

领春木枝叶化学成分的研究

张龙来¹, 李玉霞¹, 魏孝义², 徐汉虹^{1*}

(1. 华南农业大学, 天然农药与化学生物学教育部重点实验室, 广州 510642; 2. 中国科学院华南植物园, 中国科学院植物资源保护与利用重点实验室, 广州 510650)

摘要: 为了研究领春木(*Euptelea pleiospermum* Hook. f. et Thoms)的化学成分, 利用各种柱色谱及高压液相色谱等方法进行分离和纯化, 根据理化性质和光谱数据分析鉴定了 9 个化合物。他们分别为: 白桦脂酸 (1); 齐墩果酸 (2); N-反式对羟基肉桂酰基-对羟基苯乙胺 (3); N-反式阿魏酰酪胺 (4); N-顺式阿魏酰酪胺 (5); 丁香脂素 (6); N-顺式阿魏酰-3-甲氧基酪胺 (7); N-反式阿魏酰-3-甲氧基酪胺 (8); 3-羟基-30-去甲基-20-酮基-28-羽扇豆酸 (9)。所有化合物均为首次从领春木中分离得到。

关键词: 领春木; 三萜; 化学成分; 核磁共振

doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.02.015

Chemical Constituents from Twigs of *Euptelea pleiospermum*

ZHANG Long-lai¹, LI Yu-xia¹, WEI Xiao-yi², XU Han-hong^{1*}

(1. Key Laboratory of Natural Pesticide and Chemical Biology, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Sustainable Utilization, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

Abstract: To study chemical constituents of *Euptelea pleiospermum* Hook. f. et Thoms, nine compounds were isolated with column chromatography and HPLC. On the basis of physicochemical properties and spectral data, their structures were identified as: platanolic acid (1), oleanolic acid (2), N-*p-trans*-coumaroyl tyramine (3), N-*trans*-feruloyltyramine (4), N-*cis*-feruloyltyramine (5), syringaresinol (6), N-*cis*-feruloyl-3-*O*-methyldopamin (7), N-*trans*-feruloyl-3-*O*-methyldopamin (8), 3-hydroxy-30-nor-20-oxo-28-lupanoic acid (9). All compounds were isolated from this plant for the first time.

Key words: *Euptelea pleiospermum*; Triterpenoids; Chemical constituent; NMR

领春木(*Euptelea pleiospermum* Hook. f. et Thoms)别名云叶树、正心木和木桃, 隶属领春木科(Eupteleaceae)领春木属植物, 落叶小乔木, 多生在溪边杂木林中, 海拔900~3600 m, 领春木在世界许多地方已灭绝, 在中国种群数量也很少, 已处于濒危的境地, 花果成簇, 红艳夺目, 为优良的观赏树木, 属于国家三级保护植物^[1]。本课题组对云贵高原杀虫植物资源调查发现, 其中领春木在当地

作为农药使用有悠久的历史。为了充分阐明其药效物质基础, 开发和利用领春木农业药用资源, 本实验对领春木进行了系统的化学成分研究, 分离并鉴定了9个化合物(图1), 它们分别为: 白桦脂酸 (1), 齐墩果酸 (2), N-反式对羟基肉桂酰基-对羟基苯乙胺 (3), N-反式阿魏酰酪胺 (4), N-顺式阿魏酰酪胺 (5), 丁香脂素 (6); N-顺式阿魏酰-3-甲氧基酪胺 (7); N-反式阿魏酰-3-甲氧基酪胺 (8); 3-羟

收稿日期: 2015-05-04 接受日期: 2015-07-15

基金项目: 广州市科技计划项目(201300000112)资助

This work was supported by the Plan Project of Science and Technology in Guangzhou (Grant No. 201300000112).

作者简介: 张龙来(1988~), 男, 硕士研究生, 研究方向为植物源农药。E-mail: zchangll@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: hhxu@scau.edu.cn

基-30-去甲基-20-酮基-28-羽扇豆酸 (9)。本文报道的化合物均为首次从领春木中分离。

1 材料和方法

1.1 材料

领春木 (*Euptelea pleiospermum* Hook. f. et Thoms) 枝叶采集于云南省文山州麻栗坡县下金厂乡云岭村后山, 经华南农业大学林学院唐光大老师鉴定为领春木科领春木, 实验材料保存于华南农业大学杀虫植物标本园植物资源冷库中。

硅胶(青岛海洋化工厂, 200~300目); Sephadex LH-20 (Pharmacia公司); 氘代试剂为Cambridge Isotope Laboratories, Inc; 柱色谱试剂均为分析纯。

1.2 仪器

MDS SCIEX API 2000LC/MS/MS质谱仪, 美国Applied Biosystems公司生产; BRUKER AV 600M核磁共振波谱仪, 瑞士布鲁克公司生产等; 色谱柱为XTerra Prep MS C18 column (19 mm×300 mm, 10 μm和4.6 mm×250mm, 10 μm); 旋转蒸发仪型号为EYELA N-1001; EYELA, A-1000S型循环水真空泵; EYELA CA-1111型低温冷却液循环泵, Tokyo Rikakai Co. Ltd生产; 电热恒温水浴锅为上海精宏实验设备有限公司生产; 低温连续相变萃取仪为华南农业大学食品学院自主设计。

1.3 提取分离

领春木枝叶13.1 kg, 采用低温连续相变萃取仪进行提取, 提取条件为萃取釜50℃, 解析釜60℃, 萃取压力0.6 Mpa, 萃取120 min, 以甲醇为萃取剂。提取得的浸膏, 用少量水溶解, 分别用石油醚II、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇进行萃取。氯仿部分和乙酸乙酯部分合并后, 除色素后, 得样品90.8 g。利用正相硅胶色谱分离技术, 以氯仿-甲醇(100:0~60:40)进行梯度洗脱, 得到6个组分: C1 (16.44 g)、C2 (6.87 g)、C3 (23.44 g)、C4 (11.66 g)、C5 (10.87 g)和C6 (13.75 g)。

C1组分以石油醚-乙酸乙酯(100:0~60:40)进行梯度洗脱, 得C1P1~C1P11共11个亚组分。C1P2 (4.9 g)析出无色结晶, 重结晶得化合物1 (2.2 g)。C2组分利用ODS反向硅胶层析, 以甲醇-水(30:70~100:0)进行梯度洗脱, 得15个亚组分, 其中C2O6亚组分经凝胶柱层析后, 以甲醇-水(68:32)得到化合物

2 (3.76 mg); C2O12亚组分有无色针状晶体析出, 经洗结晶后得化合物3 (17.4 mg)。C3组分以氯仿-甲醇(90:10~70:30)进行梯度洗脱, 得7个亚组分C3M1~C3M7, C3M4亚组分(6.225 g)经ODS反向硅胶层析, 以甲醇-水(0:100~100:0)进行梯度洗脱, 得16个亚组分, 其中C3M4-O7亚组分(1.8 g)经MCI (30:70)富集主点后(1.5 g), 以甲醇-水(28:72)少量制备得化合物4 (8 mg)和5 (16 mg)。C4组分用ODS反向硅胶层析, 以甲醇-水(60:40~100:0)进行梯度洗脱, 得25个亚组分, C4O4亚组分(411 mg)经凝胶层析后得5个亚组分, 其中C4O4-B亚组分(33.4 mg)以甲醇-水(32:68)制备得化合物6 (12.6 mg), C4O4-D亚组分(258 mg)以甲醇-水(36:6)制备得化合物7 (18.6 mg)和8 (10.6 mg)。C4O16亚组分有无色针状晶体析出, 经洗结晶后得化合物9 (98 mg)。

1.4 结构鉴定

化合物1 无色针状晶体, ESIMS m/z : 455 $[M - H]^-$, 479 $[M + Na]^+$, 分子式为 $C_{30}H_{48}O_3$, 1H NMR (600 MHz, C_5D_5N): δ 0.81, 1.00, 1.05, 1.06, 1.22, 1.78 (各3H, s, $6 \times CH_3$), 4.76, 4.94 (各1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-29); ^{13}C NMR (150 MHz, C_5D_5N): δ 39.29 (C-1), 28.32 (C-2), 78.12 (C-3), 39.54 (C-4), 55.93 (C-5), 18.80 (C-6), 34.84 (C-7), 41.13 (C-8), 50.97 (C-9), 37.59 (C-10), 21.22 (C-11), 26.13 (C-12), 38.63 (C-13), 42.86 (C-14), 31.22 (C-15), 32.88 (C-16), 56.64 (C-17), 49.77 (C-18), 47.79 (C-19), 151.34 (C-20), 30.29 (C-21), 37.53 (C-22), 28.68 (C-23), 16.43 (C-24), 16.43 (C-25), 16.36 (C-26), 14.91 (C-27), 178.84 (C-28), 109.98 (C-29), 19.48 (C-30)。以上数据与文献[2]报道一致, 故鉴定为白桦脂酸(Platanolic acid)。

化合物2 白色粉末, 分子式为 $C_{30}H_{48}O_3$; ESIMS m/z : 479 $[M + Na]^+$, 495 $[M + K]^+$, 455 $[M - H]^-$, 491 $[M + Cl]^-$ 。 1H NMR (CD_3OD , 600 MHz): δ 0.77, 0.81, 0.90, 0.93, 0.96, 0.99, 1.15 (各3H, s, $7 \times CH_3$), 5.23 (1H, m, H-22); ^{13}C NMR (CD_3OD , 150 MHz): δ 38.4 (C-1), 27.4 (C-2), 78.3 (C-3), 39.1 (C-4), 55.5 (C-5), 18.1 (C-6), 32.1 (C-7), 41.3 (C-8), 48.0 (C-9), 36.8 (C-10), 23.1 (C-11), 122.2 (C-12), 143.8 (C-13), 41.5 (C-14), 27.4 (C-15), 23.1 (C-16), 46.2 (C-17), 41.3 (C-18), 47.2 (C-19), 30.3 (C-20), 33.5 (C-21), 32.6 (C-22), 30.3 (C-23), 16.3 (C-24),

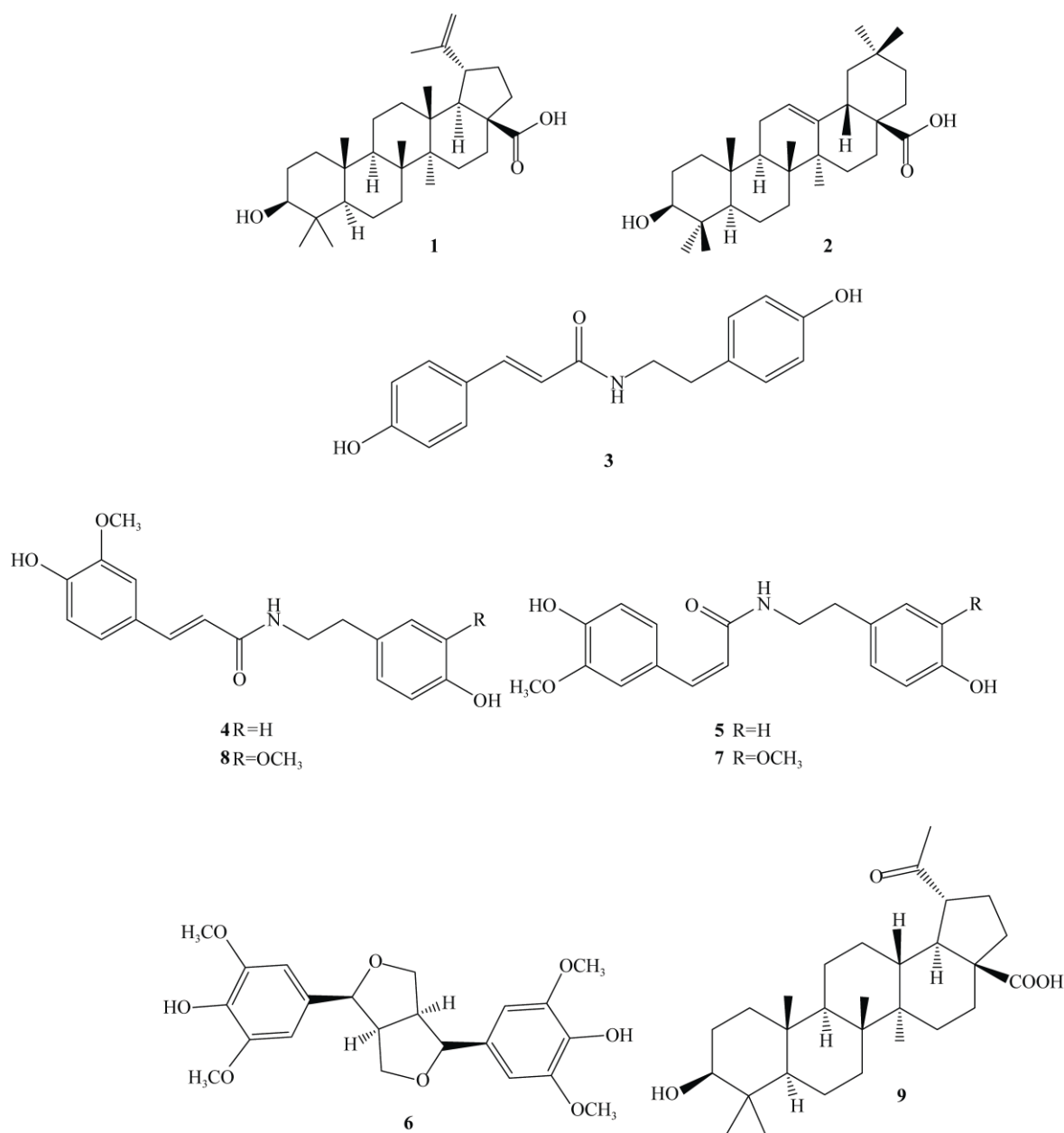


图1 化合物1-9的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1-9

14.9 (C-25), 18.8 (C-26), 26.4 (C-27), 180.5 (C-28), 32.6 (C-29), 23.1 (C-30)。以上数据与文献[3]报道基本一致, 故鉴定为齐墩果酸(Oleanolic acid)。

化合物 3 白色粉末, ESIMS m/z : 284 $[M + H]^+$, 分子式为 $C_{17}H_{17}NO_3$ 。 1H NMR (600 MHz, CD_3OD): δ 2.76 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-2'), 3.47 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-1'), 6.73 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5', 7'), 7.07 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-4', 8'), 6.39 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-2), 7.45 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-3), 6.80

(2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-6, 8), 7.41 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5, 9); ^{13}C NMR (150 MHz, CD_3OD): δ 167.83 (C-9), 159.11 (C-4), 155.53 (C-4'), 140.35 (C-7), 129.90 (C-1), 129.32 (C-2, 6), 129.13 (C-2', 6'), 126.32 (C-1), 117.02 (C-3, 5), 115.30 (C-3', 5'), 114.85 (C-8), 41.14 (C-8'), 34.41 (C-7')。以上数据与文献[4]报道基本一致, 故鉴定为N-反式对羟基肉桂酰基-对羟基苯乙胺(N-*p-trans*-coumaroyl tyramine)。

化合物 4 无色油状物, ESIMS m/z : 314.3

$[M + H]^+$, 336.1 $[M + Na]^+$, 分子式为 $C_{18}H_{19}NO_4$ 。
 1H NMR (CD_3OD , 600 MHz): δ 7.45 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-7), 7.13 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2), 7.05 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2', 6'), 7.04 (1H, dd, $J = 8.4$, 1.9 Hz, H-6), 6.81 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5), 6.73 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5'), 6.42 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-8), 3.90 (3H, s, 3-OCH₃), 3.48 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-8'), 2.75 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-7'); ^{13}C NMR (CD_3OD , 150 MHz): δ 169.2 (C-9), 149.9 (C-4), 157.0 (C-3), 142.1 (C-7), 128.6 (C-1), 123.3 (C-6), 118.8 (C-8), 115.9 (C-5), 114.0 (C-2), 131.3 (C-1'), 130.8 (C-2', 6'), 149.6 (C-4'), 116.3 (C-3', 5'), 56.5 (3-OCH₃), 42.5 (C-8'), 35.7 (C-7')。以上波谱数据与文献[5-6]基本一致, 鉴定为N-反式阿魏酰酪胺(N-*trans*-feruloyltyramine)。

化合物5 白色粉末, ESIMS m/z : 314.3 $[M + H]^+$, 336.1 $[M + Na]^+$, 分子式为 $C_{18}H_{19}NO_4$, 核磁共振氢谱和碳谱同化合物4基本一致, 区别在于 δ 5.82 (1H, d, $J = 12.7$ Hz), 6.62 (1H, d, $J = 12.7$ Hz) 是一个顺式双键。 1H NMR (CD_3OD , 600 MHz): δ 5.82 (1H, d, $J = 12.7$ Hz, H-8); ^{13}C NMR (CD_3OD , 600 MHz): δ 7.37 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2), 6.94 (1H, dd, $J = 8.4$, 1.9 Hz, H-6), 6.75 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5), 6.62 (1H, d, $J = 12.7$ Hz, H-7), 5.82 (1H, d, $J = 12.7$ Hz, H-8), 3.84 (3H, s, 3-OCH₃), 7.01 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2', 6'), 6.70 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5'), 3.40 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-8'), 2.70 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-7'); ^{13}C NMR (CD_3OD , 150 MHz): δ 170.4 (C-9), 148.1 (C-4), 157.0 (C-3), 138.4 (C-7), 131.3 (C-1), 128.4 (C-6), 123.3 (C-8), 116.6 (C-5), 111.6 (C-2), 56.5 (3-OCH₃), 131.4 (C-1'), 130.8 (C-2', 6'), 116.4 (C-3', 5'), 148.3 (C-4'), 42.6 (C-8'), 35.9 (C-7')。根据以上波谱数据, 并与文献[7]基本一致, 故鉴定为N-顺式阿魏酰酪胺(N-*cis*-feruloyltyramine)。

化合物6 浅黄色油状物体, ESIMS m/z : 417 $[M - H]^-$, 441 $[M + Na]^+$, 分子式为 $C_{22}H_{26}O_8$ 。 1H NMR (600 MHz, CD_3OD): δ 6.67 (4H, s, H-2', 6', 2'', 6''), 4.72 (2H, d, $J = 4.4$ Hz, H-2, 6), 4.27 (2H, $J = 9.1$, 4.6, 2.3 Hz, H-4a, 8a), 3.89 (2H, dd, $J = 9.2$, 3.6 Hz, H-4e, 8e), 3.85 (12H, 3', 5', 3'', 5''-OCH₃), 3.14 (2H, m, H-1, 5)。 ^{13}C NMR (150 MHz, CD_3OD): δ 147.95 (C-3', 5', 3'', 5''), 134.81 (C-4', 4''), 131.75 (C-1', 1''), 103.12 (C-2', 6', 2'', 6''), 86.21 (C-2, 6),

71.36 (C-4, 8), 55.40 (3', 5', 3'', 5''-OCH₃), 54.12 (C-1, 5)。根据以上波谱数据, 与文献[8]数据基本一致, 鉴定为丁香脂素(Syringaresinol)。

化合物7 白色粉末, ESIMS m/z : 344 $[M + H]^+$, 366 $[M + Na]^+$, 342 $[M - H]^-$, 分子式为 $C_{19}H_{21}NO_5$; 1H NMR (600 MHz, CD_3OD): δ 6.78 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2), 6.74 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5), 6.94 (1H, dd, $J = 8.0$, 2.0 Hz, H-6), 2.72 (2H, t, $J = 7.3$ Hz, H-7), 3.44 (2H, t, $J = 7.3$ Hz, H-8), 7.38 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 6.74 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.94 (1H, dd, $J = 2.0$, 8.2 Hz, H-6'), 6.62 (1H, d, $J = 12.7$ Hz, H-7'), 5.83 (1H, d, $J = 12.7$ Hz, H-8'), 3.80 (3H, s, 3-OMe), 3.84 (3H, s, 3'-OMe); ^{13}C NMR (150 MHz, CD_3OD): δ 132.0 (C-1), 114.00 (C-2), 148.58 (C-3), 148.98 (C-4), 124.90 (C-5), 116.24 (C-6), 138.38 (C-7), 121.64 (C-8), 170.40 (C-9), 128.58 (C-1'), 113.44 (C-2'), 146.09 (C-3'), 148.65 (C-4'), 122.25 (C-5'), 115.88 (C-6'), 36.06 (C-7'), 42.38 (C-8'), 56.42 (3'-OMe), 56.35 (3-OMe)。以上数据与文献[5]报道一致, 故鉴定为N-顺式阿魏酰-3-甲氧基酪胺(N-*cis*-feruloyl-3-O-methyldopamin)。

化合物8 白色粉末, ESIMS m/z : 344 $[M + H]^+$, 366 $[M + Na]^+$, 342 $[M - H]^-$, 分子式为 $C_{19}H_{21}NO_5$; 1H NMR (600 MHz, MeOD): δ 6.83 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2), 6.74 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5), 6.68 (1H, dd, $J = 8.0$, 2.0 Hz, H-6), 2.78 (2H, t, $J = 7.3$ Hz, H-7), 3.50 (2H, t, $J = 7.3$ Hz, H-8), 7.13 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 6.81 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5'), 7.04 (1H, dd, $J = 2.0$, 8.2 Hz, H-6'), 7.45 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-7'), 6.42 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-8'), 3.85 (3H, s, 3-OMe), 3.90 (3H, s, 3'-OMe); ^{13}C NMR (150 MHz, MeOD): δ 132.09 (C-1), 113.51 (C-2), 149.01 (C-3), 149.92 (C-4), 123.25 (C-5), 116.52 (C-6), 142.09 (C-7), 118.81 (C-8), 169.25 (C-9), 128.69 (C-1'), 111.61 (C-2'), 146.12 (C-3'), 149.36 (C-4'), 122.31 (C-5'), 116.25 (C-6'), 36.27 (C-7'), 42.53 (C-8'), 56.40 (3'-OMe), 56.44 (3-OMe)。以上数据与文献[5,9]报道一致, 故鉴定为N-反式阿魏酰-3-甲氧基酪胺(N-*trans*-feruloyl-3-O-methyldopamin)。

化合物9 白色粉末, ESIMS m/z : 459 $[M + H]^+$, 分子式为 $C_{29}H_{46}O_4$ 。 1H NMR (600 MHz, $CDCl_3$): δ 2.20, 1.02, 0.98, 0.93, 0.83, 0.77 (各3H, s, 6 \times CH₃); ^{13}C NMR (150 MHz, $CDCl_3$): δ 38.6 (C-1), 27.3 (C-2),

78.9 (C-3), 38.8 (C-4), 55.2 (C-5), 18.2 (C-6), 34.2 (C-7), 40.6 (C-8), 50.3 (C-9), 37.2 (C-10), 20.8 (C-11), 27.2 (C-12), 37.5 (C-13), 42.2 (C-14), 29.7 (C-15), 31.4 (C-16), 56.2 (C-17), 49.2 (C-18), 51.2 (C-19), 212.0 (C-20), 28.2 (C-21), 36.7 (C-22), 15.3 (C-23), 28.0 (C-24), 16.0 (C-25), 15.9 (C-26), 14.7 (C-27), 181.2 (C-28), 30.0 (C-29)。以上数据与文献[10]报道一致, 鉴定为3-羟基-30-去甲基-20-酮基-28-羽扇豆酸(3-Hydroxy-30-nor-20-oxo-28-lupanoic acid)。

2 结果和讨论

采用多种柱层析和色谱技术, 从领春木枝叶中分离得到 9 个化合物, 通过波谱数据解析分别鉴定为: 白桦脂酸 (1)、齐墩果酸 (2)、N-反式对羟基肉桂酰基-对羟基苯乙胺 (3)、N-反式阿魏酰酪胺 (4)、N-顺式阿魏酰酪胺 (5)、丁香脂素 (6)、N-顺式阿魏酰-3-甲氧基酪胺 (7)、N-反式阿魏酰-3-甲氧基酪胺 (8) 和 3-羟基-30-去甲基-20-酮基-28-羽扇豆酸 (9), 所有化合物均是首次从该植物中分离。三萜是领春木中主要的次级代谢产物。据报道, 1 mg mL^{-1} 白桦脂酸对储粮害虫赤拟谷盗(*Tribolium confusum*)的五龄幼虫、六龄幼虫、蛹都表现出良好的生长调节活性^[11]; 齐墩果酸具有抗菌等多种生物学活性^[12]; 酚酰胺类化合物具有广泛的生物活性包括抑制乙酰胆碱酯酶^[13]、抗氧化、抗菌^[14]、抑制酪氨酸酶等。本研究的结果为更好地利用和开发领春木提供了科学依据。

参考文献

- [1] WANG F, HE P, ZHANG Y F. Genetic diversity analysis in *Euptelea pleiospermum* [J]. J SW Univ (Nat Sci), 2014, 36(11): 70–75. doi: 10.13718/j.cnki.xdzk.2014.11.010.
王芳, 何平, 张益峰. 领春木的遗传多样性分析 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(11): 70–75. doi: 10.13718/j.cnki.xdzk.2014.11.010.
- [2] LU X R, LIU S, WANG M Y, et al. Triterpenoids from *Stauntonia obovatifoliola* Hayata subsp. *intermedia* stems [J]. China J Chin Mat Med, 2014, 39(23): 4629–4636. doi: 10.4268/cjcm20142329.
卢旭然, 刘烁, 王满元, 等. 五指那藤三萜类化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39(23): 4629–4636. doi: 10.4268/cjcm20142329.
- [3] DONG Q Q, YAN J, ZHENG M F, et al. Chemical constituents from seeds of *Achyranthes bidentata* Blume [J]. J Trop Subtrop Bot, 2010, 18(5): 569–572. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2010.05.016.
董琴琴, 颜健, 郑梦斐, 等. 牛膝种子化学成分研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(5): 569–572. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2010.05.016.
- [4] WANG J L, LI L N, HE L D, et al. Study on the chemical constituents of *Pharbitis nil* Choisy [J]. Nat Prod Res Dev, 2007, 19(3): 427–429.
王金兰, 李灵娜, 贺礼东, 等. 牵牛全草的化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2007, 19(3): 427–429.
- [5] CHEN C Y, CHANG F R, YEN H F, et al. Amides from stems of *Annona cherimola* [J]. Phytochemistry, 1998, 49(5): 1443–1447. doi: 10.1016/S0031-9422(98)00123-X.
- [6] YAHAGI T, YAMASHITA Y, DAIKONNYA A, et al. New feruloyl tyramine glycosides from *Stephania hispidula* Yamamoto [J]. Chem Pharm Bull, 2010, 58(3): 415–417. doi: 10.1248/cpb.58.415.
- [7] SARKER S D, BARTHOLOMEW B, NASH R J. Alkaloids from *Balanites aegyptiaca* [J]. Fitoterapia, 2000, 71(3): 328–330. doi: 10.1016/S0367-326X(99)00149-5.
- [8] WISIT M, SIRIPIT P, NARONG N, et al. (+)-Syringaresinol lignan from new species *Magnolia thailandica* [J]. Amer J Appl Sci, 2011, 8(12): 1268–1271. doi: 10.3844/ajassp.2011.1268.1271.
- [9] XIAO H, PARKIN K. Isolation and identification of phase II enzyme-inducing agents from nonpolar extracts of green onion (*Allium* spp.) [J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(22): 8417–8424. doi: 10.1021/jf061582s.
- [10] KAMPERDICK C, ADAM G, VAN N H, et al. Chemical constituents of *Madhuca pasquieri* [J]. Z Naturforsch C, 1997, 52(5/6): 295–300.
- [11] LINGAMPALLY V, SOLANKI, V R, JAYARAM V, et al. Betulinic acid: A potent insect growth regulator from *Ziziphus jujuba* against *Tribolium confusum* Duval [J]. Asian J Plant Sci Res, 2012, 2(2): 198–206.
- [12] LIU D, MENG Y Q, ZHAO J. Recent advance in the study on derivatives of oleanolic acid and ursolic acid [J]. Chemistry, 2007(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(1): 14–20. doi: 10.14159/j.cnki.0441-3776.2007.01.003.
- [13] AL-TAWHEEL A M, PERVEEN S, EL-SHAFIE A M, et al. Bioactive phenolic amides from *Celtis africana* [J]. Molecules, 2012, 17(3): 2675–2682. doi: 10.3390/molecules17032675.
- [14] GEORGIEV L, CHOCHKOVA M, TOTSEVA I, et al. Anti-tyrosinase, antioxidant and antimicrobial activities of hydroxycinnamoylamides [J]. Med Chem Res, 2013, 22(9): 4173–4182. doi: 10.1007/s00044-012-0419-x.
- [15] PARK J B, SCHOENE N. N-caffeoyltyramine arrests growth of U937 and Jurkat cells by inhibiting protein tyrosine phosphorylation and inducing caspase-3 [J]. Cancer Lett, 2003, 202(2): 161–171. doi: 10.1016/j.canlet.2003.08.010.