

3 种菊科植物香气成分的热脱附气质联用分析

高群英¹, 高 岩^{2,3}, 张汝民^{2,3}, 杜明利¹, 李 刚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;
3. 浙江农林大学 浙江省林学基础实验教学示范中心, 浙江 临安 311300)

摘要: 为了研究大花金鸡菊 *Coreopsis grandiflora*, 黑心菊 *Rudbeckia hirta* 和万寿菊 *Tagetes erecta* 香气成分的差异, 从植物香气角度为 3 种菊科植物的园林配置提供理论依据, 实验采用热脱附气质联用技术对 3 种菊科植物进行香气成分的分析。结果表明: 从大花金鸡菊中鉴定出 55 种成分, 主要为: α -蒎烯 (相对含量 23.43%), 柠檬烯 (22.75%), 水芹烯 (4.37%), 桉烯 (3.78%) 和月桂烯 (3.56%); 从黑心菊中鉴定出 51 种成分, 主要为: 水芹烯 (31.36%), 顺-氧化芳樟醇 (11.88%), 桉烯 (9.54%), 壬醛 (6.52%) 和辛醛 (5.08%); 从万寿菊中鉴定出 30 种成分, 主要为: 萜品油烯 (23.63%), 罗勒烯 (22.40%), 柠檬烯 (16.12%), 石竹烯 (6.36%) 和反-罗勒烯 (3.50%)。因此, 香气成分及其相对含量的差异决定了 3 种菊科植物的香气表现。图 1 表 1 参 23

关键词: 植物学; 大花金鸡菊; 黑心菊; 万寿菊; 香气成分; 热脱附气质联用

中图分类号: Q682.0; S718.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2011)02-0326-07

Aromatic composition in three plant species using TDS-GC/MS

GAO Qun-ying¹, GAO Yan^{2,3}, ZHANG Ru-min^{2,3}, DU Ming-li¹, LI Gang²

(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; 3. The General of Zhejiang Forestry Experiment Teaching Center, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: In order to make clear the aromatic composition of the landscape plants and provide a theoretical basis on obtaining a reasonable distribution for landscape, we analyzed the aromatic composition and content in *Coreopsis grandiflora*, *Rudbeckia hirta*, and *Tagetes erecta* under near-natural conditions using the thermal desorption system gas chromatography/mass spectrometer technique (TDS-GC/MS). Results showed that the major aromatic composition were as follows: α -pinene (relative content of 23.43%), D-limonene (22.75%), phellandrene (4.37%), sabinene (3.78%), and myrcene (3.56%) in *C. grandiflora*; phellandrene (31.36%), cis-linalool oxide (11.88%), sabinene (9.54%), nonanal (6.52%), and octanal (5.08%) in *Rudbeckia hirta*; and terpinolene (23.63%), ocimene (22.40%), D-limonene (16.12%), caryophyllene (6.36%), and trans-ocimene (3.50%) in *Tagetes erecta*. Thus, different aromatic compositions and their relative content determined the aromas of the three plants. [Ch, 1 fig. 1 tab. 23 ref.]

Key words: botany; *Coreopsis grandiflora*; *Rudbeckia hirta*; *Tagetes erecta*; aromatic composition; TDS-GC/MS

植物在生长发育过程中, 会向外释放一些低沸点易挥发的小分子物质, 这些物质被称为挥发性物质^[1]。植物花散发出一系列低分子量挥发物混合在一起就形成了花香^[2]。花香可起到缓解人体疲劳及紧张情绪、引诱昆虫传粉, 改变空气质量^[3-5]的作用。芳香疗法已成为一个重要的研究方向, 如天竺葵 *Pelargonium*

收稿日期: 2010-06-01; 修回日期: 2010-08-11

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: 高群英, 从事园林植物栽培与管理研究。E-mail: gqy200485@163.com。通信作者: 高岩, 教授, 博士, 从事植物化学生态和植物发育生理学等研究。E-mail: gaoyan1960@sohu.com

hortorum, 丝柏 *Cupressus sempervirens*, 佛手柑 *Citrus medica* var. *sarcodactylis*, 杜松 *Juniperus rigida* 等植物精油对人的情绪有调节作用^[6]。李海东等^[7]、尹承增^[8]、金荷仙等^[9]分别对珍珠梅 *Sorbaria sorbifolia*, 紫丁香 *Syringa oblata*, 桂花 *Osmanthus fragrans* 等植物香气成分作过研究报道。菊科 *Compositae* 植物中有大量的药用、观赏和经济植物, 其中大花金鸡菊 *Coreopsis grandiflora*, 黑心菊 *Rudbeckia hirta*, 万寿菊 *Tagetes erecta* 由于花色艳丽、花期较长、香气浓郁和自身适应性较强等特点常应用于花坛花镜的绿化配置。目前, 对菊科植物化感作用和抑菌作用的研究报道较多^[10-12], 而对菊科植物香气成分的研究较少。前人曾对菊属野菊 *Dendranthema indicum*, 地被菊 *Dendranthema × grandiflora* 的挥发油成分做过探讨^[13-15]; 孙明等^[16]比较了 3 种地被菊品种香气成分的差异。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, 测定近自然状态下大花金鸡菊、黑心菊和万寿菊活体植株花香成分及其释放量, 试图从植物香气能够改善环境质量, 调节人体情绪等方面为园林植物更加科学合理配置提供一些理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验于 2009 年 6 月初在浙江农林大学东湖校区校园内进行, 供试植株为校园花坛花镜中栽植的大花金鸡菊、黑心菊和万寿菊。

1.2 方法

1.2.1 香气采集方法 选择晴朗无风的天气, 选用 QC-1 型大气采样仪采用动态顶空气体循环采集法^[6]对 3 种菊科植物长势良好, 饱满和无病虫害的花进行香气采集, 采样时间固定在 9:00 – 11:00, 采气时间为 30 min。

1.2.2 香气成分分析方法 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^[6]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 ℃; 热脱附温度为 250 ℃(10 min); 冷阱温度为 -100 ℃(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 ℃, 保持 4 min, 后以 6 ℃·min⁻¹ 的速率升至 250 ℃, 保持 3 min 后以 10 ℃·min⁻¹ 的速率升至 270 ℃, 保持 5 min。

MS(美国 Agilent 公司生产的 5975C 型)工作条件: 电离方式为电子电离源(EI); 电子能量为 70 eV; 原子质量范围为 28 ~ 450; 接口温度为 280 ℃; 离子源温度为 230 ℃; 四级杆温度 150 ℃。

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 NIST 2008 谱库, 检索并定性分析组分的质谱数据, 经色谱峰面积归一法, 计算其组分的相对含量^[6]。

2 结果与分析

2.1 3 种菊科植物香气成分分析

3 种植物花香成分的总离子流图见图 1。从大花金鸡菊、黑心菊和万寿菊中分别鉴定出 55, 51 和 30 种化合物。大花金鸡菊中萜烯类化合物有 28 种, 占总量的 79.11%; 醛酮类化合物共 6 种, 占总量的 6.49%; 醇类化合物 10 种, 占总量的 5.99%; 酯类化合物 7 种, 占总量的 5.11%; 烷烃类化合物 2 种, 占总量的 2.91%; 酸类化合物 2 种, 占总量的 0.39%。黑心菊中萜烯类化合物有 17 种, 占总量的 60.53%; 醛酮类化合物 9 种, 占总量的 18.36%; 醇类化合物 14 种, 占总量的 16.23%; 酯类化合物 6 种, 占总量的 3.82%; 烷烃类化合物 3 种, 占总量的 0.60%; 酸类化合物 2 种, 占总量的 0.46%。万寿菊中萜烯类化合物 16 种, 占总量的 87.24%; 醇类化合物 5 种, 占总量的 4.83%; 醛酮类化合物 4 种, 占总量的 2.57%; 烷烃类化合物 1 种, 占总量的 2.18%; 酯类化合物 2 种, 占总量的 1.86%; 酸类化合物 2 种, 占总量的 1.32%。通过分析发现: 大花金鸡菊、黑心菊和万寿菊香气成分类别差异不大, 萜烯类、醇类、酯类、醛酮类、烷烃类和酸类为共有物质类别, 其中萜烯类物质均为主要成分, 相对含量均在 60% 以上, 其他种类的物质在相对含量上具有较大差异。

2.2 3 种菊科植物香气成分比较

大花金鸡菊、黑心菊和万寿菊香气在组成和相对含量上都存在差异(表 1)。大花金鸡菊中各组分的含量主要为 α -蒎烯 (相对含量 23.43%), 柠檬烯(22.75 %), 水芹烯(4.37%), 桉烯(3.78%), 月桂烯(3.56%); 黑心菊主要为: 水芹烯(31.36%), 顺-氧化芳樟醇(11.88%), 桉烯(9.54%), 壬醛(6.52%), 辛醛(5.08%); 万寿菊主要为: 萜品油烯(23.63%), 罗勒烯(22.40%), 柠檬烯(16.12%), 石竹烯(6.36%), 反-罗勒烯(3.50%)。3 种植物中含有包括己醛、 α -蒎烯、 β -蒎烯、茨烯、月桂烯、水芹烯、2-萜烯、柠檬烯等在内的共同成分共 19 种, 但是它们含量差异较大。此外, 3 种植物中还包含其特有成分, 如大花金鸡菊中的龙脑烯醛、臭樟脑等, 黑心菊中的橙花叔醇、4-茶香酮等, 万寿菊中的伞花烃、香叶基丙酮等。

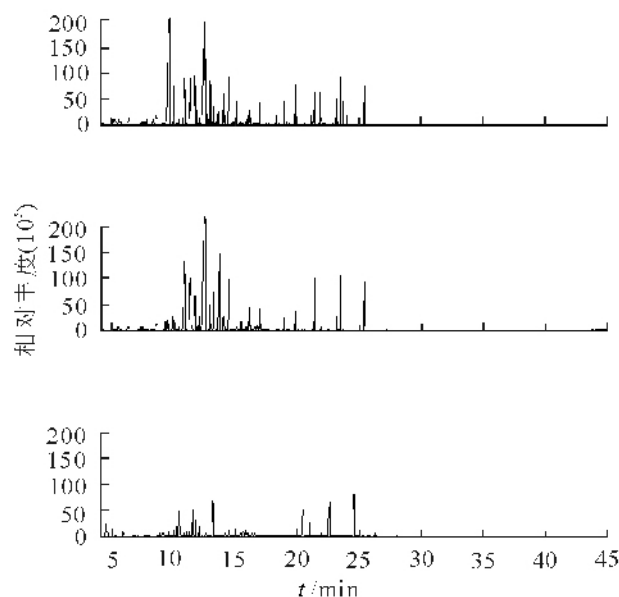


图 1 大花金鸡菊、黑心菊、万寿菊香气成分的总离子流图

Figure 1 TIC of aroma ingredients from *Coreopsis grandiflora*, *Rudbeckia hirta* and *Tagetes erecta*

表 1 3 种菊科植物香气成分分析结果

Table 1 Three kinds of compositae aroma ingredients identification results

序号	保留时间/min	化合物	相对含量/%		
			大花金鸡菊	黑心菊	万寿菊
1	5.004	4-辛醇 4-octanol		0.16	
2	5.080	2-甲基-4-庚醇 4-heptanol, 2-methyl-		0.15	
3	5.165	6-甲基-1-庚醇 1-heptanol, 6-methyl-		0.31	0.44
4	5.498	己醛 hexanal	0.49	0.74	0.26
5	5.655	3-甲基戊醛 pentanal, 3-methyl-		0.18	
6	5.701	(E)-2-己烯-1-醇 2-hexen-1-ol, (E)-		0.25	
7	7.247	2, 4-己二烯-1-醇 2, 4-hexadien-1-ol		0.17	
8	7.358	叶醇 3-hexen-1-ol	0.37	0.35	
9	7.561	正己基丙烯酸酯 n-hexyl acrylate	0.53	0.36	
10	7.763	1-己醇 1-hexanol	0.57		
11	8.331	1-壬烯 1-nonene	1.00	0.23	
12	8.555	壬烷 nonane	1.91	0.21	
13	8.586	庚醛 heptanal		0.91	
14	8.636	3-甲基己醛 hexanal, 3-methyl-		0.65	
15	9.088	4-萜烯 4-carene	0.42	0.20	
16	9.286	侧柏烯 thujene		0.79	0.39
17	9.646	α -蒎烯 α -pinene	23.43	0.70	1.65
18	9.964	茨烯 camphene	3.06	1.68	1.34
19	10.733	桉烯 sabinen	3.78	9.54	
20	10.793	β -蒎烯 β -pinene	1.88	1.25	2.22

续表 1

序号	保留时间/min	化合物	相对含量/%		
			大花金鸡菊	黑心菊	万寿菊
21	10.966	1-辛烯-3-醇 1-octen-3-ol	0.16		
22	11.279	月桂烯 myraene	3.56	3.50	0.74
23	11.284	3-蒎烯 3-carene		3.29	0.44
24	11.333	伞花烃 m-cymene			1.18
25	11.607	水芹烯 phellandrene	4.37	31.36	2.68
26	11.615	辛醛 octanal		5.08	0.62
27	11.773	顺-乙酸-3-己烯-1-醇酯 cis-3-hexenyl acetate		0.47	
28	11.958	2-蒎烯 2-carene	0.88	2.04	3.19
29	12.436	柠檬烯 D-limonene	22.75	0.87	16.12
30	12.583	反-罗勒烯 trans-ocimene	0.99	0.15	3.50
31	12.870	罗勒烯 ocimene	2.20	1.46	22.40
32	12.928	紫丁香醇 lilac alcohol A	0.23	0.65	
33	13.126	萜品油烯 terpinolene	0.78	2.43	23.63
34	13.507	氧化芳樟醇 linalool oxide	0.80	0.86	
35	13.946	顺-氧化芳樟醇 cis-linalool oxide	2.12	11.88	
36	14.229	4, 6-癸二炔 4, 6-decadiyne			2.18
37	14.268	芳樟醇 linalool	0.56		
38	14.389	壬醛 nonanal	3.43	6.52	0.77
39	14.655	紫苏烯 perillene	0.46		
40	14.784	香芹醇 carveol	0.19	0.30	0.69
41	14.921	2-乙基己酸 hexanoic acid, 2-ethyl-	0.20	0.16	0.57
42	14.994	2, 2-二乙基丁酸 butanoic acid, 2, 2-diethyl-		0.30	
43	15.360	4-茶香酮 4-oxoisophorone	0.30	0.61	
44	15.469	异丁酸己酯 hexyl isobutyrate	0.21		
45	15.542	紫丁香醛 blilac aldehyde B	0.12		
46	15.748	(E)-2-壬烯醛 2-nonenal, (E)-		0.17	
47	15.886	(Z)-3-十二烯 3-dodecene, (Z)-		0.16	
48	15.949	丁酸庚酯 heptyl butyrate	0.53	1.47	0.92
49	16.134	环氧芳樟醇 epoxylinallol	0.49	0.46	2.71
50	16.318	臭樟脑 naphthalene	0.14	0.18	0.88
51	16.486	3, 7, 11-三甲基十二醇 1-dodecanol, 3, 7, 11-trimethyl-		0.28	
52	16.622	水杨酸甲酯 methyl salicylate	0.24	0.67	
53	16.827	1-癸醇 1-decanol		0.27	0.61
54	16.909	癸醛 decanal	2.01	3.50	0.92
56	17.540	新癸酸 neodecanoic acid			0.75
56	18.076	戊酸-2-十三醇酯 valeric acid, 2-tridecyl ester	0.15		
57	18.225	马鞭烯醇 berbenol	0.50		0.38
58	18.437	3-羟基十二酸 dodecanoic acid, 3-hydroxy-	0.19		
59	18.820	乙酸冰片酯 bornyl acetate	1.12	0.70	

续表 1

序号	保留时间/min	化合物	相对含量/%		
			大花金鸡菊	黑心菊	万寿菊
60	19.828	丁酸丁酯 butanoic acid, butyl ester		0.15	0.94
61	19.990	橙花叔醇 nerolidol		0.14	
62	20.516	2-十一醛 2-undecenal	0.14		
63	20.859	可巴烯 copaene	0.26		
64	21.073	波旁烯 bourbonene	1.43		
65	21.205	榄香烯 elemene	0.76		
66	21.478	长叶蕨烯 longipinene	0.18		0.52
67	21.728	雪松烯 cedrene	1.84		
68	21.821	石竹烯 caryophyllene	0.52	0.25	6.36
69	22.118	佛手柑油烯 bergamotene	0.79		
70	22.333	木罗烯 muurolene	0.13		
71	22.511	法呢烯 farnesene	0.24		
72	22.727	荜澄茄油烯 cubebene	0.19		
73	22.974	芹子烯 selinene	0.48		
74	23.116	大牻牛儿烯 dgermacrene D	1.90	0.84	
75	23.620	甜没药烯 bisabolene	1.26		
76	23.924	倍半水芹烯 sesquiphellandrene	0.43		
77	25.359	丁酸异丁酯 isobutyl butyrate	2.33		

3 讨论

研究表明： α -蒎烯、 β -蒎烯和柠檬烯等可增强空气的清新感，对人体的身心健康具有良好的调节作用^[17-18]；柠檬烯的气味可以使人放松，也是重要的防癌化合物^[19-20]； α -蒎烯、柠檬烯和可巴烯等还具有明显的镇静作用^[6,21-22]；高岩^[6]对北京地区园林绿化植物油松 *Pinus tabulaeformis*，白皮松 *Pinus bungeana* 等针叶释放的挥发物进行过人体试验，发现香气成分中的一些萜烯类物质如 α -蒎烯、柠檬烯等可以调节人体的神经系统，对人体具有保健作用；另外， α -蒎烯和 β -蒎烯等还具有抑菌、杀菌作用^[6]。本实验 3 种菊科植物花香气中均能鉴定出 α -蒎烯、 β -蒎烯和柠檬烯等主要萜烯类化合物，而且它们的含量差异较大。大花金鸡菊中主要含有 α -蒎烯(相对含量 23.43%)、柠檬烯(22.75%)，水芹烯(4.37%)，香气成分与上述研究中的植物香气成分类似，因此，大花金鸡菊可能在一定程度上对人体健康、改善空气质量方面起促进作用。

香气成分及其相对含量的不同，决定 3 种菊科植物具有不同的香气表现。在自然生长条件下，大花金鸡菊和黑心菊的花香气较柔和，这与其花香组分有直接关系(表 1)，经分析黑心菊中主要含有水芹烯(31.36%)、顺-氧化芳樟醇(11.88%)和桉稀(9.54%)，可能是由于其成分中萜烯类物质没有明显的刺激性有直接关系；万寿菊在盛花期香味刺鼻、浓重，经分析主要含有萜品油烯(23.63%)，罗勒烯(22.40%)等。因此，其刺激性气味可能是由高含量的萜品油烯和罗勒烯共同作用的结果。菊科许多植物具观赏和药用价值，越来越受到人们的重视，它具有良好的适应性并且已经成为优良的园林绿化普遍种植植物^[10,23]。通过分析 3 种菊科植物花香成分，了解它们的花香化学组成，从结果中发现，万寿菊中含有高含量的萜品油烯和罗勒烯，其是否与其有刺激性有直接关系，有待进一步研究。

参考文献：

- [1] 刘和，孙忠贵. 我国化学领域天然植物挥发性成分研究的进展[J]. 江西农业大学学报，1998，20(1)：74-81.

- LIU He, SUN Zhonggui. The progress of the studies on the volatile constituents of natural plants in chemistry field [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 1998, **20** (1): 74 – 81.
- [2] 向林, 陈龙清. 花香的基因工程研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, **42** (6): 2076 – 2084.
- XIANG Lin, CHEN Longqing. Advances in genetic engineering of floral scent [J]. *Sci Agric Sin*, 2009, **42** (6): 2076 – 2084.
- [3] THEIS N, LERDAU M. The ecology and evolution of plant secondary metabolites [J]. *Plant Sci*, 2003, **164** (supp 3): 93 – 102.
- [4] ATKINSON R. Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x [J]. *Atmos Environ*, 2000, **34**: 2061 – 2101.
- [5] 石明洁, 延晓冬, 贾根锁. 生物挥发性有机物研究进展[J]. 地球科学进展, 2008, **28** (8): 866 – 873.
- SHI Mingjie, YAN Xiaodong, JIA Gensuo. Advances in the study of researching biogenic volatile organic compounds emissions [J]. *Adv Earth Sci*, 2008, **28** (8): 866 – 873.
- [6] 高岩. 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, 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.
- [7] 李海东, 高岩, 金幼菊. 珍珠梅花挥发性物质日动态变化的研究[J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2004, **25** (2): 54 – 59.
- LI Haidong, GAO Yan, JIN Youju. The daily dynamic variances of the vocs releasing from flower of *Siberia kirilowii* (Regel) Maxim [J]. *J Inner Mongolia Agric Univ Nat Sci Ed*, 2004, **25** (2): 54 – 59.
- [8] 尹承增. 紫丁香花挥发性物质定性分析[J]. 东北林业大学学报, 2005, **33** (2): 112 – 113.
- YIN Chengzeng. Qualitative analysis of volatile substances from lilac [J]. *J Northeast For Univ*, 2005, **33** (2): 112 – 113.
- [9] 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** (5): 612 – 615.
- JIN Hexian, ZHENG Hua, JIN Youju, *et al.* Research on major volatile components of 4 *Osmanthus fragrance* cultivars in Hangzhou Manlong Guiyu Park [J]. *For Res*, 2006, **19** (5): 612 – 615.
- [10] 周凯, 郭维明, 徐迎春. 菊科植物化感作用研究进展[J]. 生态学报, 2004, **24** (8): 1780 – 1788.
- ZHOU Kai, GUO Weiming, XU Yingchun. Advances of research on allelopathic potential in compositae [J]. *Acta Ecol Sin*, 2004, **24** (8): 1780 – 1788.
- [11] XUAN T D, SHINKICHI T, HONG N H, *et al.* Assessment of phytotoxic action of *Ageratum conyzoides* L. (billy goat weed) on weeds [J]. *Crop Prot*, 2004, **23** (10): 915 – 922.
- [12] GAO Yan, JIN Youju, LI Haidong, *et al.* Volatile organic compounds and their roles in bacteriostasis in five conifer species [J]. *J Integrative Plant Biol*, 2005, **47** (4): 499 – 507.
- [13] 马荣贵, 管景斌, 王秀梅, 等. 紫花野菊、小红菊与野菊花挥发油化学成分的比较研究[J]. 色谱, 1994, **12** (1): 47 – 49.
- MA Ronggui, GUAN Jingbin, WANG Xiumei, *et al.* Study on comparison of the chemical components of essential oils from *Dendranthema zawadskii*, *D. erubescens* and *D. indicum* [J]. *Chin J Chromatogr*, 1994, **12** (1): 47 – 49.
- [14] 侯冬岩, 郭华, 李铁纯, 等. 千山野菊花萜类化合物的分析[J]. 沈阳师范大学学报: 自然科学版, 2003, **21** (4): 303 – 306.
- HOU Dongyan, GUO Hua, LI Tiechun, *et al.* Studies on terpene constituents of *Chrysanthemum indicum* L. from Qianshan [J]. *J Shenyang Nor Univ Nat Sci*, 2003, **21** (4): 303 – 306.
- [15] 杨明非, 刘晓东, 潘雪峰. 地被菊挥发油化学组成分析[J]. 东北林业大学学报, 1997, **25** (6): 87 – 91.
- YANG Mingfei, LIU Xiaodong, PAN Xuefeng. Analysis of constituents of essential oil from *Dendranthema × grandiflor* [J]. *J Northeast For Univ*, 1997, **25** (6): 87 – 91.
- [16] 孙明, 刘华, 张启翔, 等. 3 个地被菊品种香气成分的分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2008, **39** (1): 92 – 95.
- SUN Ming, LIU Hua, ZHANG Qixiang, *et al.* Preliminary studies on major aroma ingredients of three ground-cover chrysanthemum cultivars [J]. *J Shenyang Agric Univ*, 2008, **39** (1): 92 – 95.
- [17] MARIA R P, MARK J P, WENDY S G, *et al.* The impacts of reactive terpene emissions from plants on air quality in Las Vegas Nevada [J]. *Atmos Environ*, 2009, **43**: 4109 – 4123.

- [18] 文福姬, 俞庆善. 植物性天然香料的研究进展[J]. 现代化工, 2005, **25** (4): 25 – 28.
WEN Fuji, YU Qingshan. Research progress of natural aroma compounds in plants [J]. *Mod Chem Ind*, 2005, **25** (4): 25 – 28.
- [19] PARIJA T, DAS B. Involvement of YY1 and its correlation with c-myc in NDEA induced hepatocarcinogenesis, its prevention by d-limonene [J]. *Mol Biol Rep*, 2003, **30**: 41 – 46.
- [20] GUYTON K, KENSLER T. Prevention of liver cancer [J]. *Curr Oncol Rep*, 2002, **4**: 464 – 470.
- [21] 郑华. 北京市绿色嗅觉环境质量评价研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2002.
ZHENG Hua. *Investigation on the Olfactory Environment of Urban Vegetations in Beijing* [D]. Beijing: Beijing Forestry university, 2002.
- [22] 占爱瑶, 由香玲, 詹亚光. 植物萜类化合物的生物合成及应用[J]. 生物技术通讯, 2010, **21** (1): 131 – 135.
ZHAN Aiyao, YOU Xiangling, ZHAN Yaguang. Biosynthetic pathway and applications of plant terpenoid isoprenoid [J]. *Let Biotechnol*, 2010, **21** (1): 131 – 135.
- [23] 李玉平, 龚宁, 慕小倩, 等. 菊科植物资源及其开发利用研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2003, **31** (增刊 1): 150 – 156.
LI Yuping, GONG Ning, MU Xiaoqian, et al. A brief review on the composite resource and its utilization [J]. *J Northwest A & F Univ Nat Sci Ed*, 2003, **31** (supp 1): 150 – 156.



王小德教授荣获江郎山申报世界自然遗产工作一等奖

210 年 12 月 28 日, 浙江省人民政府召开全省风景名胜区工作暨江郎山申遗工作表彰大会, 陈加元副省长等领导为江郎山申遗工作先进单位和记功人员颁奖。浙江农林大学艺术设计学院院长王小德教授荣获江郎山申报世界自然遗产工作一等奖。

2010 年 8 月 2 日, 在巴西举行的第 34 届世界遗产大会表决通过了“中国丹霞”世界自然遗产。“中国丹霞”世界自然遗产由湖南崀山、广东丹霞山、江西龙虎山、贵州赤水、福建泰宁、浙江江郎山等 6 个遗产地捆绑而成。

江郎山申遗工作开始于 2006 年底。浙江农林大学等 10 多家国内科研院校的专家以及澳大利亚、新西兰等 10 多个国家的专家, 历经 4 年多的通力协作和艰辛努力, 完成了对江郎山丹霞地貌的科学价值、美学价值、资源保护、环境整治、基础设施配套等研究与建设, 相关文本编制及江郎山展示中心建设和布展工作, 得到了世界遗产专家的充分认可。《浙江林学院学报》于 2010 年第 5 期报道了王小德教授的部分研究成果。

江郎山位于浙江省江山市区以南 25 km 处, 以雄伟奇特的“三爿石”著称于世, 素有“雄奇冠天下, 秀丽甲东南”之誉, 拥有“中国丹霞第一奇峰”“全国一线天”之最之称。江郎山丹霞地貌遗产地是江郎山国家风景名胜区的重要组成部分。

陈波