

双委夜蛾幼虫触角、口器感器的类型与分布

宋月芹, 董钧锋, 孙会忠*

(河南科技大学林学院, 洛阳 471000)

摘要 双委夜蛾是近年在中国新发现的一种重要农业害虫。本研究通过扫描电子显微镜对双委夜蛾幼虫口器上的感器类型与分布特征进行观察,并做了详细描述。双委夜蛾幼虫触角感器主要分布在梗节和鞭节。梗节包括3个锥形感器和2个刺形感器。鞭节包括3个锥形感器和1个栓锥形感器。双委夜蛾幼虫口器由上唇、上颚、下颚、舌、下唇五部分组成。上唇有6对刺形感器;内唇有3对刺形感器、1对指形感器和1对内唇感器;每个具齿的上颚外侧表面具有2个刺形感器;下颚的感器主要密布在外颚叶和下颚须上,每个外颚叶具有3个刺形感器、3个锥形感器和2个栓锥形感器;下颚须具有8个锥形感器、1个指形感器和2个板形感器。下唇须具有1个栓锥形感器和1个锥形感器。另外,通过与其他鳞翅目幼虫感器比较,对这些感器的功能进行了分析。本研究将为进一步探讨昆虫的取食机制提供参考依据。

关键词 双委夜蛾; 幼虫; 感器; 形态; 扫描电子显微镜

中图分类号: S 433.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2017258

Types and distribution of sensilla on larval antennae and mouthparts of *Athetis dissimilis*

SONG Yueqin, DONG Junfeng, SUN Huizhong

(College of Forestry, Henan Science and Technology University, Luoyang 471000, China)

Abstract *Athetis dissimilis* (Hampson) is an important agricultural insect pest newly found in Mainland China in recent years. In this study, the morphology, types and distribution of the sensilla on larval antennae and mouthparts of *A. dissimilis* were examined by using scanning electron microscopy. The sensilla of larval antennae of *A. dissimilis* are mainly distributed on the pedicel and flagellum. The pedicel possesses three sensilla basiconica and two sensilla chaetica, and the terminal flagellum carries three sensilla basiconica and one sensillum styloconicum. The larval mouthpart of *A. dissimilis* is composed of labrum, mandible, maxillae, labium and hypopharynx. The labrum bears six pairs of sensilla chaetica; the epipharynx carries three pairs of sensilla chaetica, a pair of sensilla digitiformia and a pair of epipharyngeal sensilla. Each dentate mandible carries two sensilla chaetica basally on its outer face. The sensilla on the maxillae are mainly distributed on the galea and maxillary palpi. Each galea has three sensilla chaetica, three sensilla basiconica and two sensilla styloconica. Each maxillary palpus possesses eight sensilla basiconica, one sensillum digitiformium and two sensilla placodea. Each labial palpus bears one sensillum styloconicum and one sensillum basiconicum. In addition, the functions of these sensilla are discussed by comparing them with those of other lepidopter an larvae. This study would provide a reference for further exploring the feeding mechanism of insects.

Key words *Athetis dissimilis*; larva; sensillum; morphology; scanning electron microscope

双委夜蛾 *Athetis dissimilis* (Hampson) 属于鳞翅目夜蛾科委夜蛾属,是近年我国新发现的重要农业害虫。主要为害小麦、玉米、花生、大豆和甘薯等作物。该害虫主要分布于日本、朝鲜、印度、印

度尼西亚和菲律宾等国家,国内仅台湾偶有报道^[1-3]。2012年在山东威海玉米田首次发现双委夜蛾为害^[4],随后在河南、陕西和安徽等地也陆续出现该虫的报道,并对其生物学特性等进行了研

收稿日期: 2017-07-08 修订日期: 2017-09-06

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201303026);国家自然科学基金(31701788);河南科技大学博士启动费(4026-13480047)

* 通信作者 E-mail: huizhong66@163.com

究^[5-8]。双委夜蛾幼虫和成虫在外形上与二点委夜蛾 *A. lepigone* Möscher 极其相似,习性和为害特征也相同,白天常隐蔽在秸秆、落叶和杂草中,晚上出来为害寄主植物幼苗的茎叶,甚至从茎基部切断幼苗,造成严重的缺苗断垄现象。但目前关于双委夜蛾相关研究较少。

昆虫成虫和幼虫感器对植物气味和化学信息素的识别和感知具有重要的作用。在鳞翅目昆虫中,因为成虫活动范围较大甚至能够长距离的迁飞,大多数科学家对成虫触角和口器感器研究的较多^[9-11],而对幼虫触角和口器感受器类型及功能研究较少,尽管幼虫期是害虫为害的主要虫态。对昆虫幼虫口器的研究不仅可以为系统分类提供参考,也可以为了解昆虫的取食行为奠定基础。本研究通过扫描电子显微镜,对双委夜蛾幼虫和口器上的感器类型与分布特征进行了详细描述,并通过与先前报道的鳞翅目幼虫感器进行比较,对这些感器的功能进行了分析。

1 材料与方 法

1.1 供试虫源

双委夜蛾 2014 年采集于河南省洛阳市郊区玉米田,在室内继代饲养至今,标本由中国科学院动物研究所武春生研究员鉴定。室内饲养条件为:温度 $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 70%~80%、光周期 L//D=16 h//8 h。幼虫用小麦苗饲养,成虫用 10% 的蜂蜜水补充营养。试验用虫选取双委夜蛾 6 龄幼虫。

1.2 试验方法

挑选双委夜蛾 6 龄幼虫 20 头,放入卡诺氏固定液(无水乙醇和冰醋酸按体积比 3:1 配制)固定 12 h,然后将双委夜蛾头部剪下,在体视显微镜下用镊子和美国进口超薄剪刀小心地将口器各部分组织剪下,放进装有 pH7.2 磷酸缓冲液的 1.5 mL 离心管中。为了保持样品的清洁度,将样品连同离心管一起放入超声仪中超声 2 min,用 pH7.2 磷酸缓冲液冲洗 3 次,最后将样品转移到由 pH7.2 磷酸缓冲液配制成的 2.5% 戊二醛中过夜固定。用乙醇溶液进行梯度脱水,每次 20 min,紧接着用无水乙醇脱水两次,每次 20 min。脱水完成后,用丙酮和乙酸异戊酯交替置换 2 次,每次 30 min,最后在乙酸异戊酯中过夜。经日本日立电子公司生产的 Hitachi CO₂ 临界干燥仪干燥 2.5 h 之后,用尖头镊子

在体视显微镜下将双委夜蛾各部分组织粘贴在粘有双面导电胶的样品台上,立即用 Hitachi E-1030 型离子溅射仪进行真空喷金镀膜。将制好的样品使用日本 Hitachi S-4800 型扫描电子显微镜进行观察和拍照。

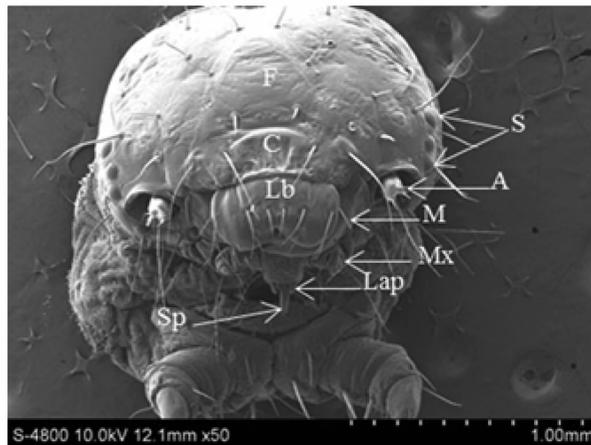
双委夜蛾幼虫触角和口器感器类型描述术语主要参照的 Liu 等^[12]和 Song 等^[13]的命名标准。

1.3 数据统计与分析

采用 ImageJ 软件对各种感器的长度和宽度进行测量;应用 SPSS17.0 统计分析软件对试验数据进行方差分析。

2 结果与分析

双委夜蛾 6 龄幼虫头部表面光滑,具有坚硬的外壳,长 $(1.484 \pm 0.187)\text{mm}$,宽 $(1.058 \pm 0.096)\text{mm}$,表面零星分散着长短不一的刺形感器。口器为下口式、咀嚼式口器,由上唇、上颚、下颚、下唇和舌 5 部分组成。另外,还着生有 1 对触角和 6 对单眼(图 1)。



A: 触角; F: 额唇基; C: 唇基; S: 单眼; Lb: 上唇; M: 上颚; Mx: 下颚; Lap: 下唇须; Sp: 吐丝器
A: Antenna; F: Frontoclypeus; C: Clypeus; S: Stemmata; Lb: Labrum; M: Mandible; Mx: Maxilla; LaP: Labial palp; Sp: Spinneret

图 1 双委夜蛾 6 龄幼虫头部正面观

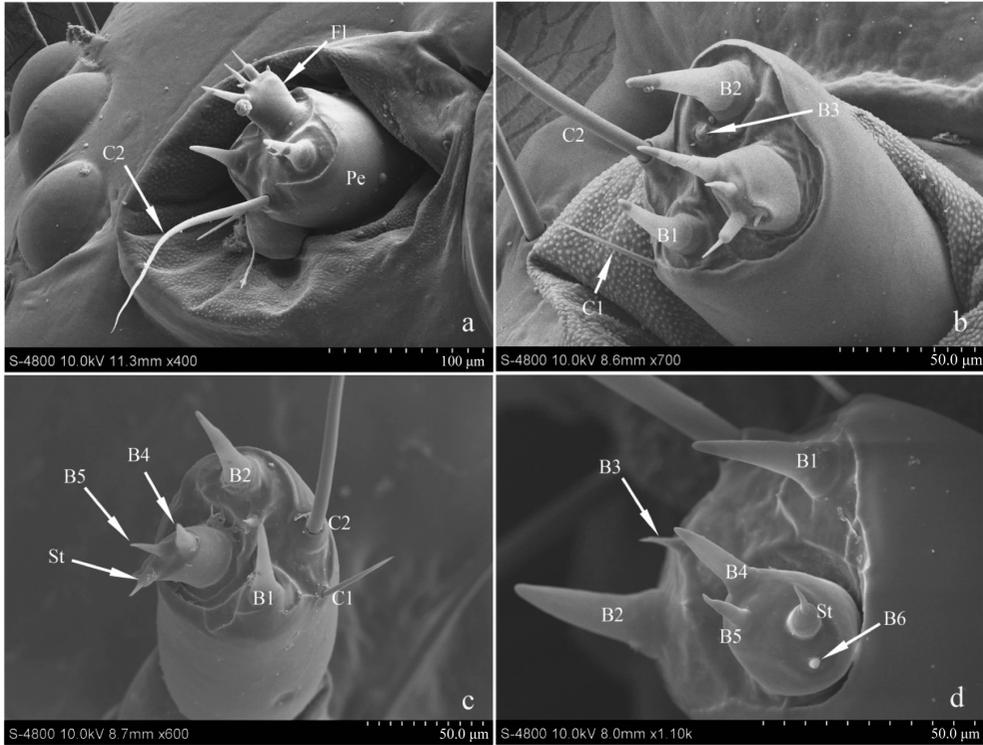
Fig. 1 Frontal view of the head of the last instar larva of *Athetis dissimilis*

2.1 触角

双委夜蛾幼虫触角较短,着生于凹陷的触角窝内(图 2a),位于单眼和口器上唇之间(图 1)。由柄节、梗节和鞭节 3 部分组成,柄节较短,收缩于触角窝内,不易发现,无感器;梗节最长,其上着生有 3 个锥形感器和 2 个刺形感器,其中锥形感器 B1 和 B2 较大,长 $(48.7 \pm 4.4)\mu\text{m}$,两者大小形状相似,而锥

形感器 B3 较小,长(11.8±1.2)μm,顶端尖锐。刺形感器 C2(200.8±13.1)μm 明显长于刺形感器 C1(51.7±2.3)μm(图 2b,c)。鞭节位于梗节的末端,拥有 3 个锥形感器和 1 个栓锥形感器。锥形感器 B4

形状类似于梗节上的锥形感器 B1 和 B2;锥形感器 B5 长(18.6±2.4)μm,较 B4 长度(25.6±4.1)μm 小,末端较尖锐;锥形感器 B6 长(8.8±1.0)μm,最小,形似柱状(图 2c,d)。



a: 三节触角的正面观; b: 触角的放大观; c: 触角末端; d: 触角末端放大观; Pe: 梗节; Fl: 鞭节; C1-C2: 刺形感器; B1-B6: 锥形感器; St: 栓锥形感器
a: Frontal view of the three-segmented antenna; b: Magnified view of the antenna; c: Distal view of the antenna; d: Distal magnified view of the antenna. Pe: Pedicel; Fl: Flagellum; C1-C2: Sensilla chaetica; B1-B6: Sensilla basiconica; St: Sensillum styloconicum

图 2 双委夜蛾 6 龄幼虫触角的形态与结构

Fig. 2 Morphology and structure of the antenna of the last instar larva of *Athetis dissimilis*

2.2 上唇

双委夜蛾的上唇长方形,长(450.1±21.2)μm,宽(194.4±16.3)μm,6 对刺形感器左右对称、均匀分布在上唇表面(图 3a)。内唇具有丰富的感器,3 对刺形感器、1 对指形感器和 1 对内唇感器。在内唇感器基部均匀分布有一圈感器孔。除此之外,内唇表面密布大小不等的微刺,微刺的方向统一指向口腔内(图 3b)。

2.3 上颚

1 对上颚紧挨在上唇下面,结构坚硬,形状宽大,前端包含有切齿叶。表面感器较少,只有 2 个长短不一的刺形感器(图 3c,d)。

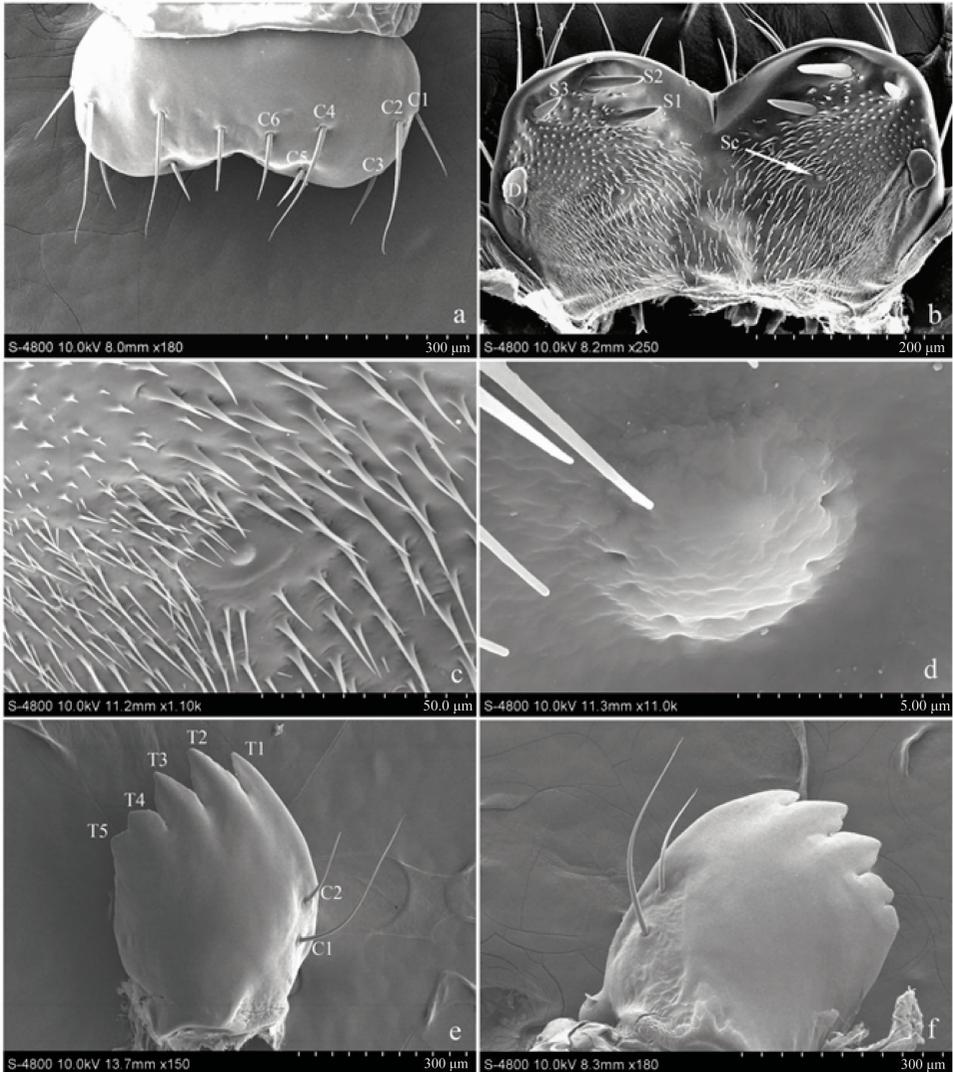
2.4 舌

在双委夜蛾口腔的中央有一个类似于舌的结构,两边略向内卷曲,表面分布有密密麻麻的微刺,刺顶端同内唇微刺,统一指向口后方(图 4a)。

2.5 下颚

下颚结构较复杂,感器较多,由轴节、茎节、外颚叶和下颚须组成。轴节和茎节上各有 1 个刺形感器(图 4 b),大多数感器分布在外颚叶和下颚须上。

3 个扁粗的刺形感器(71.3±10.1)μm,位于茎节末端,外颚叶内侧,类似于其他昆虫的内颚叶;外颚叶顶端具有 2 个肥大的栓锥形感器(42.3±3.5)μm 和 3 个较小的锥形感器。3 个刺形感器位于茎节端部,外颚叶的内侧,粗壮坚硬,类似于其他昆虫的内颚叶。2 个栓锥形感器下半部分肥胖粗大,顶端着生有 1 个小的锥形感器,顶端钝圆。锥形感器 B3(17.8±2.1)μm 较 B2(7.4±0.9)μm 和 B1(6.0±0.5)μm 大,形状类似于触角鞭节上的锥形感器 B5;锥形感器 B1 和 B2 形状类似于触角梗节上的锥形感器 B3 而较小,顶端尖锐(图 4c,d,e)。



a: 上唇正面观, 具有6对刺形感器(C1-C6); b: 内唇内部, 具有3对刺形感器(S1-S3)、1对内唇感器(Sc)、1对指形感器(D)和许多微刺; c: 内唇感器; d: 多孔内唇感器的放大观; e: 左上颚的侧面观, 具有2个刺形感器和切齿叶; f: 右上颚的侧面观

a: Frontal view of the labrum, showing six pairs of sensilla chaetica (C1-C6); b: Inner view of the epipharynx, showing three pairs of sensilla chaetica (S1-S3), a pair of epipharyngeal sensilla (Sc), a pair of sensilla digitiformia (D) and numerous microtrichia; c: Epipharyngeal sensilla; d: The magnified view of epipharyngeal sensilla with many holes; e: The side of the left mandible, showing two sensilla chaetica (C1-C2) and incisor lobe (T1-T5); f: The side of the right mandible

图 3 双委夜蛾 6 龄幼虫上唇和上颚

Fig. 3 Labrum and mandible of the last instar larva of *Athetis dissimilis*

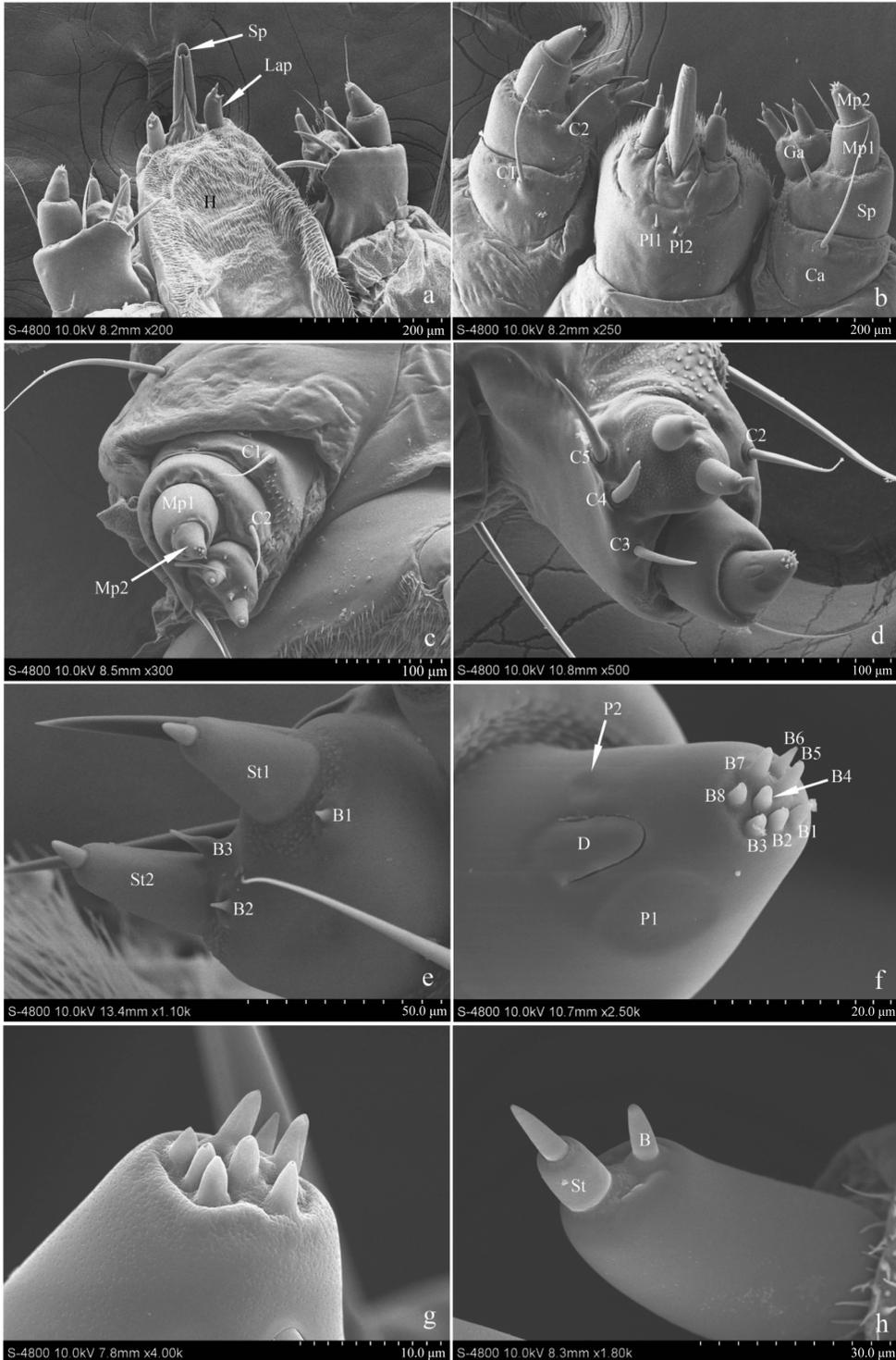
下颚须分为两节,位于茎节外侧,表面密布着许多感器坑。在其顶端具有 8 个锥形感器,两侧具有 1 个大的指形感器,长 $(13.3 \pm 1.1) \mu\text{m}$ 和 2 个大小不等的板形感器(图 4f)。8 个锥形感器的顶端均具有顶孔(图 4g)。

2.6 下唇

下唇中央具有 1 个粗壮的吐丝器,两侧各着生有 1 个下唇须(图 4a)。下唇须末端具有 1 个顶端钝圆的锥形感器,长 $(9.5 \pm 0.7) \mu\text{m}$ 和 1 个粗大的栓锥形感器,长 $(22.3 \pm 2.1) \mu\text{m}$ (图 4h)。在下唇腹面还有 2 个感器钉,长 $(20.4 \pm 7.4) \mu\text{m}$ (图 4b)。

3 讨论

双委夜蛾幼虫触角上的感器类型、数量和分布与梨小食心虫 *Grapholitha molesta*^[13]、桃小食心虫 *Carposina sasakii*^[12]、井上绒毛天蛾 *Pentateucha inouei*^[14]、向日葵螟 *Homoeosoma nebulella*^[15] 完全一致,但形态各有差异。利用微观结构、电生理试验和行为学试验,许多感器的功能已经被确定。触角上较大的锥形感器具有嗅觉功能^[16];鞭节上的栓锥形感器对温度比较敏感,同时锥形感器(3 和 6)也具有类似的功能^[17];触角上的两个刺形感器目前仅报道具有触觉功能^[15-19]。



a: 口器的横切面; H: 舌; Lap: 下唇须; Sp: 吐丝器; b: 口器的背面观; Ca: 轴节; Sp: 茎节; Ga: 外颚叶; Mp: 下唇须; P1和P2: 感器钉; C1和C2: 刺形感器; c: 下颚腹面观; C1和C2: 刺形感器; MP1和MP2: 下唇须分节; d: 下颚侧面观; C3, C4和C5: 刺形感器; e: 外颚叶的末端; B1, B2和B3: 锥形感器; St1和St2: 栓锥形感器; f: 下颚须的末端; B1~B8: 锥形感器; P1和P2: 板形感器; D: 指形感器; g: 下颚须锥形感器的顶孔; h: 下唇须放大观; B: 锥形感器; St: 栓锥形感器

a: Cross section view of the mouthpart; H: hypopharynx; Lap: labial palp; Sp: spinneret; b: Ventral view of the mouthpart; Ca: cardo; Sp: stipes; Ga: galea; Mp: maxillary palp; C1 and C2: sensilla chaetica; P1 and P2: sensilla pegs; c: Ventral view of the maxillae; C1 and C2: sensilla chaetica; Mp1 and Mp2: two segmentations of maxillary palp; d: Latero-ventral view of the maxilla; C3, C4 and C5: sensilla chaetica; e: The distal view of the galea; B1, B2 and B3: sensilla basiconica; St1 and St2: sensilla styloconica; f: The distal view of the maxillary palp; B1-B8: sensilla basiconica; P1 and P2: sensilla placodea; D: sensillum digitiformium; g: The pores on the tip of sensilla basiconica in the maxillary palp; h: The magnified view of the labial palp; B: sensillum basiconicum; St: sensillum styloconicum

图4 双委夜蛾6龄幼虫下颚和下唇

Fig. 4 Maxillae and labium of the last instar larva of *Athetis dissimilis*

双委夜蛾上唇表面的 6 对刺形感器,在数量上与大多数鳞翅目幼虫相同,并被报道有机械感受功能^[15,18,20]。内唇上的“内唇感器”最早被 Boer 等命名^[21],在数量上,不同昆虫差异较大。暗缘地老虎 *Euxoa messoria* 内唇无“内唇感器”^[22];烟草天蛾 *Manduca sexta* 和云杉色卷蛾 *Choristoneura fumiferana* 内唇具有 1 对“内唇感器”^[18,21];桃小食心虫拥有 2 对“内唇感器”^[12];梨小食心虫着生有 3 对“内唇感器”^[13],这类感器被报道有味觉功能^[18]。内唇上 3 对扁粗的刺形感器和指形感器具有机械感受功能^[15,22]。内唇上密布的许多倒刺可能为了防止食物脱落。

双委夜蛾上颚结构同大多数鳞翅目幼虫,感器数量较少,基部的两个刺形感器具有机械感受功能^[18,23]。末端具 5 个齿的结构为切齿叶在昆虫进食时能切断和挤压食物。关于昆虫舌的报道极少, Fauchaux 发现,向日葵螟舌上无任何感器^[15];而梨小食心虫仅在舌的边缘具有整齐排列的倒刺^[13]。我们发现双委夜蛾幼虫舌整个表面都密布着许多倒刺,其功能可能与内唇上微刺功能相同,具有防止食物脱落和搅拌食物的功能。

在下颚上类似于内颚叶的 3 个刺形感器,在数量上与其他昆虫也有差异,在梨小食心虫幼虫中只发现了 2 个刺形感器^[13],这些刺形感器与下颚上的其他刺形感器都具有触觉功能^[17,24]。外颚叶上的两个大的栓锥形感器和 3 个小的锥形感器是重要的化学感受器,直接决定昆虫的取食行为。Ishikawa 等通过切断试验进一步证实了这两个栓锥形感器对食物的识别具有重要作用^[25]。

大多数鳞翅目幼虫下唇须顶端都具有 8 个锥形感器,它们具有味觉和嗅觉功能^[15,26],但是梨小食心虫和桃小食心虫下唇须顶端只有 7 个锥形感器和 1 个栓锥形感器^[12-13],这也可能是因为它们取食特性决定的。下唇须上的指形感器是鳞翅目幼虫共有的特征,在鳞翅目 36 个种中都发现指形感器的存在,只是大小和形状有差异^[12-14,19,22,27,]。Devitt 和 Smith 利用单感器记录仪发现,该感器对温度比较敏感^[22]。在其他昆虫中,板形感器被报道有嗅觉功能^[19,22,27]。双委夜蛾下唇须和下颚须表面具有许多凹坑,同样在梨小食心虫、桃小食心虫和棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 中也发现类似现象^[12-13,27],因为这些凹坑并没有穿透体壁,可能不具有味觉和嗅觉

功能,目前它们的功能仍不清楚。

电生理试验发现,下唇须上的锥形感器和栓锥形感器具有明显的机械感受功能^[15,18,22]。下唇须腹面的两个感器钉在梨小食心虫、桃小食心虫和向日葵螟幼虫中都有发现^[12-13,15],但它们的功能还不明确,推测也具有机械感受功能。

4 结论

幼虫触角和下唇须是主要的嗅觉器官,对幼虫寻找食物源具有重要作用。口器上的刺形感器是机械性感器,能感受食物的质地并协调各部分组织的移动。内唇有味觉功能,能直接反映食物的质量。昆虫幼虫触角和口器的各种感器相互作用,相互配合,完成昆虫的取食过程。本研究结果为今后进一步研究双委夜蛾的取食特性和电生理试验奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] TAKAHASHI M. *Athetis dissimilis* Hampson, a new nuisance? [J]. Japan Society of Medical Entomology and Zoology, 1975, 26(1): 66.
- [2] BAN T, NOBORU K, TAKAHIRO M, et al. The insect fauna of between Heisei-Memorial Bridge and Takahashi Bridge district, margins of Yahagigawa River [J]. Yahagigawa Research, 1998, 2(1): 33 - 73.
- [3] CHO Y H, KIM Y J, HAN Y G, et al. A faunistic study of moths on Wolchulsan National Park [J]. Journal of National Park Research, 2010, 1(2): 108 - 126.
- [4] 李静雯, 于毅, 张安盛, 等. 山东省发现二点委夜蛾近似种一双委夜蛾 [J]. 植物保护, 2014, 40(6): 193 - 195.
- [5] 宋月芹, 李文亮, 刘顺通, 等. 双委夜蛾非典型嗅觉受体 *Orco* 的克隆、分子特征及表达 [J]. 植物保护学报, 2015, 42(6): 997 - 1003.
- [6] 段爱菊, 王淑枝, 王利霞, 等. 温度对双委夜蛾种群生态学特征的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(6): 1346 - 1352.
- [7] 郭婷婷, 门兴元, 于毅, 等. 温度对双委夜蛾实验种群生长发育及繁殖的影响 [J]. 昆虫学报, 2016, 59(8): 865 - 870.
- [8] 郭婷婷, 于志浩, 门兴元, 等. 双委夜蛾不同虫态耐寒性及体内生化物质含量变化 [J]. 昆虫学报, 2016, 59(12): 1291 - 1297.
- [9] 王娜, 魏劲松, 党露, 等. 三种夜蛾科成虫口器的超微形态 [J]. 昆虫学报, 2012, 55(7): 887 - 884.
- [10] 刘曼, 任春光, 杨茂发, 等. 竹枝叶野螟触角感器的超微形态特征 [J]. 林业科学, 2013, 49(9): 107 - 111.
- [11] SEADA M A. Antennal morphology and sensillum distribution of female cotton leaf worm *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Journal of Basic & Applied Zoology, 2015, 68: 10 - 18.
- [12] LIU Zhao, HUA Baozhen, LIU Lu. Ultrastructure of the sen-

- silla on larval antennae and mouthparts in the peach fruit moth, *Carposina sasakii* Matsumura (Lepidoptera: Carposini-
dae)[J]. *Micron*, 2011, 42(5): 478 - 483.
- [13] SONG Yueqin, SUN Huizhong, WU Junxiang. Morphology of the sensilla of larval antennae and mouthparts of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* [J]. *Bulletin of Insectology*, 2014, 67(2): 193 - 198.
- [14] LIN Chengshing. Sensilla on the larval antennae and mouthparts of *Pentateucha inouei* Owada et Brechlin (Lepidoptera: Sphingidae)[J]. *Formosan Entomology*, 2002, 22(1): 115 - 124.
- [15] FAUCHEUX M J. Sensilla on the larval antennae and mouthparts of the European sunflower moth, *Homoeosoma nebulella* Den. and Schiff. (Lepidoptera: Pyralidae)[J]. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 1995, 24(4): 391 - 403.
- [16] ZACHARUK R Y. Antennae and sensilla[M]. Oxford, UK: Pergamon Press, 1985.
- [17] SCHOONHOVEN L M. Some cold receptors in larvae of three Lepidoptera species [J]. *Journal of Insect Physiology*, 1967, 13(6): 821 - 826.
- [18] ALBERT P J. Morphology and innervation of mouthpart sensilla in larvae of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.) (Lepidoptera: Tortricidae)[J]. *Canadian Journal of Zoology*, 1980, 58(5): 842 - 851.
- [19] BAKER G, PARROTT W, JENKINS J. Sensory receptors on the larval maxillae and labia of *Heliothis zea* (Boddie) and *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 1986, 15(3): 227 - 232.
- [20] DAVIS D R, QUINTERO D A, CAMBRA R A T, et al. Biology of a new Panamanian bagworm moth (Lepidoptera: Psychi-
dae) with predatory larvae, and eggs individually wrapped in setal cases [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2008, 101(4): 689 - 702.
- [21] BOER G, DETHIER V, SCHOONHOVEN L. Chemoreceptors in the preoral cavity of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*, and their possible function in feeding behavior [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1977, 21(3): 287 - 298.
- [22] DEVITT B, SMITH J. Morphology and fine structure of mouthpart sensilla in the dark-sided cutworm *Euxoa messoria* (Harris) (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 1982, 11(5): 255 - 270.
- [23] KENT K S, HILDEBRAND J G. Cephalic sensory pathways in the central nervous system of larval *Manduca sexta* (Lepidoptera: Sphingidae)[J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 1987, 315(1168): 1 - 36.
- [24] HANSON F E. Sensory responses of phytophagous Lepidoptera to chemical and tactile stimuli [M]. New York, USA: Academic Press, 1970.
- [25] ISHIKAWA S, HIRAO T, ARAI N. Chemosensory basis of host plant selection in the silkworm [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1969, 12(5): 544 - 554.
- [26] GRIMES L R, NEUNZIG H H. Morphological survey of the maxillae in last stage larvae of the suborder Ditrysia (Lepidoptera): palpi [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1986, 79(3): 491 - 509.
- [27] KEIL T. Sensilla on the maxillary palps of *Helicoverpa armigera* caterpillars: in search of the CO₂-receptor [J]. *Tissue and Cell*, 1996, 28(6): 703 - 717.
- (责任编辑: 田 喆)
-
- (上接 80 页)
- [4] 刘维志. 植物线虫志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [5] 冯志新. 植物线虫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [6] WANG H, ZHUO K, YE W, et al. Morphological and molecular characterisation of *Pratylenchus parvaeae* n. sp. (Nematoda: Pratylenchidae) parasitizing sugarcane in China [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2015, 143(1): 173 - 191.
- [7] MUNDO-OCAMPO M, TROCCOLI A, SUBBOTIN S A, et al. Synonymy of *Afenestrata* with *Heterodera* supported by phylogenetics with molecular and morphological characterisation of *H. koreana* comb. n. and *H. orientalis* comb. n. (Tylenchida: Heteroderidae)[J]. *Nematology*, 2008, 10(5): 611 - 632.
- [8] SUBBOTIN S A, STURHAN D, CHIZHOV V N, et al. Phylogenetic analysis of Tylenchida Thorne, 1949 as inferred from D2 and D3 expansion fragments of the 28S rRNA gene sequences [J]. *Nematology*, 2006, 8(3): 455 - 474.
- [9] VRAIN T C, WAKARCHUK D A, LEVESQUE A C, et al. Intraspecific rDNA restriction fragment length polymorphism in the *Xiphinema americanum* group [J]. *Fundamental and Applied Nematology*, 1992, 15(6): 563 - 573.
- [10] SUBBOTIN S A, VOVLAS N, YEATES G W, et al. Morphological and molecular characterization of *Helicotylenchus pseudorobustus* (Steiner, 1914) Golden, 1956 and related species (Tylenchida: Hoplolaimidae) with phylogeny of the genus [J]. *Nematology*, 2015, 17(1): 25 - 52.
- [11] SAHA M, LAL M, SINGH M, et al. Four new species of *Hoplolaimoidea* (Nematoda: Tylenchida) from India [J]. *International Journal of Nematology*, 2000, 10(2): 192 - 198.
- [12] SUBBOTIN S A, STURHAN D, VOVLAS N, et al. Application of the secondary structure model of rRNA for phylogeny: D2-D3 expansion segments of the LSU gene of plant-parasitic nematodes from the family Hoplolaimidae Filipjev, 1934 [J]. *Molecular Phylogenetics & Evolution*, 2007, 43(3): 881 - 890.
- [13] 周纪刚, 舒夏竺, 徐平, 等. 广东粉单竹病虫害调查及防治 [J]. *林业实用技术*, 2014(7): 47 - 49.
- (责任编辑: 田 喆)