

黄心夜合不同组织挥发油成分分析

雷凌华^{1,2,3}, 朱强根¹, 夏更寿¹, 肖悠¹, 于晓英²

(1. 丽水学院 生态学院, 浙江 丽水 323000; 2. 湖南农业大学 园艺园林学院, 湖南 长沙 410128; 3. 民族药用植物资源研究与利用湖南省重点实验室, 湖南 怀化 418008)

摘要: 为探讨同一时间内黄心夜合 *Michelia martinii* 鲜叶、鲜嫩枝和鲜花的挥发油成分, 利用气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)对水蒸气蒸馏法提取的黄心夜合鲜叶、鲜嫩枝和鲜花挥发油成分进行了分析。结果表明: 去掉峰值 0.49 以下的峰, 从黄心夜合鲜叶、鲜嫩枝、鲜花分别检测出 21 种、31 种和 25 种成分, 3 种不同组织样品共有 2,4-二异丙烯基-1-甲基环己烷、 γ -依兰油烯、4(14),11-桉叶二烯、 γ -榄香烯等 4 种成分, 而鲜叶与鲜嫩枝都释放共同的 12 种挥发性成分, 鲜嫩枝与鲜花都释放共同的 13 种挥发性成分, 鲜叶与鲜花都释放共同的 4 种挥发性成分。黄心夜合鲜叶、鲜嫩枝和鲜花的挥发油成分在提取材料选择、挥发性成分利用与养生保健群落的营建等方面具有一定的应用参考。图 1 表 2 参 20

关键词: 森林化学; 黄心夜合; 挥发性成分; 水蒸气蒸馏; 不同组织

中图分类号: S713

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2019)01-0193-07

Volatile components analysis from different fresh tissues of *Michelia martinii*

LEI Linghua^{1,2,3}, ZHU Qianggen¹, XIA Gengshou¹, XIAO You¹, YU Xiaoying²

(1. College of Ecology, Lishui University, Lishui 323000, Zhejiang, China; 2. Horticulture & Landscape College, Hunan Agriculture University, Changsha 410128, Hunan, China; 3. Key Laboratory of Hunan Province for Study and Utilization of Ethnic Medicinal Plant Resources, Huaihua 418008, Hunan, China)

Abstract: To study volatile components from fresh leaves, fresh twigs, and fresh flowers of *Michelia martinii* at the same time, volatile oils were extracted by water-steam distillation from the fresh leaves, fresh twigs, and fresh flowers and then detected by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Results of GC-MS showed that the volatile oils contents from different organizations of *M. martinii* at the same time had ingredients of 21 kinds from fresh leaves, of 31 kinds from fresh twigs, and of 25 kinds from fresh flowers (peak values below 0.49 were neglected). Among the three fresh organizations of *M. martinii*, the common components were four kinds of ingredients, such as .gamma.-Elemene, gamma.-Muurolen, Eudesma-4(14),11-diene, and Cyclohexane, 2,4-diisopropenyl-1-methyl-. Four kinds of components were common to fresh leaves and fresh flowers, 13 kinds of components were common to fresh flowers and fresh twigs, and 12 kinds of components were common to fresh leaves and fresh twigs. The volatile oils of flowers were rich in terpenes and alcohols with terpenes dominated by monoterpenes up to 36.38%; content of the alcohol compounds was higher than terpenes with content as high as 54.77%. Terpene compounds had .gamma.-Cadinene, Caryophyllene oxide, .alpha.-Selinene, Spathulen, Diepicedrene-1-oxide, (+)-Ledene, -Aristolene, Eudesma-4(14),11-diene, and D Germacrene D. While the alcohols had Eudesm-4(14)-en-11-,2-(4,8-Dimethyl-3,7-cyclodecadien-1-yl)-2-p, Epiglobulol,

收稿日期: 2018-01-04; 修回日期: 2018-03-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(81300655); 民族药用植物资源研究与利用湖南省重点实验室委托项目(YYZW2014-2)

作者简介: 雷凌华, 副教授, 博士, 从事观赏植物资源的开发与应用研究。E-mail: linghualei@126.com。通信作者: 于晓英, 教授, 博士, 从事观赏植物资源研究。E-mail: 475705701@qq.com

.gamma.-Eudesmol, .tau.-Cadinol, Guaiol, and .delta.-Cadinol. In conclusion *M. martinii* could provide new application ideas on material selection of extracted essential oils, utilization of volatile components, and landscape community construction for health care. [Ch, 1 fig. 2 tab. 20 ref.]

Key words: forest chemistry; *Michelia martinii*; volatile components; water-steam distillation; different tissues

很多植物不仅有很高的观赏价值,而且还通过其叶、枝、干、皮、花、果、芽等释放出多种对人体健康有益的挥发性物质,如 α -蒎烯、 β -蒎烯、 β -月桂烯、蒾烯、柠檬烯、1,8-桉叶油素等挥发油成分具有消炎、降压等疗活性^[1]。植物的挥发油成分可以治疗冠心病、高血压等疾病,且治疗呼吸道系统疾病效果更明显^[2],以单萜的治疗效果最明显^[3]。因此,研究植物资源的挥发油成分,为开发利用植物挥发油成分的保健应用价值夯实了物质基础,为提高人们体质开辟了新的途径。截至目前已有401种植物的叶、11种植物的花、2种植物的枝、6种植物的果实、2种植物的树皮、43种植物的枝和叶、18种植物的花和叶、12种植物的果和叶、1种植物的花和果实、2种植物的叶和种子、4种植物的根和叶、1种植物的根和枝、6种植物的叶枝花、9种植物的根枝叶、2种植物的叶枝果等都相应被提取了挥发油。同种植物各组织器官用同种方法提取的挥发油成分存在差异,但有共同的组分^[4-6],并随树种不同呈现差异性变化。制约植物挥发油成分释放的因素除了植物本身的组织器官类型外,与采集材料提取挥发油成分的季节有关,也与植物的群落结构、种类、株龄、叶龄及植株的发育部位等有关,还与外来生物因素以及温度、光照、水分、土壤、大气成分比例及空气湿度等非生物因素有关^[4-10]。在同样的生长条件下,幼树相对大龄树木释放挥发性成分更快^[11],但这种差异性多随树龄的增加而逐渐减小^[12],也有随树龄的增加而逐渐增加的现象^[13]。植物群落结构越丰富,释放萜类化合物的量越多^[14]。黄心夜合 *Michelia martinii* 隶属木兰科 Magnoliaceae 含笑属 *Michelia* 常绿大乔木,树形呈尖塔状,其嫩枝榄青色,幼叶嫩黄色,春天所发新叶嫩红色,散发扑鼻的香气,花香浓郁,可应用于园林绿化,其干花蕾可入药,是一种具有很大开发价值的园林珍稀树木^[15]。徐植灵等^[16]通过鉴定黄心夜合干燥花蕾的挥发油,发现黄心夜合干燥花蕾挥发油成分中含有 β -榄香烯、 β -蒎烯、对-聚伞花素、 γ -毕澄茄烯、 α -蒎烯、 α -衣兰油烯、氧化石竹烯、喇叭醇、蒾烯等主要成分。雷凌华等^[17-18]发现黄心夜合四季鲜嫩枝挥发油共含77种成分,而四季鲜叶挥发油共含65种成分。这说明黄心夜合各组织的挥发油成分非常丰富,然而有关黄心夜合在同一时期各个组织器官释放挥发油成分及其活性的研究还鲜见报道。本研究以黄心夜合鲜叶、鲜嫩枝、鲜花为材料,以水蒸气蒸馏法萃取其同一时间不同组织的挥发油成分,以气相色谱-质谱联用技术分析其成分,了解黄心夜合3种不同组织的挥发油成分,以期为黄心夜合潜在的园林生态功能、药理功能、养生保健功能的深度开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

2014年4月在贵阳市王岗村(26°46'41.31"N, 106°53'49.67"E)选择15株生长势旺盛、无病虫害、高度6~10 m、胸径20~22 cm的黄心夜合,采集其鲜叶、鲜嫩枝、鲜花。将采集的3类鲜样进行现场清洗、沥干,称量后按1份500 g保存于3~5℃冰箱中,1周内将样品处理完毕,以便对比分析黄心夜合同期3种不同组织的挥发油成分。所用有机试剂都为分析纯,水为去离子纯净水。

1.2 实验设备

设备包括XPE205分析天平(深圳市时代之峰科技有限公司),ZDHW220V电热套98-1-B(天津市泰斯特仪器有限公司),水蒸汽蒸馏提取器1套。

1.3 实验方法

1.3.1 水蒸气蒸馏实验 参考文献[18]提取黄心夜合鲜叶挥发油成分,将保存在冰箱中的鲜叶,按1份500 g分别置入5 000 mL的圆底烧瓶,再往瓶中加入3 000~3 500 mL的蒸馏水,浸泡2 h,按常规水蒸气蒸馏法提取,分离收集挥发油,称量,密封保存于-4~0℃的冰箱。提取率以鲜质量计。重复5次·样品⁻¹,取平均值。黄心夜合鲜叶挥发油提取率=黄心夜合鲜叶挥发油质量/黄心夜合鲜叶质量×100%。将鲜嫩枝切成6~10 mm长的碎枝粒,处理同鲜叶。将鲜花切成4~8 mm宽的碎条,去嫩枝,长度以鲜花本

身宽度为限，处理同鲜叶。

1.3.2 挥发油成分的分析 黄心夜合挥发性成分的定性定量分析采用气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)。气相色谱条件：DB-5MS 石英管色谱柱(30 m × 0.25 μm × 0.25 mm)，载高纯度氦气；色谱柱升温程序：始温 50 ℃，持续 4 min，以 6 ℃·min⁻¹ 升至 100 ℃，以 10 ℃·min⁻¹ 升至 180 ℃，持续 5 min，以 15 ℃·min⁻¹ 升到 280 ℃，持续 15 min；柱前压 47 kPa，分流比 1:11.0，流速 1.0 mL·min⁻¹；进样口温度 250 ℃，进样量 1.0 μL。质谱条件：质核比扫描范围 45~550 u，全扫描方式；GCMS-QP2010，电子轰击(EI)离子源，电子能量 70 eV；检测器电压 1.8 kV；离子源温度 200 ℃；接口温度 220 ℃；四极杆温度 150 ℃。实验仪器：QP5050A 型气相色谱-质谱联用仪(日本岛津公司)，Saturn 2000 离子阱质谱仪，CP-3800 气相色谱仪(美国 Varian 公司)。

1.3.3 数据处理与质谱检索 依前述 GC-MS 条件鉴定分析黄心夜合鲜花、鲜嫩枝、鲜叶挥发油成分，得到鲜花、鲜嫩枝、鲜叶的各峰质谱图和总离子流色谱图。通过对 3 种组织的质谱图进行 NIST 标准谱库的检索，自动检索分析各组分的质谱数据，结合谱图人工解析，根据质谱裂解规律对黄心夜合鲜花、鲜嫩枝、鲜叶挥发油成分进行定性分析，经色谱峰面积归一法计算各组分的质质量分数。

2 结果与分析

2.1 黄心夜合各新鲜组织挥发油提取率的差异

黄心夜合不同组织经水蒸气蒸馏都得到透明的油状液体，并且能明显感受到不同组织提取的油状液体释放香味的差异。鲜嫩枝挥发油释放出的香气清雅，颜色嫩黄清亮；鲜叶挥发油释放的香气幽清，颜色呈嫩桔黄色，晶莹透亮；鲜花挥发油释放的香味浓郁，颜色呈桔黄色，发出浑浊亮光。从表 1 可见：黄心夜合鲜花挥发油平均提取率最高，达 0.52%，鲜叶挥发油提取率较低，为 0.22%，鲜嫩枝挥发油平均提取率最低，仅 0.04%。在相同条件下，鲜花释放挥发油的强度和量明显高于鲜叶、鲜嫩枝，而鲜叶释放挥发油的强度和量明显高于鲜嫩枝。

表 1 黄心夜合不同组织的挥发油提取率

Table 1 Rate of extraction of the volatile oils components from fresh different tissues in April of *Michelia martinii*

样品	样品量/g	提油量/g	提取率/%
鲜叶	500	1.10	0.22 ± 0.02
鲜嫩枝	500	0.20	0.04 ± 0.02
鲜花	500	2.51	0.52 ± 0.02

说明：提取率为平均值±标准差

2.2 黄心夜合不同新鲜组织的挥发油谱图和成分分析

从图 1 可以发现：黄心夜合鲜叶、鲜嫩枝和鲜花的挥发油成分有一定差异。鲜嫩枝分离出 72 个色谱峰，鲜叶分离出 85 个色谱峰，而鲜花仅分离出 28 个色谱峰。去掉峰值 0.49 以下的峰，通过 GC-MS 分析黄心夜合发现：鲜花中分离鉴定了 25 个化合物，占总峰面积的 99.30%；鲜叶中分离鉴定了 21 个化合物，占总峰面积的 89.34%；鲜嫩枝中分离鉴定了 31 个化合物，占总峰面积的 84.65%。

从表 2 发现：黄心夜合鲜嫩枝挥发油主要包括 β-桉叶醇(14.98%)、γ-杜松烯(11.40%)、绿花白千层醇(8.12%)、[1R-(1α,3α,4β)]-4-乙烷基-α,α,4-三甲基-3-(1-异丙烯基)-环己甲醇(5.99%)、苈烯(4.87%)、β-蒎烯(4.57%)等主要成分，释放的成分以萜烯类化合物(45.69%)、醇类化合物(41.98%)为主。鲜花挥发油主要包括桉叶油-4(14)-烯-11-醇(13.59%)、四甲基环癸二烯甲醇(12.79%)、γ-杜松烯(9.56%)、γ-桉叶油醇(8.76%)、表蓝桉醇(8.75%)、氧化石竹烯(5.71%)、十五烷(4.44%)、τ-杜松醇(4.29%)等主要成分，释放的成分以醇类化合物(54.77%)、萜烯类化合物(37.19%)为主。鲜叶挥发油主要包括 [1R-(1α,3α,4β)]-4-乙烷基-α,α,4-三甲基-3-(1-异丙烯基)-环己甲醇(17.05%)、β-顺式-罗勒烯(12.00%)、桉叶素(11.41%)、苈烯(7.59%)、β-蒎烯(3.98%)、α-蒎烯(3.39%)等主要成分，释放的成分以萜烯类化合物(42.23%)、醇类化合物(33.2%)为主。

2.3 黄心夜合不同组织的挥发油成分差异性分析

从图 1 和表 2 可发现：峰值在 0.5 以上的峰中，黄心夜合不同组织挥发油成分丰富度由高到低的顺序为鲜嫩枝、鲜花、鲜叶。鲜花和鲜嫩枝挥发油含 2,4-二异丙烯基-1-甲基环己烷、γ-依兰油烯、大根香叶烯、4(14),11-桉叶二烯、γ-榄香烯、匙叶桉油烯、氧化石竹烯、表蓝桉醇、γ-桉叶油醇、愈创木醇、马兜铃烯、γ-杜松烯、δ-杜松醇等 13 种共同成分，共同成分在鲜花挥发油成分中的相对含量达 52.07%(其中萜烯类化合物占 27.97%，醇类化合物占 24.10%)，在鲜嫩枝挥发油成分相对含量达 33.67%(其中

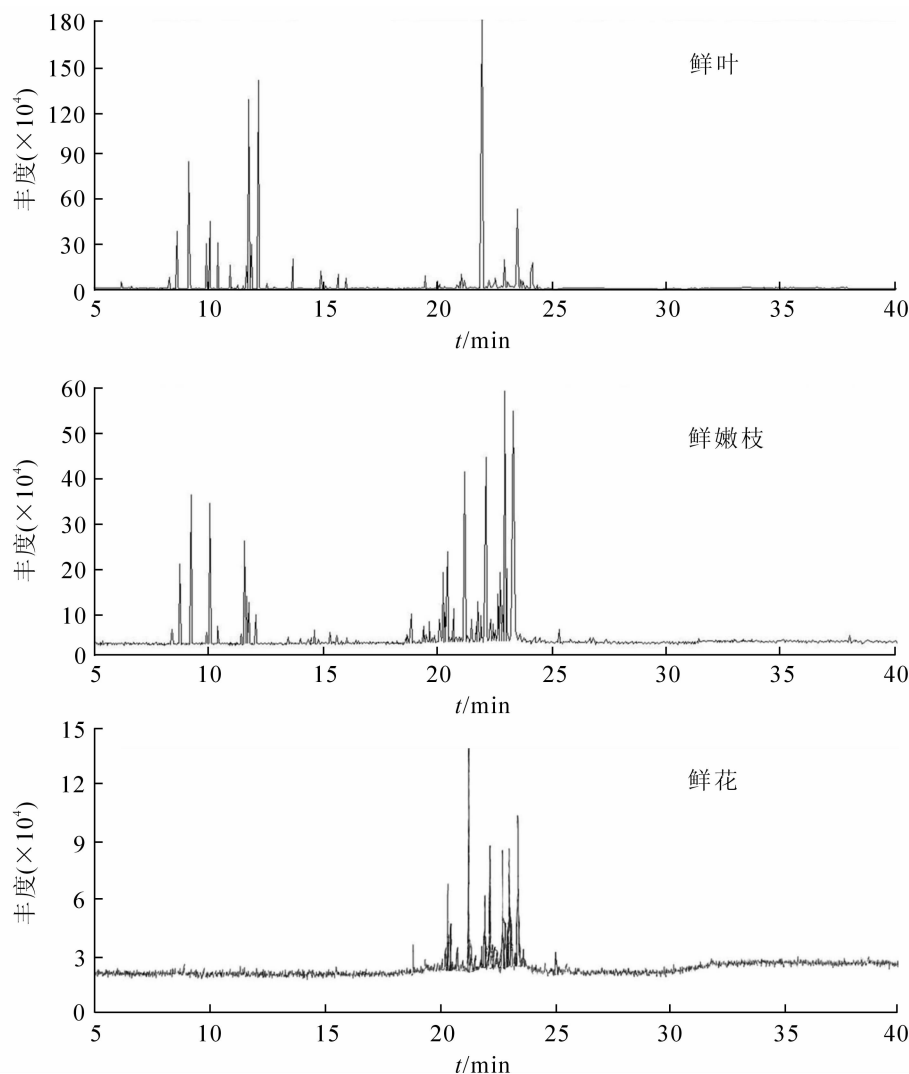


图1 黄心夜合不同新鲜组织挥发油成分的总离子流色谱图

Figure 1 Total ions chromatograms of volatile oil components in different fresh tissues of *Michelia martinii*

萜烯类化合物占 23.68%，醇类化合物占 9.99%)。鲜叶和鲜花含 γ -榄香烯、4(14),11-桉叶二烯、 γ -依兰油烯、2,4-二异丙烯基-1-甲基环己烷等 4 种共同成分，共同成分在鲜花挥发油成分中的相对含量为 5.25% (其中萜烯类化合物占 3.62%，烷类化合物占 1.63%)，在鲜叶挥发油成分中的相对含量为 2.79% (其中萜烯类化合物占 2.19%，烷类化合物占 0.60%)。鲜叶和鲜嫩枝挥发油含 2,4-二异丙烯基-1-甲基环己烷、 γ -依兰油烯、4(14),11-桉叶二烯、 γ -榄香烯、蒎烯、 β -蒎烯、 β -月桂烯、香芹烯、桉叶素、 β -顺式-罗勒烯、[1R-(1 α ,3 α ,4 β)]-4-乙基- α , α ,4-三甲基-3-(1-异丙烯基)-环己基甲醇、绿花白千层醇等 12 种共同成分，共同成分在鲜叶挥发油成分中的相对含量为 61.42% (其中萜烯类化合物占 29.97%，醇类化合物占 30.85%，烷类化合物占 0.60%)，在鲜嫩枝挥发油成分中的相对含量为 34.89% (其中萜烯类化合物占 18.25%，醇类化合物占 15.72%，烷类化合物占 0.92%)。3 种组织都含 2,4-二异丙烯基-1-甲基环己烷、 γ -依兰油烯、4(14),11-桉叶二烯、 γ -榄香烯等 4 种共同成分，共同成分在鲜花挥发油成分中的相对含量为 5.25% (其中萜烯类化合物占 3.62%，烷类化合物占 1.63%)，在鲜叶挥发油成分中的相对含量为 2.79% (其中萜烯类化合物占 2.19%，烷类化合物占 0.60%)，在鲜嫩枝挥发油成分中的相对含量为 4.80% (其中萜烯类化合物占 3.88%，烷类化合物占 0.92%)。

3 讨论

同质量的黄心夜合鲜花的挥发油提取率较高，高于鲜叶、鲜嫩枝，种类也较丰富，而鲜嫩枝的挥发油提取率最低。在 3 种组织中，鲜花和鲜嫩枝提取的挥发油成分较丰富，鲜花最丰富。这可能与黄心夜

表 2 黄心夜合 3 种新鲜组织的挥发油成分

Table 2 Volatile oil components of three fresh tissues of *Michelia martinii*

序号	t/min	化合物名称	化学式	分子质量	相对含量/%		
					鲜叶	鲜嫩枝	鲜花
1	19.20	2,4-二异丙烯基-1-甲基环己烷	C ₁₅ H ₂₄	204	0.60 ± 0.15	0.92 ± 0.09	1.63 ± 0.17
2	20.50	γ-依兰油烯	C ₁₅ H ₂₄	204	1.09 ± 0.18	1.63 ± 0.12	0.62 ± 0.16
3	20.64	大根香叶烯	C ₁₅ H ₂₄	204	—	2.59 ± 0.14	1.22 ± 0.19
4	20.73	十五烷	C ₁₅ H ₃₂	212	—	—	4.44 ± 0.21
5	20.78	4(14),11-桉叶二烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.50 ± 0.16	1.28 ± 0.11	1.69 ± 0.18
6	21.39	α-芹子烯	C ₁₅ H ₂₄	204	—	—	3.81 ± 0.17
7	21.12	1-(1-Adamantyl)-3-(8-coumarinyl)guanidine	C ₂₆ H ₂₃ N ₃ O ₂	337	—	—	0.81 ± 0.08
8	21.15	δ-杜松烯.delta.-Cadinene, (+)-	C ₁₅ H ₂₄	204	—	—	1.16 ± 0.15
9	21.65	四甲基环癸二烯甲醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	—	12.79 ± 0.07
10	21.78	1-氧化双环外雪松烯	C ₁₅ H ₂₄ O	220	—	—	2.08 ± 0.22
11	21.95	γ-榄香烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.60 ± 0.19	0.97 ± 0.16	1.31 ± 0.23
12	22.23	匙叶桉油烯	C ₁₅ H ₂₄ O	220	—	1.60 ± 0.18	3.57 ± 0.21
13	22.38	氧化石竹烯	C ₁₅ H ₂₄ O	220	—	1.20 ± 0.14	5.71 ± 0.19
14	22.60	表蓝桉醇	C ₁₂ H ₂₆ O	222	—	1.18 ± 0.15	8.75 ± 0.16
15	22.75	1-三异丙基甲基硅烷基-苯并环丁烯	C ₁₇ H ₂₈ Si	260	—	—	0.76 ± 0.17
16	22.81	1-(7a-Methyloctahydro-1H-inden-1-yl)ethanone	C ₁₂ H ₂₀ O	180	—	—	0.90 ± 0.15
17	20.90	3,4-二甲基-3-环己烯-1-甲醛	C ₉ H ₁₄ O	138	—	—	1.52 ± 0.14
18	23.16	γ-桉叶油醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	2.35 ± 0.13	8.76 ± 0.14
19	23.29	愈创木醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	3.22 ± 0.16	3.41 ± 0.18
20	23.37	马兜铃烯	C ₁₅ H ₂₄	204	—	2.09 ± 0.21	2.66 ± 0.22
21	23.46	γ-杜松烯	C ₁₅ H ₂₄	204	—	11.40 ± 0.17	9.56 ± 0.19
22	23.56	δ-杜松醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	3.24 ± 0.12	3.18 ± 0.14
23	23.78	τ-杜松醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	—	4.29 ± 0.12
24	23.84	桉叶油-4(14)-烯-11-醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	—	13.59 ± 0.15
25	25.52	(+)-喇叭烯	C ₁₅ H ₂₄	204	—	—	2.23 ± 0.06
26	8.49	左旋-α-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	136	—	2.62 ± 0.18	—
27	9.02	蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	136	7.59 ± 0.19	4.87 ± 0.17	—
28	9.89	β-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	136	3.98 ± 0.23	4.57 ± 0.21	—
29	10.25	β-月桂烯	C ₁₀ H ₁₆	136	2.67 ± 0.21	0.56 ± 0.22	—
30	11.48	香芹烯	C ₁₀ H ₁₆	136	1.54 ± 0.15	3.44 ± 0.19	—
31	11.59	桉叶素	C ₁₀ H ₁₈ O	154	11.41 ± 0.12	1.61 ± 0.13	—
32	11.67	β-反式-罗勒烯	C ₁₀ H ₁₆	136	—	1.28 ± 0.18	—
33	11.99	β-顺式-罗勒烯	C ₁₀ H ₁₆	136	12.00 ± 0.13	0.93 ± 0.15	—
34	15.75	α-萜品醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154	—	0.63 ± 0.13	—
35	20.73	香树烯	C ₁₅ H ₂₄	204	—	0.96 ± 0.17	—
36	20.87	α-愈创木烯	C ₁₅ H ₂₄	204	—	3.70 ± 0.12	—
37	8.13	三环烯	C ₁₀ H ₁₆	136	0.68 ± 0.19	—	—
38	8.48	α-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	136	3.39 ± 0.21	—	—
39	9.72	香桉烯	C ₁₀ H ₁₆	136	2.66 ± 0.18	—	—
40	10.76	α-水芹烯	C ₁₀ H ₁₆	136	1.40 ± 0.17	—	—
41	11.66	右旋-α-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	136	2.52 ± 0.19	—	—
42	13.48	β-芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154	1.60 ± 0.15	—	—
43	14.69	2-茨酮	C ₁₀ H ₁₆ O	152	1.05 ± 0.13	—	—
44	15.42	4-萜品醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.75 ± 0.14	—	—
45	20.86	花柏烯	C ₁₅ H ₂₄	204	1.61 ± 0.21	—	—
46	22.18	4-氧化-β-紫罗兰酮	C ₁₆ H ₂₆ O	234	—	0.70 ± 0.14	—

表 2 续
Table 2 Continued

序号	t/min	化合物名称	化学式	分子质量	相对含量/%		
					鲜叶	鲜嫩枝	鲜花
47	21.15	δ-梾子	C ₁₅ H ₂₄	204	—	1.06 ± 0.15	—
48	21.65	[1R-(1α,3α,4β)]-4-乙 烯基-α,α,4-三 甲基-3-(1-异 丙 烯 基)-环 己 甲 醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	17.05 ± 0.13	5.99 ± 0.16	—
49	22.62	绿花白千层醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	2.39 ± 0.19	8.12 ± 0.14	—
50	22.95	萆澄茄油烯醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	0.66 ± 0.13	—
51	23.86	β-桉叶醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	—	14.98 ± 0.16	—
52	26.02	2,3,3-Trimethyl-2-[(1E)-3-methyl-1,3-butadienyl]-6-methylen	C ₁₅ H ₂₂ O	218	—	0.55 ± 0.15	—

说明：“—”表示未检测到。相对含量为均值±标准差

合鲜花的组织结构里分布着有利于释放挥发油的栅栏组织和海绵组织类型有关，而且也与细胞排列方式、以及富含释放挥发油成分的分泌细胞有关，但鲜花组织季节性强，持续时间短，数量有限。鲜嫩枝虽然不受季节限制，一年四季都可采，但鲜嫩枝释放挥发性成分的量相对较少，采集也受限。而鲜叶数量和叶表面积大，不受季节和数量限制，从组织结构上来看，黄心夜合异面叶叶肉组织分布着有利于释放挥发油的栅栏组织和海绵组织，栅栏组织在上表皮内侧，排列紧密，而海绵组织在下表皮内侧，海绵组织的细胞形状不规则，排列疏松，胞间隙大，释放挥发油成分的分泌细胞多分布在栅栏组织细胞中，也有分布在栅栏与海绵组织细胞之间^[19]。所以应重点发挥鲜叶挥发油成分的功能作用。

黄心夜合鲜花挥发油成分富含萜烯类和醇类化合物，萜烯类以单萜烯为主，其中醇类化合物含量高于萜烯类化合物，而萜烯类化合物主要有 γ-杜松烯、氧化石竹烯、α-芹子烯、匙叶桉油烯、1-氧化双环外雪松烯、(+)-喇叭烯、马兜铃烯(-)、4(14),11-桉叶二烯、大根香叶烯等，含量达 36.38%，醇类化合物主要有桉叶油-4(14)-烯-11-醇、四甲基环癸二烯甲醇、表蓝桉醇、γ-桉叶油醇、τ-杜松醇、愈创木醇、δ-杜松醇等，含量高达 54.77%。黄心夜合鲜花、鲜嫩枝和鲜叶 3 种组织挥发油成分都含萜烯类化合物，且都以单萜烯为主，同时所含的含氧化合物多以醇类为主。黄心夜合挥发油成分中的α-蒎烯、β-蒎烯、β-月桂烯、β-芳樟醇有明显的降压作用，还具有止咳、祛痰和抑制真菌的作用^[20]，而芳樟醇、月桂烯不但有助于空气负离子的释放，还能消炎镇痛、保健心血管^[19]。这说明黄心夜合 3 种组织所释放的挥发油成分都具有潜在的保健功能，适于养生。由于春季黄心夜合群落 3 种组织同时出现，3 种组织所释放的成分产生的叠加养生效应可能会更明显。

4 小结

黄心夜合 3 种新鲜组织中鲜叶、鲜花挥发油提取率较高，鲜花最高，达 0.52%，而鲜嫩枝释放挥发油成分丰富度最高，鲜嫩枝和鲜花所释放的挥发油成分相对丰富。黄心夜合鲜花、鲜嫩枝和鲜叶 3 种新鲜组织在水蒸气蒸馏法提取装置中都释放出 2,4-二异丙烯基-1-甲基环己烷、γ-依兰油烯、4(14),11-桉叶二烯、γ-榄香烯等 4 种挥发油成分，这 4 种萜烯类化合物在鲜叶、鲜嫩枝、鲜花所释放的挥发油成分分别为 2.79%、4.80%、5.25%。可以看出，黄心夜合 3 种新鲜组织所释放的 4 种萜烯类化合物即共同成分在鲜叶、鲜花、鲜嫩枝中的相对含量较少。但鲜叶和鲜嫩枝所释放的挥发性成分中含共同成分 12 种，鲜花和鲜嫩枝含共同成分 13 种，而鲜叶和鲜花仅含 4 种共同成分。

5 参考文献

- [1] 陈欢, 章家恩. 植物精气研究进展[J]. 生态科学, 2007, **26**(3): 281 – 287.
CHEN Huan, ZHANG Jiaen. Advances in the study of phytoncider [J]. *Ecol Sci*, 2007, **26**(3): 281 – 287.
- [2] 吴楚材, 吴章文, 罗江滨. 植物精气研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [3] ATKINSON R. Atmospheric chemistry of VOCs and NOx [J]. *Atmos Environ*, 2000, **34**: 2063 – 2101.
- [4] LERDAU M, GRAY D. Tansley review: the ecology and evolution of light-dependent and light-independent volatile organic carbon emission by plants [J]. *New Phytol*, 2003, **157**(2): 199 – 211.

- [5] ALVARENGA I C A, PACHECO F V, SILVA S T, *et al.* In vitro culture of *Achillea millefolium* L. quality and intensity of light on growth and production of volatiles [J]. *J Plant Biotechnol*, 2015, **122**(2): 299 – 308.
- [6] 姜冬月, 李永红, 沈鑫. 芸香叶片和花瓣释放挥发性有机物成分及其变压规律[J]. 浙江农林大学学报, 2018, **35**(3): 572 – 580.
- JIANG Dongyue, LI Yonghong, SHEN Xin. Components and variation of volatile organic compounds released from leaves and flowers of *Ruta graveolens* [J]. *J Zhejiang A&F Univ*, 2018, **35**(3): 572 – 580.
- [7] GUENTHER A B, MONSON R K, FALL R. Isoprene and monoterpene emission rate variability: observations with eucalyptus and emission rate algorithm development [J]. *J Geophys Res*, 1991, **96**(D6): 10799 – 10808.
- [8] SHAKREY T D, CHEN X, YEH S. Isoprene increase thermotolerance of fosmidomycin-fed leaves [J]. *Plant Physiol*, 2001, **125**(4): 2001 – 2006.
- [9] SHARKEY T D, LORETO F. Water stress, temperature, and light effects on the capacity for isoprene emission and photosynthesis of kudzu leaves [J]. *Oecologia*, 1993, **95**(3): 328 – 333.
- [10] GERSHENZON J. Changes in the level of plant secondary metabolites under water and nutrient stress [J]. *Recent Adv Phytochem*, 1984, **18**: 273 – 320.
- [11] KIM J C. Factors controlling natural VOC emissions in a southeastern US pine forest [J]. *Atmos Environ*, 2001, **35**(19): 3279 – 3292.
- [12] JANSON R. Monoterpene emissions from scots pine and norwegian spruce [J]. *J Geophys Res*, 1993, **98**(D2): 2839 – 2850.
- [13] JOCHUN K, KIJOON K, DEUGSOO K, *et al.* Seasonal variations of monoterpene emissions from coniferous trees of different ages in Korea [J]. *Chemosphere*, 2005, **59**(11): 1685 – 1696.
- [14] 马楠. 16 种常用园林植物 VOCs 成分研究及 AHP 评价[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- MA Lan. *The Research on 16 Common Landscape Plants VOCs and AHP Evaluation* [D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2012.
- [15] 刘玉壶. 中国植物志: 第 30 卷第 1 分册[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 82 – 85.
- [16] 徐植灵, 潘炯光, 赵中振. 辛夷挥发油的研究[J]. 中国中药杂志, 1989, **14**(5): 38 – 40.
- XU Zhiling, PAN Jiongguang, ZHAO Zhongzhen. Study on the volatile oil of *Magnolia liliflora* [J]. *China J Chin Mater Med*, 1989, **14**(5): 38 – 40.
- [17] 雷凌华, 于晓英, 李炎林. 不同季节黄心夜合鲜嫩枝的挥发性成分研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2016, **42**(3): 296 – 300.
- LEI Linghua, YU Xiaoying, LI Yanlin. Analysis of volatile oil components from fresh twigs of *Michelia martinii* Levl. in four seasons [J]. *J Hunan Agric Univ Nat Sci*, 2016, **42**(3): 296 – 300.
- [18] 雷凌华, 李胜华, 曾军英, 等. 黄心夜合不同季节鲜叶挥发性成分研究[J]. 植物科学学报, 2017, **35**(1): 107 – 114.
- LEI Linghua, LI Shenghua, ZENG Junying, *et al.* Study on the volatile components in fresh leaves in four seasons of *Michelia martinii* Levl. [J]. *Plant Sci J*, 2017, **35**(1): 107 – 114.
- [19] 雷凌华. 黄心夜合精气成分及其释放动态与生物活性研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015: 65 – 67.
- LEI Linghua. *Study on Chemical Components and their Emission Dynamics Variation and Bioactivities in the Volatile Gas from Michelia martinii* [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2015: 65 – 67.
- [20] FUJIMOTO Y, SAKUMA S, KOMATSU S, *et al.* Inhibition of 15-hydroxyprostaglandin dehydrogenase activity in rabbit gastric mucosa by panaxynol isolated from oriental medicines [J]. *J Pharm Pharmacol*, 1998, **50**(9): 1075 – 1078.