

六斑月瓢虫触角及感觉器扫描电镜观察

白津铭, 廖咏梅, 王斯玮, 凌科幸, 任立云*

广西大学农学院, 广西南宁 530004

摘要: 【目的】明确六斑月瓢虫雌雄成虫触角感觉器种类、分布及形态特征。【方法】利用扫描电子显微镜对六斑月瓢虫雌、雄成虫触角形态及触角感受器超微结构进行观察。【结果】六斑月瓢虫成虫触角由柄节、梗节和鞭节组成, 柄节长度与宽度显著大于梗节长度与宽度; 鞭节分为 9 个亚节, 末端 3 节横向膨大呈锤状。雌雄成虫触角上共有 8 种感觉器: 刺形感觉器 (SC)、毛形感觉器 (ST)、锥形感觉器 (SB)、腔形感觉器 (CaS)、钟形感觉器 (CS)、哑铃形感觉器 (DS)、香肠形感觉器 (SS) 及 Böhm 氏鬃毛感觉器 (BB)。以毛形感觉器和刺形感觉器分布最广, 遍布触角; Böhm 氏鬃毛仅存在于触角柄节与梗节; 触角鞭节第 9 亚节顶端密布 7 种触角感觉器。六斑月瓢虫雌雄成虫触角长度、触角感觉器类型及分布无显著差异。【结论】六斑月瓢虫成虫触角上共有 8 种感觉器, 其触角可能具有感知机械刺激、识别化学信息素及感受温湿度变化的作用。本研究为进一步了解六斑月瓢虫触角与其行为间的关系提供基础资料。

关键词: 六斑月瓢虫; 扫描电镜; 触角感觉器; 毛形感觉器; 刺形感觉器



开放科学标识码
(OSID 码)

Antennal sensilla characteristics of *Menochilus sexmaculata* Fabricius (Coleoptera: Coccinellidae) using scanning electron microscopy

BAI Jinming, LIAO Yongmei, WANG Siwei, LING Kexing, REN Liyun*

College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China

Abstract: 【Aim】 We examined the types, distribution, and structural characteristics of antennal sensilla in male and female *Menochilus sexmaculata* Fabricius. 【Method】 The antennal sensilla and its structural characteristics in male and female adults of *M. sexmaculata* were examined using scanning electron microscopy. 【Result】 The antennae consist of a scape, pedicel, and flagellum. The scape is longer and wider than the pedicel. The flagellum is divided into 9 segments, and the terminal 3 segments have an enlarged in hammer shape. Eight types of sensilla were detected on the antennae of female and male adults: sensilla chaotic, sensilla trichodea, sensilla basiconca, cavity-like sensilla, campaniform sensillum, dumbbell sensilla, sausage sensilla, Böhm bristle. The sensilla trichodea and sensilla chaetica showed the widest distribution throughout the antennae. Böhm bristle was found only in the scape and pedicel of the antennae. The tip of 9th flagellomeres (F9) was covered with 7 antennal sensilla. There were no significant differences in antennal length, type, or distribution of antennal sensilla between male and female adults. 【Conclusion】 The 8 types of antennal sensilla in *M. sexmaculata* may function as mechanoreceptors, chemoreceptors, thermoreceptors, and hygroreceptors. This research provides basic data for further analysis of the relationship between antennae and their morphology.

Key words: *Menochilus sexmaculata*; scanning electron microscope; antennal sensilla; sensilla trichodea; sensilla chaetica

六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata* Fabricius 属鞘翅目 Coleoptera 瓢虫科 Coccinellidae (章士美等, 1980)。在中国分布于云南、贵州、四川、湖南、江西、福建、广东、广西、海南和台湾等省 (王庆森等, 2014; 章士美等, 1980), 国外分布于印度、巴基斯

坦、柬埔寨、越南、印度尼西亚、日本等国家 (庞虹, 1990), 可捕食黄胸薊马 *Thrips hawaiiensis* Morgan、菊小长管蚜 *Macrosiphoniella sanborni* Gillette、扶桑绵粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley 及柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 等多种小型昆虫 (段金花

收稿日期 (Received): 2021-08-27 接受日期 (Accepted): 2021-11-26

基金项目: 广西科技重大专项 (桂科 AA18118046)

作者简介: 白津铭, 女, 硕士研究生。研究方向: 农业害虫综合防治。E-mail: baijinming0608@163.com

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: liyun_ren@163.com

和张润杰, 2004; 李善光等, 2020; Yang *et al.*, 2006)。六斑月瓢虫具有捕食量大、繁殖力强、耐高温、耐饥及食性广等优势, 具有巨大的生防潜力。

触角是昆虫感受外界化学信息的重要器官, 能够帮助昆虫完成定位猎物、交配、繁殖及迁移等活动(吴梅香等, 2020; Skiri *et al.*, 2005)。目前, 有关六斑月瓢虫如何利用触角完成猎物定位还未见诸报道。了解触角感觉器种类、分布以及功能, 有助于明确六斑月瓢虫的定位机制。本研究通过扫描电子显微镜观察六斑月瓢虫的触角感觉器, 为探究六斑月瓢虫对猎物的定位机制提供形态学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

六斑月瓢虫成虫采自广西大学多功能标本园(东经 108°17'24", 北纬 22°51'12"), 活体装入指型管中带回实验室备用。

1.2 样品制备与电镜观察

取六斑月瓢虫雌、雄成虫各 5 头, 在体视显微镜 Nikon-SMZ800N 下用解剖刀切下头部, 然后用镊子取下完整触角。将获得的触角样品分别放入装有 75% 乙醇的培养皿中, 用毛刷去除样品表面异物后, 放入装有 2.5% 戊二醛磷酸缓冲液 (pH=7.4) 的培养皿固定 24 h。放入超声波清洗机 JP-010T 清

洗 3 min, 重复 3 次, 再用磷酸缓冲液冲洗 3 min, 重复 3 次。将触角样品依次用浓度 85%、90%、95% 和 100% 的酒精溶液逐级脱水, 每级脱水 20 min, 然后自然干燥 2 d。用镊子将干燥好的触角样品粘在导电胶上, 轻轻放置于扫描电镜的样品台上, 用离子喷射仪 JFC-1600 喷金后, 通过 Quattro SEM 型扫描电子显微镜进行观察、拍照并保存。

1.3 数据分析

使用 ImageJ 1.48u 软件测量六斑月瓢虫触角长度和宽度 ($n=10$), 采用 SPSS 17.0 软件进行差异显著性分析; 差异显著性水平为 $P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 触角的基本形态

六斑月瓢虫雌雄成虫的触角由柄节 (scape, S)、梗节 (pedicel, P) 和鞭节 (flagellum, F1~F9) 组成, 柄节明显较宽大; 梗节较之柄节相对短小, 鞭节第 7、8、9 亚节明显横向加宽, 膨大成锤状, 雌雄成虫触角每节表面都有网状或鳞状纹 (图 1)。雌虫触角总长 (933.82 ± 15.07) μm , 其中柄节 (132.08 ± 3.06) μm , 梗节 (105.35 ± 1.81) μm 。雄虫触角总长度 (950.49 ± 21.20) μm , 其中柄节 (168.51 ± 9.43) μm , 梗节 (100.58 ± 2.62) μm 。雌虫触角各节直径略大于雄虫各节直径, 但二者无显著差异。

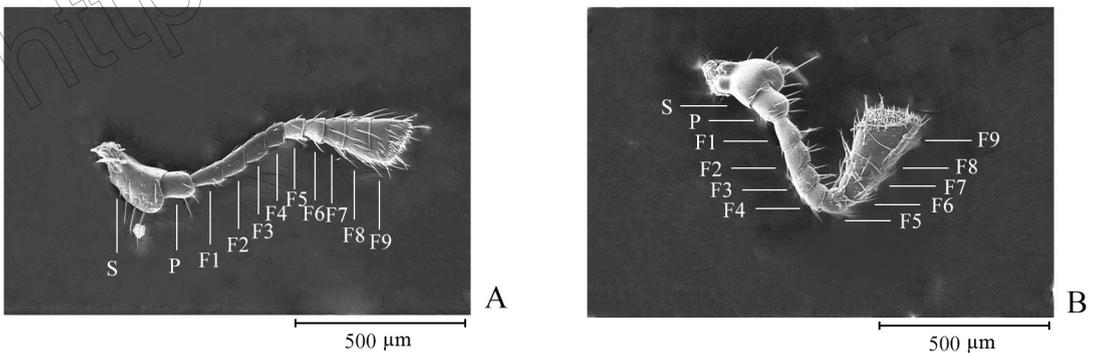


图 1 六斑月瓢虫雌雄成虫触角形态特征

Fig.1 Morphological characteristics of the antennae of female and male *M. sexmaculata* adults

A: 六斑月瓢虫雄虫触角; B: 六斑月瓢虫雌虫触角; S: 柄节; P: 梗节; F1~F9: 第 1~9 鞭节。

A: The antennae of male *M. sexmaculata* adults; B: The antennae of female *M. sexmaculata* adults;

S: Scape; P: Pedicel; F1-F9: 1st-9th flagellomeres.

2.2 触角感觉器的种类及形态

六斑月瓢虫触角感觉器共有 8 种, 分别为刺形感觉器 (sensilla chaetica, SC)、毛形感觉器 (sensilla trichoidea, ST)、锥形感觉器 (sensilla basiconica, SB)、腔形感觉器 (cavity-like sensilla, CaS)、钟形感

觉器 (campaniform sensillum, CS)、哑铃形感觉器 (dumbbell sensilla, DS)、香肠形感觉器 (sausage sensilla, SS) 及 Böhm 氏鬃毛感觉器 (Böhm bristle, BB)。各感受器形态特征对比见表 1, 各感受器外部形态特征见图 2。

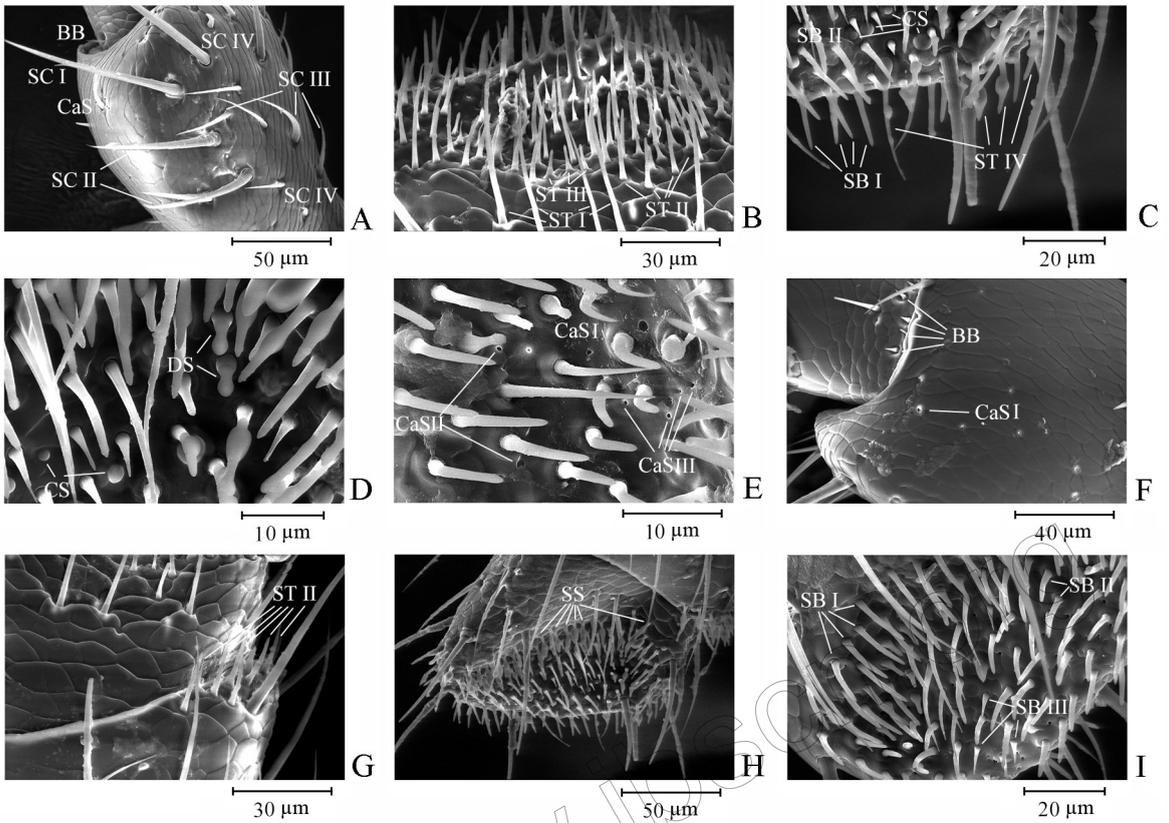


图 2 六斑月瓢虫雌雄成虫触角外部形态

Fig.2 External morphological characteristics of the antennae of female and male *M. sexmaculata* adults

A: 雄虫触角柄节, 示 SC I ~ IV 型刺形感觉器, CaS I 型腔形感觉器和 Böhm 氏鬃毛感觉器; B: 雌虫触角鞭节第 9 亚节, 示 ST I ~ III 型毛形感觉器; C、D、E: 雄虫鞭节第 9 亚节, 示 ST IV 型毛形感觉器、SB I, SB II 型锥形感觉器、CS 钟形感觉器、DS 哑铃形感觉器、CaS I ~ III 型腔形感觉器; F: 雄虫触角柄节、梗节, 示 Böhm 氏鬃毛感觉器和 CaS I 腔形感觉器; G: 雄虫鞭节第 8 亚节, 示 ST II 型毛形感觉器; H: 雄虫鞭节第 9 亚节, 示 SS 香肠形感觉器; I: 雌虫鞭节第 9 亚节, 示 SB I ~ III 型锥形感觉器。

A: Scape of antenna of male, showing sensilla chaetica (SC I–SC IV), cavity-like sensilla (CaS I) and Böhm bristles (BB); B: Flagellomeres F9 of the antennae of female, showing sensilla trichoidea (ST I–ST III); C, D, E: Flagellomeres F9 of the antennae of male, showing sensilla trichoidea (ST IV), sensilla basiconica (SBI, SBII), campaniform sensilla (CS), dumbbell sensilla (DS), cavity-like sensilla (CaS I–III); F: Scape and pedicel of male, showing cavity-like sensilla (CaS I) and Böhm bristles (BB); G: Flagellomeres F8 of the antennae of male, showing sensilla trichoidea (ST II); H: Flagellomeres F9 of the antennae of male, showing sausage sensilla (SS); I: Flagellomeres F9 of the antennae of female, showing sensilla basiconica (SB I–SB III).

2.2.1 刺形感觉器 刺形感觉器着生于触角的每一节上, 成簇立于触角柄节及梗节的背面, 腹面少许; 基部刚直, 由底部向顶端逐渐变细, 呈针刺状, 表面有纵脊; 其长度变化很大, 根据长度将其分为 4 种亚型(图 2A)。

SC I 型: 仅分布于触角柄节、梗节及鞭节第 9 亚节, 长度相对最长, 数量较少。感觉器顶端刚直挺立或仅有小幅度弯曲。

SC II 型: 分布于触角柄节、梗节及鞭节每一节上, 腹面背面均有分布; 感觉器长度相对 SC I 型较短, 着生于触角表皮网状纹路裂缝处一个较浅的窝内, 与触角纵轴呈一定角度。

SC III 型: 分布在触角柄节、梗节及鞭节第 8 节、第 9 节上, 相比 SC 前 2 种亚型, SC III 亚型偏细偏

短, 稍向一侧弯曲或弯曲幅度较大。

SC IV 型: 仅分布在柄节, SC 4 种亚型中最短, 但基部与 SC III 基部相似, 端部向一侧弯曲。

2.2.2 毛形感觉器 密集分布于触角鞭节第 9 亚节末端及第 8 亚节背面末端, 呈长毛状, 基部较粗, 顶端圆钝, 表面光滑。根据形态可分为 4 种亚型。

ST I 型: 分布于触角鞭节的第 9 亚节末端, 数量较少, 长度最长, 着生于触角表皮一个较浅窝内(图 2B)。

ST II 型: 分布在触角鞭节的每一节, 这种亚型数量最多, 着生处较平, 方向与触角纵轴呈一定角度(图 2B、G)。

ST III 型: 分布在触角柄节、梗节及鞭节第 9 亚节表皮的较浅窝内, 相较于 ST I、ST II 毛型感觉

器,STⅢ感觉器长度最短(图2B)。

STⅣ型:分布在触角鞭节第9亚节,长度与STⅢ的长度相似,但在感觉器上有1或2个疣状构造(图2C)。

2.2.3 锥形感觉器 着生于凸出于触角表面的圆形穴内,锥状;基部较粗大,向上逐渐变细,顶端较圆钝,分布于六斑月瓢虫触角鞭节第8亚节与第9亚节连接处、第9亚节顶端。根据其形态特征将其分为3种亚型。

SBⅠ型:分布于触角鞭节第9亚节顶端,基部有褶皱,着生在一个较平的圆形座内;基部直径为高的 $1/7\sim 1/8$,端部圆钝。形态与毛状感觉器Ⅱ型较为接近(图2C、I)。

SBⅡ型:分布在触角鞭节第8亚节与第9亚节连接处及鞭节第9亚节顶端,基部直径为高的 $1/4$,基部更粗,平滑,向顶端逐渐尖细(图2C、D、I)。

SBⅢ型:仅分布在触角鞭节第9亚节顶端,短圆锥状,基部直径约为高的 $1/2$,基部着生于圆形浅窝内(图2C、I)。

2.2.4 钟形感觉器 仅分布在触角鞭节的第9亚节顶端,形如半球状,略高于触角表皮,具光滑清晰的基座,是一种厚壁感觉器,钟形感觉器又有大、小2种亚型(图2C、D)。

2.2.5 腔形感觉器 遍布触角的每一节,多出现于柄节、梗节刺形感觉器基部附近,密集分布于鞭节第9亚节顶端;为触角表皮向内凹陷形成的外形如孔状的触角感觉器。根据其孔大小将其分为3种亚型。

CaSⅠ型:分布于柄节、梗节,孔大,多出现于刺形感觉器周围呈环状排列(图2A、F)。

CaSⅡ型:散布于触角鞭节第9亚节顶端,孔小(图2E、I)。

CaSⅢ型:分布于触角鞭节第9亚节顶端,有几个小孔组成,筛孔状,位于一圆形穴内(图2E)。

2.2.6 Böhm氏鬃毛感觉器 Böhm氏鬃毛分布于六斑月瓢虫触角的柄节及梗节连接处及柄节与头部连接处的表面,形状呈较短的圆锥状或短刺状。基部粗,顶端较尖细,表面光滑,感觉器基部着生于一个深浅不一的窝内,背面分布多于腹面(图2A、F)。

2.2.7 哑铃形感觉器 分布于触角鞭节第9亚节顶端,状如哑铃,基部有一基座(图2D)。

2.2.8 香肠形感觉器 分布于触角鞭节第9亚节顶端边缘,状如香肠,基部有柄或无柄(图2H)。

3 讨论

本研究发现六斑月瓢虫成虫触角有8种感觉器,触角各节均有感觉器分布,尤以鞭节第8、9亚节感觉器分布最为集中。雌雄成虫的触角感觉器类型及分布无显著差异。

本研究观察到六斑月瓢虫成虫触角柄节上的刺形感觉器基座处有清晰的新月状孔、基座周围环生腔形感觉器,该构造与孟氏隐唇瓢虫 *Cryptolaemus montrouzieri* Mulstant (刘平等,2013)、龟纹瓢虫 *Propylea japonica* Thunberg (高芳瑞等,2017)和异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas (刘健和赵奎军,2009)感受器分布模式相似。但在采自意大利的异色瓢虫 (Sevarika *et al.*, 2021)和印度卡斯普洱市的六斑月瓢虫 (Pervez *et al.*, 2020)触角上则没有发现此构造。刺形感觉器是一种典型的接触感觉器 (Kaissling, 1986),具有机械感觉器和化学感觉器的双重作用 (Isidoro *et al.*, 1998)。

六斑月瓢虫雌雄成虫触角上的毛形感觉器STⅠ、STⅡ、STⅢ型均表面光滑,与那杰等(2008)、刘平等(2013)描述的毛形感觉器基本一致。本研究还发现毛形感觉器STⅣ型,这种毛形感觉器上长有1~2个圆形疣突,是首次在六斑月瓢虫上观察到这种构造,可能具有接收某种信息的作用。Herve *et al.* (1995)认为,表面光滑的毛形感觉器具有感受机械刺激的作用。Pervez *et al.* (2020)则认为毛形感觉器可能与雌雄成虫相互识别有关。

六斑月瓢虫仅鞭节第9亚节分布有锥形感觉器。桉嗜木天牛 *Phoracantha semipunctata* Fabricius 触角的锥形感受器具有识别植物气味分子的功能,能够感受到气味信息 (Lopes *et al.*, 2002),而曲纹花天牛 *Leptura arcuata* Panzer 和橡黑花天牛 *Leptura aethiops* Poda 触角上的锥形感觉器为性信息素接收器 (Zhang *et al.*, 2011),由此推测六斑月瓢虫触角上的锥形感觉器可能具有识别植物或猎物释放的化学信息素、性信息素的作用。

Böhm氏鬃毛被认为能够感受到触角的移动和位置,是一种典型的机械型感觉器,可以感受机械刺激,调控触角转动的速度 (Schneider, 1964)。

腔形感觉器常出现在刺形感觉器基部和鞭节第9亚节端部,推测其具有感应温湿度的作用。钟形感觉器为有孔结构 (马瑞燕和杜家纬,2000),仅分布在触角鞭节第9亚节,推测其可能也具有感应

温湿度的作用(Pervez, 2020)。

此外,在六斑月瓢虫雄成虫触角鞭节第 9 亚节还发现哑铃形感觉器和香肠形感觉器,这在其他瓢虫触角上尚未发现。本研究中,六斑月瓢虫左右触角的鞭节第 9 亚节端部不对称,端部中间有一脊状构造,其表面凹凸不平,上面着生大量感觉器,左右两侧分布的感觉器种类也有所不同;此种结构还未在其他瓢虫触角上观察到,可能具有接收某种信息的功能。未发现 Pervez *et al.* (2020) 观察到的栓锥形感觉器和芽孢形感觉器。孟氏隐唇瓢虫触角上存在腔锥形感觉器、耳形感觉器,七星瓢虫上存在钩状感觉器、坛状感觉器、板形感觉器及剑梢感觉器(Shefali & Omkar, 2003),但在六斑月瓢虫触角上未发现以上感觉器。

从触角感觉器的功能推测,六斑月瓢虫触角可能具有感知外界机械刺激及所接触猎物的硬度,获取猎物的位置和移动速度,识别植物挥发物、异性信息素和猎物气味,以及感受温湿度变化的作用,其真实性还有待通过电生理试验进行验证,哑铃形感觉器、香肠形感觉器和端部的脊状构造的功能也有待进一步研究。

参考文献

段金花, 张润杰, 2004. 六斑月瓢虫对菊小长管蚜的捕食作用. *昆虫学报*, 47(2): 213-218.

高芳瑞, 李天慧, 李佳兴, 宋萍, 2017. 龟纹瓢虫成虫触角感器扫描电镜观察. *河北农业大学学报*, 40(6): 72-76.

刘平, 张宇宏, 吴红胜, 谢佳沁, 邓从双, 庞虹, 2013. 孟氏隐唇瓢虫的触角感受器. *环境昆虫学报*, 35(4): 478-485.

刘健, 赵奎军, 2009. 异色瓢虫暗黄变种成虫触角感器扫描电镜观察. *东北农业大学学报*, 40(3): 44-46.

李善光, 付步礼, 邱海燕, 杨石有, 马晓彤, 周世豪, 唐良德, 张方平, 刘奎, 2020. 六斑月瓢虫对黄胸蓟马若虫的室内捕食作用研究. *应用昆虫学报*, 57(5): 1173-1180.

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.

庞虹, 1990. 六斑月瓢虫的色斑变异. *昆虫天敌*, 12(2): 82-84.

王庆森, 鞠晓蕾, 黄建, 2014. 六斑月瓢虫对茶蚜的捕食作用及生物农药的安全性评价. *福建农林大学学报(自然科学版)*, 43(6): 568-572.

吴梅香, 张太学, 陈开端, 陈琦, 2020. 桉小卷蛾触角感器的超微结构. *生物安全学报*, 29(3): 202-208.

章士美, 江永成, 沈荣武, 1980. 六斑月瓢虫研究简报. *昆虫天敌*, 2(4): 13-16.

HERVE J, ROGER B, JEAN B, ANDRE F, 1995. Antennal sensilla and sexual dimorphism of the adult ladybird beetle *Semiadalia undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae). *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 24(3): 307-322.

ISIDORO N, BARTLET E, ZIESMANN J, WILLIAMS I, 1998. Antennal contact chemosensilla in *Psylliodes chrysocephala* responding to cruciferous allelochemicals. *Physiological Entomology*, 23: 131-138.

KAISLING K E, 1986. Chemo-electrical transduction in insect olfactory receptors. *Annual Review of Neurosciences*, 9: 121-145.

LOPES O, BARATA E N, MUSTAPARTA H, ARAUJO J, 2002. Fine structure of antennal sensilla basiconica and their detection of plant volatiles in the eucalyptus woodborer *Phoracantha semipunctata* Fabricius (Coleoptera: Cerambycidae). *Arthropod Structure and Development*, 31: 1-13.

PERVEZ A, MEENA Y, HAKAN B, 2020. Antennal morphology and sensilla of the predaceous ladybirds, *Menochilus sexmaculatus* and *Propylea dissecta*. *European Journal of Environmental Sciences* (2): 124-132.

SEVARIKA M, RONDONI G, CONTI E, ROMANI R, 2020. Antennal sensory organs and glands of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169(1): 111-124.

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

SHEFALI S, OMKAR, 2003. Scanning electron microscopy of antennae of *Coccinella Septempunctata* (Coccinellidae: Coleoptera). *Insect Science*, 10(4): 271-279.

YANG Y P, HUANG M D, GANDREW A C B, XIA Y L, GECHENG O Y, XIONG J J, 2006. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: a status report for China. *International Journal of Pest Management*, 52(4): 343-352.

ZHANG J, GUAN L, REN B Z, 2011. Fine structure and distribution of antennal sensilla of longicorn beetles *Leptura arcuata* Panzer and *Leptura aethiops* Poda (Coleoptera: Cerambycidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 104(4): 778-787.