

国槐尺蠖性信息素的生物学研究*

任自立 赵刚 徐建华 朱海清

(南开大学生物系, 天津 300071)

摘要 国槐尺蠖 (*Semiothisa cinerearia* Bremer et Grey) 的性信息素腺体位置通过触角电位、扫描电镜和组织学三种研究技术进行了检查。触角电位证明性信息素腺体位于产卵器。扫描电镜确定在雌蛾腹部第 VIII 和 IX-X 节之间的节间膜背面有一囊状结构。触角电位进一步证明这一囊状结构为性信息素腺体。腺体横切显示性信息素腺体细胞特征为核大, 细胞体呈柱状, 细胞质内有小空泡。触角电位证明雌蛾在暗周期(20:00, 21:00 和 22:00)产生的性信息素比在光周期(8:00, 9:00 和 10:00)多。风洞试验显示雄蛾在暗周期(21:00)比在光周期(9:00)对性信息素提取物的行为反应强烈。田间试验证明性信息素腺体提取物具有诱蛾活性。上述结果为国槐尺蠖性信息素的化学分离和鉴定提供了基础。

关键词 国槐尺蠖 性信息素腺体 触角电位器

国槐尺蠖 (*Semiothisa cinerearia* Bremer et Grey) 是为害国槐的主要害虫之一, 近年来发生严重, 造成大片国槐受害, 影响了公园和绿化地带的发展。由于其幼虫具有吐丝悬吊的习性, 使城市环境美化受到损害。长期使用农药喷雾防治, 不仅造成农药对环境的污染, 也破坏国槐尺蠖与其天敌小茧蜂和姬蜂间的生态平衡, 使国槐尺蠖的为害连绵不断。因此, 用性信息素来防治国槐尺蠖非常值得研究。本文首先对国槐尺蠖性信息素的生物学方面进行了研究, 以便为其成分的化学分离、鉴定、合成和应用提供根据。现报道如下。

材料与方 法

一、试验材料

国槐尺蠖在天津一年发生 4 代, 以蛹越冬, 4 月底越冬蛹羽化, 9 月上旬第四代幼虫开始入土化蛹越冬。本研究所用蛹采自野外, 按性别分开, 在室内培养至羽化, 得到所用成虫。

二、试验方法

1. 触角电位: 记录触角电位所用仪器和研究方法见作者 1983 年的报道。只是性信息素样品对触角的刺激改用 CQF-3 型刺激气流分配器(蚌埠无线电研究所研制)给出, 可以准确的控制气流的时间和流量, 便于定量和重复。

2. 组织学研究: 性信息素腺体用 Brasil 氏固定液固定 24 小时, 按石蜡常规切片法制作切片, 切片厚度 5—7 μm , 用 Ehrlich 氏苏木精液染色。

3. 风洞试验: 风洞由有机玻璃制成, 呈圆筒形, 直径为 40 cm, 长为 140 cm。风洞的排风端装有一个 25 W 的电扇, 通过连接排风端的风管向外排风, 这样在风洞的另一洞

本文于 1988 年 12 月收到。

* 此研究为“七五”国家科技攻关资助项目。文中插图和照片由李玉和、王树荣和张兆慧等同志帮助绘制和拍照, 作者表示衷心感谢。

口(进风端)与排风端之间就形成均匀、稳定的气流,其大小通过连接电风扇的可调变压器调节。风洞的上面距排风端 50 cm 处有一长 20 cm,宽 20 cm 的方形开口,可以打开盖子将装有雄蛾的小笼放进风洞中的三脚架上。小笼用有机玻璃制成(长 10 cm,宽 8 cm,高 8 cm),小笼后面为铁纱,以保证气流通过。前面的铁纱为门,试验过程中可在风洞外拉动系在笼门上的细线把小门打开,观察雄蛾在风洞中的行为反应。风洞的进风端和距排风端 20 cm 处分别用铁纱制成的圆形框架挡上,两框架之间为雄蛾的活动区。风洞上方 50 cm 处装有一与风洞长度和宽度相当的长方形光源。长方形光源的各面均用滤纸制成,内有 5 个 60 W 的灯泡等距离分布,这样照到风洞中的光强度均匀。光强度则由连接光源的可调变压器控制。

试验时所用的性信息素样品管的制作见作者 1983 年的报道。样品管接到一个连接压缩气泵的磨口玻璃管上,架在进风端铁纱外面,对准风洞中小笼的门。在样品给气的头 1 分钟,观察笼内雄蛾的反应,然后打开小笼的门,观察雄蛾在 10 分钟内的定向飞行反应。

结 果 与 讨 论

尺蠖蛾科的性信息素研究报道很少,在开始本项研究时,仅有大造桥虫 *Boarmia se-lenaria* Schiffermueller, 冬尺蠖蛾 *Operophtera brumata* (L.) 和秋尺蠖蛾 *Alsophila pometaria* (Harris) 三种尺蠖蛾的性信息素已见报道(Becker 等, 1983; Roelofs 等, 1982; Wong 等, 1984)。而国槐尺蠖与这二种尺蠖并非同属。因此,尚不知道国槐尺蠖雌蛾性信息素腺体的位置。虽然大部分鳞翅目昆虫的性信息素腺体位于腹尖,但也有不少例外,如大袋蛾 (*Clania variegata* Snellen) 的性信息素腺体位于胸部背板(赵博光, 1981)。因此,对国槐尺蠖性信息素腺体位置、形态和组织,产生性信息素的时辰节律和雄蛾对性信息素行为反应的时辰节律进行了研究。

一、性信息素腺体

1. 性信息素腺体的位置: 在研究初,曾用己烷提取雌蛾腹尖,制成水盆诱捕器进行田间诱蛾试验,结果在蛾盛期没有诱到雄蛾。原因可能是:(1)提取性信息素腺体部位不对;(2)田间种群数量低;(3)诱蛾期气候条件不适宜。对后两个推测须要做大量试验才能确证。因此我们首先用己烷分别提取雌蛾头部(I),胸部(II),腹部(III)(不含腹尖)和腹尖(IV),制成的提取物用触角电位比较活性,结果如表 1,由表 1 可以看出,提取物 IV 的三次重复试验均产生较大的触角电位,而头部提取物 I 没有活性,其它部分

表 1 雄蛾对雌蛾各部提取物(IFE)的触角电位反应

重 复	提 取 物			
	I	II 触角电位	III (EAG:mV)	IV
1	0	0.1	0.2	1.1
2	0	0.5	0.6	1.4
3	0	0.4	0.5	1.7

注: I 为头部; II 为胸部; III 为腹部; IV 为腹尖。

提取物(II,III)的活性也很低,可能是由于这些部分受腺体分泌的性信息素污染所引起的。这就证明雌蛾的性信息素腺体位于腹尖。

图 1 是性信息素浓度的对数($\log FE$)与触角电位 $EAG(mV)$ 的关系曲线。按照这一曲线,说明选用 $1 FE$ 的性信息素提取物作为标准刺激比较合适,因为 $1 FE$ 引起的触角电位在 $1.2mV$ 左右,高于阈值,但也不太强,不易引起触角疲劳,便于多种样品的重复比较测试。

2. 性信息素腺体的形态: 在实体双目显微镜下,挤压雌蛾腹部第 I-V 节,可以看到在第 VIII 和 IX-X 节(肛乳突)间的背部节间膜翻出呈囊状结构

(图 3:1)。图 2 是腹尖的矢状切面示意图。说明囊状结构 S 在正常情况下缩进第 VIII 节内。我们假定这一囊状结构为性信息素的腺体,设计了如下试验。由于囊状结构是节间膜的一部分,很柔软,难于单独切下,我们分别切下第 VIII 节及囊状结构(简称

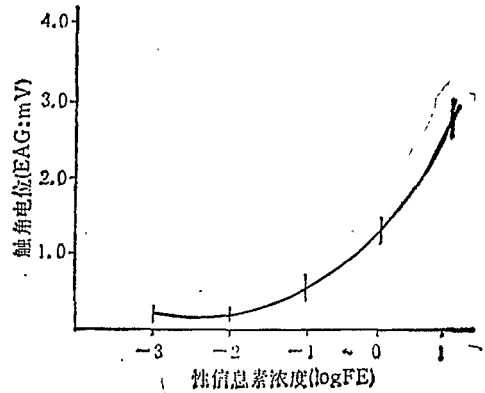


图 1 国槐尺蠖雄蛾对不同性信息浓度 ($\log FE$) 产生触角电位反应的曲线

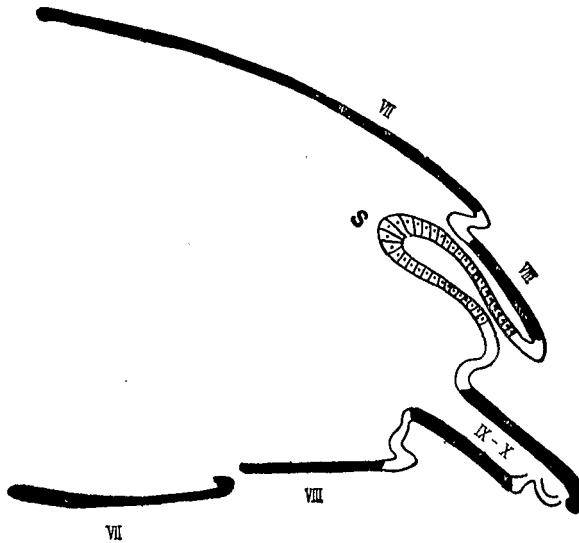


图 2 国槐尺蠖雌蛾腹部第 VII—IX-X 节的矢状切面示意图(示囊状结构在正常情况下内缩)
S 表示囊状结构

VIII + S) 和第 IX-X 节复合体(简称 IX-X),并用己烷分别进行提取,比较两部分提取物的触角电位活性,结果列于表 2。由表 2 可以看出,提取物 VIII + S 比提取物 IX-X 的活性高得多,说明性信息素腺体可能位于第 VIII 节上或者是囊状结构本身。接着我们把 VIII 和 IX-X + S 分别切下,用己烷提取,测定两部分提取物的触角电位活性,

表 2 提取物 IX-X 与 VIII + S 的触角电位活性比较 (1FE)

提 取 物	重				复			
	1	2	3 触角电位	4 (EAG:mV)	5	6	7	
IX-X	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2
VIII + S	1.1	0.6	1.1	0.7	0.8	1.5	1.7	1.1

注: IX-X 为腹部 IX-X 节复合体; VIII 为腹部 VIII 节; S 为囊状结构。表 3 同。

结果列于表 3。表 3 的结果显示,单独第 VIII 节提取物的活性很低,而提取物 IX-X + S 则表现很高的活性,说明腺体不在第 VIII 节上,提取物 VIII 的很低的活性,可能是操作中性信息素污染引起的。而表 2 已证明腺体不在肛乳突上,所以性信息素腺体即是囊状结构本身。

表 3 提取物 VIII 与 IX-X + S 的触角电位活性比较 (1FE)

提 取 物	重				复			
	1	2	3 触角电位	4 (EAG:mV)	5	6	7	
VIII	0.4	0.8	0.6	0.2	0.2	0.6	0.4	0.5
IX-X + S	1.2	1.7	1.2	1.0	0.8	1.4	1.3	1.2

3. 性信息素腺体的组织结构: 对囊状结构作了扫描电镜观察(图 3:1), 发现其表面广布突起, 可能具有扩大性信息素释放表面积的功能。图 3:2 是性信息素腺体的横切照片, 证明其腺体细胞的特征为: 细胞体呈柱形, 细胞核较大, 细胞质内有许多小泡, 是分泌性信息素的象征。

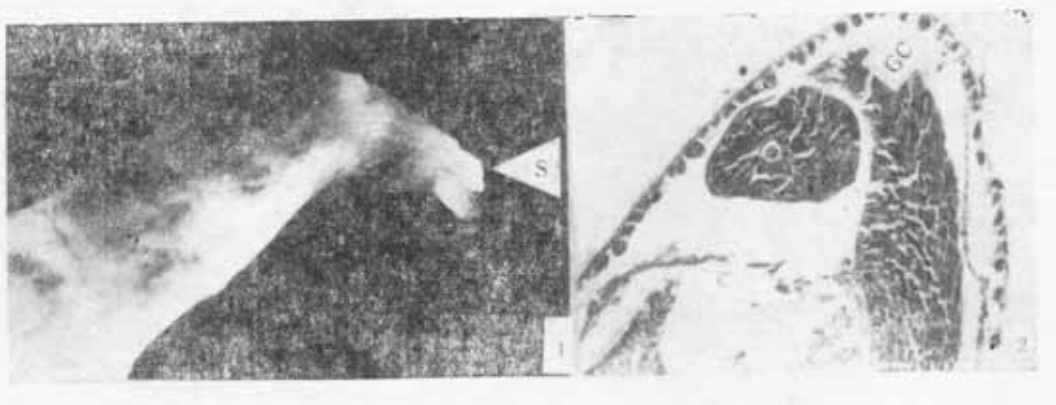


图 3 1. 国槐尺蠖雌蛾 VIII 腹节,肛乳突挤出后的照片 S 表示囊状结构;
2. 国槐尺蠖性信息素腺体横切 (×120) GC 示腺体细胞

二、性行为的时辰节律

昆虫性行为的时辰节律近年来受到广泛的重视和研究。弄清雌蛾产生性信息素最高量的时间,和雄蛾对性信息素反应的最佳时辰,有利于化学分离,鉴定工作。

1. 雌蛾产生性信息素的时辰节律: 羽化后 2 日龄的雌蛾分别在光周期(8、9 和 10 小

时) 和暗周期(20、21 和 22 小时)用己烷提取腺体,用 1 FE 的提取物作触角电位测定,触角电位的大小也就反映 1 FE 提取物中性信息素的多少。试验结果绘制成图 4。由图 4 可以看出,在暗周期内制备的 1 FE 提取物引起的触角电位平均为 1.51—1.73 mV,而在光周期内制备的 1 FE 提取物引起的触角电位仅为 1.10—1.12 mV,说明雌蛾在暗周期内产生的性信息素明显增加,这说明,在为化学分离,鉴定性信息素样品时,应在暗周期内进行腺体提取。

2. 雄蛾对性信息素行为反应的时辰节律: 雄蛾的性行为反应在风洞内观察,在光周期观察的时间为 9 小时,在暗周期观察的时间为 21 小时。每次把 2 日龄的未交配雄蛾 4—6 头放入小笼中,小笼放入风洞中在试验条件下适应半小时(光照强度 6lx, 风速 32.1cm/s)。然后记录雄蛾在风洞中对 1 FE 性信息素提取物的反应次序如下: (1)振翅; (2)飞出小笼外; (3)停在小笼和进风端的铁纱网之间; (4)逆风飞到铁纱网上和 (5)逆风飞到性信息素样品管口,并伸出抱握器。如图 5 所示,反应级别越高,雄虫占百分比越低。雄虫在暗周期中对性信息素反应在各个级别上都高于在光周期内。这就说明雄虫在暗周期中对性信息素反应比较敏感。因此在暗周期内进行行为测定容易得到满意的结果。

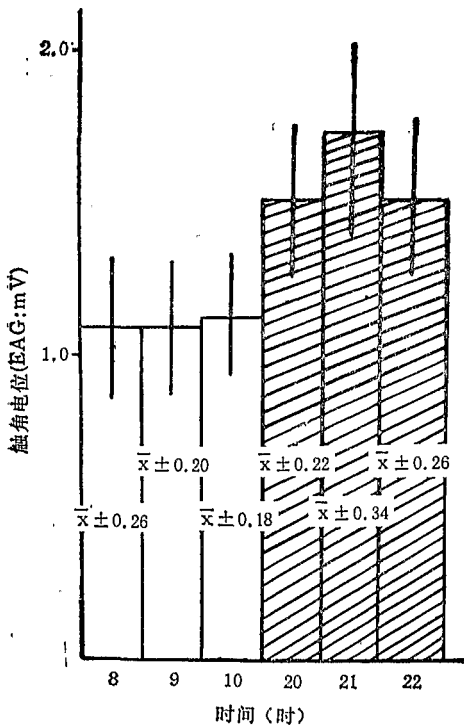


图 4 雌蛾产生性信息素的时辰节律
 $\bar{x}$ 为平均值

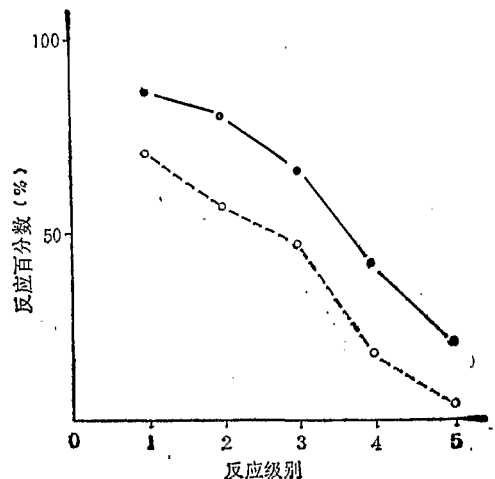


图 5 雄蛾行为反应的时辰节律
●——● 在暗周期的反应;
○---○ 在光周期的反应

三、田间诱蛾试验

通过触角电位测定和风洞试验,确定了国槐尺蠖性信息素提取物的活性,由此可以看

出,最初诱蛾试验没有成功,可能是由于田间种群密度太小或其它影响国槐尺蠖行为的未知因素造成的。因此我们于1987年和1988年的6—8月蛾蜂期连续在南开大学校园内设制水盆诱扑器,由于国槐是道行树,很难找到较大的试验区。所以诱蛾量不大。两年的诱蛾结果列于表4。由表4的结果说明,国槐尺蠖性信息素腺体提取物在田间具有诱蛾活性,但没有活雌蛾的诱蛾活性高,这可能与国槐尺蠖性信息素腺体的释放机制有关,有待进一步研究。

表4 国槐尺蠖田间诱蛾试验

诱 蕊	诱 蛾 数 (头)	
	1987(6—8月)	1988(6—8月)
5FE	0	1
10FE	19	2
20FE	41	1
40FE	21	2
5 头处女蛾	85	24
10 头处女蛾	—	50

我们的上述试验结果为继续分离、鉴定、合成和应用国槐尺蠖性信息素的研究奠定了基础。同时也说明,对国槐尺蠖的田间行为特征、诱扑器的种类等有关问题还需进一步研究,以便为其性信息素应用于防治实践探索道路。

参 考 文 献

- 任自立等 1983 亚洲玉米螟对性信息素的触角电位反应。昆虫学报 26(3): 250—5。
 赵博光 1981 大袋蛾雌虫性信息素的分泌腺体和释放机制的研究, 1. 大袋蛾性信息素释放部位。南京林产工业学院学报 4: 97—102。
 Becker, D. et al. 1983 (3Z, 6Z, 9Z)-3,6,9-Nonadecatriene—a component of the sex pheromonal system of the giant looper, *Boarmia (Ascotis) selenaria* Schifferrueller (Lepidoptera: Geometridae). *Tetrahedron Lett.* 24:5505—8.
 Roelofs, W. L. et al 1982 Sex pheromone of the winter moth, a geometrid with unusually low temperature precopulatory responses. *Science* 217:657—9.
 Wong, J. W. et al. 1984 Novel sex pheromone components from the fall cankerworm, *Alsophila pometaria*. *J. Chem. Ecol.* 10:463—73.

BIOLOGICAL STUDIES ON THE SEX PHEROMONE OF THE *SOPHORA* GEOMETRID *SEMIOTHISA CINEREARIA* BREMER ET GREY

REN ZI-LI ZHAO GANG XU JIAN-HUA ZHU HAI-QIN

(Department of Biology, Nankai University, Tianjin 300071)

The location and structure of the sex pheromone glands in the female moths of the *Sophora* geometrid *Semiothisa cinerearia* Bremer et Grey were studied through the electroantennogram (EAG) technique, scanning electro microscopy (SEM) and histological examination. The EAG of the male moths in response to the extracts from the different parts of the female body pointed to the area on the ovipositor as the site of sex pheromone gland. SEM examination confirmed that there was a saccate structure located at the dorsal intersegmental membrane between abdominal segment VIII and XI-X (papilla analis) of the female moth. The saccate structure was further identified as the sex pheromone gland by EAG technique. Histological examination on the sex pheromone gland showed that the glandular cells were cubiform with large nuclei. The EAG data showed that the female moth produced more sex pheromone at scotophase than at photophase, and the wind tunnel experiments demonstrated that the male moth responded to the sex pheromone extracts also stronger at scotophase. Experiments of trapping in the field showed that the extracts of sex pheromone glands were attractive to the male moths. These results have laid the basis for chemical isolation and identification of the sex pheromone of this species for further work.

Key words *Semiothisa cinerearia* Bremer et Grey—sex pheromone gland—electroantennogram