

# 桉树蛀干新害虫——桉蝙蛾形态与生物学研究

杨秀好<sup>1,2</sup>, 于永辉<sup>3</sup>, 曹书阁<sup>4</sup>, 骆有庆<sup>1\*</sup>, 罗基同<sup>2</sup>, 王辑建<sup>5</sup>

(1. 北京林业大学林学院,北京 100083; 2. 广西森林病虫害防治站,广西 南宁 530022; 3. 广西高峰林场,广西 南宁 530001; 4. 广西生态工程职业技术学院,广西 柳州 545004; 5. 博白县林业局,广西 博白 537600)

**摘要:**桉蝙蛾是近年来在广西、广东新发现严重危害桉树的蛀干害虫,本文记述了该害虫的形态特征和生物学特性,该虫在广西分布于12个市49个县,10个自治区直属国有林场,232个乡镇,危害桉树面积达2 894.42 hm<sup>2</sup>,多数个体1年完成1代,以幼虫于12月中下旬开始在受害树干中越冬,次年2—3月化蛹,4月羽化,5月上旬初孵幼虫出现,6—8月幼虫上树转移危害,1年只有1次羽化;该虫主要分布在丘陵山地,以沟谷和坡底危害较严重,主要危害1~2年生巨尾桉和尾巨桉无性系。1年生和2年生受害桉树单株材积生长量下降率分别为16.70%和24.78%。沟谷和坡底1~2年生速生桉无性系是防治的主要对象。

**关键词:**桉蝙蛾;形态特征;生物学

中图分类号:S763

文献标识码:A

## Morphology and Biology of *Endoclyta signifer* Walker (Lepidoptera: Hepialidae), a New Wood Borer on *Eucalyptus*

YANG Xiu-hao<sup>1,2</sup>, YU Yong-hui<sup>3</sup>, CAO Shu-ge<sup>4</sup>, LUO You-qing<sup>1</sup>, LUO Ji-tong<sup>2</sup>, WANG Ji-jian<sup>5</sup>

(1. Forestry College, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Department of Guangxi Forestry Pest Management, Nanning 530022, Guangxi, China; 3. Guangxi Gaofeng Forestry Farm, Nanning 530001, Guangxi, China; 4. Guangxi Ecological Engineering Vocational and Technical College, Liuzhou 545004, Guangxi, China; 5. Forestry Administration of Bobai County, Bobai 537600, Guangxi, China)

**Abstract:** *Endoclyta signifer* Walker is a new wood borer on eucalyptus recorded in Guangxi Zhuang Autonomous Region and Guangdong province in recent years. In this paper, the morphology, biology and distribution of *E. signifer* were studied. In Guangxi Zhuang Autonomous Region, *E. signifer* distributes in 232 towns of 49 counties, 12 districts, and its distribution area is 2 894.42 hectares. Most of the individuals take one year to complete a generation, and over-winter with larvae in host stem from mid-December, the pupa occur in March of next year, emergence in April, the 1st instars larvae appear in May, and the larvae begin to transfer boring into host tree in June or July. Only one emergence happens in a year. It distributes mainly in the mountain area, valleys or gully, 1-2 year-old hybrid eucalyptus, *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* and *E. urophylla* × *E. grandis* are usually damaged seriously. The ratio of timber volume decline in 1-and 2-year-old damaged eucalyptus plantation were 16.70% and 24.78%, respectively. In valleys and gully area, 1-2 year-old hybrid eucalyptus plantation are the prevention area and the control object.

**Key words:** *Endoclyta signifer*; morphology; biology

桉蝙蛾 (*Endoclyta signifer* Walker) (鳞翅目 (Lepidoptera): 蝙蝠蛾科 (Hepialidae)) 是2005年在广西和广东两省(区)发现危害外来引种树种桉树

的钻蛀性新害虫<sup>[1-5]</sup>。2010年12月,笔者提供标本由中国科学院蛾类专家薛大勇教授签定学名为 *Endoclyta signifer* Walker, 并首次正式定中文名为桉蝙

收稿日期: 2012-05-26

基金项目: 广西林业科技项目(桂林科字[2009]3号)

作者简介: 杨秀好(1965—), 博士研究生, 高级工程师。主要从事森林害虫监测与防控技术研究。Email: 15077117297@163.com.

\* 通讯作者: 骆有庆(1960—), 博士生导师, 教授。主要从事林业有害生物灾害生态调控。E-mail: yqluo@bjfu.edu.cn.

蛾。该种原始记载仅在中国上海和湖南有分布,在广东和广西属新记录,在桉树上属首次发现。近年来,随着我国南方桉树种植业的快速发展,桉蝙蛾的危害日趋严重,已发展成为危害桉树的主要害虫<sup>[5]</sup>。至2011年,仅广西的发生区域已达49个县(区)、232个乡镇,危害面积达2 894 hm<sup>2</sup>。此外,该虫在广东韶关市、曲江县也有危害报道,严重影响桉树产业发展<sup>[5]</sup>。目前,国内外对该虫的形态学、生物学、生态学、寄主范围、发生规律及其防治技术的研究和报道很少,能查到的文献仅有NAIR<sup>[6]</sup>报道了其在印度东部、缅甸和泰国危害柚木(*Tectona grandis* L. f)苗,奚福生等<sup>[4]</sup>将其初步命名为桉大蝙蛾(*Phassus* sp.);于永辉等<sup>[7]</sup>在论述桉树蛀干害虫种类时对其做了简单描述;杨秀好等<sup>[8]</sup>对其危害进行了风险评估;曹书阁等<sup>[9]</sup>对其空间分布型进行了初步研究;陈尚文<sup>[10]</sup>、刘杰恩等<sup>[11]</sup>开展了蛀道药物注射防治试验。2009—2011年,笔者对桉蝙蛾在广西的分布和危害情况进行了系统调查,对其形态和生物学进行了系统研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 分布与危害调查

2011年6—12月,在广西全区桉树栽培区开展全面普查,以市为单位组织、培训,以县(区)和自治区直属林场为单位实施具体的监测调查工作。各单位根据本辖区栽培的桉树品种、品系、林龄、面积、林分状况(片林、通道林、散生林、纯林、混交林)等因素,抽取6~10个有代表性的乡(镇)开展调查,认真记录桉蝙蛾危害树种或品系、树龄、发生面积、危害部位、危害程度,发生区海拔、经纬度等信息。

### 1.2 生长量损失测定

在桉树栽培面积较大、桉蝙蛾危害比较严重的广西北流市和陆川县进行测定,选择不同危害程度、不同林龄具有代表性的桉树林设置标准地,共调查标准地10块,每块标本地按照10行×10列的标准进行逐株测定,每块标准地测定100株,共测定1 000株。采用每木检尺法,测量其胸径、树高、虫口数量等指标。材积生长量计算应用广西桉树人工林二元立木材积公式<sup>[12]</sup>:

$$V = 1.09154 \times 10^{-4} D^{(1.87892 - 5.69186 \times 10^{-3}(D+H))} H^{(0.652598 + 7.84754 \times 10^{-3}(D+H))}, R = 0.99366。$$

上式中:V—材积生长量,D—胸径,H—树高,R—相关系数。

## 1.3 形态特征与生物学习性研究

1.3.1 幼虫和蛹期观测 2010年7月至2011年12月,每月中旬到林间采集桉蝙蛾钻蛀危害的木段30个以上,解剖观察记录幼虫和蛹发育进度以及各龄幼虫形态特征。

1.3.2 成虫、卵和初孵幼虫观测 2011年1月分别在广西中部南宁市和南部博白县各建1个室外大棚观测点进行观测。南宁室外大棚观测点位于青秀区三塘镇广西林业有害生物防控实验基地(108.336°E, 22.882°N),年平均气温21.94℃,该观测棚为不锈钢架结构,长宽高为25m×25m×3m,周边和顶棚用20目沙网覆盖;博白室外大棚观测点位于博白县亚山镇(109.946°E, 22.198°N),年平均气温22.25℃,该网棚为竹木结构,长宽高为15m×15m×3m,周边和顶棚用20目沙网覆盖,网棚四面通风,棚内种有1~2年生的桉树。2011年1—2月从观测点附近林区采集桉蝙蛾老熟幼虫木段,置于大棚内化蛹,模拟自然生态环境观察化蛹进程、成虫羽化、交配、产卵行为。同时,采集老熟幼虫木段置于广西大学实验室养虫笼中,观察羽化过程、产卵行为和产卵量及成虫形态特征。两地观测点年平均气温相差0.31℃。

### 1.4 发生环境调查

2009—2011年,于桉蝙蛾幼虫上树危害期(7—12月),在南宁、玉林、梧州、柳州等地桉蝙蛾发生普遍的桉树林地进行调查,在踏查发现有危害的林地设置标准地进行详细调查,每块标准地按10行×10列逐株调查100株树,记录危害株数、虫口数量、危害部位,同时记录每块标准地环境因子,即新造林或萌芽林、林龄、地型、地势、坡度、坡向、坡位、海拔高度、野生寄主和林下植被等,共调查标准地55块。

## 2 结果与分析

### 2.1 分布与危害

2.1.1 桉蝙蛾在国内的分布 2011年广西普查结果(表1)显示:全区桉蝙蛾发生危害的区域为12个市、49个县(区)、10个自治区直属国有林场,分布乡镇232个,危害面积2 894.42 hm<sup>2</sup>;以桂东南的苍梧、藤县、岑溪市、陆川县、博白县、北流市、灵山县、六万林场、博白林场,桂中的青秀区、邕宁区、武鸣县、宾阳县和高峰林场危害比较严重。此外,该虫在广东韶关市、曲江县和佛山市高明区等地报道有危害<sup>[4]</sup>。

表1 广西桉蝙蛾分布与危害情况统计表

所属市	分布县区	分布乡镇 /个	桉树栽培面积 /hm <sup>2</sup>	危害面积 /hm <sup>2</sup>	危害程度
南宁市	青秀区、西乡塘区、邕宁区、武鸣县、横县、宾阳县	27	24 6624.00	445.83	严重
柳州市	融安县、柳江县、鹿寨县	11	78 896.73	195.80	中等
桂林市	临桂县、灵川县、荔浦县、永福县、全州县	10	21 837.67	29.80	轻微
梧州市	苍梧县、藤县、蒙山县、岑溪市	22	91 952.27	325.00	严重
北海市	合浦县	3	74 293.00	41.37	轻微
钦州市	钦南区、钦北区、灵山县、浦北县	19	147 549.73	367.67	严重
玉林市	玉州区、福绵区、容县、北流、陆川县、博白县、兴业县	43	228 921.27	424.67	严重
贵港市	港北区、港南区、桂平市	7	104 327.93	119.33	中等
百色市	右江区、隆林县、田林县、靖西县	4	100 436.07	11.00	轻微
贺州市	平桂区、钟山县、昭平县	15	77 134.27	119.73	中等
河池市	金城江区、环江县、巴马县、罗城县、大化县、宜州市	26	66 695.20	85.39	轻微
来宾市	象州县、武宣县、合山市	10	125 926.87	133.33	中等
区直属林场	高峰、七坡、良凤江、派阳山、钦廉、三门江、黄冕、大桂、博白场、六万林场	35	296 900.73	595.50	严重
合计	49个县(区)、10个直属林场	232	1 785 737.80	2 894.42	

2.1.2 桉蝙蛾对桉树的危害 该虫以幼虫蛀入桉树主干取食危害(图1a),主要危害速生桉树无性系用材林,尤其以危害1~2年生桉树幼林为主,虫口密度为1~18头·株<sup>-1</sup>,有虫株率5%~60%。蛀道直径可达1.2 cm,深度可达30~50 cm。该虫喜从蛀道口沿树干周径环状蛀食韧皮部,蛀食部位常达树干周径1/3~2/3,严重的蛀食树干1周,影响速生期桉树的营养输送和林木生长,造成材积生长量减少,严重的引起风折或整株枯死。对受害后1~

3年生林木的受害部位进行解剖发现,85.6%的蛀道口能够被快速生长的韧皮部愈合,但多数形成肿胀的愈伤组织,其木质部的蛀道不再愈合,部分心材腐烂或有其它病变,严重影响木材品质。由于其蛀干隐蔽生活,又有吐丝结织木屑和分泌排泄物形成木屑包覆盖蛀道口和取食部位保护幼虫的习性,防治十分困难,已成为大面积发展速生丰产桉树用材林一大障碍。

2.1.3 桉蝙蛾对桉树材积生长量的影响 用10个标准地的调查资料计算材积,并将标准地内单株树分有虫株和无虫株进行统计汇总,结果(表2)表明:各样地内有虫株和无虫株材积生长量相比呈下降趋势,总体下降率为22.08%,其中,1年生受害桉树单株材积生长量下降16.70%,2年生下降24.78%。对桉蝙蛾危害单株材积量进行单因素方差分析,结果表明:桉蝙蛾危害对1年生桉树材积生长影响显著( $P_{1\text{年生}}=0.048 < 0.05$ ),对2年生桉树材积生长影响极显著( $P_{2\text{年生}}=0.008 < 0.01$ )。



a. 老熟幼虫 b. 成虫(左雌右雄) c. 蛹(左雄右雌)

图1 桉蝙蛾幼虫、成虫、蛹

表2 桉蝙蛾危害对桉树材积生长量的影响

标准地号	林龄 /a	总株数 /株	有虫株率 /%	单株材积/m <sup>3</sup>			单株材积减少量 /m <sup>3</sup>	下降率 /%
				平均	无虫株	有虫株		
2	1	100	35.0	0.008 8	0.010 3	0.006 1	0.004 2	47.73
6	1	100	65.0	0.003 2	0.004 4	0.002 4	0.002 0	66.07
8	1	100	56.7	0.007 8	0.006 9	0.008 4	-0.001 5	-20.51
9	1	100	10.0	0.014 7	0.015 3	0.009 1	0.006 2	43.03
10	1	100	56.7	0.011 0	0.009 1	0.012 4	-0.003 3	-30.00
小计	1	500	43.9	0.009 1	0.009 2	0.007 7	0.001 5	16.70
1	2	100	63.3	0.028 0	0.033 3	0.025 0	0.008 3	29.64
3	2	100	10.0	0.040 6	0.041 0	0.036 8	0.004 2	10.34
4	2	100	75.0	0.018 8	0.023 0	0.017 5	0.005 5	29.26
5	2	100	35.0	0.017 4	0.016 3	0.019 6	-0.003 3	-18.97
7	2	100	13.3	0.019 5	0.021 6	0.005 5	0.016 1	82.56
小计	2	500	39.2	0.024 9	0.027 0	0.020 9	0.006 2	24.78
平均			41.6	0.017 0	0.018 0	0.014 3	0.003 75	22.08

## 2.2 形态特征

2011年4月23—27日在南宁室外大棚观测点首次发现5对成虫成功交配,获得受精卵,室温下保湿成功孵化出幼虫。

2.2.1 卵 圆形或近圆形,直径0.45~0.6 mm,受精卵和未受精卵初产时都为乳白色,产后1 h变乳黄色,2 h变灰色,3 h变黑色。肉眼观察卵表面光滑,无特殊刻点及斑纹。扫描电镜下观察,卵壳表面是大小不一的不规则六边形网纹,中间分布颗粒状突起和气孔壁突起,受精孔明显。卵散产,无粘性,产卵速度惊人,每分钟可达45~340粒。

2.2.2 幼虫 初孵幼虫为乳白色,1~2龄虫由于生活在地表枯枝落叶层,体色变为浅灰或灰褐色。幼虫上树以后,初期主要取食韧皮部,体色仍然较深,之后随着蛀入木质部取食和蜕皮次数及虫龄的增加,颜色逐渐变浅变白。低龄幼虫头部棕褐色,老龄幼虫头部黑褐色(图1a),体乳白色。初孵幼虫体长1.90~2.26 mm,头宽0.32~0.39 mm,老熟幼虫体长72.42~110.84 mm,头宽7.08~10.98 mm,额高于冠缝之长,额片宽,下端不与后唇基片相连。上唇缺切线,约为上唇高的1/5,上具刚毛。上颚具4齿。吐丝器长锥形,向后下方伸出。具12只单眼,每侧六只,排成两行,第5只单眼与触角相连,触角有3节,上具刚毛1根。

前胸背板褐色,骨化强,两侧各有1个气门和1个黑色凹陷斑点,气门椭圆形,气门筛黄褐色,围气门片棕色;胸足粗壮,黄褐色,基节宽大于长,腿节和胫节长大于宽,圆筒形,跗节锥形,爪尖锐;腹足5对,第3~6节和臀部各有1对腹足,趾钩呈弯钩状,排成扁圆环形,双环单序,排列整齐,1对臀足缺环双序,分别由2个圆形组成,外圆环比内圆环大,前侧趾钩连接,后侧断开,第1行趾钩比第2行长4/5;腹部1~8节两侧各有1个气门;由于生活在树干的蛀道中,依靠胸、腹、足及身体的蠕动而运动,体型呈“~”形。

2.2.3 成虫 成虫可明显地分为黑色和黄色2种色型,不同色型成虫身体上的毛和翅膀上的鳞片颜色不同,黑色型头部和前翅灰黑或黑褐色,黄色型头部和前翅棕褐色或黄褐色。桉蝙蛾属大型蛾类,雌蛾体长50.2~60.8 mm,平均60.0 mm,翅展80.6~110.4 mm,平均90.9 mm;雄蛾体长40.7~50.6 mm,平均50.5 mm,翅展70.9~100.6 mm,平均80.9 mm。头部小,头顶部位有成丛的褐色长毛,后

缘圆弧形,触角长度5.5~6.2 mm,丝状,由柄节、梗节和19~23节鞭节组成;复眼大,棕黑色,各小眼有银白色光泽,两复眼占头部超2/3,上颚及下颚须均退化,下唇须极短小,只有较光滑的锥形体,喙退化,只有很小的泡形突(图1b)。

胸部狭长似梭形,被密毛,约占体长1/3,前、中、后胸分节明显;前胸前窄后宽;中胸背板狭长呈盾形,背线明显,小盾片呈倒心形,外面披有长毛,似扇状;后胸背板呈两个果核形,中间有纵沟,长有短毛,小盾片近三角形,前尖后圆,披有成丛的长毛。胸部腹面棕褐色,翅基片有白色膜;前翅狭长正面黄褐色,长宽比例为3:1,翅轭长而尖;前缘有6个边缘不整齐的黑色色斑,其中,第5个中间是褐色,外面3个连接的黑斑组成,似花状;翅面无整齐而规律的横带,上至R脉、下连Cu脉、外至横脉外侧间,形成一个灰褐色三角区,中室基部有1个黑色斑点,里面有1个白色小斑,中室端有一白色“-”形条斑和一白色小斑,Cu脉下方至后缘以及外缘、亚外缘带由深色不规则的椭圆形斑组成,外缘弧形,边缘整齐无明显的缘毛;Sc脉达翅长的3/5,R<sub>2</sub>与R<sub>3</sub>脉同柄,在接近外缘时分开,Cu<sub>2</sub>脉不达外缘,仅至外缘1/3,Cu<sub>2</sub>脉1/2处有一横脉与A脉衔接,A脉仅1根,但基部有1个小脉室;后翅浅褐色,鳞片薄,呈半透明。前后翅反面黄褐色,前翅前缘的6个斑纹仍能清晰可见,中室基部及端部的白色小点及白色条斑十分清晰,其它部位的斑纹则很模糊,后翅反面颜色与正面相同,翅脉更清晰。腹面下方两侧的各节侧片上各有胸足1对,前足较短,侧缘有密集的长毛;前足胫节内侧有距,短于中足,后足仅有中足的1/2,腿节发达似板状,弯曲,外上方有放射形长毛,雄虫后足基部有1束明显的黄色刷状毛,跗节5节,第1节长,之后各节逐渐变短,无明显爪垫。

雌性腹部近圆筒形,产卵前腹部膨大,初羽化时里面可见透明的不成熟的卵。雄性腹部尖削,自第3节后逐渐变细,腹部末端的长毛丛向下内方包拢,掩盖住外生殖器的腹面。

2.2.4 蛹 蛹长圆筒形(图1c),刚脱皮的蛹为乳白色,逐渐变成黄白色、黄色,最后变成黄褐色,头胸部颜色较腹部深,即将羽化时头部变为灰褐色或黑褐色,胸腹部为黄褐色或棕褐色,蛹长42.64~73.66 mm,最宽处在头部复眼处,宽达7.9~11.02 mm,腹部最宽处在第3节,为7.08~10.58 mm。头部两侧隆起呈瘤状,上有刚毛数根,触角在头部两侧

分开,明显可见,长达下颚须部位;下唇须很短,乳突形,下颚须为触角所掩盖,下颚短,位于前足末端上方,长只有前足的1/3;前足达翅长的中部,转节可见,中足上端不与复眼连接,下端达前足上方,紧贴前、后翅,被翅所覆盖;后翅明显外露在前翅下方;腹部正面3~6节上的幼虫腹足痕迹可见,4~6节有排成波浪状的倒刺,第7节上的波浪形倒刺中间弯曲度大,第8节上有1对瘤状突,上面各有刚毛1根。雌蛹第8节中间有“人”状的纹,与第9节一突起连接,雄蛹在腹部中线两侧有2个小点突起,第9节有1个生殖孔;腹部背面第1节粗糙,第2节光滑,第3~7节上面各有倒刺组成的波浪状横带2条,第1条比第二条突出,第8、9节上面有瘤状突,

末端无臀棘。

### 2.3 年生活史

在广西,桉蝙蛾多数个体为1年1代,少数为2年1代。当年羽化的幼虫均以老熟幼虫在树干中越冬,而当年不羽化的幼虫则越冬虫龄不整齐,虫体较小,体色较深。据2011年观测,幼虫于12月中下旬开始越冬,次年2月上中旬开始吐丝化蛹。在博白,蛹期平均历期55 d,4月8日开始羽化,4月15—16日为高峰期,4月下旬为末期;在南宁,蛹期平均历期57 d,4月12日开始羽化,4月23—24日为高峰期,5月上旬为末期。南宁和博白两地成虫出现高峰期相差1周左右(表3)。

表3 桉蝙蛾年生活史表

地点	月 旬	1			2			3			4			5			6—11			12			
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
博白	卵										●	●	●	●									
	幼虫	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	蛹																						
	成虫																						
南宁	卵													●	●	●	●						
	幼虫	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
	蛹																						
	成虫																						

注:●表示卵;-表示1年1代幼虫;=表示2年1代幼虫;○表示蛹;+表示成虫;()表示越冬态。

### 2.4 生物学特性

在南宁室温条件下,胚胎在卵内发育时间为14~15 d,即可孵化出幼虫。4月底至5月上旬初孵幼虫出现,幼虫孵化后极为活跃,可敏捷地前行或向后倒行,出壳后即寻找适宜的匿身和取食场所,可吐丝悬垂。低龄幼虫在地面腐殖质或腐木中生活,6—8月份开始陆续转移上树,7—8月份为上树高峰期,8—9月树干上出现明显的木屑包(为野外调查最佳时机)(图2a)。幼虫转移上树的时间不整齐,上树后主要从树叉、创口或藤条缠绕处取食入蛀,一般不直接蛀入木质部,而是呈环状取食韧皮部(图2b),并吐丝织结木屑覆盖取食和藏身部位,然后再逐步蛀入木质部取食和藏身。环状取食部位达树干周径的1/3~2/3,有的甚至环绕树干取食1周,极易造成风折(图2c)。蛀道沿着树干纵向蛀入,多数向下方蛀入,蛀道光滑和干净,1株寄主可有1~18条幼虫入蛀,同一木段可有多条蛀道,但蛀道之间平行互

不联通,每条蛀道内只有1条幼虫。实验观察将2条幼虫放入1个容器会相互攻击,直到1条幼虫逃离或死亡。幼虫一旦蛀入树干,一般不再主动转移,即使蛀蛀部位被人为砍伐、折断或枯死,只要蛀道没有被破坏,幼虫都不会爬出蛀道向健康林木转移,砍伐或枯死木段中的幼虫由于水分和营养缺乏,虫体发育不良逐步萎缩,部分干死。如果蛀道被人为劈开破坏,则未受伤的幼虫会重新寻找寄主转移入蛀。



图2 桉蝙蛾对桉树的危害

老熟幼虫越冬过后,于2月上旬打开木屑包,并吐丝封住蛀道口开始化蛹,吐丝化蛹到成虫羽化时间为53~60 d。蛹在蛀道内利用腹节的钩刺和腹部背面的齿突与蛀道壁的摩擦,可在蛀道内上下蠕动,羽化前2~3 d,顶破丝网移至蛀道口,部分蛹的头部和胸部裸露在蛀道口外准备羽化。

室外大棚观察,成虫羽化高峰为下午5:00—6:00点。成虫羽化脱离蛹壳后缓慢向上方爬行,在距木屑包30~50 cm处停歇,依靠前足挂住身体展翅,完成整个展翅过程需要15~20 min。展翅完成后双翅收拢覆盖在背面呈屋脊状,静伏不动。于傍晚天黑时(南宁为19:30)开始婚飞交配,雌雄一起飞翔,于空中求偶交配,在寻找配偶时飞翔较慢,找到配偶后相互追逐飞翔速度较快。飞翔的范围主要集中在羽化区域,在25 m×25 m×3 m的大棚中观察,飞行高度集中在0.5~2.5 m,水平距离不超过20 m,在大棚中主要围绕羽化区域(放置带蛹木段的一角)飞翔,未发现飞翔或停留到大棚其它3个边角区域。求偶、飞翔、交配时间仅持续15~20 min。交配成功后雌雄虫一起飞到可停留的地方,由雌虫用前足悬挂在树枝或沙网上,雄虫倒挂悬空继续交配,雌雄虫仅通过尾部生殖器固定。成虫羽化当晚开始交配,静止交配时间常持续24 h,直到次日傍晚其它未交配的成虫飞翔时才分开,雌雄分离后停歇几分钟开始飞翔。交配完成当晚即可产卵,未交配雌蛾羽化当晚也可产卵。羽化初期雄蛾比例较高,雄虫羽化期比雌虫提前2~3 d,雄虫受惊动可从腹部末端的生殖孔射出黄色的精液。雌虫的产卵数量很大,为8 450~16 300粒。成虫对室内的光源有一定的趋向性,但用高压汞灯和频振式诱虫灯在野外和大棚内均未诱捕到,用1~2日龄的雌蛾在野外和大棚内均未诱捕到雄虫。成虫寿命为6~8 d,未见补充营养。

## 2.5 桉蝙蛾发生环境

2.5.1 寄主植物 目前已发现桉蝙蛾危害桃金娘科桉属(*Eucalyptus*)乔木树种,主要是杂交速生用材林无性系,有巨尾桉(*Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*)广林9号,尾巨桉(*E. urophylla* × *E. grandis*)DH3327、DH3329,巨细桉(*E. grandis* × *E. tereticornis*)DH201和柳窿桉(*E. saligna* × *E. exserta*),以巨尾桉和尾巨桉危害最严重,巨细桉和柳窿桉偶有发生。此外,调查还发现大量的林下杂灌木受桉蝙蛾危害,危害较重的野生寄主有大戟科(*Euphorbiaceae*)

白背桐(*Mallotus apelta* (Lour.) Muell. Arg)、毛桐(*Mallotus barbatus* (Wall.) Mull. Arg.)、小蜡(*Ligustrum sinense* Lour.)和土蜜树(*Bridelia tomentosa* Bl.),葡萄科(*Vitaceae*)葡萄(*Vitis vinifera* Linn.)和扁担藤(*Tetrastigma planicaule* (Hook.) Gagnep.),马鞭草科(*Verbenaceae*)大青(*Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.),榆科(*Ulmaceae*)山黄麻(*Trema tomentosa* (Roxb.) Hara)等。

2.5.2 危害树龄及危害部位 在调查的55块样地中,有18块林分受到桉蝙蛾不同程度危害,其中有16个样地为1~2年生低林龄,占受害样点数的88.9%,且其平均受害株率达36.4%;3年生以上的中龄林仅占11.1%(桉树速生用材林采伐周期为4~6年),且其受害程度较轻,平均受害株率为12.2%。

桉蝙蛾在桉树树干上0~10 m的高度均可危害。通过476个危害部位(距地面高度 $H$ )按 $0\text{ m} \leq H < 1.0\text{ m}$ 、 $1.0\text{ m} \leq H < 2.0\text{ m}$ 、 $2.0\text{ m} \leq H < 3.0\text{ m}$ 、 $3.0\text{ m} \leq H < 4.0\text{ m}$ 和 $H \geq 4.0\text{ m}$ 5个区间进行分类统计表明:桉蝙蛾危害部位主要集中在距地面0~1 m树干部位,占总数的65.1%,以危害主干为主,仅发现2个侧枝受害。随着高度增加,危害逐步减少(图3)。对各区间虫口数量进行方差分析表明:5个高度范围之间的虫口数量差异极显著( $P = 0.000 < 0.01$ )。经多重比较结果表明:1 m以下的虫口数量与其他4个高度差异均极显著( $P < 0.01$ ),1~2 m高度与2 m以上3个高度的差异显著( $P < 0.05$ ),而2 m以上3个高度间的差异不显著。

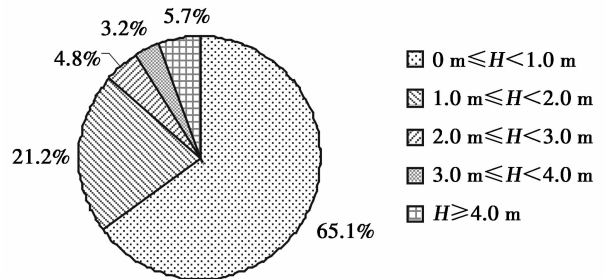


图3 桉蝙蛾幼虫在树干上的垂直分布( $H$ 为距地面高度)

2.5.3 危害程度与地形地势 桉蝙蛾的危害主要集中在丘陵山区。通过对不同坡位的18块标准地幼虫密度统计表明:桉蝙蛾在沟谷区域危害最严重,虫口密度最高,每百株树达28.39头,其次是下坡位,每百株树达17.17头。随着坡位上升,桉蝙蛾危害程度逐渐减轻(图4)。不同坡位间虫口密度的差异极显著( $P = 0.000 < 0.01$ ),说明桉蝙蛾危害程

度与坡位有显著关系,以沟底和下坡位的危害程度最重,是防治该虫的关键区域。

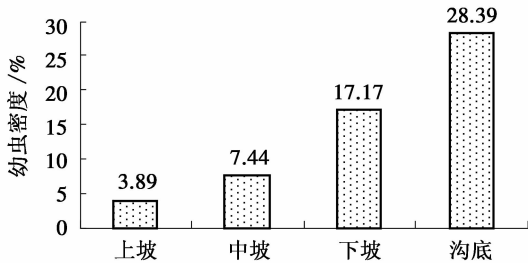


图4 不同坡位桉蝙蛾虫口密度

### 3 结论与讨论

#### 3.1 桉蝙蛾容易发生在低丘沟谷地带

这与寄主植物的丰富度和成虫的飞翔能力有关。桉蝙蛾危害桉树是典型的本土昆虫对外来树种的适应,低丘沟谷地带杂灌木比较丰富,为桉蝙蛾的繁殖提供了丰富的野生寄主,也为桉蝙蛾由野生寄主向桉树转移提供了虫源。同时,桉蝙蛾属于大型原始蛾类,成虫体重较大,尤其是未产卵雌蛾平均质量达4.63 g,是蛀干蝙蝠蛾中体型最大的一类<sup>[2]</sup>,飞翔能力较弱,除了傍晚婚飞交配活跃外,其它时间基本不活动,无论白天或晚上发现成虫,均很容易捕捉,受到惊吓也没有迅速逃离的行为,桉蝙蛾从高处向低处飞翔相对容易,而从下坡往上坡飞行则比较困难。

#### 3.2 桉蝙蛾主要危害1~2年生低林龄速生桉树无性系,且多危害2 m以下的主干

这与低林龄桉树无性系生长快速,树皮和材质相对于老龄树干疏松,容易钻蛀,含水率较高,营养物质较丰富等因素有关。近年来,广西已很少种植无性系以外的其它桉树品种,柠檬桉、窿缘桉、大叶桉、巨桉和尾叶桉等品种都是多年前种植的老树,调查中均未发现受害,但巨桉和尾叶桉杂交系列无性系均受害严重。桉蝙蛾的野生寄主多是3 m以下的杂灌木,危害部位以1 m以下居多,在树上较低部位转移成功,有利于快速找到取食和栖身场所,减少幼虫在树干上暴露时间,减少天敌为害,提高成活率。

#### 3.3 桉蝙蛾成虫有黑色和黄色2种色型,但2种色型之间没有形态差异和生殖隔离

观察发现:桉蝙蛾雌雄均有黑色和黄色两种不同色型,它们之间可以自由交配,且产下的卵可以孵化出幼虫。5对成功交配的成虫色型如下:♀黑×♂黄2对,♀黄×♂黑1对,♀黄×♂黄1对,♀黑

×♂黑1对。

#### 3.4 桉蝙蛾在广西多数1年1代,少数为2年1代

桉蝙蛾1年只有1次羽化期,化蛹和羽化时间比较集中,但世代不整齐,与柳蝙蛾相似,柳蝙蛾在辽宁多数个体1年1代,少数2年1代<sup>[13]</sup>。世代分化机理尚待研究,可能与寻找寄主困难、上树时间较迟、中途被迫转移、发育不良、环境及生物学等因素有关。

#### 3.5 需要进一步研究的问题

本文仅对桉蝙蛾的形态和生物学进行了初步的研究。桉树速生丰产,是南方主要用材林和国家木材战略储备的主要树种,全国栽培面积已达300多万 $\text{hm}^2$ 。桉蝙蛾危险性综合指数为1.91,属于接近高度危险(指数为2.0~2.4)的森林有害生物<sup>[9]</sup>。桉蝙蛾目前只在广东和广西有报道,但其本土原始记载却是湖南和上海,因此不排除其它省的桉树或其它寄主也有此虫危害。建议有关部门组织所有桉树栽培省(区)开展1次普查,进一步调查寄主植物,深入研究其生态学与发生规律以及本土昆虫对外来树种的适应过程和机理、信息素技术、监测防控技术等,为害虫的有效防治提供科学依据。

#### 参考文献:

- [1] 朱弘复,王林瑶,韩红香.中国动物志(鳞翅目蝙蝠蛾科)[M].北京:科学出版社,2004,38:63-86
- [2] 朱弘复,王林瑶.蛀干蝙蝠蛾(鳞翅目:蝙蝠蛾科)[J].昆虫学报,1985,28(3):290-300
- [3] 庞正轰.中国桉树害虫现状和防治对策[J].广西林业科学,2001,30(4):169-170
- [4] 奚福生,罗基同,李贵玉,等.中国桉树病虫害及害虫天敌[M].南宁:广西科学技术出版社,2007:149-154
- [5] 项东云,陈健波,叶露,等.广西桉树人工林发展现状、问题与对策[J].广西林业科学,2006,35(4):195-201
- [6] NAIN K S S. Tropical Forest Insect Pests: Ecology, Impact, and Management[M]. New York: Cambridge University Press, 2007: 348-353
- [7] 于永辉,杨振德,庞正轰,等.中国桉树蛀干害虫研究现状[J].中国森林病虫,2011,30(3):25-28
- [8] 杨幸好,陈尚文,于永辉,等.桉蝙蛾在广西的发生危害监测与风险分析[J].安徽农业通报,2012,18(2):84-86
- [9] 曹书阁,庞正轰,杨幸好,等.桉蝙蛾幼虫空间分布型的研究[J].安徽农业科学,2011,39(19):11492-11495
- [10] 陈尚文,刘杰恩.香根草提取物虫道注射对桉蝙蛾作用的初步试验[J].安徽农业通报,2008,14(13):169-170
- [11] 刘杰恩,陈尚文.吡虫啉虫道注射对桉蝙蛾作用的初步试验[J].中国生物防治,2008,24(增刊):36-38
- [12] 岑巨延.广西桉树人工林二元立木材积动态模型研究[J].华南农业大学学报,2007,28(1):91-95
- [13] 迟德富,孙凡,甄志先,等.柳蝙蛾生物学特性及发生规律[J].应用生态学报,2000,11(5):757-762