

白背飞虱触角感器的扫描电镜观察

孙虹霞*, 胡新军*, 舒迎花, 张古忍**

(中山大学有害生物控制与资源利用国家重点实验室/昆虫学研究所, 广州 510275)

摘要: 白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 是水稻的主要害虫之一。采用扫描电镜技术对白背飞虱触角感器进行了观察。结果表明, 白背飞虱成虫触角上有 3 种类型的感器——毛形、刺形和耳状感器, 以及由毛形和耳状感器组成的一种菊花状的感器簇, 且这些感器在雌雄中不存在二型性。同时, 对其高龄若虫触角感器的观察也表明, 白背飞虱触角感器的数量随若虫龄期的增加而增加, 且在羽化为成虫时数量会大幅度的增加。

关键词: 白背飞虱; 触角; 感器; 毛形感器; 刺形感器; 耳状感器

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2006)02-0349-06

Observation on the antennal sensilla of *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae) with scanning electron microscope

SUN Hong-Xia*, HU Xin-Jun*, SHU Ying-Hua, ZHANG Gu-Ren** (State Key Laboratory for Biological Control/Institute of Entomology, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: *Sogatella furcifera* (Horváth) is one of most important pests of rice. Morphology of antennal sensilla of *S. furcifera* was observed with scanning electron microscope. Three types of sensilla and a kind of sensilla cluster were observed on the antenna of the adult, and no morphological difference was found in these sensilla between the male and female adults. The number of sensilla increased with the development of *S. furcifera* nymph, especially after ecdysis and eclosion.

Key words: *Sogatella furcifera*; antennae; sensilla; sensilla trichoidae; sensilla chaetica; sensilla auricillica

触角是昆虫多种类型感器的主要着生处, 在昆虫寻找生境、寄主行为和配偶等方面具有重要的作用。感器由触角表皮特化而形成, 是昆虫接受外界各种信息的主要结构。随着电子显微镜技术的发展, 国内外已对多种昆虫触角感器的超微结构进行了研究, 如鳞翅目和鞘翅目等个体较大的昆虫。对较小昆虫触角感器的研究也有许多报道, 如同翅目的温室粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) 和 *Aleyrodes proletella* (L.) (Mellor and Anderson, 1995), 褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål (王健等, 1997) 以及大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 等 (杜永均等, 1995)。

白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 属同翅目 (Homoptera) 飞虱科 (Delphacidae), 是水稻的重要害

虫之一。其若、成虫直接刺吸稻株的韧皮部汁液, 造成水稻生长缓慢, 分蘖延迟, 瘪粒增加; 同时在取食过程中产生伤口并传播病害, 严重影响了水稻的安全生产 (黄次伟等, 1982)。本文通过对白背飞虱成虫和高龄若虫触角感器的扫描电镜观察, 以期了解其触角感器的结构与类别, 为研究各种感器的生理功能以及它们在白背飞虱寄主选择中的作用奠定一定的基础。

1 材料与方 法

1.1 白背飞虱来源与饲养

白背飞虱采自广东省清新县稻田, 前期以感品种籼小占为寄主在网室中饲养, 然后移至有籼小

基金项目: 国家自然科学基金项目(30270137); 教育部留学回国人员启动基金

作者简介: 孙虹霞, 女, 1978年12月生, 硕士, 从事化学与分子生态学研究, E-mail: sunhu9951@sina.com; 胡新军, 男, 1979年3月生, 硕士研究生, 从事昆虫生理生化与分子生物学研究, E-mail: husi2003@163.com

* 并列第一作者 Authors who made equal contributions to this paper

** 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: ls43@zsu.edu.cn

收稿日期 Received: 2005-08-15; 接受日期 Accepted: 2005-12-10

占秧苗的养虫笼繁殖 2 代后备用,养虫笼保持在 12L:12D、 $29 \pm 1^\circ\text{C}$ 和 70% ~ 80% RH 的恒温室內。

1.2 电镜观察标本的制备

1.2.1 虫体的选取和清洗: 随机取在养虫笼內的白背飞虱高龄(4~5 龄)若虫和雌雄成虫各 10 头,分别用双蒸水、生理盐水和 75% 乙醇反复清洗,然后置于摇床上 80 转/分继续用上述溶液分别过夜清洗。

1.2.2 标本的制备: 将清洗完的标本用 2.5% 戊二醛固定 3 h 后,再用磷酸缓冲液冲洗 4 次,每次 2 min,接着从 30% 乙醇开始,经 50%、70% (可长期放置)和 90% 乙醇各脱水 15 min,然后在 100% 丙酮中脱水 3 次,每次 15 min,再用醋酸异戊酯置换 2 次,每次 15 min,而后临界点干燥 2 h,最后用镊子将不同发育阶段的白背飞虱触角取下,使用双面胶法将触角按背面、腹面和两个侧面 4 个角度贴于样品台上。此外,也可将经过 1.2.1 清洗后的触角直接取下贴台。

1.2.3 镀膜和观察: 将贴好台的样品喷以镀膜,然后置于 JSM-6330F 场发射扫描电镜和 S-500 扫描电镜下对触角和其上的各种传感器观察并拍照,加速电压 15V。

1.3 数据统计和图像处理

使用 Photoshop7.0 对图片处理,并由 Snodgrass (Keil, 1997)提供的分类法对白背飞虱触角上的传感器进行分类,同时,根据不同侧面传感器的重叠情况统计不同发育历期触角上传感器的数目。

2 结果与分析

2.1 触角的一般特征

白背飞虱成虫的触角包括 3 部分,从头部起分别为柄节(scape, Sc)、梗节(pedicel, Pe)和鞭节(flagellar, Fl)。柄节存在于触角窝中,其上传感器分布较少,具皱褶和乳状突起。

梗节为传感器的主要集中部位。成虫触角梗节背面近身体端约 1/5 ~ 1/3,腹面 1/2 ~ 2/3 处多皱褶和乳状突起,其上传感器较少,其余部分较光滑且密布各种传感器。而在高龄若虫的腹面多皱褶,无传感器的分布,传感器多集中在背面。

鞭节细长如鞭毛并分为亚节,和梗节相连的亚节球状膨大,其上未发现传感器的存在(图版 I : 1, 2)。

2.2 感器的种类、形态和分布

白背飞虱成虫触角感器可初步分为毛形、刺形和耳状 3 种类型,且有些感器聚集形成感器簇。

2.2.1 毛形感器(sensilla trichoidea, St): 呈毛状(图版 I : 3),基部着生于表皮凹陷的孔洞內(图版 I : 4, 5)或不存在凹陷部分而直接和表皮相连(图版 I : 6, 7),形态变化较大,其表面具有网状结构,内部中空(图版 I : 8)。根据其外形特征又可以进一步分为 A、B 型两个亚类,A 型长约为 17.5 ~ 20.5 μm ,基部直径约为 1.0 ~ 1.2 μm ,直立或近端部 1/3 处弯曲,弯曲度变化较大(图版 I : 3);B 型长约 9.6 ~ 18.5 μm ,基部直径为 1.2 ~ 1.4 μm ,从基部就开始弯曲,顶端几乎和触角表皮平行或呈弓型(图版 I : 9, 10)。毛形感器是白背飞虱触角上数量最多的感器,主要分布在梗节平滑处及感器簇內,感器簇內的毛状感器皆为 B 型。

2.2.2 刺形感器(sensilla chaetica, Sc): 直立于触角表面,但其基部着生处有一领状圆形隆起包围着感器,其形状似毛形感器,但基部到顶端渐细,壁上无孔,自基部起有纵脊达尖端部(图版 I : 11)。长度差异大,约 15 ~ 33 μm ,基部直径为 2.0 ~ 2.4 μm ,多分布在柄节和梗节上,梗节上主要集中在粗糙部分和平滑部分相交处以及感器簇的周围。

2.2.3 耳状感器(sensilla auricillica, Sa): 形似耳状,下部宽扁,上部稍尖,表面光滑,最宽处约有 6 μm ,分布于感器簇中(图版 I : 12)。

2.3 感器簇的组成和分布

白背飞虱触角上存在有菊花状的感器簇(图版 II : 1),全部分布在梗节上,每个感器簇主要由 23 ~ 33 个毛形感器和耳状感器聚合而成。感器紧密排列成圆形,且其着生处表皮稍凹入,但感器簇周围突起于表皮之上,成圆盘状。

成虫触角上有 14 或 16 个这样的感器簇,其中梗节和鞭节交界处有 6 个;梗节的背部有 10 或 8 个,且分为 4 列,呈 2-3-3-2 或 1-3-3-1 排列(图版 II : 2 ~ 4)。5 龄若虫具 12 个感器簇,交界处也具有 6 个感器簇,而梗节背部的四列呈 1-2-2-1 排列(图版 II : 5)。4 龄若虫只有 10 个感器簇,和 5 龄若虫不同的是背部的感器簇只有两列,呈 2-2 排列(图版 II : 6)。

2.4 不同发育时期感器的数量

白背飞虱成虫和高龄若虫触角上的感器数目有很大的变化,4 龄若虫约有 337 ~ 383 个感器;5 龄若虫有 334 ~ 547 个感器,雌雄成虫間的感器未见二型性现象,触角上约有 651 ~ 791 个感器。高龄若虫感

器密集处的梗节上多见乳突状结构(图版 II :7),可能是未发育完全的传感器;每次蜕皮后感器的数目都会增加,最明显的就是传感器簇的变化。同时,成虫的传感器簇有 14 或 16 个的情况,且发现了一类似传感器簇锥形的结构(图版 II :8),而且有些传感器簇明显的要比其他的传感器簇小(图版 II :9),它们可能是传感器簇生长的初始阶段和中间阶段的形态。

3 讨论

毛形传感器是昆虫触角上分布最广、数量最多的传感器,相关的研究均表明其具有嗅觉的功能,在昆虫取食和生境选择中对化学信息的检测具有重要作用(Kim and Yamasaki, 1996),如与白背飞虱属同目的大豆蚜毛形传感器就是感受萜烯类化合物的嗅觉受体(杜永均等,1995)。白背飞虱毛形传感器表面有大量的网状凹陷部分,但是否为嗅觉孔以及毛形传感器是否具有嗅觉功能还需结合电生理等技术才能进一步确认。

刺形传感器底部较大的凹陷是刺形传感器的典型特点(Keil, 1997)。此外,刺形传感器壁上无孔,且具有的纵脊也是机械和味觉传感器的特点(Bland, 1981; Bartlet *et al.*, 1999),油菜蚤跳甲 *Psylliodes chrysocephala* (Linnaeus) 的刺形传感器对寄主植物的化学物质有明显的正趋向反应(Isidoro *et al.*, 1998);同时,刺形传感器直立于触角表面且较其他的传感器高,故可以最先接触外界,也可能在对寄主植物和异性近距离识别中发挥作用(Said *et al.*, 2003)。但白背飞虱刺形传感器的具体功能尚有待确认。

传感器簇的结构和组成有别于蚜虫类的原生传感器,可能是飞虱类触角特有的结构(杜永均等, 1995;王健等,1997)。同时,位于传感器簇内的耳状传感器一般被认为有物理和嗅觉传感器的功能。Merivee 等(1997)曾提出嗅觉传感器的对称性可使昆虫在寄主选择中更有效的感受寄主的气味分子,而白背飞虱触角传感器簇分布和排列的对称性,以及传感器簇中毛形传感器和耳状传感器的结合特点是否和气味的结合有一定的关系还需要进一步研究。

在白背飞虱的若虫和成虫之间,触角的大小有显著的变化,且传感器的数目也有差异。这种差异可能与不同发育阶段的行为特点有一定的相关性,白背飞虱成虫需完成取食、交配和产卵等一系列较为复杂的行为过程,此过程涉及到对各种信息化合物的识别、加工和鉴定,故需要较为完善的感受和识别

系统以最大限度地有利于自身和后代的存活和发育,而若虫的行为则较为简单,其生存场所主要依赖于产卵雌虫的选择,主要活动就是取食和近距离的活动,这些可能是若虫传感器数目较少的原因之一。此外 Lawrence (1970)就提出触角表皮细胞有决定新传感器的发生和发育的作用,而 Richelle 和 Ghysen (1979)对果蝇的研究则为此提供了佐证,如果某一细胞释放的诱导子的水平达到一定浓度时,此细胞将阻止周围其他的细胞被诱导发育为传感器,且传感器数量的变化存在有一定的密度效应。白背飞虱若虫在蜕皮和羽化为成虫时传感器数量的变化可能也是某特定机制调节的结果。

王健等(1997)曾报道过褐飞虱触角上的传感器有毛形、刺形、锥状、板状和耳形 5 种传感器,且成虫每个触角上有感觉簇 24 个,与白背飞虱有明显的差异。

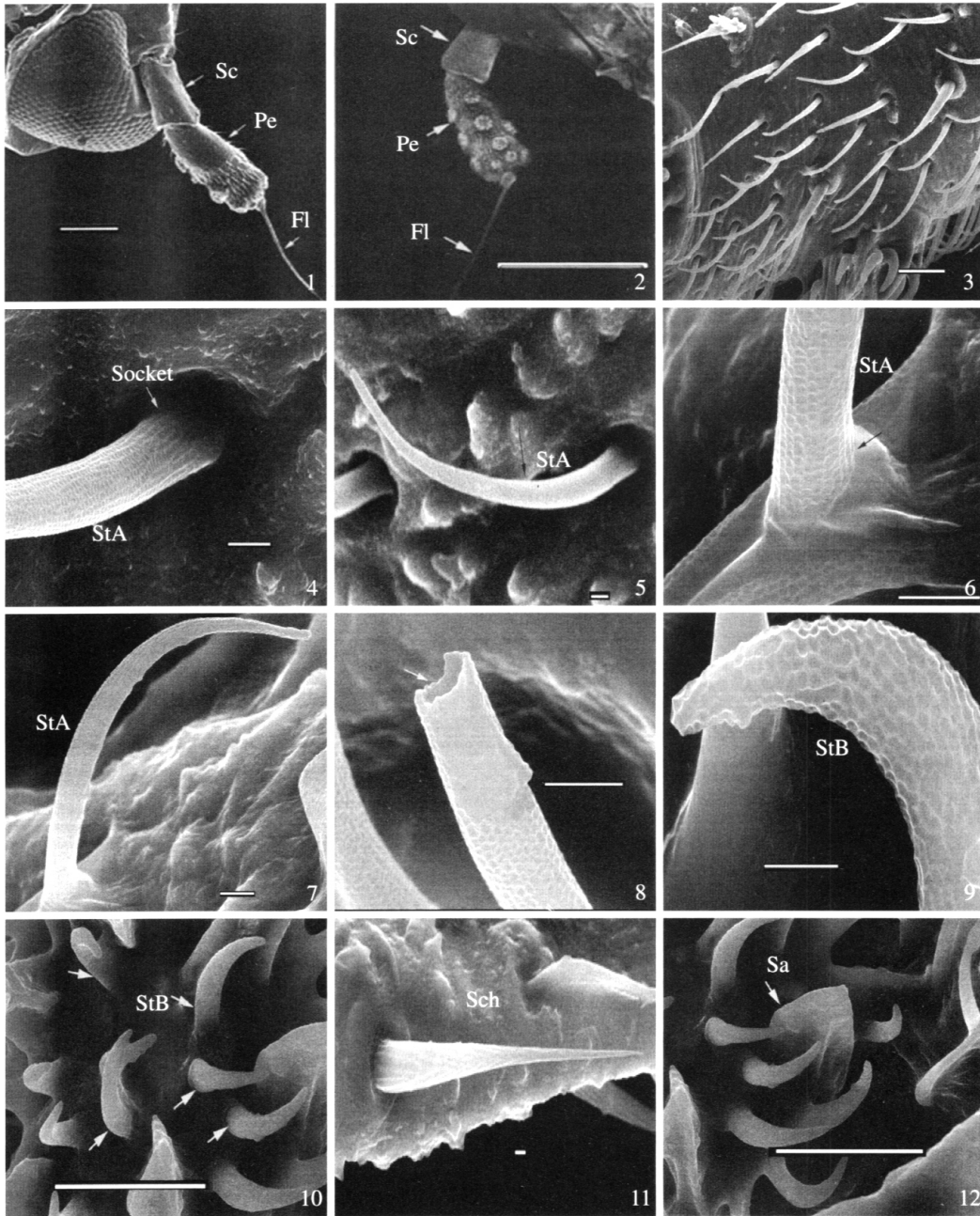
最后,通过两种制样方法的比较,我们发现直接贴台法不但可以减少许多中间实验步骤,且可以减少对触角的损害,不影响实验结果,是一种较为理想的处理方法。

参考文献 (References)

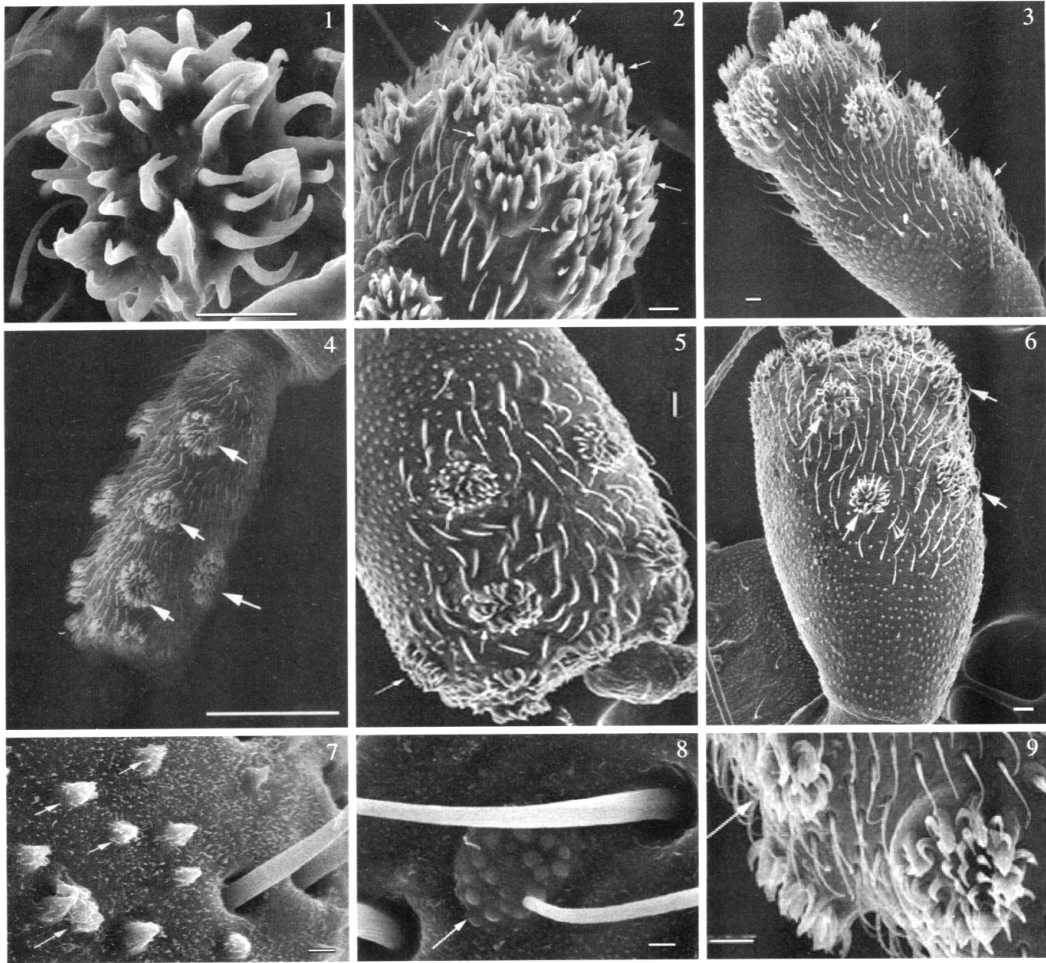
- Barlet R, Romani R, Williams IH, Isidoro N, 1999. Functional anatomy of sensory structures on the antennae of *Psylliodes chrysocephala* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). *Int. J. Insect Morphol. Embryol.*, 28: 291-300.
- Bland RG, 1981. Antennal sensilla of the adult alfalfa weevil, *Hypera postica* (Coleoptera, Carabidae). *Int. J. Insect Morphol. Embryol.*, 10: 265-274.
- Du YJ, Yan FS, Tang J, 1995. Structure and function of olfactory sensilla on the antennae of soybean aphids, *Aphis glycines*. *Acta Entomologica Sinica*, 38(1): 1-7. [杜永均, 严福顺, 唐觉, 1995. 大豆蚜触角嗅觉传感器结构及其功能. *昆虫学报*, 38(1): 1-7]
- Huang CW, Feng BC, Wang HD, Yao J, Song LJ, 1982. Studies on the biological characters and chemical control of *Sogatella furcifera*. *J. Zhejiang Agric. Sci.*, (3): 138-141. [黄次伟, 冯柄灿, 王焕弟, 姚静, 宋丽君, 1982. 白背飞虱生物学特性和药剂防治研究. *浙江农业科学*, (3): 138-141]
- Isidoro N, Bartlet R, Ziesmann J, Williams IH, 1998. Antennal contact chemosensilla in *Psylliodes chrysocephala* responding to cruciferous allelochemicals. *Physiol. Entomol.*, 23: 131-138.
- Keil TA, 1997. Comparative morphogenesis of sensilla: a review. *Int. J. Insect Morphol. Embryol.*, 26: 151-180.
- Kim JL, Yamasaki T, 1996. Sensilla of *Carabus (Isiocarabus) fiducarius saishutoicus* Csiki (Coleoptera: Carabidae). *Int. J. Insect Morphol. Embryol.*, 25: 153-172.
- Lawrence PA, 1970. Polarity and patterns in the postembryonic development of insect. *Adv. Insect Physiol.*, 7: 197-266.
- Mellor HE, Anderson M, 1995. Antennal sensilla of whiteflies: *Trialeurodes*

- vaporariorum* (Westwood), the glasshouse whitefly, and *Aleyrodes proletella* (Linnaeus), the cabbage whitefly, (Homoptera : Aleyrodidae). Part 2 : Ultrastructure. *Int. J. Insect Morphol. Embryol.* , 24 : 145 – 160.
- Merivee E, Rahi M, Luik A, 1997. Distribution of olfactory and some other antennal sensilla in the male click beetle *Agriotes obscurus* L. (Coleoptera : Elateridae). *Int. J. Insect Morphol. Embryol.* , 26 : 75 – 83.
- Richelle J, Ghysen A, 1979. Determination of sensory bristles and pattern formation in *Drosophila* I. A model. *Devel. Biol.* , 70 : 418 – 437.
- Said I, Tauban D, Renou M, Mori K, Rochat D, 2003. Structure and function of the antennal sensilla of the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera , Curculionidae). *J. Physiol.* , 49 : 857 – 872.
- Wang J, Wu ZT, Li SH, Geng QF, 1997. SEM observation on the antennal sense organs of *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera : Delphacidae). *J. Anhui Agric. Uni.* , 24(1): 50 – 53. [王健, 吴振廷, 李少恒, 耿全芳, 1997. 褐飞虱触角感觉器扫描电镜观察. 安徽农业大学学报, 24(1): 50 – 53]

(责任编辑 : 袁德成)



1. 白背飞虱触角腹面观 Ventral part of antenna (150 \times), bar = 100 μm ; 2. 白背飞虱触角背面观 Dorsal part of antenna (150 \times), bar = 300 μm ; 3. A型毛形感受器 Sensilla trichoidea of type A (StA) (1 300 \times), bar = 10 μm ; 4. A型毛形感受器基部 Base of sensilla trichoidea of type A (14 000 \times), bar = 1 μm ; 5. A型毛形感受器 Sensilla trichoidea of type A (6 000 \times), bar = 1 μm ; 6. A型毛形感受器基部 Base of sensilla trichoidea of type A (25 000 \times), bar = 1 μm ; 7. A型毛形感受器 Sensilla trichoidea of type A (9 500 \times), bar = 1 μm ; 8. 断裂的A型毛形感受器 Broken part of sensilla trichoidea of type A (20 000 \times), bar = 1 μm ; 9. B型毛形感受器 Sensilla trichoidea of type B (StB) (27 000 \times), bar = 1 μm ; 10. B型毛形感受器 Sensilla trichoidea of type B (2 700 \times), bar = 10 μm ; 11. 刺形感受器 Sensilla chaetica (Sch) (3 500 \times), bar = 1 μm ; 12. 耳状感受器 Sensilla auricillica (Sa) (2 700 \times), bar = 10 μm .



1. 感觉器簇 Sensilla cluster (2 700 ×), bar = 10 μm; 2. 成虫梗节端部 6 感觉器簇 Six sensilla clusters on the top of adult pedicel (950 ×), bar = 10 μm; 3. 成虫感觉器簇排列方式 Arrangement of adult sensilla clusters (450 ×), bar = 10 μm; 4. 成虫感觉器簇排列方式 Arrangement of adult sensilla clusters (350 ×), bar = 100 μm; 5. 5 龄若虫感觉器簇排列方式 Arrangement of sensilla clusters of 5th instar nymph (450 ×), bar = 10 μm; 6. 4 龄若虫感觉器簇排列方式 Arrangement of sensilla clusters of 4th instar nymph (370 ×), bar = 10 μm; 7. 若虫触角上乳状突起 Projection of nymphal antenna (6 000 ×), bar = 1 μm; 8. 感觉器簇雏形 Early development period of sensilla cluster (7 500 ×), bar = 1 μm; 9. 感觉器簇雏形 Early development period of sensilla cluster (850 ×), bar = 10 μm.