

紫茎泽兰中的酚酸衍生物和甾类化学成分

任慧^{1,2}, 张梅^{1,2}, 周忠玉¹, 谭建文^{1*}, 万方浩³

(1. 中国科学院植物资源保护与可持续利用重点实验室, 中国科学院华南植物园, 广州 510650; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国农业科学院植物保护研究所植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要: 为了解紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum* Spreng.)的化学成分,从其地上部分茎和叶中分离得到4个酚酸衍生物和5个甾体化合物。经光谱分析,分别鉴定为2-羟基苯丙醇(1)、香豆素(2)、去甲氧基英西卡林(3)、英西卡林(4)、3 β -acetoxy-25-hydroxydammara-20,23-diene(5)、3 β -acetoxy-24-hydroxydammara-20,25-diene(6)、豆甾-4,22-二烯-3-酮(7)、豆甾醇(8)和 β -胡萝卜苷(9)。化合物1、2、5~7为首次从该植物中分离得到。

关键词: 紫茎泽兰; 酚酸衍生物; 甾体; 化学成分

Doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2014.04.013

Phenolic Derivatives and Steroids from *Eupatorium adenophorum* Spreng.

REN Hui^{1,2}, ZHANG Mei^{1,2}, ZHOU Zhong-yu¹, TAN Jian-wen^{1*}, WAN Fang-hao³

(1. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Sustainable Utilization, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: In order to understand the chemical constituents of *Eupatorium adenophorum* Spreng., four phenolic derivatives and five steroids were isolated from the ethanol extract of the stems and leaves of *E. adenophorum*. On the basis of spectral data, they were identified as 2-hydroxyphenylpropanol (1), coumarin (2), demethoxyencecalin (3), encecalin (4), 3 β -acetoxy-25-hydroxydammara-20,23-diene (5), 3 β -acetoxy-24-hydroxydammara-20,25-diene (6), stigmasta-4,22-dien-3-one (7), stigmasterol (8), β -daucosterol (9), respectively. Compounds 1, 2 and 5-7 were isolated from this plant for the first time.

Key words: *Eupatorium adenophorum*; Phenolic derivative; Steroid; Chemical constituent

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum* Spreng.)隶属于菊科(Compositae)泽兰属,为多年生、丛生状常绿半灌木植物,原产于中北美洲墨西哥、哥斯达黎加等地,现已广泛分布于热带、亚热带的30多个国家和地区,是一种世界性入侵杂草^[1-2]。紫茎泽兰于二十世纪40年代自中缅、中越边境进入我国云南南部,70年代开始在我国酿成草害,现已蔓延到我国云南、贵州、四川、重庆、广西、西藏以及台湾等省

市区,该植物的入侵已给蔓延区的农林牧副业和原有的自然生态系统造成了严重危害^[3]。紫茎泽兰的极强入侵危害性除了与其强的生命力和繁殖力有关外,还与其能产生丰富的生物活性成分有着密切的关系,这些活性物质赋予紫茎泽兰一定的化感作用、毒性以及突出的生物学防御能力等^[4-6]。目前,关于紫茎泽兰的生物学特征、化学成分、危害及其控制措施均有一些报道,而有关紫茎泽兰化学成分

收稿日期: 2013-08-22

接受日期: 2013-10-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(30970453); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-YW-Z-0804); 国家973计划项目(2009CB119201); 植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室开放课题(P2012-KF05)资助

作者简介: 任慧,女,博士生。研究方向为生物有机化学。E-mail: renhui1.cool@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jwтан@scbg.ac.cn

系统分离的研究报道相对较少。至今已报道的紫茎泽兰化学成分主要有单萜、倍半萜、三萜、甾体、黄酮和苯丙素等类型,其中部分化合物已被证明具有化感、杀虫、拒食、抑菌及抗肿瘤等活性^[7-9]。我们实验室近期也从紫茎泽兰中分离得到了11个酚类化合物^[10]。为了进一步揭示紫茎泽兰的生物活性化学物质基础,为紫茎泽兰的开发利用开辟新途径,我们对该植物的化学成分做了进一步研究,从中分离鉴定了5个甾体类成分和4个酚酸衍生物(图1)。本文报道这些化合物的提取、分离与结构鉴定。

1 材料和方法

1.1 材料

紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum* Spreng.)于2009年7月采自云南省昆明市郊,植株高约1 m,已生长约2 a,材料经中国科学院华南植物园邢福武研究员鉴定,标本保存在中国科学院华南植物园生物有机化学实验室。柱色谱正相层析硅胶为青岛海洋化工有限公司产品;反相层析硅胶 YMC ODS-A (50 μm)为日本 YMC 公司生产;薄层色谱正

相硅胶板(HFGF₂₅₄)为山东烟台江友硅胶开发有限公司产品;凝胶 Sephadex LH-20 为瑞典 Amersham Biosciences 公司生产。显色方法包括紫外荧光显色(254 nm)、碘蒸气显色以及喷洒硫酸-乙醇溶液(10:90, V/V)加热显色。

1.2 仪器

减压浓缩采用日本东京理化公司 N-1000 旋转蒸发仪、CCA-1110 循环式冷却箱和 SB-1000 电热恒温水浴锅;中压半制备采用上海利穗科技有限公司(Dr Flash-S)分离纯化系统;电喷雾质谱(ESIMS)采用美国应用生物系统公司 MDS SCIEX API 2000LC/MS/MS 仪,以甲醇为溶剂,直接进样测定;¹H NMR 谱和 ¹³C NMR 谱分别采用 Bruker DRX-400 核磁共振仪和 Bruker Avance 600 核磁共振仪,并以四甲基硅烷为内标测定。

1.3 提取和分离

紫茎泽兰的地上部分干品 10 kg,粉碎后用 95% 的乙醇室温浸泡提取 3 次,每次 30 L,浸泡 24 h,合并提取液;经减压浓缩得乙醇提取物,再加适量水使其成为混悬液,依次用石油醚、乙酸乙酯

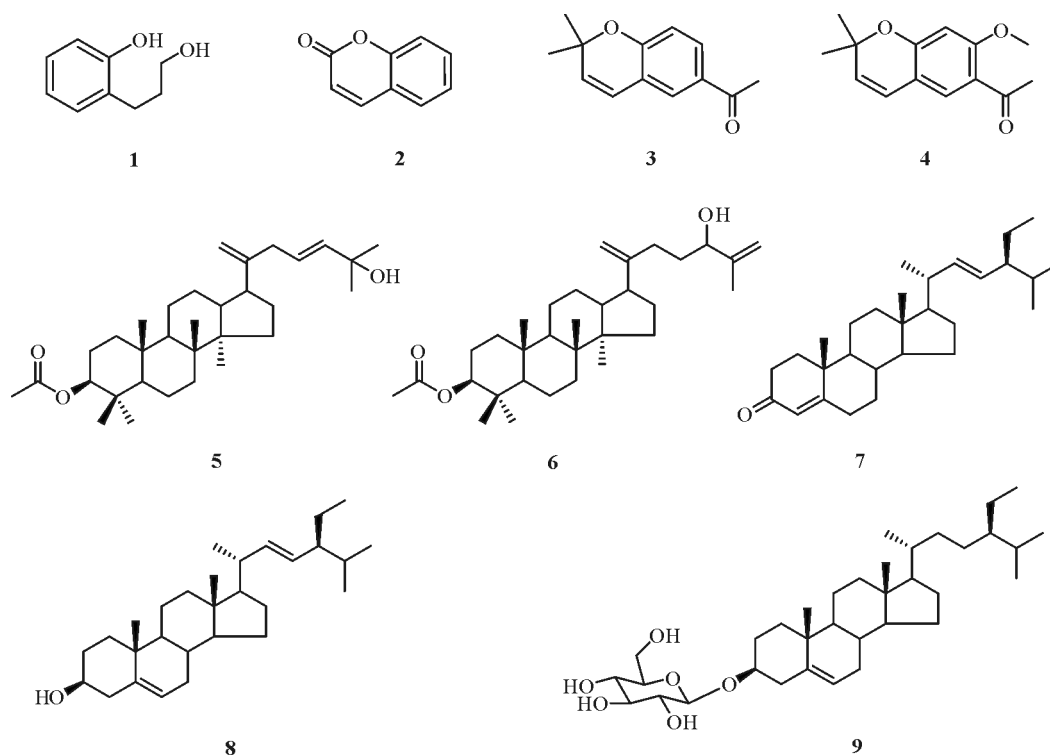


图1 化合物1-9的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1-9

与正丁醇进行萃取,减压浓缩得石油醚萃取部分(93.1 g)、乙酸乙酯萃取部分(80.0 g)以及正丁醇萃取部分(98.2 g)。

石油醚萃取部分(93.1 g)经正相硅胶柱层析(200~300目),以石油醚-氯仿(90:10~0:100)和氯仿-甲醇(100:0~80:20)梯度洗脱,检测合并主点相同的流分,得到P1~P10共10个组分。P4(5.0 g)经ODS反相硅胶柱层析(50 μm),以甲醇-水(50:50~100:0)梯度洗脱,合并60%甲醇-水洗脱的相同主点流分,经Sephadex LH-20柱层析(流动相:甲醇),得化合物**3**(12 mg)。P5(5.7 g)经Sephadex LH-20柱层析,以氯仿:甲醇(4:1)洗脱,合并相同主点流分得P5-1~P5-4。P5-1(0.6 g)经正相硅胶柱层析(200~300目),以正己烷-丙酮(100:1~9:1)梯度洗脱,合并相同主点流分,再经Sephadex LH-20柱层析,以氯仿:甲醇(4:1)洗脱得化合物**7**(17 mg);P5-3(2.0 g)经正相硅胶柱层析(200~300目),以正己烷-丙酮(100:1~9:1)梯度洗脱,合并相同主点流分,再经ODS反相硅胶柱层析(50 μm),以甲醇-水(60:40~100:0)梯度洗脱得化合物**4**(12 mg)。P6(30 g)经正相硅胶柱层析(200~300目),以正己烷-乙酸乙酯(90:10~70:30)梯度洗脱,合并相同主点流分得P6-1~P6-10共10个组分。P6-4(2.4 g)经ODS反相硅胶柱层析(50 μm),100%甲醇洗脱流分中有白色沉淀(0.57 g)析出,氯仿-甲醇(1:1)溶解后经正相硅胶柱层析(200~300目),以正己烷-丙酮(100:3~100:5)梯度洗脱得化合物**5**(54 mg)和**6**(16 mg)。P6-6(3.1 g)经Sephadex LH-20柱层析,用甲醇洗脱得4个亚组分,P6-6-3(1.42 g)中有结晶析出,得到化合物**8**(52 mg)。

乙酸乙酯萃取部分(80.0 g)经硅胶柱层析(200~300目),以氯仿-甲醇(95:5~60:40)梯度洗脱,经TLC薄层层析检测合并主点相同的流分,得到E1~E14共14个组分。E8(21.0 g)经正相硅胶柱层析(200~300目),以石油醚-丙酮(100:0~0:100)梯度洗脱,检测合并主点相同的流分,得到E8-1~E8-6共6个亚组分。E8-3经Sephadex LH-20柱层析,以甲醇洗脱得3个亚组分,E8-3-3经正相硅胶柱层析(200~300目),以氯仿-甲醇(95:5~90:10)梯度洗脱,检测合并主点相同的流分,再经Sephadex LH-20柱层析,以氯仿-甲醇(1:4)梯度洗脱得化合物**1**(41 mg)。E10析出白色沉淀得到化合物**9**(175 mg)。

E12(10.0 g)经中压正相硅胶柱层析(200~300目),以氯仿-甲醇(95:5~60:40)梯度洗脱,检测合并主点相同的流分,得到E12-1~E12-6共6个亚组分。E12-4(21.3 g)经ODS反相硅胶柱层析(50 μm),以甲醇-水(30:70~60:40)梯度洗脱,合并30%甲醇-水洗脱部分,再经正相硅胶柱层析(200~300目),以石油醚-丙酮(6:4)洗脱得化合物**2**(3 mg)。

1.4 结构鉴定

2-羟基苯丙醇 (2-Hydroxyphenylpropanol, 1) 浅黄色油状;分子式为 $\text{C}_9\text{H}_{12}\text{O}_2$; ESIMS m/z : 175 $[\text{M} + \text{Na}]^+$, 151 $[\text{M} - \text{H}]^-$; $^1\text{H NMR}$ (500 MHz, MeOD): δ 7.00 (2H, m, H-4, 6), 6.73 (2H, m, H-3, 5), 3.56 (2H, t, $J = 5.8$ Hz, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), 2.65 (2H, t, $J = 6.8$ Hz, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), 1.82 (2H, m, $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$); $^{13}\text{C NMR}$ (125 MHz, MeOD): δ 156.2 (C-2), 131.1 (C-6), 129.4 (C-4), 127.9 (C-1), 120.5 (C-5), 115.9 (C-3), 62.5 ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), 33.8 ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), 27.4 ($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)。上述光谱数据与文献[11]报道一致。

香豆素 (Coumarin, 2) 白色晶体;分子式为 $\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_2$; mp: 68 $^\circ\text{C}$ ~70 $^\circ\text{C}$ [12]。ESIMS m/z : 147 $[\text{M} + \text{H}]^+$; $^1\text{H NMR}$ (600 MHz, CDCl_3): δ 7.71 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-4), 6.43 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-3), 7.54 (1H, td, $J = 7.2, 1.2$ Hz, H-7), 7.49 (1H, dd, $J = 7.8, 1.8$ Hz, H-5), 7.35 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-8), 7.29 (1H, td, $J = 7.2, 1.2$ Hz, H-6)。上述光谱数据与文献[12]报道一致。

去甲氧基英西卡林 (Demethoxyencecalin, 3) 白色粉末;分子式为 $\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{O}_2$; ESIMS m/z : 203 $[\text{M} + \text{H}]^+$, 225 $[\text{M} + \text{Na}]^+$, 201 $[\text{M} - \text{H}]^-$; $^1\text{H NMR}$ (600 MHz, CDCl_3): δ 7.73 (1H, dd, $J = 8.4, 2.4$ Hz, H-7), 7.60 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-5), 6.78 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-8), 6.34 (1H, d, $J = 10.2$ Hz, H-4), 5.65 (1H, d, $J = 10.2$ Hz, H-3), 2.52 (1H, s, H-12), 1.45 (6H, s, H₃-13, H₃-14); $^{13}\text{C NMR}$ (150 MHz, CDCl_3): δ 196.6 (C-11), 157.4 (C-9), 131.1 (C-7), 130.3 (C-5), 120.6 (C-4), 121.6 (C-6), 130.2 (C-3), 116.1 (C-10), 126.9 (C-8), 77.5 (C-2), 26.2 (C-12), 28.3 (C-13, C-14)。上述光谱数据与文献[13]报道一致。

英西卡林 (Encecalin, 4) 浅黄色油状;分子式为 $\text{C}_{14}\text{H}_{16}\text{O}_3$; ESIMS m/z : 233 $[\text{M} + \text{H}]^+$, 255 $[\text{M} + \text{Na}]^+$, 231 $[\text{M} - \text{H}]^-$; $^1\text{H NMR}$ (400 MHz,

CDCl₃): δ 7.54 (1H, s, H-5), 6.38 (1H, s, H-8), 6.31 (1H, d, J = 10.0 Hz, H-4), 5.53 (1H, d, J = 10.0 Hz, H-3), 3.88 (3H, s, OCH₃-7), 2.56 (1H, s, H-12), 1.44 (6H, s, H₃-13, H₃-14); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃): δ 197.6 (C-11), 161.1 (C-7), 158.4 (C-9), 129.0 (C-5), 128.4 (C-4), 121.3 (C-6), 120.6 (C-3), 113.9 (C-10), 99.6 (C-8), 77.7 (C-2), 55.6 (OCH₃-7), 31.3 (C-12), 28.4 (C-13, C-14)。上述光谱数据与文献[14]报道一致。

3 β -Acetoxy-25-hydroxydammar-20,23-diene

(5) 白色粉末; 分子式为 C₃₂H₅₂O₃; ESIMS m/z : 507 [M + Na]⁺, 483 [M - H]⁻, 519 [M + Cl]⁻; ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃): δ 5.61 (2H, m, H-23, H-24), 4.75 (1H, s, H-21a), 4.67 (1H, s, H-21b), 4.47 (1H, m, H-3), 2.67 (2H, d, J = 6.0 Hz, H₂-22), 2.20 (1H, m, H-13), 2.04 (3H, s, MeCO), 1.31 (6H, s, H₃-26, H₃-27), 1.00~1.90 (19H, overlapped), 0.96 (3H, s, H₃-18), 0.86 (3H, s, H₃-19), 0.84 (9H, s, H₃-28, H₃-29, H₃-30); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃): δ 171.0 (MeCO), 151.4 (C-20), 139.3 (C-24), 125.5 (C-23), 109.1 (C-21), 80.9 (C-3), 70.6 (C-25), 55.9 (C-5), 50.7 (C-9), 49.4 (C-14), 47.5 (C-13), 45.0 (C-17), 40.4 (C-8), 38.7 (C-1), 37.8 (C-4), 37.1 (C-10), 37.0 (C-22), 35.3 (C-7), 31.3 (C-15), 29.8 (C-26), 29.8 (C-27), 28.8 (C-16), 27.9 (C-29), 24.8 (C-12), 23.6 (C-2), 21.3 (C-11), 21.3 (MeCO), 18.1 (C-6), 16.5 (C-28), 16.2 (C-18), 15.8 (C-30), 15.6 (C-19)。上述数据与文献[15]报道一致。

3 β -Acetoxy-24-hydroxydammar-20,25-diene

(6) 白色粉末; 分子式为 C₃₂H₅₂O₃; ESIMS m/z : 507 [M + Na]⁺, 483 [M - H]⁻, 519 [M + Cl]⁻; ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃): δ 4.95 (1H, s, H-26a), 4.85 (1H, s, H-26b), 4.76 (1H, s, H-21), 4.76 (1H, s, H-21a), 4.72 (1H, s, H-21b), 4.48 (1H, m, H-3), 4.08 (1H, m, H-24), 2.17 (1H, m, H-13), 2.04 (3H, s, MeCO), 1.74 (3H, s, H₃-27), 1.04~1.91 (22H, overlapped), 0.96 (3H, s, H₃-18), 0.87 (3H, s, H₃-19), 0.86 (3H, s, H₃-30), 0.85 (3H, s, H₃-28), 0.84 (3H, s, H₃-29); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃): δ 171.0 (MeCO), 152.6 (C-20), 147.5 (C-25), 111.1 (C-26), 107.5 (C-21), 80.9 (C-3), 75.7 (C-24), 55.9 (C-5), 50.8 (C-9), 49.4 (C-14), 47.6 (C-13), 45.4 (C-17), 40.4 (C-8), 38.7 (C-1), 37.9 (C-4), 37.1 (C-10), 35.3 (C-7), 33.5 (C-23), 31.3 (C-15), 30.5 (C-

22), 29.1 (C-16), 28.0 (C-29), 24.9 (C-12), 23.7 (C-2), 21.3 (C-11), 21.3 (MeCO), 18.1 (C-6), 17.6 (C-27), 16.5 (C-19), 16.5 (C-30), 16.3 (C-18), 15.6 (C-28)。上述光谱数据与文献[15]报道一致。

豆甾-4,22-二烯-3-酮 (Stigmasta-4,22-dien-3-one,

7) 白色粉末; 分子式为 C₂₉H₄₆O; ESIMS m/z : 411 [M + H]⁺, 423 [M + Na]⁺; ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃): δ 0.71 (3H, s, H₃-18), 0.79 (3H, d, J = 6.4 Hz, H-26), 0.82 (3H, d, J = 6.4 Hz, H-27), 0.85 (3H, t, J = 6.8 Hz, H-29), 0.91 (3H, d, J = 6.8 Hz, H-21), 1.18 (3H, s, H-19), 5.01 (1H, dd, J = 15.2, 8.8 Hz, H-22), 5.14 (1H, dd, J = 15.2, 8.8 Hz, H-23), 5.74 (1H, s, H-4); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃): δ 199.7 (C-3), 171.7 (C-5), 138.1 (C-22), 129.4 (C-23), 123.7 (C-4), 56.0 (C-17), 55.9 (C-14), 53.8 (C-9), 51.2 (C-24), 42.3 (C-13), 40.4 (C-20), 38.6 (C-10), 35.7 (C-1), 35.7 (C-8), 35.6 (C-12), 33.0 (C-2), 32.9 (C-6), 32.0 (C-7), 31.8 (C-25), 28.8 (C-16), 25.4 (C-28), 24.2 (C-15), 21.1 (C-21), 21.0 (C-27), 21.0 (C-11), 18.9 (C-26), 17.4 (C-19), 12.2 (C-29), 12.1 (C-18)。上述光谱数据与文献[16]报道一致。

豆甾醇 (Stigmasterol, 8) 白色针晶; 分子

式为 C₂₉H₄₈O; mp: 166 °C~169 °C^[17]。ESIMS m/z : 413 [M + H]⁺; ¹H NMR (600 MHz, CDCl₃): δ 5.35 (1H, m, H-6), 5.15 (1H, dd, J = 15.0, 8.4 Hz, H-22), 5.02 (1H, dd, J = 15.0, 8.4 Hz, H-23), 3.52 (1H, m, H-3); ¹³C NMR (150 MHz, CDCl₃): δ 140.7 (C-5), 138.2 (C-22), 129.1 (C-23), 121.6 (C-6), 71.4 (C-3), 56.7 (C-14), 55.9 (C-17), 51.1 (C-24), 50.0 (C-9), 42.3 (C-4), 42.0 (C-13), 40.3 (C-20), 39.6 (C-12), 37.1 (C-1), 36.4 (C-10), 31.7 (C-2, 7, 8), 31.2 (C-25), 28.8 (C-16), 25.2 (C-28), 24.1 (C-15), 21.1 (C-21), 20.5 (C-26), 20.1 (C-11), 20.0 (C-19), 19.2 (C-27), 12.0 (C-29), 11.9 (C-18)。上述光谱数据与文献[17]报道一致。

β -胡萝卜苷 (β -Daucosterol, 9) 白色粉末;

分子式为 C₃₅H₆₀O₆; ESI-MS m/z : 577 [M + H]⁺, 599 [M + Na]⁺, 575 [M - H]⁻, 611 [M + Cl]⁻; ¹H NMR (400 MHz, Pyridine-*d*₅): δ 5.32 (1H, s, H-6), 5.04 (1H, d, J = 7.6 Hz, H-1'), 4.56 (1H, dd, J = 12.0, 2.4 Hz, H-4'), 4.40 (1H, dd, J = 11.6, 5.2 Hz, H-3'), 4.28 (2H, t, J = 4.4 Hz, H-6'), 4.04 (1H, t, J = 8.0 Hz, H-2'), 3.92 (1H, m, H-5'), 2.71 (1H, dd, J = 13.2, 2.4 Hz, H-3),

0.97 (3H, d, $J = 6.4$ Hz, H-19), 0.92 (3H, s, H-21), 0.86 (3H, d, $J = 1.2$ Hz, H-29), 0.85 (3H, d, $J = 1.0$ Hz, H-27), 0.84 (3H, s, H-26), 0.66 (3H, s, H-18)。上述数据与文献[18]一致。

2 结果和讨论

通过溶剂萃取分部、硅胶柱层析、葡聚糖凝胶柱层析等色谱分离手段,从紫茎泽兰乙醇提取物中共分离得到4个酚酸衍生物和5个甾体化合物。经光谱分析及与文献数据对照,分别鉴定为2-羟基苯丙醇(1)、香豆素(2)、去甲氧基英西卡林(3)、英西卡林(4)、3 β -acetoxy-25-hydroxydammar-20,23-diene(5)、3 β -acetoxy-24-hydroxydammar-20,25-diene(6)、豆甾-4,22-二烯-3-酮(7)、豆甾醇(8)、 β -胡萝卜苷(9)。其中化合物1、2和5~7为首次从紫茎泽兰植物中分离得到。

据文献报道,香豆素(2)具有抑制肿瘤细胞生长的活性^[19];去甲氧基英西卡林(3)和英西卡林(4)具有一定的抗真菌活性^[20-21],豆甾-4,22-二烯-3-酮(7)具有抗肿瘤细胞的活性^[22],豆甾醇(8)具有一定的抑制人肝癌细胞SMMC-7721的增殖和诱导细胞凋亡的作用^[23]。本研究进一步丰富了紫茎泽兰的生物活性化学物质基础,对于促进紫茎泽兰的有效开发利用具有积极的意义。

参考文献

- [1] Qiang S. The history and status of the study on crofton weed (*Eupatorium adenophorum* Spreng.): A worst worldwide weed [J]. J Wuhan Bot Res, 1998, 16(4): 366-372.
强胜. 世界性恶性杂草——紫茎泽兰研究的历史及现状 [J]. 武汉植物学研究, 1998, 16(4): 366-372.
- [2] Wan F H, Zheng X B, Guo J Y. Biology and Management of Invasive Alien Species in Agriculture and Forestry [M]. Beijing: Science Press, 2005: 650-661.
万方浩, 郑小波, 郭建英. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 650-661.
- [3] Zhao G J, Ma Y P. Studies on distribution and harm of *Eupatorium adenophorum* in Yunnan [J]. J Weed, 1989, 3(2): 37-40.
赵国晶, 马云萍. 云南省紫茎泽兰的分布与危害的调查研究 [J]. 杂草学报, 1989, 3(2): 37-40.
- [4] Yang G Q, Wan F H, Liu W X, et al. Physiological effects of allelochemicals from leachates of *Ageratina adenophora* (Spreng.) on rice seedlings [J]. Allelopathy J, 2006, 18(2): 237-246.
- [5] Yang G Q, Wan F H, Liu W X, et al. Influence of two allelochemicals from *Ageratina adenophora* Sprengel on ABA, IAA and ZR contents in roots of upland rice seedlings [J]. Allelopathy J, 2008, 21(2): 253-262.
- [6] Wan F H, Liu W X, Guo J Y, et al. Invasive mechanism and control strategy of *Ageratina adenophora* (Sprengel) [J]. Sci China (Life Sci), 2010, 53(11): 1291-1298.
万方浩, 刘万学, 郭建英, 等. 外来植物紫茎泽兰的入侵机理与控制策略研究进展 [J]. 中国科学: 生命科学, 2011, 41(1): 13-21.
- [7] Li Y M, Li Z Y, Ye M. The chemical compositions and their bioactivities in the different parts of *Eupatorium adenophorum* Spreng. [J]. J Yunnan Agri Univ, 2008, 23(1): 42-46, 72.
李永明, 李正跃, 叶敏. 紫茎泽兰不同部位的化学成分及其生物活性 [J]. 云南农业大学学报, 2008, 23(1): 42-46, 72.
- [8] Zhuang Q M, Hou J, Zhou D X, et al. Chemical component allelopathy and bioactivity in *Eupatorium adenophorum* Spreng. [J]. J Beijing Norm Univ (Nat Sci), 2008, 44(6): 610-613.
庄启明, 侯婧, 周东新, 等. 紫茎泽兰化学成分分化感作用及生物活性 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2008, 44(6): 610-613.
- [9] Zhao X, Zheng G W, Niu X M, et al. Terpenes from *Eupatorium adenophorum* and their allelopathic effects on *Arabidopsis* seeds germination [J]. J Agric Food Chem, 2009, 57(2): 478-482.
- [10] Zhang M, Zhou Z Y, Ren H, et al. Phenolic compounds from *Eupatorium adenophorum* Spreng. [J]. J Trop Subtrop Bot, 2013, 21(1): 63-68.
张梅, 周忠玉, 任慧, 等. 紫茎泽兰中的酚类化学成分 [J]. 热带亚热带植物学报, 2013, 21(1): 63-68.
- [11] Zhang X, Gao H, Wang N L, et al. Phenolic components from *Dendrobium nobile* [J]. Chin Trad Herb Drugs, 2006, 37(5): 652-655.
张雪, 高昊, 王乃利, 等. 金钗石斛中的酚性成分 [J]. 中草药, 2006, 37(5): 652-655.
- [12] Lin H, Long J Q, Zhao J F, et al. Study on the chemical constituents of *Bidens pilosa* [J]. J Yunnan Univ Nation (Nat Sci), 2012, 21(4): 235-238.
林华, 隆金桥, 赵静峰, 等. 三叶鬼针草化学成分的研究 [J]. 云南民族大学学报: 自然科学版, 2012, 21(4): 235-238.
- [13] Zhai H L, Zhao G J, Yang G L, et al. A new chromene glycoside from *Tithonia diversifolia* [J]. Chem Nat Comp, 2010, 46(2): 198-200.
- [14] Castañeda P, Gómez L, Mata R, et al. Phyto-growth-inhibitory and antifungal constituents of *Helianthella quinquenervis* [J]. J Nat Prod, 1996, 59(3): 323-326.
- [15] Schmidt T J, Hildebrand M R, Willuhn G. New dihydrobenzofurans and triterpenoids from roots of *Microglossa pyrifolia* [J]. Planta Med, 2003, 69(3): 258-264.
- [16] Jia L, Guo M M, Li D, et al. Chemical constituents from

- petroleum ether portion of *Abelmoschus esculentus* [J]. *Chin J Chin Mat Med*, 2011, 36(7): 891–895.
- 贾陆, 郭明明, 李东, 等. 黄秋葵石油醚部位化学成分的研究 II [J]. *中国中药杂志*, 2011, 36(7): 891–895.
- [17] Liu Z H, Yang Z X. Isolation and identification of phytosterol from *Zantedeschia aethiopica* [J]. *China Pharm*, 2007, 10(10): 978–979.
- 刘志华, 杨志学. 马蹄莲中植物甾醇成分的分离与结构鉴定 [J]. *中国药师*, 2007, 10(10): 978–979.
- [18] Li X H, Lin L D, Wu P, et al. Chemical constituents from barks of *Endospermum chinense* Benth. [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2007, 15(1): 35–39.
- 李晓花, 林立东, 吴萍, 等. 黄桐树皮的化学成分研究 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2007, 15(1): 35–39.
- [19] Monti S M, Supuran C T, De Simone G. Anticancer carbonic anhydrase inhibitors: A patent review (2008–2013) [J]. *Expert Opin Ther Pat*, 2013, 23(6): 737–749.
- [20] Prats E, Galindo J C, Bazzalo M E, et al. Antifungal activity of a new phenolic compound from capitulum of a head rot-resistant sunflower genotype [J]. *J Chem Ecol*, 2007, 33(12): 2245–2253.
- [21] Aguilar-Guadarrama B, Navarro V, León-Rivera I, et al. Active compounds against tinea pedis dermatophytes from *Ageratina pichinchensis* var. *bustamenta* [J]. *Nat Prod Res*, 2009, 23(16): 1559–1565.
- [22] Akihisa T, Kawashima K, Orido M, et al. Antioxidative and melanogenesis-inhibitory activities of caffeoylquinic acids and other compounds from Moxa [J]. *Chem Biodiv*, 2013, 10(3): 313–327.
- [23] Li Q Y, Jiang C F, Zhang L, et al. Apoptosis-inducing effect of β -sitosterol and stigmasterol on human liver cancer SMMC-7721 cells [J]. *Lishizhen Med Mat Med Res*, 2012, 23(5): 1173–1175.
- 李庆勇, 姜春菲, 张黎, 等. β -谷甾醇、豆甾醇诱导人肝癌细胞 SMMC-7721 凋亡 [J]. *时珍国医国药*, 2012, 23(5): 1173–1175.