

芍药‘杨妃出浴’和‘大富贵’花香成分初探

黄雪¹, 王超², 王晓菡¹, 孙宪芝², 郭先锋^{1,*}

(¹山东农业大学林学院, 山东农业大学农业生态与环境重点实验室, 山东泰安 271018; ²山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271018)

摘要: 以芍药品种‘杨妃出浴’和‘大富贵’为试材, 采用顶空固相微萃取和气相色谱-质谱联用技术, 比较分析了花朵不同开放时期香气成分的变化。结果表明, ‘杨妃出浴’含有 34 种香气成分, 主要为橙花醇、月桂烯、 α -蒎烯、3-蒎烯、角鲨烯; ‘大富贵’含有 36 种香气成分, 主要为苯乙醇、3-己烯-1-醇、己醇、邻苯二甲酸二乙酯、1, 4-二甲氧基苯。

关键词: 芍药; 香气成分; 含量

中图分类号: S 682.1⁺2

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 05-0817-06

Preliminary Study of Aromatic Components in Herbaceous Peonies of ‘Yangfei Chuyu’ and ‘Dafugui’

HUANG Xue¹, WANG Chao², WANG Xiao-han¹, SUN Xian-zhi², and GUO Xian-feng^{1,*}

(¹College of Forestry, Key Laboratory of Agricultural Ecology and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China; ²College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: Aromatic components in flower sample of *Paeonia lactiflora* ‘Yangfei Chuyu’ and *P. lactiflora* ‘Dafugui’ were determined using the methods of headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectroscopy (GC-MS). All sorts of aromatic compounds and their relative content at different stages in opening progress were compared and analyzed. 34 kinds of aromatic compounds were consequently detected in ‘Yangfei Chuyu’ sample and 36 kinds in ‘Dafugui’ sample. For ‘Yangfei Chuyu’, nerol, myrcene, α -pinene, 3-carene and spinacen comprised the principal aromatic compounds; While for ‘Dafugui’, phenylethyl alcohol, 3-hexen-1-ol, hexyl alcohol, diethyl phthalate and 1, 4-dimethoxy-benzene to be principal.

Key words: herbaceous peony; aromatic component; content

芍药 (*Paeonia lactiflora* Pall.) 品种繁多, 但香气馥郁的品种却很少。目前在玫瑰 (冯立国 等, 2008)、山茶 (范正琪 等, 2006)、桂花 (曹慧 等, 2009) 等花卉中已有香气研究的报道, 但国内外还没有芍药香气研究的相关文献报道。作者以两个常见芍药品种‘杨妃出浴’和‘大富贵’为对象, 研究和揭示其花香成分及其在不同开放时期的变化规律, 解析和比较两个品种香气不同的化学机理, 以期芍药的芳香型育种和代谢调控研究提供理论参考。

收稿日期: 2010-01-22; 修回日期: 2010-04-28

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (30600425)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: sharon.xfg@163.com)

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为具有代表性的芍药品种‘杨妃出浴’（香气浓郁）和‘大富贵’（香气清淡）。样品采自山东农业大学林学实验站，每个品种在生长势一致的植株上分别采花苞期、初开期、盛花期、盛开末期花各3朵。

1.2 香气成分分析

采芍药鲜花 2.84 g 样品于 25 mL 顶空进样瓶中，用硅胶隔垫密封，铝盖封口，放入自动顶空进样仪（美国 PE 公司的 Turbo Matrix 40 HS 带捕集阱的顶空进样器）中，45 °C 下预热并平衡 30 min 后取样进行 GC/MS（日本岛津公司 GC - MS QP2010 Plus 气相色谱—质谱联用仪）分析。

色谱柱为 Rtx-1MS (30 m × 0.25 mm × 0.25 mm)；25 mL 顶空进样瓶，铝制瓶盖和硅橡胶垫。色谱条件：进样口温度 230 °C；柱温起始温度 40 °C，保持 2 min，以 8 °C · min⁻¹ 升至 180 °C，再以 15 °C · min⁻¹ 上升至 230 °C，保持 5 min；载气 He (99.999%)，柱流量 1 mL · min⁻¹。质谱条件：电离方式 EI，电子能量 70 eV，离子源温度 200 °C，接口温度 230 °C。扫描质量范围 45 ~ 450 amu。

香气组分经气相色谱分离，不同组分形成其各自的色谱峰，用气相色谱—质谱—计算机联用仪进行分析鉴定。各组分质谱经计算机谱库（NIST/WILEY）检索及资料分析（刘树文，2000；宋国新等，2008），再结合有关文献（陈美霞等，2004；冯涛等，2006；Raffo et al., 2008；王华磊和冯建荣，2009）进行人工图谱解析，确认挥发性物质的各个化学成分，运用峰面积归一化法，求得各成分相对含量。

2 结果与分析

2.1 ‘杨妃出浴’品种香气成分

根据‘杨妃出浴’各个时期挥发性成分的总离子流图（限于篇幅，仅列盛开期的总离子流图，见图1），经计算机谱库检索和资料分析，确定香气成分34种（表1）。

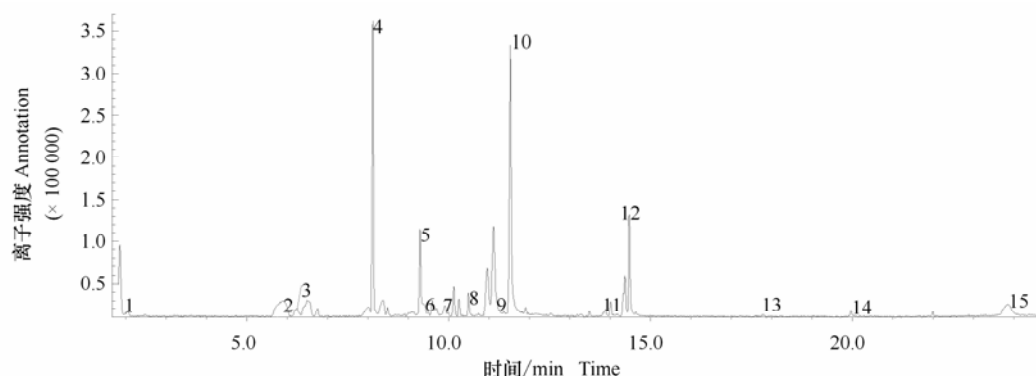


图1 ‘杨妃出浴’盛花期总离子流图

1: 二甲基硫醚; 2: 3-己烯-1-醇; 3: α -崖柏烯; 4: α -蒎烯; 5: 月桂烯; 6: α -水芹烯; 7: 罗勒烯; 8: 3-蒎烯; 9: 异松油烯; 10: 苯乙醇; 11: 3, 7-二甲基-6-辛烯-1-醇; 12: 橙花醇; 13: 香木兰烯; 14: 邻苯二甲酸二乙酯; 15: 角鲨烯。

Fig. 1 Total ionic chromatogram of ‘Yangfei Chuyu’ at full blooming stage

1: Dimethyl sulfide; 2: 3-Hexen-1-ol; 3: α -Thujene; 4: α -Pinene; 5: Myrcene; 6: α -Phellandrene; 7: Ocimene; 8: 3-Carene; 9: Terpinolene; 10: Phenylethyl alcohol; 11: 3, 7-Dimethyl-6-octen-1-ol; 12: Nerol; 13: Aromadendrene; 14: Diethyl phthalate; 15: Spinacene.

表 1 两个芍药品种不同花期香气成分及相对含量

Table 1 Aromatic compounds and their relative contents in flower samples of two herbaceous peony cultivars

/%

化合物 Compounds	‘杨妃出浴’ ‘Yangfei Chuyu’				‘大富贵’ ‘Dafugui’			
	花苞 Bud	初开 Beginning	盛开 Full blooming	末期 End	花苞 Bud	初开 Beginning	盛开 Full blooming	末期 End
醇类 Alcohols	71.40	73.32	48.74	5.51	4.62	33.96	43.88	26.21
己醇 Hexyl alcohol	1.27	3.49	—	—	—	—	2.56	1.70
1-戊醇 1-Pentanol	—	—	—	—	—	0.26	0.15	—
3-戊醇 3-Pentanol	—	—	—	—	0.07	0.51	0.08	0.13
异戊醇 Isopentyl alcohol	—	0.19	—	—	0.43	0.24	—	—
苯乙醇 Phenylethyl alcohol	65.98	64.19	37.98	—	3.13	28.09	34.39	19.99
橙花醇 Nerol	0.80	1.11	10.20	4.22	—	—	0.16	—
异丁醇 Isobutyl alcohol	—	—	—	—	0.35	0.09	—	—
a-松油醇 a-menth-1-en-8-ol	—	—	—	—	0.12	—	0.06	—
1-戊烯-3-醇 1-Penten-3-ol	—	0.07	—	—	—	—	—	—
3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol	1.42	4.17	0.37	—	—	4.73	6.44	4.39
反式-3-己烯-1-醇 3-Hexenol, (E)-	—	—	—	—	0.52	—	0.04	—
1-丁氧基-2-丙醇 1-Butoxy-2-propanol	—	—	—	—	—	0.04	—	—
顺-4-叔丁基环己醇 cis-4-tert-tylcyclohexanol	—	0.10	—	—	—	—	—	—
3, 7-二甲基-6-辛烯 3, 7-Dimethyl-6-octen-1-ol	1.93	—	0.19	1.29	—	—	—	—
酯类 Esters	1.71	2.83	0.31	1.35	11.33	14.25	33.76	1.61
乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	—	0.33	—	—	0.65	0.30	0.13	—
甲酸己酯 Formic acid, hexyl ester	—	—	—	—	0.18	2.22	—	—
乙酸叶醇酯 3-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-	—	0.30	—	—	—	—	0.15	—
乙酸苯乙酯 Acetic, phenethyl ester	—	0.43	—	—	—	—	0.11	0.12
乙酸桃金娘烯酯 (-)-cis-Myrtanyl acetate	—	—	—	—	—	—	0.21	—
邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	—	—	—	—	0.71	—	—	—
邻苯二甲酸二乙酯 Diethyl phthalate	1.71	1.77	0.31	0.68	9.79	11.73	33.16	1.49
(E)-乙酸-3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol, etate, (E)	—	—	—	0.67	—	—	—	—
萜烯类 Terpenes	3.45	10.34	43.16	39.87	31.83	33.81	10.55	33.03
月桂烯 Myrcene	2.07	3.36	10.29	6.81	0.51	0.18	—	—
紫苏烯 Perillene	—	0.39	—	—	—	—	—	—
角鲨烯 Spinacen	—	—	2.93	—	—	—	—	—
桉油精 Eucalyptol	—	0.20	—	—	16.98	19.56	7.41	19.90
柏木烯 Cedrene	—	—	—	—	—	0.71	—	—
(+)-枞萜 (+)-Sylvestren	—	—	—	—	—	0.23	—	0.31
3-蒎烯 3-Carene	—	—	3.21	1.21	—	—	—	—
异松油烯 Terpinolene	—	—	0.18	—	—	—	—	—
α -崖柏烯 α -Thujene	0.64	—	0.70	—	—	—	—	—
桉烯 Sabinene	—	0.26	—	—	—	—	0.49	—
香木兰烯 Aromadendrene	—	—	0.44	—	—	—	—	—
新异长叶烯 Neoisolongifolene	—	—	—	—	0.10	—	—	—
石竹烯 Aryophyllene	0.62	4.54	—	—	—	—	1.50	5.43
α -石竹烯 α -Caryophyllene	—	—	—	—	—	—	—	0.17
石竹烯氧化物 Caryophyllene oxide	—	0.14	—	—	—	—	—	—
α -蒎烯 α -Pinene	0.12	0.42	24.13	18.65	—	—	—	—
1R- α -蒎烯 1R- α -Pinene	—	—	—	—	6.73	5.95	0.95	2.09
左旋- β -蒎烯 (-)- β -Pinene 6,	—	0.09	—	12.53	0.37	—	—	0.21
α -水芹烯 α -Phellandrene	—	0.72	1.04	0.67	—	—	—	—
β -水芹烯 β -Phellandrene	—	—	—	—	2.22	1.68	—	4.25
罗勒烯 Ocimene	—	—	0.24	—	—	—	—	—
顺式- β -罗勒烯 cis- β -Ocimene	—	0.09	—	—	—	—	—	0.12
α -紫穗槐烯 α -Amorphene	—	0.13	—	—	—	—	—	—
D-柠檬油精 D-Limonene	—	—	—	—	0.27	—	—	—
γ -萜品烯 γ -Terpinene	—	—	—	—	0.19	0.31	0.06	0.31

续表 1

化合物 Compounds	‘杨妃出浴’ ‘Yangfei Chuyu’				‘大富贵’ ‘Dafugui’			
	花苞 Bud	初开 Beginning	盛开 Full blooming	末期 End	花苞 Bud	初开 Beginning	盛开 Full blooming	末期 End
4, 11, 11-三甲基-8-亚甲基双环 [7.2.0] 十一碳-4-烯 Bicyclo [7.2.0] undec-4-ene, 4, 11, 11-trimethyl-8-methylene-	-	-	-	-	4.46	5.19	0.14	0.24
芳香烃 Arenes	-	0.49	-	-	-	-	5.39	0.27
1, 4-二甲氧基苯 Benzene, 1, 4-dimethoxy-	-	0.49	-	-	-	-	5.39	0.27
醛类 Aldehydes	-	0.16	-	-	-	-	-	-
(E)-柠檬醛 (E)-Citral	-	0.16	-	-	-	-	-	-
酮类 Ketones	-	-	-	0.28	-	-	-	-
马鞭草烯酮 Verbenone	-	-	-	0.28	-	-	-	-
醚类 Ethers	-	-	0.46	3.88	-	-	0.06	0.28
二甲基硫醚 Dimethyl sulfide	-	-	0.46	3.88	-	-	0.06	-
茴香醚 Anisole	-	-	-	-	-	-	-	0.28

注: - 未检出。

Note: - Not detected.

花苞期, 检测到香气成分 10 种, 相对含量达 76.56%; 初开期, 检测到香气成分 24 种, 相对含量达 87.14%; 盛开期, 检测到香气成分 15 种, 相对含量达 92.67%; 盛开末期, 检测到香气成分 11 种, 相对含量为 50.89%。可见, 香气成分相对含量总体变化呈现自花苞期逐渐上升, 至盛开期达到最高, 之后下降的趋势。与感官上‘杨妃出浴’的香气呈“由无到有、渐浓再淡”的变化相一致。

根据表 1 还可知, ‘杨妃出浴’整个开放进程中检测到的 7 类 34 种香气成分中, 醇类和萜烯类相对含量较高。苯乙醇是相对含量最高的醇类, 但在盛花期其相对含量明显低于初开期和花苞期, 说明其不是‘杨妃出浴’香气产生的主要物质。而橙花醇的相对含量在一直升高, 盛开期达到最高, 可见它是对‘杨妃出浴’香气贡献最大的醇类。而其他醇类, 则要么在盛开期时含量明显较低, 要么在盛开期到来时就已消失, 据此可判断其对花香贡献微小。

萜烯类物质含量呈不断上升的趋势, 盛开期时高达 43.16%, 之后则下降。月桂烯和 α -蒎烯在萜烯类中含量相对较高, 其含量的变化趋势亦与总萜烯类相吻合, 说明二者对香气贡献最大。此外, 3-萜烯、角鲨烯、异松油烯、香木兰烯、罗勒烯为盛开期所特有, 其中 3-萜烯、角鲨烯含量较高, 以上萜烯类物质共同对香气起了很大作用。

其它的 5 类物质中, 酯类中大部分只在初开期出现, 只有邻苯二甲酸二乙酯贯穿整个开放过程, 但在芳香馥郁的盛开期其含量为各时期最低, 看来酯类不是主要香气成分; 芳香烃和醛类物质只在初开期能检测到, 而盛开期则几乎检测不到; 酮类和醚类物质在盛开期虽各有 1 种香气成分能检测到, 但其含量却非常微小或明显低于末期。

综上分析, ‘杨妃出浴’的主要香气成分为橙花醇、月桂烯、 α -蒎烯、3-萜烯、角鲨烯。

2.2 ‘大富贵’品种香气成分

根据‘大富贵’各个时期挥发性成分的总离子流图 (限于篇幅, 仅列盛开期的总离子流图, 见图 2), 确定其香气成分 36 种 (表 1)。

花苞期, ‘大富贵’检测到香气成分 19 种, 相对含量达 47.78%; 初开期, 检测到香气成分 18 种, 相对含量达 82.02%; 盛开期, 检测到香气成分 21 种, 相对含量达 93.64%; 盛开末期, 检测到香气成分 18 种, 相对含量达 61.40% (表 1)。可见, ‘大富贵’香气成分总相对含量呈现“花苞期最低—初开期逐渐升高—盛开期最高—末期降低”变化规律, 该趋势与‘杨妃出浴’的香气含量变化趋势大体一致, 亦与该品种感官上香气的呈现规律一致。

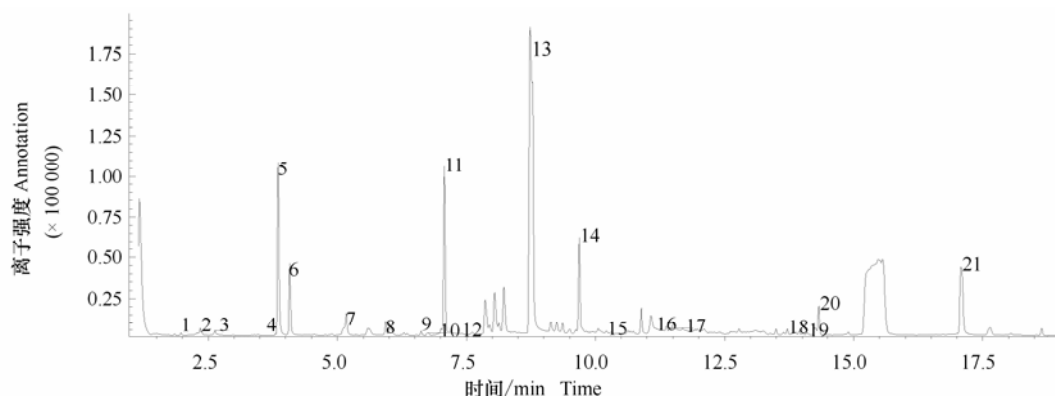


图 2 ‘大富贵’盛花期总离子流图

1: 3-戊醇; 2: 二甲基硫醚; 3: 1-戊醇; 4: 反式-3-己烯-1-醇; 5: 3-己烯-1-醇; 6: 己醇; 7: 1R- α -蒎烯; 8: 桉烯; 9: 乙酸叶醇酯; 10: 乙酸己酯; 11: 桉油精; 12: γ -萜品烯; 13: 苯乙醇; 14: 1,4-二甲氧基苯; 15: α -松油醇; 16: 橙花醇; 17: 乙酸苯乙酯; 18: 乙酸桃金娘烯酯; 19: 4, 11, 11-三甲基-8-亚甲基双环[7.2.0]十一碳-4-烯; 20: 石竹烯; 21: 邻苯二甲酸二乙酯。

Fig. 2 Total ionic chromatogram of ‘Dafugui’ at full blooming stage

1: 3-Pentanol; 2: Dimethyl sulfide; 3: 1-Pentanol; 4: 3-Hexen-1-ol, (E)-; 5: 3-Hexen-1-ol; 6: Hexyl alcohol; 7: 1R- α -Pinene; 8: Sabinene; 9: 3-Hexen-1-ol, acetate, (Z)-; 10: Acetic acid, hexyl ester; 11: Eucalyptol; 12: γ -Terpinene; 13: Phenylethyl alcohol; 14: Benzene, 1, 4-dimethoxy-; 15: α -menth-1-en-8-ol; 16: Nerol; 17: Acetic, phenethyl ester; 18: (-)-cis-Myrtanyl acetate; 19: Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4, 11, 11-trimethyl-8-methylene-; 20: Aryophyllene; 21: Diethyl Phthalate.

‘大富贵’检测到的 5 类香气成分中, 除醚类含量微小外, 醇类、酯类、萜烯类和芳香烃类的相对含量均较高。醇类物质含量在‘大富贵’开放进程中一直呈上升趋势, 盛花期达到最高, 之后开始下降, 其中苯乙醇含量最高, 与感官上的香气释放规律一致, 说明它是对‘大富贵’香气贡献最大的醇类。含量次高的为 3-己烯-1-醇、己醇, 并且其盛花期含量也是最高的, 因此对香气贡献也较大。橙花醇为盛花期特有成分, 不过含量很低为 0.16%, 对香气贡献不大。酯类物质含量的变化趋势与醇类物质相似, 在盛花期达到最高, 其中含量最高的邻苯二甲酸二乙酯在盛花期达最高水平, 说明其对香气贡献最大; 此外, 乙酸叶醇酯、乙酸苯乙酯和乙酸桃金娘烯酯为此时期所特有, 但含量都微小。萜烯类物质在整个开放过程中相对含量也较高, 但是盛花期降至 4 个时期的最低水平, 为 10.55%。其中, 在萜烯类物质含量较高的桉油精亦于盛花期达最低水平; 而其它物质则含量极低, 说明萜烯类物质对盛花期香气贡献较小。芳香烃中, 1, 4-二甲氧基苯在盛花期开始出现, 且含量较高为 5.39%, 盛开末期开始下降, 对香气贡献也较大。

因此, ‘大富贵’芍药的主要香气成分为苯乙醇、3-己烯-1-醇、己醇、邻苯二甲酸二乙酯、1, 4-二甲氧基苯。

2.3 两个芍药品种香气成分的对比与分析

‘杨妃出浴’和‘大富贵’共同之处主要表现在花香成分相对含量的变化趋势方面。随着开放进程的推进, 两个品种花香成分的相对含量均呈现“自花苞期开始不断升高、于盛花期达到最高、末期则逐渐降低”的变化规律, 这也与感官上芍药香气由淡渐浓、再渐变淡的变化趋势相吻合。

关于香气成分的种类, 两个品种在 4 个时期共检测到 53 种香气成分, 共有成分仅 18 种。而关于对香气贡献较大的物质, 两个品种之间也有明显差异。‘杨妃出浴’的香气主要由萜烯类和醇类贡献, ‘大富贵’主要由醇类、酯类和芳香烃贡献。

3 讨论

‘杨妃出浴’是生产上公认的芳香型芍药品种, 而‘大富贵’香气要淡很多。两个品种香气物

质的相对含量在盛花期均较高,但就其主要香气物质而言,萜烯类物质在‘杨妃出浴’中的种类和含量均明显高于‘大富贵’,特别是盛花期,多种萜烯类物质(月桂烯、 α -蒎烯、3-蒎烯和角鲨烯)在‘杨妃出浴’中明显达最高水平,而‘大富贵’则截然相反,因此萜烯类物质可能是‘杨妃出浴’比‘大富贵’香气浓郁很多的一个主要原因。橙花醇相对含量在两供试品种之间差异悬殊,因此亦是今后开展芍药芳香性研究的主要关注物质。此外,两个品种又都分别具有各自特有的成分,这些特有成分可能也是导致花香不同的主要原因。

本研究中根据感官上芍药香气在盛花期最浓的表象,并结合不同时期香气成分相对含量的变化趋势,初步确定了与花香密切相关的主要香气成分种类,但究竟各种物质之间有什么相互作用以及其绝对含量与花香的相关性,还有待于进一步的研究。此外,限于现有文献资料,还有一些挥发性成分没有确定为香气成分,如一些烷烃、芳香烃等,而这些成分是否为香气成分或者对芍药香气起什么作用,尚需进一步研究。Shang 等(2002)认为正构烷烃可能是活体鲜花的特有组分。本试验中从‘大富贵’中检测到正十一烷,从‘杨妃出浴’中检测到正庚烷,但却不明确其作用。

此外,自大田采样后立即装入纸袋并迅速运回实验室,然后采取内外瓣混合取样法进行检测,该采样和进样法能较准确反映芍药花香的实际情况。但是鲜花切下后香气成分是否发生了变化,进样时取样策略是否能精准反映整体的香气等等这些问题都需要进一步验证。若能在活体植株的花上直接收集挥发性成分,随后立即测定,所测定的结果应更趋于真实。

References

- Cao Hui, Li Zu-guang, Shen De-long. 2009. GC/MS fingerprint analysis of *Osmanthus fragrans* Lour. in different varieties. *Acta Horticulturae Sinica*, 36 (3): 391 - 398. (in Chinese)
- 曹 慧, 李祖光, 沈德隆. 2009. 桂花品种香气成分的 GC/MS 指纹图谱研究. *园艺学报*, 36 (3): 391 - 398.
- Chen Mei-xia, Chen Xue-sen, Feng Bao-chun. 2004. GC-MS analysis of fruit aroma components of two apricot cultivars. *Acta Horticulturae Sinica*, 31 (5): 663 - 665. (in Chinese)
- 陈美霞, 陈学森, 冯宝春. 2004. 两个杏品种果实香气成分的气相色谱—质谱分析. *园艺学报*, 31 (5): 663 - 665.
- Fan Zheng-qi, Li Ji-yuan, Tian Min. 2006. Preliminary studies of aromatic constituents among three species (variation) of *Camellia*. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (3): 592 - 596. (in Chinese)
- 范正琪, 李纪元, 田 敏. 2006. 三个山茶花种(品种)香气成分初探. *园艺学报*, 33 (3): 592 - 596.
- Feng Li-guo, Sheng Li-xia, Zhao Lan-yong. 2008. Changes of the aroma constituents and contents in the course of *Rosa rugosa* Thunb. flower development. *Scientia Agricultura Sinica*, 41 (12): 4341 - 4351. (in Chinese)
- 冯立国, 生利霞, 赵兰勇. 2008. 玫瑰花发育过程中芳香成分及含量的变化. *中国农业科学*, 41 (12): 4341 - 4351.
- Feng Tao, Chen Xue-sen, Zhang Yan-min. 2006. Comparison study of volatile components in *Malus sieversii* and in *Malus domestica*. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (6): 1295 - 1298. (in Chinese)
- 冯 涛, 陈学森, 张艳敏. 2006. 新疆野苹果与栽培苹果香气成分的比较. *园艺学报*, 33 (6): 1295 - 1298.
- Liu Shu-wen. 2000. Technical manual of synthetic perfumery. Beijing: China Light Industry Press. (in Chinese)
- 刘树文. 2000. 合成香料技术手册. 北京: 中国轻工业出版社.
- Raffo A, Nardo N, Tabilio M R, Paoletti F. 2008. Effects of cold storage on aroma compounds of white- and yellow- fleshed peaches. *European Food Research and Technology*, 226: 1503 - 1512.
- Song Guo-xin, Yu Ying-xin, Wang Lin-xiang. 2008. Techniques and examples of aroma analysis. Beijing: Chemical Industry Press. (in Chinese)
- 宋国新, 余应新, 王林祥. 2008. 香气分析技术与实例. 北京: 化学工业出版社.
- Shang Chun-qing, Hu Yao-ming, Deng Chun-hui, Hu Ke-ji. 2002. Rapid determination of volatile constituents of *Michelia alba* flowers by gas chromatography-mass spectrometry with solid-phase microextraction. *Journal of Chromatography*, 942 (1): 283 - 288.
- Wang Hua-lei, Feng Jian-rong. 2009. Studies on volatile constituents in mainly cultivated apricot native to Xinjiang. *Acta Horticulturae Sinica*, 36 (7): 1043 - 1048. (in Chinese)
- 王华磊, 冯建荣. 2009. 新疆主要栽培杏品种香气成分的研究. *园艺学报*, 36 (7): 1043 - 1048.