

烟草甲植物源驱避剂的筛选

李为争, 范荫荫, 安靖靖, 王琼, 郭线茹, 罗梅浩, 原国辉

河南农业大学植物保护学院, 郑州 450002

摘要: 为筛选烟草甲植物源高效驱避剂, 对 12 种芳香植物材料进行了筛选, 比较了肉桂醛及其 2 种结构类似物 (肉桂酸甲酯和肉桂酸乙酯) 的驱避活性, 测定了肉桂醛琼脂胶包结物的驱避效果。Y 形嗅觉仪测定结果表明, 肉桂皮粉和丁香粉对烟草甲具有极显著的驱避活性, 3 种化合物的驱避活性次序为: 肉桂醛 > 肉桂酸甲酯 > 肉桂酸乙酯。盆形嗅觉仪测定结果表明, 肉桂醛琼脂胶包结物在 4 d 内对烟草甲的驱避反应指数可达 100%。肉桂醛是烟用香精的成分, 可制作琼脂胶包结驱避剂用于烟仓中烟草甲的防治。

关键词: 烟草甲; 肉桂醛; 驱避剂; 琼脂胶

doi:10.3969/j.issn.1004-5708.2014.05.015

中图分类号: Q968.1; S433.5; S572 文献标志码: A 文章编号: 1004-5708 (2014) 05-0093-05

Screening of plant-derived repellents against tobacco beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius)

LI Weizheng, FAN Yinyin, AN Jingjing, WANG Qiong, GUO Xianru, LUO Meihao, YUAN Guohui

College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

Abstract: Twelve aroma plant species were chosen to screen effective plant repellent to tobacco beetle, *Lasioderma serricorne*. Repellent activity of cinnamaldehyde was compared against its two structural analogs (methyl cinnamate and ethyl cinnamate), and repellent effect of cinnamaldehyde formulated in agar-pectin was also determined. Results in Y-typed olfactometer showed that the Cinnamomun cassia bark powder and Syringa oblata bud powder had extremely significant repellent effect, and repellent activity of three tested compounds was expressed in a declining order of cinnamaldehyde, methyl cinnamate and ethyl cinnamate. Results in basin-shaped olfactometer showed that repellent index of cinnamaldehyde formulated in agar-pectin almost reached 100% against *Lasioderma serricorne* during a four-day test period. Thus cinnamaldehyde as component of tobacco flavor could be used to make agar-pectin repellent against *Lasioderma serricorne* in tobacco warehouse.

Keywords: *Lasioderma serricorne*; cinnamaldehyde; repellent; agar-pectin

烟草甲 *Lasioderma serricorne* (Fabricius) 属鞘翅目窃蠹科, 为世界性储藏物害虫, 对储藏期的烤烟及其制品为害尤甚^[1]。目前, 防治烟草甲等储藏物害虫的主要方法是药剂熏蒸, 其中以磷化铝的应用最为普遍, 但由于长期使用单一熏蒸剂, 已诱导烟草甲、谷蠹、赤拟谷盗等多种害虫对磷化氢产生了较强的抗

药性, 而增加用药量则会带来严重的农药残留污染和对人类健康的威胁^[2-4]。因此, 探寻无公害的储藏物害虫防治新途径、新产品受到广泛重视。

利用植物精油防治储藏物害虫是近年来的研究热点^[5-6]。由于植物精油来源于自然界, 大部分对人体无毒, 且许多精油已经在医疗、化妆品、食品添加剂等方面大量使用, 具有较好的环境相容性, 用于储藏物害虫防治展现出良好的开发应用前景^[6]。已有的研究表明, 植物精油不仅对害虫具有毒杀、熏杀、触杀、拒食等生物活性, 而且有些精油或其活性成分对害虫还表现出较强驱避作用^[7], 如青蒿油、艾叶油、丁香油和 (-)-紫苏醛 [(-)-perillaldehyde]、扁柏醇 (hinokitiol)

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 专项资助项目 (201203036); 河南省烟草公司科技项目 (HYKJ2011M04)

作者简介: 李为争 (1978—), 副教授, 博士, 主要从事昆虫化学生态学研究, Email: wei-zhengli@163.com

通讯作者: 原国辉 (1959—), 教授, 博士生导师, Email: hnndygh@126.com

收稿日期: 2013-07-21

对烟草甲表现出明显的驱避作用^[8-10],八角粉等芳香植物材料及其精油对烟草甲也有一定的驱避效果^[11]。然而,相关研究多停留在粗提物测试阶段,还未见到烟草甲植物源驱避剂产品投放市场。在筛选活性植物材料及其精油的基础上,选用高驱避活性成分组配驱避剂,对于实现烟草甲等储藏物害虫的无公害防治具有重要的实践意义。为此,本文选择12种嗅感浓重的芳香植物材料,测定了这些植物材料对烟草甲的驱避活性,比较了活性较强的肉桂皮主要挥发物成分肉桂醛及其化学结构类似物的驱避活性,评价了肉桂醛琼脂胶包结物的驱避效果,期望为研制烟草甲驱避剂定型产品提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

供试烟草甲为河南农业大学省级重点学科实验室饲养的实验种群,饲养于人工气候箱内。饲养条件如下:光周期为15 L:9 D(暗期在23:00~次日08:00);二级变温,光期温度为(30±2)℃,暗期温度为(28±2)℃;相对湿度为(70±5)%。

1.2 材料和试剂

供试植物材料共12种,均购买于郑州黄河小商品市场。分别为肉桂皮(樟科)、丁香(木犀科)、八角(八角科)、川姜(姜科)、红花椒(芸香科)、良姜(姜科)、茴香(伞形科)、辛夷(木兰科)、辣椒(茄科)、芥子(十字花科)、一口盅(桃金娘科)、千里香(芸香科)。将各种材料自然干燥后,用FW-100型高速万能粉碎机在1200 r·min⁻¹的转速下粉碎10 s,过40目筛。肉桂醛购买于上海双喜香料助剂厂,肉桂酸甲酯和肉桂酸乙酯购于Fluka Co Ltd.,均为分析纯。

1.3 生物测定

共分3组测定内容。第1组为植物材料驱避活性的初步筛选,第2组为肉桂皮主要挥发物成分肉桂醛及其2种结构类似物肉桂酸甲酯和肉桂酸乙酯的驱避活性比较,第3组为肉桂醛琼脂凝胶包结物的驱避效果评价。

植物材料驱避活性的测定在Y形嗅觉仪中进行。嗅觉仪Y形管的内径为2.5 cm,主臂长16 cm,支臂长17 cm,两支臂之间的夹角为45°。主臂与抽气真空泵相连,两支臂通过硅胶管分别与两个相同的样品容器相连,样品容器的进气口用活性炭净化进入的空气。测定时间在21:00~23:00成虫活动高峰期进行,测定时称取2 g待测植物材料粉末样品,置于8 mL青霉素瓶中放入与Y形管处理支臂相连的样品容

器内,对照支臂的样品容器内只放置空的青霉素瓶。然后将饥饿24 h、健康活泼的烟草甲成虫15~20头一次性接入Y形嗅觉仪的主臂末端,并将嗅觉仪置于暗箱中开始抽气(两支臂的空气流速均为1.0 L/min)。接虫后20 min观察烟草甲在嗅觉仪中的分布情况,分别记录处理支臂和对照支臂中的虫数,试虫爬行至离Y形管进气口10 cm以内视为作出了选择反应,停留在主臂中或进入支臂但不到距离进气口5 cm的个体视为无反应。每组试验结束后,用蒸馏水清洗嗅觉仪并热风吹干,调换两支臂的位置后再进行下一次测定。共12个处理,每处理重复测定16次。

肉桂醛等化合物的比较仍在上述Y形嗅觉仪中进行。由于化合物的挥发性强于植物材料,故在测定开始后5 min、10 min、15 min和20 min各观察1次烟草甲在处理支臂和对照支臂中的分布情况。每种化合物分为2 μL和5 μL两个剂量水平,滴加在0.5 cm×6 cm的滤纸条上并放入青霉素小瓶中,对照则放入不滴加化合物的滤纸条,每种化合物的每个剂量水平重复测定5次。

肉桂醛琼脂胶包结物驱避效果的评价在作者设计制作的盆形嗅觉仪中进行^[12]。首先制备肉桂醛琼脂胶包结物处理样品,取肉桂醛500 μL置于8 mL青霉素瓶中,接着注入5 mL 1%的琼脂熔胶,摇匀后置于室温下备用;对照样品则仅注入5 mL 1%的琼脂熔胶。然后取烤烟叶片20 g揉碎后放入纱布包内,并在处理纱布包中放入肉桂醛处理样品,对照纱布包中则放入不包结肉桂醛的琼脂胶对照样品。测定时取处理和对照纱布包各1个,分别放置在盆形嗅觉仪底部一条直径的两端,然后在盆形嗅觉仪底部中央释放烟草甲成虫25头,在盆口上部加盖遮光纸,开启蠕动泵营造微气流环境,并开始计时。24 h、48 h、72 h和96 h后观察记载两个纱布包内的烟草甲数量,停留在纱布包外的试虫不做记录,共重复9次。

1.4 统计分析

对于植物材料的测定数据,首先采用配对t测验的方法判断每个样品处理支臂与对照支臂试虫数量的差异显著性,然后采用下式计算驱避反应指数(Repellent index, R_i):

$$R_i = \frac{CK - Tr}{CK + Tr} \times 100\%$$

式中, R_i 为驱避反应指数,CK为对照支臂中的烟草甲数量平均值,Tr为处理支臂中的烟草甲数量平均值。基本假设是如果样品没有活性,则烟草甲进

入 Y 形管的两个支臂的数量应当没有统计学意义上的差异, 如果 R_i 显著大于 0 则样品具有驱避作用, 显著小于 0 则说明有引诱作用, 与 0 差异不显著则说明所测试的样品没有任何行为活性。

对于肉桂醛等 3 种化合物的测定数据, 驱避反应指数的计算方法同上。差异显著性分析采用三因素方差分析, 判断化合物种类、剂量、观察时间及其交互作用对烟草甲行为反应影响的显著性。对于影响显著的因素或交互作用, 则采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

对于肉桂醛琼脂胶包结物驱避效果测定数据, 驱避反应指数的计算方法同上。由于不同时间段的驱避反应指数均接近于 100%, 故不再进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同植物材料的驱避反应指数比较

在 Y 形嗅觉仪中测定烟草甲对 12 种芳香植物材料的驱避反应, 得到表 1 结果。从表 1 可以看出, 肉桂皮粉的驱避效果最好, 对照支臂中的虫数极显著多于处理支臂中的虫数, 驱避反应指数达 78.46%; 丁香粉的驱避效果次之, 对照与处理支臂中的虫数差异仍达极显著水平, 驱避反应指数为 67.46%。其他供试材料对烟草甲的生物活性变化较大, 其中千里香粉、一口盅粉、芥子粉、辣椒粉和辛夷粉处理与对照支臂中的虫数差异极显著, 不仅没有驱避活性, 反而表现出极显著的引诱活性; 茴香粉也表现出显著的引诱活性; 而八角粉、川姜粉、红花椒粉和良姜粉 4 种材料则既没有显著的引诱活性, 也没有显著的驱避活性。

表 1 不同植物材料对烟草甲的驱避反应指数

Tab. 1 Repellent indices of different plant materials against *Lasioderma serricorne*

供试材料	处理虫数 ± 标准差	对照虫数 ± 标准差	t	P	驱避反应指数 %
肉桂皮粉	1.31 ± 1.62	10.88 ± 4.22	7.48**	< 0.0001	78.46
丁香粉	2.13 ± 1.09	10.94 ± 2.29	12.44**	< 0.0001	67.46
八角粉	5.25 ± 2.62	7.88 ± 3.63	1.88	0.0790	20
川姜粉	7.88 ± 3.01	6.56 ± 1.75	1.36	0.1938	-9.09
红花椒粉	8.50 ± 2.42	6.44 ± 4.13	1.39	0.1858	-13.81
良姜粉	8.06 ± 2.43	5.75 ± 2.93	2.00	0.0642	-16.74
茴香粉	8.81 ± 2.95	5.63 ± 3.07	2.56*	0.0218	-22.08
辛夷粉	9.56 ± 2.56	5.75 ± 1.65	4.69**	0.0003	-24.9
辣椒粉	11.50 ± 3.44	4.94 ± 2.89	4.32**	0.0006	-39.92
芥子粉	10.75 ± 2.05	4.56 ± 1.59	7.66**	< 0.0001	-40.41
一口盅粉	10.94 ± 3.17	4.56 ± 2.34	5.00**	0.0002	-41.13
千里香粉	13.19 ± 2.83	2.13 ± 1.31	12.09**	< 0.0001	-72.24

注: t 值后面标有 * 表示 Y 形管处理与对照支臂中的烟草甲数量差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 标有 ** 表示有高度统计学意义 ($P < 0.01$)。

2.2 肉桂醛及其结构类似物的驱避活性

在 Y 形嗅觉仪中测定烟草甲对肉桂皮主要挥发物成分肉桂醛及其 2 种结构类似物肉桂酸甲酯、肉桂酸乙酯驱避反应, 得到图 1 和图 2 结果。从图 1 可以看出, 3 种供试化合物均表现出明显的驱避活性, 其中肉桂醛的驱避活性最强, 驱避反应指

数达 99.62%; 其次为肉桂酸甲酯, 驱避反应指数为 77.93%; 肉桂酸乙酯的驱避活性相对较弱, 驱避反应指数为 62.02%。从图 2 可以看出, 3 种供试化合物不同观察时间的整体驱避反应指数之间没有明显差异。三因素方差分析结果表明 (表 2), 不同化合物的驱避反应指数之间有高度统计学意义 ($F = 27.9159$,

$F_{0.05} = 3.0912$) ; 不同剂量的驱避反应指数差异也达到极显著水平 ($F = 20.3859$, $F_{0.05} = 3.9402$) , 其中剂量为 $5 \mu\text{L}$ 时的平均驱避反应指数为 89.17% , 剂量为 $2 \mu\text{L}$ 时的平均驱避反应指数为 70.55% , 且化合物与剂量两个因素之间也存在极显著的交互作用 ($F = 7.1072$, $F_{0.05} = 3.0912$) ; 不同观察时间的驱避反应指数不存在显著性差异, 而且所有与观察时间有二阶交互作用或三阶交互作用的驱避反应指数之间也没有显著性差异。说明化合物的种类及其使用剂量是影响驱避活性的关键因素。

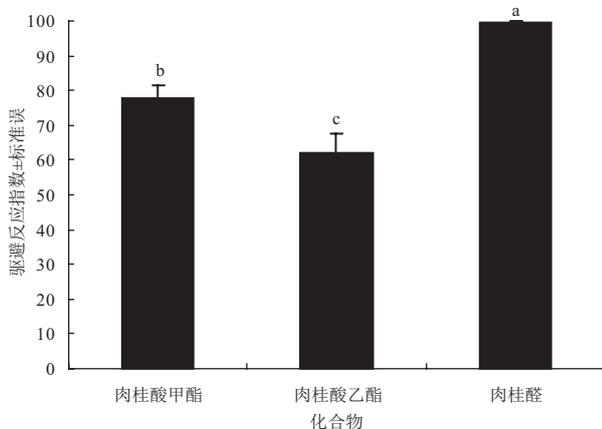


图 1 3 种化合物的驱避反应指数比较

Fig. 1 Comparison of repellent indices among 3 compounds

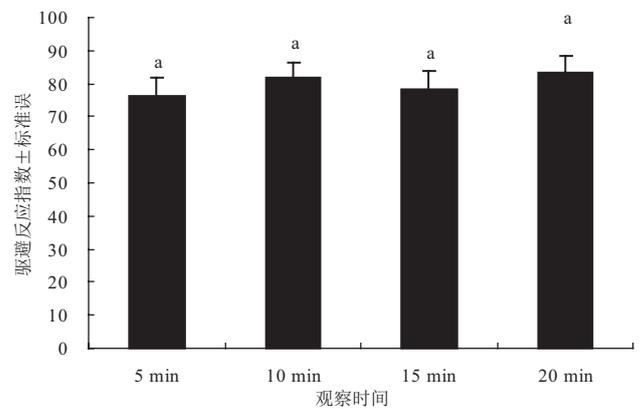


图 2 不同观察时间驱避反应指数的变化

Fig. 2 Changes of repellent index at different observation timing

2.3 肉桂醛琼脂凝胶物的驱避效果测定

由于在 2 h 内分段观察时, 5 min、10 min、15 min 和 20 min 4 个时间点的观察结果没有显著差异。为此采用琼脂胶包结肉桂醛, 测定了不同时间段的驱避作用, 结果见表 3。从表 3 可以看出, 第 1 d 的平均驱避反应指数达 90.48% , 此后随着时间的延长逐步增加, 至第 4 d 时驱避反应指数达 100%。说明在实验室条件下评价挥发性化合物的驱避效果时, 控制挥发物缓慢释放可以更好地评价其驱避效果。

表 2 不同化合物、不同剂量和观察时间对烟草甲驱避效果影响的方差分析

Tab. 2 Analysis of variance of repellent effect on *Lasioderma serricorne* for different compounds, different doses and observation timing

方差来源	平方和	自由度 df	均方 MS	F 值	Sig.
化合物	2.8487	2	1.4243	27.9159	0.0000
剂量	1.0401	1	1.0401	20.3859	0.0000
观察时间	0.0982	3	0.0327	0.6418	0.5900
化合物 × 剂量	0.7253	2	0.3626	7.1072	0.0013
化合物 × 观察时间	0.0689	6	0.0115	0.2250	0.9678
剂量 × 观察时间	0.0325	3	0.0108	0.2121	0.8878
化合物 × 剂量 × 观察时间	0.1000	6	0.0167	0.3265	0.9216
随机误差	4.8982	96	0.0510		

3 讨论

研究表明, 不同芳香植物材料对烟草甲表现出不同的生物活性。其中肉桂皮和丁香表现出较强的

驱避活性, 而千里香、一口盅、芥子、辣椒和辛夷则表现出引诱活性, 估计与烟草甲食性较杂, 可取食烟草、谷物、植物调味料等多种动植物干制品有关^[1]。

表3 肉桂醛琼脂胶包结物对烟草甲的驱避效果

Tab. 3 Repellent effect of cinnamaldehyde formulated in agar-pectin on *Lasioderma serricorne*

天数	选项	处理或对照烤烟纱包中的虫数									平均驱避反应指数 /%
		重复 1	重复 2	重复 3	重复 4	重复 5	重复 6	重复 7	重复 8	重复 9	
1	处理	0	0	2	0	1	2	2	0	0	90.48
	对照	13	16	21	17	12	15	13	15	18	
2	处理	0	0	0	0	0	1	1	0	1	96.25
	对照	10	17	16	22	17	22	16	23	14	
3	处理	0	0	0	1	0	0	0	0	0	98.39
	对照	9	16	17	19	15	9	14	16	8	
4	处理	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00
	对照	10	22	16	19	14	16	16	19	14	

因此,在选择驱避植物材料时,应尽可能选取烟草甲不喜欢取食的植物材料。驱避植物材料肉桂皮的主要挥发物成分为肉桂醛(39.49%)和古巴烯(26.79%),其他成分则含量甚微^[14]。生物测定结果表明,肉桂醛对烟草甲具有极强的驱避活性,而肉桂醛也是烟用香精之一,若作为烟草甲驱避剂可能对烤烟品质的影响较小,有待进一步的品质影响评价予以确定。

利用植物源驱避剂控制卫生害虫已经得到广泛应用,而用于其他害虫的成功事例不多^[15]。与大田作物害虫防治不同,仓库是一个相对封闭的环境,加上储藏物害虫多隐蔽取食为害,若使用植物源驱避剂直接避免害虫侵染烟草和其他储藏物,可能是最经济有效的预防措施。当然,从实际应用的角度看,还需要进一步明确驱避剂的最佳剂量,评价在仓库环境中琼脂胶包结物的控制释放效果,研究适于不同仓库和包装物的应用剂型和使用方法等。

4 结论

从12种芳香植物材料中筛选出了对烟草甲驱避效果最好的肉桂皮,测定了肉桂皮主要挥发物成分肉桂醛的驱避活性,制备出了驱避剂琼脂胶包结物样品,有希望成为一种新型的烟草甲高效驱避剂。

参考文献

- [1] 马继盛,罗梅浩,郭线茹,等.中国烟草昆虫[M].北京:科学出版社,2007:231-235.
- [2] 薛宝燕,程新胜,魏重生.烟草甲研究进展[J].烟草科技,2005,(2):44-48.
- [3] 柳琼友,顾丁,陈文龙.烟草甲的防治研究进展[J].湖北

- 农业科学,2007,46(5):841-844.
- [4] 曹阳.我国谷蠹、赤拟谷盗、锈赤扁谷盗和土耳其扁谷盗磷化氢抗药性调查[J].河南工业大学学报(自然科学版),2006,27(1):1-6.
- [5] 张海燕,邓永学,王进军,等.植物精油防治储粮害虫的研究进展[J].粮食储藏,2004,33(3):7-11.
- [6] 杨念婉,李艾莲.植物精油应用于害虫防治研究进展[J].植物保护,2007,33(6):16-21.
- [7] 黄素青,梁炳泉,苏兆雄,等.植物精油的生物活性及其在有害生物控制上的应用[J].农药,2010,49(6):397-409.
- [8] 王秀芳,任广伟,王新伟,等.植物精油对烟草甲触杀、熏蒸和驱避作用研究[J].中国烟草学报,2011,17(2):67-70.
- [9] Hori M. Evaluation of the practicability of hinokitiol as a repellent against the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae) [J]. Journal of Applied Entomology and Zoology, 2004, 39(4):699-704.
- [10] Hori M. Development of repellent strips for controlling the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae) [J]. Journal of Applied Entomology and Zoology, 2005, 40(2):373-377.
- [11] 安靖靖,李为争,原国辉,等.烟草甲对20种植物材料及其提取物的选择反应[J].河南农业大学学报,2009,43(2):186-190.
- [12] 刘婷,李为争,游秀峰,等.常见植物挥发物对烟蚜的驱避和抑制定殖活性[J].中国烟草学报,2013,19(2):77-84.
- [13] 梁忠云,刘虹,文彩琳,等.肉桂皮挥发油的化学成分研究[J].香料香精化妆品,2008,(1):7-11.
- [14] Kim S I, Park C, Ohh M H, et al. Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasiodema serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) [J]. Journal of Stored Products Research, 2003, 39(1): 11-19.
- [15] 杨长龙,江世宏,徐汉虹.植物源驱避剂研究进展[J].植物保护,2006,32(6):4-9.