西藏飞蝗触角感器的扫描电镜观察*

李彝利[1] 李 庆[1**] 匡健康[2] 杨 刚[2] 封传红[3] 罗怀海[3]

(1. 四川农业大学农学院 成都 611130; 2. 四川甘孜州植保植检站 康定 626000;
3. 四川省农业厅植物保护站 成都 610041)

摘 要 应用扫描电镜对西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* Chen 触角的外部形态结构及其感器进行了观察和研究。结果表明,西藏飞蝗触角上存在 5 种感器即毛形感器、刺形感器、腔锥形感器、锥形感器和腔形感器。通过对各种感器的形态特点进行描述,发现西藏飞蝗群居型与散居型、蝗蝻与成虫、雌性与雄性的感器在类型上无明显差异,但是群居型较散居型在数量上偏少;蝗蝻较成虫在形态上偏小、数量上偏少,主要集中分布位置也有所不同。与东亚飞蝗 *L. migratoria manilensis* (Meyen) 相比,二者在感器类型上无明显差异,但西藏飞蝗触角感器在形态上较东亚飞蝗偏小,数量上偏少,分布情况也有所差别。

关键词 西藏飞蝗,触角,感器,扫描电镜

Observation of antennal sensilla of *Locusta migratoria tibetensis* with scanning electron microscope

LI Yi-Li[1] LI Qing[1**] KUANG Jian-Kang[2] YANG Gang[2] FENG Chuan-Hong[3] LUO Huai-Hai[3]

(1. College of Agronmy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;
2. Plant Protection and Quarantine Station of Ganzi State, Kangding 626000, China;
3. Plant Protectionn Station of Sichuan Agricultural Department, Chengdu 610041, China)

Abstract Scanning electron microscopy was used to observe the antennae and sensilla of *Locusta migratoria tibetensis* Chen. Five types of sensilla were found on antennae: sensilla trichodea, sensilla chaetica, sensilla coeloclnica, sensilla basiconica and sensilla cavity. Describing the morphological characteristics of these sensilla indicates that there was generally little variation in sensilla type, however, gregarious locusts had fewer sensilla than solitary locusts. Nymphs had smaller and fewer sensilla than adults, and nymphs and adults also differed in the distribution of sensilla. *L. m. tibetensis* had similar types of sensilla to *L. m. manilensis* (Meyen) but these subspecies differ in the morphological characteristics, quantity and distribution of sensilla, such as differences in distribution of sensilla between nymphs and adults.

Key words *Locusta migratoria tibetensis*, antennal, sensilla, scanning electron microscope

触角是昆虫感觉系统的重要组成部分,主要通过密布其上的各种感器调节着昆虫行为与化学、物理等各种环境刺激因子的关系。信息化合物是调节飞蝗行为的主要因素,触角感器是接受信息素的主要部位(陈湖海和康乐,1998)。随着昆虫信息素研究的逐步深入,有关昆虫触角形态学、组织学及超微结构方面的报道日渐增多,特别是对鳞翅目昆虫触角感器表面细微结构研究较详细(Burguiere *et al.*, 2001; 李坤等,2006; 杨慧等,2008)。我国虽然有蝗虫 1 000 多种,但在触角感器方面已研究过的种类只有几十种,大量蝗虫触角感器类型还是未知。已有研究表明,不同昆虫触角感器在形态、类型、数量和分布上具有种的特异性、性别的差异性和发育的阶段性(邵奇妙等,2002; 江南等,2010; 杨群芳等,2010),如东亚飞蝗蝗蝻感器较成虫数量更少,形态也相对偏小等(邵奇妙等,2002)。

西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* Chen 属

* 资助项目:四川省教育厅项目(07ZA066)。
**通讯作者,E-mail: liqing633@yahoo.com.cn
收稿日期:2011-05-03,接受日期:2011-05-18

直翅目蝗总科 Acridoidea，斑翅蝗科 Oedipododae，飞蝗属 *Locusta*，是陈永林(1963)订立的新亚种。与东亚飞蝗 *L. m. manilensis* (Meyen)、亚洲飞蝗 *L. m. migratoria*(L.)一起是我国的三大飞蝗。西藏飞蝗具有群居、食量大和繁殖力强等特点，分布于我国西藏、青海和四川川西北高原地区，与东亚飞蝗和亚洲飞蝗相比较，存在明显的地理分布差异。近年来发现其在西藏、青海玉树和川西高原等地发生为害特别严重，并有蔓延趋势，主要危害当地的青稞、小麦、玉米等禾本科作物及牧草等，给当地的农牧业造成严重的经济损失(陈永林，2000)。据报道，目前西藏飞蝗在甘孜州除泸定县外的 17 个县 171 个乡(镇)均有发生，常年发生为害面积达 10 万 hm^2(匡健康等，2008)。

目前我国对西藏飞蝗的研究主要集中在形态描述、生物学和生态学特性等方面。陈永林(1963)对其成虫的形态特征及其分布进行过描述。李庆等(2007，2008)对西藏飞蝗的生活史和习性进行了研究，并通过测定其各虫态的过冷却点和结冰点以及水分、糖原、脂肪、蛋白质含量，探讨了西藏飞蝗的抗寒性。杨群芳等(2008)通过对西藏飞蝗取食情况进行野外调查，统计各虫龄飞蝗活动情况与取食植物种类及其对植物的嗜食程度。此外少有西藏飞蝗的研究报道。本文通过扫描电镜观察，探明了西藏飞蝗触角感器的形态、类型和分布等，旨在深入了解西藏飞蝗的化学感受系统，进一步揭示出触角感器与行为反应之间的关系，对于探讨西藏飞蝗环境适应机制具有重要的参考价值。

1　材料与方法

1.1　材料

2010 年 7 月从四川甘孜州理塘县采回的西藏飞蝗低龄蝗蝻，在实验室饲养成生长情况一致的群居型和散居型 4 龄西藏飞蝗蝗蝻(各龄蝗蝻群居型颜色为黑褐色至黑色，散居型为草绿色)和成虫(雌: ♀、雄: ♂)。饲养条件控制为温度(25 ± 1) ℃，相对湿度为 60% ~70%，光周期为 L: D = 12 : 12(RTOP - 300BH 人工气候箱，浙江托普仪器有限公司)，新鲜玉米叶(雅玉二号)饲养。自 3 龄开始，群居型和散居型分别在不同气候箱中以 25 头/笼和 1 头/笼进行隔离饲养，以防发生型变。

1.2　方法

取西藏飞蝗群居型和散居型 4 龄蝗蝻和成虫(♀、♂)各 10 头，分别从基部剪取触角，放入盛有 pH7.2，2.5% 戊二醛溶液中，置于 4℃ 冰箱中固定 2 ~3 h。然后用蒸馏水清洗 3 次，10 min/次。接着乙醇梯度脱水，浓度分别为: 30%、50%、70%、80%、90% 和 100%，其中在 30% ~90% 的浓度中脱水 1 次，10 min/次; 在 100% 的浓度中脱水 2 次，第 1 次 20 min，第 2 次 30 min; 脱水后用醋酸异戊二脂于 4℃ 冰箱中置换 15 min 以上; 置换后临界点干燥。然后取干燥后的待测触角，以不同的侧面粘于涂有导电胶的样品台上，用 KYKY: SBC - 12 型离子溅射仪喷金，最后用 KYKY - 1000B 型扫描电镜在加速电压为 20 kV 条件下观察、摄影，并记录触角各节感器数量。

本文所描述的各种类型感器主要参照马瑞燕和杜家纬(2000)、邵奇妙等(2002)、那杰等(2008)以及江南等(2010)的相关文献标准命名。

2　结果与分析

2.1　西藏飞蝗触角的一般形态

西藏飞蝗群居型和散居型蝗蝻及成虫(♀、♂)的触角均为丝状(filiform)，细长，圆筒形。整个触角(图 1: A)表面密布鳞片，由柄节(scape，S)、梗节(pedicel，P)(图 1: B)和鞭节(flagellum，F)组成，其外形在不同个体间略有差异。蝗蝻触角长约 0.6 ~0.8 cm，成虫触角长约 0.9 ~1.2 cm; 其中蝗蝻柄节长约 500 μm，成虫柄节长约 550 μm; 蝗蝻梗节长约 250 μm，成虫梗节长约 300 μm; 鞭节各节大致相同，无明显差异。4 龄蝗蝻和成虫触角在形状上无明显变化，但触角节数存在差异，蝗蝻触角节数为 22 节，成虫为 25 节。

2.2　西藏飞蝗触角感器类型及其特征

西藏飞蝗群居型和散居型蝗蝻及成虫(♀、♂)的触角扫描电镜观察发现，其触角上共分布 5 种感器，现将其类型和特征分述如下:

2.2.1　毛形感器(sensilla trichodea，Str)　毛形感器形状细长，顶端略弯曲，垂直着生于触角表面一较窄的臼状窝内，在 4 龄蝗蝻触角上长度约为 80 μm，而在成虫触角上的长度约为 120 μm。这种感器数量较少，且主要分布于柄节和梗节(图 1: C)。

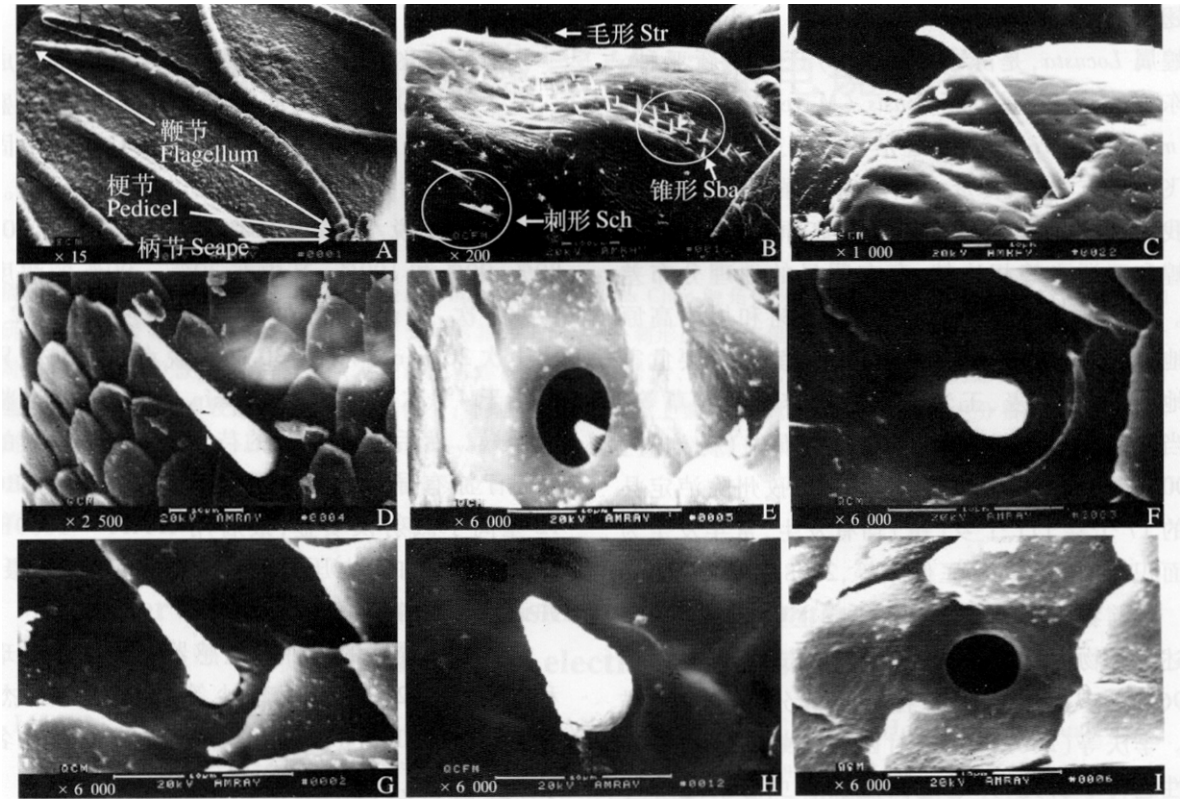

图 1 西藏飞蝗触角感器的种类和形态特征

Fig. 1 Types and morphological characteristics of antenna sensilla of *Locusta migratoria tibetensis*

A. 触角 Antennae (100 ×); B. 梗节上的感器 The sensillum of pedicel (200 ×); C. 毛形感器 Sensilla trichodea (Str) (1 000 ×); D. 刺形感器 Sensilla chaetica (Sch) (2 500 ×); E. 腔锥形感器 Sensilla coeloclnica (Sco) (6 000 ×); F. 锥形感器 Sensilla basiconica (Sba Ⅰ) (6 000 ×); G. 锥形感器 Sensilla basiconica (Sba Ⅱ) (6 000 ×); H. 锥形感器 Sensilla basiconica (Sba Ⅲ) (6 000 ×); I. 腔形感器 Sensilla cavity (Sca) (6 000 ×).

2.2.2 刺形感器(sensilla chaetica, Sch) 刺形感器形状如刺,细长,端部钝圆,直立着生于触角表面一直径约 5 ~ 6 μm 的臼状窝内,在 4 龄蝗蝻触角上长度约为 12 ~ 15 μm,而在成虫触角上的长度约为 15 ~ 30 μm。这种感器数量较多,在触角各节上均有分布,从电镜中观察到迎风面(或背风面)朝上时,其主要位于触角的左右两侧(图 1: D)。

2.2.3 腔锥形感器(sensilla coeloclnica, Sco) 腔锥形感器为直径约 6 μm 的较浅圆空腔内着生着一个长约 2 μm 的粗大锥状结构,且锥状结构接近或略透过表皮外,仅能从孔口看见其端部,这种感器分布主要集中于触角 6 ~ 11 节上(图 1: E)。

2.2.4 锥形感器(sensilla basiconica, Sba) 锥形感器形似 1 根短刺,常直立或稍微弯曲着生于触角表面的凹陷内,端部较钝,根据其长短、外形不同,可分为 3 亚型: Sba Ⅰ(较粗短)(图 1: F)、Sba Ⅱ(较细长)(图 1: G)和 Sba Ⅲ(较 Ⅱ 略粗)(图 1: H),其长度分别约为 4.5、8 和 8 μm; 凹陷直径分别约为 4.5、2.5 和 4 μm。这种感器数量最多,在各节均有分布,且分布较均匀。

2.2.5 腔形感器(sensilla cavity, Sca) 腔形感器为一个直径约为 3 μm 的空腔,在不同个体中无明显差异,数量较腔锥形感器多,除集中分布于 7 ~ 14 节外,其余各节有少量分布(图 1: I)。

3 讨论

昆虫触角感器在昆虫的种间和种内化学通讯、声音通讯及触角通讯中起着重要作用(那杰等,2008)。不同功能的感器数目及分布受个体的大小、性别、食性、习性和栖息等因素影响,是选择压力不断变化、相互作用的结果(高泽正等,2006)。由于触角位置突出,活动灵活,故嗅觉感器主要位于触角上,此外,还分布着接触化学的感

器及一些温湿度感器(Altner *et al.* ,1981) 。依据外部形态,Zacharuk 和 Shields(1991) 将昆虫的感器描述为 10 种类型,分别称为刺形、锥形、毛形、腔锥形、钟形、坛形、栓锥形、腔形、锲形和鳞片形。但由于不同作者、不同研究对象,感器的分类略有差异或者称谓不同(陈湖海和康乐,1998) 。本研究表明西藏飞蝗触角有 5 种感器类型,分别为毛形、刺形、腔锥形、锥形和腔形感器。从触角感器类型上看与东亚飞蝗相似(邵奇妙等,2002) ,但是在感器形态、数量和分布方面,二者存在着一定的差异。在形态上,感器长度、直径、着生凹陷等略有不同,如东亚飞蝗锥形感器着生于直径约 4 cm 的碗形凹陷内,在 4 龄蝗蝻上长约 6 μm,成虫上长约 3 ~ 10 μm,且分为长、中、短、圆 4 种类型(邵奇妙等,2002) ; 而西藏飞蝗的锥形感器则分为 3 亚型: SbaⅠ、SbaⅡ和 SbaⅢ,其长度分别约为 4. 5、8 和 8 μm; 凹陷直径分别约为 4. 5、2. 5 和 4 μm。在数量上,西藏飞蝗较东亚飞蝗感器更少,这可能与西藏飞蝗体积较东亚飞蝗偏小、二者生活环境不同有关。在分布上,不同类型感器占感器总数的比例和集中分布的部位也不尽相同,如东亚飞蝗蝗蝻刺形感器较腔形感器多,分别占感器总数的 12% 和 8% ,且主要集中分布于 8 ~ 16 节和 16 ~ 22 节(邵奇妙等,2002) ; 但西藏飞蝗蝗蝻则与之相反,分别为 13% 和 14. 9% ,且不呈现明显的集中分布现象。

郭郛等(1991) 发现东亚飞蝗毛形感器和刺形感器的功用应是司触觉的; 而姚永生等(2004) 则发现铜绿丽金龟的锥形感器主要是对外界普通气味刺激起作用。西藏飞蝗分布于青藏高原,由于高原特殊的地理环境和气候条件,西藏飞蝗为适应高海拔、强日照、高辐射、昼夜温差大等这一系列的恶劣环境,其触角感器势必因长期协同进化而产生与之环境相适应的某些功能。但究竟具有哪些特殊功能有待深入研究。

西藏飞蝗蝗蝻与成虫触角感器存在一些差异。通过统计发现 4 龄蝗蝻感器数量较成虫少,但因蝗蝻触角节数少于成虫,因此实际结果为蝗蝻触角单位节数的感器密度略高于成虫; 蝗蝻与成虫触角在感器分布方面也不完全相同,且各种感器在形态上蝗蝻相对成虫偏小。西藏飞蝗雌、雄成虫触角感器在形态、类型和分布上无明显差异,但在数量上雄成虫比雌成虫略多; 散居型相对群居型而言感器数量更多,这可能是由于散居型的昆虫对寄主植物、产卵场所等的感知和定位能力具有更高的要求(那杰等,2008) 。

本研究首次对西藏飞蝗触角感器的超微形态结构及感器特征进行了报道,为进一步探讨西藏飞蝗接受信息化合物的机理奠定了基础,同时也为其生态治理提供了依据。

参考文献(References)

Altner H, Routh C, Loftus R, 1981. The structure of bimodal chemo⁻, thermo⁻, and hygroreceptive sensilla on the antenna of *Locusta migratoria*. *Cell Tissue Research*, 215 (2): 289—308.

Burguiere L, Marion-Poll F, Cork A, 2001. Electrophysiological responses of female *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera; Noetuidae) to synthetic host odours. *J. Insect Physiol.*, 47(4/5): 509—514.

陈湖海, 康乐, 1998. 蝗虫触角感受器及其生态学意义. 动物学杂志, 33(3): 46—49.

陈永林,1963. 飞蝗新亚种——西藏飞蝗 *Locusta migratoria tibetensis* subsp. n. 昆虫学报, 12(4): 463—474.

陈永林, 2000. 中国的飞蝗研究及其治理的主要成就. 昆虫知识, 37(1): 55—59.

高泽正, 吴伟坚, 梁广文, 2006. 中华微刺盲蝽触角环境扫描电镜观察. 华南农业大学学报, 27(4): 18—20.

郭郛, 陈永林, 卢宝廉, 1991. 中国飞蝗生物学. 北京: 山西科学技术出版社. 154—162.

江南, 李庆, 周建华, 肖银波, 2010. 麻疯树柄细蛾交配节律及其性信息素粗提物的研究. 昆虫知识, 47(2): 355—359.

匡健康, 杨刚, 封传红, 冯晓东, 罗林明, 2008. 甘孜州西藏飞蝗发生为害情况及综合治理对策. 中国植保导刊, 28(7): 31—32.

李坤, 罗梅浩, 赵国强, 刘晓光, 2006. 烟实夜蛾 (*Helicoverpa assulta* Guenee) 触角感器的超微结构观察. 河南农业大学学报, 40(3): 250—253.

李庆, 封传红, 张敏, 蒋凡, 杨刚, 罗林明, 2007. 西藏飞蝗的生物学特性. 昆虫知识, 44(2): 210—213.

李庆, 王思忠, 封传红, 张敏, 蒋凡, 杨刚, 罗林明, 2008. 西藏飞蝗(*Locusta migratoria tibetensis* Chen) 耐寒性理化指标. 生态学报, 28(3): 1314—1320.

马瑞燕, 杜家纬, 2000. 昆虫的触角感器. 昆虫知识, 37(3): 179—182.

那杰, 于维熙, 李玉萍, 董鑫, 焦娇, 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.

邵奇妙，张龙，李文，贾君镇，2002. 东亚飞蝗触角感受器的外部形态及分布. 中国农业大学学报，7(1)：83—88.

杨慧，严善春，彭璐，2008. 兴安落叶松鞘蛾触角及其感器的扫描电镜观察. 昆虫知识，45(3)：405—417.

杨群芳，韩菊兰，李庆，2010. 光滑足距小蠹成虫触角感受器的电镜扫描观察. 昆虫知识，47(3)：520—524.

杨群芳，廖志昌，李庆，杨刚，封传红，蒋春先，2008. 西藏飞蝗食性及其防治指标. 植物保护学报，35(5)：399—404.

姚永生，袁国徽，罗梅浩，2004. 铜绿丽金龟成虫触角感受器的超微结构观察. 华北农学报，19(3)：96—99.

Zaeharuk RY, Shields VD, 1991. Sensilla of immature insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 36: 331—354.