苹果蠹蛾头部感器的电镜扫描结构*

支海美[1,2,3] 刘星月[1**] 杨 定[1]

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院昆虫学系 北京 100193; 2. 中国科学院动物研究所动物进化与系统学重点实验室 北京 100101; 3. 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘 要 本文使用扫描电镜系统观察并描述了苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.)成虫及幼虫触角上及口器上的感器。主要研究结果如下:1)苹果蠹蛾成虫触角背面密布鳞片,感器很少,腹面和侧面鳞片稀疏,具大量感器;2)触角上的感器大部分分布于鞭节各节,少部分分布于柄节和梗节;3)雄虫触角上着生 10 种感器,雌虫触角上着生 9 种感器,与雄虫相比,雌虫缺少鳞形感器;4)雄虫口器具鳞形感器和刺形感器,雌虫口器仅具刺形感器;5)幼虫触角 3 节,基节无感器,第 2 节具 2 刺形感器且其分布位置存在个体差异,端节端部具呈三角状排列的 3 个栓锥感器;6)幼虫口器具一定数量和不同形态的感器。

关键词 苹果蠹蛾,成虫,幼虫,触角,口器,感器,扫描电镜观察

Structure of the sensilla on the antennae and mouthparts of *Cydia pomonella* as revealed by a scanning electron microscope (SEM)

ZHI Hai-Mei[1,2,3] LIU Xing-Yue[1**] YANG Ding[1]

(1. College of Agriculture and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. CAS Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract The sensilla on the antennae and mouthparts of adults and larvae of *Cydia pomonella* (L.) were observed and described using scanning electron microscope (SEM). The main results were as follows: 1) the sensilla are almost confined to the ventral and lateral surfaces rather than the back side of antennae. 2) Antennal flagella contained the most sensilla while the scape and pedical segments did not. 3) Ten kinds of sensilla were found on male antennae compared to 9 on females' and female antennae did not include sensilla squamiformia. 4) The mouthparts of males contained several sensilla squamiformia and sensilla chaetica whereas females only had sensilla chaetica. 5) Larval antennae were 3-segmented; the basal segment was without sensilla, the second segment contained 2 sensilla chaetica which spread randomly on it, and the terminal segment contained 3 sensilla styloconica which were triangular in shape. 6) The larval mouthparts contained a certain number of different kinds of sensilla.

Key words *Cydia pomonella*, adult , larve, antennae, mouthparts, sensilla, SEM

苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.),又名苹果小卷蛾、苹果食心虫,隶属鳞翅目 Lepidoptera,卷蛾科 Tortricidae,小卷蛾亚科 Olet-hreutinae,是重要的入侵害虫 ,目前已遍布于世界各大洲的苹果和梨的主产区(Shel' Deshova,1967;Barnes,1991;林伟等,1996;Franck *et al.* ,2007;刘刚,2010)。

昆虫在觅食、求偶、交配过程中的信息交流,主要通过嗅觉感器感知寄主植物的挥发性物质或性外激素来完成(那杰和于维熙,2008),而触角和口器是嗅觉感器分布较集中的部位。目前有关昆虫纲不同类群的感器观察及描述性报道日渐增多(李竹和陈立,2008)。但对苹果蠹蛾这一重要入

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200903042)、973 计划课题(2009CB119204)。

**通讯作者,E-mail: liu_xingyue@ yahoo. com. cn

收稿日期:2011-12-06,接受日期:2011-12-23

侵害虫的感器研究仍比较欠缺，仅有陈宏等(1994)对美国白蛾和苹果蠹蛾幼虫头部的感器进行过研究报道。本文通过扫描电镜观察，系统描述了苹果蠹蛾成虫和幼虫触角及口器感器的形态及数量分布，并对雌雄两性不同部位上的的感器类型进行了比较。

1 材料与方法

1.1 供试虫源及仪器

用于观察的苹果蠹蛾成虫为针插标本，幼虫为95%酒精浸泡标本，2种虫态均于2009年7月采自内蒙阿拉善左旗。解剖镜型号为SMZB2，购自重庆奥特光学仪器厂。扫描电子显微镜型号为Quanta200F，购自香港FEI公司，自带拍照软件。使用的其他仪器包括解剖针，镊子和手持放大镜(10×)。

1.2 观察方法

1.2.1 成虫感器观察方法 通过解剖镜观察，选取触角及口器完整的成虫标本若干头。先用肉眼初步判断成虫性别，判断依据为：对于前翅完整的成虫，腹面观前翅端部具一黑色条纹为雄虫，无此黑色条纹的为雄虫。再在解剖镜下进一步观察确认成虫性别：外生殖器可见抱器及一些突起结构为雄虫，外生殖器可见产卵器和交配囊的部分结构为雌虫。选取成虫雌雄标本各4头依次编号(选定虫数主要依据实验标本的来源、数量、预实验中观察到的感器及有关文献中报道的观察数确定)。放置于加有蒸馏水的密封盒中回软2 d，以防止标本破碎且有利于取下成虫头部结构。在解剖镜下用镊子取下1、2号成虫头部，用于观察下颚须上感器；取下3、4号成虫触角4根，勿使触角基部受损。取下的触角结构放置于吸水纸上晾至完全干燥，防止观察时出现反光。剪一小段双面胶带粘于样品台上，将样品牢固粘于样品台上，放置于扫描电镜中。应注意1、2号成虫的触角不能悬空，防止扫描电镜工作时其电子束使触角晃动。在电脑显示屏上寻找感器，观察其着生位置和数量，拍照保存。

1.2.2 幼虫感器观察方法 在解剖镜下选取8头触角及口器均完整的老熟幼虫(选虫依据与成虫一致)，依次编号。用镊子取下幼虫头部，置于吸水纸上晾干。根据不同幼虫的触角及口器着生位置，在放大镜下将幼虫头部按照合适的角度分别粘于样品台上，使触角和口器分别能从正前方被观察到。将样品按顺序放置于扫描电镜中，观察并拍照保存。

2 结果与分析

2.1 成虫触角感器

苹果蠹蛾成虫感器共有10种，其中雌成虫为9种，雄成虫为10种。这10种感器分别为：毛形感器STI型和STII型、锥形感器、刺形感器、腔锥形感器、耳形感器、栓锥感器SSI型和SSII型、Böhm氏鬃毛和鳞形感器。其中前9种感器为雌雄成虫共有；鳞形感器为雄虫所特有(图1，2)。

毛形感器(sensilla trichodea，ST)：毛形感器是苹果蠹蛾触角上最多的感器，密布于触角鞭节各亚节腹面及外侧面，毛发状，着生于触角表皮毛窝中。触角基部和中部毛形感器数量多于端部，根据毛形感器形态、粗细变化及弯曲部位等特征可将其分为I型(STI)和II型(STII)。I型感器直毛状，近似垂直触角表面，向顶端逐渐均匀变细，感器端部向触角端部弯曲。II型感器纤毛状，感器以30°~60°角匍匐于触角表面，中下部向触角端部方向弯曲，弯曲部分与触角表面平行，感器基部粗大，向端部变细，粗细变化程度大于I型感器，从弯曲处起明显变细(图1：A，D)。

锥形感器(sensilla basiconica，SB)：分布于触角鞭节各亚节腹面中部，感器近似垂直触角表面，基部为一臼状窝，端部钝圆，比毛形感器粗。绝大部分感器端部不弯曲，少数端部弯曲。大部分锥形感器短于毛形感器，少部分与毛形感器长度接近。每节2~3个(图1：A)。

栓锥感器(sensilla styloconica，SS)：着生于触角鞭节各亚节腹面端部隆起的栓环上，小拇指状，端部锥形，与栓环之间无间隙，是所有感器中最短粗的一类。根据感器粗细变化可将其分为SSI型和SSII型。SSI型从栓环端部到感器端部略微变粗，顶端处形成小尖突，长度约为毛形感器的1/2。SSII型基部比SSI型粗，从基部到端部逐渐变细，顶端处弯曲呈一小尖突，长度不足毛形感器的1/2。栓锥感器数量较少，每节分布约1个(图1：A，B)。

腔锥形感器(sensilla coeloconica，SCC)：由触角表皮下陷形成的一个浅圆腔及腔周缘14~16

根较细的锥状缘栓组成,分布于触角鞭节各亚节外侧面端部。缘栓向中间聚拢生长,菊花状。中间为一直立中心锥,中心锥粗细、长短及顶端形态存在差异。每节 2 ~ 3 个 (图 1:B)。

Böhm 氏鬃毛(Böhm bristles, BBR):成群分布于柄节、梗节基部一平面结构上,细刺状,亮乳白色,各群感器数量变化大,从几个到十几个不等。柄节基部具 2 个感器群,梗节基部具 1 感器群。细小、直立是其区别于毛形感器与刺形感器的重要特征。Böhm 氏鬃毛是唯一不着生于触角表皮网纹上的感器 (图 1:C)。

刺形感器(sensilla chaetica, SC):散生于触角鞭节各亚节腹面毛窝中,直立于触角表面,端部尖锐,明显高于毛形感器,较毛形感器粗。每节 2 ~ 3 个 (图 1:D)。

耳形感器(sensilla auricillica, SA):分布于触角鞭节各亚节外侧面毛窝中,兔耳形,似侧缘卷曲叶状,有耳状凹槽,耳槽凹陷有深浅差异。基部呈圆球状,感器与触角表面接近平行。耳形感器短小扁平,长度约为毛形感器的 1/2。每节 4 ~ 6 个 (图 1:E)。

鳞形感器(sensilla squamiformia, SQ):着生于触角鞭节内侧面毛窝中,呈细长梭形,表面具 3 道白色条纹,与鳞片相似,平行于触角表面。鳞形感器数量较少,主要分布于雄虫触角基部和端部 (图 1:E)。

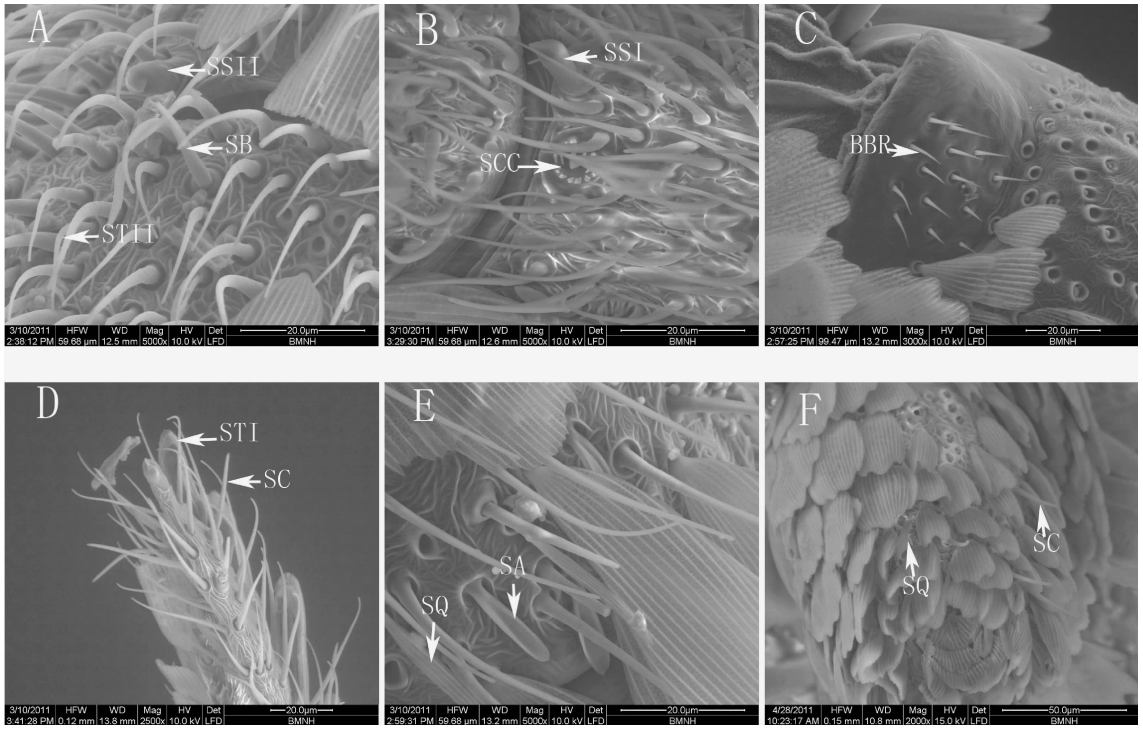

图 1　雄成虫触角及口器感器

Fig. 1　Sensilla on male antennae and mouthparts

A. 触角鞭节毛形感器 II 型 (STII), 锥形感器 (SB), 栓锥感器 II 型 (SSII); B. 触角鞭节栓锥感器 I 型 (SSI), 腔锥形感器 (SCC); C. 触角柄节 Böhm 氏鬃毛 (BBR); D. 触角鞭节毛形感器 I 型 (ST Ⅰ), 刺形感器 (SC); E. 触角鞭节耳形感器 (SA), 鳞形感器 (SQ); F:下唇须端部刺形感器 (SC), 鳞形感器 (SQ)。

A. sensilla trichodae type II (STII) , sensilla basiconica (SB) and sensilla styloconica type II(SSII) on flagella; B. sensilla styloconica type I (SSI) and sensilla coeloconica(SCC) on flagella; C. Böhm bristles(BBR) on scape; D. sensilla trichodae type I(ST Ⅰ) and sensilla chaetica (SC) on flagella; E. sensilla auricillica (SA) and sensilla squamiformia(SQ) on flagella; F. sensilla chaetica (SC) and sensilla squamiformia(SQ) on labial palpus.

2.2　成虫口器感器

苹果蠹蛾雄虫口器感器分布于下唇须,其类

型为鳞形感器和刺形感器。唇须端部感器多于基部（图 1:F）。雌虫口器感器分布于下唇须,仅具刺形感器,无鳞形感器,感器类型和数量少于雄成虫（图 2:F）。

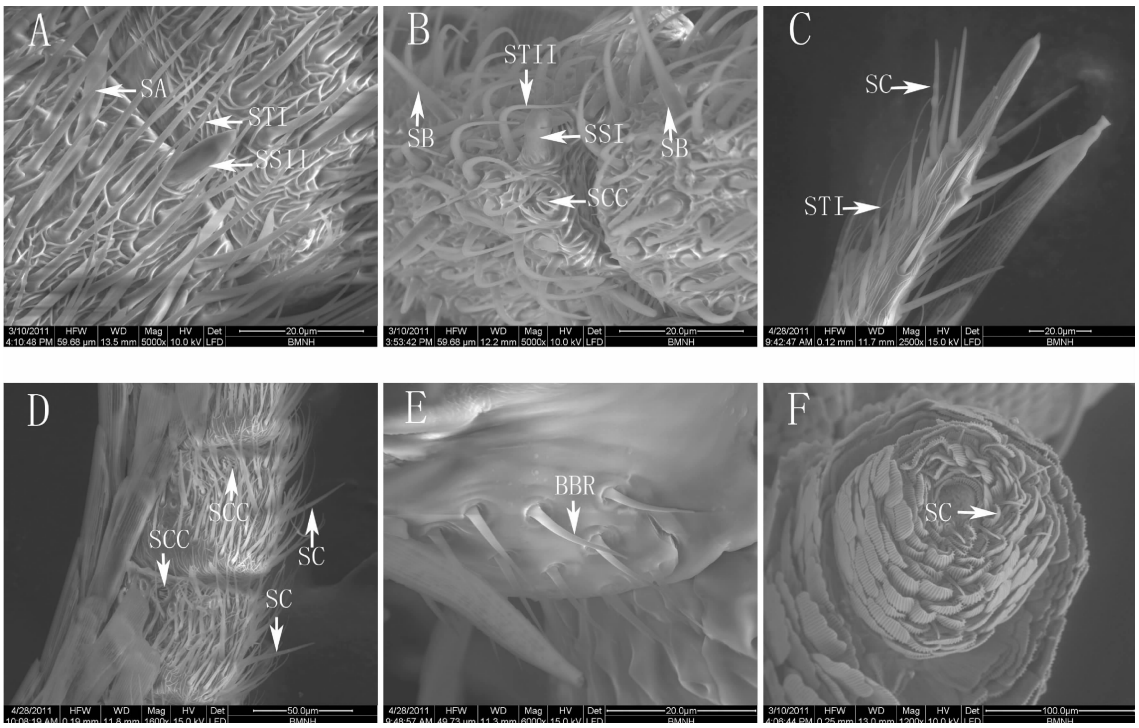

图 2 雌成虫触角及口器感器

Fig. 2 Sensilla on female antennae and mouthparts

A. 触角鞭节毛形感器 I 型（STI）, 耳形感器（SA）, 栓锥感器 II 型（SSII）; B. 触角鞭节锥形感器（SB）, 腔锥形感器（SCC）, 栓锥感器 I 型（SSI）, 毛形感器 II 型（STII）; C. 触角端部鞭节刺形感器（SC）,毛形感器 I 型（STI）; D. 触角鞭节刺形感器（SC）, 腔锥形感器（SCC）;E. 触角柄节 Böhm 氏鬃毛（BBR）; F. 下唇须端部刺形感器（SC）。

A. sensilla trichodae type II (STII), sensilla auricillica (SA) and sensilla styloconica type II (SS II) on flagella; B. sensilla basiconica (SB), sensilla coeloconica(SCC), sensilla styloconica type I (SSI) and sensilla trichodae type II (STII) on flagella; C. sensilla chaetica (SC) and sensilla trichodae type I(ST Ⅰ) on flagella; D. sensilla chaetica (SC) and sensilla coeloconica(SCC) on flagella; E. Böhm bristles(BBR) on scape; F. sensilla chaetica (SC) on labial palpus.

2.3 幼虫头部形态

苹果蠹蛾幼虫头部卵圆形,蜕裂线倒“Y”形,额唇基沟十分明显,具 6 对侧单眼(lateral ocelli, LO)及一定数量刚毛(stipes, St)。触角 3 节。侧单眼呈“Z”形排列,排于“Z”字末端 1 单眼明显大于其他 5 个。刚毛分为长刚毛和短刚毛,长刚毛长度约为短刚毛 2 ~ 6 倍。口器为咀嚼式口器,由上唇(labrum, LR),上颚(mandible, M)、下颚(maxilla, MX))、下唇(labium, LI)、舌(hypopharynx, H)及吐丝器(spinnerets, Spi)组成,下口式。苹果蠹蛾触角及口器具一定类型和数量的感器。

2.4 幼虫触角感器

苹果蠹蛾幼虫触角基节褶皱,无感器。第 2 节端部有 2 刺形感器,较大的分布在端部外侧,较小的分布于端部内侧。端节底面凹凸不平,具 3 个栓锥感器,呈三角形排列（图 3:A）。

2.5 幼虫口器感器

苹果蠹蛾幼虫口器各部分具体形态以及包含的感器类型和数量如下所述(图 3)。

上唇:狭长,具 6 对毛形感器。分别位于上唇

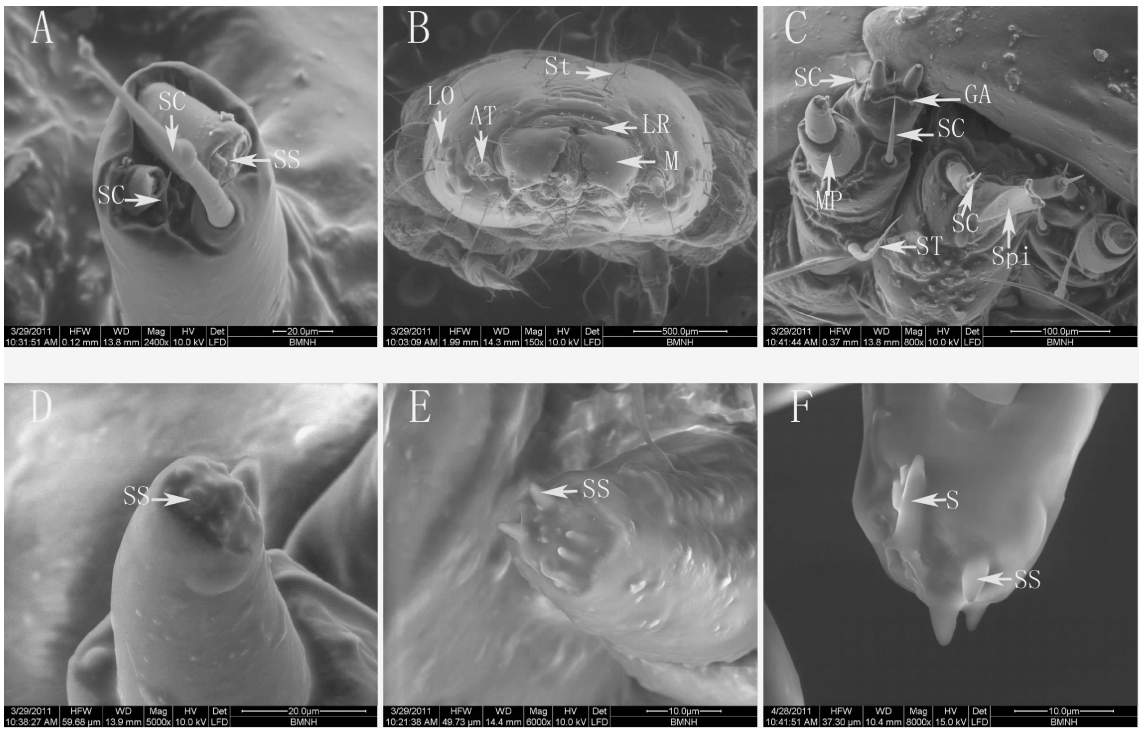

图 3　幼虫触角及口器感器

Fig. 3　Sensilla on larval antennae and mouthparts

A. 触角第 2 节刺形感器(SC), 端节 3 栓锥感器(SS); B. 头部前视,刚毛(St),触角(AT), 侧单眼(LO), 上唇(LR), 上颚(M); C. 下颚须(MP), 吐丝器(Spi), 茎节端部着生外颚叶和内颚叶结构(GA), 轴节端部毛形感器(ST), 茎节端部 2 刺形感器(SC), 外颚叶和内颚叶周围 3 刺形感器(SC), 下唇须端部 2 刺形感器(SC); D. 下颚须端部 6 栓锥感器(SS); E. 下颚须端部 5 栓锥感器(SS); F. 下颚须端部 3 栓锥感器(SS)和 1 不规则感器(S)。

A. sensilla chaetica (SC) on the second segment and 3 sensilla styloconica(SS) on the terminal segment; B. seen from front, stipes(St), antennae(AT), lateral ocelli(LO), labrum(LR), mandible(M); C. maxillary palp (MP), spinnerets (Spi) a form on stipes tole where galea and lacinea borned on(GA), sensilla trichodae(ST) on cardo tole, 2 sensilla chaetica (SC) on stipes tole, 3 sensilla chaetica (SC) around galea and lacinea and 2 sensilla chaetica (SC) on labial palp tole; D. 6 sensilla styloconica (SS) on maxillary palp tole; E. 5 sensilla styloconica (SS) on maxillary palp tole; F. 3 sensilla styloconica (SS) and 1 unknown sensilla(S) on maxillary palp tole.

中部和侧缘,侧缘感器较中部长。

上颚:光滑宽大,结构坚硬,端部具 1 毛形感器。

下颚:是一对位于上颚与下唇之间节状协助取食的构造。轴节端部边缘具 1 较大的毛形感器,茎节端部边缘具 2 刺形感器。外额叶为茎节端部一钥状构造,周围具 3 刺形感器。外颚叶和内颚叶端部无感器。下颚须 2 节,末端具感器,具体数目和分布存在个体差异。

下唇和吐丝器复合体:是位于两下颚之间的片状结构,中间凸起光亮的尖状结构为吐丝器,吐丝器两侧的节状结构为下唇须。下唇须端部具 2 刺形感器。

3　讨论

通过扫描电镜观察发现,苹果蠹蛾成虫触角呈线状,由柄节、梗节和鞭节组成,雌雄成虫触角形状无明显差异。触角背面密布鳞片,感器很少;腹面和侧面鳞片稀疏,具大量感器。感器大部分分布于鞭节各节,少部分分布于柄节和梗节。感器在触角鞭节各亚节分布位置及数量有一定规律。雄成虫触角上着生 10 种感器,雌成虫触角上着生 9 种感器,相比于雄成虫无鳞形感器。雌雄成虫触角感器分布位置相似 ,雌成虫感器数目和

形态变化小于雄成虫。成虫口器由上唇、上颚、下颚、下唇、舌及吐丝器组成,口器感器分布于下唇须。雄成虫下唇须具鳞形感器和刺形感器,感器密集程度远小于触角,端部感器多于基部感器。雌成虫下唇须只具刺形感器,端部感器多于基部,感器数目小于雄虫。

苹果蠹蛾幼虫触角 3 节;基节无感器;第 2 节具 2 刺形感器,感器分布位置存在个体差异;端节端部具 1 毛形感器和 2 栓锥感器,3 感器呈三角形状排列。幼虫头部卵圆形,侧单眼 6 对,具一定数量长刚毛和短刚毛。口器上唇具 6 对毛形感器。上颚具一对毛形感器。每下颚轴节端部具 1 毛形感器,茎节端部具 2 刺形感器,外颚叶和内颚叶基部周围具 3 刺形感器,下颚须感器类型和数量存在较大个体差异。下唇和吐丝器为一复合体,下唇须端部具 2 刺形感器。

本文观察到的苹果蠹蛾幼虫感器与陈宏等(1994)的研究结果存在显著差异。如本文观察到触角第 2 节着生 2 SC,端节着生 3 SS;上唇着生 6 ST;上颚和下颚轴节端部均着生 1 ST,下颚茎节端部着生 2 SC;下颚须感器存在个体差异,变化大,没有规律;外额叶基部边缘着生 3 SC,外额叶壁及端部无感器;下唇须端部着生 2 SC;吐丝器后方无感器。而陈宏等(1994)记载触角第 2 节着生 1 SS,2 ST,端节着生 2 SS。上唇着生 6 刚毛;上颚、下颚轴节端部及下颚茎节端部均无感器;下颚须感器为 2 PS 及 8 SS;外额叶基部边缘无感器;外额叶壁及端部分别着生 4 SS 及 1 SB;下唇须端部着生 1 SS 及 1 SB;吐丝器后方着生 2 SB。两个研究结果之间的差异可能是由不同发生代次、不同地理种群的苹果蠹蛾在感器类型和数目方面存在不同所造成的。本文所观察苹果蠹蛾标本于 2009 年 7 月中旬采自内蒙阿拉善左旗,为第 2 代幼虫;而陈宏等人观察标本采自新疆乌鲁木齐市,但在一年中的具体采集时间未作详细介绍。因此若需综合了解苹果蠹蛾感器类型及数量,还需对不同采样时间及采集地点的标本进行观察与分析。

通过化学感受器选择寄主植物是幼虫的重要行为特性。不同的化学感受器具有不同的功能,同一化学感受器也可能具有不同的功能,如栓锥感器同时具有机械和味觉作用。苹果蠹蛾雄虫触角及下唇须感器较雌虫多一类鳞形感器,且感器数目多于雌虫。表明雄虫可能较雌虫具有更敏锐的感受外界物理化学刺激的能力。

感受器的类型、功能和机制一直是昆虫行为与生理学研究的重点(王攀和郑霞林,2011)。对感受器的研究有助于了解昆虫食性机理,可为更有效地防治害虫和利用益虫提供依据(严福顺,1995)。目前对苹果蠹蛾的研究还处于初步的阶段,今后有必要通过扩大观察样本数、开展不同地理种群的比较研究等方式加强对苹果蠹蛾的感器类型、分布及功能的研究,从而为该害虫的科学防治提供理论基础。其中,对苹果蠹蛾感器功能的深入研究有待于借助电生理技术如触角电位(EAG)和单细胞记录(SCR)及分子生物学技术等先进实验手段的进一步发展(王攀和郑霞林,2011)。

参考文献(References)

Barnes MM, 1991. Codling moth occurrence, host race formation and damage // van der Geest LPS, Evenhuis HH (eds.). Tortricid Pests: Their Biology, Natural Enemies and Control. Amsterdam: Elsevier. 313—327.

Franck P, Reyes M, Olivares J, Sauphanor B, 2007. Genetic architecture in the codling moth: comparison between microsatllite and insecticide resistant markers. *Mol. Ecol.*, 16(17): 3554—3564.

Shel' Deshova GG, 1967. Ecological factors determining distribution of the codling moth *Lapspeyresia pomonella* L. in the Northern and Southern Hemispheres. *Ent. Rev.*, 46: 583—605.

陈宏, 毛志农, 周永淑, 1994. 美国白蛾和苹果蠹蛾幼虫头部的形态特征. 植物检疫, 8(2): 65—68.

李竹, 陈立, 2008. 触角感器特征应用于昆虫分类的研究进展. 昆虫分类学报, 32: 113—118.

林伟, 林长军, 宠金, 1996. 生态因子在苹果蠹蛾地理分布中的作用. 植物检疫, 10(1): 1—7.

刘刚, 2010. 中国第二批外来入侵物种及其防治. 农药市场信息, 51.

那杰, 于维熙, 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.

王攀, 郑霞林, 2011. 豇豆荚螟幼虫头部形态及化学感受器观察. 植物保护, 37(2): 72—75.

严福顺. 鳞翅目昆虫的味觉感受器及其电生理研究方法. 昆虫知识, 1995, 32(3): 169—171.

赵玉敏, 王艳平, 2008. 黄钩蛱蝶触角感器的扫描电镜观察. 通化师范学院学报, 29(12): 45—49.