

## • 化学成分 •

## 黔产黄苞大戟中 1 个新的 megastigmane 糖苷

杜彩霞<sup>1,2,3</sup>, 易平<sup>1,2</sup>, 陈俊磊<sup>1,2</sup>, 熊燕<sup>1,2</sup>, 张嘉瑜<sup>1,2</sup>, 黄烈军<sup>1,2</sup>, 苑春茂<sup>1,2</sup>, 郝小江<sup>1,2\*</sup>, 顾玮<sup>1,2\*</sup>

1. 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵州 贵阳 550014

2. 贵州医科大学 省部共建药用植物功效与利用国家重点实验室, 贵州 贵阳 550014

3. 毕节医学高等专科学校, 贵州 毕节 551700

**摘要:** 目的 研究黔产黄苞大戟 *Euphorbia sikkimensis* 的化学成分。方法 采用正相硅胶、RP-C<sub>18</sub>、HPLC、Sephadex LH-20 等色谱技术对黄苞大戟化学成分进行分离纯化, 并运用 NMR、MS 等现代谱学技术进行化学结构鉴定。结果 从黄苞大戟 80% 乙醇提取物中分离鉴定出 5 个化合物, 分别鉴定为 (6*S*,9*S*)-布卢姆醇-6'-*O*-没食子酸酯 (1)、(6*R*,9*S*)-布卢姆醇-6'-*O*-没食子酸酯 (2)、*ent*-kaurane-3-oxo-16 $\beta$ -17-diol (3)、*ent*-16 $\alpha$ ,17-dihydroxy-atisan-3-one (4)、短叶苏木酚酸甲酯 (5)。结论 化合物 1 为新的 megastigmane 糖苷类化合物, 命名为黄苞大戟苷 A; 化合物 2~5 首次从黄苞大戟中分离得到。

**关键词:** 黄苞大戟; megastigmane 糖苷; 黄苞大戟苷 A; (6*R*,9*S*)-布卢姆醇-6'-*O*-没食子酸酯; 短叶苏木酚酸甲酯

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2021)08-2205-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.08.002

A new megastigmane glycoside from *Euphorbia sikkimensis* from Guizhou Province

DU Cai-xia<sup>1,2,3</sup>, YI Ping<sup>1,2</sup>, CHEN Jun-lei<sup>1,2</sup>, XIONG Yan<sup>1,2</sup>, ZHANG Jia-yu<sup>1,2</sup>, HUANG Lie-jun<sup>1,2</sup>, YUAN Chun-mao<sup>1,2</sup>, HAO Xiao-jiang<sup>1,2</sup>, GU Wei<sup>1,2</sup>

1. Key Laboratory of Chemistry of Natural Products of Guizhou Province and Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550014, China

2. State Key Laboratory of Functions and Applications of Medicinal Plants, Guizhou Medicinal University, Guiyang 550014, China

3. Bijie Medical College, Bijie 551700, China

**Abstract: Objective** To study the chemical constituents of *Euphorbia sikkimensis*. **Methods** The chemical constituents were isolated and purified by column chromatography, RP-C<sub>18</sub>, HPLC and Sephadex LH-20, and their chemical structures were elucidated on the basis of 1D-NMR, 2D-NMR, and MS data. **Results** Five compounds were isolated from *E. sikkimensis* and identified as (6*S*,9*S*)-blumenol-6'-*O*-gallate (1), (6*R*,9*S*)-blumenol-6'-*O*-gallate (2), *ent*-kaurane-3-oxo 16 $\beta$ -17-diol (3), *ent*-16 $\alpha$ , 17-dihydroxy-atisan-3-one (4) and methyl brevifolincarboxylate (5). **Conclusion** Compound 1 is a new megastigmane glycoside, named sikkimenside A, compounds 2—5 are isolated from *E. sikkimensis* for the first time.

**Key words:** *Euphorbia sikkimensis* Boiss.; megastigmane glycoside; sikkimenside A; (6*R*,9*S*)-blumenol-6'-*O*-gallate; methyl brevifolincarboxylate

黄苞大戟 *Euphorbia sikkimensis* Boiss. 是大戟科大戟属植物的多年生草本植物, 又名草茵如、水黄花、刮金板、粉背刮金板、中尼大戟。产于我国广西、贵州、四川、西藏、湖北、云南。生于海拔 600~

4500 m 的山坡、灌丛或疏林下。主要用于治疗小儿黄水疥、水肿、水臌<sup>[1]</sup>。黄苞大戟在贵州分布广泛, 多个少数民族均有记载其用法, 苗族将其煎水服用于治疗便秘; 布依族将其与蜂蜜、一支箭一起煎水

收稿日期: 2020-12-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (U1812403); 国家自然科学基金资助项目 (31860074); 贵州省科技计划项目 (黔科合支撑[2018]2799 号)

作者简介: 杜彩霞, 女, 硕士, 研究方向为天然药物化学。E-mail: 1370809176@qq.com

\*通信作者: 顾玮, 女, 博士, 副研究员, 研究方向为民族药物化学。E-mail: guwei2009@126.com

郝小江, 男, 博士, 研究员, 研究方向为化学生物学。E-mail: haoxj@mail.kib.ac.cn

服用用于治疗水臌病；仡佬族将其与灯心草、刺五加、菖蒲、茜草等一起配伍煎水服治疗水急病<sup>[2]</sup>。据报道，黄苞大戟中主要有萜类、黄酮类、多酚类等化学成分<sup>[3-6]</sup>，现代药理研究表明，黄苞大戟具有抗肿瘤、抗艾滋病毒的作用<sup>[3-4]</sup>。作为一种重要的苗药资源，目前国内外对于黄苞大戟的化学成分和功效的研究报道较少，因此对其化学成分和药理活性进行系统研究，可以更深入地阐明该植物的药效物质基础，为该植物的开发应用提供科学依据。本实验对黔产黄苞大戟全草进行了化学成分研究，共分离得到5个化合物，分别鉴定为(6*S*,9*S*)-布卢姆醇-6'-*O*-没食子酸酯 [(6*S*,9*S*)-blumenol-6'-*O*-gallate, **1**]、(6*R*,9*S*)-布卢姆醇-6'-*O*-没食子酸酯 [(6*R*,9*S*)-blumenol-6'-*O*-gallate, **2**]、*ent*-kaurane-3-oxo-16β-17-diol (**3**)、*ent*-16α,17-dihydroxy-atisan-3-one (**4**)、短叶苏木酚酸甲酯 (methyl brevifolincarboxylate, **5**)。化合物**1**为1个新的 megastigmane 糖苷类化合物，命名为黄苞大戟苷 A (sikkimenside A)，化合物**2**~**5**首次从黄苞大戟中分离得到。

## 1 仪器与材料

Bruker Avance NEO 600MHz 超导核磁共振仪 (德国 Bruker 公司)；HITACHI 高效液相色谱仪 Primaide (日本日立公司)；Agilent ZORBAX SB-C<sub>18</sub> 色谱柱 (半制备柱, 250 mm×9.4 mm, 5 μm, 美国安捷伦公司)；QE Focus 型串联四极杆飞行时间液质谱联用仪 (赛默飞世尔科技有限公司)；Chirascan 型圆二色谱仪 (英国应用光物理公司)；EYELA-1100 型旋转蒸发仪 (日本东京理化器械株式会社)；40~80 目和 200~300 目柱色谱硅胶 (青岛海洋化工厂)；反相填充材料 RP-C<sub>18</sub> (25~40 μm, 德国默克公司)；Sephadex LH-20 凝胶 (Pharmacia 公司)；甲醇、石油醚、二氯甲烷、醋酸乙酯等试剂购买于天津市富宇精细化工有限公司；色谱甲醇 (上海星可高纯溶剂有限公司)。

黄苞大戟样品 2017 年 5 月采自贵州省黔东南苗族侗族自治州，经贵州省中国科学院天然产物重点实验室顾玮副研究员鉴定为黄苞大戟 *E. sikkimensis* Boiss., 凭证标本 (HGK-2015-25) 存放于贵州省中国科学院天然产物重点实验室。

## 2 提取与分离

黄苞大戟 (19 kg) 粉碎后用 80% 乙醇回流提取 4 次，每次分别提取 4、3、3、2 h，滤过，合并提取液，减压浓缩后将浸膏 (2 kg) 分散于水中，依

次用石油醚、醋酸乙酯、正丁醇萃取。将各个部位萃取液浓缩，得到石油醚部位 (230 g)，醋酸乙酯萃取部位 (350 g)，正丁醇部位 (523 g)。醋酸乙酯部位首先通过正相硅胶柱色谱 (40~80 目)，二氯甲烷-甲醇 (100:0→0:100) 梯度洗脱，经薄层色谱 (TLC) 分析合并相似流分 Fr. 1~18。

Fr. 2 首先经过 RP-C<sub>18</sub> 柱色谱，水-甲醇 (60:0→0:100) 梯度洗脱，其次经过 Sephadex LH-20 凝胶 [二氯甲烷-甲醇 (1:1)] 发现有结晶洗出，最后将其结晶洗出后通过 HPLC 半制备色谱分离 [水-甲醇 (30:70)]，得到化合物 **3** ( $t_R=37.7$  min, 4.3 mg)，**4** ( $t_R=41.4$  min, 5.5 mg)。Fr. 3 经反复硅胶柱色谱 (200~300 目) 后经过 Sephadex LH-20 凝胶分离得到化合物 **5** (28.2 mg)。Fr. 5 首先经 RP-C<sub>18</sub> 分段，其次反复通过硅胶柱色谱 (200~300 目) 分离得到化合物 **1** 和 **2** 的混合物，最后经 HPLC 半制备色谱分离 [水-甲醇 (40:60)]，得到化合物 **1** (13.1 mg,  $t_R=36.5$  min) 和 **2** (23.5 mg,  $t_R=41.4$  min)。

## 3 结构鉴定

化合物 **1**: 淡黄色粉末,  $[\alpha]_D^{20}+80.0^\circ$  ( $c$  0.1, MeOH), HR-ESI-MS 给出准分子离子峰为  $m/z$ : 523.216 3  $[M-H]^-$  (计算值 523.217 9), 结合 <sup>1</sup>H-NMR 和 <sup>13</sup>C-NMR 谱推断其分子式为 C<sub>26</sub>H<sub>36</sub>O<sub>11</sub>, 不饱和度为 9。化合物的 IR 光谱中可以看到羟基 (3423 cm<sup>-1</sup>) 和双键 (1454、1405 cm<sup>-1</sup>) 的伸缩峰。通过 <sup>1</sup>H-NMR (表 1) 可以判断该化合物中有 4 个甲基信号 [ $\delta_H$  0.88 (3H, s), 0.91 (3H, s), 1.90 (3H, s) 和 1.17 (3H, d,  $J = 6.0$  Hz)], 2 个苯环氢信号 [ $\delta_H$  7.07 (2H, s)], 1 个双键氢信号 [ $\delta_H$  5.70 (1H, brs)], 1 组糖基氢信号。化合物的 <sup>13</sup>C-NMR (表 1) 以及 DEPT 谱显示有 26 个碳信号, 包括 8 个季碳、10 个次甲基、4 个亚甲基、4 个甲基。从 HMBC 谱中 (图 1) 可以看到 H-11 与 C-1、C-2、C-6、C-12 有相关, H-12 与 C-1、C-2、C-6、C-11 有相关, 说明 H-11 和 H-12 是 1 个偕二甲基。进一步观察可以看出 H-13 和 C-4、C-5、C-6 有 HMBC 相关 (图 1), 结合 <sup>13</sup>C-NMR 谱可以推测化合物含有 1 个 α,β 不饱和共轭基团。从 HMBC 谱中 (图 1) H-2 和 C-3 相关, H-13 和 C-6 相关可以判断上述推测的 2 个基团 (邻二甲基和 α,β 不饱和共轭基团) 通过 C-2 与 C-3, C-5 与 C-6 分别相连而闭环成 1 个六元环。<sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H COSY 谱中显示 H-6/H-7、H-7/H-8、H-8/H-9、H-9/H-10 有相关, 由此可以推测 C-6 含有 1 个正丁

表 1 化合物 1 和 2 的波谱数据  
Table 1 NMR data for compound 1 and 2 (600/150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)

碳位	1		2	
	$\delta_H$	$\delta_C$	$\delta_H$	$\delta_C$
1		37.2		37.1
2	1.85(1H, d, $J = 11.4$ Hz) 2.32(1H, d, $J = 11.4$ Hz)	48.2	1.85(1H, d, $J = 17.4$ Hz) 2.31(1H, d, $J = 17.4$ Hz)	48.1
3		202.7		202.7
4	5.70(1H, brs)	125.3	5.69(1H, brs)	125.2
5		170.4		170.3
6	1.82(1H, t, $J = 4.8$ Hz)	52.0	1.75(1H, t, $J = 4.9$ Hz)	52.0
7	1.67(1H, m) 1.54(1H, m)	26.9	1.33(1H, m) 1.87(1H, m)	26.6
8	1.58(2H, m)	37.5	1.53(2H, m)	37.5
9	3.41(1H, m)	78.0	3.40(1H, m)	78.0
10	1.17(3H, d, $J = 6.0$ Hz)	20.4	1.17(3H, d, $J = 6.0$ Hz)	20.5
11	0.88(3H, s)	28.9	0.87(3H, s)	28.9
12	0.91(3H, s)	27.2	0.93(3H, s)	27.3
13	1.90(3H, s)	25.0	1.88(3H, s)	24.8
1'	4.33(1H, d, $J = 7.6$ Hz)	102.7	4.34(1H, d, $J = 7.8$ Hz)	103.0
2'	3.18(1H, m)	75.1	3.18(1H, m)	75.1
3'	3.42(1H, m)	78.0	3.41(1H, m)	78.0
4'	3.40(1H, m)	71.9	3.40(1H, m)	72.0
5'	3.56(1H, m)	75.0	3.57(1H, m)	75.1
6'	4.40(1H, dd, $J = 12.0, 2.4$ Hz) 4.52(1H, dd, $J = 12.0, 6.6$ Hz)	64.8	4.40(1H, dd, $J = 12.0, 1.8$ Hz) 4.52(1H, dd, $J = 12.0, 6.0$ Hz)	64.8
1''		121.5		121.4
2''	7.07(1H, s)	110.2	7.07(1H, s)	110.2
3''		146.6		146.5
4''		140.1		139.9
5''		146.6		146.5
6''	7.07(1H, s)	110.2	7.07(1H, s)	110.2
7''		168.3		168.3

基,进一步可以通过HMBC确证(图1)。从<sup>13</sup>C-NMR谱中可以看到6个己糖碳信号,结合<sup>1</sup>H-NMR,<sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H COSY谱可推测为吡喃葡萄糖,通过HMBC谱(图1)中H-1'和C-9相关,可确定葡萄糖连在C-9位。此外,通过HMBC谱中H-2''和C-1''、C-3''、C-4''、C-6''、C-7''相关(图1),并结合<sup>1</sup>H-NMR、HR-ESI-MS可推测结构中不存在3'',4'',5''-三羟基苯甲酰基。进一步通过H-6'和C-7''存在HMBC相关可以推测C-7''连接在葡萄糖6'位(图1)。基于以上信息,并与文献中数据比对<sup>[7]</sup>,可以确定该化合物平面结构与(6*R*,9*S*)-布卢姆醇-6'-*O*-没食子酸酯相同,其NMR数据见表

1, 关键<sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H COSY和HMBC相关见图1。

化合物 2: 淡黄色粉末, TLC 检测, 喷雾 10% 硫酸乙醇试液显褐色。[ $\alpha$ ]<sub>D</sub><sup>20</sup> -80.0° (c 0.1, MeOH), HR-ESI-MS  $m/z$ : 523.216 3 [M-H]<sup>-</sup> (C<sub>26</sub>H<sub>35</sub>O<sub>11</sub>, 计算值 523.217 9), 推测分子式为 C<sub>26</sub>H<sub>36</sub>O<sub>11</sub>, <sup>1</sup>H-NMR 和 <sup>13</sup>C-NMR 数据见表 1, 通过与文献数据比对可以鉴定化合物 2 为(6*R*,9*S*)-布卢姆醇-6'-*O*-没食子酸酯<sup>[7]</sup>。化合物 1 和 2 的 <sup>13</sup>C-NMR 数值基本一致, 但是从 <sup>1</sup>H-NMR 图谱可以看出化合物 1 中 H-6 的化学位移 [ $\delta_H$  1.82 (t,  $J = 4.8$  Hz)] 相比化合物 2 中 H-6 的化学位移 [ $\delta_H$  1.75 (t,  $J = 4.9$  Hz)] 向高场移动; 化合物 1

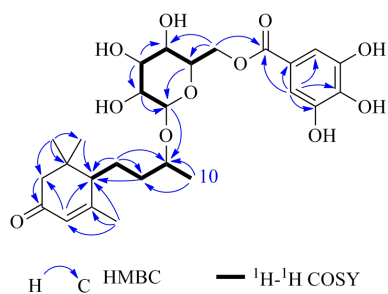


图1 化合物1的关键HMBC和<sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H COSY相关  
Fig. 1 Key <sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H COSY and HMBC correlations of compound 1

中 H-7 化学位移 [ $\delta_{\text{H}}$  1.54 (1H, m), 1.67 (1H, m)] 与化合物 2 [ $\delta_{\text{H}}$  1.33 (1H, m), 1.87 (1H, m)] 也有显著差异, 结合二者的比旋光度数值差别。可初步判断化合物 1 和 2 可能为 1 对差向异构体。

通过化合物 1 和 2 的 ROSEY 谱 (图 2) 可以看出, 化合物 1 中, H-6 和 H-8、H-12 相关; 化合物 2 中, H-6 和 H-11、H-12 相关, H-7 和 H-12 相

关, H-8 和 H-10 相关, H-和 H-13 相关。但 H-6 所处的位置特殊, 邻位是 2 个甲基 (C-11、C-12)、1 个季碳 (C-1)、1 个 CH<sub>2</sub> (C-7), 所以仍不能确定其绝对构型。进一步通过化合物 1 和 2 的 ECD 计算证明二者计算值分别与实验值的吻合度良好 (图 3), 从而最终确定化合物 1 和 2 的绝对构型。故最终鉴定化合物 1 为 (6*S*,9*S*)-布卢姆醇-6'-*O*-没食子酸酯, 命名为黄苞大戟苷 A (sikkimenside A)。化合物 2 为 (6*R*,9*S*)-布卢姆醇-6'-*O*-没食子酸酯。结构见图 4。

化合物 3: 白色粉末, TLC 检测, 喷雾 10% 硫酸乙醇试液显紫红色, ESI-MS  $m/z$ : 343.4 [ $\text{M}+\text{Na}$ ]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>32</sub>O<sub>3</sub>。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 3.51 (1H, d,  $J = 10.8$  Hz, H-17 $\alpha$ ), 3.42 (1H, d,  $J = 10.8$  Hz, H-17 $\beta$ ), 2.51 (1H, dd,  $J = 8.4, 6.6$  Hz, H-2), 2.13 (1H, m, H-1 $\alpha$ ), 2.07 (1H, m, H-13 $\alpha$ ), 1.98 (1H, m, H-14 $\alpha$ ), 1.42~1.64 (8H, m, H-6, 7, 11, 12), 1.24 (1H, d,  $J = 9.0$  Hz, H-9 $\beta$ ), 1.10 (3H, s, H-20), 1.09 (3H, s,

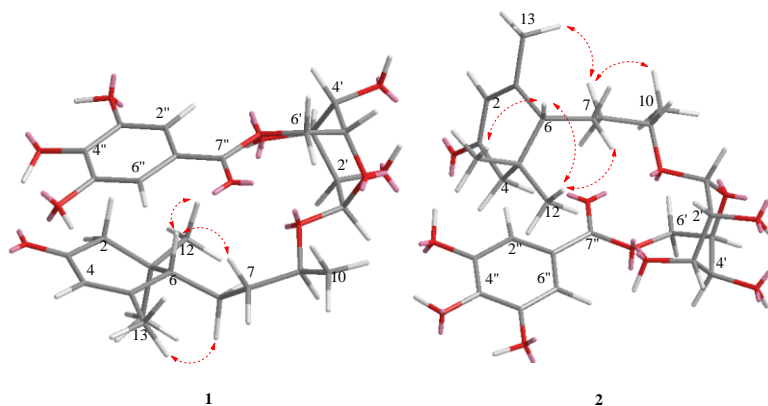


图2 化合物 1 和 2 的选择性<sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H ROESY 相关  
Fig. 2 Selected <sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H ROESY correlations of compounds 1 and 2

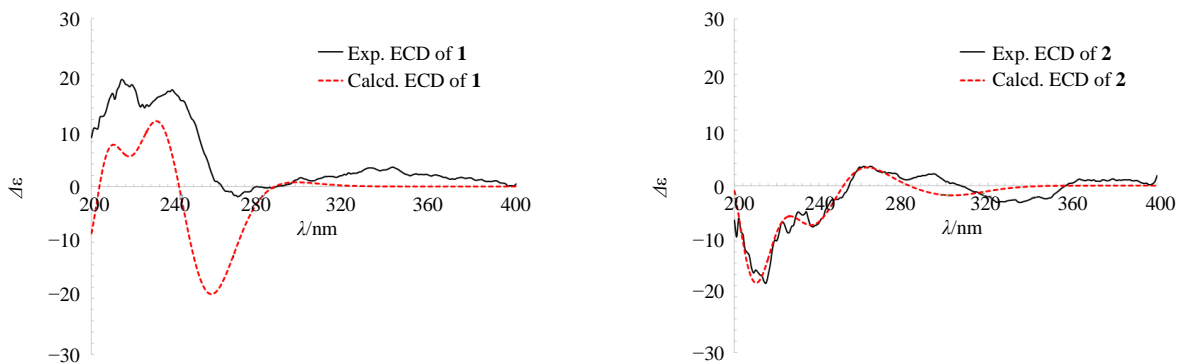


图3 化合物 1 和 2 的 ECD 谱  
Fig. 3 ECD spectra of compounds 1 and 2

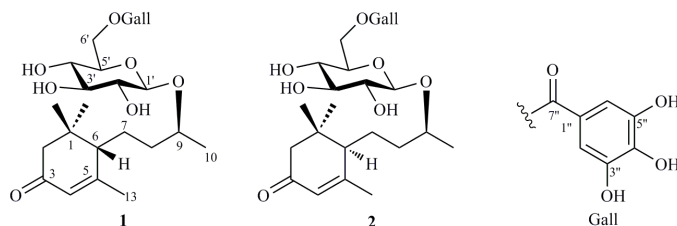


图4 化合物1和2的结构

Fig. 4 Structures of compounds 1 and 2

H-18), 1.04 (3H, s, H-19);  $^{13}\text{C-NMR}$  (150 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 37.8 (C-1), 34.1 (C-2), 218.3 (C-3), 47.14 (C-4), 55.6 (C-5), 21.2 (C-6), 39.3 (C-7), 43.3 (C-8), 54.3 (C-9), 38.5 (C-10), 19.3 (C-11), 26.6 (C-12), 40.6 (C-13), 40.8 (C-14), 52.2 (C-15), 79.7 (C-16), 69.8 (C-17), 27.3 (C-18), 21.0 (C-19), 17.6 (C-20)。以上数据同文献对比一致<sup>[8]</sup>, 故鉴定化合物 3 为 *ent*-kaurane-3-oxo-16 $\beta$ -17-diol。

化合物 4: 白色粉末, TLC 检测, 喷雾 10% 硫酸乙醇试液显紫红色, ESI-MS  $m/z$ : 343.4  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ , 分子式为  $\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_3$ 。 $^1\text{H-NMR}$  (600 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 3.60 (1H, d,  $J = 10.8$  Hz, H-17 $\alpha$ ), 3.47 (1H, d,  $J = 10.8$  Hz, H-17 $\beta$ ), 2.60 (1H, m, H-2), 2.33 (1H, m, H-2), 2.03 (1H, m, H-11 $\alpha$ ), 1.87 (1H, m, H-14'), 1.85 (1H, m, H-1 $\beta$ ), 1.82 (1H, m, H-12), 1.63 (1H, m, H-13'), 1.49 (1H, m, H-13), 1.47 (1H, m, H-6 $\alpha$ ), 1.46 (1H, m, H-6 $\beta$ ), 1.42 (1H, m, H-7 $\beta$ ), 1.37 (1H, m, H-1 $\alpha$ ), 1.31 (1H, m, H-9), 1.29 (1H, m, H-5), 1.24 (1H, m, H-11 $\beta$ ), 1.23 (1H, m, H-15'), 1.13 (3H, s, H-20), 1.10 (3H, s, H-18), 1.06 (3H, s, H-19), 0.82 (1H, m, H-14);  $^{13}\text{C-NMR}$  (150 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta$ : 38.0 (C-1), 34.1 (C-2), 217.6 (C-3), 47.6 (C-4), 55.7 (C-5), 19.6 (C-6), 38.7 (C-7), 32.9 (C-8), 50.9 (C-9), 37.2 (C-10), 23.0 (C-11), 32.1 (C-12), 23.2 (C-13), 27.2 (C-14), 52.5 (C-15), 74.1 (C-16), 69.0 (C-17), 26.2 (C-18), 21.6 (C-19), 13.5 (C-20)。以上数据与文献对比基本一致<sup>[9]</sup>, 故鉴定化合物 4 为 *ent*-16 $\alpha$ ,17-dihydroxy-atisan-3-one。

化合物 5: 淡黄色粉末, TLC 检测, 喷雾 10% 硫酸乙醇试液显黑色, ESI-MS  $m/z$ : 329.2  $[\text{M} + \text{Na}]^+$ , 分子式为  $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_8$ 。 $^1\text{H-NMR}$  (600 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ )  $\delta$ : 7.29 (1H, s, H-7), 4.42 (1H, dd,  $J = 2.0$ ,

7.7 Hz, H-9), 3.63 (3H, s,  $\text{OCH}_3$ ), 2.98 (1H, dd,  $J = 7.7, 18.7$  Hz, H-10a), 2.47 (1H, dd,  $J = 2.0, 18.7$  Hz, H-10b);  $^{13}\text{C-NMR}$  (150 MHz,  $\text{DMSO-}d_6$ )  $\delta$ : 145.9 (C-2), 138.5 (C-3), 112.9 (C-3a), 143.7 (C-4), 140.6 (C-5), 149.7 (C-6), 108.1 (C-7), 115.1 (C-7a), 160.2 (C-8), 40.6 (C-9), 37.0 (C-10), 52.1 ( $\text{OCH}_3$ )。以上数据经文献对比一致<sup>[10]</sup>, 故鉴定化合物 5 为短叶苏木酚酸甲酯。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

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 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 76-79.
- [2] 孙庆文, 罗迎春. 贵州民族常用天然药物 (第一卷) [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2013: 166-167.
- [3] Yang D S, Zhang Y L, Peng W B, *et al.* Jatrophanolane-type diterpenes from *Euphorbia sikkimensis* [J]. *J Nat Prod*, 2013, 76(2): 265-269.
- [4] Jiang C, Luo P, Zhao Y, *et al.* Carolignans from the aerial parts of *Euphorbia sikkimensis* and their anti-HIV activity [J]. *J Nat Prod*, 2016, 79(3): 578-583.
- [5] 江程, 顾琼, 徐峻. 黄苞大戟的化学成分研究 [J]. 中草药, 2019, 50(7): 1546-1550.
- [6] 杨大松, 魏建国, 杨永平, 等. 黄苞大戟化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2013, 38(23): 4094-4098.
- [7] Nomoto Y, Sugimoto S, Matsunami K, *et al.* Hirtionosides A-C, gallates of megastigmane glucosides, 3-hydroxyoctanoic acid glucosides and a phenylpropanoid glucoside from the whole plants of *Euphorbia hirta* [J]. *J Nat Med*, 2013, 67(2): 350-358.
- [8] 秦友沐, 吴艳萍, 欧杜哈, 等. 泽漆化学成分研究 [J]. 中草药, 2018, 49(7): 1520-1524.
- [9] 王环, 张晓峰, 马云保, 等. 大果大戟的二萜成分 [J]. 中草药, 2004, 35(6): 611-614.
- [10] 田瑛, 孙立敏, 刘细桥, 等. 中药地锦草酚性成分 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(5): 613-615.

[责任编辑 王文倩]