

稻虱红螯蜂触角感受器的扫描电镜观察^{*}

李 帅 陈文龙^{**} 杨 洪 金道超^{**}

(贵州大学昆虫研究所 贵州山地农业病虫害重点实验室 贵阳 550025)

摘 要 扫描电镜观察表明,稻虱红螯蜂 *Haplogonatopus japonicus* Esaki et Hashimoto 触角上存在 6 种感受器,其中刺形感器、锥形感器Ⅳ型、柱形感器Ⅱ型和 Böhm 氏鬃毛雌、雄都有,仅数量和分布上存在差异;毛形感器Ⅱ型、Ⅲ型,锥形感器Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型,柱形感器Ⅰ和锥形乳头状感器仅分布于雌蜂触角;而毛形感器Ⅰ型,锥形感器Ⅴ型仅见于雄蜂触角。对触角感受器的形态进行了描述,并对部分感器功能进行了讨论。

关键词 稻虱红螯蜂, 触角, 感受器, 扫描电镜

Scanning electron microscopic observation of the antennal sensilla of *Haplogonatopus japonicus*

LI Shuai CHEN Wen-Long^{**} YANG Hong JIN Dao-Chao^{**}

(Institute of Entomology of Guizhou University, The Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Guiyang 550025, China)

Abstract Six types of sensillum on the antenna of *Haplogonatopus japonicus* Esaki et Hashimoto were found by scanning electron microscopy. Chaetic, basiconic sensillumⅣ, cylindricⅡ and Böhm's bristles occurred in both sexes, but each sensilla differed in number and location between male and female. TrichoidⅡ,Ⅲ, basiconic sensillumⅠ,Ⅱ,Ⅲ, cylindricⅠ and basiconic mastoid sensillum were only found on female's antenna. Trichoid sensillumⅠ and basiconic sensillumⅤ were only found on male's antenna. The shapes of these were described and parts of their function were discussed in the article.

Key words *Haplogonatopus japonicus*, antennal, sensillum, scanning electron microscopy

水稻是我国最主要的粮食作物之一,而白背飞虱则是我国最重要的水稻害虫之一,其成、若虫直接刺吸稻株的韧皮部汁液,造成水稻生长缓慢,分蘖延迟,瘪粒增加,为害严重时,造成稻株枯死,水稻大面积减产。因此,有效防治白背飞虱成为水稻高产稳产的重要因素。稻虱红螯蜂 *Haplogonatopus japonicus* Esaki et Hashimoto 属膜翅目(Hymenoptera)螯蜂科(Dryinidae),是稻飞虱重要的寄生兼捕食性天敌,在稻田常见螯蜂种类中占明显优势,在自然状况下对稻飞虱有重要的抑制作用(温州农科所生物防治课题组,1986;胡淑恒等,1987)。而寄生蜂的触角是接受外界化学信号物质和寻找寄主的主要器官,因此,了解稻虱红

螯蜂触角的超微结构,弄清触角上各种类型感器的形态、分布及两性间差异,对于研究稻虱红螯蜂的通讯行为,有效利用稻虱红螯蜂对稻田飞虱进行生物防治有重要意义,并为进一步研究稻虱红螯蜂的行为学、电生理学等提供参考。

昆虫的触角表面具有多种类型的感受器,是昆虫重要的嗅觉、触觉和听觉功能器官,在昆虫的种间和种内化学通讯、声音通讯及触觉通讯中起着重要的作用(彩万志等,2001)。而寄生蜂触角感受器在寻找寄主和寄生行为方面具有重要的作用。Schneider(1964)首次根据感受器的形态不同将其分为 10 种:毛形感器、板形感器、刺形感器、鳞形感器、锥形感器、钟形感器、剑形感器、坛形感

^{*} 资助项目:国家 973 计划前期研究专项(2009CB125908)、贵州省农业科技攻关项目[黔科合 NY 字[2010]3064]。

^{**} 通讯作者, E-mail: cwl001@163.com; jinde@public.gz.cn

收稿日期:2010-12-27,接受日期:2011-09-20

器、腔锥感器和鬃形感器。随着电子显微技术的发展,国内外许多研究者已经对跳小蜂科、金小蜂科、茧蜂科、姬蜂科、赤眼蜂科、蛛蜂科、蚜小蜂科、蜜蜂科、肿腿蜂科的一些种类的触角感受器的超微结构做过研究报道,并对触角上感受器的种类,分布,雌、雄间的差异以及功能进行了研究(Miller,1972; Weseloh,1972; Borden,1978; 杜芝兰,1989; 田慎鹏和徐志强,2003; 胡霞等,2006; 王竹红和黄建,2007),但是螯蜂科触角感受器的研究还未见有报道。

1 材料与方法

1.1 材料

稻虱红螯蜂蜂茧采自贵州盘县稻田,于室内羽化后,取雌、雄蜂各 10 头,以备扫描电镜观察。

1.2 观察方法

取雌、雄蜂各若干头,在解剖镜下将其触角切下,经戊二醛固定 24 h 以上,磷酸缓冲液冲洗 2 次,再经 30% ~ 100% 一系列梯度乙醇脱水,临界点干燥,喷金,后置于日立 S-3400 型扫描电子显微镜下观察并拍照,加速电压为 20 kV。

2 结果与分析

2.1 触角的整体形态特征

稻虱红螯蜂雌、雄蜂的触角均为丝状。雌蜂触角共 10 节,全长 1.26 ~ 1.33 mm,柄节长 180.03 ~ 186.95 μm ,基部直径 49.90 ~ 55.08 μm ,端部直径 48.98 ~ 54.92 μm ;梗节长 101.46 ~ 123.04 μm ,基部直径 45.50 ~ 46.12 μm ,端部直径 44.61 ~ 45.39 μm ;鞭节共 8 节,长 0.99 ~ 1.03 mm,宽 29.60 ~ 64.25 μm ,长宽比约为 20:1,各亚节长短不一,其中最长的为第 1 亚节,长 203.05 ~ 226.04 μm ,最短的为第 7 亚节,长 83.82 ~ 98.97 μm (图 1:A),鞭节末节长 120.58 ~ 150.85 μm ,宽 60.21 ~ 62.33 μm 。雄蜂触角也为 10 节,全长 1.71 ~ 1.86 mm,柄节长 80.81 ~ 94.88 μm ,基部直径 56.79 ~ 59.75 μm ,端部直径 55.07 ~ 63.55 μm ;梗节长 103.59 ~ 111.19 μm ,基部直径 41.48 ~ 46.34 μm ,端部直径 52.16 ~ 54.64 μm ;鞭节共 8 节,长 1.53 ~ 1.58 mm,宽 28.04 ~ 47.89 μm ,长宽比约为 45:1,各亚节长短不一,其中最长的为第 1 亚节,长 228.23 ~ 239.98 μm ,第 7 亚节最短,长 165.45 ~ 171.35 μm (图 1:B)。

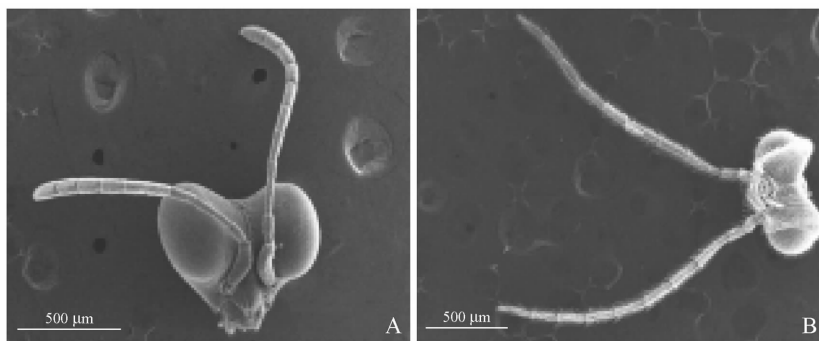


图 1 稻虱红螯蜂雌、雄成虫触角

Fig. 1 Antenna of adult male and female *Haplogonatopus japonicus*

A. 雌蜂触角整体形态背面观 dorsal view of the antenna of female *H. japonicus* (65 $\times$);

B. 雄蜂触角整体形态腹面观 ventral view of the antenna of male *H. japonicus* (50 $\times$).

2.2 触角感受器的种类、形态及分布

在稻虱红螯蜂触角表面共观察到 6 种感受器,分别为毛形感器(I型、II型、III型)、刺形感器、锥形感器(I型、II型、III型、IV型、V型)、柱形感器(I型、II型)、Böhm 氏鬃毛、锥形乳头状感器。

2.2.1 毛形感器(trichoid sensillum, TS) 毛形

感器是稻虱红螯蜂触角上分布最广,数量最多的一类感受器。按其形状、大小可分为 I 型、II 型和 III 型。I 型着生于隆起的窝中,细长,通体圆形,顶端钝圆,前倾 40° ~ 50°,广泛分布于雄蜂触角各节,长 30.73 ~ 57.57 μm (图 2:A)。II 型着生于半隆起的窝中,较 I 型明显要短,基侧扁,顶尖弯曲,贴近表皮生长,前倾 10° ~ 25°,广泛分布于雌蜂触

角各节,长 8.00 ~ 29.72 μm (图 2:B)。Ⅲ型着生于凹陷的窝中,粗短,具纵沟,顶尖,整个感器呈弧形,前倾,分布于雌蜂鞭节第 5 至第 8 亚节背面,长 6.00 ~ 7.14 μm (图 2:B)。

2.2.2 刺形感器 (chaetica sensillum, CS) 着生于隆起的窝中,细长,垂直或接近垂直于触角表面,顶部钝圆,雌、雄蜂触角各节均有分布,但数量较少,雌蜂触角上长度 11.17 ~ 19.20 μm ,而雄蜂触角上该类型感器明显长于雌蜂,为 18.34 ~ 28.93 μm (图 2:A)。

2.2.3 锥形感器 (basiconic sensillum, BS) 锥形感器在稻虱红螯蜂触角上存在 5 种类型,分别为:Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型、Ⅳ型和Ⅴ型。Ⅰ型着生于一圆形凹槽中的隆起上,基部直立或稍微前倾,中部呈近 90°向前弯曲,顶端较毛形感器钝圆,而不及柱形感器,基部直径 2.23 ~ 3.04 μm ,全长 7.03 ~ 17.41 μm ,散乱分布于雌蜂各节,但是绝大多数分布于鞭节 (图 2:D)。Ⅱ型着生于一圆形凹槽中,类似向后弯曲的拇指的形状,基部无臼状窝,基侧扁,顶端钝圆,长 3.20 ~ 3.82 μm ,分布于雌蜂鞭节第 7 和第 8 亚节 (图 2:E)。Ⅲ型着生于一圆形凹槽中央的隆起上,基部无臼状窝,由基部向端部渐尖,中部不弯曲,顶尖,基部直径 2.44 ~ 2.83 μm ,长 10.04 ~ 10.56 μm ,分布于雌蜂鞭节第 3 至第 8 亚节 (图 2:F)。Ⅳ型着生于圆形凹陷边上的隆起上,较其他几种类型要宽扁,基部和中部较宽,由中部至端部渐尖,基部宽度 3.74 ~ 5.21 μm ,中部最宽为 4.24 ~ 5.95 μm ,全长 8.03 ~ 10.08 μm ,雌、雄蜂鞭节均有分布 (图 2:G)。Ⅴ型,着生于一直径 2.54 ~ 2.97 μm 的周边向外翻卷的穴内,呈圆锥状突起,具纵沟,中上部略有弯曲,基部直径 1.88 ~ 2.04 μm ,长 3.75 ~ 4.06 μm ,仅在雄蜂第 2 和第 4 鞭节各发现 1 个 (图 2:H)。

2.2.4 柱形感器 (cylindric sensillum, CLS) 根据其大小、长度可分为 2 种类型:Ⅰ型和Ⅱ型。Ⅰ型,整个感器呈长柱状,着生于隆起的窝中,横截面圆形,顶端略膨大,基部直径 1.54 ~ 2.72 μm ,长 9.14 ~ 11.87 μm ,成 2 列分布于雌蜂鞭节第 3 至第 8 亚节腹面 (图 2:I)。Ⅱ型,整个感器呈短柱形,直接着生于触角表面,无基窝,横截面为圆形,基部直径 1.36 ~ 1.51 μm ,长 4.56 ~ 4.89 μm ,数

量明显少于Ⅰ型,散乱分布于雌、雄蜂鞭节 (图 2:J)。

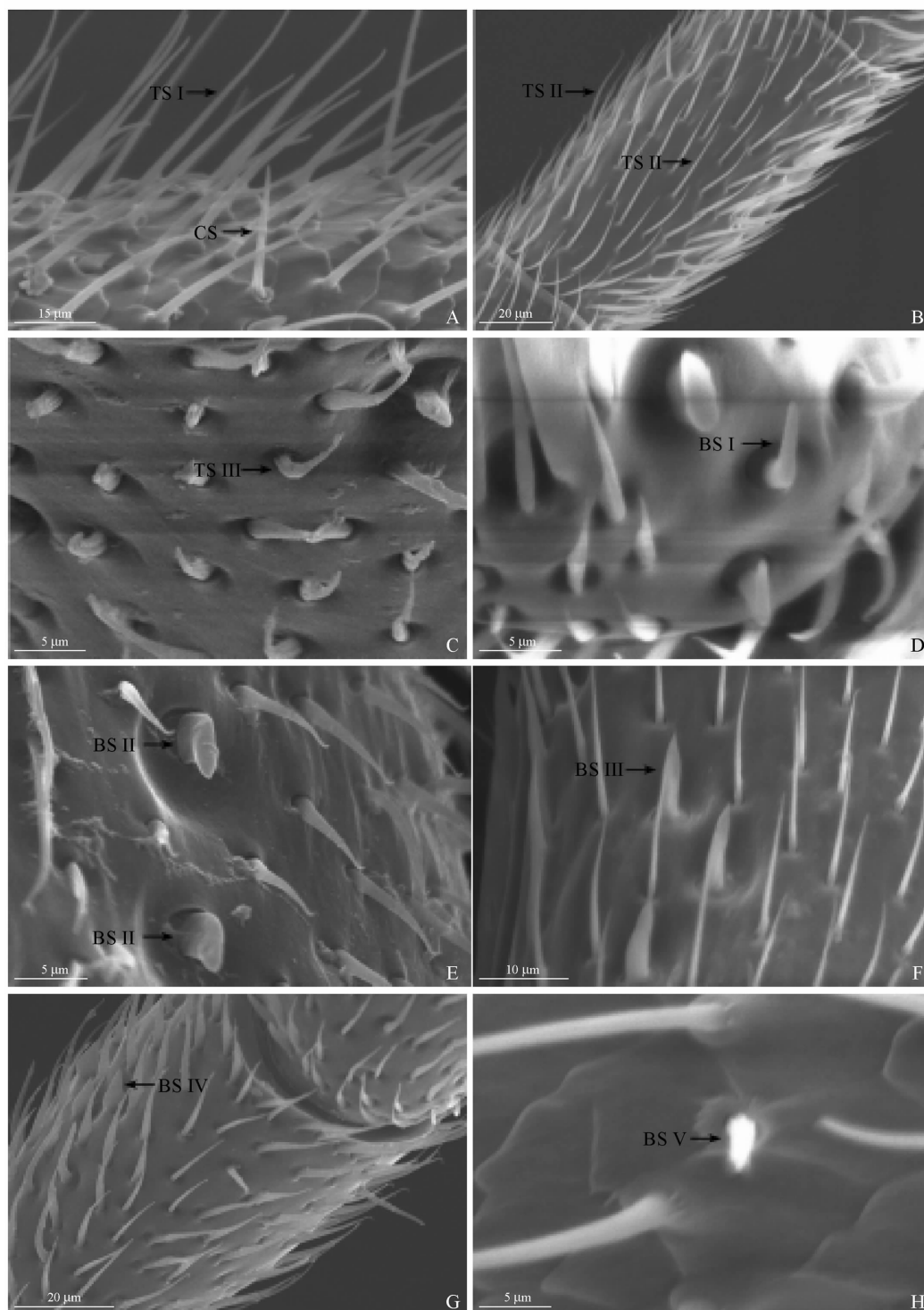
2.2.5 Böhm 氏鬃毛 (Böhm's bristles, BB)

感受器短刺形,基部粗大,端部尖细,末端钝圆,着生于一个较深的半球形凹陷内,垂直于触角表面生长,分布于雌、雄蜂柄节与梗节间的节间膜上。雌蜂该感器基部直径 1.45 ~ 2.75 μm ,长 2.76 ~ 5.70 μm ;雄蜂基部直径 1.36 ~ 1.69 μm ,长 3.74 ~ 5.03 μm (图 2:K)。

2.2.6 锥形乳头状感器 (basiconic mastoid sensillum, BMS) 着生于一椭圆形凹陷内,呈锥形乳头状突起,基部较宽,中部较细且弯曲前倾,端部膨大钝圆,基部宽 2.94 ~ 3.79 μm ,中部仅为 0.97 ~ 1.04 μm ,全长 4.14 ~ 4.88 μm ,分布于雌蜂鞭节第 3 至第 8 亚节各节的近端部,每亚节有 1 ~ 2 个 (图 2:L)。

2.3 雌、雄蜂触角形态及感受器的差异

稻虱红螯蜂雌、雄蜂虽然触角节数相同,但是在触角形状、长短上存在差异 (见 2.1),而且在感受器的种类、数量和分布上也存在诸多不同。从触角长度来看,雄蜂触角长于雌蜂触角,但是体长却短于雌蜂 (雌蜂体长 3.5 ~ 4 mm,雄蜂体长 2.5 ~ 3 mm),故此雄蜂触角相对于体长的比例更高。而从触角整体形态变化趋势来看,雄蜂触角由基部向端部渐细,但是雌蜂触角却有渐渐膨大的趋势。从感受器方面看,广泛分布于雌、雄蜂触角上的主要毛形感器存在较大差异,雄蜂触角上为毛形感器Ⅰ型,而雌蜂触角上则为毛形感器Ⅱ型,且毛形感器Ⅲ型仅分布于雌蜂触角上;锥形感器Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型,柱形感器Ⅰ和锥形乳头状感器仅分布于雌蜂触角,而锥形感器Ⅴ型仅见于雄蜂触角;虽然,锥形感器Ⅳ型,刺形感器,柱形感器Ⅱ型和 Böhm 氏鬃毛在雌雄蜂触角上均有分布,但其大小,长短、分布也不尽相同。锥形感器Ⅳ型在雌蜂上分布于鞭节第 3 ~ 8 亚节,而在雄蜂触角上分布于第 4 ~ 8 亚节;生长在雄蜂触角上的刺形感器明显长于雌蜂触角上的;柱形感器Ⅱ型在雌蜂触角梗节与鞭节均有出现,而雄蜂触角上仅见于鞭节;雌蜂触角上的 Böhm 氏鬃毛略大于雄蜂。



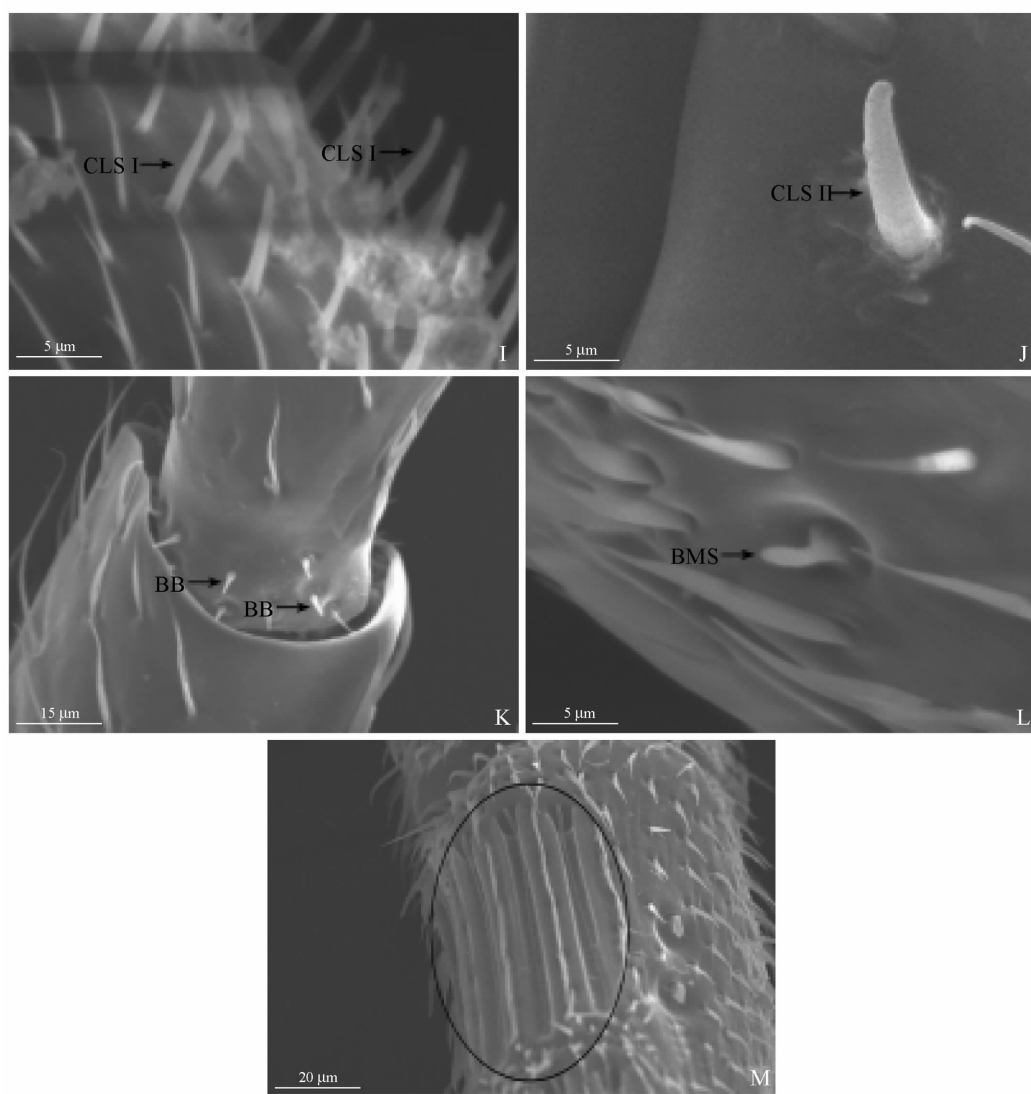


图 2 稻虱红螯蜂雌、雄蜂触角感受器

Fig. 2 Sensillum on the antenna of female and male *Haplogonatopus japonicus*

A. 雄蜂鞭节毛形感器 I 型和刺形感器 trichoid sensillum I and chaetica sensillum on the flagellum of male *H. japonicus* (1 500 ×); B. 雌蜂鞭节毛形感器 II 型 trichoid sensillum II on the flagellum of female *H. japonicus* (1 000 ×); C. 雌蜂鞭节毛形感器 III 型 trichoid sensillum III on the flagellum of female *H. japonicus* (4 000 ×); D. 雌蜂鞭节锥形感器 I 型 basiconic sensillum I on the flagellum of female *H. japonicus* (4 500 ×); E. 雌蜂鞭节锥形感器 II 型 basiconic sensillum II on the flagellum of female *H. japonicus* (4 000 ×); F. 雌蜂鞭节锥形感器 III 型 basiconic sensillum III on the flagellum of female *Haplogonatopus japonicus* (2 500 ×); G. 雌蜂鞭节锥形感器 IV 型 basiconic sensillum IV on the flagellum of female *H. japonicus* (1 400 ×); H. 雄蜂鞭节锥形感器 V 型 basiconic sensillum V on the flagellum of male *H. japonicus* (4 000 ×); I. 雌蜂鞭节柱形感器 I 型 cylindric sensillum I on the flagellum of female *H. japonicus* (3 000 ×); J. 雄蜂鞭节柱形感器 II 型 cylindric sensillum II on the flagellum of male *H. japonicus* (5 500 ×); K. 雌蜂柄节与梗节间的 Böhm 氏鬃毛 Böhm's bristles between scape and pedicel of female *H. japonicus* (1 500 ×); L. 雌蜂鞭节锥形乳头状感器 basiconic mastoid sensillum on the flagellum of female *H. japonicus* (4 500 ×); M. 雌蜂鞭节凹陷结构 the special indentation structure on the flagellum of female *H. japonicus* (1 200 ×).

3 讨论

观察结果表明,稻虱红螯蜂触角感受器的种类和形态与其他 2 种肿腿蜂总科种类相似,如毛形感器Ⅲ型与管氏肿腿蜂毛形感器Ⅱ型相似(田慎鹏和徐志强,2003)。稻虱红螯蜂雌、雄蜂触角上的毛形感器明显不同,雄蜂触角上毛形感器Ⅰ型要比雌蜂触角上的毛形感器Ⅱ型发达,且与表皮所成角度更大,更利于接受外界气味,而毛形感器又被证明是感受性信息素的重要器官(马瑞燕和杜家纬,2000),故此推测,稻虱红螯蜂触角上毛形感器Ⅰ型起感受性信息素的功能。而稻虱红螯蜂雌蜂触角上锥形感器的种类和数量均要比雄蜂多,马瑞燕和杜家纬(2000)认为锥形感器具有识别气味的能力,为一种嗅觉感器,对植物气味刺激有感受作用,因此推测其为稻虱红螯蜂寻找寄主的主要感器。柱形感器Ⅰ型成 2 列分布于第 3 到第 8 鞭节腹面而且要高出除刺形感器外其他几种类型感器,而这片区域正是稻虱红螯蜂雌蜂在寻找寄主的时候不断用以触碰物体的区域,故此推测其在稻虱红螯蜂寄主选择行为中起触觉功能。锥形乳头状感器在稻虱红螯蜂触角上的分布与其他几种昆虫该感器的分布一致,都是位于各亚节近端部(徐颖等,2000;陈新芳等,2004;张振飞等,2007;李晶津等,2008),Miller(1972)认为该类感器可能具有嗅觉或感受特殊刺激物质的功能。关于昆虫触角感器形态及功能的研究报道有许多(Schneider, 1964;马瑞燕和杜家纬,2000;尹新明等,2003;余海忠,2007;那杰等,2008),稻虱红螯蜂上述感器的功能仅为推测,其雌、雄蜂触角上各种感受器的功能以及种类、数量、大小、分布等方面差异的原因和意义尚待进一步研究。

另外,在雌蜂触角鞭节第 7 和第 8 亚节背面发现有几排纵向凹陷,且凹陷中央有一根鞭状物,起源于凹陷起始端一圆形穴内,两排凹陷中间隆起的埂上长有一排宽扁的刺毛,该刺毛有大约 2/3 部分与表皮相连,长约 9.81 ~ 14.79 μm (图 2:M)。此结构在雄蜂各节均未有发现,而且在前人的触角扫描研究中也未见有报道,此结构如何形成以及有何功能尚未可知,有待深入探索研究。

参考文献 (References)

- Borden JH, 1978. Morphology of elongate placoid sensillum on the antennae of *Itopectis*. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 71 (2): 223—227.
- Miller MC, 1972. Scanning electron microscope studies of the flagellar sense receptors of *Perdesmia discus* and *Nasoniavitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 65:1119—1124.
- Schneider D, 1964. Insect antennae. *Ann. Rev. Entomol.*, 9:103—122.
- Weseloh RM, 1972. Senseorgans of the hyperparasite *Cheiloneurus noxius* (Hymenoptera: Encyrtidae) important in host selection processes. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 65: 41—46.
- 彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 梁广文, 宋敦伦, 2001. 普通昆虫学. 北京: 中国农业大学出版社. 40—41.
- 陈新芳, 高燕, 章潜才, 2004. 侧沟茧蜂触角感觉器的扫描电镜观察. *昆虫天敌*, 26 (4): 169—174.
- 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.
- 胡淑恒, 肖铁光, 陈常铭, 1987. 稻虱红螯蜂的研究. *湖南农学院学报*, (1): 49—58.
- 胡霞, 周祖基, 蒋学建, 詹红菊, 2006. 川硬皮肿腿蜂雌蜂触角超微结构观察. *辽宁林业科技*, (2): 4—7.
- 李晶津, 钱海涛, 董辉, 丛斌, 李璐, 2008. 麦蛾茧蜂触角感觉器的扫描电镜观察. *昆虫知识*, 45 (1): 61—64.
- 马瑞燕, 杜家纬, 2000. 昆虫的触角感器. *昆虫知识*, 37 (3): 179—183.
- 那杰, 于维熙, 李玉萍, 董鑫, 焦娇, 2008. 昆虫触角感器的种类及其生理生态学意义. *沈阳师范大学学报(自然科学版)*, 26 (2): 213—216.
- 田慎鹏, 徐志强, 2003. 管氏肿腿蜂感器的扫描电镜观察. *昆虫知识*, 40 (1): 59—62.
- 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.
- 温州农科所生物防治课题组, 1986. 稻虱红螯蜂的初步观察. *温州农业科技*, (2): 9—10.
- 徐颖, 洪健, 胡萃, 2000. 蝶蛹金小蜂触角感觉器的超微结构研究. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 26 (4): 394—398.
- 尹新明, 高艳, 王高平, 时振亚, 2003. 寄生蜂感受器的形态与功能. *河南农业大学学报*, 37 (2): 129—133.
- 余海忠, 2007. 昆虫触角感受器研究进展. *安徽农业科学*, 35(14): 4238—4240 转 4243.
- 张振飞, 梁琼超, 吴伟坚, 黄箭, 2007. 刺桐姬小蜂成虫感器超微结构的研究. *华南农业大学学报*, 28 (2): 52—55.