

蝇蛹金小蜂雌虫触角、产卵器及腹部感受器的
扫描电镜观察

赵海燕^{1,2}, 陆永跃¹, 曾 玲¹, 梁广文¹

(1 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642; 2 海南省农业科学院 农业环境与植物保护研究所, 海南 海口 571100)

摘要:应用扫描电镜对蝇蛹金小蜂 *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani 雌虫触角、产卵器及腹部末端上的感受器(简称感器)进行了观察. 结果表明, 雌蜂触角上有 8 种感受器类型, 分别为 Böhm 氏鬃毛、板形感器、锥形乳头状感器、薄壁化学感器、厚壁化学感器、毛形感器、刺形感器和感觉孔; 腹部上发现 3 种感受器类型: 毛形感器、刺形感器和芽孢形感器; 产卵器上分布了 4 种感器类型: 毛形感器、刺形感器、芽孢形感器和分泌孔. 本研究还对感器的形态、数量及分布进行了描述.

关键词:蝇蛹金小蜂; 雌虫; 感受器; 触角; 产卵器; 腹部; 扫描电镜
中图分类号: S852.65 文献标志码: A 文章编号: 1001-411X(2013)04-0499-05

Scanning Electron Microscopic Observation on Sensilla of the Antennal,
Ovipositor and Abdomen in Female of *Pachycrepoideus vindemmiae*

ZHAO Haiyan^{1,2}, LU Yongyue¹, ZENG Ling¹, LIANG Guangwen¹

(1 College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2 Institute of Agricultural Environment and Plant Protection, Hainan Academy of Agricultural Sciences, Haikou 571100, China)

Abstract: The antennal, ovipositor and abdomen of female wasp *Pachycrepoideus vindemmiae* were observed with scanning electron microscopy (SEM). The results indicated that eight types of sensilla, namely Böhm bristles, chaeticum sensilla, trichodea sensilla, placoid sensilla, basiconic mastoid sensilla, thick walled chemoreceptor, thin walled chemoreceptor and sensory pore, were found on the surface of the antenna. Three types of sensilla, namely trichodea sensilla, chaeticum sensilla and bud-shaped sensilla were found on the terminal abdomen. Four types of sensilla, namely trichodea sensilla, chaeticum sensilla, bud-shaped sensilla and sensory pore, were found on the ovipositor. The types, numbers, morphological characteristics and the relative positions of these sensilla were also depicted.

Key words: *Pachycrepoideus vindemmiae*; female; sensilla; antenna; ovipositor; abdomen; scanning electron microscope

触角是寄生蜂感受外界刺激的主要器官, 触角表面分布多种类型的感受器(简称感器). 触角感器形态、结构和分布的研究为探索昆虫的识别寻找和成功繁殖奠定了基础. 国内外已有许多学者对膜翅目的很多科昆虫触角的感器进行了研究, 如跳小蜂科 Encyrtidae、金小蜂科 Pteromalidae、茧蜂科 Braconidae、缨小蜂科 Mymaridae、肿腿蜂科 Bethyridae、和蜜蜂科 Apidae 等; 触角上各类感器的形态、数目及功能等也有相关研究^[1-9]. 已有研究主要集中在幼虫和卵寄生蜂的触角上, 而蛹寄生蜂触角的研究相对较

少^[4,10]. 研究表明寄生蜂触角上的传感器在寄生蜂寻找生境、寄主和寄生过程中起着重要作用.

昆虫种类不同,产卵器的形状也各异,各式产卵器与产卵的方式与习性相适应;由于昆虫种类和生活习性的不同,其产卵器上感受器的功能也多种多样,能感受机械、湿度、温度、味觉或嗅觉等. 有报道表明,产卵器顶端具有感受器,并认为主要是化学感受器^[11-12];寄生蜂一般依赖产卵器上的感受器来辨别寄主是否适宜寄生或寄主是否已被寄生^[13]. 由于产卵器上的感受器在寄生蜂对寄主的搜寻定位以及识别和接受寄主过程中具有重要作用,关于寄生蜂产卵器上的感受器形态结构与功能已有很多的研究报道^[11-12,14-15].

昆虫腹部保护内脏和生殖器官,其进化也是围绕着新陈代谢和生殖作用进行的. 在产卵时,雌蜂的腹部和产卵基质直接接触,可能具有重要的感受作用,而关于腹部传感器的研究很少^[16]. 蝇蛹金小蜂 *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani 属于小蜂总科 Chalcidoidea 金小蜂科 Pteromalidae 金小蜂亚科 Pteromalinae,是家蝇等蝇类常见的寄生蜂之一^[17],它在家蝇等蝇类的生物防治上起着非常重要的作用,具有良好的应用前景^[18]. 据报道蝇蛹金小蜂可寄生于橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 蛹,且对其有一定的控制作用^[19]. 因此,在了解该蜂的一些寄生特性后^[20-22],本研究对蝇蛹金小蜂的触角、产卵器和腹部上的感受器进行了扫描电镜观察,以期深入了解其化学感受系统,揭示其感受器与行为之间的关系,进一步明确其在搜索生境和鉴别寄主等行为中的功能.

1 材料与方法

1.1 供试蜂源

蝇蛹金小蜂为华南农业大学昆虫学系实验室内饲养种群,室内使用橘小实蝇蛹作为饲养寄主, φ 为 15% 蜂蜜水作营养补充,饲养条件:温度 (26 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $70\% \pm 5\%$ 和光照周期 14 h 光:10 h 暗.

1.2 样品制作及观察方法

取羽化 24 h 内的蝇蛹金小蜂雌成虫若干,经 φ 为 3% 戊二醛固定 3 h,将蝇蛹金小蜂的产卵器和触角取下,经用 0.1 mol/L 磷酸缓冲液及重蒸馏水漂洗多次,超声波净化 (2 ~ 4 min),依次经 φ (乙醇) 为 30%、50%、70%、80%、90%、95% 溶液各处理 1 次、无水乙醇处理 2 次进行脱水,每个处理脱水 10 min,脱水后移入丙酮,再用异戊酯置换,放入真空干燥箱内干燥 2 h. 用导电胶从蜂背面、腹面和 2 个侧面 4

个角度将触角、产卵器和腹部贴于样品台上,喷金镀膜,最后置于 XL-30ESEM 扫描电镜下观察,加速电压为 20 kV. 根据 Schneider^[23] 触角传感器分类方法,确定触角中分布的所有传感器类型.

2 结果与分析

2.1 蝇蛹金小蜂雌虫触角传感器的类型及分布

2.1.1 蒲姆氏鬃毛 (Böhm bristles, BB) Böhm 氏鬃毛外形类似短刺,挺直或与表面成锐角,具有基窝,分布在柄节的侧面和腹面,背面则没有 (图 1a).

2.1.2 板形感器 (Placoid sensilla, SP) 具板状外壁,明显高于触角表面,感器沿纵轴方向与触角壁愈合,端部较尖,端部大约 $1/25 \sim 1/30$ 脱离触角表面,且突出触角端部,使得每个索节像盛开的莲花盘一样. 根据感器形状及其在触角表面上着生情况,板形感器可分为 2 种亚类型: I 型板形感器 (SP I) 细长,脊状隆起,平均长 $44.47 \mu\text{m}$ 、宽约 $4.35 \mu\text{m}$; II 型板形感器 (SP II) 粗短,呈长椭圆形盘状结构,中部形成一纵长形凹槽,四周有脊环绕,平均长 $36.23 \mu\text{m}$ 、宽 $5.76 \mu\text{m}$; I 型与 II 型混合着生在触角上,第 3 ~ 7 索节及棒节上均有分布. 虽各节上的数量不等,但每节上的板形感器都近均匀、间隔地排列,这些间隔中间分布着各种感器.

棒节共有 32 个板形感器, I 型与 II 型没有规律的混合交替着生. 第 3 索节 2 个 I 型位于侧面,4 个 II 型位于腹面和背面;第 4 与第 5 索节板型感器的数量及着生方式相同,2 个 I 型位于侧面,6 个 II 型位于腹面和背面;第 6 和 7 索节板型感器的数量及着生方式也相似,共 10 个板形感器, I 型与 II 型交替着生 (图 1c).

2.1.3 锥形乳头状感器 (Basiconic mastoid sensilla, BMS) 该感器呈乳头状突起,位于索节近端部的角质凹陷内和棒节基部和端部,长 $3.85 \mu\text{m}$,基部直径 $0.72 \mu\text{m}$,乳头直径 $1.21 \mu\text{m}$,主要分布在第 3 ~ 7 索节和棒节,数量依次为:2、3、2、3、3 和 4 (图 1e).

2.1.4 薄壁化学感器 (Thin walled chemoreceptor, TNC) 呈细长的毛形,端部尖,整体前倾匍匐着生,有的直立,有些弯曲,长约 $40.38 \mu\text{m}$,基部直径 $1.93 \mu\text{m}$. 第 4 ~ 7 索节和棒节均有分布,一部分位于 II 型板形感器的纵长形穴中,另一部分分布在板形感器间隔. 各节数量在 12 ~ 16 之间 (图 1c).

2.1.5 厚壁化学感器 (Thick walled chemoreceptor, TKC) 该感器较粗,端部钝圆,表面具有纵纹. 分布在触角棒节端部的“探索区”,近垂直着生于触角表

面,平均长度 $5.58\text{ }\mu\text{m}$,基部直径 $0.85\text{ }\mu\text{m}$,数量 $4\sim6$ 个(图1e).

2.1.6 毛形感器(Trichodea sensilla, ST) 根据其形态,大小将其分为3种类型:ST I,从基部开始逐渐变细,端部尖锐,呈弧形弯曲,分布在各索节端部,棒节顶端与棒状感器混合着生;ST II,直立,第2~7索节和棒节基部均有分布;ST III,该类感器基部与触角纵轴呈 $\angle 35\sim\angle 45$ 的夹角,在感器约 $3/1\sim 2/1$ 处急剧弯曲,呈“L”状,顶部指向触角端部,在各索节基部与ST I、ST II混合着生(图1c~1f).

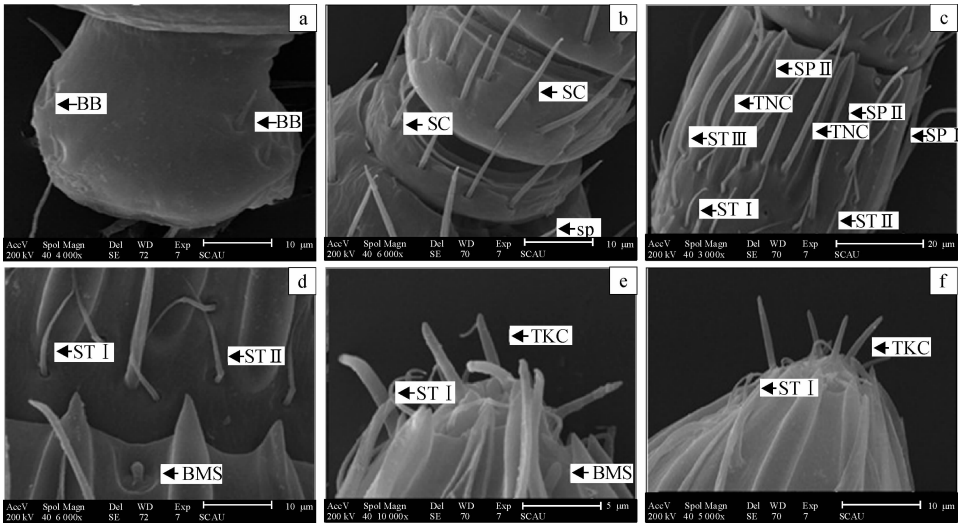
2.1.7 刺形感器(Chaeticum sensilla, SC) 外形如

刺,细长,具基节窝,由基部向端部逐渐变细,表皮厚,无孔,几乎与触角表面平行或与触角表面呈小于 $\angle 45$ 的锐角.分布在触角柄节、梗节、环节以及第1~3索节(图1b).

2.1.8 感觉孔(Sensory pore, sp) 位于梗节与环节的相连的面上,一圈约 $10\sim 12$ 个,像左轮手枪的转轮一样(图1b).梗节端部感觉孔的功能鲜见报道.

2.2 腹部末端感器类型及分布

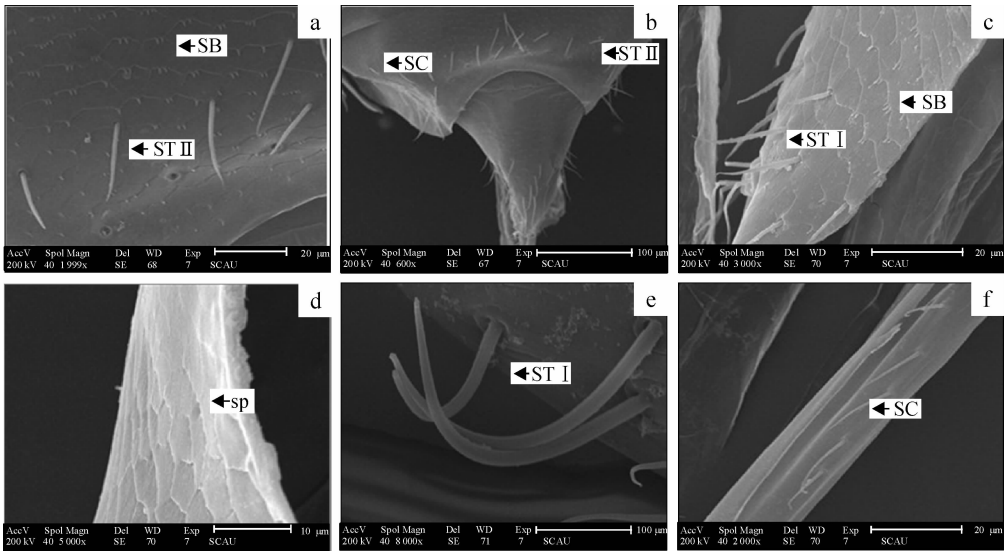
通过扫描电镜观察到蝇蛹金小蜂腹部分布有3种感器:毛形感器、刺形感器和芽孢形感器(图2a、2b).



BB:Bohm 氏鬃毛;SP:板形感器;BMS:锥形乳头状感器;ST:毛形感器;SC:刺形感器;TNC:薄壁化学感受器;TKC:厚壁化学感器;sp:感觉孔.
a:柄节;b:环节和第1索节;c:第5索节;d:第7索节;e,f:棒节.

图1 蝇蛹金小蜂雌蜂触角感器类型

Fig.1 Types of the sensilla on the antennae of *Pachycrepoideus vindemmiae* female



ST: 毛形感器; SC: 刺形感器; SB: 芽孢形感器; sp: 分泌毛孔.
a:第7腹节;b:腹部末端;c:第2产卵瓣;d:背产卵瓣;e:第2产卵瓣顶端;f:产卵器.

图2 蝇蛹金小蜂腹部及产卵器上感器

Fig.2 Ovipositor and abdomen sensilla of *Pachycrepoideus vindemmiae*

毛形感器(Trichodea sensilla, ST):该感器类型与触角毛形感器第2种类型比较相似,称为毛型感器Ⅱ,数量较少,与刺形感器混合着生在腹板。

刺形感器(Chaeticum sensilla, SC):与触角上的刺形感器相似,主要分布在第5与第6腹板端部边缘,呈环状着生,第3、4腹板两侧也有少量分布。

芽孢形感器(Bud-shaped sensilla, SB):形似刚发芽的谷类,长 $1.65\text{ }\mu\text{m}$ 、直径 $0.35\text{ }\mu\text{m}$,着生在波状纹的边缘,分布在第5腹板的腹面,第2~4腹板的两侧,单个或几个簇生。

2.3 产卵器上感器类型及分布

通过扫描电镜观察,发现蝇蛹金小蜂产卵器上有4种感器:毛形感器、刺形感器、芽孢形感器和分泌毛孔(图2c~2f)。

毛形感器(Trichodea sensilla, ST):该感器有2种类型,分别与触角毛形感器STⅠ和STⅡ相似,称为毛形感器Ⅰ和毛形感器Ⅱ,着生在腹板和外产卵瓣的端部。

刺形感器(Chaeticum sensilla, SC):它与触角和腹部上的刺形感器相似,成列分布在整针内表面和外产卵瓣末端。

芽孢形感器(Bud-shaped sensilla, SB):形似刚发芽的谷类,长约 $1.69\text{ }\mu\text{m}$ 、直径约 $0.18\text{ }\mu\text{m}$,主要分布在内产卵瓣末端脊上。

分泌毛孔(Secretory pore, sp):位于背产卵瓣末端脊上,呈网状分布,没有表皮腺。

3 讨论与结论

本文报道的蝇蛹金小蜂触角感器类型与张桂筠等^[24]报道的丽蝇蛹集金小蜂 *Nasonia vitripennis*, 徐颖等^[4]报道的蝶蛹金小蜂 *Pteromalus puparum* L. 的触角感器相似。采用 Schneider^[23] 对触角感器分类的方法,确定了蝇蛹金小蜂触角、产卵器及腹部末端上分布的所有感器类型。

蝇蛹金小蜂雌蜂触角分布有8种类型的感器,分别为 Böhm 氏鬃毛、毛形感器、刺形感器、板状感器、锥形乳头状感器、棒状感器、薄壁化学感受器和感觉孔。Böhm 氏鬃毛有人将其归为刚毛,有人将其归为刺形感器,许多小蜂上都分布有该感器类型,它是一种感受重力的机械感觉器,当遇到机械刺激时,能够起到缓冲重力的作用,从而控制触角下降的速度;徐颖^[4]等认为刺形感器主要在触角整体活动时起机械感触功能,它对机械振动和温湿度敏感,能调节昆虫的环境选择行为,如求偶微环境和适宜场所

的选择。金小蜂科的一些小蜂触角上有锥形乳头状感器的分布,这种感器可能具有嗅觉或感受特殊刺激物质的功能^[25];板形感器广泛存在于小蜂触角上,不同小蜂之间形状有差异,被认为是具有嗅觉功能的化学感觉器,是化学气体分子的通道^[26]。蝇蛹金小蜂雌蜂上的感觉孔与潜蝇姬小蜂雌蜂触角上的基部一致,但是其内部结构与功能尚不清楚。厚壁化学感器有人称为棒状感器,与潜蝇姬小蜂雌蜂、蝶蛹金小蜂、蝇蛹蛹小蜂、丽蝇蛹集金小蜂和稻缨姬小蜂报道的类似,厚壁化学感器具有重要的感触敲击振荡刺激和化学信息感受功能^[24]。毛形感器与一些小蜂的触角毛类相似,其数量较多,分布较广,毛形感受器多为嗅觉感受器^[17,27],含有大量的化学感受器,具有接收来自周围环境的化学信息的作用,包括种内和种间昆虫及其各种寄主植物的化学信息^[27]。

腹部是寄生蜂与寄主接触时最直接的感受部位,对寄主的成功寄生具有重要的作用,而对腹部末端感器的报道较少^[16]。扫描电镜观察蝇蛹金小蜂雌蜂腹部有3种感器:毛形感器、刺形感器和芽孢形感器。

寄生蜂产卵器上分布着许多感器,如钟形感器、腔锥感器、毛状感器、浅凹状感器和分泌小孔等^[14]。国内外学者对寄生蜂产卵器开展了较广泛的研究,发现其各部分的来源和结构存在共性^[11,28-29]。然而,由于寄生蜂寄生特性的差异,产卵器的外部形态和感觉器的形态、类型、分布都有各自的特点。有研究发现,产卵器的独特性可能与寄主适应趋同和利用现象有关^[30]。蛹寄生蜂的寄主静止不动,因而仅有很少的空间进行寄主穿刺和定位,所以其感受器仅集中在端部。通过扫描电镜观察发现产卵器上分布3种感器:芽孢形感器、毛形感器和分泌孔。毛形感器与触角上 STⅡ 比较相似。分泌孔起源于腹内的网状组织、开口于产卵瓣的表面,它分布在产卵管末端脊上,具有分泌功能,是典型的化学感受器^[31]。本文研究了蝇蛹金小蜂雌蜂触角、产卵器和腹部感器的类型、数量和分布状况,并对其上感器的功能进行了初步分析和探讨,对于蝇蛹金小蜂雄虫触角感器的超微结构、功能和作用及雌虫腹部和产卵器上感器的功能有待深入探索研究。

参考文献:

- [1] 戴玲美. 赤眼蜂的雌虫触角[J]. 昆虫知识, 1988, 1(1): 109-116.
- [2] 高其康, 胡萃. 野蚕黑卵蜂触角感器的超微结构研究[J]. 浙江农业大学学报, 1993, 19(4): 399-404.

- [3] FERNANDO L C, ELLIOT W K, JOS R P. Sensilla on the antenna and ovipositor of the parasitic wasps *Trichogramma galloi* Zucchi and *T. pretiosum* Riley (Hymenoptera: trichogrammatidae) [J]. Microsc Res Tech, 1999, 45(4/5): 313-324.
- [4] 徐颖,洪健,胡萃. 蝶蛹金小蜂触角感觉器的超微结构研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2000,26(4): 394-398.
- [5] 刘万学,万方浩. 棉铃虫齿唇姬蜂触角感器的扫描电镜观察[J]. 中国生物防治,2007,23(2): 103-110.
- [6] ONAGBOLA E O, FADAMIRO H Y. Scanning electron microscopy studies of antennal sensilla of *Pteromalus cerealellae* (Hymenoptera:Pteromalidae) [J]. Micron, 2008, 39(5):526-535.
- [7] DWECK H K M, GADALLAH N S. Description of the antennal sensilla of *Habrobracon hebetor* [J]. Biocontrol, 2008, 53(6): 841-856.
- [8] 邹德玉,张礼生,陈红印. 豌豆潜蝇姬小蜂雌蜂触角感器的扫描电镜观察[J]. 昆虫知识,2009, 46(1): 90-95.
- [9] XI Yuqiang, YIN Xinming, ZHU Chaodong, et al. Scanning electron microscopy studies of antennal sensilla of *Ooencyrtus phongi* (Hymenoptera: Encyrtidae) [J]. Microsc Res Tech, 2011, 74(10): 936-945.
- [10] 辛星,马子龙,覃伟权. 椰心叶甲啮小蜂触角感觉器的扫描电镜观察[J]. 昆虫知识,2010, 47(5): 933-937.
- [11] 王争艳,莫建初. 雌家蝇产卵器和足上感受器的形态学研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志,2010,21(2): 115-116.
- [12] 王世贵,蒋芸芸. 两种小菜蛾寄生蜂产卵器感器的形态和超微结构[J]. 动物分类学报,2007,32(2): 369-375.
- [13] HEATH R R, FERKOVICH S M, GREANY P D, et al. Progress in the isolation and characterization of a host haemolymph ovipositional kairomone for the endoparasitoid *Microplitis croceipes* [J]. Arch Insect Biochem, 1990, 13(3/4):255-265.
- [14] BROWN P E, ANDERSON M. Morphology and ultra-structure of sense organs on the ovipositor of *Trbliographa rapae*, a parasitoid of the cabbage root fly [J]. J Insect Physiol, 1998, 44(11): 1017-1025.
- [15] LANNIC J L, NÉNON J P. Functional morphology of the ovipositor in *Megarhyssa atrata* (Hymenotera: Ichneumonidae) and its penetration into wood[J]. Zoomorphology, 1999, 119: 73-79.
- [16] 黄蓬英,徐梅,林玲玲,等. 桉树枝瘿姬小蜂成虫感器超微结构[J]. 昆虫知识,2010,47(4):752-758.
- [17] PAYNE T L, MOECK H A, WILSON C D, et al. Bark beetles olfaction: II. Antennal morphology of sixteen species of *Scolytidae* (Coleoptera) [J]. Int J Insect Morphol, 1973, 2(3): 177-192.
- [18] 郭玉杰, HOGSETT J A, GREENE L, 等. 畜禽饲养场蝇蛹寄生性天敌调查[J]. 中国生物防治, 1997, 13(3): 106-109.
- [19] 林文超. 几种因子对蝇蛹金小蜂寄生橘小实蝇效能的影响[D]. 福州:福建农林大学,2007.
- [20] 谢惠英. 蝇蛹金小蜂 *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) 对两种蝇蛹的寄生特性研究[D]. 福州:福建农林大学,2007.
- [21] 施亮,陈中正,胡好远. 蝇蛹金小蜂对家蝇蛹选择策略的初步探讨[J]. 安徽农学通报,2010,16(5): 64-66.
- [22] 陈中正,刘继兵,贺张,等. 蝇蛹金小蜂对家蝇蛹的寄生策略[J]. 应用昆虫学报,2011,48(6): 175-176.
- [23] SCHNEIDER D. Insect antennae [J]. Annu Rev Entomol, 1964, 9:103-122.
- [24] 张桂筠,肖蔼祥. 蝇蛹蛹小蜂、丽蝇蛹集金小蜂触角感器的扫描电镜观察[J]. 昆虫学报,1992,35(2): 154-161.
- [25] MILLER M C. Scanning electron microscope studies of the flagellar sense receptors of *Peridesmia discus* and *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera:Pteromalidae) [J]. Ann Entomol Soc Am, 1972, 65(5): 1119-1124.
- [26] BARLIN M R, VINSON S B, PIPER G L. Ultrastructure of the antennal sensilla of the cockroach-egg parasitoid, *Tetrastichus hagenowii* (Hymenoptera:Eulophidae) [J]. J Morphol, 1981, 168(1):97-108.
- [27] 胡霞,周祖基,蒋学建,等. 川硬皮肿腿蜂雌蜂触角超微结构观察[J]. 辽宁林业科技,2006,(2): 4-7.
- [28] COPLAND M J W, KING P E. The structure of the female reproductive system in the Torymidae (Hymenoptera: chalcidoidea) [J]. Ecol Entomol,2009, 124(2): 191-212.
- [29] MATSUAD R. The Hymenoptera Morphology and Evolution of the Insect Abdomen [M]. New York: Pergamom Press, 1976: 373-396.
- [30] RALCE L E, RABSSEA J M, WAJNBERG E. Comparative morphology of the ovipositor of some parasitic Hymenoptera in relation to characterisitics of their hosts [J]. Can Entomol, 1996, 128(3): 413-433.
- [31] TALBOT H B. Taxonomy of the fungus associated with *Sirex nocillio* [J]. Aust J Bot, 1964, 12(1): 46-52.

【责任编辑 霍 欢】