

# 草地贪夜蛾成虫触角感器超微结构观察

雷 婷, 郭 峰, 陈思蓉, 李明超, 严乃胜, 陈 斌, 杜广祖\*, 唐国文\*

云南农业大学植物保护学院/省部共建云南生物资源保护与利用国家重点实验室, 云南 昆明 650201

**摘要:**【目的】草地贪夜蛾是一种严重危害农业生产的迁飞性害虫,本研究旨在了解草地贪夜蛾成虫触角感器的类型、超微结构和分布。【方法】采用扫描电镜对其雌雄成虫触角感器类型及分布进行观察。【结果】草地贪夜蛾雌雄成虫触角由柄节、梗节及鞭节3部分组成,雄蛾触角稍长于雌蛾,且触角表面覆有大量鳞片。共观察到7种类型的感受器,分别为 Böhm 氏鬃毛(2种亚型, BB I型和BB II型)、毛形感器(2种亚型, ST-I和ST-II)、刺形感器、锥形感器、腔锥形感器、栓锥形感器、鳞形感器。Böhm 氏鬃毛主要位于柄节和梗节,其余感器均分布于鞭节。【结论】草地贪夜蛾雌雄蛾感器种类相同,但同类感器长度均存在显著差异,雄蛾各感器显著长于雌蛾,这种特化与差异是否有利于其功能的发挥还有待通过电生理技术等进一步确定。  
**关键词:** 草地贪夜蛾; 触角感器; 超微结构



开放科学标识码  
(OSID 码)

## Ultrastructure of antennae sensilla of *Spodoptera frugiperda*

LEI Ting, GUO Feng, CHEN Sirong, LI Mingchao, YAN Naisheng,  
CHEN Bin, DU Guangzu\*, TANG Guowen\*

College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University/State Key Laboratory for Conservation and Utilization of  
Bio-Resources in Yunnan, Kunming, Yunnan 650201, China

**Abstract:** 【Aim】 *Spodoptera frugiperda* is a migratory pest that causes serious agricultural damage. The aim of this study was to clarify the type, ultrastructure, and distribution of antennal sensillae of *S. frugiperda*. 【Method】 The type and distribution of antennal sensillae were observed using scanning electron microscopy. 【Result】 The antennae of both sexes of *S. frugiperda* consisted of three parts: the pedicel, scape, and flagellum. The antennae of males were slightly longer than those of females, and the surface of the antennae was covered with many scales. Seven types of sensilla were identified from the antennae of male and female moths, including Böhm bristles, sensilla trichodea, sensilla chaetica, sensilla basiconica, sensilla coeloconica, sensilla styloconica and sensilla squamiformia. Böhm bristles were mainly found in the pedicel and scape, while the rest were distributed in the flagellum. 【Conclusion】 Both sexes of *S. frugiperda* had the same types of antennal sensilla; however, the length of similar sensilla was significantly longer for males than females. Whether this specialization and difference are conducive to its function need to be confirmed using electrophysiological techniques.

**Key words:** *Spodoptera frugiperda*; antenna sensilla; ultrastructure

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), 又称秋黏虫, 英文名 fall armyworm、corn leafworm, 隶属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae (Deshmukh *et al.*, 2020; Mwanjia *et al.*, 2020; Sukhman & Rupesh, 2020), 原产于美洲, 是一类重大迁飞性害虫, 具有繁殖能力强、迁飞速度快、防控难度大等特点 (孟庆坤, 2020), 可危害包括玉米 *Zea*

*mays* L.、小麦 *Triticum aestivum* L.、水稻 *Oryza sativa* L.、马铃薯 *Solanum tuberosum* L.、棉花 *Gossypium* sp.、花生 *Arachis hypogaea* Linn.、大豆 *Glycine max* (Linn.) Merr.、果树等在内的 80 余种植物 (梁铭荣等, 2020); 国内主要发生在云南、广西、湖北、四川、湖南、贵州等 6 个省 (区) (王磊和陆永跃, 2020)。

昆虫触角在寄主定位、栖息、防御、识别、取食、

收稿日期 (Received): 2021-01-13 接受日期 (Accepted): 2021-03-12

基金项目: 云南省重大科技专项-绿色食品国际合作研究中心专项 (2019ZC00902)

作者简介: 雷婷, 女, 硕士研究生。研究方向: 害虫生物防治。E-mail: 787899265@qq.com

\* 通信作者 (Author for correspondence), 杜广祖, E-mail: duguangzu1986@163.com; 唐国文, E-mail: guowen03@163.com

觅偶、交配、繁殖与迁移等过程中起着重要作用 (Andrea *et al.*, 2012; Ren *et al.*, 2012), 是昆虫感知外界刺激、寻找配偶、搜寻寄主的重要器官 (阎雄飞等, 2020), 其表面着生由表皮特化形成的感受器 (狄贵秋等, 2020; 吴梅香等, 2020)。Schneider (1964) 首次根据感受器的形态将其分为毛形感器 (sensilla trichodea)、板形感器 (sensillum placodeum)、刺形感器 (sensilla chaetica)、鳞形感器 (sensilla squamiformia)、锥形感器 (sensilla basiconica)、钟形感器 (sensillum campaniformium)、剑梢感器 (sensilla scolopadia)、坛形感器 (sensillum ampullaceum)、腔锥感器 (sensilla coeloconica) 和鬃形感器 (sensilla bristle)。研究表明, 在鳞翅目昆虫触角上普遍存在 Böhm 氏鬃毛、毛形感器、刺形感器、锥形感器、栓锥形感器 (sensilla styloconica)、腔锥形感器等。在双委夜蛾 *Athetis dissimilis* Hampson、荔枝异形小卷蛾 *Cryptophlebia ombrodelta* (Lower)、落叶松尺蛾 *Erannis ankeraria* Staudinger 的触角上还观察到耳形感器 (sensillum auriculica) (龚粤宁等, 2018; 宋月芹等, 2018; Liu *et al.*, 2019)。鳞翅目昆虫触角感器的超微结构和电生理研究发现, 感器类型不同, 其结构和功能也存在差异。昆虫对寄主的识别和同一种群昆虫间的信息交流主要依靠具有嗅觉作用的毛形和锥形等感器, 如雌性棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 产生性信息素, 引起雄蛾性行为, 这些性信息素被雄蛾触角上的毛形感器识别 (吴才宏, 1993)。斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* (Fabricius) 触角长毛形和短毛形感器的嗅觉功能, 表现为长毛形感器对雌虫产生的性信息素组分有反应, 短毛形感器引起自发性活动, 但不植物气味或雌性性信息素做出反应 (Muhammad *et al.*, 2012)。目前, 这些研究成果已在信息素对害虫的测报和防控中陆续得到应用。

本文利用扫描电镜观察了草地贪夜蛾成虫触角感器, 对感器的类型、超微结构和分布等进行了描述、分析和比较, 为进一步研究草地贪夜蛾触角上的化学感受机制和行为识别机制以及草地贪夜蛾的防治提供基础性资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫

草地贪夜蛾幼虫采于玉米田中, 在实验室内用新鲜的玉米嫩叶饲养多代。饲养条件: 温度 (25±1) °C, 湿度 (70±5)%, 光照周期 16L: 8D。待成虫

羽化后取触角完整的雌雄成虫各 5 头备用。

### 1.2 样品制备

取草地贪夜蛾雌雄虫触角, 显微镜下用镊子和解剖刀从触角基部切断, 放入蒸馏水中, 用超声波清洗 (每个样品处理 30 s), 去除表面黏附物。清洗后用 50%、70%、80%、90% 乙醇和无水乙醇进行逐级脱水。待样品干燥后, 用导电胶将样品固定在样品台上, 用 E-1010 型离子溅射仪进行喷金, 在日立 FlexSEM-1000 型扫描电子显微镜下观察、拍照。

### 1.3 数据处理

触角感器分类及命名参照 Schneider 标准, 采用 SEM 粒径统计软件测量草地贪夜蛾触角各感器长度及基部宽度, 采用 SPSS 17.0 软件对数据进行方差统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 草地贪夜蛾触角的基本形态

草地贪夜蛾雌雄成虫触角均为丝状, 长 6.93~7.25 mm, 由柄节、梗节及鞭节 3 个部分组成。其中柄节较为粗大且较短, 长度 0.18 mm; 梗节长 0.27 mm; 鞭节细长, 长度约 6.65 mm, 由 87~91 个亚节组成。草地贪夜蛾雄蛾触角稍长于雌蛾, 且触角表面覆有大量鳞片 (图 1)。

### 2.2 草地贪夜蛾触角感器的类型和分布

通过对草地贪夜蛾雌雄蛾触角扫描电镜观察, 发现雌雄蛾触角上均有 7 种类型的感器。

**2.2.1 Böhm 氏鬃毛** 刺状, 大多直立, 表面光滑且无孔, 基部较粗, 端部或钝圆或尖细。按照其长度和基部着生方式可分为 BB I 和 BB II 2 种亚型 (图 2A、B)。BB I 型分布于柄节的基部以及柄节和梗节的连接处, 感器基部较粗且长, 端部尖, 表面光滑, 着生于触角表面凹陷的圆形小腔内。BB II 型数量较多, 成群分布于 BB I 型的周围, 该感器较短且细, 着生于触角的表皮上。

**2.2.2 毛形感器** 草地贪夜蛾毛形感器根据长度可分为 2 种亚型: 长毛形感器 (ST-I) 和短毛形感器 (ST-II) (图 2C、D)。位于鞭节的侧面和腹面, 是感器数量最多的类型, 在鞭节各亚节均有分布, 末端数量较少。毛形感器着生于基窝中, 基部表面有螺旋纹, 基部至端部逐渐变细。ST-I 长于 ST-II, ST-I 端部较尖细, 而 ST-II 较钝圆。雄蛾的 2 种毛形感器长度均显著长于雌蛾 ( $P < 0.05$ ), 只有雌雄蛾之间的 ST-II 基部宽度差异显著 ( $P < 0.05$ )。

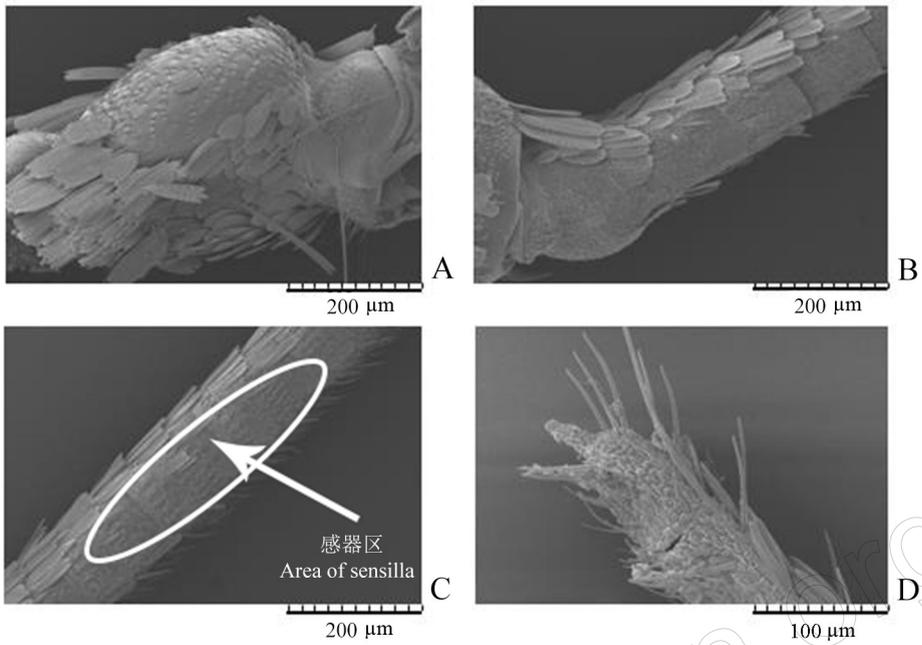


图1 草地贪夜蛾触角感器分布

Fig.1 Distribution of antenna sensilla of *S. frugiperda*

A: 柄节和梗节; B: 鞭节基部; C: 鞭节中部; D: 鞭节末端。

A: Pedicel and scape; B: Flagellum base; C: Flagellum in central; D: End of flagellum.

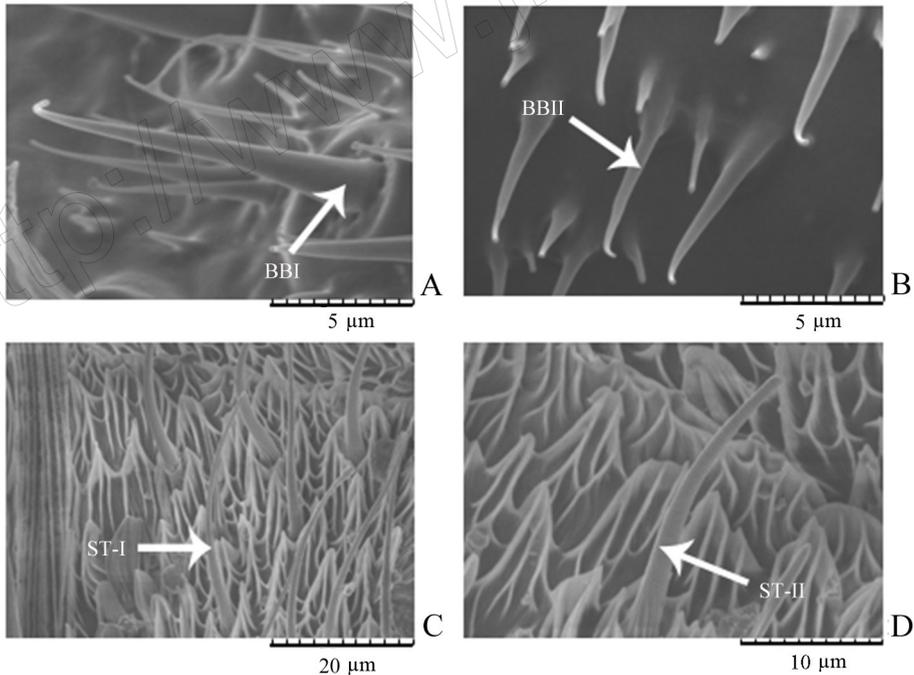


图2 Böhm氏鬃毛和毛形感器的形态与分布

Fig.2 Morphology and distribution of Böhm bristles and sensilla trichodea

A: BB I型; B: BB II型; C: 长毛形感器; D: 短毛形感器。

A: BB I; B: BB II; C: ST-I; D: ST-II.

2.2.3 刺形感器 刺形感器分布于鞭节亚节背面鳞片间和腹面感器区。该感器为刚毛状,外形如刺,向端部渐细,顶端钝圆,表面有纵纹(图3A)。

2.2.4 锥形感器 锥形感器散生于毛形感器之间,该感器较短,端部微钝,直立或沿触角微弯曲,有白

状窝,表面有纵纹(图3B)

2.2.5 腔锥形感器 腔锥形感器主要分布于鞭节亚节的中后部,每鞭节亚节有2~4个腔锥形感器。该感器形如菊花,着生于触角表皮凹陷的浅圆腔内,腔周围由13~15根长度不相等的缘毛组成,缘

毛相互聚拢且向中心弯曲(图 3C)。

2.2.6 栓锥形感器 栓锥形感器分布于鞭节亚节的末端,几乎每鞭节亚节末端均有一个栓锥形感器,在鞭节后半部分、两端也有分布。该感器呈圆柱状,较为粗壮,顶端一侧延伸呈指状,中间凹陷

(图 3D)。

2.2.7 鳞形感器 鳞形感器贴于触角表面,着生于一白状窝内,分布于触角的鳞片间。表面结构与触角上的普通鳞片较为相似,但呈狭长的柳叶形,其端部尖细,中部稍宽(图 3E、F)。

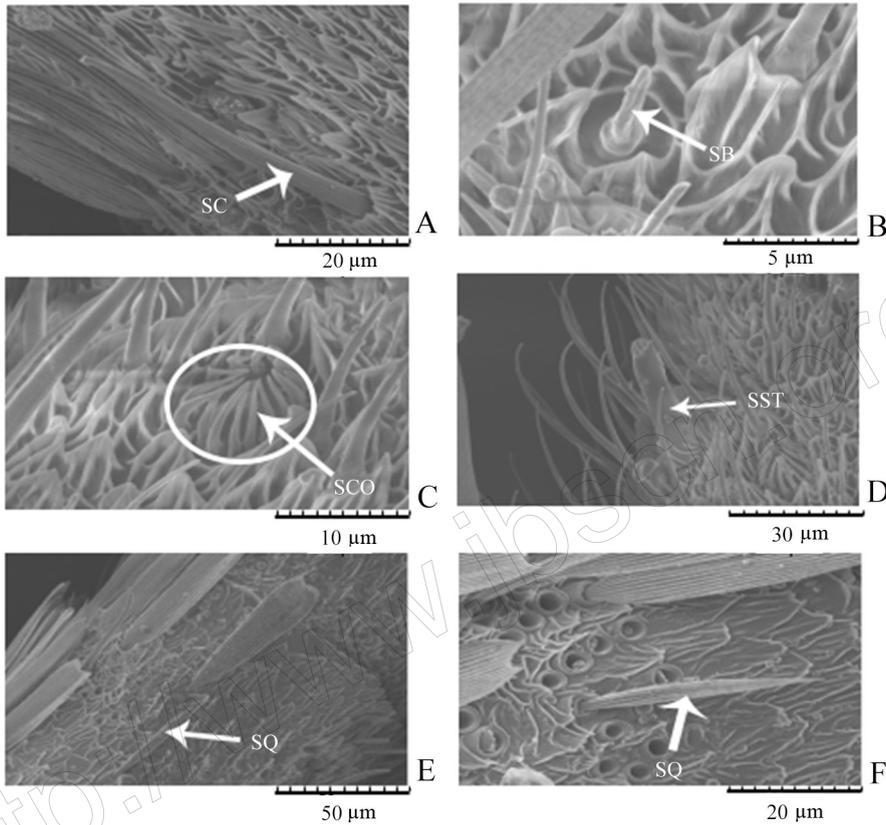


图 3 刺形、锥形、腔锥形、栓锥形、鳞形感器的形态与分布

Fig.3 Morphology and distribution of sensilla chaetica, sensilla basiconica, sensilla coeloconica, sensilla styloconica, sensilla squamiformia

A: 刺形感器 (SC); B: 锥形感器 (SB); C: 腔锥形感器 (SCO); D: 栓锥形感器 (SST); E, F: 鳞形感器 (SQ)。

A: Sensilla chaetica; B: Sensilla basiconica; C: Sensilla coeloconica; D: Sensilla styloconica; E, F: Sensilla squamiformia.

### 2.3 草地贪夜蛾雌雄蛾触角感器比较

草地贪夜蛾雌雄蛾触角感器种类相同,但不同类型的感器在长度及基部宽度间存在差异(表 1)。雄蛾触角的感器均明显长于雌蛾;BB I 型、BB II 型、ST-II、刺形感器、锥形感器、腔锥形感器和栓锥形感器的基部宽度存在显著差异( $P < 0.05$ ),ST-I 和鳞形感器的基部宽度无显著差异。

### 3 讨论

触角是昆虫重要的感觉器官,行使味觉、嗅觉及感受气流、二氧化碳、温度和湿度等功能,具有选择食物、躲避危险等一系列适应性行为(李文香等, 2015)。本研究通过电镜扫描,在草地贪夜蛾雌雄蛾触角表面观察到 7 种不同类型的感器,与其他鳞

翅目昆虫,如豆卜馍夜蛾 *Bomolocha tristalis* Lederer、小菜蛾 *Plutella xylostella* L. 等感器类型基本一致(徐伟等, 2019a; 赵欣阳等, 2018)。

当昆虫遇到机械刺激时, Böhm 氏鬃毛能缓冲重力的作用力,从而控制触角下降速度。夹竹桃天蛾 *Daphnis nerii* (L.) 的 Böhm 氏鬃毛在飞行时能调节触角角度和方向,去除该感器,触角会发生碰撞。在触角运动过程中 Böhm 氏鬃毛可能刺激了与大脑相连的底层神经元,从而使昆虫能够主动控制触角飞行时的定位(Krishnan *et al.*, 2012)。草地贪夜蛾有 2 种亚型的 Böhm 氏鬃毛,从位置上推测其可能更易感受刺激并传导到感觉神经元受体上产生神经冲动,从而使鬃毛发挥机械感受的作用。

表1 草地贪夜蛾不同感器的长度与基部宽度  
Table 1 Length and basal diameter of different sensilla of *S. frugiperda*

感器类型 Sensilla type	性别 Sex	长度 Length/ $\mu\text{m}$	基部宽度 Basal diameter/ $\mu\text{m}$
Böhm 氏鬃毛 I 型 (Böhm bristles, BB I)	♂	17.02±1.97a	1.31±0.24a
	♀	15.89±0.48b	1.88±0.10b
Böhm 氏鬃毛 II 型 (Böhm bristles, BB II)	♂	4.63±0.60a	0.83±0.13a
	♀	1.69±0.19b	0.55±0.10b
毛形感器 I (sensilla trichodea, ST-I)	♂	38.11±0.54a	2.01±0.37a
	♀	35.36±1.46b	2.05±0.34a
毛形感器 II (sensilla trichodea, ST-II)	♂	17.76±1.59a	2.26±0.18a
	♀	16.06±0.46b	2.52±0.28b
刺形感器 (sensilla chaetica, SC)	♂	57.11±4.89a	4.14±0.30a
	♀	37.83±1.40b	5.55±0.44b
锥形感器 (sensilla basiconica, SB)	♂	28.28±2.83a	3.19±0.58a
	♀	24.94±2.80b	4.39±0.43b
腔锥形感器 (sensilla coeloconica, SCO)	♂	8.71±0.50a	8.31±1.06a
	♀	8.23±0.29b	9.13±0.53b
栓锥形感器 (sensilla styloconica, SST)	♂	17.16±0.71a	3.75±0.43a
	♀	15.93±0.75b	5.06±0.62b
鳞形感器 (sensilla squamiformia, SQ)	♂	48.74±1.54a	2.07±0.15a
	♀	39.44±2.16b	2.17±0.29a

数据为平均值±标准差。同列中不同字母表示雌、雄蛾成虫触角间有显著差异 (*t*-test,  $P<0.05$ )。

Data are mean±standard deviation. The different letters indicate significant difference between sexes (*t*-test,  $P<0.05$ ).

毛形感器具有嗅觉和味觉功能,主要感知性信息素等,雄蛾毛形感器能够对雌蛾性信息素和植物挥发物产生反应,在昆虫触角上数量最多、分布最广,且雄蛾毛形感器显著长于雌蛾(张方梅等,2019)。徐伟等(2019b)认为,雌蛾毛形感器能够感受寄主挥发物、寻找产卵场所。草地贪夜蛾有2种类型的毛形感器,其分布于鞭节的腹面和侧面,其末端具有螺旋纹,可能感知功能更强。

刺形感器对机械震动有反应,能选择适宜场所、行为环境和求偶微环境等,也参与味觉功能,感受碳氢化合物(Di et al.,2019)。草地贪夜蛾的刺形感器主要分布于鞭节亚节的腹面和背面,雄雌蛾的刺形感器在长度和基部宽度均存在显著差异。

锥形感器不仅具有嗅觉功能,有时还有机械感受功能,其内部结构与感知信息素的毛形感器相似,但主要感受寄主和天敌气味等环境因子(姚永生等,2004)。草地贪夜蛾的锥形感器散生于毛形感器之间,雄蛾锥形感器的长度和基部宽度均显著大于雌蛾。

腔锥形感器能感受温湿度,也感受水蒸气、二氧化碳、植物气味等(刘志雄等,2015)。草地贪夜蛾的腔锥形感器主要分布于鞭亚节感器区中后部,每亚节有2~4个腔锥形感器。

栓锥形感器在玉米螟、小菜蛾、棉铃虫等鳞翅

目昆虫触角上均有报道,能感受温湿度、二氧化碳等,是蛾类常见的感器类型(靳泽荣等,2016)。草地贪夜蛾的栓锥形感器分布于鞭亚节的末端,几乎每亚节均有一个栓锥形感器。

鳞形感器在枣粘虫 *Ancylis sativa* Liu、兴安落叶松鞘蛾 *Coleophora obducta* Meyrick 等许多鳞翅目昆虫中均有发现,但对其功能方面研究不多,一般认为主要有机械感器功能(高素红等,2010)。草地贪夜蛾的鳞形感器主要分布于鳞片间。

本文观察到草地贪夜蛾雌雄蛾触角感器中,同种类型的感器在雌雄蛾之间普遍存在差异,雄蛾感器的长度显著长于雌蛾,这种特化与差异是否有利于其功能的发挥还有待通过电生理技术等进一步确定。

## 参考文献

- 狄贵秋,马庆辉,马维超,孟昭军,严善春,2020. 美国白蛾触角感器超微结构. 东北林业大学学报, 48(3): 95-99, 104.
- 高素红,吉志新,王长青,秦素萍,赵春明,余金咏,2010. 中华微蛾(*Sinopticala sinica* Yang) 触角感器的扫描电镜观察. 安徽农业科学, 38(7): 3499-3502.
- 龚粤宁,王晨彬,赵志刚,曾杰,王敏,2018. 荔枝异形小卷蛾(鳞翅目:卷蛾科)触角的扫描电镜观察. 环境昆虫学

- 报, 40(3): 708-714.
- 靳泽荣, 刘志雄, 陈旭鹏, 刘红霞, 杨淑珍, 张金桐, 2016. 栎黄枯叶蛾触角感器的扫描电镜观察. *电子显微学报*, 35(3): 282-285.
- 李文香, 杨玉婷, 吴青君, 徐宝云, 王少丽, 张友军, 2015. 韭菜迟眼蕈蚊研究进展. *植物保护*, 41(5): 8-12.
- 梁铭荣, 李子园, 戴钊萱, 陆永跃, 陈科伟, 王磊, 2020. 4 种昆虫病原线虫对草地贪夜蛾的致死作用. *生物安全学报*, 29(2): 82-89.
- 刘志雄, 刘红霞, 张金桐, 陈旭鹏, 2015. 柳毒蛾的触角结构与感受器扫描电镜观察. *电子显微学报*, 34(3): 257-260.
- 孟庆坤, 2020. 草地贪夜蛾危害症状及防控技术. *现代农业科技* (17): 102.
- 宋月芹, 董钧锋, 孙会忠, 2018. 双委夜蛾触角感器的扫描电镜观察. *电子显微学报*, 37(1): 77-83.
- 王磊, 陆永跃, 2020. 2020 年我国草地贪夜蛾蔓延发生趋势及预测. *环境昆虫学报*, 42(5): 1139-1145.
- 吴才宏, 1993. 棉铃虫雄蛾触角的毛形传感器对其性信息素组分及类似物的反应. *昆虫学报*, 36(4): 385-389.
- 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.
- 徐伟, 毕嘉瑞, 刘梅, 张吉辉, 张益恺, 臧连生, 2019b. 杨背麦蛾(鳞翅目: 麦蛾科)触角感器的超微结构. *林业科学*, 55(5): 95-103.
- 徐伟, 董亚南, 崔娟, 张益恺, 史树森, 2019a. 豆卜馍夜蛾触角感器的超微结构与分布. *植物保护*, 45(5): 190-196.
- 阎雄飞, 孙月琴, 刘永华, 李晓娟, 骆有庆, 2010. 光肩星天牛触角感受器的环境扫描电镜观察. *林业科学*, 46(11): 104-109, 191-194.
- 姚永生, 原国辉, 罗梅浩, 2004. 铜绿丽金龟成虫触角感受器的超微结构观察. *华北农学报*, 19(3): 96-99.
- 张方梅, 金银利, 张丽丽, 尹健, 陈俊华, 赵琦, 潘鹏亮, 2019. 灰茶尺蠖成虫触角及幼虫头部感器超微结构. *昆虫学报*, 62(6): 743-755.
- 赵欣阳, 黄星, 葛思妍, 刘景皓, 王勇, 2018. 小菜蛾触角感器的扫描电镜观察. *吉林农业大学学报*, 40(1): 58-62.
- ANDREA D G, EMANUELA M, MARCO V R S, ROBERTO R, 2012. Functional structure of antennal sensilla in the myrmecophilous beetle *Paussus favieri* (Coleoptera, Carabidae, Paussini). *Micron*, 43(6): 705-719.
- DESHMUKH S, PAVITHRA H B, KALLESHWARAWASWA-MY C M, SHIVANNA B K, MARUTHI M S, DAVID M S, 2020. Field efficacy of insecticides for management of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Maize in India. *Florida Entomologist*, 103(2): 221-227.
- DI P A, PISTILLO M, GRIFFO R, GARONNA A P, GERMINARA G S, 2019. Scanning electron microscopy of the antennal sensilla and their secretion analysis in adults of *Aromia bungii* (Faldernann, 1835) (Coleoptera, Cerambycidae). *Insects*, 10(4): 88.
- KRISHNAN A, PRABHAKAR S, SUDARSAN S, SANE S P, 2012. The neural mechanisms of antennal positioning in flying moths. *The Journal of Experimental Biology*, 215(17): 3096-3105.
- LIU F, LI F Y, ZHANG S F, KONG X B, ZHANG Z, 2019. Ultrastructure of antennal sensilla of *Erannis ankeraria* Staudinger (Lepidoptera: Geometridae). *Microscopy Research and Technique*, 82(11): 1903-1910.
- MUHAMMAD B, PETER A, RICKARD I, MERVAT A S, BILL S H, FREDRIK S, 2012. Spatial organization of antennal olfactory sensory neurons in the female *Spodoptera littoralis* moth: differences in sensitivity and temporal characteristics. *Chemical Senses*, 37(7): 613-629.
- MWANJIA H N, MAULID W M, 2020. Effects of entomopathogenic fungi (EPFs) and cropping systems on parasitoids of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) on maize in eastern central, Tanzania. *Biocontrol Science and Technology*, 30(5): 418-430.
- REN L L, SHI J, ZHANG Y N, LUO Y Q, 2012. Antennal morphology and sensillar ultrastructure of *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothriideridae). *Micron*, 43(9): 921-928.
- SCHNEIDER, 1964. Insect antennae. *Annual Review of Entomology*, 9(1): 103-122.
- SUKHMAN S, RUPESH R K. 2020. Exposure to polyphenol-rich purple corn pericarp extract restricts fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) growth. *Plant Signaling & Behavior*, 15(9): 1784545.

(责任编辑:郭莹)