



汤国谦, 邓雪华, 华展义, 郑晓薇, 牟桂萍, 刘淑君, 王新国. 薇甘菊上新发现的一种天敌——亚铜平龟蝽 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (5): 1105–1111.

薇甘菊上新发现的一种天敌——亚铜平龟蝽

汤国谦, 邓雪华, 华展义, 郑晓薇, 牟桂萍, 刘淑君, 王新国*

(黄埔海关技术中心, 东莞 523000)

摘要: 亚铜平龟蝽 *Brachyplatys subaeneus* (Westwood, 1837) 是在广州的外来入侵杂草薇甘菊 *Mikania micrantha* 上新发现的一种天敌。本文给出了亚铜平龟蝽雌雄外部形态, 以及雄性抱握器形态、着生位置、阳茎等详细解剖结构。为进一步确定形态鉴定结果, 扩增了其线粒体 16S rDNA 和 COI 基因片段并测序, 将测序结果与 GenBank 中的序列进行比对, 用 MEGA 5.0 构建系统进化树, 用分子生物学方法进一步确认了形态学鉴定结果。此外, 就亚铜平龟蝽在控制薇甘菊上的潜在价值进行了初步的比较分析。

关键词: 薇甘菊; 亚铜平龟蝽; 形态学; 分子鉴定

中图分类号: Q968.1; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 05-1105-07

A new natural enemy—*Brachyplatys subaeneus* found on *Mikania micrantha*

TANG Guo-Qian, DENG Xue-Hua, HUA Zhan-Yi, ZHENG Xiao-Wei, MU Gui-Ping, LIU Shu-Jun, WANG Xin-Guo* (Huangpu Customs Technology Center, Dongguan 523000, Guangdong Province, China)

Abstract: *Brachyplatys subaeneus* (Westwood, 1837) is a natural enemy discovered on the invasive weeds *Mikania micrantha* in Guangzhou nearby. In this paper, the external morphology of the male and female, as well as the morphology of male genitalia, the morphology and position of clasper, and the structure of aedeagus are detailed. In order to further confirm the morphological identification results, the 16S rDNA and COI gene fragments of its mitochondria were amplified and sequenced. The sequencing results were compared with the sequences in GenBank. The phylogenetic tree was constructed with MEGA 5.0 and further confirmed morphological identification results by molecular biology methods. Furthermore, a preliminary comparative analysis was conducted on the potential value of *B. subaeneus* to control *Mikania micrantha*.

Key words: *Mikania micrantha*; *Brachyplatys subaeneus*; morphological; molecular identification

薇甘菊 *Mikania micrantha* Kunth, 也称小花蔓泽兰或小花假泽兰, 是菊科多年生草本植物或灌木状攀缘藤本。薇甘菊原产于南美洲和中美洲, 现已广泛传播到亚洲热带地区, 如印度、马来西亚、泰国、印度尼西亚、尼泊尔、菲律宾、巴布

亚新几内亚、所罗门、印度洋圣诞岛和太平洋上的一些岛屿, 包括斐济、西萨摩亚、澳大利亚北昆士兰地区, 成为当今世界热带、亚热带地区危害最严重的杂草之一 (许少娣等, 2013)。薇甘菊早在 1919 年便已在香港出现, 1984 年在深圳已采

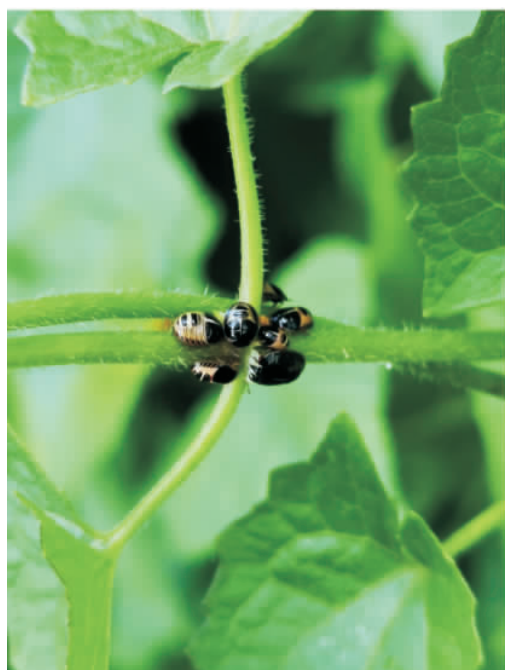
基金项目: 广东出入境检验检疫局科技计划项目 (2018GDK25)

作者简介: 汤国谦, 男, 本科, 工程师, 研究方向为分子生物学检测, E-mail: tangguoqian@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 王新国, 男, 博士, 高级农艺师, E-mail: wangxinguo99@163.com

收稿日期 Received: 2019-06-03; 接受日期 Accepted: 2020-04-28

到它的标本 (孔国辉等, 2000), 2000 年时已在珠江三角洲广泛扩散 (咎启杰等, 2000)。目前该种已列入世界上最有害的 100 种外来入侵物种之一 (袁家祥和张惠娇, 2017), 也列入中国首批外来入侵物种。2017 年, 面对着不断蔓延扩张的薇甘菊, 深圳市政府不得不组织上百人在沙河公园进行人工清除。



有关薇甘菊在入侵地的天敌, 目前我国已报道的种类有颈盲蝽 *Pachypehis* sp. (王大伟等, 2016); 马来西亚曾记录了薇甘菊上发现的昆虫有 4 目 11 种, 在薇甘菊原产地的天敌则有昆虫 3 目 5 种 (韩诗畴等, 2001)。近日, 我们还在广州的薇甘菊上发现了另一种蝽类昆虫——亚铜平龟蝽 *Brachyplatys subaeneus* (Westwood, 1837) (图 1)。



图 1 薇甘菊上的亚铜平龟蝽

Fig. 1 *Brachyplatys subaeneus* on *Mikania micrantha*

据报道, 亚铜平龟蝽在入侵巴拿马时被误鉴定为其近似种亚黑平龟蝽 *Brachyplatys vahlii* (Fabricius, 1787), 后来 Rédei 专门发文澄清其应为亚铜平龟蝽, 并在文中展示了这两种平龟蝽昆虫的外形图, 阐明了亚铜平龟蝽的特征是前胸背板和盾片基部没有成对的小圆形浅斑, 腹侧前缘至体侧具细窄的黄色缘边, 腹侧上的黄色缘边不超过各个腹侧总宽度的十分之一 (Rédei, 2016)。Rédei 还在文中图示了亚铜平龟蝽的雄性阳茎特征, 但其所描述的是从生理解剖学上手绘的生殖系统结构示意图, 是一种为展示其完全结构人为展开后的形态结构, 与雄性阳茎碱解后的原始结构有相当大的差异。而另一龟蝽分类资料 (薛怀君, 2001), 也仅提供了简单的手绘图。不过, Rédei 在文中确认了 GenBank 登录号为 AB240166.1 和 KT447151.1 的物种分别为亚黑平龟蝽和亚铜平龟蝽, 但 GenBank 登录号为

AB240167.1 的物种不确定是否为亚铜平龟蝽。因此, 为进一步确定该种龟蝽种类, 本文对其做了形态学描述, 还采用了分子生物学方法进行了鉴定。

1 材料与方法

1.1 实验材料

取生长在广州薇甘菊上的龟蝽雌、雄成虫若干头于标本管中, 置于 -20°C 冰箱, 待其死亡后置于显微镜下观察和解剖。

1.2 主要仪器和工具

蔡司 V8 立体显微镜 (带 CCD); ThermoFisher Multiskan GO 酶标仪; Biometra TProfessional Trio 48 多槽梯度 PCR 仪; 上海天能 Tanon 3500 凝胶成像仪; 北京六一 DYY-6C 型电泳仪; 镊子; 解剖针等。

1.3 主要试剂

5% NaOH 溶液; TIANGEN 微量组织提取试剂盒, 天根生化科技(北京)有限公司; 引物和 PCR 反应试剂 Taq PCR Master Mix, 生工生物工程(上海)股份有限公司。

1.4 形态学观察

将雌、雄龟蜡置于纯石英砂表面上, 在立体显微镜下观察和记录其各部位结构特征, 并拍照保存。

1.5 雄性生殖器解剖

把雄性龟蜡腹部取下, 在质量百分比为 5% NaOH 溶液中煮 10 min 后, 再放入清水中煮沸 10 min, 最后再放入另一沸水中清洗, 待清水自然凉至室温后取出, 置于载玻片上解剖, 取出目标结构, 置于预先滴好甘油的玻片上制成玻片, 在立体显微镜下观察和记录, 并拍照保存。

1.6 基因组 DNA 提取、扩增和测序

基于线粒体基因组的 DNA 条形码分子鉴定技术已经广泛应用于昆虫的分子鉴定中 (Sharma *et al.*, 2014; Khadem and Mahnaz, 2015; Hua *et al.*, 2016), 在蜡科分类研究中也有较多的应用 (李红梅等, 2006; 梁秋英等, 2009; Wu *et al.*, 2018)。本文选取线粒体基因组上的 16S rDNA 和 COI 两个基因片段, 通过对 Rédei 论证的两种平龟蜡的 16S rDNA 序列 (GenBank 登录号为 AB240166.1 和 KT447151.1) 的检索和分析, 应用 NCBI 的 Primer-BLAST 工具设计引物 Bra_F (5'-CCGAAACTGCAAGGGATATCAT-3') / Bra_R (5'-GCACAGTCAAAATACTGCGGC-3'), 用于区分这两种平龟蜡属昆虫, 并用 COI_F (5'-CAACATTTATTTTGATTTTTGG-3') / COI_R (5'-TCCAATGCAC TAATCTGCCATATTA-3') (Simon *et al.*, 1994) 辅助鉴定。

取龟蜡成虫肌肉较多的两条后足于 1.5 mL 离心管中, 75% 酒精消毒晾干后, 用研磨棒将其充分研磨破碎, 按试剂盒操作提取 DNA 并测定其浓度和纯度, 用作 PCR 模板。PCR 反应体系: Taq PCR Master Mix 12.5 μ L; 上、下游引物 (10 μ mol/L) 各 1 μ L; 模板 DNA 1 μ L; 无菌水定容至 25 μ L。PCR 反应条件: 94 $^{\circ}$ C 3 min; 94 $^{\circ}$ C 30 s, 55 $^{\circ}$ C 40 s, 72 $^{\circ}$ C 1 min, 反应 35 个循环; 72 $^{\circ}$ C 10 min。扩增结束后, 用琼脂糖凝胶电泳检测扩增结果, 将 PCR 产物寄往广州天一辉远基因科技有限公司双向测序, 测序引物采用各自扩增引物。

2 结果与分析

2.1 形态学特征

雄虫体长 4.5 ~ 4.8 mm, 背面观通体黑色, 仅足和触角为黄褐色; 前胸背板和小盾片具淡黄色缘边; 成虫头部中央区有 4 条短纵条纹, 在纵条纹上下两侧各有两条黄色横条纹, 有时横条纹会与外侧纵条纹相联结 (图 2 - C); 腹面观, 前 2 节腹节外侧上有黄色斑纹后面 3 节仅余十分短小的痕迹 (图 2 - D); 第 6 腹节与前部结合不紧密, 能活动, 常会突出于小盾片之外 (图 2 - C, D); 第 6 腹节呈半圆形, 上有两个深凹陷, 中央有一长方形突起, 突起两边为各有 1 个豆芽状抱握器 (图 3 - B, C, D); 抱握器中部膨胀部, 且生有大量排列整齐的长毛 (图 3 - A)。

雌虫体形稍大, 长约 4.8 ~ 5.2 mm; 其腹部腹节从前到后都有黄色斑纹, 不过从前到后逐渐变短; 第 6 可见腹节呈近三角形, 上有横向排列的两个浅凹陷 (图 2 - B); 除此之外, 其他特征与雄虫相同。

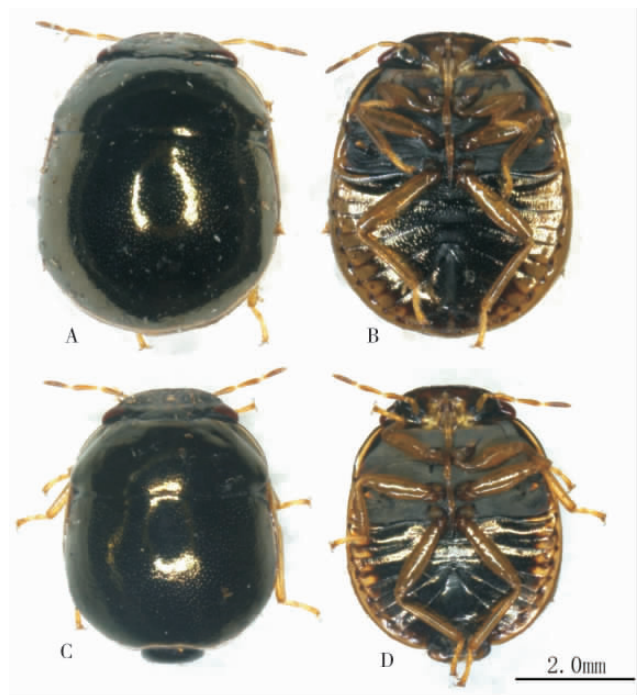


图 2 亚铜平龟蜡成虫形态

Fig. 2 Adult form of *Brachyplatys subaeneus*

注: A, 雌虫背面观; B, 雌虫腹面观; C, 雄虫背面观; D, 雄虫腹面观。Note: A, female, dorsal view; B, female, ventral view; C, male, dorsal view; D, male, ventral view.

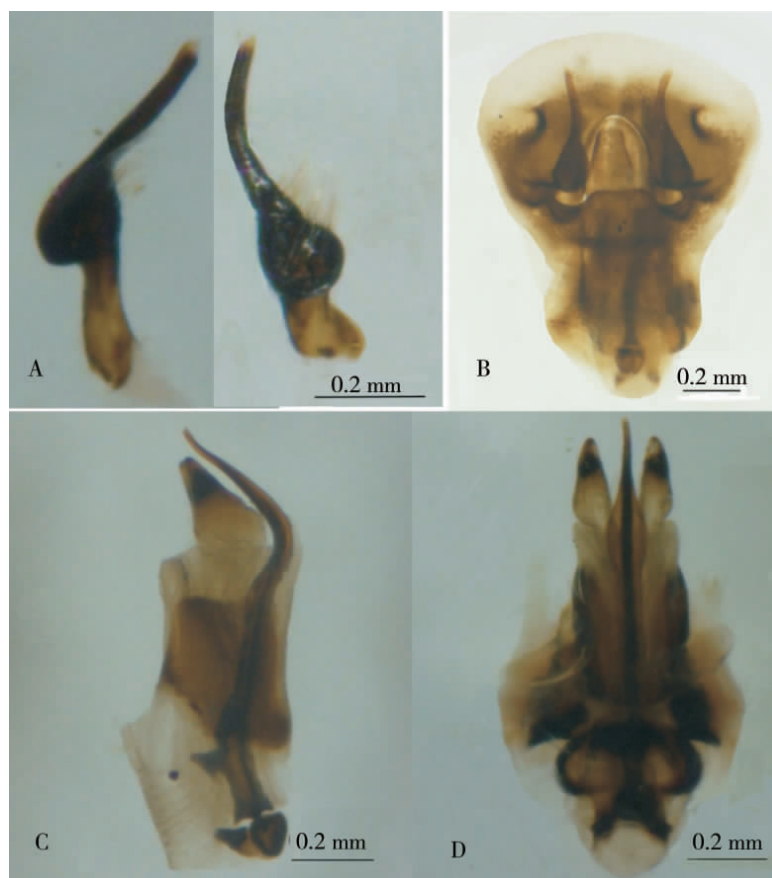


图3 亚铜平龟蜉雄性阳茎结构

Fig. 3 Structure of male genitalia of *Brachyplatys subaeneus*

注: A, 游离抱握器不同角度形态; B, 雄性生殖孔后面观 (示抱握器位置); C, 雄性阳茎侧面观 (已去除基部); D, 雄性阳茎腹面观。Note: A, free clasper, different angles; B, male genital pore, outside view (show clasper position); C, male aedeagus, lateral view (Base removed); D, male aedeagus, ventral view.

2.2 分子生物学鉴定结果分析

通过扩增该虫线粒体中的 16S rDNA 和 COI 两个基因片段, 凝胶电泳成像显示, 扩增所得片段长度基本符合预期 (图 4)。

扩增产物双向测序结果用 MEGA 5.0 软件拼接得到的 16S rDNA 和 COI 基因有效序列长度分别为 425 bp、779 bp, 与 GenBank 中的序列进行比对, 该虫 16S rDNA 和 COI 序列分别与 GenBank 登录号为 KT447151.1 和 MF162956.1 的亚铜平龟蜉序列相似性均超过 99% (表 1)。

分别下载 GenBank 中圆龟蜉属 *Coptosoma* 和豆龟蜉属 *Megacopta* 各两个种、亚铜平龟蜉以及亚黑平龟蜉的 16S rDNA 序列, 与扩增所得基于 16S rDNA 序列在 MEGA 5.0 软件中用邻接法 (Neighbor-Joining, NJ)、各分支置信度 (bootstrap) 进行 1 000 次以上重复检验, 构建系统进化树 (图 5)。系统进化树显示, 该虫与亚铜平龟蜉聚于同一物种分支上。

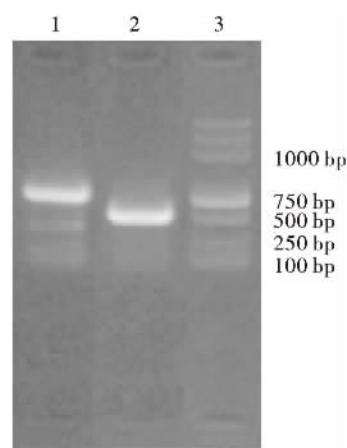


图4 PCR 产物琼脂糖凝胶电泳图

Fig. 4 Agarose gel electrophoresis of PCR products

注: 1, COI 扩增条带; 2, 16S rDNA 扩增条带; 3, Marker。Note: 1, COI gene amplification band; 2, 16S rDNA gene amplification band; 3, Marker.

表 1 GenBank 中序列比对结果

Table 1 Sequence alignment results in GenBank

物种名称 Species name	GenBank 登录号 GenBank accession	序列一致性 Sequence identities	缺失 Gaps	序列相似性 (%) Per. Ident
亚铜平龟蜡 <i>B. subaeneus</i>	KT447151.1	425/425	0	100.00
不确定 Uncertain	AB240167.1	423/426	1	99.30
亚黑平龟蜡 <i>B. vahlii</i>	AB240166.1	350/426	1	82.16
亚铜平龟蜡 <i>B. subaeneus</i>	MF162956.1	775/779	0	99.49

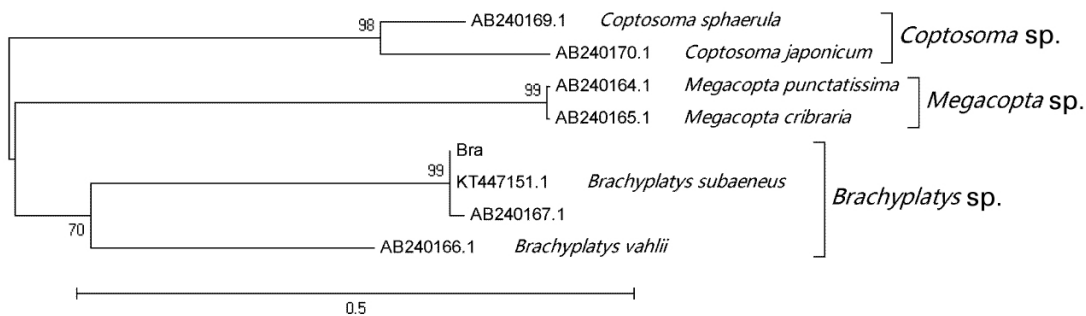


图 5 基于 16S rDNA 部分序列以邻接法构建的亚铜平龟蜡系统进化树

Fig. 5 Phylogenetic tree of *Brachyplatys subaeneus* constructed with Neighbor-Joining method based on 16S rDNA partial sequence

注 “Bra” 即广州薇甘菊上的龟蜡。Note ‘Bra’ is the *Plataspidae* on *Mikania micrantha* in Guangzhou.

3 结论与讨论

经形态观察，薇甘菊上的这种龟蜡科昆虫个体较小，雌虫（图 2 - A, B）较雄虫（图 2 - C, D）略大，形态特征也略有区别，与亚铜平龟蜡的形态特征较为相似，但之前亚铜平龟蜡多次被误鉴定为其近似种亚黑平龟蜡（Hosokawa *et al.*, 2006; Aiello *et al.*, 2016），因此 Rédei 发文提供了牛津大学博物馆和丹麦哥本哈根大学自然历史博物馆的鉴定资料，所述亚铜平龟蜡的分类特征：前胸背板和盾片基部没有成对的小圆形浅斑，腹侧前缘至体侧具细窄的黄色缘边，腹侧上的黄色缘边不超过各个腹侧总宽度的十分之一（Rédei, 2016），与本次薇甘菊上的龟蜡科昆虫的形态特征基本相符，而与 Rédei 提供的亚黑平龟蜡鉴定资料有明显的区别。此外，通过对雄虫阳茎结构进行碱解，其碱解后的结构（图 3）与原始结构均有很大的差异，较手绘图更为直观，为该虫的准确鉴定提供了更多素材。

在分子层面，Rédei 在文中对 GenBank 中的误鉴定为亚黑平龟蜡的几条序列作了进一步的论述，

根据之前误鉴定的文献（Hosokawa *et al.*, 2006; Aiello *et al.*, 2016）图片资料，确定登录号为 KT447151.1 和 KT447152.1 的序列应为亚铜平龟蜡，AB240166.1 应为亚黑平龟蜡，AB240167.1 则未能明确其物种（Rédei, 2016）。本文为了区分这两种平龟蜡属昆虫，设计了一对引物，扩增该虫的 16S rDNA 片段进行辅助鉴定，扩增产物测序结果与亚铜平龟蜡序列 KT447151.1 相似性超过 99%（表 1），系统进化树显示，该虫也与亚铜平龟蜡聚于同一物种分支上（图 5）。

通过形态学特征结合分子生物学方法分析，并参考 Rédei 的论证，可以确定在广州的薇甘菊上发现的龟蜡为亚铜平龟蜡 *Brachyplatys subaeneus*（Westwood, 1837）。此外，通过系统进化树（图 5）可知，Rédei 文中未能确定物种的 AB240167.1（Rédei, 2016）也与亚铜平龟蜡聚于同一物种分支上，初步判断 AB240167.1 很可能也是亚铜平龟蜡，需要通过形态学特征才能最终明确。

相关资料显示，亚铜平龟蜡是华南地区广泛分布的一种蜡类。最早记载其主要寄主为豆科作物（袁锋, 1996）。近二十多年来，随着薇甘菊在

华南地区的广泛分布,一些本地昆虫开始习惯于取食这一外来植物。据我们观察,目前在广州薇甘菊上取食的本地昆虫有绣线菊蚜 *Aphis citricola* Van der Goot、紫红短须螨 *Brevipalpus phoenicis*、亚铜平龟蜡、缘纹广翅蜡蝉 *Ricania marginali* (Walker, 1851),一种角蝉和一种蜗牛。从对单株薇甘菊的控制作用来看,绣线菊蚜虫最明显,感染蚜虫的薇甘菊梢部发育不良,生长缓慢,扭曲畸形,但由于频繁雨水和瓢虫的控制作用,在成片薇甘菊调查中发现蚜虫感染的植株较为有限;紫红短须螨则取食薇甘菊叶片,导致叶片变形和叶片背面逐渐变褐、变黄,紫红短须螨数量多时,茎叶均严重受害,叶片缩小,叶背硬化变脆,但该螨虫还对柑桔、西番莲、番木瓜等有一定危害(陈瑞屏等, 2003);缘纹广翅蜡蝉则为广食性,不仅取食薇甘菊,也取食周围存在的臭鸡屎藤、芒果、桉树、天竺桂等植物上,因此仅起到轻微控制作用;另外一种角蝉和小型蜗牛也仅是偶尔取食薇甘菊,对其控制作用可以忽略不计。

与绣线菊蚜和紫红短须螨相比,亚铜平龟蜡对薇甘菊单个嫩梢的控制作用相对较弱,但其对成片的薇甘菊有高的感染率。亚铜平龟蜡主要以若虫聚集于近梢部吸取汁液。在一处薇甘菊覆盖几乎成为单一植物种群的地方,目测调查了 50 根薇甘菊嫩梢,发现亚铜平龟蜡对薇甘菊的嫩梢感染率达到 50% 以上,即一丛薇甘菊的嫩梢上,大部分都会被龟蜡感染;进一步观察发现,亚铜平龟蜡主要集中于薇甘菊从梢部倒数第 4 对叶片以上处进行取食,且主要集中于叶柄附近的茎干部;一般 1 根梢部有虫 7~12 头,多的可达 30 头以上,平均约为 20 头。同一根梢上会混生有 1~4 龄若虫及成虫,世代发育很不整齐;卵聚产,一般一处为 12~14 个。亚铜平龟蜡主要依靠成虫扩散,成虫飞翔能力较强。由于亚铜平龟蜡体型光滑,背部坚硬,因此一般的昆虫天敌类如蚂蚁、蜘蛛、螳螂等都难以捕食,其主要的天敌为一种卵寄生蜂。另外,与其他取食薇甘菊的昆虫相比,在坚硬光滑的体表保护下的亚铜平龟蜡更耐受南方春季的大雨天气,一般雨水对其种群数量影响不大。从这几个方面看来,亚铜平龟蜡对薇甘菊为害具有较强的控制能力。因此,作为一种有潜力的天敌昆虫,有必要进一步开展亚铜平龟蜡在薇甘菊控制方面的研究。

参考文献 (References)

- Aiello A, Saltonstall K, Young V. *Brachyplatys vahlii* (Fabricius, 1787), an introduced bug from Asia: First report in the Western Hemisphere (Hemiptera: Plataspidae: Brachyplatidinae) [J]. *BioInvasion Records*, 2016, 5 (1): 7–12.
- Chen RP, Xu QH, Li XC, et al. Application of *Brevipalpus phoenicis* to the Controlling of *Mikania micrantha* [J]. *Journal of Central South Forestry University*, 2003, 2: 89–93. [陈瑞屏, 徐庆华, 李小川, 等. 紫红短须螨的生物学特性及其应用研究 [J]. 中南林学院学报, 2003, 2: 89–93]
- Han SC, Li LY, Peng TG, et al. Preliminary survey of insects mites and fungal pathogens on the weeds *Mikania micrantha* and *M. Cordata* [J]. *Natural Enemies of Insects*, 2001, 23 (3): 119–125. [韩诗畴, 李丽英, 彭统序, 等. 薇甘菊的天敌调查初报 [J]. 昆虫天敌, 2001, 23 (3): 119–125]
- Hosokawa T, Kikuchi Y, Nikoh N, et al. Strict host – symbiont cospeciation and reductive genome evolution in insect gut bacteria [J]. *PLoS Biology*, 2006, 4 (10): 1841–1851.
- Hua YQ, Ding YR, Yan ZT, et al. The complete mitochondrial genome of *Anopheles minimus* (Diptera: Culicidae) and the phylogenetics of known *Anopheles* mitogenomes [J]. *Insect Science*, 2016, 3 (3): 53–365.
- Khadem, Mahnaz. Deep interisland genetic divergence in the Macaronesian endemic mosquito *Ochlerotatus eatoni*, (Diptera: Culicidae), indication of cryptic species [J]. *Journal of Medical Entomology*, 2015, 52 (5): 1175–1180.
- Kong GH, Wu QG, Hu QM. The appearance of exotic weed *Mikania micrantha* H. B. K. in China [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2000, 8 (1): 27. [孔国辉, 吴七根, 胡启明. 外来杂草薇甘菊 (*Mikania micrantha* H. B. K.) 在我国的出现 [J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8 (1): 27]
- Kong GH, Wu QG, Hu QM, et al. Further supplementary data on *Mikania micrantha* H. B. K. (asteraceae) [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2000, 8 (2): 128–130. [孔国辉, 吴七根, 胡启明, 等. 薇甘菊 (*Mikania micrantha* H. B. K.) 的形态、分类与生态资料补记 [J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8 (2): 128–130]
- Li HM, Wang XZ, Lin JT. Phylogenetic relationships of the *Pentatomoidea* based on the mitochondrial 16S rDNA sequences (Heteroptera: Pentatomomorpha) [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2006, 5: 507–511. [李红梅, 王珣章, 林进添. 基于线粒体 16S rDNA 序列的蜡总科系统发育研究 (异翅亚目: 蜡次目) [J]. 华中农业大学学报, 2006, 5: 507–511]
- Liang QY. Molecular phylogeny analysis of 9 species of *Pentatoma* (Hemiptera: Pentatomidae) inferred from COI gene sequence [J]. *Entomotaxonomia*, 2009, 31 (2): 105–114. [梁秋英. 基于 COI 基因序列的九种真蜡属昆虫的分子系统学研究 (半翅目: 蜡科) [J]. 昆虫分类学报, 2009, 31 (2): 105–114]
- Rédei D. The identity of the *Brachyplatys* species recently introduced to Panama, with a review of bionomics (Hemiptera: Heteroptera:

- Plataspidae [J]. *Zootaxa*, 2016, 4136 (1): 141–154.
- Sharma A, Deshmukh A, Sharma R, *et al.* Population genetic structure of malaria vector *Anopheles stephensi* using mitochondrial cytochrome oxidase II gene in Indian populations [J]. *Indian Journal of Experimental Biology*, 2014, 52 (10): 996–1002.
- Simon C, Frati F, Beckenbach A, *et al.* Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1994, 87 (6): 651–701.
- Wang DW, Ze SZ, Yang B, *et al.* Attractive effect of *Mikania micrantha* volatiles on its natural enemy *Pachypehis* sp. [J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University* (Natural Science Edition), 2016, 45 (1): 14–18. [王大伟, 泽桑梓, 杨斌, 等. 薇甘菊挥发物对薇甘菊颈盲蜡的引诱作用 [J]. 福建农林大学学报 (自然科学版), 2016, 45 (1): 14–18]
- Wu YZ, Rédei D, Eger J, *et al.* Phylogeny and the colourful history of jewel bugs (Insecta: Hemiptera: Scutelleridae) [J]. *Cladistics*, 2018, 34 (5): 502–516.
- Xu SC, Gao YB, Lin XP, *et al.* Occurrence and control of *Mikania micrantha* in Guangdong Province and advances in research [J]. *Guangdong Forestry Science and Technology*, 2013, 29 (4): 83–88. [许少嫦, 高亿波, 林绪平, 等. 广东薇甘菊发生现状、防治和研究进展 [J]. 广东林业科技, 2013, 29 (4): 83–88]
- Xue HJ. Taxonomy Research of *Plataspidae* in China (Insecta: Hemiptera) [D]. Tianjin: Nankai University Master Thesis, 2001. [薛怀君. 中国龟蜡科分类学研究 (昆虫纲: 半翅目) [D]. 天津: 南开大学硕士论文, 2001]
- Yuan F. Taxonomy of Hexapoda [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996: 207. [袁锋. 昆虫分类学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 207]
- Yuan JX, Zhang HJ. Occurrence and biological control of exotic pests *Mikania micrantha* [J]. *Journal of Green Science and Technology*, 2017, 13: 23–24. [袁家祥, 张惠娇. 外来有害生物薇甘菊的发生与生物防治分析 [J]. 绿色科技, 2017, 13: 23–24]
- Zan QJ, Wang YJ, Wang BS, *et al.* The distribution and harm of the exotic weed *Mikania micrantha* [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 6: 58–61. [贲启杰, 王勇军, 王伯荪, 等. 外来杂草薇甘菊的分布及危害 [J]. 生态学杂志, 2000, 6: 58–61]