

木兰科 4 种植物鲜花挥发物成分分析

丁倩倩¹, 吴兴波¹, 刘芳¹, 许改平¹, 郑洁¹, 高岩²

(1. 浙江农林大学 园林学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 为了探究木兰科 Magnoliaceae 几种常用园林绿化植物鲜花挥发物 (VOCs) 成分组成, 采用活体动态顶空采集法与热脱附-气相色谱-质谱联用技术相结合, 分析了二乔玉兰 *Magnolia soulangeana*, 紫玉兰 *Magnolia liliflora*, 飞黄玉兰 *Magnolia denudata* 'Feihuang' 和深山含笑 *Michelia maudiae* 鲜花 VOCs 成分。结果表明: 二乔玉兰含有顺-罗勒烯 (27.59%), β -蒎烯 (14.34%) 和芳樟醇 (12.90%) 等 15 种萜类化合物, 占总量的 92.60%; 紫玉兰鲜花释放的 VOCs 以萜类化合物为主, 主要包括月桂烯 (21.98%), 桉叶烯 (10.16%) 和柠檬烯 (8.12%) 等 22 种化合物, 占总量的 71.72%; 飞黄玉兰主要释放紫苏烯 (62.46%), 顺-芳樟醇氧化物 (9.56%) 和顺-马鞭草烯酮 (7.54%) 等化合物; 深山含笑花释放的 VOCs 中苯甲酸甲酯 (65.31%) 占有最高比例, 其次是萜烯 (4.41%) 和 2-甲基丁酸 (3.76%)。图 2 表 1 参 22

关键词: 植物学; 木兰科; 鲜花; 挥发物; 热脱附-气相色谱-质谱

中图分类号: S718.4; Q682.0 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2013)04-0477-07

Volatile organic compounds in flowers of four Magnoliaceae species

DING Qianqian¹, WU Xingbo¹, LIU Fang¹, XU Gaiping¹, ZHENG Jie¹, GAO Yan²

(1. School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To measure and understand the constituents of volatile organic compounds (VOCs), flower VOCs from *Magnolia soulangeana*, *Magnolia liliflora*, *Magnolia denudata* 'Feihuang', and *Michelia maudiae* were collected using the dynamic headspace air-circulation method and analyzed with thermal desorption system-gas chromatography/mass spectrometry (TDS-GC-MS). Results showed that the major compositions were as follows: *Magnolia soulangeana* emitted 15 types of terpenoids, mainly as cis-ocimene (relative content of 27.59%), β -pinene (14.43%), and linalool (12.90%), accounting for 92.60% of total VOCs; *Magnolia liliflora* emitted 22 types of terpenoids, as myrcene (21.98%), selinene (10.16%), and limonene (8.12%), comprising 71.72% of the total VOCs; *Magnolia denudata* 'Feihuang' emitted perillene (62.46%), cis-linalool oxide (9.56%), and cis-verbenone (7.54%) making a total of 79.6%; and *Michelia maudiae* chiefly emitted methyl benzoate (65.31%). [Ch, 2 fig. 1 tab. 22 ref.]

Key words: botany; Magnoliaceae; flowers; VOCs; TDS-GC-MS

木兰科 Magnoliaceae 植物二乔玉兰 *Magnolia soulangeana*, 紫玉兰 *Magnolia liliflora*, 飞黄玉兰 *Magnolia denudata* 'Feihuang' 和深山含笑 *Michelia maudiae* 具有生长较快、适应性强、材质好、寿命长等优点, 又因其树姿优美多态, 花色艳丽, 花香宜人, 有“玉香海”的美称^[1], 具有很高的观赏价值。它们是江浙一带常用的行道树种, 在优化园林景观, 保护生态环境, 改善居住条件等方面占有举足轻重的地位。植物挥发物 (VOCs) 是植物生长中重要的次生代谢产物, 也是园林植物配置的重要指标之一。国内

收稿日期: 2012-07-03; 修回日期: 2012-10-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30760193); 浙江农林大学科研发展基金资助项目 (2010FR057)

作者简介: 丁倩倩, 从事园林植物研究。E-mail: 1511401942@qq.com。通信作者: 高岩, 教授, 博士, 从事植物发育生理研究。E-mail: gaoyan1960@sohu.com

外对VOCs的化学成分的研究有诸多报道^[2-5],对木兰科VOCs的报道却很少。宁坚刚等^[6]采用水蒸汽蒸馏和气相色谱-质谱联用技术发现白玉兰 *Magnolia denudata* 鲜花挥发油以桉叶油素、松油醇、苯乙醇等为主要成分;马惠芬等^[7]采用蒸馏萃取法和毛细管气相色谱-质谱联用法从黄兰 *Michelia champaca* 鲜花中鉴定出 β -芳樟醇、桉叶醇、 β -榄香烯等主要成分。植物释放的VOCs种类与含量的报道不同,是由于实验方法不同和种属遗传特性差异引起的。动态顶空采集法和热脱附-气相色谱-质谱(TDS-GC-MS)联用技术是目前对植物VOCs收集、分离和鉴定最为有效方法之一。它能够采集活体植物释放的VOCs,并对小分子、易挥发的微量化合物进行定性分析,测定结果能够较真实地反映被测植物当时VOCs的组成比例及含量^[8]。迄今,关于木兰科这4种植物鲜花VOCs尚无报道。为此,本研究通过动态顶空气体循环采集法与热脱附-气相色谱-质谱联用技术(TDS-GC-MS)对以上4种植物鲜花VOCs组成进行分析,为城市园林规划设计中的树种选择和综合利用木兰科植物资源提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试树种为二乔玉兰、飞黄玉兰、紫玉兰和深山含笑,均栽培于浙江农林大学东湖校区玉兰园,选择生长势一致,健壮,树高5~6 m,树龄约10~15 a,无病虫害,花朵繁茂的盛花期植株为测定株。

1.2 VOCs的采集

于2012年3月15~30日进行鲜花VOCs的采集,时间固定在上午9:00~11:00,选择晴朗无风的天气,选用QC-1型大气采样仪(北京市劳动保护科学研究所),采用动态顶空气体循环采集法采集VOCs。采集过程为将花枝放进密闭的采气袋,迅速抽空袋内空气后充入过滤空气,密闭系统进行循环采集活体鲜花VOCs。采集过程确保在无损伤花朵状态下进行。VOCs的采集选取3株·树种⁻¹,每重复3次·株⁻¹,在相同时间进行。同时以空袋采集作为对照实验。采气袋容积为0.1 m³,采气时间为25 min。

1.3 VOCs成分分离鉴定

本实验采用热脱附-气相色谱-质谱联用技术分析木兰科4种乔木鲜花挥发物成分,仪器及参数设置条件参考高岩^[9]的方法。TDS(TDS-3型,德国Gerstel公司)条件:系统载气压力20 kPa;进样口温度250℃;脱附温度250℃(10 min);冷阱温度-100℃(保持3 min);冷阱进样时温度骤然升温至260℃。色谱(GC7890A,美国Agilent公司)条件:色谱柱为30.00 m × 250.00 μ m × 0.25 μ m的HP-5MS柱;程序升温:初始温度40℃,保持4 min后以6℃·min⁻¹的速率升至250℃,保持3 min后以10℃·min⁻¹的速率升温到270℃,保持5 min。质谱(MS5975C,美国Agilent公司)条件:电离方式为EI,电子能量为70 eV,质量范围为28~450,接口温度为280℃,离子源温为230℃,四级杆温度为150℃。

1.4 数据分析

数据处理与质谱检索:采用气质联用仪计算机的NIST 2008谱库,并结合手工检索、定性分析组分的质谱数据;利用总离子流峰面积归一化法,计算其组分的相对含量^[10]。实验结果中的数据是扣除空气中的杂质所得。

2 结果与分析

2.1 木兰科4种植物鲜花VOCs成分分析

木兰科4种植物鲜花释放的VOCs通过TDS-GC-MS分析(图1),扣除本底空气中的杂质后,共鉴定出62种化合物(表1)。其中二乔玉兰鉴定出18种化合物,主要成分为萜类化合物,包括顺-罗勒烯(27.59%), β -蒎烯(14.34%)和芳樟醇(12.90%)等15种化合物,占VOCs总量的92.60%;紫玉兰检测出43种化合物,主成分是月桂烯(21.98%),桉叶烯(10.16%)和柠檬烯(8.12%)等22种萜类化合物,占VOCs总量的71.72%;飞黄玉兰检测出31种化合物,主要成分是紫苏烯(62.46%),顺-芳樟醇氧化物(9.56%)和顺-马鞭草烯酮(7.54%)等,此植物VOCs组分中,相对含量大于1.00%的化合物占VOCs总量的89.93%;深山含笑含有39种化合物,主要成分是脂类化合物,如苯甲酸甲酯(65.31%)等,此植物VOCs组分中,相对含量大于1.00%的化合物占VOCs总量的87.63%。

4种木兰科植物鲜花VOCs的共有成分是 α -蒎烯、 β -蒎烯、月桂烯、水芹烯等11种化合物,分别

占二乔玉兰、紫玉兰、飞黄玉兰和深山含笑 VOCs 总量的 74.51%，38.70%，6.69%，16.59%。二乔玉兰以香桉烯、3-萜烯为特有成分，紫玉兰特有成分为菖蒲烯、乙酸香茅酯等 10 种化合物，飞黄玉兰特有成分为顺-马鞭草烯酮、3-萜烯-10-醛等 6 种化合物，深山含笑以惕各酸甲酯、己醇等 5 种化合物为特有成分，其特有成分含量分别占 VOCs 总量的 9.33%，18.73%，15.11%，1.54%。

2.2 木兰科 4 种植物鲜花的 VOCs 种类及差异性比较

4 种植物鲜花 VOCs 种类和相对含量存在显著差异(图 2)。二乔玉兰共有 3 类化合物，萜类 15 种(92.60%)，醇类 1 种(5.33%)，烃类 2 种(2.07%)，是化合物种类最少的一种乔木；紫玉兰含有萜类、烃类、醛类等 9 类化合物：萜类 22 种(71.72%)，脂类 3 种(4.77%)，醛类 7 种(7.21%)，酮类 2 种(1.88%)，醇类 3 种(2.22%)，烃类 4 种(9.64%)，醚类 1 种(1.18%)，含氮化合物 1 种(1.38%)；飞黄玉兰包括萜类、酮类、醛类等 6 类化合物：萜类 17 种(81.68%)，

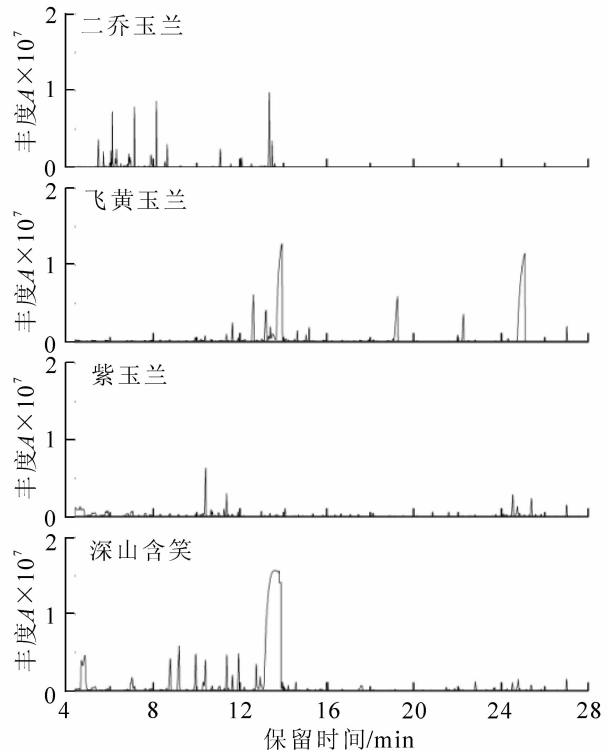


图 1 木兰科 4 种乔木鲜花挥发物总离子流
Figure 1 Total ion current (TIC) of volatile from flowers of 4 Magnoliaceae tree species

表 1 木兰科 4 种植物鲜花 VOCs 成分分析结果

Table1 Constituents of volatile from flowers of four Magnoliaceae trees species

保留时间/min	挥发性有机物	化学式	峰面积 A×10 ⁶			
			二乔玉兰	飞黄玉兰	紫玉兰	深山含笑
4.62	2-甲基乙酸 isobutyl acetate	C ₆ H ₁₂ O ₂	—	—	1.66	—
4.69	2-甲基丁酸 butyric acid,2-methyl	C ₆ H ₁₂ O	—	—	—	17.75
5.20	己醛 hexanal	C ₁₀ H ₁₆	—	0.34	1.65	1.27
6.05	香桉稀 sabinene	C ₆ H ₁₂ O	3.43	—	—	—
6.80	(Z)-3-己烯-1-醇 3-hexen-1-ol,(Z)-	C ₆ H ₁₀ O ₂	—	—	—	0.69
6.95	惕各酸甲酯 methyl tiglate	C ₆ H ₁₄ O	—	—	—	2.59
7.13	己醇 hexanol	C ₆ H ₁₂ O	—	—	—	1.94
7.60	3-萜烯 3-carene	C ₁₀ H ₁₆	0.72	—	—	—
7.65	壬烯 nonene	C ₉ H ₁₈	—	—	—	1.16
7.83	壬烷 nonane	C ₉ H ₂₀	—	—	0.90	—
7.95	庚醛 heptanal	C ₇ H ₁₄ O	—	0.49	0.39	0.80
8.34	茴香醚 anisole	C ₇ H ₈ O	—	0.96	0.97	—
8.61	甲基己酸 methyl caproate	C ₇ H ₁₄ O ₂	—	0.36	—	1.00
8.78	α-蒎烯 α-pinene	C ₁₀ H ₁₆	0.19	0.79	1.29	15.63
9.17	茨烯 camphene	C ₁₀ H ₁₆	—	—	0.90	20.81
9.95	β-蒎烯 β-pinene	C ₁₀ H ₁₆	6.38	1.71	0.58	14.90
10.30	6-甲基-5-庚烯-2-酮 5-hepten-2-one,6-methyl-	C ₈ H ₁₄ O	—	—	1.06	3.36

表1 (续)

保留时间/min	挥发性有机物	化学式	峰面积 $A \times 10^6$			
			二乔玉兰	飞黄玉兰	紫玉兰	深山含笑
10.41	月桂烯 myrcene	$C_{10}H_{16}$	2.10	2.11	18.14	11.12
10.72	水芹烯 phellandrene	$C_{10}H_{16}$	0.19	0.40	1.52	1.53
11.05	α -萜品烯 α -terpinene	$C_{10}H_{16}$	—	0.37	1.42	1.50
11.26	伞花烃 cymene	$C_{10}H_{14}$	0.63	—	2.47	0.74
11.38	柠檬烯 limonene	$C_{10}H_{16}$	3.18	2.38	6.70	12.37
11.46	桉叶素 eucalyptol	$C_{10}H_{18}O$	2.37	0.33	0.61	0.93
11.64	反-罗勒烯 trans-ocimene	$C_{10}H_{16}$	0.83	6.04	0.63	5.07
11.92	顺-罗勒烯 cis-ocimene	$C_{10}H_{16}$	12.27	1.15	1.17	12.66
12.19	γ -萜品烯 γ -terpinene	$C_{10}H_{16}$	—	0.54	0.24	1.23
12.23	D-香芹酮 D-carvone	$C_{10}H_{14}O$	—	0.93	—	—
12.63	顺-芳樟醇氧化物 cis-linalool oxide	$C_{10}H_{18}O_2$	—	22.91	—	0.86
12.92	反-芳樟醇氧化物 trans-linalyl oxide	$C_{10}H_{18}O_2$	—	1.12	—	3.92
12.97	萜品油烯 terpinolene	$C_{10}H_{16}$	0.33	—	—	1.35
13.20	顺-马鞭草烯酮 cis-verbenone	$C_{10}H_{14}O$	—	18.06	—	—
13.31	芳樟醇 linalool	$C_{10}H_{18}O$	5.74	2.42	—	—
13.40	松香芹酮 pinocarvone	$C_{11}H_{18}$	—	5.22	—	—
13.15	苯甲酸甲酯 methyl benzoate	$C_8H_8O_2$	—	—	0.29	307.96
13.38	壬醛 nonanal	$C_{10}H_{14}O$	—	—	0.80	—
13.50	3-萜烯-10-醛 3-carene-10-al	$C_{11}H_{18}$	—	6.89	—	—
13.69	紫苏烯 perillene	$C_{10}H_{14}$	—	149.66	0.77	2.56
14.23	1,3,8-对-薄荷三烯 1,3,8-p-menthatriene	$C_{10}H_{18}O$	—	0.64	—	1.31
14.44	异蒲勒醇 isopulegol	$C_{10}H_{14}O$	—	1.95	0.29	—
14.65	紫苏醛 perillyl aldehyde	$C_{10}H_{14}O$	—	2.74	—	—
15.19	藏花醛 safranal	$C_{10}H_8$	—	3.98	—	—
15.36	甘菊环烃 azulene	$C_{10}H_{12}O$	0.29	—	0.80	—
15.82	小茴香醛 cumaldehyde	$C_{10}H_{20}O$	—	0.53	0.55	—
15.98	癸醛 decanal	$C_{10}H_{14}O$	—	1.12	0.43	2.71
16.38	优香芹酮 eucarvone	$C_{10}H_{20}O$	—	—	0.49	—
16.66	香茅醇 cephrol	$C_{10}H_{16}O$	—	—	0.93	—
17.08	柠檬醛 citral	$C_6H_{11}NO$	—	—	0.75	—
17.47	己内酰胺 caprolactam	$C_{10}H_{16}O$	—	—	1.14	4.82
18.13	牻牛儿醛 geranial	$C_{12}H_{22}O_2$	—	—	1.38	—
20.88	乙酸香茅酯 citronellyl acetate	$C_{15}H_{24}$	—	—	1.99	—
21.57	依兰稀 ylangene	$C_{15}H_{24}$	—	—	1.65	1.16
21.85	法尼烯 farnesene	$C_{14}H_{28}$	5.37	0.55	0.63	0.78
21.99	7-十四(碳)烯 7-tetradecene	$C_{15}H_{24}$	—	2.37	—	0.69
22.79	石竹烯 caryophyllene	$C_{15}H_{24}$	0.26	0.56	0.67	3.23
23.59	葎草烯 humulene	$C_{10}H_{16}$	—	—	0.24	0.93
23.64	丙酮香叶酯 nerylacetone	$C_{13}H_{22}O$	—	—	—	0.88

表 1 (续)

保留时间/min	挥发性有机物	化学式	峰面积 $A \times 10^6$			
			二乔玉兰	飞黄玉兰	紫玉兰	深山含笑
24.09	紫穗槐烯 amorphene	$C_{15}H_{24}$	—	—	0.89	—
24.25	白菖油萜 calarene	$C_{15}H_{24}$	—	—	0.62	—
24.52	桉叶烯 eudesmene	$C_{15}H_{24}$	0.07	—	8.39	2.67
24.73	芹子稀 selinene	$C_{15}H_{24}$	0.13	—	4.98	1.04
25.26	古芸烯 elemene	$C_{15}H_{24}$	—	—	0.26	1.89
25.38	菖蒲烯 calamenene	$C_{15}H_{22}$	—	—	6.18	—
25.58	毕澄茄油烯 cubebene	$C_{15}H_{24}$	—	—	1.33	—
27.00	4,6-二甲基十二烷 dodecane,4,6-dimethyl-	$C_{14}H_{30}$	—	—	3.79	3.71

说明：“—”表示未检出。

醛类 7 种 (6.71%)，酮类 3 种 (10.10%)，醇类 2 种 (0.95%)，酸类 1 种 (0.15%)，醚类 1 种 (0.40%)；深山含笑含有脂类、萜类、酸类等 8 类化合物：萜类 23 种 (25.28%)，脂类 3 种 (66.05%)，醛类 3 种 (1.01%)，酮类 1 种 (0.71%)，醇类 3 种 (0.76%)，烃类 3 种 (1.19%)，酸类 2 种 (3.98%)，含氮化合物 1 种 (1.02%)。萜类化合物含量最高的是二乔玉兰，其含量分别是紫玉兰、飞黄玉兰和深山含笑的 1.29 倍、1.13 倍、3.66

倍。在深山含笑 VOCs 中脂类化合物相对含量最高，其含量是紫玉兰的 13.85 倍，在飞黄玉兰和二乔玉兰中未检测到。其他 7 类化合物，在二乔玉兰、飞黄玉兰和深山含笑中所占比例很小或未检测到。

3 结论与讨论

植物释放的 VOCs 是由多种化合物组成的混合物，而此混合物的化学组成、组成比例以及释放速率具有多样性、复杂性和时间上的可变性，并且与植物自身条件 (如植物的种类、自身结构特点、生理状态和树木的树龄等) 有密切关系^[10]。Gao 等^[10]对 5 个针叶树种 VOCs 的研究表明：不同树种 VOCs 种类和含量不同；赵印泉等^[11]分析了相同生长条件下 5 个生长阶段的梅花 *Prunus mume* 鲜花 VOCs 成分，表明同种植物不同生长阶段鲜花 VOCs 的种类和含量具明显变化；林富平等^[12]对 4 个桂花 *Osmanthus fragrans* 品种鲜花 VOCs 进行研究，证实桂花不同品种鲜花 VOCs 的成分及含量不同；高群英等^[13]对 3 种菊科 *Asteraceae* 植物香气成分研究发现，同科不同属植物鲜花 VOCs 存在较大差异。本研究中木兰科 4 种植物鲜花 VOCs 的研究表明：同科不同属的植物鲜花 VOCs 主要成分类型和相对含量差异很大。

已有研究表明，萜类化合物对人体具有调节神经系统、镇静大脑^[14]，促进心血管系统循环，降低心血管疾病发生的保健作用^[15]，还具有杀菌抑菌、净化空气等生态功能^[9,16]。罗勒烯具有解除人的紧张和疲劳，促进身心健康之功效^[17]；月桂烯、 β -蒎烯能够祛痰镇咳^[15]；柠檬烯可以缓解胃灼热^[18]，也是重要的防癌化合物^[13,19-20]；蒎烯能抗高血脂、增强免疫力^[21]。其中二乔玉兰鲜花主要含顺-罗勒烯，飞黄玉兰鲜花主成分含有反-罗勒烯，紫玉兰鲜花 VOCs 主要含月桂烯、柠檬烯，深山含笑鲜花以蒎烯、 α -蒎烯和顺-罗勒烯为主，说明这 4 种植物鲜花 VOCs 在不同程度上都能对人体健康有促进作用。月桂烯、 β -蒎烯能抗真菌^[11]；柠檬烯能够驱虫^[22]； α -蒎烯、芳樟醇具有明显抑制细菌生长，改善空气质量的作用^[8,13]，说明飞黄玉兰、紫玉兰、深山含笑可能在抑制微生物、净化空气方面有很高价值。深山含笑中苯甲酸甲

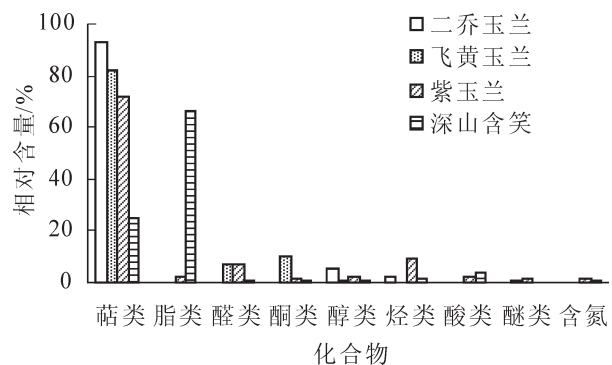


图 2 4 种木兰科植物鲜花挥发物种类的含量变化

Figure 2 Variation of VOCs in flowers of 4 Magnoliaceae tree species

酯相对含量高达 65.31%，它是一种性质稳定、香味强烈，可用于香料工业的酯类化合物，因此可以推测其除了可以用于园林绿化，还适合用于香精的提取和配制。通过对 4 种树木鲜花 VOCs 的分析，检测出的组分都是有益成分，未发现含有对人体健康不利的成分，因此，建议这 4 种植物应多用于园林绿化，尤其在公园小区、文化广场等人口密集地，减少大气污染对人类的威胁和对环境的影响，发挥其保健作用和提高空气质量的作用。

参考文献：

- [1] 姜卫兵, 曹晶, 李刚, 等. 我国木兰科观赏新树种的开发及在园林绿化中的应用[J]. 上海农业学报, 2005, **21**(2): 68 - 73.
JIANG Weibing, CAO Jing, LI Gang, *et al.* The development of new species in Magnoliaceae and the application in landscaping [J]. *Acta Agric Shanghai*, 2005, **21**(2): 68 - 73.
- [2] 左照江, 张汝民, 王勇, 等. 冷蒿挥发性有机化合物主要成分分析及其地上部分结构研究[J]. 植物生态学报, 2010, **34**(4): 462 - 468.
ZUO Zhaojiang, ZHANG Rumin, WANG Yong, *et al.* Analysis of main volatile organic compounds and study of aboveground structures in *Artemisia frigida* [J]. *Acta Phytocol Sin*, 2010, **34**(4): 462 - 468.
- [3] 张凤娟, 李继泉, 徐兴友, 等. 皂荚和五角枫挥发性物质组成及其对空气微生物的抑制作用[J]. 园艺学报, 2007, **34**(4): 973 - 978.
ZHANG Fengjuan, LI Jiquan, XU Xingyou, *et al.* The volatiles of two greening tree species and the antimicrobial activity [J]. *Acta Horti Sin*, 2007, **34**(4): 973 - 978.
- [4] FRANCIS J A, RUMBEIHA W, NAIR M G. Constituents in easter lily flowers with medicinal activity [J]. *Life Sci*, 2004, **76**(6): 671 - 683.
- [5] PICHERSKY E, GERSHENZON J. The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense [J]. *Curr Opin Plant Biol*, 2002, **5**(3): 237 - 243.
- [6] 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): 65 - 68.
NING Jiangan, WEI Yongsheng. Chemical composition in *Magnolia denudata* using GC/MS [J]. *J Qinghai Norm Univ Nat Sci*, 2005(3): 65 - 68.
- [7] 马惠芬, 司马永康, 郝佳波, 等. 黄兰挥发油的化学成分[J]. 精细化工, 2012, **29**(3): 41 - 44.
MA Huifen, SIMA Yongkang, HAO Jiabo, *et al.* The chemical constituents in the volatile oils from *Michelia champaca* [J]. *Fine Chem*, 2012, **29**(3): 41 - 44.
- [8] 马楠, 周帅, 林富平, 等. 5 种绿篱植物挥发性有机化合物成分分析[J]. 浙江农林大学学报, 2012, **29**(1): 137 - 142.
MA Nan, ZHOU Shuai, LIN Fuping, *et al.* Volatile organic compounds of five hedgerow plants in Hangzhou [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2012, **29**(1): 137 - 142.
- [9] 高岩. 北京市绿化树木挥发性有机物释放动态及其对人体健康的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.
GAO Yan. *Releasing Variation and Effects on Human Health of Volatile Organic Compounds from Landscape Trees in Beijing* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2005.
- [10] GAO Yan, JIN Youju, LI Haidong, *et al.* Volatile organic compounds and their roles in bacteriostasis in five conifer species [J]. *J Integrat Plant Biol*, 2005, **47**(4): 499 - 507.
- [11] 赵印泉, 潘会堂, 张启翔, 等. 梅花花朵香气成分时空动态变化的研究[J]. 北京林业大学学报, 2010, **32**(4): 201 - 206.
ZHAO Yinquan, PAN Huitang, ZHANG Qixiang, *et al.* Dynamics of fragrant compounds from *Prunus mume* flowers [J]. *J Beijing For Univ*, 2010, **32**(4): 201 - 206.
- [12] 林富平, 马楠, 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 Fuping, MA Nan, ZHOU Shuai, *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.
- [13] 高群英, 高岩, 张汝民, 等. 3 种菊科植物香气成分的热脱附气质联用分析[J]. 浙江农林大学学报, 2011, **28**

- (2): 326 – 332.
- GAO Qunying, GAO Yan, ZHANG Rumin, *et al.* Aromatic composition in three plant species using TDS-GC-MS [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2011, **28**(2): 326 – 332.
- [14] PAPIEZ M R, POTOSNAK M J, GOLIFF W S, *et al.* The impacts of reactive terpene emissions from plants on air quality in Las Vegas, Nevada [J]. *Atmos Environ*, 2009, **43**(27): 4109 – 4123.
- [15] HOSSAIN S J, AOSHIMA H, KODA H, *et al.* Fragrances in Oolong tea that enhance the response of GABAA receptors[J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2004, **68**(9): 1842 – 1848.
- [16] ALVAREZ-CASTELLANOS P P, BISHOP C D, PASCUAL-VILLALOBOS M J. Antifungal activity of the essential oil of flowerheads of garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium*) against agricultural pathogens [J]. *Phytochemistry*, 2001, **57**(1): 99 – 102.
- [17] PRAKASH P, GUPTA N. Therapeutic uses of *Ocimum sanctum* Linn. (Tulsi) with a note on eugenol and its pharmacological actions: a short review [J]. *Indian J Physiol Pharm*, 2005, **49**(2): 125 – 128.
- [18] MOUREY A, CANILLAC N. Anti-listeria monocytogenes activity of essential oils components of conifers [J]. *Food Control*, 2002, **13**(4): 289 – 292.
- [19] GUYTON K Z, KENSLER T W. Prevention of liver cancer [J]. *Curr Oncol Rep*, 2002, **4**(6): 464 – 470.
- [20] CROWELL P L. Prevention and therapy of cancer by dietary monoterpenes [J]. *J Nutrit*, 1999, **129**(3): 775S–778S.
- [21] 黄儒珠, 檀东飞, 张建清, 等. 3 种南洋杉科植物叶挥发油的化学成分 [J]. *林业科学*, 2008, **44**(12): 99 – 104.
- HUANG Ruzhu, TAN Dongfei, ZHANG Jianqing, *et al.* Chemical constituents of leaf volatile oil from three Araucariaceae [J]. *Sci Silv Sin*, 2008, **44**(12): 99 – 104.
- [22] DUDAREVA N, PICHESKY E, GERSHENZON J. Biochemistry of plant volatiles [J]. *Plant Physiol*, 2004, **135**(4): 1893 – 1902.
- =====

“特色林木功能基因组研究与应用”项目 获国家“863”计划资助

从国家科技部获悉, 浙江农林大学作为牵头单位、由林业与生物技术学院黄坚钦教授主持的“特色林木功能基因组研究与应用”项目获 2013 年度国家“863”计划资助, 资助金额为 717.00 万元。

该项目属国家“十二五”现代农业技术领域“特色植物功能基因组学研究与应用”项目。项目紧紧围绕学校“1030”战略提出的“生物种业”重点领域——“植物基因组与种质创新”优先主题, 联合了兰州大学、西南大学、中国热带农业科学研究院橡胶研究所、贵州大学等 4 家单位, 以山核桃、香榧、杨树、杜仲、桑树、橡胶等国家重要的基础战略资源作为研究对象, 系统开展功能基因组学研究, 挖掘产量、品质和抗逆等功能基因, 解析其分子机制及调控网络, 建立林木分子标记辅助育种和新品种开发技术。项目的研发将为上述国家重要基础战略资源的新品种选育和种质材料的创制奠定坚实的应用理论基础。

蒋挺