

漆树新害虫天麻白粉蚧雄虫的发育过程和形态描述

李万万¹,王武萍²,何学高³,李 瑛¹,黄晓华^{1*}

(1. 西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100;2. 中华供销合作总社西安生漆涂料研究所,陕西 西安 710061;
3. 国家林业和草原局西北调查规划院,陕西 西安 710048)

摘 要:在安康市平利县发现危害漆树根部的新害虫天麻白粉蚧,为了解其雄虫不同发育阶段的形态特征,通过室内饲养,进行外部形态观察和描述。结果表明,天麻白粉蚧为卵胎生,卵产出后才孵化;之后经过1龄、2龄若虫、预蛹、蛹、雄成虫5种虫态,卵为椭圆形,红棕色;1龄若虫体表被蜡粉后,能够活动扩散;2龄若虫末期可以区分雌雄性,雄若虫的体型较窄,管腺分泌蜡丝包裹体虫体,开始结茧,从此时经过约10 d就可以羽化为雄成虫;预蛹和蛹虫体体节分化明显,足发达,行动灵活,怕光;雄成虫单眼3对,平衡棒顶端具1根钩状毛,尾部具1对蜡质尾丝,腺体以5格腺为主,4格腺少。研究明确了天麻白粉蚧雄虫各发育阶段的形态特征和部分习性,有利于进一步开展其生物学特性和防治研究,同时也为粉蚧的分类和系统发育的研究提供了形态学依据。

关键词:天麻白粉蚧;雄虫;形态描述;漆树

中图分类号:S763.35

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2023)06-0138-07

Individual Development and External Morphology of Male *Paraputo gastrodiae* (Hemiptera:Coccoidea:Pseudococcidae)

LI Wan-wan¹, WANG Wu-ping², HE Xue-gao³, LI Ying¹, HUANG Xiao-hua^{1*}

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; 2. Xian Research Institute of Chinese Lacquer Under All China Federation of Supply and Marketing Cooperatives, Xian 710061, Shaanxi, China;
3. Northwest Institute of Forest Inventory and Planning, National Forest and Grassland Administration, Xian 710048, Shaanxi, China)

Abstract: Lacquer trees, distributed in Pingli County, Ankang City, Shaanxi Province, were observed being infested by a new pest, *Paraputo gastrodiae* (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae), which feeds on sap from the roots. To illustrate the male development and external morphologic characteristics of *P. gastrodiae*, during artificial feeding, microscope slide mounts from eggs to male adults including 1st instar nymphs, 2nd instar nymphs, pupae and male adults were collected and prepared for external morphological observation and description in this study. *P. gastrodiae* is oviparous, and the eggs hatch after being laid. After that, the male goes through 1st and 2nd instar nymphs, pre-pupae, pupae and male adults. The egg is oval in shape and reddish-brown in colour. The 1st instar nymph can move and spread after its body surface covering white powdered mealy secretion. Male 2nd instar nymph with a relatively slender shape than female moves quickly and tubular ducts secrete filaments inclusions to wrap the body in the late stage, which feathers into a male adult 10 days later. Prepupa and pupa enclosed in waxy secretion, both with obviously differentiated body segments and fully developed legs, are flexible and afraid of the light. Male adults have 3 pairs of single eyes, a pair of hooked hairs at the top of the balancer and a pair of glandular pouches shall-

收稿日期:2022-08-11 修回日期:2022-11-15

基金项目:漆树丰产经营与精细产品开发技术研究(2017YFD0600705);基于代谢组、转录组和蛋白组研究大红袍漆树生漆高产分子机制(2021JM-096)。

第一作者:李万万。研究方向:林业昆虫与病虫害防治。E-mail:wanwanli202110@163.com

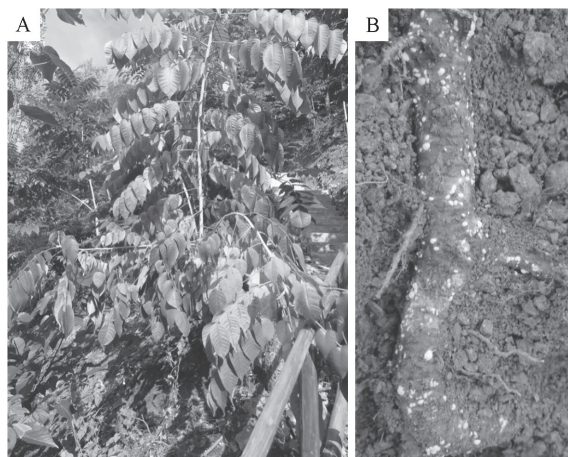
* 通信作者:黄晓华,博士生导师。研究方向:漆树生物学、生漆精制与改性加工技术等。E-mail:x. h. huang@163.com

low. Multilocular pores are mainly with 5 loculi, few with 4 loculi. This study clarifies the morphological characteristics and some habits of *P. gastrodiae* adult males at 5 developmental stages, which is conducive to further research on their biological characteristics and control, and also provides a morphological basis for the classification and phylogeny of mealybugs.

Key words: *Paraputo gastrodiae*; male; morphological characteristics; lacquer tree

漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)为漆树科(Anacardiaceae)漆树属(*Toxicodendron*)落叶乔木,原产于中国。其韧皮部流出的树液——生漆,是一种天然的涂料,其成膜具有耐腐蚀、耐溶剂、耐酸、耐磨、富有光泽等特性,是理想的环境友好型、可持续性和生物安全性涂料^[1-2]。其漆籽提取的漆脂可以替代矿物蜡,还能应用于食品加工行业、化妆品行业和涂料行业,具有很大的开发潜力^[3-4]。2012年以来漆树作为退耕还林的生态保护树种和特用经济林树种,在四川和陕西广泛种植^[5],漆树资源得到扩大。然而要解决生漆产业的资源问题还不够。漆树的单株生漆产量低是核心问题^[6],因此在进行漆树良种选育工作的同时,漆树的丰产栽培经营是漆树资源充分利用的当务之急。而漆树病虫害的防治则是漆树丰产栽培经营的重要一环。

在漆树良种选育过程中发现一种危害漆树根部的介壳虫,该虫以刺吸式口器吸取根部树液(图1B),对幼树的生长发育影响很大,轻者降低幼树的生长势,严重时导致幼树因根部腐烂,树叶变黄萎蔫(图1A),最终死亡。



A. 地上部分;B. 根部。

图1 天麻白粉蚧对漆树的危害状

Fig. 1 *Toxicodendron vernicifluum* infected by *P. gastrodiae*

通过资料查阅和形态鉴定,确定为该虫天麻白粉蚧(*Paraputo gastrodiae*),属于半翅目(Hemiptera),蚧总科(Coccoidea)、粉蚧科(Pseudococcidae),白粉蚧属(*Paraputo*)。该种昆虫由王子清^[7]首次发现于四川危害天麻(*Gastrodia elata*)的块茎,命名为天麻白粉蚧,汤昉德^[8]也记载描述了采自

陕西汉中危害天麻的介壳虫,定为新种——天麻蚁粉蚧(*Formicococcus gastrodiae*),但武三安和郑乐怡^[9]认为以上是同一个种,以肛环毛数量大于6为属征,将该种归入蚁粉蚧属(*Formicococcus*)。后来又以无硬化棒作为重要分类特征,将该种归入白粉蚧属(*Paraputo*)^[10],并对其雌成虫和3龄雌若虫进行了描述^[11]。该种害虫除了危害天麻的根状茎外,还分布于悬铃木属(*Platanus*)、杨树属(*Populus*),以及朴树属(*Celtis*)树干基部的蚁巢内^[11]。在陕西汉中市、四川省成都市和阆中市、贵州省的贵阳市、湖北省的十堰市竹溪县都有分布。

目前,天麻白粉蚧的雄虫形态和发育过程未有研究和报道。本研究记录了天麻白粉蚧新的分布区域和寄主,并系统观察了其雄虫不同发育阶段的形态特征和部分习性,补充了该种害虫的形态鉴定和生活习性等基础信息,有助于进一步进行其生物学特性和综合防治的研究。

1 材料与方法

1.1 标本采集

天麻白粉蚧的虫源于2021年6月采自陕西省安康市平利县龙头村3~4年生漆树根部。雄成虫采集时间为8月中旬。选择周围土壤干燥疏松的漆树,从树干基部开挖,发现树根后顺着树根延伸的方向挖,直至发现粉蚧,用小刀将粉蚧寄生部位的树皮与粉蚧一同取下,如果寄生于细根则剪下细根,放入50 mL离心管,标明寄主、采样时间和采样地点。采样完成后,将挖开的土壤回填踩实。

1.2 室内饲养和观察

选择即将产卵的雌成虫、卵囊或者刚孵化的若虫接种于完整的南瓜(*Cucurbita moschata*)上饲养,南瓜放在盛有蛭石的长方形塑料盒中^[12],蛭石用量大约为2/3的容器体积,蛭石的作用是固定南瓜、保湿、为粉蚧提供隐蔽环境。每周换1次或倒出翻动蛭石,以免蛭石粘上蜜露造成结块和发霉^[13],约60 d换1次南瓜。将塑料盒置于孵化箱中培养。饲养过程设置温度(28 ± 1)℃,湿度 $80\% \pm 10\%$,遮光。每周观察记录粉蚧的发育状况。

选取开始分泌蜡丝的2龄雄虫,放于滤纸保湿的培养皿(直径35 mm)中,培养皿以保鲜膜封口并

用牙签戳出几个通气孔。设置 10 个重复,每个重复 1 只若虫。置于遮光孵化箱内培养,设置温度(28 ± 1) $^{\circ}\text{C}$,湿度 $80\% \pm 10\%$ 。每 24 h 观察雄虫的发育状况。在体视显微镜下观察各虫体的形态特征并拍照。

1.3 玻片标本制作和观察

玻片标本制作参照赵杰军等^[14],卵直接染色,1 龄若虫、2 龄若虫、预蛹、蛹、雄成虫清理内含物时水浴时间不宜过长,根据材料而定,至虫体透明即可。透明整姿参照赵慧燕^[15],在二甲苯中进行。用中性树脂封片,贴上标签。在 MZL-117M 生物显微镜下观察玻片标本,并拍照记录各虫体形态特征,测量体长体宽,体长为头部顶端至尾瓣连线的垂直长度或头部顶端至生殖鞘端部的长度,体宽为虫体最宽处长度。

1.4 数据处理

用 Adobe Photoshop CC2018 对图片进行处理,用 Excel 处理数据。

2 结果与分析

2.1 生活史

通过人工饲养观察发现,天麻白粉蚧营孤雌生殖和两性生殖,为卵胎生,卵在母体内发育,产出后才孵化。其发育过程为雌雄异型的不完全变态,雌

虫发育过程只需蜕皮,为渐变态,雄虫发育过程属于过渐变态。从卵中孵化后,雌虫经历 4 龄,为 1、2、3 龄若虫和雌成虫;雄虫经历 1、2 龄若虫,预蛹和蛹,最后羽化为有翅的雄成虫。

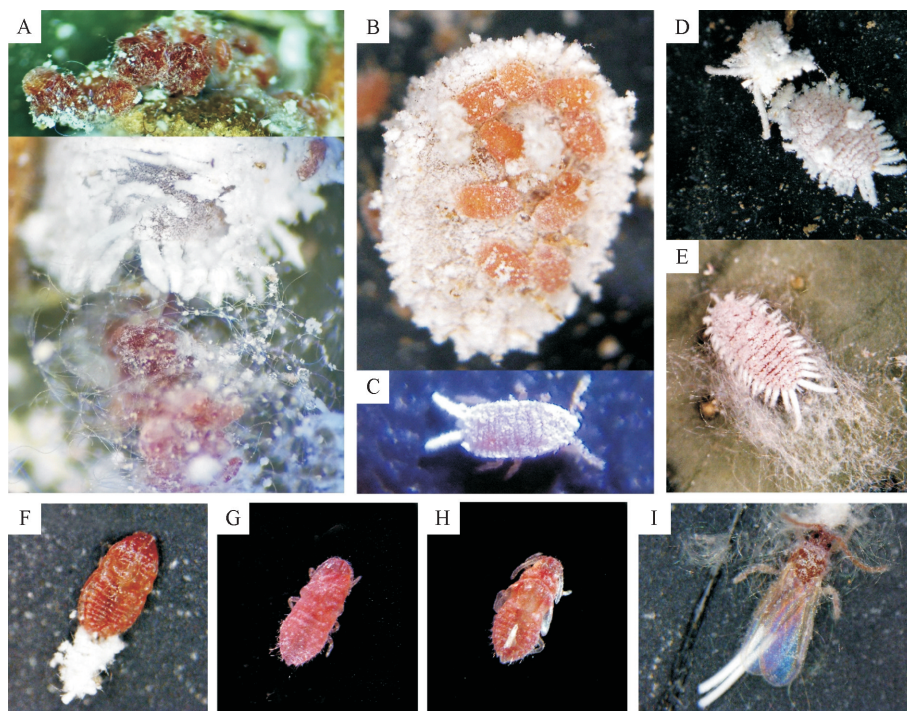
2.2 卵

卵产于雌成虫腹部分泌的蜡丝组成的疏松卵囊内,呈红棕色(图 2A)。长(0.53 ± 0.08)mm,宽(0.33 ± 0.02)mm,卵膜半透明,可以观察到足和触角紧贴腹面,口针在腹面头部两侧盘成线圈状(图 3),卵已经开始发育为若虫。

2.3 若虫

1 龄若虫,椭圆形,初孵时体表光滑,呈橙黄色(图 2B),后逐渐覆盖一层白色蜡粉,尾瓣处形成 1 对蜡质尾丝(图 2C)。体长(0.55 ± 0.01)mm,宽(0.31 ± 0.01)mm。初孵若虫在雌成虫腹部卵囊中发育,体表微被蜡粉后离开卵囊寻找合适的位置固定取食,行动迅速。

玻片观察如图 4,触角 6 节,基节最粗,端节最长,各节均具刚毛,第 5 节顶端有 1 根肉质感觉毛,端节上 4 根肉质感觉毛(图 4C);单眼 1 对,眼旁各有 1 伴孔(图 4B);口器发达,胸气门 2 对,小(图 4F);爪无齿,爪冠毛顶端膨大,与爪近等长(图 4I);腹脐 1 个,椭圆形,侧凹(图 4G);背孔 2 对,唇瓣内缘硬化,唇瓣内缘硬化,每唇瓣上有 3—5 个三格腺



A. 卵囊;B. 初孵若虫;C. 1 龄若虫;D. 2 龄末期雌若虫;E. 2 龄末期雄若虫;F. 预蛹,带虫蛻;G. 预蛹;H. 蛹;I. 雄成虫。比例尺:A,B,D~I,400 μm ; C,200 μm 。

图 2 天麻白粉蚧各龄期虫体

Fig. 2 Field characters of *P. gastrodiae*

和0—1根刺毛(图4H);肛环有内外2列环孔,肛环毛6根;尾瓣有条状硬化,尾瓣毛1根(图4E);刺孔群17对,缺 C_3 ,每刺孔群锥刺1—2根(图4D);腹面刚毛长,沿腹节内侧等距单列分布,三格腺整体在腹面中轴两侧成纵带分布,每一个体节上左右各2—3个,背面毛相对较短,在体节上单列排列,三格腺沿体节呈横向不规则带状或单列分布。

2龄若虫,长椭圆形,腹缘蜡丝向尾部增长,体表蜡质加厚。前期固定取食。末期出现雌雄分化,雄虫较雌虫身体瘦长,体长(0.94 ± 0.02)mm,体宽0.60mm,尾瓣蜡丝长,触角露出显见(图2E),停止取食,行动灵活,找到合适的隐蔽处,如南瓜底部,之后虫体分泌絮状蜡丝,开始结茧。雌虫体长0.90mm,体宽0.61mm,腹缘蜡丝向尾瓣渐变增长,触角被蜡丝遮挡而不易见,固定取食,身体不分泌絮状蜡丝(图2D)。

2龄末期雄若虫玻片观察见图5,触角6节,第

6节最长,第3节次之,着生5根感觉毛(图5B);尾瓣有硬化片,尾瓣毛1根,周围有相对较短的附毛(图5G);雌孔群17对,锥刺2~4根(图5F);三格腺在体表均匀分布,背面较腹面略密集;管腺2型,大管腺分布于 C_6-C_{17} 对应腹缘,1~3个(图5C,图5D),触角之间2个,小管腺分布于中足基节基部1~3个,腹面刚毛长度约为背面的3~4倍。

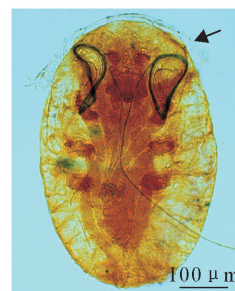
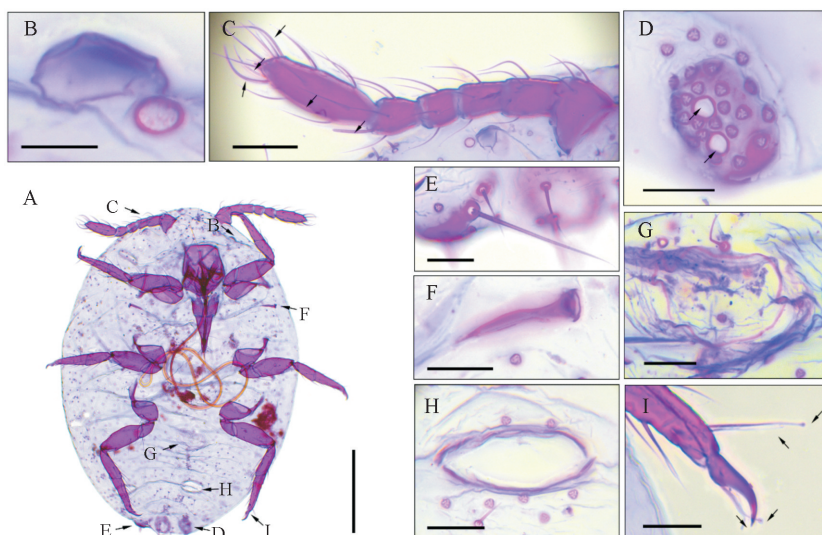


图3 天麻白粉蚧卵的形态特征

Fig. 3 Microphotograph of egg specimens of *P. gastrodiae*



A. 虫体;B. 单眼;C. 触角;D. 刺孔群;E. 尾瓣;F. 胸气门;G. 腹脐;H. 背孔;I. 爪及爪冠毛和跗冠毛。比例尺:A, 200 μ m; B, 10 μ m; C, 40 μ m; D, E, F, G, H, I, 20 μ m。

图4 天麻白粉蚧的1龄若虫的形态特征

Fig. 4 Microphotographs of the 1st instar nymph specimens of *P. gastrodiae*

2.4 蛹

预蛹期,2龄若虫蜕皮后进入预蛹期,3~4 d。刚蜕皮时预蛹呈红棕色,头胸腹出现明显的分界,中胸背板近边缘区出现翅芽,朝向腹部(图2F)。之后虫体逐渐细长;触角紧贴身体,长度不达翅芽基部;翅芽紧贴身体,长度达中足基节;足粗壮而爪小;腹部各体节分节明显(图2G)。

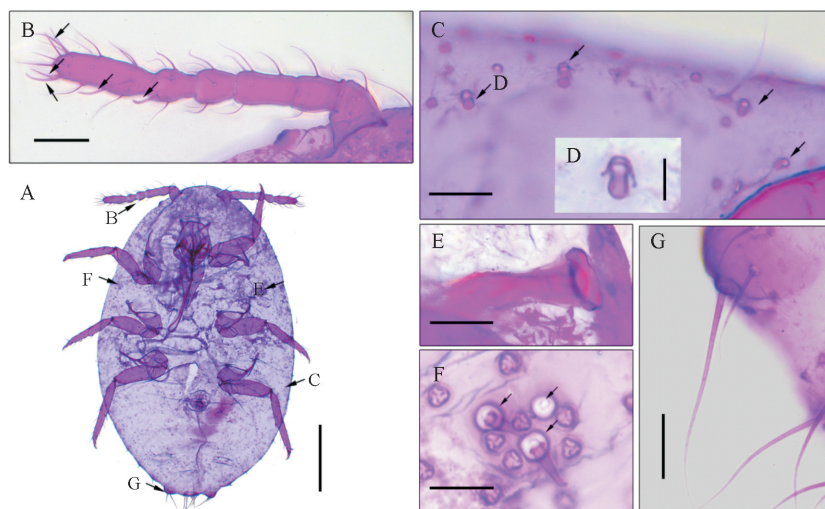
蛹期,预蛹蜕皮后进入蛹期,5~6 d。初期黄褐色,体型比预蛹细长,长(0.92 ± 0.07)mm,宽(0.36 ± 0.03)mm;触角长度达翅芽基部或超过,长至后足基节;翅芽透明,朝向尾部(图2H)。后期体

色变暗,被薄蜡粉,虫体更为细长,腹部体节侧缘突出,尾部尖。预蛹期和蛹期的虫体周分泌一层薄薄的蜡粉和絮状长蜡丝,形成茧,在茧内发育和蜕皮,同时具有发达的胸足,行动灵活,有趋避能力,蜕皮时经体式显微镜灯光照射即死亡,说明其不喜光照。

蛹的玻片标本观察如图6,触角10节;单眼显(图6F);口器退化;胸气门2对,发达;爪尖细,具爪冠毛(图6C);背孔1对,位于腹背,唇瓣上无腺体(图6G);尾瓣毛1根,周围有较短的附毛(图6D);生殖鞘硬化,基部左右各具3根锥刺状毛(图6B);管腺和多格盘状腺腹背均有分布,但背部数量较多,

管腺具有管领,分布于虫体体侧除头部和生长翅芽的体节,成群或呈带状分布(图 6E、图 6H);多格盘

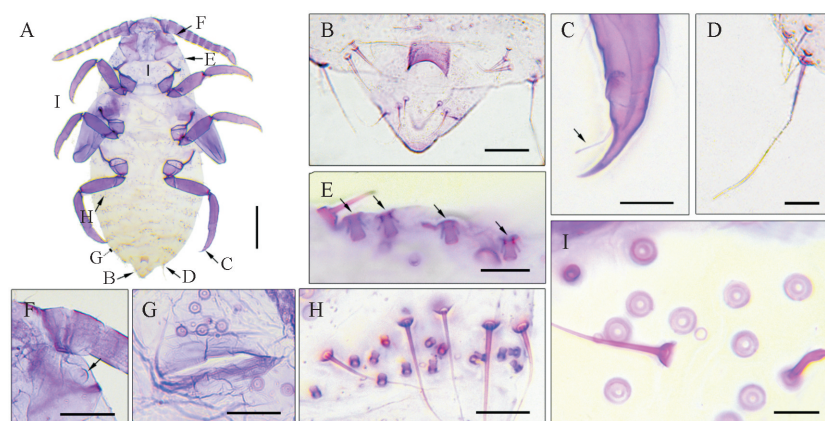
状腺分布于管腺内侧,不达虫体中轴,也分布于前足基部之间和后侧(图 6I)。



A. 虫体;B. 触角;C,D. 前胸腹面体缘的小管腺;E. 胸气门;F. 刺孔群;G. 尾瓣。比例尺:A,200 μm ; B,40 μm ; C,E,G,20 μm ; D,5 μm ; F,10 μm 。

图 5 天麻白粉蚧 2 龄末期雄虫显微照片

Fig. 5 Microphotographs of late-2nd instar male nymph specimens of *P. gastrodiae*



A. 虫体;B. 生殖鞘;C. 爪;D. 尾瓣;E. 前胸侧边管腺;F. 眼;G. 背孔;H. 第三腹节管腺;I. 多格盘状腺。比例尺:A,200 μm ; B,40 μm ; C,D,F, G,H,20 μm ; E,I 10 μm 。

图 6 天麻白粉蚧蛹的形态特征

Fig. 6 Microphotographs of pupa specimens of *P. gastrodiae*

2.5 成虫

雄成虫存活约 3 d,虫体红褐色,被少量蜡粉,体长 $(0.94 \pm 0.02)\text{mm}$;单眼发达,黑褐色;触角细长;前翅发达,半透明,长 $(0.96 \pm 0.02)\text{mm}$,翅脉简单二分叉。腹末有 1 对蜡质尾丝,与虫体近等长(图 2I)。雄成虫羽化后在茧中爬行活动,依次伸展足、翅、触角、蜡质尾丝,然后爬出茧寻找雌成虫交配。

玻片观察,雄成虫腹面如图 7,触角 10 节,密布有刚毛和感觉毛。单眼 3 对,突出,头背面和腹面各 1 对,侧面 1 对(图 7D、图 7E、图 7H)。胸气门 2 对,喇叭状(图 7G)。前翅基部沿径脉有 4 根刚毛(图 7C)。平衡棒端部有 1 根翅钩(图 7F)。爪尖细(图

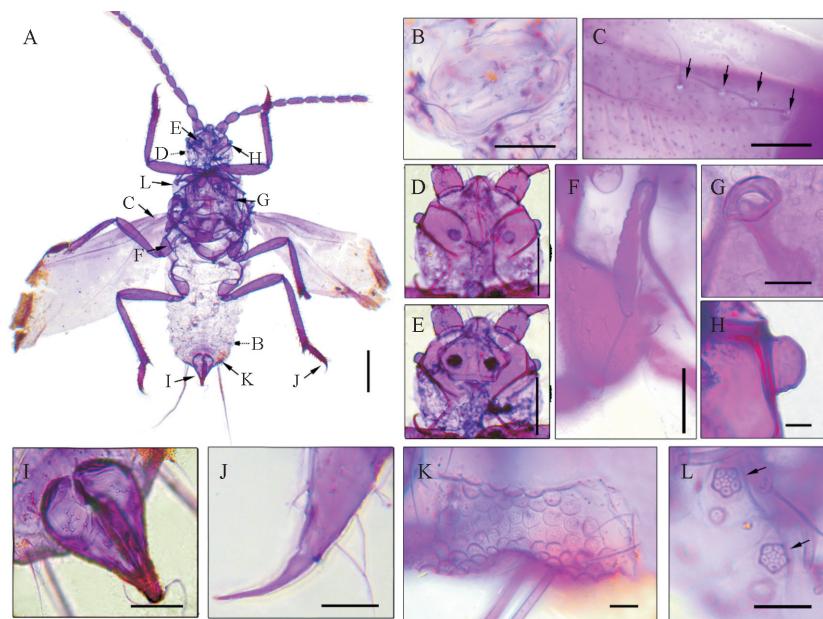
7J)。生殖鞘硬化,突出,端部有两条丝状感觉毛(图 7I)。背面毛较少在体节上单行排列,腹面毛呈带状,体侧较密。腺体为 5 格腺(图 7L),偶有 4 格腺,2~4 个分布于虫体体缘、胸气门附近以及头部下半部分左右未骨化部位。腹末尾丝尾丝 1 对,由 3 根长刚毛缠绕而成,着生的位置有 1 腺堆,腺堆由 5 格腺组成(图 7K)。

3 结论与讨论

天麻白粉蚧雄虫发育过程为过渐变态,孵化后要经过 1 龄、2 龄、预蛹、蛹、成虫 5 种虫态,行为表现可分为初孵若虫爬行扩散、若虫固定取食、化蛹、

雄成虫羽化和交配 4 个阶段,各发育阶段的形态变异与其生物学功能紧密联系。研究其各阶段形态和

习性,对天麻白粉蚧的生物学特性和提供防治对策具有重要意义。



A. 虫体;B. 背孔;C. 翅基刚毛;D. 头部背面;E. 头部腹面;F. 平衡棒;G. 胸气门;H. 头侧缘的眼;I. 生殖鞘;J. 爪;K. 尾丝和腺堆;L. 多格腺。比例尺:A,200 μm ; B,F,I,40 μm ; C,G,J,20; D,E,100 μm ; H,K,L,10 μm 。

图 7 天麻白粉蚧雄成虫的形态特征

Fig. 7 Microphotographs of adult male specimens of *P. gastrodiae*

初孵 1 龄若虫胸足、单眼、触角感觉毛发达,以扩散寻找适宜寄生位点为主,蜡腺稀疏,防御能力较弱。1 龄若虫固定后主要以取食、积累营养为主,行动不便,体表蜡腺密度增大,蜡质保护层增厚。2 龄末期可观察到雌雄外部形态和行为的分化,雄虫停止取食,寻找隐蔽处化蛹,且体缘出现管腺,分泌絮状长蜡丝结茧。预蛹和蛹口器退化,不再取食,足灵活,有趋避能力,怕光照,体表管腺和多格盘状腺分泌蜡丝和蜡粉形成茧,保护虫体。雄成虫触角和足发达,生殖鞘突出,适于交配。体表蜡腺数量和种类与各阶段的生物学功能相适应,固定取食阶段 3 格腺密度增大,化蛹阶段出现结构复杂的管腺和多格盘状腺,雄成虫除腺堆之外的其他体表腺体数量极少,赵晓燕等^[16]对枣球蜡蚧雄虫研究时得出的结论与本研究一致。

本研究所描述的蚧虫的分类学地位有待验证,因为关于蚁粉蚧属(*Formicococcus*)和白粉蚧属(*Paraputo*)的分类定义存在 2 种意见,汤祊德^[8]、Danzing & Gavrilov-Zimin^[17]认为应以肛环毛数量作为分属特征,Williams^[18]、武三安等^[9]认为应以尾瓣硬化棒有无作为分属特征。此外,随着粉蚧新种的发现,根据以往的粉蚧雌成虫形态特征进行分类出现了局限性,粉蚧科下许多形态特征相似的属一级的特征不是很好区别,比如 *Distichlicoccus* 与

Paraputo、*Formicococcus* 与 *Paraputo* 的属征,因此在未来的研究中应该对粉蚧科下的属一级分类进一步予以讨论^[19]。本研究所描述的雄成虫的虫体大小、单眼数量、足各节相对长度、生殖器、平衡棒等形态具有重要的分类价值^[16],对粉蚧的分类及系统进化研究具有重要意义,也有助于揭示粉蚧的雄虫的产生机制和雄虫在种群发生中的作用^[20]。

参考文献:

- [1] LU R, YOSHIDA T, MIYAKOSHI T. Oriental lacquer: A natural polymer[J]. *Polymer Reviews*, 2013, 53(2): 153-191.
- [2] 谢冬冬, 王武萍, 何学高, 等. 基于转录组的漆树 MYB 转录因子的筛选及分析[J]. *西北林学院学报*, 2021, 36(1): 108-116.
XIE D D, WANG W P, HE X G, *et al*. Screening and analysis of MYB transcription factors based on transcriptome data in *Toxicodendron vernicifluum*[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2021, 36(1): 108-116. (in Chinese)
- [3] 彭秦南. 漆蜡的精制方法[J]. *西北林学院学报*, 1988(1): 123-125.
PENG Q N. Method on the refining of urushi tallow[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 1988(1): 123-125. (in Chinese)
- [4] 何丽兵, 王森. 植物蜡的综合利用研究进展[J]. *粮食与油脂*, 2020, 33(2): 14-16.
HE L B, WANG S. Research progress on the comprehensive utilization of vegetable wax[J]. *Cereals & Oils*, 2020, 33(2): 14-16. (in Chinese)

- [5] 宋瑞雪, 漆树资源综合增效初探[J]. 中国生漆, 2021, 40(3): 41-43.
SONG R X. Study on comprehensive efficiency of lacquer tree resources[J]. Journal of Chinese Lacquer, 2021, 40(3): 41-43. (in Chinese)
- [6] KUMANOTANI J. Urushi (oriental lacquer)—a natural aesthetic durable and future-promising coating[J]. Progress in Organic Coatings, 1995, 26(2-4): 163-195.
- [7] 王子清. 中国白粉蚧属和阳腺刺粉蚧属的新种记述(同翅目: 蚧总科: 粉蚧科)[J]. 昆虫学报, 1982(3): 315-320.
WANG Z Q. A Study on the Chinese *Paraputo* and *Heliococcus* with descriptions of new species (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae)[J]. Acta Entomologica Sinica, 1982(3): 315-320. (in Chinese)
- [8] 汤祚德. 中国粉蚧科[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992: 594-595, 720.
- [9] 武三安, 郑乐怡. 中国蚁粉蚧属的初步研究(同翅目: 蚧总科: 粉蚧科)[J]. 动物分类学报, 2001, 26(2): 200-205.
WU S A, ZHENG L Y. A preliminary study of Chinese species of the genus *Formicococcus* Takahashi (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae)[J]. Zoological Systematics, 2001, 26(2): 200-205. (in Chinese)
- [10] ZHANG J T, WU S A. A study of the genus *Paraputo* Laing, 1929 of China, with a description of two new species (Hemiptera, Sternorrhyncha, Cocomorpha)[J]. ZooKeys, 2017, (709): 57-70.
- [11] 张江涛. 中国臀纹粉蚧族和桤粉蚧族昆虫分类研究(半翅目: 蚧总科: 粉蚧科: 粉蚧亚科)[D]. 北京: 北京林业大学, 2018.
- [12] 何衍彪, 詹儒林, 刘映红, 等. 不同温度下的菠萝洁粉蚧实验种群生命表研究[J]. 热带作物学报, 2018, 39(8): 1585-1589.
HE Y B, ZHAN R L, LIU Y H, et al. Life table of laboratory population of *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) at different temperatures[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2018, 39(8): 1585-1589. (in Chinese)
- [13] PANDEY R R, JOHNSON M W. Enhanced production of pink pineapple mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae)[J]. Biocontrol Science and Technology, 2007, 16(4): 389-401.
- [14] 赵杰军, 王自力, 陈晓鸣. 蚧虫初孵若虫采集、保存和玻片标本制作[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(5): 128-130.
ZHAO J J, WANG Z L, CHEN X M. Specimen preservation and slide preparation for newly hatched larvae nymph of scale insects[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2012, 23(3): 30-31. (in Chinese)
- [15] 赵慧燕. 昆虫研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 53-54.
- [16] 赵晓燕, 谢映平. 枣球蜡蚧雄虫不同发育期的形态特征[J]. 应用昆虫学报, 2004(1): 60-64.
ZHAO X Y, XIE Y P. Morphological characteristics of the different developmental stages of the male scale insect, *Eulecanium giganteum*[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2004(1): 60-64. (in Chinese)
- [17] DANZIG E M, GAVRILOV-ZIMIN I A. Palaearctic mealybugs (Homoptera: Coccinea: Pseudococcidae)[M]. Part 2. Subfamily Pseudococcinae. St. Petersburg: ZIN RAS. (Fauna of Russia and neighbouring countries. New series, No. 149. Insecta; Hemiptera: Arthroidignatha), 2015.
- [18] WILLIAMS D J. The mealybugs of Southern Asia[M]. The Natural History Museum, London & Southdene SDN. BHD., Kuala Lumpur, Malaysia, 2004.
- [19] CABALLERO A. Four new scale insect species (Hemiptera: Cocomorpha) associated with coffee roots in Colombia, South America, with identification keys for genera newsteadia green, 1902, distichlicoccus ferris, 1950, and paraputo laing, 1929[J]. Zoosystema, 2021, 43(18): 341-363.
- [20] 赵春玲, 黄芳, 王智勇, 等. 扶桑绵粉蚧雄虫个体发育过程[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(9): 1544-1549.
ZHAO C L, HUANG F, WANG Z Y, et al. Individual development of *Phenacoccus Solenopsis* males (Homoptera: Pseudococcidae)[J]. Journal of Zhejiang University(Agriculture and Life Sciences), 2016, 28(9): 1544-1549. (in Chinese)