

大花栀子植物挥发物成分测定及其日变化分析

薛丹¹, 袁建国^{2*}, 高岩¹, 丁倩倩³, 宋哲岳¹, 殷倩¹

(1. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 天目学院, 浙江 临安 311300; 3. 浙江农林大学 风景园林与建筑学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 为探究大花栀子植物挥发物成分组成及其一天内早、中、晚的差异, 采用热脱附气质联用技术对其进行香气成分的分析。结果表明: 全天从其花朵中共鉴定出 62 种成分, 主要为萜烯类、酯类、醇类物质, 且不同时间其成分差异显著, 如早、中、晚 3 个时间段, β -蒎烯相对含量分别为 1.93%、1.69%、8.81%, 顺式- β -罗勒烯分别为 28.22%、4.35%、16.47%。3-萜烯(3.45%)、异丁子香酚(0.21%)等只在早上检出; 月桂烯(0.38%)、伞花烃(2.46%)等只在晚上检出; 芳樟醇、金合欢烯等在早上和午间两个时间段相对含量较高, 而在晚上却未检测到。从植物 VOCs 角度结合其日变化动态, 为大花栀子园林配置及其综合开发利用提供理论依据。

关键词: 大花栀子; 挥发物; 日变化; TDS-GC/MS 技术

中图分类号: S685.99 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)04-0551-06

Composition and diurnal variation analysis of volatile organic compounds in *Gardenia jasminoides* form. *grandiflora*

XUE Dan¹, AI Jian-Guo^{2*}, GAO Yan¹, DING Qian-Qian³,
SONG Zhe-Yue¹, YIN Qian¹

(1. College of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, China;
2. Tianmu College, Zhejiang A&F University, Lin'an 311300, China; 3. School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, China)

Abstract: The constituents and the variation during daytime (early in the morning, at noon, in the evening) of volatile organic compounds (VOCs) in *Gardenia jasminoides* form. *grandiflora* were studied. The VOCs were identified with the thermal desorption system gas chromatography/mass spectrometer technique TDS GC/MS. 62 VOCs were identified and mainly as terpenoids, esters, alcohols. The results showed that diurnal variation of VOCs were significant. Eg: relative content (in the morning, at noon, in the evening) of β -Pinene were 1.93%, 1.69% and 8.81% respectively. That of cis- β -Ocimene were 28.22%, 4.35% and 16.47% respectively. 3-Carene (3.45%) and Isoeugenol (0.21%) could be found barely in the morning. Myrcene (0.38%) and p-Cymene (2.46%) could be seen only in the evening. Content of Linalool and Farnesene was higher in early and middle of daytime but the two were not be found in the evening. The research might offer theory basis for landscape application and overall utilization of *Gardenia jasminoides* form. *grandiflora* by analysis of VOCs and diurnal variation.

Key words: *Gardenia jasminoides* form. *grandiflora*; VOCs; diurnal variation; TDS-GC/MS

* 收稿日期: 2011-12-29 修回日期: 2012-03-31

基金项目: 浙江省自然科学基金(Y3110393)[Supported by the Natural Science Foundation Project of Zhejiang Province(Y3110393)]

作者简介: 薛丹(1982-), 男, 陕西渭南人, 硕士研究生, 从事群落生态学等方面的研究, (E-mail)xdgaoseng@163.com。

* 通讯作者: 袁建国, 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事植物资源开发与利用相关研究, (E-mail)ajjianguo@yahoo.com.cn。

大花栀子(*Gardenia jasminoides* form. *grandiflora*)为茜草科栀子属植物,常绿灌木,主要分布于浙江、江苏、四川等地(浙江植物志编辑委员会,1993),是我国亚热带地区极具观赏价值的矮生灌木类地被植物,同时也是我国传统名花。花期5~7月,初夏开花,花色素白,花气清芬。早在唐朝时期,就已成为重要的审美对象,尤以花“色”、花“香”为栀子审美的两个重要方面,此外兼及花“形”,历代文人的清赏与意趣的渗透不断提升着栀子的审美品格、其审美内涵不断丰富。

近年来,随着对植物 VOCs 研究的深入及医疗界、风景园林界等各方面对园艺疗法、芳香疗法的重视,人们发现它们在生态系统中的作用越来越突出,已经引起了较大的关注。如金荷仙等(2006)、张莹等(2011)分别对4个桂花品种和4种石斛兰花朵的香气成分作过研究报道;潘晓岚(2009)、高翔等(2011)实验证明,芳香植物挥发物可以缓解抑郁情绪、具有抗炎镇痛活性以及可以调节人体的神经系统,对人体具有保健作用。本实验采用动态顶空气体循环采集法与热脱附气质联用分析(TDS-GC/MS)技术,测定在近自然状态下大花栀子活体植株花香成分及其日动态释放差异,从香气组成及其日变化动态方面为其园林配置与应用提供一些理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验于2011年6月初在临安浙江农林大学东湖校区校园内进行,供试植株为校园绿地中栽植的大花栀子(盛花期)。

1.2 方法

1.2.1 香气采集 选择晴朗无风的天气(6月9日),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(高岩,2005),选择长势良好,饱满和无病虫害的花朵进行香气采集,采样时间分别为7:00、13:00、18:00,单次采气时间为30 min,3次平行重复试验。

1.2.2 香气成分分析 植物香气成分分析采用热脱附-气相色谱/质谱联用法(thermo desorption system/gas chromatography/mass spectrum, TDS-GC/MS)分析。仪器及参数设置条件参考高岩(2005)的方法。TDS(德国 Gerstel 公司生产的 TD3 型)工作条件:系统载气压力为 20 kPa;进样口

温度为 250 °C;热脱附温度为 250 °C(10 min);冷阱温度为-100 °C(保持 3 min)。GC(美国 Agilent 公司生产的 7890A 型)工作条件:色谱柱为 30 m×250 μm×0.25 μm 的 HP-5MS 柱;程序升温:初始温度 40 °C,保持 4 min,后以 6 °C·min⁻¹的速率升至 250 °C,保持 3 min 后以 10 °C·min⁻¹的速率升至 270 °C,保持 5 min。MS(美国 Agilent 公司生产的 5975C 型)工作条件:电离方式为 EI;电子能量为 70 eV;原子质量范围为 28~450;接口温度为 280 °C;离子源温度为 230 °C;四级杆温度 150 °C(Viljoen 等,2003)。

1.2.3 数据分析 数据处理与质谱检索:采用气质联用仪计算机的 NIST2008 谱库,自动检索分析组分的质谱数据,并对全部检索结果参考有关标准图谱进行核对和补充检索,对各挥发物成分进行定性,用总离子流峰面积归一化法计算各成分在总挥发物中的相对百分含量(Gao 等,2005)。

2 结果与分析

2.1 大花栀子香气成分种类分析

经 GC/MS 分析,从大花栀子早、中、晚三个时间段分别确定出 35,47 和 30 种化合物及相对百分含量(表 1,图 1~图 2),在组成和相对含量上都存在差异。通过分析发现:大花栀子不同时间段不仅香气成分类别差异显著。萜烯类、酯类、醇类、烷烃类、醛酮类为共有物质类别,其中萜烯类物质均为主要成分,总计 31 种,占类别总量的 50%;其次为酯类物质,共 14 种,占成分总量的 22.58%;再次为醇类物质 10 种,占类别总量的 16.12%,这 3 类化合物的组分和含量占结果的绝大部分比例。醛酮类成分有 4 种,分别为苯甲醛、6-甲基-5-庚烯-2-酮、壬醛、癸醛,占类别总量的 6.45%;烷烃类物质 3 种,占类别总量的 4.84%;酚类物质只有异丁子香酚(0.21%)一种,且只在早上检出,占类别总量的 1.61%。

2.2 不同时间段大花栀子香气成分及相对含量比较

从表 1 可知,在时间上,其香气成分相对含量差异明显。早上其挥发物以顺式-β-罗勒烯为主(28.22%),其次为金合欢烯(17.3%),苯甲酸甲酯(12.91%);午间以金合欢烯为主(22.27%),其次为苯甲酸甲酯(16.82%),芳樟醇(10.05%);傍晚以顺式-β-罗勒烯为主(16.47%),β-蒎烯(8.81%),柠檬烯(5.28%)。且不同时间其成分间差异显著,如早、

表 1 3 个时间段大花栀子植物挥发物成分分析结果
Table 1 Identification results of VOCs in *Gardenia jasminoides* form. *Grandiflora* in 3 segments

序号 No.	保留时间 Retention time	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative content (%)		
				早 Moring	中 Noon	晚 Evening
1	4.60	1,3-环庚二烯 1,3-Cycloheptadiene	C ₇ H ₁₀		0.17	
2	4.81	甲基丁酸甲酯 Methyl methylbutyrate	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.12	0.29	0.17
3	6.92	3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol, (Z)	C ₆ H ₁₂ O		0.45	
4	7.16	甲基丁烯酸甲酯 Methyl tiglate	C ₆ H ₁₀ O ₂	2.51	6.05	
5	8.85	α-蒎烯 α-Pinene	C ₁₀ H ₁₆			0.15
6	8.94	3-己烯酸甲酯 Methyl 3-hexenoate	C ₇ H ₁₂ O ₂		0.15	
7	9.06	3-甲基-己醇 1-Hexanol,3-methyl	C ₇ H ₁₆ O			0.23
8	9.65	苯甲醛 Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O			0.39
9	10.15	月桂烯 Myrcene	C ₁₀ H ₁₆			0.38
10	10.43	6-甲基-5-庚烯-2-酮 5-Hepten-2-one,6-methyl-	C ₈ H ₁₄ O ₂		0.26	
11	10.53	β-蒎烯 β-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	1.93	1.69	8.81
12	10.84	水芹烯 Phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	0.3	0.31	1.41
13	10.97	(Z)-乙酸-3-己烯酯 3-Hexen-1-ol,acetate, (Z)	C ₈ H ₁₄ O ₂		0.2	
14	11.19	α-萜品烯 α-Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	0.27	0.23	0.67
15	11.26	莰烯 Camphene	C ₁₀ H ₁₆	0.27		1.17
16	11.38	伞花烃 p-Cymene	C ₁₀ H ₁₄			2.46
17	11.51	3-萜烯 3-Carene	C ₁₀ H ₁₆	3.45		
18	11.52	柠檬烯 D-Limonene	C ₁₀ H ₁₆		1	5.28
19	11.78	反式-β-罗勒烯 trans-β-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	2.84	0.73	3.16
20	12.09	顺式-β-罗勒烯 cis-β-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	28.2	4.35	16.5
21	12.33	γ-萜品烯 γ-Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	0.14	0.14	0.66
22	12.89	4-乙基苯甲醇 Benzenemethanol,4-ethyl	C ₉ H ₁₂ O		0.24	0.31
23	13.10	萜品油烯 Terpinolen	C ₁₀ H ₁₆	0.61	0.3	
24	13.42	苯甲酸甲酯 Methyl benzoate	C ₈ H ₈ O ₂	12.91	16.82	4.12
25	13.50	壬醛 Nonanal	C ₉ H ₁₈ O			0.21
26	13.54	丙酸己酯 Propanoic acid,hexyl ester	C ₉ H ₁₈ O ₂			0.12
27	13.58	芳樟醇 Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	4.14	10.1	
28	13.85	紫苏(油)烯 Perillene	C ₁₀ H ₁₄ O		0.12	
29	13.97	1,3,8-对薄荷三烯 1,3,8-p-Menthatriene	C ₁₀ H ₁₄	0.72	0.19	1.36
30	14.19	反-3-萜烯-2-醇 trans-3-Carene-2-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	2.4	0.56	3.6
31	14.46	别罗勒烯 Allo-Ocimene	C ₁₀ H ₁₆	1.51	0.1	1.19
32	15.05	乙酸苯甲酯 Acetoxytoluene	C ₉ H ₁₀ O ₂		0.15	
33	15.16	薄荷醇 L-(-)-Menthol	C ₁₀ H ₂₀ O		0.18	
34	15.52	甘菊环烃 Azulene	C ₁₀ H ₈	0.2		0.38
35	15.61	脱氢芳樟醇 Hotrienol	C ₁₀ H ₁₆ O		0.6	1.05
36	15.72	丁酸己酯 Butanoic acid,hexyl ester	C ₁₀ H ₂₀ O ₂			0.27
37	15.76	萜品醇 cis-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O		0.16	
38	15.85	水杨酸甲酯 Methyl salicylate	C ₈ H ₈ O ₃	0.62	0.65	
39	16.15	癸醛 Decanal	C ₁₀ H ₂₀ O	0.28	0.79	0.18
40	16.93	Z-3-甲基丁酸己酯 cis-3-Hexenyl isovalerate	C ₁₁ H ₂₀ O ₂			0.77
41	16.97	(Z)-丙酸-3-己烯酯 3-Hexen-1-ol,propanoate, (Z)	C ₉ H ₁₆ O ₂	0.22	0.92	0.55
42	17.08	3-甲基-丁酸己酯 Butanoic acid,3-methyl-,hexyl ester	C ₁₁ H ₂₂ O ₂			0.16
43	17.74	反式香叶醇 trans-Geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	0.28	0.12	
44	17.89	丙酸苯酯 Benzyl propionate	C ₁₀ H ₁₂ O ₂		0.18	
45	20.30	1-甲基乙基-环己烷 Cyclohexane, (1-methylethyl)	C ₉ H ₁₈	4.39	9.1	0.94
46	20.40	6-十一醇 6-Undecanol	C ₁₁ H ₂₄ O	0.91	1.46	
47	21.86	古芸烯 Gurjunene	C ₁₅ H ₂₄	0.26	0.9	
48	22.01	喇叭烯 Varidiflorene	C ₁₅ H ₂₄	0.15	0.34	
49	22.11	去氢香橙烯 Aromadendrene, dehydro	C ₁₅ H ₂₂		0.1	
50	22.97	石竹烯 Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	0.61	0.45	

续表 1

序号 No.	保留时间 Retention time	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative content (%)		
				早 Moring	中 Noon	晚 Evening
51	23.18	罗汉柏烯 Thujopsene		0.12		
52	23.45	愈创木烯 Guaiene	$C_{15}H_{24}$	0.2	0.85	
53	23.69	异丁子香酚 Isoeugenol	$C_{10}H_{12}O_2$	0.21		
54	23.89	(Z)-金合欢烯(Z)-Farnesene	$C_{15}H_{24}$	0.22	0.33	
55	24.61	别香橙烯 L-alloaromadendrene	$C_{15}H_{24}$	0.2	0.22	
56	24.70	蛇麻烯 Humulen	$C_{15}H_{24}$		0.61	
57	24.85	(Z,E)-金合欢烯(Z,E)-Farnesene	$C_{15}H_{24}$	1.54	1.82	
58	25.33	金合欢烯 Farnesene	$C_{15}H_{24}$	17.3	22.3	
59	25.92	衣兰油烯 Muurolene	$C_{15}H_{24}$	0.15	0.24	
60	27.15	绿叶烯 Patchoulene	$C_{15}H_{24}$	1.25	4.84	
61	27.24	马兜铃烯 Aristolene	$C_{15}H_{24}$	0.25	0.32	
62	22.73	雪松烯 Cedrene	$C_{15}H_{24}$		0.12	

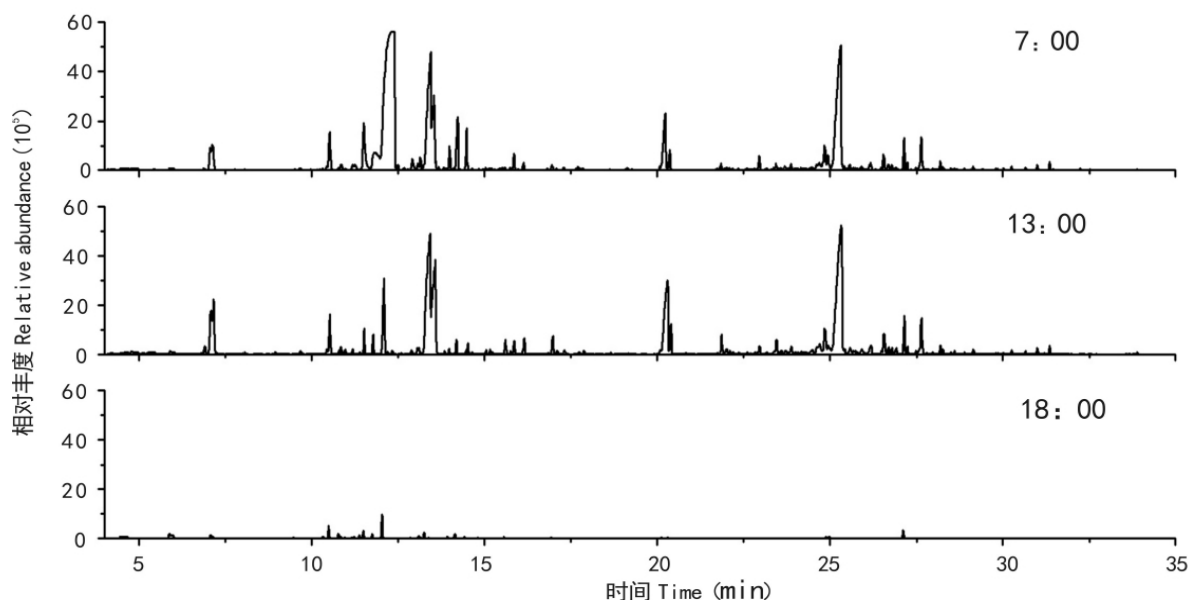


图 1 3 个时间段大花栀子挥发性成分的 GC/MS 总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatogram of scent compositions in *G. jasminoides* form. *Grandiflora* in 3 segments

中、晚 β -蒎烯相对含量分别为 1.93%、1.69%、8.81%，顺式- β -罗勒烯分别为 28.22%、4.35%、16.47%。成分种类亦有区别，以蒎烯类物质为例，早、中、晚三个时间段其种类数分别为 22、26、13，各占成分类别总量的 62.86%、55.34%、43.33%。

3 个时间段中含有包括甲基丁酸甲酯、反式- β -罗勒烯、顺式- β -罗勒烯、苯甲酸甲酯、1,3,8-对薄荷三烯、 α -蒎品烯、1-甲基乙基-环己烷、癸醛等在内的共同成分共 14 种，但是它们含量差异较大。此外，3 个时间段中还包含其特有成分，如 3-萜烯 (3.45%)、异丁子香酚 (0.21%) 只在早上检出；蛇麻

烯 (0.61%)、薄荷醇 (0.18%) 等只在午间检出；月桂烯 (0.38%)、伞花烃 (2.46%) 等只在晚上检出；芳樟醇、金合欢烯等在早上和午间两个时间段相对含量较高，而在晚上却未检测出。

3 结论与讨论

α -蒎烯、 β -蒎烯和柠檬烯等蒎烯类化合物和芳樟醇等醇类化合物可增强空气的清新感，同时可以调节人体的神经系统，可以使人放松，具有明显的镇静作用，对人体具有保健作用 (高翔等, 2011; Maria

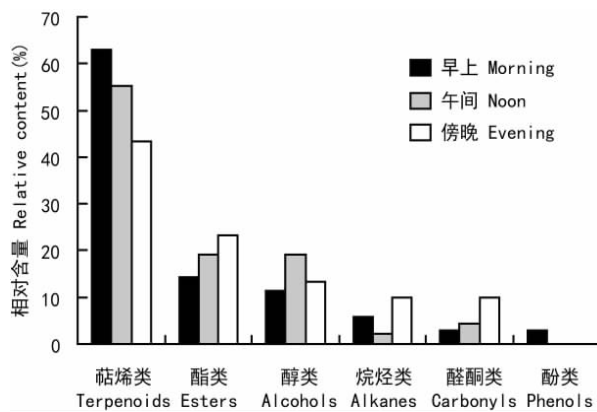


图 2 3 个时间段大花栀子植物挥发物种类的含量变化
Fig. 2 Variation of VOCs in three segments in *G. jasminoides* form. *grandiflora*

等,2009);另外,蒎烯既具有广谱的抗真菌作用,还具有镇痉作用(杜泽乡等,2008);石竹烯、芳樟醇等对 ABTS 自由基和脂质过氧化物有清除能力,减少自由基对组织细胞的损伤,有利于老年退行性疾病的预防与治疗(吴学文等,2011;霍丽妮等,2011)。本研究结果表明, β -蒎烯、柠檬烯和芳樟醇等化合物相对含量较高, β -蒎烯、柠檬烯傍晚相对含量较大,相对含量是早上或午间的 4~5 倍;而芳樟醇则于午间含量最高,相对含量达早上的 2 倍。萜品油烯、水芹烯、罗勒烯等有提神作用,其上午时段相对含量较大(文福姬等,2005);挥发性酯类化合物有利于缓解紧张情绪,其午间时段种类最多,达 9 种,且相对含量较大(郑华,2002)。

近年来先后以水蒸气蒸馏法、超临界 CO_2 萃取、固相微萃取等不同方法,对栀子花香气成分进行了研究,但研究结果不同,如张银华等(1999)用水蒸气蒸馏法从湖北栀子花鲜花中提取栀子花挥发油,并鉴定了 40 个化合物,其主要成分为芳樟醇(17.92%)、茉莉内酯(9.11%);刘百战等(2000)用固相微萃取方法,共鉴定了 54 种化学成分,主要成分(质量分数)依次为金合欢烯(64.86%)、罗勒烯(29.33%)、芳樟醇(2.74%);蔡杰等(2008)分析的黔产栀子花挥发油化学成分是芳樟醇(27.73%),戊烯酸叶醇酯(24.38%),主要为萜类和环烷烃类化合物;何天平等(2011)用超临界 CO_2 萃取技术,鉴定出 49 个组分,主要为清香类化合物,其中芳樟醇(46.02%)含量最高。各研究结果之间有一定的差别,其原因可能是一方面其化学组成与物种或品种具有一定的相关性,其中的主要化学成分对该属植

物的鉴定有参考价值;另一方面可能由于样品产地、采集方法和采集部位的不同以及研究方法上的差异引起的。本研究结果与文献相比,其化合物组成绝大部分是一致的,但在含量上有较大差异。本实验采用活体植物动态顶空套袋采集法与 TDS-GC/MS 联用分析技术,这种采集-吸附-分析相结合的活体植物挥发物成分分析的实验技术,可以有效排除外界挥发物的干扰,较真实地反映花香成分及其释放量,适合于近自然状态下植物挥发物的定性、定量分析。

美学是透过五官美感形成的,视觉、听觉、嗅觉、触觉、味觉及意识觉各有特殊美感产生,其比例分别为 87%、7%、3.5%、1.5%、1%(吴俊贤,2011)。但由于城市绿化在构景方面主观上易以视觉为主角,容易疏忽配角(听、嗅、触、味)的搭配,此外在构景方面不仅要有季节感和视觉感项目,还须有“时间性”(郑华等,2002)。四季时序中只描述四季变化而在时间上每天 24 h 之间景观都在变化,因而景致的构成受“时间性”(事物在某一时间内最有价值,遇时则无足珍贵——《辞海》)的影响也颇大。美好环境给人观感有单式或复式,当然以复式官感构景较能获得最大、舒适、享受与满足,因而对保持良好的心理状态有所助益(野田胜二等,2008)。在美学原则项所提动感图中,景象是定时呈现,过时美景则消失无踪,因此四季感中宜加“时间性”为妥,花香无疑是表达园林时间感的有效途径之一。近年的研究结果与文献未见对大花栀子日动态变化进行研究与报道,本研究着重在时间性上探究其挥发物成分及其日动态变化,为其综合开发利用特别是园林应用与相关活动提供理论依据。

参考文献:

- 郑华. 2002. 北京市绿色嗅觉环境质量评价研究[D]. 北京:北京林业大学
- 浙江植物志编辑委员会. 1993. 浙江植物志[M]. 浙江:浙江科学技术出版社,6:105
- 高岩. 2005. 北京市绿化树种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
- 潘晓岚. 2009. 三种芳香植物精油香气对缓解焦虑作用的研究[D]. 上海:上海交通大学
- Cai J(蔡杰), Zhao C(赵超), Cheng L(程力), et al. 2008. Study on the chemical components in flower essential oil of *Gardenia jasminoides* from Guizhou by SPME-GC-MS(黔产栀子花挥发油化学成分 SPME-GC-MS 分析)[J]. *Guizhou Sci*(贵州科学), 26(3):49-51
- Du ZX(杜泽乡), Mo SL(莫善列), Gong SJ(龚受基), et al. 2008. Chemical constituents of volatile oil from *Porella paraphyllia*(细尖光萼苔挥发性成分的分析)[J]. *Guihaia*(广西

- 植物), 28(3):422-423
- Gao X(高翔), Yao L(姚雷). 2011. Preliminary study on the combinations of specific aromatic plants for hypotensive health-care(特定芳香植物组合对降压保健功能的初步研究)[J]. *Chin Landsc Arch* (中国园林), (4):37-38
- Gao Y, Jin YJ, Li HD, et al. 2005. Volatile organic compounds and their roles in bacteriostasis in five *Conifer* species[J]. *J Integr Plant Biol*, 47(4):499-507
- He TP(何天平), Chen YB(陈岩冰), Yan JY(晏家瑛), et al. 2011. Analysis and application of *Gardenia* topnote essential oil by supercritical CO₂ extraction(超临界 CO₂ 萃取栀子花头香精油及其分析应用)[J]. *Flav Frag Cosm*(香料香精化妆品), (1):17-20
- Huo LN(霍丽妮), Li PY(李培源), Chen R(陈睿), et al. 2011. Chemical constituents and antioxidant activity of essential oils from *Rourea microphylla* in Guangxi(广西小叶红藤挥发油化学成分及抗氧化性研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 31(5):706-710
- Jin HX(金荷仙), Zheng H(郑华), Jin YJ(金幼菊), et al. 2006. Research on major volatile components of 4 *Osmanthus fragrans* cultivars in Hangzhou Manlong Guiyu Park(杭州满陇桂雨公园 4 个桂花品种香气组分的研究)[J]. *Fore Res*(林业科学研究), 19(5):612-615
- Liu BZ(刘百战), Gao Y(高芸). 2000. Analysis of headspace constituents of *Gardenia* flower by GC/MS with solid-phase microextraction and dynamic headspace sampling(固相微萃取-气相色谱/质谱分析栀子花的头香成分)[J]. *Chin J Chrom* (色谱), 18(5):452-455
- Maria RP, Mark JP, Wendy SG, et al. 2009. The impacts of reactive terpene emissions from plants on air quality in Las Vegas Nevada[J]. *Atmos Environ*, 43:4 109-4 123
- Viljoen A, Vuuren S, Van EE, et al. 2003. *Osmitopsis asteriscoides* (Asteraceae)-the antimicrobial activity and essential oil composition of a Cape-Dutch remedy[J]. *J Ethnoph*, 88(2-3): 137-143
- Wen FJ(文福姬), Yu QS(俞庆善). 2005. Research progress of natural aroma compounds in plants(植物性天然香料的研究进展)[J]. *Mod Chem Ind*(现代化工), 25(4):25-28
- Wu JX(吴俊贤). 2011. Fire flies in Lienhuachih Taiwan and forest culture(莲华池萤火虫及森林文化)[J]. *Taiwan Fore J* (台湾林业), 37(1):51-55
- Wu XW(吴学文), Xiong Y(熊艳), You KY(游奎一). 2011. Essential oils from the leaves of *Cinnamomum camphora* (樟树叶挥发性成分研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 31(1):139-142
- Zhang Y(张莹), Wang Y(王雁), Li ZJ(李振坚), et al. 2011. GC-MS analysis on aroma components in four *Dendrobium cultivars* (不同石斛兰香气成分的 GC-MS 分析)[J]. *Guihaia*(广西植物), 31(3):422-426
- Zhang YH(张银华), Xiong XF(熊秀芳), Xu Y(徐盈). 1999. Study on the flower essential oil of *Gardenia* from Hubei by GC/MS(湖北栀子花挥发油的 GC/MS 分析)[J]. *J Wuhan Bot Res* (武汉植物学研究), 17(1):61-63
- Zhao YQ(赵印泉), Zhou SJ(周斯建), Peng PH(彭培好), et al. 2011. Analysis of volatile compounds from *Prunus mume* flowers(三轮玉蝶梅花挥发性成分的分析)[J]. *Guihaia*(广西植物), 31(4):554-558
- Zheng H(郑华), Jin YJ(金幼菊), Li WB(李文彬), et al. 2002. Instrument testing technology of odour pollution from landscape plants(绿化植物气味污染的仪器检测技术)[J]. *Prac Fore Technol* (林业实用技术), (5):30
- NODA Katsuji(野田勝二), KOMIYAMA Masatoshi(小宮山政敏), OHGAMA Toshimasa(大釜敏正). 2008. Horticultural therapy awakening the senses(五感を刺激する園芸療法)[J]. *J Jpn Assoc Odor Environ* (におい-かおり環境学会誌), 39(4):239-246

(上接第 500 页 Continue from page 500)

- 覃海宁, 刘演. 2010. 广西植物名录[M]. 北京:科学出版社:1-501
- 蒋日红, 许为斌. 2010. 广西蕨类植物物种多样性研究[C]. 第五届亚洲蕨类植物大会蕨类展览会议议程和论文摘要集:55
- 韦毅刚等. 2010. 华南苦苣苔科植物[M]. 南宁:广西科学技术出版社, 1:198-199, 264-265, 536-537
- 大瑶山自然资源综合考察队. 1988. 广西大瑶山自然资源考察[M]. 上海:林业出版社
- 罗毅波, 刘世勇, 程瑾. 2010. 雅长:中国兰谷[J]. 森林与人类, (12):181-187
- Crank E. 1991. Research at the national wildflower research center[J]. *Wild flow*, 4(3):97-100
- Huang RZ(黄仁征), Li XJ(李秀娟), Li GZ(李光照). 2003. Study on the resources of wild flowers in Guangxi(广西野生花卉资源的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 23(5):414-419
- Salac SS, Jensen PN, Lippert RD. 1976. New wild flower varieties released[J]. *Farm Ranch & Home Quart*, 22(4):9-10
- Considine JA, Roh MS, Lawson RH. 1993. Progress in selection and cultivation of Australian Native plants for floriculture[J]. *Acta Hort*, 337:11-18
- Halevy AH. 2000. Introduction of native Israeli plants as new cut flower[J]. *Acta Hort*, (541):482-489
- Zhang XC. 2010. Fern Flora of China: Families, Genera and Species [C]. 5th Symposium on Asian Pteridology and Fern Show Programme and Abstracts:25
- Zhang YW(张玉武), Yang HP(杨红萍), Chen B(陈波). 2009. research progress orchidaceae in China(中国兰科植物研究进展概述)[J]. *Guizhou Sci*(贵州科学), 27(4):78-85
- Song JY(宋军阳), Zhang X(张显), Zhang MD(赵明德). 2009. research progress on wild resource investigation of orchidaceae (兰科花卉野生资源调查研究进展)[J]. *Northern Hortic* (北方园艺), (10):228-231
- Li XJ(李秀娟), Li H(李虹), Huang RZ(黄仁征), et al. 2008. Prospects of research and exploitation of resources of Guangxi wild flower lily(Liliaceae)(广西百合科野生花卉资源的研究与应用)[J]. *J Hunan Agric Univ*(湖南农业大学学报), 34(4): 442-449
- Huang YY(黄玉源), Zhang SJ(张施君). 2002. Major species of Araceae ornamental plants and their breeding technologies(天南星科观赏植物重要品种及其繁育技术)[J]. *J Zhongkai Agrotechn Coll*(仲恺农业技术学院学报), 15(4):54-59
- 日本ベゴニア協会. 2003. Japan Begonia Society. Encyclopedia of Begonia[M]. Tokyo:Seibundo-Shinkosya:177-179