

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2021.02.020

# 花绒寄甲 1 龄幼虫触角及口器感器的超微结构

韩 潇<sup>1</sup>, 段彦丽<sup>2</sup>, 李秀芬<sup>3</sup>, 王志勇<sup>3</sup>, 张翌楠<sup>2\*</sup>, 乔鲁芹<sup>1\*</sup>

(1. 山东农业大学植物保护学院, 山东 泰安 271018; 2. 北京农业职业学院, 北京 102488;  
3. 泰山风景名胜区管理委员会, 山东 泰安 271018)

**摘要:** [目的] 明确花绒寄甲 1 龄幼虫触角及口器上的感器类型、分布与数量。[方法] 挑选孵化 12 h 以内的花绒寄甲 1 龄幼虫, 经前处理, 利用场发射扫描电子显微镜观察。[结果] 花绒寄甲 1 龄幼虫头部着生触角、上颚、下颚、下唇各 1 对。触角为丝状, 由柄节、梗节、鞭节组成, 柄节上分布着 Bohm's 鬃毛 1 个、梗节上有凹窝感器 1 个, 锥形感器 I 1 个, 锥形感器 II 3 个, 鞭节上无感器分布; 口器为前口式, 嚼吸式, 上颚具毛形感器 1 个、Bohm's 鬃毛 1 个, 下唇具指形感器 9 个, 下颚具指形感器 6 个。[结论] 花绒寄甲 1 龄幼虫触角及口器上既有物理感器, 又有化学感器, 共计 5 种感器 23 个, 其中指形感器成簇分布, 其他感器皆零散分布。

**关键词:** 花绒寄甲 1 龄幼虫; 光肩星天牛生物型; 触角; 口器; 感器; 超微结构

**中图分类号:** S763.38

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1498(2021)02-0180-05

花绒寄甲 (*Dastarcus helophoroides*) 为鞘翅目 Coleoptera 寄甲科 (Bothrideridae)<sup>[1-2]</sup> 昆虫, 因其对高温、低温、饥饿的耐受性强<sup>[3-6]</sup>, 目前已被广泛应用于天牛类、吉丁类蛀干害虫的生物防治工作中<sup>[7-11]</sup>。花绒寄甲具有多种生物型, 不同生物型的花绒寄甲对其特定的寄主有着强烈的专一性<sup>[12-13]</sup>, 因此, 在利用花绒寄甲防治天牛时, 要根据天牛的种类, 选择对应生物型的花绒寄甲, 从而达到最佳的控害效果。光肩星天牛为重大林业害虫, 严重危害槭属 (*Acer*)、柳属 (*Salix*)、杨属 (*Populus*) 等树木, 在该天牛的防治工作中, 光肩星天牛生物型花绒寄甲 (*Biotype of A. glabripennison D. helophoroides*) 已被广泛应用<sup>[14-16]</sup>。

研究表明, 在自然界中, 花绒寄甲雌成虫将卵产于天牛排粪孔周围的树皮裂缝下<sup>[8]</sup>, 1 龄幼虫孵化后, 依靠 3 对发达的胸足, 通过寄主、受害树

木、环境所释放的信息化学物质搜寻寄主, 从搜寻寄主到完成寄生<sup>[17]</sup>, 花绒寄甲 1 龄幼虫的触角、口器及其上面的感器发挥了重要的作用。

昆虫在长期的进化过程中, 形成了独特的适应环境的能力, 对取食、觅偶、交配、繁殖、栖息、迁移、寻找寄主等行为比其他动物更依赖于环境中的化学、物理因子的调节。昆虫的触角有嗅觉、触觉、听觉等功能<sup>[18]</sup>, 口器是重要的取食器官, 其上分布的感器是昆虫感受外界化学信号、物理刺激的重要结构, 与神经系统一同调控昆虫的行为<sup>[19]</sup>。感器根据功能的不同可分为物理感器、化学感器、温湿度感器、紫外线感器、声波感器等, 根据形态的特点可分为毛形感器 (*sensillatrichodea*)、刺形感器 (*sensillachaetica*)、锥形感器 (*sensillabasiconca*)、Bohm 氏鬃毛 (*bohm's bristles*)、指形感器 (*digitiform sensilla*)、腔锥形感器 (*sensillacoeloconica*)、栓锥形感器

收稿日期: 2020-03-06 修回日期: 2020-12-18

基金项目: 北京市科技计划项目 (Z171100001417001)、山东省农业科技资金 (林业科技创新) 项目 (2019LY003)、北京农业职业学院科技研发推广类项目 (XY-YF-18-03)

\* 通讯作者: 张翌楠, 博士, 教授。主要研究方向: 害虫生物防治电话: 13691586735, Email: Yinan5502@163.com

乔鲁芹, 博士, 副教授。主要研究方向: 害虫生物防治电话: 13561770908, Email: lqiao@163.com

(sensillastyloconica) 等<sup>[20]</sup>。目前, 关于鞘翅目寄甲科花绒寄甲传感器的研究, 多以成虫为对象<sup>[21-22]</sup>, 而关于花绒寄甲 1 龄幼虫触角及口器的传感器研究未见详细报道。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试虫来源

花绒寄甲 1 龄幼虫来源: 中国林业科学研究院天敌繁育中心北京农业职业学院基地提供, 为室内继代饲养的光肩星天牛生物型。

### 1.2 试验仪器

日立 SU8010 场发射扫描电子显微镜、日立 E-1045 离子溅射仪、K80 临界点干燥仪、LIOO SZ745 系列体式显微镜。

### 1.3 试剂

FAA 固定液 (标准固定液): 分别用玻璃量筒量取 50% 乙醇 90 mL, 冰醋酸 5 mL, 甲醛 5 mL, 混合后置于 4℃ 冰箱内保存; 0.1 mol·L<sup>-1</sup> PBS 缓冲液 (pH=7.2): 置于 4℃ 冰箱内保存; 梯度乙醇: 将无水乙醇 (分析纯) 用双蒸水稀释成 95%、90%、80%、70%、50% 的乙醇溶液各 100 mL, 其中浓度 90% 及以上的乙醇置于常温下保存, 其余浓度的乙醇置于 4℃ 冰箱内保存; 醋酸异戊酯: 常温下保存。

### 1.4 试虫处理与观察

在体视镜下挑选 15 头初孵幼虫 (孵化后时间小于 12 h), 迅速投于 FAA 固定液中, 在 4℃ 环境下固定 24 h, 用 0.1 mol·L<sup>-1</sup> 的 PBS 缓冲液漂洗

数次, 再用梯度乙醇 (70%, 80%, 90%, 95%, 100%) 进行逐级脱水, 每次处理 30 min, 随后用醋酸异戊酯置换乙醇, 最后, 将临界点干燥过的样品粘贴到载物台上, 进行离子镀膜, 在场发射扫描电子显微镜下进行观察并拍照。

### 1.5 数据统计与分析

用 Image J 软件测量, 并用 SPSS 22.0 及 Excel 2010 进行数据分析。

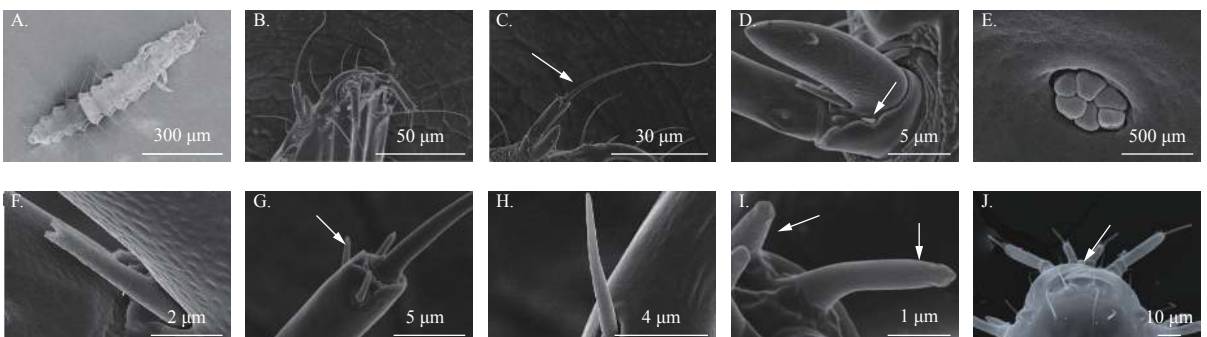
## 2 结果与分析

### 2.1 幼虫整体形态

花绒寄甲 1 龄幼虫整体呈圆筒状, 由头胸腹 3 部分组成 (图 1-A), 头部表面光滑, 触角及口器分化明显, 胸腹部外表呈角质化, 其中胸部包括 3 个体节, 每一体节着生 1 对胸足, 腹部包括 10 个体节, 每一体节两侧各有 1 根长毛, 各部分长度见表 1。

### 2.2 幼虫触角及口器传感器分布

花绒寄甲 1 龄幼虫头部着生触角、上颚、下颚、下唇各 1 对 (图 1-B)。其中, 触角丝状, 由柄节、梗节、鞭节 3 部分组成 (图 1-C), 柄节位于最基部, 其上分布有 Bohm's 鬃毛 1 个 (图 1-D); 梗节主干呈圆柱状, 并有一个膨大的突起 (图 1-D), 其上分布有凹窝感器 1 个 (图 1-E)、锥形感器 I 1 个 (图 1-F), 锥形感器 II 3 个 (图 1-G), 鞭节丝状, 不分节, 表面光滑, 从基部到末梢逐渐变细, 其上无感器分布; 口器为前口式, 嚼吸式, 各附肢分化明显 (图 1-B), 有 1 对锋利的上颚, 用



A-幼虫整体形态; B-头部; C-触角; D-触角柄节突起及 Bohm's 鬃毛; E-凹窝感器; F-锥形感器 I; G-锥形感器 II; H-毛形感器; I-指形感器; J-上颚末端小孔

A-The overall morphological characteristics of larva; B-Head; C-Antenna; D-The protuberance of pedicel and Bohm's bristles; E-sunk sensilla; F-basiconic I; G-basiconic II; H-sensillatrichodea; I-digitiform sensilla; J-The hole at the end of the mandible

图 1 花绒寄甲 1 龄幼虫超微结构

Fig. 1 Ultrastructure of the first instar larvae of *D. helophoroides*

表1 花绒寄甲1龄幼虫各部分身长

Table 1 The length of each part of the first instar larva of *D. helophoroides*

	头部 Head	胸部 Thorax	腹部 abdomen	整体 The whole of body
长度/ $\mu\text{m}$	93.25 $\pm$ 9.88	230.59 $\pm$ 29.41	625.12 $\pm$ 70.93	958.97 $\pm$ 88.59

注:表中数据为均值 $\pm$ 标准误,共测定15头幼虫。  
Note: The data in the table are mean  $\pm$  standard errors. A total of 15 larvae were determined.

于咬住、撕裂食物,末端有小孔(图1-J),其上分布毛形感器1个(图1-H)、Bohm's鬃毛1个;下颚分布着指形感器6个,下唇分布有指形感器

9个(图1-I)。触角与口器的感器分布、数量、长度及基部直径见表2。

表2 花绒寄甲1龄幼虫触角及口器感器分布

Table 2 The information of sensilla on the antennae and mouthparts of the first instar larvae of *D. helophoroides*

分布 Distribution	类型 Type	数量 Quantity	长度 Length/ $\mu\text{m}$	基部直径 Diameter/ $\mu\text{m}$	
触角	柄节	Bohm's鬃毛	1	1.108 $\pm$ 0.11	0.385 $\pm$ 0.13
		锥形感器 I	1	2.51 $\pm$ 0.23	0.71 $\pm$ 0.06
	梗节	凹窝感器	1	无	无
		锥形感器 II	3	2.049 $\pm$ 0.21	0.561 $\pm$ 0.32
	鞭节	未见分布	0	无	无
口器	下唇	指形感器	9	1.923 $\pm$ 0.47	0.739 $\pm$ 0.05
	下颚	指形感器	6	2.153 $\pm$ 0.39	0.61 $\pm$ 0.12
		毛形感器	1	6.79 $\pm$ 0.52	0.81 $\pm$ 0.19
	上颚	Bohm's鬃毛	1	1.469 $\pm$ 0.15	0.401 $\pm$ 0.08

注:表中数据为均值 $\pm$ 标准误,共测定15头幼虫。  
Note: The data in the table are mean  $\pm$  standard errors. A total of 15 larvae were determined.

### 2.3 幼虫触角及口器感器的形态特征

Bohm's鬃毛直立于触角柄节及上颚,呈灰白色,比较短小,顶端较尖,臼状窝宽且浅;凹窝感器整体呈现椭圆形,凹陷于槽内,内有6个不规则的突起;毛形感器略向昆虫体表倾斜,表面光滑,顶端较尖,关节窝浅;指形感器表面光滑,末端具有指状突起,臼状窝宽且浅;锥形感器表面光滑,臼状窝深,其包括2个亚型,锥形感器I末端具有分支,锥形感器II末端不规则。各感器的超微形态特征见表3。

## 3 讨论

昆虫的感器类型与其寄生机制之间有重要的联系,不同类型的感器有不同功能<sup>[23]</sup>。毛形感器和Bohm's鬃毛是机械感器,其中Bohm's鬃毛是一种能够感受重力的特殊机械感器, Schneider认为,当触角遇到机械刺激时,该感器可以缓冲重力作用力,控制触角下降的速度<sup>[24]</sup>。指形感器和锥形感器

表3 花绒寄甲1龄幼虫触角及口器感器超微形态

Table 3 Sensilla ultrastructure on antennae and mouthparts of the first instar larvae of *D. helophoroides*

	表面光滑度 Surface flatness	末梢形状 The shape of tip	臼状窝深浅 The depth of socket
Bohm's鬃毛	光滑	钝圆	浅
毛形感器	光滑	尖	深
指形感器	光滑	指状突起	浅
锥形感器 I	不光滑	有分支	深
锥形感器 II	光滑	不规则	深
凹窝感器	光滑	扁	陷于深的凹槽内

既是机械感器又是化学感器,其中,锥形感器根据长短、粗细及弯曲程度可分为2个亚型,此外,锥形感器具有嗅觉功能,能够感受植物气味,而美洲蜚蠊可用此感受信息素<sup>[25-28]</sup>;凹窝感器的类别及功能未见报道。在整个寄生过程中,花绒寄甲1龄幼虫依靠化学感器中的锥形感器感受受害木及天牛的挥发性气味来确定寄主位置,再凭借头部较尖,胸

足发达的有利体型特征快速搜寻到寄主并完成寄生。

花绒寄甲为全变态昆虫, 1 龄幼虫和成虫为其活动的两个时期, 这两个时期内触角及其感器在搜寻寄主的过程中均具有重要意义。结合 LiliRen<sup>[22]</sup> 等对花绒寄甲成虫触角及其感器超微结构的研究, 比较两种虫态触角外部形态及其感器分布、类型及数量等方面的差异后发现: 在触角的外部形态方面, 二者差异明显。花绒寄甲 1 龄幼虫触角为丝状, 梗节有膨大突起, 鞭节光滑不分节; 成虫触角为锤状, 梗节无突起, 鞭节有 9 个亚节。1 龄幼虫触角上分布着锥形感器 (锥形感器 I 和锥形感器 II)、Bohm's 鬃毛、凹窝感器共 3 类, 4 种; 成虫触角上分布着毛形感器 (毛形感器 I 和毛形感器 II)、锥形感器 (锥形感器 I 和锥形感器 II)、刺形感器 (刺形感器 I, 刺形感器 II 和刺形感器 III)、Bohm's 鬃毛共 4 类, 8 种。尽管在感器类别上, 两种虫态仅有一种差异, 但在感器的分布与数量上差别明显。1 龄幼虫触角感器只见 6 个, 且仅散状分布于柄节和梗节, 鞭节未见分布; 成虫触角感器数量众多, 且在触角的每一亚节均有分布, 特别是鞭节的第九亚节, 成簇的分布着 5 种感器。两种虫态在触角的感器数量与分布位置上的差异可能与其在自然界的活动范围密切相关。在自然环境中, 花绒寄甲成虫将卵就近产于天牛幼虫排粪孔周围的树皮缝内, 方便初孵幼虫自行搜寻定位寄主并完成寄生, 1 龄幼虫实际爬行距离较短, 推测其感器类型主要用于辨识来自寄主自身和排泄物中的挥发性物质, 而成虫在选择产卵场所时需搜寻更大的范围, 其数量众多的感器可以从环境中辨识更多的信息化学物质, 如植物释放的挥发性有机物 (volatile organic compounds, VOCs)、虫害诱导挥发物 (herbivore induced plant volatiles, HIPVs) 等。

## 4 结论

本研究对花绒寄甲 1 龄幼虫触角及口器的感器进行超微结构观察, 结果发现, 幼虫触角和口器上分布着毛形感器、锥形感器 (锥形感器 I 和锥形感器 II)、指形感器、凹窝感器、Bohm's 鬃毛 5 种感器, 共计 23 个, 其中指形感器成簇分布, 其他感器皆零散分布。1 龄幼虫触角感器在分布位置及数量上与成虫触角的差异明显。

## 参考文献:

- [1] 王希蒙, 任国栋, 马 峰. 花绒寄甲的分类地位及应用前景[J]. 西北农业学报, 1996, (2): 76-79.
- [2] 杨忠岐. 利用天敌昆虫控制我国重大林木害虫研究进展[J]. 中国生物防治, 2004 (4): 221-227.
- [3] 魏建荣, 杨忠岐, 牛艳玲, 等. 花绒寄甲的分布与生态学特性补充调查[J]. 中国森林病虫, 2009, 28 (1): 16-18.
- [4] 高尚坤, 张彦龙, 唐艳龙, 等. 花绒寄甲松褐天牛生物型的越冬特性及耐寒性[J]. 林业科学, 2016, 52 (3): 68-74.
- [5] 杨 李, 董广平. 花绒寄甲应用研究综述[J]. 四川林业科技, 2012, 33 (6): 76-78.
- [6] 魏建荣, 王素英, 牛艳玲, 等. 花绒寄甲耐寒性研究[J]. 中国森林病虫, 2010, 29 (5): 19-20, 46.
- [7] 魏建荣, 杨忠岐, 马建海, 等. 花绒寄甲研究进展[J]. 中国森林病虫, 2007, 26 (3): 23-25.
- [8] 杨忠岐, 王小艺, 张翌楠, 等. 以生物防治为主的综合控制我国重大林木病虫害研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34 (2): 163-183.
- [9] 王小艺, 曹亮明, 杨忠岐. 我国五种重要吉丁虫学名订正及再描述 (鞘翅目: 吉丁甲科)[J]. 昆虫学报, 2018, 61 (10): 1202-1211.
- [10] 秦锡祥, 高瑞桐. 花绒寄甲生物学特性及应用研究[J]. 昆虫知识, 1988, (2): 109-112.
- [11] 李建庆, 杨忠岐, 张雅林, 等. 利用花绒寄甲防治杨树云斑天牛的研究[J]. 林业科学, 2009, 45 (9): 94-100.
- [12] 姜 娜, 张翌楠, 李志强, 等. 我国花绒寄甲不同寄主种群的遗传分化[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35 (4): 548-556.
- [13] 罗立平, 王小艺, 杨忠岐. 光肩星天牛生物防治研究进展[J]. 生物灾害科学, 2018, 41 (4): 247-255.
- [14] Wei J R, Yang Z Q, Hao H L. R-(+)-limonene, kairomone for *Dastarcus helophoroides*, a natural enemy of longhorned beetle[J]. Agricultural and Forest Entomology, 2008(10): 323-330.
- [15] 雷 琼, 李孟楼, 杨忠岐. 花绒寄甲的生物学特性研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2003, 31 (2): 62-66.
- [16] 李孟楼, 李有忠, 薛思林, 等. 花绒寄甲的分布型及其在天牛虫道内的生态位研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22 (2): 97-100.
- [17] 焦胜双. 花绒寄甲 1 龄幼虫定位光肩星天牛的化学信息物质分析[D]. 泰安, 山东农业大学, 2019.
- [18] 李 竹, 陈 力. 触角感器特征应用于昆虫分类的研究进展[J]. 昆虫分类学报, 2010, 32 (S1): 113-118.
- [19] Zhou H, Wu W J, Zhang F P, et al. Scanning Electron Microscopy Studies of the Antennal Sensilla of *Metaphycus parasaissetiae* Zhang & Huang (Hymenoptera: Encyrtidae)[J]. Neotropical Entomology, 2013, 42(3): 278-287.
- [20] 马瑞燕, 杜家纬. 昆虫的触角感器[J]. 昆虫知识, 2000, 37 (3): 179-183.
- [21] 张晓军, 孙 伟. 鞘翅目昆虫触角感器研究进展[J]. 安徽农业科学, 2013, 41 (7): 2932-2935.
- [22] Ren L L, Shi J, Zhang Y N, et al. Antennal morphology and sensillar ultrastructure of *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrioderidae)[J]. Micron, 2012, 43(9): 921-928.
- [23] Dohanik V T, Souza E A, Lisboa L C O, et al. Development of anten-



- nal sensilla of *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Meliponini) during pupation. [J]. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, 2017, 77(2): 284-288.
- [24] Schneider D. Insectantennae[J]. *Annu Rev Entomol*, 1964, 9: 103-122.
- [25] 那 杰, 于维熙. 昆虫触角感器的种类及其生理生态学意义[J]. 沈阳师范大学学报: 自然科学版, 2008, 26 ( 2 ): 213-216.
- [26] Liu F, Li F Y, Zhang S F. Ultrastructure of antennal sensilla of *Eranis ankeraria* Staudinger (Lepidoptera: Geometridae).[J]. *Microscopy Research and Technique*, 2019, 82(11): 1903-1910.
- [27] 余海忠. 昆虫触角感受器研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35 ( 14 ): 4238-4240, 4243.
- [28] Gwang H R, Yeon J L, Chung G P. Morphology and distribution of antennal sensilla in a parasitoid fly, *Gymnosoma rotundatum* (Diptera: Tachinidae)[J]. *Microscopy Research and Technique*, 2020, 83(6): 589-596.

## Sensilla Ultrastructure of Antennae and Mouthparts of the First Instar Larvae of *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae)

HAN Xiao<sup>1</sup>, DUAN Yan-li<sup>2</sup>, LI Xiu-fen<sup>3</sup>, WANG Zhi-yong<sup>3</sup>, ZHANG Yi-nan<sup>2</sup>, QIAO Lu-qin<sup>1</sup>

(1. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China; 2. Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102488, China; 3. Mount Tai Management Committee, Tai'an 271018, Shandong, China)

**Abstract:** [Objective] To determine the type, distribution and quantity of sensilla on antennae and mouthparts of the first instar larvae of *Dastarcus helophoroides*. [Method] The first instar larvae of *D. helophoroides* were selected within 12 h of hatching. After pretreatment, field emission scanning electron microscopy (FESEM) was used to observe sensilla. [Result] The head of the first instar larvae of *D. helophoroides* consisted of a pair of antenna, a pair of mandible, a pair of maxilla and a pair of labium. The antennae are filamentous, consisting of scape, pedicel and flagellum. A Bohm's bristle was distributed on the scape, one sensilla pit basiconica, one sensilla basiconica I and three sensilla basiconica II were distributed on the pedicel. None of the sensilla was distributed on the flagellum. The mouthparts were prognathous and chewing-lapping type, there were one sensilla trichodea and one Bohm's bristle on the mandible. The labium had nine digitiform sensilla and the maxilla has six digitiform sensilla. [Conclusion] Antenna and mouthpart of the first instar larvae of *D. helophoroides* have five types of sensilla, a total of 23, including physical sensilla and chemical sensilla. The digitiformsensilla are distributed in clusters, the other sensilla shows a scattered distribution.

**Keywords:** first instar larvae of *Dastarcus helophoroides*; biotype of *Anoplophora glabripennis*; antennae; mouthparts; sensilla; ultrastructure

(责任编辑: 崔 贝)