

东亚飞蝗触角感受器的外部形态及分布^①

邵奇妙¹ 张龙^{1*} 李文¹ 贾君镇²

(1 中国农业大学植物保护学院, 北京 100094)

(2 中国农业大学应用化学学院电镜室, 北京 100094)

摘要 报道了不同龄期、生物型、性别和生理状态的东亚飞蝗触角感受器外部形态和分布的扫描电镜观察结果。东亚飞蝗触角感受器有毛形、刺形、锥形、腔锥形及腔形 5 种类型。毛形感受器直立于触角表面, 细长且顶端略弯曲, 主要分布在触角第 1~2 节。刺形感受器直立于触角表面的表皮领中, 顶端弯曲或不弯曲, 在触角各节上呈均匀分布。锥形感受器粗短, 直立于触角表面, 其数量约占总数量的 50%, 集中分布在触角第 10~20 节。腔锥形感受器为 1 个锥状突起, 着生于 1 个陷于表皮下的腔中, 小锥表面有沟纹, 顶端有小孔。腔形感受器为 1 个直径约 3~4 μm 空腔, 或者腔内有非常小的锥状感受器。腔锥形感受器和腔形感受器分布在触角第 10 节以后, 在第 10 节以前分布很少。对感染微孢子虫的东亚飞蝗成虫触角感受器进行了观察, 发现感受器分布并没有发生改变, 但有些感受器出现畸形。

关键词 东亚飞蝗; 触角感受器; 类型; 外部形态; 分布

中图分类号 S433.2

Fine Structure and Distribution of the Sensilla on the Antennae of *Locusta migratoria manilensis*

Shao Qimiao¹ Zhang Long¹ Li Wen¹ Jia Junzhen²

(1 College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

(2 Biotechnology Laboratory, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract There are five types of sensilla on the antennae of *Locusta migratoria manilensis*, namely, sensilla trichodae, sensilla chaetica, sensilla basiconica, sensilla coeloconica and sensilla cavity. Sensilla trichodae are slender and hairlike that inserted in the cuticle and only found on the surface of the scape and pedicel. Sensilla chaetica are similar but more robust and distributed uniformly on the antennae. Sensilla basiconica are also hairlike but very short and may be reduced to pegs or cones. The number of sensilla basiconica is 50 percents of the total number of the sensilla and they are concentrated on the antenna segments 10~20. On the other hand, the distribution of sensilla on the antennae of the locust infected with *Nosema locustae* is about the same as the healthy one. But the morphology of the sensilla has changed a little, mainly in the stripe on the surface of the antennae.

Key words *Locusta migratoria manilensis*; antennal sensilla; type; structure; distribution

东亚飞蝗是威胁我国农牧业生产的重要害虫^[1]。东亚飞蝗具有群居、远距离迁飞和食量大、生殖力高等特点, 每次发生常常造成严重的经济损失^[2]。信息化合物是调节飞蝗行为的主要因素, 而接受信息素的感受器主要位于触角之上^[3]。因此, 随着人们对昆虫的信息素与行为

收稿日期: 2001-04-13

①教育部骨干教师资助项目(2001~2002)

*张龙, 副教授, 研究方向为害虫生物防治。联系作者。

的关系的日益重视,人们对触角感受器的研究也日渐深入^[4]。国内已采用光学显微镜对东亚飞蝗触角感受器进行了研究^[5]。国外已经对沙漠蝗触角感受器类型、分布、细微结构和功能进行的研究指出,毛形感受器主要感受聚集激素,腔锥形感受器主要感受植物气味等^[6,7]。研究东亚飞蝗触角感受器的外部形态和分布将有助于确定其功能,为理解飞蝗感受信息化化合物的机理、实现调控飞蝗行为奠定基础。

1 材料与方 法

群居型4龄东亚飞蝗蝗蛹和成虫、健康成虫(雌、雄):中国农业大学植保系害虫生防实验室群体饲养,温度27~30℃,湿度60%~70%,光照:24h,饲料:玉米。

散居型4龄东亚飞蝗蝗蛹:在室外玉米地里1头/笼饲养。

感染蝗虫微孢子虫的东亚飞蝗成虫:东亚飞蝗蝗卵孵化后,饲养,蝗蛹于4龄接种蝗虫微孢子虫;饲养至成虫后,将触角剪下,同时碾磨蝗虫尸体,加水过滤后,在400倍光学显微镜下镜检,观察是否感染上蝗虫微孢子虫。

将在-20℃下低温保存的上述条件下饲养的东亚飞蝗的触角若干个取下,将每个个体的触角分成若干小段,沿纵向剖开,在滤纸上展平,然后在载物台上将每一段按顺序接起来,喷金,用日立S570扫描电镜进行观察,并按感受器类型计数。

2 结 果

2.1 4龄群居型东亚飞蝗触角感受器

2.1.1 外部形态 4龄群居型东亚飞蝗触角感受器类型有毛形、刺形、锥形、腔锥形和腔形5种。毛形感受器(图1-1)长约60μm,直立于触角表面,细长且顶端略弯曲。刺形感受器(图1-2)长约13~16μm,着生于直径为6~8μm表皮领中,直立于触角表面,顶端弯曲或顶端不弯曲。锥形感受器(图1-3)长约6μm,着生于直径为4μm的碗形凹陷中,直立于触角表面。腔锥形感受器(图1-4),为1个长约2μm的小锥状感受器着生于直径约6μm的腔中,小锥表面有沟纹,顶端有小孔。腔形感受器(图1-5)有一个直径约3~4μm空腔,或者腔底部有1个非常小锥状感受器。

2.1.2 分布 4龄群居型蝗蛹触角感受器的总数有1200多个。毛形感受器数量较少,主要分布在触角第1~2节。刺形感受器占总数量的12%,在触角各节上均有分布,而且在触角第1节的基部1个区域集中分布了多个刺形感受器,第8~16节也有大量分布。锥形感受器占总数量的45%,在第11~16节有大量的分布,其余各节分布较少。腔锥形感受器占总数量的26%,在触角第13~22节大量分布,第1~10节以前基本无此种感受器的分布。腔形感受器占总数量的8%,触角第16~22节有分布,其余各节均很少。另外感受器在触角每1节上的分布也是不均匀的。迎风面感受器分布较密集,背风面感受器分布较稀疏。

2.2 4龄散居型东亚飞蝗触角感受器

2.2.1 外部形态 见图1-6和1-7,与4龄群居型蝗蛹相比,散居型蝗蛹触角上刺形感受器较粗壮,直径最大处可达3μm,长约12~14μm,最长的可达25μm,直接着生于触角表面的表皮领中。锥形感受器比刺形感受器粗短,长约2~5μm,直径最大处可达3.7μm,在感受器顶

端可见一个直径约 $0.5\sim 1\ \mu\text{m}$ 的微孔。腔锥形感受器表面上有整齐的沟纹，腔内小锥状感受器顶端有一个直径不足 $0.1\ \mu\text{m}$ 的微孔。

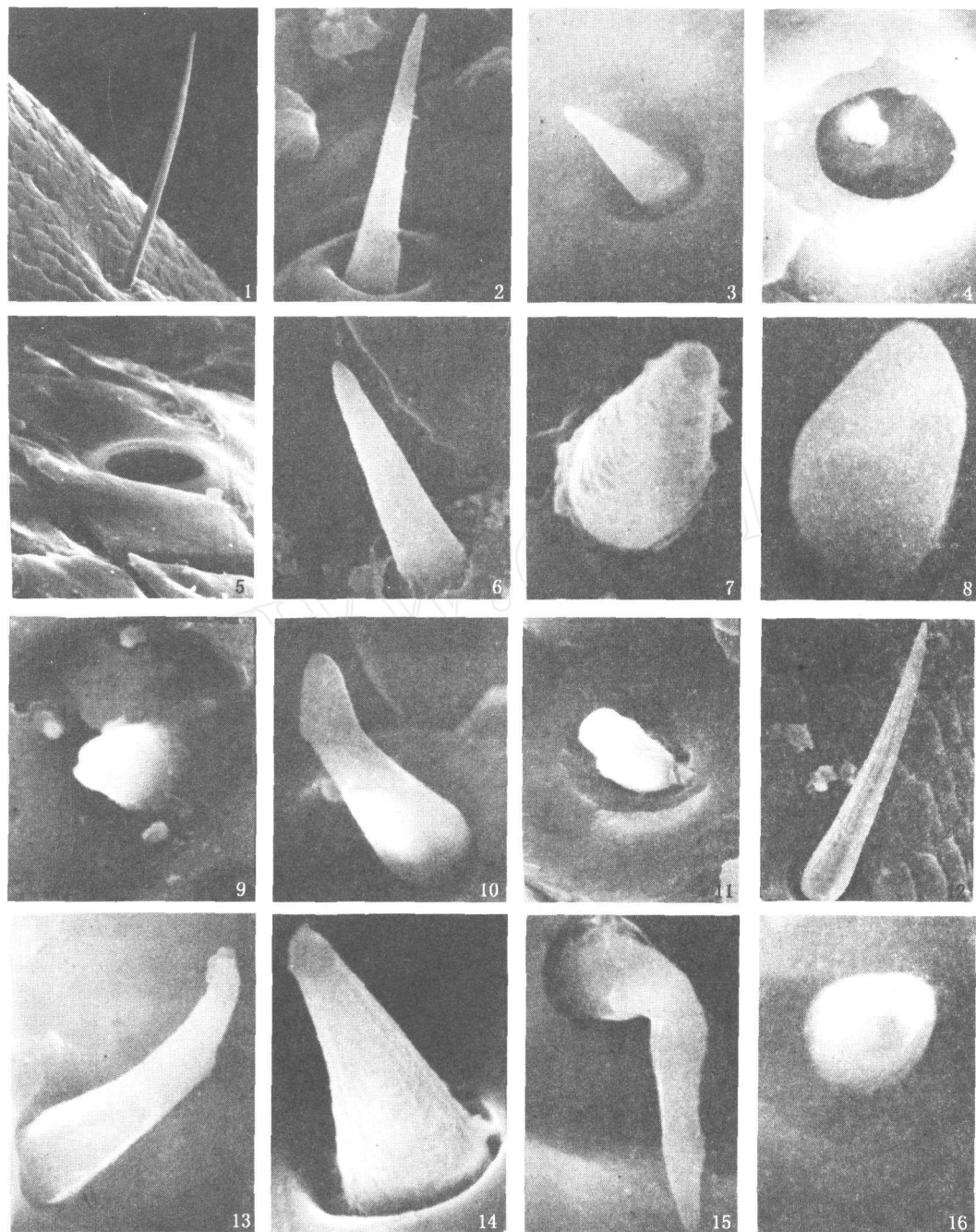


图 1 东亚飞蝗触角感受器的形态

- 1 毛形(雄成虫), 2 刺形(4 龄群居型蝗蚱), 3 短锥形(4 龄群居型蝗蚱), 4 腔锥形(4 龄群居型蝗蚱),
 5 腔形(4 龄群居型蝗蚱), 6 刺形 I (4 龄散居型蝗蚱), 7 锥形(4 龄散居型蝗蚱), 8 锥形 I (雄成虫),
 9 锥形 II (雄成虫), 10 锥形 III (雄成虫), 11 锥形感受器的变形(雌成虫), 12 毛形(病雄成虫),
 13 锥形(病雄成虫), 14 锥形(病雄成虫), 15 锥形(病雄成虫), 16 锥形(病雌成虫)。

2.2.2 分布 4龄散居型蝗蚧感受器总数约有1400个。毛形感受器数量很少,只在第2节和第3节有少量分布。刺形感受器的数量占总数量的21.6%,在触角各节上分布比较均匀。锥形感受器数量占总数量的46%,在触角第11~20节有大量分布,第17节最长达100个。腔锥形感受器数量占总数量的23%,大量分布在触角第15~20节,在触角第1~8节无分布。腔形感受器数量占总数的9.4%,在触角第8节以前无分布。

2.3 东亚飞蝗雄成虫触角感受器

2.3.1 外部形态(图1-8,1-9,1-10) 与蝗蚧触角感受器相比,毛形感受器更长,在100 μm 以上。刺形感受器长约15~33 μm ,沟纹很明显,中间有孔,顶端弯曲的刺形感受器长约15 μm ,比上述2种更粗,沟纹更明显。锥形感受器有长、中、短及圆形4种情况。长锥形感受器长度约8~10 μm ,中锥形感受器长约6~8 μm ,短锥形感受器长约3 μm ,圆锥形感受器长约5 μm ,感受器表面布满了微孔;而腔锥形感受器与腔形感受器均无大变化。

2.3.2 分布 东亚飞蝗雄成虫触角感受器约有4500个。毛形感受器数量极少,只在触角第1~2节各有几个。刺形感受器约占总数量的9%,在整个触角上呈均匀分布。锥形感受器约占总数量的50%,在鞭节第9~18节有大量分布,最长达261个,而在触角第2~7节基本无分布。腔锥形感受器占总数的19%,主要分布在触角第15~20节。腔形感受器数量占总数量的22%,在触角第10~20节分布较多,每1节大约有50个左右。腔锥形和腔形感受器在触角第1~7节均无分布。

2.4 东亚飞蝗雌成虫触角感受器

2.4.1 外部形态 雌成虫触角感受器类型基本与雄成虫一致,只是在雌成虫的触角上发现了1种锥形感受器的变形(图1-11)长约5 μm ,表面有微孔,与触角表面成锐角着生。

2.4.2 分布 东亚飞蝗雌成虫触角感受器约有4000个。毛形感受器的数量比雄成虫多,主要分布在触角第1节。刺形感受器占总数量的12.7%,分布与雄成虫一致。锥形感受器数量占总数量的50%,在触角第11~20节分布均超过100个,并且在第15~16节超过200个。腔锥形感受器数量占总数量的21.9%,在触角第12~16节大量分布但数量最多不超过130个,在触角第1~10节基本无分布。腔形感受器数量占总数量的14.8%,在触角各节分布较均匀,最多不超过70个。

2.5 病成虫触角感受器的外部形态和分布

2.5.1 类型(图1-12~1-16) 感染蝗虫微孢子虫病的雌成虫触角上的毛形感受器长约61 μm ,直立于触角表面,沟纹明显且略深凹。刺形感受器有非常大的弯曲现象。锥形感受器,顶端有2个小孔,小孔直径约有0.95 μm ,着生的碗形凹陷很大直径约有7 μm 。感染蝗虫微孢子虫病的雄成虫触角上的锥形感受器长约8~12 μm ,着生于下凹的碗形结构中,表面沟纹非常深,颜色较暗,尤其是顶部明显较暗。

2.5.2 分布 感染蝗虫微孢子虫病的成虫触角感受器的分布与健康的成虫基本一致。

3 讨论

通常将昆虫触角感受器描述为毛形感受器、刺形感受器、锥形感受器、腔锥形感受器、腔形感受器、坛形感受器、钟形感受器、栓形感受器、楔形感受器及鳞片形感受器共10种类型^[8]。我们对东亚飞蝗触角进行观察的结果表明该种昆虫触角上的感受器有毛形感受器、刺形感受器、锥形感受器、腔锥形感受器和腔形感受器5种主要的感受器类型。

3.1 4 龄群居型蝗蚬和散居型蝗蚬的触角感受器

从类型上看, 2 者均有上述 5 种类型的感受器。但是外部形态有较大的差别, 散居型蝗蚬触角上的刺形感受器和锥形感受器均比群居型蝗蚬触角上的更粗壮。刺形感受器顶端的孔更明显。从分布上来看, 散居型蝗蚬比群居型蝗蚬触角感受器总数多约 100 个, 除腔锥形外其余各个类型感受器均比群居型多。因为锥形感受器在 5 种不同类型的飞蝗触角中均占约 50% 的比例, 而且其为最主要的嗅觉感受器, 故用锥形感受器的比较来显示两者的变化。在触角第 1~7 节, 第 15~20 节散居型触角上锥形感受器均比群居型的多。

3.2 4 龄东亚飞蝗蝗蚬触角感受器与成虫触角感受器

以群居型 4 龄蝗蚬与雄成虫触角感受器为例来比较两者的差别。蝗蚬与成虫触角感受器在类型上基本无差别, 但形状、数量和分布却差别很大。形状的比较, 成虫触角感受器如: 毛形、刺形、锥形感受器均比 4 龄蝗蚬触角感受器更粗更长。成虫触角上的毛形感受器比蝗蚬上的长 40 μm , 感受器表面的沟纹比幼虫更深, 更明显。分布的比较, 成虫触角感受器总数比幼虫多约 3 000 个, 并且 5 种类型的感受器数量均比幼虫多。雄成虫触角各节上锥形感受器数量比 4 龄群居型蝗蚬上的均多, 以第 10~20 节为最。第 16~17 节成虫比幼虫的感受器多 200 个。而且成虫触角感受器的分布密度比蝗蚬触角上更大(图 2)。

3.3 东亚飞蝗雌成虫与雄成虫触角感受器

类型的比较, 雌成虫触角感受器比雄成虫触角多一种锥形感受器的变形。分布的比较, 雄成虫比雌成虫多约 500 个。其中腔锥形感受器 2 者差别不大, 毛形、刺形感受器雄成虫触角上均比雌成虫触角上更少, 而锥形和腔形感受器的数量雄成虫比雌成虫多。雄成虫触角上个别节除外, 感受器数量比雌成虫触角上多。

3.4 感染微孢子虫的东亚飞蝗成虫触角感受器与健康成虫触角感受器

微孢子虫是寄生于东亚飞蝗脂肪体而致病的原生动植物。感染微孢子虫的飞蝗行动迟缓, 对信息素反应的灵敏度下降。因此我们从外部形态和分布来比较感染微孢子虫后的东亚飞蝗的触角感受器的差别。外部形态上, 感染微孢子虫的东亚飞蝗与健康飞蝗有很大的差别。感受器表面的沟纹深且非常明显。还可以看到有双孔的锥形感受器, 有的锥形感受器甚至出现大幅度的弯曲现象。从分布上来看, 感病东亚飞蝗触角上刺形感受器和腔形感受器比健康东亚飞蝗上分别多 100 多个, 其他 3 种类型均无大的差别。

研究了不同形态、不同性别、不同龄期和不同生理状态的东亚飞蝗触角感受器类型、数量和分布, 基本上得出与信息素接受能力相吻合的结果。成虫比蝗蚬感受器数量多近 3 000 个, 而且比蝗蚬的触角感受器更粗壮, 可能是因为成虫比幼虫有更复杂的行为, 如求偶, 交配。另外雄成虫比雌成虫有更多的触角感受器, 散居型蝗蚬触角感受器的数量比群居型多, 这 2 个试验结果与国外对沙漠蝗触角感受器的研究结果一致。感染蝗虫微孢子虫的东亚飞蝗成虫行动缓慢, 对信息素的接受不灵敏, 可能与感受器的外部形态的变化有关, 也可能与内部结构有关, 或与触角上气味分子结合蛋白的变化有关, 这些原因正在进一步的研究。国外对蝗虫触角感受器的研究发现感受器的数量、类型随饲料的不同而不同^[9]。沙漠蝗触角上没有对腔形感受器的报道^[6]。刘玉素用光学显微镜研究东亚飞蝗触角感受器认为触角上有毛形、刺形、锥形、腔锥形和栓锥形感受器 5 种类型, 而本文没有发现栓锥形感受器^[5]。另外东亚飞蝗触角上存在腔形感受器, 而在光学显微镜观察时没有发现。腔形感受器是腔锥形感受器发育过程中的一个形态还是本来就存在此种感受器类型, 这些问题都有待于进一步研究。

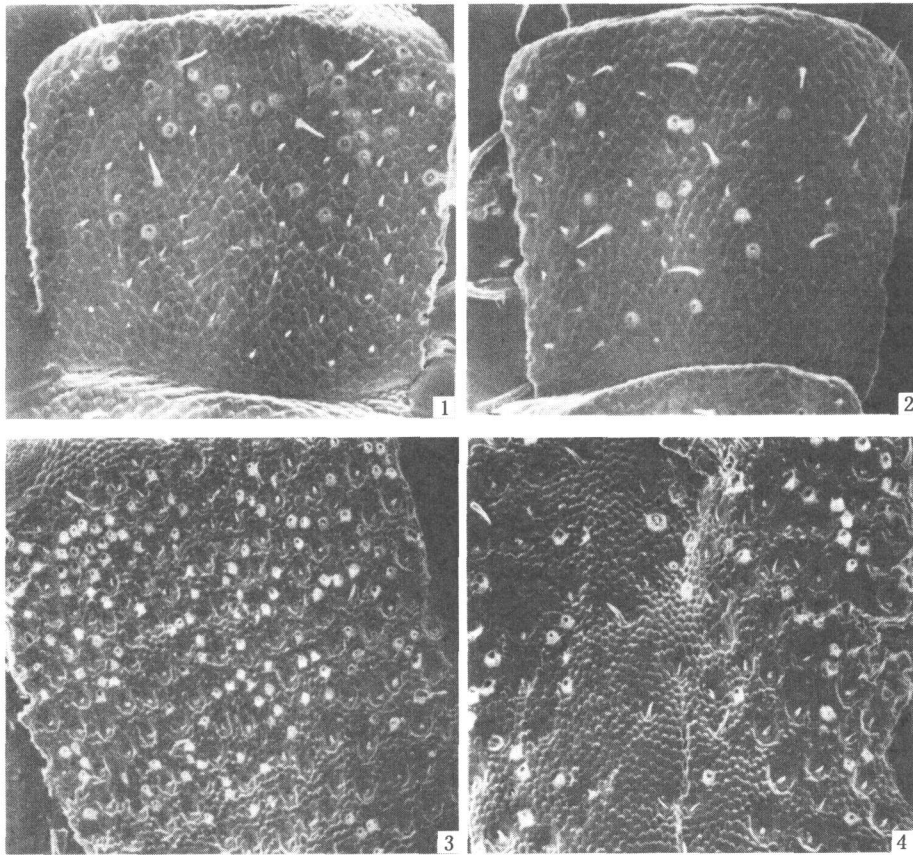


图2 东亚飞蝗触角感受器的分布

- 1 4龄群居型蝗蚱第15节触角上感受器的分布(迎风面), 2 4龄群居型蝗蚱第15节触角上感受器的分布(背风面), 3 雄成虫第15节触角上感受器的分布(迎风面), 4 雄成虫第15节触角上感受器的分布(迎风面)。

本研究得到中国农业大学严毓骅教授、魏德忠副教授、李文博士、石旺鹏博士、中国科学院张善干研究员的大力支持, 中国农科院原子能研究所的张金城老师也给予了很大帮助, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 陈永林. 蝗虫和蝗灾. 生物学通报, 1991, 11: 9~12
- 2 郭鄂, 陈永林, 卢宝廉. 中国飞蝗生物学. 济南: 山东科技出版社, 1989
- 3 陈湖海, 康乐. 蝗虫触角感受器及其生态学意义. 动物学杂志, 1998, 33(3): 46~49
- 4 马瑞燕, 杜家纬. 昆虫的触角感受器. 昆虫知识, 2000, 37(3): 179~182
- 5 刘玉素, 卢宝廉. 东亚飞蝗的感觉器官和附肢的组织构造. 昆虫学报, 1960, 10(3): 243~272
- 6 Ochieng S A, Hallberg E, Hansson B S. Fine structure and distribution of antennal sensilla of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae). Cell Tissue Res, 1998, 291: 525~536
- 7 White P R, Reginald F, Chapman T. Chemoreception in the polyphagous grasshopper *Schistocerca americana*; behavioral assays, sensilla distributions and electrophysiology. Physiol Entomol, 1990, 15: 105~121
- 8 Keil A T, Steinbrecht R A. Mechanosensitive and olfactory of insects. In: King R C, Akai H, eds. Insect Ultrastructure. Newyork Plenum Publishing Corporation, 1984, 477~515
- 9 Bland R G. Antennal sensilla of Acrididae (Orthoptera) in relation to subfamily and food preference. Ann Entomol Soc Am, 1989, 82 (3): 368~384