

木棉根化学成分研究

王国凯^{1,2}, 林彬彬², 田梅², 朱侃², 谢国勇², 秦民坚^{2*}

(1. 安徽中医药大学药学院, 安徽道地中药材品质提升协同创新中心, 合肥 230012; 2. 中国药科大学中药资源系, 南京 210009)

摘要: 为了解木棉(*Bombax ceiba*)的化学成分, 从其根中分离鉴定了 17 个化合物, 经理化性质和波谱分析, 分别鉴定为 24-烯-环阿尔廷酮 (1)、环阿尔廷醇 (2)、木栓酮 (3)、羽扇豆醇 (4)、3 β -乙酰齐墩果酸 (5)、齐墩果酸 (6)、麦角甾-4,6,8(14),22E-四烯-3-酮 (7)、胆甾-4-烯-3-酮 (8)、5 α ,8 α -环二氧-24-甲基-胆甾-6,9,22E-三烯-3 β -醇 (9)、 β -谷甾醇 (10)、6 β -羟基-豆甾-4-烯-3-酮 (11)、胆甾醇 (12)、 β -谷甾醇-3-O- β -D-葡萄糖苷-6'-O-二十烷酸酯 (13)、亚油酸三甘油酯 (14)、正三十一烷醇 (15)、正二十二烷酸 (16)、油酸月桂醇酯 (17)。除化合物 4、6、9、10 外, 其余化合物均为首次从该属植物中分离得到。

关键词: 木棉; 根; 化学成分

doi: 10.11926/jtsb.3706

Studies on Chemical Constituents from the Roots of *Bombax ceiba*

WANG Guo-kai^{1,2}, LIN Bin-bin², TIAN Mei², ZHU Kan², XIE Guo-yong², QIN Min-jian^{2*}

(1. School of Pharmacy, Anhui University of Chinese Medicine & Synergetic Innovation Center of Anhui Authentic Chinese Medicine Quality Improvement, Hefei 230012, China; 2. Department of Resources Science of Traditional Chinese Medicines, China Pharmaceutical University, Nanjing 210009, China)

Abstract: In order to understand the chemical constituents of *Bombax ceiba*, seventeen compounds were isolated from its roots. On the basis of physicochemical properties and spectral data, they were identified as 9,19-cyclolanost-24-en-3-one (1), cycloartenol (2), friedelin (3), lupenol (4), 3 β -acetoxy oleanolic acid (5), oleanolic acid (6), ergosta-4,6,8(14),22E-tetraene-3-one (7), cholest-4-en-3-one (8), 5 α ,8 α -epidioxy-ergosta-6,9,22E-dien-3 β -ol (9), β -sitosterol (10), 6 β -hydroxy-stigmast-4-en-3-one (11), cholesterol (12), β -sitosterol-3-O- β -D-glucoside-6'-O-eicosanoate (13), trilinolein (14), 1-hentriacontanol (15), docosanoic acid (16), lauryl oleate (17). Except compounds 4, 6, 9, and 10, the others were isolated from the genus *Bombax* for the first time.

Key words: *Bombax ceiba*; Root; Chemical constituent

木棉(*Bombax ceiba*)为木棉科(Bombacaceae)木棉属植物, 在热带及亚热带地区生长的落叶大乔木, 海南、广东、广西、云南一带是其分布中心^[1]。木棉主要含有黄酮类、有机酸类、甾体类、三萜类、香豆素类等化学成分, 具有镇痛、抗炎、抗氧化、抗菌消炎、保肝等药理活性。为了进一步研究木棉药效物质基础, 在前期木棉叶化学成分研究基础上^[2-5], 本研究继续对木棉根进行了化学成分研究。通过各种色谱方法分离, 从木棉根中分离鉴定了 17 个化合物, 分别为 24-烯-环阿尔

廷酮 (1)、环阿尔廷醇 (2)、木栓酮 (3)、羽扇豆醇 (4)、3 β -乙酰齐墩果酸 (5)、齐墩果酸 (6)、麦角甾-4,6,8(14),22E-四烯-3-酮 (7)、胆甾-4-烯-3-酮 (8)、5 α ,8 α -环二氧-24-甲基-胆甾-6,9,22E-三烯-3 β -醇 (9)、 β -谷甾醇 (10)、6 β -羟基-豆甾-4-烯-3-酮 (11)、胆甾醇 (12)、 β -谷甾醇-3-O- β -D-葡萄糖苷-6'-O-二十烷酸酯 (13)、亚油酸三甘油酯 (14)、正三十一烷醇 (15)、正二十二烷酸 (16)和油酸月桂醇酯 (17)。除化合物 4、6、9、10 外, 其余化合物均为首次从该属植物中分得。

收稿日期: 2016-12-05

接受日期: 2017-01-22

作者简介: 王国凯(1981-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为天然药物化学。E-mail: wanggk7779@163.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: minjianqin@163.com

1 材料和方法

1.1 材料

试验材料于 2011 年 5 月购自广州药材公司, 经秦民坚教授鉴定为木棉科木棉属植物木棉 (*Bombax ceiba*) 的干燥根, 凭证标本 (No. BM-201101) 保存在中国药科大学中药资源系。

薄层层析硅胶 GF₂₅₄ 和柱层析硅胶 (200~300 目) (青岛海洋化工厂); Sephadex LH-20 (瑞典 Amersham 公司)。所用试剂均为分析纯。

1.2 仪器

ESI-MS 用 Agilent LC-MSD-Trap-SL-1100 测定; NMR 用 Bruker ACF-300、500 型核磁共振仪测定, 内标 TMS。

1.3 提取和分离

木棉根 10 kg, 粉碎, 95% 乙醇回流提取, 合并提取液, 减压浓缩至无醇味, 浸膏采用硅胶柱层析, 氯仿-甲醇梯度洗脱, 合并相同流分, 得到 10 个组分 (Fr₁~Fr₁₀), Fr₁ 部分经硅胶柱层析 (石油醚-乙酸乙酯)、凝胶纯化 (氯仿-甲醇=1:1), 得到化合物 **1** (15 mg)、化合物 **15** (57 mg)、化合物 **3** (9 mg)。Fr₂ 部分经硅胶柱层析 (石油醚-乙酸乙酯)、凝胶纯化 (氯仿-甲醇=1:1), 得到化合物 **17** (23 mg)、化合物 **16** (36 mg)、化合物 **14** (7 mg)、化合物 **10** (44 mg)。Fr₄ 部分硅胶柱层析 (石油醚-乙酸乙酯梯度洗脱)、凝胶纯化 (氯仿-甲醇=1:1), 得到化合物 **7** (16 mg)、化合物 **8** (10 mg)、化合物 **2** (22 mg)、化合物 **4** (49 mg)、化合物 **9** (13 mg); Fr₅ 部分采用硅胶柱层析 (石油醚-丙酮梯度洗脱)、凝胶纯化 (氯仿-甲醇=1:1), 得化合物 **5** (8 mg)、化合物 **11** (15 mg)、化合物 **12** (8 mg)、化合物 **6** (31 mg); Fr₇ 部分硅胶柱层析 (石油醚-丙酮)、凝胶纯化 (氯仿-甲醇=1:1), 得到化合物 **13** (19 mg)。

1.4 结构鉴定

化合物 1 白色针晶 (氯仿); ESI-MS m/z : 423 [M - H]⁻, 分子量 424, 分子式 C₃₀H₄₈O; ¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ 5.10 (1H, brs, H-24), 1.73~0.86 (each 7 × CH₃, s), 0.79 (1H, d, J = 4.0 Hz, H-19), 0.58 (1H, d, J = 4.0 Hz, H-19'); ¹³C NMR (CDCl₃, 125 MHz): δ 33.0 (C-1), 37.1 (C-2), 216.5 (C-3), 50.4 (C-4), 48.5

(C-5), 21.3 (C-6), 28.4 (C-7), 47.5 (C-8), 21.2 (C-9), 25.9 (C-10), 25.4 (C-11), 33.0 (C-12), 45.6 (C-13), 48.7 (C-14), 35.7 (C-15), 26.9 (C-16), 52.5 (C-17), 19.5 (C-18), 29.8 (C-19), 35.8 (C-20), 18.3 (C-221), 36.3 (C-22), 25.1 (C-23), 125.4 (C-24), 130.8 (C-25), 17.9 (C-26), 25.9 (C-27), 18.2 (C-28), 21.0 (C-29), 22.2 (C-30)。以上数据与文献[6]报道基本一致, 确定该化合物为 24-烯-环阿尔廷酮 (9,19-Cyclolanost-24-en-3-one)。

化合物 2 白色粉末; ESI-MS m/z : 425 [M - H]⁻, 分子量 426, 分子式 C₃₀H₅₀O; ¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ 5.10 (1H, t, J = 7.0 Hz, H-24), 3.15 (1H, dd, J = 10.0, 4.5 Hz, H-3), 1.89 (2H, m, H-23), 1.61 (3H, s, H-27), 1.58 (3H, s, H-26), 0.99 (3H, s, H-28), 0.98 (3H, s, H-18), 0.97 (3H, s, H-21), 0.81 (1H, d, J = 4.0 Hz, H-19a), 0.54 (1H, d, J = 4.0 Hz, H-19b); ¹³C NMR (CDCl₃, 125 MHz): δ 31.9 (C-1), 30.6 (C-2), 78.7 (C-3), 40.5 (C-4), 47.2 (C-5), 21.2 (C-6), 26.0 (C-7), 48.0 (C-8), 20.2 (C-9), 26.3 (C-10), 26.5 (C-11), 32.8 (C-12), 45.4 (C-13), 48.9 (C-14), 35.8 (C-15), 28.3 (C-16), 52.1 (C-17), 18.2 (C-18), 29.6 (C-9), 35.7 (C-20), 18.2 (C-21), 36.5 (C-22), 24.6 (C-23), 125.4 (C-24), 130.9 (C-25), 17.7 (C-26), 25.4 (C-27), 25.3 (C-28), 13.9 (C-29), 19.5 (C-30)。以上数据与文献[7]报道基本一致, 确定该化合物为环阿尔廷醇 (Cycloartenol)。

化合物 3 无色针状结晶 (氯仿); ESI-MS m/z : 427 [M + H]⁺, 分子量 426, 分子式 C₃₀H₅₀O; ¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ 2.41 (1H, ddd, J = 12.5, 6.0, 2.0 Hz, H-2a), 2.31 (1H, dd, J = 12.5, 6.0 Hz, H-2b), 2.12 (1H, m, H-4), 2.10 (1H, m, H-1a), 1.68 (1H, m, H-1b), 1.55~1.50 (8H, m, H-16a, 18, 10, 21a, 22a, 7a, 15a, 11a), 1.40~1.28 (10H, m, H-8, 19, 7b, 16b, 12, 21b, 6b, 15b, 11b), 1.00 (3H, s, H-28), 0.95 (3H, s, H-27), 0.94 (3H, s, H-26), 0.89 (3H, s, H-29), 0.84 (3H, s, H-30), 0.82 (3H, d, J = 6.5 Hz, H-23), 0.80 (3H, s, H-25), 0.68 (3H, s, H-24); ¹³C NMR (CDCl₃, 125 MHz): δ 22.1 (C-1), 41.6 (C-2), 213.5 (C-3), 58.0 (C-4), 42.3 (C-5), 41.3 (C-6), 18.3 (C-7), 53.2 (C-8), 37.5 (C-9), 59.3 (C-10), 35.7 (C-11), 30.7 (C-12), 39.2 (C-13), 38.6 (C-14), 32.8 (C-15), 36.0 (C-16), 30.4 (C-17), 42.3 (C-18), 35.7 (C-19), 28.1 (C-20), 32.4 (C-21), 39.0 (C-22), 16.9 (C-23), 14.4 (C-24), 17.8

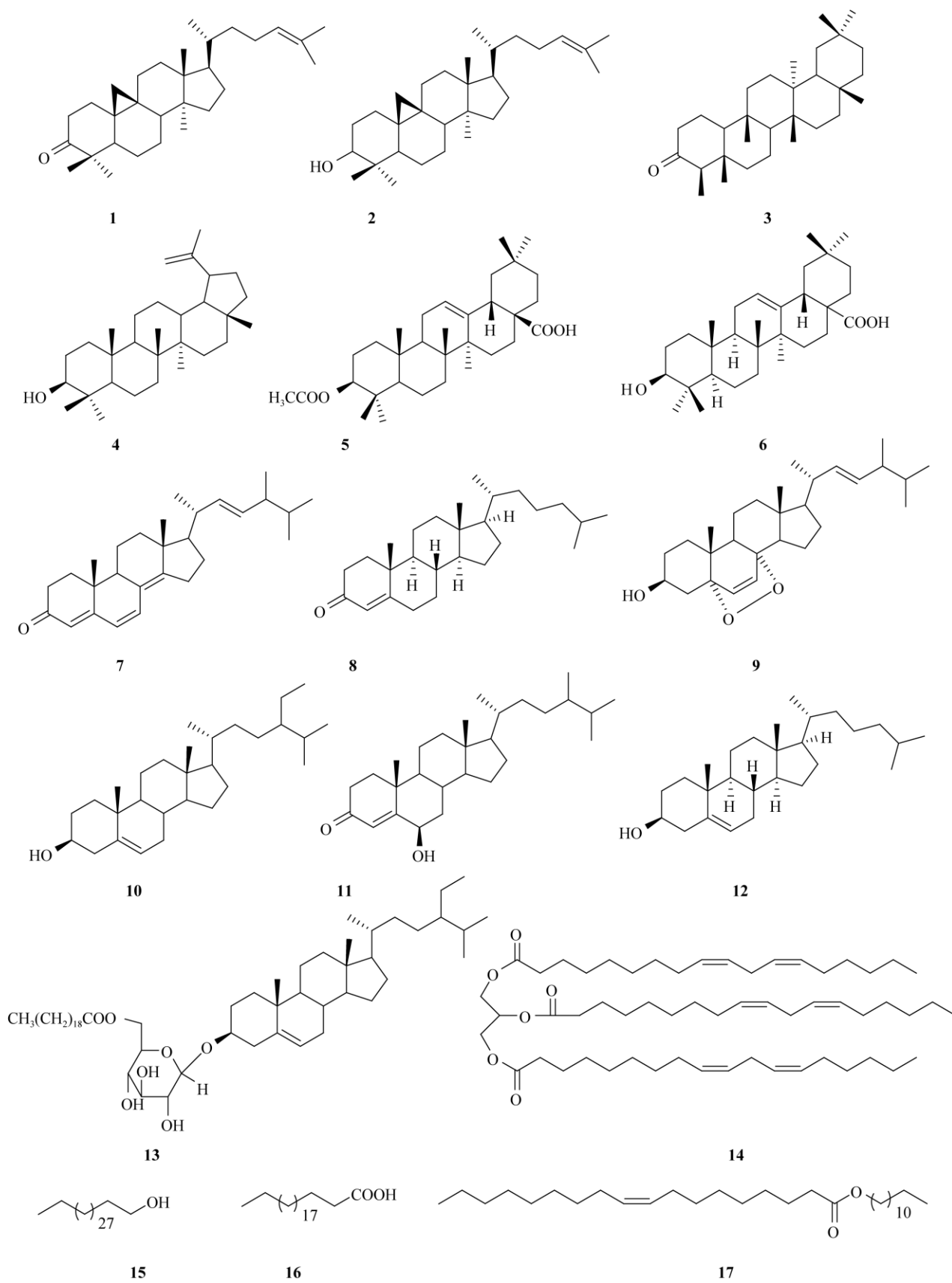


图1 化合物 1~17 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1-17

(C-25), 20.1 (C-26), 18.5 (C-27), 32.0 (C-28), 31.5 (C-29), 35.1 (C-30)。以上数据与文献[8]报道基本一致, 确定该化合物为木栓酮(Friedelin)。

化合物 4 白色结晶(氯仿); ESI-MS m/z : 425 [M - H]⁻, 分子量 426, 分子式 C₃₀H₅₀O; ¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ 4.69 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-29), 4.56 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-29), 3.19 (1H, dd, $J = 5.0, 11.5$ Hz, H-3 α), 2.38 (1H, td, $J = 5.5, 11.0$ Hz, H-19), 1.70 (3H, s, H-30), 1.03 (3H, s, H-27), 0.96 (3H, s, H-26), 0.94 (3H, s, H-23), 0.83 (3H, s, H-28), 0.79 (3H, s, H-25), 0.76 (3H, s, H-24); ¹³C NMR (CDCl₃, 125 MHz): δ 38.6 (C-1), 27.3 (C-2), 78.8 (C-3), 38.5 (C-4), 79.0 (C-5), 18.0 (C-6), 34.1 (C-7), 40.6 (C-8), 50.1 (C-9), 37.1 (C-10), 20.8 (C-11), 25.1 (C-12), 38.2 (C-13), 42.6 (C-14), 27.1 (C-15), 35.4 (C-16), 43.0 (C-17), 48.5 (C-18), 47.8 (C-19), 151.1 (C-20), 29.6 (C-21), 40.3 (C-22), 27.8 (C-23), 15.1 (C-24), 16.1 (C-25), 15.8 (C-26), 14.4 (C-27), 18.0 (C-28), 109.2 (C-29), 19.3 (C-30)。以上数据与文献[9]报道基本一致, 确定该化合物为羽扇豆醇(Lupenol)。

化合物 5 白色针晶(氯仿); ESI-MS m/z : 497 [M - H]⁻, 分子量 498, 分子式 C₃₂H₅₀O₄; ¹H NMR [(CD₃)₂CO, 500 MHz]: δ 4.56 (1H, t, $J = 8.0$ Hz, H-3), 2.04 (3H, s), 1.12, 1.00, 0.96, 0.95, 0.93, 0.91, 0.83 (each 3H, s, 7 × CH₃); ¹³C NMR [(CD₃)₂CO, 125 MHz]: δ 37.8 (C-1), 28.5 (C-2), 81.0 (C-3), 38.9 (C-4), 56.1 (C-5), 17.6 (C-6), 33.4 (C-7), 38.2 (C-8), 48.4 (C-9), 34.5 (C-10), 23.8 (C-11), 123.0 (C-12), 145.0 (C-13), 42.3 (C-14), 26.3 (C-15), 23.9 (C-16), 46.8 (C-17), 40.2 (C-18), 46.8 (C-19), 30.6 (C-20), 33.6 (C-21), 31.4 (C-22), 28.5 (C-23), 17.3 (C-24), 15.8 (C-25), 17.6 (C-26), 33.4 (C-29), 23.9 (C-30), 19.8 (CH₃CO), 178.9 (COCH₃), 23.8 (C-27)。以上数据与文献[10]报道基本一致, 确定该化合物为 3 β -乙酰齐墩果酸(3 β -Acetoxy oleanolic acid)。

化合物 6 白色结晶(乙酸乙酯); ESI-MS m/z : 455 [M - H]⁻, 分子量 456, 分子式 C₃₈H₄₀O₃; ¹H NMR (CD₃OD, 300 MHz): δ 5.26 (1H, m, H-12), 3.66 (1H, m, H-3), 1.26, 1.02, 0.98, 0.95, 0.88, 0.82 (each 3H, s, 7 × CH₃); ¹³C NMR (CD₃OD, 75 MHz): δ 38.5 (C-1), 27.2 (C-2), 78.3 (C-3), 39.5 (C-4), 55.3 (C-5), 18.2 (C-6), 33.0 (C-7), 39.4 (C-8), 47.8 (C-9), 36.9 (C-10), 23.1 (C-11), 124.8 (C-12), 141.1 (C-13), 42.0

(C-14), 27.9 (C-15), 23.5 (C-16), 46.8 (C-17), 41.9 (C-18), 47.7 (C-19), 30.4 (C-20), 34.1 (C-21), 33.1 (C-22), 28.3 (C-23), 16.5 (C-24), 15.1 (C-25), 17.4 (C-26), 25.9 (C-27), 180.3 (C-28), 33.3 (C-29), 22.9 (C-30)。以上数据与文献[11]报道基本一致, 确定该化合物为齐墩果酸(Oleanolic acid)。

化合物 7 淡黄色针状结晶(氯仿); ESI-MS m/z : 415 [M + Na]⁺, 分子量 392, 分子式 C₂₈H₄₀O; ¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ 6.61 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-7), 6.04 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-6), 5.22 (1H, dd, $J = 7.5, 15.0$ Hz, H-22), 5.25 (1H, dd, $J = 7.5, 15.0$ Hz, H-23), 5.73 (1H, s, H-4), 1.05 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-21), 0.99 (3H, s, H-19), 0.96 (3H, s, H-18), 0.92 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-28), 0.85 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-26 or H-27), 0.84 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-26 or H-27)。以上数据与文献[12]报道基本一致, 确定该化合物为麦角甾-4,6,8(14),22E-四烯-3-酮(Ergosta-4,6,8(14),22E-tetraene-3-one)。

化合物 8 白色结晶(氯仿); ESI-MS m/z : 407 [M + Na]⁺, 分子量 384, 分子式 C₂₇H₄₄O; ¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ 5.72 (1H, s, H-4), 1.18 (3H, s, H-19), 0.92 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-21), 0.91 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-26), 0.87 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-27), 0.71 (3H, s, H-18)。以上数据与文献[13]报道基本一致, 确定该化合物为胆甾-4-烯-3-酮(Cholest-4-en-3-one)。

化合物 9 白色粉末; ESI-MS m/z : 451 [M + Na]⁺, 分子量 428, 分子式 C₂₈H₄₄O₃; ¹H NMR (CDCl₃, 500 MHz): δ 6.51 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-7), 6.25 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-6), 5.23 (1H, dd, $J = 8.5, 15.0$ Hz, H-23), 5.15 (1H, dd, $J = 8.5, 15.0$ Hz, H-22), 3.96 (1H, m, H-3), 1.00 (3H, d, $J = 7.0$ Hz, H-2), 0.92 (3H, d, $J = 7.0$ Hz, H-28), 0.88 (3H, s, H-19), 0.84 (3H, s, H-18), 0.82 (3H, d, $J = 7.0$ Hz, H-26 or H-27), 0.82 (3H, d, $J = 7.0$ Hz, H-26 or H-27)。以上数据与文献[12]报道基本一致, 确定该化合物为 5 $\alpha,8\alpha$ -环二氧-24-甲基-胆甾-6,9,22E-三烯-3 β -醇(5 $\alpha,8\alpha$ -Epidioxy-ergosta-6,22E-dien-3 β -ol)。

化合物 10 无色针晶(氯仿), 其 TLC 的 R_f 值及显色行为均与 β -谷甾醇标准品一致, 与标准品混合测熔点不下降。确定该化合物为 β -谷甾醇(β -Sitosterol)。

化合物 11 白色粉末; ESI-MS m/z : 413 [M - H]⁻, 分子量 414, 分子式 C₂₈H₄₆O₂; ¹H NMR (CDCl₃,

500 MHz): δ 5.79 (1H, s, H-4), 4.34 (1H, brs, H-6), 1.38 (3H, s, H-19), 0.92 (3H, d, $J = 6.6$ Hz, H-21), 0.85 (3H, t, $J = 7.5$ Hz, H-29), 0.84 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-26 or H-27), 0.82 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-26 or H-27), 0.73 (3H, s, H-18)。以上数据与文献[12]报道基本一致, 确定该化合物为 6 β -羟基-豆甾-4-烯-3-酮(6 β -Hydroxy-stigmast-4-en-3-one)。

化合物 12 无色针晶(氯仿); ESI-MS m/z : 409 $[M + Na]^+$, 分子量 386, 分子式 $C_{27}H_{46}O$; 1H NMR ($CDCl_3$, 500 MHz): δ 5.35 (1H, m, H-6), 3.51 (1H, m, H-3), 1.01 (3H, s, H-19), 0.97 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-21), 0.88 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-26), 0.87 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-27), 0.72 (3H, s, H-18)。以上数据与文献[13]报道基本一致, 确定该化合物为胆甾醇(Cholesterol)。

化合物 13 白色粉末; 分子式 $C_{55}H_{98}O_7$; 1H NMR (C_5D_6N , 500 MHz): δ 5.50 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5'), 5.38 (1H, brs, H-6), 3.92 (1H, m, H-3), 0.98 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, H-21), 0.93~0.72 (15H, $5 \times CH_2$), 0.69 (3H, s, H-18); ^{13}C NMR (C_5D_6N , 125 MHz): δ 37.7 (C-1), 30.4 (C-2), 78.4 (C-3), 39.4 (C-4), 141.1 (C-5), 121.9 (C-6), 32.2 (C-8), 50.5 (C-9), 36.4 (C-10), 21.2 (C-11), 40.1 (C-12), 42.6 (C-13), 57.0 (C-14), 24.7 (C-15), 28.6 (C-16), 56.4 (C-17), 12.1 (C-18), 19.6 (C-19), 36.4 (C-20), 19.0 (C-21), 34.3 (C-22), 26.5 (C-23), 46.1 (C-24), 29.6 (C-25), 19.4 (C-26), 19.9 (C-27), 23.4 (C-28), 12.1 (C-29), 102.9 (C-1'), 75.2 (C-2'), 78.8 (C-3'), 71.7 (C-4'), 78.4 (C-5'), 64.7 (C-6')。以上数据与文献[14]报道基本一致, 确定该化合物为 β -谷甾醇-3- O - β -D-葡萄糖苷-6'- O -二十烷酸酯(β -Sitosterol-3- O - β -D-glucoside-6'- O -eicosanate)。

化合物 14 无色油状物; 分子式 $C_{57}H_{98}O_6$ 。 1H NMR ($CDCl_3$, 500 MHz): δ 5.40~5.28 (12H, m), 5.25 (1H, m), 4.28 (2H, dd, $J = 4.5, 12.0$ Hz), 4.14 (2H, dd, $J = 6.0, 12.0$ Hz), 2.77 (6H, t, $J = 6.0$ Hz), 2.32 (2H, t, $J = 7.5$ Hz), 2.29 (4H, t, $J = 7.5$ Hz), 2.09~2.00 (12H, overlap), 1.60 (6H, m), 1.34~1.20 (overlap), 0.89 (9H, t, $J = 6.7$ Hz)。以上数据与文献[15]报道基本一致, 确定该化合物为亚油酸三甘油酯(Trilinolein)。

化合物 15 白色粉末; ESI-MS m/z : 453 $[M + H]^+$, 分子量 452, 分子式 $C_{31}H_{64}O$; 1H NMR ($CDCl_3$, 500 MHz): δ 3.65 (2H, t, $J = 6.5$ Hz, H-1), 1.58 (2H,

m, H-2), 1.25 (54H, brs), 0.88 (3H, t, $J = 6.5$ Hz, H-31)。以上数据与文献[16]报道基本一致, 确定该化合物为正三十一烷醇(1-Hentriacontanol)。

化合物 16 白色片状结晶(乙酸乙酯); ESI-MS m/z : 341 $[M + H]^+$, 分子量 340, 分子式 $C_{22}H_{44}O_2$; 1H NMR ($CDCl_3$, 500 MHz): δ 2.35 (2H, t, $J = 7.0$ Hz, CH_2COOH), 1.40~1.25 (36H, m, $18 \times CH_2$), 0.88 (3H, t, $J = 7.0$ Hz, CH_3)。以上数据与文献[17]报道基本一致, 确定该化合物为正二十二烷酸(Docosanoic acid)。

化合物 17 白色粉末; ESI-MS m/z : 449 $[M - H]^-$, 分子量 450, 分子式 $C_{30}H_{58}O_2$; 1H NMR ($CDCl_3$, 500 MHz): δ 4.31 (1H, dd, $J = 3.0, 6.5$ Hz, H-9), 4.16 (1H, dd, $J = 3.0, 6.5$ Hz, H-10), 2.37 (2H, m, H-17), 2.06 (4H, m, H-8, 11), 1.67 (4H, m, H-2, 2'), 1.30~1.24 (40H, m, $20 \times CH_2$), 0.83 (6H, m, H-1, 1')。参照文献[18, 19]并根据质谱及核磁数据, 确定该化合物为油酸月桂醇酯(Lauryl oleate)。

2 结果和讨论

本研究对木棉根进行了化学成分研究, 通过各种色谱方法分离, 从木棉根中分离鉴定了 17 个化合物, 分别为 24-烯-环阿尔廷酮 (1)、环阿尔廷醇 (2)、木栓酮 (3)、羽扇豆醇 (4)、3 β -乙酰齐墩果酸 (5)、齐墩果酸 (6)、麦角甾-4,6,8(14),22E-四烯-3-酮 (7)、胆甾-4-烯-3-酮 (8)、5 $\alpha,8\alpha$ -环二氧-24-甲基胆甾-6,9,22E-三烯-3 β -醇 (9)、 β -谷甾醇 (10)、6 β -羟基-豆甾-4-烯-3-酮 (11)、胆甾醇 (12)、 β -谷甾醇-3- O - β -D-葡萄糖苷-6'- O -二十烷酸酯 (13)、亚油酸三甘油酯 (14)、正三十一烷醇 (15)、正二十二烷酸 (16)和油酸月桂醇酯 (17)。除化合物 4、6、9、10 外, 其余化合物均为首次从该属植物中分得。三萜是木棉根中主要的次生代谢产物, 据报道木栓酮有较好的抗炎活性^[20], 羽扇豆醇具有很好的抗肿瘤活性^[21], 3 β -乙酰齐墩果酸具有清除 DPPH 自由基的能力^[22], 齐墩果酸具有抗菌等活性^[23], 环阿尔廷类化合物药理活性丰富, 包括抗肿瘤、抗病毒、抗菌、抗炎等活性, 甚至是对肝损伤也有很好的保护作用^[24]。这些化合物的活性与木棉具有抗炎、抗菌作用、抗肿瘤作用一致^[25], 本研究结果为木棉根的开发利用提供科学依据。

参考文献

- [1] Chinese Traditional Herbal Collection Group. Chinese Traditional Herbal Collection, Vol. 1 [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1975: 177–178.
《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编(上册) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1975: 177–178.
- [2] WANG G K, LIN B B, RAO R, et al. A new lignan with anti-HBV activity from the roots of *Bombax ceiba* [J]. Nat Prod Res, 2013, 27(15): 1348–1352. doi: 10.1080/14786419.2012.740032.
- [3] WANG G K, LIN B B, LIU X X, et al. Phonemic constituents from the leaves of *Bombax malabaricum* [J]. Nat Prod Res Dev, 2012, 24(3): 336–338, 341. doi: 10.16333/j.1001-6880.2012.03.004.
王国凯, 林彬彬, 刘欣欣, 等. 木棉叶酚性成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(3): 336–338, 341. doi: 10.16333/j.1001-6880.2012.03.004.
- [4] WANG G K, LIN B B, QIN M J. Studies on chemical constituents of the leaves of *Bombax ceiba* [J]. Chin Wild Plant Res, 2012, 31(6): 47–48, 52.
王国凯, 林彬彬, 秦民坚. 木棉叶化学成分研究 [J]. 中国野生植物资源, 2012, 31(6): 47–48, 52.
- [5] WANG G K, LIN B B, QIN M J. Study on chemical constituents from leaf of *Bombax ceiba* (II) [J]. J Chin Med Mat, 2014, 37(2): 240–242. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2014.02.021.
王国凯, 林彬彬, 秦民坚. 木棉叶化学成分研究 (II) [J]. 中药材, 2014, 37(2): 240–242. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2014.02.021.
- [6] DAVIES N W, MILLER J M, NAIDU R, et al. Triterpenoids in bud exudates of Fijian *Gardenia* species [J]. Biochem Syst Ecol, 1992, 31(1): 159–162. doi: 10.1016/0031-9422(91)83026-H.
- [7] HAI F, TANG X L, LI G Q. Steroids and terpenoids from the mangrove *Acanthus ilicifolius* [J]. Nat Prod Res Dev, 2010, 22(4): 597–599. doi: 10.3969/j.issn.1001-6880.2010.04.014.
海芳, 唐旭利, 李国强. 红树植物老鼠簕中的甾醇和萜类成分 [J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(4): 597–599. doi: 10.3969/j.issn.1001-6880.2010.04.014.
- [8] LIU J S, WANG G, WANG G K, et al. Studies on triterpenoids in *Kalimeris indica* [J]. Chin Trad Patent Med, 2010, 32(3): 462–465. doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2010.03.033.
刘劲松, 王刚, 王国凯, 等. 马兰三萜类化学成分研究 [J]. 中成药, 2010, 32(3): 462–465. doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2010.03.033.
- [9] WU X Q, CHEN R, FANG D M, et al. Chemical study on *Rhaphidophora hongkongensis* [J]. Chin J Appl Environ Biol, 2011, 17(1): 24–28. doi: 10.3724/SPJ.1145.2011.00024.
吴晓青, 陈睿, 方冬梅, 等. 崖角藤的化学成分 [J]. 应用与环境生物学报, 2011, 17(1): 24–28. doi: 10.3724/SPJ.1145.2011.00024.
- [10] CHEN C, LI Z X, MENG D L, et al. Isolation and identification of chemical constituents from stems of *Stauntonia brachyanthera* Hand.-Mazz. [J]. J Shenyang Pharm Univ, 2011, 28(6): 417–419, 432. doi: 10.14066/j.cnki.cn21-1349/r.2011.06.004.
陈超, 李振兴, 孟大利, 等. 黄腊果藤茎化学成分的分离与鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 2011, 28(6): 417–419, 432. doi: 10.14066/j.cnki.cn21-1349/r.2011.06.004.
- [11] YANG A M, HAN H, SUN J, et al. Chemical constituents from *Gentiana algida* [J]. Chin J Exp Trad Med Form, 2011, 17(19): 121–124. doi: 11-3495/r.20110809.1706.019.
杨爱梅, 韩晗, 孙静, 等. 藏药高山龙胆的化学成分 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(19): 121–124. doi: 11-3495/R.20110809.1706.019.
- [12] ZHANG M, TANG X L, LI G Q. Studies on the chemical constituents of the salt-tolerant plants *Limonium bicolor* in coastal wetlands [J]. J Ocean Univ China, 2010, 40(5): 89–92. doi: 10.3969/j.issn.1672-5174.2010.05.021.
张敏, 唐旭利, 李国强. 滨海湿地耐盐植物二色补血草化学成分研究 [J]. 中国海洋大学学报, 2010, 40(5): 89–92. doi: 10.3969/j.issn.1672-5174.2010.05.021.
- [13] LEI H, ZHOU X F, YANG Y L, et al. Sterols of marine bryozoan *Bugula neritina* from the South China Sea [J]. J Chin Med Mat, 2011, 34(2): 180–183. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2011.02.022.
雷辉, 周雪峰, 杨亚玲, 等. 南海多室草苔虫甾醇类化学成分研究 [J]. 中药材, 2011, 34(2): 180–183. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2011.02.022.
- [14] ZHANG Q Y, WU G, LIU S Y, et al. New steroid glycoside derivatives from *Stelmatocrypton khasianum* [J]. Chin Trad Herb Drugs, 2002, 33(1): 6–8. doi: 10.3321/j.issn:0253-2670.2002.01.003.
张庆英, 吴刚, 刘寿养, 等. 生藤中新甾体皂苷衍生物的结构鉴定 [J]. 中草药, 2002, 33(1): 6–8. doi: 10.3321/j.issn:0253-2670.2002.01.003.
- [15] YIN W, WANG G. Chemical constituents in fermentation liquid of the fungus *Lycoperdon fuscum* [J]. J Anhui Trad Chin Med, 2010, 29(6): 67–71. doi: 10.3969/j.issn.1000-2219.2010.06.023.
尹伟, 王刚. 褐皮马勃发酵液的化学成分 [J]. 安徽中医学院学报, 2010, 29(6): 67–71. doi: 10.3969/j.issn.1000-2219.2010.06.023.
- [16] ZHOU M, MA L, HAO X J, et al. Antitumor activities of chemical constituents of *Cephalotaxus fortunei* in Guizhou Province [J]. J China Pharm Univ, 2009, 40(3): 209–212. doi: 10.3321/j.issn:1000-5048.2009.03.004.
周玫, 马琳, 郝小江, 等. 黔产三尖杉抗肿瘤活性成分研究 [J]. 中

- 国药科大学学报, 2009, 40(3): 209–212. doi: 10.3321/j.issn:1000-5048.2009.03.004.
- [17] XU W Q, GONG X J, ZHOU X, et al. Chemical constituents from *Kalimeris indica* [J]. Chin Trad Herb Drugs, 2010, 41(7): 1056–1060.
许文清, 龚小见, 周欣, 等. 马兰化学成分研究 [J]. 中草药, 2010, 41(7): 1056–1060.
- [18] GUO S, DUAN J A, ZHAO J L, et al. Resource chemical constituents from sarcocarp of *Ziziphus jujuba* var. *spinosa* [J]. Chin Trad Herb Drugs, 2012, 43(10): 1905–1909.
郭盛, 段金庵, 赵金龙, 等. 酸枣果肉资源化学成分研究 [J]. 中草药, 2012, 43(10): 1905–1909.
- [19] LI F, ZHONG H M, WANG X J. Chemical study of *Tetraena mongolica* Maxim [J]. Nat Prod Res Dev, 2006, 18(6): 948–950. doi: 10.16333/j.1001-6880.2006.06.014.
李昉, 钟惠民, 王现杰. 四合木的化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18(6): 948–950. doi: 10.16333/j.1001-6880.2006.06.014.
- [20] LIU K Y, ZHANG T J, GAO W Y, et al. Triterpenes and steroids from *Aster tataricus* [J]. Nat Prod Res Dev, 2006, 18(1): 4–6. doi: 10.3969/j.issn.1001-6880.2006.01.002.
刘可越, 张铁军, 高文远, 等. 紫菀中三萜及甾体化合物的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18(1): 4–6. doi: 10.3969/j.issn.1001-6880.2006.01.002.
- [21] ZHANG L, ZHANG Y C. Anticancer effect of lupeol, a triterpene [J]. J Int Oncol, 2012, 39(2): 113–116. doi: 10.3760/cma.j.issn.1673-422X.2012.02.011.
张琳, 张有成. 三萜类化合物羽扇豆醇的抗肿瘤作用 [J]. 国际肿瘤学杂志, 2012, 39(2): 113–116. doi: 10.3760/cma.j.issn.1673-422X.2012.02.011.
- [22] JIANG H B, DONG X P, TIAN R J, et al. Study on the triterpenes constituents and its antioxidant activities *in vitro* from the fruits of *Ligustrum lucidum* [J]. W China J Pharm Sci, 2015, 30(2): 163–164. doi: 10.13375/j.cnki.wcjps.2015.02.012.
江洪波, 董小萍, 田仁君, 等. 女贞子三萜类化学成分及其体外抗氧化活性的研究 [J]. 华西药学杂志, 2015, 30(2): 163–164. doi: 10.13375/j.cnki.wcjps.2015.02.012.
- [23] LIU D, MENG Y Q, ZHAO J. Recent advance in the study on derivatives of oleanolic acid and ursolic acid [J]. Chemistry, 2007, 70(1): 14–20. doi: 10.14159/j.cnki.0441-3776.2007.01.003.
刘丹, 孟艳秋, 赵娟. 齐墩果酸与熊果酸结构修饰物的药理活性和构效关系研究进展 [J]. 化学通报, 2007, 70(1): 14–20. doi: 10.14159/j.cnki.0441-3776.2007.01.003.
- [24] HUANG K X, JIANG J Q. Advances in resource and pharmacological activities of cycloartane triterpenoids [J]. Drugs Clin, 2016, 31(12): 2073–2078.
黄可心, 蒋建勤. 环阿尔廷烷类三萜的资源分布和药理作用研究进展 [J]. 现代药物与临床, 2016, 31(12): 2073–2078.
- [25] LI X S, XU G K, WANG G K, et al. Advances in research on chemical constituents and pharmacological effect of *Bombax ceiba* L. [J]. Chin Wild Plant Res, 2015, 34(3): 42–45, 48. doi: 10.3969/j.issn.1006-9690.2015.03.011.
李旭森, 许光凯, 王国凯, 等. 木棉的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中国野生植物资源, 2015, 34(3): 42–45, 48. doi: 10.3969/j.issn.1006-9690.2015.03.011.