



杨果润, 刘丽, 赵冬梅, 梁建锋, 关月姍, 王兴民. 沙巴拟刀角瓢虫生物学特性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (4): 823–829.

沙巴拟刀角瓢虫生物学特性研究

杨果润¹, 刘丽², 赵冬梅³, 梁建锋¹, 关月姍¹, 王兴民^{1,4*}

- (1. 华南农业大学植物保护学院昆虫学系, 广东省生物农药创制与应用重点实验室 & 广东省农业害虫生物防治工程研究中心, 广州 510640; 2. 宁波检验检疫科学技术研究院, 浙江宁波 315012; 3. 浙江大学山东(临沂)现代农业研究院, 山东临沂 276034; 4. 岭南现代农业科学与技术广东省实验室茂名分中心, 广东茂名 525099)

摘要: 探究以烟粉虱 *Bemisia tabaci* Gennadius 为食料, 沙巴拟刀角瓢虫 *Serangiella sababensis* Sasaji 的生物学特性, 为利用沙巴拟刀角瓢虫控制烟粉虱提供理论依据。本试验在实验室条件下观察取食烟粉虱的沙巴拟刀角瓢虫各虫态的形态特征、生活习性、不同虫态的发育历期、存活率和繁殖力, 并计算沙巴拟刀角瓢虫生命表参数。结果表明, 在 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 、L:D=14:10、相对湿度 $75\% \pm 10\%$ 的条件下, 以烟粉虱卵和若虫为食的沙巴拟刀角瓢虫的世代历期分别为 18.82 d 和 17.75 d, 世代存活率分别为 65.53% 和 75.00%, 成虫寿命分别为 106.65 d 和 105.58 d, 每雌产卵量分别为 286.20 粒和 366.67 粒。以烟粉虱卵和若虫为食的沙巴拟刀角瓢虫的内禀增长率 (r_m) 分别为 0.0581 和 0.0780, 净增殖率 (R_0) 分别为 107.0338 和 147.8748, 平均世代历期 (T) 分别为 80.3985 和 64.0385, 周限增长率 (λ) 分别为 1.0598 和 1.0811。研究发现, 取食烟粉虱若虫的沙巴拟刀角瓢虫世代发育历期短于取食卵的世代发育历期, 繁殖率也高于后者, 烟粉虱若虫比烟粉虱卵更适宜作为沙巴拟刀角瓢虫规模化生产的食料。

关键词: 沙巴拟刀角瓢虫; 烟粉虱; 形态特征; 生物学特性

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 04-0823-07

Biological characteristics of *Serangiella sababensis* Sasaji (Coleoptera: Coccinellidae)

YANG Guo-Run¹, LIU Li², ZHAO Dong-Mei³, LIANG Jian-Feng¹, GUAN Yue-Shan¹, WANG Xing-Min^{1,4*} (1. Key Laboratory of Bio-Pesticide Innovation and Application of Guangdong Province & Engineering Research Center of Biological Control of Agricultural Pests of Guangdong Province, Department of Entomology, College of Plant Protection, South China Agricultural University, Guangzhou 510640, China; 2. Ningbo Academy of Inspection and Quarantine, Ningbo 315012, Zhejiang Province, China; 3. Shandong (Linyi) of Modern Agriculture, Zhejiang University, Linyi 276034, Shandong Province, China; 4. Maoming Branch, Guangdong Laboratory for Lingnan Modern Agriculture, Maoming 525099, Guangdong Province, China)

Abstract: This study determined the biological characteristics of *Serangiella sababensis* Sasaji feeding on *Bemisia tabaci* Gennadius, and to provide a theoretical basis for the control of *B. tabaci*. The morphological characteristics and life habits of the different stages of *S. sababensis* feeding on *B. tabaci* were observed under laboratory conditions, and the development duration, survival rate and fecundity

基金项目: 中国烟草总公司重大科技项目 (110202101053 (LS-13)); 云南省烟草公司科技计划项目 (2021530000242001, 2021530000242035); 广州市科技计划项目 (202206010113)

作者简介: 杨果润, 女, 2000年生, 广东梅州人, 本科生, 从事害虫生物防治工作, E-mail: 1600186107@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 王兴民, 男, 博士, 副研究员, 从事瓢虫分类和生物防治工作, E-mail: wangxmcn@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2021-05-08; 接受日期 Accepted: 2021-06-06

were measured, and life table parameters were calculated. The result showed that under the condition of $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $L:D = 14:10$ and $\text{RH } 75\% \pm 10\%$, the average developmental duration of the *S. sababensis* feeding on the eggs and nymphs of *B. tabaci* were 18.82 d and 17.75 d, and the survival rate were 65.53% and 75.00%, and the adult longevity were 106.65 d and 105.58 d, and the fecundity per female were 286.20 eggs and 366.67 eggs. The intrinsic rate of increase r_m of the *S. sababensis* feeding on the eggs and nymphs of *B. tabaci* were 0.0581 and 0.0780, the net reproductive rate R_0 were 107.0338 and 147.8748, and the generation time T were 80.3985 and 64.0385, and the finite rate of increase λ were 1.0598 and 1.0811. The study found that the developmental time of *S. sababensis* feeding on the nymphs was shorter than those feeding on the eggs, and the reproduction rate was also higher than the latter, and the nymphs of *B. tabaci* were more suitable as food for large-scale production of *S. sababensis* than the eggs.

Key words: *Serangiella sababensis* Sasaji; *Bemisia tabaci*; morphological characteristics; biological characteristics

烟粉虱 *Bemisia tabaci* Gennadius 隶属半翅目 Hemiptera 粉虱科 Aleyrodidae, 原产于热带和亚热带地区, 随着贸易运输的扩散, 已成为世界性害虫 (Brown *et al.*, 1995; Kirk *et al.*, 2000; 程伯瑛, 2007)。烟粉虱寄主广泛, 在世界范围内已超 600 种 (赵兴能等, 2020)。烟粉虱通过直接吸取植物汁液、分泌蜜露引发煤污病影响寄主光合作用, 以及传播植物病毒等方式对农业生产造成严重的经济损失 (郑鹏华等, 2019; 杨益芬等, 2020)。

目前对烟粉虱的防治主要是使用化学农药, 但烟粉虱表皮被蜡质, 药物难以进入体内发挥作用, 且由于用药频繁, 烟粉虱抗药性迅速发展, 已对多数常用的化学农药产生抗性 (王然等, 2016; 贾尊尊等, 2017), 同时大量使用化学杀虫剂对环境 and 天敌等非靶标生物也产生负面影响 (张晓明等, 2014; Shahet *et al.*, 2020; 张友昌等, 2020; 陈向荣等, 2021; Ghongade and Sangha, 2021), 因此探求非化学控制措施特别是生物防治已成为研究的重点之一。

我国天敌昆虫资源丰富, 运用天敌昆虫进行捕食的生物防治手段对环境较为友好, 能够可持续地防控害虫 (陈学新, 2010; Crowder *et al.*, 2010; 吕佳乐和徐学农, 2020)。沙巴拟刀角瓢虫 *Serangiella sababensis* Sasaji 属瓢虫科 Coccinellidae 刀角瓢虫属 *Serangini*, 原产于云南西双版纳, 是热带、亚热带地区粉虱的本地优势天敌, 目前关于其捕食行为已有研究 (苗静等, 2010), 但对于其生物学特性尚缺少报道。本文描述了沙巴拟刀角瓢虫的形态特征及生活习性, 初步研究了其发育历期、繁殖力等生物学特性, 并组建了瓢虫的实

验种群生命表, 对于今后沙巴拟刀角瓢虫的规模化繁殖及生物防治的实施具有一定的指导意义。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

烟粉虱种群以变叶木 *Codiaeum variegatum* 为寄主继代保存于生物防治教育部工程研究中心实验室内。

沙巴拟刀角瓢虫 2018 年 7 月采自昆明市官渡区的扶桑 *Hibiscus rosa-sinensis* 绿化带, 以变叶木上烟粉虱若虫为猎物继代繁殖 10 代以上。

1.2 沙巴拟刀角瓢虫形态特征及生活习性观察

实验在温度 $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 光周期 $L:D = 14:10$, 相对湿度 $75\% \pm 10\%$ 的养虫室内进行。在含有较多烟粉虱若虫的变叶木养虫笼内接入 10 对沙巴拟刀角瓢虫, 观察沙巴拟刀角瓢虫各虫态的形态特征以及其产卵、化蛹、羽化等生活习性。

1.3 以不同虫态烟粉虱为食料的沙巴拟刀角瓢虫的发育历期和存活率

沙巴拟刀角瓢虫的发育历期和存活率试验均以烟粉虱卵或高龄若虫 (3 龄、4 龄和伪蛹) 作为猎物。将 5 对沙巴拟刀角瓢虫分别接入含有烟粉虱卵和高龄若虫变叶木叶片的培养皿 ($\varphi = 6\text{ cm}$, $h = 1\text{ cm}$) 中, 24 h 后移去成虫, 每皿保留瓢虫卵 30 粒, 每天观察两次卵的孵化情况。卵孵化后, 将 1 龄瓢虫幼虫移入试管 ($\varphi = 1\text{ cm}$, $h = 5.5\text{ cm}$) 中, 用脱脂棉封口, 一管一头, 每天更换含有烟粉虱卵或高龄若虫的新鲜变叶木叶片作为食料, 每天隔 12 h 观察一次, 记录以烟粉虱卵和高龄若

虫为食的瓢虫的发育及存活情况, 每组处理3次重复。

1.4 沙巴拟刀角瓢虫取食烟粉虱不同虫态的繁殖力

试验分别在带有烟粉虱卵和高龄若虫的变叶木上进行。当瓢虫蛹羽化后, 提供与幼虫阶段相同的食物继续饲养沙巴拟刀角瓢虫成虫并雌雄配对, 于试管 ($\varphi=1\text{ cm}$, $h=5.5\text{ cm}$) 中成对饲养, 用脱脂棉封口, 加几滴水保湿, 每天更换新鲜食物并检查成虫的产卵情况, 每个处理重复 20 对, 记录沙巴拟刀角瓢虫的产卵前期、产卵量及成虫寿命。

1.5 实验种群生命表的组建与分析

从卵产出当天开始, 每天一次调查成虫每天的产卵量, 瓢虫的卵、幼虫和蛹的发育历期及死亡虫数, 参照 Birch (1948) 的方法构建沙巴拟刀角瓢虫捕食烟粉虱卵和若虫的实验种群生命表, 每个处理设初始卵数量为 100 粒。各参数计算公式如下: 净增殖率 $R_0 = \sum l_x m_x$; 内禀增长率

$$r_m = \frac{\ln R_0}{T}; \text{ 种群平均世代历期 } T = \frac{\sum x l_x m_x}{\sum l_x m_x}; \text{ 周}$$

限增长率 $\lambda = e^{r_m}$ 。x 为特征年龄、 l_x 为特征年龄存活率和 m_x 为单雌逐日产雌数。

1.6 数据处理

使用 SPSS 21.0 软件对取食烟粉虱卵和若虫的沙巴拟刀角瓢虫的发育历期、存活率、产卵前期、产卵量和寿命进行 *t* 检验。存活率的原始数据经过反正弦转换后进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 沙巴拟刀角瓢虫形态特征

2.1.1 卵

光滑短椭圆形, 长约 0.4 mm, 宽约 0.2 mm。卵单产, 偶见 2~3 粒聚产。前期半透明无色, 后期白色。

2.1.2 幼虫

纺锤形, 背面无枝刺, 无疣突。腹节 9 节, 腹末有一足突。体背具有黑色刚毛。1 龄幼虫乳白色, 体背上毛瘤不明显。随着幼虫龄期增大, 毛瘤越来越明显, 刚毛也加粗加长。具触角 1 对, 单眼 3 个。

2.1.3 蛹

为裸蛹。白色, 椭圆形, 具白色短细刺毛。羽化前颜色逐渐加深, 由白色变为橙色, 棕色, 最后变为黑色, 然后脱皮羽化。

2.1.4 成虫

体长 1.0~1.2 mm, 宽 0.7~0.9 mm。卵圆形, 黑色, 具金属光泽。腹部黄色, 足黄色。复眼黑色, 触角刀角状。

2.2 沙巴拟刀角瓢虫生活习性

2.2.1 取食

幼虫取食时, 先咬住猎物, 后缓慢抽吸猎物体内的汁液。吸食过程中, 幼虫不停地进行抽吸回吐, 身体不断扭动, 数次后才吸取。烟粉虱卵前期被捕食后仅剩下卵柄, 后期被捕食后则干瘪; 烟粉虱若虫被捕食后仅剩下扁平的白色外壳; 伪蛹被捕食后, 可见一明显的洞孔或缺刻。

2.2.2 产卵

沙巴拟刀角瓢虫营两性生殖, 交配后产卵。卵多产于叶片背面, 也可产于叶片正面, 有时也产在烟粉虱蛹壳内。卵单产、平卧。猎物充足时, 成虫产卵量明显增加。不同的食料条件对其产卵量和寿命有一定影响。

2.2.3 化蛹

沙巴拟刀角瓢虫幼虫一般选择干燥隐蔽场所化蛹。化蛹前, 多从植株上部叶片迁移到植株中下部叶片背部, 静止不食不动, 开始化蛹。化蛹时, 老熟幼虫虫体逐渐收缩, 脱皮后蛹体呈现出成虫形态, 整个蛹体呈白色, 随着蛹的继续发育, 颜色加深, 最后变成黑色。

2.2.4 发育

沙巴拟刀角瓢虫属完全变态, 生活史历经卵、幼虫、蛹和成虫 4 个阶段。沙巴拟刀角瓢虫幼虫共有 4 龄。孵化时幼虫先咬破卵壳, 随后慢慢伸展四肢, 最后爬离卵壳, 并开始取食。

2.2.5 行为

成虫刚羽化时畏光, 常躲藏于阴暗遮蔽处。成虫爬行迅速, 飞翔迁移扩散能力强, 有假死性, 遇惊收缩落地。1 龄、2 龄幼虫迁移能力差, 活动范围小, 3 龄、4 龄幼虫可爬行较长距离。食料缺乏时, 沙巴拟刀角瓢虫会取食自身所产的卵, 幼虫也会自相残杀, 高龄幼虫捕食低龄幼虫, 或幼虫捕食蛹。



图1 沙巴拟刀角瓢虫各虫态照片

Fig. 1 Photographs of the different stages of *Serangiella sababensis*

注: A, 卵; B, 1 龄幼虫; C, 2 龄幼虫; D, 3 龄幼虫; E, 4 龄幼虫; F, 蛹; G, 成虫。Note: A, Egg; B, First instar larvae; C, Second instar larvae; D, Third instar larvae; E, Fourth instar larvae; F, Pupa; G, Adult

2.3 取食不同虫态烟粉虱的沙巴拟刀角瓢虫的发育历期和存活率

取食烟粉虱卵的沙巴拟刀角瓢虫的卵、1 龄、2 龄、3 龄、4 龄、蛹和成虫前期的发育历期分别为 4.58、2.08、1.88、1.82、4.16、4.20 和 18.82 d; 而取食烟粉虱高龄若虫的瓢虫各阶段发育历期分别为 4.73、2.07、1.62、1.52、3.94、3.85 和 17.75 d (图 2)。取食烟粉虱卵的沙巴拟刀角瓢虫的卵、1 龄、2 龄、3 龄、4 龄、蛹和成虫前期的存活率分别为 84.00%、94.44%、100.00%、96.88%、85.36%、100.00% 和 65.53%; 而取食烟粉虱高龄若虫的瓢虫各阶段存活率分别为 93.00%、90.28%、95.47%、98.44%、95.59%、100.00% 和 75.00%。结果表明, 取食烟粉虱不同虫态对沙巴拟刀角瓢虫的生长发育和存活无显著影响。

2.4 沙巴拟刀角瓢虫取食烟粉虱不同虫态的繁殖力和寿命

取食烟粉虱卵的沙巴拟刀角瓢虫产卵前期、产卵量和成虫寿命分别为 8.10 d、286.20 粒和 106.65 d; 取食烟粉虱高龄若虫的沙巴拟刀角瓢虫的产卵前期、产卵量和成虫寿命分别为 7.67 d、366.67 粒和 105.58 d (图 3)。结果表明, 取食烟粉虱不同虫态对沙巴拟刀角瓢虫的繁殖力和寿命无显著影响。

2.5 沙巴拟刀角瓢虫取食烟粉虱不同虫态的生命表参数

取食烟粉虱高龄若虫的沙巴拟刀角瓢虫净增殖率 R_0 、内禀增长率 r_m 和周限增长率 λ 均高于取食烟粉虱卵的瓢虫, 同时种群平均世代历期 T 少 16 d (表 1)。从生命表参数来看, 饲喂烟粉虱高龄若虫比卵对沙巴拟刀角瓢虫种群增殖效果更好。

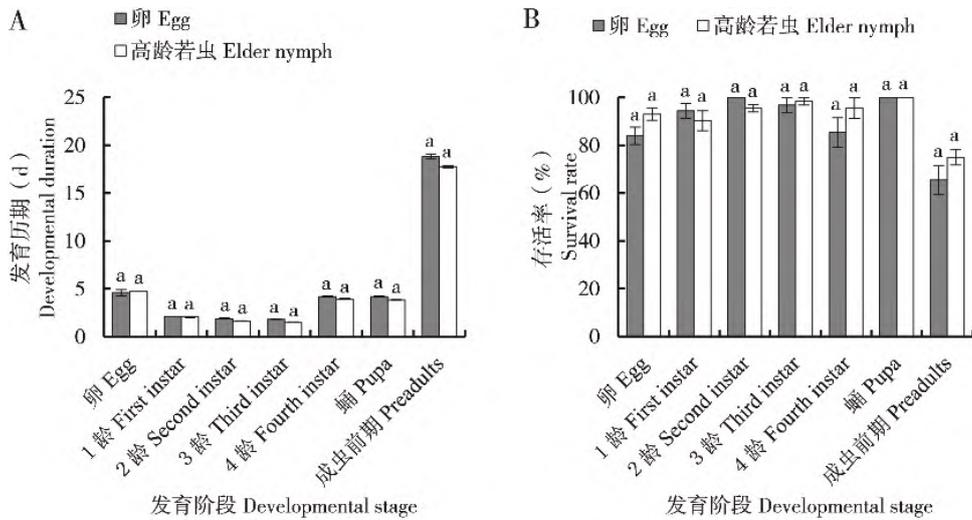


图 2 沙巴拟刀角瓢虫取食烟粉虱卵和高龄若虫的发育历期 (A) 和存活率 (B)

Fig. 2 Developmental duration (A) and survival rate (B) of *Serangiella sababensis* feeding on eggs and nymphs of *Bemisia tabaci*

注: 图中数据为均值 ± 标准误, 同一字母表示在 0.05 水平上差异不显著 (*t* 检验)。下图同。Note: Data in the figure were mean ± SE, and the same letter indicated that the difference was not significant at the 0.05 level (*t*-test). The same below.

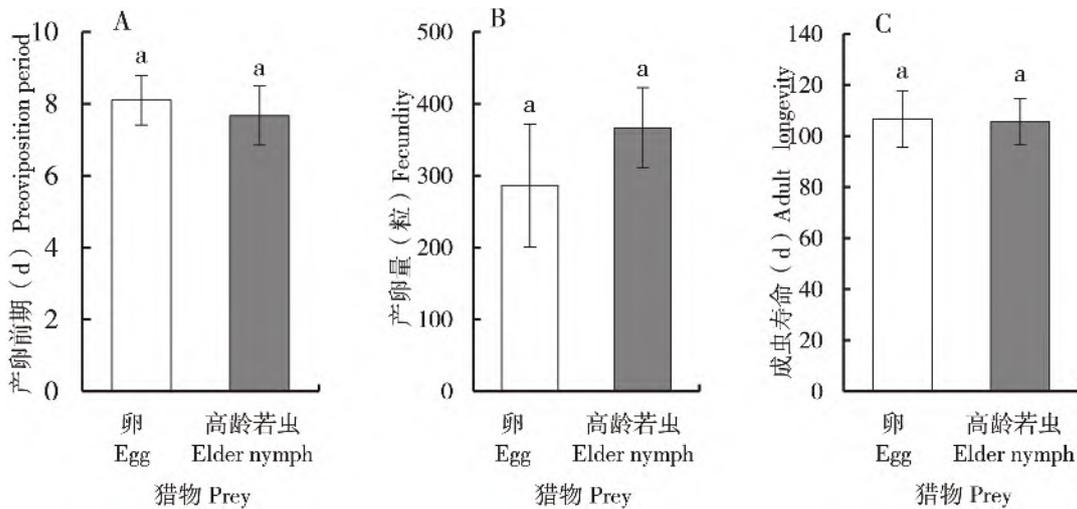


图 3 沙巴拟刀角瓢虫取食烟粉虱卵和高龄若虫的产卵前期 (A)、产卵量 (B) 和成虫寿命 (C)

Fig. 3 Preoviposition period (A), fecundity (B) and adult longevity (C) of *Serangiella sababensis* feeding on eggs and elder nymphs of *Bemisia tabaci*

表 1 沙巴拟刀角瓢虫取食烟粉虱卵和高龄若虫的生命表参数

Table 1 Life table parameters of *Serangiella sababensis* feeding on the eggs and elder nymphs of *Bemisia tabaci*

猎物 Prey	净增殖力 (R_0) Net reproductive rate	内禀增长率 (r_m) Intrinsic rate of increase	平均世代历期 (T) Generation time	周限增长率 (λ) Finite rate of increase
卵 Egg	107.0338	0.0581	80.3985	1.0598
高龄若虫 Elder nymph	147.8748	0.0780	64.0385	1.0811

3 结论与讨论

沙巴拟刀角瓢虫原产于亚洲热带地区, 主要分布在东南亚国家和我国的云南地区, 和南美的小黑瓢虫 *Delphastus catalinae* Horn、广东本地的刀角瓢虫 *Serangium japonica* Chapin 都是近缘种。与刀角瓢虫相比, 沙巴拟刀角瓢虫存活率高、个体小、食量略小 (姚松林等, 2004), 能够长期在田间保持种群数量, 更适合产业化, 生防前景更大。天敌昆虫是消费者, 其完成生命活动所需的营养和能量都依赖于所摄取的食物, 故食物来源对天敌的生长发育、存活、繁殖力和种群密度有着较为重大的意义 (罗宏伟等, 2010)。烟粉虱的不同虫态对沙巴拟刀角瓢虫的生长发育和存活率无显著影响。沙巴拟刀角瓢虫取食烟粉虱若虫的世代发育历期短于取食卵的世代发育历期, 这可能与食料中的营养成分有关。

沙巴拟刀角瓢虫取食烟粉虱若虫的世代存活率 (75.00%) 比取食烟粉虱卵的世代存活率 (65.53%) 高, 且高于烟粉虱天敌刀角瓢虫 (68.00%)、越南斧瓢虫 *Axinoscymnus apioides* Kuznetsov & Ren (73.04%) 和小黑瓢虫 *Delphastus catalinae* (72.41%) 的存活率 (荆英等, 2003; 王兴民等, 2006; 罗宏伟等, 2010)。捕食烟粉虱的某一虫态时瓢虫各龄之间的存活率有差异, 以瓢虫的高龄幼虫和蛹的存活率较高, 而低龄幼虫的存活率较低, 1 龄幼虫最低。在实验中发现瓢虫低龄幼虫在取食时有被烟粉虱溢出的体液、蜜露或叶片蒸发出的水分粘死的现象, 可能瓢虫各龄幼虫之间活动能力的不同造成了存活率的差异。

通过建立沙巴拟刀角瓢虫取食烟粉虱卵和烟粉虱的高龄若虫的实验种群生命表, 捕食烟粉虱高龄若虫的瓢虫的内禀增长率 r_m 、净增殖力 R_0 和周限增长率 λ 均高于捕食烟粉虱卵的瓢虫, 同时平均世代历期 T 更短。由此, 烟粉虱高龄若虫较烟粉虱卵更适宜作为沙巴拟刀角瓢虫规模化生产的食料。

本文主要研究了沙巴拟刀角瓢虫的基本生物学特性以及取食烟粉虱不同虫态对沙巴拟刀角瓢虫的影响, 对沙巴拟刀角瓢虫的人工饲养和繁殖具有实际意义, 而不同虫态食物来源的营养成分、温度、湿度、光周期和猎物的不同寄主等影响则有待进一步探讨。

参考文献 (References)

- Birch LC. The intrinsic rate of natural increase of an insect population [J]. *Journal of Animal Ecology*, 1948, 17 (1): 15–26.
- Brown JK, Frohlich DR, Rosell RC. The sweet potato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex [J]. *Annual Review of Entomology*, 1995, 40: 511–534.
- Chen XR, Xu CX, Han DB, et al. Control of *Bemisia tabaci* in Pepper by *Steinernema carpocapsae* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2021, 37 (1): 110–116. [陈向荣, 徐彩霞, 韩杜斌, 等. 小卷蛾斯氏线虫对辣椒烟粉虱的控制作用 [J]. 中国生物防治学报, 2021, 37 (1): 110–116]
- Chen XX. Recent progress, existing problems and prospects in biological control of insect pests in China [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2010, 47 (4): 615–625. [陈学新. 21 世纪我国害虫生物防治研究的进展、问题与展望 [J]. 昆虫知识, 2010, 47 (4): 615–625]
- Cheng BY. Harmful characteristics of *Bemisia tabaci* biotype B and its integrated control techniques [J]. *China Rural Science & Technology*, 2007, 4: 20–21. [程伯瑛. B 型烟粉虱的危害特点及综合防治技术 [J]. 中国农村科技, 2007, 4: 20–21]
- Crowder DW, Northfield TD, Strand MR, et al. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control [J]. *Nature*, 2010, 466 (7302): 109–112.
- Ghongade DS, Sangha KS. Efficacy of biopesticides against the whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), on parthenocarpic cucumber grown under protected environment in India [J]. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 2021, 31 (1): 19.
- Jia ZZ, Wang XW, Fu KY, et al. Biotype identification of *Bemisia tabaci* in main agricultural areas of Xinjiang and monitoring of its resistance to 11 common insecticides [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2017, 54 (2): 304–312. [贾尊尊, 王小武, 付开赞, 等. 新疆主要农区烟粉虱生物型鉴定及其对 11 种常用杀虫剂的抗性监测 [J]. 新疆农业科学, 2017, 54 (2): 304–312]
- Jing Y, Huang J, Ma RY, et al. Biological characteristics of *Serangium japonicum* and its morphology in comparison with *Delphastus catalinae* [J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2003, 2: 172–175. [荆英, 黄建, 马瑞燕, 等. 刀角瓢虫的生物学特性及其与小黑瓢虫形态特征的比较 [J]. 福建农业大学学报, 2003, 2: 172–175]
- Kirk AA, Lacey LA, Brown JK, et al. Variation in the *Bemisia tabaci* s. l. species complex (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies leading to successful biological control of *Bemisia* biotype B in the USA [J]. *Bulletin of Entomological Research*, 2000, 90 (4): 317–327.
- Luo HW, Wang ZH, Wang LD, et al. Effect of feeding on different stages of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on development of *Delphastus catalinae* (Horn) [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2010, 25 (2): 149–152. [罗宏伟, 王竹红, 王联德, 等. 捕食不同虫态烟粉虱对小黑瓢虫生长发育的影响 [J]. 福建农业学报, 2010, 25 (2): 149–152]

- Lv JL, Xu XN. Conceptual establishment of a natural enemy resources survey and monitoring system based on big data [J]. *Journal of Agricultural Big Data*, 2020, 2 (4): 78–85. [吕佳乐, 徐学农. 大数据驱动的天敌资源调查与监测体系构建研究 [J]. 农业大数据学报, 2020, 2 (4): 78–85]
- Miao J, Li SJ, Qiu BL, et al. The predatory behaviors of *Serangiella sababensis* and *Axinoscymnus apioides* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2010, 47 (4): 700–704. [苗静, 李绍建, 邱宝利, 等. 烟粉虱天敌沙巴拟刀角瓢虫与越南斧瓢虫的捕食行为比较 [J]. 昆虫知识, 2010, 47 (4): 700–704]
- Shah R, Al-S AM, Scott IM, et al. Insecticide resistance monitoring in whitefly (*Bemisia tabaci*) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Oman [J]. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2020, 23 (4): 1248–1254.
- Wang R, Liu SY, Qu C, et al. Monitoring of *Bemisia tabaci* resistance to spirotetramat and cross-resistance in Hubei Province [J]. *Journal of Plant Protection*, 2016, 43 (1): 117–122. [王然, 刘诗宇, 渠成, 等. 烟粉虱对螺乙酯的抗性监测及交互抗性测定 [J]. 植物保护学报, 2016, 43 (1): 117–122]
- Wang XM, Ren SX, Xu CX. Morphological characters and biology of *Axinoscymnus apioides* introduced from Brunei [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006, 6: 810–813. [王兴民, 任顺祥, 徐彩霞. 引进天敌越南斧瓢虫的形态特征和生物学特性 [J]. 昆虫知识, 2006, 6: 810–813]
- Yang YF, Yan FF, Zhang RP, et al. Research progress on the biological characteristics, forecast and control technology of *Bemisia tabaci* [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2020, 26 (Z1): 101–103. [杨益芬, 闫芳芳, 张瑞平, 等. 烟粉虱的生物学特性、测报及防控技术研究进展 [J]. 安徽农学通报, 2020, 26 (Z1): 101–103]
- Yao SL, Ren SX, Huang Z. Research on the morphological and biological characteristics of *Serangiella japonica* Chapin [J]. *Natural Enemies of Insects*, 2004, 26 (1): 22–27. [姚松林, 任顺祥, 黄振, 等. 日本刀角瓢虫形态特征及生物学特性研究 [J]. 昆虫天敌, 2004, 26 (1): 22–27]
- Zhao XN, Li WH. Biological characteristics and integrated control of *Bemisia tabaci* [J]. *Yunnan Agriculture*, 2020, 9: 62–63. [赵兴能, 李文红. 烟粉虱的生物学特性及综合防治 [J]. 云南农业, 2020, 9: 62–63]
- Zhang XM, Yang NW, Wan FH. Population density of *Bemisia tabaci* on different plants in the field [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34 (16): 4652–4661. [张晓明, 杨念婉, 万方浩. 田间不同植物上烟粉虱种群密度 [J]. 生态学报, 2014, 34 (16): 4652–4661]
- Zhang YC, Zhang JH, Wang XG, et al. Harmful characteristics and integrated control techniques of *Bemisia tabaci* in cotton fields under the development of facility agriculture [J]. *Cotton Sciences*, 2020, 42 (6): 45–47, 52. [张友昌, 张教海, 王孝纲, 等. 设施农业发展下棉田烟粉虱的危害特征和综合防治技术 [J]. 棉花科学, 2020, 42 (6): 45–47, 52]
- Zheng PH, Shen WX, Zhang JM, et al. The control effect of different insecticides on the cantaloupe *Bemisia tabaci* in the greenhouse [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2019, 60 (9): 1523–1524. [郑鹏华, 沈卫新, 张建明, 等. 不同杀虫剂对大棚香瓜烟粉虱的防治效果 [J]. 浙江农业科学, 2019, 60 (9): 1523–1524]