

doi:10.3969/j.issn.1001-3776.2017.06.016

朱红毛斑蛾雌雄鉴别与生殖系统解剖观察

茅裕婷¹, 贾蕊娟², 朱诚棋¹, 史先慧¹, 张胜男¹, 马涛¹, 温秀军¹

(1. 华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642; 2. 深圳市广信园林建设有限公司, 广东 深圳 518052)

摘要: 朱红毛斑蛾 *Phauda flammans* 主要为害榕树 *Ficus microcarpa*。为了迅速准确鉴别蛹和成虫性别, 通过体视显微镜进行观察。结果表明, 雌蛹第8腹节有1纵裂缝, 两侧平坦, 第9腹节和第10腹节分节不明显; 雄蛹第9腹节有1明显生殖孔裂缝, 略微突起, 第9腹节和第10腹节分节明显。雄虫体型较雌虫略小, 雌虫触角鞭节白色, 雄虫黑色; 雌虫腹面体毛黑色, 雄虫腹面体毛灰白色。雌虫腹部末端有明显的产卵器, 轻挤腹部末端, 伸出1黄色囊状腺体; 雄成虫腹部末端有1对黑色尾须, 轻挤腹部末端, 抱握器分开, 阳具外突。朱红毛斑蛾雌成虫的生殖系统包括1对卵巢、卵巢管、1根中输卵管、2根侧输卵管、受精囊、受精囊腺、阴道支囊、导精管、交尾囊、1对附腺、产卵器; 雄成虫的生殖系统包括1个睾丸、1对输精管、1对附腺、双精管、单精管、阴茎和抱握器。

关键词: 朱红毛斑蛾; 蛹; 成虫; 雌雄鉴别; 生殖系统; 体视显微镜

中图分类号: S763.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776 (2017) 06-0087-06

Identification of Sexing and Observation on Reproductive System of *Phauda flammans*

MAO Yu-ting¹, JIA Rui-juan², ZHU Cheng-qi¹, SHI Xian-hui¹, ZHANG Sheng-nan¹, MA Tao¹, WEN Xiu-jun¹

(1. College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. Guangxin Garden Construction Limited Company of Shenzhen, Shenzhen 518052, China)

Abstract: *Phauda flammans* damages *Ficus*. Observation on morphological properties and sexing was carried out by stereo microscope. The result demonstrated that there is one longitudinal cleft at the 8th abdominal segment in female pupa and one at the 9th abdominal segment in male one. Male moth was slightly smaller in size than female one. Female moth has white antenna while male has black one. Ventral body hairs of female moth are black, while that of male gray. By the end of female abdomen there is an obvious ovipositor, yellow vesicular gland. There are 1 pairs of black cercus on male adult abdominal end. Squeezing the abdomen end, claspers separated, penises protruded. The reproductive system of female *P. flammans* moth includes one pair of ovaries, ovarioles, egg tube, spermathecae, etc. The reproductive system of male *P. flammans* moth includes a testes, one pair of vas deferens, one pair of accessory gland, double precision tube, single precision tube, penis and claspers.

Key words: *Phauda flammans*; pupa; adult; sexing; reproductive system; stereo microscope

收稿日期: 2017-04-30; 修回日期: 2017-09-16

基金项目: 国家农业公益性科研专项资金项目 (201203036)

作者简介: 茅裕婷, 硕士研究生, 从事森林病虫害研究; E-mail: 13533728762@163.com。通信作者: 温秀军, 博士, 教授, 从事化学生态学和森林保护学研究; E-mail: wenxiujun@scau.edu.cn。

朱红毛斑蛾 *Phauda flammans* 属鳞翅目 Lepidoptera 榕蛾科 Phaudidae, 又称榕树斑蛾、火红斑蛾, 是中国南方为害榕树 *Ficus microcarpa* 的一种重要害虫。分布于广东、广西、海南和福建等地, 常间歇性爆发。国外主要分布于印度等国家^[1-3]。近年来, 朱红毛斑蛾的发生和危害呈逐渐加重趋势, 由榕树的次要害虫上升为主要害虫。调查发现, 该虫主要以幼虫危害榕树叶片, 发生严重时, 可将叶片蚕食一空, 造成空枝。该虫喜啃食叶肉, 仅留下白色膜状的上表皮, 当叶片缺乏时甚至还会为害枝条韧皮部^[4]。目前研究发现该虫仅危害榕属 *Ficus* 植物, 如雅榕 *F. concinna*, 黄金榕 *F. microcarpa* 'cv. Golden Leaves', 垂叶榕 *F. benjamina*, 为寡食性害虫^[5]。具有偶发性爆发的特点, 严重影响榕树生长及其景观效果和生态效益。

关于朱红毛斑蛾的生物学特性、发育历期、蛹的调查方法等已有相关报道^[4-8], 但其成虫性别鉴别方法及生殖系统的研究尚未见相关报道。虫害测报是实现科学防治的前提, 卵巢发育进度及其携卵数量为开展害虫发生期监测、进行害虫危害评估和预测提供重要依据^[9]。因此, 通过形态学及生殖系统解剖, 观察了朱红毛斑蛾蛹和成虫雌雄的外部形态特征, 并利用显微解剖技术观察和确定朱红毛斑蛾生殖系统的主要器官和组织的形态结构, 旨在为朱红毛斑蛾的系统发育、生殖生理以及预测预报等相关研究提供科学依据和理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源采集与饲养

朱红毛斑蛾幼虫于 2016 年 10 月采自华南农业大学东区作为行道树的垂叶榕。将长约 30 cm 的带虫枝条用高枝剪剪下, 装入箱子中带回实验室。将野外采集的 300 多头朱红毛斑蛾幼虫放入 1 个底部铺有 3 cm 厚细沙的养虫箱 (60 cm × 40 cm × 40 cm), 在温度保持 (25 ± 3) °C, 相对湿度 (75 ± 5) %, 光期 8:00 - 18:00, 光周期 L:D = 10:14 的室内饲养。野外采集垂叶榕带叶新鲜枝条置于养虫箱中喂养朱红毛斑蛾幼虫, 每日观察幼虫生长发育情况, 及时更换新鲜枝叶并清理幼虫取食过的残余叶片及其排泄物, 保持养虫箱内的清洁。幼虫化蛹后, 仔细拨开叶片, 从沙粒中取出茧, 将同一天化蛹的茧置于铺有 3 cm 厚细沙养虫盒 (15 cm × 10 cm × 8 cm) 中继续培养。待羽化后, 将成虫取出放入直径 7 cm 培养皿中单头培养, 以 5% 的蜂蜜水沾湿棉花作为补充营养液。

1.2 朱红毛斑蛾蛹和成虫雌雄鉴别

将虫茧从不同的养虫盒中共取出 150 头, 用眼科手术剪刀剪开茧壳获得蛹。通过体视显微镜观察外部形态发现, 在蛹的腹面第 8 和第 9 节腹节有 1 纵裂缝, 根据纵裂缝位置的不同, 可将朱红毛斑蛾蛹分成 I 型蛹 (初定为雌) 和 II 型蛹 (初定为雄)。I 型蛹纵裂缝位于第 8 腹节腹面 (图 1C); II 型蛹纵裂缝位于第 9 腹节腹面, 纵裂缝两侧各有一个环形暗纹 (图 1D)。将区分、标记雌雄后的蛹各取 50 头放回茧壳内置于直径 7 cm 培养皿中单头培养, 并在茧壳上覆盖 0.5 cm 厚的沙土。待全部羽化后验证。羽化后, 观察两类成虫的外部差异, 并进行图像采集。

1.3 解剖和观察方法

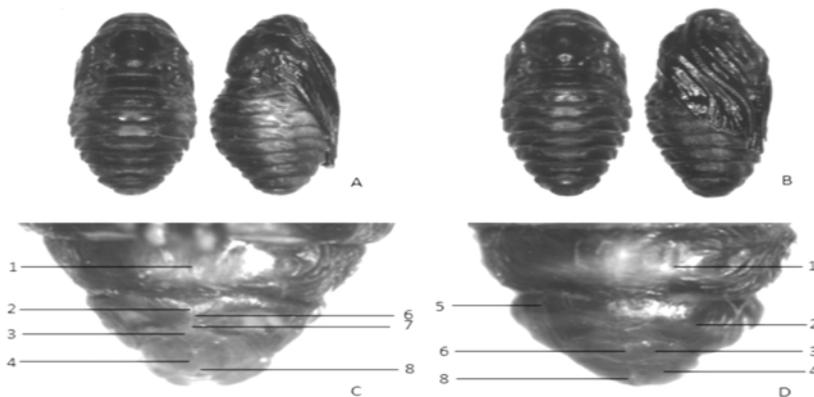
参照宋俊元、孟银凤等方法进行^[10-11]。将雌雄蛹鉴定试验中 I 型蛹羽化的 36 头朱红毛斑蛾 2 日龄成虫和 II 型蛹羽化的 40 头朱红毛斑蛾 2 日龄成虫逐个取出, 剪去足和翅, 将体躯浸入 70% 酒精溶液中浸泡 30 s, 再用清水将虫体表清洗若干次, 除去害虫体表的鳞片对解剖的影响。将清洗过的朱红毛斑蛾用昆虫针插入前胸中部, 腹部朝上将其固定于装有 ringer's 生理盐水的蜡盘上, 在体视显微镜观察下, 用解剖针从虫体腹部中央轻轻划开表皮, 再用昆虫针将昆虫体表轻轻剥离, 直至整个腹腔显露。小心切下生殖系统, 用蒸馏水浸泡 3 ~ 4 次, 直至生殖器官清晰显露。用体视显微镜进行观察雌雄成虫生殖系统的特点, 并进行图像采集。

使用体视显微镜 (重庆奥特光学有限公司) 观察, 用 OPT pro 软件进行照片拍摄分析。

2 结果与分析

2.1 朱红毛斑蛾蛹外部形态特征

雌蛹。在第8腹节有1纵裂缝,裂缝较短,两侧平坦。雄蛹。第8腹节上有明显的尾须,生殖孔裂缝位于第9腹节,裂缝较长,两侧各有一个环形暗纹,略微突起,腹部末端分节较明显。雌雄蛹的肛裂缝长度基本相同(图1)。将通过体视显微镜镜检后的100头朱红毛斑蛾蛹单头放置,羽化后根据成虫的形态特征、解剖和产卵观察,验证蛹期镜检的准确性,结果表明准确性为100%,即I型蛹为雌蛹、II型蛹为雄蛹(表1)。表明朱红毛斑蛾蛹的形态特征可作为雌雄鉴别标准。



A - 朱红毛斑蛾雌蛹; B - 朱红毛斑蛾雄蛹; C - 朱红毛斑蛾雌蛹的腹部末端特征; D - 朱红毛斑蛾雄蛹的腹部末端特征。

1 - 第7腹节; 2 - 第8腹节; 3 - 第9腹节; 4 - 第10腹节; 5 - 尾须; 6 - 生殖孔; 7 - 产卵孔; 8 - 肛门。

图1 朱红毛斑蛾雌雄蛹的外部形态特征

Figure 1 Morphological properties of male and female pupa *P. flammanis*

表1 朱红毛斑蛾雌雄蛹的鉴别结果

Table 1 Result of male and female of *P. flammanis* identified by stereomicroscopy of their pupa

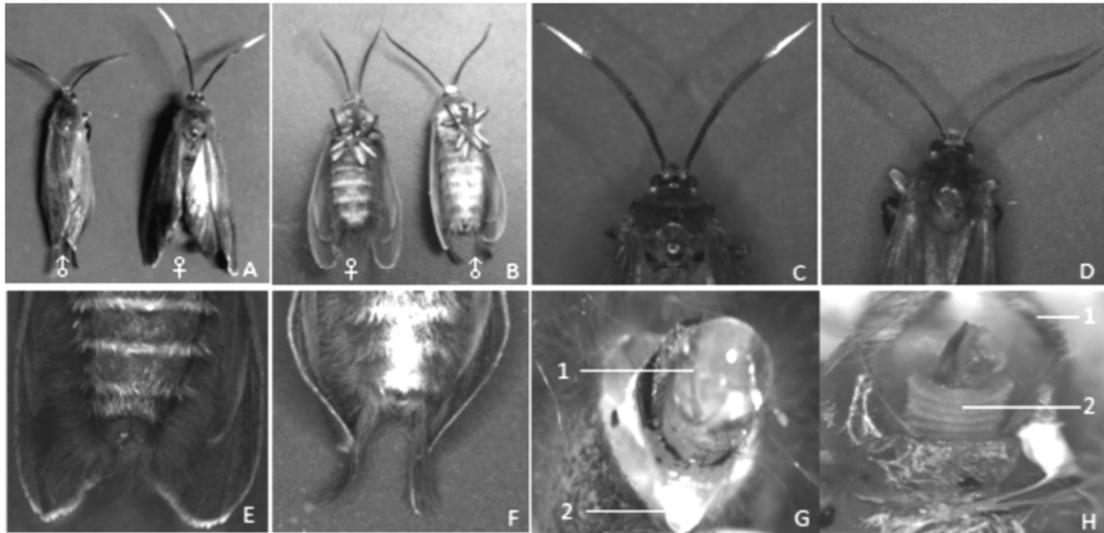
项目	雌	雄
镜检蛹数/头	50	50
羽化成虫数量/头	36	40
鉴定成虫数量/头	36	40
鉴定正确率/%	100	100

2.2 成虫的外部形态特征

朱红毛斑蛾成虫前翅和后翅红色,臀区有一椭圆形黑色斑,触角为双栉齿状(图2A)。雌虫触角鞭节背面白色,腹面黑色,胸腹部腹面体毛黑色,足的转节和腿节内侧被有灰白绒毛(图2B,图2C)。雄虫体型较雌虫略小,触角鞭节黑色,胸腹部腹面体毛灰白色(图2B,图2D)。成虫腹部末端雌雄差异明显(图2E,图2F)。雌成虫腹部末端有明显的产卵器,轻挤腹部末端,会伸出一黄色囊状物,为其腺体,即分泌性信息素的器官(图2G)。雄成虫腹部末端露出1对黑色尾须,抱握器清晰可见,轻挤腹部末端,抱握器分开,阳具外突(图2H)。

2.3 朱红毛斑蛾雌成虫内生生殖系统

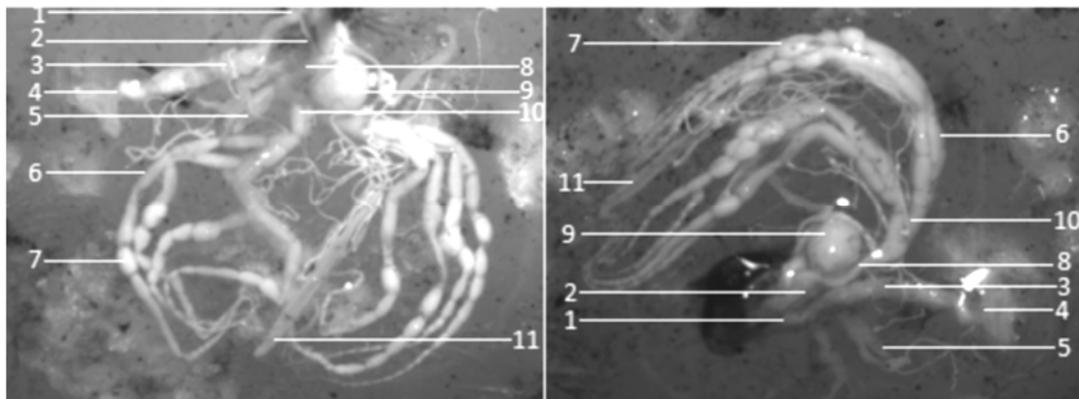
朱红毛斑蛾雌成虫的内生殖系统位于腹部第2至第9节之间,包括1对卵巢、卵巢管、1根中输卵管、2根侧输卵管、受精囊、受精囊端部伸出的受精囊腺、阴道支囊、与阴道支囊相连的导精管,与导精管相连的交尾囊,1对附腺、产卵器(图3)。



A - 背面; B - 腹面; C - 雌虫触角; D - 雄虫触角; E - 雌虫腹部末端; F - 雄虫腹部末端;
G - 雌虫外生殖器 (1 - 产卵器; 2 - 腺体); H - 雄虫外生殖器 (1 - 抱窝器; 2 - 阴茎)。

图 2 朱红毛斑蛾雌雄成虫外部形态特征

Figure 2 Morphological properties of male and female adult of *P. flammans*



1 - 阴道支囊; 2 - 导精管; 3 - 受精囊; 4 - 受精囊腺; 5 - 附腺; 6 - 卵巢管; 7 - 卵巢; 8 - 中输卵管;
9 - 交尾囊; 10 - 侧输卵管; 11 - 产卵器。

图 3 朱红毛斑蛾雌成虫内生殖系统

Figure 3 Internal reproductive system of female adult of *P. flammans*

卵巢：一对，左右对称，每一个卵巢由 4 根充满成熟卵粒的多滋式卵巢管组成，每根卵巢小管有成熟卵粒 10 ~ 15 粒。两侧卵巢管的端丝汇成悬带，起到固定卵巢的作用。

中输卵管：细长透明状，前段与两侧输卵管相连呈“Y”型，由外胚层演变而成。

侧输卵管：共 2 根，前段连接卵巢，后端连接中输卵管的管道，由中胚层演变而成。

受精囊：是雌虫体内储藏精子的场所，受精囊通过导精管连接交尾囊，当成熟卵通过中输卵管排出时，受精囊释放的精子使卵受精。

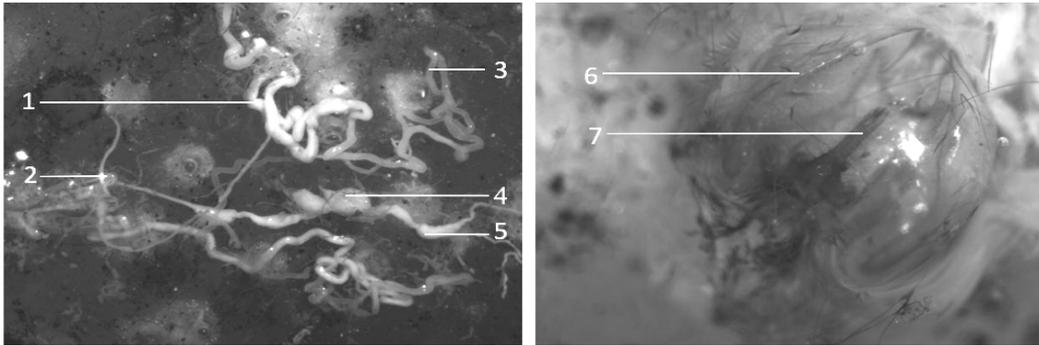
受精囊腺：主要作用是分泌黏多糖和黏蛋白，为精子生存提供所需要的能量和养分。

交尾囊：位于中输卵管的下方，该器官为鳞翅目昆虫所特有，朱红毛斑蛾的交配囊为黄色球状，雌雄成虫交配时，雌虫的交配囊接收阴茎，将精子通过导精管导入受精囊。

附腺: 又称储胶囊, 一对, 细长透明, 开口于生殖腔, 其分泌的黏液主要起保护卵的作用, 使雌虫所产的卵可以粘着在物体上或使卵粘着成块。

2.4 朱红毛斑蛾雄成虫内生生殖系统

朱红毛斑蛾雄成虫内生生殖系统由 1 个睾丸, 1 对输精管, 1 对附腺, 双精管, 单精管, 阴茎和抱窝器组成(图 4)。



1-双精管; 2-附腺; 3-单精管; 4-睾丸; 5-输精管; 6-抱窝器; 7-阴茎。

图 4 朱红毛斑蛾雄成虫内生生殖系统

Figure 4 Internal reproductive system of male adult of *P. flammans*

睾丸: 黄色的椭圆形球体, 其上分布有极细的透明气管。

输精管: 一对, 在睾丸的下方, 呈乳白色, 有一部分膨大成长椭圆形的贮精囊, 上下粗细略有差异, 用以贮藏从睾丸中排出的成熟精子团。

双精管: 乳白色, 一端连接单精管, 另一端连接附腺, 其功能是暂时储存精子及附腺分泌物。

单精管: 是由双精管汇合形成, 细长呈乳白色半透明, 末端与阴茎连接。

附腺: 一对, 浅褐色, 从输精管和射精管交界处发出, 为精子提供营养和能量, 形成精珠。

阴茎: 呈圆锥形, 褐色, 质地坚硬, 基部呈斜面与射精管相连接, 前段开口为生殖口。

抱握器: 一对钳形结构, 交配时用来挟持雌虫, 由第九腹节的附肢和相关突起演化而来。

3 结论与讨论

调查蛹的性别比, 可分析朱红毛斑蛾种群动态, 预测下一轮害虫发生情况, 及时制定相应对策, 对开展预测预报工作、避免重大灾害发生具有积极作用。从位置上看, 朱红毛斑蛾雌雄蛹生殖孔分别位于第 8 腹节和第 9 腹节, 容易鉴别, 在小菜蛾 *Plutella xylostella*, 甘蔗条螟 *Chilo sacchariphagus*, 香梨优斑螟 *Euzophera pyriella*, 麻楝蛀斑螟 *Hypsipyla robusta* 等鉴别都有涉及^[12-15]。进行蛹期雌雄鉴别, 可在羽化之前将雌雄分开放置培养获取单性成虫, 同时在求偶、交尾行为, 性信息素成分研究等方面都具有重要意义, 为进一步研究朱红毛斑蛾提供依据^[16-18]。

通过形态学和显微解剖观察, 了解和掌握昆虫的性别和生殖系统结构, 对其性信息素的提取、害虫预报预测和种群检测有重要意义。昆虫生殖系统结构在各目间变异较大, 但鳞翅目雌蛾生殖系统结构差别不大, 主要由交尾囊和卵巢组成, 通过导精管相连接^[19]。差异主要是卵管长度、受精囊和交尾囊大小形状等^[20-21]。例如, 小菜蛾交尾囊为圆锁形, 棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 和烟青虫 *Heliothis assulta* 交尾囊为倒茄样, 斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 交尾囊为倒梨样, 甘蓝夜蛾 *Mamestra brassicae* 的交尾囊似小型盘座式台灯, 宽胫夜蛾 *Melicleptria scutosa* 交尾囊似倒置的萌芽杏仁, 芽基横置若一小段螺旋状物, 黑纹黄齿螟 *Heortia vitessoides* 的交尾囊为不规则梯形^[22-23]。朱红毛斑蛾雌性的生殖系统为典型鳞翅目雌蛾生殖系统, 其交尾囊不同于其他鳞翅目,

为黄色球状。

朱红毛斑蛾雄虫生殖系统由内生生殖系统和外生殖系统构成。腹部末端的交配器是其主要的外生殖器，用于完成交尾过程，如抱握器和阳茎。内生生殖器主要是睾丸、输精管、双精管、单精管等，由中胚层以及外胚层形成。本次解剖的朱红毛斑蛾雄成虫均是2日龄未交尾雄虫，后期应对每日龄雄虫和交尾后的雄成虫进一步解剖，确定雄性生殖系统的发育规律、交尾后雄虫生殖系统是否会存在变化。

本试验朱红毛斑蛾均为2日龄未经过交配的雌成虫，可产卵，但不能孵化，其卵巢卵粒基本成熟。后期应对每日龄朱红毛斑蛾雌虫和交尾前后的朱红毛斑蛾雌虫进行解剖观察，了解其卵巢发育规律。朱红毛斑蛾生殖系统各结构较为脆弱，解剖时需要十分小心，尤其在摘除脂肪等杂质时动作要轻缓，否则容易破坏其结构，影响解剖效果。

参考文献：

- [1] NageshchandraBK, RajagopalBK, Balasubramanian R. Occurrence of slug caterpillar *Phaуда flammans* Wlk. (Lepidoptera: Zygaenidae) on *Ficus racemosa* L. in South India[J]. Mysore J Agr Sci, 1972, 6 (2) : 186 - 189.
- [2] VermaTD, DograGS. Occurrence of *Phaуда flammans* Wlk. (Lepidoptera: Zygaenidae) on *Ficus* species in Himachal Pradesh[J]. J Tree Sci, 1982, 1 (1-2) : 130 - 132.
- [3] 刘俊延, 马仲辉, 吴塞逸, 等. 朱红毛斑蛾嗜食性的研究[J]. 环境昆虫学报, 2016, 38 (5) : 924 - 930.
- [4] 刘俊延, 何秋隆, 魏航, 等. 朱红毛斑蛾生物学特性研究[J]. 植物保护, 2015, 41 (3) : 188 - 192.
- [5] Liu JY, Ma ZH, Wu SY, *et al.* Studies on the feeding preferences of *Phaуда flammans* Walker (Lepidoptera: Zygaenidae)[J]. J Environ Entomol, 2016, 38 (5) : 924 - 930.
- [6] 刘俊延, 何秋隆, 苏莎, 等. 榕树食叶害虫朱红毛斑蛾的调查方法[J]. 中国植保导刊, 2014, 34 (6) : 51 - 53.
- [7] 刘俊延, 何秋隆, 魏航, 等. 室内自然变温下朱红毛斑蛾发育历期、发育起点温度和有效积温[J]. 植物保护, 2015, 41 (1) : 137 - 140.
- [8] Zheng XL, Li J, Su L, *et al.* Ecological and morphological characteristics of parasitoids in *Phaуда flammans*[J]. Parasite, 2015, 22, 36: 1 - 5.
- [9] 张家侠, 孙钦玉, 赵强, 等. 茶尺蠖雄成虫生殖系统形态学与组织学观察[J]. 茶叶科学, 2015 (6) : 527 - 533.
- [10] 宋俊元, 胡阳, 傅强. 二化螟雄虫内生生殖系统结构的解剖[J]. 浙江农业科学, 2012 (5) : 686 - 688.
- [11] 孟银凤, 高尚琴, 张雅林. 橙黄豆粉蝶生殖系统形态学研究[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (3) : 813 - 817.
- [12] 何慧怡. 甘蔗条螟雌雄特征和性行为观察[J]. 广东农业科学, 2009 (3) : 97 - 99.
- [13] 陈艺欣, 田厚军, 魏辉, 等. 小菜蛾幼虫、蛹和成虫的雌雄形态识别[J]. 福建农业学报, 2011, 26 (4) : 611 - 614.
- [14] 马涛, 杨兴翠, 孙朝辉, 等. 麻楝蛀斑螟蛹和成虫的雌雄形态鉴定[J]. 中国森林病虫, 2013, 32 (6) : 15 - 17.
- [15] 张蒙, 马涛, 朱雪姣, 等. 香梨优斑螟蛹和成虫的性别鉴定[J]. 植物保护, 2014, 40 (1) : 119 - 121.
- [16] 秦剑波, 高小俊, 母婷婷, 等. 性诱剂诱杀烟草害虫的效果研究[J]. 天津农业科学, 2012, 18 (1) : 100 - 102.
- [17] 阮文丽, 刘乐承. 黄色粘虫板防治蔬菜害虫影响因素研究进展[J]. 河南农业科学, 2012, 41 (12) : 12 - 15.
- [18] 权俊娇, 马行, 刘莹莹, 等. 园艺植物害虫生物防治研究进展[J]. 天津农业科学, 2014, 20 (1) : 102 - 108.
- [19] 石毓亮. 夜蛾雌成虫生殖系统研究 (一) 七种地老虎雌成虫生殖系统构造[J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 1980 (1) : 147 - 153.
- [20] Song H, Bucheli S R. Comparison of phylogenetic signal between male genitalia and non-genital characters in insect systematic [J]. Cladistics, 2010, 26 (1) : 23 - 35.
- [21] 李汝铎, 王金其, 苏德明. 昆虫卵巢发育与害虫预测预报[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1987: 31 - 84.
- [22] 石毓亮. 夜蛾雌成虫生殖系统研究 (三) 六种杂食性夜蛾雌成虫生殖系统构造[J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 1984 (1) : 83 - 91.
- [23] 张蒙, 李莉玲, 温秀军, 等. 黑纹黄齿螟生殖系统的研究[J]. 中国森林病虫, 2014, 33 (4) : 1 - 4.