

斯氏钝绥螨取食三种替代猎物的 实验种群生命表^{*}

郑苑^{1,2**} 宋子伟¹ 张宝鑫^{1***} 谢永辉³
王志江³ 欧阳进³ 李敦松^{1***}

(1. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640;

2. 农业部华南作物有害生物综合治理重点实验室, 广州 510640; 3. 云南省烟草公司昆明市公司, 昆明 650021)

摘要 【目的】粉螨等储粮害螨易于获得和大量饲养, 被广泛用作商业化大量繁殖捕食螨的替代猎物, 为了明确常见粉螨等仓储害螨对斯氏钝绥螨 *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) 的饲养潜力。【方法】室内分别对 3 种替代猎物 (甜果螨 *Carpoglyphus lactis* (L.)、腐食酪螨 *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk)、椭圆食粉螨 *Aleuroglyphus ovatus* Zachvatkin) 饲养的斯氏钝绥螨生命表参数进行测定。【结果】斯氏钝绥螨取食 3 种替代猎物均能从卵发育至成螨并繁殖后代。取食甜果螨、腐食酪螨、椭圆食粉螨的斯氏钝绥螨雌螨的世代历期分别为 6.43、9.20、6.30 d, 平均每雌总产卵量分别为 31.70、8.39 和 11.50 粒, 内禀增长率 r_m 分别为 0.191 8、0.055 0、0.116 2, 周限增长率 λ 分别为 1.211 4、1.056 5、1.123 2。此外, 以甜果螨饲养的雌成螨寿命 (39.02 d) 也是最长的。取食 3 种猎物的内禀增长率 r_m 和周限增长率 λ 均以取食甜果螨的值为高。【结论】甜果螨是这 3 种猎物中最适于大量繁殖斯氏钝绥螨的猎物。

关键词 斯氏钝绥螨; 替代猎物; 生命表; 发育历期; 内禀增长率

Life table of *Amblyseius swirskii* fed on three substitute prey species

ZHENG Yuan^{1,2**} SONG Zi-Wei¹ ZHANG Bao-Xin^{1***} XIE Yong-Hui³
WANG Zhi-Jiang³ OUYANG Jin³ LI Dun-Song^{1***}

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Plant Protection Research Institute,

Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. The Key Laboratory of Integrated

Pest Management on Crops in South China, Ministry of Agriculture, P. R. China, Guangzhou 510640, China;

3. Kunming Branch, Yunnan Tobacco Company, Kunming 650021, China)

Abstract 【Objectives】To evaluate the potential of common flour mites and grain mites, which are easy to obtain and mass rear, as substitute prey for mass rearing *Amblyseius swirskii*. 【Methods】Life table parameters of *A. swirskii* reared on three substitute prey species, *Carpoglyphus lactis*, *Tyrophagus putrescentiae* and *Aleuroglyphus ovatus* were measured under lab conditions of (25±1)°C, RH 65%±10 % and L:D=16:8. 【Results】The developmental period of *A. swirskii* reared on the three kinds of substitute prey was 6.43, 9.20, 6.30 d, respectively, and average female fecundity was 31.70, 8.39 and 11.50 eggs, respectively. The intrinsic rate of increase (r_m) was 0.191 8, 0.055 0, 0.116 2, respectively, and the finite rate (λ) of increase was 1.211 4, 1.056 5, 1.123 2, respectively. *A. swirskii* laid more eggs and had lived longer when fed on *C. lactis* than on the two other substitute prey species tested. 【Conclusion】*C. lactis* was the best of the three substitute prey species tested for rearing *A. swirskii*.

Key words *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot); substitute prey; life table; developmental period; intrinsic rate of increase

*资助项目 Supported projects: 云南省烟草公司科技计划重点项目 (2017YN13); 农业部华南作物有害生物综合治理重点实验室开放基金 (SCIPM2018-07)

**第一作者 First author, E-mail: zhengyuan506@163.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: zhangbx@gdppri.com; dsli@gdppri.cn

收稿日期 Received: 2019-04-16; 接受日期 Accepted: 2019-06-18

斯氏钝绥螨 *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) 隶属蜱螨亚纲 Acari, 植绥螨科 Phytoseiidae, 是多食性捕食螨, 可以捕食叶螨、烟粉虱、蓟马、花粉、蜜露等食物继代繁殖 (McMurtry *et al.*, 2013)。由于其较强的适应性和捕食性, 斯氏钝绥螨在 2005 年就已成功实现了商品化生产, 并且在欧洲国家广泛应用于烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 的防治 (Gerson and Weintraub, 2007)。我国引进该螨后, 相关研究主要集中在其对微小害虫的捕食效应评价上, 如对朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) 若螨保持着较强的捕食能力 (王利平等, 2011), 对烟叶上的烟蓟马 *Thrips tabaci* Lindeman 起到显著的控制作用 (杨海林等, 2015), 在温室内以 250 头/株的释放密度释放斯氏钝绥螨就可有效控制烟粉虱种群 (余清等, 2017) 等。

腐食酪螨 *Tyrophagus putrescentiae* (Schränk) 和椭圆食粉螨 *Aleuroglyphus ovatus* Zachvatkin 隶属蜱螨亚纲 Acari, 粉螨科 Acaridae, 是常见的储藏物和中药材害螨 (白旭光, 2002)。甜果螨 *Carpoglyphus lactis* (L.) 隶属于蜱螨亚纲 Acari, 果螨科 Carpocephalus, 主要为害食糖、干果、蜜饯等食品 (沈兆鹏, 1979)。在 32℃, RH70% 的条件下, 腐食酪螨的平均发育期为 8.46 d (Cunnington, 1967)。在 25℃, RH75% 的条件下, 甜果螨和椭圆食粉螨的生活周期平均值分别为 15.0 d、16.8 d (忻介六和沈兆鹏, 1964; 沈兆鹏, 1979)。3 种螨都具有食性杂、分布广和发育历期短等特点, 具备在短期内获得大量个体、成为捕食螨的替代猎物的能力。

捕食螨的人工大量饲养技术是捕食螨商业化生产应用的关键, 利用替代猎物大量繁殖捕食螨是目前广泛采用的方法, 而人工饲料的利用是更有潜力提高繁殖效率的技术 (张宝鑫等, 2007), 商业化生产的斯氏钝绥螨主要以甜果螨和食虫狭螨 *Thyreophagus entomophagus* 进行饲养 (Nguyen *et al.*, 2013), 利用鸡蛋黄、蛋白胨、地中海粉螟卵等成份配制的人工饲料已可以连续饲养斯氏钝绥螨 6 代 (Nguyen *et al.*, 2014), 国内引进该螨后已开展了以椭圆食粉螨和腐食

酪螨饲养斯氏钝绥螨的相关研究 (樊勇, 2009; 王利平, 2010)。为进一步明确上述 3 种常见的仓储害螨饲养斯氏钝绥螨的能力, 最大限度地利用资源, 降低饲养成本, 促进斯氏钝绥螨在防治蓟马、烟粉虱等微小害虫上的应用, 本文对 3 种替代猎物 (甜果螨、腐食酪螨、椭圆食粉螨) 饲养的斯氏钝绥螨生命表参数进行了研究和比较。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试捕食螨: 斯氏钝绥螨由福建省农业科学院植物保护研究所提供。供试替代猎物分别为本实验室饲养的甜果螨、腐食酪螨、椭圆食粉螨种群。饲养条件和试验条件为温度 (25±1)℃, 相对湿度 (65±10)%, 光周期为 16L: 8D。

1.2 捕食螨发育和繁殖实验方法

参照 Lee 和 Gillespie (2011) 的隔水法, 分别用 3 种替代猎物饲养捕食螨。在饲养盒 (15 cm×15 cm×6.5 cm) 内放一块海绵 (直径 9 cm, 厚 3 cm), 海绵边不与培养皿接触, 在海绵上放一片圆形的黑色塑料薄膜 (直径 7 cm), 用纸巾沿薄膜外缘围一圈, 在饲养盒内加入适量的水, 用来保湿和防止螨逃逸。在薄膜上挑入 20 只抱卵的斯氏钝绥螨雌成螨 (腹部膨大的个体), 让其产卵, 将 4 h 内产下的卵作为实验备用卵。

同理, 另外设置试验台 (黑色塑料薄膜直径为 2 cm), 用小号毛笔将 1 粒卵挑入试验台上, 每天上午 8:00 和下午 18:00 观察并记录斯氏钝绥螨的发育情况, 若有新的蜕皮壳即可确认进入新的螨态, 当捕食螨发育至雌成螨后, 引入雄螨使其交配, 实验过程中发现雄螨死亡或丢失立即补充 1 头雄螨, 记录产卵前的历期和日产卵量, 同时加入足量的替代猎物甜果螨, 并记录捕食螨的存活情况。单独饲养捕食螨每天产下的每粒卵, 待进入若螨期后以甜果螨为食, 并记录其性别。本实验共研究 3 种替代猎物即 3 个处理, 每处理 30 个重复。

1.3 数据统计与分析

通过组建生殖率表, 计算下列参数:

净生殖率 $R_0 = \sum l_x m_x$;

世代平均历期 $T = (\sum x l_x m_x) / R_0$;

内禀增长率 $r_m = \ln R_0 / T$;

周限增长率 $\lambda = e^r$;

种群倍增时间 $t = \ln 2 / r$ 。

x 为按年龄划分的单位时间间距; l_x 为在 x 期内雌成螨的存活率; m_x 为在 x 期内平均每头雌成螨产下的雌性后代数; e 为自然常数。

以上数据用 Excel 2007 进行统计和处理, 采用软件 SAS 9.0 在计算机上进行统计检验, 两组数据间的比较采用 t -测验, $P < 0.05$ 的为显著。

2 结果与分析

2.1 发育历期

结果表明, 不同猎物饲养的斯氏钝绥螨的不同阶段发育的历期有一定差异 (表 1)。以甜果螨作为猎物饲养时, 斯氏钝绥螨的幼螨的历期最短, 仅 0.72 d, 差异显著 ($df=87$, $F=7.39$, $P=0.001$); 以腐食酪螨饲养的前若螨和后若螨的历期显著延长, 分别为 3.10 d ($df=87$, $F=18.03$, $P<0.000$) 和 3.32 d ($df=83$, $F=23.26$, $P<0.000$), 差异显著。产卵前期和世代历期均以取食腐食酪螨的最长。整个发育过程中, 椭圆食粉螨

饲养的捕食螨寿命是最短的, 仅 19.77 d。与其他两种猎物饲养的斯氏钝绥螨比较, 以甜果螨饲养的斯氏钝绥螨寿命最长, 平均寿命 35.05 d, 差异显著 ($df=89$, $F=12.53$, $P<0.000$), 以甜果螨饲养的斯氏钝绥螨的存活率一直高于其他 2 种猎物饲养的斯氏钝绥螨 (图 1)。

2.2 斯氏钝绥螨在不同替代猎物上的繁殖力

从表 2 可以看出, 3 种猎物饲养的斯氏钝绥螨中, 产卵历期分别为 17.26、8.72、20.50 d, 取食椭圆食粉螨的最长; 以甜果螨饲养的雌螨寿命 (39.02 d) 最长, 取食椭圆食粉螨的次之, 取食腐食酪螨的雌螨寿命最短; 产卵总量也是以取食甜果螨的为最大 (31.70 粒/雌), 产卵历期和产卵总量均是取食腐食酪螨的为最小, 分别为 8.72 d 和 8.39 粒/雌。可见以甜果螨饲养的斯氏钝绥螨的繁殖能力最强。雄螨寿命则以腐食酪螨饲养的最长, 为 22.18 d, 取食椭圆食粉螨的最短, 平均 12.27 d。

2.3 捕食螨的生命表参数比较

取食甜果螨的斯氏钝绥螨的净增殖率 R_0 最高, 为 31.76, 其次是取食椭圆食粉螨的, 取食腐食酪螨的最低 (表 3)。取食腐食酪螨的斯氏钝绥螨的平均世代周期 T 和种群加倍时间 t 均是最长的, 取食甜果螨的平均世代周期和种群加倍时间都是最短的。3 种猎物饲养的斯氏钝绥螨的

表 1 斯氏钝绥螨取食 3 种替代猎物的发育历期
Table 1 Mean developmental period (in days) of *Amblyseius swirskii* fed on three prey species

	甜果螨 <i>C. lactis</i>	腐食酪螨 <i>T. putrescentiae</i>	椭圆食粉螨 <i>A. ovatus</i>
卵期 Egg (d)	1.98±1.12a	1.67±0.17b	1.91±1.21a
幼螨期 Larvae (d)	0.72±0.13a	1.12±0.17b	1.05±0.19b
前若螨期 Protonymph (d)	1.88±0.23a	3.10±0.47b	1.79±0.32a
后若螨期 Deutonymph (d)	1.85±0.21a	3.32±0.44 b	2.13±0.31a
产卵前期 Preoviposition period (d)	2.65±0.32a	7.41±1.98b	6.47±2.97b
世代历期 Generation (d)	6.43±0.30a	9.20±0.56b	6.30±0.72a
寿命 Longevity (d)	35.05±5.59a	22.27±3.65b	19.77±4.77b

表中数据为平均值±标准误。同一行数字后标有不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平 (t -检验)。下表同。

The data in the table are mean±SE, and followed by different letters in the same row indicate significant difference at the 0.05 level by t -test. The same below.

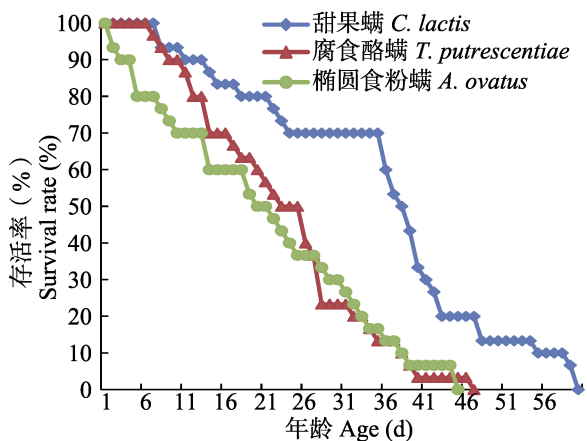


图 1 斯氏钝绥螨取食不同猎物的存活率
Fig. 1 Survival rate of *Amblyseius swirskii* fed on three prey species

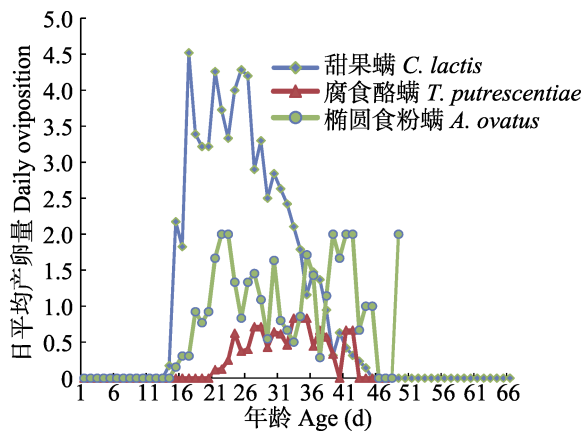


图 2 斯氏钝绥螨取食 3 种猎物的日均产卵量
Fig. 2 Daily oviposition of *Amblyseius swirskii* fed on three prey species

表 2 不同猎物饲养的斯氏钝绥螨的繁殖力
Table 2 Mean fecundity of *Amblyseius swirskii* fed on three prey species

	甜果螨 <i>C. lactis</i>	腐食酪螨 <i>T. putrescentiae</i>	椭圆食粉螨 <i>A. ovatus</i>
产卵历期 Oviposition period (d)	17.26±2.91a	8.72±2.94b	20.50±5.3a
产卵总量(粒) Total fecundity (eggs)	31.70±5.15a	8.39±1.62b	11.50±5.74b
雌螨寿命 Female adult (d)	39.02±5.48a	22.32±4.17b	26.91±4.75b
雄螨寿命 Male adult (d)	22.00±4.27a	22.18±7.99a	12.27±5.21a

表 3 不同猎物饲养的斯氏钝绥螨的生命表参数
Table 3 Life table parameters of *Amblyseius swirskii* fed on three prey species

	甜果螨 <i>C. lactis</i>	腐食酪螨 <i>T. putrescentiae</i>	椭圆食粉螨 <i>A. ovatus</i>
净增殖率 Net reproductive rate (R_0)	31.76	3.26	11.51
平均世代周期 Generation time (T)(d)	18.03	21.51	21.03
种群加倍时间 Doubling time (t)(d)	3.61	12.61	5.96
内禀增长率 Intrinsic rate of increase (r_m)	0.191 8	0.055 0	0.116 2
周限增长率 Finite rate of increase (λ)	1.211 4	1.056 5	1.123 2
性比 Ratio of female	3.285 7	2.111 1	2.285 7

内禀增长率 r_m 分别为 0.191 8、0.055 0、0.116 2，周限增长率 λ 分别为 1.211 4、1.056 5、1.123 2，均以甜果螨饲养的斯氏钝绥螨的高于其他两种猎物的。说明以甜果螨作为猎物，如果没有其他因素的影响，斯氏钝绥螨种群将会以 0.191 8 的指数增长速率逐日增长，在 18.03 d 内每天增长 1.211 4 倍。

3 结论与讨论

结果表明斯氏钝绥螨取食甜果螨、腐食酪

螨、椭圆食粉螨均可以正常生长发育和繁殖，但种群增长能力存在差异。在繁殖力方面，3 种猎物饲养的斯氏钝绥螨中，以甜果螨饲养的斯氏钝绥螨雌螨寿命最长，为 39.02 d，长于 Nguyen 等（2013）报道的以甜果螨为食的雌螨寿命 35.90 d；取食腐食酪螨的雌螨寿命最短为 22.32 d。产卵总量以取食甜果螨的 31.70 粒/雌为最高，但低于取食二斑叶螨（46.5 粒/雌）、截形叶螨（57.6 粒/雌）、西花蓟马（43.2 粒/雌）、烟粉虱（35 粒/雌）的，3 种替代猎物饲养的雌螨

寿命均短于取食截形叶螨 (48.06 d) 和西花蓟马的 (43.8 d) (Rasmy *et al.*, 2004; 陈霞等, 2011; 张艳璇等, 2012; 韩玉华等, 2016)。

从生命表参数看, 取食甜果螨的斯氏钝绥螨的净增殖率为 31.76, 是取食 3 种替代猎物中最大的, 同时也高于取食烟粉虱的净增殖率 (张艳璇等, 2012); 内禀增长率为 0.1918, 高于取食截形叶螨和西花蓟马的 (陈霞等, 2011; 韩玉华等, 2016); 取食椭圆食粉螨的内禀增长率为 0.1162, 略高于陈霞等 (2016) 报道的取食椭圆食粉螨的 0.0895。结果表明, 3 种替代猎物中, 甜果螨更适合用于大量饲养斯氏钝绥螨, 同时也具有比自然猎物更大的增殖潜力和更高的繁殖力。

斯氏钝绥螨可以花粉为食并发育至成虫繁殖后代。在 25℃ 条件下以花粉为食的斯氏钝绥螨的平均世代周期为 17.8 d (Lee and Gillespie, 2011)。Goleva 和 Zebitz (2013) 利用 17 种植物花粉饲养斯氏钝绥螨, 有 8 种植物花粉饲养的雌成螨产卵量较高 (>40 粒), 寿命较长 (>50 d)。7 种植物花粉中, 斯氏钝绥螨取食玉米、黄瓜和丝瓜花粉后种群有较大的净增殖率 (分别为 23.65-29.76), 有利于其大量繁殖 (罗春萍等, 2017)。本实验中取食甜果螨的斯氏钝绥螨的净增殖率为 31.76, 高于用不同花粉饲养的斯氏钝绥螨的参数。此外, 花粉的成本较高, 因此, 工厂化大量生产捕食螨一般不选用花粉, 而选用成本低廉易饲养的替代猎物。

利用人工饲料繁殖天敌是更经济、高效的方法 (Riddick, 2009), Nguyen 等 (2013) 的研究表明利用柞蚕蛹血淋巴配制的人工饲料对斯氏钝绥螨的饲养效果与甜果螨和花粉的饲养效果相当, 有些生命参数甚至表现得更好。本研究中取食甜果螨后斯氏钝绥螨的产卵量 (31.70), 略高于 Nguyen 等 (2013) 研究中取食甜果螨的产卵量 (29.03), 但低于人工饲料的产卵量 (38.26), 说明不同的食物, 由于营养成分不同, 影响捕食螨的生长发育。此外, 供捕食螨取食的猎物其饲料不同, 也会对捕食螨的习性产生间接影响, 如向腐食酪螨的饲料中添加酵母粉和白砂

糖, 可显著促进巴氏新小绥螨捕食能力 (夏晓飞, 2015)。因此, 为配制理想的人工饲料, 提高人工饲料的饲养效果, 需要进一步开展斯氏钝绥螨不同食物的营养成分分析, 比较不同食物的营养差异, 以确定关键营养成分。

参考文献 (References)

- Bai XG, 2002. Stored Product Insects and Control. Beijing: Science Press. 225-230. [白旭光, 2002. 储藏物害虫与防治. 北京: 科学出版社. 225-230.]
- Chen X, Zhang YX, Ji J, Lin JZ, 2011. Experimental life table for population of *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) fed on *Tetranychus truncatus* (Ehara). *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 26(3): 415-419. [陈霞, 张艳璇, 季洁, 林坚贞, 2011. 斯氏钝绥螨以截形叶螨为猎物的实验种群生命表. 福建农业学报, 26(3): 415-419.]
- Chen X, Zhang YX, Ji J, Lin JZ, Sun L, 2016. Laboratory population life table of *Typhlodromips swirskii* (Athias-Henriot) feeding on different pollens and *Aleurogly phusovatus* (Troupeau). *Plant Protection*, 39(5): 149-152. [陈霞, 张艳璇, 季洁, 林坚贞, 孙莉, 2016. 斯氏小盲绥螨取食 3 种花粉和椭圆食粉螨的实验种群生命表. 植物保护, 39(5): 149-152.]
- Cunnington AM, 1967. Physical limits for complete development of the copra mite, *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina: Acaridae). *Acarology*, 2(2): 241-248.
- Delisle JF, Shipp L, Brodeur J, 2015b. Apple pollen as a supplemental food source for the control of western flower thrips by two predatory mites, *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on potted chrysanthemum. *Experimental Applied Acarology*, 65(4): 495-509.
- Fan Y, 2009. Study on the rearing of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae: Phytoseius) and predatory functional response to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). Master's degree dissertation. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [樊勇, 2009. 瑞氏钝绥螨饲养研究以及对温室白粉虱的捕食功能反应. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学.]
- Gerson U, Weintraub PG, 2007. Mites for control of pests in protected cultivation. *Pest Management Science*, 63(7): 658-676.
- Goleva I, Zebitz CPW, 2013. Suitability of different pollen as alternative food for the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari, Phytoseiidae). *Experimental Applied Acarology*, 61(3): 259-283.
- Han YH, Meng RX, Dong Z, Wei CG, Yi WD, Zhang QW, 2016. Evaluation of the potential of six phytoseiid predators as

- biological control agents of the western flower thrip *Frankliniella occidentalis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(5): 996–1004. [韩玉华, 孟瑞霞, 董喆, 魏春光, 伊卫东, 张青文, 2016. 以实验种群生命表评价六种植绥螨对西花蓟马的控制潜力. *应用昆虫学报*, 53(5): 996–1004.]
- Hsin KL, Shen CP, 1964. Studies on the life-history of *Aleuroglyphus ovatus* Troupeau (Acarina, Acaridae). *Acta Entomologica Sinica*, 13(3): 428–435. [忻介六, 沈兆鹏, 1964. 椭圆食粉螨 (*Aleuroglyphus ovatus* Troupeau, 1878)生活史的研究(蜱螨目, 粉螨科). *昆虫学报*, 13(3): 428–435.]
- Lee HS, Gillespie DR, 2011. Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures. *Experimental Applied Acarology*, 53(1): 17–27.
- Luo CP, Chen B, Li YF, Cao NN, Yang L, Yu Q, 2017. Study on the development and reproduction of *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) by feeding the different plant pollens. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 32(4): 594–599. [罗春萍, 陈斌, 李亦菲, 曹宁宁, 杨磊, 余清, 2017. 斯氏钝绥螨取食几种植物花粉后的生长发育和繁殖能力研究. *云南农业大学学报(自然科学)*, 32(4): 594–599.]
- Mcmurtry JA, Moraes GJD, Sourassou NF, 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology*, 18(4): 297.
- Nguyen DT, Vangansbede D, De Clercq P, 2014. Artificial and factitious foods support the development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Experimental Applied Acarology*, 62(2): 181–194.
- Nguyen DT, Vangansbede D, Lu X, De Clercq P, 2013. Development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii* on artificial diets. *Biological Control*, 58(3): 369–377.
- Rasmy AH, Abou-El-Ella GM, Hussein HE, 2004. Cannibalism and interspecific predation of the phytoseiid mite, *Amblyseius swirskii*. *Journal of Pest Science*, 77(1): 23–25.
- Riddick EW, 2009. Benefits and limitations of factitious prey and artificial diets on life parameters of predatory beetles, bugs, and lacewings: a mini-review. *Biological Control*, 54(3): 325–339.
- Shen CP, 1979. Studies on the life history of *Carpoglyphus lactis* (L.) (Astigmata, Carpocephidae). *Acta Entomologica Sinica*, 22(4): 443–447. [沈兆鹏, 1979. 甜果螨生活史的研究(无气门目: 果螨科). *昆虫学报*, 22(4): 443–447.]
- Wang LP, 2010. Artificial rearing of *Amblyseius swirskii* and its predation to *Tetranychus cinnabarinus*. Master's degree dissertation. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [王利平, 2010. 瑞氏钝绥螨人工饲养及其对朱砂叶螨的捕食作用. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学.]
- Wang LP, Wang YM, Du JP, Zhang GA, 2011. Predation of *Amblyseius swirskii* on *Tetranychus cinnabarinus* nymphs. *Chinese Journal of Biological Control*, 27(2): 171–175. [王利平, 王永模, 杜进平, 张国安, 2011. 斯氏钝绥螨对朱砂叶螨若螨的捕食作用. *中国生物防治学报*, 27(2): 171–175.]
- Xia XF, 2015. The impact of additional nutrients on predatory function and resistance of *Neoseiulus barkeri*. Master's degree dissertation. Hefei: Anhui Agricultural University. [夏晓飞, 2015. 添加营养物对巴氏新小绥螨捕食功能及其抗药性的影响. 硕士学位论文. 合肥: 安徽农业大学.]
- Yang HL, Yu Q, Gu XH, Shi MH, Zhang LM, 2015. Evaluation of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agents of *Thrips tabaci* Lindeman on tobacco. *Journal of Environmental Entomology*, 37(5): 1037–1042. [杨海林, 余清, 谷星慧, 史明慧, 张立猛, 2015. 斯氏钝绥螨对烟蓟马的防治效果研究. *环境昆虫学报*, 37(5): 1037–1042.]
- Yu Q, Luo CP, Chen B, Liu YJ, 2017. Study on the control efficacy of predatory mites of *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) and *Amblyseius swirskii* against the *Bemisia tabaci* on tobacco plant in greenhouse. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 32(1): 36–43. [余清, 罗春萍, 陈斌, 刘月静, 2017. 胡瓜钝绥螨和斯氏钝绥螨对温室烟草上烟粉虱的控制作用研究. *云南农业大学学报(自然科学)*, 32(1): 36–43.]
- Zhang BX, Li DS, Feng L, Huang SH, 2007. Research progress of mass production and release technologies of predatory mites. *Chinese Journal of Biological Control*, 23(3): 279–283. [张宝鑫, 李敦松, 冯莉, 黄少华, 2007. 捕食螨的大量繁殖及其应用技术的研究进展. *中国生物防治*, 23(3): 279–283.]
- Zhang YX, Zhang GQ, Chen X, Lin JZ, Ji J, Sun L, 2012. Research on the application of *Typhlodromips swirskii* for the control of *Bemisia tabaci*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(3): 721–728. [张艳璇, 张公前, 陈霞, 林坚贞, 季洁, 孙莉, 2012. 斯氏小盲绥螨在大棚上防治烟粉虱的研究与应用. *应用昆虫学报*, 49(3): 721–728.]