



点将科技

www.Dianjiangtech.com



■ 昆虫触角电位（行为）测量系统

- 昆虫触角电位的基本理论
- 昆虫触角电位图仪的原理
- 昆虫研究相关仪器设备
- 昆虫仪器设备的应用

■ 昆虫刺探电位测量系统

- 昆虫刺探电位仪器设备
- 昆虫刺探电位仪相关应用

■ 前言

在自然界里，随着新物种的发现，昆虫家庭日趋庞大，已占到动物物种的 2/3 以上。昆虫在亿万年的进化过程中具备了自己独特的适应环境的能力。择食、取食、觅偶、交配、繁殖、栖息、防御、迁移等等，这些适应性行为比其他动物更依赖于环境化学、物理因子的调节，昆虫触角是接受外来化学信号的主要器官。随着分子生物学的崛起，利用昆虫自身的生理生化微观特性探索其宏观行为的奥妙，已作为害虫防治中的新方向，其中触角感器的研究倍受重视，而且已取得显著进展。

在快速检测触角对气味的反应活性和敏感性方面，触角电位图 (Electroantennogram, EAG) 是个非常重要的生物测定方法。EAG 技术自 1957 被 Schneider 发明以来，由于它具有很高的敏感性和选择性，被广泛地应用于昆虫嗅觉研究中，成为昆虫信息素及其它挥发性信息化合物生物测定非常得力的工具之一。

德国 SYNTECH 公司由 EAG 发明人 Schneider 于 1971 年创立，40 年来一直致力于昆虫对嗅觉及味觉的敏感性研究，主要科研设备有昆虫触角电位 (EAG)、单细胞触角电位 (SSR)、昆虫味觉系统 (TasteProbe)、触角电位 - 气相色谱连用 (GC-EAD) 以及昆虫轨迹球 (Locomotion Compensation)。我公司作为 SYNTECH 中国唯一官方许可的销售及技术服务中心，将为广大昆虫及植保研究者提供更好的设备及技术服务。

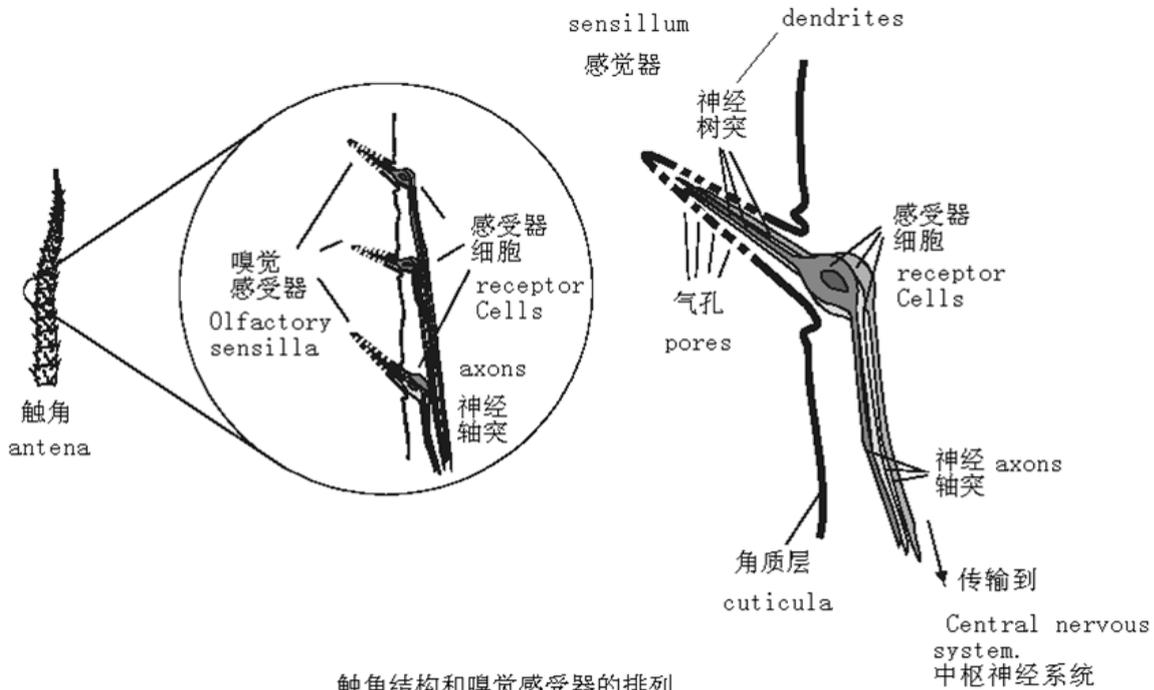


点将科技官方微信



昆虫触角电位的基本理论

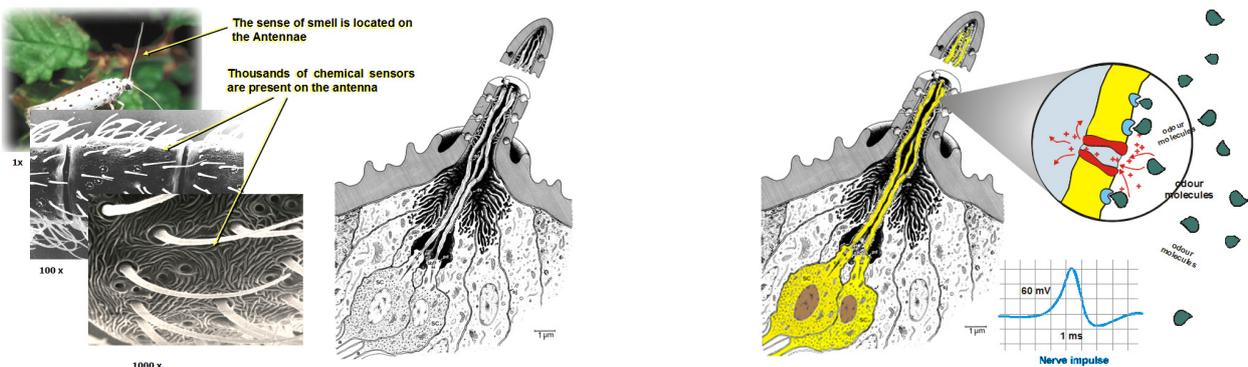
昆虫通常总是在左右上下不停地摆动触角，好像两根天线或雷达时刻在接受电波和追踪目标。因为触角上有许多感觉器和嗅觉器，与触角窝内的许多感觉神经末梢相连，又直接与中枢神经连网，非常灵敏，既能感触物体、感觉气流，又能嗅到各种气味，甚至是远距离散发出来的。



触角结构和嗅觉感受器的排列

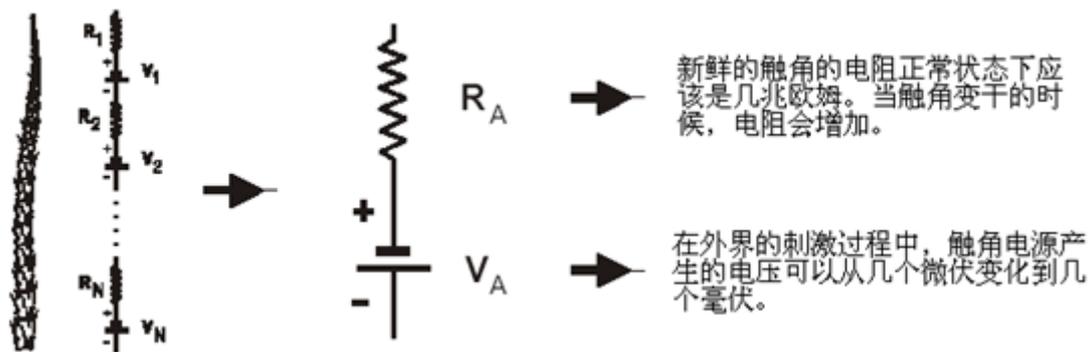
当受到外界刺激后，中枢神经便可支配昆虫进行各种活动。如二化螟的触角，可凭借水稻的气味刺激寻找到它的食物水稻，菜粉蝶的触角可根据接受到的芥子油气味很快发现它的食物十字花科植物。嗅觉最灵敏的是印第安月亮蛾，能从 11 千米以外的地方察觉到配偶的性外激素。有些姬蜂的触角可凭借害虫体上散发出的微弱红外线，准确无误地搜寻到躲在作物或树木茎杆中的寄主。

对于某些昆虫，触角还有其他作用。例如水生的仰鳍在仰泳时，将触角展开有平衡身体的作用；水龟虫用触角帮助呼吸；萤火虫的幼虫用触角捕捉猎物；芜菁的雄虫在交配时用触角来抱握雌虫的身体；云斑鳃金龟的雄虫用触角发声，像蟋蟀一样，用于招引雌虫。





昆虫触角上存在丰富多样的化学传感器，特别是毛形传感器和锥形感器，主要感受环境中的化学气味。气味通过传感器上的微孔进入感器淋巴液中，与淋巴液内的气味结合蛋白 (OBP) 相结合，形成气味—OBP 复合体，复合体再与感受细胞的树突膜相互作用，产生动作电位。动作电位信号通过轴突传入昆虫中枢神经系统，引起昆虫的行为反应。触角上的每个感受细胞可以被看作一个电源和一个电阻，一般电源电压非常微弱，几个微伏 (μV) 到几个毫伏 (mV)，而电阻很大，有几兆欧 ($M\Omega$)，而且这个阻值会在试验中随着触角慢慢干燥而增大。触角基部和端部之间有很多这样的感受细胞，蛾类昆虫的每根触角上就有约 55000 个这种细胞。当受到活性气味化合物刺激时，大量的感受细胞会产生相应的电生理反应，从而在触角基部和端部记录，可得到一个总的电位变化，这就是所谓的触角电位图。这个电位的变化幅度与化合物的种类和浓度相关 (赵新成等, 2004)。



■ 昆虫触角电位图仪的原理 (EAG)

触角电位图仪 (Electroantennography, 以下简称 EAG) 作为一种生物鉴定仪器被广泛的使用在试验昆虫学方面，它主要用于检测那些通过触角来感知世界的昆虫。检测的方法是基于 Schneider (1957) 的发现。当时 Schneider 记录了在外界激素的作用下昆虫触角的尖端和根部之间有一个很小的电压波动。尽管 EAG 信号背后的精密仪器不为人所知，但是它一般被假定为由昆虫触角里的嗅觉神经被电化消磁所引起的有规则的电压波动。

EAG 响应信号的振幅随刺激素的浓度增长而增长，直到达到了饱和状态。振幅的变化更依赖于刺激素的种类，昆虫的种类，昆虫的性别以及一些没有被很好定义的因素。

有严格的理论说明，不使用 EAG 将会被认为是一种经验主义的做法。经验主义的方法可以提供一些有实际经验的评价，但是不能提供昆虫嗅觉接受器的机理在生物学方面的基本数据。不过有实际经验的评价还是很值得考虑的。

EAG 方法可以被用在很多用途上。例如筛选生物学上有活性的化合物，净化萃取物，鉴定有活





性的馏分，选择有活性的人造化合物，作为气相色谱分析的检测头在野外的浓度测量。

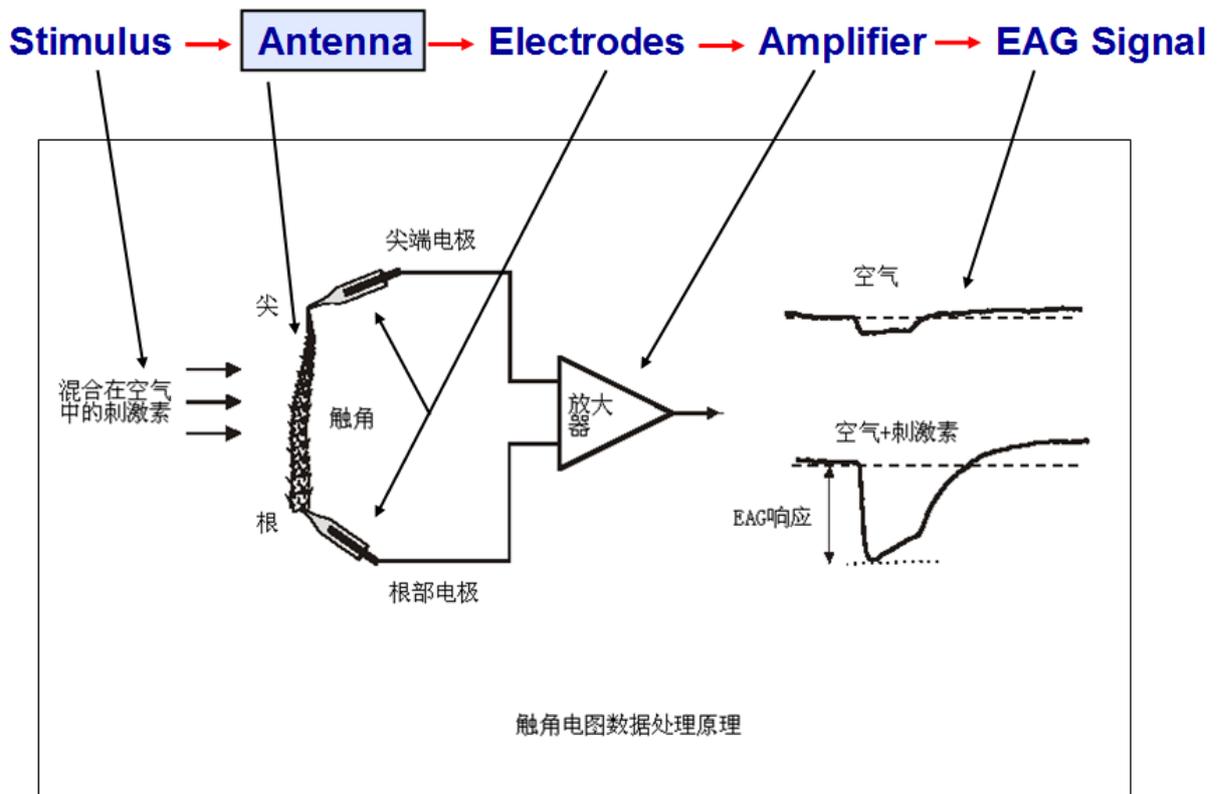
EAG 的数据记录在技术上相对简单，不需要使用很复杂的仪器。不过 EAG 的信号品质取决于很多因素，这些因素常常不能被很好认识到。大量不同种类的昆虫需要一个灵活的方法，同时还需要操作者即兴发挥的能力。



记录触角电压的微小变化需要灵敏的仪器，而且这个仪器不能影响触角的生理学过程，细小的电压波动必须被仔细的摘录下来，然后放大到足够大的水平来驱动记录仪器，例如示波器，绘图仪，计算机系统。

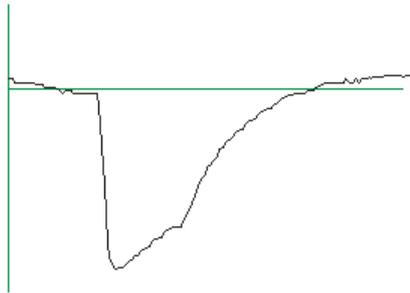
现代微电子学利用集成电路提供了一个高性能放大器的范围，这个范围非常适合用来处理 EAG 信号，这种类型的放大器通常是被称为可操作放大器或者运算放大器。

针对这个系统的说明主要是在触角试样和放大器输入电路方面。为了理解输入电路里的电子现象以及如何优化这个系统，触角试样和放大器输入电路需要被考虑成简化的电源和电阻，就好象触角可以被简化成电源和电阻一样，放大器的输入部分同样可以被简化成为一个电源和电阻的组合，但是，由于高质量的放大器输入部分电源的电压值是一个很低的常数。这个电源在分析输入电路的时候通常可以被忽略。





一旦触角被连接到放大器的输入终端上，电路就闭和了。这个闭和的电路是由三部分组成的：1、触角里的电源；2、触角里的电阻；3、放大器的输入电阻（放大器的电源部分被忽略）。如果我们熟悉了著名的欧姆定律，这个电路就变的非常的明显了，触角电阻两端的电压和放大器输入电阻两端的电压是由这两个电阻的比值决定的。换句话说，也就是放大器输入电阻比触角电阻高的越多，放大器输入部分两端的电压也就越大。这就是我们要测量的EAG响应。



例如：触角电源产生的电压为1毫伏，触角电阻是10兆欧姆，放大器的输入电阻是1兆欧姆，那么输入电路的电流就是 $I = V_a / (R_a + R_i) = 10^{-3} / (10^7 + 10^6) = 10^{-10}$ 安培（= 0.1毫微安培），那么测量的放大器输入部分两端电压为 $10^{-10} \times 10^6 = 10^{-4} \text{ V} = 0.1$ 毫伏。在这种情况下，从放大器里采集的电压大约是触角电源产生的电压的十分之一。这是因为放大器的输入电阻只是触角电阻的十分之一。如果放大器输入电阻是触角电阻的

十倍的话，那么测得的电压值就几乎和触角电源产生的电压一样了。这样对后期的信号放大很有好处。

通过这个欧姆定律的联系，我们可以得到以下结论。放大器输入端的电阻应该远远大于触角电阻，这样就可以精确的测量出触角电源产生的电压。现在使用的运算放大器的电阻阻值通常都是 $10^{12} \Omega$ ，甚至更大。

■ 相关仪器

EAG 昆虫触角电位测量系统

应用：EAG 昆虫触角电位测量系统用于记录昆虫触角电位在施加不同刺激物时的变化，研究昆虫的电生理，用于植保、生物防治、森林病害等研究领域。

原理：收集来自昆虫试验体的非常微弱的原始电信号，然后在软件（自动）控制下放大，生成比较强的电信号。

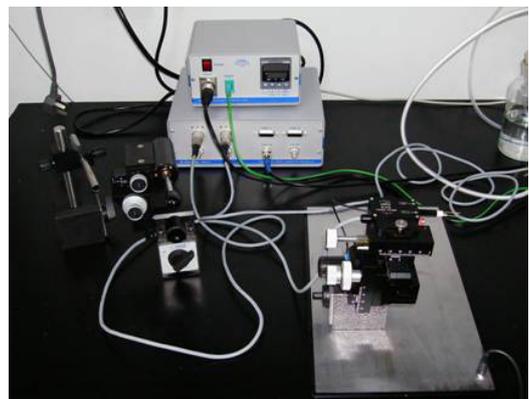
● 组成部分：

- ◆ IDAC-2 双通道 USB 接口数据采集控制器；
- ◆ EAG 和 GC/EAD 信号记录分析软件；
- ◆ PRG-2 昆虫触角电位探头；

◆ CS-55 刺激气流控制单元（内置气泵）；（可选 CS-01 刺激气流控制单元，需要实验室有 4-10bar 压缩空气泵）。

● 可选件：

- ◆ MP-15 显微操作台，当测量昆虫比较小时，建议选购；



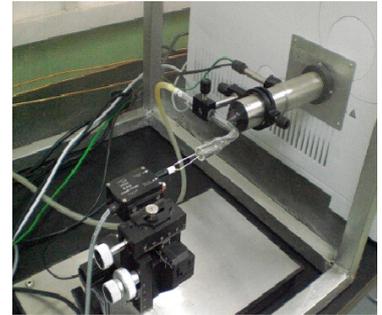


- ◆ EC-03 (EC-05) 气相色谱连接器，用于连接气相色谱。

● 系统性能特点：

● IDAC-2 双通道 USB 接口数据采集控制器

- ◆ 用于记录 EAG 和 GC-EAD 信号的双通道数据采集器控制器；
- ◆ 采用 USB 通讯端口，可以很方便和台式电脑或笔记本连接使用；
- ◆ 可自动或人工控制信号漂移，控制设置过滤器；
- ◆ 兼容 Syntech EAG 和 GC-EAD 软件；



● EAG 和 GC/EAD 信号记录分析软件

- ◆ 用于 Syntech IDAC 数据采集系统；
- ◆ 触发信号到达时，软件能够使记录时间、信号基线自动归零；
- ◆ 实时记录并显示触角电位图 (EAG)；
- ◆ 实时记录及显示气相色谱触角电位检测 (GC/EAD) 系统输出信号，最多可连续记录 5 小时；
- ◆ GC-EAD 跟踪记录时能够分析计算峰值区域，并对峰值区起止时间做标记；
- ◆ 幅度及时间单位可作放大缩小操作，使图形具备更好的外形，便于观察；
- ◆ 可为数据记录增加注释；
- ◆ 支持 Windows 标准格式图形输出；
- ◆ 所有生成的图形及数据都可打印；
- ◆ 支持 ASCII 数据格式输出。

● PRG-2 昆虫触角电位探头

- ◆ 专为采用导电胶连接昆虫触角的方式设计；
- ◆ 包括 3 个可更换的为不同尺寸的昆虫触角设计的固定器；
- ◆ 能使用纤维状的昆虫触角；
- ◆ 连接表面镀金处理；
- ◆ 高输入阻抗，10 级输入放大倍数调节；
- ◆ 可直接与 IDAC 连接。

● CS-55 刺激气流控制单元

- ◆ 不需要实验室建立空气过滤压缩系统；
- ◆ 内置空气泵具备消震功能；
- ◆ 内置活性炭过滤器，更换方便；
- ◆ 可提供连续和脉冲气流；
- ◆ 采用 LCD 显示屏调节控制；
- ◆ 流量 10-50ml/s 可调，不需要校准；
- ◆ 脉冲气流在 0.1-60 秒之间可调，调节步长 0.1 秒；





- ◆ 脉冲气流重复：间隔时间 1 – 60 秒可调；
- ◆ 输出信号兼容 SYNTECH 数据采集系统；
- ◆ 包括脚踏开关。

● MP-15 显微操作台

- ◆ 磁性吸附底座，装备有两个 X-Y-Z 三向可调的操作臂；
- ◆ 20×30cm 不锈钢底座保持定位；
- ◆ 右手操作臂采用非常易用精确的操作杆进行调节；
- ◆ 可调节刺激；
- ◆ 左操作臂上安装有高阻抗探头及电极夹；
- ◆ 能够与 IDAC 数据采集器直接连接；
- ◆ 与 IDAC 相连接不需要额外的放大器；
- ◆ 不需要静电屏蔽罩。



● EC-03 (30 cm)、EC-05 (50 cm) 气相色谱连接器

- ◆ 含加热功能；
- ◆ 数字控制加温，最大可达 350 摄氏度；

SSR 昆虫触角单细胞感受器电位记录系统

应用： SSR 昆虫触角单细胞感受器电位记录系统用于记录昆虫触角电位在施加不同刺激物时的变化，研究昆虫的电生理，用于植保、生物防治、森林病害等研究领域。

原理：收集来自昆虫试验体的非常微弱的原始电信号，然后在软件自动控制下放大，生成比较强的电信号。

昆虫触角单细胞 / 感受器电位记录 (SSR)：
用于测量昆虫触角单感受器对刺激物的响应。

● 信号采集器技术规格：

● IDAC-4 四通道 USB 接口信号采集控制器

- ◆ 四通道 USB 接口连接；
- ◆ 记录信号实时显示；
- ◆ 软件：获取、漂移校正、过滤、记录、命令输入；
- ◆ 50/60Hz 供电杂波过滤及漂移校正；
- ◆ 每个通道都可以进行独立的取样速率调节 (1/s-100k/s) 为传感器供电；
- ◆ 可以在实验中记录声音注释；
- ◆ 所有的输入输出信号独立；





- ◆可以对刺激进行时间上的控制；
- ◆刺激信号与反馈信号同时获取。
- ◆包含 EAG 和 Actionpotential 记录分析软件
- ◆用于 SYNTECH 数据采集器 IDAC 系统；
- ◆用于 WINDOWS 操作系统；
- ◆实时记录动作轨迹；
- ◆取样速率达到 $1\sim 50000/s$ ；
- ◆全波获取，可以达到 7 个小时；
- ◆交互的信号分级与提取；
- ◆广阔的漂移校正功能；
- ◆可以作出时间直方图；
- ◆可以作出信号频率相位；
- ◆双重实时的幅度组织图计算与显示；
- ◆多重刺激下的信号平均；
- ◆支持 WINDOWS 图形输出格式。

●探头信号放大器

- ◆兼容所有 SYNTECH 探头；
- ◆不需要额外的放大器；
- ◆LED 指示用于输入偏移；
- ◆通过开关可以很容易的控制取出输入偏移；
- ◆可设信号放大倍数 $1x$ 、 $10x$ 、 $100x$ 和 $1000x$ ；
- ◆内置过滤器消除基线漂移；
- ◆内置 Notch 过滤器分别用于 $50Hz$ 和 $60Hz$ ；
- ◆输出信号在 $-2.5V\sim +2.5V$ 之间；
- ◆采用金属外壳防止电磁噪音；
- ◆包含外部电源适配器。



●测量探头和电极固定器技术规格：

● PRS-1 通用单端探头

- ◆高阻抗电位计型输入 $OpAmp$ ；
- ◆防护输入罩到吸液管固定器；
- ◆电极直接两道到输入 $OpAmp$ 电位计；
- ◆包含不锈钢吸液管光固定器；
- ◆银丝容易替换（不需要焊接）；
- ◆电极固定器中有不锈钢轴。

●电极固定器，用于玻璃吸液管电极



- ◆ 不锈钢材质主体；
- ◆ 银丝容易替换（不需要焊接）；
- ◆ 主体中防护电位（不会泄露电流）；
- ◆ 适用于所有 Syntech 探头。



● 电极固定器，用于钨丝电极

- ◆ 用于替换玻璃吸液管电极固定器；
- ◆ 适用于所有 Syntech 探头。

● 刺激气流控制器技术规格：

● CS-55 刺激气流控制器

- ◆ 内置震荡补偿气泵；
- ◆ 内置活性炭进气过滤筒；
- ◆ 过滤筒容易更换；
- ◆ 可提供连续和脉冲气流；
- ◆ 图形液晶显示；
- ◆ 流量 10~50ml/s 可调，不需要校准；
- ◆ 脉冲气流在 0.1~60 秒之间可调，调节步长 0.1 秒
- ◆ 脉冲气流持续时间 1~60 秒可调；
- ◆ 输出信号兼容 SYNTECH 信号采集控制器；
- ◆ 适用于 EAG、GC/EAD 和 SSR 分析；
- ◆ 包括脚踏开关。



● 显微操作台技术规格：

● MP-22 显微操作台

- ◆ 非常小巧通用的结构；
- ◆ 双 x-y-z 三向显微操作器；
- ◆ 适用于玻璃电极和钨丝电极操作；
- ◆ 可直接与 IDAC 信号采集控制器连接；
- ◆ 与 IDAC 信号采集控制器连接不需要额外的放大器；
- ◆ 可调节的预备固定器；
- ◆ 可调节气体管。



● 附件技术规格：

● Spiker 触角信号模拟器

- ◆ 用于测试和校准整套记录系统；
- ◆ 模拟 1mv EAG 和尖峰信号；
- ◆ 可调阻抗 0、100k、1Mohm 和 10Mohm；



- ◆ 9V 电池供电，1 分钟无操作自动关机。

● 钨丝电极生成器

- ◆ 内置电源；
- ◆ 可调节输出电压 1~12V；
- ◆ 电极夹钳在垂直控制；
- ◆ 可调节碳电极夹钳；
- ◆ 碳电极和玻璃溶液瓶。



● 玻璃吸液管拉长器

- ◆ 供电：220V AC 50/60Hz
- ◆ 耗电：约 80W
- ◆ 加热水平：100= 加热电压 2.5V。



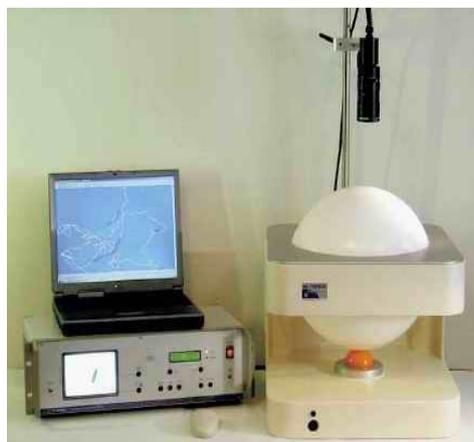
注：屏蔽法拉第笼和必要实验室小工具（镊子剪刀洗瓶等）请根据自身情况选择

轨迹球昆虫行为记录仪

系统设计用以研究和分析很小的生物体（比如，昆虫类，幼虫和螨类等）运动和方向的行为，数据通过 RS232 口在提供的软件里实时以 X-Y 坐标显示和记录。数据直接储存在计算机里。根据分析对象大小的不同，有三种型号可供选择。

● LC-300 型（针对比较大的昆虫）：

300mm 的伺服控制，分析对象约为 1-10mm，速度补偿 0-30cm/s，内置彩色显示系统，RS232 接口，实时速度和方向。





● LC-700 型 （很小至大体型动物）：

770mm 的伺服控制，最大可做成 1700mm，分析对象可以为很小的至 15-20cm；内置彩色显示系统，USB 接口，实时速度和方向。



●详细配置：

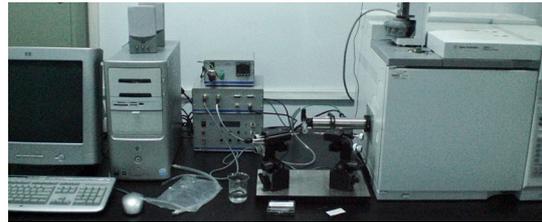
型号	LC-300	LC-700
轨迹球	√	√
控制系统	√	√
传感器	CMOS 摄像头，含放大系统	USB 像机，大动物需要额外的变焦镜头
光学系统	不需要	不需要
光源	红外、可见光光源	红外环形光源
TrackSphere 软件	√	√



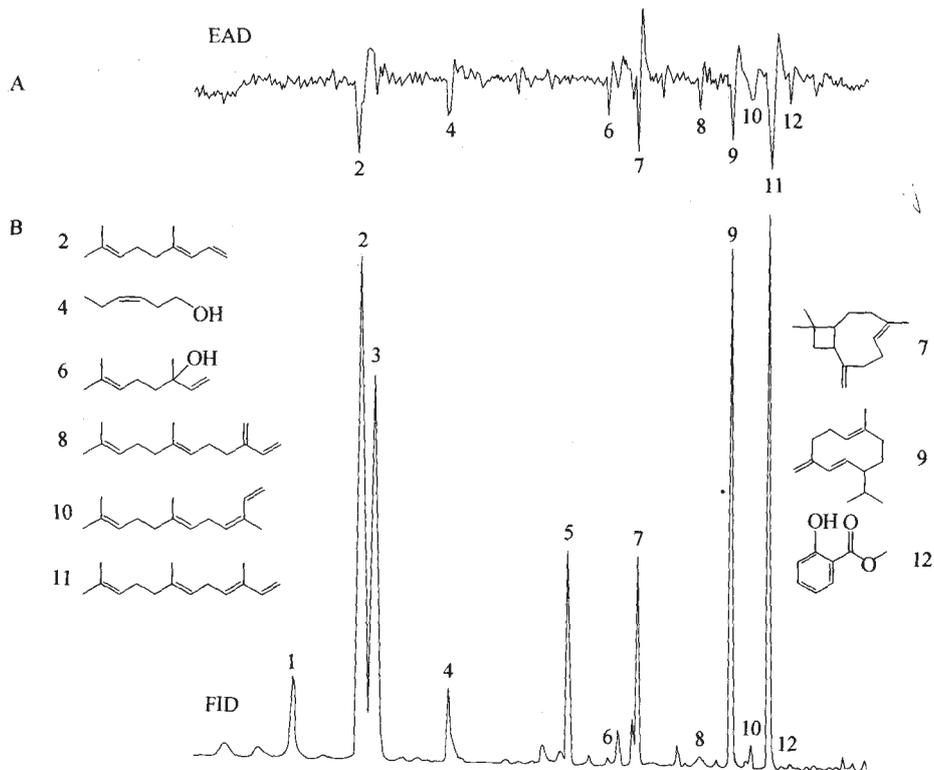
■ EAG 昆虫触角电位测量系统的扩展

● 气相色谱与昆虫触角电位的联用 (GC-EAD)

气相色谱-触角电位连用由两大部分组成：气相色谱仪（推荐使用安捷伦 6890/7890）和昆虫触角电位仪，它是一个连用系统。有气相色谱柱分离的气体成分被分离成为均匀的两部分，一部分进入气相色谱检测器，另一部分与清洁气体混合进入昆虫触角。这样气相色谱的波峰就可以和 EAG 的波峰对应起来，收集的气体混合物就被筛选，不必对每一个化学组分进行分析提取就能知道哪个成分有生物活性，而没有 EAG 反应的成分就被排除（赵惠燕，2010）。



Bengtsson 等（2001）利用 GC-EAD 技术，研究了苹果枝挥发物对苹果蠹蛾雌蛾反映的活性成分，结果如图所示：



苹果蠹蛾雌蛾对带苹果枝挥发物反应的 GC-EAD 图

A. 触角反应的 EAD; B. GC 的 FID 结果

活性成分分别是 4,8-dimethyl-1,3 (E),7-nonatriene (2); (Z) 3-hexenol (4); linalool (6); β -caryophyllene (7); (E) -farnesene (8); germacrene D (9); (Z,E) -and (E,E) -R-farnesene (10, 11); methyl salicylate (12)。触角不反应的成分是 (E) - β -ocimene (1); (Z) 3-hexenyl acetate (3); β -bourbonene (5)

(Bengtsson et al. , 2001)



■ 相关应用

A parallel equivalent electrocircuit model of the electroantennogram signals of male *Bombyx mori*

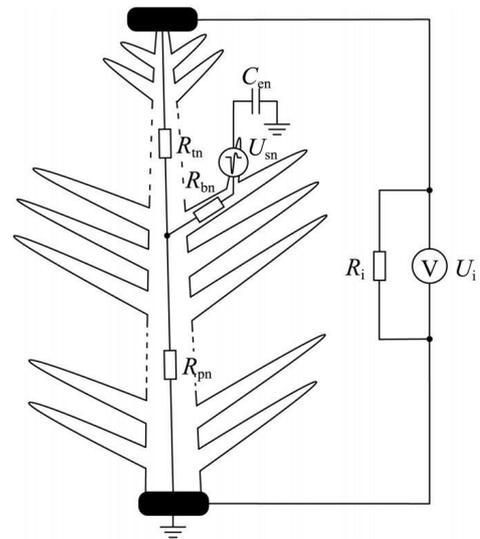
家蚕雄蛾触角电位并联等效电路模型的探讨

【Objectives】 To provide a technical basis for revealing the mechanism of olfactory reception, and chemoreceptive behavior in general, in insects.



【Methods】 Electroantennogram (EAG) signals of male *Bombyx mori* were measured after a portion of the antenna had been cut off and a parallel equivalent electrocircuit model of the resultant variations in EAG output were constructed. Correlations between actual EAG signals and the simulated circuit elements were analyzed.

【Results】 As long as 10 branches remained in the center of the antenna there was no significant difference in EAG amplitudes compared to an intact antenna. However, removal of additional elements of the antenna significantly decreased EAG amplitudes. Noise levels tended to increase, and SNR to decrease, as the number of antenna branches decreased. EAG amplitudes decreased in a linear fashion, as the number of branches on the center of the antenna decreased below 10. Removal of the top portion of the antenna trunk caused the EAG amplitude to increase and the noise level to decrease, thereby enhancing SNR. Removal of a basal portion of the antenna trunk caused EAG amplitude to decrease and the noise level to increase, thereby reducing SNR. A parallel equivalent electrocircuit model of EAG output, based on the impedance of the antenna trunk and branches, was constructed, that simulated the experimental results.



Electrophysiological structure of EAG electrocircuit model

【Conclusion】 The impedance of the antenna trunk and branches have a great influence on the strength of the EAG signal. With some modifications, the parallel equivalent electrocircuit model developed in this study should be applicable to the experimental analysis of the EAG output of other insects.



Comparative study on learning behavior and electroantennogram responses in two geographic races of *Cotesia glomerata*

粉蝶盘绒茧蜂中国和荷兰种群学习行为及 EAG 反应的比较

Plants emit volatile blends that may be quantitatively or qualitatively different in response to attackers by different herbivores. Plants that are infested by herbivores emit volatile cues that can be used by the natural enemies of the herbivores in their search for hosts. Volatiles played a vital role in their host-finding behaviour.

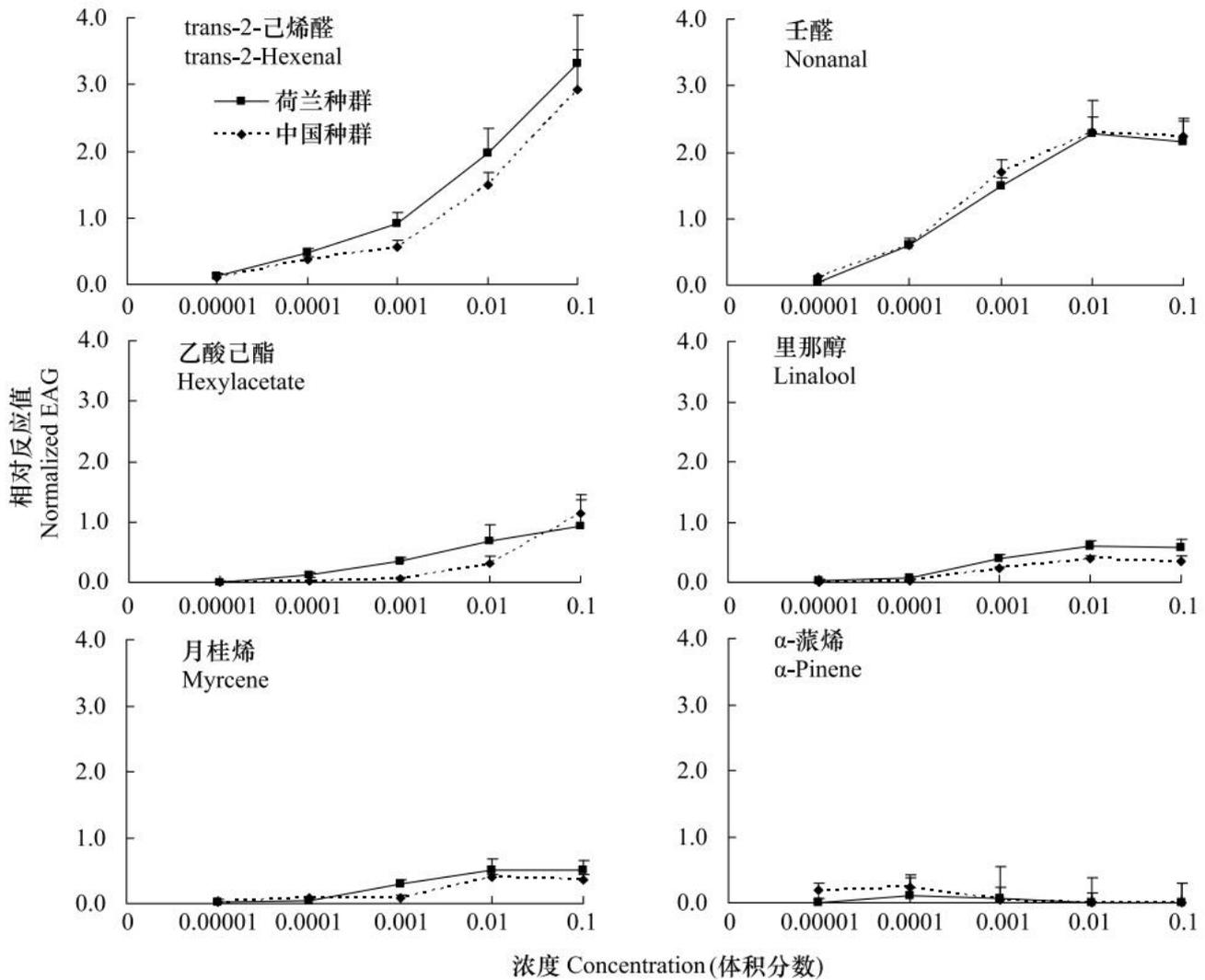
Cotesia glomerata is one of the major parasitoids wasps attacking larvae of *Pieris rapae* and its application in biological control is promising. Knowledge of its chemical ecology is limited. This paper addresses the question which of these healthy plant and host larvae-damaged plant volatiles are perceived by the two geographic races of parasitoid species.



By means of electroantennogram (EAG) and Y-tube olfactometer techniques, the difference between the electrophysiological and learning behavior of two geographic races of female wasps to volatiles of cabbage treated differently were compared, one race originated from Beijing in China and the other from Wageningen in the Netherlands. The tests from Y-tube olfactometer showed that different attractive actions were detected in healthy plant and host larvae-damaged plant of two geographic races of female wasps with no learning experience, different learning experience of female wasps influenced their preference to volatiles of experienced host plant. No experienced female adult of Beijing race showed significantly preference to volatiles of host larvae-damaged cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) than host larvae-damaged red cabbage or collard, and the no learning experiences female adult of the Netherlands race showed same significantly preference with Beijing race of host larvae-damaged cabbage. The female adult of Beijing race with 3 oviposition experiences and 3 odors on red cabbage or collard with 10 minutes interval showed significantly preference to volatiles from the host plant that was experienced. The female adult of the Netherlands race with 3 odor experiences on red cabbage or collard infested by *P. rapae* disclosed the obvious taxis to the experienced volatiles. Three different chemical volatiles of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), the EAG responses of female wasps of two geographical races to 6-carbon compounds was the strongest, followed by aliphatic compounds and terpenoid at the concentration of 10^{-1} mol / L. EAG response values of either Beijing race and Wageningen race positively correlated the dosages from 10^{-4} mol / L to 10^{-1} mol / L of trans-2-Hexenal and Hexylacetate, as well as from 10^{-4} mol / L to 10^{-2} mol / L of Nonanal, Myrcene and Linalool. Moreover, no significant difference between two races were detected. In conclusion, our data show that the both races possess the similar learning ability and the consistent



electrophysiological response characteristics.



EAG dose-response of Chinese and Holland female *C. glomerata* to serial stimulus

loads of 6 standard chemicals Our results indicate that the cabbage caterpillar may use cabbage volatiles as kairomone to find their optimal hosts, wasps show an increase in flight response to a previously host plant after learning experience on that plant. The experimental results provided a scientific basis for the theoretical study on the biological control of pieris rapae.



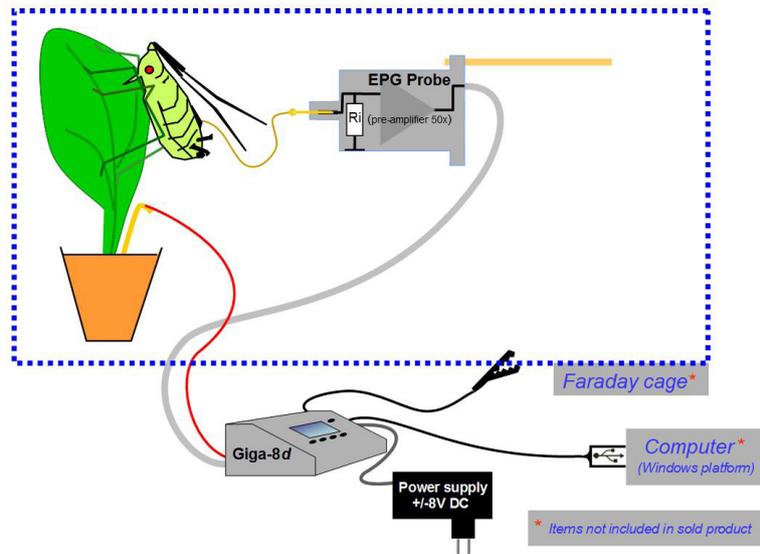
■ 相关应用文献

- ◆ Marie Bengtsson, Anna-Carin Backman, Ilme Liblikas, et. al. Plant Odor Analysis of Apple: Antennal Response of Codling Moth Females to Apple Volatiles during Phenological Development. *J. Agric. Food Chem.* 2001, 49, 3736-3741
- ◆ Zainulabeuddin Syed, Walter S. Leal. Acute olfactory response of *Culex* mosquitoes to a human- and bird-derived attractant. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 2010, 107(34), 16023-16027
- ◆ Orientation by Colorado potato beetle on a servosphere. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2011, 138(2), 93-103
- ◆ Ma T, Xiao Q, Yu Y G, et al. Analysis of Tea Geometrid (*Ectropis grisescens*) Pheromone Gland Extracts Using GC-EAD and GC×GC/TOFMS[J]. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2016, 64(16): 3161-3166.
- ◆ Jaleta K T, Hill S R, Birgersson G, et al. Chicken volatiles repel host-seeking malaria mosquitoes[J]. *Malaria journal*, 2016, 15(1): 354.
- ◆ Bergmann J, Reyes-Garcia L, Ballesteros C, et al. Identification of the Female Sex Pheromone of the Leafroller *Proculia triquetra* Obraztsov (Lepidoptera: Tortricidae)[J]. *Neotropical entomology*, 2016: 1-6.



■ 昆虫刺探电位测量系统 (EPG)

应用：昆虫在刺吸过程中，会产生非常小的电势差，这种电势差通过信号放大器放大至能显示出来，昆虫从刺吸到取食过程的电势不同，会显示不同的波形，根据波形判断是在取食还是其他行为。EPG 昆虫刺探电位仪基于直流的设计原则（避免了交流型号造成的干扰），保证了高分辨率。该系统可以测量同翅类昆虫和其他的刺吸式昆虫（特别适合应用于蚜虫），主要分析这类刺吸式昆虫在植物上的取食行为及植物抗虫性研究。



● 组成部分：

- ◆ GIGA-8 八通道主控盒；
- ◆ EPG 探头；
- ◆ 植物电极；
- ◆ 静电屏蔽。

● 可选件：

- ◆ 金线 (ID:18 μ m/12.5 μ m；银胶；

● 技术参数：

- ◆ 信号放大倍数：50 到 100 倍；
- ◆ 输入抵抗：109 欧姆；
- ◆ 输入电流：<1 pA；
- ◆ 标定脉冲：-50 mV；
- ◆ 最大调节范围： $\pm 2V$ ；
- ◆ 最大输出： $\pm 5V$ ；
- ◆ 电源：220 VAC/ $\pm 8VDC$ ；
- ◆ 带 USB 口的数模转换器：100 赫兹 /14 位分辨率。



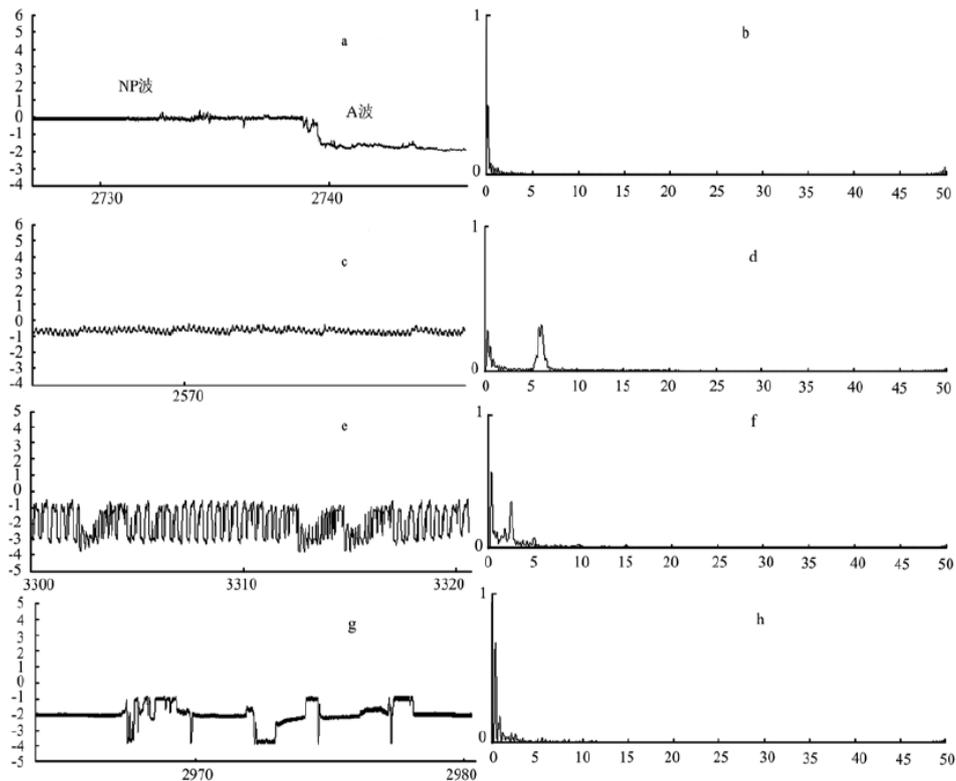


■ 相关应用

EPG Analysis of *Apolygus lucorum* Meyer-Dür Feeding Behaviors on Different Cotton Varieties (Lines) and Field Verifications

绿盲蝽在不同棉花品种（系）上取食行为的 EPG 解析及田间验证

【Objective】 The objective of this study is to observe and analyze the feeding behaviors of lygus bugs (*Apolygus lucorum* Meyer-Dür) on different cotton varieties and to understand the feeding mechanism of *A. lucorum*, so that the cotton germplasm with resistance to lygus bugs can be bred. **【Method】** Electrical penetration graph device (Giga-8 DC-EPG) and stereomicroscope were conducted to observe the feeding behaviors of *A. lucorum* on 14 different cotton varieties (lines), and the occurrence and damage dynamics of *A. lucorum* population were investigated in the cotton field. **【Result】** The results show that there are five types of sucking waveforms produced by *A. lucorum* including A wave, H wave, M wave, B wave, and non-probing wave (NP wave), respectively. A wave is a spying wave, H wave is a stylet probing in the phloem wave, M wave is a stylet probing into the phloem to break cells and secret saliva wave, B wave is a chopping cells mixture and stylet pulling after staying wave, NP wave is a beak and the stylet staying on the leaf surface without piercing wave. **【Conclusion】** Asian cotton and GK50 have a strong repellence to *A. lucorum*. However, *A. lucorum* showed great preference to varieties Ling-06 and Shikang 338. It is concluded that indoor analytical results are consistent with the investigation of the occurrence and damage of *A. lucorum* in cotton field.



a, c, e, g: 波型图; b, d, f, h: 对应频率图。a: NP 波; a 和 b: A 波; c 和 d: H 波; e 和 f: M 波; g 和 h: B 波
a, c, e and g: Waveform graph; b, d, f and h: Frequency graph. a: NP wave; a and b: A wave; c and d: H wave; e and f: M wave; g and h: B wave



■ 相关应用文献

- ◆ Alvarez, A. E., W.F. Tjallingii, E. Garzo, V. Vleeshouwers, M. Dicke, and B. Vosman. 2006. Location of resistance factors in the leaves of potato and wild tuber-bearing *Solanum* species to the aphid *Myzus persicae*. *Entomol. Exp. Appl.* 121: 145Ð157.
- ◆ Bostwick, D. E., J. M. Dannenhoffer, M. I. Skaggs, R. M. Lister, B. A. Larkins, and G. A. Thompson. 1992. Pumpkin phloem lectin genes are specifically expressed in companion cells. *Plant Cell*. 4: 1539Ð1548.
- ◆ Chen, J. Q., Y. Rahbe, B. Delobel, N. Sauvion, J. Guillaud, and G. Febvay. 1997. Melon resistance to the aphid *Aphis gossypii*: behavioural analysis and chemical correlations with nitrogenous compounds. *Entomol. Exp. Appl.* 85: 33Ð44.
- ◆ Crompton, D. S., and P. J. Ode. 2010. Feeding behavior analysis of the soybean aphid (Hemiptera:Aphididae) on resistant soybean *ÔDowlingÕ* *J. Econ. Entomol.* 103: 648Ð 653.
- ◆ Diaz-Montano, J., J. C. Reese, J. Louis, L. R. Campbell, and W. T. Schapaugh. 2007. Feeding behavior by the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) on resistant and susceptible soybean genotypes. *J. Econ Entomol.* 100: 984Ð 989.
- ◆ Diaz-Montano, J., J. C. Reese, W. T. Schapaugh, and L. R. Campbell. 2006. Characterization of antibiosis and antixenosis to the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) in several soybean genotypes. *J. Econ. Entomol.* 99: 1884Ð1889.
- ◆ Down, R. E., A.M.R. Gatehouse, W.D.O. Hamilton, and J. A. Gatehouse. 1996. Snowdrop lectin inhibits development and decreases fecundity of the glasshouse potato aphid (*Aulacorthum solani*) when administered in vitro and via transgenic plants both in laboratory and glasshouse trials. *J. Insect Physiol.* 43: 727Ð739.
- ◆ Fehr, W. R., C. E. Caviness, D. T. Burmood, and J. S. Pennington. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.* 11: 929Ð931.
- ◆ Gabrys, B., and W. F. Tjallingii. 2002. The role of sinigrin in host plant recognition by aphids during initial plant penetration. *Entomol. Exp. Appl.* 104: 89Ð93.
- ◆ Grau, C., B. Jensen, S. Myers, and J. Wedberg. 2002. “Soybean Aphid.” Fact Sheet, Team Grains Publication No. 1:1, University of Wisconsin, Madison, WI. Halkier, B. A., and J. Gershenzon. 2006. *Biology*

服务网络



- ☆ 点将科技总部
- 技术服务中心
- 地区办事处

上海技术服务中心

地址：上海市松江区车墩镇泖亭路 188 弄财富兴园 42 号楼
邮编：201611
电话：021-37620451/37620452/37620453/37620454
邮箱：Shanghai@Dianjiangtech.com

昆明技术服务中心

地址：云南省昆明市五华区滇缅大道 2411 号金泰国际 9 栋 1001 室
邮编：650106
电话：0871-68215582/66377295/65895725/13099969882
邮箱：Kunming@Dianjiangtech.com

西安技术服务中心

地址：陕西省西安市未央区未央路 33 号未央印象城 2 号楼 2804 室
邮编：710016
电话：18729181205
邮箱：Xian@Dianjiangtech.com

北京技术服务中心

地址：北京市海淀区知春路甲 48 号盈都大厦 C 座 4 单元 11F
邮编：100086
电话：010-58733448/58733447/58733442/58732269
邮箱：Beijing@Dianjiangtech.com

合肥技术服务中心

地址：合肥市瑶海区铜陵路中天左岸写字楼 B 座 1306 室
邮编：230011
电话：0551-63656691/63656250/63656260/18130065080
邮箱：Hefei@Dianjiangtech.com