

紫金龙低极性部位的生物碱成分研究

杨雅欣^{1,3}, 刘俊宏^{1,2}, 李勇军^{1,2}, 董莉^{1,3}, 廖尚高^{1,2}, 董永喜^{1,2}, 王永林^{1,3*}

¹贵阳医学院药学院; ²民族药与中药开发应用教育部工程研究中心; ³贵州省药物制剂重点实验室, 贵阳 550004

摘要: 采用柱色谱等分离方法, 对紫金龙 *Aconitum vilmorinianum* var. *altifidum* W. T. Wang 低极性部位的生物碱类化学成分进行分离纯化, 依据其理化性质及波谱数据分析进行结构鉴定。从中分离、鉴定了 7 个二萜生物碱类化合物和 1 个二萜生物碱类复合物, 分别为: 黄草乌碱丁(1)、hemsleyaconitine G(2)、hemsleyaconitine F(3)、hemsleyaconitine A(4)、14-*O*-veratroylneoline(5)、塔拉胺(6)、lipoyunaconitine(7) 和 hemsleyadine(8)。化合物 1~8 均为首次从该植物中分离得到。

关键词: 紫金龙; 低极性部位; 二萜生物碱

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2015.04.011

Alkaloids from a Low-Polar Fraction of *Aconitum vilmorinianum* var. *altifidum* W. T. Wang

YANG Ya-xin^{1,3}, LIU Jun-hong^{1,2}, LI Yong-jun^{1,2}, DONG Li^{1,3},
LIAO Shang-gao^{1,2}, DONG Yong-xi^{1,2}, WANG Yong-lin^{1,3*}

¹School of Pharmacy, Guiyang Medical College; ²Engineering Research Center for the Development and Application of Ethnic Medicine and TCM, Ministry of Education; ³Guizhou Provincial Key Laboratory of Pharmaceutics, Guizhou Guiyang 550004, China

Abstract: Seven diterpenoid alkaloids and one diterpenoid mixtures were isolated from the low-polar fraction of *Aconitum vilmorinianum* var. *altifidum* W. T. Wang by repeated column chromatography. Their structures were elucidated on the basis of their physico-chemical properties and by NMR spectral analysis. The alkaloids were identified as vilmorrianine D (1), hemsleyaconitine G (2), hemsleyaconitine F (3), hemsleyaconitine A (4), 14-*O*-veratroylneoline (5), talatisamine (6), lipoyunaconitine (7) and hemsleyadine (8). All the alkaloids were obtained from this plant for the first time.

Key words: *Aconitum vilmorinianum* var. *altifidum*; low-polar fraction; diterpenoid alkaloids

紫金龙 (*Aconitum vilmorinianum* var. *altifidum* W. T. Wang) 为毛茛科乌头属植物深裂黄草乌的根及根茎, 其性辛、苦、温, 具有一定的毒性, 常外用或浸酒涂擦用于跌扑损伤、腰膝疼痛、疮毒等的治疗^[1]。二萜生物碱类化合物是乌头属植物的主要化学成分, 现代药理研究表明这些生物碱具有抗肿瘤、镇痛与麻醉等药理活性^[2-5]。尽管同属植物已有不少研究, 关于紫金龙化学成分的报道仍较少^[6]。鉴于乌头属二萜生物碱类化合物的极性都偏小^[7], 本论文针对紫金龙 60% 乙醇提取物, 采用色谱方法

对其低极性部位进行生物碱的富集, 并对所获得的部位进行系统的化学成分研究, 期望为明确紫金龙的药效物质奠定基础, 为其开发利用提供实验依据。

1 材料、仪器与试剂

1.1 材料

本研究所用紫金龙药材采自贵阳市郊并经贵阳医学院药学院生药教研室龙庆德副教授鉴定为毛茛科乌头属植物深裂黄草乌 *Aconitum vilmorinianum* var. *altifidum* W. T. Wang 的根。

薄层层析硅胶 GF₂₅₄、柱层析硅胶(青岛海洋化工厂), Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶(瑞士 Pharmacia Biotech 公司), DI01 大孔吸附树脂(天津市海光化工有限公司), 柱层析中性氧化铝(上海五四化学试剂); 所用试剂均为分析纯。

收稿日期: 2014-11-04 接受日期: 2015-03-17

基金项目: 贵州省中药现代化项目(2011-5028); 贵州省科技计划课题(2012-017); 国家科技支撑计划课题(2013BAI11B01); 贵州省中药现代化专项项目(2013-5062)

* 通讯作者 Tel: 86-851-6908899; E-mail: gywyl@gmc.edu.cn

1.2 仪器

JEOL ECX 400 MHz 核磁共振波谱仪(日本电子株式会社 JEOL); EL204 万分之一天平(上海梅特勒-拖利多仪器); ZB-0.12/8 直联式空气压缩机(福建华达机械); OSB-2100 旋转蒸发仪(日本 EYELA) 东京理化器械株式会社; 三用紫外线分析器(上海顾村光电仪器)。Bruker Daltonics microTOF-Q II 质谱仪(德国 Bruker 公司)。Agilent Technologies 7890A 气相色谱系统(美国 Agilent 公司)。

1.3 试剂

实验所用石油醚、氯仿、乙酸乙酯、丙酮、乙醇、甲醇均为分析纯, 高效液相用甲醇为色谱纯, TLC 显色剂为改良碘化铯钾溶液。

2 提取与分离

紫金龙药材 9.5 kg, 干燥粉碎, 用 60% 乙醇回流提取三次(依次为药材质量的 8 倍、6 倍和 6 倍), 每次 2 h, 合并提取液, 减压浓缩, 回收溶剂得浸膏。将浸膏溶于适量水中, 用 D101 大孔吸附树脂吸附, 依次用蒸馏水、60% 乙醇和 95% 乙醇进行洗脱, 收集洗脱液。经液相及 TLC 检测, 生物碱成分主要集中在 60% 乙醇及 95% 乙醇部分, 故将 60% 乙醇及 95% 乙醇大孔树脂洗脱组分合并(共 450 g), 用中性氧化铝吸附, 分别用氯仿、氯仿-甲醇(1:1)、甲醇-水(1:1)梯度洗脱, 得氯仿(组分 1)、氯仿甲醇(组分 2)和甲醇-水(组分 3)三个组分。组分 1 经 Sephadex LH-20、碱性氧化铝及反复硅胶柱色谱分离, 得到化合物 1~8。

3 结构鉴定

化合物 1 白色粉末(丙酮), 碘化铯钾显色反应呈阳性, 提示化合物 1 可能为生物碱类化合物。HR-ESI-MS m/z : 392.2780 $[M+H]^+$, 分子式为 $C_{23}H_{37}O_4N$ ($[M+H]^+$ 计算值: 392.2801), 1H NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 0.72 (3H, s, C_4-CH_3), 1.03 (3H, t, $J = 7.0$ Hz, N- CH_2CH_3), 3.28 (3H, s, C_1-OCH_3), 3.33 (3H, s, $C_{16}-OCH_3$), 3.62 (1H, s, C_8-OH), 4.13 (1H, q, $J = 4.5$ Hz, H-14 β), 4.80 (1H, d, H-14 α); ^{13}C NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ : 86.7 (C-1), 82.2 (C-16), 75.6 (C-14), 72.9 (C-8), 62.6 (C-17), 56.8 (C-19), 56.5 ($C_{16}-OCH_3$), 56.4 (C_1-OCH_3), 50.8 (C-11), 49.5 (N- CH_2CH_3), 48.9 (C-9), 47.0 (C-7), 45.8 (C-5, C-13), 38.4 (C-15),

37.9 (C-3), 37.5 (C-10), 34.6 (C-4), 27.8 (C-18), 26.3 (C-2, C-12), 25.2 (C-6), 13.7 (N- CH_2CH_3)。 ^{13}C NMR 及 1H NMR 波谱数据与文献^[8]报道的 vilmorrianine D 数据基本一致, 因此化合物 1 鉴定为 vilmorrianine D。

化合物 2 无色晶体(甲醇), 碘化铯钾显色反应呈阳性, 提示化合物 2 可能为生物碱类化合物。HR-ESI-MS m/z : 404.2780 $[M+H]^+$, 分子式为 $C_{24}H_{37}O_4N$ ($[M+H]^+$ 计算值: 404.2801), 1H NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 5.35 (1H, d, $J = 5.9$ Hz, H-6), 1.38 (1H, dd, $J = 10.5, 6.1$ Hz, H-10), 1.31 (1H, dd, $J = 11.9, 2.9$ Hz, H-12 α), 2.72 (1H, br. s, H-13), 2.61 (1H, dd, $J = 15.3, 6.1$ Hz, H-15 α), 3.00 (1H, d, $J = 11.2$ Hz, H-17 β), 2.88 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-18 β), 3.06 (3H, d, $J = 8.9$ Hz, $C_{18}-OCH_3$), 2.47 (1H, d, $J = 11.2$ Hz, H-19 β), 1.02 (3H, t, $J = 7.1$ Hz, N- CH_2CH_3), 3.21 (3H, s, C_1-OCH_3), 3.27 (3H, s, $C_{16}-OCH_3$), 3.34 (3H, s, $C_{18}-OCH_3$); ^{13}C NMR ($CDCl_3$, 100 MHz) δ : 218.5 (C-14), 137.2 (C-5), 118.9 (C-6), 84.8 (C-1), 79.9 (C-16), 78.4 (C-18), 59.3 ($C_{18}-OCH_3$), 56.0 ($C_{16}-OCH_3$), 54.7 (C_1-OCH_3), 54.3 (C-19), 52.6 (C-N CH_2CH_3), 50.4 (C-17), 48.8 (C-13), 48.3 (C-9), 46.8 (C-8), 40.7 (C-11), 37.5 (C-4), 37.3 (C-15), 37.1 (C-10), 36.2 (C-12), 33.6 (C-3), 26.0 (C-2), 22.1 (C-7), 12.4 (N- CH_2CH_3)。 ^{13}C NMR 及 1H NMR 波谱数据与文献^[9]报道数据基本一致, 故鉴定该化合物为 hemsleyaconitine G。

化合物 3 白色粉末(丙酮), 碘化铯钾显色反应呈阳性, 提示化合物 3 可能为生物碱类化合物。HR-ESI-MS m/z : 374.2682 $[M+H]^+$, 分子式为 $C_{23}H_{35}O_3N$ ($[M+H]^+$ 计算值: 374.2695), 1H NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 5.36 (1H, d, $J = 5.9$ Hz, H-6), 3.37 (3H, s, $C_{16}-OCH_3$), 3.21 (3H, s, C_1-OCH_3), 1.65 (1H, dd, $J = 13.5, 5.5$ Hz, H-3 β), 1.04 (1H, dd, $J = 10.7, 6.3$ Hz, H-10), 1.32 (1H, dd, $J = 11.8, 4.4$ Hz, H-12 α), 2.72 (1H, br. s, H-13), 2.62 (1H, dd, $J = 14.9, 8.6$ Hz, H-15 β), 0.73 (1H, s, H-18), 2.45 (1H, d, $J = 14.0$ Hz, H-19 β), 1.02 (3H, t, $J = 7.1$ Hz, N- CH_2CH_3); ^{13}C NMR ($CDCl_3$, 100 MHz) δ : 218.6 (C-14), 137.3 (C-5), 119.2 (C-6), 85.1 (C-1), 80.0 (C-16), 58.0 (C-19), 56.0 ($C_{16}-OCH_3$), 54.7 (C_1-OCH_3), 52.5 (N-

CH₂CH₃), 49.8 (C-17), 48.8 (C-13), 48.4 (C-9), 46.8 (C-8), 41.3 (C-10), 41.2 (C-11), 39.1 (C-3), 37.4 (C-15), 36.3 (C-12), 33.5 (C-4), 26.3 (C-2), 26.0 (C-18), 22.7 (C-7), 12.5 (N-CH₂CH₃)。以上波谱数据与文献^[9]报道数据基本一致,故鉴定该化合物为 hemsleyaconitine F。

化合物 4 无色晶体(甲醇),碘化铋钾显色反应呈阳性,提示化合物 4 可能为生物碱类化合物。HR-ESI-MS m/z :556.3268 [M + H]⁺,分子式为 C₃₂H₄₅O₇N ([M + H]⁺ 计算值:556.3274),¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ:3.15 (1H, dd, J = 10.5, 6.6 Hz, H-1), 1.44 (1H, d, J = 7.1 Hz, H-5), 1.50 (1H, dd, J = 14.9, 8.1 Hz, H-6 α), 1.98 (1H, br. d, J = 7.8 Hz, H-7), 2.35 (1H, dd, J = 15.0, 5.9 Hz, H-12 β), 2.63 (1H, dd, J = 6.7, 5.4 Hz, H-13), 5.12 (1H, t, J = 4.7 Hz, H-14), 2.97 (1H, br. s, H-17), 0.78 (3H, s, H-18 α), 1.05 (3H, t, J = 7.0 Hz, N-CH₂CH₃), 3.17 (3H, s, C₁-OCH₃), 3.25 (3H, s, C₁₆-OCH₃), 7.55 (1H, d, J = 1.7 Hz, H-2'), 6.88 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-5'), 7.61 (1H, dd, J = 8.3, 1.7 Hz, H-6'), 3.90 (6H, s, C_{3'} 和 C_{4'}-OCH₃);¹³C NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ:166.3 (CO), 152.8 (C-4'), 148.5 (C-3'), 123.5 (C-6'), 123.1 (C-1'), 112.0 (C-2'), 110.3 (C-5'), 86.1 (C-1), 81.8 (C-16), 76.6 (C-14), 74.0 (C-8), 62.0 (C-17), 56.7 (C-19), 56.4 (C₁-OCH₃), 56.1 (C₁₆-OCH₃), 56.0 (C_{4'}-OCH₃), 55.9 (C_{3'}-OCH₃), 50.8 (C-7), 49.3 (N-CH₂CH₃), 49.0 (C-11), 46.6 (C-9), 45.3 (C-5), 45.3 (C-10), 41.0 (C-5), 37.8 (C-3), 36.6 (C-13), 34.5 (C-4), 28.6 (C-12), 26.8 (C-2), 26.4 (C-18), 25.4 (C-6), 13.6 (N-CH₂CH₃)。以上波谱数据与文献^[10]报道数据基本一致,故鉴定该化合物为 hemsleyaconitine A。

化合物 5 无色油状(丙酮),碘化铋钾显色反应呈阳性,提示化合物 5 可能为生物碱类化合物。HR-ESI-MS m/z :602.7347 [M + H]⁺,分子式为 C₃₃H₄₇O₉N ([M + H]⁺ 计算值:602.7355),¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ:1.22 (3H, t, J = 7.2 Hz, N-CH₂CH₃), 3.26 (3H, s, C₆-OCH₃), 3.31 (6H, s, C₁₆-OCH₃ 和 C₁₈-OCH₃), 3.89 (6H, s, C_{3'} 和 C_{4'}-OCH₃), 4.12 (1H, d, J = 6.4 Hz, H-6 β), 5.15 (1H, t, J = 4.4 Hz, H-14);¹³C NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ:165.8 (C-7'), 153.1 (C-4'), 148.7 (C-3'), 123.6 (C-

6'), 122.5 (C-1'), 112.1 (C-2'), 110.4 (C-5'), 83.0 (C-6), 81.5 (C-16), 79.8 (C-18), 76.5 (C-14), 74.6 (C-8), 71.8 (C-1), 63.4 (C-17), 59.2 (C₁₈-OCH₃), 58.0 (C₆-OCH₃), 56.8 (C_{3'}-OCH₃), 56.2 (C₁₆-OCH₃), 56.1 (C-19), 55.9 (C_{4'}-OCH₃), 53.4 (C-7), 50.0 (C-11), 48.8 (N-CH₂CH₃), 45.8 (C-9), 44.3 (C-5), 43.6 (C-10), 42.5 (C-15), 38.2 (C-4), 37.6 (C-13), 29.4 (C-3, C-12), 29.2 (C-2), 12.5 (N-CH₂CH₃)。以上波谱数据与文献^[11]报道数据基本一致,故鉴定该化合物为 14-O-veratrolylneoline。

化合物 6 白色粉末(丙酮),碘化铋钾显色反应呈阳性,提示化合物 6 可能为生物碱类化合物。HR-ESI-MS m/z :422.2893 [M + H]⁺,分子式为:C₂₄H₃₉O₅N ([M + H]⁺ 计算值:422.2906),¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ:2.40 (1H, br. s, H-10), 4.10 (1H, t, J = 4.9 Hz, H-14), 3.15 (1H, br. s, H-17), 1.03 (3H, t, J = 7.1 Hz, N-CH₂CH₃), 3.25 (3H, s, C₁-OCH₃), 3.28 (3H, s, C₁₆-OCH₃), 3.32 (3H, s, C₁₈-OCH₃);¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃) δ:86.3 (C-1), 82.2 (C-16), 79.4 (C-18), 75.6 (C-14), 72.8 (C-8), 63.0 (C-17), 59.5 (C₁₈-OCH₃), 56.5 (C₁₆-OCH₃), 56.4 (C₁-OCH₃), 53.2 (C-19), 49.6 (N-CH₂CH₃), 48.7 (C-11), 46.9 (C-9), 45.9 (C-7), 45.8 (C-5), 45.7 (C-10), 38.7 (C-4), 38.3 (C-15), 37.5 (C-13), 32.7 (C-3), 27.7 (C-12), 25.8 (C-2), 24.8 (C-6), 13.7 (N-CH₂CH₃)。¹³C NMR 及¹H NMR 波谱数据与文献^[12]报道的 talatisamine 数据基本一致,因此化合物 6 鉴定为 talatisamine。

复合物 7 黄色油状(甲醇),碘化铋钾显色反应呈阳性,提示该物质可能为生物碱类化合物。由 HR-ESI-MS m/z : 884.5830 (acyl = stearyl), 882.5681 (acyl = oleoyl), 880.5513 (acyl = linoleoyl), 856.5535 (acyl = palmitoyl) [M + H]⁺; 600.1208 [M-acyl]⁺ 数据可知,这是一个由母核完全相同的硬脂酸酯、油酸酯、亚麻酸酯和棕榈酸酯组成的复合物(7)。由于 NMR 图谱除了显示上述酰基对应的 NMR 数据外,仅显示一组 NMR 数据,提示这些化合物具有一致的骨架结构,且均在同一位置成酯。其核磁数据如下:¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ:1.07 (3H, br. t, J = 7.0 Hz, N-CH₂CH₃), 1.25 (br. s, (CH₂)_n), 2.76 (1H, t, J = 6.3 Hz, H-9), 3.14 (3H, s, C₁-OCH₃), 3.24 (3H, s, C₆-

OCH₃), 3.29 (3H, s, C₁₈-OCH₃), 3.54 (3H, s, C₁₆-OCH₃), 3.84 (3H, s, C_{4'}-OCH₃), 4.01 (1H, br. d, $J = 6.1$ Hz, H-6 β), 4.85 (1H, d, $J = 4.5$ Hz, H-14 β), 5.27-5.43 (m, acyl CH = CH), 6.90 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-3', 5'), 7.99 (2H, d, $J = 9.0$ Hz, H-2', 6'); ¹³C NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ : 173.2 (CO), 166.4 (C-7'), 163.9 (C-4'), 132.2 (C-2', 6'), 130.7, 130.4, 128.5, 128.3 (acyl C = C), 123.0 (C-1'), 114.2 (C-3', 5'), 85.8 (C-8), 84.0 (C-16), 83.6 (C-6), 82.7 (C-1), 79.0 (C-14), 75.1 (C-13), 72.2 (C-3), 62.1 (C-17), 59.6 (C₁₈-OCH₃), 59.3 (C₁₆-OCH₃), 58.4 (C₆-OCH₃), 56.3 (C_{4'}-OCH₃), 55.9 (C₁-OCH₃), 50.8 (C-11), 49.2 (N-CH₂CH₃), 49.0 (C-19), 48.0 (C-7), 47.4 (C-5), 45.2 (C-9), 43.5 (C-4), 41.3 (C-10), 40.3 (C-15), 35.2 (C-12), 33.8 (C-2), 32.4, 32.0, 30.2, 30.1, 29.8, 29.6, 29.4, 27.6, 26.1, 24.7, 23.0, (acyl CH₂), 14.6, 14.5 (acyl CH₃), 13.8 (N-CH₂CH₃)。且通过水解和甲基化,用 GC-MC 测定取代基中硬脂酸酯、油酸酯、亚麻酸酯和棕榈酸酯的相对含量,发现该复合物中上述四种脂肪酸酯的相对含量分别为 100%、37%、40% 和 32%。上述质谱、核磁和组成数据与文献^[13,14]报道的 lipoyunaconitine 的数据基本一致,故鉴定其为 lipoyunaconitine。

化合物 8 白色无定形粉末(甲醇),碘化铋钾显色反应呈阳性,提示化合物 **8** 可能为生物碱类化合物。HR-ESI-MS m/z : 588.3165 [M + H]⁺, 分子式为 C₃₂H₄₅O₉N ([M + H]⁺ 计算值: 588.3173), ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 2.64 (1H, t, $J = 5.2$ Hz, H-9), 5.34 (1H, d, $J = 4.8$ Hz, H-14), 2.74 (1H, br. s, H-17), 1.12 (1H, t, $J = 7.2$ Hz, H-22), 3.17 (3H, s, C₁-OCH₃), 3.34 (3H, s, C₁₆-OCH₃), 3.51 (3H, s, C₁₈-OCH₃), 3.68 (3H, s, C_{4'}-OCH₃); ¹³C NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ : 163.9 (CO), 163.0 (C-4'), 136.4 (C-2', 6'), 122.0 (C-1'), 119.2 (C-3', 5'), 84.4 (C-1, 5), 82.6 (C-16), 80.0 (C-14), 79.0 (C-18), 76.2 (C-13), 75.4 (C-8), 60.9 (C-17), 60.0 (C₁₈-OCH₃), 59.5 (C₁₆-OCH₃), 56.0 (C₁-OCH₃), 55.0 (C_{4'}-OCH₃), 54.6 (C-19), 50.8 (N-CH₂CH₃), 48.7 (C-11), 47.8 (C-9), 45.8 (C-7), 41.1 (C-15), 40.2 (C-4), 37.0 (C-12), 36.0 (C-10), 35.8 (C-6), 28.9 (C-3), 25.3 (C-2), 13.0 (N-CH₂CH₃)。以上波谱数据与文献^[15]报道数据基

本一致,故鉴定该化合物为 hemsleyadine。

参考文献

- 1 Drug Administration of Guizhou Province (贵州省药品监督管理局). Quality Standards of Chinese and Ethnic Medicinal Materials in Guizhou Province (Ed. 2003) (贵州省中药材、民族药材质量标准). Guiyang: Scientific and Technical Publishers, 2003: 368.
- 2 Su F (苏帆). Clinical application and research development of lappaconitine. *Clin J Pain* (实用疼痛学杂志), 2009, 5: 50-54.
- 3 Li WL (李文兰), Yu YY (于莹莹), Zhao P (赵培), et al. Pharmacodynamic study on anti-inflammation and pain-relieving effects of total alkaloids plaster. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2008, 20: 339-342.
- 4 Liu MP (刘铭佩). Studies on the mechanism of analgesic action of total alkaloids of *Aconitum sungpanense* Hand-mazz. *Pharm Clin Chin Med* (中药药理与临床), 2007, 23: 36-37.
- 5 Ai C (艾嫦), Zhu YY (朱妍妍), Zhao CQ (赵长琦), et al. Recent advances on chemical constituents, pharmacological study and the endophytes of the Genus *Aconitum*. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2012, 2: 248-259.
- 6 Zhang JM (张嘉岷), Wu FE (吴凤镠), Wang MK (王明奎), et al. Diterpenoid alkaloids from *Aconitum Vilmorinianum* var. *Altifidum*. *Acta Bot Sin* (植物学报), 1997, 39: 582-584.
- 7 Xue J (薛姣), Yang CH (杨春华), Liu JH (刘静涵), et al. Recent advance of diterpenoid alkaloids in genus *Aconitum*. *Strait Pharm J* (海峡药学), 2009, 21(2): 1-10.
- 8 Kang CM (康长明). Study of chemical constituents of *Aconitum handelianum* Comber and the structure modification of diterpenoid alkaloids. Kunming: Yunnan University (云南大学). MSc. 2011.
- 9 Shen Y, Zuo AX, Jiang ZY, et al. Hemsleyaconitines F and G, Two Novel C₁₉-Diterpenoid Alkaloids Possessing a Unique Skeleton from *Aconitum hemsleyanum*. *Helv Chim Acta*. 2011, 94: 268-272.
- 10 Shen Y, Zuo AX, Jiang ZY, et al. Five New C₁₉-Diterpenoid Alkaloids from *Aconitum hemsleyanum*. *Helv Chim Acta*, 2010, 93: 482-489.
- 11 Shim SH, Kim JS, Kang SS. Norditerpenoid Alkaloids from the Processed Tubers of *Aconitum carmichaeli*. *Chem. Pharm. Bull.* 2003, 51: 999-1002.
- 12 Hiromitsu T, Yukio H, Keiichi Y. On the Alkaloidal Constituents of *Aconitum sanyoense* N_{AKIA} var. *tonense* N_{AKAI}. *Chem. Pharm. Bull.* 1992, 40: 2927-2931.