

## 小桐子枝叶石油醚萃取相杀虫物质的分离和鉴定

李育川 黄鹤平 银立新 李绍萍 王崇亮

(昆明学院 农学院,昆明 650214)

**摘要** 为寻找小桐子枝叶中的杀虫活性物质,以具有杀虫作用的小桐子枝叶乙醇粗提物的石油醚萃取相为试验材料,对其采用硅胶柱反复柱层析,结合薄层层析制备分离及对各阶段分离产物进行活性追踪筛选,获得具有杀虫作用的活性部位 AJ1,初步鉴定出活性部位主体成分。结果表明:AJ1 活性组分在质量浓度为 8 mg/mL 时,对桃蚜 (*Myzus persicae* (Sulzer)) 和菜青虫 (*Pieris rapae* L.) 的 24 h(72 h) 校正死亡率均大于 70%,与吡虫啉无显著差异,显示出极高的毒杀活性。对 AJ1 组分进行 GC-MS 分析,初步鉴定了含量最高的 9 个化合物,为总量的 96.18%,其中含量前 5 位的物质依次是 1-烯丙氧基,2-异丙醇,4-乙炔基-1,2-二甲基-4-喹啉醇,4-烯丙氧基-2-甲基-2-戊醇和 2,4-二甲基癸烷和 1-(己氧基)辛烷,5 种主要成分为总量的 83.81%。

**关键词** 小桐子; 石油醚萃取相; 杀虫物质; 生物活性; 分离鉴定

中图分类号 Q 946

文章编号 1007-4333(2013)01-0153-06

文献标志码 A

## Isolation and identification insecticidal activity fractions from petroleum ether partitioned extract in *Jatropha curcas* L. branches and leaves

LI Yu-chuan, HUANG He-ping, YIN Li-xin, LI Shao-ping, WANG Chong-liang

(School of Agriculture, Kunming University, Kunming 650214, China)

**Abstract** To make clear insecticidal activity components from *Jatropha curcas* L. branch leaves. Using alcohol crude extract of petroleum ether partitioned extract from *Jatropha curcas* L. branch leaves as an experimental material in our investigation, and then silica gel chromatography, combined with PTLC preparation. At same time, the each stage of separated products was carried out by tracking activity, analysis by GC-MS, structure elucidation the main compositions of exhibited active components. The results show that the concentration of colony AJ1 reached 8 mg/mL, *Myzus persicae* (Sulzer) and *Pieris rapae* L. both corrected mortality exceeded 70% in 24 h(72 h), showed no significant differences with imidacloprid(70%), showed that toxic activity was very high. The colony AJ1 analysis using GC-MS, the results showed, nine compounds with maximum contents were identification, total amount up to 96.18%, the first five of maximum contents were 2-Propanol, 1-(allyloxy), 4-Quinolol, 4-ethyldecahydro-1, 2-dimethyl-, 4-(allyloxy)-2-methyl-2-pentanol, 2,4-Dimethyldecane and 1-(hexyloxy)octane. The total amount of five main constituents reached 83.81%.

**Key words** *Jatropha curcas*; petroleum ether partitioned extract; insecticidal components; biological activity; isolation and identification

小桐子 (*Jatropha curcas*), 又名麻疯树、膏桐等, 属大戟科 (*Euphiaceae*) 麻疯树属 (*Jatropha*) 落叶灌木, 原产美洲热带, 现广泛分布于全球热带地区, 在中国云南、四川和贵州等地有大量栽培种或半野生种<sup>[1]</sup>。该植物种仁的含油率可达 61.5%, 是热带地区一种极为适宜的生物柴油原料植物<sup>[2]</sup>, 现在

云南、四川和贵州等地已有大面积人工栽培<sup>[3]</sup>。小桐子是国内外传统的药用<sup>[4]</sup>和有毒植物<sup>[5]</sup>, 其全株均有毒。目前, 国内外对小桐子杀虫活性已有少量研究, 李静等利用种子毒蛋白、种子油、种子乙醇提取物和种子石油醚提取物对桃蚜 (*Myzus persicae* (Sulzer))、菜青虫 (*Pieris rapae* L.)、米象 (*rice*

收稿日期: 2012-05-03

基金项目: 云南省基金项目(2011FB086)

第一作者: 李育川, 副教授, 博士, 主要从事药用植物资源利用与评价研究, E-mail: lychuan72@163.com

weevil)和萝卜蚜(*Lipaphis erysimi* (Kaltenbach))进行毒杀活性测试<sup>[6]</sup>,结果表明:种子毒蛋白和种子油均对4种害虫均表现出较好的毒杀活性;Fagbenro等发现小桐子茎枝石油醚粗提物对柠檬凤蝶(*Pappilio dem oleus* L.)3龄幼虫具有较强的毒杀活性<sup>[7]</sup>;李育川等利用小桐子枝叶提取物对蚜虫进行了毒杀活性测定<sup>[8]</sup>,结果表明小桐子枝叶乙醇提取物的石油醚萃取物具有很强的毒杀活性。除此之外,尚未见其他报道。现从小桐子中分离得到的物质主要有萜类、黄酮类、香豆素类、脂肪类、甾醇类、生物碱和蛋白质等<sup>[9-13]</sup>。本试验对小桐子枝叶杀虫活性物质进行分离和初步鉴定,旨在为利用小桐子枝叶开发植物源杀虫剂物提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及仪器

试验用的小桐子枝叶于2007年7月采自云南永仁县的野生小桐子,剪取当年新鲜枝条晒干保存,经南京农业大学中药材研究所郭巧生教授鉴定为麻疯树(*Jatropha curcas* L.)的枝叶,粉碎后即为试验用的小桐子枝叶。试验用的桃蚜(*Myzus persicae* (Sulzer))和菜青虫(*Pieris rapae* L.)均采自南京农业大学下马坊附近农田,经南京农业大学植保学院孟铃教授鉴定。检测用美国Thermo Finnigan生产的GC-MS(Trace GC、Trace DSQ)的气相色谱-质联用分析仪。所用试剂石油醚(I)、乙酸乙酯、正丁醇和甲醇均为分析纯。70%(质量分数)吡虫啉水分散剂,由浙江海正股份有限公司生产。吐温-80,上海化学试剂公司生产。乙腈为色谱纯(美国Fisher公司),试验用水为娃哈哈纯净水。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 待分离样品的制备

按照文献<sup>[8]</sup>的方法,对小桐子枝叶先用乙醇冷浸提取,减压浓缩后再将浸膏用水溶解,然后用石油醚对小桐子枝叶乙醇粗提取物的水溶液进行分离萃取,将石油醚萃取相减压浓缩,获得具有杀虫活性的待分离样品(C1-1)。

#### 1.2.2 硅胶柱层析分离样品

第一步,大柱粗分:以硅胶H(100~200目)(400g);柱径8cm,常规湿法装柱,硅胶高度约80cm,取石油醚萃取物(C1-1)样品20g上样,以石油醚-乙酸乙酯(体积比,10:1,5:1,1:1,0:1)为流动相进行梯度洗脱,连接HD-5电脑紫外检测仪(检

测波长240nm)在线检测,合并同一吸收峰值收集液,获得9流份,将各流份减压浓缩称重,结合活性追踪筛选。第二步,中柱细分:以硅胶H(200~300目)(350g);柱径5cm,常规湿法装柱,硅胶高度约80cm,取活性较强的C1-1-2样品3g上样,以石油醚-乙酸乙酯(体积比,6:1)为流动相进行洗脱,获得4流份,将各流份减压浓缩称重,结合活性追踪筛选。第三步,将具有较强杀虫活性的流份C1-1-2-2进行薄层层析分离制备:对样品C1-1-2-2进行薄层层析分离制备,以石油醚-乙酸乙酯(体积比,4.5:1)为展开液,在紫外透射仪下,用刀片将各展开条带连同硅胶一同分别刮下,然后多次用展开液溶解,离心后倒出上清液过滤,上清液放入通风厨中挥发浓缩后称重。具体分离流程如图1所示:

- ①以石油醚-乙酸乙酯混合液(体积比,10:1);
- ②以石油醚-乙酸乙酯混合液(体积比,5:1);
- ③以石油醚-乙酸乙酯混合液(体积比,1:1);
- ④以石油醚-乙酸乙酯混合液(体积比,0:1);
- ⑤以石油醚-乙酸乙酯混合液(体积比,6:1);
- ⑥以石油醚-乙酸乙酯混合液(体积比,4.5:1)。

#### 1.2.3 杀虫活性测定

根据文献<sup>[14]</sup>利用小桐子果壳、枝叶提取物对蚜虫和菜青虫活性测试发现,小桐子果壳、枝叶乙醇提取物对豌豆长管蚜的LC<sub>50</sub>的95%置信限为3.20~4.29g/L的结果,本研究确定将各流份处理液质量浓度为8g/L处理液。分别准确称取各样品0.8g,分别用加0.8mL吐温-80,拌匀,使其充分乳化,再用蒸馏水溶解,定容至100mL,制成8g/L处理液。对照液用0.8mL吐温-80加蒸馏水定容至100mL制成。分别采用喷雾法<sup>[15]</sup>对桃蚜和菜青虫进行处理。桃蚜每组100头,菜青虫每组30头,每处理设3个重复,分别于处理24h后和72h后调查残虫数,计算死亡率。

校正死亡率/% =

$$\frac{\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}}{1 - \text{对照组死亡率}} \times 100$$

#### 1.2.4 GC-MS分析

色谱条件:色谱柱为DB-17MS(30m×0.25mm,0.25μm),Agilent technology生产;分流比50:1;分流进样口250℃;进样量2μL;载气,高纯氦,1mL/min;恒流;程序升温60℃,维持1min,以10℃/min升至250℃,维持5min;传输线温度,200℃。

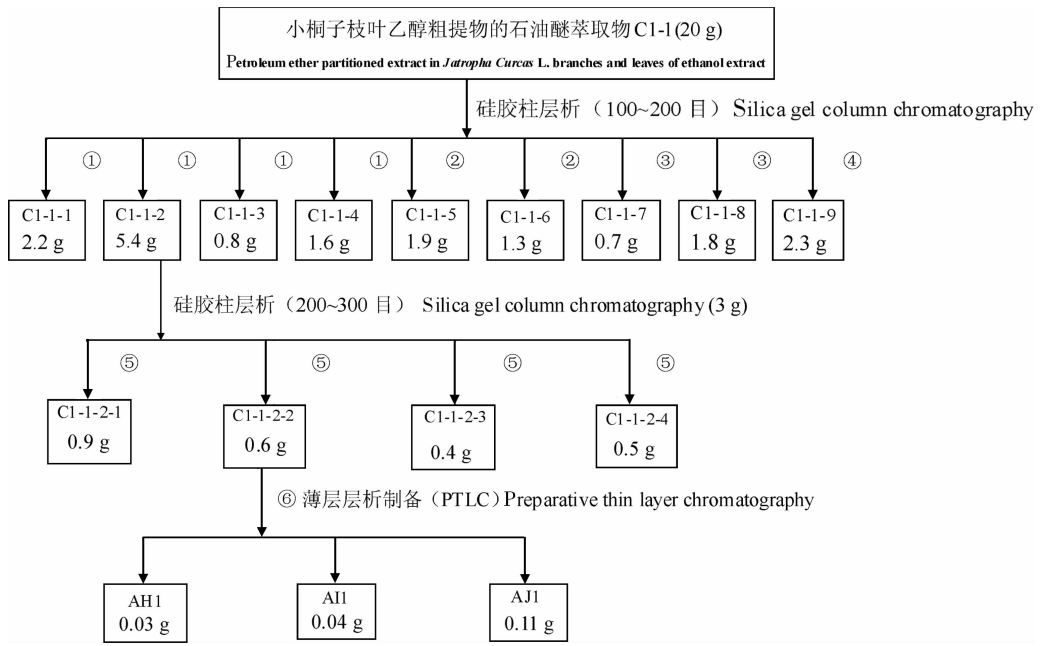


图 1 小桐子枝叶杀虫活性组分分离流程

Fig. 1 Isolating method of pesticidal components in *Jatropha Curcas* L. branches and leaves

质谱条件:EI 源,电子能量 70 eV;离子源温度 200 °C;质量数范围 30 ~ 450 (m/z);分析软件为 Xcalibur;质谱图库为 NLST。

质谱解析:将所得各组分峰的质谱数据运用计算机谱库(NLST 库)自行进行检索,并核对标准图谱,查阅参考文献,确定其化学结构,鉴定出各谱峰对应的化合物;最后按面积归一化法计算,得出各组分峰的相对含量。

### 1.3 数据处理及分析

数据采用 SPSS 16.0 进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 C1-1 样品大柱初分样品各流份的杀虫活性测定

#### 2.1.1 大柱初分样品各流份对桃蚜的毒力测定

利用桃蚜分别对 9 种流份进行杀虫活性测定,测定结果见表 1。杀虫活性测定结果表明,编号 C1-1-2 馏分和编号 C1-1-8 馏分对桃蚜都具有毒杀活性,2 种馏分对桃蚜毒杀活性极显著高于其他流份,其 24 h 校正死亡率分别是 88.65% 和 39.72%,二者对桃蚜毒杀活性差异极显著;具有毒杀活性的 2 个流份中,编号 C1-1-2 流份的活性最强,其对桃蚜的毒杀活性显著低于吡虫啉,但二者差异达不到极显著水平。

表 1 各流份 (8 mg/mL) 对桃蚜的生物活性测定

Table 1 Biological activity of 8 mg/mL various fractions to *M. persicae* Sulzer

流份 Fracntions	24 h 死亡率/% 24 h Mortality	24 h 校正死亡率/% 24 h Adjusted mortality
C1-1-1	6.33	0.35 C f
C1-1-2	89.33	88.65 A b
C1-1-3	8.00	2.13 C de
C1-1-4	7.00	1.06 C de
C1-1-5	6.67	0.71 C f
C1-1-6	6.33	0.35 C f
C1-1-7	8.00	2.13 C de
C1-1-8	43.33	39.72 B c
C1-1-9	11.33	5.67 C d
70 % 吡虫啉 Imidacloprid	93.67	93.26 A a
CK(水 Water)	6.00	0 C f

注:数据为 3 次重复的平均值;同列中不同小写字母表示在 5% 水平上差异显著,同列中大写字母表示在 1% 水平上差异显著;下同。

Note: This table are the average of the three replications; Different small letters in the same column indicate the significant difference at 5% level, Different capital letters at 1% level; The same below.

### 2.1.2 大柱初分样品各流份对菜青虫的毒力活性测定

利用菜青虫分别对9种流份进行杀虫活性测定,测定结果见表2。杀虫活性测定结果表明,编号C1-1-2馏分和C1-1-8流份对菜青虫都具有毒杀活性,2种流份对菜青虫毒杀活性极显著高于其他馏分,其72 h校正死亡率分别是79.86%和31.25%,其二者对菜青虫毒杀活性差异极显著;具有毒杀活性的2个流份中,编号C1-1-2流份的活性最强,其对菜青虫的毒杀活性极虽然显著低于吡虫啉,但仍显著出极高的毒杀活性。

表2 各流份(8 mg/mL)对菜青虫的生物活性测定

Table 2 Biological activity of 8 mg/mL various fractions to *Pieris rapae* L.

流份 Fractions	72 h 死亡率/% 72 h Mortality	72 h 校正死亡率/% 72 h Adjusted mortality
C1-1-1	5.67	1.74 D d
C1-1-2	80.67	79.86 B b
C1-1-3	4.33	0.35 D d
C1-1-4	4.67	0.69 D d
C1-1-5	5.33	1.39 D d
C1-1-6	5.00	1.04 D d
C1-1-7	4.00	0 D d
C1-1-8	34.00	31.25 C c
C1-1-9	6.33	2.43 D d
70%吡虫啉 Imidacloprid	96.67	96.53 A a
CK(水 Water)	4.00	0 D d

综合以上试验结果看出,虽然编号C1-1-2流份和C1-1-8流份对桃蚜和菜青虫都具有较高的毒杀活性,但是毒杀活性最强的是C1-1-2流份,且此流份相对含量较高,因此可以对C1-1-2流份继续进行进一步的分离研究。

## 2.2 C1-1-2样品中柱细分各流份的杀虫活性测定

### 2.2.1 C1-1-2样品中柱细分各流份对桃蚜的毒杀活性测定

经过对小桐子枝叶乙醇粗提物的石油醚萃取物各流份的活性追踪发现,编号C1-1-2的流份活性最强,相对含量也最高。因此选择C1-1-2流份进行中柱细分膏,上200-300目硅胶柱层析,以石油醚-乙酸乙酯(体积比,6:1)为流动相进行洗脱,梯度洗

脱,经HD-5电脑紫外检测仪(检测波长240 nm)在线检测,合并同一吸收峰值的收集液,共收集到4个流份;将各流份的收集液减压浓缩,利用桃蚜分别对4种流份进行杀虫活性测定,测定结果见表3。活性测定结果表明,所得的流份C1-1-2-1和C1-1-2-2均对桃蚜具有一定的毒杀活性,其24 h校正死亡率分别为38.77%和81.88%,2种流份馏分对桃蚜的毒杀活性极显著高于其他流份,显示出一定的毒杀活性;2种流份中,C1-1-2-2对桃蚜的毒杀活性最高,其极显著高于C1-1-2-1流份,与70%吡虫啉无显著差异。

表3 C1-1-2样品柱层析各流份(8 mg/mL)对桃蚜的生物活性测定

Table 3 Biological activity of 8 mg/mL various fractions from C1-1-2 fraction after column chromatography to *M. persicae* Sulzer

馏分 Fractions	24 h 死亡率/% 24 h Mortality	24 h 校正死亡率/% 24 h Adjusted mortality
C1-1-2-1	43.67	38.77 B b
C1-1-2-2	83.33	81.88 A a
C1-1-2-3	10.00	2.17 C c
C1-1-2-4	8.33	0.36 C c
70%吡虫啉 Imidacloprid	84.33	82.97 A a
CK(水 Water)	8.00	0 C c

### 2.2.2 C1-1-2样品中柱细分各流份对菜青虫的毒杀活性测定

利用菜青虫分别对C1-1-2样品中柱细分4种流份进行杀虫活性测定,结果见表4。结果表明,所得的流份C1-1-2-1和C1-1-2-2对菜青虫具有一定的毒杀活性,其72 h校正死亡率分别为49.47%和92.28%,2种流份对菜青虫的毒杀活性极显著高于其他流份,显示出一定的毒杀活性;2种流份中,编号C1-1-2-2流份对菜青虫的毒杀活性最高,其与70%吡虫啉的毒杀活性无显著差异。

综合以上试验结果看出,编号C1-1-2-1和C1-1-2-2都对桃蚜的毒杀活性都较强,其中C1-1-2-2流份活性最强,其与70%吡虫啉无显著差异,显示出极高的毒杀活性,加之C1-1-2-2流份相对含量较高。因此可继续选择流份C1-1-2-2继续进行分离研究。

**表 4 C1-1-2 样品柱层析各流份(8 mg/mL)对菜青虫的生物活性测定(72 h,浸虫法)**

Table 4 Biological activity of 8 mg/mL various fractions from C1-1-2 fraction after column chromatography to *Pieris rapae* L. (72 h,soak method)

流份 Fractions	72 h 死亡率/% 72 h Mortality	72 h 校正死亡率/% 72 h Adjusted mortality
C1-1-2-1	52.00	49.47 B b
C1-1-2-2	92.67	92.28 A a
C1-1-2-3	5.67	0.70 C c
C1-1-2-4	6.00	1.05 C c
70%吡虫啉 Imidacloprid	97.33	97.19 A a
CK(水 Water)	5.00	0 C c

## 2.3 C1-1-2-2 样品 PTIC 制备流份的杀虫活性测定

### 2.3.1 C1-1-2-2 样品 PTLC 制备各流份对桃蚜的毒杀活性测定

经过对 C1-1-2 流份继续进行柱层析后对各流份的活性追踪发现,编号 C1-1-2-2 的流份活性最强,相对含量也最高。因此选择 C1-1-2-2 流份进行薄层层析制备分离。根据 Rf 值的不同共收集到 3 个馏分;利用桃蚜分别对 3 种流份进行杀虫活性测定,测定结果见表 5。活性测定结果表明,所得的流份 AH1、AI1 和 AJ1 均对桃蚜具有较高的毒杀活性,其 24 h 校正死亡率分别为 64.47%、64.84 和 72.16%;3 种流份对桃蚜的毒杀活性无显著差异;3 种流份中,AJ1 对桃蚜的毒杀活性最高,其与 70%吡虫啉无显著差异,显示出较强的毒杀活性。

**表 5 C1-1-2-2 薄层层析制备各流份(4 mg/mL)对桃蚜的生物活性测定**

Table 5 Biological activity of 4 mg/mL various fractions from C1-1-2-2 fraction after PTLC to *M. persicae* Sulzer

流份 Fractions	24 h 死亡率/% 24 h Mortality	24 h 校正死亡率/% 24 h Adjusted mortality
AH1	67.67	64.47 A b
AI1	68.00	64.84 A b
AJ1	74.67	72.16 A ab
70%吡虫啉 Imidacloprid	77.67	75.46 A a
CK(水 Water)	9.00	0 C c

### 2.3.2 C1-1-2-2 样品薄层层析制备各流份对菜青虫的毒杀活性测定

利用菜青虫分别对 C1-1-2-2 样品薄层层析制备所 3 种流份进行杀虫活性测定,测定结果见表 6。活性测定结果表明,所得的 3 种流份均对菜青虫具有一定的毒杀活性,其 72 h 校正死亡率分别为 71.93%、71.23 和 74.39%;3 种流份对菜青虫的毒杀活性无显著差异;3 种流份中,AJ1 对菜青虫的毒杀活性最高,其与 70%吡虫啉的毒杀活性无显著差异,显示出极高的毒杀活性,因此可选择 AJ1 进行下一步的研究。

**表 6 C1-1-2-2 样品 PTIC 制备各流份(4 mg/mL)对菜青虫的生物活性测定**

Table 6 Biological activity of 4 mg/mL various fractions from C1-1-2-2 fraction after PTLC to *Pieris rapae* L.

流份 Fractions	72 h 死亡率/% 72 h Mortality	72 h 校正死亡率/% 72 h Adjusted mortality
AH1	73.33	71.93 A b
AI1	72.67	71.23 A b
AJ1	75.67	74.39 A ab
70%吡虫啉 Imidacloprid	79.33	78.25 A a
CK(水 Water)	5.00	0 B c

由以上试验结果看出,C1-1-2-2 样品经薄层层析制备以后所得的 3 个流份都具有很强的活性,如果条件可能可以继续对 3 个流份分别进行研究;如果条件不允许,可以选择 AJ1 样品作为指标性成分进行下一步的研究。

## 2.4 样品 AJ1 的 GC-MS 分析

通过对 AJ1 样品进行 GC-MS 分析,鉴定了含量最高 9 个化合物,结果见表 7,为总量的 96.18%。其中含量前 5 位的物质分别是 1-烯丙氧基,2-异丙醇(1)、4-乙炔基-1,2-二甲基-4 喹啉醇(2)、4-烯丙氧基-2-甲基-2-戊醇(3)、2,4-二甲基癸烷(4)和 1-(己氧基)辛烷(5),其相对总含为 83.81%;在 9 个被鉴定出的化合物中相对含量最高的是 1-烯丙氧基,2-异丙醇,其相对含量 30.84%;其次是 4-乙炔基-1,2-二甲基-4 喹啉醇,其相对含量为 28.36%;含量处于第三位的化合物是 4-烯丙氧基-2-甲基-2-戊醇,其相对含量 11.98%。具体如表 7 所示。

表7 样品AJ1的化学组成及其相对含量

Table 7 Identified chemical components and relative content of sample AJ1

序号 No.	化合物 Components	保留时间/min Retention time	分子式 Formula	分子质量 Molecular weight	相对质量分数/% Relative content
1	1-烯丙氧基,2-异丙醇 1-[allyloxy],2-Propanol	3.87	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	30.84
2	4-烯丙氧基-2-甲基-2-戊醇 4-[allyloxy]-2-methyl-2-pentanol	4.87	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	158	11.98
3	4-甲基-2,3-戊二醇 4-Methyl-2,3-pentanediol	5.18	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	118	4.53
4	乙烯苯 Benzene, ethenyl-	5.32	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	104	3.50
5	3,3-二甲基己烷 3,3-Dimethylhexane	8.27	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114	2.14
6	2,4-二甲基癸烷 2,4-Dimethyldecane	10.98	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	6.54
7	O-癸(基)-羟胺 O-Decyl-Hydroxylamine	11.64	C <sub>10</sub> H <sub>23</sub> NO	173	2.17
8	1-[己氧基]辛烷 1-[hexyloxy]octane	13.43	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> O	214	6.02
9	4-乙炔基-1,2-二甲基-4-喹啉醇 4-Quinolnol,4-ethyldecahydro-1,2-dimethyl-	13.80	C <sub>13</sub> H <sub>21</sub> NO	207	28.36

### 3 结论与讨论

小桐子枝叶经乙醇提取,利用石油醚对乙醇提取物的水溶液进行萃取;将石油醚萃取相上100~200目硅胶柱层析,以石油醚-乙酸乙酯(体积比,10:1,5:1,1:1,0:1)为流动相进行梯度洗脱,共获得9个流份,结合活性追踪筛选;选取活性最强的第2流份(石油醚-乙酸乙酯体积比,10:1),浓缩后再上200~300目硅胶柱层析,以石油醚-乙酸乙酯(体积比,6:1)对流动相进行洗脱,获得4个流份,结合活性追踪筛选;选取活性最强第2馏分,浓缩后,以石油醚-乙酸乙酯(体积比,4.5:1)为展开液,进行PTLC制备分离纯化,结合活性测试,最后发现编号AJ1活性最强。通过对AJ1进行GC-MS分析,发现其含量最高5种成分依次是1-烯丙氧基,2-异丙醇、4-乙炔基-1,2-二甲基-4-喹啉醇、4-烯丙氧基-2-甲基-2-戊醇、2,4-二甲基癸烷和1-(己氧基)辛烷。AJ1中具体杀虫活性成分还有待于深入研究。

本试验在活性成分的分离筛选过程中,具有一定活性,但因其相对含量较低,而被丢弃的正丁醇萃取物、大柱粗分中的C1-1-8流份、薄层层析制备中的AI1和AH1流份,还值得今后对其进行进一步的杀虫物质再分离。

### 参 考 文 献

[1] 丘华兴. 中国植物志 第44卷第2分册[M]. 北京:科学出版

- 社,1996:148-149
- [2] Keith Openshaw. A review of *Jatropha curcas*: An oil plant of unfulfilled promise[J]. Biomass and Bioenergy, 2000, 19: 1-15
- [3] 肖晓鹏,陈锐平. 一个树种、一个基因就是一个产业[J]. 农村财政与财务, 2007(5): 14-15
- [4] 江苏省新医学院. 中药大辞典(下册)[M]. 上海:上海人民出版社, 1977: 2227-2227
- [5] 陈冀胜,郑硕. 中国有毒植物[M]. 北京:科学出版社, 1987: 258-258
- [6] 李静. 麻疯树种子杀虫活性物分离、纯化及作用机理研究[D]. 成都:四川大学, 2005: 42-56
- [7] Fagbenro A F, Oyiibo W A, Anuformo B C. Disinfectant/antiparasitic activities of *Jatropha curcas* L[J]. East Afr Med J, 1998, 75(9): 508-511
- [8] 李育川,郭巧生,邵清松,等. 小桐子枝叶提取物对蚜虫的毒杀活性[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(2): 89-93
- [9] 李维莉,彭永芳,马银海,等. 云南麻疯树的化学成分研究[J]. 中草药, 2004, 35(4): 385-386
- [10] Cheng Y T, Wang X Y, Liu X Y. Photosensitivity study of *Hypocrella bambusae*[J]. Acta. Mycol Sin, 1982, 1(2): 111-113
- [11] Rav Indrana Th N, Reddy R, Ramesh C. New lathyrine and podocarpane diterpenoids from *Jatropha curcas* [J]. Chem Pharm Bull, 2004, 52(5): 608-611
- [12] Nanngchomnong W, Thebtaramonith Y, W Ir Iyach Itra P, et al. Isolation and structure determination of two novel lathyrane from *Jatropha curcas* L[J]. Retrah Lett, 1986, 27(4): 5675-5678
- [13] 廖金旭,颜钊,徐莺,等. 麻疯树叶二氧化碳超临界萃取物的化学成分分析[J]. 化学研究及应用, 2003, 15(5): 704-705
- [14] 李育川,郭巧生,王定康,等. 小桐子果壳提取物杀虫活性的生物测定[J]. 广西植物, 2011, 31(1): 129-133
- [15] 张宗炳. 杀虫药剂的毒力测定[M]. 北京:科学出版社, 1988: 85

责任编辑: 苏燕