



黄鹏, 姚锦爱, 余德亿, 侯翔宇. 南洋臀纹粉蚧雌成虫主要器官及其蜡泌物的扫描电镜观察 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (1): 272–278.

南洋臀纹粉蚧雌成虫主要器官及其蜡泌物的扫描电镜观察

黄 鹏, 姚锦爱, 余德亿*, 侯翔宇

(福建省作物有害生物监测与治理重点实验室/福建省农业科学院植物保护研究所, 福州 350013)

摘要: 为明确南洋臀纹粉蚧 *Planococcus lilacinus* (Cockerell) 雌成虫及其蜡泌物的结构特征, 利用扫描电镜观察该虫体表主要器官、蜡质及泌蜡腺体的超微结构。结果表明: 南洋臀纹粉蚧雌成虫外覆白色粉状厚蜡被, 体缘具 18 对蜡棒, 触角 8 节、口器和足发达且分布有不同长度的毛形和刺形感受器, 眼为单眼, 腹脐和背孔唇形、发达; 体表蜡质包含带状蜡丝、空心管状蜡丝和月牙形蜡丝, 由三格腺和刺孔群分泌的带状蜡丝大量分布于整个虫体, 由管状腺分泌的空心管状蜡丝主要分布于虫体腹部腹面和体缘, 由多格腺分泌的月牙形蜡丝主要分布于虫体腹部腹面。研究结果初步揭示了南洋臀纹粉蚧雌成虫体表主要器官、蜡质及泌蜡腺体的超微结构特征, 可为研究该虫搜索寄主、寻找配偶、群集为害、抵御逆境和传播扩散等行为活动提供支持。

关键词: 南洋臀纹粉蚧; 蜡泌物; 超微结构; 扫描电镜

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 01-0272-07

Scanning electron microscope observations of main organs and wax secretions of *Planococcus lilacinus* female adult

HUANG Peng, YAO Jin-Ai, YU De-Yi*, HOU Xiang-Yu (Fujian Key Laboratory for Monitoring and Integrated Management of Crop Pests/Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China)

Abstract: To definite the structural features of *Planococcus lilacinus* (Cockerell) female adult and its wax secretions, the ultrastructure of main organs, wax filaments and wax glands on the body surface of this mealybug were observed by using scanning electron microscopy. Results showed that the body surface of *P. lilacinus* female adult was heavily covered by thick white wax filaments, with eighteen pairs of wax rod on the body margins. This mealybug had eight antennal segments, strong mouthparts and legs. There were different length sensilla trichodeas and sensilla chaeticas on the antennae, mouthparts, legs. The eyes were ocelli, while the circulus and ostioles were lip-shaped and developed. The wax filaments including ribbon-shaped wax filaments, hollow wax tubes and crescent-shaped wax filaments. The ribbon-shaped wax filaments were secreted by trilobular pores and cerarius which widely distributed on the whole body surface, and the hollow wax tubes were secreted by tubular ducts glands which mainly distributed on the abdominal venter and body margins, while the crescent-shaped wax filaments were secreted by multilobular pores

基金项目: 福建省省属公益类科研院所基本科研专项 (2018R1025-2, 2020R1024004); 福建省农业科学院项目 (STTT2017-2-2, DEC201907)

作者简介: 黄鹏, 男, 1984 年生, 福建莆田人, 硕士, 助理研究员, 主要从事害虫生物防治方面的研究, E-mail: 375202928@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 余德亿, 研究员, 主要从事病虫害生物防治方面的研究, E-mail: yudy_2004@126.com

收稿日期 Received: 2020-06-04; 接受日期 Accepted: 2020-12-21

which mainly distributed on the abdominal venter, respectively. In this study, the ultrastructural features of main organs, wax filaments and wax glands on the body surface of *P. lilacinus* female adult were preliminary defined, it could be provide support to the ethology research of this mealybug, including foraging, mating, swarming, defense and spread.

Key words: *Planococcus lilacinus*; wax secretion; ultrastructure; scanning electron microscope

南洋臀纹粉蚧 *Planococcus lilacinus* (Cockerell) 属半翅目 Hemiptera 粉蚧科 Pseudococcidae, 是一种世界性花果害虫, 广泛分布于亚洲、非洲、大洋洲和南美洲等地区, 特别是在泰国、菲律宾、印度尼西亚、马来西亚等东南亚国家和我国台湾尤为常见 (Tu et al., 1988; Ooi et al., 2002; EPPO, 2013), 可危害可可、番荔枝、红毛榴莲、番石榴、柑橘、美洲木棉、羊蹄甲、变叶木、桅子花和杜鹃等 35 个科 100 余种水果、林木和观赏植物 (Ben-Dov, 1994; 黄邦侃, 1999)。该虫于 2007 年被我国列入进境植物检疫性有害生物 (中华人民共和国农业部, 2007), 目前在国内尚未有广泛分布的报道, 但笔者调查发现该虫现已在福建省漳州市诏安县的番荔枝果园中为害较重, 若虫和成虫常群集刺吸为害果实、嫩叶、幼芽等部分, 同时还分泌蜜露诱发煤烟病, 直接或间接影响番荔枝的产量、品质和经济价值; 此外, 该虫体表还覆盖大量蜡质, 不易防治, 急需防控。

目前, 针对该虫的研究还主要偏向于检测、检疫及适生区分析等方面 (徐梅等, 2008; 徐浪等, 2010; 齐国君等, 2015; 高明等, 2019; 赵天泽等, 2019), 而有关该虫生物和生态学及防控措施等方面的研究还相对较少。介壳虫在长期进化的过程中, 形成了结构独特的触角、口器和足等器官, 用于开展觅食、求偶、产卵、栖息和趋避等行为活动 (蔡鸿娇等, 2012); 同时, 介壳虫体表具三格腺、多格腺和管状腺等多种泌蜡腺体, 能分泌大量蜡质, 起到隐藏和保护作用, 不仅可抵御气候变化的影响和天敌的捕食及减轻杀虫剂的伤害, 还能使虫体常粘附于田间器械、动植物或人体上进行传播、扩散 (Ben-Dov and Hodgson, 1997; 武英达, 2016); 因此, 了解介壳虫及其蜡泌物的结构特征对探讨介壳虫分类地位、生长发育、生理代谢、生活习性、遗传进化及科学防治等诸多方面都具有重要的理论意义和应用价值

(夏向向, 2013; 武英达, 2016)。近年来, 扫描电子显微镜已越来越多地被研究学者用于观察昆虫的超微结构, 现阶段有关介壳虫及其蜡泌物超微结构的研究涉及 19 科 73 属 112 种 (武英达, 2016), 但未见南洋臀纹粉蚧在此方面的相关报道。本研究从番荔枝上采集南洋臀纹粉蚧, 以其中最具代表性的雌成虫 (体型最大、体表蜡质最厚、取食和为害能力最强) 为供试虫源, 利用扫描电镜观察该虫体表主要器官、蜡质及泌蜡腺体的超微结构, 初步揭示该虫及其蜡泌物的结构特征, 为后续进一步明确该虫的生物和生态学特性及探讨有效防控措施提供支持。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

从福建省漳州市诏安县金星乡的番荔枝果园中 (北纬 23°76'22"、东经 117°26'42"), 采集含有南洋臀纹粉蚧的番荔枝果实带回实验室, 从果实上选取体型最大、体表蜡质最厚、取食和为害能力最强的雌成虫备用。

1.2 虫体表面蜡质的超微结构观察

参考张艳峰等 (2013) 的方法, 在 SZ-760 型体视显微镜 (重庆奥特光学仪器有限公司) 下挑取蜡质相对完整的南洋臀纹粉蚧雌成虫 (图 1-A), 在实验室自然干燥后, 先粘于样品台上, 再置于 IB-5 型离子镀膜仪 (日本 EIKOIB 公司) 上喷金 5 min, 后用 JSM-840 型扫描电子显微镜 (日本电子公司) 观察、拍摄虫体表面蜡质的超微结构。

1.3 虫体表面主要器官及泌蜡腺体的超微结构观察

参考武英达 (2012) 和 Sirisena 等 (2015) 的方法, 在体视显微镜下挑取虫体完整的南洋臀纹粉蚧雌成虫, 置于 pH7.2 的磷酸盐缓冲液中, 用

小毛笔反复清洗虫体表面的蜡丝,并要保证虫体完整;清洗后用 2.5% 戊二醛溶液于 4℃ 冰箱中固定 24 h; 然后每隔 10 min 依次用浓度为 75%、80%、85%、90%、95% 和 100% 乙醇脱水;脱水后再用氯仿中浸泡 1 h,溶解虫体表面蜡质,后用 100% 乙醇清洗虫体;接着用 JFD-320 型冷冻干燥仪(日本电子公司)干燥,再粘于样品台上并置于 IB-5 型离子镀膜仪上喷金 5 min;最后用 JSM-840 型扫描电子显微镜观察、拍摄虫体表面的触角、眼、口器、足、腹脐和背孔等主要器官及三格腺、多格腺、管状腺和刺孔群等泌蜡腺体的超微结构。

2 结果与分析

2.1 南洋臀纹粉蚧雌成虫的形态及其体表主要器官的超微结构

南洋臀纹粉蚧雌成虫呈卵形或宽卵形,长 2.61 ~ 4.07 mm、宽 1.53 ~ 3.06 mm、外覆白色粉状厚蜡被,腹部背面分节明显,体缘具 18 对蜡棒(图 1-A)。触角:丝状,8 节,全长 354.42 ~ 428.57 μm ;其中柄节、梗节和第 1 鞭节较长,分别为 63.47 ~ 78.67 μm 、43.47 ~ 56.70 μm 和 40.14 ~ 50.04 μm ;第 2 ~ 5 鞭节较短,分别为 26.80 ~ 30.37 μm 、27.91 ~ 33.37 μm 、30.14 ~ 36.04 μm 和 35.70 ~ 43.37 μm ;第 6 鞭节最长且常有分节亚痕迹,为 86.80 ~ 100.04 μm ;各节着生长 8.75 ~ 47.22 μm 的毛形和刺形感受器,越靠近末端感受器数量越多(图 1-B 和图 1-C)。眼:1 对,单眼、球形,直径 29.11 ~ 31.65 μm ,位于触角后面(图 1-D)。口器:刺吸式、发达;喙似锥形,2 节,长 0.14 ~ 0.18 mm,也着生长 22.05 ~ 35.43 μm 的毛形和刺形感受器,也是越靠近末端感受器数量越多(图 1-E)。足:3 对,发达,基节宽、转节短、股节粗壮、胫节和跗节细长、爪下无小齿;其中前足对应各节分别长 126.67 ~ 143.33 μm 、76.65 ~ 93.33 μm 、110.00 ~ 116.52 μm 、103.33 ~ 112.48 μm 、73.05 ~ 76.28 μm 和 33.35 ~ 44.01 μm ;中足对应各节分别长 120.00 ~ 133.33 μm 、102.29 ~ 111.08 μm 、156.60 ~ 170.00 μm 、123.30 ~ 136.68 μm 、86.69 ~

93.54 μm 和 53.27 ~ 57.08 μm ;后足对应各节分别长 156.64 ~ 163.38 μm 、110.05 ~ 122.10 μm 、160.37 ~ 173.33 μm 、129.92 ~ 153.44 μm 、82.76 ~ 88.23 μm 和 30.00 ~ 33.59 μm ;每对足上也交错分布着长 20.83 ~ 118.75 μm 的毛形和刺形感受器,且跗冠毛和爪冠毛顶端膨大(图 1-F)。腹脐:发达、唇形,长 121.60 ~ 205.45 μm 、宽 85.12 ~ 136.91 μm ,位于第 3 和第 4 腹节间,有节间褶横过(图 1-G)。背孔:2 对,发达、也似唇形,分别位于前胸背板和第 6 腹节背板上,内缘硬化,孔瓣上有 20 ~ 22 个三格腺,3 ~ 8 根附毛(图 1-H)。

2.2 南洋臀纹粉蚧体表蜡质和泌蜡腺体的超微结构

体表蜡质:包含带状蜡丝、空心管状长蜡丝和月牙形蜡丝;其中带状蜡丝,扁平、光滑,宽 1.81 ~ 1.99 μm ,两侧厚、中间薄,形如铁轨,并呈螺旋式卷曲,该蜡质大量分布于整个虫体,占体表蜡质的绝大部分,尤其在背面和体缘堆积形成一层厚蜡被;空心管状蜡丝,直径 2.75 ~ 3.13 μm ,外表具有明显细长的褶皱,该蜡质主要分布于虫体腹部腹面和体缘;月牙形蜡丝,短小、卷曲,直径 1.88 ~ 2.58 μm ,外表也具有轻微褶皱,该蜡质主要分布于虫体腹部腹面(图 2-A 和图 2-B)。三格腺:近圆形、突出,直径 3.40 ~ 4.09 μm ,内具 3 个呈品字形排列、形似“B”字的斜孔,该腺体均匀分布于虫体背、腹面,可分泌带状蜡丝,是粉蚧科的特征腺体和南洋臀纹粉蚧最主要的泌蜡腺体(图 2-C 和图 2-E)。管状腺:圆形、开口呈环状或管状凸出,直径 3.32 ~ 3.56 μm ,自上而下呈双层圆孔结构,该腺体分布在腹部腹面和体缘,可分泌丝空心管状蜡丝(图 2-D 和图 2-F)。多格腺:圆形、略下凹,直径 4.46 ~ 5.63 μm ,中央区域有个近十边形的突起,其周围对应分布 10 个小孔,该腺体分布在腹部腹面,可分泌月牙形蜡丝(图 2-D 和图 2-G)。刺孔群:18 对,每对各具 2 根长 14.29 ~ 23.81 μm 的锥刺和多个三格腺,该腺体均匀分布于体缘,主要由腺体上三格腺群分泌带状蜡丝在体缘堆积成 18 对蜡棒,是粉蚧科特有泌蜡机构(图 1-A 和图 2-H)。

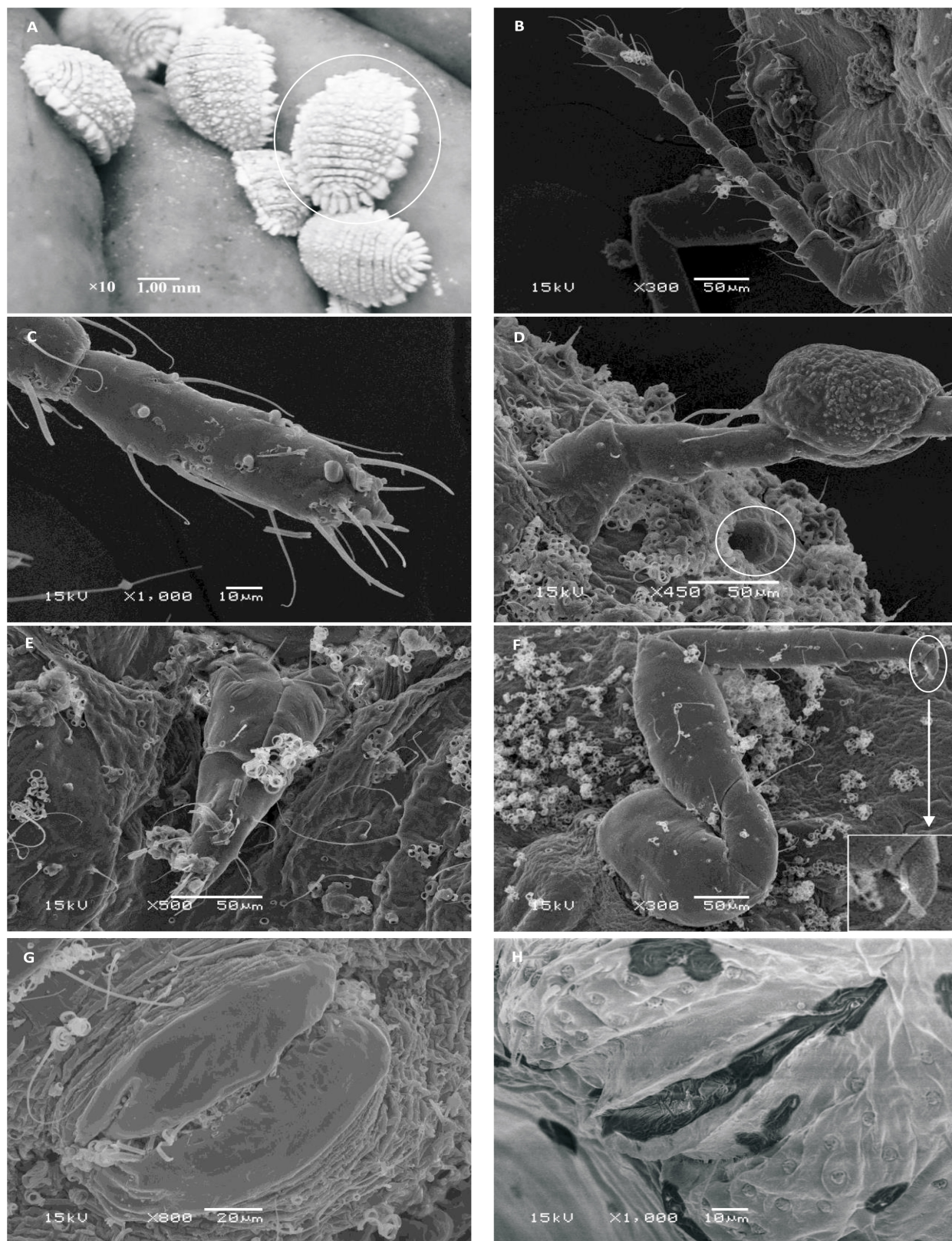


图1 南洋臀纹粉蚧雌成虫的形态及其体表主要器官的超微结构

Fig. 1 Morphology of *Planococcus lilacinus* female adult and ultrastructure of main organs on the body surface of this mealybug

注: A, 雌成虫 (体视显微镜); B, 触角; C, 第6鞭节分亚节; D, 眼 (单眼); E, 口器 (喙); F, 后足; G, 腹脐; H, 背孔。Note: A, Female adult (Stereoscope); B, Antenna; C, Subsegment on the sixth flagella of antenna; D, Eye (Ocellus); E, Mouthparts (Fistula); F, Metapedes; G, Circulus; H, Ostioles.

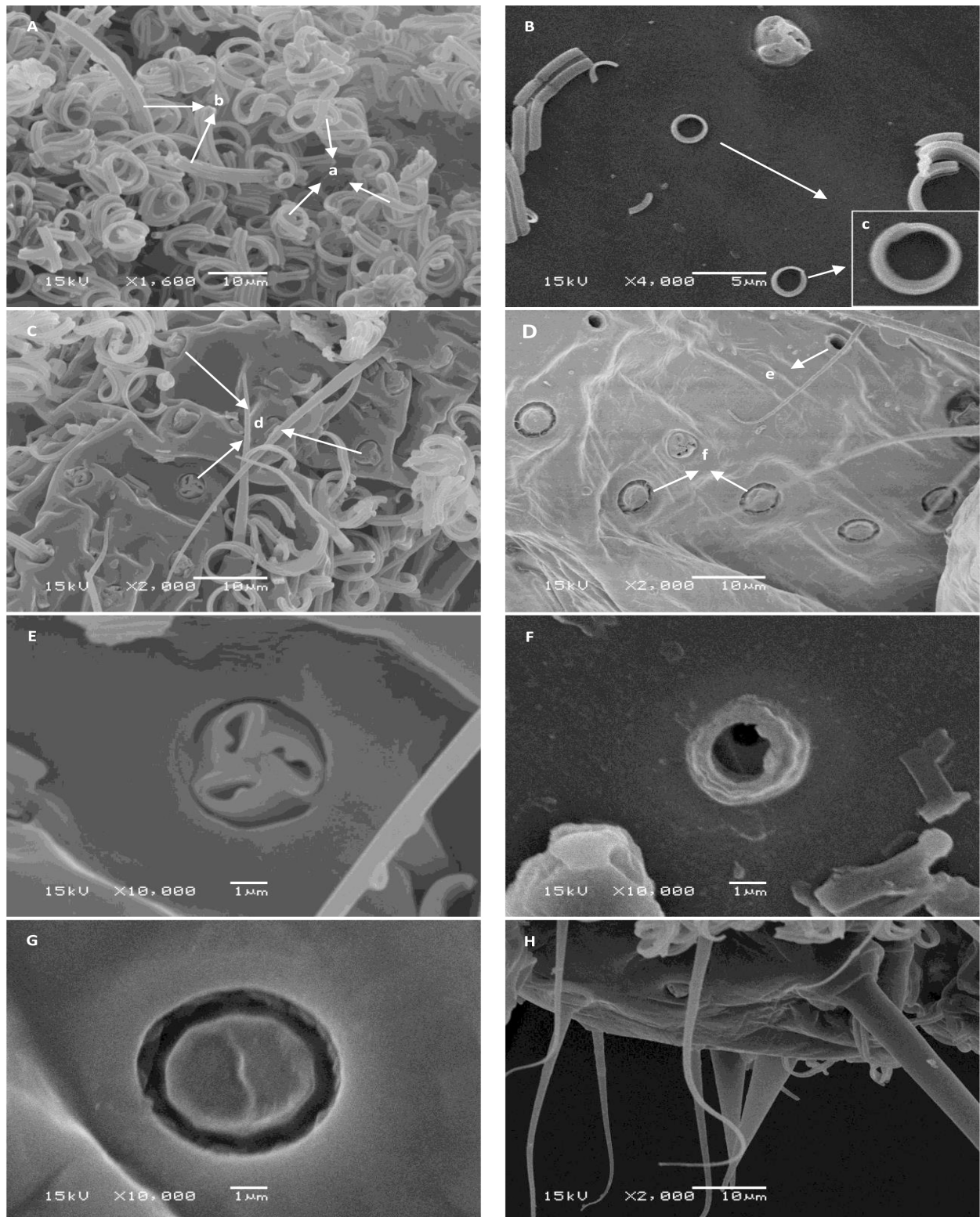


图2 南洋臀纹粉蚧雌成虫体表蜡质和泌蜡腺体的超微结构

Fig. 2 Ultrastructure of wax filaments and wax glands on the body surface of *Planococcus lilacinus* female adult

注: A~B, 腹部腹面的蜡质; C~D, 腹部腹面的泌蜡腺体; E, 三格腺; F, 管状腺; G, 多格腺; H, 刺孔群; a, 带状蜡丝; b, 空心管状蜡丝; c, 月牙形蜡丝; d, 三格腺; e, 管状腺; f, 多格腺。Note: A~B, Wax filaments on the abdominal front; C~D, Wax glands on the abdominal front; E, Trilocular pores; F, Tubular duct glands; G, Multilocular pores; H, Cerarius; a, Ribbon-shaped wax filaments; b, Hollow wax tubes; c, Crescent-shaped wax filaments; d, Trilocular pores; e, Tubular duct glands; f, Multilocular pores.

3 结论与讨论

介壳虫在长期进化的过程中, 形成了结构独特、与生存和繁殖环境相适应的各种器官, 用于感知寄主、配偶及抵御逆境、天敌等各种行为活动 (蔡鸿娇等, 2012)。本研究通过扫描电镜观察发现, 南洋臀纹粉蚧雌成虫的触角 8 节、口器和足发达, 其上分布有不同长度的毛形和刺形感受器, 借鉴其它昆虫和粉蚧资料可推测这些感受器能充当机械和化学受体, 具触觉、嗅觉、味觉和听觉等多重功能, 用于感受气味 (寄主挥发性物质、信息素和聚集激素)、声音、温湿度等外界环境的变化 (彩万志等, 2001; 余海忠, 2007; 赵杰军等, 2012; 王洪亮等, 2013; 王旭, 2017); 眼为单眼, 可感受光线强弱但无成像功能, 这可能是其喜阴及长期固定为害等生活习性进化的结果; 发达的腹脐和背孔是该粉蚧的两个显著特征, 借鉴其它粉蚧资料可推测腹脐是一种吸附器官, 有助于该粉蚧附着在寄主植物上刺吸为害, 而背孔是一种防御器官, 会在虫体受到外界干扰或刺激时分泌出能快速凝结的液体, 污染捕食者口器以抵御外敌 (徐盼, 2013; Sirisena *et al.*, 2015)。可见, 南洋臀纹粉蚧的触角、眼、口器、足、腹脐和背孔等体表器官在其搜索寄主、寻找配偶、群集为害和驱避天敌等行为活动方面发挥重要的作用。

介壳虫一生大部分时期都固定在植物表面刺吸为害, 遇到外界侵扰时无法像其他昆虫或动物可主动避害, 因此其蜡泌物所形成的蜡壳或蜡被在对其生存、繁殖所具有的保护作用就显得尤为重要; 也正是由于这些蜡泌物的分泌, 使介壳虫对外界不利环境具有很强的抵御能力, 但这也给防治工作带来困难 (Ben-Dov and Hodgson, 1997; 夏向向, 2013; 张艳峰, 2013; Sirisena *et al.*, 2015; 武英达, 2016)。本研究通过扫描电镜观察发现, 南洋臀纹粉蚧雌成虫体表的蜡质和泌蜡腺体的种类和结构具有多样性, 由三格腺分泌的带状蜡丝大量分布于整个虫体, 占体表蜡质的绝大部分, 尤其在背面和体缘堆积形成一层白色厚蜡被, 可起到良好的隐蔽和保护作用, 以躲避天敌的捕食; 由管状腺分泌的空心管状蜡丝主要分布于虫体腹部腹面, 推测其主要作用是构成具有保护作用的卵囊用于产卵; 而由多格腺分泌的月牙

形蜡丝分布于腹部腹面, 推测其主要作用是保护卵粒并防止其相互粘连; 由刺孔群分泌的蜡丝在体缘堆积形成蜡棒, 不仅可保护虫体, 还有助于虫体粘附于田间器械、动植物或人体上进而传播、扩散; 同时, 由于粉蚧的蜡质的主要成分为脂类化合物, 疏水性和抗寒性较强, 因此可有效抵御病原微生物的入侵、化学农药的渗透和不良气候的侵袭 (Foldi, 1991; 谢映平等, 2006)。可见, 体表蜡质和泌蜡腺体在南洋臀纹粉蚧生存繁殖、抵御逆境和传播扩散等生命活动方面发挥重要的作用。

介壳虫的生活环境和习性, 造就了其独特的结构特征; 此外不同发育阶段, 其体表器官、蜡泌物和泌蜡腺体的形态结构也可能存在差异 (夏向向, 2013; 张艳峰, 2013; 武英达, 2016)。本研究初步揭示了南洋臀纹粉蚧雌成虫及其蜡泌物的结构特征, 后续将进一步观察该虫其他性别、虫龄及其蜡泌物的结构特征, 探讨虫体上各种形状感受器的具体功能, 分析各种蜡泌物的化学成分, 这些均有助于了解南洋臀纹粉蚧的生物和生态学特性, 可为探讨其有效防控措施提供科学依据。

致谢: 本研究采集的南洋臀纹粉蚧承蒙北京林业大学武三安教授帮助鉴定, 在此深表感谢!

参考文献 (References)

- Ben-Dov Y. A Systematic Catalogue of the Mealybugs of the World (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidae) with Data on Geographical Distribution, Host Plants, Biology and Economic Importance [M]. Andover UK: Intercept Limited, 1994: 686.
- Ben-Dov Y, Hodgson CJ. Soft Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies and Control. Volume 7A [M]. Amsterdam & New York: Elsevier Scientific Publ. Co., 1997: 452.
- Cai HJ, Wang HY, Hou YM, *et al.* Scanning electron microscope observations of ultrastructure of *Phenacoccus solenopsis* [J]. *China Plant Protection*, 2012, 32 (3): 53–55. [蔡鸿娇, 王宏毅, 侯有明, 等. 扶桑绵粉蚧超微结构扫描电镜观察 [J]. *中国植保导刊*, 2012, 32 (3): 53–55]
- Cai WZ, Pang XF, Huan BZ, *et al.* General Entomology [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2001: 171–181. [彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 等. 普通昆虫学 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001: 171–181]
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). PQR-EPPO Plant Quarantine Data Retrieval System (Version 5.3.1) [DB/OL]. (2013–09–10) [2019–11–15]. <http://www.eppo.int/>

- //www. eppo. org /DATABASES /pqr /pqr. htm.
- Foldi I. The wax glands in scale insects: Comparative ultrastructure, secretion, function and evolution (Homoptera: Coccoidea) [J]. *Annales de la Societe Entomologique de France*, 1991, 27 (2): 163–188.
- Gao M, Li L, Li BS, *et al.* Efficacy and phytotoxicity of ethyl formate as fumigant for *Planococcus lilacius* Cockerell (Pseudococcidae: Planococcus) and import mangosteen fruits [J]. *Plant Quarantine*, 2019, 33 (2): 53–57. [高明, 李丽, 李柏树, 等. 进口山竹携带南洋臀纹粉蚧甲酸乙酯熏蒸技术研究 [J]. 植物检疫, 2019, 33 (2): 53–57]
- Huang BK. Fauna of Insects in Fujian Province of China Vol. 2 [M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Publishing House, 1999: 678–679. [黄邦侃. 福建昆虫志 第二卷 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1999: 678–679]
- Ministry of agriculture and rural affairs of the people's republic of China (MOA), 2007. Announcement No. 862 of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs(《List of import plant quarantine pests of the people's republic of China》) [DB/OL]. (2007–05–29) [2019–11–15]. http://www.moa.gov.cn/ztl/zwyj_1/200706/t20070605_828749.htm. [中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业部公告第862号(《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》) [DB/OL]. (2007–05–29) [2019–11–15]. http://www.moa.gov.cn/ztl/zwyj_1/200706/t20070605_828749.htm]
- Ooi PAC, Winotai A, Pena JE. Pests of Minor Tropical Fruits. In: Peña J, Sharp J, Wysoki J. Tropical Fruit Pests and Pollinators: Biology, Economic Importance, Natural Enemies and Control [C]. Wallingford, UK: CAB International, 2002: 315–330.
- Qi GJ, Chen T, Gao Y, *et al.* Potential geographic distribution of *Planococcus minor* and *P. lilacius* in China based on Maxent [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2015, 37 (2): 219–223. [齐国君, 陈婷, 高燕, 等. 基于 Maxent 的大洋臀纹粉蚧和南洋臀纹粉蚧在中国的适生区分析 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37 (2): 219–223]
- Sirisena UGAI, Watson GW, Hemachandra KS, *et al.* Scanning electron microscopy of six selected mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) species of Sri Lanka [J]. *Tropical Agricultural Research*, 2015, 26 (2): 237–247.
- Tu WG, Wu WJ, Lee PP. *Planococcini* of Taiwan (Homoptera: Pseudococcidae) [J]. *Annual Taiwan Museum*, 1988, 31: 71–101.
- Wang HL, Wang BL, Li GH. Ultrastructural studies of sensilla on antennae, leg and wing of *Drosicha corpulenta* (Kuwana) adult [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2013, 26 (2): 829–831. [王洪亮, 王丙丽, 李广花. 日本草履蚧成虫触角、足和翅感受器超微结构研究 [J]. 西南农业学报, 2013, 26 (2): 829–831]
- Wang X. Ultrastructure of Antennae and Antennal Sensilla in Scale Insects [D]. Taiyuan: Shanxi University, 2017. [王旭. 蚧虫触角及其感受器的超微结构研究 [D]. 太原: 山西大学, 2017]
- Wu YD. Study on Ultrastructures of Wax Glands and Their Waxy Secretions of Eight Mealybug Species (Hemiptera, Coccoidea, Pseudococcidae) [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2016. [武英达. 八种粉蚧(半翅目: 蚧总科: 粉蚧科) 蜡腺及其蜡分泌物超微结构研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2016]
- Xia XX. Ultrastructural Study on Morphology of Nine Species of Scale Insects (Hemiptera: Coccoidea) [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2013. [夏向向. 九种蚧虫超微结构的研究(半翅目: 蚧总科) [D]. 北京: 北京林业大学, 2013]
- Xie YP, Xue JL, Zheng LY. Wax Secretions of Soft Scale Insects: Their Ultrastructure & Chemical Composition [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2006: 155–202. [谢映平, 薛皎亮, 郑乐怡. 蚧科昆虫的蜡分泌物超微结构和化学成分 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2006: 155–202]
- Xu L, Yu DJ, Jiao Y, *et al.* TaqMan Real-time qualitative PCR for the inspection and identification of *Planococcus minor* and *P. lilacius* (Homoptera: Pseudococcidae) [J]. *Plant Quarantine*, 2010, 24 (2): 24–28. [徐浪, 余道坚, 焦懿, 等. 大洋臀纹粉蚧和南洋臀纹粉蚧 TaqMan 实时荧光 PCR 检测方法 [J]. 植物检疫, 2010, 24 (2): 24–28]
- Xu M, Huang PY, An YL, *et al.* Quarantine pests—*Planococcus lilacius* [J]. *Plant Quarantine*, 2008, 22 (2): 100–102. [徐梅, 黄蓬英, 安榆林, 等. 检疫性有害生物——南洋臀纹粉蚧 [J]. 植物检疫, 2008, 22 (2): 100–102]
- Xu P. Studies on Biological and Ecological Characteristics of *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) [D]. Hangzhou: Zhejiang A. & F. University, 2013. [徐盼. 康氏粉蚧生物学和生态学特性研究 [D]. 杭州: 浙江农林大学, 2013]
- Yu HZ. Research progress of insect antennal sensilla [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35 (14): 4238–4240, 4243. [余海忠. 昆虫触角感受器研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (14): 4238–4240, 4243]
- Zhang YF, Xue JL, Xie YP. Scanning electron microscope observations of wax secretion in *Pseudococcus comstocki* [J]. *Entomological Knowledge*, 2013, 50 (2): 518–522. [张艳峰, 薛皎亮, 谢映平. 康氏粉蚧蜡分泌物的扫描电镜观察 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (2): 518–522]
- Zhao TZ, Gao M, Zhang GP, *et al.* Effect of phosphine fumigation on the survival of *Planococcus lilacius* Cockerell and postharvest quality of imported pineapple fruit [J]. *Plant Quarantine*, 2019, 33 (2): 48–52. [赵天泽, 高明, 张广平, 等. 磷化氢熏蒸对南洋臀纹粉蚧的杀灭效果和对进口菠萝品质的影响研究 [J]. 植物检疫, 2019, 33 (2): 48–52]
- Zhao JJ, Chen XM, Wang ZL, *et al.* Ultrastructure of *Ericerus pela* (Chavannes) nymph mouthparts and ecological adaptations [J]. *Zoological Research*, 2012, 33 (5): 447–454. [赵杰军, 陈晓鸣, 王自力, 等. 白蜡若虫口器超微结构特征与生态适应性 [J]. 动物学研究, 2012, 33 (5): 447–454]