

海南山油柑挥发性成分及其生物活性

王军¹, 蔡彩虹¹, 陈亮亮¹, 李益², 左文健¹, 梅文莉¹, 戴好富^{1*}

(1. 中国热带农业科学院 热带生物技术研究所以, 海口 571101;

2. 新疆农业科学院 海南三亚农作物育种试验中心, 乌鲁木齐 830091)

[摘要] 目的:分析海南山油柑茎皮和木质部的挥发油成分,并测试其生物活性。方法:采用水蒸气蒸馏法提取挥发油,进行气相色谱-质谱联用法(GC-MS)分析,采用NIST05和WILEY275L数据匹配进行鉴定。采用滤纸片琼脂扩散法测定抗菌活性,采用MTT法测定细胞毒活性。结论:海南山油柑茎木质部挥发油共鉴定出77种成分,占挥发油总量的67.74%,其主要成分为棕榈酸(18.84%), α -古巴烯(7.94%), δ -杜松烯(3.71%),(*E,Z*)-2,4-癸二烯醛(3.45%)和香树烯(3.30%)。茎皮挥发油共鉴定出75种成分,占挥发油总量的96.25%,其主要成分为 α -蒎烯(46.70%), α -古巴烯(19.81%), δ -杜松烯(5.80%),香树烯(4.46%)和柠檬烯(3.53%)。木质部和茎皮挥发油中有39种相同的成分。茎皮挥发油对金黄色葡萄球菌的有抑制活性,而木质部挥发油无活性。细胞毒活性测试结果表明,山油柑茎皮和木质部挥发油对人慢性髓原白血细胞K562,人胃癌细胞SGC-7901和人肝癌细胞SEL-7402的增殖均显示了较强的抑制活性,而茎皮挥发油的活性更好。

[关键词] 海南山油柑;挥发油;气相色谱-质谱联用;抗菌活性;细胞毒活性

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2015)12-0026-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2015120026

[网络出版地址] <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20150428.1023.013.html>

[网络出版时间] 2015-04-28 10:23

Chemical Constituents and Biological Activities of Volatile Oil from *Acronychia pedunculata* in Hainan

WANG Jun¹, CAI Cai-hong¹, CHEN Liang-liang¹, LI Yi², ZUO Wen-jian¹, MEI Wen-li¹, DAI Hao-fu^{1*}

(1. Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China; 2. Sanya Crop Breeding Test Center in Hainan, Xinjiang Academy of Agriculture Sciences, Wulumuqi 830091, China)

[Abstract] **Objective:** To analyze the chemical constituents of volatile oil from the xylem and bark of *Acronychia pedunculata* in Hainan and its antibacterial activity and cytotoxicity. **Method:** The volatile oil was extracted by water-steam distillation and analyzed by GC-MS. The relative contents of the compounds were determined by normalization. The compounds were characterized by NIST05 and WILEY275L database matching. Antibacterial activities of the xylem and bark oil were assayed by the filter paper disc agar diffusion and the cytotoxicity of them was evaluated by MTT. **Conclusion:** 77 compounds were identified from the xylem oil which constituting 67.74% of the total oil and its main constituents were palmitic acid (18.84%), α -copaene (7.94%), δ -cadinene (3.71%), (*E, Z*)-2, 4-decadienal (3.45%) and alloaromadendrene (3.30%). 75 compounds were identified from the bark oil which constituting 96.25% of the total oil and its main constituents were α -pinene (46.70%), α -copaene (19.81%), δ -cadinene (5.80%), alloaromadendrene (4.46%), and limonene (3.53%). 39 compounds were identified both from the xylem oil and bark oil. The volatile oil from the bark showed antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*, but the oil from xylem was inactive. The oil from xylem and bark showed significant cytotoxic activities towards chronic myelogenous leukemia (K562), human hepatoma (SEL-7402) and human gastric carcinoma (SGC-7901). The activity of the former was better than the latter.

[Key words] *Acronychia pedunculata*; volatile oil; GC-MS; antibacterial activity; cytotoxicity

[收稿日期] 20140922(009)

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2013BAI11B04);公益性行业(农业)科研专项(201303117);海南省重大科技项目(ZDXZ2013008-4)

[第一作者] 王军,博士,助理研究员,从事植物学、植物化学研究,Tel:0898-66988061,E-mail:wangjun@itbb.org.cn

[通讯作者] *戴好富,博士,研究员,从事天然产物化学研究,Tel:0898-66961869,E-mail:daihaofu@itbb.org.cn

山油柑以根、叶、果、木材入药,具有化气、活血、祛瘀、消肿、止痛的功效,可治支气管炎、感冒、咳嗽、心气痛、疝气痛、跌打肿痛、消化不良等,主要分布于我国华南地区和中南半岛地区以及菲律宾、印度、斯里兰卡、马来西亚、印度尼西亚、巴布亚新几内亚^[1]。近年来,对山油柑属挥发油成分研究发现,其主要含有 α -蒎烯、柠檬烯及 β -罗勒烯等成分^[2,4],有研究表明,广西山油柑的叶、茎、果挥发油中主要成分为 α -蒎烯, R -(+)-柠檬烯, β -罗勒烯,与香港产山油柑叶的成分基本相同^[3];马来西亚产山油柑叶的挥发油成分主要以石竹烯(29.20%), α -萜荜澄茄油烯(11.40%), α -石竹烯(10.20%)为主,果挥发油以 3-萜烯(53.90%)为主^[4];越南产山油柑地上部分(枝、叶、果)挥发油主要含有 α -蒎烯(57.40%)和 (E)- β -石竹烯(13.60%)^[5]。已经报道的山油柑属植物的叶、果挥发油成分发现存在明显的地域差异^[3-5]。

本实验以海南产山油柑为研究对象,研究其茎皮和木质部挥发油的化学成分及其生物活性,并与前人的研究结果进行比较,为海南产山油柑的开发与利用提供依据。

1 材料

山油柑药材为芸香科山植物山油柑 *Acronychia pedunculata* 的茎皮和木质部,均采自海南省尖峰岭自然保护区,由中国医学科学院药用植物研究所(海南分所)郑希龙博士鉴定,凭证标本(SYG201401)存放于中国热带农业科学院热带生物技术研究所。金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*) ATCC51650 由海南省药品检验所提供。人慢性髓原白血病细胞(K562)、人胃癌细胞(SGC-7901)和人肝癌细胞(SEL-7402)均购自中国科学院上海细胞库,在含有 10% 小牛血清的 RPMI1640 培养基中,于 5% CO₂, 湿度 > 90%, 37 °C 温箱中培养,贴壁细胞用 0.25% 胰酶消化。

7890A/5975C GC/MS 联用仪(美国安捷伦); CO₂ 培养箱(Sheldon Manufacturing Inc.), MK3 型酶标仪(上海雷勃分析有限公司), Delta 320-S 型 pH 计[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司], 超净工作台(上海博讯实业有限公司医疗设备厂)。牛肉膏蛋白胨琼脂培养基蛋白胨 5 g, 牛肉浸膏 3 g, 葡萄糖 2.5 g, 琼脂 20 g, 加去离子水定容至 1 L, pH 调至 7.0~7.2), 硫酸卡那霉素购自上海生工有限公司, 取 10 g 粉末, 加水定容至 1 L。三氯甲烷、四甲基偶氮唑盐(MTT), RPMI1640 培养基和平衡盐溶液 PBS

(北京欣经科公司), 紫杉醇(20120317, 购自江苏红豆杉药业有限公司), 二甲基亚砜(DMSO)为分析纯, 提取和分离所用试剂均为重蒸工业试剂。

2 方法与结果

2.1 挥发油的提取 将山油柑的茎皮剥落后洗净, 晾干; 余下的木质部切成 1 cm 左右的小段晾干, 按照《中国药典》2010 年版第一部附录 XD 挥发油测定法项下甲法操作提取挥发油。挥发油为淡黄色透明状液体, 具有浓郁的香味, 其中茎皮挥发油得率 0.16%, 木质部的挥发油得率 0.05%。

2.2 GC-MS 分析条件 HP-5MS 石英毛细管柱(0.25 mm × 30 m, 0.25 μm); 升温程序从 60 °C 开始, 以 3 °C · min⁻¹ 升温至 240 °C, 保持 10 min; 载气高纯氦气(99.99%), 柱流量 1.0 mL · min⁻¹, 进样口温度 230 °C, 分流比 20:1。

2.3 质谱条件 电离方式 EI 源, 电离电压 70 eV, 离子源温度 230 °C, 四级杆温度 150 °C, 传输线温度 300 °C, 扫描质量 m/z 40~400, 进样量 1.0 μL。

2.4 山油柑挥发油成分 采用 GC-MS 对海南山油柑茎皮和木质部的挥发油进行了分析, 其中茎皮检测出 81 个成分, 总离子流见图 1, 鉴定出 75 个, 占出峰总面积的 96.25%; 木质部检测出 90 个成分, 总离子流见图 2, 鉴定出 77 个, 占出峰总面积的 67.74%, 挥发油中各化学成分的相对质量分数, 见表 1。

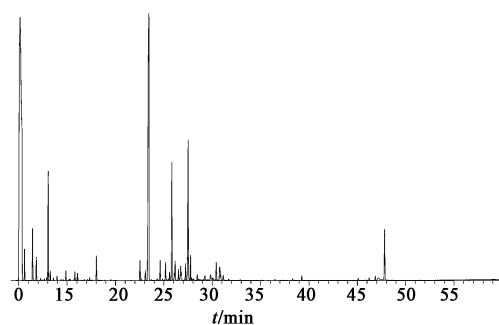


图 1 山油柑茎皮挥发油的总离子流

Fig. 1 GC-MS chromatogram of essential oil from bark of *Acronychia pedunculata*

在鉴定出的化合物中茎皮含量最高的为 α -蒎烯, 相对含量达到 46.70%; 其次为 α -古巴烯, 相对含量为 19.81%; δ -杜松烯, 相对含量为 5.80%; 香树烯, 相对含量为 4.46%; 柠檬烯, 相对含量为 3.53%; β -蒎烯, 相对含量为 1.71% 等。木质部为棕榈酸含量最高, 相对含量为 18.84%; 其次为 α -古巴烯, 相对含量为 7.94%; δ -杜松烯, 相对含量为 7.10%; (E, Z)-2,4-癸二烯醛, 相对含量为 3.45%; 香树烯, 相对含量为 3.30% 等。茎皮和木质部挥发

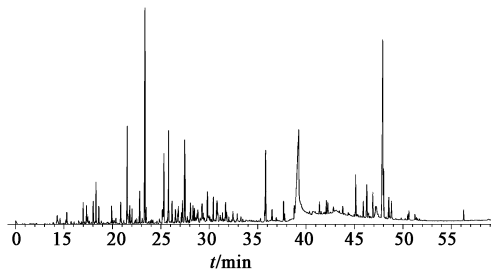


图 2 山油柑木质部挥发油的总离子流
Fig. 2 GC-MS chromatogram of essential oil from xylem of *Acronychia pedunculata*

油相对含量排名前 5 的化合物中有 3 种相同,分别为 α -古巴烯、 δ -杜松烯和香树烯,但含量各有不同。

2.5 抗菌活性测定 用滤纸片琼脂扩散法测定挥发油对金黄色葡萄球菌的抗菌活性。将挥发油配成质量浓度为 $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的样品,取 $50 \mu\text{L}$ 滴于直径为 6 mm 的灭菌滤纸片上,待溶剂挥干后,将已点样的滤纸片贴于已涂供试菌悬液 $100 \mu\text{L}$ (菌液密度 $1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^7 \text{ cfu} \cdot \text{mL}^{-1}$) 的牛肉膏蛋白胨琼脂培养基上,室温静制培养 30 min 后放入培养箱中, $35 \sim 37 \text{ }^\circ\text{C}$ 无光照培养, $18 \sim 24 \text{ h}$ 后观察并测量抑菌圈直径,包含滤纸片直径 6 mm,取质量浓度为 $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸卡那霉素 $25 \mu\text{L}$ 作为阳性对照,通过比较抑菌圈直径大小来确定抗菌活性^[6]。

活性测试结果表明,山油柑茎皮挥发油对金黄色葡萄球菌具有活性,其抑菌圈直径为 9.16 mm,而山油柑木质部挥发油对金黄色葡萄球菌无活性,阳性对照抑菌圈直径为 31.08 mm。

2.6 细胞毒活性测定 采用 MTT 法^[7]测定。实验设阴性对照组(含 2% 的 DMSO 溶剂)、阳性对照组(紫杉醇)和用培养基(含 2% 的 DMSO)配制成 6 个不同质量浓度(0.2, 0.6, 1.8, 5.4, 16.2, 48.6 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)的待测样品,每个浓度设 3 个平行。选取对数生长期细胞,用 RPMI 1640 完全培养基制成单细胞悬浮液,血球计数板计数,按 50 000 个/mL 接种 $90 \mu\text{L}$ 于 96 孔平底细胞培养板,置于 5% CO_2 , 湿度 90% 以上, $37 \text{ }^\circ\text{C}$ 温箱中培养。在 K562 细胞中直接加入待测样品 $10 \mu\text{L}$,而 BEL-7402 和 SGC-7901 培养 24 h 后加入待测样品 $10 \mu\text{L}$,继续培养 72 h 后于显微镜下观察每孔细胞形态。然后每孔加入 $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 MTT 溶液(溶于平衡盐溶液 PBS) $15 \mu\text{L}$, $37 \text{ }^\circ\text{C}$ 反应 4 h 后,吸取上清液,再向各孔加入 DMSO $100 \mu\text{L}$,充分溶解,将细胞培养板置于酶标仪上,在 490 nm 波长处测量各孔的吸光度 A ,计算生长抑制率 = $(1 - A_{\text{样品}}/A_{\text{阴性对照}}) \times 100\%$ 。以样品质量浓度为横坐标,以抑制率为纵坐标,根据浓度梯度利用 origin 软件拟合出抑制率的曲线图,求出抑制率为

表 1 海南山油柑茎挥发油成分及其相对质量分数

No.	化合物名称	相对质量分数		No.	化合物名称	相对质量分数	
		木质部	茎皮			木质部	茎皮
1	α -pinene(α -蒎烯)	0.25	46.70	58	germacrene D(大根香叶烯 D)	-	0.07
2	τ -muurolol(τ -衣兰油醇)	1.17	0.76	59	fenchol(葑醇)	0.09	0.04
3	δ -cadinene(δ -杜松烯)	3.71	5.80	60	farnesyl acetone C(法尼基丙酮 C)	0.74	-
4	δ -3-carene(δ -3-萜烯)	-	0.03	61	endo-borneol(内冰片)	0.71	0.10
5	γ -terpinene(γ -萜烯)	-	0.16	62	evodionol(吴茱萸酮)	-	0.02
6	γ -cadinene(γ -杜松烯)	0.79	0.60	63	epizonaren(姜烯酮)	-	0.15
7	β -selinene(β -芹子烯)	0.51	0.35	64	epiglobulol(蓝桉醇)	-	0.06
8	β -caryophyllene(β -石竹烯)	0.10	0.66	65	dodecanal(月桂醛)	0.23	-
9	β -pinene(β -蒎烯)	-	1.71	66	dihydroalloyodionol	-	0.01
10	β -myrcene(β -月桂烯)	-	0.76	67	dehydroaromadendrene(脱氢香树烯)	0.39	-
11	β -cubebene(β -葑澄茄油萜)	-	0.04	68	decanal(癸醛)	1.26	0.02
12	α -terpineol(α -萜品醇)	0.80	0.81	69	cyclosativene(环蒜头烯)	0.26	0.37
13	α -terpinolene(α -萜品油烯)	-	0.33	70	cembrene(松柏烯)	-	0.18
14	α -terpinene(α -萜烯)	-	0.07	71	camphor(樟脑)	-	0.02
15	α -selinene(α -芹子烯)	0.35	0.60	72	camphene hydrate(水合樟烯)	-	0.07
16	α -phellandrene(α -水芹烯)	-	0.08	73	camphene(莰烯)	-	0.82
17	α -muurolene(α -衣兰油烯)	0.56	0.23	74	cadin-1,4-diene(卡丁-1,4-二烯)	0.25	0.82
18	α -humulene(α -蛇麻烯)	0.10	0.30	75	benzenepropanal(苯丙醛)	0.11	-

续表 1

No.	化合物名称	相对质量分数		No.	化合物名称	相对质量分数	
		木质部	茎皮			木质部	茎皮
19	α -gurjunene(α -古芸烯)	-	0.07	76	benzaldehyde(苯甲醛)	0.04	-
20	α -cubebene(α -葎澄茄油烯)	0.16	0.65	77	aromadendrene(香橙烯)	0.47	0.62
21	α -copaene(α -古巴烯)	7.94	19.81	78	allyl disulfide(烯丙基二硫醚)	0.22	0.04
22	α -campholene aldehyde(α -龙脑烯醛)	0.10	-	79	alloaromadendrene(香树烯)	3.30	4.46
23	α -calacorene(α -白菖考烯)	0.80	0.07	80	6,10-dimethyl-2-undecanone(6,10-二甲基-2-十一烷酮)	0.11	-
24	α -cadinol(α -葎茄醇)	0.30	0.20	81	5-pentyl-2(3H)-furanone [5-戊基-2(3H)-呋喃酮]	0.13	-
25	α -cadinene(α -杜松烯)	-	0.09	82	5-methyl-3-hexen-2-one(5-甲基-3-己烯-2-酮)	0.04	-
26	α -amorphene(α -紫穗槐烯)	0.74	0.65	83	5-hydroxy-calamenene(5-羟基-卡拉烯)	-	0.03
27	undecanal(十一醛)	0.12	-	84	4,4,5,8-tetramethyl-4H-1-benzopyran (4,4,5,8-四甲基-4H-1-苯并吡喃)	0.68	-
28	torreyol(榧烯醇)	0.39	0.19	85	4,10-dimethyl-7-isopropyl-bicyclo(4.4.0)-1,4-decadiene [4,10-二甲基-7-异丙基-二环(4.4.0)-1,4-癸二烯]	0.93	0.64
29	terpinen-4-ol(松油烯-4-醇)	0.13	0.02	86	3-pinanone(3-松酮)	-	0.04
30	squalene(鲨烯)	0.39	-	87	3-ethylidene-1-methyl-cyclopentene	-	0.02
31	spathulenol(斯巴醇)	-	0.05	88	3-(1,1-dimethylethyl)-1,2-dihydro-naphthalene [3-(1,1-二甲基乙基)-1,2-二氢-萘]	0.43	0.03
32	sandaracopimaradiene(山达海松二烯)	-	0.01	89	2-undecenal(2-十一烯醛)	1.03	-
33	pinocarveol(松香芹醇)	0.16	0.01	90	2-pentyl-furan(2-戊基呋喃)	0.06	-
34	<i>p</i> -cymen-8-ol(对-甲基异丙基苯-8-醇)	0.07	-	91	2-pentadecanone(2-十五烷酮)	0.18	-
35	<i>P</i> -cymene(<i>P</i> -伞花烃)	-	0.11	92	2,4-Di-tert-butylphenol(2,4-二-叔丁基苯酚)	0.34	-
36	palmitic acid(棕榈酸)	18.84	-	93	2,3-octanedione(2,3-辛二酮)	0.03	-
37	oplophenone	0.57	-	94	1,6-guaiadiene(愈创木二烯)	-	0.23
38	octanal(辛醛)	0.05	-	95	1-octen-3-ol(1-辛烯-3-醇)	0.03	-
39	nonanal(壬醛)	0.39	0.06	96	1-octanol(1-辛醇)	0.32	-
40	nerolidol(橙花叔醇)	0.51	0.20	97	(<i>Z</i>)-ocimene [(<i>Z</i>)-罗勒烯]	-	0.09
41	nealloocimene(新别罗勒烯)	-	0.25	98	(<i>E,Z</i>)-2,4-decadienal [(<i>E,Z</i>)-2,4-癸二烯醛]	3.45	-
42	myrtenyl acetate(乙酸桃金娘烯酯)	0.56	-	99	(<i>E,E</i>)-2,4-nonadienal [(<i>E,E</i>)-2,4-壬二烯醛]	0.59	0.01
43	myrtenal(桃金娘烯醛)	0.15	-	100	(<i>E,E</i>)-2,4-decadienal [(<i>E,E</i>)-2,4-癸二烯醛]	0.79	-
44	methyl palmitate(棕榈酸甲酯)	0.27	-	101	(<i>E</i>)- β -ocimene[(<i>E</i>)- β -罗勒烯]	-	0.31
45	longifolenaldehyde(长叶醛)	1.18	0.19	102	(<i>E</i>)- <i>p</i> -mentha-1(7),8-dien-2-ol [(<i>E</i>)-对-薄荷-1(7)-1,8-二烯-2-醇]	-	0.03
46	<i>L</i> -linalool(<i>L</i> -芳樟醇)	0.13	0.04	103	(<i>E</i>)-myrtenyl acetate [(<i>E</i>)-乙酸桃金娘烯酯]	0.50	-
47	limonene(柠檬烯)	0.03	3.53	104	(<i>E</i>)-farnesol [(<i>E</i>)-金合欢醇]	0.41	-
48	isopropyl myristate(肉豆蔻酸异丙酯)	0.17	-	105	(<i>E</i>)-carveol [(<i>E</i>)-香芹醇]	0.16	0.03
49	isooctyl phthalate(邻苯二甲酸二辛酯)	0.20	-	106	(<i>E</i>)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene	-	0.02
50	isobutyl phthalate(邻苯二甲酸异丁酯)	0.95	0.05	107	(<i>E</i>)-2-octenal [(<i>E</i>)-2-辛烯醛]	0.08	-
51	isopropyl dodecanoate(月桂酸异丙酯)	-	0.11	108	(<i>E</i>)-2-octen-1-ol[(<i>E</i>)-2-辛烯-1-醇]	0.08	-
52	isolekene(异喇叭烯)	-	0.07	109	(<i>E</i>)-2-nonenal[(<i>E</i>)-2-壬烯醛]	0.69	-
53	isborneol(异龙脑)	-	0.02	110	(<i>E</i>)-2-dodecenal [(<i>E</i>)-2-十二烯醛]	0.13	-
54	hyacinthin(苯乙醛)	0.04	-	111	(<i>E</i>)-2-decenal [(<i>E</i>)-2-癸烯醛]	0.55	0.03
55	guaiazolene(愈创木烯)	0.71	0.04	112	(+)-ledol [(+)-喇叭醇]	-	0.18
56	globulol(蓝桉醇)	1.26	0.20	113	(-)-bornyl acetate [(-)-乙酸龙脑酯]	-	0.01
57	geranyl acetate(乙酸香叶酯)	2.28	-				

50% 时样品的浓度 (IC₅₀), 样品活性结果即以 IC₅₀ 表示。IC₅₀ 及方差分析结果表明海南产山油柑茎皮和木质部挥发油对人慢性髓原白血病细胞 K562、人胃癌细胞 SGC-7901 和人肝癌细胞 SEL-7402 的增殖均显示了较强的抑制活性, 茎皮挥发油活性强于木质部, 见表 2。

表 2 山油柑茎皮和木质部挥发油细胞毒活性 (IC₅₀)

Table 2 Cytotoxicity of volatile oil from bark and xylem of *Acronychia pedunculata* (IC₅₀)

样品	K562	SGC-7901	BEL-7402
茎皮挥发油	25.27 ± 0.21	24.32 ± 0.34	38.59 ± 0.37
木质部挥发油	34.99 ± 0.17	66.49 ± 0.39	46.7 ± 0.42
紫杉醇 (阳性对照)	8.10 ± 0.16	3.60 ± 0.22	4.50 ± 0.25

3 讨论

本次实验从海南山油柑茎皮和木质部分别检出 75 个和 77 个成分, 二者共有的化合物有 39 个, 分别占挥发油总量的 89.93%, 33.33%, 共有成分中茎皮中含量最高的是 α-蒎烯 (46.70%), 但其在木质部中的含量仅为 0.25%; 木质部含量最多的是 α-古巴烯 (7.94%), 其在茎皮中的含量为 19.81%。从以上数据可知海南产山油柑茎皮与木质部的挥发油成分差异较大, 且共有成分的相对含量在二者中亦有较大差异。

此次研究中海南山油柑的茎皮挥发油成分中 α-蒎烯含量最多, 与越南、广西及香港产山油柑挥发油的研究一致, 另外还发现 α-古巴烯和 δ-杜松烯、香树烯在茎皮中的含量较多, 与此前的研究不同^[3-5]; 而海南产山油柑茎木质部挥发油的主要成分为棕榈酸, 此前未有报道, 此外 α-古巴烯, δ-杜松烯, (E,Z)-2,4-癸二烯醛和香树烯的含量也较多, 与前人的研究有所不同。通过对以上不同产地山油柑挥发油的比较, 发现不同地域山油柑植物的挥发油在成分与相对含量上均存在明显差异。

已有文献报道 α-蒎烯、棕榈酸都具有较好的生物活性, 其中 α-蒎烯对多种昆虫具有引诱、触杀、驱避、熏蒸等控制作用^[8-10], 另外其还具有抗菌、杀菌作用^[11-12]。活性测试显示茎皮挥发油对金黄色葡萄球菌具有活性, 而木质部挥发油没有活性, 这与根茎皮 α-蒎烯的含量较高相一致。细胞毒活性显示茎皮活性强于木质部, 且抗肿瘤活性较好, 从已报道的棕榈酸具有促使肿瘤细胞或其他细胞凋亡的作用^[13-14]来看, 木质部具有抗肿瘤的主要成分为棕榈酸, 而茎皮挥发油具有的抗肿瘤成分可能是由于多

个活性成分共同作用的结果。有关海南山油柑茎皮和木质部挥发油中的抗菌、抗肿瘤活性成分研究有待进一步深入。本文首次报道了山油柑茎皮挥发油具有抗肿瘤活性。此次研究, 为海南山油柑药用植物资源的开发利用提供科学依据。

[参考文献]

[1] 黄成就. 中国植物志. 第四十三卷第二册芸香科 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 106-108.

[2] 谢宗万. 全国中草药汇编下册 [M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 1983: 443.

[3] 曾春晖, 杨柯, 韦建华, 等. 广西山油柑不同部位挥发油成分及抗菌作用的研究 [J]. 中成药, 2012, 34 (4): 747-750.

[4] Taufiq-Yap Y H, Rahmani M. Constituents of the essential oil from the leaves and fruits of *Acronychia laurifolia* Bl. [J]. Chem Res Commun, 2000, 10(1): 45-47.

[5] Lesueur D, De-Rocca-Serra D, Bighelli A, et al. Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Acronychia pedunculata* (L.) Miq. from Vietnam [J]. Nat Prod Res, 2008, 22(5): 393-398.

[6] 徐叔云, 卞如濂, 陈修. 药理实验方法学 [M]. 4 版. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 1651-1653.

[7] Mosmann T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays [J]. J Immunol Met, 1983, 65(1/2): 55-63.

[8] Schroeder L M. Attraction of the bark beetle *Tomicus piniperda* and some other bark-and-wood-living beetles to the host volatiles α-pinene and ethanol [J]. Entomol Exp Appl, 1988, 46(3): 203-210.

[9] Nordlander G. Limonene inhibits attraction to α-pinene in the pine weevils *Hylobius abietis* and *H. pinastri* [J]. J Chem Ecol, 1990, 16(4): 1307-1320.

[10] Schroeder L M, Weslien J. Reduced offspring production in bark beetle *Tomicus piniperda* in pine bolts baited with ethanol and α-pinene, which attract antagonistic insects [J]. J Chem Ecol, 1994, 20(7): 1429-1444.

[11] 夏忠弟, 余俊龙. α-蒎烯对白色念珠菌生物合成的影响 [J]. 中国现代医学杂志, 2000, 10(1): 44, 46.

[12] Liu X X, Chen Q B, Wang Z H, et al. Allelopathic effects of essential oil from *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* on pathogenic fungi and pest insects [J]. Frontiers of Forestry in China, 2008, 3(2): 232-236.

[13] 张艳玲, 邹本良. 棕榈酸对小鼠胰岛和 INS-1E 细胞作用的研究 [J]. 天津医药, 2012, 40(8): 812-814.

[14] 刘芳, 刘凯, 刘道洁, 等. 棕榈酸对肝癌 HepG2 细胞自噬和凋亡的影响 [J]. 山东医药, 2014, 54(12): 8-9.

[责任编辑 顾雪竹]