

## 6 种木兰科植物叶片精油的气质联用(GC-MS)分析

樊二齐<sup>1</sup>, 王云华<sup>2</sup>, 郭叶<sup>1</sup>, 俞春莲<sup>1</sup>, 林新春<sup>1</sup>

(1. 浙江农林大学 亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 浙江 临安 311300; 2. 浙江华特新材料股份有限公司, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 用水蒸气蒸馏法提取华木莲 *Sinomanglietia glauca*, 木莲 *Manglietia fordiana*, 白玉兰 *Magnolia denudata*, 乐东拟单性木兰 *Parakmeria lotungensis*, 鹅掌楸 *Liriodendron chinense* 和观光木 *Tsoongiodendron odorum* 等 6 种木兰科 Magnoliaceae 植物鲜叶精油, 并用气质联用(GC-MS)技术进行定性和定量分析。结果表明: 从 6 种木兰科植物精油中共鉴定出 44 种化合物, 多属单萜类和倍半萜类; 6 种植物精油中都能检测到石竹烯、 $\beta$ -桉叶醇和萜烯醇, 不同植物种类的精油主要化学成分与特有成分有明显差异。对 6 种木兰科植物精油成分进行聚类分析, 结果与传统的分类学观点明显不同, 利用精油成分差异对木兰科植物进行分类不一定可靠。6 种木兰科植物叶片精油中分离出的多种成分在香料和医药领域均有很高的价值。图 1 表 1 参 18

**关键词:** 植物学; 木兰科; 叶片; 精油; GC-MS; 聚类分析

中图分类号: S718.43; Q946

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2012)02-0307-06

## Chemical components of essential oils from leaves of six Magnoliaceae species using GC-MS

FAN Er-qi<sup>1</sup>, WANG Yun-hua<sup>2</sup>, GUO Ye<sup>1</sup>, YU Chun-lian<sup>1</sup>, LIN Xin-chun<sup>1</sup>

(1. The Nurturing Station for the State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Huate New Material Company, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** To better utilize plants in the Magnoliaceae family, constituents of essential oils extracted by hydro-distillation from leaves of six Magnoliaceae species: *Sinomanglietia glauca*, *Manglietia fordiana*, *Magnolia denudata*, *Parakmeria lotungensis*, *Liriodendron chinense*, and *Tsoongiodendron odorum*, were analyzed qualitatively and quantitatively by gas chromatography/mass spectrometry (GC-MS). Results showed that 44 compounds were identified with the main components being monoterpenes and sesquiterpenes. The common components were caryophyllene, terpinen-4-ol, and  $\beta$ -eudesmol, but the main components and unique components differed for different species. The cluster analysis for the chemical composition of essential oils showed obvious differences from traditional taxonomic classifications. Many constituents of essential oils from these six species could have a high value when used as spices or medicines. [Ch, 1 fig. 1 tab. 18 ref.]

**Key words:** botany; Magnoliaceae; leaves; essential oil; GC-MS; cluster analysis

精油也称挥发油, 是一类存在于植物体中的有芳香气味、在常温下能挥发、可随水蒸气蒸馏出的油状液体的总称, 广泛应用于化妆品、香料以及医药工业<sup>[1]</sup>。不同植物所含有的精油种类也有所不同。木兰科 Magnoliaceae 植物的花大多具有芳香气味, 可提制浸膏, 叶、茎、树皮可提炼精油, 可调配各种花香香精、化妆香精、香水等<sup>[2]</sup>。已有资料显示: 木兰科植物精油普遍存在  $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯、芳樟醇、香桉烯、茨烯、 $\beta$ -石竹烯、柠檬烯、 $\alpha$ -侧柏烯等成分<sup>[3-6]</sup>。这些成分多为药用活性成分, 具有抗炎、抗菌、

收稿日期: 2011-07-20; 修回日期: 2011-10-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30060073)

作者简介: 樊二齐, 从事生物资源利用研究。E-mail: 511606924@qq.com。通信作者: 林新春, 教授, 博士, 从事植物学研究。E-mail: lxc@zafu.edu.cn

镇咳、祛痰、平喘、镇痛、杀虫、驱虫等作用<sup>[7]</sup>。木兰科植物鲜叶挥发油成分与花油成分一致<sup>[8]</sup>。目前,对木兰科植物叶片精油的研究已有很多报道,如含笑 *Michelia figo*<sup>[3]</sup>,厚朴 *Magnolia officinalis*<sup>[9]</sup>和云南拟单性木兰 *Parakmeria yunnanensis*<sup>[3,8]</sup>等,但尚未见对华木莲 *Sinomanglietia glauca* 和木莲 *Manglietia fordiana* 精油的相关报道。本研究利用水蒸汽蒸馏方法对 6 种木兰科植物鲜叶的精油进行提取,并用气质联用(GC-MS)进行成分分析,旨在掌握木兰科植物叶片精油的成分特征,为木兰科植物的开发利用提供依据。

## 1 实验部分

### 1.1 材料与方法

华木莲,木莲,白玉兰 *Magnolia denudata*,乐东拟单性木兰 *Parakmeria lotungensis*,鹅掌楸 *Liriodendron chinense*,观光木 *Tsoongiodendron odorum* 等 6 种木兰科植物均栽培于浙江农林大学植物园,植株生长状态良好。于 2010 年 10 月用枝剪采集植株上部树叶 500 g 左右,鲜叶用蒸馏水冲洗净,阴干,剪碎,以水蒸汽蒸馏法<sup>[10]</sup>提取精油。

### 1.2 仪器及分析条件

精油成分分析参考文献[11]方法。采用 GC-MS 6850/5975 型气相色谱质谱联用仪和 NIST05 谱库(美国安捷伦公司)。色谱条件:色谱柱为 HP-5MS 毛细管柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);程序升温,柱初温 60 ℃,保持 2 min,以 30 ℃·min<sup>-1</sup>升温速率升至 190 ℃,再以 10 ℃·min<sup>-1</sup>升温速率升至 230 ℃,保持 10 min;载气为高纯氦气,流量 1.0 mL·min<sup>-1</sup>;进样量 1.0 μL;分流比 10:1。质谱条件:EI 离子源,电子能量为 70 eV,扫描范围为 30~250。

### 1.3 数据处理方法

所得谱图经谱库检索结合手工检索,并查阅有关资料进行精油组分定性,采用峰面积归一化法对精油组分定量。为了解木兰科植物叶精油的相似性与差异性,用 SPSS 13.0 软件对不同种类植物精油进行聚类分析,以 6 种植物叶片精油成分是否鉴定出为变量。

## 2 结果与分析

### 2.1 6 种木兰科植物叶片的精油成分

经 GC-MS 分析,经谱库检索结合手工检索,6 种木兰科植物叶片精油共鉴定出 44 种成分。根据保留时间排列,结果见表 1。由表 1 可知:华木莲叶片精油鉴定出化学成分 16 种,乐东拟单性木兰 27 种,木莲 24 种,白玉兰 21 种,鹅掌楸 24 种,观光木 20 种。鉴定出的 6 种植物叶片精油成分的含量,分别占各种植物总精油量的 88.698%, 92.220%, 82.583%, 70.408%, 81.914%, 74.997%。

表 1 6 种木兰科植物叶片的精油成分及其相对含量

Table 1 Chemical constituents of essential oils from the leaves of 6 species of Magnoliaceae

保留时间/min	成分	精油相对含量/%					
		华木莲	乐东拟单性木兰	木莲	白玉兰	鹅掌楸	观光木
4.05	α-蒎烯 α-pinene	—	7.077	0.196	0.260	0.195	0.128
4.34	蒎烯 camphene	—	1.213	0.242	1.911	—	0.122
4.86	β-侧柏烯 β-thujene	—	5.461	—	—	0.073	—
4.94	β-蒎烯 β-pinene	—	16.163	0.083	—	—	—
5.25	β-水芹烯 β-phellandrene	—	8.189	—	—	0.579	—
5.55	α-水芹烯 α-phellandrene	—	1.437	—	1.496	0.670	—
5.84	薷烯 carene	—	3.460	—	—	3.983	—
6.03	对聚伞花素 P-cymene	—	0.609	0.395	—	—	—
6.03	邻聚伞花素 O-cymene	—	—	—	1.551	4.563	—
6.14	柠檬烯 limonene	—	9.683	0.819	—	—	0.149

表 1(续)

保留时间/min	成分	精油相对含量/%					
		华木莲	乐东拟单性木兰	木莲	白玉兰	鹅掌楸	观光木
6.20	桉叶醇(eudesmol)	—	1.243	2.172	—	0.106	0.205
6.37	E-罗勒烯(E-ocimene)	—	—	1.034	—	0.546	—
6.64	Z-罗勒烯(Z-ocimene)	—	0.089	0.114	4.157	14.908	—
6.89	松油烯(terpinene)	—	5.268	0.098	2.234	10.479	—
7.65	异松油烯(terpinolene)	—	1.664	—	0.457	0.161	—
7.98	芳樟醇(linalool)	—	3.457	2.161	0.407	2.114	1.336
10.04	萜烯醇(terpinen-4-ol)	0.041	10.506	0.688	0.225	0.208	0.263
10.40	α-松油醇(α-terpineol)	—	1.651	1.423	0.719	—	—
12.15	香叶醇(geraniol)	4.213	0.771	—	—	—	—
15.50	乙酸香叶酯(geranyl acetate)	0.888	0.338	—	—	—	—
15.67	β-榄香烯(β-elemene)	—	0.265	—	1.227	5.818	12.824
16.02	反式石竹烯(E)-caryophyllene)	0.080	—	—	—	0.181	1.835
16.36	石竹烯(Caryophyllene)	16.198	4.520	6.274	16.793	5.987	10.861
17.17	(Z, Z, Z)-1, 5, 9, 9, -四甲基-(1, 4, 7)-环十一 碳三烯 (1, 4, 7, -cycloundecatriene1, 5, 9, 9- tetramethyl-, Z, Z, Z)	2.23	—	—	5.410	0.831	—
17.17	α-石竹烯(α-caryophyllene)	—	0.492	7.864	—	—	4.367
17.75	γ-衣兰油烯(γ-murolene)	0.354	—	0.268	—	—	—
17.85	牛儿烯-D(Germacrene D)	—	0.247	—	—	8.418	3.144
17.97	α-芹子烯(α-selinene)	1.063	—	0.569	0.825	—	—
18.22	牛儿烯(bicyclogermacrene)	—	0.518	—	16.665	4.109	21.404
19.49	榄香醇(elemol)	—	4.170	—	—	0.339	3.011
19.92	橙花叔醇 (nerolidol)	33.998	—	27.672	5.354	15.146	—
19.97	石竹烯醇(caryophyllene alcohol)	—	—	14.862	—	—	—
20.13	反式斯巴醇((-) -spathulenol)	—	—	—	0.511	—	1.579
20.27	石竹烯氧化物(caryophylleneox-ide)	10.739	—	—	3.018	—	—
20.45	γ-古芸烯 (γ-gurjunene)	—	—	—	—	0.371	3.454
20.70	蓝桉醇((-)-globulol)	—	—	9.189	—	—	—
21.36	γ-桉叶油醇(γ-cineole)	—	2.273	0.903	—	—	2.040
21.59	T-杜松醇(T-cadinol)	—	0.374	—	2.873	—	—
21.60	2-异丙基-5-甲基-9-甲烯基-双环[4.4.0]癸-1-烯(Bicyclo [4.4.0]dec-1-ene, 2-iso-propyl-5-methyl-9-methylene)	1.011	—	1.796	—	—	1.568
21.70	可巴烯(copaene)	0.360	—	0.587	—	0.054	0.189
21.77	β-桉叶醇(β-eudesmol)	0.303	1.122	0.511	0.709	2.075	1.921
21.87	α-杜松醇 (α-cadinol)	2.010	—	—	3.606	—	4.597
21.94	(+)-香橙烯(aromandedrene)	0.224	—	2.663	—	—	—
23.39	金合欢醇(farnesol)	14.986	—	—	—	—	—
	被测定物合计	88.698	92.220	82.583	70.408	81.914	74.997

说明：“—”表示未检出。

6 种木兰科植物叶片的主要成精油分均为单萜类及倍半萜类。华木莲精油主要成分为橙花叔醇(33.998%), 石竹烯(16.198%), 石竹烯氧化物(10.739%), 金合欢醇(14.986%)和香叶醇(4.213%)。乐东拟单性木兰叶片的主要精油成分为  $\beta$ -蒎烯(16.163%), 萜烯醇(10.506%), 柠檬烯(9.683%),  $\beta$ -水芹烯(8.189%),  $\alpha$ -蒎烯(7.077%),  $\beta$ -侧柏烯(5.461%), 松油烯(5.268%), 石竹烯(4.52%) 和榄香醇(4.17%)。木莲叶片精油的主要成分为橙花叔醇(27.672%), 石竹烯醇(14.862%), 蓝桉醇(9.189%),  $\alpha$ -石竹烯(7.864%)和石竹烯(6.274%)。白玉兰的主要精油成分为石竹烯(16.793%), 牛儿烯(16.665%), (Z,Z,Z)-1,5,9,9,-四甲基-环十一碳三烯(5.41%), 橙花叔醇(5.354%)和 Z-罗勒烯(4.157%)。鹅掌楸的主要精油成分为橙花叔醇(15.146%), Z-罗勒烯(14.908%), 松油烯(10.479%), 牛儿烯-D(8.418%), 石竹烯(5.987%),  $\beta$ -榄香烯(5.818%), 邻聚伞花素(4.563%)和牛儿烯(4.109%)。观光木主要精油成分为牛儿烯(21.404%),  $\beta$ -榄香烯(12.824%), 石竹烯(10.861%),  $\alpha$ -杜松醇(4.597%)和  $\alpha$ -石竹烯(4.367%)。

## 2.2 6 种木兰科植物叶片精油的共有及特有成分

6 种植物叶片精油中含有一些相同成分。如 6 种植物都能检测到的成分有石竹烯、 $\beta$ -桉叶醇和萜烯醇; 除华木莲外其他 5 种精油均能检测到  $\alpha$ -蒎烯和芳樟醇; 除华木莲和观光木外其他 4 种精油均能检测到松油烯和 Z-罗勒烯; 白玉兰、鹅掌楸、乐东拟单性木兰、观光木 4 种植物精油均能检测到牛儿烯和  $\beta$ -榄香烯; 除乐东拟单性木兰和观光木精油外其他 4 种植物精油均能检测到橙花叔醇; 乐东拟单性木兰、木莲、鹅掌楸、观光木 4 种精油均能检测到桉叶醇; 除华木莲和鹅掌楸外其他 4 种植物精油均能检测到茨烯; 除乐东拟单性木兰和白玉兰外其他 4 种精油均能检测到可巴烯。

值得一提的是, 有些植物叶片精油中含有一些特有成分。华木莲精油中检测出的金合欢醇和石竹烯氧化物在其他 5 种精油中未检出; 乐东拟单性木兰精油中检测出的  $\beta$ -水芹烯、 $\beta$ -侧柏烯和  $\beta$ -蒎烯在其他 5 种精油中未检出; (+)-香橙烯、蓝桉醇和石竹烯醇是木莲叶片精油中的特有成分; 而白玉兰、鹅掌楸和观光木 3 种植物精油中未发现其特有成分, 但是这 3 种植物精油所共有的牛儿烯、 $\beta$ -榄香烯、 $\gamma$ -古芸烯和 Z-罗勒烯在其他 3 种植物精油中很少。

## 2.3 6 种木兰科植物精油成分的聚类特征

6 种木兰科植物精油成分的聚类分析结果见图 1。由图 1 可知: 6 种植物根据精油成分的有无可分为两大类: 第 1 类是华木莲和木莲。华木莲和木莲叶片精油均以单萜和倍半萜类化合物为主要成分, 在精油总体组分的分布上有较高的一致性, 单萜和倍半萜类化合物的总量分别占 2 种植物叶片精油总量的 88.611% 和 94.202%; 此外, 华木莲和木莲含量高的主要成分的相似性也很高, 如橙花叔醇(33.998%和 27.672%)和石竹烯(16.198%和 6.274%)。鉴定出的 16 种华木莲鲜叶的精油成分有 9 种和木莲共有。虽然华木莲与木莲聚为一类, 但两者的相似性低于另 4 种植物精油的相似性。第 2 类是乐东拟单性木兰、白玉兰、鹅掌楸和观光木。这一类中白玉兰和鹅掌楸成分最相近, 先聚为一类, 再先后与乐东拟单性木兰和观光木聚类。白玉兰与鹅掌楸的主要相同成分有: 橙花叔醇(5.354%和 15.146%), 石竹烯(16.793%和 5.987%), 邻聚伞花素(1.551%和 4.563%), 松油烯(2.234%和 10.479%), Z-罗勒烯(4.157%和 14.908%), 牛儿烯(16.665%和 4.109%)和  $\beta$ -榄香烯(1.227%和 5.818%)。2 种植物精油中有 14 种相同成分, 相同成分分别占其总精油量的 86.000%和 82.115%。

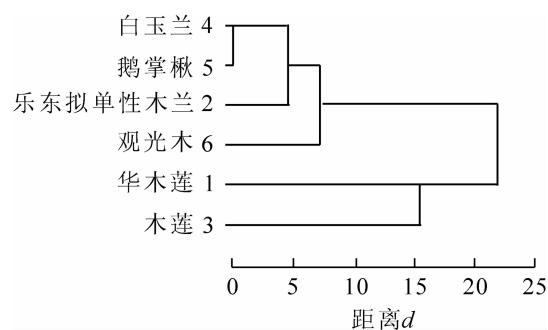


图 1 6 种木兰科植物叶片精油成分的聚类特征  
Figure 1 Cluster features of the oils chemical composition of 6 Magnoliaceae species

## 3 讨论

孙凌峰等<sup>[12]</sup>对大叶含笑 *Michelia fallaxa* 的精油成分进行分析, 其主要化学成分是橙花叔醇(12.830%), 石竹烯(10.110%), 金合欢醇(8.170%)等, 李吉来等<sup>[13]</sup>采用水蒸气蒸馏法分析白兰花 *Michelia alba* 挥发油的成分, 得到的主要成分为芳樟醇, 占挥发油峰总面积的 75.040%, 郝小燕等<sup>[14]</sup>对观光木和云南含笑

*Michelia yunnanensis* 的精油成分进行分析, 观光木精油的主要成分为  $\beta$ -桉叶醇、 $\beta$ -石竹烯、 $\alpha$ -蒎烯、 $\alpha$ -石竹烯等, 云南含笑精油的主要成分为茨烯、香桉烯、柠檬烯、石竹烯氧化物、龙脑乙酸酯等。本研究鉴定的 6 种木兰科植物叶片精油成分基本与已报道的特征成分一致, 但是差别普遍较大。例如报道较多的  $\beta$ -蒎烯和  $\alpha$ -蒎烯除了在乐东拟单性木兰精油中较高外(16.163%和7.077%), 在其他精油中几乎没有鉴别出来; 而华木莲和木莲中高达 33.998 %和 27.672%的橙花叔醇, 文献报道中普遍较低; 此外, 报道较多的香桉烯、月桂烯和大根香叶烯 A 在本研究鉴定的 44 种成分中没有检出。这可能与样品的种类、采样季节和采样地点有关。

华木莲和木莲精油中橙花叔醇相对含量高达 33.998 %和 27.672%, 非常有利于进行组分分离。该组分是 GB 2760-1988 规定为允许使用的食用香料, 有不寻常的鲜苹果香, 可赋有趣的花香, 持久性极好, 有一定的协调性能和定香作用; 它还是重要的医药中间体<sup>[15]</sup>, 可以合成异植物醇, 也可作高级香料用于化妆品。另外, 华木莲中鉴定出的石竹烯、石竹烯氧化物和金合欢醇都超过了 100.0 g·kg<sup>-1</sup>。石竹烯是中国 GB2760-1996 批准为允许使用的食品香料, 也可用于合成乙酰基石竹烯等更有价值的香料, 并具有一定的平喘作用; 石竹烯氧化物具有抗肿瘤、抗疟疾和抗菌等生物活性; 金合欢醇是名贵的芳香成分并具有生物活性, 广泛用于制杀虫剂和昆虫雄性激素引诱剂、精神抑制药、抗癌防癌药和止咳镇痛药等, 还可用于高级香精和香料配制。因此, 华木莲和木莲精油在香料和医药领域有潜在的应用前景。乐东拟单性木兰精油的重要成分  $\beta$ -蒎烯、萜烯醇、柠檬烯、 $\beta$ -水芹烯和  $\alpha$ -蒎烯都超过 7%。白玉兰的主要精油成分石竹烯和牛儿烯都超过了 15%。鹅掌楸的主要精油成分橙花叔醇、Z-罗勒烯、松油烯和牛儿烯-D 都超过 8%。观光木主要精油成分牛儿烯、 $\beta$ -榄香烯和石竹烯都超过了 10%。 $\beta$ -蒎烯、柠檬烯和  $\alpha$ -蒎烯均具有明显的镇咳、祛痰作用和抗真菌作用, 此外,  $\beta$ -蒎烯还具有较强的抗炎作用。这些数据表明, 木兰科植物叶片精油中主要化学成分具有一定的药用价值, 并在香精香料的调配方面应用前景广阔。

利用精油成分和含量差异对植物进行分类有一定的意义。傅大立等<sup>[16]</sup>研究了 10 种木兰科植物的挥发油成分, 并根据不同植物挥发油成分及其含量差异, 提出河南玉兰 *Magnolia henanensis* 与椭圆叶玉兰 *Magnolia elliptilimba* 的亲缘关系较近, 可能为同一杂种起源; 利用玉兰属挥发油成分月桂烯和四甲基环癸二烯异丙醇两种成分的差异, 可把 10 种玉兰属植物分为两类。贾爱群等<sup>[17]</sup>利用 3 种石竹科植物挥发油成分的差异, 证明了 *Stellaria* 和 *Cerastium* 具有较近的亲缘关系。Azuma 等<sup>[18]</sup>的研究也表明, 挥发油成分的差异可以用于木兰科植物分类。但从本研究的分析结果看, 第 2 类中鹅掌楸和白玉兰精油成分相近, 而鹅掌楸属于鹅掌楸亚科, 其余 5 种植物属于木兰亚科, 与传统分类结果明显不符, 因此, 利用木兰科植物精油成分的有无判断物种间亲缘关系不一定可靠。

#### 参考文献:

- [1] 王巨媛, 翟胜. 植物精油应用进展及开发前景展望[J]. 江苏农业科学, 2010 (4): 1 - 3.  
WANG Juyuan, ZHAI Sheng. Advances in the research and the development of plant essential oils [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2010 (4): 1 - 3.
- [2] 张东峰. 植物精油的研究开发新进展[J]. 河北化工, 2008, 31 (2): 10 - 12.  
ZHANG Dongfeng. Advances in the research and the development of plant essential oils [J]. *Hebei Chem Ind*, 2008, 31 (2): 10 - 12.
- [3] 郝小燕, 余珍, 田成国. 云南拟单性木兰精油化学成分的研究[J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2000, 18 (2): 17 - 18.  
HAO Xiaoyan, YU Zhen, TIAN Chengguo. A study of chemical constituents of the essential oil of *Parakmeria yunnanensis* [J]. *J Guizhou Norm Univ Nat Sci*, 2000, 18 (2): 17 - 18.
- [4] 熊江, 戴好富, 易元芬, 等. 多花含笑叶的挥发油成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2001, 13 (5): 13 - 14.  
XIONG Jiang, DAI Haifu, YI Yuanfen, et al. Volatile components of the leaves of *Michelia floribunda* [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2001, 13 (5): 13 - 14.
- [5] 钟瑞敏, 曾庆孝, 张振明, 等. 气质联用结合保留指数对比在 5 种木兰科芳香精油成分鉴定中的应用[J]. 分析测试学报, 2006, 25 (5): 16 - 20.  
ZHONG Ruimin, ZENG Qingxiao, ZHANG Zhenming, et al. Application of GC-MS combined with kovats retention

- indices to identify the composition of five Magnoliaceae species in the essential oils [J]. *J Inst Anal*, 2006, **25** (5): 16 – 20.
- [6] BREHM-STECHER B F, JOHNSON E A. Sensitization of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* to antibiotics by the sesquiterpenoids nerolidol, farnesol, bisabolol, and apritone [J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 2003, **47** (10): 3357 – 3360.
- [7] 国家医药管理局中草药情报中心站. 植物药有效成分手册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1986.
- [8] 李玉媛, 李达孝, 毛云玲, 等. 云南木兰科香料植物浸膏-精油提取及化学成分研究[J]. 香料香精化妆品, 1996, **3** (3): 2 – 8.
- LI Yuyuan, LI Daxiao, MAO Yunling, *et al.* Study on concretes and essential oil extraction and chemical components of fresh flower and leaves from Magnoliaceae [J]. *Flavor Fragr Cosm*, 1996, **3** (3): 2 – 8.
- [9] 张强, 马鹏, 陈聪. 和厚朴挥发油化学成分的气相色谱-质谱联用研究[J]. 华西大学学报, 1997, **28** (3): 338 – 340.
- ZHANG Qiang, MA Peng, CHEN Cong. Studies on the essential oil constituents of the stem bark of *Magnolia obovata* [J]. *J West China Univ Med Sci*, 1997, **28** (3): 338 – 340.
- [10] 宁坚刚, 魏永生. 白玉兰花挥发油化学成分的 GC-MS 分析[J]. 青海师范大学学报: 自然科学版, 2005, **3** (3): 65 – 68.
- NING Jiangang, WEI Yongsheng. Analysis of chemical constituents of essential oil in blossom of *Magnolia denudata* by GC-MS spectrometry [J]. *J Qinghai Norm Univ Nat Sci*, 2005, **3** (3): 65 – 68.
- [11] 雷福成, 陈利军, 石庆锋. 楝树叶挥发油化学成分 GC-MS 分析[J]. 湖北农业科学, 2010, **49** (7): 1701 – 1706.
- LEI Fucheng, CHEN Lijun, SHI Qingfeng. Determination of chemical composition of essential oil forms the leaf of *Melia azedarach* L. by GC-MS [J]. *Hubei Agric Sci*, 2010, **49** (7): 1701 – 1706.
- [12] 孙凌峰, 漆春林, 梁国忠, 等. 大叶含笑叶精油化学成分研究[J]. 林产化学与工业, 1993, **13** (3): 245 – 249.
- SUN Lingfeng, QI Chunlin, LIANG Guozhong, *et al.* Study on the chemical constituents of the essential oil from *Michelia fallax* dandy leaf [J]. *Chem Ind For Prod*, **13** (3): 245 – 249.
- [13] 李吉来, 陈飞龙, 罗家波. 白兰花挥发油化学成分研究[J]. 中草药, 2000, **31** (1): 11 – 13.
- LI Jilai, CHEN Feilong, LUO Jiabo. Studies on chemical constituents of volatile oils from the flowers and leaves of *Michelia alba* DC. [J]. *Chin Trad Herb Drugs*, 2000, **31** (1): 11 – 13.
- [14] 郝小燕, 洪鑫, 余珍, 等. 观光木和云南含笑精油化学成分的研究和比较[J]. 贵州科学, 1999, **17** (4): 287 – 290.
- HAO Xiaoyan, HONG Xin, YU Zhen, *et al.* Studies on chemical constituents of the essential oil of *Tsoongioden odorum* and *Michelia yunnanensis* [J]. *Guizhou Sci*, 1999, **17** (4): 287 – 290.
- [15] 邵海, 龚钢明. 植物精油在药理和农药方面的研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2008, **27** (5): 5 – 9.
- SHAO Hai, GONG Gangming. Advances of plant essential oils research on pharmacology and insecticide [J]. *Chin Wild Plant Resour*, 2008, **27** (5): 5 – 9.
- [16] 傅大立, 赵东欣, 孙金花, 等. 10 种国产玉兰属植物挥发油成分及系统学意义[J]. 林业科学, 2005, **41** (3): 68 – 74.
- FU Dali, ZHAO Dongxin, SUN Jinhua, *et al.* Component of volatile oils in 10 Chinese species of Yulan genus and its phylogenetic implication [J]. *Sci Silv Sin*, 2005, **41** (3): 68 – 74.
- [17] 贾爱群, 杨永平, 谭宁华, 等. 3 种北极石竹科植物的挥发油成分及其化学分类学意义[J]. 云南植物研究, 2003, **25** (6): 721 – 723.
- JIA Aiqun, YANG Yongping, TAN Ninghua, *et al.* The constituents of volatile oil from three Caryophyllaceae species in arctic region and their chemotaxonomy significance [J]. *Acta Bot Yunnan*, 2003, **25** (6): 721 – 723.
- [18] AZUMA H, TOYOTA M, ASAKAWA Y, *et al.* Chemical divergence in floral scents of *Magnolia* and allied genera (Magnoliaceae) [J]. *Plant Species Biol*, 1997, **12** (2/3): 69 – 83.