当朱砂叶螨的数量足够多时,即当刀豆植株上朱砂叶螨密度较大但未明显结网时(一般在朱砂叶螨接入的两周左右),向已经繁殖了大量朱砂叶螨的刀豆叶片上接入少量加州新小绥螨雌、雄成螨进行繁殖。待两种螨的数量均能满足试验要求时,即可从刀豆叶片上分别挑取所需虫态和相应数量的两种螨接入饲养小室中的刀豆叶片上进行试验。

1.4 加州新小绥螨 F1 代性比分化试验

用 0 号毛笔挑取 1 头初羽化的加州新小绥螨雌成螨于试验装置中,并同时挑取 1 头初羽化的加州新小绥螨雄成螨与之进行配对,每个试验装置的处理方法相同。将配对的所有装置标号、分装后置于 RH 85%、光照强度 6000 lx 条件下的光照培养箱内进行饲养。参照近年春、夏、秋 3 个季节四川成都地区的日间平均气温和夜间平均气温的范围,以及光周期的变化范围,设置 5 个梯度昼夜交替变温(简称变温)条件 $23^{\circ}\text{C}/13^{\circ}\text{C}$ 、 $26^{\circ}\text{C}/16^{\circ}\text{C}$ 、 $29^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$ 、 $32^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ 、 $35^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$ 和 3 个光周期 14L:10D、12L:12D、10L:14D 进行试验。每组变温与每个光周期的组合为一个处理,且每个处理的变温条件中光照时段为对应高温,黑暗时段为对应低温,共 15 个处理,取每个处理的有效重复 30 次。

在整个试验期间,需保证每个试验装置中单头配对的加州新小绥螨均有足量的食物——朱砂叶螨(卵、幼螨、成螨),每隔 24 h 记录每头雌螨的产卵量。为了保证统计准确,每天需将每头雌螨所产的卵进行计数,同时将计数后的卵挑出至一新的具有充足朱砂叶螨的试验装置中,并将收集到的卵分别置于上述各处理对应条件下单独饲养,直到雌螨产下最后一粒卵为止,统计每头雌螨从产第一粒卵开始到产最后一粒卵的时间(即产卵期);待每个不同处理的卵孵化后,统计卵的孵化率;发育为成螨后,统计其性比。

1.5 数据统计与分析

采用 SPSS 19.0 统计软件,将单因素试验组间的相关统计数据采用 One-Way ANOVA 进行方差分析,并用 LSD 法检验且比较各处理间的差异水平显著性。

2 结果与分析

2.1 光周期对加州新小绥螨 F1 代性比及繁殖的影响

当温度为 $26^{\circ}\text{C}/16^{\circ}\text{C}$ 、 $29^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$ 和 $32^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ 时,同一变温条件下的不同光周期处理,卵的孵化率均接近 100%;当温度为 $23^{\circ}\text{C}/13^{\circ}\text{C}$ 时,不同光周期处理卵的孵化率均在 88% 左右;当温度为 $35^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$ 时,各光周期处理卵的孵化率均在 84% 左右。在 5 个不同的变温条件下,当光周期为 14L:10D 时,加州新小绥螨 F1 代的雌性比均显著高于光周期为 10L:14D 和 12L:12D 的处理。当温度为 $23^{\circ}\text{C}/13^{\circ}\text{C}$ 、 $26^{\circ}\text{C}/16^{\circ}\text{C}$ 和 $32^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ 时,均呈现出随光照时间的缩短,每处理平均每头雌螨的产卵期随光照时间的缩短逐渐增长。但当温度为 $29^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$ 时,光周期为 12L:12D 的处理比 14L:10D 处理的产卵期长;温度为 $35^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$ 时,光周期 12L:12D 与 10L:14D 间无显著差异。当温度为 $26^{\circ}\text{C}/16^{\circ}\text{C}$ 和 $32^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ 时,随光照时间的增长,每头雌螨在产卵期内的总产卵量逐渐降低;当温度为 $23^{\circ}\text{C}/13^{\circ}\text{C}$ 时,光周期 10L:14D 和 12L:12D 条件下,每头雌螨的总产卵量显著高于光周期 14L:10D;当温度为 $29^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$ 时,光周期为 12L:12D 时,每头雌螨的总产卵量显著低于光周期 10L:14D 和 14L:10D;当温度为 $35^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$,光周期 12L:12D 时,其每头雌螨的总产卵量显著高于另外两组(表 1)。

2.2 变温对加州新小绥螨 F1 代性比及繁殖的影响

3 个不同光周期条件下,温度为 $26^{\circ}\text{C}/16^{\circ}\text{C}$ 、 $29^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$ 和 $32^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ 时,卵的孵化率均接近 100%。温度 $32^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ 的处理,其雌性比均显著高于其他各温度处理;温度为 $29^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$ 的处理,其雌性比均显著低于其他各温度处理。两个低温处理 $23^{\circ}\text{C}/13^{\circ}\text{C}$ 、 $26^{\circ}\text{C}/16^{\circ}\text{C}$ 与 $32^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ 处理产卵期较长,最高变温处理 $35^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$ 与 $29^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$ 处理产卵期较短。在 10L:14D 和 12L:12D 这两个光周期条件下, $32^{\circ}\text{C}/22^{\circ}\text{C}$ 处理每头雌螨的总产卵量均表现为最高,光周期 14L:10D 时该温度下的每头雌螨的总产卵量仅次于 $29^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$ 和 $23^{\circ}\text{C}/13^{\circ}\text{C}$ 两温度处理,且与 $23^{\circ}\text{C}/13^{\circ}\text{C}$ 处理下的产卵量无显著差异;在光周期 10L:14D 和 12L:12D 下,高温 $35^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$ 和 $29^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$ 处理的产卵量较低,但在光周期 14L:10D 条件下 $29^{\circ}\text{C}/19^{\circ}\text{C}$

表 1 不同光周期对加州新小绥螨 F1 代生殖参数的影响

Table 1 Effect of different light-dark cycles on F1 reproduction parameter of *Neoseiulus californicus*

温度	光周期	孵化率	雌性比	产卵期	每雌平均产卵量
Temperature	Light cycle	Hatching ratio (%)	Female ratio (%)	Spawning period (d)	Average eggs laid per female
23 ℃/13 ℃	10L:14D	88.62±0.20 a	66.32±0.20 c	37.32±0.71 a	54.52±0.39 a
	12L:12D	88.52±0.12 a	68.23±0.20 b	35.45±0.43 a	55.09±0.30 a
	14L:10D	88.56±0.10 a	72.62±0.20 a	23.46±0.23 b	45.79±0.37 b
26 ℃/16 ℃	10L:14D	99.60±0.21 a	68.59±0.35 b	40.23±0.74 a	76.44±0.50 a
	12L:12D	99.62±0.26 a	67.86±0.07 b	23.26±0.57 b	39.42±0.94 b
	14L:10D	99.80±0.11 a	76.22±0.37 a	18.98±0.26 c	36.26±0.30 c
29 ℃/19 ℃	10L:14D	99.93±0.07 a	54.22±0.43 b	22.44±0.62 a	53.70±0.78 a
	12L:12D	99.83±0.09 a	53.26±0.21 b	14.93±0.46 c	28.53±0.31 b
	14L:10D	99.77±0.12 a	58.59±0.25 a	19.34±0.31 b	51.88±0.52 a
32 ℃/22 ℃	10L:14D	99.87±0.13 a	77.32±0.31 b	42.31±0.47 a	91.12±0.55 a
	12L:12D	99.80±0.12 a	69.84±0.12 c	30.32±0.51 b	56.79±0.31 b
	14L:10D	99.73±0.15 a	78.38±0.28 a	21.89±0.22 c	43.55±0.66 c
35 ℃/25 ℃	10L:14D	84.23±0.32 a	64.71±0.27 c	16.21±0.87 a	22.03±0.35 b
	12L:12D	84.33±0.22 a	66.57±0.24 b	17.67±0.62 a	36.36±0.40 a
	14L:10D	84.14±0.20 a	71.53±1.02 a	12.04±0.58 b	21.27±0.59 b

注：表中数据为平均值±标准误，相同温度条件下，不同小写字母表示在不同光周期水平下的卵孵化率、雌性比、产卵时间和每雌平均产卵量在 0.05 水平上的差异显著性；每个处理重复数均为 30 次。

Note: Data in the table were mean±SE, under the same temperature condition, different lowercase letters indicated the hatching rate, female ratio, spawning time and average egg production per female at different photoperiod levels were significant difference at 0.05 level; the numbers of repetitions per treatment is 30.

处理的产卵量最高，35 ℃/25 ℃处理的产卵量仍然最低；此外，在 3 个光周期条件下，23 ℃/13 ℃和 26 ℃/16 ℃这两个处理的产卵量均表现为较高（表 2）。

3 讨论

本试验中的光周期条件对加州新小绥螨卵的孵化率基本无影响。同一光周期下，呈现出 26 ℃/16 ℃、29 ℃/19 ℃和 32 ℃/22 ℃这 3 个温度下的加州新小绥螨卵的孵化率接近 100%，低温处理 23 ℃/13 ℃和高温处理 35 ℃/25 ℃的孵化率均在 80%~90%之间，这与税玲等^[22]对加州新小绥螨低温条件的研究和袁秀萍等^[23]对加州新小绥螨短时高温条件的研究有相似结果，温度太高或者太低都对加州新小绥螨卵的孵化不利。

同一变温条件下，加州新小绥螨雌成螨的产卵期大致呈现出随光照时间的增长产卵期逐渐缩短的规律。同一光周期下，加州新小绥螨雌成螨的产卵期均表现为随温度的升高，产卵期呈现先下降后升高再下降的过程。张艳璇等^[24]研究表明，加州新小绥螨的平均产卵期和平均寿命在 15 ℃~35 ℃范围内均随温度的升高逐渐降低；崔琦等^[25]研究发现在 19 ℃~31 ℃范围内，随温度的升高，加州新小绥螨存活时间变短。本试验结果与前人研究结果不能完全吻合，其原因可能是变温条件与恒温条件存在一定差异，在本试验的 5 个温度条件中，32 ℃/22 ℃最适合加州新小绥螨存活及产卵。加州新小绥螨雌成螨的每雌平均产卵量也基本与产卵期的规律相似，从而说明产卵量会受到产卵期的影响，即产卵期的长短能直接影响产卵量的多少。

变温和光周期均对加州新小绥螨的后代性比有显著影响，虽然 32 ℃/22 ℃的变温与光周期 14L:10D 的组合其雌性比最高，为 78.38%；但其每雌平均产卵量显著低于 32 ℃/22 ℃的变温与光周期 10L:14D 的组合，该组合雌性比为 77.32%，仅次于 78.38%。由此看来，32 ℃/22 ℃的变温和 10L:14D 组合利于加州新小绥螨种群发展。

表 2 昼夜交替温度对加州新小绥螨 F1 代生殖参数的影响

Table 2 Effect of alternating different day and night temperature on F1 reproduction parameter of *Neoseiulus californicus*

光周期 Light cycle	温度 Temperature	孵化率 Hatching ratio (%)	雌性比 Female ratio (%)	产卵期 Spawning period (d)	每雌平均产卵量 Average eggs laid per female
10L:14D	23 ℃/13 ℃	88.62±0.20 b	66.32±0.20 c	37.32±0.71 c	54.52±0.39 c
	26 ℃/16 ℃	99.60±0.21 a	68.59±0.35 b	40.23±0.74 b	76.44±0.50 b
	29 ℃/19 ℃	99.93±0.07 a	54.22±0.43 e	22.44±0.62 d	53.70±0.78 c
	32 ℃/22 ℃	99.87±0.13 a	77.32±0.31 a	42.31±0.47 a	91.14±0.55 a
	35 ℃/25 ℃	84.23±0.32 b	64.71±0.27 d	16.21±0.87 e	22.03±0.35 d
12L:12D	23 ℃/13 ℃	88.52±0.12 b	68.23±0.20 b	35.45±0.43 a	55.09±0.30 a
	26 ℃/16 ℃	99.62±0.26 a	67.86±0.07 b	23.26±0.57 c	39.42±0.94 b
	29 ℃/19 ℃	99.83±0.09 a	53.26±0.21 d	14.93±0.46 e	28.53±0.31 d
	32 ℃/22 ℃	99.80±0.12 a	69.84±0.12 a	30.32±0.51 b	56.79±0.31 a
	35 ℃/25 ℃	84.33±0.22 b	66.57±0.24 c	17.67±0.62 d	36.36±0.40 c
14L:10D	23 ℃/13 ℃	88.56±0.10 b	72.62±0.20 c	23.46±0.23 a	45.79±0.37 b
	26 ℃/16 ℃	99.80±0.11 a	76.22±0.37 b	18.98±0.26 b	36.26±0.30 c
	29 ℃/19 ℃	99.77±0.12 a	58.59±0.25 e	19.34±0.31 b	51.88±0.52 a
	32 ℃/22 ℃	99.73±0.15 a	78.38±0.28 a	21.89±0.22 a	43.55±0.65 b
	35 ℃/25 ℃	84.14±0.20 b	71.53±1.02 d	12.04±0.58 c	21.27±0.59 d

注：表中数据为平均值±标准误，相同光周期水平下，不同小写字母表示在不同温度条件下的卵孵化率、雌性比、产卵时间和每雌平均产卵量在 0.05 水平上的差异显著性；每个处理重复数均为 30 次。

Note: Data in the table were mean±SE, under the same photoperiod level, different lowercase letters indicated egg hatching rate, female ratio, spawning time and average fecundity per female at different temperature conditions were significant difference at 0.05 level; the number of repetitions per treatment is 30.

本研究表明，变温和光周期影响加州新小绥螨性别分化，进一步研究其分化机制，以期得到在表观影响因素的前提下，挖掘与性别相关的基因，深入了解性别分化调控机理，为该天敌生物的开发利用提供有利参考。

参 考 文 献

[1] Zhang Z Q. Mites of greenhouses: identification, biology and control.[J]. Mites of Greenhouses Identification Biology & Control, 2003(5): 563.

[2] 徐学农, 吕佳乐, 王恩东. 捕食螨繁育与应用[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 647-656.

[3] 雷仲仁, 吴圣勇, 王海鸿. 我国蔬菜害虫生物防治研究进展[J]. 植物保护, 2016, 42(1): 1-6.

[4] 朱群, 金道超, 郭建军, 等. 植绥螨系统学研究进展[J]. 贵州农业科学, 2007, 35(1): 107-110.

[5] 唐斌, 张帆, 陶淑霞, 等. 中国植绥螨资源及其生物学研究进展[J]. 昆虫知识, 2004, 41(6): 527-531.

[6] 包建中, 古德祥. 中国生物防治[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1998, 665.

[7] 吴伟南, 蓝文明. 我国柑桔园植绥螨及其利用问题[J]. 昆虫知识, 1988, 25(6): 341-344.

[8] 马鹤娟. 加州新小绥螨对西花蓟马的控制作用初探[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.

[9] 姜晓环. 拟长毛钝绥螨后代性比之影响因素研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.

[10] Helle W, Sabelis M W. Spider mites : their biology, natural enemies, and control[M]. Elsevier, 1985.

[11] Logan J A, Wollkind D J, Hoyt S C, *et al.* An analytic model for description of temperature dependent rate phenomena in arthropods[J]. Environmental Entomology, 1976, 5(6): 1133-1140.

[12] 卓德干, 李照会, 门兴元, 等. 昆虫滞育研究进展[J]. 山东农业科学, 2015, 45(2): 86-90.

[13] 朱楠, 王玉波, 张海强, 等. 光周期、温度对丽蚜小蜂生长发育的影响[J]. 植物保护学报, 2011, 38(4): 381-382.

[14] 程丽媛, 张艳, 陈珍珍, 等. 光周期和温度对大草蛉滞育解除及滞育后发育和繁殖的影响[J]. 昆虫学报, 2017, 60(3): 318-327.

- [15] 刘月英, 罗进仓, 周昭旭, 等. 光周期和温度对苹果蠹蛾滞育诱导的影响[J]. 植物保护学报, 2015, 42(1): 39-44.
- [16] 郭建青, 张洪刚, 王振营, 等. 光周期和温度对亚洲玉米螟滞育诱导的影响[J]. 昆虫学报, 2013, 56(9): 996-1003.
- [17] 张方平, 符悦冠, 彭正强, 等. 温度和光周期对斑翅食蚜小蜂发育与繁殖的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1280-1286.
- [18] 张艳璇, 季洁, 陈霞, 等. 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[J]. 环境昆虫学报, 2012, 34(2): 190-195.
- [19] 覃贵勇, 李庆. 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[J]. 西南农业学报, 2013, 26(3): 1034-1037.
- [20] 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.
- [21] 刘佰明, 谷希树, 徐维红, 等. 智利小植绥螨的大量繁殖与应用研究进展[J]. 山东农业科学, 2012, 44(10): 106-109.
- [22] 税玲, 蒲颇, 李庆, 等. 低温贮藏对加州新小绥螨生物学特性和捕食能力的影响[J]. 植物保护学报, 2016, 43(5): 759-767.
- [23] 袁秀萍, 汪小东, 王佳武, 等. 短时高温对加州新小绥螨发育的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(3): 853-858.
- [24] 张艳璇, 季洁, 陈霞, 等. 温度对加州新小绥螨发育及繁殖的影响[J]. 福建农业学报, 2012, 27(2): 157-161.
- [25] 崔琦, 李庆. 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[J]. 植物保护, 2015, 41(3): 40-44.