

牡荆叶挥发油对烟草甲的杀虫活性

吴彦¹, 尤春雪², 田兆福¹, 郭姗姗², 刘绍华¹,
黄东业¹, 邓宾玲¹, 李志华¹, 白家峰¹, 杜树山^{2*}

(1. 广西中烟工业有限责任公司技术中心, 南宁 530001; 2 北京师范大学
中药资源保护与利用北京市重点实验室, 北京 100875)

摘要 用水蒸气蒸馏法提取牡荆叶挥发油, 并采用气相色谱-质谱联用法分析其化学成分, 基于柱色谱和核磁共振方法分离并鉴定化合物。从牡荆叶挥发油中鉴定出 47 种化合物, 主要成分为 β -石竹烯 (25.8%)、桉油精 (9.5%)、石竹烯氧化物 (7.3%) 和乙酸松油酯 (6.1%)。并对牡荆叶挥发油及其分离得到的 β -石竹烯和桉油精进行了杀虫活性测定。结果表明牡荆叶挥发油对烟草甲 (*Lasioderma serricorne*) 成虫具有触杀毒性 (LD₅₀ 为 25.30 μ g/头) 和熏蒸毒性 (LC₅₀ 为 13.12 mg/L)。挥发油中的主要化合物 β -石竹烯和桉油精对烟草甲均有一定的触杀毒性 (LD₅₀ 分别为 41.75 μ g/头和 15.58 μ g/头)。桉油精对烟草甲还显示出较强的熏蒸活性 (LC₅₀ 为 5.18 mg/L)。结果提示牡荆叶挥发油及其活性化合物可用于烟草甲的综合防治。

关键词 牡荆叶; 烟草甲; 触杀活性; 熏蒸活性

中图分类号: S 435.72 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.05.016

Chemical composition and insecticidal activities of *Vitex negundo* L. var. *cannabifolia* (Sieb. et Zucc.) Hand.-Mazz. essential oil against the cigarette beetle

Wu Yan¹, You Chunxue², Tian Zhaofu¹, Guo Shanshan², Liu Shaohua¹,
Huang Dongye¹, Deng Binling¹, Li Zhihua¹, Bai Jiafeng¹, Du Shushan²

(1. Technical Center of China Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd, Nanning 530001, China; 2. Beijing Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Protection and Utilization, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract In order to find and develop new botanical pesticides against tobacco storage pests, bioactivity screening was performed. The essential oil obtained from the leaves of *Vitex negundo* L. var. *cannabifolia* (Sieb. et Zucc.) Hand.-Mazz. was investigated by GC-MS. A total of 47 components of the oil were identified and the main components in the oil were found to be β -caryophyllene (25.8%) and eucalyptol (9.5%), followed by caryophyllene oxide (7.3%) and terpinyl acetate (6.1%). After screening, the essential oil exhibited potential insecticidal activity. In the process of assay, the essential oil was found to possess strong contact toxicity against *Lasioderma serricorne* adults with a LD₅₀ value of 25.30 μ g/adult and fumigant toxicity with a LC₅₀ value of 13.12 mg/L air. β -caryophyllene and eucalyptol also possessed strong contact toxicity against *L. serricorne* with a LD₅₀ value of 41.75 and 15.58 μ g/adult, respectively. Moreover, eucalyptol exhibited strong fumigant toxicity against the cigarette beetle with a LC₅₀ value of 5.18 mg/L air. The results indicate that the essential oil of *Vitex negundo* L. and the two isolated compounds has potential to be developed into a natural insecticide/fumigant for control of the cigarette beetle.

Key words *Vitex negundo* var. *cannabifolia*; *Lasioderma serricorne*; contact toxicity; fumigant toxicity

贮烟害虫对烟草产业危害很大。据调查, 我国 为害烟草的害虫有 79 种, 其中烟草甲 [*Lasioderma*

serricorne (Fabricius)]及烟草粉螟[*Ephestia elutella* (Hübner)]发生最为普遍,为害最严重^[1]。烟草甲属昆虫纲(Insecta)鞘翅目(Coleoptera)窃蠹科(Anobiidae),又名烟草窃蠹、烟草标本虫、苦丁茶蛀虫等,原产于美洲,分布遍及全世界,1年繁殖3~6代,食性极杂,经常出现在各大食品加工厂、仓库及其他干燥的储藏地,主要为害对象有各类谷物产品、香料、烟草以及干的草药等,对贮藏烟叶及其制品为害尤甚^[2-4]。据国际烟草工业技术中心联盟(CORES-TA)估计,烟草甲每年对贮存烟草造成的损失约为1%^[5]。该虫特别喜食正在醇化的烟叶,可随加工的烟丝进入卷烟内部,蛀食烟丝,蛀穿卷烟纸;虫尸、虫粪污染烟叶和烟草制品,严重影响烟叶的可用性和卷烟质量。

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,而增加用量则会带来严重的农药残留污染和对人类健康的威胁^[6-8]。随着可持续植保理论的提出,植物性杀虫剂在害虫治理中的研究和应用显得更加重要^[9-10]。利用植物次生代谢产物开发环境和谐农药成为当今杀虫剂研究的热点之一。植物精油是一类植物次生性代谢物质,具有特殊的植物性气味,主要成分为单萜和倍半萜类物质,具有对人畜安全,对环境友好,残留量低等优点。植物精油对害虫的作用方式大致可归纳为毒杀、拒食、引诱、驱避和抑制生长发育等,目前已有大量文献报道。研究发现一些植物精油及其有效成分对烟草甲具有良好的毒杀作用,比如紫苏当中的2-乙酰基呋喃^[11],香樟当中的右旋樟脑等^[12]。但是,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杀虫剂产品投放市场。在筛选活性植物材料及其精油的基础上,选用高杀虫活性成分组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。

牡荆叶为马鞭草科牡荆属植物牡荆[*Vitex negundo* L. var. *cannabifolia* (Sieb. et Zucc.) Hand.-Mazz.]的叶。全国各地均产,野生资源十分丰富^[13-14]。已发现东南亚地区有直接用同属的黄荆叶或叶片有机溶剂粗提物进行相关杀虫活性研究的记载,显示出黄荆对玉米象、谷蠹、绿豆象和杂拟谷盗等仓储害虫具有杀虫活性^[15]。作为牡荆属的同属

植物^[16],牡荆是黄荆的变种之一,但相关成分对烟草甲的杀虫活性未见报道。故在此对牡荆叶挥发油的化学成分和杀虫活性做进一步探究,以求筛选更好的具有杀虫活性的成分,为牡荆叶资源的开发利用提供依据,为烟草甲的生物防治研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

1.1.1 供试昆虫

烟草甲于2013年9月引种自河南工业大学粮油食品学院,经吕建华副教授鉴定确认种类,引种后已纯化3代以上。饲养条件:将小麦用水冲洗两遍后晾干,磨成面粉,过80目筛,装入玻璃瓶内,加入10%酵母粉,混合均匀,接入20~40头成虫,盖上棉布,用皮筋箍好,置于温度(29±1)℃,相对湿度为75%±5%的培养箱中饲养。2d后筛出成虫,将接种的玻璃瓶放入培养箱中。每次试验挑选同一批次羽化、羽化后一周左右的成虫作为受试虫源,试虫不分雌雄。

1.1.2 植物原料

牡荆叶(5 kg)于2012年8月采自河北省安国市,经杜树山教授鉴定为马鞭草科植物牡荆[*Vitex negundo* L. var. *cannabifolia* (Sieb. et Zucc.) Hand.-Mazz.]的干燥叶,植物样本保存于北京师范大学资源学院。

1.1.3 仪器和试剂

安捷伦 6890N 气相色谱分析仪,配有 Agilent Technologies 5973N 质谱分析仪,氢火焰离子化检测器(GC-FID),HP-5MS (30 m×0.25 mm×0.25 μm)石英毛细管柱和 NIST05、WILEY275 质谱数据库。

布鲁克 Avance DRX 500 核磁共振谱仪,配有 5 mm DUEL 双核探头和 BVT-3000 控温单元,以氘代氯仿作为溶剂,四甲基硅烷作为内标。

Heidolph Laborota 4000 型旋转蒸发仪;一系列量程范围 Eppendorf 移液枪,玻璃样品瓶、玻璃培养皿购于北京玻璃仪器厂。

正己烷、乙酸乙酯等均为北京化工厂分析纯试剂;聚四氟乙烯购于北京华通瑞驰材料科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 挥发油的提取

取牡荆叶放入挥发油提取器中,采用水蒸气蒸馏法进行提取,提取6h,油水经正己烷萃取,减压蒸

馏回收溶剂,无水硫酸钠干燥处理后过滤,即得挥发油。挥发油存储于冰箱保鲜室 4℃ 保存。

1.2.2 气相色谱-质谱联用(GC-MS)分析

色谱条件:载气为高纯氦气,流速为 1.0 mL/min,汽化室温度 250℃。进样量为 1 μL(样品 1 μL,以 1%浓度溶于正己烷),以分流比 1:50 注射。程序升温:柱起始温度为 50℃,保持 3 min,以 10℃/min 升温速率升至 280℃。

质谱条件:电离方式为 EI,电子能量为 70 eV,离子源温度 200℃,质量扫描范围 45~650 *m/z*。

多数成分通过气相色谱法鉴定,主要通过将它们 的保留指数(RI)与文献及实验室已有标准化合物保留指数进行比对。RI 的确定与同等操作条件下正构烷烃同系物(C₅~C₃₆)的分析结果相关,进一步鉴别通过检索质谱数据库 NIST05、WILEY275 和查阅有关质谱文献来进行^[17],并应用峰面积归一化法确定它们的相对百分含量。

1.2.3 单体化合物的分离鉴定

牡荆叶挥发油 10 mL,经正相硅胶柱层析,采用正己烷、正己烷-乙酸乙酯、乙酸乙酯依次梯度洗脱分段,获得 25 个馏分段,Fr. 6、9 再经正己烷-乙酸乙酯(100:1, *V/V*)反复硅胶柱层析分离,经核磁共振解析确定结构,得到 2 个单体化合物,分别为 β-石竹烯(β-caryophyllene,化合物 1,1.2 g)和桉油精(eucalyptol,化合物 2,0.8 g)。

1.2.4 触杀毒性测试方法

挥发油及单体化合物对烟草甲的触杀活性的测试参照文献所述方法^[18]:将羽化一周左右的成虫从培养瓶中取出,再用移液枪点滴 0.5 μL 精油的正己烷稀释液(预试验:浓度为 50%、10%、2%;正式试验根据预试验结果设置 5 个浓度)于试虫的前胸背

板上(置于冰袋上操作),处理后放入直径 2.5 cm,高 5.5 cm 玻璃瓶中,正己烷为对照组,每个浓度重复 5 次,每个重复 10 头试虫。处理组与对照组置于温度为(29±1)℃,相对湿度为 75%±5%的恒温培养箱中培养 24 h,观察和记录试虫的死亡情况。计算死亡率与校正死亡率,LD₅₀ 值按文献方法^[16]采用 Probit (IBM SPSS 20.0)分析计算。

1.2.5 熏蒸毒性测试方法

挥发油及单体化合物对烟草甲的熏蒸活性的测试参照文献所述方法^[18]:将 10 头试虫放入直径 2.5 cm,高 5.5 cm 的玻璃瓶中,然后用移液枪吸取 10 μL 精油的正己烷稀释液(预试验:浓度为 50%、10%、2%;正式试验根据预试验结果设置 5 个浓度)滴于瓶盖内的滤纸片上,另取未处理的滤纸滴加正己烷作对照,迅速拧紧瓶盖密封,形成一密闭空间,瓶口涂有聚四氟乙烯,防止供试昆虫接触到含药剂的滤纸。每个处理重复 5 次,每个重复 10 头试虫。处理后置于温度为(29±1)℃,相对湿度为 75%±5%的恒温培养箱中培养 24 h,观察和记录试虫的死亡情况,计算死亡率与校正死亡率。由于试虫均有假死性,观察死亡情况时先用力摇晃玻璃瓶,再将玻璃瓶放倒,5 min 后观察,虫体不动即为死亡,LC₅₀ 按文献方法^[16]采用 Probit (IBM SPSS 20.0)分析计算。

2 结果与分析

2.1 挥发油的化学成分

牡荆叶挥发油的 GC-MS 结果如表 1 所示:从牡荆叶挥发油中鉴定出 47 种成分,占全油 91.50%,其中主要成分为 β-石竹烯(25.8%)、桉油精(9.5%)、石竹烯氧化物(7.3%)、乙酸松油酯(6.1%)和斯巴醇(3.4%)等。

表 1 牡荆叶挥发油的成分分析¹⁾

Table 1 Chemical composition of the essential oil of *Vitex negundo* var. *cannabifolia* leaves

序号 No.	化合物名称 Compound name	保留指数 <i>RI</i>	相对含量/% Content
1	α-蒎烯 α-Pinene	1 098	1.1
2	桉烯 Sabinene	1 134	3.3
3	β-蒎烯 β-Pinene	1 153	0.4
4	异-异松油烯 Isoterpinolene	1 176	0.4
5	σ-伞花烃 σ-Cymene	1 185	0.8
6	3-侧柏烯 3-Thujene	1 189	1.4
7	桉油精 Eucalyptol	1 191	9.5
8	γ-萜品烯 γ-Terpinene	1 223	0.2
9	芳樟醇 Linalol	1 272	0.5

续表 1 Table 1(Continued)

序号 No.	化合物名称 Compound name	保留指数 RI	相对含量/% Content
10	<i>cis</i> -对-薄荷-2-烯-1-醇 <i>cis-p</i> -Menth-2-en-1-ol	1 294	0.1
11	4-萜品醇 Terpinen-4-ol	1 361	2.8
12	α -萜品醇 α -Terpineol	1 378	1.2
13	草蒿脑 Estragole	1 388	2.1
14	2-侧柏烯 2-Thujene	1 533	0.1
15	橙花醇乙酸酯 Neryl acetate	1 572	0.9
16	乙酸松油酯 Terpinyl acetate	1 632	6.1
17	δ -榄香烯 δ -Elemene	1 778	0.3
19	α -波旁烯 α -Bourbonene	1 839	0.4
20	长蠕孢吉马烯 Helminthogermacrene	1 851	1.7
21	β -石竹烯 β -Caryophyllene	1 884	25.8
22	γ -榄香烯 γ -Elemene	1 906	0.4
23	5-乙基-3-甲基-3,4-壬二烯-6-炔 5-Ethyl-3-methyl-3,4-nonadien-6-yne	1 914	2.8
24	α -石竹烯 α -Caryophyllene	1 928	1.3
25	香橙烯 Aromadendrene	1 937	0.2
26	3-金合欢烯 <i>cis-b</i> -Farnesene	1 941	3.3
27	吉马烯 D Germacrene D	1 960	1.5
28	二氢- <i>cis</i> - α -古巴烯-8-醇 Dihydro- <i>cis</i> - α -copaene-8-ol	1 970	1.5
29	杜松-4(14),5-二烯 Cadina-4(14),5-diene	1 977	0.2
30	朱桉倍半萜 Valencene	1 982	0.6
31	<i>d</i> -杜松烯 <i>d</i> -Cadinene	2 020	1.0
32	5,7-二乙基-5,6-癸二烯-3-炔 5,7-Diethyl-5,6-decadien-3-yne	2 049	0.1
33	耳草萜烷醇 Hedycaryol	2 053	0.6
34	小茴香烯 Fenchene	2 069	0.6
35	斯巴醇 Spathulenol	2 084	3.4
36	石竹烯氧化物 Caryophyllene oxide	2 090	7.3
37	蛇麻烯氧化物 II Humulene oxide II	2 122	0.3
38	γ -绿叶烯 γ -Patchoulene	2 137	0.8
39	10,10-二甲基-2,6-二亚甲基双环[7.2.0]十一碳-5 α -醇 10,10-Dimethyl-2,6-dimethylenebicyclo[7.2.0]undecan-5 α -ol	2 154	1.4
40	茅苍术醇 Hinesol	2 158	0.8
41	香榧醇 Torreyol	2 163	0.6
42	桉叶醇 β -Eudesmol	2 170	2.1
43	5,10-十五碳二炔-1-醇 5,10-Pentadecadiyn-1-ol	2 181	1.1
45	α -没药醇 α -Bisabolol	2 217	0.3
47	绒白乳菇二醇 Vellardiol	2 295	0.2
	总计		91.50

1) 保留指数用 HP-5MS 色谱柱测定以正烷烃同系物(C₅~C₃₆) 为参照。
Retention index is determined on a HP-5MS column by using the homologous series of *n*-alkanes (C₅-C₃₆) as a reference.

2.2 化合物结构解析

分离并鉴定出两种化合物(图 1),详细数据如下:

化合物 1: β -石竹烯。无色油状;分子式 C₁₅H₂₄。¹H-NMR(500 MHz,CDCl₃) δ ppm: 5.33 (1H,m,H-5),4.97 (1H,s,H-12a),4.85 (1H,s,H-12b),2.37 (1H,m,H-9),2.33 (1H,m,H-7b),2.23 (1H,m,H-7a),2.11 (1H,m,H-1),2.02 (1H,m,H-6b),1.94 (1H,m,H-6a),1.72 (1H,m,H-2b),1.69 (1H,m,H-3b),1.65-1.67 (2H,m,H-10),1.64 (3H,s,15-CH₃),1.60 (1H,m,H-3a),1.52 (1H,m,H-2a),1.02 (3H,s,12-CH₃),1.00 (3H,s,13-CH₃);¹³C-NMR (125

MHz,CDCl₃) δ ppm: 154.74 (C-8),135.58 (C-4),124.31 (C-5),111.67 (C-12),53.54 (C-1),48.48 (C-9),40.33 (C-10),39.96 (C-3),34.79 (C-7),33.02 (C-11),30.09 (C-13),29.36 (C-2),28.38 (C-6),22.66 (C-14),16.32 (C-15)。数据与之前文献报道一致^[19],鉴定化合物 1 为 β -石竹烯。

化合物 2:桉油精。无色油状;分子式 C₁₀H₁₈O。¹H-NMR (500 MHz,CDCl₃) δ ppm: 2.03 (2H,t,H-2),1.68(2H,t,H-6),1.52(4H,m,H-3,5),1.42 (1H,m,H-4),1.25(6H,s,H-9,10),1.07 (3H,s,H-7);¹³C-NMR (125 MHz,CDCl₃) δ ppm: 73.61 (C-8),69.77 (C-1),32.94 (C-4),31.51 (C-3,5),28.89 (C-

2,6),27.58 (C-7),22.83 (C-9,10)。数据与之前文献报道一致^[20],鉴定化合物 2 为桉油精。

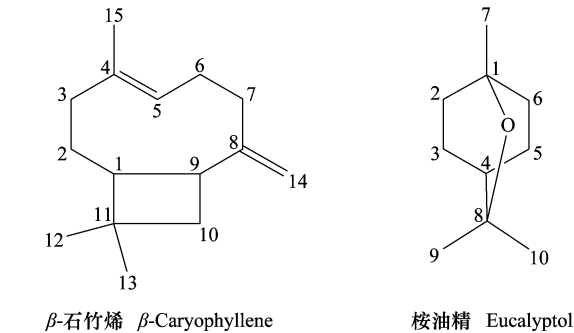


图 1 牡荊叶挥发油中分离出的主要成分的结构

Fig. 1 The structure of the isolated components in the essential oil

表 2 牡荊叶挥发油及单体成分对烟草甲的触杀和熏蒸毒性¹⁾

Table 2 Contact and fumigant toxicity of the essential oil of *Vitex negundo* var. *cannabifolia* and its isolated components against *Lasioderma serricorne* adults

作用方式 Toxicity	组别 Treatment	LD ₅₀ 或 LC ₅₀ LD ₅₀ or LC ₅₀	95% 置信区间 95% FL	斜率±标准误 Slope±SE	卡方 χ ²
触杀 Contact toxicity	牡荊叶挥发油 Essential oil of <i>Vitex negundo</i> var. <i>cannabifolia</i>	25, 30	21.12~29.00	4.91±0.84	27.37
	β-石竹烯 β-Caryophyllene	41.75	38.31~45.59	5.61±0.58	12.19
	桉油精 Eucalyptol	15.58	12.88~18.02	3.87±0.55	15.18
熏蒸 Fumigant toxicity	牡荊叶挥发油 Essential oil of <i>Vitex negundo</i> var. <i>cannabifolia</i>	13.12	10.96~15.38	3.77±0.42	18.86
	β-石竹烯 β-Caryophyllene	>175.60	—	—	—
	桉油精 Eucalyptol	5.18	4.63~5.70	4.84±0.59	16.79

1) LD₅₀ 及其 95% 置信区间触杀浓度单位为 μg/头;熏蒸 LC₅₀ 及 95% 置信区间浓度单位为 mg/L。
Concentration for LD₅₀ and 95% fiducial limits of contact toxicity: μg/adult; Concentration for LC₅₀ and 95% fiducial limits of fumigant toxicity: mg/L.

3 讨论

目前国内对于各地区的牡荊叶挥发油成分研究较多。黄琼等^[21-23] 分别用超声波提取法、水蒸气蒸馏法和微波辅助萃取的方法得到牡荊叶挥发油。3 次样品均采自广西南宁市郊区,但主要成分的种类和含量各不相同。其中使用超声波提取法提取所得挥发油的主要成分确定为十六酸(15.9%)、邻苯二甲酸异丁基酯(14.4%)和苯酚(13.6%)。水蒸气蒸馏法所得精油主要成分为 β-石竹烯(24.6%)、β-桉醇(10.0%)和邻苯二甲酸二异辛酯(5.7%)。微波辅助萃取而得的挥发油的主要成分为 β-石竹烯(20.2%)、4-羟基-苯甲酸(21.2%)和桉油精(12.8%)。同一采集地 3 次样品各成分含量不同,可能与提取方法不同有关。孙凌峰^[24]在江西德兴所采样品经测定其最主要组分为 β-石竹烯(39.6%),其次为桉油精(23.9%)、桉烯

2.3 挥发油触杀和熏蒸毒性

牡荊叶挥发油及其单体对烟草甲的触杀和熏蒸活性如表 2 所示。牡荊叶挥发油对烟草甲体现出较强的触杀毒性,LD₅₀ 值为 25.30 μg/头。在 2 种化合物中,桉油精对烟草甲的触杀活性较强,LD₅₀ 达到 15.58 μg/头。β-石竹烯对烟草甲的触杀活性较弱,LD₅₀ 仅为 41.75 μg/头。桉油精对烟草甲成虫的触杀毒性比 β-石竹烯强 2.67 倍,比挥发油强 1.62 倍。挥发油对烟草甲成虫有很强的熏蒸毒性,LC₅₀ 为 13.12 mg/L。在分离出的 2 种化合物中,β-石竹烯在测试范围内没有熏蒸毒性,桉油精(LC₅₀ = 5.18 mg/L)对烟草甲的熏蒸毒性强于总挥发油。这说明桉油精在牡荊叶挥发油对烟草甲的触杀和熏蒸活性中起到主要作用。

(12.6%)和乙酸龙脑酯(7.0%)。陈刚等^[25]测定沂蒙山产牡荊叶挥发油化学成分主要为 β-石竹烯(26.3%)、桉油精(11.9%)、桉烷(7.8%)和反式-β-金合欢烯(6.2%)。各产地牡荊叶挥发油主要成分对照具有鲜明的地域特征,但大都含有 β-石竹烯和桉油精。以上结果显示不同提取方法和不同产地所得牡荊叶挥发油的主要分及含量差异明显,这可能与药材产地的气候、土壤、地理位置,药材应用部位,以及提取分析方法的差异有关,因此针对植物栽培学与挥发油标准化提取的进一步研究非常必要。

有不少文献对烟草甲的触杀及熏蒸活性做过相关报道。王秀芳等^[26]对 9 种植物精油对烟草甲的杀虫活性进行了筛选,发现丁香油、冬青油、茶树油、艾叶油和百里香油有较好的触杀作用,留兰香油、茶树油、冬青油和丁香油具有较好的熏蒸作用。杨凯等^[27]报道了山鸡椒[*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.]

挥发油对烟草甲的触杀活性, LD_{50} 为 27.33 $\mu\text{g}/\text{头}$, 熏蒸活性 LC_{50} 为 22.97 mg/L 。王颖等^[28-30]报道了几种姜科植物对烟草甲的触杀和熏蒸活性, 其中云南草蔻 (*Alpinia blepharocalyx* K. Schum.)、紫色姜 (*Zingiber purpureum* Rosc.) 和草果 (*Amomum tsao-ko* Crevost et Lemaire) 对烟草甲的触杀毒性 LD_{50} 分别为 15.02、16.3 和 6.14 $\mu\text{g}/\text{头}$, 熏蒸毒性 LC_{50} 分别为 3.83、9.30 和 8.70 mg/L 。王成芳等^[31-32]报道了两种花椒属植物对烟草甲的杀虫活性, 单面针根部挥发油对烟草甲显示出触杀活性, LD_{50} 为 13.8 $\mu\text{g}/\text{头}$, 竹叶花椒茎枝挥发油对烟草甲具有熏蒸 ($LC_{50}=13.83 \text{ mg}/\text{L}$) 和触杀活性 ($LD_{50}=18.74 \mu\text{g}/\text{头}$)。本研究结果显示牡荆叶挥发油对烟草甲的触杀和熏蒸活性比以上报道的活性相对较弱, 但牡荆油作为常用药^[33], 比大多数常规杀虫剂对人体安全危害小, 因而具有一定优势。

综上所述, 本研究证实了牡荆叶挥发油对烟草甲具有熏蒸和触杀毒性, 并且其中的 β -石竹烯和桉油精也有一定的杀虫作用。牡荆油比大多数常规杀虫剂对人体安全危害小, 并且资源丰富, 在控制烟仓害虫方面的应用前景广阔。但将挥发油大范围应用于烟仓害虫防治的成本与效益以及相关的杀虫作用机理还需要做进一步的研究。

参考文献

- [1] 冯小明, 魏重生, 黄杰. 我国贮烟害虫发生为害现状及防治对策探讨[J]. 安徽农学通报, 2001, 7(2): 46-47.
- [2] Dimetry N Z, Barakat A A, El-Metwally H E, et al. Assessment of damage and losses in some medicinal plants by the cigarette beetle *Lasioderma serricorne* (F.) [J]. Bulletin of the National Research Center of Egypt, 2004, 29: 325-333.
- [3] Mahroof R M. Stable isotopes and elements as biological markers to determine food resource use pattern by *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) [J]. Journal of Stored Products Research, 2013, 52(1): 100-106.
- [4] Mahroof R M, Phillips T W. Orientation of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) to plant-derived volatiles [J]. Journal of Insect Behavior, 2007, 20(1): 101-105.
- [5] 宋纪真, 冯大茂. 全国贮烟害虫危害程度的调查研究[J]. 烟草科技, 1995 (4): 26-30.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Tapondjou L A, Adler C, Bouda H, et al. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles [J]. Journal of Stored Products Research, 2002, 38(4): 395-402.
- [10] Bekele J, Hassanali A. Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of *Ocimum kilimandscharicum* and *Ocimum kenyense* (Labiatae) on two post-harvest insect pests [J]. Phytochemistry, 2001, 57(3): 385-391.
- [11] You Chunxue, Wang Ying, Zhang Wenjuan, et al. Chemical constituents and biological activities of the Purple perilla essential oil against *Lasioderma serricorne* [J]. Industrial Crops and Products, 2014, 61: 331-337.
- [12] Chen Haiping, Yang Kai, You Chunxue, et al. Chemical constituents and insecticidal activities of the essential oil of *Cinnamomum camphora* leaves against *Lasioderma serricorne* [J]. Journal of Chemistry, 2014, 2014(44): 1-5.
- [13] 宋立人, 丁绪亮, 洪恂, 等. 现代中药学大辞典(上册) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001: 5.
- [14] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部) [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 98.
- [15] 卢传兵. 黄荆挥发油对主要储粮害虫生物活性及作用方式的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
- [16] 李春正, 苏艳芳, 靳先军. 牡荆属植物化学成分及生物活性研究进展[J]. 中草药, 2005, 36(6): 930-938.
- [17] Adams R P. Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy [M]. Carol Stream, IL, USA: Allured, 2007.
- [18] Liu Z L, Ho S H. Bioactivity of the essential oil extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst) [J]. Journal of Stored Products Research, 1999, 35(4): 317-328.
- [19] Kashman Y, Groweiss A. New diterpenoids from the soft corals *Xenia macropiculata* and *Xenia obscuronata* [J]. Journal of Organic Chemistry, 1980, 45(19): 3814-3824.
- [20] Pouchert C J, Behnke J. Aldrich Library of ^{13}C and ^1H FT-NMR Spectra [M]. USA: Aldrich Chemical Co., 1993.
- [21] 黄琼, 陈丽芬, 李鑫宇, 等. 超声波提取牡荆挥发油化学成分的 GC-MS 分析[J]. 广西工学院学报, 2007, 18(4): 50-52.
- [22] 黄琼, 林翠梧, 黄克建, 等. 牡荆叶茎和花挥发油成分分析[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(4): 807-809.
- [23] 黄琼, 陈丽芬, 陈海燕, 等. 微波辅助萃取牡荆挥发油的气相色谱-质谱分析[J]. 中国现代医学杂志, 2008, 18(12): 1715-1721.
- [24] 孙凌峰. 德兴牡荆挥发油化学成份的研究[J]. 林产化学与工业, 1989, 9(1): 42-47.
- [25] 陈刚, 吴亚, 孟祖超, 等. 沂蒙山产牡荆叶挥发油化学成分的研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(23): 11006-11007.

中国生物防治, 2006, 22(2): 87-91.

- [9] 黄亚丽, 王淑霞, 杜晓哲, 等. 一株具有诱导抗性木霉菌株的筛选及其对黄瓜灰霉病诱导抗性的初步研究[J]. 植物保护, 2013, 39(1): 38-43.
- [10] 张晶晶, 黄亚丽, 马宏, 等. 木霉 Tr-92 菌株厚垣孢子发酵条件的优化[J]. 植物保护, 2015, 41(3): 25-29.
- [11] 周婷, 安立娜, 刘倩, 等. 球孢白僵菌 BD-B015 可湿性粉剂配方的筛选[J]. 植物保护, 2013, 39(5): 190-193.
- [12] 沈阳化工研究院. GB/T 5451-2001, 农药可湿性粉剂润湿性测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [13] 沈阳化工研究院, 江苏龙灯化学有限公司. GB/T14825-2006, 农药悬浮率测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [14] 国家林业局森林病虫害防治总站, 安徽农业大学, 中国林业科学院, 等. GB/T25864-2010, 球孢白僵菌粉剂[S]. 北京: 中

国标准出版社, 2011.

- [15] 国家技术监督局. GB/T16150-1995, 农药粉剂、可湿性粉剂细度测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [16] 刘步林. 农药剂型加工技术[M]. 第二版. 北京: 化学工业出版社, 1998: 623-685.
- [17] 张拥华, 李磊, 彭志刚, 等. 粘帚霉可湿性粉剂助剂的初步研究[J]. 农药, 2007, 46(2): 94-96.
- [18] 杨合同. 植物病害生物防治菌-木霉菌的防病机理及其菌剂构建[D]. 北京: 中国农业大学, 1998.
- [19] 李舒雯, 周金伟, 易有金, 等. 内生短芽胞杆菌 011 可湿性粉剂的研制[J]. 植物保护, 2014, 40(4): 96-100.
- [20] 杨春平, 张晋康, 陈华保, 等. 绿色木霉 L24 菌株分生孢子可湿性粉剂的研制[J]. 西北农业学报, 2010, 19(9): 43-47.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 102 页)

- [26] 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, 4(2): 67-70.
- [27] Yang Kai, Wang Chengfang, You Chunxue, et al. Bioactivity of essential oil of *Litsea cubeba* from China and its main compounds against two stored product insects [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2014, 17(3): 459-466.
- [28] Wang Ying, You Chunxue, Yang Kai, et al. Chemical constituents and insecticidal activities of the essential oil from *Alpinia blepharocalyx* rhizomes against *Lasioderma serricorne* [J]. Journal of the Serbian Chemical Society, 2015, 80(2): 171-178.
- [29] Wang Ying, You Chunxue, Yang Kai, et al. Bioactivity of essential oil of *Zingiber purpureum* Rhizomes and its main compounds against two stored product insects [J]. Journal of Economic Entomology, 2015, 8(3): 925-932.

- [30] Wang Ying, You Chunxue, Wang Chengfang, et al. Chemical constituents and insecticidal activities of the essential oil from *Amomum tsaoko* against two stored-product insects [J]. Journal of Oleo Science, 2014, 63(10): 1019-1026.
- [31] Wang C F, Yang K, You C X, et al. Chemical composition and insecticidal activity of essential oils from *Zanthoxylum dissitum* leaves and roots against three species of storage pests[J]. Molecules, 2015, 20(5): 7990-7999.
- [32] Wang Chengfang, Zhang Wenjuan, You Chunxue, et al. Insecticidal constituents of the essential oil derived from *Zanthoxylum armatum* against two stored-product insects [J]. Journal of Oleo Science, 2015, 2015(64): 861-868.
- [33] 王业震. 牡荆油乳治疗慢性支气管炎的疗效观察[D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2013.

(责任编辑: 田 喆)

征订启事

欢迎订阅《中国种业》

《中国种业》是由农业部主管, 中国农业科学院作物科学研究所和中国种子协会共同主办的全国性、专业性、技术性种业科技期刊。

刊物目标定位:以行业导刊的面目出现, 并做到权威性、真实性和及时性。覆盖行业范围: 大田作物、蔬菜、花卉、林木、果树、草坪、牧草、特种种植、种子机械等, 信息量大, 技术实用。

读者对象:各级种子管理、经营企业的领导和技术人员, 各级农业科研、推广部门人员, 大中专农业院校师生, 农村专业户和广大农业生产经营者。

月刊, 大 16 开, 每期 8 元, 全年 96 元。国内统一刊号: CN 11-4413/S, 国际标准刊号: ISSN 1671-895X, 全国各地邮局均可订阅, 亦可直接汇款至编辑部订阅, 挂号需每期另加 3 元。邮发代号: 82-132

地 址: (100081) 北京市中关村南大街 12 号 中国种业编辑部

电 话: 010-82105796(编辑部) 010-82105795(广告发行部)

传 真: 010-82105796

网 址: www.chinaseedqks.cn

E-mail: chinaseedqks@163.com

QQ 群: 115872093

微信公众号: zgzy2000