

## 象甲科昆虫信息素研究概况

杨 毅<sup>1</sup>, 梁潇予<sup>2</sup>, 杨春平<sup>3</sup>, 杨 桦<sup>3,4</sup>, 杨 伟<sup>3</sup>

(1. 北仑出入境检验检疫局, 浙江 宁波 315800; 2. 浙江省宁波市北仑区林业特产服务总站, 浙江 宁波 315800; 3. 四川农业大学 森林保护重点实验室, 四川 雅安 625014; 4. 贵州大学 昆虫研究所, 贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** 象甲科 Curculionidae 昆虫具有重要的经济价值, 包含许多农林业的重要害虫。象甲科昆虫中已鉴定具有性信息素的有 2 属 2 种, 具有聚集信息素的有 7 属 12 种。针对象甲科昆虫信息素的化学成分、分泌部位、应用概况等研究现状做简要综述, 旨在为象甲科昆虫信息素的研究提供一定参考。图 1 表 2 参 20

**关键词:** 昆虫学; 象甲科; 性信息素; 聚集信息素; 综述

**中图分类号:** S433.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2012)01-0125-05

## A review of research on Curculionidae pheromones

YANG Yi<sup>1</sup>, LIANG Xiao-yu<sup>2</sup>, YANG Chun-ping<sup>3</sup>, YANG Hua<sup>3,4</sup>, YANG Wei<sup>3</sup>

(1. Beilun Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau, Ningbo 315800, Zhejiang, China; 2. Beilun Forest Souvenirs Service Station, Ningbo 315800, Zhejiang, China; 3. Provincial Laboratory of Forest Conservation, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, Sichuan, China; 4. Key Laboratory for Plant Pest Management of Mountain Region, Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China)

**Abstract:** Many species of Curculionidae insect are forestry or agricultural pests making them economically important. At present, six kinds of Curculionidae pheromones have been identified in 2 genus 2 species, and an aggregation pheromone has been identified in 7 genus 12 species. In this paper, a brief overview on the study of chemical constituents, secretory position, and application of the Curculionidae pheromone, is presented to provide a reference point for further study. [Ch, 1 fig. 2 tab. 20 ref.]

**Key words:** entomology; Curculionidae insect; sex pheromone; aggregation pheromone; review

象甲科 Curculionidae 是鞘翅目 Coleoptera 中最大的科, 也是动物界中最大的科, 种类极多, 分布广泛, 具有重要的经济价值。与大多数昆虫一样, 象甲科昆虫也存在种内异性联系的信息化合物。象甲科昆虫的信息化合物主要是由性信息素和聚集信息素 2 种组成。对象甲科昆虫信息素的研究已有 30 多年历史, 通过应用嗅觉仪、触角电位仪等实验手段, 已在米象属 *Sitophilus*<sup>[1]</sup>, 花象属 *Anthonomus*<sup>[2]</sup>, 蓝龟象属 *Ceuthorrhynchus*<sup>[3]</sup>, 树皮象属 *Hylobius*<sup>[4]</sup>, 象甲属 *Curculio*<sup>[5]</sup>, 木蠹象属 *Pissodes*<sup>[6]</sup>, 根瘤象属 *Sitona*<sup>[7]</sup>, 隐喙象属 *Cryptorrhynchus*<sup>[8]</sup> 等属中的某些种发现有信息素存在, 说明信息素普遍存在于象甲科昆虫中。

### 1 性信息素的化学成分

已确定化学成分的 2 属 2 种象甲的性信息素见表 1。核桃象甲 *Curculio caryae* 与棉铃象甲 *Anthonomus grandis* 性信息素的 4 种化学成分的结构见图 1。

收稿日期: 2011-03-18; 修回日期: 2011-05-30

基金项目: 四川省省级重点实验室专项(2006ZD011); 国家长江上游生态林业工程建设资助项目

作者简介: 杨毅, 硕士, 从事植物检疫研究。E-mail: bl.yangy@nbciq.gov.cn

表 1 2 种象甲科昆虫的性信息素

Table 1 Sex pheromone of two species of Curculionidae

种	成分	比例	文献
核桃象甲 <i>Curculio caryae</i>	(+)-顺-2-异丙烯基-1-甲基环丁基乙醇	7 : 16 : 3 : 3	[5]
	顺-3,3-二甲基 $\Delta 1, \beta$ -环己基乙醇		
	顺-3,3-二甲基 $\Delta 1, \alpha$ -环己基乙醇		
	反-3,3-二甲基 $\Delta 1, \alpha$ -环己基乙醇		
棉铃象甲 <i>Anthonomus grandis</i>	(+)-顺-2-异丙烯基-1-甲基环丁基乙醇	6 : 6 : 1.5 : 1.5	[9]
	顺-3,3-二甲基 $\Delta 1, \beta$ -环己基乙醇		
	顺-3,3-二甲基 $\Delta 1, \alpha$ -环己基乙醇		
	反-3,3-二甲基 $\Delta 1, \alpha$ -环己基乙醇		

表 1 中的 2 种象甲的性信息素已成功地进行了各种生物活性检测。在棉铃象甲雌雄虫均鉴定出有性信息素的存在, 在雌虫的粪屑中只能分离出 (+)-顺-2-异丙烯基-1-甲基环丁基乙醇和顺-3,3-二甲基  $\Delta 1, \beta$ -环己基乙醇 2 种性信息素成分<sup>[10]</sup>。在田间实验中这 2 种成分对雌雄虫都具有引诱作用, 但在雄虫中却分离出 4 种性信息素成分。从棉铃象甲和核桃象甲雄虫中分离出的性信息素成分相同, 但是比例却有所不同。在实验室测试中, 核桃象甲 80% 的雌虫被 7 : 16 : 3 : 3 这个比例的性信息素所引诱, 但是在 6.0 : 6.0 : 1.5 : 1.5 这个比例中却只有 28% 能产生反应。华山松木蠹象甲 *Pissodes punctatus* 性信息素粗提物的成分分析中, 用甲醇浸提的化学结构有 6 种, 包括十六碳烯酸甲酯、十六烷酸甲酯、十八碳烯酸甲酯、十八烷酸甲酯和十一烷和十二烷, 这 6 种物质占总含量的 33.51%。乙醇浸提的粗提物被鉴定出 5 种化学结构, 为十六烷酸甲酯、邻苯二甲酸甲酯、十八碳烯酸甲酯、十八碳二烯酸甲酯、十八碳酸甲酯, 总相对含量为 50.84%<sup>[11]</sup>。但是, 是否不同溶剂提取到的性信息素成分均为华山松木蠹象甲性信息素的有效成分, 尚未进行单组分的生物活性测定。杨桦等<sup>[12]</sup>对竹横锥象甲 *Cyrtotrachelus buqueti* 的研究中发现, 雌雄竹象成虫都能分泌性信息素, 对两性成虫均具有较高的引诱能力。

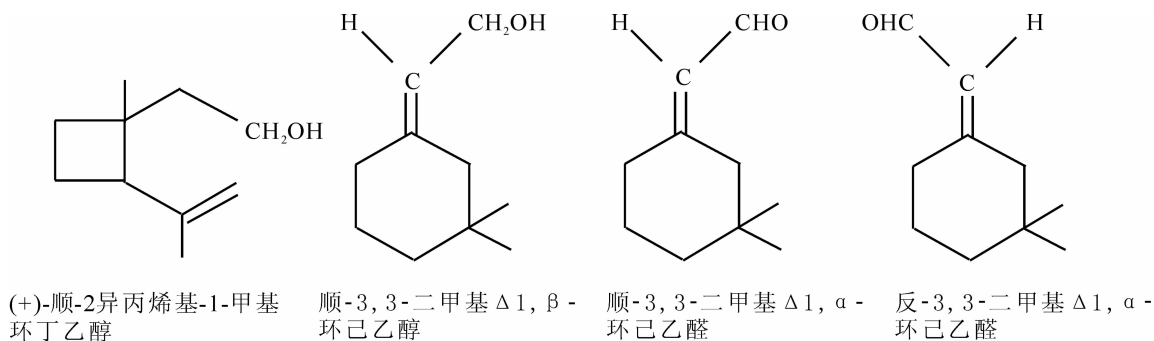


图 1 核桃象甲与棉铃象甲性信息素结构

Figure 1 Chemical structure of sex pheromone of *Curculio caryae* and *Anthonomus grandis*

## 2 聚集信息素的化学成分

已确定化学成分的 7 属 12 种象甲的聚集信息素见表 2。除了香蕉根象甲 *Cosmopolites sordidus* 以外<sup>[13]</sup>, 其他象甲聚集信息素都是由雄虫所释放。在隐喙象属中用棕榈 *Trachycarpus fortunei* 茎提取物和饲养的雄性棕榈象甲 *Rhynchophorus palmarum* 所提取的聚集信息素对雌雄两性的引诱大大超过了只用棕榈茎提取物, 而未交配的雄虫提取物对雌雄两性有很高的引诱作用, 但是在未交配的雌虫中却没发现该物质<sup>[14]</sup>。白松木蠹象 *Pissodes strobi* 只有在雄虫生殖成熟后才能产生聚集信息素成分顺-2-异丙烯基-1-甲基环丁基乙醇<sup>[6]</sup>。在辣椒象甲 *Anthonomus eugenii* 中香叶酸是聚集信息素的必要活性成分<sup>[15]</sup>。

象甲科昆虫的聚集信息素的研究已采用较先进的技术, 如火焰离子检测器(FID)与气相质谱联用仪

表 2  12 种象甲的聚集信息素

Table 2  Aggregation pheromone of 12 species of Curculionidae

种	成分	比例	文献
条纹根瘤象(豌豆根瘤象) <i>Sitona lineatus</i>	4-甲基-3,5-戊二酮		
	顺-3-己烯-1-醇		[10, 13]
	顺-3-己烯--1-乙酸酯		[13]
	里哪醇		
米象 <i>Sitophilus oryzae</i>	(R*, S*)-5-羟基-4-甲基-3-庚酮		[1]
玉米象 <i>S. zeamais</i>	5-羟基-4-甲基-3-戊酮		[13]
谷象 <i>S. granarius</i>	2S-甲基-3R-羟基戊酸-1-乙基丙酯		[13]
白松木蠹象甲 <i>Pissodes strobi</i>	顺-2-异丙烯基-1-甲基环丁烷乙醇		[6]
红棕象甲 <i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	4-甲基-5-壬醇	9:0.1	[11]
	4-甲基-5-壬酮		
亚洲鼻隐喙象 <i>R. bilineatus</i>	(S, S)4-甲基-5-壬醇		[13]
棕榈红隐喙象 <i>R. phoenicis</i>	3-甲基-4-辛醇		[13]
棕榈象甲 <i>R. palmarum</i>	6-甲基-(反)-2-庚烯基-4-醇		[13]
辣椒象甲 <i>Anthonomus eugenii</i>	顺-2-(3,3-二甲基亚环己基)乙醇	7.2:4.8:0.45:0.3:2:0.3	[15]
	反-2-(3,3-二甲基亚环己基)乙醇		
	顺-(3,3-二甲基亚环己基)乙醛		
	反-(3,3-二甲基亚环己基)乙醛		
	香叶酸		
	香叶醇		
香蕉根象甲 <i>Cosmopolites sordidus</i>	(1s, 3R, 5R, 7S) -2, 8-二噁-1-乙基		[13]
	-3,5,7-三甲基-二环[3,2,1]辛烷		
西印度蔗象甲 <i>Metamasius hemipterus</i>	2-甲基-4-庚醇		[13]
	4-甲基-5-壬醇		

(GC/MS)，并做实时的空气监测(on-line analysis)，这种方法具有快速、高灵敏度和低污染的特点。

3  信息素分泌部位

不同种的象甲信息素分泌部位不尽相同。白松木蠹象甲和北方松木蠹象甲 *Pissodes approximatus* 的聚集信息素分泌部位已明确。从这 2 种象甲雄虫的腹部和后肠提取的分泌物对雌虫有强烈的吸引作用<sup>[6]</sup>，而棉铃象甲、核桃象甲和条纹根瘤象 *Sitona lineatus* 等的信息素都是从雄虫粪屑中提取。

Hardee<sup>[16]</sup>的研究指出，不断地供应适当的食物(特别是棉花 *Gossypium* spp.的花蕾或幼铃)是雄性棉铃象甲持续产生性信息素的必需条件，停止供应食物 1 h 后性信息素的产生减少 50%，1 d 后减少 90% 以上。因为信息素仅仅在取食之后才开始产生，这说明其产生不是一个前躯物被摄取和代谢成为引诱剂，即食物材料的代谢引起特化细胞的分泌活动<sup>[15]</sup>。

华山松木蠹象甲 *Pissodes punctatus* 至今未被鉴定出其性信息素的有效化学成分，其性信息素的分泌部位仍未确定，只有极其有限的证据指出华山松木蠹象甲的性信息素可能来源于连带性器官的腹部<sup>[11]</sup>。

4  信息素的应用概况

2000 年，利用聚集信息素控制红棕象甲的实验在阿拉伯联合酋长国的棕榈栽植园内开始进行。红棕象甲是椰子 *Cocos nucifera* 毁灭性害虫，也是其他多种棕榈植物的重要性害虫，除椰子外，其他寄主

有槟榔 *Areca catechu*, 油棕 *Elaeis guineensis*, 美丽针葵 *Phoenix robelinii*, 三角椰子 *Dypsis decaryi*, 海枣 *Phoenix spp.*等<sup>[16]</sup>。该虫是国家林业局新发布实施的 20 种林业检疫性有害生物之一, 其防治难度大<sup>[17-18]</sup>。在阿拉伯联合酋长国 Ras Al-Khaima 地区的棕榈栽植园中放置诱盆 1 个·hm<sup>-2</sup>, 每个诱盆内放人工合成的 4-甲基-5-壬醇和 4-甲基-5-壬酮(9:1), 诱杀红棕象甲。诱杀结果表明: 翌年, 处理区内红棕象甲减少了 29.7%~51.7%, 诱杀率为 4.4%~20.7%, 但是这次实验未能统计出所诱杀的雌雄性比<sup>[19]</sup>。虽然目前象甲科昆虫信息素的应用仅局限于对红棕象甲的诱杀作用, 但是随着科技的进步会有更多的信息素被人工合成, 必将对生防工作做出巨大贡献。

## 5 展望

象甲科是昆虫纲中最大科, 然而至今已成功发现信息素有效成分的种只占极少部分, 国内尚鲜见这方面研究报道。信息素包括性信息素和聚集信息素的研究, 对于象甲科害虫的防治、天敌的利用和近缘种的分类等都有重要意义。从已鉴定的象甲信息素化学成分来看, 大多为植物中存在的天然化合物<sup>[12,20]</sup>, 因而信息素可为深入进行象甲科昆虫与植物的协同进化的研究提供新的证据。

### 参考文献:

- [1] PHILLIPS J K, WALGENBACH C A, KLEIN J A, *et al.* (R\*, S\*)-5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone: a male-produced aggregation pheromone of *Sitophilus oryzae* (L.) and *Sitophilus zeamais* Motsch [J]. *J Chem Ecol*, 1985, **11** (9): 1263 – 1274.
- [2] MCKIBBEN G H, HEDIN P A, MCGOVERN W L, *et al.* A sex pheromone for male boll weevils from females [J]. *J Chem Ecol*, 1977, **3** (3): 331 – 335.
- [3] FERGUSON A W, ZIESMANN J, BLIGHT M M, *et al.* Perception of oviposition-detering pheromone by cabbage seed weevil (*Ceutorhynchus assimilis*) [J]. *J Chem Ecol*, 1999, **25** (7): 1655 – 1671.
- [4] MUSTAPARTA H. Responses of single olfactory cells in the pine weevil *Hylobius abietia* L. [J]. *J Comp Physiol*, 1975, **97**: 271 – 290.
- [5] HEDIN P A, DOLLAR D A, J K COLLINS J K, *et al.* Identification of male pecan weevil pheromone [J]. *J Chem Ecol*, 1997, **23** (4): 965 – 978.
- [6] BOOTH D C, PHILLIPS T W, CLAESSEON A, *et al.* Aggregation pheromone components of two species of *Pissodes weevils* (Coleoptera: Curculionidae) isolation, identification, and field activity [J]. *J Chem Ecol*, 1983, **9** (1): 1 – 12.
- [7] BLIGHT M M, WADHAMS L J. Male-produced aggregation pheromone in pea and bean weevil, *Sitona lineatus* (L.) [J]. *J Chem Ecol*, 1987, **13** (4): 733 – 740.
- [8] WEISSLING T J, GIBLIN-DAVIS R M, SCHEFFRAHN R H, *et al.* Laboratory and field evidence for male-produced aggregation pheromone in *Rhynchophorus cruentatus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae) [J]. *J Chem Ecol*, 1993, **19** (6): 1195 – 1204.
- [9] 王萌长. 昆虫生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 462 – 463.
- [10] HEDIN P A, MCKIBBEN G H, MITCHELL E B, *et al.* Identification and field evaluation of the compounds comprising the sex pheromone of the female-boll weevil [J]. *J Chem Ecol*, 1979, **5** (4): 617 – 628.
- [11] 李永和, 陈敏, 叶辉. 华山松木蠹象性信息素初步研究[J]. 西北林学院学报, 2007, **22** (4): 115 – 118.  
LI Yonghe, CHEN Min, YE Hui. A preliminary study on the sex pheromone of armand pine bark-weevil (*Pissodes punctatus*) [J]. *J Northwest For Univ*, 2007, **22** (4): 115 – 118.
- [12] 杨桦, 杨茂发, 杨伟, 等. 竹横锥大象对寄主及虫体挥发物的行为和触角电位反应[J]. 昆虫学报, 2010, **53** (3): 286 – 292.  
YANG Hua, YANG Maofa, YANG Wei, *et al.* Behavioral and EAG responses of *Cyrtotrachelus buqueti* Guerin-Meneville (Coleoptera: Curculionidae) adults to host volatiles and their own body extracts [J]. *Acta Ent Sin*, 2010, **53** (3): 286 – 292.
- [13] 姜勇, 雷朝亮, 张钟宁. 昆虫聚集信息素[J]. 昆虫学报, 2002, **45** (6): 822 – 832.  
JIANG Yong, LEI Chaoliang, ZHANG Zhongning. The aggregation pheromones of insects [J]. *Acta Ent Sin*, 2002, **45**

- (6): 822 – 832.
- [14] ROCHAT D, GONZALEZ A V, MARIAU D, *et al.* Evidence for male-produced aggregation pheromone in American palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) [J]. *J Chem Ecol*, 1991, **17** (6): 1221 – 1231.
- [15] ELLER F J, BARTELT R J, SHASHA B S, *et al.* Aggregation pheromone for the pepper weevil, *Anthonomus eugeni* Cano (Coleoptera: Curculionidae): identification and field activity [J]. *J Chem Ecol*, 1994, **20** (7): 1537 – 1556.
- [16] HARDEE D D. Pheromone production by male boll weevil as affected by food and host factors [J]. *Contr Boyce Thompson Inst*, 1970, **24**: 315 – 321.
- [17] 覃伟劝, 肇辉, 韩超文. 红棕象甲在海南的发生危害规律及其防治[J]. 云南热带科技, 2002, **25** (4): 29 – 30.  
Qin Weiquan, ZAO Hui, HAN Chaowen. The working rule of *Rhynchophorus ferrugineus* and the control [J]. *J Yunnan Trop Crop Sci & Technol*, 2002, **25** (4): 29 – 30.
- [18] 鞠瑞亭, 李跃忠, 杜予州, 等. 警惕外来危险害虫红棕象甲的扩散[J]. 昆虫知识, 2006, **43** (2): 159 – 163  
JU Ruiting, LI Yuezhong, DU Yuzhou, *et al.* Alert to spread of an invasive alien species, red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* [J]. *Ent Knowl*, 2006, **43** (2): 159 – 163.
- [19] ABBAS M S T, HANOUNIK S B, SHAHDAD A S, *et al.* Aggregation pheromone traps, a major component of IPM strategy for the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* in date palms (Coleoptera: Curculionidae)[J]. *J Pest Sci*, 2006, **79** (2): 69 – 73.
- [20] WOOD D L, BROWNE L E, SILVERSTEIN R M, *et al.* Sex pheromone of bark beetles (I) mass production, bioassay, source, and isolation of the sex pheromone of *Ips confusus* (LeC.) [J]. *J Insect Physiol*, 1966, **12** (5): 523 – 526.