

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.05.006

## 两种方法提取巨尾桉桉叶挥发油成分的分析

陈亮<sup>1</sup>,周莉君<sup>2</sup>

(1.四川省林业信息中心,四川成都 610081;2.四川农业大学生命科学院,四川雅安 625000)

**摘要:**比较两种提取方法对巨尾桉桉叶挥发油得率和成分的影响,为更好的研究和开发桉树资源提供依据。采用气相色谱-质谱联用技术对水蒸气蒸馏法(SD)和超临界CO<sub>2</sub>法(SFE-CO<sub>2</sub>)提取的挥发油的化学成分进行比较与分析。SD法和SFE-CO<sub>2</sub>法提取得率分别为0.61%和7.8%,各鉴定出55和29个成分,各占挥发油总量的98.18%和99.59%。SFE-CO<sub>2</sub>法所得桉叶油总量及有效成分 $\alpha$ -蒎烯和桉油醇相对含量均高于SD法,更有利于规模化生产桉叶油。

**关键词:**巨尾桉;挥发油;GC-MS

中图分类号:Q946.8 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2018)05-0025-04

## Chemical Constituents Analysis of Essential Oil Extracted from the Leaves of *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* by Two Kinds of Methods

CHEN Liang<sup>1</sup> ZHOU Li-jun<sup>2</sup>

(1. Sichuan Provincial Forestry Information Center, Chengdu 610081, China;

2. College of Life and Basic Sciences, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625000, China)

**Abstract:** The aim of the study was to analyze and compare the chemical constituents of essential oils extracted from the leaves of *E. grandis* × *E. urophylla* by two kinds of methods, and to provide basis for the further research and more application of *Eucalyptus* resources. GC/MS was used to analyze and compare the extraction rate and chemical constituents of essential oils extracted from the leaves of *E. grandis* × *E. urophylla* by steam distillation(SD) and supercritical CO<sub>2</sub> extraction process(SFE-CO<sub>2</sub>). By the way of SD and SFE-CO<sub>2</sub> extraction, the extraction rate of essential oil were 0.61% and 7.8% respectively 55 constituents were identified, which accounted for about 98.18% of the total essential oil by SD. While 29 constituents were identified, which accounted for about 99.59% of the total essential oil by SFE-CO<sub>2</sub> extraction. The contents and effective constituents (such as  $\alpha$ -Pinene and Cineole) of essential oils by SFE-CO<sub>2</sub> extraction were higher than that by SD. The SFE-CO<sub>2</sub> extraction was more favorable to the industrial production.

**Key words:** *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*, Essential oil, GC-MS

巨尾桉(*Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*)是巨桉(*E. grandis*)和尾叶桉(*E. urophylla*)杂交的速生树种,具有速生高产、质优、适应性强、管理成本低等

优点,是一种极具价值的经济林、生态林<sup>[1]</sup>。四川省洪雅县余坪镇于2008年引种巨尾桉无性系品种川桉C1号(广林9),迄今已栽植130多hm<sup>2</sup>,为农

收稿日期:2018-06-01

作者简介:陈亮(1983-),男,工程师,硕士,主要从事林业信息化技术工作。

民年均增收近2 000万元。但其主要用途是木材,桉叶并没有很好的被开发利用。

桉叶分泌的精油具有杀虫抑菌、消炎驱风等功效,被广泛应用于香料、化工、医药等行业,在国际芳香油市场上占据重要地位<sup>[2~5]</sup>。我国是桉叶油生产和贸易大国之一,人工栽培 1hm<sup>2</sup> 桉树每年可产桉树油 20 t~40 t,其带来的经济收入可达种植总收入的 20%<sup>[6]</sup>。开发桉叶油资源有利于提高桉树综合价值。但国内桉叶油生产工艺落后,主要是提取初级精油,质量不高。采用传统的水蒸气蒸馏法(SD法)萃取巨尾桉叶油,操作简单,成本低,但损耗大,得率仅在 0.28%~1.35%<sup>[7~9]</sup>。SFE-CO<sub>2</sub> 方法,可控性好,污染和损耗小,但成本较高,极少用于桉叶油提取。

本试验拟采用 SFE-CO<sub>2</sub> 法和 SD 法分别提取巨尾桉桉叶油,并采用 GC-MS 对桉叶油成分进行分析,比较两种方法在提取率和主要成分上的差异,为深入研究巨尾桉挥发油,开发其综合价值提供理论依据。

## 1 实验材料和方法

### 1.1 实验材料

在洪雅县余坪林场分别从随机选择的 15~20 棵 3a 生巨尾桉上采集新鲜叶片,经自然风干后备用。

蒸馏水,石油醚(沸点 30~60°),乙酸乙酯,无水乙醇,无水硫酸钠。所用化学试剂均为分析纯。

仪器:HX-1000A 型中药粉碎机(浙江省永康市溪岸五金药具厂),ABI352S 型电子分析天平(METTLER TOLEDO 公司),挥发油提取器,电子调温型(ZDHW 型)电热套(北京中兴伟业仪器有限公司),旋转蒸发仪(上海申顺生物科技有限公司,SENCOR201),SFE500 型超临界萃取设备(法国 SEPAREX 公司),岛津气质联用仪-GCMS-QP2010 Plus-shimadzu(日本岛津公司)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 前处理

巨尾桉叶片阴干后,粉碎成细粉,过 20 目筛待用。

#### 1.2.2 SD 法提取桉叶油

根据挥发油测定法“甲法”(2015 年版《中国药典》通则),取 100 g 巨尾桉叶粉末,加入蒸馏水 600 mL,保持微沸 8 h。油量不再增加后停止加热,冷却

后收集油层。经石油醚(30°~60°)萃取后收集石油醚层,用旋转蒸发仪低温回收溶剂,油层加入经活化的无水硫酸钠脱水,抽滤,得无色透明油状物,放置一段时间后变为淡黄色油状物。平行实验 3 次取平均值,计算桉叶油的平均得率,得率为 0.61%。密封避光保存备用。

#### 1.2.3 SFE-CO<sub>2</sub> 法提取桉叶油

根据 SFE-CO<sub>2</sub> 法优化所得的提取条件<sup>[10]</sup>,取 100g 巨尾桉叶粉末放入超临界提取罐,分离温度 80 °C,在压力 400 MPa 条件下提取 8 h,CO<sub>2</sub> 流速 40L·h<sup>-1</sup>,得到油状提取物,得率为 7.8%。密封避光保存备用。

#### 1.2.4 GC-MS 检测条件

色谱条件:弹性石英毛细管色谱柱 HP-5MS(0.25 mm×30 m×0.25 μm);载气为高纯氦气,进样量 1 ul,分流比 1:100,进样口温度 260 °C,接口温度 220 °C;程序升温:40 °C 保持 5 min,以 10 °C·min<sup>-1</sup> 的升温速度升至 150 °C,保持 4 min,再以 5 °C·min<sup>-1</sup> 的升温速度升至 280 °C,保持 15 min。

质谱条件 电离源:电子轰击(EI)离子源,电子能量 70 eV,电子倍增器电压 1.5 kV,质量扫描范围 33~600v,全扫描方式。进样量:1.0 ul。检索数据库为 NIST02 L 标准谱库,采用峰面积归一化法计算各成分相对含量。

## 2 结果与分析

通过 GC-MS 联用技术对两种方法提取的挥发油成分进行分析,总离子色谱图见图 1。对各峰质谱图进行 NIST 标准谱库检索,根据质谱裂解规律进行核对,参考标准图谱和相关文献确定其化学结构。利用峰面积归一化法计算各组分的相对含量。通过检索比对得到的挥发油成分及含量见表 1。

由表 1 可知,SD 法提取的桉叶油共计 0.599 克,分离出了 71 个峰,共鉴定出了 55 种成分,占挥发油总量的 98.18%。分别提取出醇类 14 种、醛类两种,酯类 9 种,酮类 1 种、萜类 23 种,其中占比较高为桉油醇 42.22%, $\alpha$ -蒎烯 22.32%,乙酸松油酯 8.18%, $\alpha$ -松油醇 6.29%,龙脑 4.56%。SFE-CO<sub>2</sub> 法提取的桉叶油共计 7.768 克,分离出了 31 个峰,共鉴定出了 29 种成分,占挥发油总量的 99.59%。分别提取出醇类 10 种、醛类 4 种、酯类两种、酮类 1 种、烯萜类 8 种,其中占比较高为桉油醇占 45.64%, $\alpha$ -蒎烯占 29.40%,乙酸松油酯占 7.42%,

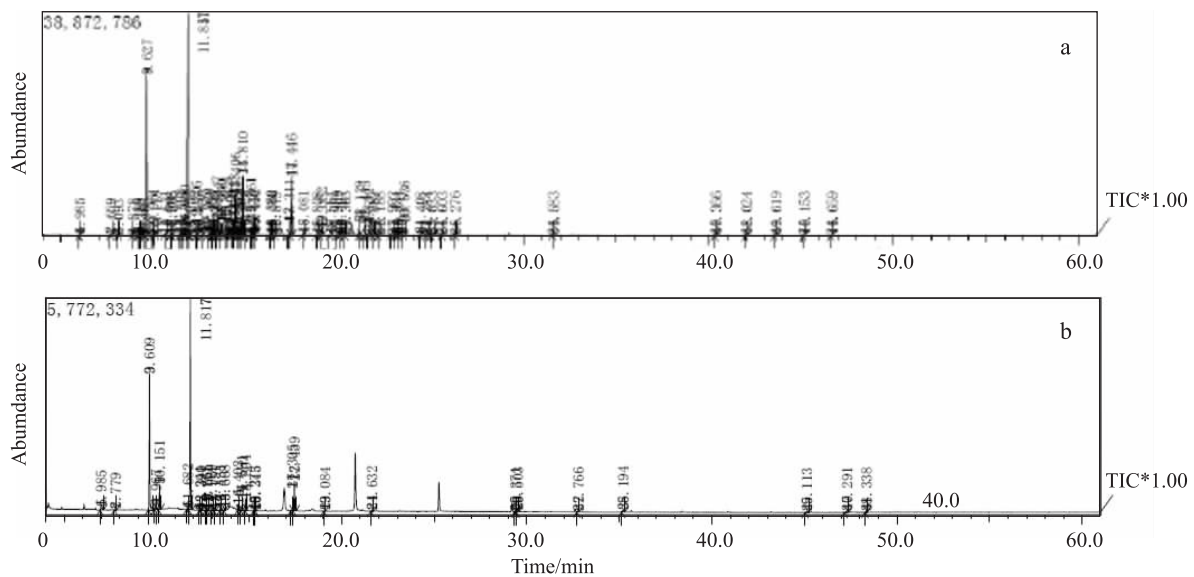


图 1 GC-MS 总离子流色谱图

Fig. 1 Total ion chromatogram(TIC) of volatile oils

a-水蒸气蒸馏法(SD)提取的总离子流色谱图;b-超临界 CO<sub>2</sub> 法(SFE-CO<sub>2</sub>)提取的总离子流色谱图

表 1

两种方法提取巨尾桉叶挥发油成分 GC-MS 分析

Tab. 1 GC-MS analysis of the chemical composition of volatile oils of *E. grandis* × *E. urophylla*'s leaves by 2 extraction methods

序号 Serial number	保留时间 Retention time( min )	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	相对含量(%) The relative percentage( % )	
				SD	SFE-CO <sub>2</sub>
1	5.985	Hexanal	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	0.06	-
2	6.985	Furfural	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	-	1.06
3	7.659	cis-3-Hexen-1-ol	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	0.06	-
4	7.779	Isobutyraldehyde, diethyl acetal	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	-	0.28
5	8.093	Formic acid, hexyl ester	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	0.01	-
6	9.189	Isobutyric acid, butyl ester,	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0.07	-
7	9.627	α-Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	22.32	29.40
8	9.961	Camphene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.52	0.78
9	10.113	Butylbenzene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	0.02	5.09
10	10.631	β-Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.14	-
11	10.908	6-Methyl-5-hepten-2-one	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	0.03	-
12	10.986	1-Butylcyclohexene	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	0.05	-
13	11.432	Isoamyl butyrate	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.26	-
14	11.690	o-Cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	0.81	0.25
15	11.851	1,8-Cineole( Eucalyptol)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	42.22	45.64
16	12.305	Ocimene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.03	0.08
17	12.387	Tricyclene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.04	0.07
18	12.653	5-ethenyltetrahydro-. alpha. ,. alpha. -5-trimethyl-, cis-2-Furanmethanol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.22	0.33
19	12.751	2-Furaldehyde diethyl acetal	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>	-	0.15
20	12.970	Terpinolene	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.50	0.53
21	13.151	Linalool	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.59	0.41
22	13.235	Isopentyl isopentanoate	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.14	-
23	13.292	Pentanoic acid, 2-methylbutyl ester	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.01	-
24	13.447	Fenchol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1.83	0.45
25	13.660	Campholenic aldehyde	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	1.32	0.44
26	13.924	Pinocarveol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	1.74	-
27	14.101	camphene hydrate	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.18	-
28	14.250	DL-Isoborneol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.05	-
29	14.342	pinocarvone	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	0.69	-
30	14.406	Borneol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	4.56	1.37

(续表 1)

序号 Serial number	保留时间 Retention time (min)	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	相对含量 (%)	
				SD	SFE-CO <sub>2</sub>
31	14.697	2-(4-Methylphenyl) propan-2-ol	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	0.07	0.15
32	14.810	α-Terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	6.29	2.42
33	14.920	(1R)-(?) -Myrtenol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0.10	-
34	15.261	cis-Carveol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0.48	0.11
35	15.410	Isocarveol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0.13	-
36	15.452	Isobornyl formate	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.20	-
37	16.320	Limonene oxide, trans-Limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0.09	-
38	16.362	Bornyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.16	-
39	16.579	Myrtenyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0.04	-
40	17.311	2-Oxabicyclo[2.2.2]octan-6-ol, 1,3,3-	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	0.17	0.15
41	17.446	Terpinyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	8.18	7.42
42	18.081	α-Copaene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.18	-
43	18.838	α-Gurjunene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.28	-
44	19.082	l-Caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.87	0.20
45	19.564	gamma.-Elemene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.11	-
46	19.909	α-Caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.14	-
47	20.365	Aromadendrene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.13	-
48	21.129	Germacrene D	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.05	-
49	21.415	2-(7-Heptadecyloxy) tetrahydro-2H-pyran	C <sub>22</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	0.03	-
50	21.887	α-Cubebene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.08	-
51	23.131	(-)-Spathulenol	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	0.25	-
52	23.311	(+)-Aromadendrene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.31	-
53	23.536	α-Bulnesene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.13	-
54	24.408	Thujopsene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.08	-
55	24.784	Torreyol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	0.06	-
56	26.276	Eicosane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	0.05	-
57	29.371	1-Hexadecen-2-ol, 3,7,11,15-tetramethyl-	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	-	0.10
58	29.503	Perhydrofarnesyl acetone	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	-	0.27
59	32.766	Docosanoic acid, ethylester	C <sub>24</sub> H <sub>48</sub> O <sub>2</sub>	-	0.29
60	35.194	Plant alcohol	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	-	0.71
61	40.366	8-Hexylpentadecane	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	0.01	-
62	45.113	Octadecyl vinyl ether	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	0.04	0.37
63	47.291	Octadecanal	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	-	0.66
64	48.338	1-(ethenyl)-hexadecan	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	-	0.41
65		已鉴定成分含量总占比		98.18	99.59
66		已鉴定成分总质量		0.599g	7.768g

α-松油醇占 2.42%，龙脑 1.37%。

综上所述,本实验中提取的桉叶油中最具经济价值成分桉油醇和 α-蒎烯, SFE-CO<sub>2</sub> 法均高于 SD 法,虽然 SD 法提取的桉叶油组成成分更多,且挥发油中乙酸松油酯、α-松油醇、龙脑等百分含量略高于 SFE-CO<sub>2</sub> 法,但由于 SFE-CO<sub>2</sub> 法得率远高于 SD 法,总成分含量 SFE-CO<sub>2</sub> 法依然较高。

### 3 讨论

SD 法和 SFE-CO<sub>2</sub> 法提取巨尾桉叶挥发油的得率分别为 0.61% 和 7.8%。采用传统的 SD 法,即使我国产油率最高的直干桉得油率也仅为 4.14%<sup>[11]</sup>。可见 SFE-CO<sub>2</sub> 法的得油率远高于 SD 法。这是因为

其密封的提取环境和更低的提取温度,降低了萜烯类物质的损耗,减少了热不稳定和易氧化成分物质的分解<sup>[12]</sup>。

不同提取方法所得巨尾桉叶挥发油成分存在一定差异,但有 20 种为共同成分。其中相对含量最高为氧化单萜类(桉油醇、α-松油醇、龙脑等)和单萜羧类(α-蒎烯等),醇类、芳香类、倍半萜类和氧化倍半萜类含量相对较低。α-蒎烯和桉油醇是桉叶油中用途最广最有价值的成分<sup>[4,13]</sup>, SFE-CO<sub>2</sub> 法对有效成分的提取率高于 SD 法,更有利于生产应用。

SD 法成本低,操作简单,但提取率过低,在提取过程中对水资源浪费较大,不利于规模化生产。SFE-CO<sub>2</sub> 法成本较高,但可控性好,损耗和污染少,

(下转第 73 页)

- litters on soil chemical, microbial properties and soil enzyme activities [J]. *Plant & Soil*, 2006, 282(1/2): 379 ~ 386.
- [4] Cheng X, Yu M, Wang G G. Effects of Thinning on Soil Organic Carbon Fractions and Soil Properties in *Cunninghamia lanceolata* Stands in Eastern China [J]. *Forests*, 2017, 8(6): 198.
- [5] 唐健,覃祚玉,王会利,等. 广西杉木主产区连栽杉木林地土壤肥力综合评价[J]. *环境与科学学报*, 2016, 36(1): 30 ~ 35.
- [6] 李惠通,张芸,魏志超,等. 不同发育阶段杉木人工林土壤肥力分析[J]. *林业科学研究*, 2017, 30(2): 322 ~ 328.
- [7] 石薇,王景燕,魏有波,等. 水热条件对华西雨屏区柳杉人工林土壤氮矿化的影响[J]. *土壤通报*, 2014, 45(06): 1430 ~ 1436.
- [8] 李鑫,陈先刚,白明锐,等. 宣威市退耕还林柳杉林地土壤有机碳含量及活性组分的林龄变化[J]. *林业科学*, 2017, 53(01): 11 ~ 19.
- [9] 王丹,马元丹,郭慧媛,等. 模拟酸雨胁迫与柳杉凋落物对土壤养分及微生物的影响[J]. *浙江农林大学学报*, 2015, 32(02): 195 ~ 203.
- [10] 龚杨平. 四川龙门山地区柳杉人工林生长模拟与可视化研究[D]. 四川农业大学, 2011.
- [11] 鲍士旦. 土壤化学分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 25 ~ 109.
- [12] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查技术[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [13] 钱登峰. 华北土石山区典型植物群落土壤健康评价[D]. 西南大学, 2007.
- [14] 张子龙,王文全,缪作清,等. 主成分分析在三七连作土壤质量综合评价中的应用[J]. *生态学杂志*, 2013, 32(6): 1636 ~ 1644.
- [15] 靳正忠,雷加强,徐新文,等. 塔里木沙漠公路防护林地土壤肥力质量变化与评价[J]. *科学通报*, 2008, 53(S2): 112 ~ 122.
- [16] 游秀花,蒋尔可. 不同森林类型土壤化学性质的比较研究[J]. *江西农业大学学报*, 2005, 27(3): 357 ~ 360.
- [17] 何晓群. 多元统计分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2009: 153 ~ 169.
- [18] 陈恩凤. 土壤肥力物质基础及其调控[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [19] 杨玉盛,李振问,俞新妥,等. 杉木油桐仙人草复合经营的土壤结构特性与水分性质的研究[J]. *南京林业大学学报*, 1993, 17(3): 75 ~ 79.
- [20] Hardtle W, von Oheimb G, Friedei A, et al. Relationship between pH-values and nutrient availability in forest soils: The consequences for the use of ecograms in forest ecology [J]. *Flora: M., D., F., E. of Plant*, 2004, 199(2): 134 ~ 142.
- [21] 周秀英. 闽北山地杉木纯林和杉阔混交林的土壤肥力[J]. *福建林学院学报*, 2010, 30(2): 150 ~ 153.
- [22] 杨晓娟. 吉林省东部低山丘陵区 4 种林分类型林地的土壤肥力分析[J]. *水土保持通报*, 2013, 33(4): 143 ~ 148.
- [23] 张昌顺,李昆. 人工林地力的衰退与维护研究综述[J]. *世界林业研究*, 2005, 01: 17 ~ 21.
- [24] 马祥庆,黄宝龙. 人工林地力衰退研究综述[J]. *南京林业大学学报*, 1997, 02: 79 ~ 84.
- [25] 段文霞,朱波,等. 人工柳杉林碳蓄积量及土壤性质的动态变化[J]. *应用与环境生物学报*, 2007(06): 777 ~ 781.

(上接第 28 页)

能获得高含量的桉叶油总量和有效成分,有利于规模化生产桉叶油。因此进一步优化桉叶油提取条件,提高生产率,降低成本将有利于桉叶油的扩大化生产,提高桉树资源的综合利用率。

#### 参考文献:

- [1] 周莉君,丁涛,杨志荣,等. 巨尾桉不同树龄及染虫状态桉叶油的成分分析[J]. *天然产物研究与开发*, 2016, 28(11): 1747 ~ 1751.
- [2] Orafidiya L O, Oladimeji F A. Determination of the required HLB values of some essential oils [J]. *International Journal of Pharmaceutics*, 2002, 237(1 ~ 2): 241 ~ 250.
- [3] 涟漪. 桉树油[J]. *国外医药:植物药分册*, 2006, 21(3): 138.
- [4] 田玉红,张祥民,黄泰松,等. 桉叶油的研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2007, 33(10): 139 ~ 143.
- [5] Zhou L J, Li F R, Huang L J, et al. Antifungal Activity of *Eucalyptus* Oil against Rice Blast Fungi and the Possible Mechanism of Gene Expression Pattern [J]. *Molecules*, 2016, 21(5): doi: 10.3390/molecules21050621.
- [6] 肖正春,张卫明,张广伦,等. 生物柴油植物桉树类叶油的开发利用[J]. *中国野生植物资源*, 2008, 27(2): 19 ~ 20.
- [7] 田玉红,杨旭,杨昌尚,等. 广林九号桉叶挥发油的化学成分分析[J]. *时珍国医国药*, 2012, 23(2): 302 ~ 303.
- [8] 刘真一,陈月圆,李典鹏. 不同生长年限巨尾桉叶挥发性成分 GC-MS 分析[J]. *广西植物*, 2012, 32(5): 701 ~ 705.
- [9] 田玉红,刘雄民,陶明有. 巨尾桉叶挥发性成分的提取及成分分析[J]. *广西科学院学报*, 2006, 22(s): 466 ~ 468.
- [10] 周莉君,黄丽杰,杨志荣,等. 响应面分析法优化超临界 CO<sub>2</sub> 萃取巨尾桉挥发油的工艺研究[J]. *四川大学学报(自然科学版)*, 2014, 51(6): 1919 ~ 1924.
- [11] 梁呈元,傅晖,李维林,等. 薄荷油不同提取方法的比较[J]. *时珍国医国药*, 2007, 18(9): 2085 ~ 2086.
- [12] 罗嘉良,束永芳. 三种桉叶油化学成分研究[J]. *天然产物研究与开发*, 1991, 3(3): 79 ~ 82.
- [13] 王文元,顾丽莉,关志民. 1,8-桉叶油素的研究进展[J]. *食品与药品*, 2007, 9(2): 56 ~ 59.