

不同花期厚朴雌雄蕊和花瓣香气组成成分的分析比较

王 洁¹, 杨志玲^{1,①}, 杨 旭¹, 何正松²

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 磐安县园塘林场, 浙江 磐安 322300)

摘要: 采用固相微萃取和 GC-MS 技术, 对初花期、展瓣期、盛花期和盛花末期厚朴 (*Magnolia officinalis* Rehd. et Wils.) 雌雄蕊和花瓣香气的组成成分及其相对含量进行了分析和比较。结果表明: 不同花期厚朴雌雄蕊和花瓣香气的组成成分及其相对含量差异明显。雌雄蕊和花瓣香气分别含有 52 和 37 种成分, 总计 67 种; 其中, 1-甲氧基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯、1-香叶基乙醚、*D*-柠檬烯、莜烯、月桂烯和石竹烯等成分的相对含量均较高。初花期、展瓣期、盛花期和盛花末期雌雄蕊香气分别含有 26、26、27 和 24 种成分, 花瓣香气则分别含有 22、19、16 和 21 种成分; 不同花期雌雄蕊和花瓣香气的共有成分为 1-甲氧基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯、*D*-柠檬烯和石竹烯。不同花期厚朴雌雄蕊和花瓣香气成分可分为萜烯类、醇类、芳香烃类、醚类、醛酮类、酯类、烷烃类和含氮类 8 类, 共有类型为萜烯类和醇类, 其中, 萜烯类是主要组成成分。厚朴雌雄蕊和花瓣在不同花期均释放出较多的萜烯类化合物, 其相对含量随着花的发育呈先升高后降低的趋势。根据感官分析与 GC-MS 分析结果综合判断: 萜烯类化合物是组成厚朴花香气的重要成分; 花瓣是香气释放的主要部位, 而雌雄蕊则在香气释放过程中起辅助作用。

关键词: 厚朴; 花期; 雌雄蕊; 花瓣; 香气组成成分; GC-MS

中图分类号: Q946.8; R284.2 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2011)04-0042-07

Analysis and comparison of aroma constituents from pistil-stamen and petal of *Magnolia officinalis* at different flowering stages WANG Jie¹, YANG Zhi-ling^{1,①}, YANG Xu¹, HE Zheng-song² (1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China; 2. Yuantang Forest Farm of Pan'an County, Pan'an 322300, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2011, 20(4): 42-48

Abstract: The constituents and their relative content in aroma from pistil-stamen and petal of *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils. at stages of initial flowering, petal expansion, full flowering and the end of full flowering were analyzed and compared by solid phase micro-extraction and GC-MS technologies. The results show that there are obvious differences of constituents and their relative content in aroma between pistil-stamen and petal at different flowering stages. Aroma from pistil-stamen and petal respectively contains 52 and 37 components with a total number of 67 components. In which, relative content of 1-methoxy-3,7-dimethyl-2,6-octadiene, 1-geranyl ethyl ether, *D*-limonene, camphene, myrcene and caryophyllene is higher. At initial flowering, petal expansion, full flowering and the end of full flowering stages, there are 26, 26, 27 and 24 components in aroma from pistil-stamen and 22, 19, 16 and 21 components in aroma from petal, respectively. And the common components in aroma from pistil-stamen and petal at different flowering stages are 1-methoxy-3,7-dimethyl-2,6-octadiene, *D*-limonene and caryophyllene. The components in aroma from pistil-stamen and petal can be divided into eight types, viz. terpenes, alcohols, arenes, ethers, aldehydes and ketones, esters, alkanes and nitrogen-containing, and the common types are terpenes and alcohols, in which terpenes are the main constituents. Pistil-stamen and petal of *M. officinalis* both release more terpenes at different flowering stages and their relative content appears the trend of firstly increasing and then decreasing with the

收稿日期: 2011-08-03

基金项目: 浙江省自然科学基金重点项目 (Z3100041); 国家科学技术部公益性林业专项 (200704022)

作者简介: 王 洁 (1986—), 女, 山东淄博人, 硕士研究生, 主要从事药用植物濒危机制研究。

①通信作者 E-mail: zlyang0002@126.com

development of flower. According to organoleptic evaluation and GC-MS analysis results, it is comprehensively judged that terpenes are the major components in aroma of *M. officinalis* flower, and petal is probably the most important part for releasing aroma, while pistil-stamen plays an assistant effect on the releasing aroma process.

Key words: *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils.; flowering stage; pistil-stamen; petal; aroma constituents; GC-MS

厚朴(*Magnolia officinalis* Rehd. et Wils.)为木兰属(*Magnolia* L.)落叶乔木,野生资源主要分布在四川、陕西南部、贵州北部和东北部、湖北西部、湖南西南部和西北部、江西北部等高山地区,其树皮、根皮、花和果实均可入药^[1]。在初花期至盛花期,厚朴花散发出浓郁的芳香气味,具有理气化湿的功效,可用于治疗胸脘痞闷胀满、纳谷不香等症^[2]。

有研究者对芍药(*Paeonia lactiflora* Pall.)、蜡梅[*Chimonanthus praecox* (L.) Link]、玫瑰(*Rosa rugosa* Thunb.)、山茶(*Camellia japonica* L.)等具有观赏价值的植物花部的香气组成成分进行了研究^[3-6],也有研究者对可供药用的一些植物的花部香气组成成分进行了分析^[7-10]。叶华等^[11]曾采用GC-MS技术对厚朴花的挥发油成分进行了分析,但研究对象为干燥花蕾,对其新鲜花朵香气组成成分的研究未见报道。

明确不同花期厚朴花不同部位的香气组成成分及含量变化,对于研究厚朴花期花部次生代谢产物的代谢过程及明确厚朴花香气组成成分的释放部位有重要意义。因而,作者采用固相微萃取和GC-MS技术对不同花期厚朴雌雄蕊和花瓣香气的组成成分及其相对含量进行了提取和分析,以探明其香气成分的时空变化规律,为探究厚朴花的药理活性与香气成分的关系及其在日化领域的开发利用提供基础数据。

1 材料和方法

1.1 材料

实验材料为不同花期的厚朴花,取自中国林业科学研究院亚热带林业研究所木兰园。根据花部形态学特征将厚朴花期分为4个时期:初花期(苞片裂开,花瓣啮合处松动,花瓣顶部出现小孔,花药紧贴,柱头外卷);展瓣期(外轮花瓣展开,内轮花瓣上部啮合、下部分离,雄蕊群开始松开,少数花药开裂,雌蕊柱头开始伸直);盛花期(花瓣全部张开,外轮花瓣平展、内轮花瓣外倾,雄蕊群辐射状散开,柱头向雌蕊群

中轴内贴合);盛花末期(花被片开始脱落,花药已散,柱头末端开始枯萎)。

1.2 方法

1.2.1 香气组成成分的提取方法 厚朴花朵的初花期、展瓣期、盛花期和盛花末期的出现时间依次在晴天的9:00、15:00、17:00和次日9:00左右,根据这一规律,选择这4个时段采集处于同种环境条件下的厚朴花朵,每个时段采集3朵花。

花朵采回后分成雌雄蕊和花瓣2部分,将同一时段采集的3朵花的雌雄蕊和花瓣分别混合后迅速剪碎、充分混匀;称取雌雄蕊3g、花瓣5g,采用固相微萃取法^[5,12]分别提取雌雄蕊及花瓣香气的组成成分。25℃条件下,采用直径65μm的PDMS/DVB萃取头萃取30min,然后将固相微萃取头插入气相色谱-质谱联用仪,解吸5min后进行GC-MS分析。

1.2.2 GC-MS分析方法 采用Agilent 6890N气相色谱仪/5975B质谱仪进行GC-MS分析,色谱柱为HP-INNOWax毛细管柱(30m×0.25mm×0.25μm)。

GC-MS分析条件:载气为高纯氮气,流速1.0mL·min⁻¹;程序升温,50℃保持5min,再按3℃·min⁻¹的速率升温至210℃并保持5min;进样口温度250℃,离子源温度230℃,接口温度280℃,MS四级杆温度150℃;电离方式为EI,电子能量70eV,相对分子质量扫描范围40~550amu。

1.3 数据分析

根据质谱数据和GC-MS标准图谱数据库的检索结果对各成分进行鉴定;运用离子流峰面积归一化法计算各成分的相对含量。

2 结果和分析

2.1 不同花期厚朴雌雄蕊和花瓣香气组成成分分析

根据质谱数据和GC-MS标准图谱数据库的检索结果,最终确定厚朴的雌雄蕊和花瓣香气中分别含有52和37种成分,共计67种成分。不同花期厚朴

雌雄蕊和花瓣中各成分的相对含量见表1。

2.1.1 雌雄蕊香气的组成成分 由表1可见:初花期从厚朴雌雄蕊中共检测出26种成分,主要为芳香烃类、萜烯类、烷烃类和醇类化合物,相对含量均大于

10%;其中,4-异丙基甲苯、正十五烷、十四烷和D-柠檬烯的相对含量较高,均在8%以上。展瓣期从雌雄蕊中也检测出26种成分,以萜烯类和芳香烃类化合物为主;其中,石竹烯、苈烯、D-柠檬烯、苯乙酮和

表1 不同花期厚朴雌雄蕊和花瓣香气的组成成分及其相对含量¹⁾

Table 1 Constituents and their relative content in aroma from pistil-stamen and petal of *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils. at different flowering stages¹⁾

成分 Component	分子式 Molecular formula	保留 时间/min Retention time	在不同花期雌雄蕊中的相对含量/% Relative content in pistil-stamen at different flowering stages				在不同花期花瓣中的相对含量/% Relative content in petal at different flowering stages			
			I	P	F	E	I	P	F	E
(1S)-(-)- α -pinene	C ₁₀ H ₁₆	4.85	4.11	6.27	-	-	-	-	-	-
(1R)-(+)- α -pinene	C ₁₀ H ₁₆	5.01	-	-	3.80	-	-	5.45	-	9.44
α -pinene	C ₁₀ H ₁₆	5.09	-	-	-	0.93	0.22	-	4.80	-
camphene	C ₁₀ H ₁₆	5.78	3.79	10.56	2.36	-	0.48	5.73	4.03	-
(-)-camphene	C ₁₀ H ₁₆	6.02	-	-	1.37	-	-	-	-	3.38
β -pinene	C ₁₀ H ₁₆	6.10	1.59	-	1.68	-	-	-	-	-
sabinine	C ₁₀ H ₁₆	9.14	1.36	-	-	-	-	-	-	1.73
myrcene	C ₁₀ H ₁₆	9.48	-	-	-	-	1.81	16.20	6.57	-
D-limonene	C ₁₀ H ₁₆	10.23	8.40	9.48	14.95	6.10	1.57	7.78	13.35	11.21
4-methyl-1-(1-methylethyl)-bicyclo [3.1.0]hex-2-ene	C ₁₀ H ₁₆ O	10.81	-	-	2.96	-	-	-	-	-
β -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	10.94	-	3.17	-	8.47	-	-	-	4.19
(+/-)-2-methyl-1-butanol	C ₅ H ₁₂ O	11.01	-	-	-	-	-	-	-	9.16
2-methyl-1-butanol	C ₅ H ₁₂ O	11.03	-	-	-	-	0.29	3.70	8.72	-
styrene	C ₈ H ₈	12.89	-	-	-	-	-	-	-	8.65
O-cymene	C ₁₀ H ₁₄	13.37	-	1.79	1.55	-	-	-	-	2.91
1-methyl-4-(1-methylethyl)-benzene	C ₁₀ H ₁₂	13.40	2.26	-	0.45	5.10	-	-	-	-
terpinene	C ₁₀ H ₁₆	13.69	0.88	-	-	-	-	-	-	-
(Z)-3,7-dimethyl-1,3,6-octatriene	C ₁₀ H ₁₆	13.79	3.04	-	-	0.80	0.83	3.28	3.09	-
(+)-4-carene	C ₁₀ H ₁₆	13.84	-	-	-	-	0.71	-	-	-
1-heptanol	C ₇ H ₁₆ O	16.92	-	-	-	0.86	-	-	-	-
p-cymene	C ₁₀ H ₁₄	21.97	30.73	-	-	-	-	-	-	-
1-methoxy-3,7-dimethyl-2,6-octadiene	C ₁₁ H ₂₀ O	22.18	0.58	4.17	10.08	1.10	49.56	21.00	18.41	11.41
copaene	C ₁₅ H ₂₄	22.20	-	1.56	-	-	-	-	-	-
α -cubebene	C ₁₅ H ₂₄	22.34	0.39	0.32	1.29	2.04	-	-	-	-
1-methyl-4-(1-methylethylidene)- cyclohexene	C ₁₀ H ₁₆	22.45	0.34	0.07	2.91	-	-	3.54	3.44	1.96
(Z)-3-hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	23.14	0.55	-	-	-	-	-	-	-
tetradecane	C ₁₄ H ₃₀	23.51	8.63	-	-	-	-	-	-	-
(1 α ,2 β ,5 α)-2-methyl-5-(1- methylethyl)-bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	25.47	0.93	-	-	-	-	-	-	-
acetic acid lavandulyl ester	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	26.17	-	-	-	-	0.10	-	-	-
pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	26.40	12.83	-	-	-	-	-	-	0.64
[1S-(1R*,9S*)]-10,10-dimethyl-2,6- bis(methylene)-bicyclo[7.2.0] undecane	C ₁₅ H ₂₄	26.92	-	0.29	-	-	-	-	-	-
acetophenone	C ₈ H ₈ O	28.45	-	7.99	0.55	2.48	8.01	1.69	6.96	3.04
1-geranyl ethyl ether	C ₁₂ H ₂₂ O	28.58	4.96	-	-	-	28.45	19.90	18.12	8.27
α -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	28.78	-	-	-	1.75	-	-	-	-
(E)- β -farnesene	C ₁₅ H ₂₄	28.99	-	1.65	-	2.03	-	-	-	-
nerol	C ₁₀ H ₁₈ O	29.03	4.21	-	2.62	-	0.77	0.45	-	-

续表1 Table 1 (Continued)

成分 Component	分子式 Molecular formula	保留 时间/min Retention time	在不同花期雌雄蕊中的相对含量/% Relative content in pistil-stamen at different flowering stages				在不同花期花瓣中的相对含量/% Relative content in petal at different flowering stages			
			I	P	F	E	I	P	F	E
(Z,Z,Z)-1,5,9,9-tetramethyl-1,4,7-cycloundecatriene	C ₁₅ H ₂₄	29.24	-	4.77	8.74	11.31	0.36	1.20	1.55	3.92
4a,8-dimethyl-2-isopropenyl-1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydronaphthalene	C ₁₅ H ₁₈	29.34	-	0.59	-	-	-	-	-	-
(E)-3,7-dimethyl-1,3,6-octatriene	C ₁₀ H ₁₆	29.40	-	1.72	0.94	2.45	-	-	-	-
(Z)-7,11-dimethyl-3-methylene-1,6,10-dodecatriene	C ₁₅ H ₂₄	29.61	-	-	1.26	-	-	-	-	-
borneol	C ₁₀ H ₁₈ O	30.43	-	0.84	1.73	1.60	0.24	-	0.70	-
linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	30.55	3.01	-	1.42	-	0.62	0.54	0.83	-
[4aR-(4α,7α,8αβ)]-decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethenyl)-naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	30.78	-	2.18	1.74	1.59	-	-	-	-
2,6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)-bicyclo[3.1.1]hept-2-ene	C ₁₅ H ₂₄	30.90	1.17	7.81	1.76	5.33	-	-	-	-
[2R-(2α,4α,8αβ)]-1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-4a,8-dimethyl-2-(1-methylethenyl)-naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	31.00	-	2.78	2.23	1.89	-	-	-	-
L-bornyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	31.23	1.07	1.11	-	-	-	-	-	-
(S)-1-methyl-4-(5-methyl-1-methylene-4-hexenyl)-cyclohexene	C ₁₅ H ₂₄	31.42	-	1.32	0.59	2.14	-	-	-	-
(E)-3,7-dimethyl-2,6-octadienal	C ₁₀ H ₁₆ O	31.62	-	-	-	-	-	0.39	-	-
(Z,E)-3,7,11-trimethyl-1,3,6,10-dodecatetraene	C ₁₅ H ₂₄	31.83	-	-	-	-	-	-	-	0.56
α-caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	31.93	-	-	-	-	-	0.48	-	-
caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	31.95	0.63	27.49	28.06	33.96	2.06	4.39	6.52	12.33
[1S-(1α,4αβ,8αα)]-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	32.39	-	-	-	-	-	-	-	0.70
(1S-cis)-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-1,2,3,5,6,8a-hexahydro-naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	32.49	-	3.88	3.21	4.99	0.10	-	-	-
terpinen-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	32.56	1.65	-	-	-	-	-	-	-
3-carbonitrile-4-ethoxy-tricyclo[5.2.1.0(2,6)]deca-3,8-diene	C ₁₃ H ₁₅ NO	32.59	-	-	-	-	-	-	-	1.08
2-tert-butylpyridine	C ₉ H ₁₃ N	33.22	0.72	-	-	-	-	-	-	-
curcumene	C ₁₅ H ₂₂	33.54	-	1.01	0.37	1.49	-	-	-	-
α-methyl-benzenemethanol	C ₈ H ₁₀ O	34.61	-	-	-	-	2.64	-	-	1.28
methyl benzoate	C ₈ H ₈ O ₂	34.69	1.84	-	-	-	0.25	-	1.50	2.34
methylphenyl carbinol	C ₈ H ₁₀ O	34.83	-	-	0.88	-	-	0.71	1.41	-
(1S-cis)-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-1,2,3,4-tetrahydro-naphthalene	C ₁₅ H ₂₂	35.01	-	0.92	-	0.53	-	-	-	-
geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	35.93	-	-	-	-	0.74	2.46	-	-
benzyl alcohol	C ₇ H ₈ O	36.76	-	-	-	-	0.12	1.11	-	1.80
(+)-aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	37.52	0.33	-	-	-	-	-	-	-
1,4-dimethyl-1,4-diethyl-2,5-cyclohexadiene	C ₁₂ H ₂₀	37.73	-	2.26	0.50	0.72	-	-	-	-
benzyl phenylacetoneitrile	C ₁₅ H ₁₃ N	38.40	-	-	-	0.34	-	-	-	-
p-allylphenol	C ₉ H ₁₀ O	51.51	-	-	-	-	0.07	-	-	-

¹⁾ I: 初花期 Initial flowering stage; P: 展瓣期 Petal expansion stage; F: 盛花期 Full flowering stage; E: 盛花末期 The end of full flowering stage.
-: 未检出 Un-detected.

2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)-二环[3.1.1]庚-2-烯的相对含量较高,均大于8%或在8%左右;而(1*S*)-(−)- α -蒎烯和(*Z,Z,Z*)-1,5,9,9-四甲基-1,4,7-环十一碳三烯的相对含量也较高,分别达到6.27%和4.77%。盛花期从雌雄蕊中共检测出27种成分,主要为萜烯类化合物,相对含量达到80.29%;其中,石竹烯、*D*-柠檬烯、1-甲氧基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯和(*Z,Z,Z*)-1,5,9,9-四甲基-1,4,7-环十一碳三烯的相对含量均较高,分别达到28.06%、14.95%、10.08%和8.74%。盛花末期从雌雄蕊中共检测出24种成分,以萜烯类和芳香烃类化合物为主,相对含量达94.32%;其中,石竹烯、(*Z,Z,Z*)-1,5,9,9-四甲基-1,4,7-环十一碳三烯、 β -水芹烯、*D*-柠檬烯、2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)-二环[3.1.1]庚-2-烯和4-异丙基甲苯的相对含量较高,均在5%以上。

厚朴雌雄蕊中香气的组成成分随花的发育变化较大。例如:初花期雌雄蕊中石竹烯的相对含量很低,随着花的发育,其相对含量呈不断升高的趋势,且在展瓣期至盛花末期均为相对含量最高的成分;初花期雌雄蕊中未检测出(*Z,Z,Z*)-1,5,9,9-四甲基-1,4,7-环十一碳三烯,但在展瓣期至盛花末期其相对含量不断提高,并在盛花末期成为相对含量仅次于石竹烯的主要成分;而4-异丙基甲苯和正十五烷却只存在于初花期的雌雄蕊中,相对含量分别高达30.73%和12.83%。

2.1.2 花瓣香气的组成成分 由表1还可见:初花期从厚朴花瓣中共检测出22种成分,主要为萜烯类和醚类化合物,以1-甲氧基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯、1-香叶基乙醚和苯乙酮的相对含量较高,分别为49.56%、28.45%和8.01%。展瓣期从花瓣中共检测出19种成分,以萜烯类和醚类化合物为主;其中,相对含量在16%以上的成分有1-香叶基乙醚、月桂烯和1-甲氧基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯;*L*-柠檬烯、蒎烯和(1*R*)-(+) - α -蒎烯的相对含量也较高,均在5%以上。盛花期从花瓣中共检测出16种成分,以萜烯类、醚类和醇类化合物为主,主要有1-甲氧基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯、1-香叶基乙醚、*D*-柠檬烯、2-甲基丁醇、苯乙酮、月桂烯和石竹烯,相对含量均在6%以上。盛花末期从花瓣中共检测出21种成分,以萜烯类、芳香烃类和醇类化合物为主;其中,相对含量较高的成分为石竹烯、1-甲氧基-3,7-二甲基-2,6-

辛二烯、*D*-柠檬烯、(1*R*)-(+) - α -蒎烯、(+/-)-2-甲基-1-丁醇、苯乙烯和1-香叶基乙醚,相对含量均在8%以上。

花瓣香气的组成成分也随花的发育不断变化。例如:不同花期花瓣中的1-甲氧基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯和1-香叶基乙醚的相对含量均较高,它们是构成花瓣香气的重要成分,随着花的发育,相对含量均呈逐渐下降的趋势;在展瓣期相对含量达到16.20%的月桂烯,在初花期和盛花期相对含量仅为1.81%和6.57%,而在盛花末期则未能检出;相对含量在8%以上的(+/-)-2-甲基-1-丁醇和苯乙烯仅存在于盛花末期的花瓣中,在其他3个时期的花瓣中均未检出。

2.2 不同花期厚朴雌雄蕊和花瓣香气组成成分的类型分析

组成厚朴雌雄蕊和花瓣香气的67种成分可以分为萜烯类、醇类、芳香烃类、醚类、醛酮类、酯类、烷烃类和含氮类8类化合物,不同花期雌雄蕊和花瓣中这8类化合物的相对含量见表2。

由表2可见:萜烯类化合物是雌雄蕊香气中的最主要成分,其相对含量随花的发育呈先增加后降低的趋势,初花期的相对含量只有26.61%,展瓣期迅速增加至76.62%,盛花期时达到最高(80.29%),盛花末期又降至79.13%。芳香烃类化合物是雌雄蕊香气中另一类主要的组成成分,其相对含量随花的发育呈先降低后增加的趋势,初花期相对含量最高(32.99%),展瓣期减少至13.15%,盛花期降至最低(9.55%),盛花末期增加到15.59%。烷烃类和醇类化合物只在初花期相对含量较高;而4个花期中,醚类、酮醛类、酯类和含氮类化合物的相对含量较低,均小于10%。

由表2还可见:不同花期花瓣香气中均以萜烯类化合物的相对含量最高,随花的发育,其相对含量呈先增加后降低的趋势,与雌雄蕊中萜烯类相对含量的变化趋势相似,只是花瓣中该类化合物相对含量的变化幅度较小,其中,初花期相对含量为57.60%,展瓣期达到最高(69.05%),盛花末期降至61.21%。在花瓣香气中相对含量位列第二的是醚类化合物,由初花期的28.45%逐渐下降至盛花末期的8.27%。在花瓣香气中相对含量位列第三的是醇类化合物,随着花的发育其相对含量不断增加,盛花末期达到最高(12.24%)。花瓣中的芳香烃类化合物仅在盛花末期相对含量较高(12.26%);而醛酮类、酯类以及烷烃类

化合物的含量最少,相对含量均小于10%;花瓣中含氮类化合物在不同花期均未检出。

厚朴雌雄蕊和花瓣香气的组成成分及其相对含量差异很大。在花发育的4个阶段,萜烯类和醇类化合物是雌雄蕊和花瓣香气中的共同芳香化合物类型。其中相对含量较高的萜烯类的变化趋势均为先升高

后降低,但在各花期的相对含量却差异很大,初花期雌雄蕊中的萜烯类相对含量低于花瓣,而其余3个时期均高于花瓣。花发育的4个阶段中,雌雄蕊香气中的芳香烃类化合物的相对含量较高,而花瓣香气中则含较多的醚类化合物。

表2 不同花期厚朴雌雄蕊和花瓣香气组成成分类型分析¹⁾

Table 2 Analysis of constituent types in aroma from pistil-stamen and petal of *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils. at different flowering stages¹⁾

部位 Part	花期 Flowering stage	不同成分类型的相对含量/% Relative content of different constituent types							
		萜烯类 Terpenes	醇类 Alcohols	芳香烃类 Arenes	醚类 Ethers	醛酮类 Aldehydes and ketones	酯类 Esters	烷烃类 Alkanes	含氮类 Nitrogen-containing
雌雄蕊 Pistil-stamen	I	26.61	10.35	32.99	4.96	-	2.91	21.46	0.72
	P	76.62	0.84	13.15	-	7.99	1.11	0.29	-
	F	80.29	6.65	9.55	-	3.51	-	-	-
	E	79.13	2.46	15.59	-	2.48	-	-	0.34
花瓣 Petal	I	57.60	5.49	0.10	28.45	8.01	0.35	-	-
	P	69.05	8.97	-	19.90	2.08	-	-	-
	F	61.76	11.66	-	18.12	6.96	1.50	-	-
	E	61.21	12.24	12.26	8.27	3.04	2.34	0.64	-

¹⁾ I: 初花期 Initial flowering stage; P: 展瓣期 Petal expansion stage; F: 盛花期 Full flowering stage; E: 盛花末期 The end of full flowering stage. -: 未检出 Un-detected.

3 讨 论

植物花的特殊香气通常与香气的主要组成成分有关。在初花期,厚朴花的香味浓郁,且这种浓郁的香味可一直持续至盛花期,并在盛花末期迅速变淡。根据感官分析和他人的研究结果^[5,13]、结合不同花期香气组成成分的含量变化分析,可确定与花香密切相关的主体香气成分种类。在不同花期厚朴的雌雄蕊和花瓣中,1-甲氧基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯、1-香叶基乙醚、D-柠檬烯、苾烯、月桂烯和石竹烯的相对含量均较高,特别是1-甲氧基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯、D-柠檬烯和石竹烯还是4个花期雌雄蕊和花瓣中的共有成分,因而,可初步推断这些成分是厚朴花香气的主要组成成分。但有关这些成分的相互作用及其绝对含量与花香的相关性尚需进一步研究。

叶华等^[11]的研究结果显示:厚朴干燥花蕾中含有22种挥发油成分;本研究采用新鲜的厚朴花为实验材料,分析得出初花期厚朴雌雄蕊和花瓣中共有39种成分。尽管两者的研究结果相差较大,但经过比较后可看出:厚朴鲜花和干燥花蕾中石竹烯和1-甲氧

基-3,7-二甲基-2,6-辛二烯的相对含量均较高,说明厚朴花的主体香气成分以萜烯类为主。这一结果与钟瑞敏等^[14]对华南5种木兰科(*Magnoliaceae*)植物的研究结果类似。与花瓣相比,厚朴雌雄蕊香气的组成成分种类较多,但其中的几种主体香气成分的相对含量明显低于花瓣。据此推断:厚朴花香气释放的主要部位是花瓣,雌雄蕊在释香过程中起辅助作用,这一推断与高华娟对白兰(*Michelia alba* DC.)、含笑 [*M. figo* (Lour.) Spreng.]、黄兰(*M. champaca* L.)的研究结果^[15]相似。

植物释放的各种香气成分来自于其自身的次生代谢产物,主要是萜烯类、芳香类和脂肪酸衍生物等低分子量(30~300)、易挥发的化合物^[16]。从不同花期厚朴花的不同部位共鉴定出67种成分,其中主要为萜烯类。萜烯类化合物是存在于自然界的、具有多种生物活性的一类化合物,多具有一定的药用功效。如:石竹烯有平喘的功效; α -蒎烯可祛痰、镇咳、抗真菌; β -蒎烯具有抗炎作用;芳樟醇具有抗细菌、抗真菌和抗病毒等作用^[17-18]。据此推测:厚朴花的药效可能与其含有大量的萜烯类成分有关。因此,可对厚朴花香气组成成分进行深入研究,以确定其主要药

用成分,有助于厚朴花在医药方面和日化产业上的深度开发和利用。

参考文献:

- [1] 于华会, 杨志玲, 谭梓峰, 等. 厚朴苗期性状及种源选择初步研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(2): 189-195.
- [2] 中国医学科学院药物研究所. 中药志: 第5册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1994: 277.
- [3] 黄雪, 王超, 王晓茜, 等. 芍药‘杨妃出浴’和‘大富贵’花香成分初探[J]. 园艺学报, 2010, 37(5): 817-822.
- [4] 周继荣, 倪德江. 蜡梅不同品种和花期香气变化及其花茶适制性[J]. 园艺学报, 2010, 37(10): 1621-1628.
- [5] 冯立国, 生利霞, 赵兰勇, 等. 玫瑰花发育过程中芳香成分及含量的变化[J]. 中国农业科学, 2008, 41(12): 4341-4351.
- [6] 范正琪, 李纪元, 田敏, 等. 三个山茶花种(品种)香气成分初探[J]. 园艺学报, 2006, 33(3): 592-596.
- [7] 刘艳清. 蒲桃茎、叶和花挥发油化学成分的气相色谱-质谱分析[J]. 精细化工, 2008, 25(3): 243-245, 255.
- [8] 徐玉婷. 同生境地引种栽培菊花挥发油化学成分研究[D]. 武汉: 湖北中医学院药学院, 2009.
- [9] 吕琳, 秦民坚, 吴刚, 等. 不同种源野菊及菊花脑花的挥发油成分分析[J]. 植物资源与环境学报, 2007, 16(1): 53-57.
- [10] 秦民坚, 龚建国, 顾瑶华, 等. 黄山贡菊的挥发油成分[J]. 植物资源与环境学报, 2003, 12(4): 54-56.
- [11] 叶华, 张文清, 邱燕. 厚朴花挥发油的GC-MS联用分析[J]. 福建中医药, 2006, 37(6): 53-54.
- [12] 张莹, 李辛雷, 田敏, 等. 大花蕙兰鲜花香气成分的研究[J]. 武汉植物学研究, 2010, 28(3): 381-384.
- [13] 李瑞红, 范燕萍. 白姜花不同开花时期的香味组分及其变化[J]. 植物生理学通讯, 2007, 43(1): 176-180.
- [14] 钟瑞敏, 张振明, 肖仔君, 等. 华南五种木兰科植物精油成分和抗氧化活性[J]. 云南植物研究, 2006, 28(2): 208-214.
- [15] 高华娟. 含笑属3个种花香形成和释放及化学成分的研究[D]. 福州: 福建农林大学生命科学学院, 2009.
- [16] 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.
- [17] 纳智. 小叶臭黄皮叶挥发油化学成分的研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(1): 193-196.
- [18] 周欣, 梁光义, 王道平, 等. 追风伞挥发油的化学成分研究[J]. 色谱, 2002, 20(3): 286-288.

(责任编辑: 佟金凤)

欢迎订阅 2012 年《植物资源与环境学报》

中国科技核心期刊 中国科学引文数据库核心期刊 RCCSE 中国核心学术期刊(A)

“中国期刊方阵”双效期刊 “江苏期刊方阵”优秀期刊

季刊, 单价 20 元, 邮发代号 28-213, 国内统一连续出版物号 CN32-1339/S

《植物资源与环境学报》系江苏省·中国科学院植物研究所、江苏省植物学会等单位联合主办的学术期刊, 国内外公开发行。本刊为 BA、CA、CAB、Elsevier's、中国生物学文摘、中国环境科学文摘、中国科学引文数据库、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊(光盘版)和中文科技期刊数据库等国内外著名刊库收摘, 并被 Ulrich's 期刊指南等所收录。由中国学术期刊(光盘版)电子杂志社出版的《中国学术期刊影响因子年报(自然科学与工程技术)-2010 年》统计结果显示: 2009 年本刊的复合影响因子为 1.481, 在 92 种生物科学 I 类期刊中排名第 10 位。

本刊围绕植物资源与环境两个中心命题, 报道我国植物资源的考察、开发利用和植物物种多样性保护, 自然保护区与植物园的建设和管理, 植物在保护和美化环境中的作用, 环境对植物的影响以及与植物资源和植物环境有关学科领域的原始研究论文、研究简报和综述等。凡从事植物学、生态学、自然地理学以及农、林、园艺、医药、食品、轻化工和环境保护等领域的科研、教学、技术人员及决策者, 可以从本刊获得相关学科领域的研究进展和信息。

本刊为季刊, 大 16 开本。2012 年起本刊每期页码增加至 120 页, 定价改为每期 20 元, 全年价 80 元。全国各地邮局均可订阅。若错过征订时间或需补齐 1992 年至 2011 年各期者, 请直接与编辑部联系邮购, 1992 年至 1994 年每年 8 元, 1994 年至 2000 年每年 16 元, 2001 年至 2005 年每年 24 元, 2006 年至 2008 年每年 40 元, 2009 年至 2011 年每年 60 元(均含邮资), 如需挂号另付邮挂费。

编辑部地址: 江苏省南京市中山门外 江苏省·中国科学院植物研究所内(邮编 210014); 电话: 025-84347016, 84347014; E-mail: zwzy@mail.cnbg.net, nbjx@jlonline.com; QQ: 2219161478。本刊网上投稿系统已开通运行, 网址: <http://www.cnbg.net/tg/contribute/login.aspx>, 欢迎使用并提出宝贵意见。

欢迎订阅! 欢迎投稿!