

• 化学成分 •

大籽獐牙菜的化学成分研究

赵升逮¹, 普杰¹, 陈永对², 李尚秀¹, 祝永仙¹, 李干鹏^{1*}

1. 云南民族大学化学与生物技术学院 民族药资源化学国家民委教育部重点实验室, 云南 昆明 650500

2. 云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所 云南省农业生物技术重点实验室, 云南 昆明 650223

摘要: 目的 研究大籽獐牙菜 *Swertia macrosperma* 的化学成分。方法 利用高效液相色谱、柱色谱、重结晶等方法进行分离纯化, 通过理化性质和波谱数据分析鉴定化合物的结构, 采用半叶枯斑法进行抗烟草花叶病毒 (TMV) 活性实验。

结果 从大籽獐牙菜全草甲醇提取物中共分离得到 8 个化合物, 分别鉴定为 9, 10-二羟基獐牙菜苷 (1)、3'-O-(3-羟基苯甲酸酯) 獐牙菜苷 (2)、芒果苷 (3)、2, 6, 8-三羟基吡啶-1-O-β-葡萄糖苷 (4)、1, 2, 3, 4-四氢-1, 6, 8 三羟基吡啶-4-O-葡萄糖苷 (5)、1, 2, 3, 4-四氢-1, 4, 6, 8-四羟基吡啶 (6)、顺-4, 4'-二羟基二苯基乙烯 (7)、反-4, 4'-二羟基二苯基乙烯 (8)。**结论** 化合物 1 为新化合物, 命名为大籽獐牙菜苷 A, 其具有微弱的抗 TMV 活性, 其中化合物 2、7、8 为首次从獐牙菜属植物中分到。

关键词: 大籽獐牙菜; 9, 10-二羟基獐牙菜苷; 大籽獐牙菜苷 A; 3'-O-(3-羟基苯甲酸酯) 獐牙菜苷; 烟草花叶病毒

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2013)18-2493-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.18.001

Chemical constituents of *Swertia macrosperma*ZHAO Sheng-kui¹, PU Jie¹, CHEN Yong-dui², LI Shang-xiu¹, ZHU Yong-xian¹, LI Gan-peng^{1*}

1. Key Laboratory of Chemistry in Ethnic Medicinal Resources, State Ethnic Affairs Commission & Ministry of Education, Yunnan University of Nationalities, Kunming 650500, China

2. Yunnan Provincial Key Laboratory of Agricultural Biotechnology, Biotechnology and Germplasm Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents from *Swertia macrosperma*. **Methods** HPLC, column chromatography, and recrystallization techniques were used for the separation and purification of the compounds. Their structures were elucidated by physiochemical properties and spectral analyses. The inhibitory activity against tobacco mosaic virus (TMV) was screened by half-leaf blight spot assay. **Results** Eight compounds were isolated from *S. macrosperma* and their structures were identified as 9, 10-dihydroxyl-sweroside (1), 3'-O-(3-hydroxybenzoyl)-swertiamarin (2), mangiferin (3), 1-O-β-glucopyranosyl-2, 6, 8-trihydroxyl-xanthone (4), campestroside (5), bellidifolin (6), 4, 4'-dihydroxy-Z-stilbene (7), and 4, 4'-dihydroxy-E-stilbene (8). **Conclusion** Compound 1 is a new compound named macrospermaoside A, and exhibits weak anti-TMV activity. Compounds 2, 7, and 8 are isolated from the plants of this genus for the first time.

Key words: *Swertia macrosperma* (C. B. Clarke) C. B. Clarke; 9, 10-dihydroxyl-sweroside; macrospermaoside A; 3'-O-(3-hydroxybenzoyl)-swertiamarin; tobacco mosaic virus

大籽獐牙菜 *Swertia macrosperma* (C. B. Clarke) C. B. Clarke 为龙胆科獐牙菜属 *Swertia* L. 植物^[1]。我国民间常以全草入药, 有抗炎镇痛、清热润肺、保肝健胃等作用, 常用于治疗胆囊炎、肝炎等病症,

在我国西南地区均有分布。獐牙菜属植物主要含有三萜及其苷类、裂环烯醚萜及其苷类、吡啶及其苷类化合物。其中, 裂环烯醚萜具有抗菌消炎、降血糖和抗肿瘤等作用^[2]。本课题组前期对大籽獐牙菜

收稿日期: 2012-12-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (21262048), 云南民族大学国家民委-教育部重点实验室开放基金资助 (MZY1106)

作者简介: 赵升逮 (1987—), 男, 云南宣威人, 硕士, 从事天然药物化学研究。Tel: 18213567307 E-mail: shengkui Zhao@yeah.net

*通信作者 李干鹏 Tel: (0871)65910013 E-mail: ganpeng_li@sina.com

进行了初步研究,从该植物中分离鉴定了环烯醚萜、木脂素类等共 11 个化合物^[3]。本实验对大籽獐牙菜化学成分进行深入研究,从其全草的甲醇提取物中共分离得到了 8 个化合物,分别鉴定为 9, 10-二羟基獐牙菜苷 [9, 10-dihydroxysweroside, **1**]、3'-*O*-(3-羟基苯甲酸酯)獐牙菜苷 [3'-*O*-(3-hydroxylbenzoyl)-swertiamarin, **2**]、芒果苷 (mangiferin, **3**)、2, 6, 8-三羟基吡喃-1-*O*- β -葡萄糖苷 (1-*O*- β -glucopyranosyl-2, 6, 8-trihydroxylxanthone, **4**)、1, 2, 3, 4-四氢-1, 6, 8 三羟基吡喃-4-*O*-葡萄糖苷 (campestroside, **5**)、1, 2, 3, 4-四氢-1, 4, 6, 8-四羟基吡喃 (bellidifolin, **6**)、顺-4, 4'-二羟基-二苯基乙烯 (4, 4'-dihydroxy-*Z*-stilbene, **7**)、反-4, 4'-二羟基-二苯基乙烯 (4, 4'-dihydroxy-*E*-stilbene, **8**)。其中,化合物 **1** 为一新的环烯醚萜苷类化合物,命名为大籽獐牙菜苷 A; 化合物 **2**、**7**、**8** 为首次从獐牙菜属植物中分到。初步的活性测试表明化合物 **1** 具有微弱的抗烟草花叶病毒 (tobacco mosaic virus, TMV) 活性。

1 仪器与材料

Synapt G2 HDMS (Waters 公司), Bruker AVII—400 MHz 超导核磁共振仪 (Bruker 公司); Agilent 1260 分析型高效液相色谱仪 (Agilent Technologies), Shimaduz 制备型高效液相色谱仪 (日本岛津, 配备 PE-Pack Prep 高速流体硅胶充填色谱柱), ZF—20D 暗箱式紫外分析仪 (郑州南北仪器设备有限公司)。GF254 高效薄层色谱板, 柱色谱硅胶均为青岛海洋化工厂生产。石油醚、醋酸乙酯、氯仿、丙酮、甲醇等试剂均为国药化学试剂有限公司生产的分析纯试剂。

枯斑寄主心叶烟 *Nicotiana glutinosa* L.、接种用 TMV-U1 株系均由云南省农业生物技术重点实验室提供。

植物样品于 2010 年 10 月采于云南省玉溪市新平哀牢山, 由云南中医学院杨礼攀博士鉴定为大籽獐牙菜 *Swertia macrosperma* (C. B. Clarke) C. B. Clarke 的全草。植物标本 (YNNi 10-10-05) 已存入云南民族大学民族药资源化学国家民委-教育部重点实验室标本室。

2 提取与分离

大籽獐牙菜全草干燥粉末 9.7 kg, 甲醇 (40 L) 超声 (500 W) 提取 7 次, 每次 1 h, 提取液减压浓缩得浸膏 900 g, 混悬于水中, 使用氯仿-水体系萃取, 减压回收溶剂得到浸膏 470 g。浸膏采用

MCI 柱色谱脱色划段, 使用甲醇-水 (7:3) 作流动相, 共得到 4 个组分 Fr. 1~4。Fr. 1 (80 g) 经制备高效液相色谱反复分离纯化得化合物 **1** (9.2 mg)、**2** (30 mg); Fr. 2 (120 g) 经制备高效液相色谱及重结晶 (氯仿) 结合重复分离纯化得到化合物 **4** (10 mg)、**5** (11 mg)、**6** (8 mg)、**7** (15 mg)、**8** (17 mg); Fr. 4 (43 g) 经半制备高效液相色谱和硅胶柱色谱 (氯仿-甲醇 20:1) 反复分离纯化得化合物 **3** (8 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 无色透明油状液体, HR-ESI-MS m/z : 415.121 7 $[M + Na]^+$ ($C_{16}H_{24}O_{11}Na^+$, 计算值为 415.121 6), $[\alpha]_D^{25} +8.88^\circ$ (c 0.1, MeOH); 结合 1H -和 ^{13}C -NMR 数据确定其分子式为 $C_{16}H_{24}O_{11}$, 不饱和度为 5。IR ν_{max}^{KBr} (cm^{-1}): 3 379, 2 926, 2 361, 1 692, 1 616, 1 412, 1 277, 1 071, 858, 表明有 OH (3 379 cm^{-1})、O=C=O (1 692 cm^{-1})、C=C (1 616 cm^{-1}) 等官能团的存在。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) (表 1) 显示有 1 个双键的烯质子信号 δ_H 7.55 (1H, d, $J=2.4$ Hz, H-3), 1 个连氧次甲基信号 δ_H 5.73 (1H, d, $J=1.6$ Hz, H-1), 而在 δ_H 4.7~3.2 出现多个连氧亚甲基和次甲基信号, 根据端基氢信号 δ_H 4.64 (1H, d, $J=7.6$ Hz, H-1') 和 ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) 信号 (δ_C 99.6, 78.4, 77.8, 74.7, 71.5, 62.8) 可推断分子中含有 1 个 β -D-葡萄糖基单元。结合分析化合物 **1** 的 DEPT 谱确定分子中含有 4 个亚甲基 (其中 3 个连氧)、10 个次甲基 (其中 1 个烯碳和 7 个连氧碳)、2 个季碳 (分别为羰基碳和烯碳)。根据羰基和双键的化学位移 δ_C 168.7 (C-11), 153.9 (C-3), 107.4 (C-4) 以及紫外光谱在 244 nm 波长的特征吸收, 推测化合物中含有 α , β -不饱和酯片段, 结合不饱和度可知分子中还应存在 2 个环。综合以上信息, 推断化合物 **1** 为 1 个双环倍半萜苷。此外连接糖基的次甲基信号 (δ_H 5.73, δ_C 95.6) 为环烯醚萜苷的典型特征信号, 进一步表明该化合物可能为獐牙菜苷衍生物。将化合物 **1** 与獐牙菜苷^[4]进行比较, 其光谱特征十分相似, 主要的区别在于化合物 **1** 中 1 个乙二醇基信号 (δ_H 3.56, 3.58~3.62; δ_C 69.9, 65.2) 取代了獐牙菜苷中的 1 个乙烯基信号 (δ_H 5.46, 5.30; δ_C 120.6, 131.4)。因此, 推测化合物 **1** 的结构为 9, 10-二羟基獐牙菜苷。

通过 2D-NMR 进一步确证了化合物 **1** 的结构。其 1H - 1H COSY 谱显示 H-1、H-8、H-5、H-6、H-7

表1 化合物1的¹H-NMR、¹³C-NMR数据和HMBC相关
Table 1 ¹H-NMR and ¹³C-NMR data, and HMBC correlation of compound 1

碳位	δ _C	δ _H	HMBC (H→C)
1	95.6	5.73 (1H, d, <i>J</i> = 1.6 Hz)	H-1', H-3, H-5
3	153.9	7.55 (1H, d, <i>J</i> = 2.4 Hz)	H-1
4	107.4	—	H-3, H-5, H-6
5	41.5	2.21 (1H, t, <i>J</i> = 5.6 Hz)	—
6	26.9	1.96 (1H, dd, <i>J</i> = 2.4, 7.8 Hz) 2.13 (1H, dd, <i>J</i> = 5.6, 7.8 Hz)	—
7	70.4	4.32 (1H, dd, <i>J</i> = 2.4, 7.8 Hz) 4.47 (1H, dd, <i>J</i> = 5.6, 7.8 Hz)	H-5
8	29.2	3.28 (1H, m)	H-1, H-5
9	69.9	3.56 (1H, m)	H-5
10	65.2	3.58~3.62 (2H, m)	—
11	168.7	—	H-3
1'	99.6	4.64 (1H, d, <i>J</i> = 7.6 Hz)	H-1, H-2'
2'	74.7	3.18 (1H, t, <i>J</i> = 7.2 Hz)	—
3'	77.8	3.39 (1H, m)	H-5'
4'	71.5	3.57 (1H, m)	H-3'
5'	78.4	3.35 (1H, m)	H-3'
6'	62.8	3.67 (1H, dd, <i>J</i> = 8.8, 12.0 Hz) 3.90 (1H, dd, <i>J</i> = 2.4, 8.8 Hz)	H-4'

依次相关, H-8、H-9、H-10依次相关, 由此确定了化合物1结构中存在质子之间相互耦合的结构片段。在HMBC谱中, H-1与C-3、C-5和C-1'相关, 证实葡萄糖基连接在C-1位; H-3与C-1、C-4、C-5相关, H-1'和C-1、C-2'、C-5'相关, H-6和C-5、C-4、C-7相关(图1)。综上所述, 化合物1的结构确定为9, 10-二羟基獐牙菜苷, 为一新化合物, 将其命名为大籽獐牙菜苷A, 结构见图1。

化合物2: 无色油状物, 分子式为C₂₃H₂₆O₁₁。ESI-MS *m/z*: 477 [M-H]⁻。¹H-NMR (400 MHz, CD₃OD) δ: 1.48 (1H, m, H-6a), 1.63 (1H, m, H-6b),

2.62 (1H, m, H-9), 2.68 (1H, m, H-5), 3.95 (1H, dd, *J* = 2.0, 10.4 Hz, H-7a), 4.26 (1H, m, H-7b), 5.22 (1H, dd, *J* = 2.0, 10.0 Hz, H-10a), 5.26 (1H, dd, *J* = 2.0, 17.2 Hz, H-10b), 5.39 (1H, m, H-8), 5.49 (1H, d, *J* = 1.6 Hz, H-1), 7.00 (1H, m, H-4''), 7.24 (1H, dd, *J* = 7.6, 8.0 Hz, H-5''), 7.30 (1H, d, *J* = 2.8 Hz, H-3), 7.41 (1H, m, H-2''), 7.44 (1H, m, H-6''); ¹³C-NMR (100 MHz, CD₃OD), δ: 97.4 (C-1), 153.5 (C-3), 117.1 (C-4), 28.7 (C-5), 25.7 (C-6), 71.8 (C-7), 132.8 (C-8), 43.3 (C-9), 121.1 (C-10), 167.5 (C-11), 97.0 (C-1'), 71.8 (C-2'), 78.7 (C-3'), 75.3 (C-4'), 75.5 (C-5'), 62.7 (C-6'), 132.2 (C-1''), 105.9 (C-2''), 158.8 (C-3''), 121.6 (C-4''), 130.8 (C-5''), 121.7 (C-6''), 167.3 (C-7'')。以上数据与文献报道一致^[5], 故鉴定化合物2为3'-O-(3-羟基苯甲酸酯)獐牙菜苷。

化合物3: 黄色粉末, 分子式为C₁₉H₁₈O₁₁。ESI-MS *m/z*: 421 [M-H]⁻。¹H-NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆) δ: 13.76 (1H, s, 5-OH), 10.60 (2H, brs, 6, 7-OH), 9.80 (1H, brs, 3-OH), 7.37 (1H, s, H-8), 6.86 (1H, s, H-5), 6.37 (1H, s, H-4), 4.58 (1H, d, *J* = 9.6 Hz, H-1'); ¹³C-NMR (100 MHz, DMSO-*d*₆) δ: 161.8

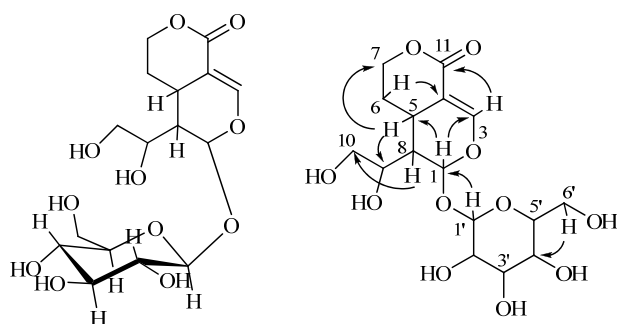


图1 化合物1的结构及主要HMBC远程相关图
Fig. 1 Key HMBC correlations of compound 1

(C-1), 102.6 (C-2), 163.9 (C-3), 93.4 (C-4), 156.3 (C-4a), 102.7 (C-5), 154.1 (C-6), 143.8 (C-7), 108.1 (C-8), 111.8 (C-8a), 179.2 (C-9), 101.4 (C-9a), 150.8 (C-10a), 73.1 (C-1'), 70.3 (C-2'), 79.0 (C-3'), 70.7 (C-4'), 81.7 (C-5'), 61.6 (C-6')。以上数据与文献报道基本一致^[6], 故鉴定化合物 **3** 为芒果苷。

化合物 **4**: 黄色粉末, 分子式: $C_{19}H_{18}O_{11}$ 。ESI-MS m/z : 421 $[M-H]^-$ 。 1H -NMR (400 MHz, C_5D_5N) δ : 4.17 (1H, m, H-5'), 4.34~4.48 (4H, m, H-2', 3', 4', 6'a), 4.64 (1H, dd, $J = 2.4, 12.0$ Hz, H-6'b), 5.47 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-1'), 6.45 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-5), 6.66 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-7), 7.37 (1H, d, $J = 8.8$ Hz, H-3), 7.61 (1H, d, $J = 8.8$ Hz, H-4), 13.70 (1H, s, 8-OH); ^{13}C -NMR (100 MHz, C_5D_5N) δ : 151.0 (C-1), 142.9 (C-2), 121.8 (C-3), 113.8 (C-4), 146.3 (C-4a), 94.3 (C-5), 167.4 (C-6), 99.4 (C-7), 164.6 (C-8), 103.9 (C-8a), 182.0 (C-9), 113.3 (C-9a), 157.7 (C-10a), 106.1 (C-1'), 75.4 (C-2'), 77.8 (C-3'), 71.3 (C-4'), 79.4 (C-5'), 62.7 (C-6')。以上数据与文献报道基本一致^[7], 故鉴定化合物 **4** 为 2, 6, 8-三羟基吡喃-1- O - β -葡萄糖苷。

化合物 **5**: 黄色粉末, 分子式 $C_{19}H_{22}O_{11}$ 。ESI-MS m/z : 425 $[M-H]^-$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 6.20 (1H, s, H-2), 6.38 (1H, s, H-4), 4.60 (1H, brs, H-5), 2.11~2.16 (2H, m, H-6), 2.31 (1H, brd, $J = 12.0$ Hz, H-7a), 1.82 (1H, t, $J = 13.2$ Hz, H-7b), 4.97 (1H, brs, H-8), 4.56 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-1'), 3.19 (1H, dd, $J = 8.8, 8.0$ Hz, H-2'), 3.44 (1H, t, $J = 8.8$ Hz, H-3'), 3.30~3.38 (2H, m, H-4', 5'), 3.92 (1H, dd, $J = 1.6, 12.0$ Hz, H-6'a), 3.73 (1H, dd, $J = 5.2, 12.0$ Hz, H-6'b); ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 163.4 (C-1), 100.1 (C-2), 166.4 (C-3), 95.1 (C-4), 67.5 (C-5), 27.4 (C-6), 27.9 (C-7), 71.3 (C-8), 182.9 (C-9), 159.2 (C-4a), 117.7 (C-8a), 105.4 (C-9a), 168.3 (C-10a), 105.2 (C-1'), 75.7 (C-2'), 78.2 (C-3'), 71.5 (C-4'), 77.9 (C-5'), 62.7 (C-6')。以上数据与文献报道基本一致^[8], 故鉴定化合物 **5** 为 1, 2, 3, 4-四氢-1, 6, 8-三羟基吡喃-4- O -葡萄糖苷。

化合物 **6**: 淡黄色粉末, 分子式为 $C_{13}H_{12}O_6$ 。ESI-MS m/z : 275 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 6.20 (1H, s, H-5), 6.01 (1H, s, H-7), 4.81 (1H, t, $J = 7.1$ Hz, H-4), 4.53 (1H, t, $J = 6.5$ Hz, H-1), 2.12 (2H, m, H-3), 1.81 (1H, dd, $J = 6.4, 15.8$ Hz, H-2a), 1.73 (1H, dd, $J = 6.3, 12.5$ Hz, H-2b);

^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 62.3 (C-1), 28.9 (C-2), 27.4 (C-3), 67.5 (C-4), 159.3 (C-4a), 166.2 (C-4b), 95.0 (C-5), 167.2 (C-6), 100.0 (C-7), 163.3 (C-8), 119.5 (C-8a), 183.3 (C-9), 105.4 (C-9a)。以上数据与文献报道基本一致^[9], 故鉴定化合物 **6** 为 1, 2, 3, 4-四氢-1, 4, 6, 8-三羟基吡喃。

化合物 **7**: 黄色油状物, 分子式 $C_{14}H_{12}O_2$ 。ESI-MS m/z : 213 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.57 (4H, d, $J = 3.6$ Hz, H-2ab', 6ab'), 6.27 (4H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3ab', 5ab'), 6.29 (2H, d, $J = 15.6$ Hz, H-1, 2); ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 146.8 (C-1, 2), 161.2 (C-4ab'), 131.2 (C-2ab', 6ab'), 116.1 (C-1ab')。以上数据与文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物 **7** 为顺-4, 4'-二羟基-二苯基乙烯。

化合物 **8**: 黄色油状物, 分子式 $C_{14}H_{12}O_2$ 。ESI-MS m/z : 213 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 7.44 (4H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2ab', 6ab'), 6.76 (4H, d, $J = 8.8$ Hz, H-3ab', 5ab'), 5.79 (2H, d, $J = 12.8$ Hz, H-1, 2); ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 142.9 (C-1, 2), 159.7 (C-4ab'), 133.3 (C-2ab', 6ab'), 115.8 (C-1ab')。以上数据与文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物 **8** 为反-4, 4'-二羟基-二苯基乙烯。

4 化合物 **1** 对 TMV 的抑制活性

选取健康且生长良好的心叶烟叶片, 在暗室放置一夜。每棵烟苗挑选水平位置相同的 3 个叶片。将每个叶片的右半部分均匀涂抹 100 $\mu g/mL$ 的化合物 100 μg , 左半部分涂抹相同浓度的 DMSO 作为空白对照。3 h 后将整个叶片均匀摩擦接种 50 $\mu g/mL$ 的 TMV 溶液 200 μg , 每个处理 3 盆烟共 10 片烟叶 (分别为 3、3、4 片)。放入无虫温室中培养, 6~8 d 后观察寄主植物的症状表现, 统计左右叶片的枯斑数目, 并计算抑制率。市售药物宁南霉素作为阳性对照, 实验重复 3 次。

抑制率 = (阳性对照组枯斑数 - 化合物 **1** 处理组枯斑数) / 阳性对照组枯斑数

实验结果表明, 化合物 **1** (质量浓度 100 $\mu g/mL$) 对 TMV 的平均抑制率为 35.4%, 而宁南霉素对 TMV 的抑制率为 48.0%。大籽獐牙菜中的新化合物 **1** 具有微弱的抗 TMV 活性, 其抑制效果要低于市售药物宁南霉素。

参考文献

- [1] 何延农. 中国植物杂志 (第 62 卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1988.

- [2] 李干鹏, 文荣荣, 黄飞燕, 等. 西南獐牙菜的化学成分研究 (I) [J]. 云南民族大学学报, 2011, 20(5): 350-352.
- [3] 普杰, 李亮星, 芦燕玲, 等. 大籽獐牙菜的化学成分研究 (I) [J]. 云南民族大学学报, 2012, 21(3): 163-166.
- [4] 王世盛, 徐青, 肖红斌, 等. 抱茎獐牙菜中的苷类成分 [J]. 中草药, 2004, 35(8): 847-849.
- [5] Jiang R W, Wong K L, Chan Y M, *et al.* Isolation of iridoid and secoiridoid glycosides and comparative study on *Radix gentianae* and related adulterants by HPLC analysis [J]. *Phytochemistry*, 2005, 66(22): 2674-2680.
- [6] 葛丹丹, 张祎, 刘二伟, 等. 芒果叶化学成分研究 (I) [J]. 中草药, 2011, 42(3): 428-431.
- [7] Otsuka H. Triptexanthosides A—E: Xanthone Glycosides from Aerial Parts of *Tripterospermum japonicum* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1999, 47(7): 962-965.
- [8] Teodora J, Dijana K, Ivana A, *et al.* Xanthonenes and C-glucosides from the aerial parts of four species of *Gentianella* from Serbia and Montenegro [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2005, 33(7): 729-735.
- [9] 田峦鸾, 陈家春, 白雪, 等. 紫红獐牙菜呋酮及环烯醚萜类化合物的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(6): 979-983.
- [10] Fan G J, Liu X D, Qian Y P, *et al.* 4, 4'-Dihydroxy-*trans*-stilbene, a resveratrol analogue, exhibited enhanced antioxidant activity and cytotoxicity [J]. *Bioorg Med Chem*, 2009, 17(6): 2360-2364.