

嗜虫书虱性信息素的提取方法
和生物活性测定方法邵颖^{1,2}, 鲁玉杰^{1,*}, 魏宗烽²

(1. 河南工业大学粮油食品学院, 郑州 450052; 2. 信阳农业高等专科学校生物工程系, 信阳 464000)

摘要:首次利用嗜虫书虱 *Liposcelis entomophila* 雄虫分别爬向雌、雄虫的时间确定了嗜虫书虱是雌虫分泌的性信息素, 而不是雄虫分泌的聚集信息素。首次在国内对微小个体的啮齿目昆虫嗜虫书虱 *L. entomophila* 性信息素的提取方法和生物活性测定方法进行了研究。在自制圆盘诱捕器的生物活性测定试验中, 雄虫爬向雌虫平均只需要 $(20.00 \pm 2.44) \text{ min}$ ($N = 10$), 而雄虫爬向雄虫的时间平均需要 $(70.50 \pm 6.56) \text{ min}$, 两者差异极显著 ($p < 0.01$), 说明了是雌虫分泌的性信息素。采用有机溶剂(正己烷和二氯甲烷)浸泡法和顶空气体收集方法并用两种溶剂(正己烷和二氯甲烷)进行淋洗收集嗜虫书虱未交尾雌成虫性信息素, 分别用自制的圆盘诱捕器和模拟仓诱捕器和“Y”型嗅觉仪三种方法对不同方法提取的性信息素粗提物进行了生物活性测定, 结果表明:顶空气体收集法得到的正己烷淋洗液在自制的圆盘诱捕器诱捕法中对雄虫的引诱活性最强, 其诱集系数和诱虫数分别是 $46.3\% \pm 4.2\%$ 和 14.0 ± 1.0 , 与未交配的雌虫的相当, 两者差异不显著 ($p > 0.05$), 与顶空气体收集法得到的二氯甲烷淋洗液及正己烷浸泡液和二氯甲烷浸泡液的差异均显著 ($p < 0.05$)。说明顶空气体收集法用正己烷淋洗方法可以用来收集嗜虫书虱雌成虫性信息素。不同生物活性测定方法研究表明“Y”型嗅觉仪是在理想的状态下进行的选择性试验, 其对正己烷淋洗液的诱集系数和诱虫数均较高, 分别为 $55.3\% \pm 6.3\%$ 和 15.0 ± 1.8 , 与圆盘诱捕法相比差异不显著 ($p > 0.05$), 和模拟仓诱捕法相比差异显著 ($p < 0.05$)。因此在实际应用中主要考虑利用圆盘诱捕法对嗜虫书虱进行诱捕。

关键词:嗜虫书虱; 性信息素; 提取方法; 生物活性; 测定方法

文章编号:1000-0933(2006)07-2148-06 中图分类号:S379.5 文献标识码:A

Study on methods of extraction and bioassay test sex pheromone of adult female of Psocids *Liposcelis entomophila*

SHAO Ying^{1,2}, LU Yu-Jie^{1,*}, WEI Zong-Feng² (1. College of Food and Oil, Henan University of Technology, Zhengzhou 450052, China; 2. Department of Biological Engineering, Xinyang Agricultural College, Xinyang, 464000, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2148 ~ 2153.

Abstract: That sex pheromone was extracted by adult female of Psocids *Liposcelis entomophila* was first ensured by difference times spent by male to crawl to female and male. It is the first time in all the worlds that methods of extraction and bioassay test sex pheromone of tiny individual insect especially *Liposcelis entomophila* were studied. Average time spent by male to crawl to female and male were $20.00 \pm 2.44 \text{ min}$ and $70.50 \pm 6.56 \text{ min}$ respectively in bioassay by self-made disc trap and there were significantly difference ($p < 0.01$). This result indicated that it is female but not male that released sex pheromone. Two methods were used to extract female sex pheromone, including organic solvent dipping (n-hexene and dichloromethane) and dynamic headspace collecting and extracted by n-hexene and dichloromethane method. Three bioassay methods (self-made disc trap, mimicked storehouse and “Y” olfactometer) were used to examine the bioactivity of different crude extraction of sex pheromone. Using the disc trap designed by ourselves, extraction by n-hexene through dynamic headspace collecting method had the highest bioactivity, the trap coefficient

基金项目:河南省科技攻关资助项目(0324010012)

收稿日期:2005-03-09; **修订日期:**2005-11-10

作者简介:邵颖(1977~), 女, 河北省沧州人, 硕士, 主要从事农产品储藏与加工研究. E-mail: shaoying6666@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: luyj@haut.edu.cn

Foundation item: The project was supported by Henan Province science and technology tackle key project (No. 0324010012)

Received date: 2005-03-09; **Accepted date:** 2005-11-10

Biography: SHAO Ying, Master, mainly engaged in storage and progress of farm product. E-mail: shaoying6666@163.com

and the trap number were $46.3\% \pm 4.2\%$ and 14.6 ± 1.0 respectively and were equivalent to the virgin of *L. entomophila* female, both difference was not significantly ($p > 0.05$) but was significantly difference with other crude extraction ($p < 0.05$). This result indicated that dynamic headspace collecting method could be used to collect sex pheromone of tiny individual *L. entomophila* adult female. The results of different bioassay showed that trap coefficient and the trap number of extraction by n-hexene in headspace collecting by "Y" olfactometer were highest $55.3\% \pm 6.3\%$ and 15.0 ± 1.8 , but these were not significantly different with trap coefficient and number in disc trap ($p > 0.05$) and were significantly with trap coefficient and number in mimicked storehouse ($p < 0.05$). In fact, disc trap could be used to trap *L. entomophila*.

Key words: *Liposcelis entomophila*; sex pheromone; extraction methods; bioassay methods

嗜虫书虱是目前近几年我国粮食储藏中的主要害虫,由于其个体微小、繁殖率高、对磷化氢已经产生较强的抗药性^[1],加上嗜虫书虱对气调等防治方法也产生了抗性^[2],因此探索一种生物防治方法对于嗜虫书虱的治理具有重要的意义。目前应用昆虫性信息素对害虫进行预测预报和大量诱捕及干扰交配的应用较为广泛。在储粮害虫中,皮蠹科、窃蠹科昆虫和斑螟类昆虫信息素的研究已很广泛,已鉴定这些害虫性信息素的成分一般为长碳链的烯醇、长碳链的烯醛、长碳链的烯酸及乙酸酯等,其中一些已被商业化生产并推广应用^[3~8]。目前还未见任何关于嗜虫书虱性信息素的研究报道。嗜虫书虱个体微小,聚集生存,爬行迅速,交配规律、性信息素的释放规律难以掌握,目前对于个体微小的爬行性的啮齿目害虫性信息素的提取方法和生物活性测定方法的研究还未见报道。因此研究嗜虫书虱性信息素的提取方法和生物测定方法对于嗜虫书虱性信息素的的进一步研究具有一定的指导意义,而且对于个体微小昆虫性信息素的研究和应用具有十分重要的理论意义和实践价值。本研究首先确定了嗜虫书虱性信息素的存在,并对性信息素的提取方法、生物活性测定方法进行了研究。若能确定书虱性信息素成分,人工合成后推广应用,这将对嗜虫书虱的监测、诱捕及防治上具有一定的指导意义,对于安全储粮和书虱抗药性的治理具有重要的理论意义和更大的社会价值和经济意义。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

嗜虫书虱(*Liposcelis entomophila*),来自于澳大利亚昆士兰州基础工业部农业系统研究所培养的 QLE 品系。已在河南工业大学粮油食品学院仓储害虫研究室培养了数十代。

1.2 饲料的准备

实验中饲料均是由过 80 目筛的全麦粉、脱脂奶粉、酵母以 1:1:1 的比例配制而成,经过高温消毒后置于 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、75% RH 环境下平衡 2 周待用。

1.3 嗜虫书虱性信息素的提取

1.3.1 溶剂浸泡法 挑选 200 头雌虫(处于交尾高峰期的^[9])放入小型高温烘干的尖底玻璃管中,分别加入 200 μl 正己烷和二氯甲烷溶剂浸泡,然后把其放入 1.5ml 的小型离心管中,密封。置于 25 $^\circ\text{C}$ 的条件下,浸泡时间为 2h 后,去除虫体,取上清液。将上清液冷藏密封备用。此方法收集的提取物分别为正己烷浸泡液和二氯甲烷浸泡液。

1.3.2 顶空气体收集法 实验仪器按图 1 的方式连接。气流经活性碳过滤,并经过装有饱和食盐水以保持空气的相对湿度为 $75\% \pm 5\%$,将处于求偶高峰的嗜虫书虱的雌性成虫放在锥形瓶中,将锥形瓶放在 25 $^\circ\text{C}$ 的水浴锅上并用铁架台固定。用 80~100 目的 Tenax-TA 作为吸附剂,Tenax-TA 在用前经过 250 $^\circ\text{C}$ 活化 10h 以上。气流的流速控制在 200ml/min,在流量计的后面加一个旁路以调节气流量,用循环水式真空泵抽气。抽提完毕把经过氮气活化的 Tenax-TA 分别用正己烷和二氯甲烷缓慢淋洗,收集到正己烷淋洗液和二氯甲烷淋洗液,并冷冻保存。

1.4 生物活性测定

1.4.1 自行设计的模拟仓诱捕器法 模拟仓 用 $\phi 10\text{cm} \times 25\text{cm}$ 的玻璃瓶,内装小麦 300g,投入处于交配高峰期而未交配的雄虫 50 头,小麦内放一插入筒底的诱捕器,盖好盖子(盖子和小麦层留有一定的空间),24h 后

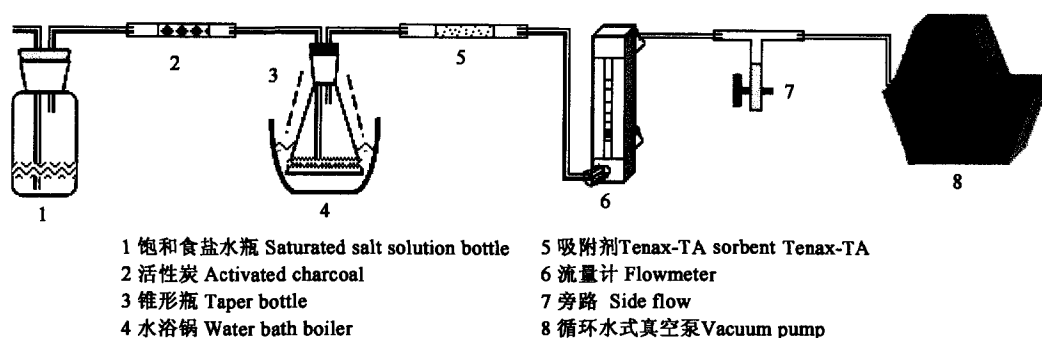


图 1 嗜虫书虱性信息素顶空气体收集法示意图

Fig.1 Schematic figure of trapping the sex pheromone in *Liposcelis entomophila* by dynamic headspace collecting method

检查结果。记录被诱雄虫的数量。

诱捕器 用 $\phi 1.8\text{cm} \times 6.5\text{cm}$ 的尖咀塑料瓶(1), 瓶底钻 4 个 $\phi 0.25\text{cm}$ 的圆孔, 瓶壁钻 40 孔, 瓶咀内壁涂一薄层聚四氟乙烯(2), 以防钻入的虫子逃出。然后将瓶咀套入 $\phi 4\text{cm} \times 7\text{cm}$ 的试剂瓶(3)内, 再用胶布将两瓶口连接处粘紧。示意图如图 2。

诱芯 用 $\phi 1\text{cm}$ 的小圆滤纸, 滴入 $50\mu\text{l}$ 供测样品, 同一溶剂作对照实验, 然后将诱芯(3)放入诱捕器的底部, 供测试。

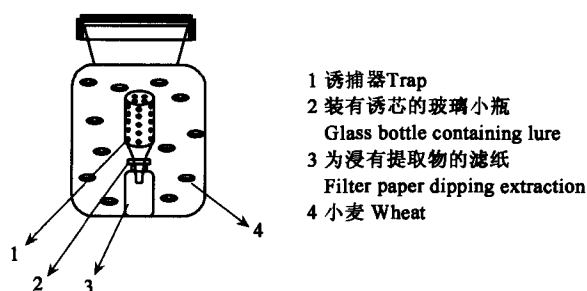


图 2 自行设计模拟仓诱捕器示意图

Fig.2 Schematic figure of mimicked storehouse self-made trap

1.4.2 自行设计的圆盘诱捕器法

诱捕器材料 培养皿($\phi 60\text{mm}$), 塑料表盖(a)(规格 $12\text{mm} \times 2\text{mm}$), 固体浆糊。

诱捕器(b)制作 在表盖中部均匀打 4 个小孔($\phi = 2\text{mm}$), 用砂纸打毛其上表面, 以利于书虱的自由爬动, 在 4 个小孔外涂一圈聚四氟乙烯, 以防书虱的逃逸。将做好的表盖盖在已做好的培养皿底面上, 并用固体浆糊粘严粘牢。诱捕器示意图如图 3 所示。

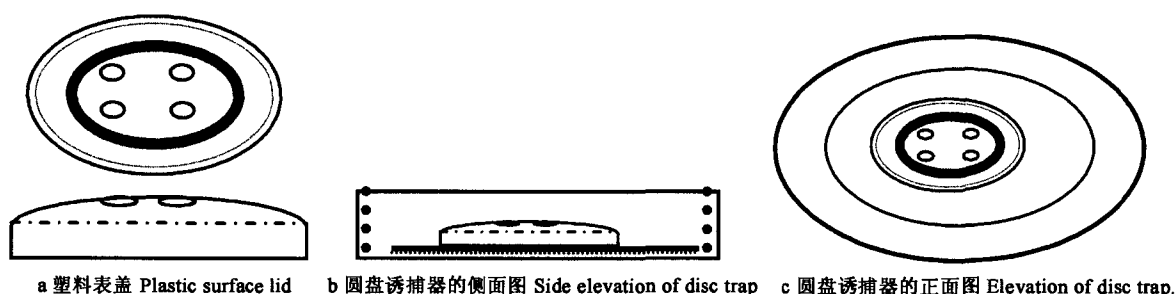


图 3 自行设计的圆盘诱捕器示意图

Fig.3 Schematic figure of disc trap designed by ourselves

雄虫能否辨别雌、雄虫实验方法 取两个圆盘诱捕器, 其中一个表盖内放入 20 头雌虫、另一个放入 20 头雄虫, 每一个表盖外放入 1 头未交尾的雄虫, 每组重复 10 次。采用 t 检验比较选择时间的差别。

提取物的生物活性测定方法 分别在表盖内放入 $50\mu\text{l}$ 供测样品, 并用同一溶剂作对照。在表盖外放 20 头未交尾的雄虫, 每组实验重复 5 次, 生测时间分别为 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12h。分别记录爬入表盖内试虫的数目。引诱效果用诱集系数, 诱虫数表示, 数值越大, 引诱效果越好。

1.4.3 嗅觉仪生测法 嗜虫书虱对提取物组分的行为生测采用“Y”型嗅觉仪, 具体操作方法参考韩宝瑜

等^[10]。“Y”型嗅觉仪的两臂及直管均长 10.0cm,内径 1.0cm,两臂夹角 75°。“Y”型管两臂分别通过 Teflon 管与两个味源瓶(一个瓶内放有提取物,另一个瓶内放对照)相连。在气流进入味源瓶之前,先经过一个活性炭过滤器(φ1.8cm×10cm)和一个蒸馏水瓶,以净化空气和增加空气湿度。每臂的气流流量通过气体流量计控制在 150ml/min。整个生测过程在(25±1)℃的室内进行。生测时,将嗜虫书虱逐头引入“Y”型嗅觉仪的直管内,然后观察记载 10min 内书虱的行为反应。记载项目包括书虱对两臂气气味源的选择性及其作出的选择所花的时间。选择性的标准如下:当某书虱爬至超过某臂的 5cm 处,并持续 1min 以上者,就记该嗜虫书虱对该臂的气味源作出选择。而假如在书虱引入后 10min,该嗜虫书虱仍不作出选择,则记该嗜虫书虱为无反应,并结束对该嗜虫书虱的行为观察。

1.5 数据处理

试验结果采用 DPS 软件进行 Duncan’s 多重比较和 *t* 检验^[11]。

2 结果与分析

2.1 嗜虫书虱性信息素的确定

在自制圆盘诱捕器的生物活性测定试验中,嗜虫书虱雄虫开始爬向雌虫、雄虫的时间如表 1 所示。由此可以看出:雄虫爬向雌虫平均只需要(20.00±2.44)min(*N* = 10),而雄虫爬向而雄虫的时间平均需要(70.50±6.56) min(*N* = 10)。雄虫爬向两种不同性别嗜虫书虱的时间,经过 *t* 检验差异极显著(*p* < 0.01)。嗜虫书虱雄虫趋向雌、雄虫时间差异主要是受到了雌雄虫释放的嗅觉物质的影响,说明了雌虫和雄虫释放的嗅觉物质是有差异的,雄虫能够辨别雌、雄嗜虫书虱。进而说明了嗜虫书虱性信息素的存在,而且说明了雌虫释放性信息素。

2.2 不同提取方法诱集系数和诱虫数的比较

选用 10FE、20FE、30FE、40FE、50FE、60FE 及 80FE(10FE 的意义为 50ul 溶剂相当于 10 雌虫释放的性信息素的当量数量,F 代表 Female,E 代表英文的 equation,即“相当于”),10 个当量做引诱物,将其滴在诱捕器的诱芯上,在模拟仓中,放置 24h 后检查各诱捕器中引诱的虫数,有诱集系数和诱虫数表示其生物活性,诱集系数=(处理诱集瓶中的数量-对照诱集瓶中的数量)/诱集瓶中测试昆虫的总数,结果如表 2 所示。由表 2 可以看出,60FE 的浸泡液,它的诱集系数和诱虫数与 40FE、50FE 的比较差异不显著(*p* > 0.05),而与 10FE、20FE、30FE、80FE 的浸泡液比较差异均显著(*p* < 0.05),表明 60FE 正己烷浸泡液具有较强活性。

表 1 嗜虫书虱雄虫爬向不同性别所需时间的比较

Table 1 Compare time of male of *L. entomophila* spent for crawling to female and male

试验号 No.	爬向雌虫(min) Crawling to female	爬向雄虫(min) Crawling to male
1	9	46
2	14	52
3	14	52
4	14	54
5	19	62
6	20	72
7	21	74
8	26	95
9	30	98
10	33	100
平均 Average time	20.00±2.44	70.50±6.56**

** 表示两者比较差异性极显著(*p* < 0.01)showed that two treatment were significantly difference(*p* < 0.01)

表 2 模拟仓中不同雌虫提取物对嗜虫书虱雄虫的诱集系数、引诱头数(*N* = 5)

Table 2 Trap coefficient and numbers of different extraction to male of *L. entomophila* in mimicked storehouse

引诱物(FE/50μl) Lures	诱集系数(%) Trap coefficient	引诱嗜虫书虱头 (头/50)Trap numbers
10FE	1.0±0.1d	5.7±0.9d
20FE	27.1±1.6c	19±2.0c
30FE	32.3±2.6bc	21.5±2.5bc
40FE	36.4±3.2abc	23.5±2.7abc
50FE	40.4±6.7ab	25.3±2.6ab
60FE	44.8±3.3a	27.3±2.8a
80FE	31.3±3.4bc	21±1.7bc

表中的数字为平均值±标准误,表中的字母表示每列 Duncan 多重比较的结果:相同的字母表示差异不显著(*p* > 0.05),不同字母表示差异显著(*p* < 0.05);下表同 Data in table are average and SE. the letters in table show the result of Duncan multiple compare in each column: the same letters show difference no significantly, different letters show difference significantly(*p* < 0.05); Same as the following table

在圆盘诱捕器中,对不同提取方法提取的性信息素溶液对雄虫的诱集系数和诱虫数进行了差异显著性分析结果如表 3 所示。对于正己烷淋洗液和雌虫而言,诱集系数和诱虫数差异均不显著(*p* > 0.05),而两者与正己烷浸泡液、二氯甲烷淋洗液、二氯甲烷浸泡液比较,无论是诱集系数还是诱虫数,差异均显著(*p* < 0.05);表

明正己烷淋洗液的活性最强,进而说明顶空气体收集方法是提取嗜虫书虱性信息素的最佳方法。

表 3 圆盘诱捕器中 12h 内不同提取物对嗜虫书虱雄虫的诱集系数和诱虫数 (N = 5)

Table 3 Trap coefficient and numbers of different lure to male of <i>L. entomophila</i> in disc trap					
指标 Index	正己烷淋洗液 Extracts by n-hexene	雌虫 Female	二氯甲烷淋洗液 by methylene chloride	正己烷浸泡液 Immersion in n-hexene	二氯甲烷浸泡液 Immersion in methylenechloride
诱集系数 Trap coefficient (%)	46.3 ± 4.2 a	44.5 ± 5.7 a	25.4 ± 1.16 b	19.6 ± 4.2b	- 7 ± 0.6 c
诱虫数 (头/20) Trap numbers (No./20)	14.0 ± 1.0a	12.6 ± 1.2a	10.6 ± 1.1b	6.2 ± 0.8c	6.4 ± 1.3 c

表中的字母表示每行 Duncan 多重比较的结果 the small letter show result of Duncan multiple compare in each row

2.3 不同生物测定方法的生测结果比较

将未交尾的雌虫、正己烷淋洗液及正己烷浸泡液用不同的生物活性测定的方法比较其对雄虫的引诱作用,结果如表 4 所示。由表 4 可以看出,不同提取物采用不同的生物测定方法,诱集系数和诱虫数差异显著。“Y”型嗅觉仪是在理想的状态下进行的选择性试验,其诱集系数和诱虫数均较高,分别为 55.3% ± 6.3% 和 15.0 ± 1.8。但在实际应用中主要考虑圆盘诱捕法和模拟仓诱捕法,这两者相比圆盘诱捕法对正己烷淋洗液的诱集效果较好。因此在实际应用中主要考虑利用圆盘诱捕法对嗜虫书虱进行诱捕。

表 4 不同生物活性测定方法比较不同提取物对嗜虫书虱雄虫的诱集系数和诱虫数

Table 4 Trap coefficient and numbers of different extraction to male in <i>L. entomophila</i> by different bioassay methods						
生测方法 Bioassay	未交尾雌虫 Virgin female		正己烷淋洗液 Extracts by n-hexene		50FE 浸泡液 50FE Immersion in n-hexene of	
	诱集系数 (%)	诱虫数 (/20)	诱集系数 (%)	诱虫数 (/20)	诱集系数 (%)	诱虫数 (/20)
	Trap coefficient	Trap numbers	Trap coefficient	Trap numbers	Trap coefficient	Trap numbers
圆盘诱捕法 Disc trap	44.5 ± 5.7a	12.6 ± 1.2a	46.3 ± 4.2a A	14.0 ± 1.0aA	19.6 ± 4.2b	6.2 ± 0.8b
模拟仓诱捕法 Mimicked storehouse	5.3 ± 0.6c	2.0 ± 0.8b	32.4 ± 3.5bB	10.8 ± 1.9aB	40.3 ± 6.7a	10.2 ± 1.8a
“Y”嗅觉仪 “Y” olfactometer	—	—	55.3 ± 6.3 A	15.0 ± 1.8 A	—	—

表中“—”表示试验空缺;表中的小写字母表示每行 Duncan 多重比较的结果,大写字母表示每列 Duncan 多重比较的结果 “—”in table show no experiment, the small letter show result of Duncan multiple compare in each row and capital letter result of Duncan multiple compare in each column

3 讨论

本实验证明了嗜虫书虱雌虫分泌性信息素。探索了嗜虫书虱性信息素的提取方法和生物活性测定方法,实验结果表明,正己烷淋洗液具有较高的生物活性,正己烷是提取嗜虫书虱性信息素的良好溶剂(如表 2 和表 3);顶空气体收集法得到的正己烷淋洗液对雄虫的诱集系数较大,诱虫数较多(如表 4),因此可以用顶空气体收集法对啮虫目昆虫嗜虫书虱性信息素进行提取。

在不同生物活性测定方法中,圆盘诱捕法可以连续 12h 观察其每个小时内诱捕的虫数目,可以明显的看出不同引诱物的诱虫情况,结果表明 12h 内正己烷淋洗液诱捕到的雄虫数和雌虫诱捕到的差异不显著($p > 0.05$);而模拟仓诱捕法诱捕到的虫的数目较少,尤其是在用雌虫作引诱物时,其原因在于模拟仓是个半封闭的环境,模拟仓诱捕器中雌虫由于缺氧气而死亡,所以不能很好的释放性信息素,因而导致其不能很好的引诱雄虫前来和它交尾。由此建议如果嗜虫书虱的性信息素应用于粮仓中,可采用圆盘诱捕法较好,而且,诱捕器放到粮堆的表面或者粮仓的拐角处,如果放到粮堆内部其放入的深度不应该太深,具体的应用情况还要根据实际的引诱情况而定。在嗅觉仪生测实验中,最具有引诱活性的提取物是正己烷淋洗液,它的诱集系数达到 55.3%,诱虫数为 15 头(/20 头)。由于是在理想状态下所作出的结果,不适合于实际仓储使用。

本实验首次研究了啮虫目昆虫嗜虫书虱的信息素的提取方法和生物活性的测定方法,为微小昆虫信息素的研究奠定了理论基础。但是本实验只是证明了嗜虫书虱性信息素的存在,对于其信息素的化学成分还有待于进一步研究。

References:

- [1] Ho S H, Winks R G. The response of *Liposcelis bostrychophila* Badonnel and *L. entomophila* (Enderlein) (Psocoptera) to Phosphine. J. Stored. Prod. Res., 1995, 37 (3):191 ~ 197.
- [2] Ding W, Zhao Z M, Wang J J, Tao H Y, Zhang Y Q. The Relationship Between Resistance to Controlled Atmosphere and Insecticides of *Liposcelis bostrychophila* Badonnel (Psocoptera: Liposcelididae). Scientia Agricultura Sinica, 2004,37(9):1308 ~ 1315.
- [3] Helmut A, Richard L. Ultrastructure and function of insect thermo and hygroreceptors. Ann. Rev. Entomol., 1985,30:273 ~ 295.
- [4] Lebedeva N V, Vendilo N V, Ponomarev V L. Identification of pheromone of the greater wax moth *Galleria mellonella* from the different regions of Russia Use of pheromones and other Semiochemicals in Integrated Production IOBC wprs Bulletin, 2002,25:1 ~ 3.
- [5] Tebayashi N, Hirai T, Suzuki, *et al.* Identification of pheromone of (+)-acordeine as an aggregation pheromone for *Gnathocerus cornutus*(F.), J. Stored Prod. Research, 1998,4:99 ~ 107.
- [6] Howes P S, Jones O T. Insect pheromones and their use in pest management. Chapman and Hall, London, 1998, (1):41 ~ 42.
- [7] Wang Y C. Insect Physiology and Biology Chemistry. Beijing: Chinese Agricultural Press. 2000:448 ~ 464.
- [8] Wendell E. Burkholder, Pheromones for monitoring and control of stored-product insects, Ann. Rev. Entomol., 1985,30:257 ~ 172.
- [9] Shao Y, Lu Y J. Mated regularity of *Liposcelis entomophila*. Journal of Zhengzhou Institute of Technology, 2004,25(1):37 ~ 39.
- [10] Han M Y, Chen Z M. Behavior response of four *Leis axyridis* varieties to volatiles from tea and *Toxoptera aurantii*. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003,11(3):413 ~ 416.
- [11] Tang Q Y, Feng M G. DPS data processing system for practical statistics. Beijing: Science Press, 2002. 43 ~ 62.

参考文献:

- [2] 丁伟, 赵志莫, 王进军, 陶卉英, 张永强. 嗜卷书虱气调抗性熏蒸剂抗性之间的相互关系. 中国农业科学, 2004,37(9):1308 ~ 1315.
- [7] 王荫长. 昆虫生理生化. 北京: 中国农业出版社, 2000. 448 ~ 464.
- [9] 邵颖, 鲁玉杰. 嗜虫书虱交配规律的研究. 郑州工程学院学报, 2004,25(1):37 ~ 39.
- [10] 韩宝瑜, 陈宗懋. 异色瓢虫 4 变种成虫对茶和茶蚜气味行为反应. 应用生态学报, 2003,11(3):413 ~ 416.
- [11] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2002. 43 ~ 62.