

# 基于 SPME-GC-MS 的四季桂花和枝叶挥发性物质测定

张海峰<sup>1</sup>, 陈梅春<sup>2</sup>, 刘波<sup>2\*</sup>, 朱育菁<sup>2</sup>, 潘志针<sup>2</sup>, 陈峥<sup>2</sup>, 郑梅霞<sup>2</sup>

(1. 福建省农业科学院科研管理处, 福州 350003; 2. 福建省农业科学院农业生物资源研究所, 福州 350003)

**摘要:** **目的** 研究四季桂花的香气及枝叶的挥发性物质组成。**方法** 采用固相微萃取法富集四季桂花的香气及枝叶的挥发性成分, 通过气相色谱质谱联用技术测定挥发性物质组成。**结果** 结合质谱和保留指数分别从花和枝叶中鉴定出 23 和 18 种化合物, 占各自化合物总量的 85.73% 和 64.58%。四季桂花的香气主要由牻牛儿苗酸乙酯、反式-香叶醇、香叶酸甲酯、反式-柠檬醛、顺式-柠檬醛、茶香螺烷及壬醛组成; 四季桂枝叶的鉴定的挥发性物质主要由酯类、醛类和碳氢化合物组成, 主要释放乙酸叶醇酯、甲氧基乙酸-2-十三烷基酯、4,11-二甲基-十四烷、苯乙醛和苯乙醇。**结论** 固相微萃取与气质联用技术便捷实用, 适用于测定桂花和枝叶挥发性物质, 从而为桂花资源开发利用、保护、及园林配置提供一定的理论依据。

**关键词:** 固相微萃取法; 气质联用法; 四季桂花; 挥发性物质

## Analysis of the volatile components from flowers and leaves of *Osmanthus fragrans* var. *semperflorens* by GC-MS combined with SPME

ZHANG Hai-Feng<sup>1</sup>, CHEN Mei-Chun<sup>2</sup>, LIU Bo<sup>2\*</sup>, ZHU Yu-Jing<sup>2</sup>, PAN Zhi-Zhen<sup>2</sup>,  
CHEN Zheng<sup>2</sup>, ZHENG Mei-Xia<sup>2</sup>

(1. Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China;

2. Agricultural Bioresources Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China)

**ABSTRACT: Objective** To characterize the volatiles in picked flowers and leaves of *Osmanthus fragrans* var. *semperflorens*, and to understand the volatile composition and content in them. **Methods** Headspace-solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectroscopy (GC-MS) were used to characterize the volatiles in picked flowers and leaves of *Osmanthus fragrans* var. *semperflorens*. **Results** A total of 23 components in the flowers and 18 in the leaves were identified by matching EI mass spectra and retention indices with the literature data, accounting for 85.73% and 64.58% total content of volatiles in flowers and leaves, respectively. Briefly, ethyl geranate, trans-geraniol, methyl geranate, trans-citral, 2,6,10,10-tetramethyl-1-oxa-spiro[4.5] dec-6-ene, cis-citral and nonanal were the most common volatiles in tested flowers. The major odors found in the leaves were cis-3-hexenyl acetate, 4,11-dimethyl-tetradecane, Methoxyacetic acid, 2-tridecyl ester, benzeneacetaldehyde and phenylethyl alcohol. **Conclusion** The method of HS-SPME/GC-MS is practical and suitable for the analysis of the volatile of picked flowers and leaves of *Osmanthus fragrans* var. *semperflorens*, so as to facilitate the devel-

基金项目: 国家自然科学基金(31370059)、国家“948”项目(2011-G25)

**Fund:** Supported by Natural Science Foundation of China (NSFC) (31370059) and 948 Project of Chinese Ministry of Agriculture (2011-G25)

\*通讯作者: 刘波, 博士, 研究员, 主要研究方向为微生物生物技术与农业生物药物。E-mail: fzliubo@163.com

\*Corresponding author: LIU Bo, Professor, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China. E-mail: fzliubo@163.com

opment of *Osmanthus* scultivars to meet requirements of the food and fragrance industries.

**KEY WORDS:** solid-phase microextraction; gas chromatography-mass spectrometry; *Osmanthus fragrans* var. *semperflorens*; volatile components

## 1 引言

桂花 (*Osmanthus fragrans* Lour.) 属木犀科 (Oleaceae) 木犀属 (*Osmanthus*) 常绿乔木, 原产中国西南部喜马拉雅山东段, 现广泛分布于广西、湖南、贵州、浙江、福建等地<sup>[1,2]</sup>。桂花品种繁多, 依据开花习性和其他特征可以把桂花分为四季桂、银桂、金桂和丹桂 4 个品种群。桂花的颜色有乳白、黄、橙红等, 其香气幽雅浓郁、芬芳香甜、沁人心脾、深受人们喜爱, 具有很高的观赏价值。从桂花中提取芳香物质作为食品添加剂和香料, 已被广泛应用于食品和化妆品等行业中, 具有极高的经济价值和社会效益<sup>[3-5]</sup>。

目前对桂花花香的研究已有较多报道, 主要集中在不同产地及不同品种间的桂花浸膏、净油、头香、衰落桂花、新鲜采摘桂花、活体植株桂花等方面, 采用的方法包括液液萃取、水蒸汽蒸馏、超临界 CO<sub>2</sub> 萃取、活性碳吸附丝吸附、动态顶空、固相微萃取等<sup>[6-16]</sup>。但对桂花枝叶挥发性物质的分析却很少<sup>[16,17]</sup>。本研究采用固相微萃取与气相色谱质谱联用技术测定四季桂的花香及枝叶的挥发性物质组成, 结合质谱及保留时间进行定性分析, 研究结果将为桂花资源开发利用、保护及园林配置提供一定的理论依据。

## 2 材料与方 法

### 2.1 仪器与试剂

Agilent 7890A/5975C 气相色谱-质谱联用仪(美国安捷伦公司); 色谱柱: HP5-MS(美国安捷伦公司); SPME 手动进样手柄(美国 Supelco 公司)、萃取头(65 μm PDMS/DVB, 美国 Supelco 公司); 顶空瓶(20 mL, 安捷伦公司); 水浴锅(DK-8D, 上海齐欣科学仪器有限公司); 紫外分光光度计(UV-2550, 岛津 SHIMADZU 公司)。

正构烷烃混合标样 C8~C40(美国 AccuStandard 公司, 编号 DRH-008S-R2)。

新鲜四季桂花和桂叶于 2013 年 11 月底采摘于建瓯。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 顶空固相微萃取

萃取头老化: 65 μm PDMS/DVB 萃取头用丙酮浸泡 30 min 后, 在 250 °C 老化 30 min。萃取条件: 取新鲜桂花或桂叶 1 g 置于密封的顶空瓶中, 65 °C 平衡 30 min 后插入 SPME 纤维头吸附 30 min, 250 °C 解吸 3 min 后进行 GC-MS 分离鉴定。实验重复 3 次。

#### 2.2.2 气相色谱-质谱分析

气相色谱条件: 色谱柱 HP-5MS; 进样口温度 250 °C; 柱温 50 °C; 不分流进样; 载气为氦气, 流速为 1 mL/min。起始温度 50 °C, 保持 2 min, 以 4 °C/min 升到 250 °C, 保持 2 min, 以 20 °C/min 升到 280 °C, 保持 5 min。

质谱条件: 离子源 EI; 采集模式为全扫描; EMV 模式为相对值; 溶剂延迟 6 min; 质量扫描范围: 25.00~550.00 amu; MS 离子源温度为 230 °C, MS 四级杆温度 150 °C。正己烷稀释正构烷烃混合对照品, 按上述色谱条件进行分析。

#### 2.2.3 定性与定量

检测的化合物经 NIST 谱库检索后, 再结合保留指数进行鉴定。采用线性升温公式计算各组分的保留指数(KI)<sup>[18]</sup>, 与 NIST Chemistry WebBook 上保留指数进行比对。采用峰面积归一化法, 以各香气组分的峰面积占总峰面积之比表示组分相对含量。

## 3 结果与分析

### 3.1 四季桂花的花香组成分析

利用固相微萃取技术富集四季桂花香气成分, 经 GC-MS 分析检测得到新鲜桂花挥发性成分的总离子流图如图 1 所示。从桂花中共检测到 42 种挥发性物质, 结合 NIST 谱库及保留指数共鉴定出 23 种化合物, 约占总量的 85.73%, 如表 1 所示。

从表 1 中可以看出, 酯类化合物是四季桂花的香气中含量最丰富的物质, 约占总量的 40.7%, 其中牻牛儿酸乙酯是含量最高(29.68%)的酯类化合物, 其次为香叶酸甲酯(10.31%)、壬酸乙酯(0.41%)和辛酸乙酯(0.3%)。

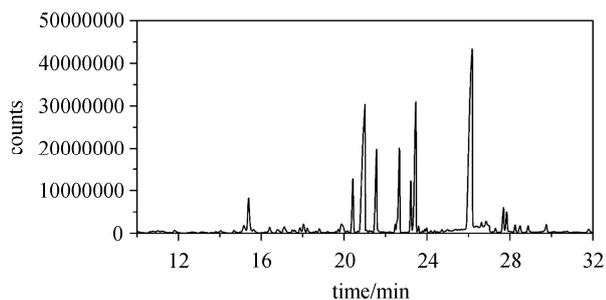


图 1 四季桂花挥发性物质总离子流图

Fig. 1 TIC of volatile components from *O. fragrans* var. *sempreflorens* flowers

萜类化合物是桂花香气中含量第二丰富的组分, 约占总量的 31.8%, 包括顺反-香叶醇异构体(1.18%和 17.86%)、顺反-柠檬醛异构体(3.74%和 6.17%)和橙花醇氧化物(0.79%)、芳樟醇(0.92%)、芳樟醇氧化物 II 和 IV(0.26%和 0.76%)及月桂烯(0.12%)。其中, 香叶醇具有温和、甜的玫瑰花气息, 味有苦感, 广泛用作日用香精和食用香精, 具有抗肿瘤、平喘、抗菌、驱虫等广泛的药理作用<sup>[19]</sup>。从花香中鉴定出的醛类和醇类化合物包括壬醛(3.4%)、脂肪酸衍生物 C7 醛 ((E,E)-2,4-庚二烯醛, 0.33%)、紫丁香醛 D(0.21%)、1-壬醇(0.41%)和苯乙醇(0.4%)。

表 1 四季桂花的花香主要物质组成(n=3)

Table 1 Volatile components of *O. fragrans* var. *sempreflorens* flowers (n=3)

保留时间 retention time	化合物名称 compounds	平均相对含量% average relative abundance (%)	分子式 molecular formula
酯类			
18.805	辛酸乙酯	0.30	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>
22.467	壬酸乙酯	0.41	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>
23.457	香叶酸甲酯	10.31	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>
26.180	牻牛儿酸乙酯	29.68	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>
	小计	40.7	
萜类			
11.017	月桂烯	0.12	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>
14.679	芳樟醇氧化物 II	0.26	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>
15.160	芳樟醇	0.92	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O
17.122	氧化橙花醇	0.79	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O
18.038	芳樟醇氧化物 IV	0.76	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>
19.875	顺式-香叶醇	1.18	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O
20.424	顺式-柠檬醛	3.74	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O
21.008	反式-香叶醇	17.86	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O
21.568	反式-柠檬醛	6.17	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O
	小计	31.8	
醛类和醇类			
11.818	(E,E)-2,4-庚二烯醛	0.33	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O
15.389	壬醛	3.40	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O
17.626	紫丁香醛 D	0.21	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>
15.635	苯乙醇	0.40	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O
17.872	1-壬醇	0.41	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O
	小计	4.75	

续表 1

保留时间 retention time	化合物名称 compounds	平均相对含量% average relative abundance (%)	分子式 molecular formula
酮类			
22.667	茶香螺烷	6.09	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O
27.307	$\beta$ -二氢紫罗兰酮	0.31	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O
27.851	香叶基丙酮	1.36	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O
28.881	$\beta$ -紫罗酮	0.56	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O
	小计	8.32	
碳氢化合物			
24.727	megastigma-4,6(E),8(E)-triene	0.16	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>
	总计	85.73	

四季桂花香中鉴定出的酮类化合物约占总量的 8.32%, 包括茶香螺烷(6.09%)、香叶基丙酮(1.36%)、 $\beta$ -紫罗酮(0.56%)和  $\beta$ -二氢紫罗兰酮(0.31%)。Hu 等<sup>[13]</sup>研究发现在, 酮类化合物是金桂(32.67%) 和四季桂 (46.08%) 中含量最丰富的香气物质。紫罗兰酮是一种名贵的香料, 存在  $\alpha$  体,  $\beta$  体和  $\gamma$  体 3 种同分异构体, 因结构上双键位置不同而出现了香味差异,  $\alpha$ -紫罗兰酮具有紫罗兰花和鸢尾花的甜香, 主要应用在香料工业上; 而则  $\beta$ -紫罗兰酮具有较强的生物活性, 特别是对肿瘤具有明显的抑制作用, 主要用于医药工业, 同时该化合物也是合成维生素 A、视黄酸、胡萝卜素的原料<sup>[20]</sup>。

### 3.2 四季桂枝叶挥发性物质分析

利用固相微萃取技术富集四季桂枝叶的香气成分, 经 GC-MS 分析检测得到桂花枝叶挥发性成分的总离子流图如图 2 所示。从枝叶中共检测到 22 种挥发性物质, 结合 NIST 谱库及保留指数共鉴定出 18 种化合物, 约占总量的 64.58%, 同时列出两个相对含量较高的待鉴定的化合物, 如表 2 所示。

从表中可以看出, 除了两种待鉴定的化合物外, 四季桂枝叶中挥发性物质含量最高的为乙酸叶醇酯, 约占总量的 18.38%, 其次为甲氧基乙酸-2-十三烷基酯(6.88%)。王呈仲等<sup>[16]</sup>研究发现桂花枝叶挥发性物质中叶醇(46.72%)和乙酸叶醇酯(31.78%)相对含量最高。四季桂枝叶含量第二丰富的为碳氢化合物, 约占总量的 17.07%, 其中以 4,11-二甲基-十四烷的相对含量最高, 为 5.51%, 其次为 7-甲基-6-十三碳烯(3.59%)和 1-乙基-环己烯(3.08%), 还包括 3 种相对含量在 3%

以下的碳氢化合物。在枝叶中检测到的醛类化合物有 5 种, 其中苯乙醛(5.27%)、(E,E)-2,4-庚二烯醛(3.74%)和苯甲醛(3.01%)相对含量在 3%以上; 检测到的醇类化合物有 4 种, 其中苯乙醇的相对含量最高, 为 5.44%; 另检测到一种酮类化合物:  $\beta$ -二氢紫罗兰酮(1.78%)。

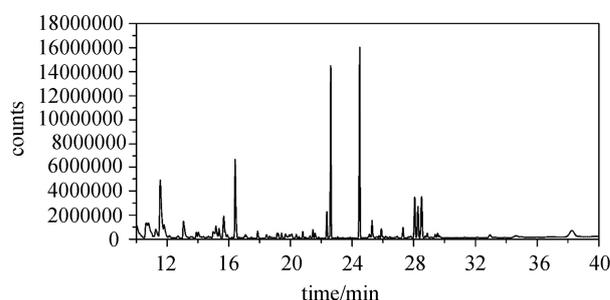


图 2 四季桂枝叶的挥发性物质总离子流图

Fig. 2 TIC of volatile components from *O. fragrans* var. *sempervlorens* leaves

## 4 讨论

桂花香气的组成与桂花种群息息相关。关于桂花挥发性物质的研究比较多, 如 Deng 等<sup>[6]</sup>从金桂和银桂的花中检测到 14 种挥发性物质, 金桂花香主要组成为  $\alpha$ -芳樟醇、 $\beta$ -紫罗兰酮、反式芳樟醇氧化物、顺式芳樟醇氧化物、 $\alpha$ -紫罗兰酮, 银桂花的香气组成主要为  $\beta$ -芳樟醇、 $\alpha$ -芳樟醇、 $\beta$ -紫罗兰酮、 $\alpha$ -紫罗兰酮; 田光辉等<sup>[8]</sup>从衰落的金桂和银桂花中共检测到 59 种香气, 金桂挥发油组分主要有  $\alpha$ -芳樟醇、石竹烯、

表 2 四季桂枝叶的主要挥发性物质组成( $n=3$ )  
Table 2 Volatile components of *O. fragrans* var. *semperflorens* leaves ( $n=3$ )

保留时间 retention time	化合物名称 compounds	平均相对含量% average relative abundance (%)	分子式 molecular formula
酯类			
11.560	乙酸叶醇酯	18.38	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>
28.068	甲氧基乙酸-2-十三烷基酯	6.88	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>3</sub>
	小计	25.26	
醛、醇、酮类			
10.038	苯甲醛	3.01	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O
11.818	(E,E)-2,4-庚二烯醛	3.74	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O
13.071	苯乙醛	5.27	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O
15.377	壬醛	1.50	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O
21.465	顺式-柠檬醛	1.11	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O
14.038	正辛醇	1.11	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O
15.171	芳樟醇	1.41	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O
15.680	苯乙醇	5.44	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O
17.878	1-壬醇	1.23	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O
27.307	-二氢紫罗兰酮	1.78	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O
	小计	25.6	
碳氢化合物			
11.263	1-乙基-环己烯	3.08	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub>
19.428	2, 6-二甲基-十一烷	0.68	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>
22.364	7-甲基-6-十三碳烯	3.59	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>
25.299	2, 6, 10-三甲基-十二烷	2.83	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>
25.900	1-十四烯	1.38	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>
28.274	4,11-二甲基-十四烷	5.51	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>
	小计	17.07	
	总计	67.93	
待鉴定化合物			
24.498	未知 1	26.14	
38.265	未知 2	4.89	

$\beta$ -紫罗兰酮、丁子香酚和  $\alpha$ -萜品醇, 银桂挥发油主要组分为  $\alpha$ -芳樟醇、 $\alpha$ -萜品醇、石竹烯、 $\alpha$ -紫罗兰酮和氧化石竹烯; Wang 等<sup>[11]</sup>发现开花初期的桂花香气主要由  $\beta$ -紫罗兰酮、9,12,15-十八碳三烯酸、9,12,15-十八碳三烯酸甲基酯、4-羟基- $\beta$ -紫罗兰酮、 $\gamma$ -癸内酯和棕榈酸乙基酯组成; 王呈仲等<sup>[16]</sup>采用 SPME 富集桂花香气进行测定, 共鉴定出 41 种挥发性组分, 其

主要组成物质为:  $\beta$ -芳樟醇、 $\beta$ -紫罗兰酮、反式-香叶醇、反式芳樟醇氧化物(呋喃)和顺式芳樟醇氧化物(呋喃); 曹慧等<sup>[10]</sup>采用 SPME 结合 GC-MS 分析发现新鲜桂花的香气主要由罗勒烯、4-己烯基乙酸酯、顺式-芳樟醇氧化物, 反式-芳樟醇氧化、 $\beta$ -芳樟醇、 $\alpha$ -紫罗兰酮、 $\beta$ -紫罗兰酮和  $\gamma$ -癸内酯组成; Xin 等<sup>[15]</sup>从四种桂花品种群中检测到 66 种香气成分, 发现丹桂的花

香中顺式-反式-芳樟醇氧化物(呋喃)含量很高, 而银桂的花香则以 (E)-2-己烯醛和(Z)-3-己烯 1-醇为主。

目前对桂花中四季桂品种群的花香的研究相对于其他品种而言比较少。本研究中鉴定出的四季桂花香成分有 23 种, 主要由牻牛儿酸乙酯、反式-香叶醇、香叶酸甲酯、反式-柠檬醛、顺式-柠檬醛、茶香螺烷及壬醛组成, 与文献报道的四季桂花香气组分有相同的, 也有差异。Hu 等<sup>[13]</sup>研究发现四季桂中酮类化合物是香气成分中含量最丰富(46.08%)的香气物质; 金荷仙等<sup>[21]</sup>采用活体植株动态顶空捕集四季桂品种群的‘佛顶珠’香气成分, 结果表明四季桂花中芳樟醇和  $\beta$ -紫罗兰酮成分含量较高; 孙宝军等<sup>[14]</sup>研究发现四季桂品种群的 2 个品种中主要香气成分为 *r*-癸内酯、 $\beta$ -紫罗酮、 $\alpha$ -紫罗酮、二氢乙位紫罗兰酮、芳樟醇、顺式芳樟醇化合物和反式芳樟醇氧化物; 林富平等<sup>[22]</sup>采用动态顶空气体循环采集法和 TDS-GC-MS 联用技术对四季桂的香气成分进行了研究, 发现四季桂花香气主要为  $\beta$ -紫罗兰酮(15.7%)、 $\alpha$ -紫罗兰酮(8.2%)、 $\beta$ -蒎烯(7.2%)和(Z)- $\beta$ -罗勒烯(6.7%)。

对于桂花枝叶挥发性物质的研究却很少, 王呈仲等<sup>[16]</sup>采用 SPME 与 GC-MS 联用对桂花枝叶的挥发性物质组成进行分析, 鉴定出 20 种化合物, 只有 3 种组分的相对含量超过 3%, 依次为叶醇(46.72%), 乙酸叶醇酯(31.78%), 长叶烯(3.01%)。马世峰等<sup>[17]</sup>采用活体植物动态顶空套袋法与 TDS/GC/MS 联用对桂花枝叶挥发性有机物动态变化进行分析, 共鉴定出 64 种化合物, 以乙酸叶醇酯、二氢香茅醇、Z-罗勒烯、癸醛和壬醛为主(相对含量高于 3%)。本研究中从四季桂枝叶中鉴定的挥发性物质含量高于 3% 的有 8 个, 最高的为乙酸叶醇酯(18.38%)。

本研究所报道的桂花的花香和枝叶挥发性物质与前面报道的组分有部分相同的, 也存在一些差异, 归因于种类、地域和来源以及实验方法的不同。本研究结果将为进一步开发利用我国的桂花资源提供科学依据。

#### 参考文献

- [1] Ômura, H, Honda K, Hayashi N. Floral scent of *Osmanthus fragrans* discourages foraging behavior of cabbage butterfly *Pieris rapae* [J]. *J Chem Ecol*, 2000, 26: 655–666.
- [2] Hu CD, Liang YZ, Li XR, *et al.* Essential oil composition of *Osmanthus fragrans* varieties by GC-MS and heuristic evolving latent projections [J]. *Chromatogr*, 2000, 70: 1163–1169.
- [3] Duke JA, Ayensu ES. Medicinal plants of China [M]. Algonac: Reference Publications, Inc, 1984.
- [4] 杨志萍, 姚卫蓉, 钱和.  $\beta$ -D-葡萄糖苷酶对桂花香气成分的影响[J]. *精细化工*, 2005, 22(12): 924–926.  
Yang ZP, Yao WR, Qian H. Effect of  $\beta$ -D-glucosidase on aromatic compounds of sweet *Osmanthus* [J]. *Fine Chem*, 2005, 22(12): 924–926.
- [5] Kaiser, R. New and uncommon volatile compounds in floral scents. Pp. 135–168 in K. H. C. Baser (ed.), *Flavours, fragrances and essential oils*. Proc. 13th Int. Congr. Flavours, Fragrances and Essential Oils, Istanbul, Turkey, 15–19 Oct 1995, vol. 2.
- [6] Deng CH, Song GX, Hu YM. Application of HS-SPME and GC-MS to characterization of volatile compounds emitted from *Osmanthus* flowers [J]. *Annali Di Chim*, 2004, 94: 921–927.
- [7] Li ZG, Cao H, Zhu GH, *et al.* Study on chemical constituents of fragrance released from fresh flowers of three different *Osmanthus fragrans* Lour. during different florescences [J]. *Chem Ind Forest Prod*, 2008, 28: 75–80.
- [8] 田光辉, 刘存芳, 辜天琪, 等. 衰落桂花香气成分的 GC-MS 分析[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(17): 7214–7216.  
Tian GH, Liu CF, Gu TQ, *et al.* Analysis of aroma components from the senescence flowers of *Osmanthus fragrans* by GC-MS [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2008, 36(17): 7214–7216.
- [9] 杨雪云, 赵博光, 刘秀华, 等. 金桂银桂鲜花挥发性成分的顶空固相微萃取 GC-MS 分析[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2008, 32(4): 86–90.  
Yang XY, Zhao BG, Liu XH, *et al.* Analysis of volatile compounds from the fresh flowers of *Osmanthus fragrans* var. *thunbergii* and *O. fragrans* var. *latifolius* by SPME and GC-MS [J]. *J NanJing Fore Univ (Nat Sci Edit)*, 2008, 32(4): 86–90.
- [10] 曹慧, 李祖光, 沈德隆. 桂花品种香气成分的 GC/MS 指纹图谱研究[J]. *园艺学报*, 2009, 36(3): 391–398.  
Cao H, Li ZG, Shen DL. GC/MS fingerprint analysis of *Osmanthus fragrans* Lour. in different varieties [J]. *Acta Horti Sin*, 2009, 36(3): 391–398.
- [11] Wang LM, Li MT, Jin WW, *et al.* Variations in the components of *Osmanthus fragrans* Lour. essential oil at different stages of flowering [J]. *Food Chem*, 2009, 114: 233–236.
- [12] 杨宇婷, 武晓红, 田璞玉, 等. 桂花(晚金桂、贵妃红和窈窕淑女)挥发性成分分析[J]. *河南大学学报(医学版)*, 2010, 29(1): 13–16.  
Yang YT, Wu XH, Tian PY, *et al.* On the volatile components in *Osmanthus fragrans* (Wanyingui, Guifeihong and Yaotiaoshunv) [J]. *J Henan Univ (Med Sci)*, 2010, 29(1): 13–16.
- [13] Hu BF, Guo XL, Xiao P, *et al.* Chemical composition comparison of the essential oil from four groups of *Osmanthus fragrans* Lour.

- Flowers [J]. *J Essent Oil Bear Plant*, 2012, 15: 832–838.
- [14] 孙宝军, 李黎, 韩远记, 等. 上海桂林公园桂花芳香成分的 HS-SPME-GC-MS 分析[J]. *福建林学院学报*, 2012, 32(1): 39–42.
- Sun BJ, Li L, Han YJ, *et al.* HS-SPME-GC-MS analysis of different *Osmanthus fragrans* cultivars from Guilin Garden in Shanghai [J]. *J Fujian College Fore*, 2012, 32(1): 39–42.
- [15] Xin H, Wu B, Zhang H, *et al.* Characterization of volatile compounds in flowers from four groups of sweet *osmanthus* (*Osmanthus fragrans*) cultivars [J]. *Can J Plant Sci*, 2013, 93: 923–931.
- [16] 王呈仲, 苏越, 郭寅龙. 顶空-气相色谱-质谱联用分析桂花和叶中挥发性成分[J]. *有机化学*, 2009, 29(6): 948–955.
- Wang CZ, Su Y, Guo YL. Analysis of the volatile components from flowers and leaves of *osmanthus fragrans* Lour. by head-space-GC-MS [J]. *Chinese J Organ Chem*, 2009, 29(6): 948–955.
- [17] 马世峰, 冯青, 张汝民, 等. 桂花枝叶挥发性有机物成分动态分析[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(18): 9485–9488.
- Ma SF, Feng Q, Zhang RM, *et al.* Dynamic analysis of volatile organic compounds from Branche and leaves of *Osmanthus fragrans* (Thumb.) Lour [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2010, 38(18): 9485–9488.
- [18] Van den Dool H, Kratz PD. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography [J]. *J Chromatogr A*, 1963, 11: 463–471.
- [19] 孙向荣, 刘家仁.  $\beta$ -紫罗兰酮的生物活性研究进展[J]. *毒理学杂志*, 2008, 22(6): 477–480.
- Sun XR, Liu JR. Research of the bioactivity of  $\beta$ -ionone [J]. *J Toxicol*, 2008, 22(6): 477–480.
- [20] 孙立宏, 孙立明. 香叶醇的研究进展[J]. *西北药学杂志*, 2009, 25(5): 428–443.
- Sun LH, Sun LM. Research of geraniol [J]. *Northwest Pharm J*, 2009, 25(5): 428–443.
- [21] 金荷仙, 郑华, 金幼菊, 等. 杭州满陇桂雨公园 4 个桂花品种香气组分的研究[J]. *林业科学研究*, 2006, 19(05): 612–615.
- Jin HX, Zheng H, Jin YJ, *et al.* Research on major volatile components of 4 *Osmanthus fragrance* cultivars in Hangzhou Manlong Guiyu park [J]. *Forest Res*, 2006, 19(05): 612–615.
- [22] 林富平, 马桶, 周帅, 等. 4 个桂花品种鲜花挥发物成分 TDS-GC-MS 分析[J]. *内蒙古农业大学学报*, 2012, 33(2): 47–51.
- Lin FP, M N, Zhou S, *et al.* TDS-GC-MS analysis of volatile organic compounds from the fresh flowers of four *Osmanthus fragrans* varieties [J]. *J Inner Mongolia Agric Univ*, 2012, 33(2): 47–51.

(责任编辑: 杨翠娜)

## 作者简介



张海峰, 硕士, 研究员, 主要研究方向为科研管理。

E-mail: 13600828002@139.com

刘波, 博士, 研究员, 主要研究方向为微生物生物技术与农业生物药物。

E-mail: fzliubo@163.com