

小桐子枝叶提取物对蚜虫的毒杀活性

李育川^{1,2}, 郭巧生^{1,①}, 邵清松^{1,3}, 代晓蕾¹, 张佩¹

(1. 南京农业大学中药材研究所, 江苏 南京 210095;

2. 云南省楚雄农业学校, 云南 楚雄 675000; 3. 浙江林学院, 浙江 杭州 311300)

摘要: 以水、乙醇、正丁醇、乙酸乙酯、氯仿和石油醚为溶剂, 采用冷浸法对小桐子(*Jatropha curcas* L.) 枝叶进行了粗提并采用喷雾法测定了各粗提物对豌豆长管蚜[*Acyrtosiphon pisum* (Harris)]和桃蚜[*Myzus persicae* (Sulzer)]的毒力, 从中筛选出毒力最高的粗提物进行进一步的活性组分分离及毒杀活性测定。结果显示, 随溶剂极性的减小, 小桐子枝叶不同溶剂粗提物的提取率降低, 其中水和乙醇粗提物的提取率较高, 分别为 18.76% 和 11.94%; 6 种溶剂粗提物对豌豆长管蚜和桃蚜都具有一定的毒力, 其中, 乙醇粗提物的毒力显著高于其他溶剂粗提物, LC_{50} 分别为 2.693 3 和 2.565 6 $g \cdot L^{-1}$ 。乙醇粗提物的水、正丁醇、乙酸乙酯、氯仿和石油醚萃取物均对桃蚜有一定的毒杀活性, 其中石油醚萃取物的萃取率最高(74.27%), 对桃蚜的毒杀活性均显著高于其他溶剂萃取物, $8 g \cdot L^{-1}$ 石油醚萃取物对桃蚜的 24 h 校正死亡率高达 94.5%。研究结果表明, 小桐子枝叶的灭蚜活性组分存在于其乙醇粗提物的低极性组分中。根据实验结果初步确定了小桐子枝叶灭蚜活性组分的提取流程。

关键词: 小桐子枝叶; 提取物; 豌豆长管蚜; 桃蚜; 毒杀活性

中图分类号: Q949.96; S482.3+9 文献标志码: A 文章编号: 1004-0978(2009)02-0089-05

Toxicity of extracts from branches and leaves of *Jatropha curcas* against aphids LI Yu-chuan^{1,2}, GUO Qiao-sheng^{1,①}, SHAO Qing-song^{1,3}, DAI Xiao-lei¹, ZHANG Pei¹ (1. Institute of Chinese Medicinal Materials, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Chuxiong Agricultural School, Chuxiong 675000, China; 3. Zhejiang Forestry University, Hangzhou 311300, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2009, **18**(2): 89-93

Abstract: Crude extracts from branches and leaves of *Jatropha curcas* L. were obtained with water, ethanol, butanol, ethyl acetate, chloroform and petroleum ether by cold extracting method, and toxicity of each crude extract against *Acyrtosiphon pisum* (Harris) and *Myzus persicae* (Sulzer) was studied by spray method. Active component separation and toxicity assay in the crude extracts with the highest toxicity were conducted. The results show that the extraction rate falls as the polarity of solvents decreases, and the extraction rates of water (18.76%) and ethanol (11.94%) are higher. All of the six crude extracts have a certain toxicity against *A. pisum* and *M. persicae*, in which the toxicity of ethanol crude extract is obviously higher than that of the others, with LC_{50} of 2.693 3 and 2.565 6 $g \cdot L^{-1}$, respectively. All the water, butanol, ethyl acetate, chloroform and petroleum ether partitioned extracts from ethanol crude extract have a certain toxicity against *M. persicae*. The partitioned rate of petroleum ether partitioned extract is the highest (74.27%) and its toxicity against *M. persicae* is obviously higher than that of the others. The corrected mortality of *M. persicae* after 24 h exposure to petroleum ether partitioned extract ($8 g \cdot L^{-1}$) is up to 94.5%. It is concluded that active aphid-killing components in branches and leaves of *J. curcas* exist in low polarity fractions of ethanol crude extract. A preliminary extraction procedure of active aphid-killing components is determined according to this study.

Key words: branch and leaf of *Jatropha curcas* L.; extracts; *Acyrtosiphon pisum* (Harris); *Myzus persicae* (Sulzer); toxicity

小桐子 (*Jatropha curcas* L.) 又名麻疯树、膏桐等, 属大戟科 (Euphiaceae) 麻疯树属 (*Jatropha* L.) 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、贵州等地也有分布^[1]。小桐子种仁的含油量高达 61.5%, 是热带地区一种极为适宜的生物柴油原料植物^[2], 在云南、四川、贵州等地已有大面积人工栽培^[3]。小桐子是传统的药用和有毒植物, 全株均有毒^[4-5], 对小桐子的研究主要集中于化学成分、栽培育种及生物活性等方面, 已从小桐子果实、根、树皮、叶片及枝叶中分离得到萜类、黄酮类、香豆素类、脂肪类、甾醇类、生物碱、蛋白酶、脂酶等多种成分^[6-11]。目前, 人们对小桐子的关注主要集中于其作为生物柴油的应用潜力方面, 也有一些学者对小桐子提取物抗菌、杀虫活性进行了研究。魏琴^[12]等发现麻疯树毒蛋白具有明显的抗真菌活性; 李维莉等^[6]从小桐子茎中分离出具有明显广谱抗菌活性的成分 3,5-二羟基-对甲基苯甲酸; 程忠跃等^[13]从麻疯树籽中分离得到具有浸杀钉螺活性的麻疯树素; 李静等^[14-16]对小桐子种子毒蛋白、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 (*Sitophilus oryzae* L.) 和萝卜蚜 [*Lipaphis erysimi* (Kaltenbach)] 的毒杀作用进行了研究; Fagbenro-Beyioku 等^[17]研究了小桐子茎枝石油醚粗提取物对柠檬凤蝶 (*Papilio demoleus* L.) 3 龄幼虫的杀虫活性。但目前对小桐子杀虫活性组分的研究尚不深入。

作者使用 6 种溶剂对小桐子枝叶进行冷浸提取, 并对各粗提物的杀虫活性进行测定和回归分析, 对活性最强的粗提物进行活性成分追踪, 以确定小桐子枝叶提取物的生物活性, 以期对小桐子枝叶的综合利用及植物源杀虫剂的研发提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试用小桐子枝叶于 2007 年 7 月采自云南永仁。取当年生新鲜枝条晒干后于 60 °C 通风干燥箱中干燥 12 h, 用小型粉碎机粉碎, 过 2 mm 筛, 待用。实验用豌豆长管蚜 [*Acyrtosiphon pisum* (Harris)] 和桃蚜采自南京农业大学下马坊附近农田, 经南京农业大学植物保护学院孟铃教授鉴定。

所用仪器主要有 RE-52A 旋转蒸发仪(上海伊

利仪器制造有限公司生产) 和 SHZ-D(Ⅲ) 循环水式真空泵; 体积分数 95% 乙醇、正丁醇、乙酸乙酯、氯仿和石油醚(Ⅱ类) 均为分析纯, 由国药集团化学试剂有限公司生产。

1.2 方法

1.2.1 枝叶粗提物的制备及毒力测定

1.2.1.1 粗提物的制备 采用系统溶剂冷浸法进行平行提取。准确称取小桐子枝叶粉碎样品 6 份, 每份 100 g, 分别加入 1 000 mL 蒸馏水、体积分数 95% 乙醇、正丁醇、乙酸乙酯、氯仿和石油醚, 其中蒸馏水中另加 1 mL 氯仿, 密封后于室温下冷浸, 5 h 摇动 1 次, 3 d 后抽滤, 保存滤液; 滤渣重复上述操作 2 次, 合并 3 次滤液, 用旋转蒸发仪浓缩得到 6 种溶剂粗提物的浸膏, 所得浸膏在室温下敞开放置 4 d, 待无溶剂气味后, 称量并置于 4 °C 冰箱中保存备用。每处理 3 次重复, 分别计算各粗提物的提取率。

1.2.1.2 毒力测定 分别准确称取上述 6 种粗提物浸膏各 2 g, 加入 2 mL 吐温-80, 拌匀使其充分乳化, 用蒸馏水溶解并定容至 100 mL, 配成浓度为 20 g · L⁻¹ 的粗提物原液; 分别取各粗提物原液 5、10、15、20、25 和 30 mL, 用蒸馏水定容至 50 mL, 配制成浓度为 2、4、6、8、10 和 12 g · L⁻¹ 的处理液, 摇匀后待用。取体积分数 2% 的吐温-80 水溶液 5、10、15、20、25 和 30 mL, 用蒸馏水定容至 50 mL, 配制成相应浓度的对照液。

采用喷雾法^[18-19]进行毒力测定。采集带有豌豆长管蚜的蚕豆 (*Vicia faba* L.) 植株, 剪下带虫叶片, 用 3 号毛笔刷去若蚜和有翅蚜, 每叶保留 50 头健壮且大小一致的干母; 分别用上述处理液和相应浓度的对照液对带虫叶的正反面进行喷雾; 吸去多余溶液, 待溶液自然挥发后, 将带虫的叶面向上, 置入铺有 2 层滤纸的具盖培养皿(直径 15 cm) 中, 每皿加 4 滴蒸馏水保湿; 将培养皿置于 25 °C、相对湿度 80% 的培养箱中培养, 每天光照 12 h。培养 24 h 后统计各组的死亡虫数, 每处理 3 次重复, 结果取平均值并计算半致死浓度 (LC_{50}) 和相对毒力指数, 进行回归分析和差异显著性分析。采用同一方法测定各粗提物对桃蚜的毒力。根据毒力测定结果筛选出毒力最强的粗提物进行活性跟踪分析。

1.2.2 杀虫活性组分的分离萃取和毒杀活性测定

1.2.2.1 杀虫活性组分的分离萃取 采用液-液萃取法^[20]进行杀虫活性成分的分离。准确称取上

述乙醇粗提取物浸膏 100 g,用 2 L 蒸馏水充分溶解,过滤去除杂质;转移至分液漏斗中,加入 2 L 石油醚(Ⅱ类),多次摇匀并静置过夜,对萃取液进行分液;重复萃取 3 次,将 3 次石油醚萃取液合并,用旋转蒸发仪浓缩至稠膏状,得到石油醚萃取物。按相同方法依次用氯仿、乙酸乙酯和正丁醇进行萃取,分别得到氯仿、乙酸乙酯、正丁醇萃取物;最后将水溶液旋转浓缩得到水萃取物。所得稠膏状萃取物在室温下敞开放置 4 d,待无溶剂气味后,称量并计算萃取率。每处理 3 次重复。

1.2.2.2 对桃蚜毒杀活性的测定 准确称取各萃取物浸膏 0.8 g,分别加入 0.8 mL 吐温-80,拌匀使其充分乳化,用蒸馏水溶解并定容至 100 mL,配制成 $8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的处理液,以相同浓度的吐温-80 溶液为对照。按前述的喷雾法分别测定各萃取物对桃蚜的毒杀活性,每处理 3 次重复,24 h 后统计各组死亡虫数,计算死亡率和校正死亡率,结果取平均值。

1.3 数据处理和分析

相对毒力指数和校正死亡率的计算公式如下:相对毒力指数 = 最大的 LC_{50} /不同溶剂粗提取物的 LC_{50} ;校正死亡率 = [(处理组死亡率 - 对照组死亡率)/(1 - 对照组死亡率)] × 100%。

采用南京农业大学植物保护学院编制的抗药性生物测计数据处理及管理系统 Version 2.5^[21] 进行回归分析和差异显著性分析。如果任意两个处理组的半致死浓度(LC_{50}) 在 95% 置信区间有重叠,则判定这两组的 LC_{50} 差异不显著。其他数据采用 SPSS 13.0 软件进行方差分析。

2 结果和分析

2.1 不同溶剂粗提取物提取率的比较

小桐子枝叶不同溶剂粗提取物的提取率见表 1。结果表明,随溶剂极性的减小,粗提取物的提取率降低。提取率最高的是水粗提取物,其次是乙醇粗提取物,提取率均在 10% 以上;正丁醇、乙酸乙酯和氯仿粗提取物的提取率约为 9% ~ 7%,差异不显著($P > 0.05$);石油醚粗提取物的提取率最低,仅为 3.14%。

2.2 不同溶剂粗提取物对蚜虫的毒力分析

2.2.1 对豌豆长管蚜的毒力分析 不同溶剂粗提取物对豌豆长管蚜的毒力测定结果见表 2。由表 2 可见,乙醇粗提取物对豌豆长管蚜的毒力显著高于其他

溶剂粗提取物,其 LC_{50} 的 95% 置信区间与其他溶剂粗提取物不重叠。各溶剂粗提取物对豌豆长管蚜的毒力由强至弱依次为乙醇粗提取物、氯仿粗提取物、石油醚粗提取物、乙酸乙酯粗提取物、水粗提取物、正丁醇粗提取物, LC_{50} 均值分别为 2.693 3、5.448 6、5.785 1、6.000 1、7.218 6 和 8.251 4 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,相对毒力指数分别为 3.1、1.5、1.4、1.4、1.1 和 1.0。

表 1 小桐子枝叶不同溶剂粗提取物的提取率¹⁾

Table 1 Extraction rate of crude extracts of different solvents from *Jatropha curcas* L. branches and leaves¹⁾

| 粗提取物 Crude extract | 提取率/% Extraction rate |
|--|--------------------------|
| 水粗提取物 Crude extract of water | 18.76a |
| 乙醇粗提取物 Crude extract of ethanol | 11.94b |
| 正丁醇粗提取物 Crude extract of butanol | 8.56c |
| 乙酸乙酯粗提取物 Crude extract of ethyl acetate | 7.08c |
| 氯仿粗提取物 Crude extract of chloroform | 7.04c |
| 石油醚粗提取物 Crude extract of petroleum ether | 3.14d |

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示在 5% 水平上差异显著 Different small letters in the same column indicate the significant difference at 5% level.

2.2.2 对桃蚜的毒力分析 不同溶剂粗提取物对桃蚜的毒力测定结果见表 3。结果表明,乙醇粗提取物对桃蚜的毒力显著高于其他溶剂粗提取物,其 LC_{50} 的 95% 置信区间与其他溶剂粗提取物不重叠。各溶剂粗提取物对桃蚜的毒力由强至弱依次为乙醇粗提取物、石油醚粗提取物、乙酸乙酯粗提取物、氯仿粗提取物、水粗提取物、正丁醇粗提取物, LC_{50} 均值分别为 2.565 6、5.609 6、5.720 8、6.445 9、7.079 5 和 8.352 6 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$,相对毒力指数分别为 3.3、1.5、1.5、1.3、1.2 和 1.0。

在小桐子枝叶的不同溶剂粗提取物中,乙醇粗提取物对豌豆长管蚜和桃蚜的 LC_{50} 值均最小,表明其对蚜虫的毒力最高,故选择乙醇粗提取物进行进一步的活性组分分析和毒杀活性分析。

2.3 乙醇粗提取物的活性组分及毒杀活性分析

采用不同溶剂对小桐子枝叶乙醇粗提取物进行萃取,并用桃蚜对各萃取物进行毒杀活性测定,结果见表 4。不同溶剂的萃取结果表明,小桐子枝叶乙醇粗提取物的石油醚萃取物的萃取率最高,达 74.27%;水萃取物的萃取率为 9.57%;而正丁醇、乙酸乙酯和氯仿萃取物的萃取率分别仅为 2.30%、4.40% 和 6.63%。方差分析结果显示,石油醚萃取物的萃取率显著高于其他溶剂萃取物($P < 0.05$)。

表2 小桐子枝叶不同溶剂粗提物对豌豆长管蚜毒力的回归分析(24 h,喷雾法)¹⁾Table 2 Regression analysis of toxicity of crude extracts of different solvents from *Jatropha curcas* L. branches and leaves against *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (24 h, spray method)¹⁾

| 粗提物 Crude extract | 回归方程 Regression equation | <i>r</i> | $LC_{50}/g \cdot L^{-1}$ | 相对毒力指数 Relative toxicity index |
|---|-----------------------------|----------|---------------------------|-----------------------------------|
| 水粗提物 Crude extract of water | $y = 3.2623 + 2.0242x$ | 0.955 | 7.2186(6.4018 - 8.2332)cd | 1.1 |
| 乙醇粗提物 Crude extract of ethanol | $y = 3.6185 + 3.2107x$ | 0.981 | 2.6933(2.3324 - 3.0243)a | 3.1 |
| 正丁醇粗提物 Crude extract of butanol | $y = 2.7337 + 2.4727x$ | 0.953 | 8.2514(7.2188 - 10.2533)d | 1.0 |
| 乙酸乙酯粗提物 Crude extract of ethyl acetate | $y = 3.3910 + 2.0677x$ | 0.990 | 6.0001(5.3103 - 6.7565)bc | 1.4 |
| 氯仿粗提物 Crude extract of chloroform | $y = 3.3899 + 2.2547x$ | 0.995 | 5.4486(4.8410 - 6.0744)b | 1.5 |
| 石油醚粗提物 Crude extract of petroleum ether | $y = 3.5196 + 1.9420x$ | 0.970 | 5.7851(5.0721 - 6.5565)bc | 1.4 |

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示在5%水平上差异显著 Different small letters in the same column indicate the significant difference at 5% level; 括号内数据为95%置信区间 Datums in brackets represent the 95% confidence intervals.

表3 小桐子枝叶不同溶剂粗提物对桃蚜毒力的回归分析(24 h,喷雾法)¹⁾Table 3 Regression analysis of toxicity of crude extracts of different solvents from *Jatropha curcas* L. branches and leaves against *Myzus persicae* (Sulzer) (24 h, spray method)¹⁾

| 粗提物 Crude extract | 回归方程 Regression equation | <i>r</i> | $LC_{50}/g \cdot L^{-1}$ | 相对毒力指数 Relative toxicity index |
|---|-----------------------------|----------|---------------------------|-----------------------------------|
| 水粗提物 Crude extract of water | $y = 3.2707 + 2.0352x$ | 0.954 | 7.0795(6.2775 - 8.0490)bc | 1.2 |
| 乙醇粗提物 Crude extract of ethanol | $y = 3.7851 + 2.9691x$ | 0.965 | 2.5656(1.6374 - 2.8879)a | 3.3 |
| 正丁醇粗提物 Crude extract of butanol | $y = 3.0639 + 2.1003x$ | 0.992 | 8.3526(7.4118 - 9.6311)c | 1.0 |
| 乙酸乙酯粗提物 Crude extract of ethyl acetate | $y = 3.4120 + 2.0965x$ | 0.997 | 5.7208(5.0578 - 6.4272)b | 1.5 |
| 氯仿粗提物 Crude extract of chloroform | $y = 3.2912 + 2.1115x$ | 0.994 | 6.4459(5.7335 - 7.2585)b | 1.3 |
| 石油醚粗提物 Crude extract of petroleum ether | $y = 3.5479 + 1.9389x$ | 0.973 | 5.6096(4.9071 - 6.3563)b | 1.5 |

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示在5%水平上差异显著 Different small letters in the same column indicate the significant difference at 5% level; 括号内数据为95%置信区间 Datums in brackets represent the 95% confidence intervals.

表4 小桐子枝叶乙醇粗提物的不同溶剂萃取物的萃取率及其对桃蚜的毒杀活性(24 h,喷雾法)¹⁾Table 4 Partitioned rate of partitioned extracts of different solvents from ethanol crude extract of *Jatropha curcas* L. branches and leaves and their toxicity against *Myzus persicae* (Sulzer) (24 h, spray method)¹⁾

| 萃取物 Partitioned extract | 萃取率/% Partitioned rate | 死亡率/% Mortality | 校正死亡率/% Corrected mortality |
|--|---------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 石油醚萃取物 Petroleum ether partitioned extract | 74.27a | 95.0 | 94.5a |
| 氯仿萃取物 Chloroform partitioned extract | 6.63c | 36.3 | 30.5c |
| 乙酸乙酯萃取物 Ethyl acetate partitioned extract | 4.40cd | 46.7 | 41.8b |
| 正丁醇萃取物 Butanol partitioned extract | 2.30d | 51.0 | 46.5b |
| 水萃取物 Water partitioned extract | 9.57b | 29.1 | 22.5d |
| CK | | 8.3 | 0e |

¹⁾ 表中数据为3次重复的平均值 The datums in this table are the average of the three replications; 同列中不同的小写字母表示在5%水平上差异显著 Different small letters in the same column indicate the significant difference at 5% level.

浓度为 $8 g \cdot L^{-1}$ 时,小桐子枝叶乙醇粗提物的不同溶剂萃取物对桃蚜的毒杀活性有较大差异。其中,石油醚萃取物对桃蚜的24 h毒杀活性最高,24 h校正死亡率高达94.5%;其次为正丁醇萃取物和乙酸乙酯萃取物,24 h校正死亡率分别为46.5%和41.8%;而氯仿萃取物和水萃取物的毒杀活性较低,24 h校正死亡率分别仅为30.5%和22.5%。差异显著性分析结果显示,石油醚萃取物的24 h校正死亡率显著高于其他溶剂萃取物($P < 0.05$)。

3 结论和讨论

用6种极性不同的溶剂(水、乙醇、正丁醇、乙酸乙酯、氯仿和石油醚)对小桐子枝叶中的灭蚜成分进行粗提,结果显示,随溶剂极性的减小,粗提物的提取率降低。小桐子枝叶的6种不同溶剂粗提物都具有一定的灭蚜活性,其中乙醇粗提物对豌豆长管蚜和桃蚜的毒力均显著高于其他溶剂粗提物,灭蚜效

果明显。用极性不同的溶剂对乙醇粗提物进行进一步的萃取分离,并用桃蚜进行毒杀活性检测,结果显示,乙醇粗提物的石油醚萃取物的萃取率最高,且在同一浓度($8\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$)条件下对桃蚜的毒杀活性也显著高于其他溶剂萃取物。由此可见,小桐子枝叶中含有能有效杀灭蚜虫的化学成分,且这类化学成分存在于乙醇粗提物中,其中主要的灭蚜活性成分可能是低极性化学成分,具体成分还有待进一步的分离和纯化。对本研究结果及相关的研究报道^[14]进行综合分析,发现小桐子枝叶中含有能有效杀灭多种害虫的化学成分,但其杀虫谱还不明确,有待进一步的深入研究。

根据本实验结果,可以初步确定小桐子枝叶灭蚜活性成分的提取流程:首先用体积分数95%乙醇进行冷浸提,经减压浓缩后溶于水中,滤出水不溶性杂质,再用石油醚进行萃取、分离并浓缩。通过这一流程可达到提取和初步分离小桐子枝叶中灭蚜活性组分的目的。

从小桐子枝叶中提取分离出的灭蚜活性组分,其粗提物的提取率高达10%,灭蚜活性强,对供试的2种蚜虫均具有较好的杀灭效果,是一种不可多得的生物源灭蚜剂。通过对小桐子枝叶灭蚜活性组分进行分离纯化并对构效关系、杀虫谱和剂型等进行深入研究,找出适当的增效方式提高药效,同时研究其杀虫机理,有望研究出一类新型的高效灭蚜制剂。随着“生物柴油”小桐子产业的不断推进,小桐子种植面积将急剧增加,被修剪下来的小桐子枝叶也将大量废弃,仅云南省“十一五”期间每年将产生200多万吨的枝叶,因此,利用小桐子枝叶制备植物源农药,不但在农业生态环境保护方面具有重要意义,而且可以扩大对小桐子资源的综合利用,使这一产业具有更广阔的发展前景。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 第四十四卷 第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 148-149.
- [2] Openshaw K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise[J]. Biomass and Bioenergy, 2000, 19(1): 1-15.
- [3] 肖晓鹏, 陈锐平. 一个树种、一个基因就是一个产业——云南省干热河谷典型脆弱生态区综合治理和思考[J]. 农村财政与财务, 2007(5): 14-16.
- [4] 江苏新医学院. 中药大辞典(下册)[M]. 上海: 上海人民出版社, 1977: 2227.
- [5] 陈冀胜, 郑 硕. 中国有毒植物[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 258.
- [6] 李维莉, 彭永芳, 马银海, 等. 云南麻烘罕的化学成分研究[J]. 中草药, 2004, 35(4): 385-386.
- [7] 孔令义, 闵知大, 史剑侠, 等. 麻疯树根的化学成分研究[J]. 植物学报, 1996, 38(2): 161-166.
- [8] Ravindranath N, Reddy M, Ramesh C. New lathyrine and podocarpane diterpenoids from *Jatropha curcas*[J]. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 2004, 52(5): 608-611.
- [9] Naengchomnong W, Thebtaramonth Y, Wiriyaichitra P, et al. Isolation and structure determination of two novel lathyrane from *Jatropha curcas* L. [J]. Tetrahedron Letters, 1986, 27(4): 5675-5678.
- [10] 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]. 化学研究与应用, 2003, 15(5): 704-705.
- [11] 曹 华. 麻疯树树皮化学成分研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2007: 22-33.
- [12] 魏 琴, 廖 毅, 周黎军, 等. 麻疯树毒蛋白(curcin)的抗真菌活性研究[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(3): 71-77.
- [13] 程忠跃, 黄四喜, 曾庆海, 等. 不同产地麻疯树素室内杀灭螺效果比较[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2001, 13(4): 221-226.
- [14] 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.
- [15] 李 静, 颜 钊, 吴芬宏, 等. 麻疯树种子提取物对萝卜蚜的杀虫活性[J]. 植物保护学报, 2004, 31(3): 289-293.
- [16] 李 静, 吴芬宏, 陈延燕, 等. 麻疯树种子提取物对几种害虫的杀虫活性[J]. 农药, 2006, 45(1): 57-58, 65.
- [17] Fagbenro-Beyioku A F, Oyilbo W A, Anuforno B C. Disinfectants antiparasitic activities of *Jatropha curcas* L. [J]. East African Medical Journal, 1998, 75(9): 508-511.
- [18] 张宗炳. 杀虫药剂的毒力测定[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 85-87.
- [19] 李 美, 高兴祥, 高宗军, 等. 苍耳等48种植物提取物的杀虫活性[J]. 植物资源与环境学报, 2008, 17(1): 33-37.
- [20] 陈晓青, 蒋新宇, 刘佳佳. 中草药成分分离分析技术与方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 64.
- [21] 沈晋良, 吴益东. 棉铃虫抗性及其治理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 259-279.