

doi: 10.3969/j.issn.0490-6756.2019.01.025

臭灵丹杀蝗虫活性成分的提取与分离研究

高甜甜, 杨艺华, 杨娜, 李波, 金洪, 陶科, 侯太平

(四川大学生命科学学院生物资源与生态环境教育部重点实验室, 成都 610064)

摘要: 为了从有毒植物中发现新的农药活性化合物进行植物源农药的研究与开发, 采用浸叶法测定了6种有毒植物乙醇提取物对蚜虫的触杀活性, 结果表明臭灵丹乙醇提取物在2000 mg/L、5000 mg/L和10000 mg/L浓度时, 对蚜虫的校正死亡率分别为76.83%、92.85%和100%; 采用浸虫浸草法测定了6种有毒植物乙醇提取物对东亚飞蝗的触杀活性, 结果表明臭灵丹乙醇提取物在10000 mg/L、作用120 h时, 对东亚飞蝗的校正死亡率达到72.00%; 采用活性跟踪法对臭灵丹杀蝗虫活性成分进行分离、纯化, 最终得到活性较好的化合物1, 在1000 mg/L、作用72 h时, 对东亚飞蝗的校正死亡率为67.86%, 为进一步研究臭灵丹的杀虫活性成分提供了一定理论研究基础。

关键词: 有毒植物; 杀虫活性; 东亚飞蝗; 臭灵丹

中图分类号: S433.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0490-6756(2019)01-0142-07

Extraction and separation of active ingredients from *Laggera pterodonta* against locusts

GAO Tian-Tian, YANG Yi-Hua, YANG Na, LI Bo, JIN Hong, TAO Ke, HOU Tai-Ping
(Key Laboratory of Bio-resource and Eco-environment, Ministry of Education,
College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: In order to discover new active compounds from poisonous plants for the research and development of botanical pesticides, the insecticidal activities of ethanol extracts from six poisonous plants against aphids were determined by dipping leaf method. The results showed that the corrected mortality rates of ethanol extracts from *Laggera pterodonta* against aphids at 2000 mg/L, 5000 mg/L and 10000 mg/L were 76.83%, 92.85%, and 100%, respectively. And the insecticidal activities of ethanol extracts from six poisonous plants against locusts were determined by dipping leaf and insect method. The results showed that the corrected mortality rate of ethanol extracts from *Laggera pterodonta* reached 72.00% at 10000 mg/L for 120 h, and the active ingredients of *Laggera pterodonta* against locusts were determined by the bioassay-guided method. After separation and purification, compound 1 with better activity was obtained. Its corrected mortality against Locusts was 67.86% at 1000 mg/L for 72 h, which provided a theoretical basis for further study on the insecticidal active ingredients from *Laggera pterodonta*.

Keywords: Poisonous plants; Insecticidal activity; *Locusta migratoria manilensis* (Meyen); *Laggera pterodonta*

收稿日期: 2017-06-22

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目子课题(2016YFC0502004)

作者简介: 高甜甜(1990-), 女, 河南焦作人, 在读硕士研究生. 研究方向为生物农药. E-mail: 1121701612@qq.com

通讯作者: 侯太平. E-mail: houtplab@scu.edu.cn

1 引言

我国幅员辽阔, 地理环境复杂, 独特的自然生态环境蕴藏着大量的特有有毒植物资源. 以有毒植物资源为原料开发的植物源农药具有环境友好、对非靶标生物安全、不易产生抗药性等特点. 近年来, 从有毒植物中发现新的农药活性化合物进行植物源农药研究与开发是我国农药研究领域的热点^[1-3].

大戟 (*Euphorbia pekinensis* Rupr.), 为大戟科 (Euphorbiaceae) 大戟属 (*Euphorbia*) 多年生草本植物. 近几年, 对大戟的研究相对于该属其他植物而言较少. 郭生虎等^[4]从钩腺大戟中首次分离 5 种单体化合物, 并检测其对 5 龄菜青虫幼虫有较强的拒食与毒杀活性.

棘豆 (*Oxytropis* DC.), 为豆科 (Leguminosae) 棘豆属植物, 棘豆属植物中许多种都具有毒性, 牲畜采食后往往会引起中毒乃至死亡, 给畜牧业造成极大损失. 杨震发等^[5]发现黄花棘豆乙醇提取物对 4 种供试病原菌都有较好的抑制活性.

酸藤果 (*Embelia laeta*), 为紫金牛科植物酸藤子 (*Eoblongifolia* Hemsl) 的干燥成熟果实, 又名酸藤头、咸酸果等, 在藏药中多用其秋季成熟的果实入药, 常用于杀虫、提升胃温等^[6]. 目前国内对酸藤子果实的化学成分研究较少, 而对酸藤子植物叶和根的化学成分研究较多. 杨林军等^[7]从酸藤果中分离得到了 15 种化合物, 其中有 12 种新提取出的化合物.

洋金花 (*Datura metel* L.), 为茄科植物白曼陀罗 *Datura metel* L. 的干燥花, 具有麻醉、解痉、镇痛等功效. 洋金花的主要成分是莨菪烷型生物碱, 其中以莨菪烷型生物碱为主、莨菪碱次之, 还有阿托品等, 它们都具有强烈的生理活性. 井佳楠等^[8]对洋金花的化学成分和药理作用及临床应用做了详细研究, 从洋金花中分离得到的化合物主要有 9 种, 洋金花有很大的开发前景.

莨菪根 (*Anisodus tanguticus* (Maxim) Pascher), 是茄科多年生草本植物, 作为传统的藏药, 具有镇痛解痉, 止血生肌等功效. 莨菪根其主要有效成分为莨菪类生物碱. 蒋云斌等^[9]发现不同生态环境对山莨菪根的樟柳碱、东莨菪碱、阿托品及总生物碱的含量有很大影响. 胡冠芳等^[10]采用虫体浸渍法和叶蝶浸渍法发现, 甘青赛莨菪叶甲醇粗提取对粘虫 5 龄幼虫、4 龄菜青虫的触杀活性最强, 其

次为茎和根的甲醇粗提物, 叶、茎和根的甲醇粗提物对 4 龄菜青虫的拒食活性均较弱, 对麦长管蚜有一定的触杀活性, 对棉蚜和桃蚜没有活性.

臭灵丹 (*Laggera pterodonta* (DC). Benth) 为菊科六棱菊属植物, 民间其广泛用于治疗感冒、咽喉炎、发烧等. 臭灵丹全株可以入药, 目前我国主要集中在对其化学成分的研究, 现已从植物中分离鉴定了 40 余种化合物, 主要是桉烷型倍半萜类及其衍生物以及黄酮类化合物, 臭灵丹的挥发油成分也具有重要的生物活性, 其具有抑菌、抗肿瘤、抗病毒等生物活性, 还可以起到对支气管炎的治疗作用、祛痰作用、保肝作用和镇痛作用.

本实验室前期研究发现植物源农药瑞香狼毒对蚜虫、菜青虫和东亚飞蝗具有一定的生物活性, 并对其具体活性成分进行了分离纯化. 本次研究选择西南地区 6 种有毒植物, 对其杀虫活性进行初步筛选, 结合本实验室前期工作中对蚜虫和东亚飞蝗的活性实验方法. 进一步筛选出具有较好杀虫活性的植物, 并对东亚飞蝗活性较好的植物臭灵丹进行进一步分离纯化, 为下一步新型植物源农药的创制奠定基础.

2 材料和方法

2.1 供试材料

2.1.1 供试植物材料 棘豆 (*Oxytropis falcate* Bunge), 大戟 (*Euphorbia pekinensis* Rupr.), 莨菪根 (*Hyoscyamus niger* L.), 酸藤果 (*Embelia laeta*), 臭灵丹 (*Laggera pterodonta*), 洋金花 (*Datura metel* L.) 植物材料均由本实验室人员采购新鲜的植物样品.

2.1.2 供试害虫 蚜虫 (*Aphis gossypii* Glover) 系由实验人员于未使用农药地所栽大豆苗中采取, 试虫均选择虫态个体大小均一的无翅成蚜. 东亚飞蝗三龄若虫 [*L. migratoria manilensis* (Meyen)] 购于云南省昆明市蝗虫养殖基地. 饲养温度 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 相对湿度 50%, 喂食新鲜黑麦草.

2.1.3 试剂及仪器 无水乙醇、石油醚、二氯甲烷、乙酸乙酯、甲醇、正丁醇均为国产分析纯; 白硅藻土, 硅胶 GF254, 硅胶 H(60 型) 青岛海洋化工集团公司; 恒温水浴锅, 旋转蒸发器 R-1001; 水磁直流电动机 (搅拌), 郑州长城科工贸有限公司; SHB-3 循环水多用真空泵; 电子分析天平, Sartorius Limited; 硅胶柱 (直径 50mm、25mm、2.5mm), Buchi 公司; ZF-1 型三用紫外线分析仪. 上海金鹏分

析仪器有限公司。

2.2 方法

2.2.1 有毒植物乙醇提取物的制备 将新鲜植物洗净,晒干,粉碎,每种植物材料按照粉末溶剂 1:10 的比例加入 95% 无水乙醇,40 °C 水浴搅拌 24 h 后抽滤提取液,重复 3 次后合并乙醇提取液,经旋转蒸发仪浓缩至恒重后得到浸膏状粗提物,置于 4 °C 冰箱保存备用。

2.2.2 臭灵丹乙醇提取物不同极性萃取物的制备 参考田仁君^[11]等人的实验方法,取臭灵丹乙醇提取物浸膏拌以相对量的硅藻土,室温下自然风干,依次用石油醚、二氯甲烷、乙酸乙酯、甲醇萃取完全,减压浓缩萃取液至恒重,得到 4 种不同极性部位的浸膏,4 °C 冰箱内保存待用。

2.2.3 臭灵丹杀蝗虫有效成分分离 大柱粗分:取石油醚萃取物,用少量石油醚溶解后上样,用石油醚-乙酸乙酯(体积比为 10:1、5:1、2:1、1:2)、纯的乙酸乙酯和 15% 甲醇的乙酸乙酯梯度洗脱,合并点板相同成分,分 4 段收集,极性由小到大依次为 I 流分、II 流分、III 流分和 IV 流分,进行活性测定。将活性较好的 II 流分收集进行下一步细分。

中柱粗分:将活性较好的 II 流分上中柱,用正己烷-乙酸乙酯(体积比为 10:1、5:1、1:1),合并点板相同成分,分 3 段收集,极性由小到大依次为 II-1 流分、II-2 流分和 II-3 流分进行活性测定。将活性较好的 II-2 流分收集进行下一步细分。

小柱粗分:将活性较好的 II-2 流分样品上小柱,用正己烷-乙酸乙酯(体积比为 50:1、30:1、20:1、5:1、1:1),合并点板相同成分,分 4 段收集,极性由小到大依次为 II-2-1 流分、II-2-2 流分、II-2-3 流分和 II-2-4 流分进行活性测定。活性较强部分成分研究。

薄层层析法制备纯品化合物:收集得到的高活性 II-2-1 流分在层析板上仍然有 4 个 Rf 值相差很小的谱带,用柱层析很难完全分离。故用制备薄层层析进一步细分。玻璃板尺寸 20cm×20cm,硅胶 GF₂₅₄ 厚度 1mm。上样时用点样毛细管点成线状,展开剂用正己烷-乙酸乙酯(6:1)。展开后在紫外灯下对谱带做上标记,然后刮板。洗脱得到单一谱带样品(图 1)其余 3 个点在该点之上。

2.2.4 生物活性 蚜虫的毒力测定方法:根据张宗炳介绍的方法^[12],采用直接浸液法测定毒力。采集虫口密度大的黄豆叶片,剔除若蚜及有翅成蚜,叶片经修剪后留下 30 头左右单一品种且大小适中

的健康无翅成蚜个体供实验使用。取有效成分 1g 样品与等量吐温-80 混匀,加少量蒸馏水充分乳化后,再用蒸馏水梯度稀释至 2000 mg/L, 5000 mg/L 和 10000 mg/L 以吐温-80 作阳性对照。将修剪好的带虫叶片浸入各药液中,待叶片全部浸入药液 2~3s 后,迅速取出,沥干,将带虫面向上置于铺有滤纸的 15 cm 培养皿中。待表面水挥发干后,合上皿盖防止蚜虫爬失,置温室(25 °C)下 24h 后观察结果,根据 Abbott's 公式计算其死亡率和校正死亡率。



图 1 薄层层析检测结果

Fig. 1 The results of TLC, n-hexane: ethylacetate=6:1;

$$\text{死亡率}(\%) = \frac{\text{死亡虫数}}{\text{供试总虫数}} \times 100$$

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

蝗虫的毒力测定方法:采用浸虫浸草法研究杀虫活性,将已饥饿处理 24 h 的 3 龄东亚飞蝗若虫浸入浓度为 10000 mg/L 的不同药液中,1~3s 迅速取出,放入饲养笼中,每笼放入 15 只,重复 2 组。再将新鲜的黑麦草浸入相应浓度的药液中,3s 后取出置于通风橱内,沥干后放入饲养笼内。连续观察 144h 内的发病及死亡情况。根据 Abbott's 公式计算其死亡率和校正死亡率:

$$\text{死亡率}(\%) = \frac{\text{死亡虫数}}{\text{供试总虫数}} \times 100$$

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

3 结果与分析

3.1 有毒植物乙醇提取物对蚜虫的触杀效果

分别测定各植物乙醇提取物对蚜虫的触杀活性,结果如表 1 所示:

表 1 6 植物乙醇提取物对蚜虫的触杀活性

Tab. 1 The biological activity of 6 plant extracts against aphids

样品	24h 的校正死亡率(%)		
	2000mg/L	5000mg/L	10000mg/L
大戟乙醇提取物	0.00	26.93	27.50
棘豆乙醇提取物	29.46	54.85	78.45
莨菪根乙醇提取物	0.00	26.28	51.28
酸藤果乙醇提取物	8.15	31.36	45.71
臭灵丹乙醇提取物	76.83	92.85	100.00
洋金花乙醇提取物	28.57	67.20	79.65
阳性(50mg/L 的氯虫菊酯)	69.24	78.50	100.00

注: 数据为 3 次重复的统计结果

由表 1 可以看出, 臭灵丹乙醇提取物在 2000 mg/L 时其对蚜虫的毒杀死亡率达到 76.83%; 5000 mg/L 时校正死亡率达到 92.85%; 而 10000 mg/L 时其毒杀死亡率达到 100%。综合比较发现臭灵丹对蚜虫有极好的触杀活性, 并且其对蚜虫的触杀活性随着浓度的增加而增强, 值得进一步研究。

3.2 有毒植物乙醇提取物对东亚飞蝗的触杀活性

分别测定各植物乙醇提取物对东亚飞蝗的触杀活性, 结果如表 2 所示:

表 2 六种植物乙醇提取物对东亚飞蝗的毒力测定

Tab. 2 Toxicity determination of 6 plant ethanol extracts against *Locusta migratoria manilensis*

乙醇提取物 (10000mg/L)	校正死亡率(%)				
	24h	48h	72h	96h	120h
棘豆	17.24	22.22	36.00	36.36	38.48
大戟	20.48	25.12	29.73	31.35	39.48
莨菪根	13.33	26.67	44.83	41.14	56.11
酸藤果	10.00	13.79	19.54	28.74	37.24
洋金花	13.15	31.71	49.25	53.26	59.54
臭灵丹	20.00	24.14	39.29	60.71	72.00
狼毒	10.34	22.22	52.00	52.00	63.16
阳性(40mg/L 的氟虫腈)	44.83	81.48	100.0	100.0	100.0

注: 表内数据系 2 次重复的统计结果

表 2 可以看出, 120 h 时, 臭灵丹乙醇提取物对东亚飞蝗的致死率达到 72.00%, 远高于其他植物乙醇提取物对东亚飞蝗的触杀活性。综合比较 6 种样品乙醇提取物对东亚飞蝗的触杀结果可以看出, 臭灵丹乙醇提取物相对于其他植物的乙醇提取物对东亚飞蝗具有较强的触杀作用, 值得进一步深

入研究。

3.3 臭灵丹乙醇提取物的不同极性萃取物对东亚飞蝗的触杀活性

分别测定臭灵丹乙醇提取物的不同极性萃取物在 5000 mg/L 时对东亚飞蝗的触杀活性, 结果如表 3 所示:

表 3 臭灵丹不同极性溶剂萃取物对东亚飞蝗的触杀死亡率

Tab. 3 Contact killing rate of *Laggera pterodonta* Different polar solvent extracts against *Locusta migratoria manilensis*

样品 (5000mg/L)	校正死亡率(%)				
	24h	48h	72h	96h	120h
石油醚萃取物	3.33	26.67	44.83	67.86	75.00
二氯甲烷萃取物	0.00	3.33	13.79	17.86	25.00
乙酸乙酯萃取物	3.33	10.00	31.03	35.71	53.57
甲醇萃取物	3.33	3.33	20.69	14.29	14.29
阳性(40mg/L 的氯虫菊酯)	27.59	48.15	80.00	80.00	100.00

注: 表内数据系 2 次重复的统计结果

由表 3 可以看出,在 120h 时臭灵丹石油醚萃取部分对东亚飞蝗的触杀校正死亡率达到 75.00%,略高于臭灵丹乙醇提取物,乙酸乙酯萃取部分对东亚飞蝗的触杀校正死亡率达到 53.57%,其他极性萃取部分触杀校正死亡率均低于 30%,因此臭灵丹不同极性萃取物中对东亚飞蝗的触杀

效果最好的是石油醚萃取部分。

3.4 臭灵丹各流分对东亚飞蝗的生物活性

臭灵丹乙醇提取物的石油醚萃取物经大柱、中柱、小柱后得到的多个流分,其活性数据如表 4、表 5、表 6 所示:

表 4 大柱柱层析流分对东亚飞蝗的触杀活性

Tab. 4 The contact toxicity of the composing against *L. migratoria manilensis*

流分(5000mg/L)	校正死亡率(%)					
	24h	48h	72h	96h	120h	144h
第 I	6.67	14.29	18.52	33.33	33.33	52.38
第 II	23.33	53.33	60.00	63.33	73.33	83.33
第 III	6.67	17.86	25.93	29.17	45.83	42.86
第 IV	6.67	3.57	7.41	33.33	45.83	52.83
阳性(40mg/L 的氯虫菊酯)	27.59	48.15	80.00	100.00	100.00	100.00

注:表内数据系 2 次重复的统计结果

表 5 中柱柱层析流分对东亚飞蝗的触杀活性

Tab. 5 The contact toxicity of the composing against *L. migratoria manilensis*

药品及浓度(mg/L)	校正死亡率(%)					
	24h	48h	72h	96h	120h	
II-1	10000	16.67	20	34.48	51.85	69.23
	5000	6.67	6.67	20.69	40.74	50.00
	2500	3.33	6.67	13.79	29.63	46.15
	1250	0	3.33	3.45	18.52	30.77
II-2	10000	13.33	56.67	79.31	88.89	100
	5000	16.67	26.67	55.17	74.07	88.46
	2500	6.67	20	34.48	40.74	69.23
	1250	3.33	16.67	20.69	34.68	57.69
II-3	10000	13.33	23.33	44.83	62.96	73.08
	5000	10	26.67	31.03	55.56	65.33
	2500	3.33	23.33	34.48	40.74	50.00
	1250	6.67	23.33	27.59	37.04	53.85

注:表内数据系 2 次重复的统计结果,阳性对照为浓度为 40mg/L 的氯虫菊酯

表 6 小柱柱层析流分对东亚飞蝗的触杀活性

Tab. 6 The contact toxicity of the composing against *L. migratoria manilensis*

药品及浓度(mg/L)	校正死亡率(%)					
	24h	48h	72h	96h	120h	
II-2-1	2000	3.330	20.00	46.67	59.62	74.07
	4000	33.33	76.67	76.67	89.66	100.0
	6000	33.33	76.67	93.33	100.0	100.0
II-2-2	2000	13.33	30.00	43.33	51.72	59.26
	4000	20.00	36.67	50.00	62.07	66.67
	6000	23.33	40.00	56.67	68.97	74.07
II-2-3	2000	0.00	3.33	23.33	34.48	40.74
	4000	6.670	10.00	26.67	37.93	55.56
	6000	10.00	16.67	50.00	55.17	59.26
II-2-4	2000	6.460	22.50	29.17	36.85	46.53
	4000	10.00	23.33	30.00	41.38	59.26
	6000	10.00	30.00	50.00	58.62	66.67

注:表内数据系 2 次重复的统计结果,阳性对照为浓度为 40mg/L 的氟虫腓

由表中可以看出,大柱粗分中Ⅱ流分对东亚飞蝗的生物活性较好,在 144 h, 5000 mg/L 时其对东亚飞蝗的校正死亡率达到 83.33%;在中柱细分中Ⅱ-2 流分对东亚飞蝗的生物活性较好,在 120 h, 5000 mg/L 时其对东亚飞蝗的校正死亡率达到 88.46%;在小柱细分流分中Ⅱ-2-1 流分对东亚飞蝗的生物活性较好,在 120 h, 2000 mg/L 时其对东亚飞蝗的校正死亡率达到 74.07%, 4000 mg/L

和 6000 mg/L 时其对东亚飞蝗的触杀校正死亡率都达到 100%。可见Ⅱ-2-1 流分对东亚飞蝗由较好的触杀活性。

3.5 纯品化合物 1 对东亚飞蝗的生物活性效果

采用浸虫浸草法测定了Ⅱ-2-1 流分浓缩物、化合物 1 和其他混合物(Ⅱ-2-1 流分浓缩物中除开化合物 1 的其他成分)在 2000 mg/L 浓度下对东亚飞蝗的触杀作用。测定结果如表 7 所示:

表 7 Ⅱ-2-1 浓缩物、化合物 1 和其他混合物对东亚飞蝗的触杀效果

Tab. 7 The contact toxicity of the Ⅱ-2-1 concentrate the compound 1 and other compounds against *L. migratoria manilensis*

样品	校正死亡率(%)				
	24h	48h	72h	96h	120h
Ⅱ-2-1	3.330	20.00	46.67	59.62	74.07
化合物 1	43.33	60.00	78.57	85.71	95.65
其它混合物	16.67	36.67	42.86	60.71	65.22

从表 7 可以看出,在 2000mg/L, 96h 时,化合物 1 对东亚飞蝗的校正死亡率为 85.71%明显高于Ⅱ-2-1 流分浓缩物和Ⅱ-2-1 流分浓缩物中除化合物 1 的其他成分的活性。因此可以确定化合物 1 对东亚飞蝗有较好的触杀活性。

4 讨论

本文对大戟、棘豆、洋金花、莨菪根、酸藤果和臭灵丹 6 种有毒植物乙醇提取物对蚜虫、东亚飞蝗的触杀活性进行筛选,为寻找植物源杀虫剂提供一定参考依据。

分析样品乙醇提取物对蚜虫^[13,14]和东亚飞蝗^[15,16]的触杀结果可以看出,臭灵丹乙醇提取物在浓度为 2000mg/L、5000mg/L 和 10000mg/L 时对蚜虫的毒杀死亡率分别达到 76.83%、92.85% 和 100%,且其对蚜虫的触杀活性随着浓度的增加而增强。臭灵丹乙醇提取物在 120h10000mg/L 时,其对东亚飞蝗的触杀死亡率达到 72.00%,高于同等条件下其他植物乙醇提取物对东亚飞蝗的校正死亡率。说明臭灵丹乙醇提取物对东亚飞蝗由较好的杀虫活性。通过整体杀虫活性实验,发现臭灵丹对蚜虫和东亚飞蝗都有极好的触杀活性。

臭灵丹因其具有抗氧化作用、抗肿瘤作用、抗菌作用和抗病毒作用等^[17-19],而多被应用于医学治疗方面。本实验的研究发现臭灵丹对蚜虫和蝗虫都有较好的触杀活性,这是首次发现臭灵丹在农业杀虫方面的应用,为之后臭灵丹在农业上尤其是在

植物源杀虫剂方面的研究提供很好的依据。进一步研究臭灵丹对东亚飞蝗的活性成分并分离纯化,通过大柱柱层析后得到活性较好的Ⅱ流分,中柱柱层析后得到活性较好的Ⅱ-2 流分,小柱柱层析后得到活性较好的Ⅱ-2-1 流分,这三段浓缩物在 120 h对东亚飞蝗的校正死亡率分别为 73.33%、88.46%和 100%。最后通过制备薄层层析得纯化化合物 1,在 72 h,1000 mg/L 其对东亚飞蝗的校正死亡率为 67.86%。

参考文献:

- [1] Hikal W M, Baeshen R S, Ahl S A. Botanical insecticide as simple extractives for pest control [J]. Cogent Biol, 2017, 3: 1404274.
- [2] Isman M B. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data [J]. Trends Plant Sci, 2014, 19:140.
- [3] Chen M, Du Y, Zhu G, *et al.* Action of six pyrethrins purified from the botanical insecticide pyrethrum on cockroach sodium channels expressed in *Xenopus* oocytes [J]. Pestic Biochem Physiol, 2018, 151: 82.
- [4] 郭生虎, 张兴. 钩腺大戟杀虫活性成分的分离与鉴定 [J]. 西北农业学报, 2011, 20: 174.
- [5] 杨震发, 袁呈山. 黄花棘豆抑制植物病原菌的活性成分研究. 植物保护, 2014, 40: 59.
- [6] 杨林军, 黄文平, 黎田儿. 酸藤子属植物的研究进展 [J]. 中药材, 2015, 38: 1761.
- [7] 杨林军, 何明珍, 黄文平. 酸藤果化学成分的研究

- [J]. 中草药, 2016, 51: 1179.
- [8] 井佳楠, 吕邵娃. 洋金花化学成分和药理作用及临床应用研究进展 [J]. 中草药, 2016 47: 3513.
- [9] 蒋云斌, 苟炎. 野生山莨菪根的生物碱类成分分析. 时珍国医国药 [J]. 2015, 26: 1243.
- [10] 胡冠芳, 刘敏艳, 余海涛. 甘青赛莨菪粗提物的杀虫活性研究 [J]. 草原与草坪, 2013, 33: 11.
- [11] 田仁君, 马均, 周丽. 瑞香狼毒对稻螟的生物活性研究 [J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2005, 42: 1266.
- [12] 张宗炳. 杀虫药剂的毒力测定 [M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [13] Jiang H, Wang J, Song L, *et al.* Crop protection chemical composition of an insecticidal extract from *Robinia pseudacacia* L. seeds and it's efficacy against aphids in oilseed rape [J]. *Crop Prot*, 2018, 104: 1.
- [14] Czerniewicz P, Chrzanowski G, Sprawka I, *et al.* Aphicidal activity of selected Asteraceae essential oils and their effect on enzyme activities of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). [J]. *Pestic Biochem Phys*, 2018, 145: 84.
- [15] Bashir E M, Elshafie H A F. Insecticidal and antifeedant efficacy of *Jatropha* oil extract against the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). [J]. *Agric Biol J N Am*, 2013, 4: 260.
- [16] 高嫚璐, 吴朗, 陈龙. 瑞香狼毒活性成分对东亚飞蝗的生物活性和病理学研究 [J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2013, 50: 875.
- [17] 李书华, 赵琦. 臭灵丹中黄酮类化合物的鉴定及抗氧化活性的研究. 现代食品科技, 2013, 29: 1213.
- [18] 曹长姝, 刘百联. 中药臭灵丹中黄酮类化合物的体外抗肿瘤活性研究 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35: 2171.
- [19] 孙燕, 吕跃军. 民间草药臭灵丹抑菌作用的实验研究 [J]. 中国民族医药杂志, 2014, 9: 44.

引用本文格式:

中文: 高甜甜, 杨艺华, 杨娜, 等. 臭灵丹杀蝗虫活性成分的提取与分离研究 [J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2019, 56: 142.

英文: Gao T T, Yang Y H, Yang N, *et al.* Extraction and separation of active ingredients from *Laggera pterodonta* against locusts [J]. *J Sichuan Univ: Nat Sci Ed*, 2019, 56: 142.