

松突圆蚧雄成虫触角传感器的扫描电镜观察

李文禄, 黄宝灵, 吕成群
广西大学林学院, 广西 南宁 530002

摘要: 松突圆蚧(*Hemiberlesia pitysophila* Takagi)是我国南方重要的外来林业害虫。本研究利用扫描电镜对该蚧雄成虫的触角形态和传感器进行了观察。结果表明:松突圆蚧雄成虫触角呈线状,由柄节、梗节和鞭节组成,共10节。触角传感器共有5种,分别为Böhm氏鬃毛、毛形传感器、乳头形传感器、锥形传感器、火柴形传感器,其中,火柴形传感器为首次在松突圆蚧雄成虫触角上发现并描述。不同传感器在触角各节的数量和分布各不相同,其中,毛形传感器数量最多,分布最广,乳头形传感器次之,火柴形传感器最少。此外,根据传感器的分布、形态特征,结合已有的文献描述,推测了传感器可能的功能。
关键词: 松突圆蚧; 雄成虫; 触角; 传感器; 超微结构

Scanning electron microscopic observation of the antennal sensilla of the male adult scale insect *Hemiberlesia pitysophila* Takagi (Homoptera: Diaspididae)

Wen-lu LI, Bao-ling HUANG, Cheng-qun LÜ
Forestry College of Guangxi University, Nanning, Guangxi 530002, China

Abstract: *Hemiberlesia pitysophila* Takagi is an important forest pest in Southern China. We studied the antennal morphology and sensilla of the male adult *H. pitysophila* using scanning electron microscope. The antenna of the male adult of *H. pitysophila* was filiform with 10 segments, which consisted of the scape, pedicel and flagella. There were five types of antennal sensillae found: Böhm bristles, sensilla trichodea, papillary sensilla, sensilla basiconica, and match-shaped sensilla. The match-shaped sensilla is a novel type of sensilla, first described in this species. The number and the distribution pattern of sensillae were different in each antennal segment. The sensilla trichodea was most widely distributed, followed by papillary sensillae; the match-shaped sensillae were the least one.

Key words: *Hemiberlesia pitysophila* Takagi; male adult; antenna; sensilla; ultrastructure

触角是昆虫的重要感觉器官,其表面着生着各种类型由表皮特化而成的传感器,这些传感器具有嗅觉、触觉等多种功能,在其搜索生境、选择寄主、寻找配偶等行为过程中起重要作用(Schneider & Seibt,1969; Clyne *et al.*,1997)。触角传感器的类型、数量和分布随昆虫种类的不同有很大的变化。研究昆虫触角传感器,有助于深入了解昆虫的化学感受系统;探究其类型、数量、分布和功能,可以进一步了解昆虫触角传感器与昆虫行为反应之间的关系,从而为害虫防治提供新的思路 and 手段。

松突圆蚧(*Hemiberlesia pitysophila* Takagi)是我国南方重要的外来林业害虫,寄居于松属植物的针叶、嫩梢和球果,吸食汁液,导致松树生长衰弱,甚至整株死亡。目前,松突圆蚧已扩散至我国广东、福建、广西和江西4省,造成了巨大的经济和生态

损失(钱明惠,2003;黄振裕等,2005)。有关松突圆蚧的形态描述多集中于其形态辨别与生物学特性等方面(陈顺利等,2004;武福华,2003;丁德诚等,1988;杜家纬等,1991),而对其功能性器官的显微观察尚未见报道。为此,本研究对松突圆蚧雄成虫的触角传感器进行扫描电镜观察,以期探索防治松突圆蚧的新方法奠定基础。

1 材料与方法

1.1 虫源

于2009年12月23日在广西玉林市福绵区江口水库旁采集带有松突圆蚧的松枝,带回实验室做进一步处理。

1.2 松突圆蚧雄成虫样品的制备与观察

挑选带松突圆蚧若虫的松针,用大封口袋封装

(留足量空气),于恒温培养箱 21 ℃、12 h 光照、12 h 黑暗条件下等待雄成虫羽化。由于羽化后的雄虫体具有一定的硬度,经试验观察,可直接粘于导电胶上喷金。因此,取羽化后的健壮雄虫 20 只,放入 -20 ℃ 冰箱 3~5 min 低温速杀后,用导电胶粘于样品台上,在真空喷涂仪内喷金,然后在日立 S-3400N 型扫描电镜下观察、照相,加速电压为 20 kV。

1.3 触角感器的鉴定与命名

对松突圆蚧雄成虫触角感器的鉴定和命名主要参照 Schneider(1964)和 Rü *et al.* (1995)。

2 结果与分析

2.1 松突圆蚧雄成虫触角的一般形态

松突圆蚧雄成虫触角呈线状(图 1A),由柄节、梗节、鞭节组成,共 10 节。其中,鞭节由索节和棒节组成,索节与棒节各为 4 节,相对于索节,棒节膨大并不非常明显,各鞭节均可活动。雄成虫触角长度为 $(315.58 \pm 40.67) \mu\text{m}$,柄节、梗节、索节、棒节平均长度分别为 (22.92 ± 1.59) 、 (35.74 ± 4.62) 、 (101.64 ± 13.24) 、 $(178.82 \pm 22.16) \mu\text{m}$ 。触角各节呈不规则圆柱形,柄节、梗节表皮较光滑,只有少许褶皱,鞭节表皮凹凸不平。



A: 触角形态(SC 柄节、PD 梗节、FL 索节和 CP 棒节)(×400); B: Böhm 氏鬃毛 I (BB I) (×3000); C: Böhm 氏鬃毛 II (BB II) (×3000); D: 毛形感器 I (ST I) (×3000); E: 毛形感器 II (ST II) (×3000); F: 乳头形感器 (SP) (×6000); G: 锥形感器 I (SB I) (×2000); H: 锥形感器 II (SB II) (×5000); I: 火柴形感器 (SM) (×2500)。
A: Antenna (scape, SC; pedicel, PD; funiculus, FL; capitulum, CP) (×400); B: Böhm bristles I (long Böhm bristles, BB I) (×3000); C: Böhm bristles II (shot Böhm bristles, BB II) (×3000); D: Sensilla trichodea I (long straight hair, ST I) (×3000); E: Sensilla trichodea II (long curved hair, ST II) (×3000); F: Sensilla papillary (SP) (×6000); G: Sensilla basiconica I (short conical, SB I) (×2000); H: Sensilla basiconica II (long needle, SB II) (×5000); I: Sensilla match-shaped (SM) (×2500)。

图 1 松突圆蚧雄成虫触角感器的电镜扫描结果

Fig. 1 Antennal sensilla of the male adult *H. pityophila* observed with scanning electron microscope

2.2 触角感器的种类

2.2.1 Böhm 氏鬃毛 (Böhm bristles, BB) 松突圆

蚧雄成虫触角的 BB 有 2 个类型:BB I 仅存在于触角窝附近,垂直散生于支角突表皮表面,基部平坦

无凹槽,表面光滑,外形细软,有的稍弯曲,平均长度和基部直径分别为 (14.83 ± 1.81) 、 (0.73 ± 0.09) μm (图1B);BBⅡ位于一个较深且较小的半球形凹陷内,塔尖状,基部较宽,端部相对较细且凸出于表皮表面,传感器表面光滑,平均长度为 (2.38 ± 0.32) μm ,基部直径为 (0.63 ± 0.07) μm (图1C),此类传感器数量稀少,仅存在于触角柄节。

2.2.2 毛形传感器(sensilla trichodea, ST) 松突圆蚧雄成虫触角上的ST有2种:长直ST(图1D)和长曲ST(图1E),主要分布于鞭节上,柄节和梗节上数量较少。雄成虫个体长直ST的长度为 (25.30 ± 2.75) μm ,基部直径为 (1.58 ± 0.19) μm ,这类传感器细长,表面光滑,基部常现凸起基窝,与触角表面呈一定角度前倾着生;长曲ST表面光滑,径直前伸,在近端部呈弯钩形,仅分布于松突圆蚧雄成虫触角索节,数量较少,其长度稍短于长直ST,为 (12.6 ± 1.33) μm ,基部直径为 (1.51 ± 0.18) μm ,基部有凸起基窝。

2.2.3 乳头形传感器(sensilla papillary, SP) 从外形上看,带有SP的触角表皮呈小圆点状凸起,表面光滑,直径为 (0.43 ± 0.05) μm ,聚集分布于梗节、各鞭小节的远端,在柄节上未发现此类传感器(图1F)。

2.2.4 锥形传感器(sensilla basiconica, SB) 松突圆蚧雄成虫触角的SB可分为2个类型:短SB(图1G)和长SB(图1H)。从外形上看,带有短SB的触角表皮呈短锥形凸起、尖刺状,无凹状基窝,底部较粗,端部锐尖,基部直径为 (0.69 ± 0.08) μm ,高 (0.92 ± 0.11) μm ,短SB仅存在于触角棒节末端,数量较少;长SB的外形刚直,较ST细短,基部较粗,端部钝圆,基部无凸起的臼状窝,此类传感器仅存在于触角的最末端,每根触角有1~2个,平均基部直径和长度分别为 (1.01 ± 0.17) 和 (2.18 ± 0.24) μm 。

2.2.5 火柴形传感器(sensilla match-shaped, SM) SM外形如火柴形状,由棒状体和棒体端部的小圆球构成,基部平坦,无凹状基窝,棒体表面光滑,小圆球表面凹凸不平(图1I)。这类传感器仅着生于触角最末节,每根触角2个。这2个传感器着生位置和形态均不完全相同,一个着生于触角末节侧壁,与触角表皮呈 $30^\circ \sim 60^\circ$ 前倾,棒状体有一定的弯曲,基部直径、长度和圆球直径分别为 (1.23 ± 0.15) 、 (27.08 ± 3.01) 和 (1.28 ± 0.11) μm ;另一个着生于触角末节的最末端,棒状体刚直,基部直径、长度和

圆球直径分别为 (1.62 ± 0.18) 、 (19.36 ± 2.09) 和 (1.84 ± 0.21) μm 。

3 讨论

本研究结果表明,松突圆蚧雄成虫触角具有2种Böhm氏鬃毛、2种毛形传感器、1种乳头形传感器、2种锥形传感器以及1种火柴形传感器,每种传感器在触角各节的数量和分布均不相同。松突圆蚧雄成虫触角传感器的总体数量不多,分布密度不高,其中,毛形传感器数量最多,乳头状传感器次之,火柴形传感器最少。

Böhm氏鬃毛由Böhm于1911年在描述鳞翅目昆虫的该种传感器时命名,此后人们就将这种着生于头部和柄节的鬃毛状传感器称作Böhm氏鬃毛(Schneider, 1964)。Böhm氏鬃毛大多垂直于表面,光滑无孔,有关其内部超微结构未见报道。它是一种机械传感器,用于感受触角的位置、速度和加速度,也能起缓冲重力的作用,从而控制触角位置下降的速度(Schneider, 1964)。松突圆蚧雄成虫的Böhm氏鬃毛数量稀少,多集中于触角窝周围,目前还无法得知其对松突圆蚧的具体功能。

毛形传感器是昆虫触角上分布最广、数量最多的传感器(马瑞燕和杜佳伟, 2000)。已有研究证明,这类传感器是由表皮、孔、孔管、树突、树突膜和感器淋巴液所组成(Zacharuk, 1980; Schneider, 1974; Almaas & Mustaparta, 1990)。毛形传感器是昆虫感受性信息素的主要器官(Almaas & Mustaparta, 1991),也具有机械和味觉的功能(杜芝兰, 1989)。如棉铃虫*Helicoverpa armigera*(Hubner)和谷实夜蛾*Helicoverpa zea* Boddie雌虫可通过触角毛形传感器探测同种昆虫的性信息素,从而判定雌虫同伴的位置(Saad & Scott, 1981)。但松突圆蚧雄成虫触角上的毛形传感器是否具有这种功能还有待进一步研究。

乳头形传感器比较少见,形态上类似栓锥形传感器,但比栓锥形传感器短小。研究发现,栓锥形传感器在鳞翅目夜蛾科和卷蛾科昆虫中充当接触性化学受体(Jefferson *et al.*, 1970; Albert & Seabrook, 1973),但在螟蛾科中行使温度或湿度受体功能(Hallberg *et al.*, 1994)。松突圆蚧雌虫有蚧壳覆盖,雌、雄成虫间无法直接接触,因此推测松突圆蚧雄成虫乳头形传感器可能是温度或湿度的感受体。

超薄切片技术已证明锥形传感器的壁很薄,里面有丰富的神经元细胞,因此它具有识别气味的功能,是一种嗅觉传感器,特别是对植物气味刺激有强烈的

感受作用 (Merivee *et al.*, 1998; Bartlet *et al.*, 1999)。松突圆蚧雄成虫触角锥形感器分布于棒节上, 数量非常少。我们推测该感器在若虫时期即存在, 是若虫用来感受松树气味从而选择固定点的重要器官, 而雄成虫触角上的锥形感器可能只是由若虫触角遗留下来, 对寻找配偶等行为没有直接的作用。

火柴形感器为首次在松突圆蚧雄成虫触角上发现并描述, 其内部结构和具体功能均未得到证明。此感器由类似毛形感器的主体和感器端部上表面凹凸不平的小圆球组成。根据已有的毛形感器功能研究结果 (Almaas & Mustaparta, 1991; 吴才宏, 1993; 杜永均等, 1995; 金鑫等, 2004), 我们推测火柴形感器属于毛形感器的一种, 感器端部的小圆球类似于信号放大器, 主要用于低浓度性信息素的识别与定位。

以上有关 5 种松突圆蚧雄成虫触角感器的功能只是推测, 今后还需要利用透射电镜技术和触角电位、单细胞记录等电生理技术进行证实并进一步明确其内部结构。

参考文献

陈顺利, 伍福华, 侯沁文. 2004. 松突圆蚧生物学特性的研究. 福建林业科技, 31(2): 1-5.

丁德诚, 唐贤汉, 杜家纬. 1988. 松突圆蚧交配行为的研究 // 中国科学院上海昆虫研究所. 昆虫学研究集刊. 上海: 上海科学技术出版社, 88.

杜家纬, 丁德诚, 许少甫. 1991. 松突圆蚧性信息素初步研究 I. 粗提物的活性及分离方法 // 中国科学院上海昆虫研究所. 昆虫学研究集刊. 上海: 上海科学技术出版社, 45-50.

杜芝兰. 1989. 中华蜜蜂工蜂触角感受器的扫描电镜观察. 昆虫学报, 32(2): 166-169.

杜永均, 严福顺, 唐觉. 1995. 大豆蚜触角嗅觉感器的结构及其功能. 昆虫学报, 38(1): 1-7.

黄振裕, 陈顺立, 林庆源. 2005. 混合杀虫剂对松突圆蚧的药效试验. 福建林学院学报, 25(1): 43-46.

金鑫, 张善干, 张龙. 2004. 东亚飞蝗四种类型的触角感器超微结构 (昆虫纲: 直翅目). 农业生物技术学报, (12): 300-305.

马瑞燕, 杜佳伟. 2000. 昆虫的触角感器. 昆虫知识, 37(3): 179-183.

钱明惠. 2003. 我国松突圆蚧研究进展. 广东林业科技, 19(4): 51-55.

吴才宏. 1993. 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. 昆虫学报, 36(4): 385-388.

武福华. 2003. 松突圆蚧生物学特性的研究. 福州: 福建农林大学.

Albert P J and Seabrook W D. 1973. Morphology and histology of the antenna of the male eastern spruce budworm, *Choristo-*

neura fumiferana (Clem.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Canadian Journal of Zoology*, 51: 443-448.

Almaas T J and Mustaparta H. 1990. Pheromone reception in tobacco budworm moth, *Heliothis virescens*. *Journal of Chemical Ecology*, 16: 1331-1347.

Almaas T J and Mustaparta H. 1991. *Heliothis virescens*: response characteristics of receptor neurons in sensilla Trichodea type1 and type2. *Journal of Chemical Ecology*, 17: 953-972.

Bartlet E, Romani R, Williams I H and Isidoro N. 1999. Functional anatomy of sensory structures on the antennae of *Psylliodes chrysocephala* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 28: 291-300.

Clyne P, Grant A, O'Connell R and Carlson J R. 1997. Odorant response of individual sensilla on the *Drosophila* antenna. *Invertebrate Neuroscience*, 3: 127-135.

Hallberg E, Hansson B S and Steinbrecht R A. 1994. Morphological characteristics of antennal sensilla in the European cornborer *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Tissue and Cell*, 26: 489.

Jefferson R N, Rubin R E, Mcfarland S U and Shorey H H. 1970. Sex pheromones of noctuid moths. XXII. The external morphology of the antennae of *Trichoplusia ni*, *Heliothis zea*, *Prodenia ornithogalli*, and *Spodoptera exigua*. *Annals of the Entomological Society of America*, 63: 1227-1238.

Merivee E, Rahi M, Bresciani J, Ravn H P and Luik A. 1998. Antennal sensilla of the click beetle, *Limoniuss aeruginosus* (Olivier) (Coleoptera: Elateridae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 27: 311-318.

Rü B L, Renard S, Allo M R, Lannic J L and Rolland J P. 1995. Antennal sensilla and their possible functions in the host-plant selection behaviour of *Phenacoccus manihoti* (Matile-Ferrero) (Homoptera: Pseudococcidae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 24: 375-389.

Saad A D and Scott D R. 1981. Repellency of pheromones released by females of *Heliothis armigera* and *H. zea* to females of both species. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 30: 123-127.

Schneider D. 1964. Insect antennae. *Annual Review of Entomology*, 9: 103-122.

Schneider D and Seibt U. 1969. Sex pheromone of the queen butterfly: electroantennogram responses. *Science*, 164: 1173-1174.

Schneider D. 1974. The sex-attractant receptor of moths. *Scientific American*, 231: 28-35.

Zacharuk R Y. 1980. Ultrastructure and function of insect chemosensilla. *Annual Review of Entomology*, 25: 27-47.