

刺粉虱黑蜂触角感器的扫描电镜观察^{*}

赵晓英^{**} 杨伟^{***} 杨桦 杨春平 张犀 黄琼

(四川农业大学森林保护省级重点实验室 雅安 625014)

摘 要 采用扫描电镜观察了刺粉虱黑蜂 *Amitus hesperidum* Silvestri 触角。结果表明,在雌雄蜂的触角上共存在着 7 种感觉器,分别为 Böhm 氏鬃毛、毛形感觉器、板形感觉器、腔锥形感器、柱形感觉器、栓锥形感觉器。对触角感觉器的形态、分布进行了描述。雌雄触角有性二型现象,主要表现在毛形感器数量差异明显,板形感器分布不同,栓锥形感器只在雌虫上发现。

关键词 刺粉虱黑蜂, 触角, 感受器, 扫描电镜

Antennal sensilla of *Amitus hesperidum* observed with scanning electron microscopy

ZHAO Xiao-Ying^{**} YANG Wei^{***} YANG Hua YANG Chun-Ping ZHANG Xi HUANG Qiong

(Key Laboratory of Forest Protection, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract The antennae of the wasp *Amitus hesperidum* Silvestri were observed with a scanning electron microscope. Seven types of sensilla, including Böhm's bristles, sensilla trichodea, sensilla placodea, sensory pores, sensilla coeleconica, sensilla cylindric and sensilla styloconicum, were found and their shape and distribution described. There was obvious sexual dimorphism, including differences in the number of sensilla trichodea and the distribution of sensilla placodea. Moreover, only females had sensilla styloconicum.

Key words *Amitus hesperidum*, antenna, sensilla, scanning electron microscope

刺粉虱黑蜂 *Amitus hesperidum* Silvestri, 隶属膜翅目 (Hymenoptera), 广腹细蜂科 (Platygasteridae), 又名粉虱细蜂, 日本人桑名最早做过报道, 其后 1949 年, 曾将本种与其他 2 种蚜小蜂引入墨西哥, 防治吴氏刺粉虱获得完全成功 (赵修复, 1987)。韩宝瑜 (1996) 调查发现刺粉虱黑蜂是茶叶和柑桔重要害虫黑刺粉虱幼期和蛹期的优势寄生蜂之一, 自然控制作用强, 应用潜力大。

触角是寄生蜂感受外界刺激的主要器官, 研究触角感受器的形态、结构和分布是探索昆虫嗅觉行为和识别机制的前提。国外不少学者对跳小蜂科 (Encyrtidae)、金小蜂科 (Pteromalidae)、茧蜂科 (Braconidae)、姬蜂科 (Ichneumonidae)、赤眼蜂

科 (Trichogrammatidae) 和蛛蜂科 (Pompilidae) 一些种类的触角感觉器超微结构做过研究报道 (Miller, 1972; Weseloh, 1972; Borden, 1978)。国内的研究者也分别对野蚕黑卵蜂 *Telenomus theophilae* (高其康和胡萃, 1993)、赤眼蜂 *Trichogramma* spp. (戴玲美, 1998)、麦蛾茧蜂 *Racon hebetor* Say (李晶津, 2008)、半闭弯尾姬蜂 *Diadegma semiclausum* (李欣和白素芬, 2004) 等寄生蜂的触角进行了扫描电镜观察, 但对刺粉虱黑蜂的触角感觉器超微结构的研究未见报道。迄今为止, 国外对刺粉虱黑蜂停留于引种阶段, 而国内也主要是开展了对此蜂的田间调查, 生物学研究等工作, 尚未做深入研究。为此, 本研究对刺粉虱黑蜂进行了扫描电镜观察, 旨在为深入了解该蜂

^{*} 资助项目: 长江中上游生态工程建设项目、“211”双支计划资助项目。

^{**} E-mail: zdd20030055@yahoo.com.cn

^{***} 通讯作者: E-mail: yawei0218@yahoo.com.cn

收稿日期: 2010-12-28, 接受日期: 2011-03-17

对信息化合物的作用机理提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

在雅安雨城区草坝镇茶园中采集带有粉虱蛹的茶叶,分装于玻璃试管中带回室内置室温下培养,待寄生蜂羽化后,选用触角完好的蜂立即进行处理。

1.2 样品制作与观察方法

取雌雄成虫各 5 头,分别剪取成虫触角(连同头部),放入 pH7.2,2.5% 戊二醛溶液中,置于 4℃ 冰箱中固定 2~3 h;固定后于生理盐水中超声波清洗 3 次,每次 10 min。接着乙醇系列脱水,系列浓度为:30%、50%、70%、90%、100%,其中在 30%~90% 的浓度中脱水 1 次,时间为 20 min,在 100% 的浓度中脱水 2 次,第 1 次 20 min,第 2 次 25 min;脱水后用醋酸异戊脂于 4℃ 冰箱中置换 15 min 以上;置换后取出样品放入滤纸折成的小干燥盒内,临界点干燥。每种样品按蜂的背面、侧面、腹面用双面胶粘贴在样品台上,镀金后置 KYKY1000B 型扫描电镜下进行观察,加速电压 25 kV。根据 Schneider(1964)触角感器分类方法,确定触角中分布的所有感器类型,同时统计整个触角不同感器的数目。

1.3 数据处理与分析

Duncan 氏新复极差法对雌、雄虫触角感器数量的差异显著性进行分析。

2 结果与分析

2.1 刺粉虱黑蜂触角的一般形态

刺粉虱黑蜂触角由柄节、梗节和鞭节组成,触角着生在头部颜面中部臼形的触角窝内。雄蜂触角稍长于雌蜂,共 10 节,鞭节包括索节 7 节,棒节 1 节,各节粗细较均匀,第 1、2 索节葫芦形,第 4~8 索节等长,端部数节不膨大。雌蜂触角比体短,8 节,鞭节包括索节 5 节,棒节 1 节,第 2、3 索节几乎等长,第 8 节棒节似为 3 个亚节愈合而成,膨大,呈棍棒状。雄蜂触角的平均长度约为 795.5 μm ,雌蜂触角的平均长度约为 706 μm 。柄节平均长度雄蜂约 159 μm ,雌蜂 181 μm 。梗节平均长度雄蜂约 52.5 μm ,雌蜂 50 μm 。鞭节平均长度雄蜂约 583.5 μm ,雌蜂 475 μm (图版 I:1,2)。

2.2 刺粉虱黑蜂触角感器的种类、形态及分布

2.2.1 Böhm 氏鬃毛(Böhm's bristles, BB)

Böhm 氏鬃毛分布于柄节与头部间的节间膜上,数量较少,着生角度为 90°。基部较宽,端部较细,位于一个较深且较小的半球形凹陷内。它们是又短又尖的刚毛状感器,光滑无孔。雌蜂触角上的 Böhm 氏鬃毛平均长度和基部直径分别为 4.1 μm (2.3~5.9 μm)和 0.8 μm (0.6~1.0 μm),雄蜂分别为 5.6 μm (2.1~7.5)和 1.1 μm (0.8~1.4 μm)(图版 I:4)。

2.2.2 毛形感器(sensilla trichodea, ST) 毛形感器是昆虫触角上分布最广,数量最多的感器,在触角柄节、梗节、索节、棒节上均有分布,其中索节和棒节上分布稠密,柄节和梗节上分布稀疏。刺粉虱黑蜂的毛形感器按形状可以分为 I、II 和 III。所有毛形感器均着生在较浅的窝中,只是大小和形状不同。

I(ST I)型:较长,与触角轴大体呈 30°~45°,末端尖,指向触角端部。雌蜂平均长度和基部直径分别为 17.2 μm (12.7~27.8 μm)和 2.1 μm (1.9~2.3 μm);雄蜂分别为 23.4 μm (20.9~32.4) μm 和 2.2 μm (1.9~2.5 μm)。

II(ST II)型:较粗短,而且顶端较圆滑,略呈弧状弯曲,主要分布在梗节部分和第 1~2 索节。雌蜂平均长度和基部直径分别为 5.4 μm (2.3~5.9 μm)和 0.8 μm (0.7~1.1 μm);雄蜂分别为 10.5 μm (3.69~14.4 μm)和 1.0 μm (0.8~1.4 μm)。

III(ST III)型:比 I 长,毛状,在距基部 1/2 处发生弯曲,端部 1/2 大体与触角外表皮平行,这种感器的数量不多,偶尔均在雌雄鞭节部分分布。雌蜂平均长度和基部直径分别为 12.5 μm (10.7~15.6 μm)和 1.3 μm (1.1~1.4 μm);雄蜂分别为 13.4 μm (11.2~17.5 μm)和 1.5 μm (1.4~1.9 μm)(图版 I:5~7)。

2.2.3 板状感器(sensilla placodea, SP) 此类型感器呈厚而光滑的板状,端部较窄,呈尖刀状,与所着生的触角亚节分开,明显高于触角表面。雌蜂平均板长为 13.3 μm (13~15.4 μm),宽度为 2.9 μm (2.3~3.5 μm),成对地纵向分布在触角索节各节,2 成对感器之间间距为 10.4~12.1 μm ,与雄蜂相比距离较近。这类感器只在触角腹面有分布,在第 2~5 索节数量为 2 个,而在棒节 1

~2 亚节数量分别为 1 个,柄节、梗节、第 1 索节和棒节最后 1 亚节上没有分布。雄蜂此类感器较为宽大,平均板长 14.2 μm (12.2 ~ 16.5 μm),宽度为 3.2 μm (2.9 ~ 3.7 μm),2 成对感器之间间距为 22.4 ~ 25.8 μm ,在第 2 ~ 7 索节数量为 2 个,最后一节没有分布(图版 I :5,8)。

2.2.4 感觉孔 (sensory pore, sp) 感觉孔位于梗节端部纵面上,10 ~ 12 个感觉孔环绕梗节中线一圈排列,形似手枪的转轮,孔平均直径为 2.3 μm ,雌雄都有,类似于豌豆潜蝇姬小蜂雌蜂的感觉孔(图版 I :9)。

2.2.5 腔锥形感器 (sensilla coeleoconica, SCO)
腔锥形感器着生于较宽且较浅的圆形凹陷内,栓状,末端尖削。雌蜂触角上的该感器平均长为 3.8 μm (3.4 ~ 4.1 μm),平均直径为 0.9 μm (0.8 ~ 1.1 μm),主要分布在腹面 2 ~ 5 节索节部分和棒节 1 ~ 2 亚节。雄蜂触角上的该感器平均长为 4.8 μm (3.7 ~ 5.2 μm),基部平均直径为 0.8 μm (0.6 ~ 0.9 μm),主要分布在 2 ~ 7 节索节部分(图版 I :10,11)。

2.2.6 柱形感器 (sensilla cylindric, SC2) 柱形感器散生在触角上,顶端钝圆,呈柱形,较粗短,平均长 7.2 μm (5.3 ~ 9.4 μm),基部直径 0.9 μm (0.7 ~ 1.1 μm),数量较少,分布于毛形感器之间

(图版 I :5,12)。
2.2.7 栓锥形感器 (sensilla styloconicum, SS)
此类感器只在雌蜂上发现,形似小锥体着生于表皮凹陷形成的腔内,基部粗大,逐渐向端部收拢,端部变细,呈拇指状,较为粗大,垂直于触角表面。平均长 7.6 μm (6.5 ~ 8.3 μm),基部直径 5.0 μm (4.4 ~ 5.8 μm)(图版 I :12)。

2.3 雌、雄蜂触角比较
刺粉虱黑蜂雌、雄蜂的触角存在性二性现象,主要表现在 3 个方面。第一,长度不同,雄蜂触角 10 节,而雌蜂 8 节,棒节由 3 亚节愈合而成,雄蜂触角总长度比雌蜂长约 90 μm 。第二,雌、雄蜂触角上的感器的种类略有差异,栓锥形感觉器只在雌蜂触角的索节上发现,且数量较少,在雄虫中没有发现,而柱形感觉器、腔锥形感器、Böhm 氏鬃毛和感觉孔在两性触角上的形状和数量无显著差异。第三,在感器数量和分布上不同,雌蜂的毛形感器比雄蜂的多,更为密集,有明显差异。板形感觉器在两性触角的数量和分布上不同,雌蜂在第 2 ~ 5 索节板形感觉器成对出现,2 对感器的距离较近,而在棒节 1 ~ 2 亚节数量分别为 1 个,雄蜂成对分布在 2 ~ 7 索节,2 对感器的距离较远(表 1)。

表 1 刺粉虱黑蜂雌、雄蜂触角各类感器数量						
Table 1 Numbers of various sensilla on different sections of antenna of <i>Amitus hesperidum</i>						
性别 Sex	毛形感器 Sensilla trichodea	Böhm 氏鬃毛 Böhm's bristles	柱形感器 Sensilla cylindric	板形感器 Sensilla placodea	腔形感器 Sensilla coeleoconica	栓锥形感器 Sensilla styloconicum
雌虫 Female	454.7 ± 18.9aA	7 ± 0.3 cC	3 ± 0.6 cC	10 ± 0.0 cC	6 ± 0.0 cC	2.3 ± 0.3 cC
雄虫 Male	306 ± 14.8bB	6 ± 0.3 cC	1 ± 0.9 cC	12 ± 0.0 cC	6 ± 0.0 cC	0 cC

注:表内数据为平均数 ± 标准误,同一行数据后标有不相小写字母者表示在 0.05 水平上差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著 (Duncan 氏新复极差法)。
Data are means ± SE, and followed by different letters in the same row indicate significant difference (small letters at 0.05 level, capital letters at 0.01 level) by Duncan's multiple range test.

3 讨论
观察结果表明,刺粉虱黑蜂触角感器类型与其他寄生蜂类似,毛形感觉器数量最多,在触角表面分布密度最大,坛形感器、钟形感器、腔形感器均未观察到。毛形感器 I、II 与其他研究者报道

的类似(高其康和胡萃,1993;刘万学和万方浩,2007),毛形感器 III 型、感觉孔与邹德玉等(2009)的报道相似。板状感器与友恩蚜小蜂雌蜂的板状感器类似,只是友恩蚜小蜂雌蜂板状感器前端有一小段与所着生的触角亚节分开,而刺粉虱黑蜂板状感器所着生的触角亚节是完全分开的(王竹

红,2007)。Böhm 氏鬃毛、柱形感器、腔锥形感器与其他研究者报道的类似(杨广等,2003;李欣和白素芬,2004;周志军和王世贵,2005;董文霞和张钟宁,2006)。

Böhm 氏鬃毛的内部结构尚未见报道, Schneider(1964)认为 Böhm 氏鬃毛是一种感受重力的机械感觉器,当遇到机械刺激时,能够缓冲重力的作用力,从而控制触角位置下降的速度。毛形感器是数量最多的一类感器,这几乎是所有昆虫的共性,毛形感器是昆虫感受性信息素的主要器官,而且具有感受机械刺激和嗅觉的功能(吴才宏,1993;胡霞,2006)。对于板形感器,一些研究者认为具有嗅觉功能(Barlin,1981),而另外一些研究者则认为其功能为感受红外辐射(Borden,1978)。Li 等(1992)从寄生蜂进化的角度出发,认为雌雄蜂处于同样栖境中,雌蜂利用植物挥发性物质寻找寄主,而雄蜂利用同样的植物挥发性物质和性信息素寻找雌蜂交配。刺粉虱黑蜂板状感器在雄蜂上的数量大于雌蜂,因此推测雌雄蜂触角上的板形感器具有嗅觉作用。一般认为,腔锥形感器具有感受气味的作用(Ochieng,2000),但是也有研究表明,这种感器可能与热和湿度感受有关(Altner,1983)。感觉孔和柱形感器的功能尚未见报道。栓锥形感器多为双壁,有丰富的神经细胞,有温湿度感受、嗅觉、味觉等多种功能(马瑞燕和杜家纬,2000),此感器只在刺粉虱黑蜂雌虫中发现,因此推测在自然界中雌蜂比雄蜂更能感受来自寄主植物的信号气味。

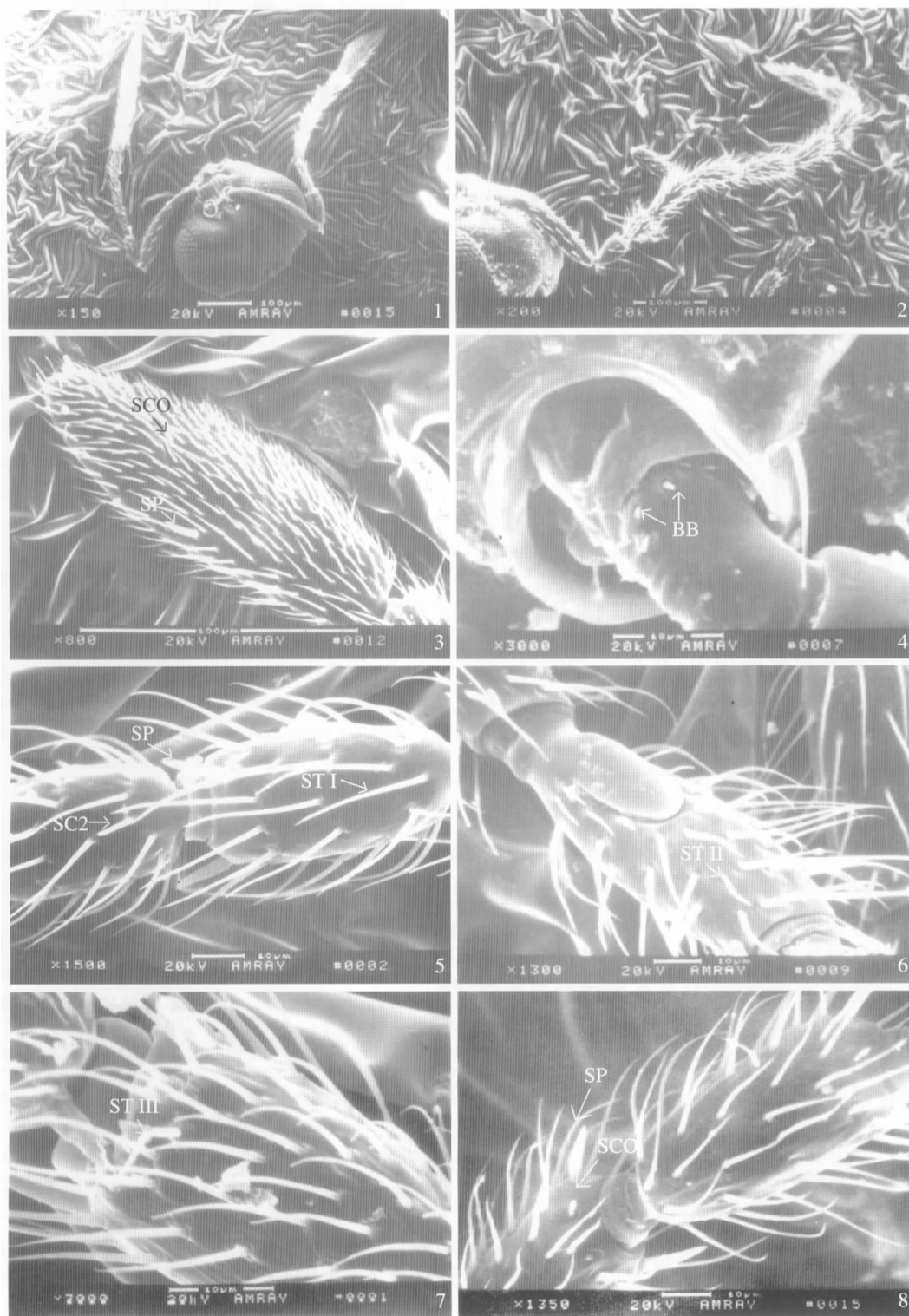
本研究只对刺粉虱黑蜂触角感觉器的超微结构进行了扫描电镜观察,而有关各类感觉器特定功能主要是根据其形态和分布、行为反应以及相关资料推测而来,具有一定的局限性,还有待于进一步利用单细胞测定技术来验证。

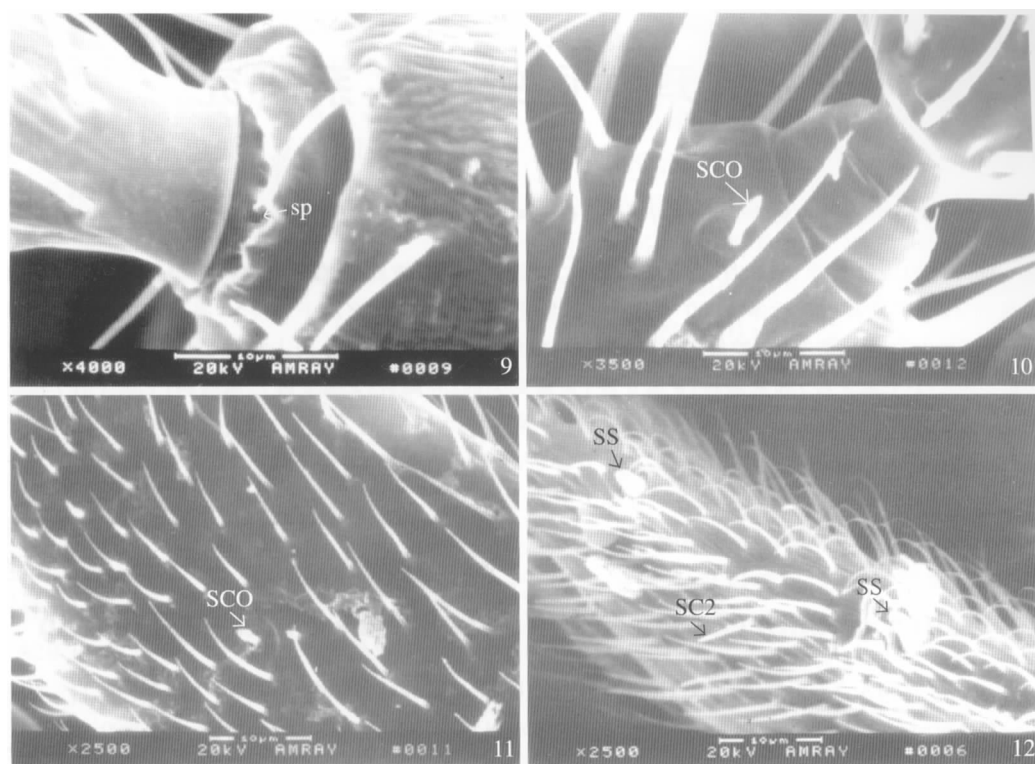
参考文献 (References)

- Altner H, Schaller-Selzer L, Stetter H, Wohlrab I, 1983. Poreless sensilla with inflexible sockets; A comparative study of a fundamental type of insect sensilla probably comprising thermo-and hygro-receptors. *Cell Tissue Res.*, 234 (2): 279—307.
- Barlin MR, Vinson SB, Piper GL, 1981. Ultrastructure of the antennal sensilla of the cockroach-egg parasitoid, *Tetrastichus hagenowii* (Hymenoptera: Eulophidae). *J. Morphol.*, 168 (1): 97—108.

- Borden JH, 1978. Morphology of the elongate placoid sensillum on the antennae of *Itopectis conquisitor*. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 71 (2): 223—227.
- 戴玲美, 1988. 赤眼蜂的雌虫触角. *昆虫知识*, 25 (3): 165—167.
- 董文霞, 张钟宁, 2006. 中红侧沟茧蜂触角感受器的扫描电镜观察. *昆虫学报*, 49 (6): 1054—1059.
- 高其康, 胡萃, 1993. 野蚕黑卵蜂触角感器的超微结构研究. *浙江农业大学学报*, 19 (4): 399—404.
- 韩宝瑜, 1996. 茶园黑刺粉虱天敌名录及对该害虫的制约. *安徽农业科学*, 24 (1): 40—43.
- 胡霞, 周祖基, 蒋学建, 詹红菊, 2006. 川硬皮肿腿蜂触角超微结构观察. *辽宁林业科技*, (2): 4—7.
- 李晶津, 2008. 麦蛾茧蜂触角传感器的扫描电镜观察. *昆虫知识*, 45 (1): 61—64.
- 李欣, 白素芬, 2004. 半闭弯尾姬蜂触角感觉器的超微结构研究. *河南农业大学学报*, 38 (1): 45—48.
- Li YS, Dickens JC, Steiner WWM, 1992. Antennal olfactory responsiveness of *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) to cotton volatiles. *J. Chem. Ecol.*, 18 (10): 1761—1774.
- 刘万学, 万方浩, 2007. 棉铃虫齿唇姬蜂触角传感器的扫描电镜观察. *中国生物防治*, 23 (2): 103—110.
- 马瑞燕, 杜家纬, 2000. 昆虫的触角感器. *昆虫知识*, 37 (3): 179—183.
- Miller MC, 1972. Scanning electron microscope studies of the flagellar sense receptors of *Peridesmia discus* and *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 65 (5): 1119—1124.
- Ochieng SA, Park KC, Zhu JW, Baker TC, 2000. Functional morphology of antennal chemoreceptors of the parasitoid *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Arthropod Struct. Dev.*, 29 (3): 231—240.
- Schneider D, 1964. Insect antennae. *Annu. Rev. Entomol.*, 9: 103—122.
- 王竹红, 黄建, 2007. 友恩蚜小蜂雌蜂触角、口器感觉系统电镜扫描观察. *福建农林大学学报(自然科学版)*, 36 (5): 462—465.
- Weseloh RM, 1972. Sense organs of the hyperparasite *Cheiloneurus noxius* (Hymenoptera: Encyrtidae) important host selection. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 65 (1): 41—46.
- 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.
- 杨广, 魏辉, 尤民生, 2003. 小菜蛾绒茧蜂触角的超微结构. *福建农林大学学报(自然科学版)*, 32 (1): 32—35.
- 赵修复, 1987. 寄生蜂分类纲要. 北京: 科学出版社. 1—282.
- 周志军, 王世贵, 2005. 二化螟盘绒茧蜂触角传感器的超微结构. *昆虫知识*, 42 (6): 676—680.
- 邹德玉, 张礼生, 陈红印, 2009. 豌豆潜蝇姬小蜂雌蜂触角传感器的扫描电镜观察. *昆虫知识*, 46 (1): 90—96.

图版 I 刺粉虱黑蜂的触角感器

Plate I Antennal sensilla of *Amitus hesperidum*



1. 雌蜂触角 Female antenna($150\times$); 2. 雄蜂触角 Male antenna($200\times$); 3. 雌蜂棒节 Female clava($800\times$); 4. 雄蜂柄节与头部间的节间膜上 Böhm 氏鬃毛 Böhm's bristles on the intersegmental membrane between head and scape of male antennae ($4\,000\times$); 5. 雄蜂第 2 索节上的柱形感器, 毛形感器 I Sensilla cylindric and Sensilla trichodea I on flagellum- 2 of male antennae($1\,500\times$); 6. 雌蜂梗节上的毛形感器 II Sensilla trichodea II on pedicel of female($1\,300\times$); 7. 雌蜂第 1 索节毛形感器 III Sensilla trichodea III on flagellum-1 of female antennae($3\,000\times$); 8. 雄蜂第 3 索节上的板状感器 Sensilla placodea on flagellum-3 of male antennae($1\,200\times$); 9. 雌蜂梗节端部纵面感觉孔 Sensory pore on the base of pedicel of female($4\,000\times$); 10. 雄蜂第 2 索节上的腔锥形感器 Sensilla coeloconica on flagellum-2 of male antennae($3\,500\times$); 11. 雌蜂第 8 索节上的腔锥形感器 Sensilla coeloconica on flagellum-8 of female antennae($2\,500\times$); 12. 雌蜂第 8 索节上的栓锥形感器 Sensilla styloconicum on flagellum-8 of female antennae($2\,500\times$).