昆虫知识 *Chinese Bulletin of Entomology* 2010,47(6):1134 ~ 1140

外来害虫双钩巢粉虱在海南的发生及温度对其发育的影响*

朱文静[1,2**] 韩冬银[1] 张方平[1] 牛黎明[1] 马子龙[3] 符悦冠[1***]

(1. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所 热带农林有害生物入侵监测与控制农业部重点开放实验室,海南省热带农业有害生物检测监控重点实验室 儋州 571737;
2. 海南大学环境与植物保护学院 儋州 571737;3. 中国热带农业科学院椰子研究所 文昌 571739)

Occurrence of an alien insect pest, *Paraleyrodes pseudonaranjae* in Hainan Province and the effect of temperature on its development. ZHU Wen-Jing[1,2**], HAN Dong-Yin[1], ZHANG Fang-Ping[1], NIU Li-Ming[1], MA Zi-Long[3], FU Yue-Guan[1***] (1. *Key Laboratory of Monitoring and Control of Tropical Agricultural and Forest Invasive Alien Pests, Ministry of Agriculture /Key Laboratory of Pests Detection and Control for Tropical Agriculture of Hainan Province, Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences*, Danzhou 571737, China; 2. *College of Environment and Plant Protection, Hainan University*, Danzhou 571737, China; 3. *Coconut Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences*, Wenchang 571339, China)

Abstract The nesting whitefly, *Paraleyrodes pseudonaranjae* Martin, is a new alien pest on Hainan Island, China. The host plants and damage caused by this pest were investigated and the morphology and effect of temperature on its development studied. The results show that *P. pseudonaranjae* is distributed over the whole island. 37 species of host plants belonging to 20 families and 29 genera were identified; preferred hosts included *Cocos nucifera*, *Areca catecthu*, *Annona squamosa*, *Citrus* sp. and *Psidium guajava*. *P. pseudonaranjae* has three stages of development; eggs, nymphs (four instars) and adults. Between 18℃ and 27℃ the developmental duration of a generation increased with temperature; the shortest (16.38 d) and longest (37.41 d) duration occurring at 27℃ and 18℃ respectively. The developmental velocity of different stages reduced at 30℃. There was a parabolic curve regression relationship between the developmental velocities of different stages and temperature. The developmental threshold and the effective accumulative temperature for a whole generation were estimated to be 9.56℃ and 307.75 degree-days, respectively. We estimate that there could be 16 to 17 generations of this pest per year on Hainan Island.

Key words *Paraleyrodes pseudonaranjae*, host plants, morphology, developmental duration, developmental threshold, effective accumulative temperature

摘 要 双钩巢粉虱 *Paraleyrodes pseudonaranjae* Martin 是近年来在我国南方新发现的一种外来害虫。本文对双钩巢粉虱在海南的发生情况进行了调查,并对各虫态形态特征及温度对其生长发育的影响进行了观察。结果表明,双钩巢粉虱在海南省的各个县(市)都有发现,其在海南省的寄主植物共有 20 科 29 属 37 种,主要为害椰子、槟榔、番石榴、柑桔及番荔枝。双钩巢粉虱的发育经卵、若虫(分 4 个龄期)发育到成虫。在 18 ~ 27℃ 条件下,双钩巢粉虱世代发育随温度的上升而加快,在 27℃ 时最短,为

* 资助项目:社会公益研究专项"热带作物重要外来有害生物预警技术研究"(2004D IA4J012)、2008 年公益性行业(农业)科研专项(200803023)。

** E-mail:wenjing1188@126.com

*** 通讯作者,E-mail:fygcatas@163.com

收稿日期:2010-02-05,修回日期:2010-08-03

16.38 d,18℃最长,需 37.41 d,在 30℃发育减缓,各虫态发育速率与温度呈抛物线关系。双钩巢粉虱世代的发育起点温度和有效积温分别为 9.56℃和 307.75 日·度,在海南一年可发生 16~17 代。

关键词　双钩巢粉虱,寄主,形态特征,发育历期,发育起点温度,有效积温

巢粉虱属 *Paraleyrodes* Quaintance 昆虫原分布于新热带区,全世界已知 17 种[1]。目前在我国发现该属昆虫有 3 种,其中庞达巢粉虱 *Paraleyrodes bondari* Peracchi 于 1998 年在我国台湾被发现[2]、另外 2 种 *Paraleyrodes pseudonaranjae* Martin 和 *Paraleyrodes minei* Iaccarino 分别于 1996 年和 2003 年在我国香港被发现(Martin J. H.,2008,私人通讯)。本文课题组人员于 2006 年 9 月在我国海南三亚及文昌首次发现巢粉虱为害椰子(*Cocos nucifera*)和番荔枝(*Annona squamosa*),经虞国跃博士鉴定,并经 Martin J. H. 博士核实,该虫为双钩巢粉虱 *Paraleyrodes pseudonaranjae* Martin,属同翅目 Homoptera 粉虱科 Aleyrodidae 复孔粉虱亚科 Aleurodicinae 巢粉虱属 *Paraleyrodes*。

双钩巢粉虱与其近缘种易混淆,通常被误鉴定为其他种,因此有关该虫的文献少。目前在波多黎各、夏威夷、佛罗里达以及我国香港等地区是入侵性害虫[3,4],已报道的寄主有番荔枝科(Annonaceae)、棕榈科(Arecaceae)和芸香科(Rutaceae)等多个科的植物[4],种类达 40 种(虞国跃等,投稿中)。双钩巢粉虱是我国海南新记录外来害虫,目前国内外尚未有关其生物学特性的研究报道。因此笔者于 2007—2009 年对双钩巢粉虱在海南的分布、寄主种类及危害等进行了调查,并在室内以番荔枝作为寄主植物,观察不同温度下双钩巢粉虱的生长发育情况,明确双钩巢粉虱在海南的发生情况及温度对其发育的影响,以期为该虫的识别和控制提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　发生与危害情况调查

2007—2009 年在海南 18 个市县多个农场、果园、花卉生产基地、学校及居民区等对双钩巢粉虱寄主植物及发生为害情况进行了系统调查,调查对象主要为蔬菜、果树、观赏植物、绿化树及杂草等。调查时当发现有双钩巢粉虱的成虫、卵、若虫同时为害或 4 龄若虫存在时,记录植物名称,并将不同植物上的双钩巢粉虱若虫及雄成虫带回室内镜检,如确定为双钩巢粉虱则认定该植物为双钩巢粉虱的寄主植物。同时,统计寄主植物叶片上双钩巢粉虱各龄期若虫及成虫虫口密度,将为害程度划分为 3 个等级,当虫口密度≥5 头/cm^2 记为严重为害;虫口密度 2~5 头/cm^2 记为一般为害,当虫口密度≤2 头/cm^2 记为发现为害[5]。

1.2　生物学习性观察

1.2.1　供试虫源　双钩巢粉虱采自海南省文昌市文昌中学校园内的番荔枝植株上,采回后在中国热带农业科学院环境与植物保护研究所隔离棚内,以盆栽番荔枝植株进行饲养。实验前将双钩巢粉虱成虫接在盆栽的无虫的番荔枝植株上,让其产卵 1 d 后,去掉成虫,以获得日龄相同的卵、各龄若虫供试。

1.2.2　形态与习性观察　在隔离棚中对双钩巢粉虱成虫的生殖方式、羽化节律及其产卵行为等生活习性进行初步观察。生殖方式观察方法是通过对荔枝苗上用微型养虫笼分别对未交配单头雌虫及成对的雌雄成虫控制观察[6]。

从田间采集不同虫态的个体,在体视显微镜(Nikon SMZ1500)下观察记录各虫态的发育情况并进行拍照。采用张宏瑞等[7]的方法将采自不同寄主的标本制成玻片标本,在显微镜(Leica DMLB)下观察其分类特征并拍照。

1.3　双钩巢粉虱各虫态发育历期的观察

实验设置 18、21、24、27 和 30℃共 5 个恒定温度,相对湿度为 75% ± 10%,光周期 L∶D = 12∶12,温度、湿度、光照周期均通过人工气候箱(CMP4030,加拿大 Conviron 公司)设置。实验中每个处理 20 头,重复 3 次,采用分龄期饲养的方法观察其发育历期。取同日龄卵,连同叶片一起置于气候箱中观察直至若虫孵化。若虫

期从上一龄期的末期开始观察，直至下一龄期完成。于上午 8:00—9:00 观察双钩巢粉虱的发育进度，每隔 24 h 观察 1 次，统计各虫态的发育历期。全世代发育历期，均采用卵历期 + 若虫历期 + 蛹历期 + 成虫产卵前期。根据这些资料计算双钩巢粉虱的发育起点温度和有效积温。

1.4 数据统计方法

根据不同温度条件下各发育虫态的发育历期数据，计算出各虫态发育速率，利用数学模型对发育速率与温度关系进行拟合，根据所建立的回归模型，采用直线回归法[8]和直接最优法[9] 2 种方法来计算其有效积温 K 和发育起点温度 C。不同温度下各虫态发育历期差异性比较采用单因素方差分析（One-way ANOVA）。所有数据分析和回归分析通过 Microsoft Excel 和 SPSS 11.5 软件进行统计分析。

直线回归法公式：

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2},$$

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}。$$

直接最优法公式：

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i^2 T_i - \overline{D} \sum_{i=1}^{n} D_i T_i}{\sum_{i=1}^{n} D_i^2 - N \overline{D}^2},$$

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} [(T_i - C) \times D_i]。$$

2 结果与分析

2.1 分布、寄主及危害

调查发现双钩巢粉虱在海南省 18 个县（市）均有不同程度的发生。危害的寄主植物有 20 科 29 属 37 种（表 1），分别为芸香科 7 种，桑科 5 种，桃金娘科及无患子科各 2 种，番荔枝科、棕榈科及芭蕉科等各 1 种，其中，番荔枝、番石榴、椰子、槟榔、油梨、榄仁树和柑桔等为其主要寄主，受害严重，其对寄主植物可能存在一定选择性。由于双钩巢粉虱的寄主国内外均缺乏深入调查，随着其在世界扩散范围的扩大及调查的进一步进行，其寄主植物种类将可能增加。

双钩巢粉虱的危害不仅是在叶背面刺吸寄主叶片汁液使寄主植物直接受害，而且因为发育速度快，虫口密度大，在叶背面寄主植物叶片分泌大量的蜡粉、蜡丝和蜜露，叶背面呈一片白色，诱发煤烟病，使叶片表面覆盖一层黑色霉层，从而影响植物叶片光合、呼吸与散热作用，加大危害。双钩巢粉虱的危害不仅使叶片变黄、变型和提前落叶导致植物生长发育明显变弱，而且影响植物的外观。

2.2 双钩巢粉虱的形态与习性

经实验观察得知双钩巢粉虱的生活周期包括卵、4 个龄期的若虫和成虫。羽化高峰期在早上 7:00—9:00。雌成虫羽后当天就可以交配产卵也可以进行孤雌生殖，雌成虫将卵散产在叶背面，而且在卵粒周围分泌粉状和绒毛状蜡质物（图版 Ⅰ：A）。刚孵化的 1 龄若虫经短时间爬行后，开始固定于叶背面取食，直至羽化。1 龄若虫后期到成虫都会分泌各种类型的蜡质物（图版 Ⅰ：B ~ F），较为典型的是 4 龄若虫和雌成虫，分泌粉状、丝状、絮状或绒毛状蜡质物，随着蜡质分泌物逐渐增多、蜡丝不断加长，断落在虫体上及周围形似鸟巢状（图版 Ⅰ：J），雌成虫通常在“巢”周围产卵，产卵后再回到“巢”中取食。雌雄成虫都不活跃，静止时左右翅合拢平坦，其前翅上有明显的几条近棕褐色的斑纹（图版 Ⅰ：G，H）。双钩巢粉虱与其近缘种的鉴别主要根据雄成虫的外生殖器末端具有一个双钩状突出的构造，如图版 Ⅰ：I 所示。

2.3 温度对双钩巢粉虱发育的影响

研究结果表明，温度对双钩巢粉虱卵及各龄若虫的生长发育有明显影响（表 2）。在试验设定的温度 18 ~ 27℃ 范围内，双钩巢粉虱各虫态发育历期及世代历期随温度的上升显著缩短。18℃ 时各虫态发育历期最长，27℃ 时最短。而当温度升至 30℃ 时，各虫态发育历期及世代历期随温度的上升而延长，在 4 龄若虫阶段和整个世代历期达到了显著水平，可见高温（大于 30℃）不利于双钩巢粉虱的生长发育。

表 1　海南发现的双钩巢粉虱寄主植物名录

科	属	种名	危害程度
番荔枝科 Annonaceae	番荔枝属 *Annona*	番荔枝 *A. squamosa*	+ + +
棕榈科 Arecaceae	椰子属 *Cocos*	椰子 *C. nucifera*	+ +
	槟榔属 *Areca*	槟榔 *A. catecthu*	+ +
桃金娘科 Myrtaceae	番石榴属 *Psidium*	番石榴 *P. guajava*	+ + +
	蒲桃属 *Syzygium*	莲雾 *S. javanica*	+
樟科 Lauraceae	鳄梨属 *Persea*	油梨 *P. americana*	+ +
	木姜子属 *Litsea*	潺槁木姜子 *L. glutinosa*	+
旅人蕉科 Strelitziaceae	旅人蕉属 *Ravenala*	旅人蕉 *R. madagascariensis*	+
芸香科 Rutaceae	柑橘属 *Citrus*	柑 *C. reticulata*	+ + +
		桔 *C. mitis*	+ + +
		橙子 *C. sinensis*	+ +
		柚子 *C. grandis*	+
		柠檬 *C. limonum*	+
	黄皮属 *Clausena*	黄皮 *C. lansium*	+
	九里香属 *Murraya*	九里香 *M. exofica*	+
蝶形花科 Papilionaceae	紫檀属 *Pterocarpus*	印度紫檀 *P. indicus*	+
漆树科 Anacardiaceae	芒果属 *Mangifera*	芒果 *M. indica*	+
茜草科 Rubiaceae	龙船花属 *Ixora*	小叶龙船花 *I. coccinea*	+
	栀子属 *Gardenia*	白蟾花 *G. jasminoides*	+
无患子科 Sapindaceae	龙眼属 *Euphoria*	龙眼 *E. longana*	+
	荔枝属 *Litchi*	荔枝 *L. chinensis*	+
桑科 Moraceae	榕属 *Ficus*	小叶榕 *F. microcarpa* var. *pusillifolia*	+ +
		大叶榕 *F. virens* var. *sublanceolata*	+
		垂叶榕 *F. benjamina*	+
		斜叶榕 *F. gibbosa*	+
		黄葛树 *F. virens*	+
使君子科 Combretaceae	诃子属 *Terminalia*	榄仁树 *T. catappa*	+ +
木棉科 Bombacaceae	木棉属 *Gossampinus*	爪哇木棉 *G. malabarica*	+
木兰科 Magnoliaceae	木兰属 *Magnolia*	白玉兰 *M. denudata*	+
杜英科 Elaeocarpaceae	杜英属 *Elaeocarpus*	水石榕 *E. hainanensis*	+
大戟科 Euphorbiaceae	秋枫属 *Bischofia*	重阳木 *B. javanica*	+
菊科 Compositae	一点红属 *Emilia*	一点红 *E. sonchifolia*	+
野牡丹科 Melastomataceae	野牡丹属 *Melastoma*	野牡丹 *M. intermedium*	+
三白草科 Saururceae	三白草属 *Saururus*	三白草 *S. chinensis*	+
豆科 Fabaceae	毛蔓豆属 *Calopogonium*	毛蔓豆 *C. mucunoides*	+
	决明属 *Cassia*	翅荚决明 *C. alata*	+
	葛藤属 *Pueraria*	粉葛藤 *P. lobata*	+

注:+ + + 表示严重为害,+ + 表示一般为害,+ 表示发现为害。

表 2　不同温度下双钩巢粉虱各虫态发育历期

温度(℃)	发育历期(d)						
	卵期	若虫				成虫产卵前期	世代
		1 龄	2 龄	3 龄	4 龄		
18	10.86 ± 0.03 a	6.48 ± 0.02 a	3.73 ± 0.04 a	4.84 ± 0.01 a	9.18 ± 0.04 a	2.31 ± 0.03 a	37.41 ± 0.40 a
21	9.70 ± 0.08 b	4.21 ± 0.07 b	2.70 ± 0.02 b	3.17 ± 0.14 b	6.11 ± 0.15 b	1.25 ± 0.09 b	27.15 ± 0.10 b
24	6.00 ± 0.25 c	3.83 ± 0.05 c	1.97 ± 0.13 c	2.42 ± 0.03 c	4.85 ± 0.10 c	1.13 ± 0.01 bc	20.20 ± 0.17 c
27	5.19 ± 0.10 d	3.01 ± 0.16 d	1.49 ± 0.14 d	1.84 ± 0.12 d	3.79 ± 0.02 d	1.06 ± 0.03 c	16.38 ± 0.12 d
30	4.96 ± 0.14 d	3.27 ± 0.14 d	1.62 ± 0.11 d	1.91 ± 0.14 d	4.49 ± 0.09 e	1.02 ± 0.02 c	17.26 ± 0.17 e

注:表中数据为平均数 ± 标准误,每列数据后标有不同字母表示在 0.05 水平上差异显著(LSD 新复极差分析)。

双钩巢粉虱发育速率与温度的关系表明(图 1),温度对双钩巢粉虱卵及各龄若虫的发育速率影响显著,在 27℃ 的条件下,各虫态发育速率最大,当温度升至 30℃ 时,各虫态的发育速率开始回落。

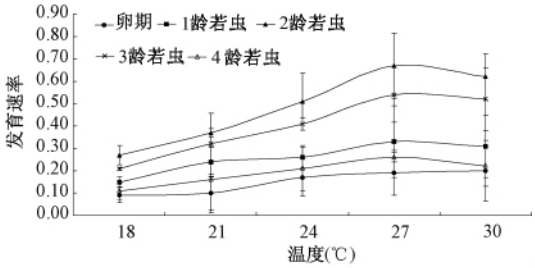

图 1 不同温度下双钩巢粉虱各虫态的发育速率

2.4 双钩巢粉虱各虫态的发育起点温度及有效积温

发育起点温度和有效积温因虫态而异(表 3),以直接最优法计算结果为例,双钩巢粉虱各虫态中 3 龄若虫的发育起点温度最高,达 11.41℃,1 龄若虫最低,为 8.41℃;卵发育所需要有效积温最多,成虫产卵前期发育所需的有效积温最少。在双钩巢粉虱若虫发育阶段,完成 4 龄若虫发育需要的有效积温最多为 72.69 日·度,1 龄次之,2 龄最少。双钩巢粉虱世代发育起点温度为 9.71℃,完成一个世代所需要的有效积温为 307.75 日·度,双钩巢粉虱在海南每年可发生16 ~ 17 代(日均温以海南岛 14 个气象台 10 年平均日气温 23.7℃ 计),世代重叠。在野外调查发现,双钩巢粉虱在海南无明显越冬现象,冬季可发现该虫各个虫态。

分别利用二次回归模型和线性回归模型对双钩巢粉虱各虫态在 18 ~ 30℃ 条件下的发育速率与温度的线性关系进行了拟合分析,结果表明(表 4),双钩巢粉虱各虫态在 18 ~ 30℃ 条件下的发育速率与温度的线性关系呈抛物线关系。

表 3 双钩巢粉虱各虫态的发育起点温度和有效积温

发育阶段	发育起点温度(℃)		有效积温(日·度)	
	直线回归法	直接最优法	直线回归法	直接最优法
卵	10.41	10.61	89.86	88.56
1 龄若虫	7.77	8.41	62.86	60.29
2 龄若虫	11.07	10.76	26.57	27.23
3 龄若虫	11.17	11.41	32.01	31.38
4 龄若虫	10.45	9.98	70.19	72.69
产卵前期	8.59	10.52	19.06	16.6
世代	9.56	9.71	311.08	307.75

表 4 双钩巢粉虱各虫态发育速率与温度的关系模型

发育阶段	二次回归模型	R^a	线性回归模型	R
卵	$V = -0.0004T^2 + 0.0283T - 0.3077$	0.9695 **	$V = -0.1 + 0.01T$	0.962 **
1 龄若虫	$V = -0.0014T^2 - 0.0784T + 0.3077$	0.9706 **	$V = -0.063 + 0.013T$	0.914 **
2 龄若虫	$V = -0.0023T^2 + 0.1474T - 1.6434$	0.9633 **	$V = -0.327 + 0.034T$	0.935 **
3 龄若虫	$V = -0.0017T^2 + 0.112T - 1.2615$	0.9825 **	$V = -0.301 + 0.029T$	0.962 **
4 龄若虫	$V = -0.0014T^2 + 0.7831T - 0.8525$	0.9628 **	$V = -0.069 + 0.011T$	0.876 **
世代	$V = -0.0002T^2 + 0.1339T - 0.1449$	0.9813 **	$V = -0.023 + 0.003T$	0.948 **

注:**表示发育温度与发育速率相关性显著。

3 讨论

(1)本文研究结果表明双钩巢粉虱在海南已分布较广,寄主较多,在海南的寄主植物包括部分重要的果树、经济作物和观赏植物在内共 20 科 37 种。该虫在番荔枝、番石榴、椰子、槟榔、油梨和柑桔等果树受严重。在 Evans[4] 及虞国跃等(未发表资料)研究结果基础上,本文研究表明该虫的寄主种类有明显的扩展,其中樟科 Lauraceae、旅人蕉科 Strelitziaceae、使君子科 Combretaceae、木棉科 Bombacaceae、菊科 Compositae、木兰科 Magnoliaceae 和杜英科 Elaeocarpaceae 7 科均为双钩巢粉虱寄主植物的首次报道,新记录寄主植物 15 种。观察与分析结果表明,18 ~ 27℃ 范围内,双钩巢粉虱发育历期随温度的上升显著缩短,当温度升至 30℃ 时,其发育历期随温度的上升而延长。在自然条件下海南的温度会大于 30℃,在极端高温下

可能不利于双钩巢粉虱的生长发育,其实验有待于进一步研究。双钩巢粉虱生长速度快,种群增长迅速,在 27℃时,其世代发育历期仅为 16.38 d。双钩巢粉虱世代发育起点温度为 9.71℃,完成一个世代所需要的有效积温为 307.75 日·度,在海南每年可发生 16 ~ 17 代,世代重叠。以上研究结果表明,双钩巢粉虱具有一定的危险性,应引起重视,加强对该虫的研究与监测。

(2)本研究仅对双钩巢粉虱在海南的分布、寄主做了调查,开展了温度对其发育的影响初步观察,对该虫在我国大陆其它地区分布及寄主、温度等对发育、繁殖等影响尚未开展深入研究。在自然条件下,双钩巢粉虱的生长发育还受湿度、营养、种间竞争及天敌等诸多因子的影响,因此双钩巢粉虱在自然条件下的生长发育、种群消长规律及其在我国大陆为害情况的研究有待于进一步开展。

(3)粉虱是重要的害虫类群,随着粉虱类害虫从原分布区入侵到新分布区并定殖进一步扩散,其造成的危害已越来越为人们所关注[10]。双钩巢粉虱原分布于新热带区,该虫的入侵不仅会对海南的农业生产造成影响,对生态系统带来的影响也应引起重视。海南粉虱种类多,双钩巢粉虱、番荔枝褶粉虱 *Aleurotrachelus anonae* Corbett、螺旋粉虱 *Aleurodicus disperses* Russell 都是近年来发现的重要害虫[11],应加强对海南粉虱种类多样性、发生趋势以及外来粉虱类害虫对农林业经济与生态系统的影响等内容的调查研究。

参 考 文 献

1 Martin J. H. The identity of *Paraleyrodes perseae* (Quaintance) (Sternorrhyncha: Aleyrodidae), a potential pest of fruit trees in the United States and beyond. *Zootaxa*, 2006, **1 128**: 35 ~ 47.

2 温宏治, 陈秋南. 台湾南部地区庞达巢粉虱之发生与防治. 中华农业研究, 2001, **50** (3): 59 ~ 65.

3 Martin J. H. Description of an invasive new species of neotropical Aleurodicine whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae)-a case of complete or partial misidentification. *Bulletin of Entomological Research*, 2001, **91**: 101 ~ 107.

4 Evans G. A. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the world and their host plants and natural enemies. 2008. USDA/Animal Plant Health Inspection Service (APHIS), (http://www.sel.barc.usda.gov: 591/1WF/whitefly_catalog.htm).

5 韩冬银, 刘奎, 符悦冠, 等. 螺旋粉虱在海南的分布与寄主植物种类调查. 昆虫知识, 2008, **45**(3): 583 ~ 588.

6 臧连生, 刘银泉, 刘树生, 等. 一种适合粉虱实验观察的新型微虫笼. 昆虫知识, 2005, **42**(3): 329 ~ 331.

7 张宏瑞, Shuji Q., Mound L. A. 蓟马采集和玻片标本的制作. 昆虫知识, 2006, **43** (5): 725 ~ 728.

8 张孝羲. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社. 2002. 77 ~ 83.

9 李典谟, 王莽莽, 快速估计发育起点及有效积温法的研究. 昆虫知识, 1986, **23** (4): 184 ~ 187.

10 Martin J. H., Mound L. A. An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). *Zootaxa*, 2007, **1 492**: 1 ~ 84.

11 朱文静. 海南粉虱种类记述及分子鉴定研究. 硕士学位论文. 海南:海南大学, 2010.

图版 I

A. 卵；B. 1 龄若虫初期；C. 1 龄若虫后期；D. 2 龄若虫初期；E. 3 龄若虫；F. 4 龄若虫；G. 雌成虫；H. 雄成虫；I. 雄成虫外生殖器；J. 4 龄若虫分泌的蜡丝形成典型的鸟巢状；K. 成虫分泌的蜡丝形成的鸟巢状。