

8种植物精油对嗜卷书虱的杀虫活性及香青兰精油的GC-MS成分分析

赵娜娜*, 路 伟, 古丽米热·艾买提, 傅文佳, 杜书亚

(新疆农业大学农学院, 乌鲁木齐 830052)

摘要: 为筛选新型环保植物源仓储害虫杀虫剂, 采用水蒸汽蒸馏法提取8种植物精油, 滤纸药膜法、密闭空气熏蒸法测定精油对嗜卷书虱成虫的触杀、熏蒸活性, 筛选出高活性植物, 并用气相质谱-色谱联用仪(GC-MS)对高活性植物精油进行化学成分的分析 and 鉴定。结果表明: 香青兰、窃衣、啤酒花精油对嗜卷书虱具有较强的触杀活性, LD_{50} 分别为 157.43、349.34 和 633.07 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; 香青兰、萎蒿和窃衣精油对嗜卷书虱具有较好的熏蒸活性, LC_{50} 分别为 0.20、0.70 和 1.66 mg/L。香青兰精油经 GC-MS 分析, 检测并鉴定到 23 个化学成分, 相对含量占总含量的 84.22%, 其主要成分为乙酸香叶酯 (16.26%)、丁香酚 (13.90%)、香叶醛 (13.20%)、草蒿脑 (7.89%)、丙烯酸-2-乙基己酯 (8.55%) 以及橙花醛 (7.60%)。研究结果表明香青兰精油对嗜卷书虱的生物活性较好, 值得进一步研究。

关 键 词: 嗜卷书虱; 香青兰; 植物精油; 生物活性

中图分类号: S435 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2020)02-0300-07

Insecticidal Activity of 8 Essential Oils and Analysis of Chemical Composition of *Dracocephalum moldavica* by GC-MS

ZHAO Nana*, LU Wei, GVLMIIRA Amat, FU Wenjia, DU Shuya

(Xinjiang Agriculture University, Urumqi, 830052 China)

Abstract: Eight plant oils were extracted from wild plants using steaming distillation in screening for new insecticides for storage pests. Essential oils were evaluated for insecticidal activities against *Liposcelis bostrychophil* using filter-paper film method and fumigation method. Three essential oils (*Dracocephalum moldavica*, *Torilis scabra*, and *Humulus lupulus*) showed strong contact toxicity against *L. bostrychophila*, with LD_{50} values of 157.43, 349.34 and 633.07 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, respectively. Three essential oils (*D. moldavica*, *Artemisia selengensis* and *T. scabra*) showed strong fumigant toxicity against the booklouse, with LC_{50} values of 0.20, 0.70 and 1.66 mg/L, respectively. The essential oil from *D. moldavica* that exhibited the strongest contact and fumigant toxicity was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) for chemical composition. Twenty three compounds were identified, accounting for 84.22% of the total oil, principally geranyl acetate (16.26%), eugenol (13.90%), citral (13.20%), 2-Ethylhexyl acrylate (8.55%), estragole (7.89%), and neral (7.60%). The above results indicate that the essential oil of *D. moldavica* has the potential to be developed as an insecticide for storage pests.

Key words: *Liposcelis bostrychophila*; *Dracocephalum moldavica*; essential oil; insecticidal activity

嗜卷书虱 *Liposcelis bostrychophila* 是一种重要的储藏物害虫, 大量发生时可引起严重的经济损失, 对

收稿日期: 2019-03-05

基金项目: 新疆维吾尔自治区高校科研计划青年基金 (20160622100424124)

作者简介: 赵娜娜, 硕士, 讲师, E-mail: znnxnd2013@163.com; *通信作者。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.02.017

粮食、食品、饲料及药材等储藏物危害极大，且由于其身体上粘附的排泄物能携带传播病菌和引起过敏，加之活动性极强，因此会对人类的健康带来威胁。近年来，由于书虱对化学药剂的抗性发展较快，对书虱的有效防治已经逐步成为储粮界的一个世界性难题^[1]。对粮食、档案及文物等储藏物进行安全防护，不仅要保证储藏物不遭受害虫危害，同时也要确保在保护过程中没有残留和污染。仓储类害虫多使用化学熏蒸剂防治，然而长期使用化学药剂易导致害虫再猖獗、杀伤非靶标生物，甚至会对人类健康造成危害，寻找新型安全环保的杀虫剂替代物是亟需解决的问题。

植物精油又称为挥发油，有效成分复杂多样，作用于靶标生物时其作用机理各不相同，这样就使得靶标生物很难对其中的各个成分产生抗药性，因而达到较好的防治效果^[2,3]。植物精油因其特殊的成分可成为化学杀虫剂的替代品，据文献记载，有些精油对害虫具有很好的生物活性，并且作用方式多样，包括触杀、熏蒸、胃毒、驱避、拒食、抑制种群生长发育和繁殖等^[4-7]。

香青兰 *Dracocephalum moldavica* 系维吾尔族、蒙古族常用药材，为唇形科青兰属植物，具有缓解心绞痛、改善心肌缺血、降低血粘度和血小板聚集率等功效^[7-10]。分布于我国东北、西北和华北等地区，在新疆维吾尔自治区、内蒙古自治区植物资源特别丰富^[11]。香青兰全草具有丰富的挥发油，主要化学成分为柠檬醛、香叶醇、丁香酚和乙酸香叶酯等，采自不同地方的香青兰挥发油成分差异不大，但各成分含量差异较大。据文献报道，香青兰挥发油对赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* Herbst、玉米象 *Sitophilus zeamais* 两种仓储害虫具有较好的触杀活性^[12]，有开发为天然杀虫剂的潜力。

为防治仓储害虫嗜卷书虱，本研究探索 8 种植物精油对嗜卷书虱的生物活性，筛选出高活性植物香青兰精油，GC-MS 分析香青兰精油化学成分，评价香青兰植物精油对嗜卷书虱的触杀活性和熏蒸活性，以期对仓储害虫的无公害防治奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 植物信息

植物采集信息（采集地点以及部位）如表 1，植物标本均保存于新疆农业大学农学院天然产物与化学实验室。

表 1 植物采集名录
Table 1 Eight plants directory

植物 Plant	科名 Family	采集部位 Collection parts	采集地点 Collection location
欧洲鳞毛蕨 <i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott.	鳞毛蕨科	全草	新疆维吾尔自治区
黄花蒿 <i>Artemisia annua</i> L.	菊科	全草	河南省
茵陈蒿 <i>Artemisia capillaries</i> Thunb.	菊科	全草	陕西省
香青兰 <i>Dracocephalum moldavica</i> L.	唇形科	茎	新疆维吾尔自治区
萎蒿 <i>Artemisia selengensis</i> Turcz. ex Bess	菊科	全草	江苏省
驱虫斑鸠菊 <i>Ver-nohia anthelmintica</i> (L.) Willd.	菊科	种子	新疆维吾尔自治区
啤酒花 <i>Humulus lupulus</i> L.	桑科	花	新疆维吾尔自治区
窃衣 <i>Torilis scabra</i> (Thunb.) DC.	伞形科	全草	新疆维吾尔自治区

1.2 嗜卷书虱

虫源：嗜卷书虱于 2016 年 12 月引种于北京师范大学。

饲养方法：将未受农药污染的小麦用水冲洗两遍后晾干，含水量（13±1）%，磨成面粉，用 60 目筛筛出全麦粉，将全麦粉、酵母粉、脱脂奶粉按 10:1:1 的比例混合并搅拌均匀，装入广口瓶中，并保存在 4℃左右冰箱中备用。将 25 mL 三角锥形瓶洗干净晾干后，瓶口内壁涂上聚四氟乙烯，防止昆虫逃逸，配置好的饲料倒入三角锥形瓶中，覆盖底部 1/3 即可，挑取书虱成虫，放入锥形瓶中，再放入 2~3 张折叠成小扇形的滤纸片，后用橡皮筋扎住纱布封口，置于温度 25℃~28℃，相对湿度为 75% 的恒温恒湿培养箱中饲养。一周后挑出成虫，将接过种的三角锥形瓶放入培养箱中，20~30 d 后挑选同一批次羽化，羽化后一周

左右的成虫作为供试虫源, 试虫不分雌雄。

1.3 试剂及仪器

仪器: 电子调温电热套, 北京市光明医疗器械有限公司; 连续蒸馏装置, 北京玻璃仪器厂; SHZ-DIII 循环水式真空泵, 巩义市英峪予华仪器有限责任公司; RE-52CS 型号旋转蒸发器, 上海振捷实验设备有限公司; 数控升降式水浴锅, 上海振捷实验设备有限公司; 电子天平 FA2004N, 上海菁海仪器有限公司; GC-6890 气相色谱仪, Agilent; 5973N 质谱检测仪, Agilent; 恒温恒湿培养箱, 宁波莱福科技有限公司。

化学试剂: 正己烷、丙酮、无水硫酸钠均购自天津化学试剂公司, 聚四氟乙烯购于上海三爱富公司。

1.4 植物精油的提取

将采集植物阴干、剪碎, 放入到 3000 mL 的圆底烧瓶中, 加 2000 mL 水, 浸泡 24 h 后, 用水蒸气蒸馏法蒸馏 6 h, 所得油水混合物用正己烷萃取, 萃取所得物用无水硫酸钠脱水后, 用旋转蒸发器减压蒸发浓缩 (40 °C) 回收正己烷, 所得残留的油状液即为精油, 测比重, 收集放入棕色瓶中用封口膜密封保存, 瓶外贴标签纸, 记录植物名称、时间、地点、比重, 置于 4 °C 冰箱中备用。

1.5 触杀活性测定方法

滤纸药膜法测定 8 种植物精油对嗜卷书虱的触杀活性, 丙酮作为溶剂, 以等比例稀释药剂, 设置 3 个浓度 1.56、0.78、0.39 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 作为筛选浓度。剪取直径 3.5 cm 的圆滤纸片, 用移液枪吸取 150 μL 的丙酮稀释液于滤纸片上, 挥发 2 min 后, 将固体胶均匀涂抹在六孔培养板 (直径 3.5 cm) 中, 培养板壁上涂上聚四氟乙烯 (防止试虫逃逸), 把滤纸片粘在板底部, 将挑取的试虫倒入板内滤纸上, 后置 25 °C~28 °C, 相对湿度为 75% 恒温培养箱中培养。每个浓度 3 个重复, 每个重复 10 头试虫, 丙酮不加药剂作空白对照。24 h 后观察和记录试虫的死亡情况, 用毛笔拨动虫体, 虫体不动则为死亡, 记录死亡数。

根据筛选结果, 选择活性较好的植物精油进行试验, 在死亡率为 0~100% 的浓度范围内以等比例选取 6 个浓度。方法同上, 每个浓度 5 个重复。

死亡率 (%) = $100 \times \text{死虫数} / \text{试虫数}$ 。

校正死亡率 (%) = $100 \times (\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}) / (1 - \text{对照组死亡率})$ 。

半致死剂量 (LD_{50}) 即引起 50% 嗜卷书虱成虫死亡率的剂量, 使用 Probit 软件包计算得到半致死剂量^[13]。

1.6 熏蒸活性测定方法

丙酮作为溶剂稀释药剂, 设置 3 个浓度 4.00、0.80、0.16 $\mu\text{L}/\text{L}$ 为筛选浓度。用毛笔挑取 10 头试虫放入直径为 0.5 cm、高 1.6 cm 的小玻璃瓶中 (易于观察试虫的死亡情况), 瓶口内壁涂聚四氟乙烯以防止试虫逃逸, 小玻璃瓶置于高 12 cm、直径 4 cm 的大磨口玻璃瓶 (250 mL), 用移液枪吸取 10 μL 的丙酮稀释液滴于滤纸条上 (长 3 cm, 宽 2 cm, Whatman), 将滤纸片用固体胶粘在磨口瓶盖内, 迅速拧紧磨口瓶盖, 并用封口膜缠绕一周密封。24 h 后, 观察和记录试虫的死亡情况。每个浓度重复 3 次, 每个重复 10 头试虫, 丙酮不加药剂作为空白对照。

根据筛选结果, 在死亡率 0~100% 浓度范围内以等比例选取 6 个浓度, 试验方法同上, 每个浓度重复 5 次。

死亡率 (%) = $100 \times \text{死虫数} / \text{试虫数}$ 。

校正死亡率 (%) = $100 \times (\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}) / (1 - \text{对照组死亡率})$ 。

半致死浓度 (LC_{50}) 即引起 50% 嗜卷书虱死亡率的浓度, 使用 Probit 软件包计算得到半致死浓度^[13]。

1.7 GC-MS 检测条件

送新疆大学分析测试中心测试精油化学成分, 采用 Agilent 6890N 气相色谱仪和 Agilent 5973N 质谱检测仪, 条件如下: HP-5MS 30 mm \times 0.25 mm \times 0.25 μm 石英毛细管柱, 初始柱温 60 °C 保持 1 min, 以 12 °C/min 的速率程序升温至 180 °C 保持 0.5 min, 再以 25 °C/min 的速率程序升温至 280 °C 保持 18 min, 汽化器温度 280 °C, 载气氦气, 柱流量 1.0 mL/min, 分流比 1:10。质谱电离方式 EI, 电子轰击能量 70 eV, 扫描质量范围 20~550 m/z, 扫描时间 2 s。

2 结果与分析

2.1 植物精油对嗜卷书虱触杀活性

嗜卷书虱经 8 种植物精油处理 24 h 后的校正死亡率如表 2。在高浓度 1.56 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 时，除欧洲鳞毛蕨对嗜卷书虱无活性外，其他 7 种植物均对嗜卷书虱具有较强的触杀活性；在浓度为 0.78 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 时，仅有香青兰、窃衣、茺蒿、啤酒花对嗜卷书虱具有较强活性，校正死亡率分别为 100.00%、87.80%、81.60%和 50.70%；在低浓度 0.39 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ 时，仅有香青兰对嗜卷书虱具有高活性，校正死亡率高达 100.00%，其他 7 种植物活性较弱甚至无活性。

表 2 嗜卷书虱经植物精油触杀处理后的校正致死率
Table 2 The corrected mortality rate of the essential oils against *L. bostrychophila* adults (%)

植物精油 Essential oils	浓度 Concentration		
	1.56 ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	0.78 ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	0.39 ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)
欧洲鳞毛蕨 <i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott.	0.00	0.00	0.00
黄花蒿 <i>Artemisia annua</i> L.	97.80 \pm 2.20	35.80 \pm 3.74	7.80 \pm 3.16
茵陈蒿 <i>Artemisia capillaries</i> Thunb.	93.40 \pm 4.40	23.40 \pm 4.40	4.40 \pm 2.44
香青兰 <i>Dracocephalum moldavica</i> L.	100	100	100
茺蒿 <i>Artemisia selengensis</i> Turcz. ex Bess	95.60 \pm 2.69	81.60 \pm 6.00	14.60 \pm 2.44
驱虫斑鸠菊 <i>Ver-nohia anthelmintica</i> (L.) Willd.	91.60 \pm 5.14	41.60 \pm 3.93	25.60 \pm 5.32
啤酒花 <i>Humulus lupulus</i> L.	100.00	50.70 \pm 10.32	30.70 \pm 14.14
窃衣 <i>Torilis scabra</i> (Thunb.) DC.	97.80 \pm 2.20	87.80 \pm 3.16	37.80 \pm 3.16
CK	0.00	0.00	0.00

测定高活性植物香青兰、窃衣和啤酒花精油对嗜卷书虱的触杀活性，结果表明：香青兰精油对嗜卷书虱成虫触杀毒性 LD₅₀ 为 157.43 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ，95%置信区间为 143.66~173.62 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ；窃衣精油对嗜卷书虱成虫触杀毒性 LD₅₀ 为 349.34 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ，95%置信区间为 309.35~348.69 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ；啤酒花精油对嗜卷书虱成虫触杀毒性 LD₅₀ 为 633.07 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ，95%置信区间为 535.61~750.60 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ （表 3）。

表 3 三种高活性植物精油对嗜卷书虱成虫触杀毒性
Table 3 Contact toxicity of three essential oils against *L. bostrychophila* adults

植物精油 Essential oils	半致死量 LD ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	95%置信区间 95% FL ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	斜率 Slope \pm SE	卡方值 χ^2
香青兰 <i>Dracocephalum moldavica</i> L.	157.43	143.66~173.62	4.531 \pm 0.507	7.68
窃衣 <i>Torilis scabra</i> (Thunb.)	349.34	309.35~348.69	3.334 \pm 0.397	7.52
啤酒花 <i>Humulus lupulus</i> L.	633.07	535.61~750.60	2.733 \pm 0.336	17.6

2.2 植物精油对嗜卷书虱熏蒸活性

嗜卷书虱经 8 种植物精油处理 24 h 后的熏蒸校正死亡率如表 4，由该表可知，在高浓度 4.00 $\mu\text{L}/\text{L}$ 时，除欧洲鳞毛蕨对嗜卷书虱无活性外，其他 7 种植物均对嗜卷书虱具有较好的熏蒸活性；在浓度为 0.80 $\mu\text{L}/\text{L}$ 时，仅有香青兰对嗜卷书虱具有较强活性，校正死亡率高达 86.00%；在低浓度 0.16 $\mu\text{L}/\text{L}$ 时，仅有香青兰对嗜卷书虱依然具有活性，校正死亡率 34.00%，其他 7 种植物均无活性。

测定高活性植物香青兰、窃衣、茺蒿精油对嗜卷书虱的熏蒸活性结果表明，香青兰精油对嗜卷书虱成虫熏蒸毒性 LC₅₀ 为 0.20 mg/L，95%置信区间为 0.16~0.24 mg/L；茺蒿精油对嗜卷书虱成虫触杀毒性 LC₅₀ 为 0.70 mg/L，95%置信区间为 0.58~0.83 mg/L；窃衣精油对嗜卷书虱成虫触杀毒性 LC₅₀ 为 1.66 mg/L，95%置信区间为 1.40~1.95 mg/L（表 5）。

2.3 GC-MS 成分分析

香青兰精油通过 GC-MS 检测并鉴定出 23 个峰，相对含量 84.22%，其中出峰时间在 26.59 min 时的

表 4 嗜卷书虱经 8 种植物精油熏蒸处理后的致死率
Table 4 The corrected mortality rate of the 8 essential oils against *L. bostrychophila* adults (%)

植物精油 Essential oils	浓度 Concentration		
	4.00 (μL/L)	0.80 (μL/L)	0.16 (μL/L)
欧洲鳞毛蕨 <i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott.	0.00	0.00	0.00
黄花蒿 <i>Artemisia annua</i> L.	80.00±4.47	6.00±4.00	0.00
茵陈蒿 <i>Artemisia capillaries</i> Thunb.	62.00±3.74	10.00±6.32	2.00±2.00
香青兰 <i>Dracocephalum moldavica</i> L.	100.00	86.00±2.45	34.00±4.00
萎蒿 <i>Artemisia selengensis</i> Turcz. ex Bess	100.00	30.00±5.47	2.00±2.00
驱虫斑鸠菊 <i>Ver-nohia anthelmintica</i> (L.) Willd.	64.00±6.00	24.00±2.45	2.00±2.00
啤酒花 <i>Humulus lupulus</i> L.	70.00±3.16	24.00±5.10	0.00
窃衣 <i>Torilis scabra</i> (Thunb.) DC.	82.00±3.74	22.00±5.83	6.00±4.00
CK	0.00	0.00	0.00

表 5 植物精油对嗜卷书虱成虫熏蒸毒性
Table 5 Fumigant toxicity of the 3 essential oils against *L. bostrychophila* adults

植物精油 Essential oils	致死中浓度 LC ₅₀ (mg/L)	95%置信区间 95% FL (mg/L)	斜率 Slope±SE	卡方值 χ^2
香青兰 <i>Dracocephalum moldavica</i> L.	0.20	0.16~0.24	2.20±0.25	10.08
萎蒿 <i>Artemisia selengensis</i> Turcz. ex Bess	0.70	0.58~0.83	4.19±0.45	7.84
窃衣 <i>Torilis scabra</i> (Thunb.) DC.	1.66	1.40~1.95	2.38±0.36	4.96

物质含量最高,其主要成分为乙酸香叶酯(16.26%)、丁香酚(13.90%)、香叶醛(13.20%)、草蒿脑(7.89%)、丙烯酸-2-乙基己酯(8.55%)、橙花醛(7.60%)等。

3 讨论

香青兰作为一种药用植物,目前已有多个国家进行栽培研究,水蒸气蒸馏法提取植物精油,GC-MS方法分析精油化学成分。如 Alaei 和 Mahna^[14]研究了温室和田间种植条件下香青兰精油的化学成分,田间条件下,香青兰精油通过 GC-MS 分析鉴定出 36 种化学成分,主要成分为乙酸香叶酯、香叶醇、香叶醇、橙花醛、苯甲醛、乙酸橙花酯和茴香醇,占精油总量的 88.49%。温室条件下,香青兰精油通过 GC-MS 分析鉴定出 21 种化学成分,主要成分为乙酸香叶醇、香叶醇、柠檬烯甲酯和橙花醛,占总挥发油含量的 88.54%。Golparvar 等^[15]研究了产自伊朗北部萨里市的香青兰精油化学成分,经 GC-MS 分析鉴定出 24 种化学成分,主要成分为乙酸香叶酯、香叶醇、橙花醇和香叶醇。产自内蒙古的香青兰精油主要化学成分为乙酸香叶酯、香叶醇、柠檬醛、β-柠檬醛、棕榈酸^[16]。谭红胜等^[17]研究了产自新疆的香青兰,其中柠檬醛(顺式及反式)含量较高,占总挥发性成分的相对含量为 31.43%,其次为棕榈酸及乙酸香叶酯。本研究中香青兰精油主要成分为乙酸香叶酯、丁香酚(13.90%)、香叶醛、草蒿脑、丙烯酸-2-乙基己酯以及橙花醛,该研究结果与文献相比,相同成分为乙酸香叶酯、香叶醛、橙花醛,但成分含量差异较大,且草蒿脑、丙烯酸-2-乙基己酯在该植物中未被报道过,造成这种差异的原因,可能是植物产地不同、采摘季节不同以及采集部位的不同造成。

目前国内外已报道了多种植物对嗜卷书虱的生物活性研究,结果表明这些植物精油对嗜卷书虱表现出较好的触杀、熏蒸或驱避活性。与文献中运用相同生物测定方法的精油相比,香青兰精油对嗜卷书虱的触杀活性稍弱于肉桂^[18]、小茴香^[19]和红茴香^[20],头花杜鹃精油^[21],而明显强于姜黄^[22],白背叶^[23],蜘蛛香^[24],冷蒿^[25],一枝蒿^[26],蒿头^[27]。与文献相比,香青兰对嗜卷书虱的熏蒸活性强于红茴香^[20],白背叶^[23],冷蒿^[25],蜘蛛香^[24],天竺葵^[28],肉桂^[19],而弱于小茴香^[14],蒿头^[27]。以除虫菊酯作为参比对照,香青兰精油的触杀活性弱于除虫菊酯,触杀毒性是除虫菊酯^[19]的 1/8;与参比对照敌敌畏相比,香青兰的熏蒸活性较弱,香青兰的熏蒸毒性是敌敌畏^[19]的 1/148 倍。虽然香青兰精油对嗜卷书虱的触杀活性低于除虫菊素,

表 6 香青兰精油的化学成分分析

Table 6 The chemical constituents of the essential oil derived from *D. moldavica*

序号 No.	保留时间 RT (min)	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	峰面积百分含量 Percentage of peak area (%)
1	5.89	甲基庚烯酮 5-Hepten-2-one, 6-methyl-	C ₈ H ₁₄ O	2.28
2	6.01	月桂烯 beta.-Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	1.79
3	7.10	异戊酸桃金娘酯 Myrtenyl isovalerate	C ₁₅ H ₂₄ O ₂	0.24
4	7.27	D-柠檬烯 D-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	0.97
5	7.35	桉树脑 Eucalyptol	C ₁₀ H ₁₈ O	0.25
6	7.42	1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol	C ₈ H ₁₆ O	0.21
7	7.65	反式-β-罗勒烯 trans-.beta.-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	1.07
8	8.05	β-罗勒烯 beta.-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	1.29
9	9.06	反式芳樟醇氧化物 trans-Linalool oxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	1.01
10	9.75	α-松油醇 alpha.-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	0.73
11	10.52	芳樟醇 Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	2.42
12	15.29	草蒿脑 Estragole	C ₁₀ H ₁₂ O	7.89
13	17.37	丙烯酸-2-乙基己酯 2-Ethylhexyl acrylate	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	8.55
14	18.03	橙花醛 Neral	C ₁₀ H ₁₆ O	7.60
15	19.97	香叶醛 Citral	C ₁₀ H ₁₆ O	13.20
16	21.44	香叶醇 Geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	0.49
17	24.26	4-乙酰苯甲醚 4-Acetylanisole	C ₉ H ₁₀ O ₂	0.83
18	24.91	丁香酚 Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	13.90
19	26.58	乙酸香叶酯 Geranyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	16.26
20	37.02	石竹烯氧化物 Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	1.29
21	37.42	斯巴醇(-)-Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	1.18
22	39.68	洋芹醚 Apiol	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	0.53
23	43.23	麝香草酮 Corymbolone	C ₁₅ H ₂₄ O ₂	0.24
总含量 Total				84.22

熏蒸活性低于敌敌畏，但植物精油因具有低毒、环保等特点，可为新型绿色植物源杀虫剂的开发提供先导化合物，在仓储害虫的防治系统中具有一定意义。且有相关研究表明香青兰挥发油对赤拟谷盗、玉米象两种仓储害虫具有较好的触杀活性^[12]，主要成分丁香酚、草蒿脑具有杀虫杀菌活性^[29-31]，香叶醛、橙花醛具有杀菌活性^[32,33]，这些均表示香青兰及其主要成分具有开发为天然植物源农药的潜力，值得进一步探索研究，本研究也可为新疆特色植物的进一步全方位开发和利用提供依据。

参 考 文 献

[1] 姜俊伊, 石天玉, 曹阳, 等. 模拟粮仓机械通风对嗜卷书虱防治效果研究[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(9): 100-105, 130.

[2] 苏柳, 钱文焱, 国金昱, 等. 植物精油防治害虫及作用机理研究进展[J]. 内蒙古林业科技, 2018, 44(1): 61-64.

[3] 董菲, 田玉红, 黄琼, 等. 植物精油对害虫的驱避与毒杀活性的应用研究进展[J]. 农药, 2018, 57(11): 781-784, 788.

[4] Lee B H, Choi W, Lee S E, *et al.* Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.)(J). Crop Protection, 2001, 20: 317-320.

[5] Liu C H, Mishra A K, Tan R X, *et al.* Repellent and insecticidal activities of essential oils from *Artemisia princeps* and *Cinnamomum camphora* and their effect on seed germination of wheat and broad bean[J]. Bioresource Technology, 2006, 97(15): 1969-1973.

[6] Liang Y, Li J L, Xu S, *et al.* Evaluation of repellency of some chinese medicinal herbs essential oils against *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)[J]. Journal of Economic Entomology, 2013, 106(1): 513-519.

- [7] 侯华民, 张兴. 植物精油对三种鳞翅目害虫的杀虫活性[J]. 植物保护学报, 2002, 29(3): 223-228.
- [8] 冯长根, 李琼. 香青兰化学成分研究[J]. 中成药, 2006, 28(1): 94-98.
- [9] 李杰. 民族药用植物香青兰近年研究概况[J]. 中国民族医药杂志, 2015, 21(4): 55-62.
- [10] 尤努斯江·吐拉洪, 吐尔洪·买买提. 超声提取香青兰中黄酮及其抗氧化活性[J]. 食品科学, 2012, 33(24): 72-76.
- [11] 杨丽娜, 邢建国, 何承辉, 等. 维药香青兰的化学成分与药理作用评价[J]. 世界临床药物, 2013, 34(4): 226-231.
- [12] Chu S S, Liu S L, Jiang G H, *et al.* Composition and toxicity of essential oil of *Illicium simonsii* Maxim (Illiciaceae) fruit against the maize weevils[J]. Records of Natural Products, 2010, 4(4): 205-210.
- [13] Sakauma M. Probit analysis of preference data[J]. Applied Entomology and Zoology, 1998, 33: 339-347.
- [14] Alaei S, Mahna N. Comparison of essential oil composition in *Dracocephalum moldavica* in greenhouse and field[J]. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 2013, 16(3): 346-351.
- [15] Golparvar A R, Hadipanah A, Gheisari M M, *et al.* Chemical constituents of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. and *Dracocephalum kotschyi* Boiss. from Iran[J]. Acta Agriculturae Slovenica, 2016, 107(1): 25-31.
- [16] 李雅丽, 邹广平, 郭小强, 等. 蒙药香青兰挥发油类成分的提取及 GC-MS 分析[J]. 时珍国医国药, 2017(1): 51-52.
- [17] 谭红胜, 禹荣祥, 叶敏, 等. 维药香青兰中挥发油成分的 GC-MS 分析[J]. 上海中医药大学学报, 2008, 22(2): 55-58.
- [18] Liu X C, Cheng J, Zhao N N, *et al.* Insecticidal activity of essential oil of *Cinnamomum cassia*, and its main constituent, trans-cinnamaldehyde, against the Booklice, *Liposcelis bostrychophila*[J]. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 2014, 13(10): 1697.
- [19] Zhao N N, Zhou L, Liu Z L, *et al.* Evaluation of toxicities of some common spices essential oils from China against *Liposcelis bostrychophila*[J]. Food Control, 2012, 26(2): 486-490.
- [20] Liu X C, Liu Z L. Analysis of the essential oil of *Illicium henryi* Diels root bark and its insecticidal activity against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel[J]. Journal of Food Protection, 2015, 78(4): 772-777.
- [21] 张莉娟, 周家欣, 王梦真, 等. 头花杜鹃挥发油的化学成分分析及其对 3 种仓储害虫的毒杀作用[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 124-129.
- [22] Liu Z L, Zhao N N, Liu C M, *et al.* Identification of insecticidal constituents of the essential oil of *Curcuma wenyujin* rhizomes against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel[J]. Molecules, 2012, 17(10): 12049-12060.
- [23] Liu X C, Chen X B, Liu Z L. Gas chromatography-mass spectrometric analysis and insecticidal activity of essential oil of aerial parts of *Mallotus apelta* (Lour.) Muell.-Arg. (Euphorbiaceae)[J]. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 2014, 13(9): 1515.
- [24] Liu X C, Zhou L G, Liu Z L. Identification of insecticidal constituents from the essential oil of *Valeriana jatamansi* Jones against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel[J]. Journal of Chemistry, 2013(2013): 853912.
- [25] Liu X C, Li Y L, Wang T J, *et al.* Chemical composition and insecticidal activity of essential oil of *Artemisia frigida* Willd (Compositae) against two grain storage insects[J]. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 2014, 13(4): 587-592.
- [26] Liu X C, Li Y P, Li H Q. Identification of repellent and insecticidal constituents of the essential oil of *Artemisia rupestris* L. aerial parts against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel[J]. Molecules, 2013, 18(9): 10733-10746.
- [27] Liu X C, Lu X N, Liu Q Z, *et al.* Evaluation of insecticidal activity of the essential oil of *Allium chinense* G. Don and its major constituents against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel[J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2014, 17(4): 853-856.
- [28] Liu X C, Yang K, Wang S Y, *et al.* Composition and insecticidal activity of the essential oil of *Pelargonium hortorum* flowering aerial parts from China against two grain storage insects[J]. Journal of Medicinal Plant Research, 2013, 7(44): 3263-3268.
- [29] 马艳玲, 李海贤, 曾荣. 丁香酚对金黄色葡萄球菌抗菌作用的探究[J]. 中国酿造, 2017, 36(8): 130-133.
- [30] Bhavya M L, Chandu A G S, Sumithra S D. *Ocimum tenuiflorum* oil, a potential insecticide against rice weevil with anti-acetylcholinesterase activity[J]. Industrial Crops & Products, 2018, 126: 434-439.
- [31] 梁忠云, 王国聪. 草蒿脑资源及生物活性应用研究进展[J]. 广西林业科学, 2010, 39(1): 49-51.
- [32] Eliane S T, Pierre M D J, Leopold N T, *et al.* Antifungal activity of the essential oil of *Cymbopogon citratus* (Poaceae) against *Phaeoramularia angolensis*[J]. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 2009, 12(2): 7.
- [33] 张文平, 傅颖媛, 谢小梅. 柠檬醛、肉桂醛抗曲霉菌作用机制研究[J]. 江西医学院学报, 2003(6): 10-13.