



吴丰年,陈燕玲,黄家权,等. 温度和寄主对柚喀木虱生长发育的影响[J]. 华南农业大学学报,2016,37(5):57-61.

温度和寄主对柚喀木虱生长发育的影响

吴丰年, 陈燕玲, 黄家权, 邓晓玲, 岑伊静

(华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】研究温度和寄主对柚喀木虱 *Cacopsylla citrisuga* 生长发育的影响。【方法】模拟柚喀木虱的自然生存环境,用人工气候箱研究其在柠檬 *Citrus limon* 上繁殖时各虫态的发育历期、存活率、成虫产卵前期和产卵量,同时比较其在黄龙病柠檬苗上饲养时上述生物学指标的变化;研究 15、20 和 25 °C 条件下柠檬、九里香 *Murraya exotica* 和酸橘 *Citrus sunki* 对柚喀木虱成虫存活率的影响。【结果】在 15 °C、相对湿度 70% 条件下柚喀木虱在健康柠檬上平均卵历期为 9.38 d,1~5 龄若虫历期分别为 8.80、6.66、6.00、6.76 和 5.94 d,产卵前期为 16.2 d,世代历期为 59.74 d,世代存活率为 28.34%;而在带病柠檬上 2 龄、4 龄和总若虫历期显著缩短,产卵前期显著延长,4 龄、总若虫期存活率和世代存活率显著下降。来源相同的成虫在健康和黄龙病柠檬苗上的产卵量无显著差异,但在病苗和健苗上分别饲养 1 代后,从健苗上羽化的成虫产卵量显著高于病苗。在相同的温度条件下,用柠檬饲养柚喀木虱成虫存活率最高;而在相同的寄主条件下,温度为 15 °C 时存活率最高;成虫在柠檬上 15 °C 条件下饲养 20 d 后存活率仍达 81.67%。寄主感染黄龙病使柚喀木虱若虫的发育历期缩短,但对其存活率和繁殖造成不良影响。【结论】该饲养条件下的柚喀木虱能顺利完成整个世代且能获得较高存活率,该饲养条件可用于室内大量繁殖柚喀木虱,并进一步应用到柚喀木虱的生活习性和黄龙病病理研究中。

关键词:柚喀木虱; 温度; 寄主; 黄龙病; 室内饲养; 发育历期; 存活率

中图分类号:S433.3

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2016)05-0057-05

Effects of temperature and host on *Cacopsylla citrisuga* growth and development

WU Fengnian, CHEN Yanling, HUANG Jiaquan, DENG Xiaoling, CEN Yijing

(College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】To study the effects of temperature and host on *Cacopsylla citrisuga* growth and development. 【Method】*C. citrisuga* was parasitized on healthy or *Candidatus Liberibacter asiaticus*-infected *Citrus limon* in the incubators under simulative natural environment. The developmental periods, survival rates of different life stages, preoviposition period and fecundity of *C. citrisuga* were analyzed and compared. Adult survival rates were compared for *C. citrisuga* parasitized on *C. limon*, *Murraya exotica* and *Citrus sunki* under 15, 20 and 25°C. 【Result】Under 15 °C, 70% relative humidity and on healthy *C. limon*, the mean duration of *C. citrisuga* egg was 9.38 days, the durations from 1st to 5th instar nymph were 8.80, 6.66, 6.00, 6.76 and 5.94 days respectively, the preoviposition period was 16.2 days, the total duration of generation was 59.74 days and the survival rate of generation was 28.34%. For *C. citrisuga* parasitized on *Ca. L. asiaticus*-infected *C. limon*, the durations of 2nd instar, 4th instar and total nymph stages significantly decreased, the preoviposition period significantly increased, and the survival rates of 4th instar, total nymph stages and generational period significantly decreased compared to those

收稿日期:2016-01-11 优先出版时间:2016-07-05

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20160705.1200.036.html>

作者简介:吴丰年(1986—),男,博士研究生,E-mail:scau100@163.com;通信作者:岑伊静(1966—),女,副教授,博士,
E-mail:cenyj@scau.edu.cn

基金项目:现代农业(柑橘)产业技术体系专项资金(CARS-27);公益性行业(农业)科研专项(201003067)

<http://xuebao.scau.edu.cn>

on healthy lemon. There was no significant difference in fecundity when the same origin psyllid females were laying eggs on healthy and infected *C. limon*, but the fecundity of the subsequent generation females emerged from healthy *C. limon* was significantly higher compared to those from infected *C. limon*. The survival rate of *C. citrisuga* adults was the highest on *C. limon* comparing three hosts under the same temperature, and was the highest under 15°C comparing different temperatures when reared on the same host plant species. There were 81.67% adults survived after 20 days of being parasitized on *C. limon* under 15 °C. The nymph developed faster when parasitized on *Ca. L. asiaticus*-infected *C. limon*, but the pathogen negatively influenced the survival and reproduction of *C. citrisuga*. 【Conclusion】*C. citrisuga* can accomplish the whole generation with high survival rate under the above conditions, which can be applied to breed *C. citrisuga* indoor, and can be used for other studies related to *C. citrisuga* growth and Huanglongbing mechanisms.

Key words: *Cacopsylla citrisuga*; temperature; host; Huanglongbing; indoor breeding; developmental period; survival rate

柚喀木虱 *Cacopsylla citrisuga* Yang & Li 属半翅目 Hemiptera 胸喙亚目 Sternorrhyncha 木虱科 Psyllidae 喀木虱属 *Cacopsylla* [1], 分布于云南省德宏州瑞丽县、云南保山地区腾冲县、四川宁南和德昌等高海拔地区, 主要危害柠檬 *Citrus limon*、柚子 *Citrus grandis*、印度大果 *Citrus limonia* 和椪柑 *Citrus reticulata* 等芸香科柑橘属作物的新梢及嫩叶, 受害叶片大多卷曲甚至脱落[2-3]。

Cen 等[4]从柠檬树上采集的柚喀木虱若虫体内检测到柑橘黄龙病亚洲种病原菌 *Candidatus Liberibacter asiaticus*, 该病害是目前世界柑橘生产上最严重的传染性病害。目前发现与黄龙病相关的病原有 *Ca. L. asiaticus*、*Ca. L. africanus* 和 *Ca. L. americanus*[5]。亚洲柑橘木虱 *Diaphorina citri* 传播 *Ca. L. asiaticus* 和 *Ca. L. americanus* [6-7], 非洲柑橘木虱 *Trioza erytreae* 传播 *Ca. L. africanus* [8]。此外, 在黑木虱 *D. communis* 和腺刺粉蚧 *Ferrisia virgata* 体内也能检测到 *Ca. L. asiaticus* 的存在, 但其是否具有传播能力仍未知[9-10]。柚喀木虱作为近年来新发现的黄龙病媒介昆虫[4], 研究其传病机制和获菌效率具有重要意义。郭俊等[3]对云南德宏州柚喀木虱的分布、危害和生物学特性进行了初步研究。但对柚喀木虱的生物学及生态学特性了解仍较少, 其获取和传播黄龙病菌的效率及机制尚不明确, 再加上其发生区域和气候的特殊性, 增加了人工饲养的难度。通过调控温湿度及寄主条件摸索昆虫的室内饲养方法, 便于观察、记录及对昆虫饲养条件的控制[11-12]。本研究比较柚喀木虱在健康和黄龙病柠檬树苗上各虫态的发育历期、存活率、产卵量等; 研究该木虱成虫在 15、20 和 25 °C 条件下的适应性和存活率; 观察木虱成虫对柠檬、酸橘 *Citrus sunki* 和九里香 *Murraya exotica* 的适应性和存活率。

http://xuebao.scau.edu.cn

虱成虫对柠檬、酸橘 *Citrus sunki* 和九里香 *Murraya exotica* 的适应性和存活率。

1 材料与方法

1.1 材料

九里香多年隔离种植于华南农业大学防虫网室内(23.09°N, 113.21°E); 酸橘是由广东省博罗县柑橘研究所(23.26°N, 114.29°E)培育的2年生无病实生苗, 隔离种植; 黄龙病柠檬和健康柠檬树苗由云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所(25.14°N, 99.18°E)提供, 实时荧光定量 PCR 检测带菌情况。

柚喀木虱由云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所提供, 隔离饲养。

人工气候箱 RXZ-380A, 宁波江南仪器厂生产; Bio-RAD CFX Connect™ Real-time System。

1.2 方法

1.2.1 柚喀木虱在健康和感染黄龙病柠檬树苗上的生物学特性 柚喀木虱生物学特性包括卵期、若虫各龄期历期、若虫总历期、产卵前期、世代历期、卵孵化率、若虫各龄期存活率、若虫总存活率、产卵前期存活率以及产卵量。分别将1株带有嫩梢的健康和黄龙病柠檬盆栽放置于不同人工气候箱中, 设置温度(15 ± 1) °C, 相对湿度(70 ± 5) %, 光照度12 000 lx, 光周期14 h 光: 10 h 暗。分别用试管从健康柠檬苗上采集5对同一批羽化并处于交配期的柚喀木虱释放于人工气候箱的病苗和健康苗上, 每隔1 d通过放大镜观察并记录产卵情况, 当第1株苗嫩梢上的卵约达200粒时将成虫转移到另外1株相应带菌或健康苗上继续饲养, 统计母代木虱的总产卵

量。通过柚喀木虱的若虫形态特征^[3]及蜕皮情况对第1株苗F1代柚喀木虱的各龄期进行辨认。使用年龄特征生命表中的加权平均法记录和统计卵期、各若虫龄期和存活率^[13]。分别挑选5对刚羽化的木虱成虫到相对应的健康或黄龙病苗上,统计F1代木虱产卵前期及产卵量,2代木虱产卵时间均为5~7 d,每个处理5个重复。

1.2.2 温度对柚喀木虱成虫存活率的影响 参考云南省德宏州柚喀木虱高发发生时期(3、4月份)的气候,使用人工气候箱设置3个饲养温度:15、20、25℃,误差为±1℃。相对湿度均为(70±5)%,光照度12 000 lx,光周期14 h光:10 h暗。分别释放20头(雌:雄=1:1)柚喀木虱成虫到健康柠檬植株上,各5个重复,每隔5 d记录1次存活率,共记录4次。

1.2.3 寄主对柚喀木虱成虫存活率的影响 除柠檬外,另选取九里香和酸橘植株分别放置于不同的人工气候箱中,3种寄主长势接近,设置温度(15±1)℃,相对湿度(70±5)%,光照度12 000 lx,光周期14 h光:10 h暗。分别释放20头(雌:雄=1:1)柚喀木虱成虫,各5个重复,每隔5 d记录存活率,共记录4次。

1.3 数据处理

采用SAS 9.4进行正态分析、方差齐性分析及不同处理间差异分析,其中样本比较采用Kruskal-Wallis秩和检验;多重比较采用Tukey studentized range test($P < 0.05$),使用Origin 8.0和SPSS 22.0

制作图形。

2 结果与分析

2.1 寄主携带黄龙病对柚喀木虱发育历期、存活率和产卵量的影响

柚喀木虱在健康和携带黄龙病的柠檬植株上各虫期历期和存活率见表1,健康苗上饲养的木虱卵期、各龄若虫历期、总若虫期均长于黄龙病苗上的木虱的;而木虱产卵前期和世代历期均短于黄龙病苗上的木虱的,而且2龄历期($\chi^2 = 4.840\ 2, P = 0.027\ 8$)、4龄历期($\chi^2 = 6.818\ 2, P = 0.009$)、总若虫期($\chi^2 = 4.811, P = 0.028$)和产卵前期($\chi^2 = 4.869\ 9, P = 0.027\ 3$)达到了显著性差异。除3龄若虫外,其他若虫期、卵期、产卵前期的存活率和世代总存活率均为健康苗高于病苗,且4龄存活率($\chi^2 = 3.938\ 2, P = 0.047\ 2$)、总若虫存活率($\chi^2 = 4.811, P = 0.0280$)、世代存活率($\chi^2 = 5.770\ 9, P = 0.016\ 3$)达显著性差异。

同样采自健康柠檬的柚喀木虱成虫在病、健苗上的产卵量并无显著差异;但在病苗和健苗上饲养1代以后,从健康柠檬上羽化出的雌虫平均产卵量显著高于带病柠檬上的木虱($\chi^2 = 3.938\ 2, P = 0.047\ 2$),达到190粒·雌⁻¹,而病苗上的仅为155.8粒·雌⁻¹。病苗上F1代木虱的产卵量也显著低于在其母代木虱的产卵量($\chi^2 = 3.938\ 2, P = 0.047\ 2$)(图1)。

表1 柚喀木虱各虫态在健康和黄龙病柠檬树苗上的发育历期及存活率
Tab. 1 Developmental periods and survival rates of different stages of *Cacopsylla citrisuga* fed on healthy and *Candidatus Liberibacter asiaticus*-infected *Citrus limon*

发育阶段	历期/d		存活率/%	
	健康柠檬 ¹⁾	带病柠檬	健康柠檬 ¹⁾	带病柠檬
卵	9.38±0.32	9.00±0.71	84.21±2.63	80.32±3.08
1龄	8.80±0.53	7.46±0.80	87.41±1.90	83.68±2.65
2龄	6.66±0.27*	5.48±0.25	83.80±1.83	82.08±4.14
3龄	6.00±0.40	5.36±0.33	56.95±2.63	57.54±5.32
4龄	6.76±0.32**	5.62±0.24	88.66±3.12*	72.53±4.39
5龄	5.94±0.36	5.40±0.36	92.40±0.88	90.87±0.85
总若虫期	34.16±0.74*	29.32±1.65	34.16±2.17*	25.27±0.89
产卵前期	16.20±1.39*	23.60±2.32	98.32±0.82	97.89±0.96
世代	59.74±1.41	61.92±2.69	28.34±2.23*	19.82±0.81

1) *和**分别表示柚喀木虱相同发育阶段的历期(或存活率)在健康柠檬和携带黄龙病柠檬树苗之间差异达显著或极显著水平(Kruskal-Wallis秩和检验)。

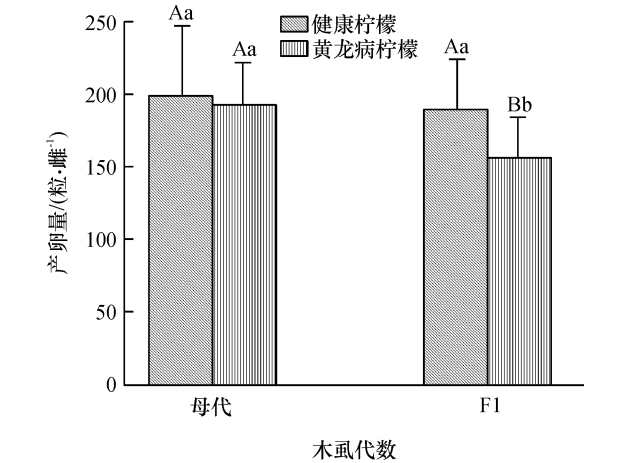
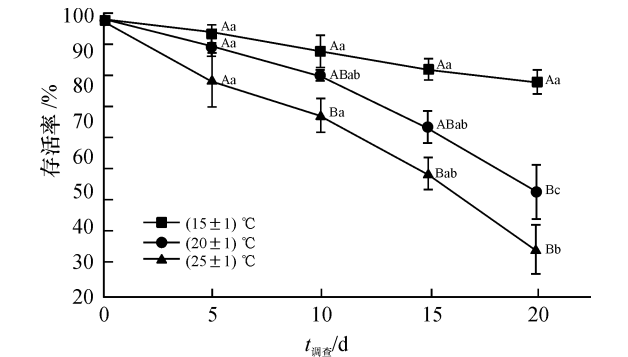


图 1 柚喀木虱在不同健康状况寄主间凡具有一个相同小写字母者,表示产卵量差异不显著;同一健康状况寄主不同代柚喀木虱间凡具有一个相同大写字母者,表示产卵量差异不显著 ($P > 0.05$, Kruskal-Wallis 秩和检验)。

图 1 柚喀木虱在健康柠檬和携带黄龙病柠檬上的产卵量
Fig. 1 The fecundities of *Cacopsylla citrisuga* fed on healthy and *Candidatus Liberibacter asiaticus*-infected *Citrus limon*

2.2 温度对柚喀木虱成虫存活率的影响

图 2 为柚喀木虱成虫寄主为柠檬时在 15、20 和 25 °C 饲养温度下的存活率。在 15 °C 条件下,饲养 5、10、15 和 20 d 后的存活率均最高,20 °C 次之,25 °C 最低;饲养 5 d 后 3 种温度存活率差异不显著;10、15 d 在 15 °C 条件下存活率显著高于 25 °C;20 d 时 15 °C 下存活率显著高于其他温度。可见在同种寄主下柚喀木虱的存活率受温度影响较大,且在 15 °C 条件下可获得较高的存活率,到 20 d 仍能达到 81.67%。在同种温度条件下成虫存活率随时间推移而逐渐下降,而 25 °C 时下降幅度最大,20 °C 次之,而 15 °C 最慢,综合上述结果说明 15 °C 为柚喀木虱成虫生存的最适温度。



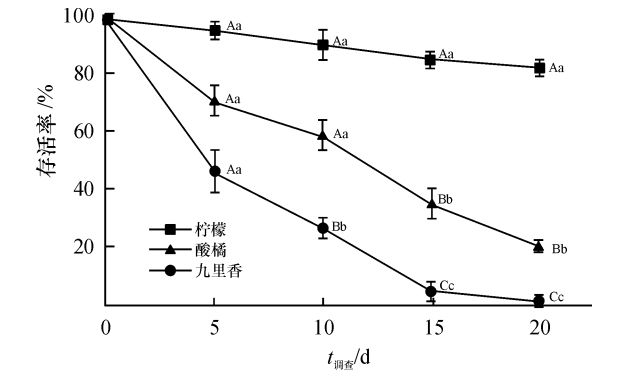
图中相同时间不同温度间凡有一个相同大写字母者,表示存活率差异不显著;相同温度不同时间凡具有一个相同小写字母者,表示存活率差异不显著 ($P > 0.05$, Tukey 检验)。

图 2 柚喀木虱成虫在 3 种饲养温度条件下的存活率
Fig. 2 Survival rates of *Cacopsylla citrisuga* adults at three different temperatures

2.3 寄主对饲养柚喀木虱成虫存活率的影响

柚喀木虱成虫分别在 3 种芸香科植物上饲养 5、
<http://xuebao.scau.edu.cn>

10、15 和 20 d 后的存活率(图 3)表明,不同时间段柠檬上的柚喀木虱成虫存活率都高于酸橘和九里香,5 d 后柠檬、酸橘和九里香上柚喀木虱成虫的存活率分别为 95.00%、70.00% 和 46.67%;10 d 后柚喀木虱成虫存活率在柠檬(90.00%)和酸橘(58.33%)上显著高于九里香(26.67%);15、20 d 3 种寄主之间柚喀木虱成虫存活率差异显著。九里香上柚喀木虱成虫存活率最低为 1.67%,而此时柠檬上柚喀木虱成虫存活率为 81.67%,说明用柠檬饲养木虱成虫效果比酸橘和九里香好。木虱成虫在 3 种寄主上的存活率均随时间推移而下降,在九里香和酸橘上的下降幅度较柠檬快,在柠檬上下降幅度均未达显著水平;用九里香饲养 10 d 后即显著低于 5 d 后,而酸橘上 15 d 后才显著低于 5 和 10 d 后。



相同时间不同寄主间凡具有一个相同大写字母者,表示存活率差异不显著;相同寄主不同时间凡具有一个相同小写字母者,表示存活率差异不显著 ($P > 0.05$, Tukey 检验)。

图 3 柚喀木虱成虫 3 种芸香科植物上的存活率
Fig. 3 Survival rate of *Cacopsylla citrisuga* adults on three different Rutaceae species

3 结论与讨论

柚喀木虱作为近年来新发现的柑橘黄龙病的媒介昆虫,主要出现在高海拔、低温的柠檬产区,且对环境较为敏感^[3],目前对其生物学特性及传病机制的研究仍较少。柚喀木虱成虫、若虫对气温均比较敏感,低于 8 °C 或高于 35 °C 时基本不活动,高于 15 °C 时开始活动,为害高峰为 4 月上旬至 6 月中上旬,7 月后数量下降^[3]。本研究发现柚喀木虱适宜在低温高湿的环境下饲养,在 15 °C 条件下能够连续存活多个世代。九里香与柠檬为柑橘木虱喜好的寄主^[14],其中九里香因为易培育及抽梢快等特性经常作为柑橘木虱人工饲养的首选寄主。郭俊等^[3]调查发现柚喀木虱能够为害柠檬、柚子、桠柑、柳叶橘 *Citrus reticulata*、印度大果、甜橙 *Citrus sinensis*、沙糖橘 *Citrus reticulata* 和枳壳 *Poncirus trifoliata*,但鲜见为害九里香。本研究检测了柚喀木虱成虫在 3 种植物上的存活率,发现柠檬上的饲养效果远比酸橘和九里

香好,进一步表明九里香可能不是柚喀木虱的寄主。

柚喀木虱与柑橘木虱相比具有较长的卵期和若虫期^[15],在黄龙病柠檬苗与健康苗上的卵期、若虫各历期及存活率具有一定的差异,该现象可能与其适宜温度较低及寄主品种有关。Wu等^[16]发现柑橘木虱对黄龙病苗和健康苗的选择性具有一定的差异,证明寄主带菌对木虱行为有一定的影响。Pelz-Stelinski等^[17]发现在黄龙病植株上饲养的柑橘木虱生长发育较健康植株快,本试验柚喀木虱的观察结果同样表明寄主携带黄龙病菌能显著加快该媒介昆虫若虫的发育,因此寄主感染黄龙病之后柚喀木虱可能会更快地羽化为成虫从而传播病菌。但试验结果也表明柚喀木虱的存活率均为健康苗高于病苗,在病苗上饲养一代后羽化的成虫产卵量显著低于在病苗饲养前,该现象可能与寄主染病后营养成分降低以及刺吸式昆虫取食难度增加有关^[18-19]。此外,在柠檬病苗和健康苗上的柚喀木虱3龄若虫存活率均较低,主要原因为该时期包裹若虫的嫩梢特别容易脱落,且合叶内大量液状蜜露阻碍部分若虫转移,使得该时期的若虫数量骤减。后期试验会进一步通过柚喀木虱室内饲养探索不同时期柚喀木虱的生活习性和获取传播黄龙病菌的效率。

致谢:感谢云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所郭俊在植物材料及虫源收集上给予的大力支持和帮助!

参考文献:

[1] 李法圣. 中国木虱志[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 1068-1070.

[2] 杨集昆, 李法圣. 云南木虱科九新种及一新属[J]. 昆虫分类学报, 1984, 4(4): 251-266.

[3] 郭俊, 岑伊静, 王自然, 等. 柚喀木虱的形态、生物学特性及发生规律研究[J]. 华南农业大学学报, 2012, 33(4): 475-479.

[4] CEN Y J, ZHANG L N, XIA Y L, et al. Detection of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ in *Cacopsylla* (psylla) *citrisuga* (Hemiptera: Psyllidae) [J]. Fla Entomol, 2012, 95(2): 303-309.

[5] BOVÉ J M. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus [J]. J Plant Pathol, 2006, 88(1): 7-37.

[6] CAPOOR S P, RAO D G, VISWANATH S M. *Diaphorina citri* Kuway., a vector of the greening disease of citrus in India [J]. Indian J Agric Sci, 1967, 37(6): 572-576.

[7] MARTINEZ A L, WALLACE J M. Citrus leaf mottle-yellows disease in the Philippines and transmission of the causal virus by a psyllid, *Diaphorina citri* [J]. Plant Dis

Repr, 1967, 51(8): 692-695.

[8] MCCLEAN A P D, OBERHOLZER P C J. Citrus psylla, a vector of the greening disease of sweet orange [J]. S Afr J Agric Sci, 1965, 8(1): 297-298.

[9] DONOVAN N J, BEATTIE G A C, CHAMBERS G A, et al. First report of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ in *Diaphorina communis* [J]. Australas Plant Dis Notes, 2012, 7(1): 1-4.

[10] PITINO M, HOFFMAN M T, ZHOU L, et al. The phloem sap feeding mealybug (*Ferrisia virgata*) carries ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ populations that do not cause disease in host plants [J/OL]. Plos One, [2014-1-20]. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0085503>.

[11] EL-DESOUKY A, DAVID G H. A new method for short-term rearing of citrus psyllids (Hemiptera: Psyllidae) and for collecting their honeydew excretions [J]. Fla Entomol, 2011, 94(2): 340-342.

[12] 吴丰年, 岑伊静, 梁广文. 不同离体寄主及其成熟度对亚洲柑桔木虱存活的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2015, 52(3): 679-685.

[13] KREBS C J. A review of the Chitty Hypothesis of population regulation [J]. Can J Zool, 1978, 56(12): 2463-2480.

[14] HALBERT S E, MANJUNATH K L. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida [J]. Fla Entomol, 2004, 87(3): 330-353.

[15] 黄邦侃. 柑橘木虱的初步观察 [J]. 福建农学院农报, 1953(1): 7-20.

[16] WU F N, CEN Y J, DENG X L, et al. Movement of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) adults between Huanglongbing-infected and healthy citrus [J]. Fla Entomol, 2015, 98(2): 410-416.

[17] PELZ-STELINSKI K S, ROGERS M, BRLANSKY R. Vector-pathogen interactions: Transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* and its effect on Asian citrus psyllid life history [C] // Second annual citrus health research forum. Denver, Colorado; Anon, 2011: 11.

[18] RAZI M F, KHAN I A, JASKANI M J. Citrus plant nutritional profile in relation to Huanglongbing prevalence in Pakistan [J]. PAK J Agr Sci, 2011, 48(4): 299-304.

[19] MANN R S, ALI J G, HERMANN S L, et al. Induced release of a plant-defense volatile ‘deceptively’ attracts insect vectors to plants infected with a bacterial pathogen [J]. Plos Pathog, 2012, 8(3): 1-13.

【责任编辑 霍 欢】