

温度对智利小植绥螨发育和繁殖的影响

宫亚军, 陈鹏燕, 王泽华, 朱亮, 陈金翠, 金桂华, 魏书军*

(北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097)

摘要 为了明确温度对智利小植绥螨发育和繁殖的影响,以二斑叶螨为食料,研究了 16、19、22、25、28、31、34℃ 7 个恒定温度下智利小植绥螨不同螨态的发育历期、成螨产卵动态及产卵量。结果表明,16~31℃ 范围内智利小植绥螨发育历期随温度的升高而缩短,34℃ 下发育历期较 31℃ 有所延长。卵、幼螨、第一若螨、第二若螨、卵-成螨的发育起点温度分别为 11.08、14.91、14.28、14.03 和 12.36℃,有效积温分别为 29.69、4.94、8.96、11.72 和 58.33 日·度。19~28℃ 下平均单雌产卵量较高,分别为 93.60、86.90、94.25、88.95 粒/头,31℃ 下产卵量最少,为 39.25 粒。16、19、22、25、28℃ 下平均产卵历期差异不显著,分别为 20.10、22.55、19.10、19.10、21.10 d,31℃ 下产卵历期仅为 11.35 d。智利小植绥螨在 19~28℃ 下发育状态较好,繁殖力较高,说明该温度范围是智利小植绥螨生长发育和繁殖的适宜温度。

关键词 智利小植绥螨; 发育历期; 发育起点温度; 有效积温; 繁殖力

中图分类号: S 476 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.05.011

Effects of temperature on development and oviposition of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*

Gong Yajun, Chen Pengyan, Wang Zehua, Zhu Liang, Chen Jincui, Jin Guihua, Wei Shujun

(Institute of Plant and Environmental Protection, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract The aim of this study was to understand the effect of temperature on development and oviposition of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. The developmental durations of different stages, dynamics of oviposition and fecundity of adult at seven different temperatures (16, 19, 22, 25, 28, 31 and 34℃) were recorded with the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* as food. The developmental duration of *P. persimilis* was reduced with the increase of temperature under 16–31℃, but increased under 34℃ compared with that under 31℃. The threshold temperatures of egg, larva, nymph I and nymph II were 11.08, 14.91, 14.28, 14.03 and 12.36℃, respectively, while the effective accumulative temperatures were 29.69, 4.94, 8.96, 11.72 and 58.33 day-degrees, respectively. The average fecundity of the female was highest under 19, 22, 25 and 28℃, with a value of 93.60, 86.90, 94.25 and 88.95 eggs/female, respectively, while the value was the lowest under 31℃, which was 39.25. The average duration of egg stage showed no difference under the temperature from 16 to 28℃, which were 20.10, 22.55, 19.10, 19.10 and 21.10 days, respectively, while the value was 11.35 day under 31℃. *P. persimilis* could develop well under the temperature from 19 to 28℃ with high fecundity, indicating that this temperature range is suitable for the development and reproduction of this predatory mite.

Key words *Phytoseiulus persimilis*; developmental duration; developmental threshold temperature; effective accumulative temperature; fecundity

智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, 属蛛形纲蜱螨目植绥螨科, 是叶螨类害螨的重要捕食性天敌之一^[1]。该螨具有爬行快, 捕食

量大, 繁殖力强等特点。早在 20 世纪 60 年代智利小植绥螨就开始在温室中应用, 主要用于防治蔬菜、花卉、草莓等园艺作物上的二斑叶螨 *Tetranychus*

收稿日期: 2016-09-22

修订日期: 2017-02-20

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2013CB127600); 北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJ CX20140403, KJ CX20150406); 北京市农林科学院农业科技示范推广项目(201682); 北京市农林科学院创新团队(JNKYT201605)

* 通信作者 E-mail: shujun268@163.com

urticae Koch 和朱砂叶螨 *T. cinnabarinus* (Boisduval)^[2-9]。董慧芳等^[10]在温室栽培的一串红、藿香蓟、马蹄莲和爬蔓绣球 4 种花卉上释放智利小植绥螨防治二斑叶螨取得良好效果。杨子琦等^[11]利用智利小植绥螨防治橘园行间栽培的茄子、菜豆上神泽氏叶螨 *T. kanzawai* Kishida, 张艳璇等^[12]应用智利小植绥螨控制露天草莓园神泽氏叶螨, 防治效果都十分显著。目前智利小植绥螨在国内南北多个地区有广泛使用^[13-14], 尤其在二斑叶螨猖獗危害且抗性又不断增强的现状下, 该捕食螨的应用将成为一种行之有效的防治措施。

据报道智利小植绥螨发育速度快, 发育至成螨后, 雌螨交配后第 2 天就可产卵, 每头雌螨可产卵约 40 粒。产卵期、产卵数、寿命与温度有关, 长期处于高温环境条件下, 智利小植绥螨发育会受到严重影响, 产卵能力受到抑制, 但短时间的高温对智利小植绥螨没有明显的不利影响^[15-17]。对于不同温度下, 尤其是低温对智利小植绥螨发育及繁殖的影响未见详细报道。本文通过研究不同温度对智利小植绥螨发育速率和繁殖力的影响, 摸索出智利小植绥螨最佳发育和繁殖的温度条件, 为智利小植绥螨的繁殖提供理论指导, 为叶螨的生物防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试捕食螨和叶螨

供试智利小植绥螨为北京市农林科学院植物保护环境保护研究所室内饲养种群, 采集于北京市昌平区温室茄子上, 以朱砂叶螨为寄主猎物在室内连续饲养 3 年, 繁殖 30 代以上。二斑叶螨采于北京市昌平区小汤山温室中的草莓 *Fragaria ananassa* Duchesne 苗上, 采回后转移到洁净菜豆 *Phaseolus vulgaris* Linn. 苗上后作为供试猎物在养虫室内饲养。养虫室温度为 23~25℃, 相对湿度为 60%~80%, 光照 L/D=16 h/8 h。

1.2 试验方法

1.2.1 温度对智利小植绥螨发育历期的影响

在直径 10 cm 的培养皿内放置湿润的滤纸, 采集带有大量二斑叶螨的菜豆叶片, 将叶片背面朝上放入培养皿内, 然后挑入个头较大的怀卵智利小植绥螨雌成螨 10 头, 让其在室温下产卵 3 h, 以获得发育历期一致的卵。用 3 层有机玻璃夹板组成养虫器, 养虫器中夹有菜豆叶片, 叶片下放置湿润滤纸,

制成智利小植绥螨饲养观察的养虫器。挑取 20 头二斑叶螨于养虫器中, 将智利小植绥螨所产卵轻轻挑入养虫器中, 每个小室放入 1 粒卵, 分别置于温度为 16、19、22、25、28、31 和 34℃ 恒温培养箱中 (RXZ 型人工气候箱, 宁波江南仪器厂生产, 误差为 ±1℃) 饲养, 每隔 8 h 观察 1 次, 查看卵孵化及若螨蜕皮情况, 蜕皮后轻轻将皮挑出, 分别记录各螨态的发育历期, 直至发育到成螨。每个温度设 20 个重复。

1.2.2 温度对智利小植绥螨繁殖力的影响

将智利小植绥螨 3 h 内所产的卵轻轻挑入带有二斑叶螨的三层玻璃板养虫器内, 每个养虫器挑入 10 粒卵, 每个温度设置 6 个重复。将挑入卵后的养虫器分别放入 16、19、22、25、28 和 31℃ 的恒温箱内饲养, 每 24 h 观察 1 次。由于所产卵的时间比较一致, 发育至成螨的时间比较整齐, 待发育到成螨, 即发现有卵产生时进行雌雄螨配对。每一养虫器内放 1 对智利小植绥螨, 每个温度设置 20 个重复, 然后每 24 h 观察 1 次, 记录产卵量, 然后将卵挑出, 持续观察到雌螨正常死亡。统计单雌产卵量、逐日产卵量以及总的产卵历期。为防止养虫器中的菜豆叶片干枯, 试验过程中每隔 3 d 定期进行更换, 同时挑入 30 头二斑叶螨, 根据所剩二斑叶螨数量, 每天给予补充, 以免影响智利小植绥螨的生长发育。

1.3 数据分析

利用发育起点温度 (C) 和有效积温 (K) 的计算公式分别计算出智利小植绥螨各螨态的发育起点和有效积温, 根据 $T=C+KV$ 进一步计算各螨态发育起点温度和有效积温的标准误。所有数据在计算机上利用 Excel 和 DPS v12.01 统计软件^[18] 进行数据分析和模型模拟。

2 结果与分析

2.1 不同温度下智利小植绥螨各螨态的发育历期

智利小植绥螨的发育历经卵、幼螨、若螨、成螨 4 个螨态, 在不同温度下各螨态的发育历期如表 1 所示。16~31℃ 范围内随温度升高各螨态发育历期明显缩短, 16、19、22、25、28、31℃ 下从卵发育至成螨分别为 11.91、8.32、5.99、5.30、4.16、2.89 d, 16℃ 下各螨态的发育历期与其他温度均存在显著性差异; 在 22、25℃ 下各螨态发育历期不存在显著性差异。但当温度为 34℃ 时, 幼螨、若螨的发育受到一定抑制, 发育历期较 31℃ 有所延长, 从卵发育至成螨为 3.42 d, 但和 31℃ 不存在显著性差异。在同一

温度条件下,智利小植绥螨不同螨态的发育历期长短不同,卵的发育历期最长,在 16~34℃下为 1.42~5.77 d,其次是第二若螨,幼螨发育历期最短,在 16~34℃下仅需要 0.28~1.81 d。

表 1 智利小植绥螨在不同温度下的发育历期¹⁾

Table 1 Developmental durations of *Phytoseiulus persimilis* under different temperatures

温度/℃ Temperature	卵/d Egg	幼螨/d Larva	第一若螨/d Nymph I	第二若螨/d Nymph II	未成熟期/d Immature
16	(5.77±1.01)a	(1.81±0.32)a	(2.06±0.41)a	(2.27±0.91)a	(11.91±2.01)a
19	(3.86±0.78)b	(1.09±0.24)b	(1.54±0.64)b	(1.83±0.74)b	(8.32±1.21)b
22	(2.65±0.54)c	(0.57±0.20)c	(1.19±0.59)c	(1.58±0.64)bc	(5.99±1.00)bc
25	(2.24±0.55)c	(0.64±0.11)c	(1.07±0.40)c	(1.35±0.51)cd	(5.30±0.89)c
28	(1.69±0.41)d	(0.48±0.09)c	(0.85±0.41)c	(1.14±0.41)d	(4.16±0.47)c
31	(1.51±0.39)d	(0.28±0.04)c	(0.48±0.11)d	(0.62±0.12)e	(2.89±0.34)c
34	(1.42±0.37)d	(0.33±0.07)c	(0.51±0.12)d	(1.16±0.32)d	(3.42±0.78)c

1) 表中数据格式为平均值±标准误,同列数据后具相同小写字母者表示方差分析在 0.05 水平上差异不显著(DMRT 法)。未成熟期指卵到第二若螨。
The data are mean±SE. The same lowercase letters indicate no significant difference at 0.05 level (DMRT method). Immature stage includes stages from egg to nymph II.

2.2 智利小植绥螨生长发育速率与温度之间的关系

智利小植绥螨各螨态的发育速率与温度之间均表现出显著的线性关系(表 2),相关系数均较高,在线性关系中卵、幼螨、第一若螨、第二若螨、卵-成螨的斜率分别为 0.031、0.155、0.092、0.049 和 0.014,其中幼螨期的斜率最大,对温度变化反应最敏感,对于其他螨态而言,温度变化同样对其发育速率影响较大。

表 2 智利小植绥螨生长发育速度与温度之间回归分析¹⁾

Table 2 Regression between developmental rate of *Phytoseiulus persimilis* and temperature

螨态 Stage	模型 Model V=aT+b	相关系数 Coefficient
卵期 Egg	V=0.031T-0.318	0.992 5
幼螨期 Larva	V=0.155T-1.965	0.932 2
第一若螨 Nymph I	V=0.092T-1.134	0.908 3
第二若螨 Nymph II	V=0.049T-0.363	0.958 6
未成熟期 Immature	V=0.014T-0.142	0.995 5

1) 模型中 V 为发育速率(1/d),T 为发育温度(℃),a、b 均为常数。
In the model, V indicates developmental rate (1/d); T indicates temperature (℃); a and b indicate constant numbers.

2.3 智利小植绥螨各螨态发育起点温度和有效积温

各螨态的发育起点温度为 11.08~14.91℃,卵的发育起点温度最低,为 11.08℃,幼螨、若螨的发育起点温度差异不大,均略高于 14℃;各螨态发育所需要有效积温差异较大,卵发育所需要有效积温最高,为 29.69 日·度,其次为第二若螨和第一若螨,分别为 11.72 和 8.96 日·度,幼螨发育所需要有效积温最低,仅为 4.94 日·度,从卵发育到成螨所需要有效积温为 58.33 日·度(表 3)。

2.4 温度对智利小植绥螨产卵量和产卵历期的影响

由表 4 结果可以看出,智利小植绥螨在不同温度下平均产卵量不同,在 19、22、25、28℃下平均产卵量分别为 93.60、86.90、94.25、88.95 粒,四者之间无显著性差异,但显著高于 16、31℃下的平均产卵量;其中 16℃下平均产卵量为 54.95 粒,显著高于 31℃下平均产卵量 39.25 粒。不同温度下平均产卵历期也存在差异,在 19℃下,平均产卵历期最长,为 22.55 d,但与 16、22、25、28℃下的平均产卵历期无显著性差异;在 31℃下平均产卵历期最短,仅为 11.35 d,与其他温度在 0.05 水平下差异显著。

表 3 智利小植绥螨各螨态的发育起点温度和有效积温¹⁾

Table 3 Threshold and effective accumulative temperatures of *Phytoseiulus persimilis*

螨态 Stage	发育起点温度/℃ Threshold temperature	有效积温/日·度 Effective accumulative temperature	模型 Model N=K/(T-C)	相关系数 Coefficient
卵 Egg	11.08±1.02	29.69±1.25	N=29.69/(T-11.08)	0.933 8
幼螨 Larva	14.91±1.19	4.94±0.97	N=4.94/(T-14.91)	0.916 7
第一若螨 Nymph I	14.28±1.34	8.96±2.06	N=8.96/(T-14.28)	0.980 3
第二若螨 Nymph II	14.03±1.48	11.72±3.14	N=11.72/(T-14.03)	0.988 4
未成熟期 Immature	12.36±1.18	58.33±7.32	N=58.33/(T-12.36)	0.958 6

1) 模型中 N 为发育历期(d),K 为有效积温(日·度),C 为发育起点温度(℃),T 为环境温度(℃)。
In the model, N indicates the developmental duration; K indicates effective accumulative temperature (℃); C indicates threshold temperature (℃) and T indicates temperature (℃).

表 4 不同温度下智利小植绥螨产卵量与产卵历期¹⁾

Table 4 Fecundity and oviposition durations of the <i>Phytoseiulus persimilis</i> under different temperatures		
温度/℃ Temperature	平均产卵量/粒·雌 ⁻¹ Average fecundity	平均产卵历期/d Average oviposition duration
16	(54.95±3.96)b	(20.10±0.68)a
19	(93.60±6.30)a	(22.55±1.37)a
22	(86.90±4.52)a	(19.10±0.68)a
25	(94.25±2.83)a	(19.10±0.68)a
28	(88.95±3.83)a	(21.10±1.39)a
31	(39.25±4.66)c	(11.35±1.00)b

1) 同列数据后具相同小写字母者表示方差分析在 0.05 水平上差异不显著(DMRT 法)。
The same lowercase letters indicate no significant difference at 0.05 level (DMRT method).

2.5 不同温度下的智利小植绥螨逐日产卵量

19~31℃各温度下的产卵速率基本一致,当植绥螨发育至成螨后,单雌逐日产卵量第 1 天时较低,随后逐渐增加,前 5 d 的产卵量达到整体产卵量高峰,随后产卵量开始下降。16℃下,单雌逐日产卵趋势与其他温度有所不同,前 17 d 基本持平,大约 2~3 粒,随着时间的推移快速升高,在 19 d 时达到产卵量的高峰值,然后急剧下降。在 19℃下,雌螨的产卵历期最长,达 37 d,其次是 16、25、28℃;在 31℃下,雌螨的产卵历期最短,仅为 20 d。在 22~25℃下,单日产卵量最高可达 7~8 粒,明显高于 31℃下单日最高产卵量(图 1)。

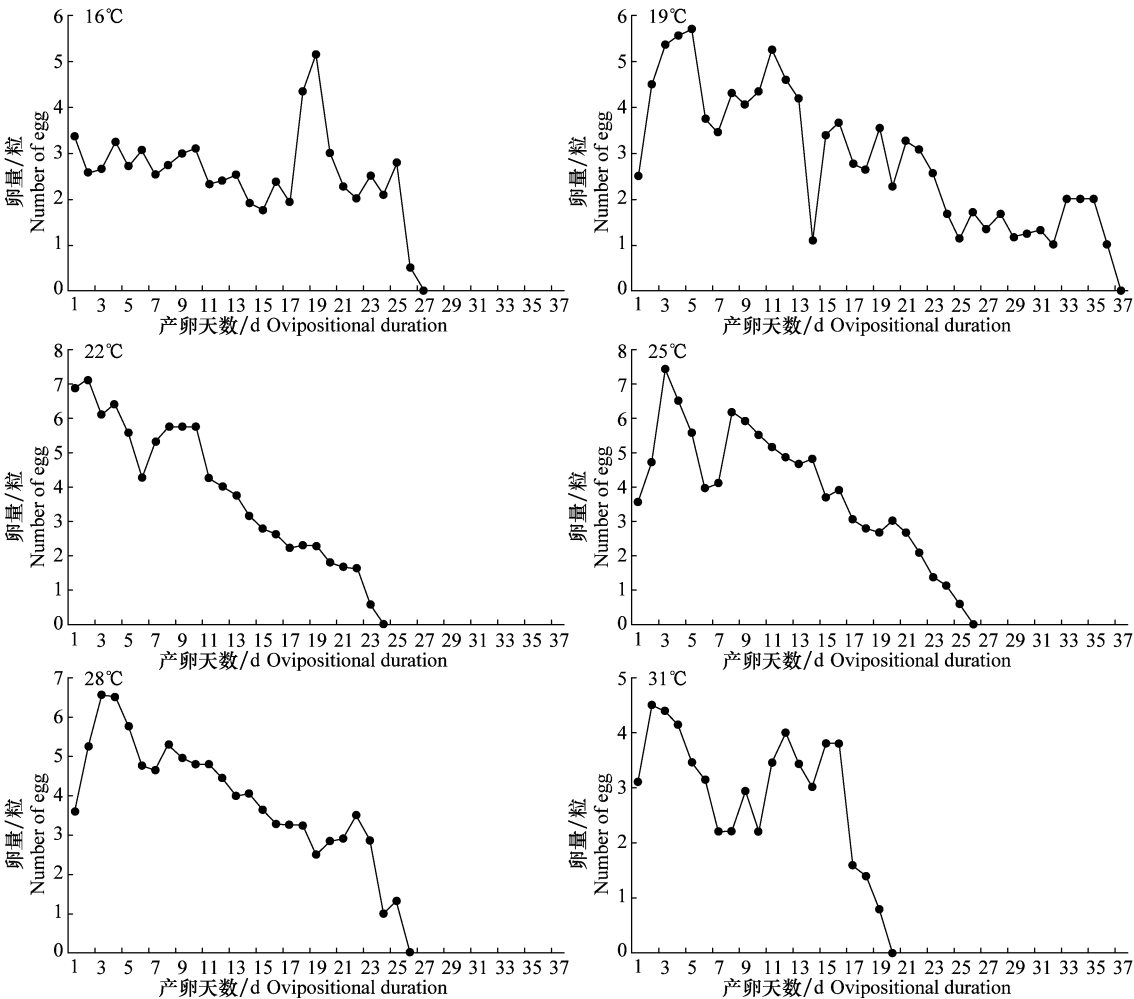


图 1 不同温度下智利小植绥螨单雌逐日产卵量

Fig. 1 Egg-laying dynamics of *Phytoseiulus persimilis* under different temperatures

3 讨论

本试验系统研究了不同温度下智利小植绥螨各螨态发育速率与繁殖力,结果表明,智利小植绥螨比

二斑叶螨具有更快的发育速率,在 31℃下,智利小植绥螨从卵发育至成螨仅需 2.89 d,在 22~28℃适温下,从卵发育至成螨只需 4.16~5.99 d,这与张兆清等^[19]报道的在日平均温度 25~28℃、相对湿度

80%~85%条件下智利小植绥螨世代历期为 5.4 d 基本一致。梁妍等^[20]研究 3 种寄主植物对二斑叶螨生长发育的影响,结果表明在 25℃ 条件下,二斑叶螨从卵发育至成螨需 11 d 左右,远长于智利小植绥螨的 5.3 d,说明智利小植绥螨的发育速率明显高于二斑叶螨。

智利小植绥螨除具有发育速度快的特点外,还具有较强的繁殖力。本研究表明,19~28℃ 条件下平均单雌产卵量为 86~94 粒,尽管略低于二斑叶螨的平均单雌产卵量(108 粒)^[21],但梁妍、王银方等^[20,22]分别对智利小植绥螨、二斑叶螨试验种群生命表的研究结果显示,在 25℃ 条件下智利小植绥螨内禀增长率为 0.299,种群倍增时间为 2.314 d,二斑叶螨的内禀增长率低于智利小植绥螨,种群倍增时间则高于智利小植绥螨。另外,二斑叶螨各个螨态的发育起点温度均在 12~14℃,与智利小植绥螨的发育起点温度差异不大。

本试验是在室内恒温条件下进行,自然变温条件下智利小植绥螨生长繁殖与温度的关系非常复杂,田间种群的增殖受天敌、种群密度及食料充裕程度影响较大。因此,在运用这些参数时,应从生态系的具体情况出发,结合田间调查及自然界各种因素进行综合分析和评价,以期获得更好的控制效果。

参考文献

- [1] Mc Murtry J A. Life-styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control [J]. Annual Review of Entomology, 1997, 42: 291 - 321.
- [2] Chant D A. An experiment in biological control of *Tetranychus telarius* (L.) (Acarina: Tetranychidae) in a greenhouse using the predacious mite *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Phytoseiidae)[J]. The Canadian Entomologist, 1961, 93: 437 - 443.
- [3] Van Lenteren J C, Woets J. Biological and integrated pest control in greenhouses [J]. Annual Review of Entomology, 1988, 33: 239 - 269.
- [4] Zhang Z Q, Sanderson J. Two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on greenhouse roses: spatial distribution and predator efficacy[J]. Journal of Economic Entomology, 1995, 88: 352 - 357.
- [5] Zhang Z Q. Mites of Greenhouses[M]. Oxon, UK: CABI Publishing, 2003: 244.
- [6] Gillespie D R, Raworth D A. Biological control of two-spotted spider mites on greenhouse vegetable crops [M]//Heinz K M, Van Driesche R G, Parrella M P, Eds. Biocontrol in protected culture. Batavia: Ball Publishing, 2004: 185 - 199.
- [7] Rhodes E M, Liburd O E, Kelts C, et al. Comparison of single and combination treatments of *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus*, and Acramite (bifenazate) for control of two-spotted spider mites in strawberries [J]. Experimental and Applied Acarology, 2006, 39: 213 - 225.
- [8] Oliveira H, Fadini M A, Venzon M, et al. Evaluation of the predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) as a biological control agent of the two-spotted spider mite on strawberry plants under greenhouse conditions [J]. Experimental and Applied Acarology, 2009, 47: 275 - 283.
- [9] Alatawi F, Nechols J R, Margolies D C. Spatial distribution of predators and prey affect biological control of two-spotted spider mites by *Phytoseiulus persimilis* in greenhouses [J]. Biological Control, 2011, 56: 36 - 42.
- [10] 董慧芳, 郭玉杰. 应用智利小植绥螨防治温室一串红上二斑叶螨的试验[J]. 中国生物防治通报, 1985, 1(1): 12 - 15.
- [11] 杨子琦, 陶方玲, 曹华国, 等. 释放智利小植绥螨防治蔬菜上神泽氏叶螨的田间试验[J]. 生物防治通报, 1990, 6(2): 88 - 89.
- [12] 张艳璇, 林坚贞, 池燕斌, 等. 应用智利小植绥螨控制露天草莓园神泽氏叶螨[J]. 中国生物防治, 1996, 12(4): 188 - 189.
- [13] 李丽娟, 鲁新, 刘宏伟, 等. 我国智利小植绥螨的繁殖及应用研究[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26 (4): 402 - 405.
- [14] 张帆, 唐斌, 陶淑霞, 等. 中国植绥螨规模化饲养及保护利用研究进展[J]. 昆虫知识, 2005, 42(2): 139 - 143.
- [15] 赵明茜, 武予清. 智利小植绥螨的繁殖工艺[J]. 河南农业科技, 2015, 35 (1): 23 - 26.
- [16] 福建农学院. 害虫生物防治[M]. 北京: 农业出版社, 1982: 133 - 138.
- [17] 郭玉杰, 董慧芳. 变温变湿对智利小植绥螨发育和存活的影响[J]. 中国生物防治, 1987, 3(1): 19 - 22.
- [18] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [19] 张兆清. 智利小植绥螨饲养释放试验[J]. 昆虫知识, 1985, 22 (5): 209 - 212.
- [20] 梁妍, 周玉书, 周明来. 三种寄主植物对二斑叶螨生长发育的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(19): 5792 - 5792.
- [21] 胡展育, 邹军锐, 熊继文. 温度对二斑叶螨生长发育和繁殖的影响[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(2): 31 - 33.
- [22] 王银方, 吐尔逊, 何江, 等. 智利小植绥螨以土耳其斯坦叶螨为食的试验种群生命表[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(3): 329 - 333.

(责任编辑: 田 喆)