

亚洲象胃蝇生态习性观察及 一龄幼虫形态研究*

安琢玮^{1**} 保明伟² 周方易² 徐雯恬¹ 闫利平¹
汤雨明¹ 杨明海³ 张成林³ 周同山⁴ 张 东^{1***}

(1. 北京林业大学生态与自然保护学院, 北京 100083; 2. 西双版纳野象谷景区有限公司, 景洪 666100; 3. 北京动物园管理处圈养野生动物技术北京市重点实验室, 北京 100044; 4. 山东省烟台市园林建设养护中心, 烟台 264002)

摘 要 【目的】首次报道我国象胃蝇属新纪录, 记录亚洲象胃蝇 *Cobboldia elephantis* 产卵习性, 确定了其孵化的条件并对 1 龄幼虫的形态进行描述, 与胃蝇属 *Gasterophilus*、犀胃蝇属 *Gyrostigma* 其他物种形态进行比较。【方法】野外观察并记录亚洲象胃蝇的产卵习性; 实验室测试亚洲象胃蝇幼虫的孵化条件, 记录幼虫孵化过程, 对卵及 1 幼虫的形态鉴别特征进行描述。【结果】野外记录到亚洲象胃蝇产卵于象牙基部, 卵块为紧密相接的排布方式, 计数了单侧象牙被寄生的卵量为 56-385 枚之间; 实验表明亚洲象胃蝇幼虫需在水中孵化, 水温达到 35 °C 时幼虫孵化时间为 5 min, 与亚洲象在 3-5 月份野外活动时当地的最高气温相吻合, 也符合亚洲象需要经常沐浴或泥浴来维持体表水分的特点; 通过观察 1 龄幼虫的形态特征, 发现亚洲象胃蝇口钩侧面存在两对副口钩、未发现剑状的唇基、后气门不突出于虫体且尾节末端存在棘刺等明显有别于胃蝇属及犀胃蝇属已知物种的特征。【结论】胃蝇亚科在我国记录增至 2 属, 明确了象胃蝇属 1 龄幼虫的形态鉴别特征。鉴于该类群为野生动物胃蝇蛆病的病原体, 建议对亚洲象等濒危动物持续实施胃蝇蛆病监测, 采取必要的保护措施。

关键词 象胃蝇属; 生态习性; 卵; 1 龄幼虫; 形态比较

Adult ecological habit and first instar larvae morphological study of *Cobboldia elephantis* (Brauer) (Diptera: Oestridae)

AN Zhuo-Wei^{1**} BAO Ming-Wei² ZHOU Fang-Yi² XU Wen-Tian¹ YAN Li-Ping¹ TANG Yu-Ming¹
YANG Ming-Hai³ ZHANG Cheng-Lin³ ZHOU Tong-Shan⁴ ZHANG Dong^{1***}

(1. Beijing Forestry University, School of Ecology and Nature Conservation, Beijing 100083, China; 2. Xishuangbanna Wild Elephant Valley Co., Ltd., Jinghong 666100, China; 3. Beijing Zoo, Beijing Key Laboratory of Captive Wildlife Technologies, Beijing 100044, China; 4. Yantai City Garden Construction and Maintenance Center, Yantai 264000, China)

Abstract [Aim] This study reports a new record of the genus *Cobboldia* in China. The oviposition habits of *Cobboldia elephantis* are documented; the condition of hatching is tested, and the morphology of the first-instar larvae is described, and compared with that of the genera *Gasterophilus* and *Gyrostigma*. [Methods] Field observations were conducted to record the oviposition habits of *C. elephantis*. The conditions of hatching were tested in the laboratory environment. The morphology of the eggs and first-instar larvae was observed, and the diagnostic characters were photographed and described in detail. [Results] In the field, *C. elephantis* lay eggs at the base of elephant tusks, the egg clusters were tightly packed, with the number on one tusk ranging from 56 to 385. The eggs of *C. elephantis* require water to hatch, and can hatch in 5 minutes at 35 °C, which corresponds to the climate of the habitats of Asian elephants during our field study period between March to May.

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发项目 (2022YFC2601601)

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

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: ernest8445@163.com

收稿日期 Received: 2024-01-23; 接受日期 Accepted: 2024-02-26

This hatching condition also aligns with the frequent bathing or mud-bathing behavior of Asian elephants to maintain moisture on their skin. The morphological features of the first-instar larvae of *C. elephantis* are obviously different from that of the known species of *Gasterophilus* and *Gyrostigma*, with two pairs of accessory mouthhooks on the outside of the mouthhooks, no sword-shaped labrum, the posterior spiracular that does not protrude from the body, and spines on the end of body. **[Conclusion]** The records of the subfamily Gasterophilinae in China has increased to two genera, and the identification characteristics of the first-instar larvae of *Cobboldia* are clarified. Considering that these taxa are all pathogens myiasis in wild animals, this study also provides a practical method to monitor the infection of stomach bot flies for endangered animals such as Asian elephants as a protective measures.

Key words *Cobboldia elephantis*; ecological habits; egg; first-instar larvae; morphological comparison

狂蝇科 Oestridae 专性内寄生于哺乳类动物 Mammalia (范滋德, 1992; 薛万琦和赵建铭, 1996), 一些物种亦会感染人类 (Colwell *et al.*, 2006), 共分 4 个亚科, 胃蝇亚科 Gasterophilinae 物种的幼虫专性寄生于马、象、犀牛的消化道内 (闫利平等, 2021); 狂蝇亚科 Oestrinae 幼虫主要寄生于有蹄类动物鼻咽部, 侵入鼻窦、咽喉或颅内; 皮蝇亚科 Hypodermatinae 和疽蝇亚科 Cuterebrinae 幼虫寄生于哺乳动物皮下 (Zumpt, 1965; Pape, 2006; 刘善辉等, 2018)。

胃蝇亚科包括象胃蝇属 *Cobboldia* Brauer、胃蝇属 *Gasterophilus* Leach 和犀胃蝇属 *Gyrostigma* Brauer, 寄主分别为象科 Elephantidae、马科 Equidae 和犀科 Rhinocerotidae 动物 (闫利平, 2019; 李心钰, 2020)。胃蝇属物种的生态习性 (张科等, 2023), 各虫态的显微、超显微形态特征 (Zumpt, 1965, Norman and Woodley, 1994; Colwell *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2019), 系统发育关系等 (Yan *et al.*, 2019) 已有详细的研究。犀胃蝇属和象胃蝇属的物种相关研究较少, 部分物种进行了不同虫态的形态特征研究 (Sclater, 1871; Patton, 1922; Geddoelst *et al.*, 1923; Zumpt, 1965; Knapp *et al.*, 1997; Brazil *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2020)。关于亚洲象胃蝇 *Cobboldia elephantis* Brauer, Sclater (1871) 首次描述了其雌性产卵于象牙基部, 其后 Patton 于 1922 年通过获取的卵块, 孵化出了 1 龄幼虫, 近期对于野生、圈养的亚洲象倒毙个体尸检报道了重度感染胃蝇蛆病的情况 (Kinsella *et al.*, 2004; Venu *et al.*, 2015; Gowda *et al.*, 2017; Soundararajan *et al.*, 2019; Chel *et al.*, 2020)。

本研究在中国首次记录到了象胃蝇属, 采集到亚洲象胃蝇的卵块样品, 拍摄到卵块寄生于亚洲象象牙基部的生态照片, 孵化出 1 龄幼虫并拍摄照片, 首次描述 1 龄幼虫的形态特征, 描述了观察到的亚洲象胃蝇生态习性; 通过已经获得犀牛胃蝇 *Gyrostigma rhinocerotis* Hope 及黑腹胃蝇 *gasterophilus pecorum* 的 1 龄幼虫标本, 比较了 3 个属 1 龄幼虫形态特征。

1 材料与方法

1.1 样品采集

本文第三作者于 2019 年 9 月在对圈养亚洲象进行常规驱虫时, 于亚洲象粪便中发现幼虫, 于 2022 年 9 月采集部分幼虫进行物种鉴定, 鉴定为亚洲象胃蝇 3 龄幼虫。自 2023 年起连续两年对云南省西双版纳野象谷景区 (后称野象谷) 内亚洲象胃蝇的成蝇羽化时间、寄生率、产卵位置、产卵数量等进行野外观察与样品采集工作, 于 2023 年 5 月 12 日首次于亚洲象象牙基部观察到亚洲象胃蝇卵块, 拍摄生态照片后, 从基部取下其中部分卵块, 共采获 513 枚卵, 后于 2024 年 4 月 3 日再次于亚洲象象牙基部采获亚洲象胃蝇卵 132 枚。获得的卵块样品均装入 50 mL 冻存管中带回实验室进行研究, 孵化实验结束后剩余卵块使用 75% 酒精浸泡, -20 °C 低温保存。

1.2 形态研究方法

将卵块置于干净培养皿中, 观察其颜色、形状, 以及卵盖、背面附着结构等特征。孵化出的 1 龄幼虫虫体为透明状, 可将其直接制作临时装

片进行观察,取甘油和蒸馏水混合液(1:1 振荡均匀),滴于载玻片上,将虫体腹面向上置于液滴中,排尽气泡后盖上盖玻片,置于显微镜下观察其头部口咽骨、口钩形态,虫体棘刺数量、形态、排布,尾节气门裂数量、形状等形态特征。

使用蔡司 ZEISS SteREO Discovery 体式镜连接佳能 750D 拍摄卵的光镜照片并录制孵化视频,使用蔡司 ZEISS Imager D2 连接佳能 750D 拍摄 1 龄幼虫形态照片,所得照片均在 Windows 11 系统中使用 Helicon Focus 进行聚焦堆叠,之后用 Adobe Photoshop CS6 22.5.0 进行图像及排版。

对胃蝇属,犀胃蝇属物种 1 龄幼虫的形态特征参考 Li 等(2020)。幼虫形态术语依据 Courtney

等(2000)、Colwell 等(2006)和 Li 等(2018)。

2 结果与分析

2.1 亚洲象胃蝇 1 龄幼虫孵化与行为

亚洲象胃蝇幼虫需在水中孵化(Patton, 1922),北京 4 月室温约 22℃左右,首先在实验室室温条件下尝试孵化,后考虑到野象谷圈养亚洲象每天 9:00-16:00 进行野外活动,当地该时段平均最高气温 35.7℃,因此应选择亚洲象胃蝇生活环境温度进行孵化。多次实验得卵块需浸入水中才能孵化,水温较高时孵化时间短(表 1)。

表 1 亚洲象胃蝇 1 龄幼虫孵化情况
Table 1 Hatching of first-instar larvae of *Cobboldia elephantis*

孵化方式 Hatching mode	水温(℃) Water temperature (°C)	幼虫孵化 Larval incubation	幼虫孵化时间(min) Larval incubation time (min)
卵块漂浮于水面上 The egg clusters float on the water	22	否 No	/
	35	否 No	/
卵块浸没于水滴中 The egg clusters are submerged in water droplets	22	是 Yes	20
	35	是 Yes	5

象胃蝇的卵在湿润的有水的环境下孵化,且初孵幼虫具有较强的活动能力。将卵块浸湿后,用昆虫针可较轻松沿裂缝打开卵盖,挑开卵盖后可见幼虫头部朝向开口方向,孵化时卵盖沿缝隙两侧同时裂开,幼虫头部最先出现,后用身体顶开卵盖,1 min 之内爬出卵壳(图 1: A-D);但观察到一只幼虫后气门朝外,反着爬出卵壳,并用了很长时间才脱离卵壳(图 1: E)。幼虫离开卵壳后活动能力很强,不断扭动身体,快速向四周移动;但离开湿润环境到达干燥区域时停止活动,在虫体表面滴一滴水后恢复活力并快速扭动直到再次干燥(图 1: F)。

2.2 亚洲象胃蝇卵及 1 龄幼虫形态观察

卵长约 2 mm,完整的卵为象牙白色,圆柱形,表面光滑,紧贴象牙的腹面平,有规律的紧密相接排列于象牙的基部,呈扇形的卵块样(图 3: E, G)。卵背面顶端有弧形缝隙,为卵

盖,约占整个卵长度的 2/3。已经孵化的卵,其卵盖部分缺失(图 3: F)。幼虫孵化时未见卵盖断裂或剥离,仅从端部被顶开翘起(图 3: H)。卵壳干燥时非常坚硬,卵盖的裂缝不明显,但浸入水中后变得柔软而有韧性,卵盖缝隙明显。

1 龄幼虫体长 1.8-2.3 mm,梭形,象牙白色部分区域透明可见口咽骨,伪头 1 节,胸 3 节,腹 7 节,尾节 1 节。除尾节前两个分支外,每个体节前端都有棘刺。伪头前端有一对触觉复合体,端部圆突出于头部(图 2: A, B);口钩镰刀状,强烈硬化,基部粗壮尖端尖利,在口钩外侧各有两个向外的较小的钩,在虫体鲜活时分别指向前侧面和侧面,为口钩的附属结构,称副口钩(图 2: C, D);两个口咽骨合并处未发现呈剑状的坚硬的唇基;除尾节和腹部最后一节外身体各节前端均生有多排棘刺,棘刺于腹面、背面中部中断;后气门未突出于虫体,尾节末端生长两簇棘刺(图 2: E)。

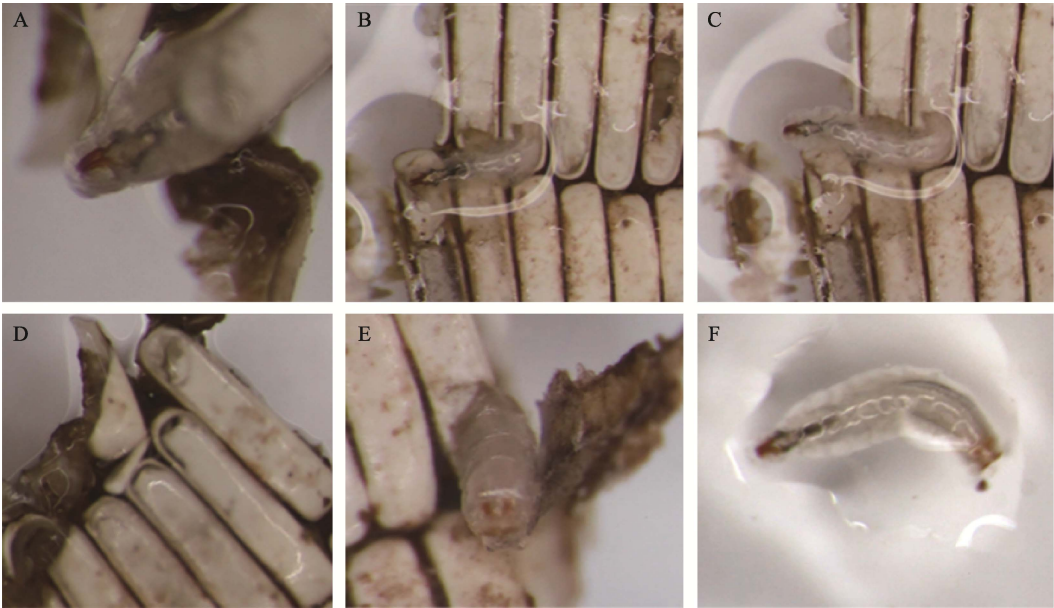


图 1 亚洲象胃蝇 1 龄幼虫孵化过程图

Fig. 1 Hatching processes of the first-instar larvae of *Cobboldia elephantis*

A-C. 亚洲象胃蝇孵化过程; D. 幼虫孵化后的卵; E. 反向爬出卵壳的幼虫; F. 幼虫在水中很活跃。
A-C. Hatching processes of *C. elephantis*; D. The egg after the larva hatched; E. A larva that climbs backward out of the egg; F. Larvae are very active in the water.

2.3 亚洲象胃蝇野外生态习性观察

于 2024 年 3 月于圈养亚洲象的圈舍首次发现并拍摄到亚洲象胃蝇雌性成虫 (图 3: D), 发现亚洲象胃蝇卵块时间在 3 月下旬至 5 月之间, 此时野象谷平均最高气温 35.7 ℃, 圈养亚洲象每天 9: 00-16: 00 进行野外活动, 亚洲象活动的区域为亚热带季风常绿阔叶林、热带季雨林及热带山地雨林, 活动范围为象舍周边 5-10 km。因需对亚洲象个体逐一进行密切接触的检查, 危险性极高, 除未长象牙和未进行野外活动的个体外, 仅有 6 雌 3 雄, 共 9 头亚洲象接受了检查, 年龄为 5-39 岁, 除 2 头雄性亚洲象仅右侧象牙发现卵块外, 其余 7 头均于两侧象牙观察到, 经计数单侧象牙产卵数量为 56-385 枚, 说明寄生无性别、年龄以及左右象牙的单侧偏好 (图 3: A-C)。卵块多分布于象牙基部的腹面, 少量分布于背面, 这可能是由于象牙背面紧贴上唇部, 裸露区域少, 通常仅有小于 100 枚卵, 而象牙腹面更靠近象的唇部, 产卵部位距离口腔最近仅 2 cm 左右, 卵的位置越靠近象牙基部下, 幼虫进入象的口腔的机率更大, 象牙腹面通常有

100-385 枚卵。

3 讨论

在胃蝇属和犀胃蝇属中仅存在口钩, 未发现附属结构。3 个属物种均存在两条后气门裂, 口咽骨结构相似, 但胃蝇属和犀胃蝇属形态与象胃蝇属有显著差异 (表 2)。透过虫体可见其气管, 端部粗大, 在虫体中部迅速变窄为细管状, 其形态变化远大于另外两个属 (Li *et al.*, 2020)。

通过胃蝇亚科内 3 属 1 龄幼虫的形态对比, 胃蝇属和犀胃蝇属形态特征更为相近, 二者具有口钩无附属结构、存在硬化的剑状唇基、尾节无棘刺、后气门突出等共有衍征; 而象胃蝇属的副口钩、后气门不突出、尾节有棘刺等特征明显区别于其他两属, 为其独征。在系统发育关系中胃蝇属和犀胃蝇属为姐妹群, 象胃蝇属为两属的姐妹群 (Yan *et al.*, 2019), 本研究中的幼虫形态特征也支持了该结论。

胃蝇亚科幼虫均以附着见长, 其中亚洲象胃蝇在口钩两侧还有两对副口钩, 结构明显比另外两属复杂, 使其快速地将虫体附着在寄主口腔这

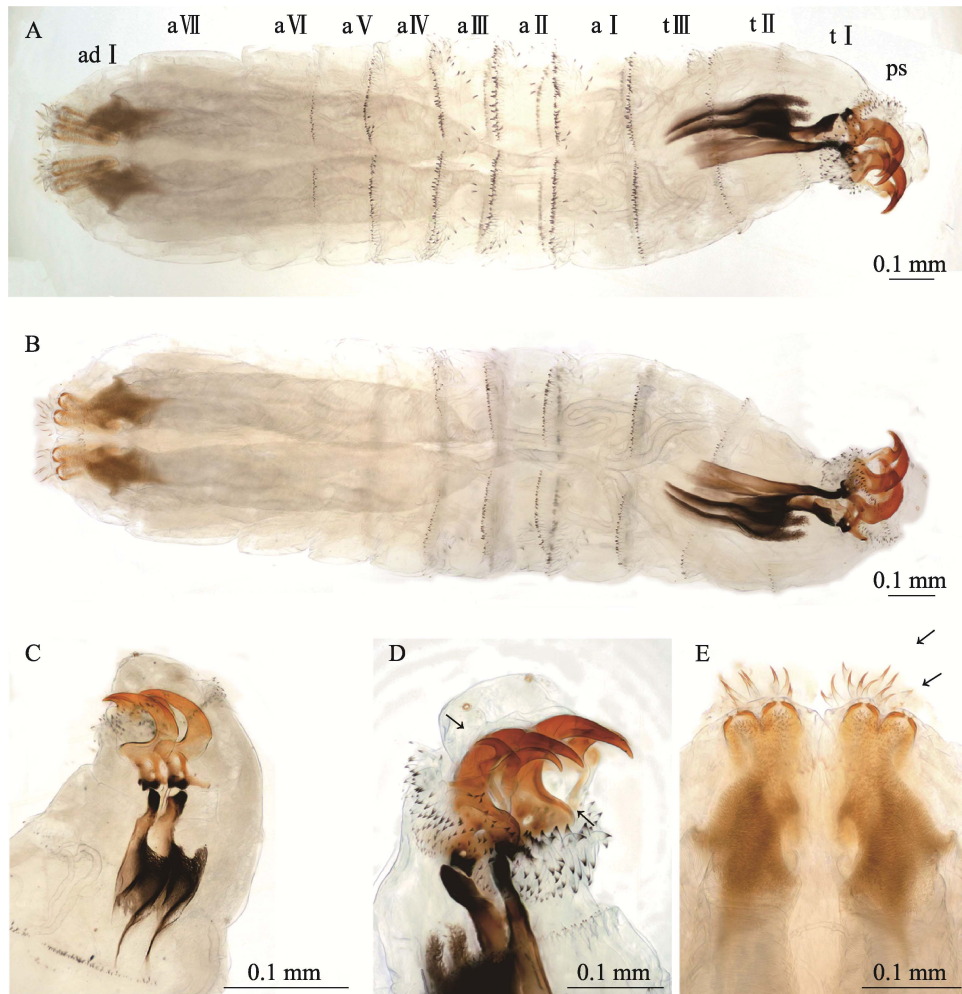


图 2 亚洲象胃蝇 1 龄镜图

Fig 2 Light micrograph of first-instar larvae of *Cobboldia elephantis*

A. 亚洲象胃蝇 1 龄幼虫腹面图; B. 亚洲象胃蝇 1 龄幼虫背面图; C. 口钩及口咽骨放大图; D. 口钩及副口钩放大图; E. 后气门裂及棘刺放大图。ps: 伪头; t I–t III: 第 1–3 胸节; a I–a VII: 第 1–7 腹节; ad I: 尾节。

A. Ventral view of first-instar larvae of *C. elephantis*; B. Dorsal view of first-instar larvae of *C. elephantis*; C. Enlarged view of mouthhooks and cephalopharyngeal skeleton; D. Enlarged view of mouthhooks and accessory mouthhooks; E. Enlarged view of spiracular slits and spines. ps: Pseudocephalon; t I–t III: Thoracic segments I–III; a I–a VII: Abdominal segments I–VII; ad I: Anal division I.

一能力更为突出。通过对其形态特征和功能进行系统研究,能够在附着器械的结构配置方面获得更多的信息,成果将有望应用于仿生学。

Gowda 等 (2017) 记录在自然死亡的亚洲象个体中发现约 400 只幼虫,本次记录单侧象牙上有 56–385 枚卵,多数亚洲象为双侧感染,这与 Sclater 等 (1871) 记录在亚洲象印度种群 1 头大象的象牙上发现了约 2 000 枚象胃蝇的卵存在数量的显著差异,推测因亚洲象胃蝇卵块附着力强,在记录时将多年累积的卵均进行了统计。

胃蝇亚科的 3 个属物种产卵方式有显著差异。犀牛胃蝇雌蝇将卵产于犀牛角基部、耳基部和犀牛肩颈部位 (Chidwick, 2019), 多枚卵通常呈簇状粘附在犀牛体表,产卵位置较象胃蝇更为广泛,且犀牛胃蝇可以产卵于多个位置,而胃蝇属物种则将卵产于马科动物面部、肩颈、前胸及前腿处毛发上 (Blickwinkel, 2012), 卵总是单独粘在毛发上或几枚卵紧密排列粘在一根毛发上,黑腹胃蝇 *Gasterophilus pecorum* 雌虫则将卵产于寄主途径区域的牧草茎或植物叶片上 (张

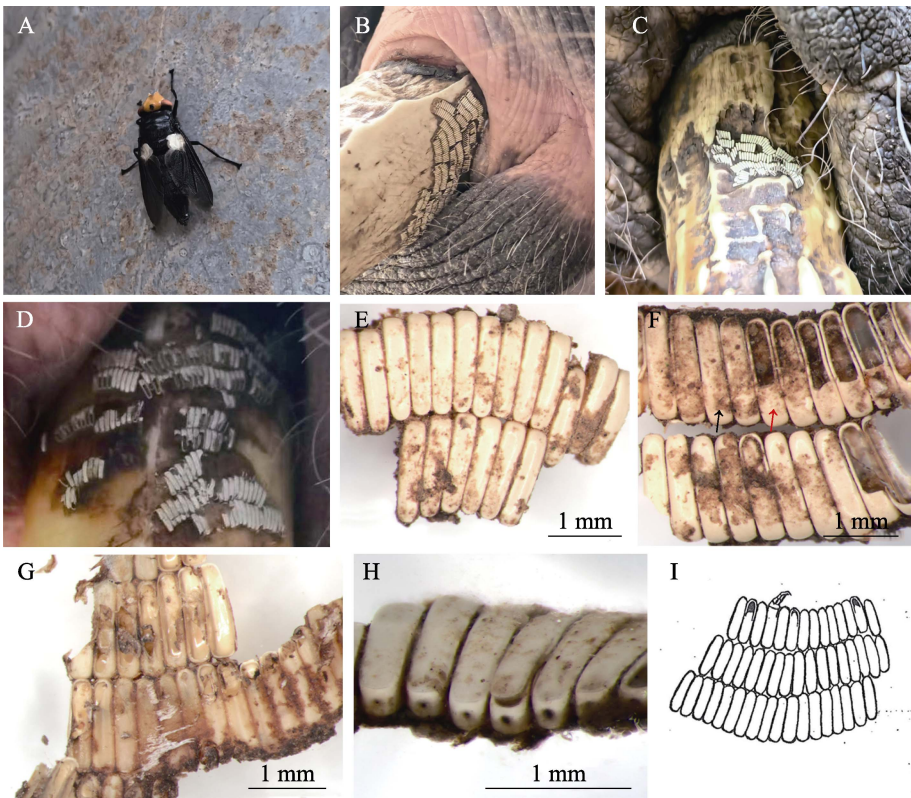


图 3 亚洲象胃蝇的卵块及成虫

Fig. 3 Egg clusters and adult of *Cobboldia elephantis*

A. 亚洲象胃蝇雌性成虫生态照片; B-D. 亚洲象胃蝇卵块生态照片, 产卵部位为亚洲象象牙基部;
E. 亚洲象胃蝇完整卵块的正面光镜图; F. 亚洲象胃蝇缺失卵盖的卵块正面光镜图, 示卵盖占卵全长 2/3,
黑色箭头示未孵化的卵, 红色箭头示已孵化的卵; G. 亚洲象胃蝇卵块背面光镜图, 示黏附于象牙部分;
H. 亚洲象胃蝇卵块放大图; I. 亚洲象胃蝇卵块图仿 Patton, 1922。
A. Ecological photograph of the female adult of *C. elephantis*; B-D. Ecological photograph of the egg clusters of
C. elephantis, with the oviposition site being at the base of the Asian elephant's tusks; E. Frontal light micrograph of intact
egg clusters of *C. elephantis*; F. Frontal light micrograph of egg clusters of *C. elephantis* with missing egg caps, which
accounts for 2/3 of the total length of the egg, blank arrow showing unhatched egg and red arrow showing hatched egg;
G. Dorsal light micrograph of the egg mass of *C. elephantis*, showing attachment to the ivory part; H. Close-up
diagram of egg mass of *C. elephantis*; I. The egg clusters of *C. elephantis* imitated Patton, 1922.

表 2 胃蝇亚科 3 个属物种 1 龄幼虫形态差异表 (n=5)

Table 2 Morphological differences of first-instar larvae among three genera of Gasterophilinae (n=5)			
形态结构 Morphological structure	亚洲象胃蝇 <i>Cobboldia elephantis</i>	犀牛胃蝇 <i>Gyrostigma rhinocerotis</i>	黑腹胃蝇 <i>Gasterophilus pecorum</i>
体长 (mm) Length (mm)	1.9-2.1	1.4-1.6	0.9-1.1
口钩外侧存在副口钩 Two pairs of accessory mouthhooks on the outside of the mouthhooks	是 Yes	否 No	否 No
存在剑状唇基 Exist sword-shaped labrum	否 No	是 Yes	是 Yes
后气门突出于虫体 A posterior spiracular that protrude from the body	否 No	是 Yes	是 Yes
虫体末端有棘刺 Spines on the end of body	是 Yes	否 No	否 No

科等, 2023), 但一种马胃蝇只会将卵产在一个位置 (Yan *et al.*, 2019)。胃蝇亚科的现生物种中, 象胃蝇属和犀胃蝇属的专性寄生程度较高, 物种数少, 每种寄生蝇仅寄生于一种寄主, 而胃蝇属物种最为繁盛, 专性程度较低, 同一寄主体内可观察到多种该属寄生蝇同时寄生的现象。

Patton (1922) 通过他人帮助, 于亚洲象 *Elephas maximus* 的象牙上发现并获得了亚洲象胃蝇的卵块, 孵化幼虫并绘制了卵的形态图 (图 2: I), 在野外 1 龄幼虫很可能是随寄主饮水、舔舐或在象饮水后孵化出来, 沿着口唇部皮肤爬入寄主口腔, 但未详细记录卵所在象牙的位置, 数量及幼虫孵化的条件。据圈养行为观察发现亚洲象不会舔舐象牙或口周, 但饮水、沐浴时水会浸润卵块, 每日定时定点饮水, 圈养象于野外和象舍都会饮水, 每天 1–2 h 会排便一次, 没有特定的排便场所。亚洲象皮肤没有汗腺和皮脂, 被动失水, 体表蒸发率较高, 需要定期湿润皮肤 (Lillywhite and Stein, 1987), 因此需要不断沐浴或泥浴 (陈明勇等, 2006), 饮水时也会浸湿产卵部位, 为亚洲象胃蝇幼虫的孵化和移动提供条件。

2023 年 5 月于象牙基部发现完整的卵块, 2024 年对亚洲象胃蝇卵及成虫进行持续观察, 于 3 月 24 日观察并记录到 1 只亚洲象胃蝇雌性成虫, 于 4 月再次采获完整的卵块。由各虫态发现时间推测其产卵及 1 龄幼虫孵化时间约在 3 月至 5 月间。而在印度南部采获亚洲象胃蝇卵块时为 11 月 (Patton, 1922)。因此不同地区不同气候条件下亚洲象胃蝇发育阶段存在着时间差异, 在温湿度适宜的情况下, 其各发育阶段的时间可能提前。由于亚洲象胃蝇产卵于象牙基部, 1 龄幼虫需在有水环境中才能孵化, 可在 3–5 月幼虫孵化时期通过每日亚洲象野外活动后对象牙进行清洁, 在象牙基部缠上布条并每日更换来减少亚洲象胃蝇寄生率, 或给象牙缠上吸水材料来减少有水环境, 降低亚洲象胃蝇的孵化率。

野外条件下雌蝇如何选择产卵位置, 1 龄幼虫如何孵化并感染亚洲象, 其演化趋势非常重要, 也是进化树上关键的生态习性特征, 但目前

我们仍处于推测阶段, 未来需要加强对这些行为的研究。亚洲象胃蝇 1 龄幼虫的形态特征明显有别于另外两属, 因此在结构、功能及演化过程上, 也需要进一步通过使用扫描电镜、激光共聚焦等工具进行进一步挖掘, 对于了解该类群的适应演化有更大的帮助。

象胃蝇属昆虫为濒危象科动物胃蝇蛆病的病原体, 在亚洲象 *E. maximus*、非洲草原象 *Loxodonta africana*、非洲森林象 *Loxodonta cyclotis* 体内均有发现, 象胃蝇属物种的形态特征及生态习性是与象科物种长期协同演化的结果, 高度适应寄生生活。已知象胃蝇对于象的寄生率高且数量大, 前人记录在缅甸和印度南部均有野生象个体倒毙并感染象胃蝇蛆病的情况较为严重 (Venu *et al.*, 2015; Gowda *et al.*, 2017), 因此对圈养于亚洲象分布地的个体定期进行驱虫非常必要, 对野生亚洲象也需要开展胃蝇蛆病的监测及研究。

参考文献 (References)

- Brazil SP, Pachaly JR, Monteiro-Filho LPC, Gonçalves DD, Voltarelli-Pachaly EM, 2016. *Gyrostigma rhinocerotis* (Diptera: Oestridae, Gasterophilinae) in white rhinoceroses (*Ceratotherium simum*) imported from South Africa: Occurrence in Itatiba. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 36(8): 749–752.
- Blickwinkel, 2012. Horse botfly gasterophilus intestinalis stock photos and images. <https://www.alamy.com/stock-photo/horse-botfly-gasterophilus-intestinalis.html?sortBy=relevant>
- Chel HM, Nakao R, Ohsawa N, Oo ZM, Nonaka N, Katakura K, 2020. First record and analysis of the COI gene of *Cobboldia elephantis* obtained from a captive Asian elephant from Myanmar. *Parasitology International*, 75: 102035.
- Colwell D, Hall MJR, Scholl PJ, 2006. The Oestrid Flies: Biology, Host-Parasite Relationships, Impact and Management. Wallingford: CABI. 93–123.
- Courtney GW, Sinclair BJ, Meier R, 2000. Morphology and terminology of Diptera larvae. *Science Herald*, 1: 85–161.
- Cen MY, Wu ZL, Dong YH, Liu DJ, Chen YP, Yang SJ, 2006. Research on Asian Elephant in China. Beijing: Science Press. 91. [陈明勇, 吴兆录, 董永华, 刘德军, 陈燕萍, 杨士剑, 2006. 中国亚洲象研究. 北京: 科学出版社. 91.]
- Chidwick P, 2019. Rhinoceros bot fly laying its eggs on rhino horn. <https://www.sciencephoto.com/media/804171/view/rhinoceros-bot-fly-laying-its-eggs-on-rhino-horn>.

- Fan ZD, 1992. Key to the Common Flies of China. Beijing: Science Press. 890–895. [范滋德, 1992. 中国常见蝇类检索表(第2版). 北京: 科学出版社. 890–895.]
- Gowda AKJ, Dharanisha NK, Giridhar P, Byre Gowda SM, 2017. *Cobboldia elephantis* (Cobbold, 1866) larval infestation in an Indian elephant (*Elephas maximus*). *Journal of Parasitic Diseases*, 41(2): 364–366.
- Gedoeft LM, 1923. Les trois stades larvaires de *Cobboldia loxodontis*. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 1(4): 354–362.
- Kinsella JM, Deem SL, Blake S, Freeman AS, 2004. Endoparasites of African forest elephants (*Loxodonta africana cyclotis*) from the Republic of Congo and Central African Republic. *Comparative Parasitology*, 71(2): 104–110.
- Knapp SE, Kreczek RC, Horak IG, Penzhorn BL, 1997. Helminths and arthropods of black and white rhinoceroses in southern Africa. *Journal of Wildlife Diseases*, 33(3): 492–502.
- Li XY, Chen YO, Wang QK, Li K, Pape T, Zhang D, 2018. Molecular and morphological characterization of third instar Palaearctic horse stomach bot fly larvae (Oestridae: Gasterophilinae, *Gasterophilus*). *Veterinary Parasitology*, 262: 56–74.
- Liu SH, Hu DF, Li K, Fan XZ, 2018. Analysis of morphological and behavioral characteristics of the third instars of *Gasterophilus* spp. *Chinese Journal of Veterinary Medicine*, 54(6): 3–7. [刘善辉, 胡德夫, 李凯, 范晓泽, 2018. 胃蝇属三龄幼虫形态特征及行为的种间和种内关系分析. 中国兽医杂志, 54(6): 3–7.]
- Li XY, Pape T, Zhang D, 2019. *Gasterophilus flavipes* (Oestridae: Gasterophilinae): A horse stomach bot fly brought back from oblivion with morphological and molecular evidence. *PLoS ONE*, 14(8): e0220820.
- Li XY, Pape T, Colwell D, Dewhurst C, Zhang D, 2020. Three-dimensional characterization of first instar horse and rhinoceros stomach bot fly larvae (Oestridae: Gasterophilinae: *Gasterophilus*, *Gyrostigma*): Novel morphology and evolutionary implications. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 193(3): 939–952.
- Lillywhite HB, Stein BR, 1987. Surface sculpturing and water retention of elephant skin. *Journal of Zoology*, 211(4): 727–734.
- Li XY, 2020. Molecular phylogenetics of Oestridae with adaptive evolutionary insights emphasized on the representative groups. Doctor dissertation. Beijing: Beijing Forestry University. [李心钰, 2020. 狂蝇科分子系统学及代表性类群适应演化研究. 博士学位论文. 北京: 北京林业大学.]
- Norman E, Woodley, 1994. Bot fly types in the museum of comparative zoology (Diptera: Oestridae). *Psyche: A Journal of Entomology*, 101(3): 7.
- Patton WS, 1922. Note on the egg-laying habits of *Cobboldia elephantis* Cobbold. *Journal of Medical Research*, 10(1): 63–65.
- Pape T, 2006. Phylogeny and evolution of bot flies //Colwell DD, Hall MJR, Scholl PJ (eds.). *The Oestrid Flies: Biology, Host-parasite Relationships, Impact and Management*. Wallingford: CABI. 20–50.
- Sclater PL, 1871. Notes on rare or little-known animals now or lately living in the Society's gardens. *Proceedings of the Zoological Society of London*. 221–240.
- Soundararajan C, Prabhu KP, Nagarajan K, Divya T, 2019. Wound and gastric myiasis due to *Chrysomya bezziana* and *Cobboldia elephantis* and its pathological lesions in wild elephants in the Nilgiris hills of Tamil Nadu. *Journal of Parkinsons Disease*. 43(1): 134–138.
- Venu R, Thoiba Singh T, Veeraharin R, Rajesh D, Srilatha Ch, 2015. First report of *Cobboldia elephantis* (Cobbold, 1866) larvae in a free ranging wild elephant from Andhra Pradesh, India. *Journal of Parasitic Diseases: Official Organ of the Indian Society for Parasitology*, 39(2): 168–170.
- Xue WQ, Zhao JM, 1996. Flies of China. Shenyang: Liaoning Science and Technology Publishing House. 2207–2217. [薛万琦, 赵建铭, 1996. 中国蝇类(下册). 沈阳: 辽宁科学技术出版社. 2207–2217.]
- Yan LP, 2019. Molecular phylogeny and evolution in Calyptratae flies with an emphasis on evolution of the Oestroidea. Doctor dissertation. Beijing: Beijing Forestry University. [闫利平, 2019. 有瓣蝇类系统发育关系重建——侧重狂蝇总科演化历史研究. 博士学位论文. 北京: 北京林业大学.]
- Yan LP, Pape T, Elgar M, Gao YY, Zhang D, 2019. Evolutionary history of stomach bot flies in the light of mitogenomics. *Systematic Entomology*, 44(4): 797–809.
- Yan LP, Pei WY, Zhang D, 2021. Classification, phylogeny and evolution of the Calyptratae (Insecta: Diptera). *Acta Entomologica Sinica*, 64(6): 757–768. [闫利平, 裴文娅, 张东, 2021. 有瓣蝇类分类, 系统发育及演化. 昆虫学报, 64(6): 757–768.]
- Yan LP, Zhang M, Tang LP, Enteb M, Ma XP, Chu HJ, Li K, Hu DF, Zhang D, 2019. First reports of nasal and traumatic myiasis infection in endangered Przewalski's horses (*Equus ferus przewalskii*). *International Journal for Parasitology. Parasites and Wildlife*, 9: 21–24.
- Zumpt F, 1965. Myiasis in Man and Animals in the Old World. A Textbook for Physicians, Veterinarians and Zoologists. London, Butterworth & Co. 1–267
- Zhang K, Zhang Y, Wang C, Ge Y, Chu HJ, Zhang YB, Zhang D, Li K, 2023. Distribution characteristics of epidemic focus of *Gasterophilus pecorum* (Diptera: Gasterophilidae) in the core habitat of released Przewalskis horses. *Acta Ecologica Sinica*, 43(14): 5840–5849. [张科, 张钰, 王臣, 葛炎, 初红军, 张彦豹, 张东, 李凯, 2023. 放归普氏野马核心区黑腹胃蝇疫源分布特点. 生态学报, 43(14): 5840–5849.]