

麻楝蛀斑螟触角感器和雌性信息素分泌腺的超微结构观察

卢进,刘志韬,李莉玲,张蒙,温秀军,李奕震*
(华南农业大学 林学院,广东 广州 510642)

摘要: 利用扫描电镜对麻楝蛀斑螟(*Hypsipyla robusta* (Moore))触角和雌蛾性信息素分泌腺进行了观察,为麻楝蛀斑螟形态学、行为学和电生理学等方面的研究提供基础依据。结果表明:成虫触角上有7种感器,为毛形感器、刺形感器、鳞形感器、腔锥形感器、耳形感器、栓锥形感器和Böhm氏鬃毛感器,其中毛形感器数量最多。毛形感器在雌蛾触角上的分布比雄蛾稀疏,其他几种感器在雌雄蛾间未见显著差异。麻楝蛀斑螟雌蛾性信息素分泌腺位于腹部末端第8~9节的节间膜上,腺体表面排列着许多锥形刺状突出体,即为性信息素分泌腺的腺体细胞。

关键词: 麻楝蛀斑螟;触角;感受器;性腺;扫描电镜

中图分类号: S763.42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)06-0096-05

Scanning Electronic Microscopy Observation on Antennal Sensilla and Sex Pheromone Gland of *Hypsipyla robusta*

LU Jin, LIU Zhitao, LI Liling, ZHANG Meng, WEN Xiujun, LI Yizhen*
(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Sex pheromone glands of the females and adult antennae of *Hypsipyla robusta* (Moore) were observed by using scanning electronic microscope (SEM), to provide basic data for further study of *Hypsipyla robusta* (Moore) about ecology, behavior and electrophysiology. The results showed that seven types of sensilla were found on male and female *H. robusta*, including sensilla trichodea, sensilla chaetica, sensilla squamiformia, sensilla coeloconica, sensilla auricillica, sensilla styloconica, and Böhm bristles, among which the sensilla trichodea was the most numerous. The number of sensilla trichodea on the antennae of male was higher than that of female, but other sensilla had not significant differences on the antennae of male and female. The sex pheromone glands of the females were formed at the intersegmental membrane between the 8th and 9th abdominal segments. Many plump cones, which were gland cells, were distributed on the surface of the glands.

Key words: *Hypsipyla robusta*; antennae; sensilla; sex pheromone gland; scanning electronic microscopy (SEM)

触角和雌虫的性信息素腺体是鳞翅目昆虫信息素通讯系统中的主要器官。明确性腺的位置及形态结构是分离提取性信息素的前提条件。昆虫触角上

分布着许多感受器,是接受化学信号以及物理刺激的主要器官。近几年,人类对昆虫信息素与行为的关系日益重视,已对鳞翅目、膜翅目、鞘翅目等昆虫

收稿日期:2014-12-10
基金项目:广东省林业科技创新专项资金项目(2013KJCX015-02)
作者简介:卢进(1991-),男,江西萍乡人,在读硕士研究生,研究方向:天然活性产物研究与森林病虫害综合治理。
E-mail:lj1406658340@163.com

* 通讯作者:李奕震(1964-),男,广东广州人,副教授,博士,主要从事森林病虫害综合治理以及天然活性产物研究等工作。
E-mail:yizhen@scau.edu.cn

的触角感器进行了研究,尤以鳞翅目昆虫触角感器的研究报道最多^[1-3]。昆虫触角感器可分为10多种,常见的是毛形感器、刺形感器、锥形感器、耳形感器、Böhm氏鬃毛感器、腔锥形感器、栓锥感器和鳞形感器等^[4]。

麻楝蛀斑螟(*Hypsipyla robusta* (Moore)),隶属鳞翅目(Lepidoptera)螟蛾科(Pyalididae),国外分布在非洲的东部和西部、亚洲的西南部及太平洋周边地区,国内分布在广东、广西、海南和云南,是一种分布广泛的世界性钻蛀害虫^[4-6],主要危害区在热带和亚热带地区^[7-8]。喜食楝科植物,如红椿(*Toona ciliata*)、麻楝(*Chukrasia tabularis*)、大桃花心木(*Swietenia macrophylla*)、小桃花心木(*Swietenia mahogani*)、非洲桃花心木(*Khaya senegalensis*)等,还可危害漆树科的岭南酸枣(*Spondias lakonensis*)^[9-11]。

目前关于麻楝蛀斑螟的研究包括蛹及成虫的性别鉴定^[12]、幼虫头部及化学感受器结构观察^[13]、成虫的羽化节律及生殖行为^[14]等,但迄今为止,国内外未见麻楝蛀斑螟触角感受器和雌蛾性信息素腺体外部形态方面的报道。为此,利用扫描电镜对该虫触角的形态特征,感器的类型、分布特点及雌蛾性信息素腺体的外部形态进行了观察和描述,以期为麻楝蛀斑螟雌蛾性信息素、雄蛾触角叶对性信息素的编码机制等研究提供参考。

1 材料和方法

1.1 供试虫源

麻楝蛀斑螟于2014年7月采自广州市增城华南农业大学宁西基地红椿林,将含有麻楝蛀斑螟的枝条采回,对其进行修剪处理后装箱置于人工气候箱(温度 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$,光暗周期 L:D=14:10,光期 6:30—20:30,相对湿度 75%~80%),待其羽化。羽化后,依不同日龄分别装入不同培养皿(圆形塑料透明皿,半径5 cm,高度2 cm)中进行饲养,期间喂以10%的蜂蜜水。

1.2 样品处理

选取羽化后2~3 d的健康雌、雄麻楝蛀斑螟各4头,先剪取它们的头部,然后移置解剖镜下小心切取整个触角,毛笔刷去触角表面和基部的鳞片。选取2~3日龄进入暗期5~6 h正在求偶的处女雌蛾,用手轻压腹部末端,迫使其伸出性信息素腺体,在解剖镜下用眼科手术剪迅速剪下腺体。分别置于2.5%戊二醛固定液中固定48 h,用磷酸缓冲液(pH值7.2)洗涤3次,每次10~15 min。处理完毕后,将性腺自然干燥,而触角用乙醇系列梯度脱水(60%、70%、80%、90%、100%各脱水1次,每次5~10 min),然后待其自然干燥。用双面胶带把干燥的

触角和性腺样品各个面固定在样品台上,置于E-1010型镀膜仪(HITACHI公司)下喷金50 s,用S-4800型扫描电镜(HITACHI公司)观察和拍照。

1.3 命名

对各种感器的描述主要采用Schneider^[15]和Zacharuk^[16]对触角感器形态特征的命名系统,并略作改进。

2 结果与分析

2.1 触角的扫描电镜观察

麻楝蛀斑螟雄蛾触角呈线状,由柄节、梗节和鞭节组成,并均覆盖鳞片。鞭节由70~80节组成,8~9 mm,两性间无明显的差别。鞭节每个亚节上有2排鳞片,后排鳞片的前端覆盖着前排鳞片的基部,鳞片层层相叠。

扫描电镜观察结果表明,麻楝蛀斑螟触角上分布的感受器共有7类,分别为毛形感器(sensilla trichodea, TR)、刺形感器(sensilla chaetica, CH)、鳞形感器(sensilla squamiformia, SQ)、腔锥形感器(sensilla coeloconica, CO)、耳形感器(sensilla auriculica, AU)、栓锥形感器(sensilla styloconica, ST)和Böhm氏鬃毛感器(Böhm bristles, BB)。

(1)刺形感器。该类感器在触角鞭节的每亚节两侧各生1根,基部有臼状窝,这是它与毛形感器最明显的区别,呈 $60^\circ \sim 90^\circ$ 生长,数量较少。刺形感器长38~45 μm ,基部直径约4.7 μm ,臼状窝直径约为5.2 μm ,两性间差异不大(图1A)。

(2)毛形感器。毛形感器是雌雄蛾触角上数量最多的感器,全部分布在鞭节的腹面和侧面。毛形感器细长,径直前伸或紧贴于触角表面。近端部呈弧形,有的呈钩状;基部无臼状窝。雌雄触角上的分布密度有差异:雌蛾较稀疏,雄蛾较密。麻楝蛀斑螟触角上的毛形感器可分为3个亚型:I型感器基部弯曲,近端部稍弯曲,整个感器向触角端部呈 $50^\circ \sim 80^\circ$ 倾斜,基部直径为2.5~4.5 μm ,顶端渐细,长为48~55 μm (图1B);II型感器较I型粗长,基部弯曲,近端部弯曲弧度较I型大,基部直径为3~5 μm ,长65~75 μm (图1A);III型感器基部弯曲,近端部呈钩状,基部直径为3~5 μm ,长45~50 μm (图1B、C)。

(3)鳞形感器。其表面构造和鳞片相似,但较鳞片更狭长,基部着生于臼状窝内,臼状窝直径为2.4 μm 左右,长度约38 μm 。从中部开始向下弯曲,端部接近于触角表面(图1D)。

(4)腔锥形感器。位于触角表皮的凹陷中,该类感器可分为2个亚类:具缘毛和无缘毛腔锥形感

器,但在麻楝蛀斑螟触角上只观察到具缘毛腔锥形感器,该感器外缘毛弯曲并伸向中心锥部位将其围住,形如菊花。触角表皮向下凹陷形成圆腔,腔的四周着生约 16 根缘毛,缘毛呈弓形向中心聚集。该腔直径约 8 μm ,外缘毛长 6.5 ~ 8.0 μm (图 1E)。

(5)耳形感器。位于鞭节腹面的两侧,呈禾本科植物心叶状,基部着生于臼状窝内,端部呈喇叭状,紧贴触角表面。每节该感器的数量为 10 ~ 14 个,一般雄蛾中的感器多于雌蛾,但其形状基本一致。整个感器长 19.5 ~ 20.5 μm ,窝内直径为 3 ~

4 μm (图 1F)。

(6)栓锥形感器。位于触角鞭节每节前缘,从触角表皮突起,形似柱形,顶端着生一小锥;其着生于凹窝内,基部被触角表皮上的网纹缠绕覆盖。该感器在所有感器中最为粗大,基部直径为 8.5 ~ 10 μm ,长度为 25.5 ~ 27.0 μm (图 1G)。

(7)Böhmer 氏鬃毛感器。Böhmer 氏鬃毛簇着生于柄节和梗节基部,垂直于触角表面,较刺形感器短而尖。感器长度为 17.5 ~ 18.0 μm ,基部直径为 2.4 ~ 2.6 μm (图 1H)。



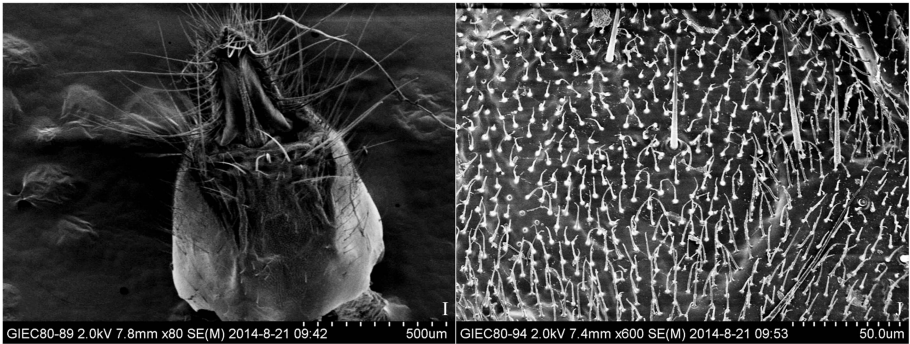
TR:毛形感器; CH:刺形感器; SQ:鳞形感器; CO:腔锥形感器; AU:耳形感器; ST:栓锥形感器; BB:Böhmer 氏鬃毛

图 1 麻楝蛀斑螟成虫触角扫描电镜观察结果

2.2 雌性信息素腺体的扫描电镜观察

扫描电镜观察结果表明,雌性信息素分泌腺体分布于腹部末端第 8~9 节的节间膜上,其上排列着较长的刚毛(图 2I)。在高倍电镜下可看到,腺体表

面密布着许多锥形刺状突出体(图 2J),这些刺状突出体有长短之分,长锥形刺状突出体长 50.0~65.0 μm,短的在 7.0~15.5 μm。这些锥形刺状突出体为性信息素分泌腺的腺体细胞。



I:雌性信息素腺体; J:腺体锥形刺状突出体

图 2 麻楝蛀斑螟雌性信息素腺体扫描电镜观察结果

3 结论与讨论

随着昆虫触角上的各种感受器在信息素研究过程中发挥着越来越重要的作用,关于昆虫触角超微结构方面的报道日益增多,尤以鳞翅目昆虫触角感受器的研究为主。在触角的表面上密布各种感受器,而不同的感受器拥有不同的功能^[17]。

本研究对麻楝蛀斑螟触角进行扫描电镜观察,发现麻楝蛀斑螟各感器在雌蛾触角上的分布密度较雄蛾小,说明雄蛾的触角比较发达。麻楝蛀斑螟触角上分布的感器共有 7 类:毛形感器、刺形感器、鳞形感器、腔锥形感器、耳形感器、栓锥形感器和 Böhm 氏鬃毛感器。与近年来报道的 3 种钻蛀性危害螟蛾(松果梢斑螟(*Dioryctria pryeri*)^[18]、井上蛀果斑螟(*Assara inoue*)^[19]、香梨优斑螟(*Euzophera pyriella*)^[20])触角扫描电镜结果比较可知(表 1),毛形感器、刺形感器、腔锥形感器、耳形感器、鳞形感器均存在于这几种钻蛀性危害的螟蛾科昆虫触角中,说明这 5 类触角感器发挥着最基本的作用。就其他感器而言,香梨优斑螟的触角感器中没有发现 Böhm 氏鬃毛,腔乳头状感器为井上蛀果斑螟所独有,柱形感器则仅存于香梨优斑螟雄蛾中,钟形感器是松果梢斑螟独有,锥形感器存在于松果梢斑螟和井上蛀果斑螟中。此外,在已报道的 3 种钻蛀性危害的螟蛾中没有发现栓锥形感器,它为麻楝蛀斑螟所独有。

各触角感器中,每种感器有着不同的功能。毛形感器是感受性信息素的主要感器^[21],鳞翅目蛾类中绝大部分是雌蛾释放性信息素,雄蛾触角是接受性信息素的器官。据报道,刺形感器对机械刺激有反应^[22]。腔锥形感器接受冷刺激^[23],其一般可分为

表 1 几种钻蛀性危害的螟蛾科昆虫触角感器比较

感器	松果梢斑螟	井上蛀果斑螟	香梨优斑螟	麻楝蛀斑螟
	斑螟	果斑螟	斑螟	蛀斑螟
毛形感器	+	+	+	+
刺形感器	+	+	+	+
腔锥形感器	+	+	+	+
耳形感器	+	+	+	+
鳞形感器	+	+	+	+
Böhm 氏鬃毛	+	+	-	+
腔乳头状感器	-	+	-	-
柱形感器	-	-	+(♂)	-
钟形感器	+	-	-	-
锥形感器	+	+	-	-
栓锥形感器	-	-	-	+

注:“+”表示有,“-”表示无。

具缘毛和无缘毛 2 种,而麻楝蛀斑螟的腔锥形感器具有缘毛,与豆野螟(*Maruca testulalis*)、香梨优斑螟相同^[24,20],没有发现松果梢斑螟、竹织叶野螟(*Algedomia coclesalis*)等螟蛾科昆虫触角上的无缘毛腔锥形感器^[18,25]。耳形感器形态变异较大,是一种物理感受器,可以接受声波^[26]。栓锥形感器具有味觉和嗅觉的功能^[27]。Böhm 氏鬃毛是机械感器,具有感受重力的作用,当遇到机械刺激时,能控制触角位置下降的速度^[28]。鳞形感器的功能尚未见报道。

由扫描电镜观察到,麻楝蛀斑螟性信息素分泌腺体位于第 8~9 节的节间膜,与张金桐等^[29]、向玉勇等^[30]对鳞翅目昆虫性信息素分泌腺的研究结果一致。对于某些昆虫种类,其性腺的位置对其性信息素的提取意义重大,研究发现,榆木蠹蛾(*Holcocerus vicarius*)性信息素分泌腺仅分布于第 8~9 节的节间膜背面^[31];而美洲棉铃虫(*Helicoverpa zea*)第 8~9 节节间膜上性信息素腺体细胞成环形分

布^[32]。由此可见,在提取性信息素前,首先应明确其性腺的形态构造及部位。

参考文献:

- [1] 成家宁,陈炳旭,曾鑫年,等.荔枝粗胫翠尺蛾触角感器的扫描电镜观察[J].中国南方果树,2012,41(4):28-32.
- [2] 王桂荣,郭予元,吴孔明.棉铃虫触角感器的超微结构观察[J].中国农业科学,2002,35(12):1479-1482.
- [3] 邓顺,舒金平,董双林,等.笋秀夜蛾触角感器的扫描电镜观察[J].林业科学,2010,46(12):101-105.
- [4] Beeson C F C. The life history of the toon shoot and fruit borer, *Hypsipyla robusta*, Moore (Lepidoptera; Pyralidae; Phycitinae) with suggestions for its control [J]. Indian Forest Records, 1919, 7: 146-261.
- [5] 顾茂彬,刘元福.麻楝梢斑螟的初步研究[J].昆虫知识,1984,21(3):118-120.
- [6] Mahroof R M, Hauxwell C, Edirisinghe J P, et al. Effects of artificial shade on attack by the mahogany shoot borer, *Hypsipyla robusta*, Moore [J]. Agricultural and Forest Entomology, 2002, 4: 283-292.
- [7] Entwistle P F. The current situation on shoot, fruit and collar borers of the Meliaceae [C]//Proceedings of the 9th British commonwealth forestry conference. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1967.
- [8] Bradley J D. Descriptions of two new genera and species of Phycitinae associated with *Hypsipyla robusta* (Moore) on Meliaceae in Nigeria (Lepidoptera, Pyralidae) [J]. Bulletin of Entomological Research, 1968, 57: 605-613.
- [9] Newton A C, Baker P, Mesen J F, et al. The mahogany shoot borer: Prospects for control [J]. Forest Ecology and Management, 1993, 57: 301-328.
- [10] 郭本森.麻楝梢斑螟的初步研究[J].动物学研究,1985,6(4):139-144.
- [11] Cunningham S A, Floyd R B, Griffiths M W, et al. Patterns of host use by the shoot-borer *Hypsipyla robusta* (Pyralidae: Lepidoptera) comparing five Meliaceae tree species in Asia and Australia [J]. Forest Ecology and Management, 2005, 205: 351-357.
- [12] 马涛,杨兴翠,孙朝辉,等.麻楝蛀斑螟蛹和成虫的雌雄形态鉴定[J].中国森林病虫,2013,32(6):15-17.
- [13] 马涛,孙朝辉,李奕震,等.麻楝蛀斑螟幼虫头部及化学感受器结构观察[J].北方园艺,2013(24):119-122.
- [14] 马涛,孙朝辉,李奕震,等.麻楝蛀斑螟成虫的羽化节律及生殖行为[J].福建农林大学学报:自然科学版,2014,43(1):6-10.
- [15] Schneider D. Insect antennae [J]. Ann Rev Entomol, 1964, 9: 103-122.
- [16] Zacharuk R Y. Ultrastructure and function of insect chemosensilla [J]. Ann Rev Entomol, 1980, 25: 27-47.
- [17] 阎凤鸣.化学生态学[M].北京:科学出版社,2002.
- [18] 杨立军,李新岗.松果梢斑螟触角感受器的扫描电镜观察[J].西北林学院学报,2007,22(3):127-130.
- [19] 邵淑霞,姜波,李正跃,等.井上蛀果斑螟触角感器的扫描电镜观察[J].昆虫知识,2008,45(6):932-936.
- [20] 马涛,朱雪姣,张蒙,等.库尔勒香梨优斑螟触角感受器超微结构观察[J].林业科学研究,2013,26(3):274-280.
- [21] 吴才宏.棉铃虫雄蛾触角的毛形感器对其性信息素组分及类似物的反应[J].昆虫学报,1993,36(4):385-388.
- [22] 杜永均,严福顺,唐觉.大豆蚜触角嗅觉感器结构及其功能[J].昆虫学报,1995,38(1):1-7.
- [23] Altner H, Prillinger L. Ultrastructure of invertebrate chemo-, thermo-, and hygroreceptors and its functional significance [J]. Int Rev Cyto, 1980, 67: 69-139.
- [24] 陆鹏飞,乔海莉,雷朝亮.豆野螟触角化感器和性信息素分泌腺的位置及超微结构[J].华中农业大学学报,2011,30(4):448-454.
- [25] 刘曼,任春光,杨茂发,等.竹织叶野螟触角感器的超微形态特征[J].林业科学,2013,49(9):107-111.
- [26] Vand Naters W M V, Den Otter C J, Meas F W. Olfactory sensitivity in tsetse flies: A dairy rhythm [J]. Chemical Senses, 1998, 23(3):351-357.
- [27] Faucheux M J, Kristensen N P, Yen S H. The antennae of neopseustid moths: Morphology and phylogenetic implications, with special reference to the sensilla (Insecta, Lepidoptera, Neopseustidae) [J]. Zool Anz, 2006, 245: 131-142.
- [28] 冯怀亮,张东学,常廷荣,等.蚂蚁触角感受器和复眼的扫描电镜观察[J].昆虫知识,1992,29(5):292-294.
- [29] 张金桐,韩艳,甘雅玲,等.小木蠹蛾性信息素分泌腺的位置及组织学[J].昆虫学报,2002,45(4):430-435.
- [30] 向玉勇,杨茂发,李子忠,等.小地老虎性信息素分泌腺体的部位及其超微结构[J].浙江大学学报:理学版,2008,35(6):690-695.
- [31] 杨美红,张金桐,范丽华,等.榆木蠹蛾性信息素通讯系统的超微结构观察[J].昆虫学报,2011,54(5):522-530.
- [32] Raina A K, Wergin W P, Murphy C A, et al. Structural organization of the sex pheromone gland in *Helicoverpa zea* in relation to pheromone production and release [J]. Arthropod Struct Dev, 2000, 29: 343-353.