

刘世晶,穆兰芳,周君,等.樟巢螟成虫对香樟树主要挥发物的触角电位反应[J].江苏农业科学,2015,43(11):192-194.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.055

樟巢螟成虫对香樟树主要挥发物的触角电位反应

刘世晶^{1,2},穆兰芳³,周君⁴,叶占峰¹,朱福官⁴,董双林¹

(1. 南京农业大学植保学院/华东作物有害生物综合治理农业部重点实验室,江苏南京 210095;

2. 山东省烟台市芝罘区园林市政管理处,山东烟台 264000; 3. 江苏省苏州市吴江区农业委员会,江苏苏州 215200;

4. 江苏省苏州市吴江区植保植检站,江苏苏州 215200)

摘要:香樟是我国城镇绿化的重要树种,樟巢螟是樟树主要害虫之一。利用触角电位(electroantennogram, EAG)技术,测定了樟巢螟雌成虫、雄成虫对 20 种香樟树挥发物的电生理反应。结果发现,与对照相比,11 种挥发物可以引起雄虫显著的 EAG 反应。其中,以顺-3-己烯醇丁酸酯引起的反应值最大。20 种挥发物中,9 种挥发物可以引起樟巢螟雌虫显著的 EAG 反应,其中,芳樟醇引起的反应值最大。雌雄虫对被测挥发物反应的大小趋势基本一致,雄虫触角的 EAG 反应值均明显大于雌虫。雄虫对罗勒烯、法呢烯可以产生显著的电生理反应,雌虫对这 2 种物质的反应与对照没有显著差异。

关键词:樟巢螟;植物挥发物;触角电位;行为调控

中图分类号: S433.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0192-03

樟巢螟(*Orthaga achatina* Butler)别称樟叶瘤丛螟、樟丛螟,属鳞翅目螟蛾科聚螟亚科(丛螟亚科)瘤丛螟属^[1]。该虫主要危害香樟,同时也危害山苍子、山胡椒、山鸡椒等樟科植物。近年来,香樟作为我国南方城镇主要绿化树种,种植面积不断扩大,导致樟巢螟危害日趋严重^[2]。1~2 龄樟巢螟幼虫主要取食叶片,3 龄开始吐丝缀合细枝和叶片,形成鸟巢状虫巢,在巢内取食叶片、嫩梢,严重发生时可将树叶吃光,树冠上到处可见枯黄色的鸟巢状虫苞,严重影响城镇景观^[2-3]。植物挥发物为植物次生代谢产物,常具有种或品系特异性。这些物质通常是一些短链的碳氢化合物及其衍生物,含量极其微小,成分多样易变^[4]。它们虽然并不是植物生长发育所必需,但却对生境中昆虫及其他生物的化学通信至关重要。植食性昆虫依靠寄主植物的特定挥发物组分来准确寻找并鉴别寄主植物,获得最适宜的取食、产卵或交配场所。昆虫触角作为最重要的嗅觉器官,在寄主挥发物的感受中起到至关重要的作用^[5]。测定触角对植物挥发物的电生理反应,可以明确被测气味在昆虫外周感觉水平的活性大小,为进一步筛选适性气味并开发基于嗅觉的害虫行为调控技术提供重要依据。触角电位现象由 Schneider 于 1957 年发现,他在研究昆虫对性信息素刺激的反应时,记录到触角基部到顶部间存在微小的电压变化,称之为触角电位(electroantennogram, EAG)^[6]。基于此发现设计的昆虫触角电位仪被广泛应用于昆虫嗅觉研究中。本研究利用 EAG 技术测定樟巢螟成虫对樟树 20 种挥发物的电生理反应,明确了它们的相对活性,旨在为减轻樟巢

螟危害提供依据。

1 材料与方法

1.1 樟巢螟及其饲养

樟巢螟幼虫采集自江苏省苏州市吴江区,将樟巢螟幼虫带回养虫室用新鲜樟树叶继续饲养。养虫室条件为:光周期为 14 h:10 h,温度为(27±1)℃,相对湿度为(60±10)%。将幼虫群养于养虫盒(29 cm×20 cm×16 cm)中,每日补充新鲜樟树叶,直至化蛹。幼虫化蛹后及时分雌雄,分别放入羽化笼(26 cm×24 cm×34 cm)中,置于颠倒光周期的暗室内。每天在暗期开始前 1 h 检查羽化情况,将未羽化的蛹移入新笼子,成虫喂以 10% 蔗糖水待用。

1.2 气味物质

根据文献报道^[7-10],选择顺-3-己烯醇、顺-3-己烯醇醋酸酯、 β -石竹烯、法呢醇、己醛、己醇、芳樟醇、醋酸己酯、 β -蒎烯、樟脑、柠檬烯、顺-3-己烯醇丁酸酯、香叶醇、罗勒烯、水芹烯、反-橙花叔醇、桉叶素、顺-3-己烯醛、法呢烯等 20 种挥发物进行测定。这些气味物质均购自上海 Sigma-Aldrich 公司,纯度均为 99% 以上。这些挥发物标准品均用色谱纯正己烷作为溶剂,按试验要求配置成不同浓度的溶液,-20℃ 保存备用。测定时所用植物挥发物剂量为 1 μ g。

1.3 EAG 测定

触角电位仪由荷兰 Syntech 公司生产。CS205 刺激控制器的工作条件为直流电,增益 200。所用软件为 Syntech 公司提供的配套专用软件。参照 Yang 等的方法^[10]进行 EAG 反应测定。取处于暗期 6~7 h 的 3 日龄未交配成虫,用锋利刀片从基部切下触角,再切掉触角端部 1~2 节,然后用 Spectra 360(USA)导电胶将触角固定在 PR205(Gain10X)电极上。试验时,用微量进样器抽取气味物质样品滴到滤纸片(25 mm×7.5 mm)上,放置 1 min 左右,待溶剂(正己烷)挥发

收稿日期:2014-11-27

基金项目:江苏省自然科学基金(编号:BK2011383)。

作者简介:刘世晶(1987—),女,山东烟台人,硕士,主要从事昆虫化学生态及害虫防治研究。E-mail:lsj0112.jingjing@163.com。

通信作者:董双林,博士,教授,主要从事昆虫化学生态及生理毒理研究。E-mail:sldong@njau.edu.cn。

后,将滤纸片装入巴斯德管内(管内径 3 mm,长 12 cm),将巴斯德管的尖端接入通有连续气流的钢管(直径 12 mm,长 17 cm)的侧面小孔中(小孔直径 3 mm,距钢管气出口 12 cm)。钢管出口端和触角相距 1 cm,管内连续气流速度为 4 mL/s;钢管和刺激管后端分别与软管相连,软管中气流速度同样为 4 mL/s。通过刺激控制仪控制软管中气流间隔 0.5 s 流出 1 次,通过按键控制气流产生,按键 1 次可激发产生 1 次间隔气流,将巴斯德管内的气味物质送入有连续气流的钢管中,2 股气流混合后被送到钢管出口端相距约 1 cm 处的触角上,引起 EAG 电位反应。刺激间隔为 30 s,供触角恢复敏感性。20 种气味按随机次序测定,每种气味连续测定 3 次,每

次间隔 1 min。气味物质测定前后分别测定正己烷样品(空白对照)。雌雄虫各测定 10 根触角。

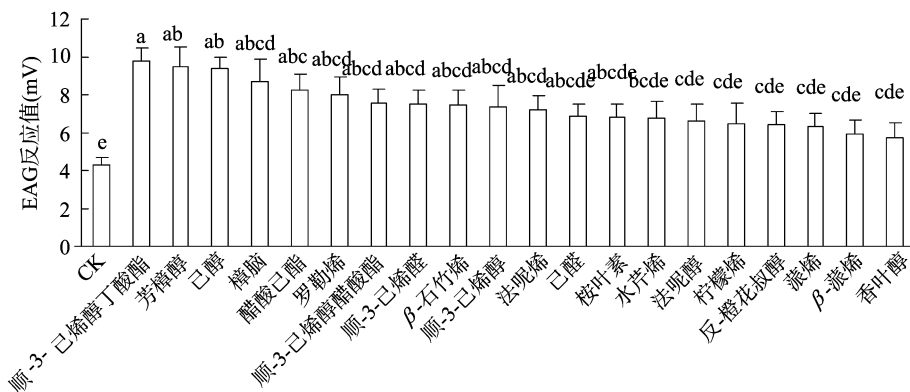
1.4 数据分析

采用邓肯新复极差法分析不同气味间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 雄虫 EAG 反应

樟巢螟雄虫对 20 种樟树挥发物的 EAG 反应如图 1 所示。结果表明,与对照相比,11 种挥发物可以引起雄虫显著的 EAG 反应。其中,以顺-3-己烯醇丁酸酯引起的反应值最大,为 9.76 mV。



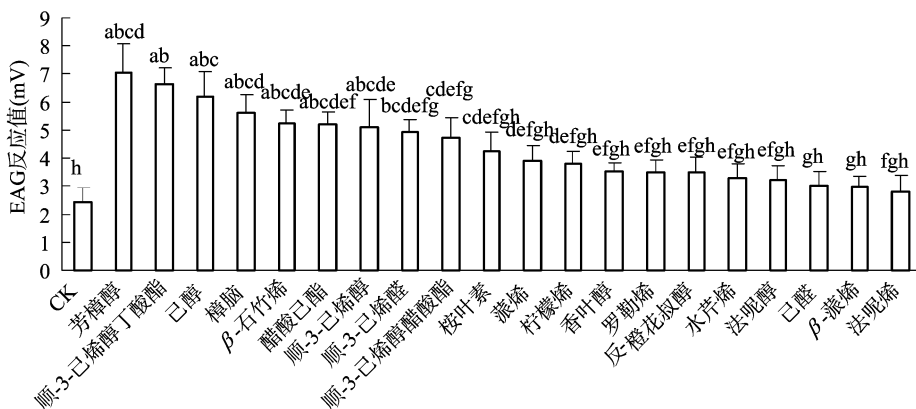
CK为正己烷(对照);挥发物剂量均为 1 μg

图1 樟巢螟雄虫对香樟挥发物的EAG反应

2.2 雌虫 EAG 反应

由图 2 可知,与 CK 相比,20 种挥发物中,9 种挥发物可以引起樟巢螟雌虫显著的 EAG 反应,分别是芳樟醇、顺-3-

己烯醇丁酸酯、己醇、樟脑、β-石竹烯、醋酸己酯、顺-3-己烯醇、顺-3-己烯醛、顺-3-己烯醇醋酸酯,其中,芳樟醇引起的反应值最大,为 7.05 mV。



CK为正己烷(对照);挥发物剂量均为 1 μg

图2 樟巢螟雌虫对香樟挥发物的 EAG 反应

2.3 雌雄虫反应比较

将雌雄虫触角对这 20 种植物挥发物的 EAG 反应值进行比较,雌雄虫对被测挥发物反应的大小趋势基本一致,雄虫触角的 EAG 反应值均明显大于雌虫。雄虫对罗勒烯、法呢烯可以产生显著的电生理反应,雌虫对这 2 种物质的反应与对照没有显著差异(表 1)。

3 结论与讨论

植物向外界释放的挥发性物质可作为昆虫寻找寄主植物的信号,以减少昆虫在觅食过程中的盲目性^[11-12]。植物挥发

物中,有些具有较高的种特异性,如十字花科植物所释放的烯丙基异硫氰酸酯,韭葱中分离的硫代硫酸盐^[13]。另一些缺少种特异性,如绿叶气味,通常为含有 6 个左右碳原子的直链醇、醛、酯、不饱和脂肪酸、萜类化合物等,如乙酸乙酯、绿叶醇等。本研究测定的 20 种樟树挥发物中,顺-3-己烯醇丁酸酯、芳樟醇、己醇、醋酸己酯、樟脑等 5 种挥发物对雌雄樟巢螟均可引起显著的 EAG 反应。其中,樟脑、芳樟醇属较高种特异性的植物挥发物,樟巢螟主要取食香樟及其他樟科近缘植物,以此推测,这 2 种气味可能在樟巢螟寄主寻找及取食过程中起重要作用。顺-3-己烯醇丁酸酯、己醇、醋酸己酯作为

表 1 樟巢螟对 20 种植物挥发物 EAG 反应的雌雄差异

植物挥发物	EAG 反应值(mV)	
	雄虫	雌虫
法呢烯	7.22	2.80
罗勒烯	7.98	3.51
己醛	6.86	3.01
水芹烯	6.79	3.30
法呢醇	6.60	3.22
CK(正己烷)	4.82	2.42
β -蒎烯	5.94	2.99
反-橙花叔醇	6.44	3.49
柠檬烯	6.45	3.80
香叶醇	5.71	3.51
蒎烯	6.31	3.89
桉叶素	6.81	4.24
顺-3-己烯醇醋酸酯	7.57	4.72
醋酸己酯	8.24	5.19
樟脑	8.70	5.61
己醇	9.40	6.20
顺-3-己烯醛	7.50	4.94
顺-3-己烯醇丁酸酯	9.76	6.62
顺-3-己烯醇	7.35	5.11
β -石竹烯	7.46	5.22
芳樟醇	9.46	7.05

绿叶气味,已被很多研究证实昆虫寻找寄主中起作用^[14-16]。此外,寄主挥发物还可作为昆虫寻找配偶的化学信号,与雌性信息素共同使用能增强对雄虫的引诱作用^[17]。如在甜菜夜蛾性信息素诱芯中添加反-2-己烯醛、苯乙醛、顺-3-己烯醇醋酸酯或顺-3-己烯醇,可不同程度提高对雄虫的诱虫量^[18]。在棉铃虫性信息素诱芯中添加庚醛,同样可以提高对雄蛾的引诱效果^[19]。昆虫两性表现在寻找寄主、取食、求偶等行为上的差异,可能源于雌雄触角上感受器种类、数量以及嗅觉生理方面的差异^[20]。已有不少研究表明,雌雄虫对植物挥发物的电生理和行为反应均存在差异^[21-22]。本研究结果表明,樟巢螟雄虫对 20 种植物挥发物的反应均明显大于雌虫,证实了前人的研究结果。王焱等研究发现,樟巢螟雌雄虫触角均存在 8 种感器,且各种感器在触角上的分布位置在雌雄虫间没有差异,但感器数量在雌雄虫间是否具有差异没有进行研究^[22]。笔者推测,樟巢螟雄虫触角上嗅觉感器的数量应明显多于雌虫。此外,雄虫对罗勒烯、法呢烯产生显著的 EAG 反应,雌虫则没有,其中原因有待进一步研究。

参考文献:

[1] 陆近仁,管致和. 中国蛾科昆虫名录 胡氏“中国昆虫目录”补遗 部分一. 草螟、禾螟、拟卷螟、卷螟、聚螟、歧角螟及螟蛾亚科[J]. 昆虫学报,1953,3(3):91-118.

[2] 徐红梅,蒋维华,穆兰芳,等. 吴江市樟巢螟局部大暴发成因及防控意见[J]. 安徽农学通报,2007(8):131,155.

[3] 魏书军,许发良,滑福林,等. 香樟害虫——橄绿瘤丛螟的生物学特性[J]. 昆虫知识,2008,45(4):562-565,679.

[4] 丁红建,吴才宏,郭予元. 棉铃虫成虫对其寄主植物挥发性它感信息物的嗅觉行为研究[C]//植物病虫害生物学研究进展——植物病虫害生物学国家重点实验室研究论文选,北京:中国农业

科技出版社,1995:163-167.

[5] 杜家纬. 植物-昆虫间的化学通讯及其行为控制[J]. 植物生理学报,2001,27(3):193-200.

[6] Schneider D. Elektrophysiologische untersuchungen von chemo- und mechanorezeptoren der antenne des seidenspinners *Bombyx mori* L. [J]. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology Sensory Neural and Behavioral Physiology,1957,40(1):8-41.

[7] Zhu F J,Guo Y L. Analysis of the volatile components in the leaves of *Cinnamomum camphora* by static headspace gas chromatography mass spectrometry combined with accurate weight measurement [J]. Chinese Journal of Chemistry,2010,28(8):1451-1456.

[8] 吴学文,熊 艳,游奎一. 樟树叶挥发性成分研究[J]. 广西植物,2011,31(1):139-142.

[9] 周 帅,马 楠,林富平,等. 樟树花挥发性有机化合物日动态变化分析[J]. 浙江农林大学学报,2011,28(6):986-991.

[10] Yang M W,Dong S L,Chen L. Electrophysiological and behavioral responses of female beet armyworm *Spodoptera exigua* (hübner) to the conspecific female sex pheromone[J]. Journal of Insect Behavior,2009,22(2):153-164.

[11] 周 琼,梁广文. 植物挥发性物质在蚜虫寄主定位中的作用[J]. 昆虫知识,2001,38(5):334-336.

[12] Lecomte C,Pierre D,Pouzat J,et al. Behavioural and olfactory variations in the leek moth, *Acrolepiopsis assectella*, after several generations of rearing under diverse conditions [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata,1998,86(3):305-311.

[13] 陆鹏飞,黄玲巧,王琛柱. 梨小食心虫化学通信中的信息物质[J]. 昆虫学报,2010,53(12):1390-1403.

[14] 陈展册,苏 丽,戈 峰,等. 绿盲蝽对性信息素类似物和植物挥发物的触角电位反应[J]. 昆虫学报,2010,53(1):47-54.

[15] 郭祥令,何余容,潘 飞,等. 植物挥发物在寄生蜂寄主定位中的作用[J]. 中国生物防治学报,2011,27(3):388-393.

[16] Reddy G V,Guerrero A. Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals[J]. Trends in Plant Science,2004,9(5):253-261.

[17] Deng J Y,Wei H Y,Huang Y P,et al. Enhancement of attraction to sex pheromones of *Spodoptera exigua* by volatile compounds produced by host plants[J]. Journal of Chemical Ecology,2004,30(10):2037-2045.

[18] Fang Y L,Zhang Z N. Influence of host-plant volatiles components on oviposition behavior and sex pheromone attractiveness to *Helicoverpa armigera*[J]. Acta Entomologica Sinica,2002,45:63-67.

[19] Raguso R A,Light D M,Pickersky E. Electroantennogram responses of *Hyles lineata* (Sphingidae: Lepidoptera) to volatile compounds from *Clarkia breweri* (Onagraceae) and other moth-pollinated flowers[J]. Journal of Chemical Ecology,1996,22(10):1735-1766.

[20] 程 红,严善春,徐 波,等. 青杨脊虎天牛触角主要感器的超微结构及其分布[J]. 昆虫知识,2008,45(2):223-232.

[21] 严善春,程 红,杨 慧,等. 青杨脊虎天牛对植物源挥发物的 EAG 和行为反应[J]. 昆虫学报,2006,49(5):759-767.

[22] 王 焱,穆兰芳,曾凡荣,等. 樟巢螟成虫触角感器的扫描电镜观察[J]. 应用昆虫学报,2011,48(3):675-679.