

DOI: [10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201907052](https://doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201907052)

# 蠋螋生殖器及胸足化学感受器的显微结构观察\*

徐天梅, 葛文超, 杜广祖, 陈 斌\*\*

(云南农业大学 植物保护学院, 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】蠋螋是一种重要的捕食性天敌昆虫, 观察其生殖器及胸足感受器类型及其形态特征, 有助于探究其寄主选择等行为的机理。【方法】采用扫描电镜对蠋螋生殖器及胸足感受器类型及其形态进行观察。【结果】蠋螋雄虫交配器和雌虫产卵器上的感受器均有 4 种, 分别为毛形感受器、刺形感受器、腔锥形感受器和锥形感受器, 但雌虫产卵器上的刺形感受器和毛形感受器长度长于雄虫交配器; 雌虫和雄虫胸足上的感受器有 5 种, 分别为毛形感受器、刺形感受器、腔锥形感受器、锥形感受器以及 Böhm 氏鬃毛感受器, 但雌雄虫胸足上的感受器大小存在一定差异: 雌虫中后足上的刺形感受器长度长于雄虫, 雌虫后足上的毛形感受器(I 型和 II 型)长度长于雄虫, 雄虫前足上的 Böhm 氏鬃毛感受器长度长于雌虫。【结论】蠋螋生殖器和胸足上都存在多种类型的感受器, 其形态和种类差异不大, 仅部分感受器大小存在差异。

**关键词:** 蠋螋; 生殖器; 胸足; 感受器; 扫描电镜

中图分类号: S 476

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2021) 01-0053-07

## Microscopic Structure of the Genitals and Thoracic Legs Sensilla of *Arma chinensis* under the Scanning Electron Microscopy

XU Tianmei, GE Wenchao, DU Guangzu, CHEN Bin

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

**Abstract:** [Purpose] *Arma chinensis* (Fallou) is an important predatory natural enemy insect. Observing its genital organs, thoracic legs sensilla types and morphological characteristics is helpful to explore the mechanism of host selection and other behaviors. [Method] The types and morphology of sensilla on genitalia and thoracic legs were observed by scanning electron microscopy. [Result] Scanning electron microscopy (SEM) showed that there were four kinds of sensilla on the genitals of *A. chinensis*: sensilla trichodea, sensilla cheatica, sensilla coeloconica and sensilla basiconica. The length of sensilla trichodea, sensilla cheatica on the ovipositor of female insects is longer than that on the mating organ of male insects. There were five kinds of sensilla on the thoracic legs of *A. chinensis*: sensilla trichodea, sensilla cheatica, sensilla coeloconica, sensilla basiconica and Böhm's bristle sensilla. However, there are some differences in the size of the sensilla on the thoracic legs between male and female: the length of the sensilla cheatica on the mid-hind foot is longer in female than in male, the length of sensilla Trichodea I and II on the hind foot is longer in female than

收稿日期: 2019-07-26

修回日期: 2020-09-15

网络首发时间: 2021-01-13 12:50:35

\*基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0200703); 国家自然科学基金项目(31660537, 31760519)。

作者简介: 徐天梅(1995—), 女, 云南楚雄人, 在读硕士研究生, 主要从事害虫综合治理的研究。

E-mail: [1561348158@qq.com](mailto:1561348158@qq.com)

\*\*通信作者 Corresponding author: 陈斌(1970—), 男, 甘肃礼县人, 博士, 教授, 主要从事害虫综合治理方面的研究。E-mail: [chbins@163.com](mailto:chbins@163.com)

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20210112.1049.002.html>



in male, and the length of Böhm's bristle sensilla on the forefoot is longer in male than in female.

[**Conclusion**] There are many types of sensilla on the genital organs and thoracic legs of *A. chinensis*. There are no significant differences in morphology and species, but only some of the receptors are different in size.

**Keywords:** *Arma chinensis* (Fallou); genitals; thoracic legs; sensilla; scanning electron microscopy

蝟蝽 [*Arma chinensis* (Fallou)], 又名蝟敌、茶色广喙蝽, 属半翅目 (Hemiptera) 蝽总科 (Pentatomidea) 蝽科 (Pentatomidae) 蝟蝽属 (*Arma*)<sup>[1]</sup>。在中国多个省份均有分布, 蝟蝽是农林业上一种重要的捕食性天敌昆虫<sup>[2]</sup>, 其幼虫和成虫均可捕食鳞翅目、鞘翅目和膜翅目等植食性昆虫的卵、幼虫、蛹和成虫等多个虫态<sup>[3]</sup>, 特别对鳞翅目幼虫有较强的捕食能力<sup>[4]</sup>。在棉铃虫 [*Helicoverpa armigera* (Hübner)]、双斑长跗蚧叶甲 [*Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky)] 和甜菜夜蛾 [*Spodoptera exigua* (Hübner)] 等 40 余种主要的农林害虫的生物防治中具有广泛的应用前景<sup>[5]</sup>。ZHANG 等<sup>[6]</sup>通过扫描电镜观察蝟蝽的触角感受器, 在蝟蝽触角上发现 4 种类型的感受器, 并对其功能进行讨论分析。

在昆虫长期的协同进化过程中, 对寄主选择进化出相应的各种感受器, 感受周围环境中的信息。感受器是昆虫体壁特化的一部分表皮, 是对周围环境和内部各种刺激产生反应的重要结构, 它们和神经系统一起控制和调节昆虫的行为, 是昆虫机体感知内外环境、进行化学通讯的信息接收装置<sup>[7]</sup>。不同昆虫的感受器形状各不相同, 不同形状的感受器具有不同的功能, 即使同种昆虫雌性和雄性的感受器也有差异。感受器超微结构形态越来越多地应用于昆虫物种鉴定。目前对感受器的研究主要包括电子显微技术、触角电位技术、单细胞记录技术、表面接触记录技术、单感器记录技术以及免疫电镜技术<sup>[8]</sup>。本研究通过扫描电镜观察分析蝟蝽雌雄虫生殖器及胸足感受器类型与形态。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

蝟蝽为在室内用黏虫饲养建立的室内种群。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 样品制备

取实验室饲养的健康蝟蝽雌雄成虫各 3 只,

用镊子和解剖针分别将蝟蝽雌虫产卵器、雄虫交配器以及雌雄虫的前足、中足和后足从基部分离, 写好标签后将取下的生殖器和足按雌雄分开, 分别浸入 70% 乙醇溶液中, 超声波清洗 15 s, 除去组织表面黏附的多余的组织 and 黏附物。处理完后用 2.5% 的戊二醛固定 24 h, 然后用 75%、80%、85%、90%、95% 和 100% 的乙醇溶液进行梯度脱水, 每个梯度脱水 5 min, 最后用 100% 乙酸异戊二酯浸泡, 放在 4 ℃ 保存备用<sup>[9]</sup>。

#### 1.2.2 样品的观察

电镜观察前将样品进行二氧化碳临界点干燥, 再将干燥好的样品用导电银胶粘在样品台上, 用真空喷吐仪喷金后在 FlexSEM-1000 型扫描电子显微镜下观察, 拍照。

### 1.3 统计分析

图片处理选用 Adobe Photoshop CC 2018 软件和 Adobe Illustrator CC 软件, 感受器长度量取选用 ImageJ 软件, 长度统计及标准误计算用 Excel 2010。

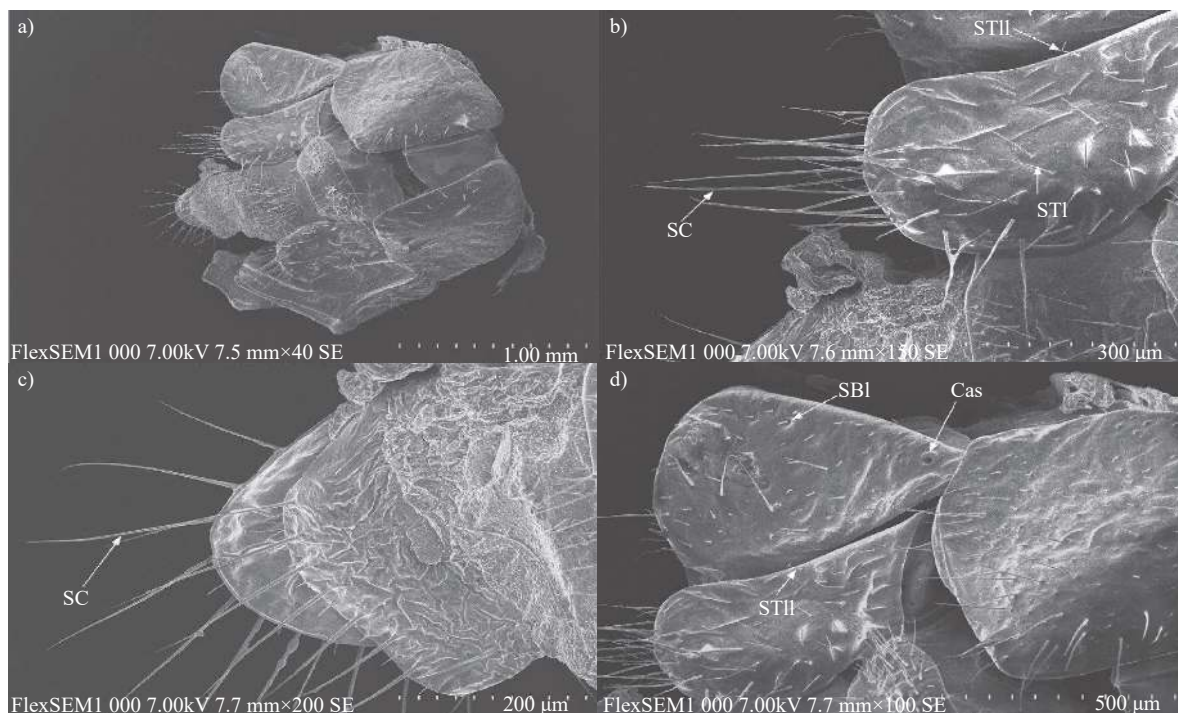
## 2 结果与分析

### 2.1 蝟蝽生殖器上感受器

蝟蝽的生殖器主要分为雌虫的产卵器 (图 1a) 和雄虫的交配器 (图 2a), 在蝟蝽的生殖行为中, 产卵器和交配器起主要作用, 生殖器上存在种类多样的感受器, 有利于蝟蝽雌雄虫的相互感知, 为蝟蝽的交配行为研究提供了更有利的条件。

刺形感受器 (SC): 刺形感受器外形如刺, 直立于生殖器表面, 明显高于其他感受器。雌雄虫生殖器上的刺形感受器形状相同, 但是在长度上差异明显, 雌性产卵器上的刺形感受器大于雄虫交配器上的刺形感受器, 雌虫刺形感受器长度为  $(213.59 \pm 1.27) \mu\text{m}$ , 雄虫刺形感受器长度为  $(101.57 \pm 6.54) \mu\text{m}$ 。

毛形感受器 (ST): 毛形感受器根据长度和形态可分为 I 型和 II 型, 其整体特征是一般呈毛状, 基部具基窝, 与着生部位呈锐角, 顶部弯曲。

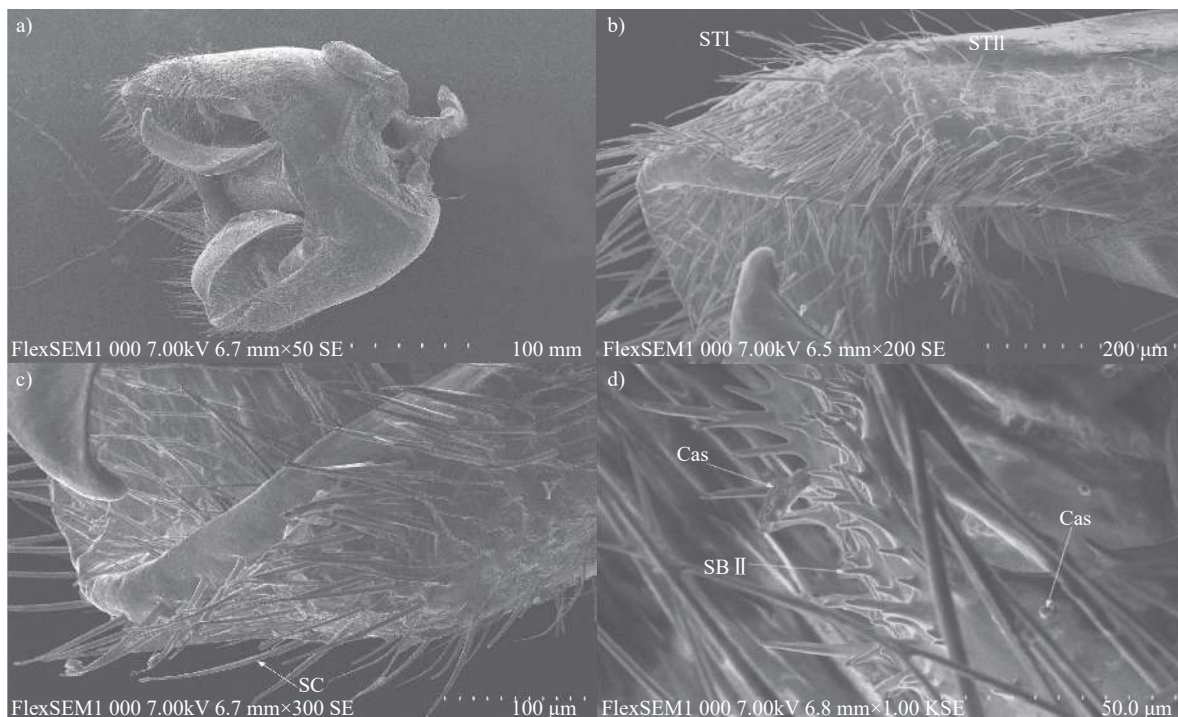


注: a) 雌虫产卵器; b) SC. 刺形感受器, ST I. 毛形感受器 I 型, ST II. 毛形感受器 II 型; c) SC. 刺形感受器; d) SB I. 锥形感受器 I 型, Cas. 腔锥形感受器。

Note: a) female ovipositors; b) SC. sensilla cheatica, ST I. sensilla trichodea I, ST II. sensilla trichodea II; c) SC. sensilla cheatica; d) SB I. sensilla basiconica I, Cas. sensilla coeloconica.

图 1 蠋蝽雌虫产卵器上感受器的扫描电镜观察

Fig. 1 Scanning electron microscopic observation of ovipositor of female *A. chinensis*



注: a) 雄虫交配器; b) ST I. 毛形感受器 I 型, ST II. 毛形感受器 II 型; c) SC. 刺形感受器; d) SB II. 锥形感受器 II 型, Cas. 腔锥形感受器。

Note: a) male pictures of male mating apparatus; b) ST I. sensilla trichodea I, ST II. sensilla trichodea II; c) SC. sensilla cheatica; d) SB II. sensilla basiconica II, Cas. sensilla coeloconica.

图 2 蠋蝽雄虫交配器上感受器的扫描电镜观察

Fig. 2 Scanning electron microscopic observation of mating apparatus of male *A. chinensis*

雌虫和雄虫的生殖器上都有 I 型和 II 型毛形感受器, I 型感受器比 II 型感受器长且细, 雌虫产卵器上的毛形感受器比雄虫交配器上的长, 但是数量明显少于雄虫, 雌虫产卵器 I 型感受器长度为  $(127.91 \pm 13.67) \mu\text{m}$ , II 型感受器长度为  $(50.84 \pm 1.78) \mu\text{m}$ ; 雄虫交配器 I 型感受器长度为  $(42.69 \pm 2.75) \mu\text{m}$ , II 型感受器长度为  $(27.30 \pm 3.78) \mu\text{m}$ 。

**锥形感受器 (SB):** 蠋蝽生殖器上锥形感受器根据形态差异可分为 I 型和 II 型, 锥形感受器比刺形感受器短, 顶部钝圆, 有白窝状。蠋蝽雌虫产卵器上的锥形感受器为 I 型 (图 1d), 基部具有深基窝, 基窝中间有锥状凸起, 分布密集, 雄虫交配器上的锥形感受器为 II 型 (图 2d), 基部基窝浅, 锥状凸起比 I 型粗。

**腔锥形感受器 (Cas):** 具孔感觉堆, 位于表皮凹陷处, 表皮下凹成圆腔, 在蠋蝽雌雄虫生殖器上均存在此生殖器, 但雌虫产卵器上的腔锥形感受器比雄虫交配器上的要稍大一些。

## 2.2 蠋蝽胸足上感受器

蠋蝽的足分为前足、中足和后足, 3 个部分均为步行足。而每只足又由基节、转节、腿节、胫节、跗节和前跗节组成。蠋蝽雌雄虫的前、中、后足上都存在类型丰富的感受器, 而雌虫足上的感受器主要分布于跗节上, 雄虫足上感受器主要分布于跗节和胫节上。这对蠋蝽自身的行为调控起到积极作用。

**刺形感受器 (SC):** 刺形感受器外形如刺, 直立于生殖器表面, 明显高于其他感受器。雌虫前足 (图 3a) 与雄虫前足刺形感受器形状长度差异不大, 且均分布于前足跗节。雌虫中足和后足的刺形感受器长度均大于雄虫, 雌虫中后足上的刺形感受器均分布于跗节上, 而雄虫中足上的刺形感受器分布于胫节, 后足上的刺形感受器分布于跗节。雌虫前足刺形感受器长度为  $(298.99 \pm 10.51) \mu\text{m}$ , 中足刺形感受器长度为  $(273.57 \pm 16.31) \mu\text{m}$ , 后足刺形感受器长度为  $(279.90 \pm 12.04) \mu\text{m}$ ; 雄虫前足刺形感受器长度为  $(301.88 \pm 10.73) \mu\text{m}$ , 中足刺形感受器长度为  $(162.95 \pm 2.50) \mu\text{m}$ , 后足刺形感受器长度为  $(204.30 \pm 1.08) \mu\text{m}$ 。

**毛形感受器 (ST):** 毛形感受器整体特征一般呈毛状, 基部具基窝, 一般与着生部位呈锐角, 顶部弯曲, 毛形感受器根据长度和形态可分为 I 型和 II 型, 长且细的为 I 型, 短且粗的为 II 型。

**I 型:** 雌虫和雄虫的足上都有 I 型毛形感受器, 雌雄虫前、中足的 I 型毛形感受器长度相差不大, 但雌虫前、中足的 I 型毛形感受器均分布于跗节, 雄虫前足上的 I 型毛形感受器分布于跗节, 中足上的 I 型毛形感受器分布于胫节。后足 I 型毛形感受器长度雌性大于雄性, 且均分布于后足跗节。雌虫前足 I 型感受器长度为  $(88.71 \pm 3.28) \mu\text{m}$ , 中足 I 型感受器长度为  $(120.79 \pm 2.04) \mu\text{m}$ , 后足 I 型感受器长度为  $(234.70 \pm 13.07) \mu\text{m}$ ; 雄虫前足 I 型感受器长度为  $(84.91 \pm 5.15) \mu\text{m}$ , 中足 I 型感受器长度为  $(100.72 \pm 1.68) \mu\text{m}$ , 后足 I 型感受器长度为  $(142.26 \pm 14.69) \mu\text{m}$ 。

**II 型:** 雌雄虫前足均无 II 型毛形感受器, 雌性中足有 II 型毛形感受器, 分布于雌虫中足跗节上, 其长度为  $(82.64 \pm 4.01) \mu\text{m}$ , 雄虫中足无 II 型毛形感受器, 雌雄虫后足上均有 II 型毛形感受器, 雌虫后足 II 型感受器长度大于雄虫, 且均分布于后足跗节。雌虫后足 II 型感受器长度为  $(128.31 \pm 6.52) \mu\text{m}$ , 雄虫后足 II 型感受器长度为  $(50.16 \pm 4.59) \mu\text{m}$ 。

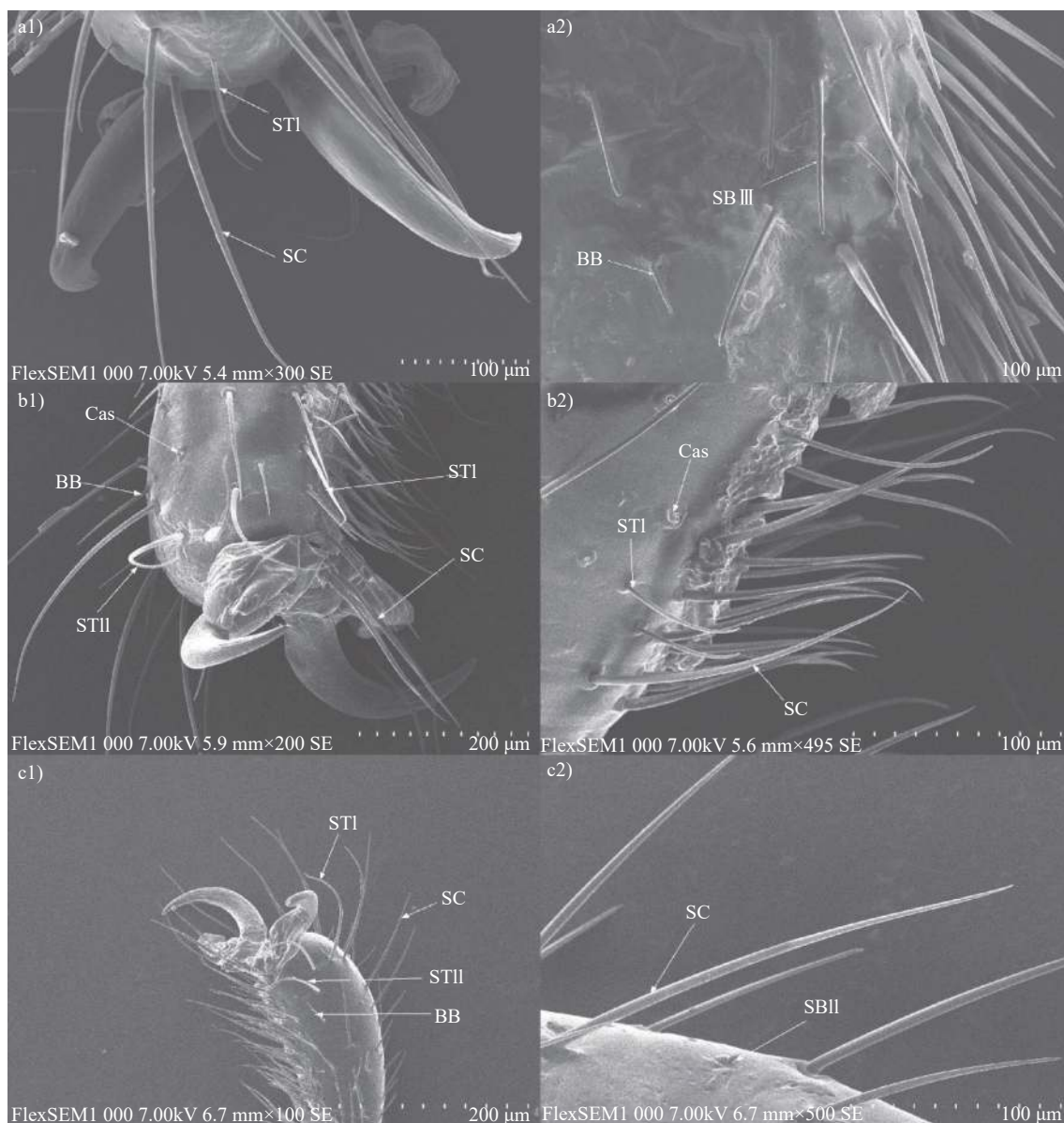
**Böhm 氏鬃毛 (BB):** 比刺形感受器短, 长度和 I 型毛形感受器相近, 顶端不弯曲, 比锥形感受器细, 基部不具基窝。雌虫前中后足上均有鬃毛且均分布于足的跗节上; 雄虫中足无鬃毛, 前足和中足上有鬃毛且分布于跗节上。前足上雄虫鬃毛长度大于雌虫, 后足上雌虫鬃毛长度大于雄虫。雌虫鬃毛前足长度为  $(31.56 \pm 3.13) \mu\text{m}$ , 中足长度为  $(93.36 \pm 10.87) \mu\text{m}$ , 后足长度为  $(79.05 \pm 3.79) \mu\text{m}$ ; 雄虫鬃毛前足长度为  $(93.361 \pm 10.87) \mu\text{m}$ , 后足长度为  $(69.90 \pm 2.71) \mu\text{m}$ 。

**锥形感受器 (SB):** 蠋蝽足上锥形感受器根据形态差异可分为 I 型、II 型和 III 型, 锥形感受器比刺形感受器短, 顶部钝圆, 有白窝状。I 型基部具有深基窝, 基窝中间有短锥状凸起; II 型基部基窝浅, 锥状凸起比 I 型粗; III 型基部有浅的基窝, 锥状凸起长, 顶端钝圆。

**I 型 (SB I):** 雌虫足上无此类型感觉器, 雌虫后足跗节上存在这个类型的感觉器 (图 4c2)。

**II 型 (SB II):** 雌虫仅后足跗节上有这个类型的感觉器 (图 3c2), 雄虫前足和后足都有这个类型的感觉器, 且均分布于跗节上 (图 4a2)。

**III 型 (SB III):** 雌虫仅前足跗节上有这个类型的感觉器 (图 3a2), 雄虫仅中足胫节上有这个类



注: a) 雌虫前足; b) 雌虫中足; c) 雌虫后足: SC. 刺形感受器, ST I. 毛形感受器 I 型, ST II. 毛形感受器 II 型, SB III. 锥形感受器 III 型, Cas. 腔锥形感受器, BB. Böhm 氏鬃毛感受器。

Note: a) female forefoot; b) female midfoot; c) female hindfoot: SC. sensilla cheatica, ST I. ensilla trichodea I, ST II. ensilla trichodea II, SB III. ensilla basiconica. III, Cas. ensilla coeloconica, BB. Böhm's bristle sensilla.

图 3 蠋蝽雌虫胸足感受器的扫描电镜观察

Fig. 3 Scanning electron microscopic observation of female feet of *A. chinensis*

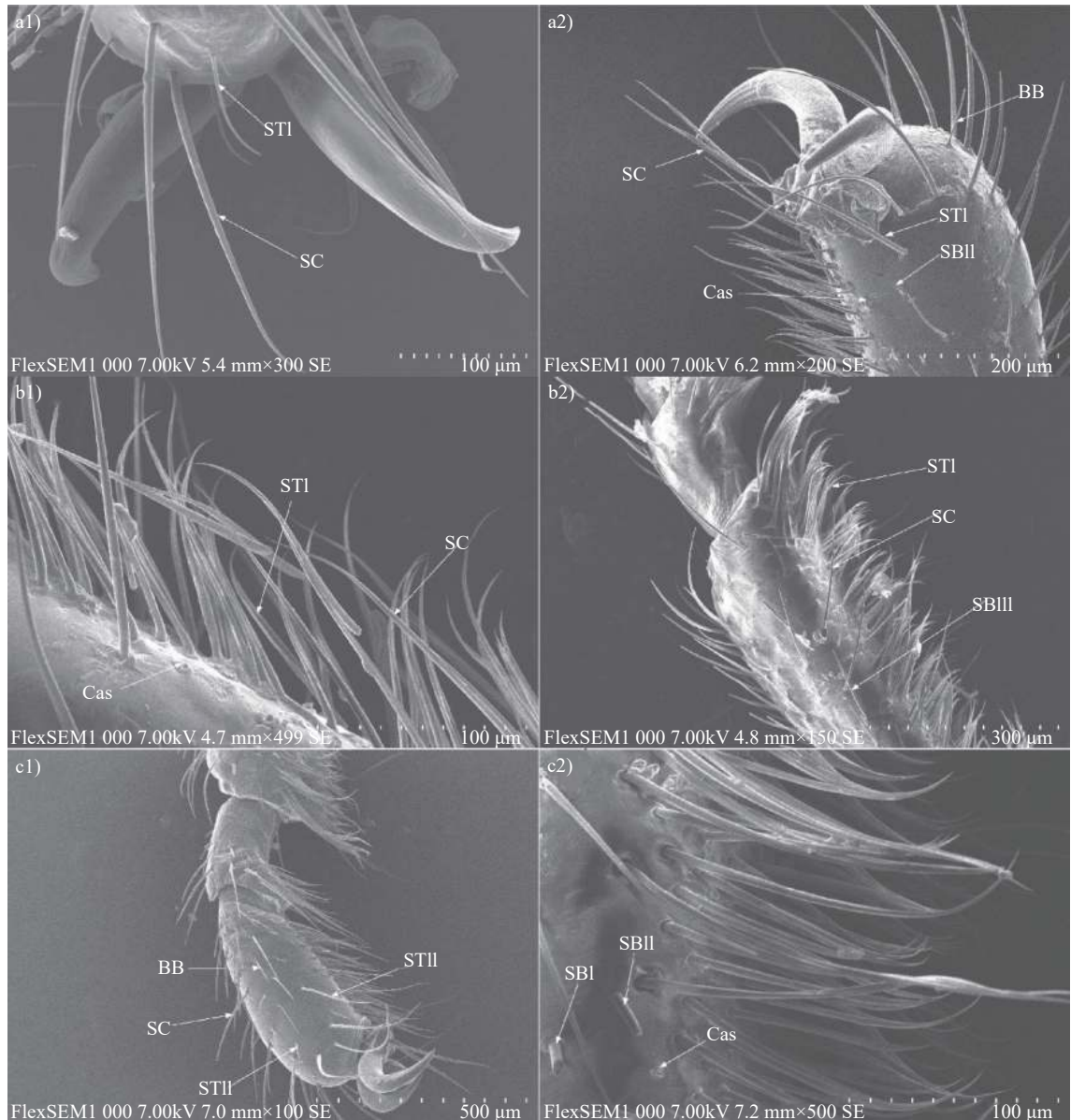
型的感受器 (图 4a2)。

腔锥形感受器 (Cas): 具孔感觉堆, 位于表皮凹陷处, 表皮下凹成圆腔, 蠋蝽仅雌虫中足跗节上有这个类型的感受器 (图 3b1、3b2), 雄虫前中后足上均有这个类型的感受器 (图 4)。

### 3 讨论

昆虫不同类型感受器的功能不尽相同, 而同

类感受器也可能具有不同的功能。毛形感受器是昆虫各个部位分布最广的一种感受器类型, 毛形感受器内存在毛原细胞和感觉细胞, 可感受渗入的化学物质, 具有触觉、嗅觉和机械感受的功能<sup>[10]</sup>; 刺形感受器具有感受机械和化学刺激的功能, 它对机械震动有反应, 对选择环境、求偶微环境和适宜场所有作用; 锥形感受器具嗅觉功能<sup>[11]</sup>, 有时也兼具机械感受功能, 对外界普通气



注: a) 雄虫前足; b) 雄虫中足; c) 雄虫后足: SC. 刺形感受器, ST I. 毛形感受器 I 型, ST II. 毛形感受器 II 型, SB III. 锥形感受器 III 型, Cas. 腔锥形感受器, BB. Böhm 氏鬃毛感受器。  
Note: a) male forefoot; b) male midfoot; c) male hindfoot: SC. sensilla cheatica, ST I. ensilla trichodea I, ST II. ensilla trichodea II, SB III. ensilla basiconica. III, Cas. ensilla coeloconica, BB. Böhm's bristle sensilla.

图 4 蠋螭雄虫胸足感受器的扫描电镜观察

Fig. 4 Scanning electron microscopic observation of male feet of *A. chinensis*

味(如植物气味、天敌发出的气味等)的刺激起作用<sup>[12]</sup>;腔锥形感受器具有感受二氧化碳、湿度和化学气味等作用<sup>[13]</sup>,Böhm 氏鬃毛具有感受重力的作用,当遇到机械刺激时,能够缓冲重力的作用力<sup>[14]</sup>。本研究发现捕食性天敌昆虫蠋螭生殖器上有毛形感受器、刺形感受器、腔锥形感受器和锥形感受器,但对于各感受器在触觉、嗅觉和机械感受、化学刺激及外界气味感受中的功能还值得进一步探究。

寄生蜂类昆虫生殖器上感受器的研究较多。章玉萍等<sup>[15]</sup>对桔小实蝇本地寄生蜂长尾全裂茧蜂雌成虫产卵器上的感受器进行扫描电镜观察,观察到长尾全裂茧蜂雌成虫产卵器上有 7 种类型的感受器;赵海燕等<sup>[16]</sup>对蝇蛹金小蜂(*Pachycrepoides vindemmiae* Rondani)雌成虫产卵器上的感受器进行观察,观察到蝇蛹金小蜂雌成虫产卵器上有 4 种不同类型的感受器;高宇等<sup>[17]</sup>观察了白蜡吉丁啮小蜂产卵器上的感受器,观察到白蜡吉丁啮

小蜂产卵器上有 3 种类型的感受器; 谷小红等<sup>[18]</sup>应用扫描电镜对桔小实蝇的 4 种寄生蜂(阿里山潜蝇茧蜂、切割潜蝇茧蜂、长尾潜蝇茧蜂和布氏潜蝇茧蜂)的产卵器和腹部感受器的形态和超微结构进行了观察和研究, 共发现 8 种感受器类型。本研究发现蠋蝽雌雄虫生殖器的感受器种类少于桔小实蝇等害虫寄生蜂的感受器, 究其原因可能与天敌种类、食性不同有关, 如寄生蜂类属于寄生性天敌, 而蠋蝽是一种捕食性天敌。此外, 蠋蝽生殖器上发现有 4 种类型的感受器, 这 4 种感受器在蠋蝽求偶、交配以及性激素识别中可能发挥着重要作用, 但具体作用还有待进一步研究。

高倩等<sup>[19]</sup>对群居型东亚飞蝗后足股节和胫节外侧的感受器数量和分布进行初步研究, 结果表明: 群居型东亚飞蝗雌雄成虫股节和胫节外侧均有 3 种类型感受器, 雌雄虫各感受器的类型和分布差异不显著; 王洪亮<sup>[20]</sup>采用扫描电镜技术, 对黄粉虫足感受器超微结构进行了观察, 结果表明: 黄粉虫成虫的足上均分布有毛形、刺形、锥形、腔锥形、乳突形和鸡皮形感受器, 雌雄成虫之间感受器类型和分布形式相似; 王争艳等<sup>[21]</sup>对雌家蝇产卵器和足上感受器的形态学进行研究, 结果表明: 雌家蝇的产卵器和足上存在 6 种形态的感受器, 包括感受鬃、刺形感受器、毛形感受器、锥形感受器、腔形感受器和腔锥形感受器; 王政等<sup>[9]</sup>对茶角盲蝽触角和前足感受器进行扫描电镜观察, 结果表明: 茶角盲蝽触角及前足上均有 5 种感受器, 雌、雄成虫的触角感受器存在性二型现象, 但雌、雄虫足感受器类型无差异。本研究发现蠋蝽的胸足上有 5 种类型的感受器, 雌雄成虫的感受器类型均无明显差异, 但在刺形感受器和毛形感受器的长度上存在差异, 蠋蝽为捕食性天敌昆虫, 胸足上的感受器可能与蠋蝽寻找猎物有关, 具体功能还有待进一步研究。

#### 4 结论

通过扫描电镜对蠋蝽生殖器及胸足感受器进行了观察, 结果表明: 蠋蝽雄虫交配器和雌虫产卵器上的感受器均有 4 种, 分别为毛形感受器、刺形感受器、腔锥形感受器和锥形感受器, 但雌虫产卵器上的刺形感受器和毛形感受器长度长于

雄虫交配器; 雌虫和雄虫胸足上的感受器有 5 种, 分别为毛形感受器、刺形感受器、腔锥形感受器、锥形感受器以及 Böhm 氏鬃毛感受器。但雌雄虫胸足上的感受器大小存在一定差异: 雌虫中后足上的刺形感受器长度长于雄虫, 雌虫后足上的毛形感受器(I 型和 II 型)长度长于雄虫, 雄虫前足上的 Böhm 氏鬃毛感受器长度长于雌虫。

#### [参考文献]

- [1] 邢雪松, 周义, 刘君, 等. 一种新型天敌昆虫蠋蝽在林业上的应用[J]. 北京园林, 2018, 34(3): 48.
- [2] 邹德玉, 徐维红, 刘佰明, 等. 天敌昆虫蠋蝽的研究进展与展望[J]. 环境昆虫学报, 2016, 38(4): 857. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.04.28.
- [3] 苗少明, 廖平, 叶敏, 等. 室内饲养的蠋蝽种群近交衰退分析[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(2): 191. DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.02.011.
- [4] 王燕, 张红梅, 尹艳琼, 等. 蠋蝽成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力[J]. 植物保护, 2019, 45(5): 42. DOI: 10.16688/j.zwbh.2019346.
- [5] 潘明真, 张海平, 张长华, 等. 饲养密度和性比对蠋蝽存活和繁殖生物学特性的影响[J]. 中国生物防治学报, 2018, 34(1): 52. DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2018.01.005.
- [6] ZHANG J, ZHANG X J, LIU C Y, et al. Fine structure and distribution of antennal sensilla of stink bug *Arma chinensis* (Heteroptera: Pentatomidae)[J]. Entomol Fenn, 2014, 25(4): 186. DOI: 10.1603/AN10188.
- [7] GOMEZ V R, NIETO G, VALDES J, et al. The antennal sensilla of *Zamagiria dixolophella* Dyar (Lepidoptera: Pyralidae)[J]. Annals of the Entomological Society of America, 2003, 96(5): 672. DOI: 10.1603/0013-8746(2003)096[0672:TASOZD]2.0.CO;2.
- [8] 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. DOI: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2007.14.083.
- [9] 王政, 孟倩倩, 刘爱勤, 等. 茶角盲蝽触角和前足传感器的扫描电镜观察[J]. 热带作物学报, 2017, 38(11): 2165. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2017.11.027.
- [10] 赵冬香, 莫圣书, 卢爱萍. 荔枝蝽触角化感器的扫描电镜观察[J]. 华东昆虫学报, 2006, 15(1): 24.
- [11] 王桂荣, 郭予元, 吴孔明. 棉铃虫触角传感器的超微结构观察[J]. 中国农业科学, 2002, 35(12): 1479. DOI: 10.3321/j.issn:0578-1752.2002.12.008.
- [12] 姚永生, 原国徽, 罗梅浩. 铜绿丽金龟成虫触角感受器的超微结构观察[J]. 华北农学报, 2004, 19(3): 96. DOI: 10.3321/j.issn:1000-7091.2004.03.024.
- [13] 那杰, 于维熙, 李玉萍, 等. 昆虫触角传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. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5862.2008.02.026.

(下转第 139 页)