



肖培彬, 马义雷, 李皓, 等. 亚洲柑橘木虱内生生殖系统形态变化规律研究 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6): 1207–1213.

亚洲柑橘木虱内生生殖系统形态变化规律研究

肖培彬, 马义雷, 李 皓, 韩群鑫*

(仲恺农业工程学院农业与生物学院, 广州 510225)

摘 要: 亚洲柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 是柑橘黄龙病的传播媒介。本文利用 SteREO Discovery V20 体视显微镜对亚洲柑橘木虱成虫内生生殖系统进行解剖观察, 并探索了亚洲柑橘木虱雌雄成虫内生生殖系统的形态变化规律。结果表明: 雄虫内生生殖系统由 1 对精巢、1 对输精管、1 个精泵、1 个射精管、1 对附腺和 1 个贮精囊组成。雌虫内生生殖系统由 1 对卵巢、1 对侧输卵管、1 个中输卵管、2 个附腺、1 个黏腺和 1 个受精囊组成。交配前期和交配期的雄虫精巢饱满, 精巢在交配后期明显萎缩。交配期和交配后期的雄虫贮精囊都明显大于交配前期的贮精囊。雌虫受精囊在交配前期、交配期和交配后期依次增大, 交配前期的受精囊呈不饱满状态, 交配期和交配后期受精囊呈饱满状态, 内有白色精包。交配后期的雌虫卵巢内有大量成熟的橙黄色卵。

关键词: 亚洲柑橘木虱; 内生生殖系统; 形态特征

中图分类号: Q965; S433.39

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2017) 06-1207-07

Morphological changes of the internal reproductive system of *Diaphorina citri* Kuwayama

XIAO Pei-Bin, MA Yi-Lei, Li Hao, HAN Qun-Xin* (College of Agriculture and biology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) is the insect vector of Huanglongbing (HLB) that cause serious damage to the citrus production worldwide. In the present study, the internal reproductive system of *D. citri* was dissected and observed under the SteREO Discovery V20 stereomicroscope to explore its morphological changes in different developmental periods. The results showed that the internal reproductive system of *D. citri* male adult was composed of testis, seminal vesical, accessory gland, vas deferens, sperm pump and ejaculatory duct. While that of *D. citri* female adult was composed of ovaries, spermatheca, bursa copulatrix, common oviduct, lateral oviducts, colleterial gland and accessory glands. The testes of male in the pre-mating and mating period were fully filled and significantly larger than that in the post-mating period. The testis of male adult was atrophic in the post-mating period. The seminal vesical in the mating and later-mating period was significantly larger than that in the pre-mating period. Female spermatheca gradually enlarged from the pre-mating to the post-mating period, while the female spermathecas in the mating period and post-mating period were fully filled and there were white fine sperm package inside the spermathecas. There were plenty of mature orange-yellow eggs in the female ovaries in the post-mating period.

Key words: *Diaphorina citri* Kuwayama; internal reproductive system; morphological change

基金项目: 广州市科技计划项目 (201510010141); 广东省科技计划项目 (2016A050502063)

作者简介: 肖培彬, 男, 1994 年生, 广东汕头人, 学士, E-mail: 173718768@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: hqx99@163.com

收稿日期 Received: 2017-09-18; 接受日期 Accepted: 2017-10-30

亚洲柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 属半翅目 Hemiptera 木虱科 Psyllidae 呆木虱属 *Diaphorina* Löw, 1879, 为害柑橘、九里香、黄皮等芸香科植物, 是柑橘新梢期的主要害虫 (陈循渊和廖长青, 1982), 也是柑橘黄龙病亚洲种 *Candidatus Liberibacter asiaticus* 和美洲种 *Ca. L. americanus* 的传播媒介 (Halbert and Manjunanth, 2004; Coletta-Filho *et al.*, 2005)。柑橘黄龙病目前被称为“柑橘癌症”, 给世界柑橘生产带来严重威胁, 在我国已摧毁累计超过上百万亩的柑橘园 (邓晓玲, 2011)。

亚洲柑橘木虱在亚洲、非洲、大洋洲、南、北美洲 40 多个国家广泛发生 (Bové, 2006)。自 2000 年以来, 亚洲柑橘木虱的关注度越来越高 (汪善勤等, 2015)。木虱体小, 体长大多在 3 mm 左右, 目前对它的研究报道主要集中在其发生为害、生物学习性、生态适应、防治措施以及与柑橘黄龙病病原菌间的互作机理等方面, 但对木虱昆虫内部构造的研究相对较少。梁雪梅 (2014) 观察了中国梨木虱 *Cacopsylla chinensis* Yang et Li 的外部形态和内部构造, 而木虱内生生殖系统的研究主要集中在精巢结构和减数分裂中染色体的行为方面, 田润刚等 (2007) 研究了香椿巴木虱 *Bharatiana setentrionalis* 和合欢羞木虱 *Acizzia*

jamatonica 的染色体行为及精子发生, Maryanska-Nadachowska (2002) 总结了木虱总科染色体研究的成果, 记录了 6 科 50 属 153 种木虱的染色体。Kuznetsova 等 (1997) 观察研究了 5 种木虱昆虫的雄性生殖系统。亚洲柑橘木虱为两性卵生昆虫, 但未见亚洲柑橘木虱成虫内生生殖系统的研究报道。

亚洲柑橘木虱成虫体色变化较大。吴丰年等 (2013) 研究了亚洲柑橘木虱雌雄成虫在刚羽化、羽化后 3 h, 交配盛期和产卵盛期的腹部和前翅颜色变化规律, 明确了每个时期的主要体色。通过大量观察, 结合吴丰年等的研究结果, 我们将亚洲柑橘木虱成虫分为 3 个时期: 交配前期、交配期和交配后期 (雌虫为产卵期)。在交配前期, 除去羽化后 3 h 内的虫体, 雌虫腹部灰白色的比例最高, 而雄虫腹部灰黑色的比例最高; 交配盛期的雌虫腹部蓝色比例最高, 达到 94.28%, 雄虫则橙色比例最高, 为 55.70%; 交配后期雄虫和产卵期的雌虫腹部橙色比例均最高 (吴丰年等, 2013)。如图 1 和图 2 所示。本文对这 3 个时期腹部颜色比例最高的亚洲柑橘木虱成虫 (除去羽化 3 h 内的成虫) 的内生殖系统进行解剖, 观察记录其形态特征, 探索亚洲柑橘木虱雌雄成虫内生生殖系统的形态变化规律, 为该虫进一步的生理研究打下基础, 这对该虫的监测与防控具有一定的指导意义。

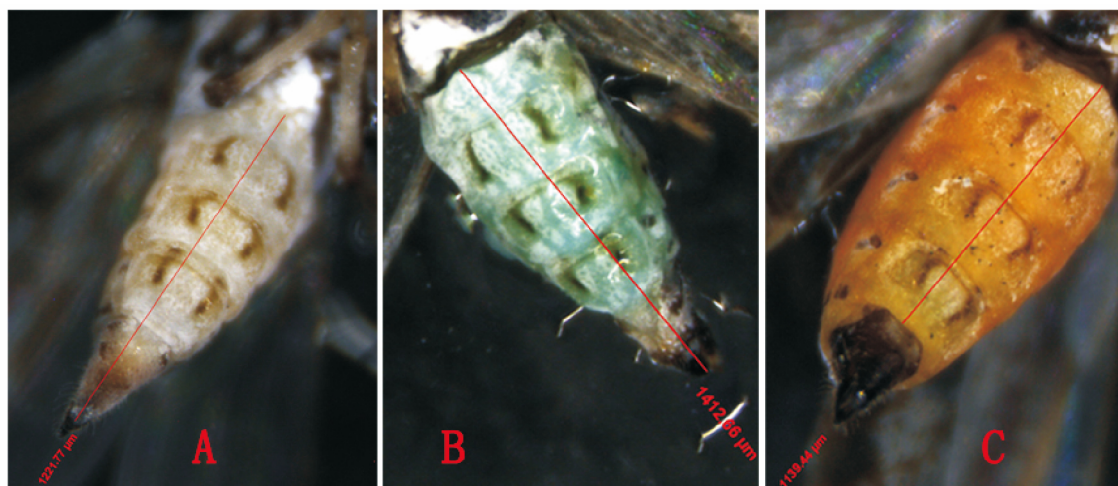


图 1 亚洲柑橘木虱雌虫在不同时期腹部的主要颜色

Fig. 1 The color of *Diaphorina citri* female adult abdomen in different periods

注: A, 交配前期腹部为灰白色的雌虫; B, 交配期腹部为蓝色的雌虫; C, 产卵期腹部为橙色的雌虫。

Note: A, The female in the pre-mating period which abdomen was gray; B, The female in the mating period which abdomen was blue; C, The female in the oviposition period which abdomen was orange.

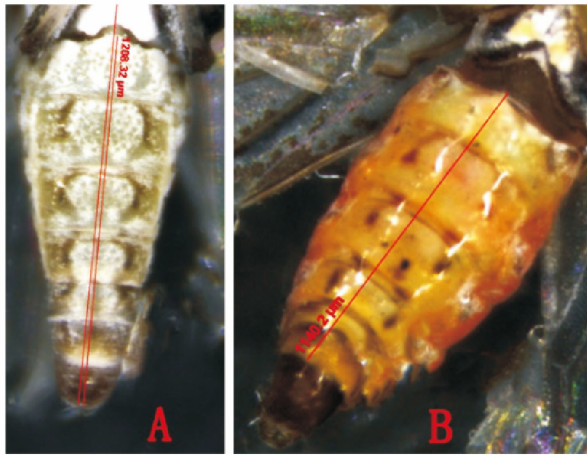


图2 亚洲柑橘木虱雄虫在不同时期腹部的主要颜色

Fig. 2 The color of *Diaphorina citri* male adult abdomen in different periods

注: A, 交配前期腹部为灰黑色的雄虫; B, 交配期和交配后期腹部为橙色的雄虫。Note: A, The male in the pre-mating period which abdomen was gray-black; B, The male in the mating and post-mating periods which abdomen was orange.

1 材料与方法

1.1 供试虫源

亚洲柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 成虫最初采自于孙中山大元帅府中种植的九里香上, 而后转移至仲恺农业工程学院试验大棚中的九里香上饲养。

1.2 试验仪器

SteREO Discovery V20 体视显微镜: 德国卡尔·蔡司公司; Leica S4E 体视镜: 莱卡仪器(德国)有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 亚洲柑橘木虱成虫内生生殖系统的解剖与特征观察

用乙醚将亚洲柑橘木虱成虫熏晕, 将其放在 Leica S4E 体视显微镜下观察区分其性别及其腹部和前翅的颜色。而后将虫体放置在滴有纯净水的凹面载玻片上, 然后置于 SteREO Discovery V20 体视显微镜下, 调整体视显微镜的放大倍数进行虫体解剖。用昆虫解剖针轻轻划割成虫腹部侧面, 然后将内生生殖系统从尾部缓缓拉出, 并剔除其他组织, 观察记录亚洲柑橘木虱雌、雄成虫内生

系统的组成及其各组成部分的特征。

1.3.2 亚洲柑橘木虱成虫内生生殖系统的形态特征变化规律

按照 1.3.1 方法解剖处于交配前期、交配期和交配后期的亚洲柑橘木虱雌、雄成虫内生生殖系统。每个时期的雌、雄成虫各解剖 30 头左右。观察记录不同时期亚洲柑橘木虱雌、雄成虫内生生殖系统各组成部分的形态特征, 并测量其主要组成部分的大小, 比较不同时期亚洲柑橘木虱成虫内生生殖系统的形态特征, 探索其变化规律。

1.4 数据分析

采用 DPS 7.05 软件进行统计分析, 并用邓肯氏新复极差检验法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 亚洲柑橘木虱成虫内生生殖系统的解剖特征

2.1.1 亚洲柑橘木虱雄虫内生生殖系统的解剖特征

亚洲柑橘木虱雄虫内生生殖系统如图 3 所示。亚洲柑橘木虱雄虫内生生殖系统结构与苹果喀木虱 *Cacopsylla mali* (Schmidberger) 相似。由 1 对精巢、1 对输精管、1 个精泵、1 个射精管、1 对附腺和 1 个贮精囊组成。精巢呈纺锤形, 两端细, 中间大, 由 1 对输精管与射精管连接, 射精管与贮精囊相连。一对附腺呈管状, 白色。

2.1.2 亚洲柑橘木虱雌虫内生生殖系统的解剖特征

亚洲柑橘木虱雌虫内生生殖系统如图 4 所示。亚洲柑橘木虱雌虫内生生殖系统结构与非洲柑橘个木虱 *Trioza erytreae* (Del Guercio) 类似。由 1 对卵巢、1 对侧输卵管、1 个中输卵管、2 个附腺、1 个黏腺和 1 个受精囊组成。1 对卵巢与 1 对侧输卵管相连, 1 对侧输卵管末端交汇与中输卵管相连, 中输卵管末端与受精囊相连。内生生殖系统基部是由黏管连接的黏腺。

2.2 亚洲柑橘木虱成虫内生生殖系统形态特征变化规律

2.2.1 亚洲柑橘木虱雄虫内生生殖系统形态特征变化规律

亚洲柑橘木虱雄虫内生生殖系统形态特征变化如图 5。交配前期和交配期的雄虫精巢很饱满, 精巢在交配后期明显萎缩。交配后期的雄虫精巢呈橙色。

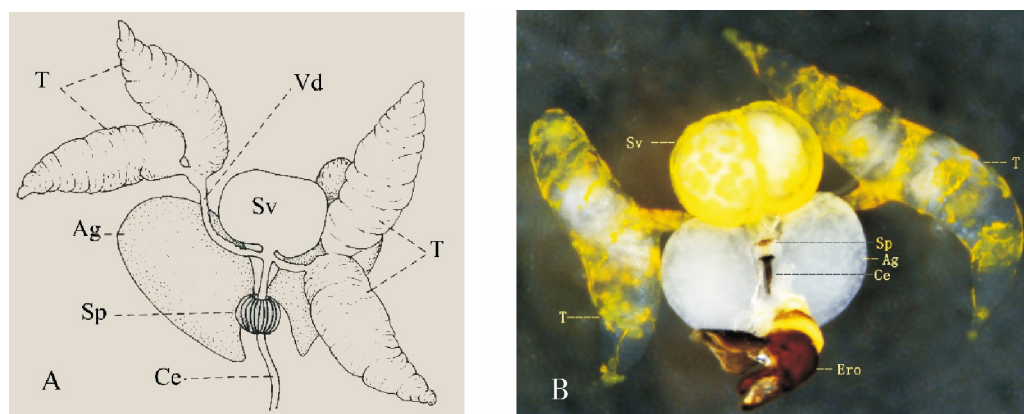


图3 木虱雄虫内生生殖系统图

Fig. 3 Internal reproductive system of psyllid male adult

注: A, 苹果喀木虱 *Cacopsylla mali* (Schmidberger) 的雄虫生殖系统 (仿 Brittain, 1922); B, 亚洲柑橘木虱 *Diaphorina citri* 雄虫内生生殖系统; T, 精巢; Sv, 贮精囊; Ag, 附腺; Vd, 输精管; Sp, 精泵; Ce, 射精管; ERO, 外生殖器。

Note: A, Internal reproductive system of *Trioza erythrae* (Del Guercio) male adult (Brittain, 1922); B, Internal reproductive system of *Diaphorina citri* male adult; T, testis; Sv, seminal vesical; Ag, accessory glands; Vd, vas deferens; Sp, sperm pump; Ce, ejaculatory duct; ERO, External reproductive organ.

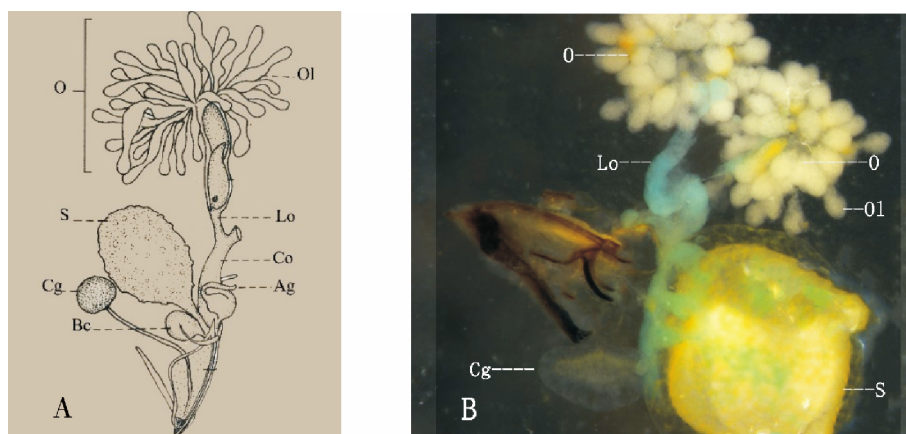


图4 木虱雌虫内生生殖系统图

Fig. 4 Internal reproductive system of psyllid female adult

注: A, 非洲柑橘个木虱 *Trioza erythrae* (Del Guercio) 雌虫内生生殖系统 (仿 Blowers & Moran, 1967); B, 亚洲柑橘木虱 *Diaphorina citri* 雌虫内生生殖系统; O, 卵巢; Ol, 卵巢小管; S, 受精囊; Bc, 交尾囊; Co, 中输卵管; Lo, 侧输卵管; Cg, 黏腺; Ag, 附腺。Note: A, Internal reproductive system of *Trioza erythrae* (Del Guercio) female adult (Blowers & Moran, 1967); B, Internal reproductive system of *Diaphorina citri* female adult; O, Ovary; Ol, ovariole; S, spermatheca; Bc, bursa copulatrix; Co, common oviduct; Lo, lateral oviduct; Cg, colleterial gland; Ag, accessory gland.

交配前期的雄虫贮精囊小, 外层呈浅黄色; 交配期和交配后期的雄虫贮精囊外层变为橙色, 明显大于交配前期的贮精囊。1 对附腺始终为白色半透明状, 但交配期和交配后期的附腺在体视镜下更易观察到。

雄虫精巢和贮精囊的大小差异见表 1。亚洲柑

橘木虱雄虫的精巢和贮精囊在不同的时期其大小并不相同。交配前期和交配期的雄虫精巢明显比交配后期的精巢长。交配期和交配后期雄虫贮精囊的长度和宽度均明显比交配前期大。交配期的雄虫精巢长约 1.27 mm, 宽约 0.33 mm, 贮精囊长约 0.55 mm, 宽约 0.65 mm (表 1)。

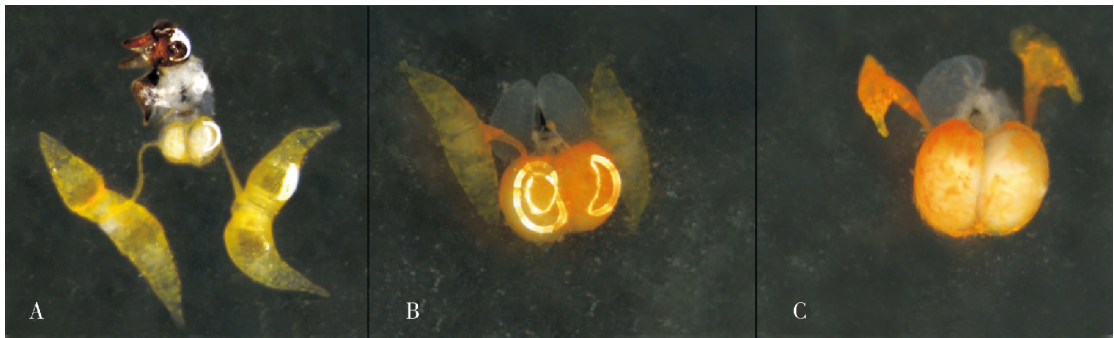


图 5 不同时期的亚洲柑橘木虱雄虫内生生殖系统形态特征图

Fig. 5 Morphological characteristics of the internal reproductive system of *Diaphorin citri* male in the different periods
注：A，交配前期；B，交配期；C，交配后期。Note: A ,premating period; B ,mating period; C , post-mating period.

表 1 不同发育时期亚洲柑橘木虱雄虫内生生殖系统主要组成部分的形态差异

Table 1 Morphological change of main components of internal reproductive system of *Diaphorin citri* male in the different periods

时期 Period	腹部腹面颜色 Color of abdomen	精巢 Testis		贮精囊 Seminal vesical		前翅颜色 Color of forewing
		长 (μm) Length	宽 (μm) Width	长 (μm) Length	宽 (μm) Width	
交配前期 Premating	灰黑 Gray-black	1222. 77 ± 59. 06 a	297. 7 ± 18. 21 ab	390. 39 ± 35. 71 b	463. 92 ± 41. 86 b	黑色 Black
交配期 Mating	橙色 Orange	1276. 07 ± 55. 70 a	332. 74 ± 20. 58 a	551. 68 ± 33. 28 a	648. 65 ± 23. 95 a	黑色 Black
交配后期 Post-mating	橙色 Orange	848. 52 ± 72. 48 b	260. 39 ± 24. 76 b	619. 45 ± 59. 44 a	704. 57 ± 39. 43 a	红褐色 Red-brown

注：表中数值均为平均值 ± 标准误。在同一列中标小写字母表示方差分析在 5% 水平上差异显著（邓肯氏新复极差检验法）。下同。Note: The data in the table are mean ± SE. The values in the same column with different small letters indicated a significant difference in the 5% level (Duncan’s new multipolar test) . The same below.

2. 2. 2 亚洲柑橘木虱雌虫内生生殖系统形态特征变化规律

亚洲柑橘木虱雌虫内生生殖系统形态特征变化如图 6 所示。交配前期的雌虫卵巢和受精囊呈白色，受精囊半透明状，呈不饱满状态，未见精包；

交配期和交配后期雌虫受精囊明显变大，呈饱满状态，内有白色精包；交配后期的卵巢内有大量的成熟的橙黄色卵（图 6）。

雌虫受精囊和卵巢的大小差异见表 2。

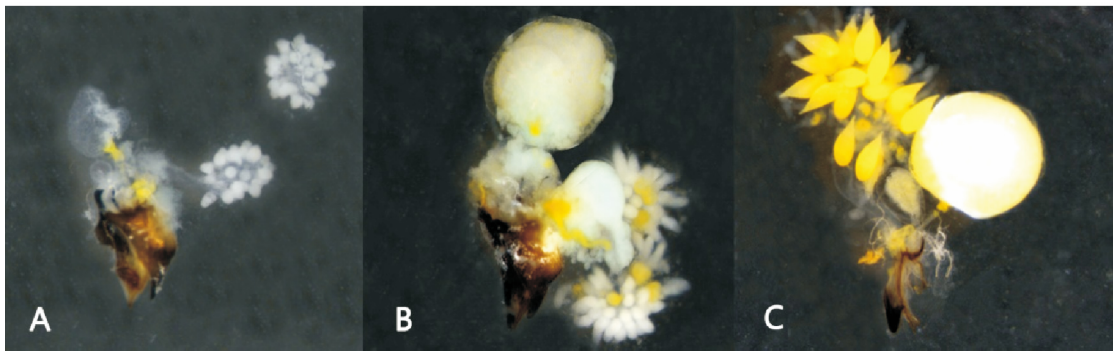


图 6 不同时期的雌性亚洲柑橘木虱内生生殖系统形态特征图

Fig. 6 Morphological characteristics of the internal reproductive system of *Diaphorin citri* female in the different periods
注：A，交配前期；B，交配盛期；C，交配后期。Note: A ,premating period; B ,mating period; C , post-mating period.

表 2 不同时期亚洲柑橘木虱雌虫内生殖系统主要组成部分的形态差异

Table 2 Morphological changes of main components of internal reproductive system of *Diaphorin citri* female in the different periods

时期 Period	腹部腹面颜色 Color of abdomen	受精囊 Spermatheca				卵巢 Ovary				前翅颜色 Color of forewing
		长 (μm) Length	宽 (μm) Width	长 (μm) Length	宽 (μm) Width	长 (μm) Length	宽 (μm) Width	长 (μm) Length	宽 (μm) Width	
交配前期 Premating	灰白 Gray-white	326.96 ± 22.69 c	356.86 ± 20.94 c	315.35 ± 18.25 c	303.76 ± 21.84 c					黑色 Black
交配盛期 Mating	蓝色 Blue	513.81 ± 24.81 b	501.60 ± 30.89 b	509.04 ± 19.07 b	494.78 ± 19.59 b					黑色 Black
交配后期 Post-mating	橙色 Orange	668.76 ± 35.19 a	650.30 ± 30.37 a	616.28 ± 23.41 a	584.56 ± 24.48 a					红褐色 Red-brown

交配前期的雌虫受精囊明显小于交配期的雌虫受精囊、而交配期的雌虫受精囊明显小于交配后期的雌虫受精囊，即雌虫受精囊在交配前期、交配期和交配后期依次增大。卵巢亦存在同样现象，即卵巢从交配前期到交配后期在逐渐增大。交配后期（产卵期）的雌虫受精囊长约 0.67 mm，宽约 0.65 mm，卵巢长约 0.62 mm，宽约 0.58 mm（表 2）。

3 结论与讨论

木虱的生殖是通过雌雄两性生殖系统共同来完成的。木虱的生殖系统包括体壁特化形成的外生殖器和位于体内的内生殖器（李法圣，2011）。外生殖器主要由腹部末端几个体节组成，主要用于交配和受精作用，而内生殖器是产生成熟精子和卵细胞的地方。在一定的环境和适宜的营养条件下，雌雄两性交配，雄虫将精子传递到雌虫体内，贮藏在受精囊内，而雌虫则接受来自受精囊中的精子形成受精卵从而繁衍后代。

亚洲柑橘木虱雄虫内生殖系统结构与喀木虱属 *Cacopsylla* Ossiannilsson（1970）的苹果喀木虱 *C. mali*（Schmidberger）类似，由精巢、输精管、贮精囊、附腺和精泵组成。苹果喀木虱精巢分裂呈叶状（Brittain，1922），亚洲柑橘木虱精巢呈纺锤形，两端细，中间大，精巢是精子发育成熟的场所。亚洲柑橘木虱和苹果喀木虱的贮精囊均为囊状结构，用来贮藏成熟的精子团。木虱附腺的分泌物交配时形成精包，为精子提供营养物质和能量，使精子保持活性（李法圣，2011）。亚洲柑橘木虱雄虫交配前期的贮精囊小，交配期和交配后期的贮精囊接受了来自精巢的精包而明显变大，

而精巢由于大量输出精子进入贮精囊而逐渐萎缩。因此，通过解剖亚洲柑橘木虱雄虫内生殖器，观察其主要组成部分的形态特征，可以判断亚洲柑橘木虱雄虫所处的发育阶段。

亚洲柑橘木虱雌虫内生殖系统结构与形态与个木虱属 *Trioza* Förster（1848）的非洲柑橘个木虱 *Tr. erytrae*（Del Guercio）类似，由卵巢、受精囊、交配囊、附腺和黏腺组成。卵巢由卵巢小管组成，是卵子发育成熟的场所。受精囊是雌雄虫在交配期时用来接受精子的囊状结构。附腺分泌卵子发育所需部分的营养物质。黏腺分泌的胶质可使虫卵粘附在物体上（李法圣，2011），而亚洲柑橘木虱卵大多附着在寄主的嫩芽上。与交配前期的雌虫相比，亚洲柑橘木虱雌虫交配期的受精囊由于接受了来自雄虫的精包而明显增大，在 SteREO Discovery V20 体视显微镜下可明显看到受精囊中有白色的精包，而卵巢中的卵在受精后逐渐变为橙黄色，明显有别于交配前期和交配期卵巢中的卵。因而，通过解剖亚洲柑橘木虱雌虫内生殖器，观察其主要组成部分的形态特征，也可以判断亚洲柑橘木虱雌虫所处的发育阶段。

一些昆虫的体色具有多型现象，昆虫的体色是其体壁中色素的反映，昆虫体色的变化会因一些因素的影响而发生变化（程茂高等，2005；樊永胜和朱道弘，2009）。木虱 *Cardiaspina densitexta* 1 龄若虫孵化后，一天内体色竟然可随温度变化周期性地变暗（White，1968）。亚洲柑橘木虱成虫体色变化明显，同一性别处于不同一生理时期的成虫也会出现相同的腹部体色，交配期和交配后期的雄虫腹部均可变为橙色（吴丰年等，2013），因此，仅仅根据亚洲柑橘木虱成虫身体腹部的颜色，并不能准确区分亚洲柑橘木虱成虫所处的发育阶

段。本文研究表明,通过解剖亚洲柑橘木虱内生生殖系统,观察其主要组成部分的形态特征特点,即使是处于不同发育时期腹部同为橙色的雄虫,也可判断出亚洲柑橘木虱成虫是否已经完成交配及其所处的发育状态。对于雄虫,可根据精巢和贮精囊附腺的差异来进行判断,对于雌虫,可依据卵巢、受精囊和卵的差异来进行判断。

本文利用 SteREO Discovery V20 体视显微镜解剖观察了亚洲柑橘木虱成虫内生生殖系统,并探索了亚洲柑橘木虱雌雄成虫内生生殖系统的形态变化规律,明确了亚洲柑橘木虱在不同发育时期雌雄成虫内生生殖系统的不同特征,但内生生殖系统组成部分如精巢中的精子、卵巢中的卵子的超微结构还需进一步研究。系统研究亚洲柑橘木虱成虫内生生殖系统的形态变化规律,可为该虫进一步的生理研究打下基础,对该虫的监测与防控具有一定的指导意义。

参考文献 (References)

- Blowers JR, Moran VG. Notes on the female reproductive system of the South African citrus *Psylla*, *Trioza erytrae* (Del Guercio) (Homoptera: Psyllidae) [J]. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 1967, 30 (1): 75–81.
- Bové JM. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus [J]. *Plant Pathology*, 2006, 88 (1): 7–37.
- Brittan WH. The morphology and synonymy of *Psyllids mali* Schmid [J]. *Proceeding of Acadian Entomological Society*, 1923, 13: 1–16.
- Chen XY, Liao CQ. Biological characteristics of *Citrus psylla* and its relationship with Huanglong disease [J]. *Chinese Citrus*, 1982, 4: 14–17. [陈循渊, 廖长青. 柑橘木虱生物学特性观察及其与黄龙病的关系 [J]. 中国柑桔, 1982, 4: 14–17]
- Cheng MG, Qiao QM, Yuan GH. Progress of the research on body-color diversity in insects [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2005, 42 (5): 502–505. [程茂高, 乔卿梅, 原国辉. 昆虫体色分化研究进展 [J]. 昆虫知识, 2005, 42 (5): 502–505]
- Coletta-Filho HD, Takita MA, Targon MLPN, et al. Analysis of 16S Rdn sequences from citrus huanglongbing bacteria reveal a different “*Ca. Liberibacter*” strain associated with citrus disease in São Paulo [J]. *Plant Disease*, 2005, 89 (8): 848–852.
- Deng XL. Diagnosis and control techniques of citrus Honglingbing [R]. Changsha: Conference on cooperation in citrus research and development of citrus industry in Hunan Province, 2011: 1–72. [邓晓玲. 柑橘黄龙病的诊断与防控技术 [R]. 长沙: 湖南省柑橘科研协作会暨柑橘种业发展研讨会, 2011: 1–72]
- Fan YS, Zhu DH. Body-color polymorphism and regulator mechanism of insects [J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2009, 29 (1): 84–88. [樊永胜, 朱道弘. 昆虫体色多型及其调控机理 [J]. 中南林业科技大学学报, 2009, 29 (1): 84–88]
- Halbert SE, Manjunanth KL. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida [J]. *Florida Entomologist*, 2004, 87 (3): 330–353.
- Kuznetsova VG, Nokkala S, Maryanska – Nadachowska A, et al. Karyotypes, spermatogenesis, and morphology of the internal reproductive system in males of some species of Psyllids (Homoptera, Psylloidea) from Georgia: II. Peculiarities of the reproductive system and initial stages of spermiogenesis [J]. *Entomological Review*, 1997, 77 (1): 21–30.
- Li FS. Psyllidomorpha of China [M]. Beijing: Science Press, 2011, 8: 50–51. [李法圣. 中国木虱志 [M]. 北京: 科学出版社, 2011, 8: 50–51]
- Liang XM. The External Morphology and Internal Structure of *Cacopsylla chinensis* Yang et Li [D]. Thesis for Master's degree Northwest A & F University, 2014. [梁雪梅. 中国梨木虱 *Cacopsylla chinensis* Yang et Li 的外部形态及内部构造的研究 [D]. 西北农林科技大学硕士学位论文, 2014]
- Maryanska-Nadachowska A. A review of karyotype variation in jumping plant-lice (Psylloidea, Sternorrhyncha, Hemiptera) and checklist of chromosome numbers [J]. *Folia Biologica Krakow*, 2002, 50 (34): 135–52.
- Tian RG, Yuan F, Zhang YL, et al. Chromosome behaviors in two species of Psyllids (Homoptera: Psylloidea) [J]. *Entomotaxonomia*, 2007, 29 (2): 119–124. [田润刚, 袁锋, 张雅林, 等. 二种木虱的染色体行为研究 (同翅目: 木虱总科) [J]. 昆虫分类学报, 2007, 29 (2): 119–124]
- Wang SQ, Xiao YL, Zhang HY. Distribution and trend analysis of potential suitable habitats of citrus psylla in China [J]. *Journal of Applied Insectology*, 2015, 52 (5): 1140–1148. [汪善勤, 肖云丽, 张宏宇. 我国柑橘木虱潜在适生区分布及趋势分析 [J]. 应用昆虫学报, 2015, 52 (5): 1140–1148]
- White TCR. Uptake of water by eggs of *Cardiaspina densitexta* (Homoptera: Psyllidae) from leaf of host plant [J]. *Journal of Insect Physiology*, 1968, 14: 1669–1683.
- Wu FN, Liang GW, Cen YJ, et al. Temporal changes in color in *Diaphorina citri* [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2013, 50 (4): 1085–1093. [吴丰年, 梁广文, 岑伊静, 等. 亚洲柑橘木虱体色变化规律的研究 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (4): 1085–1093]