

食蚜瘿蚊全虫态形态记述*

王秀琴^{1**} 王小彦^{3***} 于晓飞² 黄纯杨³ 申修贤¹ 杨先才⁴ 杨茂发^{1,2***}

(1. 贵州大学昆虫研究所, 贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025; 2. 贵州大学烟草学院, 贵阳 550025; 3. 贵州省烟草公司遵义市公司, 遵义 564200; 4. 贵州省烟草公司遵义市公司凤冈县分公司, 遵义 564200)

摘要 【目的】基于实验室饲养的食蚜瘿蚊 *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) 进行个体发育的形态特征描述。为食蚜瘿蚊的鉴定提供基本信息。【方法】在野外采集幼虫, 温度 (25±1) °C、相对湿度 65%±5%、光照 16 L : 8 D 的室内条件下饲养获得食蚜瘿蚊卵、幼虫、蛹和成虫的全部虫态。通过数码采集和电子显微镜详细描述了各虫态的发育特征。【结果】食蚜瘿蚊卵的发育历期为 2 d, 幼虫期有 3 个龄期, 发育历期 5-8 d, 蛹期 7-10 d 以及成虫期 3-4 d。【结论】食蚜瘿蚊个体发育特征对食蚜瘿蚊的鉴定和分类有指导意义。

关键词 双翅目; 食蚜瘿蚊; 全虫态; 形态学

Morphological ontogeny of *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani)

WANG Xiu-Qing^{1**} WANG Xiao-Yan^{3***} YU Xiao-Fei² HUANG Chun-Yang³
SHEN Xiu-Xian¹ YANG Xian-Cai⁴ YANG Mao-Fa^{1,2***}

(1. Institute of Entomology of Guizhou University; Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of the Mountainous Regions, Guiyang 550025, China; 2. College of Tobacco Science of Guizhou University, Guiyang 550025, China;

3. Guizhou Tobacco Company, Zunyi Branch Company, Zunyi 564200, China; 4. Guizhou Tobacco Company, Fenggang County Branch of Zunyi Branch Company, Zunyi 564200, China)

Abstract [Objectives] The morphological ontogeny of the gall midge, *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani), was described based on laboratory-reared specimens in order to provide a basis for the identification of *A. aphidimyza*. [Methods] The larvae of *A. aphidimyza* were originally collected in the field, then reared in a laboratory chamber at (25±1)°C, 85%±5% RH under a photoperiod of 16 : 8 (L : D). We collected individually reared eggs, larvae, pupae and adults from the colony and described the detailed morphological ontogeny of each stage using digital methods and electron microscopy. [Results] The developmental time of *A. aphidimyza*, eggs was 2-3 days, and the larval stage had three instars which developed over 5 to 8 days. The pupal period was 7-10 days and the adult stage was only 3-4 days. [Conclusion] The morphological ontogeny of *A. aphidimyza* provides a useful foundation for the identification and classification of this species.

Key words Diptera; *Aphidoletes aphidimyza*; ontogenetic stages; morphology

食蚜瘿蚊 *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) 隶属于双翅目 Diptera 毛蚊总科 Bibionidea 瘿蚊科 Cecidomyiidae, 能捕食豆蚜 *Aphis craccivora* (Koch)、甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus)、

桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer)、豌豆修尾蚜 *Megoura japonica* (Matsumura)、棉蚜 *Aphis gossypii* (Glover)、萝卜蚜 *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach) 等 80 多种蚜虫 (Yukawa *et al.*, 1998), 其幼虫是一种有效

*资助项目 Supported projects: 食蚜瘿蚊对烟蚜的防治技术研究与应用 (遵烟计[2016]1 号); 贵州烟草主要病虫害绿色防控技术的研究与应用 (中烟黔科[2016]6 号); 贵州省高层次创新型人才“百”层次培养项目 (黔科合人才[2016]4022 号); 食蚜瘿蚊的规模化繁殖技术及其对烟蚜控制效果的评价 (贵大人基合字[2016]70 号)

**第一作者 First author, E-mail: xiuqinW@yeah.net

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: gdgdly@126.com; 274174040@qq.com

收稿日期 Received: 2019-04-02; 接受日期 Accepted: 2019-04-28

的捕食蚜虫的天敌。

国外学者对世界范围内所有食蚜性瘿蚊的分类和具体食蚜种类进行了修订和总结, 其中主要是食蚜种类, 此种有多种异名 (Harris, 1973), 目前普遍认可的是食蚜瘿蚊 *A. aphidimyza*。而我国的食蚜瘿蚊最早发现于湖北棉田, 后在新疆、福建、宁夏、陕西、河南、黑龙江和北京等均有发现, 国内学者陆续开展了对食蚜瘿蚊的形态、地理分布和生物学特性 (程洪坤等, 1988; 牛玉志等, 1990; 冯宏祖和王兰, 1997; 刘细群和杨茂发, 2005) 的研究, 张洁和杨茂发 (2008) 对食蚜瘿蚊的触角进行了扫描电镜观察。

虽然前人已对食蚜瘿蚊进行了形态特征描述 (杨海峰和王惠珍, 1987; 程洪坤等, 1988; 刘细群和杨茂发, 2005), 但描述较为粗略, 而基于食蚜瘿蚊生态照的各虫态形态特征记录目前尚未见报道, 幼虫的各个龄期也尚未进行确切的划分。因此, 本文通过对食蚜瘿蚊各虫态形态进行详细描述, 同时辅以清晰的各虫态形态特征图片和部分电子显微镜超微结构图, 以期对食蚜瘿蚊全虫态识别和深入研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 标本采集与饲养

食蚜瘿蚊幼虫于 2017 年 5 月采集于遵义市乐山镇烟草科技园的烟草植株上, 将采集的食蚜瘿蚊幼虫带回实验室, 以豌豆蚜和烟蚜分别进行饲养, 饲养多代后进行各虫态形态观察和超微结构观察。所有实验均在温度 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $65\%\pm 5\%$ 、光周期 16 L: 8 D 的室内条件进行。

1.2 形态观察

在培养皿底部平铺 30 mm 直径保湿滤纸, 以圆形打孔器在烟叶上打下圆形叶片, 背面向上铺在保湿滤纸上。将豌豆蚜饲养的食蚜瘿蚊单粒卵挑入 35 mm 直径培养皿内, 发育至孵化, 以 2-3 龄豌豆蚜饲养。在体视镜下观察幼虫蜕皮及各龄期发育。进行卵期、幼虫期、蛹期生长发育, 及成虫期形态特征观察。利用基恩士 VHX-1000

型超景深三维显微系统对各个虫态的进行形态特征数值测量, 每个虫态测量 8 个样本。

1.3 超微结构观察

取烟蚜饲养的食蚜瘿蚊卵 100 粒, 幼虫、蛹、成虫等虫态食蚜瘿蚊各 20 头, 将食蚜瘿蚊各个虫态放入 -80°C 冰箱中 3-5 min 快速处死后, 放入 2.5% 戊二醛溶液固定 4 h, 经 30%、50%、70%、90%、100% 叔丁醇溶液梯度脱水, 以 LGD-10 D 型冷冻干燥机干燥。在体视镜下将各个样品粘于扫描电镜样品台的导电胶上, 喷金镀膜后, 在 S-3400 N 型扫描电镜下观察和拍照, 加速电压为 20 kV。

2 结果与分析

2.1 卵的形态特征

卵长椭圆形, 长 0.28-0.30 mm, 宽 0.08-0.12 mm; 卵初产时呈橘红色, 表面光滑; 聚产或散产; 顶部向外, 略尖, 尾部稍圆钝, 卵体与寄主植物叶片或茎干表面呈 10° - 30° 锐角; 卵在发育过程中颜色逐渐变浅, 呈半透明状 (图 1: A)。由此, 可通过卵的色泽来推断卵的发育进度。 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 时卵的发育历期为 2 d。超微结构观察到卵光滑无其他齿状突起结构, 周缘致密且无裂纹 (图 3: A)。

2.2 幼虫形态特征

以取食豌豆修尾蚜的食蚜瘿蚊为例进行描述: 全头型; 幼虫体形为纺锤形或尾端较圆钝, 共 13 节; 橘红色或橘黄色; 幼虫周气门式; 幼虫期经历两次蜕皮, 蜕皮从头部开始。蜕下来的皮轻薄, 呈透明的白色, 不易观察, 整个蜕皮过程需要 10-20 min。幼虫期共 3 个龄期。 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 时幼虫发育历期 4-6 d。

初孵幼虫体色同卵发育后期颜色, 体长 0.28-0.32 mm, 孵化后即可进行捕食 (图 2: A, B)。

2 龄幼虫后期可观察到少量白色云状脂肪体囤积; 体长 0.50-1.37 mm (图 2: C, D)。

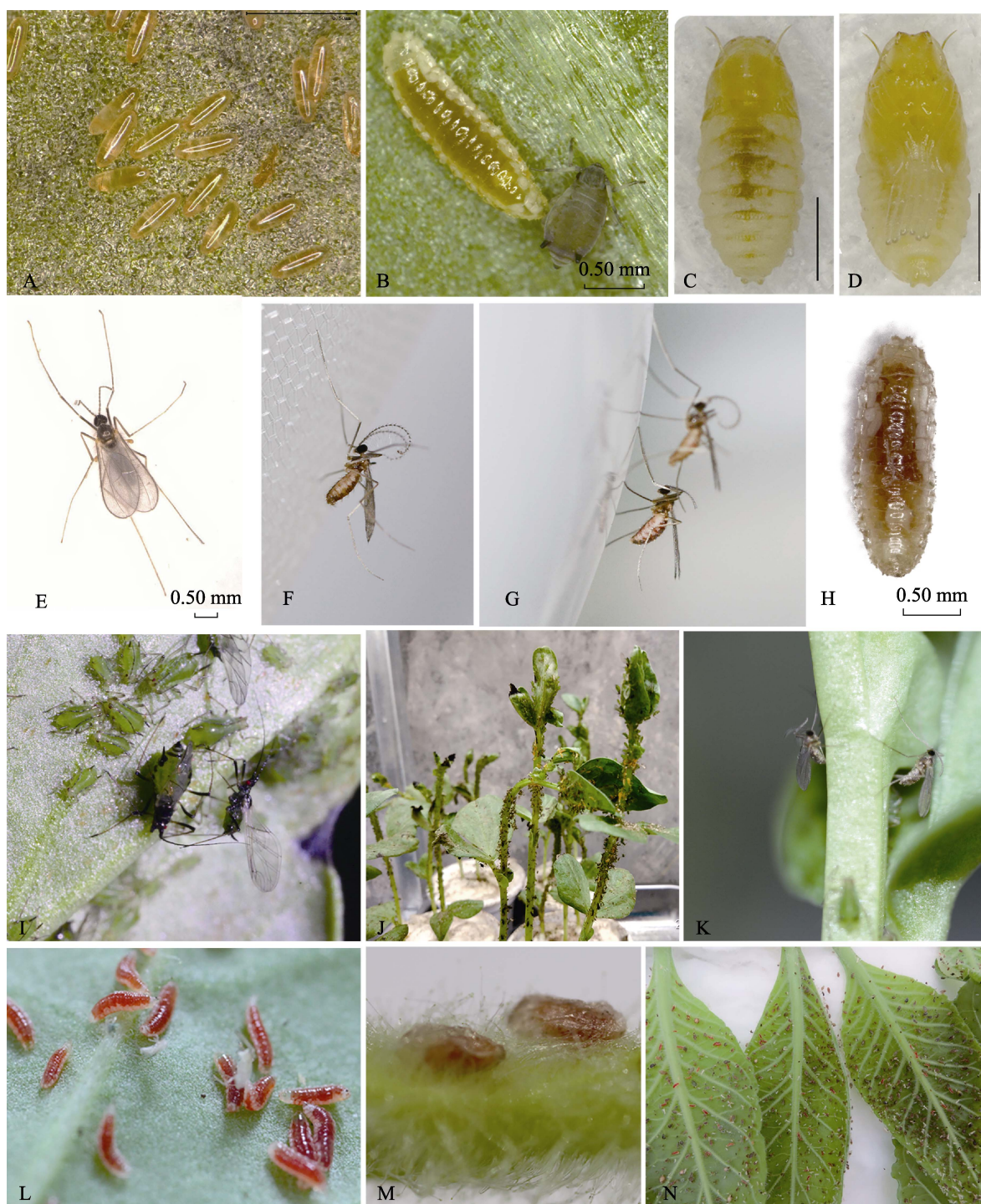


图1 食蚜瘿蚊各时期形态特征

Fig. 1 Morphology ontogeny of *Aphidoletes aphidimyza*

- A. 卵; B. 幼虫; C. 蛹腹面观; D. 蛹背面观; E. 成虫背面观; F. 雄成虫; G. 雌成虫 (下); H. 老熟幼虫;
 I. 猎物斑块周围及猎物背部的卵; J. 幼虫对猎物的捕食; K. 雌成虫正在寄主植物上产卵; L. 捕食烟蚜的幼虫;
 M. 老熟幼虫在烟株茎上化蛹; N. 幼虫捕食烟草上的烟蚜; 比例尺=0.50 mm。
- A. Egg; B. Larva; C. Ventral view of pupa; D. Dorsal view of pupa; E. Dorsal view of adult; F. Male adult; G. Female adult (below); H. Mature larva; I. Eggs around the patch and on the back of the preys; J. Larvae preying the preys; K. Female adults spawning on host plants; L. Larvae feeding on *M. persicae*; M. Mature larvae pupating on stem of tobacco; N. Larvae preying on *M. persicae* on tobacco. Scale bar= 0.50 mm.



图 2 食蚜瘿蚊幼虫形态特征

Fig. 2 Morphological characteristics of *Aphidoletes aphidimyza* larva

- A. 幼虫正在从卵中孵化出; B. 1 龄幼虫已经从卵内孵化出; C. 2 龄幼虫; D. 正在进行第 2 次蜕皮的幼虫; E. 3 龄幼虫; F. 3 龄幼虫腹面观; G. 老熟幼虫正在化蛹; H. 初孵化的 1 龄幼虫捕食同种卵. 比例尺=0.50 mm.
- A. Larva hatching from the egg; B. The first instar larva hatching from the egg; C. Second instar larva; D. Larva undergoing the second molting; E. Third instar larva; F. Third instar larva in ventral view; G. Mature larva is pupating; H. The first instar larva feeding on the conspecific eggs. Scale bar= 0.50 mm.

3 龄幼虫中胸腹板上有“Y”形剑骨片, 是“弹跳”的器官; 随着虫体增长, 身体两侧及腹部白色云状脂肪体清晰可见。体长 2.60-3.00 mm (图 2: E, F)。

通过扫描电镜观察到幼虫呈蛆状, 头部退化, 常缩入前胸内, 唯口钩外露, 无明显的单眼及触角 (图 3: B, G); 幼虫体背面各体节均有 1 排锯齿状骨片, 分布较整齐, 排列较密 (图 3:

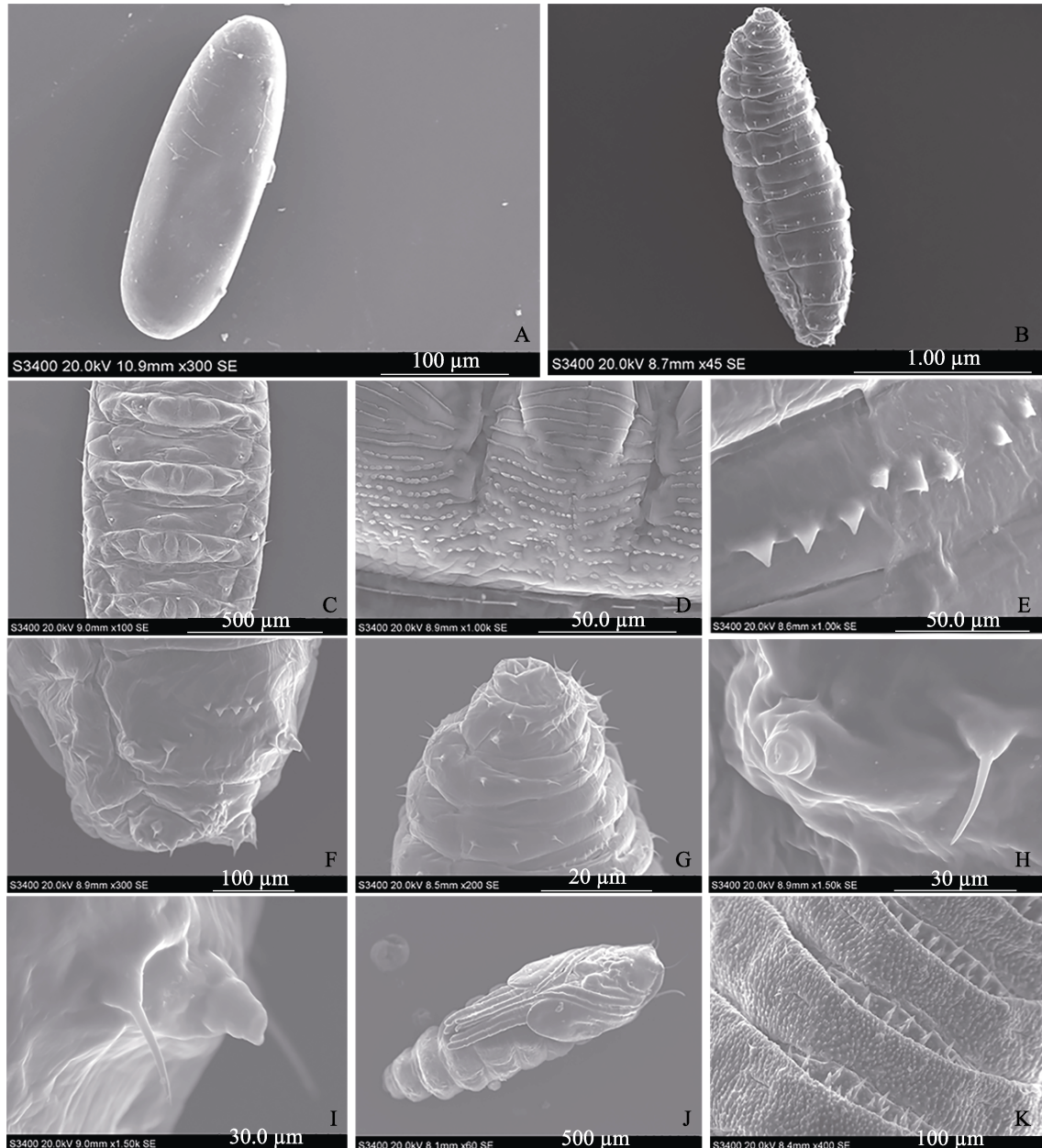


图 3 食蚜瘿蚊扫描电镜超微结构

Fig. 3 The ultrastructure by scanning electron microscope of *Aphidoletes aphidimyza*

A. 卵整体结构 ($\times 300$); B. 幼虫整体结构 ($\times 45$); C. 幼虫腹面 ($\times 100$); D. 腹面体节上的横褶放大 ($\times 1\,000$); E. 幼虫体背面锯齿状骨片 ($\times 1\,000$); F. 幼虫腹节 ($\times 300$); G. 幼虫头部及胸节 ($\times 200$); H. 腹节锥形感受器 (细) ($\times 1\,500$); I. 腹节腔锥形感受器 (粗) ($\times 1\,500$); J. 蛹整体结构 ($\times 60$); K. 蛹体节锯齿状骨片 ($\times 400$).

A. Egg integral structure ($\times 300$); B. Larval integral structure ($\times 45$); C. Larvae ventral surface ($\times 100$); D. The transverse fold on the ventral surface ($\times 1\,000$); E. The indented bone on larval back ($\times 1\,000$); F. Larval ventral metamere ($\times 300$); G. The head and thoracic node of larva ($\times 200$); H. The conical receptor of ventral metamere (fine) ($\times 1\,500$); I. The cavity conical receptor of metamere (thick) ($\times 1\,500$); J. Pupa integral structure ($\times 60$); K. Indented bone of pupa metamere ($\times 400$).

B, E); 腹面每体节均有横褶, 较为光滑, 横褶相连与否因部位而异, 无齿状突起, 利于幼虫运动, 减少活动过程中的摩擦而起到保护作用 (图

3: C, D); 腹部末节有两个突起, 每个突起的端部着生 4 个角刺, 成上下左右对角线排列 (图 3: F); 腹节上有锥形感受器和腔锥形感受器两

种, 锥形感受器根部膨大, 端部较为细长且伸向尾部方向, 腔锥形感受器分布于胸节和腹节, 体表表面凹陷长出, 根部膨大似 4 节, 两种感受器的分布均较少 (图 3:F-I)。

2.3 蛹的形态特征

初期茧为淡黄色或淡红色, 2 d 后变为灰褐色; 蛹期复眼和翅芽明显; 长 1.45-1.55 mm, 宽 0.40-0.60 mm; 气门位于第 2 至 6 腹节, 第 1 和第 6 腹节背瘤 2 个, 侧板瘤 2 个。老熟幼虫化蛹时, 从植物上弹跳下来, 在距离地面 3-5 cm 的土层中化蛹。(25±1) °C 时蛹期 8-10 d。羽化发生于黄昏, 且雄虫羽化比雌虫早。

超微结构显示头部有一对细长的触角; 前胸处着生一对较粗长的毛状呼吸管; 每个体节的突起部分有锯齿状骨片, 分布无规律, 凹陷褶皱部分无锯齿状骨片; 腹部每体节凹陷处有锯齿状骨片, 从腹部前端到尾端, 锯齿状骨片逐渐缩短变小, 数量上也逐渐减少 (图 3:K)。蛹体上的所有锯齿状骨片和鳞状骨片均向后, 有利于蛹羽化时的向上运动。

2.4 成虫形态特征

全身密被长毛, 棕褐色; 触角黄褐色; 复眼黑色, 无单眼; 触角 14 节 (基节 2 节+鞭节 12 节), 念珠状; 前翅椭圆形, 膜质透明, 翅的缘毛较长, 翅脉四条, 后翅特化为黄色平衡棒。

雌虫触角长度短于身体, 不卷曲, 各鞭节基部膨大如瓶身, 第 1、2 鞭节愈合呈微长形, 而末端缩小似瓶颈, 膨大部分着生两圈刚毛; 腹部椭圆形, 第 9 节末端具瓣状片一对, 第 9 腹节可收缩到第 8 腹节中, 常误认为瓣状片着生于第 8 腹节; 产卵器较短, 尾肛叶长卵形, 密披刚毛。

雄虫一般体小于雌虫。触角长于身体, 在头部后上方卷曲似环状, 基部膨大呈球形, 并着生 1 圈刚毛, 后端中部膨大呈椭圆形, 着生 2 圈刚毛, 梗节具一轮无序列短毛, 第 1、2 鞭节愈合, 第 5 鞭节端颈与肿结等长或稍短, 约 1.2-1.4 倍长于中茎, 1.7 倍长于基肿节, 各鞭节有两个球

状膨大体, 且基肿结和端肿结都各有 1-2 个环丝, 端鞭节顶部具毛突; 口器浅黄色, 下颚须 4 节, 具板短毛; 腹部比雌虫小, 末端两侧有向上弯曲的抱窝器 1 对, 并有黄褐色几丁质化的长钩; 前足和中足腿节均长于胫节, 约等长于第 2 跗节, 第 4 跗节长为第 5 跗节的 2.1-2.4 倍, 后足腿节长度显著大于胫节, 微短于第 2 跗节, 第 4 跗节比第 5 跗节长 2.3-2.4 倍 翅长为宽的 2.5-2.7 倍, R5 脉与前缘脉在翅顶后相接, R1 脉端感觉孔 2 个, R5 脉基部感觉孔 L 1 个, 亚端部 2 个; 外生殖器的肛尾叶 v 形凹陷, 形成 1 对如三角形的叶形结构, 被毛, 阳基端部扩大呈心形, 且扩大部分密被绒毛, 阳茎长, 端粗且裂为二叶。

成虫扫描电镜观察到复眼为聚合式, 各独立的小眼互不相连, 独立突显, 突起部分表面光滑, 无裂纹, 底部褶皱 (图 4:C); 雄虫触角各节大小相间排列, 较大的一节着生两圈刚毛, 且两端大小不等, 较小的一节只着生一圈刚毛 (图 4:A); 雌虫触角各节除端部鞭节外, 各节大小相同, 有两个球状膨大部, 成长葫芦形, 且各膨大部上着生一圈刚毛 (图 4:B); 触角上有环丝及刺形感受器、毛形感受器、锥形感受器、腔形感受器和柱形感受器等多种感受器; 雄虫抱器基节极长, 细而微曲, 具端爪 (图 4:D)。

2.5 食蚜瘿蚊的生物学特性

食蚜瘿蚊在贵州年发生代数 9-10 代, 以第 9、10 代老熟幼虫 10 月份在土中化蛹越冬, 次年 4 月中下旬到 5 月上旬开始羽化。

食蚜瘿蚊成虫羽化多集中于晚上, 成虫破茧初期体色较浅, 且不能立即飞行, 需 5-10 min 待翅丰盈后方可展翅飞行。羽化后当夜即可交尾, 次日傍晚开始产卵, 且产卵量最大, 产卵量随羽化后的天数递减。食蚜瘿蚊产卵多产于叶背面蚜虫所在部位, 且食蚜瘿蚊产卵量与蚜虫数量呈正相关关系。食蚜瘿蚊幼虫有聚集取食习性, 在蚜虫量多时表现明显, 且食蚜瘿蚊初孵幼虫在猎物缺乏时, 会对同种卵进行捕食。雌雄成虫在不同营养补充的情况下寿命不同。

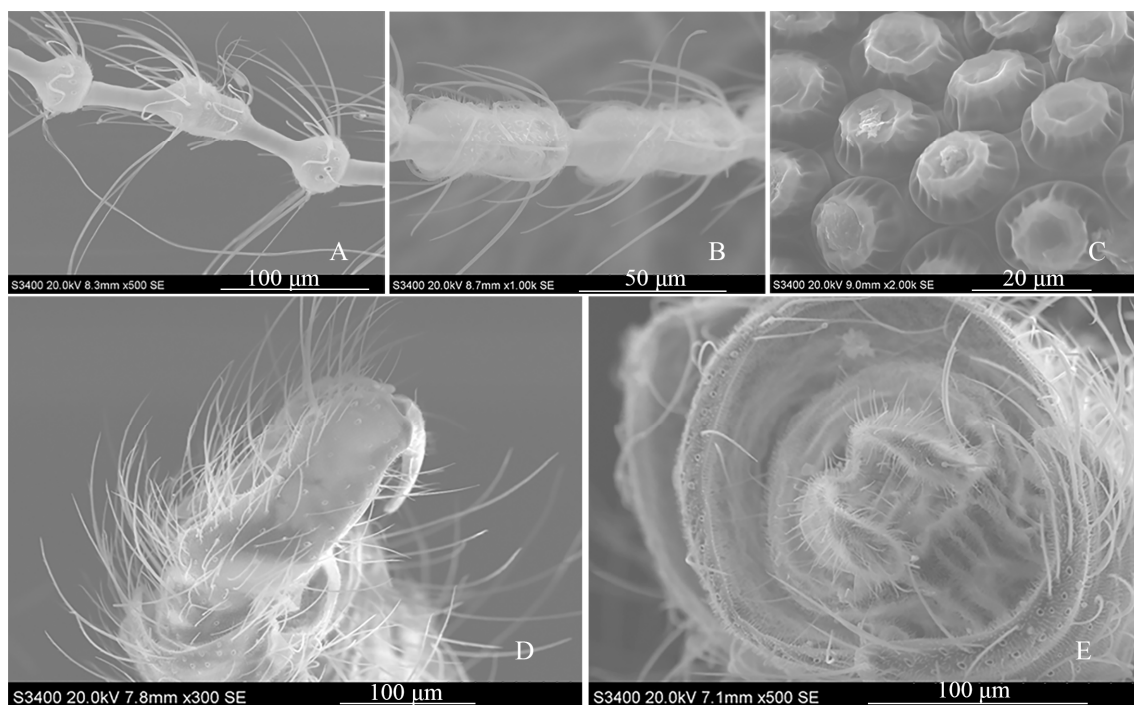


图 4 食蚜瘿蚊成虫扫描电镜超微结构

Fig. 4 The ultrastructure by scanning electron microscope of the adults of *Aphidoletes aphidimyza*

A. 雄虫触角 ($\times 500$); B. 雌虫触角 ($\times 1\,000$); C. 复眼 ($\times 2\,000$); D. 雄成虫抱握器 ($\times 300$); E. 雌成虫产卵器 ($\times 500$).

A. Male antennae ($\times 500$); B. Female antennae ($\times 1\,000$); C. Ommatium ($\times 2\,000$); D. Male adult holding device ($\times 300$); E. Female adult ovipositor ($\times 500$).

3 结论与讨论

食蚜瘿蚊的形态特征已有过报道,但前人描述仅仅提供了简单的文字描述,均未报导食蚜瘿蚊各个虫态的外部形态照片。本研究在室内饲养过程中,描述食蚜瘿蚊各个虫态的形态特征,并记录各个虫态的生长发育历期。研究发现,食蚜瘿蚊取食不同蚜虫,其幼虫体色有明显差异,其中以烟蚜为取食对象的食蚜瘿蚊,幼虫体色为鲜红色;而以豌豆修尾蚜为取食对象的食蚜瘿蚊,幼虫体色为橘红色。关于食蚜瘿蚊的年发生代数,据叶长青(1990)报道:在大多温带地区,食蚜瘿蚊年发生代数 3-5 代,这与贵州食蚜瘿蚊的年世代数不同,一方面原因可能是由于气候环境的影响,另一方面可能由于猎物数量缺乏而使得食蚜瘿蚊提前进入滞育。

自相残杀是以同种个体为食的捕食现象,肉食性动物中大量存在 (Polis, 1981),如异色瓢

虫会对非同卵卵进行捕食(非同卵自相残杀)而对成虫期的捕食行为没有影响(沙宪兰等, 2018)。食蚜瘿蚊初孵幼虫即可对猎物进行搜寻和捕食,在没有猎物的情况下会捕食同种卵,但对二龄三龄幼虫的捕食行为不造成影响。Osawa (1992)认为异色瓢虫在猎物缺乏的情况下,通过取食卵进行营养补充,从而增加种内竞争,不仅是在减少潜在的竞争对手,促进存活率,加快生长发育,同时也是对恶劣条件下的一种适应性表现,这与食蚜瘿蚊初孵幼虫对同种卵进行捕食的结果一致。然而,对食蚜瘿蚊的这一自相残杀现象还未进行深入研究,在种群扩繁的过程中,还需深入研究其共存条件下的自相残杀。

参考文献 (References)

- Cheng HK, Wei BC, Tian YQ. 1988. Preliminary study on biology of *Aphidoletes aphidimyza* (Randoni). *Plant Protection*, 14(3): 26-37. [程洪坤, 魏炳传, 田毓起. 1988. 食蚜瘿蚊生物学初步

- 研究. 植物保护, 14(3): 26–37.]
- Feng HZ, Wang L, 1997. Biological characteristics and predation function of *Aphidoletes aphidimyza* (Randoni). *Xinjiang Agricultural Sciences*, (1): 30–31. [冯宏祖, 王兰, 1997. 食蚜瘿蚊的生物学特性及捕食功能研究. 新疆农业科学, (1): 30–31.]
- Harris KM, 1973. *Aphidophagous cecidomyiidae* (Diptera): taxonomy, biology and assessments of field populations. *Bulletin of Entomological Research*, 63(2): 305–325.
- Liu XQ, Yang MF, 2005. Biological characters *Aphidoletes aphidimyza* in Guizhou province. *Guizhou Agricultural Sciences*, 33(1): 8–10. [刘细群, 杨茂发, 2005. 贵州食蚜瘿蚊生物学特性的初步研究. 贵州农业科学, 33(1): 8–10.]
- Osawa N, 1992. Sibling cannibalism in the ladybird beetle *Harmonia axyridis*: fitness consequences for mother and offspring. *Research on Population Ecology*, 34(1): 45–55.
- Polis GA, 1981. The evolution and dynamics of intraspecific predation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 12(4): 225–251.
- Sha XL, Shen XL, Shu XL, Meng L, Li BP, 2018. Effects of larval consumption of diets of aphids and non-sibling conspecific eggs on adult predation behaviors in *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 34(1): 59–64. [沙宪兰, 沈新兰, 舒晓晗, 孟玲, 李保平, 2018. 异色瓢虫幼虫捕食蚜虫与同种非同胞卵的混合食物对成虫捕食行为的影响. 中国生物防治学报, 34(1): 59–64.]
- Yang HF, Wang HZ, 1987. The record of *Aphidoletes aphidimyza* (Randoni) (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of August 1st Agricultural College*, (4): 57–59. [杨海峰, 王惠珍, 1987. 食蚜瘿蚊(双翅目:瘿蚊科)的记述. 八一农学院学报, (4): 57–59.]
- Ye CQ, 1990. The research progress of *Aphidoletes aphidimyza* (Randoni). *Entomological Knowledge*, 27(3): 181–184. [叶长青, 1990. 食蚜瘿蚊研究进展. 昆虫知识, 27(3): 181–184.]
- Yukawa J, Yamaguchi D, Mizota K, Setokuchi O, 1998. Distribution and host range of an aphidophagous species of Cecidomyiidae, *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera) in Japan. *Applied Entomology & Zoology*, 33(1): 185–193.
- Zhang J, Yang MF, 2008. Scanning electron microscopy of antennae of *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *Zoological Research*, 29(1): 108–112. [张洁, 杨茂发, 2008. 食蚜瘿蚊触角的扫描电镜观察. 动物学研究, 29(1): 108–112.]