

亚洲柑橘木虱雌成虫对砂糖橘幼嫩部位的产卵选择性研究*

李 皓** 谢 鹏 梁关生 韩群鑫***

(仲恺农业工程学院, 广州 510225)

摘 要 【目的】明确亚洲柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 雌成虫的产卵过程及其对柑橘嫩芽产卵的偏好性。【方法】利用手机和微距镜头观察记录柑橘木虱雌成虫的产卵过程, 并结合田间调查与室内试验明确了亚洲柑橘木虱雌成虫对砂糖橘嫩叶和不同发育状态嫩芽的偏好性。【结果】亚洲柑橘木虱雌成虫产卵前, 头部前倾, 尾部上翘, 触角不断抖动, 一段时间后, 雌成虫爬行到合适的位点开始产卵, 或爬至其他部位, 继续上述行为, 直至找到合适的位置产卵。产卵时, 触角静止不动, 腹部收缩带动产卵器向腹部弯曲, 肛上板与下生殖板张开, 产卵器插入产卵位点产卵。产卵结束后, 雌成虫迅速抽出产卵器, 肛上板与下生殖板在抽离过程中缓慢闭合。田间调查发现, 亚洲柑橘木虱雌成虫偏向于未展开和半展开的柑橘嫩芽上产卵。室内试验发现, 当同时供给新叶和多种发育状态的砂糖橘嫩芽时, 亚洲柑橘木虱产卵偏好于未展开和半展开的砂糖橘嫩芽, 且不会选择在砂糖橘新叶上产卵。当仅供给一种发育状态的砂糖橘嫩芽或新叶时, 亚洲柑橘木虱雌成虫在新叶和嫩芽上都能产卵, 但在新叶上的产卵量明显比嫩芽上的产卵量小。【结论】明确了亚洲柑橘木虱雌成虫的产卵过程。亚洲柑橘木虱雌成虫产卵具有明显趋嫩性, 对于砂糖橘, 雌成虫偏向于 0-10 mm 的嫩芽上产卵。

关键词 亚洲柑橘木虱, 砂糖橘, 产卵

Preferred oviposition sites of the female of Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) on *Citrus reticulata* cv. Shatangju

LI Hao** XIE Peng LIANG Guan-Sheng HAN Qun-Xin***

(Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract 【Objectives】To investigate the oviposition process and the preferred oviposition sites of *Diaphorina citri* Kuwayama female adults on *Citrus reticulata* cv. Shatangju bud. 【Methods】The oviposition process of female *D. citri* was observed and recorded using an apparatus that combined a mobile phone with a macrolens, and preferred oviposition sites on *Citrus reticulata* cv. Shatangju buds and new leaves were studied by field investigation and laboratory experiments. 【Results】Females preparing for oviposition remained in one place and quivered their antennae. After a while, females either crawled to a suitable site to lay eggs or continued the previous behavior at another site until they found a suitable oviposition site. When females began to lay, their antennae were motionless and their abdomen bent toward the ventral side of body, causing the gap between the epiproct and subgenital plates to gradually open and the ovipositor to be inserted into the oviposition site. After oviposition, females rapidly withdrew their ovipositor; the gap between the epiproct and subgenital plates closed slowly during this process. Females tended to lay eggs in unexpanded and partially-expanded citrus buds in the field. In the laboratory,

*资助项目 Supported projects: 广州市科技计划项目 (201510010141); 广东省科技计划项目 (2016A050502063); 广东省科技发展专项项目 (2017A020224027)

**第一作者 First author, E-mail: 1150270918@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: hqx99@163.com

收稿日期 Received: 2018-07-03, 接受日期 Accepted: 2018-07-20

females also tended to lay eggs in unexpanded and partially-expanded buds of *Citrus reticulata* cv. Shatangju that were < 10.00 mm in length), and did not choose to lay eggs on new leaves if buds were also available. If only buds or leaves were available, females laid eggs on either new leaves or buds but the amount of eggs laid on new leaves was significantly less than that laid on buds. **[Conclusion]** *D. citri* females prefer to lay eggs on tender buds of *Citrus reticulata* cv. Shatangju that are from 0-10 mm long.

Key words *Diaphorina citri* Kuwayama, *Citrus reticulata* cv. Shatangju, oviposition

亚洲柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 以下简称柑橘木虱)属半翅目木虱科(Hemiptera: Psyllidae)是柑橘黄龙病亚洲种 *Candidatus Liberobacter asiaticus*, 和美洲种 *Candidatus Liberobacter americanus* 的传播媒介(Aubert and Xia, 1990; Qureshi and Stansly, 2007), 是世界柑橘产业的重要害虫之一。自确认其为柑橘黄龙病传播媒介以来, 亚洲柑橘木虱的研究就一直备受关注。有关亚洲柑橘木虱交配行为、生殖力的研究已有相关报道(Liu and Tsai, 2000; Tsai and Liu, 2000; Wenninger and Hall, 2007; 阮传清等, 2012)。亚洲柑橘木虱是柑橘嫩梢期的害虫, 雌虫产卵具有明显的趋嫩性, 在果园无新梢的情况下, 亚洲柑橘木虱甚至会停止产卵(阮传清等, 2012; 谢秀挺等, 2016), 嫩梢对于维持亚洲柑橘木虱种群数量起着非常重要的作用(Tsai *et al.*, 2002)。昆虫在寄主植物上的产卵选择性是其与寄主植物及其周边环境长期协同进化的结果, 对其种群的生存繁衍具有重要的生物学意义(Qin and Chin, 1995)。昆虫偏好寄主的选择因植物品种、生长发育时期、部位、幼嫩程度和成熟度等的不同而表现出差异性, 即使对于同种寄主植物, 其不同发育阶段也会对植食性昆虫对产卵选择产生影响(王宏媛等, 2011)。柑橘嫩芽从萌发开始发育到成熟叶片, 要经历一段时间, 而亚洲柑橘木虱产卵与柑橘嫩芽间存在何种关系目前还未见报道。

本文观察记录了亚洲柑橘木虱雌虫的产卵过程, 并结合田间调查和室内试验明确了亚洲柑橘木虱雌虫对不同发育状态的砂糖橘嫩芽的产卵偏好性, 明确亚洲柑橘木虱产卵与柑橘嫩芽之间的关系, 可为防控亚洲柑橘木虱提供新的思路

与途径。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

亚洲柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama: 成虫采自广州市海珠区孙中山大元帅府园区内(23°11' N, 113°28' E)九里香上, 室外自然气候条件下繁殖。

1.2 供试植物

九里香 *Murraya exotica* L.: 多年生, 在大元帅府园区内繁殖多年, 株高 1.2 m, 常规种植。

砂糖橘 *Citrus reticulata* cv. Shatangju: 3 年生, 种植于仲恺农业工程学院柑橘大棚内, 株高 0.6 m, 常规种植。

1.3 主要仪器

电子数显卡尺(桂林广陆数字测控股份有限公司); 手机微距镜头(深圳市小天创意科技有限公司); 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)。红米 note 4 手机(北京小米科技有限责任公司)。

1.4 试验方法

1.4.1 亚洲柑橘木虱雌成虫产卵过程观察 在手机摄像头前装上手机微距镜头, 组合成一套观察仪器。在九里香和砂糖橘植株上寻找柑橘木虱成虫, 通过微距镜头确认为腹部为橙色处于产卵期的亚洲柑橘木虱雌成虫, 观察记录亚洲柑橘木虱雌成虫产卵过程, 并从多个角度进行拍照和摄像, 用图像完整记录亚洲柑橘木虱在寄主上产卵的全部过程。每次观察记录 1 只雌成虫, 观察记

录的总虫数不低于 20 头。

1.4.2 亚洲柑橘木虱雌成虫在田间砂糖橘树上的产卵规律调查 自 2016 年 8 月到 2018 年 1 月对广东紫金 (23°60' N, 115°12' E)、怀集 (23°90' N, 112°11' E) 的 3 个砂糖橘果园进行柑橘木虱虫情监测。紫金果园为砂糖橘果园, 进行正常肥水栽培管理; 怀集 1 号果园为砂糖橘果园, 处于失管状态; 怀集 2 号果园为砂糖橘果园, 处于失管状态。3 个果园都遭受柑橘黄龙病和亚洲柑橘木虱的为害。

将每个果园分为 5 个区域, 每个区域选取树龄、长势相近的柑橘树 2 棵, 在每棵树的东、西、南、北、中 5 个方位, 各剪取 3 根带芽的枝条 (枝条长 25 cm 左右)。将剪下的柑橘枝条做好标记, 置于体视显微镜下观察记录每个柑橘枝条上芽的数量、长度以及每颗芽上亚洲柑橘木虱卵的数量。

1.4.3 亚洲柑橘木虱雌成虫在室内砂糖橘树上的产卵选择性

1.4.3.1 非选择性情况下, 亚洲柑橘木虱雌成虫在砂糖橘幼嫩部位的产卵情况 对大棚中 3 年生、长势相近的砂糖橘苗进行修剪, 刺激并使其统一萌发新芽, 观察砂糖橘新芽的萌发、生长过程。环境温度为 20-25 °C。由前期试验得知 0-5.00 mm 的芽一般为未展开的嫩芽, 5.01-10.00 mm 的芽一般为半展开状态, 10.00 mm 以上的芽一般为完全展开状态, 新叶为完全舒展开呈嫩绿色的叶片。

当嫩芽长到所需上述状态时, 把砂糖橘放入网箱 (长宽高分别为 40 cm × 40 cm × 60 cm) 中, 一个网箱内放置 2 棵经过修剪处理的砂糖橘树苗。树苗上除生长有正常绿叶外, 只有一种发育状态的嫩芽或新叶且同一发育状态的砂糖橘芽数或新叶数不少于 30 个。用 10 mL 离心管采集腹部为橙色处于产卵期的亚洲柑橘木虱雌成虫, 处于产卵期的亚洲柑橘木虱雌成虫通过手机微距镜头确认, 将处于产卵期的亚洲柑橘木虱雌成虫投放在网箱内, 单个网箱投放 10 头, 24 h 后收集砂糖橘嫩芽, 在体视镜下观察记录每棵嫩芽或新叶上的亚洲柑橘木虱卵的数量。试验重复

3 次。

1.4.3.2 选择性情况下, 亚洲柑橘木虱雌成虫对砂糖橘幼嫩部位的产卵偏好性 对大棚中 3 年生、长势相近的砂糖橘植株进行修剪处理, 刺激其萌发新芽。在单个网箱 (长宽高分别为 40 cm × 40 cm × 60 cm) 内放置 2 棵砂糖橘树, 每种砂糖橘嫩芽 (未展开、半展开、完全展开) 和新叶的数量均不少于 30 个。再将采集来的处于产卵期的亚洲柑橘木虱雌成虫投放到网箱内, 单个网箱投放 10 头, 24 h 后收集所有的砂糖橘嫩芽, 在体视镜下观察记录亚洲柑橘木虱产卵情况。环境温度为 20-25 °C。试验重复 3 次。

1.5 数据处理

用 SPSS 19.0 数据处理系统进行数据分析, 方差分析采用 Duncan's 新复极差测验法 (DMRT 法)。

2 结果与分析

2.1 亚洲柑橘木虱雌虫产卵过程观察

处于产卵盛期的亚洲柑橘木虱雌成虫腹部一般呈橙色 (吴丰年等, 2013)。产卵前, 亚洲柑橘木虱雌成虫飞到寄主上, 再爬行至寄主嫩梢。准备产卵时, 亚洲柑橘木虱雌成虫会通过一系列行为来挑选合适的产卵点位, 具体表现为身体静止不动, 头部前倾, 尾部翘起, 1 对触角不断抖动, 4-10 min 后, 雌成虫爬行到合适的位点进行产卵, 或爬至其他部位, 继续上述行为, 直至找到合适的位置产卵。产卵时, 触角静止不动, 腹部收缩带动产卵器向内弯曲, 肛板与下生殖板张开, 背产卵瓣和腹产卵瓣组成的产卵鞘插入产卵位点产卵。产卵部位有寄主嫩芽缝隙处、嫩芽叶柄与枝梢交界处, 偶尔产在嫩叶表面。产卵结束后, 雌成虫迅速抽出产卵器, 肛板与下生殖板在抽离过程中缓慢闭合 (图 1)。

观察发现亚洲柑橘木虱在完成一次产卵行为后, 会选择其他位点继续产卵。亚洲柑橘木虱一次产卵时间持续 30-90 s, 一次产卵卵量在 3-20 粒之间。

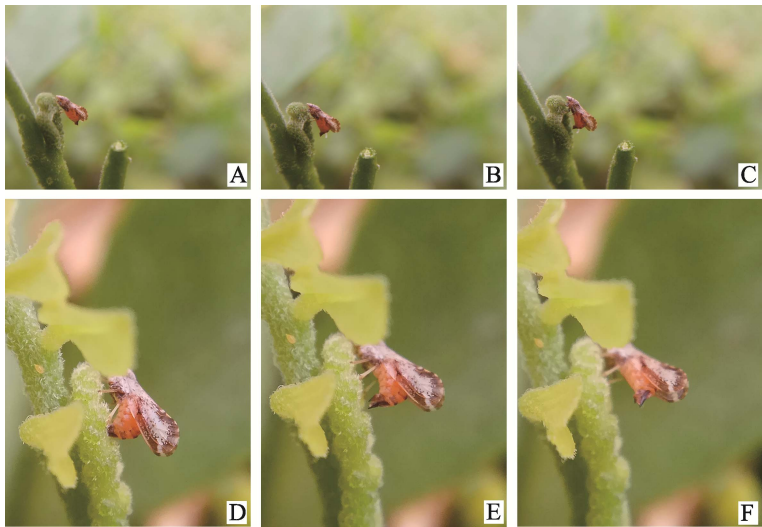


图 1 亚洲柑橘木虱雌成虫在九里香嫩芽上的产卵过程图
Fig.1 The oviposition process of *Diaphorina citri* female adult on the *Murraya exotica* bud

A 至 F 依次示意柑橘木虱雌虫尾部活动的过程。
A to F indicates the abodmen activity of female adult.

观察亚洲柑橘木虱雌成虫产卵的过程也发现准备产卵的亚洲柑橘木虱雌成虫产卵器在接触到寄主表面，即使腹部收缩呈产卵状态，有时也会转移到其他位置，寻找新的产卵点而不再原地产卵。

2.2 亚洲柑橘木虱雌成虫在田间砂糖橘果园的产卵规律调查

亚洲柑橘木虱在田间砂糖橘果园上的产卵情况如表 1。从表 1 可以看出，在田间砂糖橘果园中，展开的新叶上都没有发现亚洲柑橘木虱

表 1 田间砂糖橘果园，柑橘木虱雌成虫在柑橘嫩芽和嫩叶上的产卵情况
Table 1 Investigation on oviposition of *Diaphorina citri* female adult on the bud or new leaf of *Citrus reticulata* cv. Shatangju in the field

部位 Site	紫金果园 Orchid in Zijin		怀集 1 号果园 No.1 orchid in Huaiji		怀集 2 号果园 No.2 orchid in Huaiji	
	平均着卵量 (个) /芽或叶 Average egg number/bud or leaf	芽 (叶) 着卵率 (%) Bud (leaf) egg rate	平均着卵量 (个) /芽或叶 Average egg number/bud or leaf	芽 (叶) 着卵率 (%) Bud (leaf) egg rate	平均着卵量 (个) /芽或叶 Average egg number/bud or leaf	芽 (叶) 着卵率 (%) Bud (leaf) egg rate
未展开芽 Unexpanded bud (0-5.00 mm)	6.4±1.0 a	43.93	4.8±0.8a	69.77	3.6±0.4 a	72.97
半展开嫩芽 Partially- expanded bud (5.01-10.00 mm)	8.2±1.0 a	25.23	3.4±0.6a	25.58	3.1±0.5 a	18.92
全展开嫩芽 Expanded bud (>10.01 mm)	5.6±1.0 a	30.84	1.50±0.5a	4.65	5.5±2.4 a	8.11
新叶 New leaf	0.0±0.0 b	0	0.0±0.0b	0	0.0±0.0 b	0

表中数据为平均数±SE，同列数据后标有不同字母表示方差分析差异显著 ($P<0.05$) (DMRT 法)。下表同。
Data in the table are mean±SE, and followed by different letters in the same column indicate significant difference by DMRT method ($P<0.05$). The same below.

卵,新叶上的着卵量和着卵率均为 0。亚洲柑橘木虱雌成虫在 3 种发育状态的嫩芽上都能产卵,且这 3 种发育状态的芽上的着卵量没有显著性差异,但均显著高于新叶上的着卵量。而 3 个果园 0-5.00 mm 嫩芽着卵率都超过 40%。表明在田间,当有嫩芽和新叶同时存在的情况下,亚洲柑橘木虱雌成虫会在砂糖橘嫩芽上产卵,尤其趋向于在 0-10 mm 嫩芽上产卵。观察发现:即使是刚刚萌发不到 1 mm 长的嫩芽,亚洲柑橘木虱雌成虫也可在其上产卵。

2.3 非选择性情况下,亚洲柑橘木虱雌成虫在砂糖橘幼嫩部位上的产卵情况

当只供给亚洲柑橘木虱雌成虫一种嫩芽或嫩叶时,亚洲柑橘木虱雌成虫在新叶或嫩芽上均能产卵(表 2)。雌成虫在 0-5.00 mm 和 5.01-10 mm 这两种发育状态的砂糖橘嫩芽上的产卵量和着卵率最高,其产卵情况见图 2,统计发现:0-5.00 mm 和 5.01-10 mm 单芽上的最大产卵量分别达到了 58 粒和 32 粒。10 mm 以上嫩芽的着卵量和着卵率均明显低于前面 2 种发育状态的嫩芽。在没嫩芽情况下,亚洲柑橘木虱雌成虫也会在新叶上产卵,但单叶着卵量和着卵率都明显低于嫩芽上的着卵量和着卵率。

表 2 非选择性情况下,柑橘木虱雌成虫在砂糖橘嫩叶态嫩芽上的产卵情况

Table 2 Oviposition of *Diaphorina citri* female adult on the bud or new leaf of *Citrus reticulata* cv. Shatangju only provided bud or new leaf for female adult

部位 Site	平均着卵量 (个)/芽或叶 Average egg number/bud or leaf	芽(叶) 着卵率(%) Bud (leaf) egg rate
未展开芽 Unexpanded bud (0-5.00 mm)	11.7±1.7 a	47.8±2.9 a
半展开嫩芽 Partially-expanded bud (5.01-10.00 mm)	11.7±0.3 a	43.3±3.3 a
全展开嫩芽 Expanded bud (>10.01 mm)	4.0±0.7 b	12.2±7.8 b
新叶 New leaf	1.3±0.8 c	2.2±1.1 c

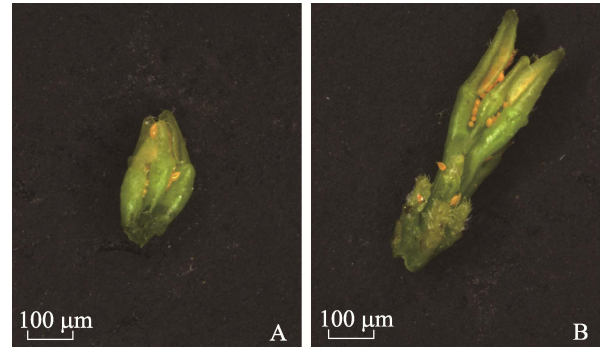


图 2 砂糖橘未展开芽和半展开嫩芽上的亚洲柑橘木虱着卵情况

Fig.2 Eggs of *Diaphorina citri* laid in the *Citrus reticulata* cv. Shatangju buds

A. 砂糖橘未展开芽的着卵情况;

B. 砂糖橘半展开芽的着卵情况。

A. Eggs of *Diaphorina citri* in the unexpanded bud of *Citrus reticulata* cv. Shatangju;

B. Eggs of *Diaphorina citri* in the partially-expanded bud of *Citrus reticulata* cv. Shatangju.

2.4 选择性情况下,亚洲柑橘木虱雌成虫对砂糖橘幼嫩部位的产卵偏好性

当同时供给亚洲柑橘木虱雌成虫砂糖橘嫩叶和多种发育状态的嫩芽时,亚洲柑橘木虱雌成虫仅在砂糖橘嫩芽上产卵,不选择在展开的新叶上面产卵,新叶上的产卵量为零(表 3)。

表 3 选择性情况下,亚洲柑橘木虱雌成虫对砂糖橘嫩芽和新叶的产卵偏好性

Table 3 The oviposition preference of female *Diaphorina citri* to various bud or new leaf of *Citrus reticulata* cv. Shatangju

部位 Site	平均着卵量 (个)/芽或叶 Average egg number/bud or leaf	芽(叶) 着卵率(%) Bud (leaf) egg rate
未展开芽 Unexpanded bud (0-5.00 mm)	7.6±0.9 a	55.7±5.14 a
半展开嫩芽 Partially-expanded bud (5.01-10.00 mm)	8.5±1.1 a	33.9±5.0 b
全展开嫩芽 Expanded bud (>10.01 mm)	2.11±0.4 b	10.5±0.3 c
新叶 New leaf	0.00±0.00 c	0.0±0.0 d

0- 5.00 mm 和 5.01-10.00 mm 砂糖橘嫩芽上的柑橘木虱着卵量没有显著性差异, 但均高于 10.00 mm 嫩芽和新叶上的着卵量。

3 讨论

产卵是植食性昆虫生命周期中繁衍后代和维持种群数量的重要环节, 雌虫在产卵前对寄主的选择关系其后代的存活甚至会影响种群的演化和繁荣(钦俊德, 1987; Lu *et al.*, 2011)。通过对植食昆虫产卵行为的研究, 掌握其产卵规律, 有助于对昆虫种群进行调查和害虫测报工作, 还可以利用其产卵行为机制, 开发害虫防治及人工繁育的新方法(唐宇翀等, 2010)。

不同种昆虫的产卵行为存在一定的差异, 但其产卵基本程序却十分接近, 依次为搜寻、定向、降落、识别与选择(接受/拒绝)、以及最终产卵(唐宇翀等, 2010)。雌虫在接触到寄主植株上的产卵场所后, 会依靠触角、足跗节、产卵器以及口器上的传感器等识别产卵场所上的各种特质, 对产卵场所基质的各项条件进行判定, 并决定最终产卵部位(李胜振等, 2014; 董子舒等, 2017)。本研究观察记录了亚洲柑橘木虱雌虫在寄主上的产卵过程, 发现亚洲柑橘木虱雌虫在产卵探索过程中触角会不断抖动, 产卵器有接触到寄主表面的现象, 但未观察到亚洲柑橘木虱雌虫在产卵前有伸出口器的行为。Onagbola 等(2008)及薛培培(2015)通过电镜发现亚洲柑橘木虱触角上广泛分布有毛型传感器以及一定数量的刺型传感器和腔型传感器, 推测其触角应该具备机械感受、嗅觉、触觉等功能。结合本文对亚洲柑橘木虱雌虫产卵过程的观察, 推测亚洲柑橘木虱雌成虫可能是通过触角以及产卵器上着生的传感器来识别寄主的化学和物理特性来最终确定适宜产卵的部位。

亚洲柑橘木虱雌成虫趋向于在柑橘嫩芽呈包裹状且未展开, 长度多在 0-5.00 mm 之间的嫩芽上产卵, 其次为不完全展开的嫩芽, 其长多为 5.01-10 mm, 但亚洲柑橘木虱在两种嫩芽上的产卵量无明显差异, 少部分雌虫会选择在完全

展开的嫩芽上产卵, 但产卵量较小, 完全展开的嫩芽顶端若继续有生长的嫩芽, 则亚洲柑橘木虱更倾向于在顶端的小芽上产卵。若无嫩芽或者嫩梢, 亚洲柑橘木虱也会选择在完全展开的新叶梗与枝梢交接处产卵, 产卵量不超过 2 粒。在柑橘花芽高峰期, 部分花芽萼片中也会着生有亚洲柑橘木虱卵。砂糖橘单芽上的最大产卵量可达 58 粒, 说明亚洲柑橘木虱雌虫在砂糖橘树上产卵有着极强的趋嫩性, 该研究明确了亚洲柑橘木虱雌虫在不同发育状态砂糖橘嫩芽上的产卵偏好性, 但不同发育状态砂糖橘嫩芽的化学成分有啥区别, 是哪种(些)成分影响着亚洲柑橘木虱雌成虫的产卵选择性, 还需进一步的研究。

亚洲柑橘木虱雌虫产卵器呈锥状, 末端较细, 坚硬。产卵时, 腹部弯曲, 将产卵器插入产卵部位尤其是还未伸展开的嫩芽中产卵。体视镜下观察发现, 砂糖橘嫩芽叶芽间有缝隙, 宽度刚好包裹住柑橘木虱卵钝圆的一端, 此时的嫩芽水分非常充足, 稍微划破嫩芽表皮, 就会有水溢出, 这为柑橘木虱卵的发育提供了良好的庇护场所和充足的水分。

本文通过对砂糖橘果园的实地调查以及室内试验发现, 亚洲柑橘木虱雌虫在砂糖橘果树上产卵有着极强的趋嫩性, 雌虫对不同发育状态的嫩芽存在偏好性。亚洲柑橘木虱雌虫偏向于在未展开或是半展开的新叶上产卵。

亚洲柑橘木虱现已分布于亚洲东部、非洲南部以及美洲中部数十个国家和地区, 对世界柑橘产业造成了极大威胁(Waterhouse, 1998; Zadjali *et al.*, 2008)。探究亚洲柑橘木虱的产卵规律, 利用其规律诱集亚洲柑橘木虱雌虫前往人为设置场所产卵, 切断亚洲柑橘木虱生活发育周期, 为防治亚洲柑橘木虱提供新的思路与途径, 对开发潜在的无害化害虫治理新途径具有重要意义。

参考文献 (References)

- Aubert B, Xia YH, 1990. Monitoring flight activity of *Diaphorina citri* on citrus and *Murraya* canopies. Proceedings of the 4th International Asia Pacific Conference on Citrus Rehabilitation, China Mai, Thailand. 181-187.

- Dong ZS, Zhang YJ, Duan YB, Zheng XL, Lu W, 2017. Advances in research on influencing factors and mechanisms of spawning host selection by herbivorous insects. *Southern Journal of Agricultural Sciences*, 48(5): 837–843. [董子舒, 张玉静, 段云博, 郑霞林, 陆温, 2017. 植食性昆虫产卵寄生选择影响因素及机制的研究进展. 南方农业学报, 48(5): 837–843.]
- Li SZ, Zhang WJ, Xiong M, Zhu F, 2014. Research progress of chemicals regulating the egg spawning behavior of insects. *Central China Research on Insects*, 10(12): 117–123. [李胜振, 张文娟, 熊梅, 朱芬, 2014. 调节昆虫产卵行为的化学物质研究进展. 华中昆虫研究, 10(12): 117–123.]
- Liu YH, Tsai JH, 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Annals of Applied Biology*, 137 (3): 201–206.
- Lu W, Wang Q, Tian MY, Xu J, Qin AZ, He L, Jia B, Cai JJ, 2011. Host selection and colonization strategies with evidence for a female -produced oviposition attractant in a longhorn beetle. *Environmental Entomology*, 40(6): 1487–1493.
- Onagbola EO, Meyer WL, Boina DR, Stelinski LL, 2008. Morphological characterization of the antennal sensilla of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), with reference to their probable functions. *Micron*, 39 (8): 1184–1191.
- Qin JD, Chin CT, 1995. Studies on insect-plant relationships: recent trends and prospect. *Acta Zoologica Sinica*, 41(1): 12–20.
- Qing JD, 1987. The Relationship Between Insects and Plants-on the Interaction Between Insects and Plants and Their Evolution. Beijing: Science Press. 38–61. [钦俊德, 1987. 昆虫与植物的关系-论昆虫与植物的相互作用及其演化. 北京: 科学出版社. 38–61.]
- Qureshi JA, Stansly PA, 2007. Integrated approaches for managing the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Florida. *Proc. Fla. State Hortic*, 120(1): 110–115.
- Ruan CQ, Chen JL, Liu B, Duan YP, Xia YL, 2012. Observation on main morphology and adult behavior behavior of *Diaphorina citri* (Homoptera : Psyllidae). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 28(31): 186–190. [阮传清, 陈建利, 刘波, 段永平, 夏育陆, 2012. 柑橘木虱主要形态与成虫行为习性观察. 中国农学通报, 28(31): 186–190.]
- Tang YC, Zhou CL, Chen XM, 2010. Advances in research on spawning behavior ecology of herbivorous insects. *Forestry Science Research*, 23(5): 770–777. [唐宇翀, 周成理, 陈晓鸣, 2010. 植食性昆虫产卵行为生态学研究进展. 林业科学研究, 23(5): 770–777.]
- Tsai JH, Liu YH, 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera : Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology*, 93(6): 1721–1725.
- Tsai JH, Wang JJ, Liu YH, 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomologist*, 85(3): 446–451.
- Wang HY, Cao ZJ, Li BP, Meng L, 2011. Effects of growth and utilization of *Ambrosia artemisiifolia* L on oviposition options of *Ophraella communa* lesage. *Journal of Biosafety*, 20(4): 305–309. [王宏媛, 曹振军, 李保平, 孟玲, 2011. 豚草生育期和被利用状态对广聚萤叶甲产卵选择的影响. 生物安全学报, 20(4): 305–309.]
- Wenninger EJ, Hall DG, 2007. Daily timing of mating and age at reproductive maturity in *Diaphorina citri*(Hemiptera : Psyllidae). *Florida Entomologist*, 90(4): 715–722.
- Waterhouse DF, 1998. Biological control of insect pests: southeast Asian prospects. Australia: Australian Centre for International Agricultural Research. 113–133.
- Wu FN, Liang GW, Cen YJ, Gao W, 2013. Study on the color change of *Diaphorina citri* Kuwayama. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(4): 1085–1093. [吴丰年, 梁广文, 岑伊静, 高娃, 2013. 中国亚洲柑桔木虱体色变化规律的研究. 应用昆虫学报, 50(4): 1085–1093.]
- Xie XT, Liu WD, Peng L, Zhang Q, Fang YW, Yan X, Li ML, Zhang LY, Lai HR, 2016. Study on the spawning habits of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). *South China Fruit Tree*, 45(2): 69–71. [谢秀挺, 刘卫东, 彭龙, 张倩, 方贻文, 严翔, 李梦媛, 张丽艳, 赖华荣, 2016. 柑橘木虱成虫产卵习性研究. 中国南方果树, 45 (2): 69–71.]
- Xue PP, 2015. Study on the morphology and development of sensilla sensation in *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Master dissertation. Guangzhou: South China Agricultural University. [薛培培, 2015. 柑橘木虱触角感器形态及发育研究. 硕士学位论文. 广州: 华南农业大学.]
- Zadjali TS, Ibrahim R, Al-Rawahi AK, 2008. First record of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) from the Sultanate of Oman. *Insecta Mundi*, (39): 1–3.