

# 华泽兰花部位化学成分及其抑菌活性研究

陈禹<sup>#</sup>, 孙志滢<sup>#</sup>, 杨宇纯, 兰佳慧, 杨霞, 程凡, 刘呈雄<sup>\*</sup>, 邹坤<sup>\*</sup>

三峡大学生物与制药学院 天然产物研究与利用湖北省重点实验室, 宜昌 443002

**摘要:**为研究菊科泽兰属植物华泽兰 *Eupatorium chinense* L. 花部位的化学成分, 采用正相硅胶柱色谱、制备薄层色谱及制备型 HPLC 等方法分离纯化, 利用 NMR、MS 等波谱学方法鉴定化合物结构, 从华泽兰花中得到了 9 个化合物, 应用波谱学方法分别鉴定为: 3,11-二氧,  $\Delta^{12}$ -齐墩果烯(1)、3 $\beta$ -(辛烷氧基)-11-氧代烯炔-12-烯-28-酸(2)、 $\beta$ -香树脂醇(3)、山柰酚-3-O- $\beta$ -D-半乳糖苷(4)、咖啡酸乙酯(5)、5-甲基-2-(1-甲基乙基)苯基- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷(6)、eupalinolide K(7)、11-羟基-10,11-二氢泽兰素(8)、dieupachinin E(9), 其中化合物 1~7 均为首次从该种植物中得到。化合物 1~3 为齐墩果烷型五环三萜, 为华泽兰中首次分离得到, 推测其为华泽兰花部分的特征成分。对化合物 1~7 进行了抗菌活性测试: 采用牛津杯法评价部分化合物的抑菌活性, 结果显示, 化合物 1~6 显示出不同程度的抑菌活性, 其中化合物 1 和 4 活性最好。本文是首次对华泽兰花部位的化学成分进行报道。

**关键词:** 华泽兰; 花部位; 化学成分; 抑菌活性

中图分类号: R931.6; R284.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2020)1-0057-06

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2020.1.008

## Chemical constituents from flower of *Eupatorium chinense* and their antibacterial activity

CHEN Yu<sup>#</sup>, SUN Zhi-Ying<sup>#</sup>, YANG Yu-chun, LAN Jia-hui, YANG Xia, CHENG Fan, LIU Cheng-xiong<sup>\*</sup>, ZOU Kou<sup>\*</sup>

Hubei Key Laboratory of Natural Products Research and Development, College of Biological and Pharmaceutical Sciences, China Three Gorges University, Yichang 443002, China

**Abstract:** To study chemical constituents of the flower of *Eupatorium chinense*, various chromatographic techniques, including normal phase silica gel column chromatography, preparative thin-layer chromatography, and preparative HPLC were used. Their structures were determined by various spectral data. Finally, nine compounds were isolated from the acetic ether extract of flower of *E. chinense* and the structures were identified as 3,11-dioxo-olean-12-ene(1), 3 $\beta$ -(octanoyloxy)-11-oxoolean-12-en-28-oic acid(2),  $\beta$ -amyrin(3), kaempferol-3-O- $\beta$ -D-galactoside(4), ethyl caffeate(5), 5-Methyl-2-(1-methylethyl)phenyl- $\beta$ -D-glucopyranoside(6), eupalinolide K(7), 11-hydroxy-10,11-dihydro-euparin(8), dieupachinin E(9). Among them, compounds 1-7 were isolated from the flower of *E. chinense* for the first time. Compounds 1-3, belonging to oleanolic pentacyclic triterpenoids, were isolated for the first time from *Eupatorium chinensis* and presumed to be the characteristic constituent of the flower of *Eupatorium chinensis*. Moreover, the antimicrobial activity of compound 1-7 was tested and evaluated by Oxford cup method. The results showed that the tested compounds had different degrees of antimicrobial activity against bacteria or fungus. Compounds 1 and 4 had the best activity. The study was the first report about the chemical constituents of the flower parts of *E. chinense*.

**Key words:** *Eupatorium chinense* L.; flower; chemical constituents; antibacterial activity

华泽兰 *Eupatorium Chinense* L. 系菊科(Compositae)泽兰属 *Eupatorium* L. 植物, 为多年生草本或半

灌木, 多生长于林缘、山谷、灌木丛或草地中, 主要分布于我国的东南到西南各省份。其中鄂西地区主要分布于湖北省长阳县, 本课题组前期资源调查发现, 长阳县山谷、灌木丛中生长着大量的华泽兰植物<sup>[1]</sup>。《福建药物志》中描述其“舒肝解郁、开胸利膈、调经行血、消肿止痛。主治感冒、胸胁痛、胃痛、

收稿日期: 2019-06-21 接受日期: 2019-12-20

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金(81803383); 湖北省教育厅科学技术研究项目(Q20181201)

\* 通信作者 E-mail: liuchengxiang666@126.com

<sup>#</sup>共同第一作者

腹胀、产后浮肿、产后瘀血痛、月经不调、风湿关节痛、跌打损伤、蛇伤、疔疮等”。其干燥根部,别名广东土牛膝、大泽兰、六月雪等,民间用于治疗白喉、咽喉肿痛、蛾喉等症,有“喉科圣药”之称。国内外学者对其叶、茎、根部化学成分进行了大量的研究,其主要成分为黄酮类、萜类、苯并呋喃类、酚类及有机酸类<sup>[2]</sup>。文献报道其中苯并呋喃类化合物及其多聚体具有良好的抗肿瘤,抗炎,抗菌,抗病毒等活性<sup>[2-9]</sup>。

本实验室在前期研究中已从华泽兰根、茎和叶中分离得到 70 余个化合物<sup>[4-9]</sup>,华泽兰茎和叶部位的主要成分为倍半萜类<sup>[7,9]</sup>;华泽兰根部位的主要成分为苯丙呋喃类<sup>[5]</sup>。其中苯并呋喃类化合物及其多聚体具有良好的肿瘤细胞毒性<sup>[4]</sup>。从已发表文献来看,尚未有对华泽兰花部位的研究。本课题组前期已经对华泽兰的根、茎和叶进行了系统的研究,为进一步系统的对华泽兰的其余部位的化学成分进行研究,本文首次对华泽兰花部位的化学成分及抗菌活性进行了研究,分离并鉴定了 9 个化合物,研究发现花部位主要成分为黄酮类和萜类,其中 3 个齐墩果烷型五环三萜,为华泽兰中首次分离得到,推测五环三萜类为华泽兰花部分的特征成分。文献报道化合物 **8** 和 **9** (苯并呋喃类化合物)具有良好的抑菌活性<sup>[10]</sup>,为丰富华泽兰系统研究,对花部位分离得到化合物进行抑菌活性筛选,选取从三峡地区自然腐烂的柑橘果实上分离出优势致腐菌橘青霉和常见的金黄色葡萄球菌作为供试菌,以期新的天然柑橘保鲜剂提供物质基础。结果表明化合物 **1** 和 **4** 对供试菌均具有较好的抑菌活性,化合物 **2**、**5**、**6** 具有弱抑菌活性。本文的研究结果对华泽兰各部位的特征化学成分确定及植物资源开发提供了参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 仪器与试剂

Bruker AV 400 核磁共振波谱仪(瑞士布鲁克公司);Dionex Ultimate 3000 型高效液相色谱仪(美国戴安公司);Waters 1525EF 高效液相色谱(美国 Waters 公司);Venusil XBP C<sub>18</sub> 色谱柱(250 mm × 10 mm, 10 μm, 半制备型;250 mm × 4.6 mm, 5 μm, 分析型,天津博纳艾杰尔科技有限公司);低温冷冻干燥机(美国 Labconco 公司);正相色谱硅胶(烟台化学工业研究所);反相色谱硅胶(日本 YMC 公司);Sephadex LH-20(美国 Pharmacia 公司);MCI GEL

(日本三菱化学);高效液相用乙腈、甲醇均为色谱纯(美国 Tedia 公司),水为三蒸水;低温离心机(德国 Eppendorf 公司);SZ-93 自动双重纯水蒸馏器(上海亚荣生化仪器厂);电子天平(上海民桥精密仪器有限公司);其他试剂均为分析纯(国药集团化学试剂有限公司)。

### 1.2 材料与菌种

华泽兰材料于 2018 年 9 月采自湖北长阳,经三峡大学生物技术中心王玉兵副教授鉴定为 *Eupatorium chinense* L. 植物标本(No. 201507162)现保存于三峡大学天然产物研究与利用湖北省重点实验室。

试验所选菌种:从三峡地区自然腐烂的柑橘果实上分离出优势致腐菌,鉴定为橘青霉(*Penicillium citrinum*),命名为 PC-1(GenBank 登录号:MK953483)。金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)(CMCC(B)26003)。

PDA 培养基(g/L):新鲜的去皮马铃薯 200.0 g,葡萄糖 20.0 g,琼脂 20.0 g,自然 pH,0.1 MPa,灭菌 20 min。

NB 培养基(g/L):牛肉膏 6 g,蛋白胨 20 g,氯化钠 20 g,琼脂 10 g,自然 pH,0.1 Mpa,灭菌 20 分钟。

### 1.3 提取与分离

取干燥的华泽兰花 1 kg,使用 95% 乙醇冷浸超声提取 3 次,每次 12 h,提取液合并过滤,减压蒸馏,得到浸膏 15 g。将所得的浸膏与水充分混旋,依次使用石油醚、乙酸乙酯萃取,分别得到浸膏 4 g 和 6 g。取乙酸乙酯部位 6 g,过 MCI 凝胶色谱柱甲醇-水(10:90 ~ 1:0)分离,得到 10 个片段(Fr. 1 ~ 10)。取 Fr. 5 过 HW-40F 凝胶色谱柱,得两个部位,进行高效液相色谱半制备分离纯化(乙腈-水 = 50:50, 3 mL/min),得到化合物 **1**(3.0 mg)、**6**(3.5 mg)、**7**(4 mg)。取 Fr. 6 片段,进行高效液相色谱半制备分离纯化(甲醇-水 = 60:400, 3 mL/min),得到化合物 **4**(4 mg)、**5**(3.2 mg)、**3**(4.3 mg)、**2**(5.1 mg)。取 Fr. 8 片段,高效液相色谱半制备分离纯化(乙腈-水 = 80:20, 3 mL/min),得到化合物 **8**(2.8 mg)、**9**(3 mg)。

化合物结构均采用质谱(MS)、核磁共振(NMR)波谱方法鉴定,并与文献对照确定化合物 **1** ~ **9** 的结构。

## 1.4 抑菌活性测定

为了评价华泽兰花部位化合物的抑菌活性,采用牛津杯法<sup>[11]</sup>测定离体条件下化合物对橘青霉 PC-1/金黄色葡萄球菌生长的影响。牛津杯法:取生长 3~4 天的橘青霉 PC-1 和金黄色葡萄球菌,橘青霉用无菌水洗下菌苔后过滤掉菌丝体,金黄色葡萄球菌直接用无菌水洗下,显微镜下进行计数后,稀释成  $10^6$  CFU/mL 的孢子悬液备用,将 400  $\mu$ L 橘青霉孢子悬液均匀涂布于 PDA 固体平板中,将 400  $\mu$ L 金黄色葡萄球菌孢子悬液均匀涂布于 NB 固体平板中,将无菌的牛津杯竖立于培养基表面,每个牛津杯中滴入 200  $\mu$ L 的样品溶液,28  $^{\circ}$ C 下培养 2~3 天后,观察抑菌效果并测定抑菌圈直径。实验中以市售的柑橘生物保鲜剂百可得(40% 双胍三辛烷基苯磺酸盐 iminoctadine trialbesilate)和氨苄西林(ampicillin)为正对照。

## 2 实验结果

### 2.1 结构鉴定

**化合物 1** 无色片状结晶,易溶于氯仿;mp. 243~247  $^{\circ}$ C;<sup>1</sup>H NMR (DMSO- $d_6$ , 400 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 0.91, 0.93, 0.94, 1.11, 1.14, 1.21, 1.29, 1.31 (all s, 8  $\times$  Me), 2.67 (1H, m, H-2a), 2.99 (1H, m, H-2b), 2.40 (1H, s, H-9), 5.67 (1H, s, H-12), 2.47 (1H, m, H-18);<sup>13</sup>C NMR (DMSO- $d_6$ , 100 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 39.7 (C-1), 32.4 (C-2), 217.4 (C-3), 47.8 (C-4), 55.4 (C-5), 18.8 (C-6), 33.0 (C-7), 36.7 (C-8), 61.0 (C-9), 34.8 (C-10), 200.1 (C-11), 128.0 (C-12), 171.2 (C-13), 43.5 (C-14), 28.8 (C-15), 26.9 (C-16), 33.1 (C-17), 48.3 (C-18), 45.8 (C-19), 31.7 (C-20), 35.0 (C-21), 37.1 (C-22), 24.4 (C-23), 19.1 (C-24), 16.3 (C-25), 22.0 (C-26), 27.0 (C-27), 24.1 (C-28), 13.2 (C-29), 23.5 (C-30)。以上数据与文献报道<sup>[12]</sup>一致,故鉴定该化合物为 3,11-二氧, $\Delta^{12}$ -齐墩果烯。

**化合物 2** 无定型粉末,易溶于甲醇;<sup>1</sup>H NMR (DMSO- $d_6$ , 400 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 1.31 (2H, H-1), 1.41 (2H, m, H-2), 4.47 (1H, dd,  $J = 11.6$  Hz, 4.6 Hz, H-3a), 1.35 (1H, H-5), 1.29 (2H, m, H-6), 1.38 (2H, m, H-7), 2.33 (1H, s, H-9), 5.65 (1H, s, H-12), 1.25 (2H, m, H-15), 1.73 (2H, m, H-16), 2.88 (1H, dd,  $J = 13.6$  Hz, 6.35, H-18), 1.20 (2H, m, H-19), 1.18 (2H, m, H-21), 1.25 (2H, m, H-22), 0.85 (3H, s, Me-23), 0.85 (3H, s, Me-24), 1.11 (3H, s, Me-25),

0.91 (3H, s, Me-26), 1.34 (3H, s, Me-27), 0.92 (3H, s, Me-29), 0.92 (3H, s, Me-30), 2.27 (2H, t,  $J = 7.5$  Hz, H-2'), 1.6 (2H, m, H-3'), 1.2 (2H, m, H-4'), 1.2 (2H, m, H-5'), 1.2 (2H, m, H-6'), 1.2 (2H, m, H-7'), 0.87 (3H, t,  $J = 7.7$  Hz, Me-8');<sup>13</sup>C NMR (DMSO- $d_6$ , 100 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 38.7 (C-1), 28.9 (C-2), 80.0 (C-3), 38.2 (C-4), 54.4 (C-5), 17.1 (C-6), 33.0 (C-7), 43.4 (C-8), 62.6 (OC-9), 37.2 (C-10), 203.2 (C-11), 128.1 (C-12), 166.2 (C-13), 45.1 (C-14), 27.3 (C-15), 24.4 (C-16), 45.9 (C-17), 40.4 (c-18), 44.2 (C-19), 30.6 (C-20), 33.7 (C-21), 31.9 (C-22), 28.1 (Me-23), 16.6 (Me-24), 16.7 (Me-25), 19.2 (Me-26), 23.1 (Me-27), 178.5 (C-28), 32.8 (Me-29), 23.4 (Me-30), 173.1 (C-1'), 34.7 (C-2'), 23.1 (C-3'), 29.8 (C-4'), 29.3 (C-5'), 31.6 (C-6'), 22.2 (C-7'), 14.0 (Me-8')。以上数据与文献<sup>[13]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为  $\beta$ -3-(辛烷氧基)-11-氧代烯炔-12-烯-28-酸(madhucic acid)。

**化合物 3** 白色结晶,易溶于甲醇,mp. 196~198  $^{\circ}$ C;<sup>1</sup>H NMR (DMSO- $d_6$ , 400 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 0.81, 0.84, 0.88, 0.89, 0.98, 1.00, 1.02, 1.04 (all s, 8  $\times$  Me), 3.26 (dd,  $J = 10.4$  Hz, 5.4, H-3), 5.23 (t,  $J = 3.6$  Hz, H-12);<sup>13</sup>C NMR (DMSO- $d_6$ , 100 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 38.6 (C-1), 26.9 (C-2), 79.0 (C-3), 37.1 (C-4), 55.2 (C-5), 18.4 (C-6), 32.6 (C-7), 39.8 (C-8), 47.2 (C-9), 37.0 (C-10), 23.5 (C-11), 121.7 (C-12), 145.2 (C-13), 41.7 (C-14), 28.4 (C-15), 26.2 (C-16), 32.7 (C-17), 47.6 (C-18), 46.8 (C-19), 31.1 (C-20), 34.7 (C-21), 37.2 (C-22), 28.1 (C-23), 15.6 (C-24), 15.5 (C-25), 16.8 (C-26), 26.0 (C-27), 27.2 (C-28), 33.3 (C-29), 23.5 (C-30)。以上数据与文献<sup>[14]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为  $\beta$ -树脂醇。

**化合物 4** 黄色粉末,易溶于甲醇。mp. 259~262  $^{\circ}$ C;<sup>1</sup>H NMR (DMSO- $d_6$ , 400 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 8.96 (2H, d,  $J = 7.0$  Hz, H-2'), 6.91 (2H, d,  $J = 7.0$  Hz, H-3', 5'), 6.45 (1H, d,  $J = 3.0$  Hz, H-8), 6.24 (1H, d,  $J = 3.0$  Hz, H-6), 5.26 (1H, d,  $J = 7.0$  Hz, H-6);<sup>13</sup>C NMR (DMSO- $d_6$ , 100 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 156.4 (C-2), 133.6 (C-3), 177.7 (C-4), 101.5 (C-10), 121.4 (C-1'), 131.3 (C-2', 6'), 115.6 (C-3', 5'), 160.5 (C-4'), 102.1 (C-1''), 70.4 (C-2''), 74.7 (C-3''), 68.3 (C-4''), 76.9 (C-5''), 61.3 (C-6'')。以上波谱数据

与文献<sup>[15,16]</sup>报道基本一致,故鉴定该化合物为山柰酚-3-*O*- $\beta$ -D-半乳糖苷。

**化合物 5** 无色方晶,易溶于丙酮,甲醇; mp. 144 ~ 145 °C; <sup>1</sup>H NMR(DMSO-*d*<sub>6</sub>, 400 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 7.50(1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-7), 7.06(1H, d, *J* = 1.6 Hz, H-2), 7.00(1H, dd, *J* = 2.4, 2.0 Hz, H-6), 6.78(1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5), 6.30(1H, d, *J* = 16 Hz, H-8), 4.17(2H, q, H-10), 1.25(3H, t, H-11)。 <sup>13</sup>C NMR(DMSO-*d*<sub>6</sub>, 100 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 167.0(C-9), 148.9(C-4), 146.1(C-7), 145.5(C-3), 126.0(C-6), 121.8(C-1), 116.2(C-5), 115.3(C-8), 114.5(C-2), 60.2(C-10), 14.7(C-11)。以上波谱数据与文献<sup>[17]</sup>报道基本一致,故鉴定该化合物为咖啡酸乙酯。

**化合物 6** 白色无定型粉末,易溶于甲醇; <sup>1</sup>H NMR(DMSO-*d*<sub>6</sub>, 400 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 1.20(6H, d, *J* = 7.0 Hz, H-9, 10), 2.21(3H, s, H-7), 3.30(1H, m, H-8), 3.42(4H, m, H-2', 3', 4', 5'), 3.70(1H, dd, *J* = 12.0 Hz, 5.0 Hz, H-6a'), 3.88(1H, dd, *J* = 12 Hz, 2.0 Hz, H-6b'), 4.84(1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-1'), 6.78(1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-6), 6.96(1H, s, H-2), 7.15(1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5); <sup>13</sup>C NMR(DMSO-*d*<sub>6</sub>, 100 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 136.2(C-1), 116.3(C-2), 155.1(C-3), 134.6(C-4), 127.5(C-5), 125.9(C-6), 21.1(C-7), 26.1(C-8), 23.5(C-9), 23.2(C-10), 101.8(C-1'), 74.0(C-2'), 77.5(C-3'), 70.4(C-4'), 77.4(C-5'), 61.3(C-6')。以上数据与文献<sup>[18]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为5-甲基-2-(1-甲基乙基)苯基 $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷。

**化合物 7** 无色胶质,易溶于氯仿; mp. 85 ~ 86 °C; <sup>1</sup>H NMR(DMSO-*d*<sub>6</sub>, 400 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 5.28(1H, m, H-1), 2.65, 2.37(2H, m, H-2a, H-2b), 5.09(1H, br. s, H-3), 5.21(1H, m, H-5), 5.69(1H, m, H-6), 3.19(1H, m, H-7), 5.18(1H, m, H-8), 3.04, 2.29(2H, m, H-9a, H-9b), 6.17, 5.98(2H, 2br. s, H-13a, H-13b), 4.36, 3.80(2H, 2d, *J* = 12.6 Hz, H-14a, H-14b), 1.77(1H, s, Me), 6.64(1H, br. s, H-3'), 4.13(2H, m, H-4'), 1.70(1H, s, H-5'), 2.02(1H, s, MeCOO); <sup>13</sup>C NMR(DMSO-*d*<sub>6</sub>, 100 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 126.1(C-1), 35.9(C-2), 77.2(C-3), 144.8(C-4), 123.6(C-5), 75.6(C-6), 51.4(C-7), 72.6(C-8), 43.4(C-9), 134.0(C-10), 137.6(C-11), 166.2(C-12), 121.3(C-13), 19.3(C-14), 12.44(Me-15), 165.6

(C-1'), 126.14(C-2'), 144.78(C-3'), 58.57(C-4'), 12.95(C-5')。以上数据与文献<sup>[19]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为 eupalinolide K。

**化合物 8** 黄色针晶,易溶于甲醇,氯仿; mp. 122 ~ 124 °C; <sup>1</sup>H NMR(DMSO-*d*<sub>6</sub>, 400 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 7.78(1H, s, H-4), 7.22(1H, s, H-7), 6.30(1H, s, H-3), 3.80(1H, dd, *J* = 6.0 Hz, 12.0 Hz, H-11), 3.80(1H, dd, *J* = 6.0 Hz, 11.0 Hz, H-11'), 3.10(1H, m, H-10), 2.66(3H, s, H-9), 1.44(3H, d, *J* = 7.0 Hz, H-12); <sup>13</sup>C NMR(DMSO-*d*<sub>6</sub>, 100 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 167.5(C-2), 106.4(C-3), 137.0(C-4), 111.8(C-5), 157.9(C-6), 102.0(C-7), 204.5(C-8), 25.5(C-9), 36.8(C-10), 64.7(C-11), 14.1(C-12), 147.9(C-13), 115.6(C-14)。以上数据与文献<sup>[20]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为11-羟基-10,11-二氢泽兰素。

**化合物 9** 黄色无定型粉末,易溶于氯仿; mp. 217 ~ 219 °C; <sup>1</sup>H NMR(DMSO-*d*<sub>6</sub>, 400 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 7.86(1H, s, H-4), 7.95(1H, s, H-7), 3.12(1H, m, H-11a), 2.48(1H, m, H-11b), 4.72(1H, d, *J* = 10.0 Hz, H-12a), 4.46(1H, d, *J* = 10.0 Hz, H-12a'), 2.60(1H, s, H-14), 6.72(1H, s, H-3'), 7.11(1H, s, H-4'), 7.86(1H, s, H-7'), 2.79, 3.15(2H, m, H-11a', H-11b'), 4.65, 4.73(2H, d, *J* = 10.0 Hz, H-12a', H-12b'), 2.60(1H, s, H-12a), 12.45(1H, s, 6-OH), 12.66(1H, s, 6'-OH); <sup>13</sup>C NMR(DMSO-*d*<sub>6</sub>, 100 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 161.3(C-2), 117.0(C-3), 107.6(C-4), 158.0(C-5), 116.4(C-6), 112.6(C-7), 147.9(C-8), 136.4(C-9), 69.5(C-10), 29.7(C-11), 69.5(C-12), 204.5(C-13), 27.4(C-14), 165.6(C-2'), 103.9(C-3'), 107.6(C-4'), 158.0(C-5'), 116.4(C-6'), 112.1(C-7'), 147.8(C-8'), 134.6(C-9'), 44.4(C-10'), 28.9(C-11'), 65.7(C-12'), 204.4(C-13'), 25.6(C-14')。以上数据与文献<sup>[21]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为 dieupachinin E。

## 2.2 抑菌活性筛选

对华泽兰花部位中分离得到的化合物 1 ~ 7 进行抑菌活性筛选,结果如表 1 所示,供试化合物和正对照药品浓度均配制为 1 mg/mL,采用牛津杯抑菌圈法分别分析对橘青霉 and 金黄色葡萄球菌的离体抑制效应。实验结果表明,测试化合物对供试菌均具有不同程度的抑菌活性。其中,化合物化合物 4 对供试菌橘青霉(抑菌圈直径 13.1 ± 1.4 mm) and 金黄色葡萄球菌(抑菌圈直径 10.8 ± 3.2 mm)均具有良好

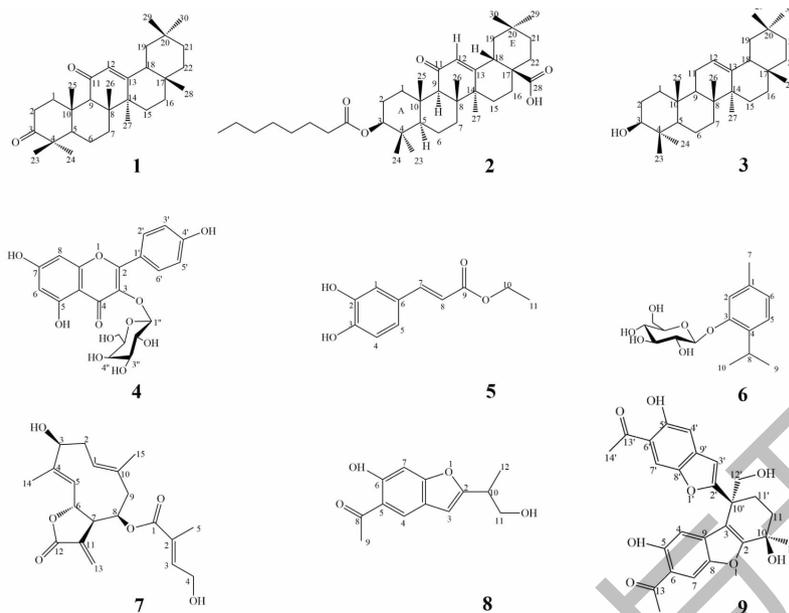


图1 化合物1~9的结构

Fig. 1 The chemical structures of compounds 1-9

的抑菌活性。化合物1对金黄色葡萄球菌(抑菌圈直径 $12.3 \pm 1.2$  mm)具有较好的抑菌活性。其他测试化合物2、5、6对供试菌具有弱的抑制活性。

表1 华泽兰花部位化合物抑菌活性筛选( $n=3$ )Table 1 Antibacterial activities of compounds from *E. chinense* flower( $n=3$ )

样品 Sample	抑菌圈直径 Inhibitory zone diameter(mm)	
	金黄色葡萄球菌 <i>Penicillium citrinum</i>	橘青霉 <i>Staphylococcus aureus</i>
1	12	-
2	6	-
3	-	-
4	13	10
5	7	6
6	8	-
7	-	-
AMP	28	-
IT	-	20

注:表中抑菌圈直径为3次结果的平均值,“-”表示抑菌圈直径 $\leq 6.0$  mm。

Note: Data were mean value of three parallel experiments;“-” indicated inhibitory zone was no more than 6.0 mm.

### 3 结论

本文为完善和丰富对华泽兰植物不同部位的研究,以期更好的开发其药用价值,对华泽兰花部位进

行系统分离,得到9个化合物,其中化合物1~7均为首次从该种属中获得,化合物1~3为齐墩果烷型五环三萜,为华泽兰成分研究中首次报道,推测其为华泽兰花部分的特征成分。同时对分离得到化合物进行抑菌活性筛选,选取金黄色葡萄球菌和三峡地区自然腐烂的柑橘果实上分离出优势致腐菌橘青霉作为供试菌,其中化合物4对供试菌橘青霉(抑菌圈直径 $13.1 \pm 1.4$  mm)和金黄色葡萄球菌(抑菌圈直径 $10.8 \pm 3.2$  mm)均具有良好的抑菌活性。化合物1对金黄色葡萄球菌(抑菌圈直径 $12.3 \pm 1.2$  mm)具有较好的抑菌活性。其他测试化合物2、5、6对供试菌具有弱的抑制活性。本文的研究结果为柑橘保鲜剂提供了先导化合物,为华泽兰的开发利用提供了新的方向。

致谢:感谢三峡大学学位论文培优基金项目资助(2019SSPY109)。

### 参考文献

- 1 Ditorial Board of Chinese Materia Medica, State Administration of Traditional Chinese Medicine. Chinese Materia Medica; Vol 7(中华本草:第7册)[M]. Shanghai Science and Technology Publishing Press, 1999.
- 2 Liu PY, Liu D, Li WH, et al. Chemical constituents of plants from the genus *Eupatorium* (1904-2014) [J]. Chem Biodivers, 2015, 12:1481-1515.
- 3 Yang SP, Huo J, Wang Y, et al. Cytotoxic sesquiterpenoids

- from *Eupatorium chinense* [J]. J Nat Prod, 2004, 67: 638-643.
- 4 Yu XQ, Liu CX, Zou K, et al. Research on chemical constituents and anti-tumor activity of *Eupatorium chinense* [J]. J Chin Mater Med(中药材), 2016, 39: 1782-1785.
- 5 Zhang QQ, Liu CX, Zou K, et al. Chemical constituents from roots of *Eupatorium chinense* [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2018, 49: 4798-4802.
- 6 Yu XQ, He HB, Zou K, et al. Glycosides from *Eupatorium chinense* L. [J]. J China Three Gorges Univ; Nat Sci(三峡大学学报: 自科版), 2016, 38: 107-109.
- 7 Yu XQ, Zhang QQ, Yan WH, et al. Three new terpenoids from the *Eupatorium chinense* [J]. Phytochem Lett, 2017, 20: 224-227.
- 8 Zhang QQ, Liu CX, Zou K, et al. Thymol derivatives from the roots of *Eupatorium chinense* and their cytotoxic activities [J]. Phytochem Lett, 2018, 29: 165-168.
- 9 Yu XQ, Zhang QQ, et al. Germacrane-type sesquiterpenoids with antiproliferative activities from *Eupatorium chinense* [J]. J Nat Prod, 2018, 81(1): 85-91.
- 10 Liu MY, Li LJ, Wu ZZ, et al. Chemical constituents from *Eupatorium chinense* L. root and their *in vitro* antibacterial activity [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2015, 27(11): 1905-1909.
- 11 Yang YC, Liu SP, Xue YH, et al. A novel linear pentapeptide from *Penicillium oxalicum* and its antagonism against post-harvest decay mold of citrus [J/OL]. Microbiol China(微生物学通报): 1-11 [2019-08-21].
- 12 Yuan X, Wang GL, Gong FJ, et al. Studies on triterpenoids constituents isolated from the roots of *Sabia schumanniana* [J]. Acta Bot Sin(植物学报), 1994, 36: 153-158.
- 13 Bina S, Siddiqui, Khan S, M. Nadeem Kardar, et al. Chemical constituents from the fruits of *Madhuca latifolia* [J]. Helv Chim Acta, 2004, 87: 1194-1201.
- 14 Teng RW, Wang DZ, Yang CR. Chemical constituents from *Balanophora harlandii* [J]. Acta Bot Yunnanica(云南植物研究), 2000, 22: 225-233.
- 15 Zhang ZJ, Zhao XY, Liu ZP. Studies on the chemical constituents of *Lysimachia barystachys* Bunce [J]. Acta Bot Boreal; Occident Sin(西北植物学报), 1992, 12: 238-244.
- 16 Wang BY, Zhong HM, Cao JW, et al. Chemical constituents of *Premna serratifolia* [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2011, 42: 1072-1074.
- 17 Zhao DB, Zhang W, Li MJ, et al. Studies on chemical constituents of *Acroptilon repens* [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 2006, 31: 1869-1872.
- 18 Shimoda K, Kondo Y, Nishida T, et al. Biotransformation of thymol, carvacrol, and eugenol by cultured cells of *Eucalyptus perriniana* [J]. Phytochemistry (Amsterdam), 2006, 67: 2256-2261.
- 19 Wu SQ, Han HY, Zhang J, et al. Six new sesquiterpenes from *Eupatorium lindleyanum* [J]. Helv Chim Acta, 2012, 95: 1637-1644.
- 20 Zhang CF, Wang Q, Zhang M. Studies on chemical constituents of *Ligularia altaica* [J]. J Chin Mater Med(中药材), 2009, 32: 524-526.
- 21 Wang WJ, Zhang XQ, Ye WC, et al. Antiviral benzofurans from *Eupatorium chinense* [J]. Phytochemistry, 2016, 122: 238-245.