

DOI:10.3724/SP.J.1008.2009.00937

头花蓼化学成分的研究(I)

杨阳^{1,2}, 蔡飞^{1,2}, 杨琦^{1,2}, 杨颖博^{2,3}, 孙连娜^{2*}, 陈万生^{1*}

1. 第二军医大学长征医院药学部, 上海 200003
2. 第二军医大学药学院生药学教研室, 上海 200433
3. 吉林农业大学中药材学院, 长春 130118

[摘要] **目的:**研究头花蓼的化学成分。**方法:**采用反复硅胶柱层析和葡聚糖凝胶柱层析的色谱方法分离纯化头花蓼的化学成分,并根据理化性质和波谱数据进行结构鉴定。**结果:**从头花蓼的石油醚萃取部位分离鉴定了14个化合物,分别为二十三烷醇(I),二十五烷醇(II),二十二烷酸(III),二十四烷酸(IV),十六烷酸-2,3-二羟基丙酯(V),二十二烷酸-2,3-二羟基丙酯(VI),齐墩果酸(VII),乌苏酸(VIII),二十八烷基-1,27-二烯(IX),阿魏酸二十二酯(X), β -谷甾醇(XI),二十三烷(XII),十六烷酸(XIII),亚油酸(XIV)。**结论:**化合物I~X为从头花蓼中首次分离得到,化合物IX、X为从蓼属中首次分离得到。

[关键词] 头花蓼;蓼属;化学成分;分离和提纯;结构鉴定

[中图分类号] R 282.71 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2009)08-0937-04

Study on chemical constituents of *Polygonum capitatum* Buch.-Ham. ex D. Don (I)

YANG Yang^{1,2}, CAI Fei^{1,2}, YANG Qi^{1,2}, YANG Ying-bo^{2,3}, SUN Lian-na^{2*}, CHEN Wan-sheng^{1*}

1. Department of Pharmacy, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China
2. Department of Pharmacognosy, School of Pharmacy, Second Military Medical University, Shanghai 200433
3. College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118

[ABSTRACT] **Objective:** To study the chemical constituents of *Polygonum capitatum*. **Methods:** Isolation and purification of the chemical constituents were carried out repeatedly by silica gel column and Sephadex gel column chromatography. The structures of compounds were identified by physical-chemical methods and spectral data. **Results:** Fourteen compounds were identified from the petroleum ether fraction of *P. capitatum*: tricosanol (I), pentacosanol (II), docosanoic acid (III), lignoceric acid (IV), hexadecanoic-2,3-dihydroxy-propyleste (V), docosanoic-2,3-dihydroxypropyleste (VI), oleanolic acid (VII), ursolic acid (VIII), octacosyl-1,27-diene (IX), docosyl ferulate (X), β -sitosterol (XI), tricosane (XII), hexadecanoic acid (XIII), and linoleic acid (XIV). **Conclusion:** Compounds I-X are obtained from *P. capitatum* for the first time. Compounds IX and X are obtained from *Polygonum* for the first time.

[KEY WORDS] *Polygonum capitatum* Buch.-Ham. ex D. Don; *Polygonum*; chemical constituents; isolation and purification; structure identification

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2009, 30(8): 937-940]

头花蓼 (*Polygonum capitatum* Buch.-Ham. ex D. Don) 为蓼科 (*Polygonaceae*) 蓼属 (*Polygonum*) 头状蓼组 (*Cephalophilon*) 植物, 又名四季红、石莽草、红酸杆、太阳草、水绣球, 主要产自我国江西、湖南、湖北、四川、贵州、云南等地, 全草入药, 味苦、辛, 性凉, 归肾、膀胱经, 具有清热利湿、解毒止痛、和血散瘀、利尿通淋的功效, 民间常用头花蓼全草或地上部位治疗泌尿系统感染、血尿、湿疹、肾盂

肾炎、膀胱炎、尿路结石、风湿痛、跌打损伤、疮痍、疮疡、腹泻、痢疾等症^[1-2]。

有关头花蓼的化学成分文献报道较少, 主要为挥发油、酚酸类、黄酮类化合物等^[3-6]。为了全面考察头花蓼的化学成分, 寻找具有活性的单体化合物, 深入开发利用其药用资源, 本课题组对其化学成分进行了较为系统的研究, 采用反复硅胶柱层析和葡聚糖凝胶柱层析的色谱方法从头花蓼乙醇提取物的

[收稿日期] 2009-01-06 **[接受日期]** 2009-02-24

[作者简介] 杨阳, 硕士生. E-mail: newyyang@163.com

* 通讯作者 (Corresponding authors). Tel: 021-81871308, E-mail: sssnmr@yahoo.com.cn; Tel: 021-81886181, E-mail: chenws@vnet.citiz.net

石油醚萃取部位分离得到了14个化合物,现报告如下。

1 仪器和材料

Yanaco 显微熔点测定仪(温度计未校正); Bruker Vector 22 红外光谱仪; Bruker-speckospin AC-600P 核磁共振仪; Varian Mat-212 质谱仪; 柱层析硅胶(100~200, 200~300目)与薄层层析硅胶板均为烟台江友硅胶开发有限公司生产; Sephadex LH-20(20~80 μm)为 Pharmacia 公司生产。提取用乙醇为医用级,其余试剂均为分析纯。实验所用标准品均为本课题组自制,经 HPLC 检测,纯度均大于99%。

头花蓼全草于2007年9月购自贵州省施秉县,由第二军医大学药学院生药学教研室张汉明教授鉴定为蓼科蓼属植物头花蓼(*Polygonum capitatum* Buch.-Ham. ex D. Don)的干燥全草,标本存放于第二军医大学药学院生药学教研室标本室。

2 方法和结果

2.1 提取与分离 头花蓼干燥全草药材18 kg,切段,经80%乙醇溶液浸泡24 h后20倍体积渗漉,渗漉液浓缩后得流浸膏2.7 kg。流浸膏加水混悬,依次分别用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇(水饱和)萃取,回收萃取溶剂得到各萃取部位。

头花蓼石油醚萃取部位250 g,经硅胶柱层析,以石油醚-乙酸乙酯(40:1~1:1)进行梯度洗脱得到粗分段,再反复经硅胶柱层析和葡聚糖凝胶柱层析进行分离和纯化,得到化合物I(60 mg),化合物II(80 mg),化合物III(18 mg),化合物IV(16 mg),化合物V(20 mg),化合物VI(30 mg),化合物VII(15 mg),化合物VIII(16 mg),化合物IX(16 mg),化合物X(20 mg),化合物XI(800 mg),化合物XII(20 mg),化合物XIII(18 mg),化合物XIV(400 mg)。

2.2 化合物的结构鉴定 化合物I:白色蜡状粉末, m. p. 62~64 $^{\circ}\text{C}$ 。ESI-MS m/z : 341.1 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 、339.2 $[\text{M}-\text{H}]^-$; 结合 ^1H NMR、 ^{13}C NMR及DEPT谱,计算出分子式为 $\text{C}_{23}\text{H}_{48}\text{O}$ 。 ^1H NMR(600 MHz, CDCl_3 , δ): 3.65(2H, t, $J=7.2$ Hz, H-1), 1.58(2H, p, $J=7.2$ Hz, H-2), 1.27(2H \times 20, br. s, H-3~H-22), 0.88(3H, t, $J=7.2$ Hz, H-23)。 ^{13}C NMR(150 MHz, CDCl_3 , δ): 63.1(C-1), 32.8(C-2), 31.9(C-21), 29.7(C-4~C-19), 29.4(C-20),

25.7(C-3), 22.7(C-22), 14.1(C-23)。以上数据与文献^[7]报道一致,确定化合物I为二十三烷醇(tricosanol)。

化合物II:白色蜡状粉末, m. p. 69~71 $^{\circ}\text{C}$ 。ESI-MS m/z : 391.3 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 、367.3 $[\text{M}-\text{H}]^-$; 结合 ^1H NMR,计算出分子式为 $\text{C}_{25}\text{H}_{52}\text{O}$ 。 ^1H NMR(600 MHz, CDCl_3 , δ): 3.65(2H, t, $J=7.2$ Hz, H-1), 1.57(2H, p, $J=7.2$ Hz, H-2), 1.26(2H \times 22, br. s, H-3~H-24), 0.89(3H, t, $J=7.2$ Hz, H-25)。以上数据与文献^[8]报道一致,确定化合物II为二十五烷醇(pentacosanol)。

化合物III:白色粉末, m. p. 76~78 $^{\circ}\text{C}$ 。ESI-MS m/z : 339.3 $[\text{M}-\text{H}]^-$; 结合 ^1H NMR,计算出分子式为 $\text{C}_{22}\text{H}_{44}\text{O}_2$ 。 ^1H NMR(600 MHz, CDCl_3 , δ): 2.36(2H, t, $J=7.2$ Hz, H-2), 1.65(2H, p, $J=7.2$ Hz, H-3), 1.27(2H \times 18, br. s, H-4~H-21), 0.89(3H, t, $J=7.2$ Hz, H-22)。以上数据与文献^[9]报道一致,确定化合物III为二十二烷酸(docosanoic acid)。

化合物IV:白色粉末, m. p. 84~86 $^{\circ}\text{C}$ 。ESI-MS m/z : 367.4 $[\text{M}-\text{H}]^-$; 结合 ^1H NMR,计算出分子式为 $\text{C}_{24}\text{H}_{48}\text{O}_2$ 。 ^1H NMR(600 MHz, CDCl_3 , δ): 2.37(2H, t, $J=7.2$ Hz, H-2), 1.65(2H, p, $J=7.2$ Hz, H-3), 1.26(2H \times 20, br. s, H-4~H-23), 0.88(3H, t, $J=7.2$ Hz, H-24)。以上数据与文献^[10]报道一致,确定化合物IV为二十四烷酸(lignoceric acid)。

化合物V:白色粉末, m. p. 70~72 $^{\circ}\text{C}$ 。ESI-MS m/z : 331.1 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 、353.3 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ 、329.0 $[\text{M}-\text{H}]^-$; 结合 ^1H NMR、 ^{13}C NMR及DEPT谱,计算出分子式为 $\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}_4$ 。 ^1H NMR(600 MHz, CDCl_3 , δ): 4.20(1H, dd, $J=4.2$ 、11.4 Hz, H-1), 4.15(1H, dd, $J=6.0$ 、11.4 Hz, H-1), 3.85(1H, m, H-2), 3.70(1H, dd, $J=4.2$ 、11.4 Hz, H-3), 3.60(1H, dd, $J=6.0$ 、11.4 Hz, H-3), 2.35(2H, t, $J=7.2$ Hz, H-2'), 1.65(2H, p, $J=7.2$ Hz, H-3'), 1.26(2H \times 20, br. s, H-4'~H-15'), 0.89(3H, t, $J=7.2$ Hz, H-16')。 ^{13}C NMR(150 MHz, CDCl_3 , δ): 174.3(C-1'), 70.3(C-2), 65.2(C-1), 63.4(C-3), 34.2(C-2'), 31.9(C-14'), 29.7~29.1(C-4'~C-13'), 24.9(C-3'), 22.7(C-15'), 14.1(C-16')。以上数据与文献^[11]报道一致,确定化合物V为十六烷酸-2,3-二羟基丙酯(hexadecanoic-2,3-dihydroxypropyleste)。

化合物VI:白色粉末, m. p. 80~82 $^{\circ}\text{C}$ 。ESI-MS

m/z : 415.3 $[M+H]^+$ 、437.3 $[M+Na]^+$ 、449.3 $[M+Cl]^-$; 结合 1H NMR、 ^{13}C NMR及DEPT谱, 计算出分子式为 $C_{25}H_{50}O_4$ 。 1H NMR(600 MHz, $CDCl_3$, δ): 4.22(1H, dd, $J=4.8, 11.4$ Hz, H-1), 4.16(1H, dd, $J=6.0, 11.4$ Hz, H-1), 3.94(1H, m, H-2), 3.70(1H, dd, $J=3.6, 11.4$ Hz, H-3), 3.61(1H, dd, $J=6.0, 11.4$ Hz, H-3), 2.36(2H, t, $J=7.2$ Hz, H-2'), 1.63(2H, p, $J=7.2$ Hz, H-3'), 1.26(2H \times 18, br. s, H-4'~H-21'), 0.89(3H, t, $J=7.2$ Hz, H-22')。 ^{13}C NMR(150 MHz, $CDCl_3$, δ): 174.4(C-1'), 70.3(C-2), 65.2(C-1), 63.3(C-3), 34.2(C-2'), 31.9(C-20'), 29.7~29.1(C-4'~C-19'), 24.8(C-3'), 22.7(C-21'), 14.1(C-22')。以上数据与文献^[12]报道一致, 确定化合物VI为二十二烷酸-2,3-二羟基丙酯(docosanoic-2,3-dihydroxypropyleste)。

化合物VII: 白色粉末, m. p. 300~302 $^{\circ}C$, Liebermann-Burchard反应呈阳性反应, 推测其结构为三萜化合物。ESI-MS m/z : 455.4 $[M-H]^-$ 、933.6 $[M-2H+Na]^-$; 结合 1H NMR, 计算出分子式为 $C_{30}H_{48}O_3$ 。 1H NMR(600 MHz, $CDCl_3$, δ): 5.30(1H, t, $J=3.6$ Hz, H-12), 3.23(1H, dd, $J=3.6, 10.8$ Hz, H-3), 2.84(1H, m, H-18), 2.04~1.26(22H, br. s), 1.15~0.77(3H \times 7, s, H-23~H-27, H-29, H-30)。在高效薄层层析硅胶板上展开, 其 R_f 值及显色过程与齐墩果酸标准品均一致, 混合后熔点不下降。以上数据与文献^[13]报道一致, 确定化合物VII为齐墩果酸(oleanolic acid)。

化合物VIII: 白色粉末, m. p. 258~260 $^{\circ}C$, Liebermann-Burchard反应呈阳性反应, 推测其结构为三萜化合物。ESI-MS m/z : 455.4 $[M-H]^-$ 、933.6 $[M-2H+Na]^-$; 结合 1H NMR, 计算出分子式为 $C_{30}H_{48}O_3$ 。 1H NMR(600 MHz, $CDCl_3$, δ): 5.26(1H, t, $J=3.6$ Hz, H-12), 3.23(1H, dd, $J=3.6, 10.8$ Hz, H-3), 2.20(1H, d, $J=11.4$ Hz, H-18), 2.04~1.26(22H, br. s), 1.09~0.79(3H \times 7, s, H-23~H-27, H-29, H-30)。在高效薄层层析硅胶板上展开, 其 R_f 值及显色过程与乌苏酸标准品均一致, 混合后熔点不下降。以上数据与文献^[14]报道一致, 确定化合物VIII为乌苏酸(ursolic acid)。

化合物IX: 白色粉末, 易溶于石油醚。ESI-MS m/z : 391.3 $[M+H]^+$ 、413.3 $[M+Na]^+$ 、803.6

$[2M+Na]^+$; 结合 1H NMR、 ^{13}C NMR及DEPT谱, 计算出分子式为 $C_{28}H_{54}O$ 。 1H NMR(600 MHz, $CDCl_3$, δ): 5.83(1H \times 2, m, H-2, H-27), 5.00(1H \times 2, d, $J=17.4$ Hz, H-1, H-28), 4.94(1H \times 2, d, $J=10.2$ Hz, H-1, H-28), 2.05(2H \times 2, m, $J=6.6$ Hz, H-3, H-26), 1.27(2H \times 22, br. s, H-4~H-25)。 ^{13}C NMR(150 MHz, $CDCl_3$, δ): 139.5(C-2, C-27), 114.3(C-1, C-28), 34.0(C-3, C-26), 29.9(C-4~C-25)。以上数据与文献^[15]报道一致, 确定化合物IX为二十八烷基-1,27-二烯(octacos-1,27-diene)。

化合物X: 淡黄色粉末, m. p. 63~65 $^{\circ}C$, 三氯化铁-铁氰化钾反应阳性, 提示分子中含有酚羟基。ESI-MS m/z : 503.4 $[M+H]^+$ 、525.4 $[M+Na]^+$ 、501.4 $[M-H]^-$; 结合 1H NMR、 ^{13}C NMR及DEPT谱, 计算出分子式为 $C_{32}H_{54}O_4$ 。 1H NMR(600 MHz, $CDCl_3$, δ): 7.62(1H, d, $J=16.2$ Hz, H-7), 7.08(1H, dd, $J=8.4, 1.2$ Hz, H-6), 7.04(1H, d, $J=1.2$ Hz, H-2), 6.93(1H, d, $J=8.4$ Hz, H-5), 6.30(1H, d, $J=16.2$ Hz, H-8), 4.20(2H, t, $J=6.6$ Hz, H-1'), 3.94(3H, s, 3-OCH₃), 1.70(2H, p, $J=6.6$ Hz, H-2'), 1.26(2H \times 20, br. s, H-3'~H-21'), 0.89(3H, t, $J=6.6$ Hz, H-22')。 ^{13}C NMR(150 MHz, $CDCl_3$, δ): 167.4(C-9), 147.9(C-3), 146.8(C-4), 144.6(C-7), 127.1(C-1), 123.0(C-6), 115.7(C-5), 114.7(C-8), 109.3(C-2), 64.6(C-1'), 55.9(3-OCH₃), 31.9(C-20'), 29.7(C-4'~C-19'), 28.8(C-2'), 26.0(C-3'), 22.7(C-21'), 14.1(C-22')。以上数据与文献^[16]报道一致, 确定化合物X为阿魏酸二十二酯(docosyl ferulate)。

化合物XI: 无色针状结晶(乙酸乙酯), m. p. 138~140 $^{\circ}C$, Liebermann-Burchard反应呈甾体化合物特有的蓝紫色颜色反应, 推测其结构为甾体化合物。ESI-MS m/z : 415.2 $[M+H]^+$ 、437.2 $[M+Na]^+$ 、453.2 $[M+K]^+$; 结合 1H NMR, 计算出分子式为 $C_{29}H_{50}O$ 。 1H NMR(600 MHz, $CDCl_3$, δ): 5.34(1H, d, $J=3.6$ Hz, H-6), 3.51(1H, m, H-3), 2.30~1.00(29H, m), 0.93~0.68(3H \times 6, H-18, H-19, H-21, H-26, H-27, H-29)。在高效薄层层析硅胶板上展开, 其 R_f 值及显色过程与 β -谷甾醇标准品均一致, 混合后熔点不下降。以上数据与文献^[17]报道一致, 确定化合物XI为 β -谷甾醇(β -sitosterol)。

化合物XII: 白色粉末, m. p. 38~40 $^{\circ}C$, 易溶于石

油醚、三氯甲烷。ESI-MS m/z : 323. 3[M-H]⁻; 结合¹H NMR, 计算出分子式为 C₂₃H₄₈。¹H NMR (600 MHz, CDCl₃, δ): 1. 27(2H×21, br. s, H-2~H-22), 0. 90(3H×2, t, H-1, H-23)。以上数据与文献^[18]报道一致, 确定化合物Ⅻ为二十三烷(tricosane)。

化合物Ⅺ: 白色粉末, m. p. 62~64°C, 易溶于石油醚、乙酸乙酯、三氯甲烷, 不易溶于丙酮。ESI-MS m/z : 255. 3[M-H]⁻; 结合¹H NMR, 计算分子式为 C₁₆H₃₂O₂。¹H NMR (600 MHz, CDCl₃, δ): 2. 35(2H, t, $J=7.8$ Hz, H-2), 1. 64(2H, p, $J=7.8$ Hz, H-3), 1. 26(2H×12, br. s, H-4~H-15), 0. 89(3H, t, $J=7.2$ Hz, H-16)。在高效薄层层析硅胶板上展开, 其 R_f 及显色过程与十六烷酸标准品均一致, 混合后熔点不下降。以上数据与文献^[19]报道一致, 确定化合物Ⅺ为十六烷酸(hexadecanoic acid)。

化合物Ⅹ: 淡黄色油状液体。ESI-MS m/z : 281. 3[M+H]⁺, 303. 3[M+Na]⁺, 279. 3[M-H]⁻; 结合¹H NMR, ¹³C NMR 及 DEPT 谱, 计算出分子式为 C₁₈H₃₂O₂。¹H NMR (600 MHz, CDCl₃, δ): 5. 35(4H, m, H-9, H-10, H-12, H-13), 2. 78(2H, t, $J=6.6$ Hz, H-11), 2. 34(1H, t, $J=7.2$ Hz, H-2), 2. 04(2H×2, m, H-8, H-14), 1. 64(2H, p, $J=7.2$ Hz, H-3), 1. 27(2H×7, br. s, H-4~H-7, H-15~H-17), 0. 89(3H, t, $J=7.2$ Hz, H-18)。¹³C NMR (150 MHz, CDCl₃, δ): 180. 5(C-1), 131. 9(C-10), 129. 7(C-12), 128. 2(C-13), 127. 1(C-9), 34. 1(C-2), 31. 9(C-16), 29. 7(C-7), 29. 6(C-6), 29. 5(C-15), 29. 3(C-5), 29. 1(C-4), 27. 2(C-8), 27. 2(C-14), 25. 6(C-11), 24. 7(C-3), 22. 6(C-17), 14. 1(C-18)。以上数据与文献^[20]报道一致, 确定化合物Ⅹ为亚油酸(linoleic acid)。

3 讨论

本实验从头花蓼中分离鉴定了 14 个化合物, 分别为二十三烷醇(I), 二十五烷醇(II), 二十二烷酸(III), 二十四烷酸(IV), 十六烷酸-2, 3-二羟基丙酯(V), 二十二烷酸-2, 3-二羟基丙酯(VI), 齐墩果酸(VII), 乌苏酸(VIII), 二十八烷基-1, 27-二烯(IX), 阿魏酸二十二酯(X), β-谷甾醇(XI), 二十三烷(XII),

十六烷酸(XIII), 亚油酸(XIV)。其中, 化合物 I~X 为从头花蓼中首次分离得到, 化合物 IX、X 为从蓼属中首次分离得到。

[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: 第 25 卷第 1 分册[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 57-58.
- [2] 贵州省医药监督管理局. 贵州省中药材、民族药材质量标准[S]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2003: 147.
- [3] 高玉琼, 代泽琴, 刘建华, 赵德刚, 刘世会. 头花蓼挥发性成分研究[J]. 生物技术, 2005, 15: 55-56.
- [4] 李勇军, 骆宏丰, 王永林, 盛宛云, 胡昌奇. 头花蓼黄酮类化学成分的研究[J]. 中国中药杂志, 2000, 35: 300-302.
- [5] 于明, 李占林, 李宁, 李铤. 头花蓼的化学成分[J]. 沈阳药科大学学报, 2008, 25: 633-635.
- [6] Li X, Yu M, Meng D, Li Z, Zhang L. A new chromone glycoside from *Polygonum capitatum*[J]. Fitoterapia, 2007, 78: 506-509.
- [7] 孙凤, 张琳, 田景奎, 程翼宇, 肖培根. 圆锥铁线莲化学成分的研究[J]. 中国药学杂志, 2007, 42: 102-103.
- [8] 高增平, 李世文, 陆蕴如, 雷海民. 中药绵马贯众的化学成分研究[J]. 中国药学杂志, 2003, 38: 260-262.
- [9] 谢青兰, 管棣, 张媛媛, 曹厚平. 黄鹌菜化学成分的研究[J]. 时珍国医国药, 2006, 17: 2451-2452.
- [10] 李作平, 郝蒿, 郝存书, 范桂敏. 合欢花化学成分的研究[J]. 中国中药杂志, 2000, 25: 103-104.
- [11] 何志恒, 罗应刚, 李洪娟, 张国林. 攀援孔药花化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18: 238-242.
- [12] 杨丽娟, 羊晓东, 赵静峰, 李良. 藏药云南兔耳草的化学成分研究(II)[J]. 中药材, 2006, 29: 128-130.
- [13] 舒任庚, 刘玉凤, 陈杰, 舒积成. 青钱柳植物中三萜成分的研究[J]. 中药材, 2005, 28: 558-559.
- [14] 吴志军. 荻叶丹参脂溶性化学成分[J]. 中国中药杂志, 2001, 26: 264-265.
- [15] Drescher S, Meister A, Blume A, Karlsson G, Almgren M, Dobner B. General synthesis and aggregation behavior of a series of single-chain 1, ω-bis(phosphocholines)[J]. Chemistry, 2007, 13: 5300-5307.
- [16] 于泉林, 高文远, 张彦文, 滕杰, 段宏泉. 积雪草化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2007, 32: 1182-1184.
- [17] 朴惠顺, 金光洙. 小叶锦鸡儿石油醚提取物化学成分研究[J]. 时珍国医国药, 2007, 18: 111-112.
- [18] 任玉琳, 杨峻山. 西藏雪莲花化学成分的研究 I [J]. 中国药学杂志, 2000, 35: 736-738.
- [19] 任凤霞, 张爱军, 赵毅民. 鹿蹄草化学成分研究 II [J]. 解放军药学学报, 2008, 24: 301-304.
- [20] 刘大有, 王晓颖, 夏忠庭, 王旭. 两头尖化学成分研究[J]. 长春中医药大学学报, 2003, 19: 71.

[本文编辑] 尹茶