

[12] 白钢钢,袁斐,毛坤军,等. 明党参根皮化学成分研究[J]. 中草药, 2014, 45(12): 1673-1676.

[13] Woo E R, Piao M S. Antioxidative constituents from *Lycopus lucidus*[J]. *Arch Pharm Res*, 2004, 27(2): 173-176.

[14] 唐维,叶勇树,王国才,等. 广陈皮水提物的化学成分分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(4): 30-33.

[15] 彭勃,任钧国,刘建勋. 石见穿化学成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(7): 82-84.

[16] 周俊,黄超冠,余一江,等. 滨藜叶分药花化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(6): 1108-1113.

[17] 王玮,俞佳新. 大黄药化学成分[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(6): 1108-1113.

[18] 张援虎,胡峻,石任兵,等. 荆芥化学成分的研究[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(13): 1118-1119.

[19] 张丽,冯有龙,丁安伟. 荆芥化学成分的研究[J]. 中药材, 2001, 24(3): 183-184.

[20] Zhang T, Su J, Guo B, *et al.* Ursolic acid alleviates early brain injury after experimental subarachnoid hemorrhage by suppressing TLR4-mediated inflammatory pathway[J]. *Int Immunopharmacol*, 2014, 23(2): 585-591.

[21] 肖志彬,贾韩学,刘小雷. β -谷甾醇药理活性的研究现状[J]. 世界最新医学信息文摘, 2015, 15(8): 66-68.

[22] 黄莎华,黄梦媛,贾学顺,等. 补骨脂酚的化学与生物学研究进展[J]. 有机化学, 2014, 34(12): 2412-2423.

[23] 钱俊臻,王伯初. 橙皮苷的药理作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(1): 176-180.

血水草化学成分的研究

朱佩红¹, 李艳艳¹, 龚焕², 曹晖³, 肖艳华^{1*}

(1. 武汉工程大学化工与制药学院, 绿色化工过程省部共建教育部重点实验室, 湖北省新型反应器与绿色化工工艺重点实验室, 湖北 武汉 430073; 2. 武汉工程大学化学与环境工程学院, 湖北 武汉 430073; 3. 凯里学院化学系, 贵州 凯里 556000)

摘要: **目的** 研究血水草 *Eomecn chionantha* Hance 的化学成分。**方法** 采用硅胶、C₁₈、Sephadex LH-20 柱、重结晶, 对血水草 75% 乙醇提取物的石油醚和氯仿部位进行分离纯化, 通过波谱数据对所得化合物的结构进行鉴定。**结果** 从中分离得到 7 个化合物, 分别鉴定为白屈菜红默碱 (1)、 β -香树脂醇 (2)、6-酮基二氢白屈菜红碱 (3)、(1'*E*)-6-(3"-甲氧基-4"羟基苯基乙烯基) 二氢血根碱 (4)、普罗托品 (5)、博落回碱 (6)、6-羟基二氢白屈菜红碱 (7)。**结论** 化合物 2~4、6~7 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 血水草; 化学成分; 分离鉴定

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2017)05-0980-04

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2017.05.020

Chemical constituents from *Eomecn chionantha*

ZHU Pei-hong¹, LI Yan-yan¹, GONG Huan², CAO Hui³, XIAO Yan-hua^{1*}

(1. Ministry of Education Key Laboratory for Green Chemical Process Co-founded by Province and Ministry; Hubei Provincial Key Laboratory of Novel Reactor & Green Chemical Technology; School of Chemical Engineering & Pharmacy, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430073, China; 2. School of Chemistry and Environmental Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430073, China; 3. Department of Chemistry, Kaili University, Kaili 556000, China)

ABSTRACT: AIM To study the chemical constituents from *Eomecn chionantha* Hance. **METHODS** The petroleum ether and chloroform fractions of *E. chionantha* 75% ethanol extract were isolated and purified by silica, C₁₈, Sephadex LH-20 column and recrystallization, then the structures of obtained compounds were identified by spectral data. **RESULTS** Seven compounds were isolated and identified as chelerythridimerine (1), β -amyrin

收稿日期: 2016-09-28
基金项目: 贵州省科学技术厅资助项目 (S2013JP00401146212)
作者简介: 朱佩红 (1991—), 女, 硕士生, 从事天然产物分离研究。E-mail: 981724967@qq.com
***通信作者:** 肖艳华 (1971—), 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 从事中草药提取与分离研究。Tel: 15337104642, E-mail: xyhdzp@

(2), 6-acetyldihydrochelerythrine (3), (1'E)-6-(3"-methoxy-4"-hydroxyphenyl) ethenyldihydrochelerythrine (4), protopine (5), bocconoline (6), 6-hydroxydihydrochelerythrine (7). **CONCLUSION** Compounds 2 – 4, 6 – 7 are isolated from this plant for the first time.

KEY WORDS: *Eomecn chionantha* Hance; chemical constituents; isolation and identification

血水草 *Eomecn chionantha* Hance 是罂粟科血水草属多年生草本植物, 为我国特有品种, 广泛分布于浙江、江西、四川、湖南、安徽、福建等温热地区, 其性寒、微苦、有小毒, 具有清热解毒, 活血止血之功效, 外用于湿疹、疮疖、毒蛇咬伤、跌打损伤, 内用于劳伤腰痛、肺结核等症状, 此外还可以用于杀钉螺和日本血吸虫^[1]。

目前, 已从其根茎中分离得到白屈菜红碱、氧化血根碱、原托品碱、白屈菜红默碱、羽扇豆醇乙酸酯^[2]; 杜方麓等^[3]从其地上部分分离得到 β -香树脂醇乙酸酯、 β -谷甾醇等成分, 并通过 GC-MS 法确定了 21 种成分, 包括 2 种酯类、2 种酸类、16 种烷烃类、1 种烯烃类。本实验将对血水草醇提取物继续进行化学成分研究, 共得到 7 个化合物, 充实了相关领域的研究。

1 材料与仪器

血水草采自贵州省雷山县方祥乡, 经贵州省雷山县百佳尚品农业开发综合有限公司杨仕工程师鉴定为罂粟科血水草属植物血水草 *E. chionantha* Hance。RE-2000 旋转蒸发器 (上海亚荣生化仪器厂); ZF-20D 暗箱式紫外分析仪、紫外可见分光光度计 (巩义予华仪器有限责任公司); SHz-D (Ⅲ) 环水式真空泵 (巩义市英峪予华仪器厂); KQ5200B 超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司); FT-IR 红外光谱仪 (美国 Perkin-Elmer 公司); VX-400 核磁共振仪 (美国瓦力公司); 柱层析硅胶 (青岛海洋化工有限公司); LH-20 凝胶 (北京百草科技发展有限公司)。石油醚 (60 ~ 90 °C)、乙酸乙酯、甲醇、乙醇均购自国药集团化学试剂有限公司。

2 提取与分离

将 12 kg 血水草粉碎后加入 30 L 75% 乙醇, 充分搅拌, 浸泡一周后取出, 抽提浓缩, 滤渣继续用 75% 乙醇浸泡, 重复 4 次, 合并醇提物, 浓缩得到浸膏, 滤渣再用 pH 为 1 的盐酸浸泡提取, 3 d/次, 重复 2 次, 过滤后将滤液碱化至 pH 8 ~ 9, 滤饼与浸膏合并。将浸膏用水分散, 稀释过滤, 依次用石油醚萃取 4 次、氯仿萃取 3 次, 减压浓缩萃取液, 得到石油醚浸膏 49.63 g、氯仿浸膏 158.15 g。

石油醚浸膏过硅胶柱 (8 cm × 60 cm, 100 ~ 200 目), 石油醚: 乙酸乙酯 (100: 0 → 0: 100) 梯度洗脱, TLC 显色合并, 得到 6 个流份 Fr. A ~ F。Fr. A (1.2 g) 经硅胶柱 (石油醚: 乙酸乙酯 60: 1 → 10: 1) 得到 3 个流份 A1 ~ A3, A2 丙酮重结晶得化合物 4 (18 mg); Fr. C (2.0 g) 采用 C₁₈ 柱 (甲醇: 水 10: 90 → 100: 0) 洗脱, 得到组分 B1 ~ B2, B2 重结晶得化合物 2 (9 mg); Fr. D (2.7 g) 过 C₁₈ 柱 (甲醇: 水 10: 90 → 100: 0) 得 3 个组分 C1 ~ C3, C2 经 Sephadex LH-20 凝胶柱得化合物 1 (15 mg) 和 3 (20 mg)。

氯仿浸膏过氧化铝色谱柱 (8 cm × 60 cm, 100 ~ 200 目), 氯仿: 甲醇 (100: 1 → 1: 1) 梯度洗脱, TLC 显色合并, 得到 4 个流份 Fr. H ~ K。Fr. H (1.1 g) 过硅胶柱 (二氯甲烷: 甲醇 80: 1 → 30: 1), 得到 5 个流份 H1 ~ H5, H4 和 H5 经 Sephadex LH-20 凝胶柱纯化, 分别得到化合物 6 (12 mg) 和 7 (15 mg); Fr. K 经硅胶柱 (二氯甲烷: 甲醇 50: 1 → 10: 1), 得到 5 个流份 K1 ~ K5, K3 (1.2 g) 甲醇重结晶得化合物 5 (800 mg)。

3 结构鉴定

化合物 1: 白色无定形粉末, 不溶于石油醚、氯仿, 微溶于甲醇, 易溶于 DMSO, 紫外 (365 nm) 下显蓝色荧光, 磷钼酸、10% H₂SO₄-EtOH 喷雾均不显色。UV $\lambda_{\max}$ (MeOH) nm: 210, 234, 284, 323, 表明结构中存在萘环和喹啉环结构^[4]; IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm⁻¹: 2 947.15, 1 657.48, 1 600.00, 1 450.43, 1 032.33, 665.64。¹H-NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 7.75 (2H, d, *J* = 8.9 Hz, H-11, 11'), 7.66 (2H, d, *J* = 8.9 Hz, H-12, 12'), 7.51 (2H, s, H-4, 4'), 7.19 (2H, d, *J* = 8.6 Hz, H-10, 10'), 7.06 (2H, s, H-1, 1'), 6.76 (2H, d, *J* = 8.6 Hz, H-9, 9'), 6.07 (4H, s, H-13, 13'), 4.61 (4H, s, H-15, 15'), 3.83 (12H, s, H-16, 16', 17, 17'), 2.60 (6H, s, H-14, 14')。¹³C-NMR (150 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 209.7 (C-17), 152.2 (C-7, 7'), 147.9 (C-2, 2'), 147.4 (C-3, 3'), 144.2 (C-8, 8'), 139.0 (C-4b, 4b'), 131.4 (C-12a, 12a'), 127.0 (C-4a, 4a'), 125.3 (C-10b, 10b'),

122.6 (C-6a, 6a'), 122.5 (C-12, 12'), 120.1 (C-10, 10'), 119.8 (C-11, 11'), 108.4 (C-9, 9'), 104.3 (C-1, 1'), 100.9 (C-4, 4'), 101.4 (C-13, 13'), 60.7 (C-18, 18'), 56.2 (C-19, 19'), 40.3 (C-14, 14'), 45.0 (C-6, 6'), 42.6 (C-15, 15')。以上数据与文献[5]一致, 鉴定为白屈菜红默碱。

化合物2: 无色针状晶体, 溶于氯仿, 在紫外下不显色, 碘缸内显色, 磷钼酸喷雾显蓝色, 10% H₂SO₄-EtOH 喷雾显紫红色, 为三萜类化合物。UV $\lambda_{\max}$ (MeOH) nm: 206, IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm⁻¹: 3 415.44, 2 920.70, 2 844.33, 1 648.56, 1 384.29, 720.21。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 0.97 ~ 1.30 (24H, s, -CH₃ × 8), 1.88 ~ 2.07 (4H, t, *J* = 16.0 Hz, H-6, 7), 3.21 (1H, t, *J* = 13.3 Hz, H-3), 5.07 (1H, t, *J* = 3.2 Hz, H-12)。¹³C-NMR (100 MHz, DMSO-*d*₆) δ : 145.4 (C-13), 121.5 (C-12), 79.8 (C-3), 55.4 (C-5), 51.0 (C-17), 49.1 (C-9), 48.0 (C-14), 47.2 (C-18), 46.7 (C-19), 37.2 (C-20), 36.7 (C-22), 37.5 (C-24), 39.0 (C-4), 37.7 (C-8), 37.6 (C-1), 37.2 (C-10), 33.5 (C-15), 32.3 (C-16), 29.4 (C-7), 26.8 (C-2), 28.5 (C-29), 28.0 (C-21), 27.8 (C-25), 23.6 (C-26), 24.1 (C-23), 22.0 (C-27), 20.9 (C-11), 18.3 (C-6), 14.8 (C-28), 14.7 (C-30)。以上数据与文献[6]一致, 鉴定为 β -香树脂醇。

化合物3: 白色方晶, 不溶于石油醚, 微溶于丙酮、甲醇, 易溶于氯仿, 紫外(254 nm)显紫色荧光, 碘缸内显色, 碘化铋钾喷雾显橙色。UV $\lambda_{\max}$ (CH₂Cl₂) nm: 229, 286, 321。为苯菲啶类生物碱; IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm⁻¹: 3 441.84, 2 972.92, 2 939.26, 1 708.08, 1 600.34, 1 493.16, 1 462.82。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.71 (1H, d, *J* = 12.0 Hz, H-12), 7.54 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-11), 7.50 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-10), 7.49 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-10), 7.09 (1H, s, H-4), 6.93 (1H, d, *J* = 12.0 Hz, H-9), 6.03 (2H, s, -OCH₂O), 5.03 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-6), 3.94, 3.91 (6H, d, *J* = 12.0 Hz, -OCH₃ × 2), 2.63 (3H, s, -NCH₃), 2.63 (1H, s, H-13b), 2.24 (1H, dd, *J* = 12.0, 4.0 Hz, H-13a), 2.06 (3H, s, -COCH₃)。¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 207.0 (C-16), 151.2 (C-7), 147.6 (C-2), 147.1 (C-

3), 145.1 (C-8), 138.9 (C-4b), 130.1 (C-12a), 127.6 (C-4a), 124.0 (C-6a), 123.4 (C-10b), 122.6 (C-12), 118.7 (C-11), 118.4 (C-10), 111.1 (C-9), 103.9 (C-1), 100.3 (C-13), 100.1 (C-4), 60.3 (C-18), 59.6 (C-19), 54.8 (C-6), 46.4 (C-15), 42.3 (C-14), 30.6 (C-17)。以上数据与文献[7]一致, 鉴定为6-酮基二氢白屈菜红碱。

化合物4: 白色粉末, 不溶于丙酮、甲醇, 易溶于氯仿, 紫外(254 nm)显紫色荧光, 碘化铋钾喷雾显橙色。IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm⁻¹: 3 447.17, 2 925.77, 1 624.61, 1 493.99, 1 463.44, 1 241.69, 1 040.37。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.61 (1H, s, H-4), 7.55 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-11), 7.46 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-12), 7.39 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-10), 7.01 (1H, s, H-1), 6.91 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-9), 6.81 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5''), 6.09, 6.03 (2H, brs, -OCH₂O), 5.90 (2H, brs, -OCH₂O), 5.99 (1H, dd, *J* = 11.2, 4.0 Hz, H-1'), 5.96 (1H, dd, *J* = 11.2, 4.0 Hz, H-2'), 5.01 ~ 5.11 (1H, d, *J* = 4.0 Hz, H-6), 3.89 (3H, s, -OCH₃), 2.64 (3H, s, -NCH₃)。¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 152.1 (C-3), 147.9 (C-8), 147.4 (C-2), 147.1 (C-3'), 145.3 (C-7), 144.3 (C-4'), 139.6 (C-4b), 131.1 (C-12a), 130.6 (C-2'), 128.4 (C-1''), 127.3 (C-4a), 124.7 (C-1'), 123.6 (C-10a), 123.4 (C-10b), 120.1 (C-12), 120.0 (C-5''), 119.6 (C-11), 118.9 (C-10), 116.5 (C-6a), 116.3 (C-6''), 111.4 (C-2''), 107.3 (C-9), 104.4 (C-1), 101.5 (C-13), 100.9 (C-15), 100.4 (C-4), 61.0 (C-6), 55.5 (C-7''), 42.8 (C-14)。以上数据与文献[8]一致, 鉴定为(1'*E*)-6-(3''-甲氧基-4''羟基苯基乙烯基)二氢血根碱。

化合物5: 无色固体, 难溶于丙酮、甲醇, 易溶于氯仿, 碘化铋钾喷雾显橙色。IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm⁻¹: 3 066.51, 2 933.23, 2 832.28, 1 672.81, 1 612.79, 1 508.48, 1 488.81, 1 440.70, 1 260.12, 238.94。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 6.90 (1H, s, H-1), 6.66 (2H, d, *J* = 4.0 Hz, H-11, 12), 6.64 (1H, s, H-4), 5.94 (2H, s, brs, -OCH₂O), 5.91 (2H, s, brs, -OCH₂O), 3.79 ~ 2.53 (8H, m, H-5, 6, 8, 13), 1.91 (3H, s, -NCH₃)。¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 148.0 (C-

3), 146.3 (C-2), 146.0 (C-9), 145.9 (C-10), 136.1 (C-4a), 132.7 (C-14a), 128.9 (C-12a), 125.0 (C-12), 117.9 (C-8a), 110.4 (C-4), 108.0 (C-1), 106.7 (C-11), 101.1 (C-15), 100.8 (C-17), 57.8 (C-6), 50.9 (C-8), 48.4 (C-13), 41, 4 (C-16), 31.7 (C-5)。以上数据与文献 [9] 报道一致, 鉴定为普罗托品。

化合物 6: 白色粉末, 难溶于丙酮、甲醇, 易溶于氯仿, 碘缸显色, 碘化铋钾阳性反应。IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm^{-1} : 3 449.91, 2 926.80, 1 601.42, 1 492.89, 1 463.44, 1 415.29, 1 267.49, 1 239.87。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.57 (1H, d, $J=8.0$ Hz, H-11), 7.45 (2H, d, $J=8.0$ Hz, H-10, 12), 7.38 (1H, s, H-4), 7.09 (1H, s, H-1), 6.90 (1H, d, $J=8.0$ Hz, H-9), 5.97 (2H, brs, $-\text{OCH}_2\text{O}$), 5.15 (1H, s, H-6), 3.95 (3H, s, $-\text{OCH}_3$), 3.90 (3H, s, $-\text{OCH}_3$), 2.59 (2H, s, H-15, 15'), 2.45 (3H, s, $-\text{NCH}_3$)。 $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 152.1 (C-8), 147.9 (C-3), 147.4 (C-2), 145.5 (C-7), 139.3 (C-4b), 130.9 (C-12a), 128.4 (C-4a), 127.3 (C-6a), 124.9 (C-10a), 123.6 (C-12), 123.1 (C-10b), 119.7 (C-11), 118.6 (C-10), 111.4 (C-9), 104.1 (C-1), 100.8 (C-13), 100.5 (C-4), 60.9 (C-15), 60.7 (C-17), 55.8 (C-6), 54.3 (C-16), 42.6 (C-14)。以上数据与文献 [10] 一致, 鉴定为博落回碱。

化合物 7: 无色粉末, IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm^{-1} : 3 453.82, 2 924.17, 1 659.02, 1 611.06, 1 499.66, 1 467.13。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.71 (1H, d, $J=8.0$ Hz, H-11), 7.29 (1H, d, $J=8.0$ Hz, H-12), 7.18 (1H, s, H-4), 7.06 (1H, s, H-1), 6.78 (1H, d, $J=8.0$ Hz, H-10), 6.54 (1H, d, $J=8.0$ Hz, H-9), 6.07 (2H, brs, $-\text{OCH}_2\text{O}$), 5.97 (1H, s, H-6), 3.91 (3H, s, $-\text{OCH}_3$), 3.89 (3H, s, $-\text{OCH}_3$), 2.98 (3H, s, $-\text{NCH}_3$)。 $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 152.0 (C-8), 149.3 (C-3), 148.1 (C-2), 146.7 (C-7), 135.8 (C-4b), 135.6 (C-12a), 133.4 (C-6a), 131.2 (C-4a), 128.7 (C-10a), 127.8 (C-10b), 125.0 (C-12), 118.6 (C-10), 104.3 (C-11), 118.5 (C-9), 104.3 (C-1), 99.0 (C-4), 101.4 (C-13), 77.6 (C-6), 61.4 (C-15), 55.8 (C-16),

33.0 (C-14)。以上数据与文献 [11] 一致, 鉴定为 6-羟基二氢白屈菜红碱。

4 讨论

三萜和生物碱均具有广泛的药理活性, 其中三萜及其皂苷有抗炎、抗肿瘤、抗菌、抗病毒等作用, 另外还可降低胆固醇、抗生育、杀软体动物; 苯菲啶类生物碱具有较强的抗肿瘤活性, 还与小牛胸腺 DNA 具有较强的相互作用^[12-13]。本实验从血水草中分离得到了上述两类成分, 可为相关领域的研究提供一定资料。

参考文献:

[1] 明·李时珍. 本草纲目[M]. 延边: 延边人民出版社, 2007: 71.
[2] 杜方麓, 陈胜璜, 阳长明, 等. 血水草的化学成分研究[J]. 中草药, 1993, 21(4): 1771.
[3] 张 艳. 血水草地上部分的成分研究[D]. 长沙: 湖南中医学院, 2005: 10-11.
[4] 令 芝, 龚淑玲, 何永炳. 有机化合物波谱分析[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2010: 27.
[5] 杜方麓. 血水草化学成分研究[J]. 中草药, 1993, 24(4): 177-179.
[6] 杨书慧, 田 瑄. 秀雅杜鹃化学成分的研究[J]. 西北植物学报, 2007, 7(2): 364-370.
[7] Martinez-Martinez F J, Padilla-Martinez I I, Hernandez-Carlos B, et al. X-ray diffraction and total ^1H and ^{13}C NMR assignment of (*R*, *S*)-5, 6-dihydro-7, 8-dimethoxy-5-methyl-6-(2-oxopropyl)-2-(2, 3-methylenedioxyphenyl)-[c]-phenanthridine [(*R*, *S*)-6-acetonyldihydrochelerythrine][J]. *J Chem Crystallogr*, 2002, 32(3-4): 63-68.
[8] Deng A J, Qin H L. Cytotoxic dihydrobenzophenanthridine alkaloids from the roots of *Macleaya microcarpa*[J]. *Phytochemistry*, 2010, 71(7): 816-822.
[9] 廖惠平, 欧阳辉, 黄陆强, 等. 夏天无的化学成分研究[J]. 中草药, 2014, 45(21): 3067-3070.
[10] Tarus P K, Coombes P H, Crouch N R, et al. Benzo[c]phenanthridine alkaloids from stem bark of the Forest Knobwood, *Zanthoxylum davyi* (Rutaceae)[J]. *S Afr J Bot*, 2006, 72(4): 555-558.
[11] Aacute S, Aacute R, Pavl I, et al. Structural studies of benzo-phenanthridine alkaloid free bases by NMR spectroscopy[J]. *Magn Reson Chem*, 2002, 40(2): 147-152.
[12] 冯 锋, 叶冯芝, 李彩莲, 等. 博落回中两个新苯并菲啶类异喹啉生物碱[J]. 中国天然药物, 2012, 10(5): 378-382.
[13] 聂兵坤, 潘学成, 戴支凯, 等. 苯并菲啶类化合物的合成与生物活性[J]. 广西师范大学学报: 自然科学版, 2012, 30(1): 60-66.