

狭叶金粟兰地上部分化学成分研究

杜晓英², 王璐丰¹, 李有志¹, 丁文兵^{1*}

1. 湖南农业大学植物保护学院, 湖南 长沙 410128

2. 长江大学农学院, 湖北 荆州 434025

摘要: **目的** 研究狭叶金粟兰 *Chloranthus angustifolius* 地上部分的化学成分。**方法** 使用多种柱色谱技术进行分离纯化, 根据理化性质和波谱数据鉴定化合物的结构。**结果** 从狭叶金粟兰地上部分甲醇提取物的醋酸乙酯萃取部位分离得到 8 个化合物, 分别鉴定为 1-乙酰氧基-2,3,4,5-四羟基-5-对甲氧基苯基戊烷 (1)、(E)-5-(4-甲氧基苯基)-4-烯-1,2,3-三羟基戊醇 (2)、异嗪皮啶 (3)、(-)-二氢脱氢二松柏醇 (4)、(±)-赤式-愈创木酚基甘油-4'-二氢松柏醇醚 (5)、(-)-rosiridol (6)、(4S)-对薄荷烯-4,7-二醇 (7)、地芫普内酯 (8)。**结论** 化合物 1 和 2 为新化合物, 分别命名为金粟兰戊醇和金粟兰烯醇, 化合物 3~8 均为首次从该植物中分离得到。

关键词: 狭叶金粟兰; 苯基多元醇; 单萜; 木脂素; 金粟兰戊醇; 金粟兰烯醇

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2017)01-0042-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.01.005

Chemical constituents from aerial parts of *Chloranthus angustifolius*

DU Xiao-ying², WANG Lu-feng¹, LI You-zhi¹, DING Wen-bing¹

1. College of Plant Protection, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

2. College of Agriculture, Yangtze University, Jingzhou 434025, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents from the aerial parts of *Chloranthus angustifolius*. **Methods** The chemical constituents were isolated by various chromatography techniques and their structures were elucidated on the basis of physiochemical properties and spectroscopic analysis. **Results** Eight compounds were isolated and identified as 1-acetoxy-2,3,4,5-tetrahydroxy-5-*p*-methoxyphenylpentane (1), (*E*)-5-(4-methoxyphenyl) pent-4-ene-1,2,3-trihydroxyamyl (2), isofraxidin (3), (-)-dihydrodehydrodiconiferyl alcohol (4), (±)-*erythro*-guaiacyl-glycerol-β-*O*-4'-dihydroconiferyl ether (5), (-)-rosiridol (6), (4*S*)-*p*-menth-1-ene-4,7-diol (7), and loliolide (8), respectively. **Conclusion** Compounds 1 and 2, named chloranthus pentitol and chloranthus enol, are two new *p*-methoxyphenyl pentitol derivatives, while compounds 3—8 are obtained from *C. angustifolius* for the first time.

Key words: *Chloranthus angustifolius* Oliv.; *p*-phenyl polyol; monoterpenoids; lignans; chloranthus pentitol; chloranthus enol

狭叶金粟兰 *Chloranthus angustifolius* Oliv. 为金粟兰科 (Chloranthaceae) 金粟兰属 *Chloranthus* Swartz 多年生草本植物, 产于湖北、四川地区, 生于海拔 650~1 200 m 的山坡林下或岩石下的荫湿地^[1]。该植物是著名中药“四块瓦”的常用种, 全草入药, 具有解毒消肿、活血散瘀功效, 可用于治疗风湿性关节炎、菌痢等症^[2]。全草提取物对家蝇成虫、卷库蚊 4 龄幼虫具有毒杀活性, 对斜纹夜蛾具有拒食活性^[3]。目前针对狭叶金粟兰化学成分的

研究报告非常少, 仅见 4 个桉叶烷型倍半萜和 7 个乌药烷型倍半萜二聚体被报道^[4]。本课题组对狭叶金粟兰甲醇提取物的化学成分进行了深入研究, 已报道了 13 个化合物, 并讨论了其在金粟兰属的化学分类学意义^[5]。本实验在前期研究的基础上继续进行了分离纯化, 共得到 8 个化合物, 分别鉴定为 1-乙酰氧基-2,3,4,5-四羟基-5-对甲氧基苯基戊烷 [1-acetoxy-2,3,4,5-tetrahydroxy-5-*p*-methoxyphenylpentane, 1]、(E)-5-(4-甲氧基苯基)-4-烯-1,2,3-三羟基戊醇

收稿日期: 2016-07-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31400308)

作者简介: 杜晓英, 女, 博士, 副教授, 研究方向为农业昆虫与害虫防治。E-mail: cjdxxy@163.com

*通信作者 丁文兵, 男, 博士, 副教授, 研究方向为植物化学。E-mail: dingwenbing@hunau.edu.cn

[(*E*)-5-(4-methoxyphenyl)-4-ene-1,2,3-trihydroxyamyl, 2]、异嗪皮啉 (isofraxidin, 3)、(-)-二氢脱氢二松柏醇 [(-)-dihydrodehydrodiconiferyl alcohol, 4]、(±)-赤式-愈创木酚基甘油-4'-二氢松柏醇醚 [(±)-*erythro*-guaiaacyl-glycerol-β-*O*-4'-dihydroconiferyl ether, 5]、(-)-rosiridol (6)、(4*S*)-对薄荷烯-4,7-二醇 [(4*S*)-*p*-menth-1-ene-4,7-diol, 7]、地芫普内酯 (loliolide, 8)。其中化合物 1 和 2 为新化合物, 分别命名为金粟兰戊醇和金粟兰烯醇, 3~8 为首次从狭叶金粟兰中分离得到, 包括 1 个香豆素类 (3)、2 个木脂素类 (4、5) 和 3 个单萜类 (6~8)。

1 仪器与材料

Perkin-Elmer 341 旋光仪 (美国 PerkinElmer 公司); SGW X-4 显微熔点仪 (上海精密仪器有限公司); Bruker DRX-400 型核磁共振仪测定 (瑞士 Bruker 公司); API 4000 质谱仪 (美国 Agilent 公司); UVmini-1240 紫外光谱仪 (日本岛津公司); Waters 1525 串 2414 检测器半制备液相 (美国 Waters 公司); YMC-Pack ODS-A 半制备型色谱柱 (日本岛津公司, 250 mm×10 mm, 5 μm); 色谱用硅胶、薄层色谱用预制 GF₂₅₄ 硅胶板为青岛海洋化工厂出品; Sephadex LH-20 为日本三菱化学公司产品。

狭叶金粟兰地上部分于 2010 年 5 月采自湖北三峡, 经吉首大学植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室张代贵教授鉴定为金粟兰科金粟兰属狭叶金粟兰 *Chloranthus angustifolius* Oliv., 凭证标本 (LBT20100501) 保存于湖南农业大学植物保护学院。

2 提取与分离

狭叶金粟兰地上部分 15.0 kg, 阴干后粉碎, 用

甲醇浸泡提取 3 次, 合并提取液, 滤液减压浓缩, 得到甲醇浸膏 1.5 kg。取浸膏 600.0 g 混悬于温水后, 依次用石油醚、醋酸乙酯萃取, 回收溶剂后得到石油醚部分 200.0 g, 醋酸乙酯部分 68.0 g。将醋酸乙酯部分经硅胶柱色谱分离, 石油醚-醋酸乙酯 (100:0→80:20) 转氯仿-甲醇 (95:5→60:40) 梯度洗脱, 得到 8 个流分 Fr. A~H。Fr. C (5.4 g) 经中压反相柱色谱分离, 甲醇-水 (30:70→90:10) 梯度洗脱, 得到 7 个部分 Fr. C-1~C-7。Fr. C-2 (200.0 mg) 经凝胶柱色谱纯化得化合物 3 (10.0 mg); Fr. C-3 (160.0 mg) 经甲醇重结晶得到化合物 8 (11.0 mg)。Fr. D (7.4 g) 先经中压反相柱色谱分离, 甲醇-水 (30:70→90:10) 梯度洗脱得到 7 个部分 Fr. D-1~D-7。Fr. D-3 (415.0 mg) 经凝胶柱色谱纯化后, 再经制备 HPLC (甲醇-水 1:1, 体积流量 3.0 mL/min) 分离得化合物 6 (17.0 mg) 和 7 (15.0 mg)。Fr. E (6.0 g) 和 Fr. G (5.7 g) 先依次经中压反相柱色谱分为 7 个部分, 再将各亚组分经凝胶柱色谱纯化处理。Fr. E-1 中重结晶得到化合物 1 (16.0 mg); Fr. E-2 中经 HPLC (甲醇-水 2:3) 制备得到化合物 5 (28.0 mg); Fr. E-3 经 HPLC (甲醇-水 45:55) 制备得到化合物 4 (35.0 mg); Fr. G-2 经 HPLC (甲醇-水 2:3) 得到化合物 2 (20.0 mg)。化合物 1~8 的结构见图 1。

3 结构鉴定

化合物 1: 白色固体 (甲醇), mp 171~172 °C, $[\alpha]_D^{25} -9.6^\circ$ (c 1.0, MeOH); IR ν_{\max}^{KBr} (cm⁻¹): 3 445, 1 742, 1 727, 1 704, 1 660, 1 176, 1 035。HR-ESI-MS m/z : 323.109 7 [M+Na]⁺ (C₁₄H₂₀O₇Na 计算值为 323.110 1), 结合 ¹³C-NMR 谱确定分子式为 C₁₄H₂₀O₇, 相对

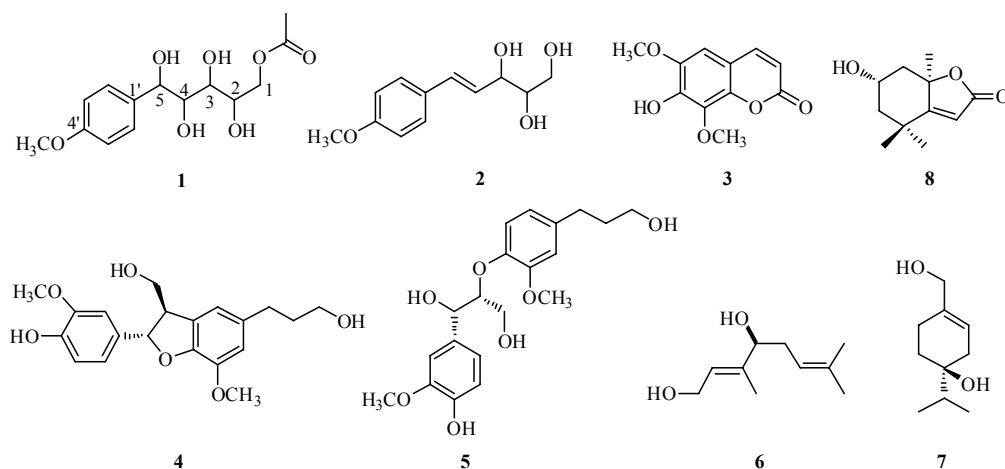


图 1 化合物 1~8 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1—8

分子质量为 300, 不饱和度为 5。化合物 **1** 的 $^1\text{H-NMR}$ 和 $^{13}\text{C-NMR}$ 谱中 (表 1), δ_{H} 3.64 (3H, s) 和 δ_{C} 54.9 表明结构中含有 1 个甲氧基 (-OCH₃); δ_{H} 1.86 (3H, s) 和 δ_{C} 170.6, 20.5 表明含有 1 个乙酰基 (-COCH₃)。 $^1\text{H-NMR}$ 在低场区显示 1 对相互耦合的、积分为 2 的芳香氢 δ_{H} 7.72 (2H, $J = 8.6$ Hz, H-2', 6') 和 6.96 (2H, $J = 8.6$ Hz, H-3', 5'), 结合碳谱中仅有 6 个芳香碳信号, 鉴定为 1 个典型的对位取代苯环。剩余 5 个连氧碳, 通过 $^1\text{H-}^1\text{H COSY}$ 相关和 HMBC 远程相关信号分析, 表明为 1 个开链五元戊醇片段。以上

片段进一步通过 HMBC 远程相关进行了连接 (图 2), 其中甲氧基氢 δ_{H} 3.64 与苯环碳 δ_{C} 158.8 (C-4') 相关, 五元戊醇末端 (-CH₂OH) 氢 δ_{H} 4.82, 4.70 与乙酰基羰基碳 δ_{C} 170.6 相关, 五元戊醇另 1 末端氢信号 δ_{H} 5.80 (brs, H-5) 与苯环中的 C-1', C-2', C-6' 相关, 最终确定化合物 **1** 的结构为 1-乙酰氧基-2,3,4,5-四羟基-5-对甲氧基苯基戊烷, 如图 1 所示, 而结构中 4 个手性碳 C-2、3、4、5 的构型还需进一步通过衍生化、X-Ray 单晶衍射等方法及其他相关数据进行确定。

表 1 化合物 **1** 和 **2** 的 $^1\text{H-NMR}$ 和 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据 (400/100 MHz, C₅D₅N)
Table 1 $^1\text{H-NMR}$ and $^{13}\text{C-NMR}$ spectroscopic data for compounds **1** and **2** (400/100 MHz, C₅D₅N)

碳位	1		2	
	δ_{H}	δ_{C}	δ_{H}	δ_{C}
1	4.82 (1H, dd, $J = 10.7, 7.4$ Hz) 4.70 (1H, dd, $J = 10.7, 5.7$ Hz)	67.2 (CH ₂)	3.70 (1H, dd, $J = 10.2, 3.4$ Hz) 3.59 (1H, dd, $J = 10.2, 6.2$ Hz)	63.2 (CH ₂)
2	4.98 (1H, brt, $J = 6.0$ Hz)	68.9 (CH)	3.64 (1H, m)	74.9 (CH)
3	4.51 (1H, brd, $J = 8.6$ Hz)	71.4 (CH)	4.19 (1H, brt, $J = 5.9$ Hz)	73.5 (CH)
4	4.57 (1H, brd, $J = 8.6$ Hz)	75.7 (CH)	6.21 (1H, dd, $J = 15.9, 7.0$ Hz)	126.4 (CH)
5	5.80 (1H, brs)	72.2 (CH)	6.58 (1H, d, $J = 15.9$ Hz)	131.2 (CH)
1'		137.5 (qC)		129.8 (qC)
2'	7.72 (1H, d, $J = 8.6$ Hz)	128.1 (CH)	7.35 (1H, d, $J = 8.5$ Hz)	127.3 (CH)
3'	6.96 (1H, d, $J = 8.6$ Hz)	113.5 (CH)	6.86 (1H, d, $J = 8.5$ Hz)	113.6 (CH)
4'		158.8 (qC)		159.4 (qC)
5'	6.96 (1H, d, $J = 8.6$ Hz)	128.1 (CH)	6.86 (1H, d, $J = 8.5$ Hz)	113.6 (CH)
6'	7.72 (1H, d, $J = 8.6$ Hz)	113.5 (CH)	7.35 (1H, d, $J = 8.5$ Hz)	127.3 (CH)
4'-OCH ₃	3.64 (3H, s)	54.9 (CH ₃)	3.77 (3H, s)	54.3 (CH ₃)
-COCH ₃		170.6 (qC)	—	—
-COCH ₃	1.86 (3H, s)	20.5 (CH ₃)	—	—

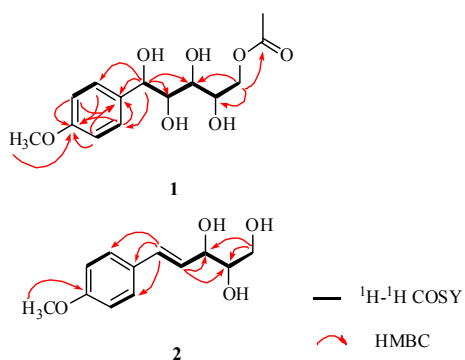


图 2 化合物 **1** 和 **2** 的主要 $^1\text{H-}^1\text{H COSY}$ 和 HMBC 相关
Fig. 2 Key of $^1\text{H-}^1\text{H COSY}$ and HMBC correlations of compounds **1** and **2**

化合物 **2**: 片状晶体 (甲醇), mp 75~77 °C, $[\alpha]_{\text{D}}^{25} -0.8^\circ$ (c 0.6, MeOH); IR $\nu_{\text{max}}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3 285 (br), 2 930, 1 605, 1 510, 1 439, 1 245, 1 076. HR-ESI-MS

m/z : 247.093 2 [M+Na]⁺ (C₁₂H₁₆O₄Na, 计算值为 247.094 1), 结合 $^{13}\text{C-NMR}$ 谱图信息确定分子式为 C₁₂H₁₆O₄, 相对分子质量为 224, 不饱和度为 5。通比对化合物 **1** 与 **2** 的 $^1\text{H-NMR}$ 和 $^{13}\text{C-NMR}$ 谱数据 (表 1), 发现化合物 **2** 的结构中同样存在 1 个对甲氧基苯基的片段, 不同之处主要是没有乙酰基信号, 以及 **1** 中直链五元戊醇部分的 2 个连氧碳被 1 个反式双键的信号 δ_{C} 126.4/131.2 和 δ_{H} 6.21 (dd, $J = 15.9, 7.0$ Hz), 6.58 (d, $J = 15.9$ Hz) 所取代。双键的位置通过 δ_{H} 6.21 与 4.19 (brt, $J = 5.9$ Hz, H-3) 的 $^1\text{H-}^1\text{H COSY}$ 相关, 及 δ_{H} 6.58 与苯环 C-1', C-2', C-6' 的 HMBC 远程相关 (图 2) 确定其在直链 4, 5 位。综合以上信息及 2D-NMR 的确证, 将化合物 **2** 的结构鉴定为 (*E*)-5-(4-甲氧基苯基)-4-烯-1,2,3-三羟基戊醇 (图 1)。同样, 结构中手性碳 C-2、3 的构型还

需进一步通过衍生化、X-Ray 单晶衍射等方法及其他相关数据进行确定。

化合物 **3**: 淡黄色晶体 (甲醇), 溶于甲醇和 DMSO。紫外灯 365 nm 下有蓝色荧光。ESI-MS m/z : 245 $[M+Na]^+$; 1H -NMR (400 MHz, DMSO) δ : 7.91 (1H, d, $J = 9.4$ Hz, H-4), 7.03 (1H, s, H-5), 6.25 (1H, d, $J = 9.4$ Hz, H-3), 3.83 (3H, s, 5-OCH₃), 3.83 (3H, s, 8-OCH₃); ^{13}C -NMR (100 MHz, DMSO) δ : 160.7 (C-2), 146.1 (C-6), 145.3 (C-4), 144.5 (C-9), 143.4 (C-7), 135.1 (C-8), 112.5 (C-3), 110.7 (C-10), 104.9 (C-5), 61.2 (8-OCH₃), 56.6 (5-OCH₃)。以上波谱数据与文献报道^[6]基本一致, 故鉴定化合物 **3** 为异秦皮啶。

化合物 **4**: 淡黄色油状物, 溶于甲醇, H₂SO₄-乙醇加热呈红色; $[\alpha]_D^{25} - 15.0^\circ$ (c 0.5, MeOH), ESI-MS m/z : 383 $[M+Na]^+$; 1H -NMR (400 MHz, C₅D₅N) δ : 7.33 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2), 7.20 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-5), 7.25 (1H, dd, $J = 1.8, 8.1$ Hz, H-6), 6.06 (1H, d, $J = 6.8$ Hz, H-7), 3.97 (1H, m, H-8), 4.21 (1H, m, H-9a), 4.27 (1H, m, H-9b), 6.92 (1H, brs, H-2'), 7.06 (1H, brs, H-6'), 2.87 (2H, t, $J = 7.6$ Hz, H-7'), 2.09 (2H, m, H-8'), 3.92 (2H, t, $J = 6.4$ Hz, H-9'), 3.63 (3H, s, 3-OCH₃), 3.84 (3H, s, 3'-OCH₃); ^{13}C -NMR (100 MHz, C₅D₅N) δ : 134.4 (C-1), 111.4 (C-2), 148.6 (C-3), 147.9 (C-4), 117.0 (C-5), 120.3 (C-6), 88.9 (C-7), 55.6 (C-8), 64.9 (C-9), 130.7 (C-1'), 114.2 (C-2'), 145.2 (C-3'), 147.9 (C-4'), 136.7 (C-5'), 118.1 (C-6'), 33.2 (C-7'), 36.5 (C-8'), 62.0 (C-9'), 56.3 (3-OCH₃), 56.8 (3'-OCH₃)。波谱数据与文献报道^[7]基本一致, 故鉴定化合物 **4** 为 (-)-二氢脱氢二松柏醇。

化合物 **5**: 无色油状物, 溶于甲醇。紫外灯 254 nm 下有暗斑, H₂SO₄-乙醇加热显色呈红色。ESI-MS m/z : 401 $[M+Na]^+$; 1H -NMR (400 MHz, C₅D₅N) δ : 7.58 (1H, d, $J = 1.7$ Hz, H-2), 7.24 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5), 7.37 (1H, dd, $J = 8.1, 1.7$ Hz, H-6), 5.98 (1H, brs, H-7), 5.61 (1H, t, $J = 4.3$ Hz, H-8), 4.54 (1H, m, H-9a), 4.40 (1H, m, H-9b), 6.91 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2'), 7.33 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.82 (1H, dd, $J = 8.1, 1.9$ Hz, H-6'), 2.80 (2H, t, $J = 7.8$ Hz, H-7'), 2.03 (2H, m, H-8'), 3.88 (2H, m, H-9'), 3.69 (3H, s, 3-OCH₃), 3.72 (3H, s, 3'-OCH₃); ^{13}C -NMR (100 MHz, C₅D₅N) δ : 134.4 (C-1), 118.1 (C-2), 148.2 (C-3), 146.9 (C-4), 115.8 (C-5), 120.4 (C-6), 73.4 (C-7), 86.3 (C-8), 61.1 (C-9), 136.6 (C-1'), 113.4 (C-2'), 151.0 (C-3'), 147.2

(C-4'), 111.7 (C-5'), 121.0 (C-6'), 32.1 (C-7'), 35.4 (C-8'), 61.4 (C-9'), 55.6 (3-OCH₃), 55.7 (3'-OCH₃)。以上数据与文献报道^[8]基本一致, 故鉴定化合物 **5** 为 (±)-赤式-愈创木酚基甘油-4'-二氢松柏醇醚。

化合物 **6**: 无色油状物, 易溶于氯仿、甲醇, H₂SO₄-乙醇加热呈红色; $[\alpha]_D^{25} - 14.2^\circ$ (c 0.5, CHCl₃), EI-MS m/z : 170 $[M]^+$; 1H -NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 1.63, 1.67, 1.72 (各 3H, s, 8, 10, 9-CH₃), 2.26 (2H, m, H-5), 4.00 (1H, t, $J = 6.5$, H-4), 4.20 (2H, dd, $J = 3.9, 6.4$ Hz, H-1), 5.10 (1H, t, $J = 7.2$ Hz, H-6), 5.64 (1H, t, $J = 6.6$ Hz, H-2); ^{13}C -NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 59.1 (C-1), 124.5 (C-2), 140.3 (C-3), 76.4 (C-4), 34.1 (C-5), 119.8 (C-6), 135.2 (C-7), 18.0 (C-8), 25.9 (C-9), 12.2 (C-10)。上述数据与文献报道^[9]基本一致, 故鉴定化合物 **6** 为 (-)-rosiridol。

化合物 **7**: 无色无定形粉末, 溶于氯仿、甲醇; $[\alpha]_D^{25} + 18.0^\circ$ (c 0.5, MeOH), ESI-MS m/z : 171 $[M+H]^+$; 1H -NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 5.59 (1H, brs, H-2), 4.01 (2H, s, H-7), 0.94 (3H, d, $J = 6.9$ Hz, H-9), 0.92 (3H, d, $J = 6.9$ Hz, H-10); ^{13}C -NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 137.2 (C-1), 120.2 (C-2), 34.2 (C-3), 72.2 (C-4), 30.5 (C-5), 22.7 (C-6), 67.0 (C-7), 37.1 (C-8), 16.8 (C-9), 16.8 (C-10)。以上波谱数据与文献报道^[10]基本一致, 故鉴定化合物 **7** 为 (4S)-对薄荷烯-4,7-二醇。

化合物 **8**: 白色晶体 (甲醇), ESI-MS m/z : 197 $[M+H]^+$, 393 $[2M+H]^+$; 1H -NMR (400 MHz, C₅D₅N) δ : 5.83 (1H, s, H-7), 4.35 (1H, m, H-3), 2.57 (1H, dt, $J = 13.3, 2.6, 2.6$ Hz, H-4 β), 2.01 (1H, dt, $J = 14.1, 2.5, 2.5$ Hz, H-2 β), 1.75 (1H, dd, $J = 13.3, 3.8$ Hz, H-4 α), 1.90 (1H, s, H-11), 1.39 (1H, dd, $J = 14.2, 3.6$ Hz, H-2 α), 1.50 (3H, s, H-10), 1.12 (3H, s, H-9); ^{13}C -NMR (100 MHz, C₅D₅N) δ : 36.0 (C-1), 47.5 (C-2), 65.7 (C-3), 46.2 (C-4), 86.8 (C-5), 171.6 (C-6), 112.8 (C-7), 182.7 (C-8), 26.3 (C-9), 27.1 (C-10), 30.4 (C-11)。以上数据与文献报道^[11]基本一致, 故鉴定化合物 **8** 为地苾普内酯。

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, 1982.
- [2] 方志先, 赵 晖, 赵敬华. 土家族药物志 [M]. 北京: 中国医药科技出版, 2007.
- [3] 华南农业大学. 一种狭叶金粟兰提取物的制备方法和应用: 中国, CN 200810025903X [P]. 2011-07-27.

- [4] Yang X, Wang C, Yang J, *et al.* Antimicrobial sesquiterpenes from the Chinese medicinal plant, *Chloranthus angustifolius* [J]. *Cheminform*, 2014, 55(41): 5632-5634.
- [5] Liu C, Li G, Huang R, *et al.* Chemotaxonomic significance of sesquiterpenes and amide derivatives from *Chloranthus angustifolius* Oliv. [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2015, 58: 30-33.
- [6] 陈玉娟, 王会堂, 贺丽鹏, 等. 水曲柳中香豆素类成分的研究 [J]. *时珍国医国药*, 2009, 20(9): 2146-2147.
- [7] 徐巧林, 谢海辉, 吉川雅之. 欧洲李种子的化学成分研究 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2012, 20(3): 299-302.
- [8] De M S, Gala F, Zollo F, *et al.* Identification of minor secondary metabolites from the latex of *Croton lechleri* (Muell-Arg) and evaluation of their antioxidant activity [J]. *Molecules*, 2008, 13(6): 1219-1229.
- [9] Yoshikawa M, Nakamura S, Li X, *et al.* Reinvestigation of absolute stereostructure of (-)-rosiridol: structures of monoterpene glycosides, rosiridin, rosiridosides A, B, and C from *Rhodiola sachalinensis* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2008, 56(5): 695-700.
- [10] 常新亮, 马云保, 张雪梅, 等. 川芎化学成分研究 [J]. *中国中药杂志*, 2007, 32(15): 1533-1535.
- [11] Hu Z, Xue Y, Yao G, *et al.* Chemical constituents from the leaves of *Premna microphylla* Turcz [J]. *J Chin Pharmaceutical Sci*, 2013, 22(5): 431-434.