

文章编号: 1001-1498(2007)03-0394-05

桑天牛雌成虫产卵器解剖和刻槽及产卵习性研究

金凤^{1,2}, 嵇保中^{1*}, 刘曙雯³, 田铃¹, 高洁¹

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 金陵科技学院园艺学院, 江苏 南京 210038;
3. 江苏省南京中山陵园管理局, 江苏 南京 210014)

摘要:桑天牛刻槽产卵行为主要包括刻槽位置选择、咬槽、产卵、封槽 4 个阶段。制作刻槽时头部向下, 先咬“川”字形浅槽, 再于浅槽下方咬椭圆形深槽, 然后产卵器伸入深槽底部翘起的木缝并产卵于木质部中, 封好的刻槽呈“U”字形, 且中部突起。产卵器长 14.28 ± 1.91 mm, 其上分布多数毛状感器。刻槽长 13.78 ± 1.75 mm, 宽 6.94 ± 0.99 mm。在 2 年生枝条上, 刻槽宽与枝条直径、木质部厚度相关极显著, 刻槽深度与木质部厚度相关极显著。空槽与有效刻槽在长度与宽度方面均无显著差异, 但空槽深槽较浅, 难以形成木缝。

关键词:桑天牛; 产卵器; 刻槽; 产卵习性

中图分类号: S718.7 文献标识码: A

Studies on the Anatomical Structure of Ovipositor and the Gnawing Nidus and Oviposition Habits of Female Adult *Apriona gemari*

JIN Feng^{1,2}, JI Bao-zhong^{1*}, LIU Shu-wen³, TIAN Ling¹, GAO Jie¹

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China,
2. Department of Horticulture, Jinling College of Science and Technology, Nanjing 210038 Jiangsu, China,
3. Management Office of Sun Yat-sen's Mausoleum, Nanjing 210014, Jiangsu, China)

Abstract: The process of oviposition behavior of *Apriona gemari* includes 4 successive phases: searching a place for oviposition, gnawing a nidus, oviposition and blockading the nidus. At the beginning of the gnawing nidus, the female adult turned its head downwards, gnawed “川”-shaped shallow groove, then gnawed a deep oval groove below. After the nidus was established, the female adult laid an egg into the crack on the bottom of deep groove and blockaded nidus with secretion and bark detritus. A finished nidus was approximately “U” shape with a tilt on the middle of the bottom. The mean length of ovipositor was 14.28 ± 1.91 mm. There were a lot of sense hairs on valvulae. The mean size of nidus was as follows: length 13.78 ± 1.75 mm, width 6.94 ± 0.99 mm. There were a pronounced linear correlation between nidus' width and the diameter of host branch as well as the nidus' width and the thickness of xylem. Moreover, the linear correlation of the depth of nidus and the thickness of xylem was also very conspicuous. The difference of length and width between the nidus with or without egg was not conspicuous. But the nidus without egg was not deep enough for female adult to lay egg.

Key words: *Apriona gemari*; ovipositor; gnawing nidus; oviposition habits

桑天牛 *Apriona gemari* (Hope) 是我国重要的林业害虫, 在江苏、河北、安徽、山东等 25 个省市均有

收稿日期: 2006-07-04

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30271086; 30471399); 江苏省高校自然科学基金计划项目 (04KJB180053)

作者简介: 金凤 (1973—), 女, 吉林通化人, 讲师, 博士研究生, 主要从事森林昆虫学研究。

* 通讯作者: 嵇保中 (1956—), 汉族, 江苏灌南人, 教授, 博士生导师。

分布,危害桑树 (*Morus alba* L.)、山核桃 (*Carya cathayensis* Sarg.)、杨树 (*Populus* spp.)、无花果 (*Ficus carica* L.) 等多种林果树种^[1,2]。刻槽产卵是桑天牛生物学特性的重要内容,也是成虫选择产卵场所后实施子代入侵定殖的重要环节,与桑天牛危害的治理,如营林技术防治、抗性树种选育等关系密切,受到人们的关注。不少作者在记述桑天牛成虫生物学特性时,都对刻槽产卵习性进行了描述,但内容并不一致。如对刻槽形状的描述,就有“U”字形^[3-6]、“川”字形^[7]、“V”字形^[8,9]或者产卵前为“川”字形,产后呈“U”字形^[10]等不同表述。刻槽产卵实质上是成虫通过口器和产卵器的共同作用,营造卵以及初龄幼虫生境的过程,天牛生殖系统的解剖构造已有报道,但未涉及产卵器构造与刻槽性状等因子的关系,桑天牛产卵器构造还未见有系统报道^[11-15]。本文通过室内饲养观察,对桑天牛刻槽产卵行为进行了系统研究,在研究产卵器构造的基础上,分析其与刻槽产卵习性的关系,以作为虫害治理和进一步深入研究桑天牛生殖行为及其调节机制的参考。

1 材料和方法

1.1 供试昆虫与食料枝条

6月中、下旬开始采集桑天牛成虫,主要采集地点为南京幕府山行知园一侧林缘地带。所采成虫在实验室内(25℃、RH75%)用2年生构树(*Broussonetia papyrifera* (L.) Vent)枝条水培饲养。采集的构树枝条清洗晒去表面水分使用,隔天换以新鲜枝条。

1.2 雌虫产卵器及末端腹节形态结构观察

将雌虫剪去翅、足后,用解剖剪沿成虫腹部气门线,由腹末一直剪到胸部后缘,剪时剪尖紧贴体壁。两侧体壁剪开后,再沿胸腹部交接处横向剪开腹部背板。将解剖虫体固定在蜡盘中,加水至浸没虫体,在体视显微镜下,除去腹部背板、消化道、气管等器官组织。观察生殖系统以及腹部各节形态,进一步解剖获得产卵器并测量长度。生殖系统以及产卵器镜检整理后在LEICA CLS 150X型解剖镜下观察,NIKON E 4500型数码相机摄影。

1.3 产卵行为的观察

将处于产卵期的雌成虫单头饲养在玻璃缸和笼中,配置2~3年生构树枝条供其产卵,在傍晚和夜间对其产卵行为进行观察,并记录完成不同产卵行为所需时间。

1.4 刻槽影响因子研究

分别以不同粗细、不同树龄的构树枝条供给不同雌虫产卵,每次产卵时间为2 d,整个实验重复3~4次。统计枝条上空槽数和有效刻槽数,测量刻槽处枝条直径、树皮厚度、木质部厚度以及刻槽大小,统计分析上述因子对刻槽制作的影响。

2 结果与分析

2.1 雌虫产卵器和末端腹节形态

参照云斑天牛(*Batocera horsfieldi* Hope)、黄斑星天牛(*Anoplophora nobilis* Ganglbauer)等生殖系统的构造特点和命名^[11,16],桑天牛产卵器主要由第八腹节、第八腹节与第九腹节间的节间膜、第九腹节特化而成(图1)。其中,第八腹节背板、腹板形成的管腔位于泄殖腔的端部,第八、第九腹节节间膜形成泄殖腔内陷入腹腔中,第九腹节特化成泄殖腔的底部。泄殖腔的内壁部分骨化,第九腹节背板基部膜质,端部骨化,骨片条状弧形,腹板膜质,其半腹片特化成一对产卵瓣,生殖孔开口于产卵瓣基部。每个产卵瓣中背腹各有一根细长骨片,端部有尾片相连。产卵时,产卵瓣伸出腹末,泄殖腔随之翻出体外形成产卵器。雌虫产卵器长度为:14.28±1.91 mm(20头平均,平均值±标准误)。第七腹节是非产卵时腹末最后一节可见节,长约是其余可见节的两倍,背板、腹板末端渐窄并均中裂呈双瓣状,背板背面呈弧状下弯,腹板末端也呈下弯状,背板腹板闭合后形成一近锥状的腔。第八腹节内陷于第七腹节内,产卵时伸出体外。第七腹节末端、第八腹节、产卵瓣和尾片上均着生大量感觉毛。

2.2 刻槽制作和产卵行为

对31头雌虫43次产卵过程的观察结果表明:桑天牛一般在凌晨或下午温度适宜时进行取食,产卵主要集中于傍晚和夜间。在构树枝条上桑天牛主要把卵产在寄主木质部或髓心部位,整个刻槽产卵过程可分为刻槽部位的选择、咬槽、产卵和封槽4个阶段:(1)刻槽部位选择:雌虫选择刻槽部位时多沿笼壁、缸壁、枝条上行走,两触角与身体平行,呈锐角由头部伸向前方,并不断以下颚须、下唇须探触枝条表面,直到选定位置。(2)咬槽:一般选好位置后,雌虫身体多呈倒立状开始咬槽。咬槽过程可分为两个阶段:即“川”字形浅槽和椭圆形深槽的制作。雌虫先由下至上将枝条咬成“川”字形,所咬处均深达木质部,然后在“川”字最下方咬深槽,深槽上槽壁

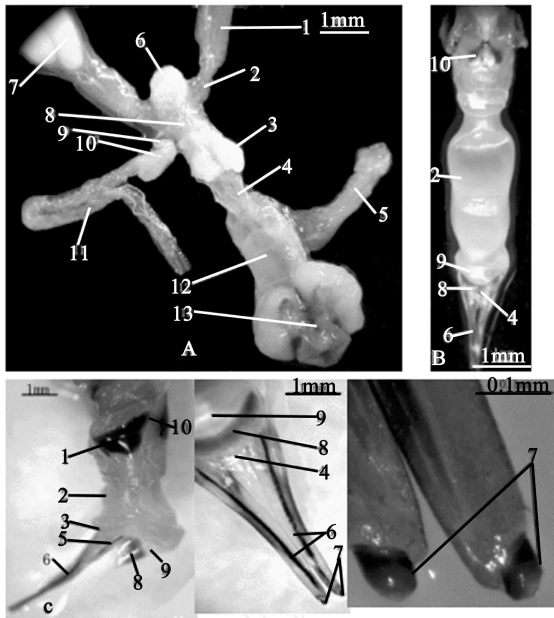


图 1 桑天牛雌虫生殖系统构造

- A. 内生殖器官腹面观: 1. 输卵管萼 2. 侧输卵管
3. 生殖板肌肉团 4. 阴道 5. 直肠 6. 交配囊
7. 卵槽中的卵 8. 中输卵管 9. 受精囊管
10. 受精囊 11. 受精囊腺 12. 泄殖腔
13. 第八腹节腹板; B. 雌虫产卵器完全伸出时背面观;
C. 产卵器部分伸出侧面观; D. 产卵瓣背面观; E. 尾片:
1. 第八腹节侧板 2. 第八、第九腹节之间的节间膜
3. 第九腹节膜质腹板 4. 生殖孔 5. 产卵瓣
6. 内杆 7. 尾片 8. 第九腹节背板骨化区
9. 第九腹节背板膜质区 10. 第八腹节背板

与树枝生长方向多呈 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 角。在咬“川”字形浅槽时,成虫先将一侧上颚固定在“川”字刻槽的一边缘上,而另一上颚将“川”字中间处的皮层和木质部拉向一边。而咬深槽底部时,雌虫后足尽量伸直,腹末远离枝条,前中足抱住枝条使头部上颚几乎全部伸入槽中。(3)产卵:刻槽咬好后,雌虫调转身体,腹末产卵器微微伸出,以腹末不断碰触枝条表面,身体同时不断变换位置来寻找刻槽深槽槽口,找到后即伸入产卵器,此时雌虫腹末弯向头部,整个身体末端呈钩状(图 2)。然后腹部不断收缩使产卵器膨大,前、中足伸直使重心移向腹部,产卵器将深槽上壁与槽底相连处撬起一条缝隙并逐渐伸入木缝中,到达合适位置后,产卵开始。经过 2~5 次的腹部收缩,一粒卵产入木缝中,一般一个刻槽只产一粒,极少数产 2 粒。(4)封槽:产卵结束后立即缩回产卵器,2~3 s 内即开始分泌透明液体并封槽。桑天牛用腹末将木屑、树皮及分泌物堵塞深槽槽口,再用腹末在其他咬痕上到处锤打,将分泌物涂抹在其

他咬痕上,并压实。封好的刻槽呈“U”字形,且中部突起。



图 2 桑天牛产卵

2.3 刻槽产卵各过程所需时间

对 13 头雌虫 15 次刻槽产卵过程时间的测定表明,咬槽平均历时 20.84 ± 10.66 min,产卵需用 4.37 ± 1.90 min,封槽时间一般为 7.30 ± 2.49 min,从咬槽开始整个过程需 32.51 ± 11.06 min。雌虫在咬槽时如果受到干扰,触角会来回摆动并停止咬槽,直到感觉安全后继续。雌虫产卵时受到干扰,反应与咬槽时基本相同,但有时会发生产卵器塞在木缝中无法缩回的情况。而雌虫在封槽时被干扰,一般会迅速逃离,待感觉安全后继续完成封槽动作,尽管此时所封并非其产卵刻槽。

2.4 刻槽及其影响因子

新鲜刻槽中部隆起,两边咬痕几乎平行。对 247 个刻槽(包括空槽)测定结果,刻槽平均长 13.78 ± 1.75 mm,平均宽 6.94 ± 0.99 mm。210 个有效刻槽长平均为 13.81 ± 1.78 mm,宽 6.91 ± 0.99 mm。43 个有效刻槽深度平均为: 1.72 ± 0.41 mm。

对不同树龄枝条上刻槽数统计表明(表 1),刻槽主要集中在 2、3 年生的枝条上。用 Microsoft Excel 软件将所测 2 年生枝条上刻槽长、宽、深度分别与刻槽处枝条直径、树皮厚度、木质部厚度等进行线性相关分析,对回归方程的相关系数进行显著性检验,分析结果为:刻槽长度与刻槽处枝条直径、树皮厚度、木质部厚度等均相关不显著;刻槽宽度与刻槽处树皮厚度相关不显著,但与木质部厚度、枝条直径相关极显著,刻槽深度与刻槽处木质部厚度相关极显著,而与刻槽处枝条直径、树皮厚度相关不显著。刻槽平均深度与产卵器长度相关分析表明,刻槽平均深度与产卵器长度直线相关显著,说明刻槽深度除受到寄主木质部厚度影响外,还受雌虫产卵器长度影响(表 2)。

表 1 不同年龄构树枝条上空槽率的比较

枝条 年龄 /a	刻槽数 / 个	空槽数 / 个	空槽率 / %	刻槽率 / %	空槽处枝条 直径 /mm	有效刻槽处 直径 /mm	空槽处树皮 厚度 /mm	有效刻槽处 树皮厚度 /mm	空槽处木质 部厚度 /mm	有效刻槽处木 质部厚度 /mm
1	42	10	23.8	19.1	8.50	8.34	0.48	0.51	2.22	2.31
2	89	12	13.5	40.5	10.33	10.08	0.52	0.54	2.89	3.02
3	82	13	15.9	37.3	11.56	10.98	0.58 [*]	0.63	3.63	3.54
4	7	1	14.3	3.2	9.55	12.27	0.76	0.84	3.06	3.68
(合计)	220	36	16.4	100						

* 表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。

表 2 刻槽大小影响因子

相关分析对象	相关系数 (r) 比较	相关程度	回归方程
刻槽宽 (y) 与其处木质部厚度 (x)	$r=0.4917 > r_{0.01}(87)=0.267$	极相关	$y=0.6425x+0.4879$
刻槽宽 (y) 与其处枝条直径 (x)	$r=0.6999 > r_{0.01}(87)=0.267$	极相关	$y=0.3401x+0.3375$
刻槽深度 (y) 与其处木质部厚度 (x)	$r=0.6350 > r_{0.01}(18)=0.561$	极相关	$y=0.417x+0.0559$
刻槽平均深度 (y) 与产卵器长 (x)	$r=0.5552 > r_{0.05}(13)=0.514$	相关	$y=0.1701x-0.0648$

2.5 空槽与有效刻槽的比较

41 个空槽长平均为: 13.56 ± 1.63 mm, 宽平均为: 7.12 ± 1.03 mm。比较空槽与有效刻槽的大小, 统计分析结果经 T 检验, 空槽与有效刻槽长、宽差异均不显著。

统计比较不同树龄枝条上的刻槽数表明: 桑天牛主要选择 2~3 年生枝条制作刻槽。对 1~4 龄枝条上的空槽率进行两两比较的假设测验, 经 U 检验表明不同树龄枝条上空槽率差异不显著。同时, 经 T 检验比较同龄枝条上空槽与有效刻槽处枝条直径、树皮厚度、木质部厚度等的差异, 结果见表 1。除 3 年生枝条上空槽处树皮厚度与有效刻槽处树皮厚度差异显著外, 其他各龄枝条上空槽处与有效刻槽处的枝条直径、树皮厚度、木质部厚度均差异不显著。

3 讨论

3.1 刻槽深度、产卵部位与寄主范围的关系

根据产卵部位天牛刻槽产卵习性可分为两类, 一类是制作刻槽后, 将卵产于刻槽边缘的树皮下方, 初孵幼虫先取食韧皮部组织然后再蛀入木质部, 目前已报道的如松墨天牛 (*Monochamus alternatus* Hope)、蓝墨天牛 (*Monochamus gerryi* Pie)、光肩星天牛 (*Anoplophora glabripennis* Motschlsky)、星天牛 (*Anoplophora chinensis* Forster)、云斑天牛、碎斑簇天牛 (*Aristobia voeti* Thomson)、中墨筒天牛 (*Oberus inclusa* Pascoe) 等均属此类^[17~20]。与上述天牛刻槽产卵习性不同, 桑天牛刻槽深入木质部, 直接产卵于刻槽内翘起的木片下方, 初孵幼虫即以木质部为食^[3~8]。此外, 桑天牛雌虫在刻槽制作、产卵及封槽等行为方

面精细而复杂。刻槽产卵的生态学意义在于降低寄主林木对天牛卵和初龄幼虫的抗性, 刻槽产卵习性的获得使天牛可直接危害健康木^[21]。从树木生长特性看, 小枝木质部主要行使输导功能, 生长活性较弱, 桑天牛刻槽深达寄主木质部, 不仅避开了生长迅速的形成层组织, 使形成的伤口难以愈合, 还降低了树木体内代谢产物对卵和幼虫的作用, 因而更有效地降低了林木的抗虫性, 这可能是桑天牛寄主广泛能危害多种林果树种的原因。

3.2 选择刻槽产卵的器官

与光肩星天牛、松墨天牛等触角参加产卵场所定位的报道不同^[22~24]。桑天牛在选择刻槽产卵位置时, 其下颚须、下唇须不断与枝条表面碰触, 表明桑天牛主要通过下颚须、下唇须感受寄主信息来选择合适产卵位置。在选择产卵位置时, 桑天牛触角不与枝条表面接触, 也很少摆动, 表明触角的作用不明显。在刻槽形成以后, 桑天牛雌虫掉转身体准备产卵前, 有通过腹末碰触枝条的行为, 可能与确定刻槽槽口位置有关, 而雌虫第七、第八腹节、产卵瓣、尾片上均着生大量感觉毛, 则可能是用于确定位置的感受器官。

3.3 空槽成因

与其它天牛^[25]一样, 桑天牛刻槽产卵时也有空槽出现。上述分析表明空槽长、宽与有效刻槽差异不显著, 1~4 龄构树枝条的树龄、枝条直径、木质部厚度对空槽出现无影响, 而树皮厚度对空槽出现有一定影响。试验中发现空槽的深一般都较浅, 并难以形成深槽底部的缝隙, 无法产卵, 所以认为咬槽深度控制失调是形成空槽的原因。

参考文献:

- [1] 黄大庄, 闫浚杰, 胡隐月. 桑天牛在我国的地理分布区研究 [J]. 河北林学院学报, 1996, 11 (3~4): 263~269
- [2] 刘会梅, 孙绪良, 王向军. 桑天牛研究进展 [J]. 中国森林病虫, 2002 (5): 30~33
- [3] 北京林学院. 森林昆虫学 [M]. 北京, 林业出版社, 1991: 333~334
- [4] 刘随存, 赵瑞良, 吕小红. 桑天牛发生规律的研究 [J]. 山西林业科技, 1996 (1): 23~25
- [5] 高秀美, 冯冠华, 曹长余. 桑天牛发生规律与综合防治研究 [J]. 中国农学通报, 2001, 17 (2): 75~76
- [6] 吴仲祥, 印志祥, 汤爱平, 等. 金丝垂柳桑天牛防治研究 [J]. 江苏林业科技, 2003, 30 (6): 31~33
- [7] 李兴敏, 葛武伟, 杨雪萍. 桑天牛的防治方法 [J]. 河北果树, 2003 (4): 52
- [8] 郭本明. 桑天牛及其防治 [J]. 安徽林业, 1998 (6): 15
- [9] 李国元, 秦仲麒. 苹果桑天牛和星天牛的发生及防治 [J]. 植物医生, 1997, 10 (5): 12~13
- [10] 柴承佑. 五种常见杨树天牛生物学特性比较 [J]. 安徽农业科学, 1996, 24 (S1): 31~33
- [11] 嵇保中, 钱范俊. 云斑天牛生殖系统的研究 [J]. 南京林业大学学报, 1995, 19 (4): 14~20
- [12] 嵇保中, 严敖金, 钱范俊, 等. 桑天牛成虫内分泌器官形态及其与卵发育的关系 [J]. 南京林业大学学报, 1998, 22 (1): 79~81
- [13] 嵇保中, 钱范俊, 严敖金, 等. 桑天牛成虫神经系统解剖 [J]. 南京林业大学学报, 1998, 22 (2): 89~93
- [14] 张彦焯, 黄大庄, 武国强. 桑天牛对白杨派树种的选择及其防治措施的研究 [J]. 河北林果研究, 2005, 20 (3): 276~279
- [15] 王志刚, 黄大庄, 闫浚杰. 桑天牛在不同树种或品种间产卵选择性试验 [J]. 河北林学院学报, 1994, 9 (1): 65~69
- [16] 刘惠霞, 张克斌, 黄刚, 等. 黄斑星天牛生殖系统的形态解剖 [J]. 西北林学院学报, 1992, 7 (3): 80~84
- [17] 张执中. 森林昆虫学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1997
- [18] 喻泽懿, 余顺华. 蓝墨天牛的发生为害及防治对策 [J]. 植物医生, 2004, 17 (5): 21
- [19] 蒋芝云, 唐志祥, 邵生富. 碎斑簇天牛生物学特性初报 [J]. 中国森林病虫, 2004, 23 (5): 26~27
- [20] 王筱宁, 史玉梅, 刘芬红. 中墨筒天牛生物学特性的观察 [J]. 山东林业科技, 2003 (2): 14
- [21] 嵇保中, 魏勇, 黄振裕. 天牛成虫行为研究的现状与展望 [J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2002, 26 (2): 79~83
- [22] 陆群, 张玉凤. 光肩星天牛求偶、交尾及产卵行为的研究 [J]. 内蒙古林业科技, 1998 (3): 7~9
- [23] Hisashi Anbutsu, Katsumi Togashi. Oviposition deterrent by female reproductive gland secretion in Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* [J]. J C Ecology, 2001, 27 (6): 1 151~1 161
- [24] 张永惠, 郝德君, 王焱. 松墨天牛成虫交配与产卵行为的观察 [J]. 昆虫知识, 2006, 43 (1): 47~50
- [25] 钱范俊, 袁俊杰, 杜夕生. 云斑天牛产卵刻槽在杨树树干上的分布规律 [J]. 中南林学院学报, 1997, 17 (3): 82~85