

# 大叶山楝根化学成分与细胞毒活性的研究

黄淼<sup>1,2</sup>, 梅文莉<sup>2</sup>, 蔡彩虹<sup>2</sup>, 王辉<sup>2</sup>, 董文化<sup>2</sup>, 曲有乐<sup>1\*</sup>, 戴好富<sup>2\*</sup>

(1. 佳木斯大学药学院, 黑龙江 佳木斯 154007; 2. 中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 农业部热带作物生物学与遗传资源利用重点实验室, 海口 571101)

**摘要:** 为了解大叶山楝(*Aphanamixis grandifolia* Bl.)根中的抗肿瘤活性成分,利用各种色谱技术从其 95% 乙醇提取物中分离得到 9 个化合物,经波谱分析分别鉴定为:7-hydroxycadalene (1)、dregeana-1 (2)、4-oxopinoresinol (3)、4-ketopinoresinol (4)、6-deoxyjacareubin (5)、schleicheol 1 (6)、豆甾醇 (7)、 $\beta$ -谷甾醇 (8)和胡萝卜苷 (9)。其中化合物 1~6 为首次从山楝属植物中分离得到,并首次报道了化合物 1 的碳谱数据。生物活性测试结果表明,化合物 1 和 5 对慢性髓原白血病细胞 K562 有生长抑制活性,化合物 1、5 和 6 对人胃癌细胞 SGC-7901 有生长抑制活性。

**关键词:** 楝科; 大叶山楝; 化学成分; 抗肿瘤活性

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2015.03.015

## Studies on Chemical Compositions and Cytotoxicities from Roots of *Aphanamixis grandifolia* Bl.

HUANG Miao<sup>1,2</sup>, MEI Wen-li<sup>2</sup>, CAI Cai-hong<sup>2</sup>, WANG Hui<sup>2</sup>, DONG Wen-hua<sup>2</sup>, QU You-le<sup>1\*</sup>, DAI Hao-fu<sup>2\*</sup>

(1. School of Pharmacological Sciences, Jiamusi University, Jiamusi 154007, China; 2. Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Tropical Crops, Ministry of Agriculture, Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China)

**Abstract:** In order to understand the antitumor active ingredients of *Aphanamixis grandifolia* Bl., nine compounds were isolated from 95% ethanol extract of its roots. They were identified as 7-hydroxycadalene (1), dregeana-1 (2), 4-oxopinoresinol (3), 4-ketopinoresinol (4), 6-deoxyjacareubin (5), schleicheol 1 (6), stigmasterol (7),  $\beta$ -sitosterol (8), and daucosterol (9) on the basis of spectral data. Compounds 1–6 were isolated from the genus *Aphanamixis* for the first time, and the <sup>13</sup>C NMR spectral data of compound 1 was reported for the first time. Compounds 1 and 5 showed inhibition of the proliferation of K562 cell line, and compounds 1, 5 and 6 possessed inhibitory activity against SGC-7901 cell line.

**Key words:** Meliaceae; *Aphanamixis grandifolia* Bl.; Chemical constituent; Antitumor activity

大叶山楝(*Aphanamixis grandifolia* Bl.)为楝科(Meliaceae)山楝属植物。山楝属植物约有 25 种,我国产 4 种,分布于广东、广西、海南、云南及台湾等地<sup>[1]</sup>。《新华本草纲要》记载大叶山楝的根及叶具有祛风除湿、舒筋活络及通痹等功效,为祛风止痛药。

前人对大叶山楝的枝叶、茎皮、果实和种子做了大量研究,化学成分主要有三萜、二萜等结构类型,具有抗肿瘤、抗疟及抗菌等活性<sup>[2-11]</sup>,目前对大叶山楝根的化学成分研究较少,为了寻找其中的生物活性成分,本文对大叶山楝根的 95% 乙醇提取物的乙

收稿日期: 2014-08-27

接受日期: 2014-10-14

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费(201303117); 国家科技支撑计划课题(2013BAI11B04); 海南省重大科技项目(ZDXZ2013008-4)资助  
作者简介: 黄淼(1988~),女,硕士研究生,研究方向为天然药物化学。E-mail: huangmiaoitbb@163.com

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: daihaofu@itbb.org.cn; Youle1960@163.com

酸乙酯萃取部分进行了分离纯化,根据波谱数据从中鉴定了9个化合物。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

大叶山楝(*Aphanamixis grandifolia* Bl.)样品于2013年9月采自海南省海口市石山镇,经中国热带农业科学院热带生物技术研究所刘寿柏博士鉴定,凭证标本(No. AG 20130920)存放于中国热带农业科学院热带生物技术研究所。

人胃癌细胞 SGC-7901 和慢性髓原白血病细胞 K562 均购于中国科学院上海细胞库。

### 1.2 仪器和试剂

NMR 采用 Bruker AV-500 型超导核磁仪(TMS 内标, 瑞士 Bruker 公司); MS 采用 Autospec-3000 质谱仪; 薄层色谱硅胶板, 柱色谱硅胶(200~300 目, 60~80 目)均为青岛海洋化工厂产品; Sephadex LH-20 填料柱为 Merck 公司产品; 反相材料 RP-18 为 Merck 公司产品; GALAXY 型 CO<sub>2</sub> 培养箱为英国 RSBiotech 公司产品; UNIVERSL32R 型台式高速冷冻离心机为德国 HETTICH 公司产品; ELX-800 型酶标仪为美国宝特公司产品; 小牛血清为 HyClone 公司产品; 四甲基偶氮唑盐(MTT)为 Sigma 公司产品; 平衡盐溶液 PBS 为北京欣经科公司产品; 紫杉醇为江苏红豆杉药业有限公司产品。

### 1.3 提取和分离

大叶山楝根(8.5 kg)自然晾干后加工成粉末,用95%乙醇回流提取3次,每次3 h。提取液减压浓缩,得到浸膏305.6 g,将其分散于水中成悬浊液,依次用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇各萃取3次,得石油醚萃取物、乙酸乙酯萃取物、正丁醇萃取物、水溶液4部分,减压回收各部分得到石油醚萃取物(12.6 g)、乙酸乙酯萃取物(104.0 g)、正丁醇萃取物(10.4 g)。

乙酸乙酯萃取物(104.0 g)经减压硅胶柱色谱,以氯仿-甲醇(1:0~0:1)梯度洗脱得到10个部分(Fr.1~Fr.10)。Fr.2 (2.8 g)经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱(以氯仿-甲醇 1:1 为洗脱系统)和反复硅胶柱色谱(以石油醚-乙酸乙酯,石油醚-丙酮为洗脱系统)分离得到化合物 1 (5.3 mg)、5 (5.3 mg)和 8 (30.0 mg)。Fr.4 (5.1 g)经 MCI 柱色谱、反相 RP-18

柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱(以氯仿-甲醇 1:1, 甲醇为洗脱系统)和反复硅胶柱色谱(以石油醚-乙酸乙酯,石油醚-丙酮,石油醚-氯仿为洗脱系统)分离得到化合物 3 (20.0 mg)、4 (8.0 mg)、6 (7.4 mg)、7 (9.1 mg)和 9 (3.8 mg)。Fr.4 (5.1 g)经反相 RP-18 柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱(以甲醇为洗脱系统)和反复硅胶柱色谱(以石油醚-乙酸乙酯,氯仿-甲醇为洗脱系统)分离得到化合物 2 (7.2 mg)。

### 1.4 体外肿瘤细胞生长抑制实验(MTT法)

以 K562 和 SGC-7901 细胞为指示瘤株,采用 MTT 法<sup>[12-13]</sup>测定化合物细胞毒体外活性。收集对数生长期细胞,并将其制成单细胞悬浮液,于 96 孔板上按 50000 个 mL<sup>-1</sup> 接种每孔 90 μL, SGC-7901 培养 24 h 后加入用 DMSO 配制成一定浓度的样品溶液 10 μL [浓度为 1 mg (100 μL)<sup>-1</sup>], K562 直接加样品 10 μL;接着连续培养 72 h 后取出在显微镜下观察每孔的细胞形态。粗筛和复筛时加入的细胞悬液用量不同,粗筛为每孔加入 2.0 μL,复筛为每孔加入 10 μL。然后再加入 15 μL 用 0.01 mol L<sup>-1</sup> PBS 配制的浓度为 5 mg mL<sup>-1</sup> 的 MTT 溶液(pH=7.4), 37℃ 培养 4 h 后,弃去上清液,每孔再加入 100 μL DMSO,轻轻敲打使化合物充分溶解。在波长为 490 nm 下,用酶标仪测量各孔的吸光度(A),按公式计算抑制率和 IC<sub>50</sub> 值。

$$\text{生长抑制率(\%)} = \left(1 - \frac{\text{用药组平均 A 值}}{\text{阴性对照组平均 A 值}}\right) \times 100\%$$

以样品浓度为横坐标,抑制率为纵坐标,利用 origin 软件拟合出抑制率的曲线图。样品活性结果以 IC<sub>50</sub> (半数抑制浓度)表示,当抑制率为 50% 时的样品浓度也就是细胞毒活性的 IC<sub>50</sub> 值。

### 1.5 结构鉴定

**7-Hydroxycadalene (1)** 白色粉末, ESI-MS *m/z*: 213 [M - H]<sup>-</sup>, <sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>, 500 MHz): δ 1.37 (6H, d, *J* = 6.8 Hz, CH<sub>3</sub>-12, 13), 2.47 (3H, s, CH<sub>3</sub>-15), 2.56 (3H, s, CH<sub>3</sub>-14), 3.67 (1H, m, H-11), 5.00 (1H, s, OH-7), 7.15 (1H, d, *J* = 7.3 Hz, H-3), 7.20 (1H, d, *J* = 7.3 Hz, H-2), 7.26 (1H, s, H-8), 7.90 (1H, s, H-5); <sup>13</sup>C NMR (CDCl<sub>3</sub>, 125 MHz): δ 17.0 (C-15), 19.7 (C-14), 23.8 (C-12, 13), 28.6 (C-11), 107.0 (C-8), 119.3 (C-3), 125.2 (C-6), 125.7 (C-2), 126.3 (C-5),

127.0 (C-10), 130.2 (C-9), 133.2 (C-1), 142.3 (C-4), 152.2 (C-7)。上述  $^1\text{H}$  NMR 数据与文献[14]报道基本一致, 鉴定为 7-hydroxycadalene。

**Dregeana-1 (2)** 白色油状, ESI-MS  $m/z$ : 651  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ ;  $^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 500 MHz):  $\delta$  0.82 (3H, t,  $J = 6.6$  Hz,  $\text{CH}_3$ -5'), 0.89 (3H, s,  $\text{CH}_3$ -18), 0.91 (3H, d,  $J = 6.6$  Hz, 3'-Me), 0.99 (1H, m, H-4'a), 1.16 (1H, m, H-4'b), 1.07 (3H, s,  $\text{CH}_3$ -19), 1.54 (1H, m, H-3'), 2.05 (3H, s,  $\text{CH}_3$ -28), 2.27 (1H, d,  $J = 12.4$  Hz, H-6a), 2.60 (1H, m, H-6b), 2.40 (1H, m, H-16a), 2.80 (1H, d,  $J = 5.3$  Hz, H-9), 2.90 (1H, m, H-16b), 2.95 (1H, m, H-5), 3.03 (1H, dd,  $J = 9.0, 14.3$  Hz, H-2a), 3.24 (1H, dd,  $J = 9.0, 14.3$  Hz, H-2b), 3.35 (1H, d,  $J = 3.0$  Hz, H-2'), 3.85 (1H, t,  $J = 9.0$  Hz, H-1), 3.90 (1H, t,  $J = 9.6$  Hz, H-17), 4.15 (1H, d,  $J = 11.8$  Hz, H-29a), 4.23 (1H, d,  $J = 11.8$  Hz, H-29b), 5.40 (1H, dd,  $J = 5.3, 10.8$  Hz, H-11), 5.54 (2H, s,  $\text{CH}_2$ -30), 6.15 (1H, d,  $J = 10.8$  Hz, H-12), 6.24 (1H, s, H-22), 7.25 (1H, s, H-21), 7.42 (1H, s, H-23), 8.14 (1H, s, COOH);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz):  $\delta$  11.6 (C-5'), 12.5 (C-18), 15.3 (3'-Me), 22.4 (C-19), 23.2 (C-4'), 29.3 (C-28), 32.9 (C-6), 37.0 (C-17), 38.2 (C-3'), 38.5 (C-2), 40.9 (C-11), 41.2 (C-16), 49.3 (C-13), 50.1 (C-10), 55.4 (C-9), 72.2 (C-11), 73.7 (C-2), 74.4 (C-29), 74.5 (C-12), 75.2 (C-2'), 78.7 (C-4), 87.4 (C-14), 110.4 (C-22), 119.5 (C-30), 121.9 (C-20), 134.3 (C-8), 140.8 (C-21), 143.5 (C-23), 160.5 (COOH), 167.7 (C-3), 172.5 (C-7), 175.0 (C-1'), 205.2 (C-15)。上述波谱数据与文献[15]报道基本一致, 鉴定为 dregeana-1。

**4-Oxopinoresinol (3)** 白色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 395  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ ;  $^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 500 MHz):  $\delta$  3.27 (1H, m, H-1), 3.49 (1H, dd,  $J = 3.8, 9.2$  Hz, H-5), 3.93 (6H, s,  $\text{OCH}_3$ -3', 3''), 4.07 (1H, dd,  $J = 4.6, 9.4$  Hz, H-8a), 4.36 (1H, dd,  $J = 6.8, 9.4$  Hz, H-8b), 5.36 (1H, d,  $J = 3.8$  Hz, H-6), 5.38 (1H, d,  $J = 3.8$  Hz, H-2), 6.87~6.95 (6H, m, Ar-H);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz):  $\delta$  50.1 (C-1), 53.4 (C-5), 56.2 ( $\text{OCH}_3$ -3', 3''), 72.8 (C-8), 83.5 (C-2), 84.8 (C-6), 107.9 (C-2'), 108.2 (C-2''), 114.6 (C-5'), 114.8 (C-5''), 118.1 (C-6'), 118.5 (C-6''), 131.2 (C-1'), 132.4 (C-1''), 145.4 (C-4'), 146.2 (C-4''), 146.9 (C-3'), 147.1 (C-3''), 177.1 (C-4)。上述波谱数据与文献[16]报道基本一致, 鉴定为 4-oxopinoresinol。

**4-Ketopinoresinol (4)** 白色粉末, ESI-MS  $m/z$ : 395  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ ;  $^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 500 MHz):  $\delta$  3.54 (1H, m, H-1, H-5), 3.54 (1H, m, H-8a), 3.87 (1H, m, H-8b), 3.92 (3H, s,  $\text{OCH}_3$ -3'), 3.94 (3H, s,  $\text{OCH}_3$ -3''), 5.36 (1H, d,  $J = 3.9$  Hz, H-6), 5.76 (1H, d,  $J = 4.8$  Hz, H-2), 6.89~6.96 (6H, m, Ar-H);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz):  $\delta$  45.4 (C-1), 54.8 (C-5), 56.0 ( $\text{OCH}_3$ -3'), 56.1 ( $\text{OCH}_3$ -3''), 68.7 (C-8), 80.4 (C-2), 83.7 (C-6), 107.5 (C-2'), 108.2 (C-2''), 114.7 (C-5'), 114.7 (C-5''), 117.8 (C-6'), 118.1 (C-6''), 127.9 (C-1'), 132.4 (C-1''), 145.5 (C-3'), 146.7 (C-3''), 146.8 (C-4'), 146.8 (C-4''), 177.2 (C-4)。上述波谱数据与文献[17]报道基本一致, 鉴定为 4-ketopinoresinol。

**6-Deoxyjacareubin (5)** 黄色针状结晶, ESI-MS  $m/z$ : 309  $[\text{M} - \text{H}]^-$ ;  $^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 500 MHz):  $\delta$  1.49 (6H, s,  $\text{CH}_3$ -4', 5'), 5.62 (1H, d,  $J = 10.1$  Hz, H-1'), 6.37 (1H, s, H-4), 6.73 (1H, d,  $J = 10.1$  Hz, H-2'), 7.24 (1H, t,  $J = 7.9$  Hz, H-7), 7.31 (1H, d,  $J = 7.9$  Hz, H-6), 7.76 (1H, d,  $J = 7.9$  Hz, H-8);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz):  $\delta$  28.6 (C-4', 5'), 78.6 (C-3'), 95.1 (C-4), 103.6 (C-9a), 105.2 (C-2), 115.4 (C-2'), 117.0 (C-8), 120.3 (C-6), 121.2 (C-8a), 124.3 (C-7), 127.9 (C-1'), 144.3 (C-5), 144.4 (C-10a), 156.4 (C-4a), 158.1 (C-3), 161.0 (C-1), 180.9 (C-9)。上述波谱数据与文献[18]报道基本一致, 鉴定为 6-deoxyjacareubin。

**Schleicheol 1 (6)** 浅黄色油状, ESI-MS  $m/z$ : 445  $[\text{M} + \text{H}]^+$ ;  $^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 500 MHz):  $\delta$  0.70 (3H, s,  $\text{CH}_3$ -18), 0.94 (3H, d,  $J = 6.3$  Hz,  $\text{CH}_3$ -21), 1.05 (3H, s,  $\text{CH}_3$ -19), 3.29 (3H, s,  $\text{OCH}_3$ -7), 3.38 (1H, m, H-7), 3.59 (1H, m, H-3), 5.45 (1H, s, H-6);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz):  $\delta$  12.0 (C-18), 12.1 (C-29), 18.9 (C-21), 19.0 (C-19), 19.2 (C-26), 20.0 (C-27), 21.4 (C-11), 23.2 (C-28), 25.8 (C-15), 26.1 (C-23), 28.6 (C-16), 29.3 (C-25), 31.7 (C-2), 34.1 (C-22), 36.2 (C-20), 36.6 (C-10), 37.1 (C-1), 37.3 (C-8), 39.8 (C-12), 42.1 (C-4), 43.0 (C-13), 46.0 (C-24), 48.6 (C-9), 55.0 ( $\text{OCH}_3$ -7), 55.6 (C-17), 56.6 (C-14), 71.6 (C-3), 82.0 (C-7), 121.6 (C-6), 144.1 (C-5)。上述波谱数据与文献[19]报道基本一致, 鉴定为 schleicheol 1。

**豆甾醇 (7)** 浅黄色油状, ESI-MS  $m/z$ : 413  $[\text{M} + \text{H}]^+$ ;  $^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 500 MHz):  $\delta$  3.54 (1H, m, H-3), 5.03 (1H, dd,  $J = 15.1, 8.7$  Hz, H-23), 5.17 (1H,

dd,  $J = 15.1, 8.7$  Hz, H-22), 5.37 (1H, d,  $J = 5.0$  Hz, H-6);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz):  $\delta$  12.0 (C-18), 12.4 (C-29), 19.2 (C-19), 19.5 (C-21), 20.0 (C-26), 21.2 (C-11), 23.2 (C-27), 24.4 (C-15), 25.6 (C-28), 29.0 (C-16), 29.1 (C-2), 31.8 (C-7), 32.0 (C-8), 33.8 (C-25), 36.6 (C-10), 37.4 (C-1), 39.8 (C-12), 40.6 (C-20), 42.3 (C-4), 42.4 (C-13), 50.2 (C-9), 51.4 (C-24), 56.1 (C-17), 56.9 (C-14), 71.9 (C-3), 121.9 (C-6), 129.4 (C-23), 138.5 (C-22), 140.9 (C-5)。上述波谱

数据与文献[20]报道基本一致, 鉴定为豆甾醇。

**$\beta$ -谷甾醇 (8)** 白色粉末; Libenann-Burchard 反应呈阳性。与  $\beta$ -谷甾醇对照品共薄层层析, 在 3 种溶剂展开系统下 Rf 值相同, 故确定化合物 **8** 为  $\beta$ -谷甾醇<sup>[21-22]</sup>。

**胡萝卜苷 (9)** 白色粉末; Libenann-Burchard 反应呈阳性。与胡萝卜苷对照品共薄层层析, 在 3 种溶剂展开系统下 Rf 值相同, 故确定化合物 **9** 为胡萝卜苷<sup>[21]</sup>。

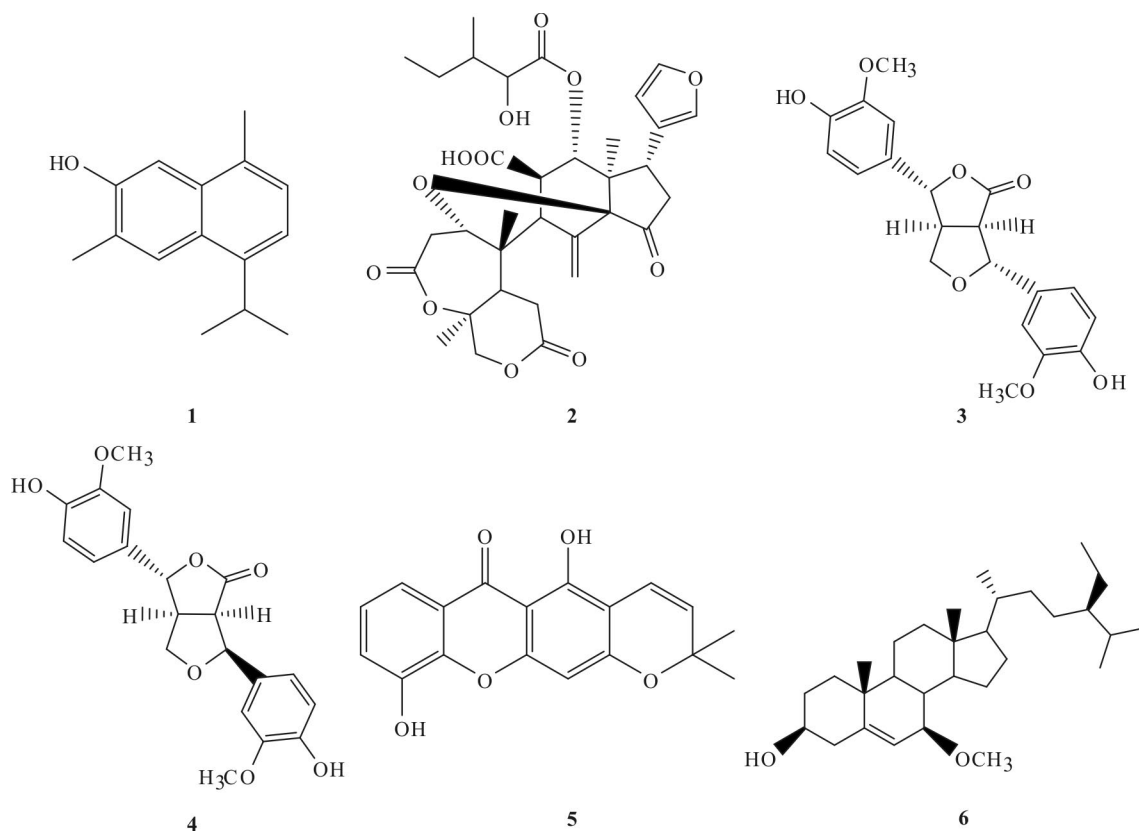


图 1 化合物 1~6 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1-6

## 2 结果和讨论

本研究从大叶山楝根中分离鉴定了 9 个化合物, 分别是 7-hydroxycadalene (**1**)、dregeana-1 (**2**)、4-oxopinoresinol (**3**)、4-ketopinoresinol (**4**)、6-deoxyjacareubin (**5**)、schleicheol 1 (**6**)、豆甾醇 (**7**)、 $\beta$ -谷甾醇 (**8**) 和胡萝卜苷 (**9**), 包括倍半萜、三萜、木脂素和甾体等化学成分, 其中化合物 **1~6** 为首次从山楝属植物中分离得到。采用 MTT 法测定了化合物 **1~6** 的体外抗肿瘤活性, 结果表明化合物 **1** 和 **5** 对

慢性髓原白血病细胞 K562 有生长抑制活性,  $\text{IC}_{50}$  值分别为 10.6 和 12.7  $\text{mg mL}^{-1}$ 。化合物 **1**、**5** 和 **6** 对人胃癌细胞 SGC-7901 均有生长抑制活性,  $\text{IC}_{50}$  值分别为 26.7、9.3 和 28.0  $\text{mg mL}^{-1}$ 。本研究结果丰富了大叶山楝的化学成分和生物活性成分, 为大叶山楝的开发和利用提供了科学依据。

## 参考文献

- [1] Flora of China Editorial Committee of Chinese Academy of Sciences. Flora Republicae Popularis Sinica, Tomus 43(3) [M]. Beijing:



- Science Press, 1997: 34–68.
- 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志, 第43卷第3分册 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 34–68.
- [2] Zhang Y, Wang J S, Luo J, et al. Novel nortriterpenoids from *Aphanamixis grandifolia* [J]. Chem Pharm Bull, 2011, 59(2): 282–286.
- [3] Liu Q, Chen C J, Shi X, et al. Chemical constituents from *Aphanamixis grandifolia* [J]. Chem Pharm Bull, 2010, 58(11): 1431–1435.
- [4] Zhang Y, Wang J S, Wei D D, et al. Cytotoxic tirucallane C<sub>26</sub> triterpenoids from the stem barks of *Aphanamixis grandifolia* [J]. Phytochemistry, 2010, 71(17/18): 2199–2204.
- [5] Wang J S, Zhang Y, Luo J, et al. Complete <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR data assignment of protolimonoids from the stem barks of *Aphanamixis grandifolia* [J]. Magn Reson Chem, 2011, 49(7): 450–457.
- [6] Wang J S, Zhang Y, Wei D D, et al. Novel tirucallane-type triterpenoids from *Aphanamixis grandifolia* [J]. Chem Biodiv, 2011, 8(11): 2025–2034.
- [7] Wang J S, Zhang Y, Wang X B, et al. A pair of tirucallane C<sub>27</sub>-triterpenoid cyclopentenone epimers from the stem barks of *Aphanamixis grandifolia* [J]. Tetrah Lett, 2012, 53(14): 1705–1709.
- [8] Astulla A, Hirasawa Y, Rahman A, et al. Melidianolic acid A and B, new antimalarial acyclic diterpenes from *Aphanamixis grandifolia* [J]. Nat Prod Commun, 2011, 6(3): 323–326.
- [9] Wang X Y, Tang G H, Yuan C M, et al. Studies on chemical constituents of the leaves and twigs of *Aphanamixis grandifolia* [J]. J Yunnan Univ Trad Chin Med, 2012, 35(4): 34–36.
- 王小英, 苑春茂, 唐贵华, 等. 大叶山楝的化学成分研究 [J]. 云南中医学院学报, 2012, 35(4): 34–36.
- [10] Wang X Y, Tang G H, Yuan C M, et al. Two new tirucallane triterpenoids from *Aphanamixis grandifolia* [J]. Nat Prod Bioprospect, 2012, 2(5): 222–226.
- [11] Wang X Y, Tang G H, Yuan C M, et al. Aphagrandinoids A–D, cycloartane triterpenoids with antibacterial activities from *Aphanamixis grandifolia* [J]. Fitoterapia, 2013, 85(1): 64–68.
- [12] Cai C H. Study on bioactive components from the twigs of *Ancistrocladus tectorius* [D]. Hainan: Hainan University, 2013: 29.
- 蔡彩虹. 钩枝藤枝条的生物活性成分研究 [D]. 海南: 海南大学, 2013: 1–29.
- [13] Dong W H, Mei W L, Zeng Y B, et al. Cardenolides from the seeds of *Antiaris toxicaria* and their cytotoxicity [J]. J Trop Subtrop Bot, 2011, 19(2): 171–176.
- 董文化, 梅文莉, 曾艳波, 等. 见血封喉种子强心苷类化合物及其细胞毒活性 [J]. 热带亚热带植物学报, 2011, 19(2): 171–176.
- [14] Sankaram A V B, Reddy N S, Shoolery J N. New sesquiterpenoids of *Bombax malabaricum* [J]. Phytochemistry, 1981, 20(8): 1877–1881.
- [15] Zhang H P, Chen F, Wang X, et al. Complete assignments of <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR data for rings A, B-seco limonoids from the seed of *Aphanamixis polystachya* [J]. Magn Reson Chem, 2007, 45(2): 189–192.
- [16] Hu Z X, Xue Y B, Yao G M, et al. Chemical constituents from the leaves of *Premna microphylla* Turcz [J]. J Chin Pharm Sci, 2013, 22(5): 431–434.
- [17] Katakawa J, Tetsumi T, Kamei S, et al. Phenolic compounds of fruit of *Coix lacryma-jobi* L. [J]. Nat Med, 2000, 54(5): 257–260.
- [18] Li Y Z, Li Z L, Hua H M, et al. Studies on flavonoids from stems and leaves of *Calophyllum inophyllum* [J]. Chin J Chin Mat Med, 2007, 32(8): 692–694.
- 李艳芝, 李占林, 华会明, 等. 红厚壳中黄酮类化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2007, 32(8): 692–694.
- [19] Pettit G R, Numata A, Cragg G M, et al. Isolation and structures of schleicherastatins 1–7 and schleicheols 1 and 2 from the teak forest medicinal tree *Schleichera oleosa* [J]. J Nat Prod, 2000, 63(1): 72–78.
- [20] Wu X, Xia H L, Huang L H, et al. Study on the chemical constituents of *Rhizoma cyperi* [J]. Chin Med Mat, 2008, 31(7): 990–992.
- 吴希, 夏厚林, 黄立华, 等. 香附化学成分研究 [J]. 中药材, 2008, 31(7): 990–992.
- [21] Yu L, Mei W L, Zuo W J, et al. Antimicrobial constituents from the twigs of *Trigonostemon xyphophylloides* [J]. Lishizhen Med Mat Med Res, 2013, 24(3): 591–593.
- 余丽, 梅文莉, 左文健, 等. 剑叶三宝木枝条中的抗菌活性成分研究 [J]. 时珍国医国药, 2013, 24(3): 591–593.
- [22] Cai C H, Mei W L, Zuo W J, et al. Antibacterial components from the branches of *Ancistrocladus tectorius* (Lour.) Merr. [J]. J Trop Subtrop Bot, 2013, 21(2): 184–188.
- 蔡彩虹, 梅文莉, 左文健, 等. 钩枝藤枝条中抗菌活性成分研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2013, 21(2): 184–188.