

棉铃虫雄蛾触角的毛形感器对其性信息素组分及类似物的反应*

吴才宏

(北京大学生物学系, 北京 100871)

摘要 本文用单细胞电反应的记录方法, 测定了棉铃虫 *Heliothis armigera* Hubner 雄蛾触角的毛形感器对其性信息素组分及雌蛾腹部提取物的反应, 发现顺-11-十六碳烯醛和顺-9-十六碳烯醛能引起反应。对前者发放大脉冲, 对后者发放小脉冲, 对雌蛾腹部提取物发放大、小两种脉冲, 但以大脉冲为主。

关键词 棉铃虫 毛形感器 单细胞记录 性信息素

棉铃虫 *Heliothis armigera* Hubner 是一种危害广泛的农业害虫, 分布在亚洲、非洲、南欧和澳大利亚。Piccardi 等 (1977) 提出顺-11-十六碳烯醛 (Z-11-16: Al) 是棉铃虫雌蛾信息素的主要组分, 同时指出可能还存在一些附加组分。Gothilf 等 (1978a) 及 Rothschild (1978) 也相继报道顺-11-十六碳烯醛是棉铃虫性信息素的主要组分。Nesbitt 等 (1977) 在棉铃虫雌蛾腹部的提取物中分离出顺-11-十六碳烯醛及顺-11-十六碳烯醇 (Z-11-16: OH), 均有 EAG 活性。只是在极少数种棉铃虫 (*Malawi origin*) 发现顺-9-十六碳烯醛 (Z-9-16: Al) 也具有 EAG 活性。Kehat 和 Dunkelblum (1990) 用化学分析结合行为反应试验, 从棉铃虫雌蛾腺体的提取物中分离出六种具有性引诱活性的组分, 分别为顺-11-十六碳烯醛, 顺-9-十六碳烯醛, 顺-11-十六碳烯醇, 顺-7-十六碳烯醛 (Z-7-16: Al), 顺-9-十四碳烯醛 (Z-9-14: Al) 及十六碳烯醛 (16: Al)。

本研究用单细胞记录方法, 测定棉铃虫雄蛾触角的嗅觉感受细胞对性信息素各组分及性腺提取物的反应, 以确定感受细胞的类型及性信息素各组分的活性。

材料和方法

本研究所用的棉铃虫蛹由中国科学院上海昆虫研究所提供。虫蛹雌雄分离, 室温下保存在铺有潮湿滤纸的玻璃皿内。取羽化后第二天的雄蛾作为实验材料。

单细胞记录参照 Kaissling 和 Thorson (1980) 报道的方法, 采用离体触角, 记录电极套在切去尖端的嗅觉毛上, 参考电极插入触角的基部。玻璃微电极内灌以鳞翅目昆虫的任氏溶液。用银-氯化银丝作引导。前置放大器的输入阻抗高于 $10M\Omega$, 高通滤波为 $3kHz$, 低通滤波为 $10Hz$ 。神经脉冲用监听器监听, 并在 VC-10 示波器上显示, 同时用四道喷水记录器和磁带记录器同步记录, 以备计算机作进一步分析处理。

本文于 1991 年 11 月收到。

* 国家自然科学基金资助项目。

感谢陈德明教授的指导, 孟联忠同志审阅原稿, 唐贤汉同志提供棉铃虫, 林国强同志和任世珍同志提供样品。

用作气味刺激的合成性信息素化合物由中国科学院动物研究所和上海有机化学研究所提供。以下几种化合物被用于试验：Z-11-16:Al, Z-11-16:OH, Z-9-16:Al, Z-11-14:Al, Z-9-14:Al 和 Z-7-16:Al。上述合成化合物用重蒸正己烷稀释，刺激化合物的浓度从 $0.1\mu\text{g}/\mu\text{l}$ 到 $1\mu\text{g}/\mu\text{l}$ 以 10 倍之差配成四个级差。每种浓度样品取 $10\mu\text{l}$ 滴在 $15 \times 7\text{mm}^2$ 的滤纸上，滤纸放在一端磨口的玻璃管内，磨口端连接气流系统，出口对准触角，与触角相距 5cm。气流量为每秒 100 毫升。刺激期间由电磁阀控制，两次刺激间隔不小于 2 分钟，间隔期间通以新鲜气流，以除去触角周围的气味分子。

腺体提取物是用 $20\mu\text{l}$ 正己烷浸泡两头雌蛾腹部第 8、9 节的节间膜约 5 分钟而获得。

结 果

本研究用单细胞记录的方法，测定了 18 个棉铃虫的触角对 6 种试验化合物的反应，

发现 Z-11-16:Al 引起的反应最强，Z-9-16:Al 次之，其余 4 种化合物的活性较弱。从图 1 的剂量-反应关系曲线可以看出，要达到相同的反应强度，Z-9-16:Al 的刺激剂量必须较 Z-11-16:Al 高出 10 倍以上。图中其余 4 种化合物分别为 Z-9-16:OH(2)，Z-11-14:Al(4)，Z-9-14:Al(5)，Z-7-16:Al(6)。刺激剂量从 $10^{-3}\mu\text{g}$ 到 $1\mu\text{g}$ ，以 10 倍之差分为四个等级。随着刺激剂量增加，平均感受器电位的幅度也随着增加，但 Z-11-16:Al 引起的反应增加的速度远高于 Z-9-16:Al。

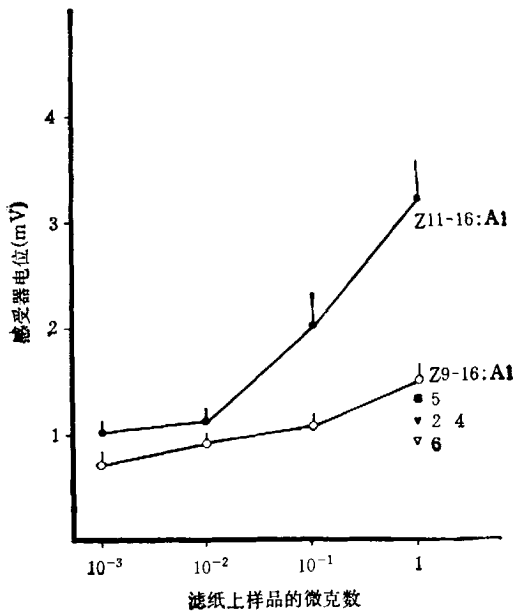


图 1 棉铃虫雌蛾触角对性信息素组分的剂量-反应关系曲线 Z-11-16:Al($n=9$), Z-9-16:Al($n=9$), 5 为 Z-9-14:Al($n=18$), 2 为 Z-11-16:OH($n=18$), 4 为 Z-11-14:Al($n=18$), 6 为 Z-7-16:Al($n=18$)。短垂线代表标准误差, n 为重复次数。

图 2 是从同一毛形感器记录了对性腺提取物 (2Fe)Z-9-16:Al 及 Z-11-16:Al($0.1\mu\text{g}$) 的反应。图 2A 是对 2 头雌蛾性腺提取物的反应，记录到两种不同振幅的神经脉冲，以大脉冲为主；图 2B 是对 Z-9-16:Al ($0.1\mu\text{g}$) 的反应，脉冲振幅较小，发放频率较低；图 2C 是对 Z-11-16:Al ($0.1\mu\text{g}$) 的反应，神经脉冲

振幅较大，发放频率较高，感受器电位幅值达 3mV 以上。

图 3 表明毛形感器对不同剂量的 Z-11-16:Al 的反应，剂量范围从 $10^{-3}\mu\text{g}$ 到 $1.0\mu\text{g}$ ，分为四个等级。可以清楚地看到，反应强度随刺激剂量的加大而增强，表现为反应的潜伏期缩短，神经脉冲发放频率增加，感受器电位振幅增加。

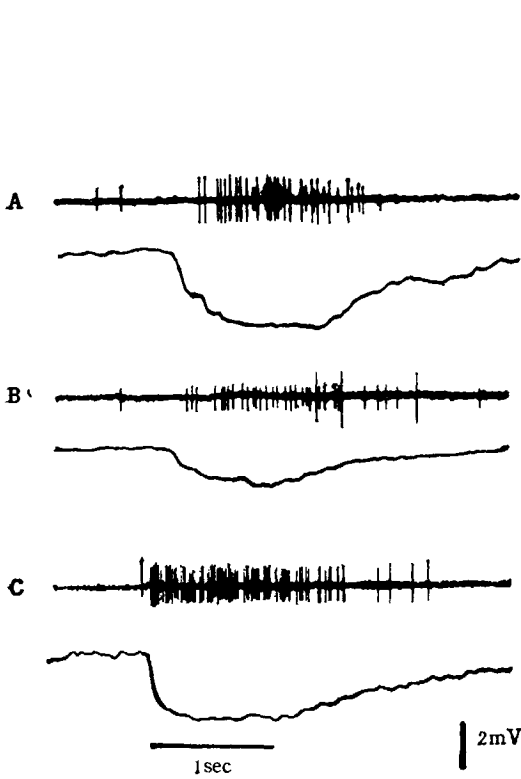


图2 棉铃虫雄蛾触角单个毛形感器的电反应
A. 对雌蛾腺体提取物(2Fe)的反应 B. 对 Z-9-16:Al(0.1 μ g)的反应 C. 对 Z-11-16:Al(0.1 μ g)的反应;每个图中上线为神经脉冲,下线为感受器电位;底部短黑线为刺激期间。

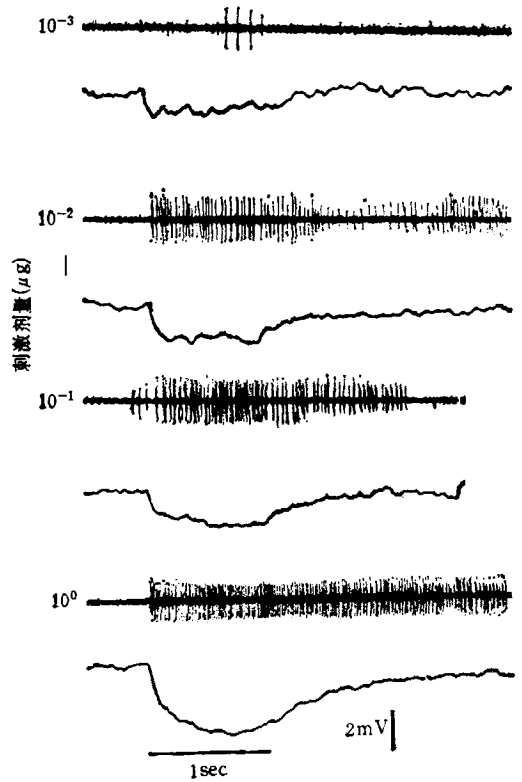


图3 棉铃虫雄蛾触角嗅觉感受细胞对不同剂量 Z-11-16:Al 的反应
每个图中上线为神经脉冲,下线为感受器电位;底部短黑线为刺激期间。

讨 论

棉铃虫性信息素系统各组分化学结构鉴定及田间诱捕试验,已经研究多年,有过不少报道。腺体提取物中有 5 种化合物早已被鉴定为其性信息素组分: Z-11-16:Al, Z-9-16:Al, 16:Al, 16:OH, Z-11-16:OH (Dunkelblum 等, 1980; Gothilf 等, 1978a、b; Nesbitt 等, 1979、1980; Piccardi 等, 1977; Rotschild, 1978)。近年,另有 2 种化合物被鉴定: Z-7-16:Al 和 Z-9-14:Al (Kehat 等, 1990)。关于棉铃虫雄蛾触角的单细胞反应研究尚未见报道。单细胞反应比触角电位 EAG 能提供更多的信息,根据脉冲幅度的大小可以区分不同类型的嗅觉感受细胞。单细胞反应灵敏度高,是一般微量分析化学及 EAG 反应测定所不及的。本研究得到的结果与前人报道的行为反应及田间诱捕试验的结果一致 (Kehat 等, 1990)。田间试验研究表明, Z-11-16:Al 与 Z-9-16:Al 的配比为 97:3 时诱捕雄蛾效果最好。单细胞反应研究表明, Z-11-16:Al 的活性最强,是棉铃虫雌蛾性信息素系统的主要组分, $10^{-3}\mu\text{g}$ 的刺激剂量下可以引发大振幅脉冲; Z-9-16:Al 活性较低,在 $10^{-1}\mu\text{g}$ 的刺激剂量下可以引发小振幅脉冲,它可能是次要成分,其它组分反

应更弱。行为反应研究表明,Z-7-16:Al 被证明为与雄蛾着陆有关,Z-9-14:Al 或 Z-11-16:OH 加入到主要组分中,会减弱雄蛾的行为反应,可能起一种抑制剂的作用。由于行为反应是中枢整合后的整体反应,因此在外周反应的研究中,某些组分的生理功能难以识别。本研究的结果表明,棉铃虫雄蛾触角中的毛形感器中,至少存在两种不同类型的嗅觉感受细胞。棉铃虫性信息素发放和感受系统是十分复杂的,尚待在不同水平上进行深入研究,以期阐明作用机制,将会使性信息素应用在棉铃虫综合防治中发挥更大的作用。

参 考 文 献

- Dunkelblum, E., S. Gothilf & M. Kehat 1980 Identification of the sex pheromone of the cotton bollworm, *Heliothis armigera*, in Israel. *Phytoparasitica* 8: 209—11.
- Gothilf, S., M. Kehat, M. Jacobson & R. Galun 1978a Screening pheromone analogues by EAG technique for biological activity on males of *Earias insulana*, *Heliothis armigera* and *Spodoptera litoralis*. *Envir. Ent.* 17: 31—5.
- Gothilf, S., M. Kehat, M. Jacobson & R. Galun 1978b Sex attractants for male *Heliothis armigera* (Hbn). *Experientia* 34: 853—4.
- Kaissling, K. E. & J. Thorson 1980 Insect olfactory sensilla: Structural, chemical and electrical aspects of the functional organization. In: Receptors for Neurotransmitters, Hormones and Pheromones in Insect, hrg. v. D. B. Satelle, L. M. Hall and J. G. Hildebrand, 261—62. Amsterdam, 1980: Elsevier/North-Holland.
- Kehat, M., E. Dunkelblum & S. Greenberg 1980 Field evaluation of female sex pheromone components of the cotton bollworm, *Heliothis armigera*. *Entomol. Exp. Appl.* 27: 188—93.
- Kehat, M. & E. Dunkelblum 1990 Behavioral responses of male *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) moths in a flight tunnel to combination of components identified from sex pheromone glands. *J. Insect Behavior* 3: 75—83.
- Nesbitt, B.F., P.S. Beevor, D.R. Hall, R. Lester M, Sterneicht & S. Goldenberg 1977 Identification and synthesis of the female sex pheromone of the citrus flower moth, *Prays citri*. *Insect Biochem.* 7: 355—9.
- Nesbitt, B. F., P. S. Beevor, D. R. Hall & R. Lester 1979 Female sex pheromone components of the cotton bollworm, *Heliothis armigera*. *J. Insect Physiol.* 25: 535—41.
- Nesbitt, B. F., P.S. Beevor, D.R. Hall & R. Lester 1980 (Z)-9-Hexadecenal: A minor component of the female sex pheromone of *Heliothis armigera*. *Entomol. Exp. Appl.* 27: 306—8.
- Piccerdi, P., A. Capizzi, G. Cassani, P. Spinelli, E. Arsura E. & P. Massardo 1977 A sex pheromone component of the old world bollworm *Heliothis armigera*. *J. Insect Physiol.* 23: 1443—5.
- Rothschild, G. H. L. 1978 Attractants for *Heliothis armigera* and *H. punctigera*. *J. Aust. Entomol. Soc.* 17: 389—90.

RESPONSES FROM SENSILLA ON THE ANTENNAE OF MALE *HELIOTHIS ARMIGERA* TO ITS SEX PHEROMONE COMPONENTS AND ANALOGS

WU CAI-HONG

(Department of Biology, Peking University, Beijing 100871)

Electrophysiological recordings of responses to its sex pheromone components from single olfactory receptor cells were carried out in the male cotton bollworm, *Heliothis armigera*. The sensory cells of the longest trichiform sensilla responded specifically to the pheromone components tested. Only two types of receptor neurons were found by inference of the measurements, each tuned to one of the female-produced components. The majority of the neurons were tuned to the major component (Z)-11-hexadecenal (Z-11-16:A1), which fired large spikes. Another group of neurons responded specifically to the stimulation with (Z)-9-hexadecenal (Z-9-16:A1), which fired small spikes. Electrophysiological recordings from these sensilla showed that (Z)-11-hexadecenal is a major component, (Z)-9-hexadecenal is a minor component.

Key words *Heliothis armigera*—sensilla trichodea—single cell's recording—sex pheromone