

续随子根甲醇提取物的化学成分分析

代炎¹, 王一巍², 王瑞阳², 刘晨阳², 徐曙², 冯煦², 陈雨^{1,2,①}

[1. 南京中医药大学, 江苏南京 210023; 2. 江苏省中国科学院植物研究所(南京中山植物园) 江苏省植物资源研究与利用重点实验室
江苏省中药材生态种植与高值化利用工程研究中心, 江苏南京 210014]

摘要: 从续随子(*Euphorbia lathyris* Linn.) 根甲醇提取物中分离鉴定出 10 个化合物。这些化合物均首次从续随子中分离获得, 分别为 3',4,4'',6'-tetrahydroxy[1,1':4',1''-terphenyl]-2',5'-dione (1)、邻苯二甲酸二丁酯(2)、2,2'-oxybis(1,4-di-tert-butylbenzene) (3)、1,1'-oxybis(2,4-di-tert-butylbenzene) (4)、二十四烷醇(5)、1-*O*-*cis*-octadec-9-enyl-3-eicosapentaenoyl-sn-glycerol (6)、棕榈酸(7)、二十四烷(8)、2,3,4-trihydroxyoctacosanoic acid (9)、顺-11-二十碳烯醇(10)。

关键词: 续随子; 化学成分; 分离鉴定

中图分类号: Q946.8; R284.1; S567.23⁺9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2025)02-0115-04
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2025.02.15

Analysis on chemical constituents of methanol extract from roots of *Euphorbia lathyris* DAI Yan¹, WANG Yiwei², WANG Ruiyang², LIU Chenyang², XU Shu², FENG Xu², CHEN Yu^{1,2,①} [1. Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China; 2. Jiangsu Key Laboratory for the Research and Utilization of Plant Resources, Jiangsu Province Engineering Research Center of Eco-cultivation and High-value Utilization of Chinese Medicinal Materials, Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences (Nanjing Botanical Garden Mem. Sun Yat-Sen), Nanjing 210014, China], *J. Plant Resour. & Environ.*, 2025, 34(2): 115-118

Abstract: Ten compounds were isolated and identified from the methanol extract of roots of *Euphorbia lathyris* Linn. All of them were isolated from *E. lathyris* for the first time, including 3',4,4'',6'-tetrahydroxy[1,1':4',1''-terphenyl]-2',5'-dione (1), dibutyl phthalate (2), 2,2'-oxybis(1,4-di-tert-butylbenzene) (3), 1,1'-oxybis(2,4-di-tert-butylbenzene) (4), tetracosanol (5), 1-*O*-*cis*-octadec-9-enyl-3-eicosapentaenoyl-sn-glycerol (6), palmitic acid (7), tetracosane (8), 2,3,4-trihydroxyoctacosanoic acid (9) and *cis*-11-eicosenol (10).

Key words: *Euphorbia lathyris* Linn.; chemical constituent; isolation and identification

续随子(*Euphorbia lathyris* Linn.) 是大戟科(Euphorbiaceae) 大戟属(*Euphorbia* Linn.) 药用和油用植物, 主要分布在陕西、江苏、广西、四川等地^[1]。续随子种子含油量达 40% 左右^[2], 是一种优良的油料作物^[3]; 目前, 续随子主要以种子入药或榨油, 其他部位在采收加工过程中常被丢弃, 造成资源浪费。因此, 本文对续随子根部化学成分进行研究, 以期对续随子的综合开发与利用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试续随子根采自江苏省中国科学院植物研究所种植基地, 由田梅博士鉴定。于 2019 年 8 月种植, 2020 年 7 月采收续随子植株, 截取根部晾干。

主要仪器: 循环制备液相仪(CBM-20A, LC-20AR, SPD-

20A, FRC-10A) 和 Shim-pack Scepter HD-C₁₈-80 反相色谱柱(20 mm×250 mm, 5 μm) 产自日本 Shimadzu 公司; Inertsil ODS-3-5020-08814-C₁₈ 反相色谱柱(10 mm×150 mm, 5 μm) 产自日本 GL Science 公司; 6530 Accurate-Mass Q-TOF 液质联用仪、InfinityLab Poroshell 120EC-C₁₈ 反相色谱柱(4.6 mm×100 mm, 2.7 μm) 和 400-MR DD2 核磁共振仪产自美国 Agilent 公司。

主要试剂: 柱层析硅胶(100~200 目, 200~300 目) 和 GF₂₅₄ 薄层层析硅胶板购自青岛海洋化工厂, Sephadex LH-20 型羟丙基葡聚糖凝胶产自瑞典 Pharmacia 公司, 色谱级甲醇、乙腈产自美国 TEDIA 公司, 分析级甲醇、石油醚、乙酸乙酯和二氯甲烷购自上海久亿化学试剂有限公司, 体积分数 95% 乙醇购自镇江久亿化学试剂有限公司。

1.2 方法

将晾干后的续随子根粉碎, 质量为 2.3 kg。加入甲醇冷浸

收稿日期: 2024-03-18

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(32270404); 江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(22)3068; CX(22)3008)

作者简介: 代炎(1998—), 男, 山东枣庄人, 硕士研究生, 研究方向为药用植物化学成分分析。

①通信作者 E-mail: ychen@jib.ac.cn

引用格式: 代炎, 王一巍, 王瑞阳, 等. 续随子根甲醇提取物的化学成分分析[J]. 植物资源与环境学报, 2025, 34(2): 115-118.

提取3次,合并提取液,减压回收至无醇味,得到续随子根浸膏106.3 g。将该浸膏加水混悬,依次加入石油醚、二氯甲烷、乙酸乙酯萃取3次,得到石油醚部分33.4 g、二氯甲烷部分12.1 g及乙酸乙酯部分18.1 g。石油醚部分用100~200目硅胶拌样,经200~300目硅胶柱层析后,用石油醚-乙酸乙酯混合溶液梯度洗脱(体积比依次为100:0,100:1,80:1,40:1,20:1,10:1,8:1,5:1,3:1,2:1,1:1,0:1),得到Fr.1至Fr.12。

Fr.3经硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=50:1$]得到Fr.3.1至Fr.3.8;Fr.3.1经硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=80:1$]、凝胶柱层析[流动相为 $V(\text{二氯甲烷}):V(\text{甲醇})=1:1$]得到化合物9(5.7 mg);Fr.3.5经硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=50:1$]、硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=40:1$]得到化合物10(8.4 mg)。Fr.4经硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=20:1$]得到Fr.4.1至Fr.4.10;Fr.4.3经硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=30:1$]、硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=40:1$]、凝胶柱层析[流动相为 $V(\text{二氯甲烷}):V(\text{甲醇})=1:1$]得到化合物1(10.1 mg);Fr.4.5经硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=20:1$]、凝胶柱层析[流动相为 $V(\text{二氯甲烷}):V(\text{甲醇})=1:1$]、硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=30:1$]得到化合物2(9.6 mg);Fr.4.7经反向色谱柱层析(流动相为体积分数80%~100%甲醇溶液)、硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=20:1$]、凝胶柱层析[流动相为 $V(\text{二氯甲烷}):V(\text{甲醇})=1:1$]、半制备液相色谱分析(流动相为体积分数98%甲醇溶液)得到化合物5(6.1 mg)和化合物6(5.2 mg)。Fr.6经硅胶色谱柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=7:1$]得到Fr.6.1至Fr.6.7;Fr.6.1经硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=10:1$]、反向色谱柱层析(流动相为体积分数70%~100%甲醇溶液)、半制备液相色谱分析(流动相为体积分数85%甲醇溶液)得到化合物7(12.1 mg);Fr.6.2经硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=10:1$]、凝胶柱层析[流动相为 $V(\text{二氯甲烷}):V(\text{甲醇})=1:1$]、反向色谱柱层析(流动相为体积分数60%~100%甲醇溶液)、半制备液相色谱分析(流动相为体积分数87%甲醇溶液)得到化合物3(6.9 mg);Fr.6.6经硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=10:1$]、凝胶柱层析[流动相为 $V(\text{二氯甲烷}):V(\text{甲醇})=1:1$]、反向色谱柱层析(流动相为体积分数60%~100%甲醇溶液)、半制备液相色谱分析(流动相为体积分数84%甲醇溶液)得到化合物8(7.4 mg)。Fr.7经硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=10:1$]、硅胶柱层析[流动相为 $V(\text{石油醚}):V(\text{乙酸乙酯})=7:1$]、反向色谱柱层析(流动相为体积分数60%~100%甲醇溶液)、半制备液相色谱(流动相为体积分数85%甲醇溶液)得到化合物4(7.5 mg)。

将10个化合物的 ^1H 、 ^{13}C 核磁数据和质谱数据与相关文献对比,确定其结构。

2 结果和分析

化合物1 黄色无定形粉末,HR-ESI-MS m/z :325.064 3 [M+H]⁺(计算值325.063 4),分子式为 $\text{C}_{18}\text{H}_{12}\text{O}_6$ 。 ^1H -NMR(400 MHz, CDCl_3) δ :7.36(2H, d, $J=8.5$ Hz, H-2'', 6''), 7.28(2H, d, $J=8.5$ Hz, H-2, 6), 6.88(2H, d, $J=8.5$ Hz, H-3'', 5''), 6.87(2H, d, $J=8.5$ Hz, H-3, 5)。 ^{13}C -NMR(100 MHz, CDCl_3) δ :181.9(C-5'), 181.9(C-2'), 162.7(C-4''), 162.7(C-4), 146.1(C-6'), 146.1(C-3'), 137.4(C-2, 6), 137.4(C-2'', 6''), 124.8(C-4'), 124.8(C-1), 120.2(C-1'), 120.2(C-1''), 116.0(C-3'', 5''), 116.0(C-3, 5)。以上数据与文献[4]报道数据基本一致,故鉴定化合物1为3',4,4',6'-tetrahydroxy[1,1':4',1''-terphenyl]-2',5'-dione。

化合物2 白色无定形粉末, EI-MS m/z :278, 分子式为 $\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{O}_4$ 。 ^1H -NMR(400 MHz, CDCl_3) δ :7.71(2H, dd, $J=10.2$ Hz, H-2, 5), 7.53(2H, dd, $J=10.2$ Hz, H-3, 4), 4.31(4H, t, $J=5.0$ Hz, H-2', 2''), 1.74(4H, m, H-3', 3''), 1.43(4H, m, H-4', 4''), 0.96(6H, t, $J=5.0$ Hz, H-5', 5'')。 ^{13}C -NMR(100 MHz, CDCl_3) δ :167.9(C-1', 1''), 132.5(C-1, 6), 131.0(C-3, 4), 129.0(C-2, 5), 65.7(C-2', 2''), 30.7(C-3', 3''), 19.3(C-4', 4''), 13.9(C-5', 5'')。以上数据与文献[5]报道数据基本一致,故鉴定化合物2为邻苯二甲酸二丁酯(dibutyl phthalate)。

化合物3 白色无定形粉末,HR-ESI-MS m/z :395.324 5 [M+H]⁺(计算值395.326 9),分子式为 $\text{C}_{28}\text{H}_{42}\text{O}$ 。 ^1H -NMR(400 MHz, CDCl_3) δ :7.54(2H, d, $J=8.7$ Hz, H-6, 6'), 7.36(2H, d, $J=2.5$ Hz, H-3, 3'), 7.13(2H, dd, $J=8.7, 2.5$ Hz, H-5, 5'), 1.34(18H, s, H-12~14, 12'~14'), 1.29(18H, s, H-8~10, 8'~10')。 ^{13}C -NMR(100 MHz, CDCl_3) δ :147.8(C-2'), 147.7(C-2), 147.2(C-1, 1'), 138.7(C-4), 138.6(C-4'), 124.6(C-3, 3'), 124.1(C-5, 5'), 119.3(C-6), 119.2(C-6'), 35.0(C-7, 7'), 34.7(C-11, 11'), 31.6(C-8~10, 8'~10'), 30.3(C-12~14), 29.8(C-12'~14')。以上数据与文献[6]报道数据基本一致,故鉴定化合物3为2,2'-oxybis(1,4-di-tert-butylbenzene)。

化合物4 白色无定形粉末,分子式为 $\text{C}_{28}\text{H}_{42}\text{O}$,HR-ESI-MS m/z :395.324 5 [M+H]⁺(计算值395.326 9)。 ^1H -NMR(400 MHz, CDCl_3) δ :7.53(2H, d, $J=8.7$ Hz, H-3, 3'), 7.35(2H, d, $J=2.5$ Hz, H-6, 6'), 7.13(2H, dd, $J=8.7, 2.5$ Hz, H-5, 5'), 1.31(18H, s, H-12~14, 12'~14'), 1.29(18H, s, H-8~10, 8'~10')。 ^{13}C -NMR(100 MHz, CDCl_3) δ :147.8(C-1'), 147.8(C-1), 147.2(C-2, 2'), 138.7(C-4), 138.6(C-4'), 124.6(C-3), 124.1(C-3'), 124.1(C-5, 5'), 119.3(C-6), 119.2(C-6'), 35.0(C-7, 7'), 34.7(C-11, 11'), 31.6(C-8~10, 8'~10'), 30.3(C-12~14), 29.8(C-12'~14')。以上数据与文献

[7]报道数据基本一致,故鉴定化合物 4 为 1,1'-oxybis(2,4-di-tert-butylbenzene)。

化合物 5 白色无定形粉末, EI-MS m/z : 354, 分子式为 $C_{24}H_{50}O$ 。 1H -NMR(400 MHz, $CDCl_3$) δ : 3.64(2H, t, $J=6.6$ Hz, H-1), 1.58(2H, m, H-2), 1.31~1.26(42H, m, H-3~23), 0.88(3H, t, $J=7.2$ Hz, H-24)。 ^{13}C -NMR(100 MHz, $CDCl_3$) δ : 63.3(C-1), 33.0(C-2), 32.1(C-3), 29.9(C-4~17), 29.8(C-18), 29.8(C-19), 29.6(C-20), 29.5(C-21), 26.0(C-22), 22.8(C-23), 14.3(C-24)。以上数据与文献[8]报道数据基本一致,故鉴定化合物 5 为二十四烷醇(tetracosanol)。

化合物 6 白色无定形粉末, HR-ESI-MS m/z : 627.143 5 $[M+H]^+$ (计算值 627.143 9), 分子式为 $C_{41}H_{70}O_4$ 。 1H -NMR(400 MHz, $CDCl_3$) δ : 5.45~5.21(12H, m, =CH), 4.29(2H, dd, $J=11.5, 4.4$ Hz, CH_2OCO), 4.14(2H, dd, $J=11.5, 6.2$ Hz, CH_2OCO), 2.84~2.73(8H, m, =CCH₂C=), 2.31(2H, t, $J=7.6$ Hz, CH_2COO), 2.12~2.03(4H, m, =CCH₂CH₂, =CCH₂CH₃), 2.01[4H, qr(br), $J=6.5$ Hz, =CHCH₂], 1.72(2H, qn, $J=7.5$ Hz, CH_2CH_2COO), 1.57[2H, qn(br), $J=6.9$ Hz, OCH_2CH_2], 1.32~1.21(22H, m, CH_2), 0.97(3H, t, $J=7.5$ Hz, CH_3), 0.87[3H, t(br), $J=6.9$ Hz, CH_3] ^{13}C -NMR(100 MHz, $CDCl_3$) δ : 173.4(CO), 173.0(CO), 132.1(=CH), 130.4(=CH), 130.3(=CH), 130.2(=CH), 128.4(=CH), 128.4(=CH), 128.4(=CH), 128.2(=CH), 128.0(=CH), 127.9(=CH), 127.9(=CH), 127.2(=CH), 71.8(EAP 中的 OCH_2CH_2), 71.4(1-O-烷基链中的 $CHCH_2O$), 69.0(1-O-烷基链中的 $CH_2CHOHCH_2$), 62.2(1-O-烷基链中的 CH_2OCO), 34.3(CH_2), 34.2(CH_2), 32.1(CH_2), 31.7(CH_2), 29.9(CH_2), 29.8(CH_2), 29.7(CH_2), 29.4(CH_2), 29.4(CH_2), 29.3(CH_2), 29.2(CH_2), 29.2(CH_2), 27.3(CH_2), 25.8(CH_2), 25.8(CH_2), 25.7(CH_2), 25.0(CH_2), 25.0(CH_2), 22.8(CH_2), 22.7(CH_2), 20.7(CH_2), 14.3(CH_3), 14.2(CH_3)。以上数据与文献[9]报道数据基本一致,故鉴定化合物 6 为 1-O-cis-octadec-9-enyl-3-icosapentaenoyl-sn-glycerol。

化合物 7 白色无定形粉末, EI-MS m/z : 256, 分子式为 $C_{16}H_{32}O_2$ 。 1H -NMR(400 MHz, $CDCl_3$) δ : 2.35(2H, t, $J=6.4$ Hz, H-2), 1.63(2H, m, H-3), 1.26(24H, m, H-4~15), 0.88(3H, t, $J=6.9$ Hz, H-16)。 ^{13}C -NMR(100 MHz, $CDCl_3$) δ : 179.9(C-1), 34.1(C-2), 32.1(C-3), 29.8(C-4), 29.8(C-5), 29.8(C-6), 29.8(C-7), 29.8(C-8), 29.7(C-9), 29.6(C-10), 29.5(C-11), 29.4(C-12), 29.2(C-13), 24.8(C-14), 22.8(C-15), 14.3(C-16)。以上数据与文献[10]报道数据基本一致,故鉴定化合物 7 为棕榈酸(palmitic acid)。

化合物 8 白色无定形粉末, HR-ESI-MS m/z : 339.394 8 $[M+H]^+$ (计算值 339.394 6), 分子式为 $C_{24}H_{50}$ 。 1H -NMR(400 MHz, $CDCl_3$) δ : 1.30(22H, m, $\beta-CH_2$), 1.25(22H, m, $\alpha-CH_2$), 0.86(6H, m, CH_3)。 ^{13}C -NMR(100 MHz, $CDCl_3$) δ : 31.8(C-3,

22), 29.8(C-5~20), 29.5(C-4, 21), 22.8(C-2, 23), 14.3(C-1, 24)。以上数据与文献[11]报道数据基本一致,故鉴定化合物 8 为二十四烷(tetracosane)。

化合物 9 白色无定形粉末, HR-ESI-MS m/z : 475.531 6 $[M+H]^+$ (计算值 475.436 2), 分子式为 $C_{28}H_{58}O_5$ 。 1H -NMR(400 MHz, CD_3OD) δ : 4.15(1H, qd, $J=11.7, 5.4$ Hz, H-2), 3.77(1H, d, $J=4.8$ Hz, H-3), 3.63(1H, dd, $J=11.5, 5.8$ Hz, H-4), 2.71(2H, m, H-5), 2.57(44H, m, H-6~27), 1.42(3H, dd, $J=6.3, 0.5$ Hz, H-28)。 ^{13}C -NMR(100 MHz, CD_3OD) δ : 176.2(C-1), 80.7(C-3), 78.6(C-2), 75.6(C-4), 49.8(C-5), 29.8(C-6~27), 18.2(C-28)。以上数据与文献[12]报道数据基本一致,故鉴定化合物 9 为 2,3,4-trihydroxyoctacosanoic acid。

化合物 10 浅黄色油状物, HR-ESI-MS m/z : 297.317 3 $[M+H]^+$ (计算值 297.311 3), 分子式为 $C_{20}H_{40}O$ 。 1H -NMR(400 MHz, $CDCl_3$) δ : 5.38~5.32(2H, m, H-11, 12), 2.23(2H, t, $J=7.3$ Hz, H-2), 1.99(4H, m, H-10, 13), 1.65(2H, m, H-3), 1.35~1.26(24H, m, H-4~9, 14~19), 0.88(3H, t, $J=6.7$ Hz, H-20)。 ^{13}C -NMR(100 MHz, $CDCl_3$) δ : 130.4(C-11), 130.3(C-12), 77.4(C-1), 34.2(C-2), 31.8(C-18), 29.9, 29.9, 29.8, 29.8, 29.7, 29.6, 29.5, 29.5, 29.4(C-4~8, 13~17), 27.4(C-9), 27.4(C-10), 25.7(C-3), 22.8(C-19), 14.3(C-20)。以上数据与文献[13]报道数据基本一致,故鉴定化合物 10 为顺-11-二十碳烯醇(cis-11-eicosenol)。

本研究从续随子根的甲醇提取物中共鉴定出 10 个化合物,且这些化合物均首次从续随子中分离获得。其中,化合物 2 目前作为增塑剂被广泛应用于医疗器械和各种包装材料^[14],多通过化合物合成,同时也在多种植物中被分离鉴定出^[15-18],且该化合物应为续随子的次生代谢产物^[19],表明天然产物拥有较大开发潜力。续随子种子中脂肪酸含量较高,化合物 5~10 证明续随子根中含有一定量的脂肪酸成分。

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: 第四十四卷第三分册[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 69-71.
- [2] 危文亮, 金梦阳, 马 冲, 等. 续随子油脂脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2007, 32(5): 70-71.
- [3] 刘 冲, 洪立洲, 王茂文, 等. 能源植物续随子及其研究进展[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(23): 119-120, 134.
- [4] HU L, GAO J M, LIU J K. Unusual poly(phenylacetyloxy)-substituted 1,1':4',1''-terphenyl derivatives from fruiting bodies of the basidiomycete *Thelephora ganbajun*[J]. Helvetica Chimica Acta, 2001, 84(11): 3342-3349.
- [5] KHATIWORKA E, ADSUL V B, RUIKAR A D, et al. Isolation and characterization of dibutyl phthalate from *Ipomoea carnea* stem and its quantification by HPTLC[J]. Journal of Pharmacy Research, 2011, 4(10): 3264-3265.
- [6] 孙变娜, 沈和定, 吴洪喜, 等. 崇明岛瘤背石磺的化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(7): 987-989, 1050.

- [7] JING S S, QU Z, ZHAO C C, et al. Dihydroisocoumarins and dihydroisoflavones from the rhizomes of *Dioscorea collettii* with cytotoxic activity and structural revision of 2,2'-oxybis(1,4-di-tert-butylbenzene)[J]. *Molecules*, 2021, 26(17): 5381.
- [8] AWAD N E. Bioactive brominated diterpenes from the marine red alga *Jania rubens* (L.) Lamx[J]. *Phytotherapy Research*, 2004, 18(4): 275-279.
- [9] MAGNUSSON C D, HARALDSSON G G. Activation of *n*-3 polyunsaturated fatty acids as oxime esters: a novel approach for their exclusive incorporation into the primary alcoholic positions of the glycerol moiety by lipase [J]. *Chemistry and Physics of Lipids*, 2012, 165(7): 712-720.
- [10] YOO Y C, SHIN B H, HONG J H, et al. Isolation of fatty acids with anticancer activity from *Protoetia brevitarsis* Larva [J]. *Archives of Pharmacal Research*, 2007, 30(3): 361-365.
- [11] 屈慧, 杨志学. 马蹄莲中烷烃的分离与结构鉴定[J]. *中国药师*, 2009, 12(10): 1361-1362.
- [12] LI Z J, FAN F, YAN X N, et al. Isolation, separation, and structural elucidation of secondary metabolites of *Pinus pumila*[J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 2020, 56(6): 1128-1131.
- [13] KIRKHAM J E D, COURTNEY T D L, LEE V, et al. Asymmetric synthesis of cytotoxic sponge metabolites *R*-strongylodiols A and B and an analogue[J]. *Tetrahedron*, 2005, 61(30): 7219-7232.
- [14] 豆晴楠, 赵丽丽, 姬汉轩, 等. 纳米塑料-重金属-塑化剂联合暴露对儿童肠道微生物菌群及代谢的影响[J]. *河南师范大学学报(自然科学版)*, 2024, 52(3): 33-43.
- [15] 赵建军, 李战国, 丁茜, 等. 大发表的化学成分研究[J]. *中草药*, 2024, 55(7): 2152-2159.
- [16] 周有文, 黄晟鸿, 王峰, 等. 龙脷叶的化学成分、药理活性及质量分析研究进展[J]. *武汉大学学报(理学版)*, 2024, 70(2): 201-212.
- [17] 李小万, 李洁琼, 王佳辉, 等. 天山假狼毒花的化学成分研究[J]. *西北药学杂志*, 2024, 39(2): 6-9.
- [18] 吕黎明, 张来宾, 吕洁丽. 茯苓的化学成分、药理作用及临床应用[J]. *滨州医学院学报*, 2024, 47(1): 61-67.
- [19] 刘思依, 张坤, 王小莺, 等. 基于网络药理学和分子对接探究凤尾草治疗炎症性肠病的作用机制[J]. *江西农业大学学报*, 2024, 46(3): 701-712.

(责任编辑: 吴芯夷)

(上接第114页 Continued from page 114)

127.3(C-1), 116.8(C-2,6), 116.0(C-7), 31.0(C-3,5)。以上数据与文献[13]报道数据基本一致,故鉴定化合物9为 *p*-coumaric acid。

本研究从角果藜地上部分分离到9个化合物,包括4个木脂素类(化合物1~4)、4个黄酮类(化合物5~8)和1个苯丙素类(化合物9),均首次从角果藜中分离得到。值得注意的是,木脂素为植物体内的一类雌激素,可以通过抑制集落形成、细胞增殖,诱导细胞凋亡等方式发挥抗癌活性^[14],因此,角果藜中木脂素的发现可为该化合物临床治疗肺癌提供理论参考。

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: 第二十五卷第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 47.
- [2] 王喜勇, 高蕊, 周晓青, 等. 角果藜的结实格局及地下散布单位的入土机制[J]. *草业学报*, 2014, 23(2): 352-357.
- [3] 周琴, 贾新岳, 潘兰, 等. 哈萨克族民间药用角果藜化学成分初步研究[J]. *新疆农业科学*, 2012, 49(5): 891-894.
- [4] 李丽. 角果藜(*Ceratocarpus arenarius* L.)化学成分及其功能化研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2022: 1-7.
- [5] WANG L Q, ZHAO Y X, ZHOU L. Lignans from *Gnetum montanum* Markgr. f. *megalocarpua* [J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 2009, 45(3): 424-426.
- [6] MATSUTOMO T, STARK T D, HOFMANN T. *In vitro* activity-guided identification of antioxidants in aged garlic extract [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61(12): 3059-3067.
- [7] MORIKAWA T, MATSUDA H, NISHIDA N, et al. Structures of new aromatics glycosides from a Japanese folk medicine, the roots of *Angelica furcijuga* [J]. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 2004, 52(11): 1387-1390.
- [8] 杨桢楠, 黄小英, 王尉, 等. 牛蒡子中一个新木脂素类化合物[J]. *药学学报*, 2017, 52(5): 779-784.
- [9] QIN Y, WEN Q, CAO J, et al. Flavonol glycosides and other phenolic compounds from *Viola tianshanica* and their anti-complement activities[J]. *Pharmaceutical Biology*, 2016, 54(7): 1140-1147.
- [10] WANG J, LOU J, LUO C, et al. Phenolic compounds from *Halimodendron halodendron* (Pall.) Voss and their antimicrobial and antioxidant activities [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, 13(9): 11349-11364.
- [11] 谭莉, 张秀凤, 刘扬, 等. 细梗胡枝子全草中5种黄酮化合物的结构解析[J]. *中草药*, 2008, 39(2): 189-191.
- [12] 吴新星, 黄日明, 徐志防, 等. 广东蛇葡萄的化学成分研究[J]. *天然产物开发与研究*, 2014, 26(19): 1771-1774.
- [13] 张雷红, 殷志琦, 叶文才, 等. 海金沙草化学成分的研究[J]. *中国中药杂志*, 2005, 30(19): 46-48.
- [14] SHI Y M, WANG J, YAN H. Therapeutic potential of naturally occurring lignans as anticancer agents [J]. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 2022, 22: 1393-1405.

(责任编辑: 吴芯夷)