

## 三轮玉蝶梅花朵挥发性成分的分析

赵印泉<sup>1,2</sup>, 周斯建<sup>1</sup>, 彭培好<sup>1</sup>, 潘会堂<sup>2</sup>, 张启翔<sup>2\*</sup>

(1. 成都理工大学 园林系, 成都 610059; 2. 北京林业大学 园林学院, 国家花卉工程技术中心, 北京 100083)

**摘要:** 以三轮玉蝶梅为材料, 采用顶空-固相微萃取与气相色谱-质谱联用技术从5个开花阶段、24 h不同时段和花器官不同部位共鉴定了33种挥发性成分, 其中苯基/苯丙烷类化合物占优, 还有少量脂肪酸衍生物类和萜烯类化合物。三轮玉蝶梅花朵在不同开花阶段和24 h内不同时段释放的挥发性成分的种类、含量和出现频率有较大的差异。在不同开花阶段, 苯基/苯丙烷类化合物数量从低-高-低的趋势, 脂肪酸衍生物从低-高的趋势, 萜烯类化合物从高-低的趋势; 在24 h内不同时段, 三类化合物释放的节律不同, 苯基/苯丙烷类化合物、脂肪酸衍生物和萜烯类化合物分别在2:00、14:00和6:00达到最高, 这表明梅花挥发物的释放具有多种调节模式。花器官不同部位挥发性成分的释放具有器官的特异性。

**关键词:** 梅花; 挥发性成分; 顶空-固相微萃取; 气相色谱-质谱

**中图分类号:** S685.17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2011)04-0554-05

## Analysis of volatile compounds from *Prunus mume* flowers

ZHAO Yin-Quan<sup>1,2</sup>, ZHOU Si-Jian<sup>1</sup>, PENG Pei-Hao<sup>1</sup>,  
PAN Hui-Tang<sup>2</sup>, ZHANG Qi-Xiang<sup>2\*</sup>

(1. Department of Landscape Architecture, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. National Engineering Research Center for Floriculture, College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The floral volatiles emitted at five stages of flower development, different time during 24 h periods and isolated flower parts of *Prunus mume* cv. Sanlun Yudie flower were investigated using headspace solid-phase microextraction(HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS). Thirty-three volatile compounds were identified. Dominant compound classes were benzenoids/phenylpropanoids from shikimic acid pathway, but fatty acid derivatives and isoprenoids were also present. Different organs, different stages and 24 h periods from *Prunus mume* flower had overall different volatile profiles, including the amount, content and frequency of compounds. Three emission trends of numbers from these volatiles compounds were observed at the five blossom stages. Emission of benzenoids/phenylpropanoids was low-high-low, while that of fatty acid derivatives showed a low-high pattern. Numbers of isoprenoids showed a high-low trend. There were three emission rhythms from volatile compounds during 24 h periods, the most contents from benzenoids/phenylpropanoids, fatty acid derivatives and isoprenoids was found at 2:00, 14:00 and 6:00 respectively. There were distinct different volatile compounds among excising floral parts.

**Key words:** *Prunus mume*; volatiles compounds; HS-SPME; GC-MS

植物花朵释放的挥发性成分是植物的次生代谢产物, 它由许多低分子量、易挥发的化合物组成 (Knudsen 等, 1993)。开花植物释放的挥发性成分在昆虫和植物之间的交流方面担任重要的角色

收稿日期: 2010-12-09 修回日期: 2011-04-19

基金项目: 国家林业局公益性行业科研专项(201004012); 成都理工大学中青年骨干教师支撑计划项目(HC0121); 四川省教育厅项目(10ZB090) [Supported by the State Forestry Administration Scientific Special Public Sector(201004012); Young and Middle-Aged Key Teacher Support Program of Chengdu University of Engineering(HC0121); Foundation of Education Department of Sichuan Province(10ZB090)]

作者简介: 赵印泉(1975-), 男, 江西南丰人, 博士, 讲师, 主要从事园林学相关研究, (E-mail) zhaoyinquan@163.com.

\* 通讯作者: 张启翔, 教授, 博士生导师, 主要从事园林植物与观赏园艺学研究, (E-mail) zqx@bjfu.edu.cn.

(Dudareva & Negre, 2005)。不同开花时期释放的挥发性成分种类和含量会发生变化(Dudareva 等, 2003; Boatright 等, 2004), 这些细微的变化能够为觅食者觉察(Ayasse 等, 2000), 从而完成授粉。因此, 植物挥发性成分释放规律的研究在传粉生物学方面具有重要的意义。

梅花(*Prunus mume*)是我国传统名花, 具有怡人的香气。国内外对梅花香气的研究集中在挥发性成分鉴定方面(Matsuda 等, 2003; 曹慧等, 2009), 对其释放规律的研究未见报道。顶空-固相微萃取(HP-SPME)技术具有受环境影响小、重复性好、所需样品量少、操作简单快速等优点, 非常适合研究植物的挥发物成分(Bicchi 等, 2006), SPME 纤维头类型、采样时间和温度等是影响采样结果的因素(Adam 等, 2005)。本研究以三轮玉蝶(*Prunus mume* cv. Sanlun Yudie)梅为材料, 通过 HP-SPME 与气相色谱-质谱(GC-MS)联用研究梅花花朵挥发性成分的释放规律, 旨在为进一步研究和利用梅花资源奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

三轮玉蝶梅花花朵于 2009 年 3 月 20~27 日采自北京林业大学校园。按照花朵发育进程分为 5 个阶段(各取 0.4 g): (1)花瓣、萼片包裹; (2)花瓣、花萼松动, 雄蕊可见; (3)花萼、花瓣半张开, 花药未开裂; (4)花萼、花瓣完全张开, 花药开裂; (5)花萼、花瓣反卷并开始脱落, 花药皱缩。参照 Dobson 等(1990)的方法, 将花朵分成花瓣、雄蕊和其它部位(包括花萼+花盘+雌蕊), 每个部位 0.1 g。1 d 内, 分别在 2:00、6:00、10:00、14:00、18:00 和 22:00 各取 0.4 g 花朵。

### 1.2 试验方法

采集花器官放入 22 mL 的采样瓶中密封 10 min, 温度为(20±5) °C。将型号为 50/30 μm DVB-CAR-PDMS 的 SPME 纤维头插入到采样瓶中, 置于花朵上方 1 cm 左右, 吸附 30 min, 取出纤维头插入 GC 进样口, 解吸 5 min。3 次平行重复试验, 吸附采样瓶空气作为空白对照。手动采样器和采样瓶由美国 Supelco 公司生产。GC 是 CE Instruments 公司生产的 TraceTM2000 型仪器, MS 是 Finnigan Thermo-Quest 公司生产的 Voyager MS。色谱条

件: VF-5 ms (Varian Inc, USA) 毛细管色谱柱, 长 30 m, 内径 0.25 mm, 液膜厚 0.25 μm, 载气 He, 不分流, 恒流 0.8 mL/min, 进样口 250 °C, 接口 250 °C, 柱温起始温度 40 °C 保持 1 min, 以 10 °C/min 升温至 280 °C, 最后以 10 °C/min 保持 5 min。质谱条件: 源温 190 °C, 电离方式 EI, 电子能量 70 eV, 扫描质量范围 29~540 amu, 扫描每次 0.5 s, 灯丝发射电流: 150 μA。将 C9~C16 的正构烷烃作为标准品加入到样品中, 得到色谱图(图 1)。采用 Xcalibur 1.2 版本软件及 Nist98 图谱库对化合物进行检索, 相似度在 75%~98% 范围, 并结合人工解析各峰相应的质谱图。通过保留时间计算化合物的保留指数(Kováts retention indices)(Kováts, 1965)与资料 Xie 等(2006)进行定性。依据总离子流各色谱峰平均峰面积, 并通过面积归一化法计算各组分的百分相对含量进行半定量分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 三轮玉蝶梅花朵释放的挥发性成分分析

从三轮玉蝶梅开花的不同时期、24 h 内不同时段和不同花器官共鉴定出 33 种挥发性成分(表 1)。根据这些挥发性成分的生物合成途径, 分为萜烯类、苯基/苯丙烷类和脂肪酸衍生物 3 大类化合物。来源于甲羟戊酸途径和 2-C-甲基-D-赤藓糖醇-4-磷酸途径(Mahmoud & Croteau, 2002)的萜烯类化合物 9 种, 包括 α-蒎烯、苈烯、6-甲基-5-庚烯-2-酮、月桂烯、柠檬烯、樟脑、二氢-α-紫罗兰酮、Trans-香叶基丙酮和 β-紫罗兰酮; 来源于脂氧合酶途径(Croft 等, 1993)的脂肪酸衍生物 9 种, 包括乙酸异戊酯、乙酸戊酯、乙酸叶醇酯、乙酸己酯、乙酸-2-己烯酯、乙酸庚酯、乙酸辛酯、壬醛和癸醛; 来源于莽草酸途径(Dudareva & Pichersky, 2000)的苯基/苯丙烷类化合物 15 种, 包括苯甲醛、苯甲醇、对甲氧基苯酚、苯甲酸甲酯、乙酸苯甲酯、水杨酸甲酯、对一烯丙基茴香醚、4-(2-丙烯基)苯酚、2-甲基萘、丁子香酚、甲基丁香酚、{Z}-异丁子香酚、乙酸肉桂酯、{E}-异丁子香酚和 2,6-二叔丁基对甲酚。

### 2.2 三轮玉蝶梅释放的挥发性成分种类与含量

从三轮玉蝶梅开花的 5 个阶段共鉴定出 33 种挥发性成分, 从开花的第 1 阶段到第 5 阶段, 挥发性成分种类依次是 18、23、25、27 和 21 种, 挥发性成分总种类在第 1 阶段最低, 第 4 阶段最高, 然后呈下降

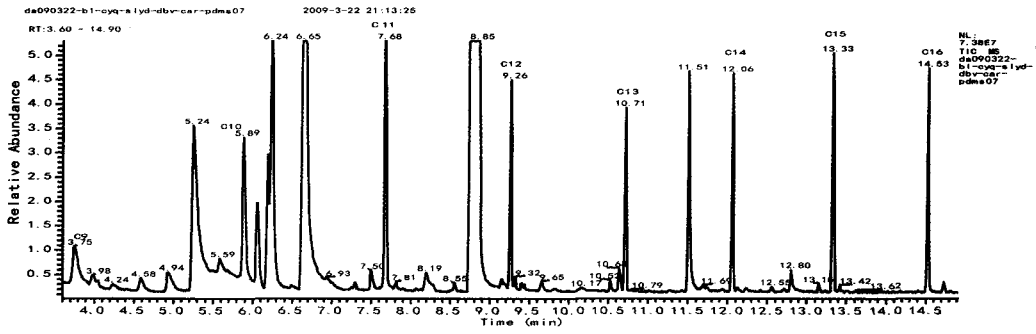


图 1 加入 C9-C16 正构烷烃的三轮玉蝶梅花朵香气成分总离子流色谱图

Fig. 1 Total ion current chromatogram of fragrance compounds of fresh flowers in *Prunus mume* cv. Sanlun Yudie with C9-C16 alkanes

表 1 三轮玉蝶梅花朵不同发育时期, 24 h 不同时段和花器官不同部位的挥发性成分

Table 1 Volatile compounds from fresh flowers at five developmental stages, different times during 24h periods and isolated flower parts of *P. mume* 'Sanlun Yudie'

保留指数 Retention indices	挥发性成分 Volatile compounds	相对百分含量 Relative contents (%)											花器官不同部位 Floral organs		
		发育阶段 Developmental stages					24 h 不同时段 24 h periods(h)						花瓣	雄蕊	其它部位
		阶段 1	阶段 2	阶段 3	阶段 4	阶段 5	2:00	6:00	10:00	14:00	18:00	22:00			
	乙酸异戊酯 Isopentyl acetate	—	—	0.05	0.20	0.26	0.13	0.10	0.06	0.24	0.10	0.12	—	—	tr
	乙酸戊酯 n-amyl acetate	0.07	0.03	0.04	0.09	0.10	0.15	0.11	0.11	0.19	0.14	0.13	0.01	—	—
1010	乙酸叶醇酯 cis-3-Hexenyl acetate	0.73	0.59	0.36	0.60	0.58	0.27	0.42	0.38	0.97	0.36	0.50	0.24	—	0.47
1019	乙酸己酯 n-Hexyl acetate	0.30	0.26	0.17	0.60	0.21	0.21	0.28	0.51	0.26	0.26	0.32	0.31	—	4.88
1022	乙酸-2-己烯酯 2-Hexenyl-ol acetate	1.32	0.50	0.28	1.87	1.55	0.68	0.78	0.73	1.17	0.75	0.65	2.32	—	2.72
1110	壬醛 Nonanal	0.16	0.05	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.10	—	0.14
1115	乙酸庚酯 n-Hptyl acetate	—	—	tr	0.01	0.01	0.01	tr	tr	tr	0.01	0.01	0.01	—	—
1208	癸醛 Decanal	0.14	0.03	0.03	0.02	tr	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.07	0.05
1213	乙酸辛酯 n-Octyl acetate	—	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	—	0.02	0.03	—	—	—
	脂肪酸衍生物	2.72	1.47	0.98	3.45	2.74	1.51	1.75	1.85	2.87	1.68	1.80	3.02	0.07	8.26
944	α-蒎烯 α-Pinene	2.11	0.57	0.27	0.10	—	0.06	0.03	0.06	0.03	0.03	0.05	—	—	1.81
960	苈烯 Camphene	3.01	0.81	0.42	0.19	—	0.01	0.06	0.08	0.03	0.05	0.06	—	—	2.89
992	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-Methyl-5-heptene-2-one	0.04	—	—	tr	—	—	0.09	tr	0.04	0.05	—	—	—	0.31
992	月桂烯 Myrcene	0.05	0.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1037	柠檬烯 Limonene	2.71	0.11	0.04	0.01	—	0.03	—	—	—	—	—	—	—	0.39
1160	樟脑 Camphor	0.24	0.12	0.05	tr	tr	tr	0.01	tr	tr	0.01	0.01	—	—	0.30
1441	二氢-α-紫罗兰酮 Di-hydro-α-ionone	0.04	0.04	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.01	—
1452	Trans-香叶基丙酮 trans-Geranylacetone	0.26	0.01	—	0.01	0.01	—	0.09	—	0.03	0.03	0.04	—	0.02	—
1486	β-紫罗兰酮 β-Ionone	—	0.09	0.04	0.02	—	tr	tr	0.01	tr	tr	tr	—	0.02	—
	萜烯类化合物	8.46	1.83	0.83	0.33	0.01	0.1	0.28	0.15	0.13	0.17	0.16	0.00	0.05	5.70
974	苯甲醛 Benzaldehyde	2.46	1.28	1.13	2.52	3.17	2.81	1.84	2.06	3.25	1.99	1.86	18.87	—	5.32
1046	苯甲醇 Benzyl alcohol	4.88	7.50	6.89	8.85	22.48	8.68	9.91	6.30	14.25	4.96	4.19	10.98	—	22.01
1091	对甲氧基苯酚 Phenol, 2-methoxy-	—	—	—	0.07	—	—	—	0.06	—	—	—	0.01	—	—
1097	苯甲酸甲酯 Methyl benzoate	—	—	—	—	0.01	0.02	—	—	—	0.01	0.01	—	—	—
1176	乙酸苯甲酯 Benzyl acetate	81.38	87.05	88.54	82.97	67.03	84.26	83.37	86.85	77.63	89.27	89.74	63.17	94.78	58.18
1202	水杨酸甲酯 Methyl salicylate	—	—	0.01	—	—	0.02	—	—	—	—	tr	0.06	—	0.04

续表

保留 指数 Reten- tion indices	挥发性成分 Volatile compounds	相对百分含量 Relative contents (%)														
		发育阶段 Developmental stages					24 h 不同时段 24 h periods(h)						花器官不同部位 Floral organs			
		阶段 1	阶段 2	阶段 3	阶段 4	阶段 5	2:00	6:00	10:00	14:00	18:00	22:00	花瓣	雄蕊	其它部位	
1203	对烯丙基茴香醚 Anisole, p-allyl-	—	0.03	0.14	0.09	0.69	0.40	0.14	0.09	0.17	0.23	0.27	0.17	0.09	0.05	
1263	4-(2-丙烯基)苯酚 Phenol, 4-(2-propenyl)-	—	—	0.06	0.13	0.81	0.32	0.17	0.15	0.03	0.20	0.18	0.17	0.06	—	
1306	2-甲基萘 Naphthalene, 2-methyl-	—	—	—	0.03	—	0.01	—	0.03	—	—	—	—	—	—	
1359	丁子香酚 Eugenol	—	0.79	1.36	1.36	1.96	1.68	2.51	2.17	1.60	1.46	1.52	3.24	4.81	0.44	
1407	甲基丁香酚 methyleugenol	—	—	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	tr	0.01	0.02	0.03	tr	
1416	{Z}-异丁子香酚 Phenol, 2-methoxy-4-propenyl-, {Z}	0.10	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.01	0.04	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	—	
1461	乙酸肉桂酯 Cinnamyl acetate	—	0.01	—	—	—	0.01	—	—	—	—	0.08	—	—	—	
1464	{E}-异丁子香酚 Phenol, 2-methoxy-4-propenyl-, {E}	—	—	—	0.14	1.07	0.15	tr	0.23	0.05	0.01	0.16	0.26	0.08	—	
1505	2,6-二叔丁基对甲酚 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol	—	0.02	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	苯基/苯丙烷类化合物	88.82	96.69	98.19	96.22	97.25	98.39	97.97	98.00	97.00	98.15	98.04	96.98	99.88	86.04	

注: 'tr'表示含量<0.01%; '—'表示未检出; '其它部位'表示'花萼+花盘+雌蕊'。

的趋势。苯基/苯丙烷类化合物种类变化是低-高-低的趋势,含量在 88.82%~98.19%之间变化,其中含量较高的苯甲醛、苯甲醇和乙酸苯甲酯三者合计的含量在 88.72%~96.56%之间变化。脂肪酸衍生物从低-高的趋势,含量在 0.98%~3.45%之间变化,其中最高的乙酸-2-己烯酯在开花第 4 阶段含量为 1.87%。萜烯类化合物从高-低的趋势,含量在 0.01%~8.46%波动,其中最高的茨烯在第 1 阶段含量为 3.01%。

从三轮玉蝶梅开花的 4 h 不同时段共鉴定出 30 种挥发性成分,在 2:00、6:00、10:00、14:00、18:00 和 22:00 时,挥发物种类分别是 27、25、25、24、25 和 25 种,差异不大。苯基/苯丙烷类化合物含量在 97.00%~98.39%之间波动,在凌晨 2:00 达到高峰。脂肪酸衍生物含量在 1.51%~2.87%之间,在 14:00 达到最高。萜烯类化合物含量在 0.1%~0.28%之间,在清晨 6:00 达到最高。

从三轮玉蝶梅不同花器官中检测出 27 种挥发性成分,其中花瓣检测出 18 种,雄蕊 11 种,花萼、花盘和雌蕊群检测出 17 种。苯基/苯丙烷类化合物在 86.04%~99.88%之间,脂肪酸衍生物在 0.07%~8.26%之间,萜烯类化合物在 0.00%~5.7%之间。花瓣释放苯基/苯丙烷类化合物和脂肪酸衍生物,不

释放萜烯类化合物。雄蕊主要释放苯基/苯丙烷类化合物,3 个不规则萜烯类化合物二氢- $\alpha$ -紫罗兰酮、Trans-香叶基丙酮和  $\beta$ -紫罗兰酮仅在雄蕊中发现。花萼、花盘和雌蕊群释放的化合物类型较丰富,其中 4 个单萜类化合物  $\alpha$ -蒎烯、茨烯、柠檬烯和樟脑仅在花萼、花盘和雌蕊群发现。

### 2.3 三轮玉蝶梅释放的挥发性成分出现频率

在不同开花时期的 33 种挥发性成分中,有 11 种在 5 个开花阶段都检测到,占总挥发性成分种类的 33.33%。1 d 内不同时段的 30 种挥发性成分中,有 22 种在所有时段都检测到,占总数的 73.33%。不同的花器官释放的 27 种挥发性成分中,仅有 5 种在所有器官都检测到,占总数的 18.52%。不同花器官的挥发性成分的差异最大,不同开花时期的挥发性成分差异次之,1 d 内不同时段的挥发性成分差异最小。其中癸醛、乙酸苯甲酯、对烯丙基茴香醚和丁子香酚 4 种挥发性成分在所有供试样品中都出现,占总数的 12.12%。

## 3 结论与讨论

从三轮玉蝶梅花花朵不同开花阶段、24 h 内不同时段和花器官不同部位鉴定了 33 种挥发性成分,

来源于莽草酸途径的苯基/苯丙烷类芳香族的化合物含量占有绝对的优势,还有少量脂肪酸衍生物类和萜烯类化合物。这些挥发性成分广泛分布于各种植物花朵挥发物之中(Knudsen,2006)。

植物释放的花香化合物受到发育阶段的调节,随着花朵的发育,化合物的种类、数量和含量逐渐升高,在授粉时达到高峰,此后显著下降,甚至改变花香化合物的种类(Lavid 等,2002; Boatright 等,2004)。三轮玉蝶梅花朵在不同开花阶段和 24 h 内不同时段释放的挥发性成分的种类和含量以及出现频率有较大的差异。在不同开花阶段,挥发性成分种类有 3 种变化趋势,苯基/苯丙烷类化合物低-高-低的趋势,脂肪酸衍生物为低-高的趋势,萜烯类化合物为高-低的趋势。在 24 h 内不同时段,三类化合物释放的节律不同,苯基/苯丙烷类化合物在凌晨 2:00 达到高峰,脂肪酸衍生物含量在 14:00 达到最高,萜烯类化合物含量在清晨 6:00 达到最高。挥发物的释放规律往往与引诱昆虫授粉并保护结实有关(Schiestl 等,1997)。

一般来说,不同花器官产生的挥发性成分的数量、种类和浓度不同(Flamini 等,2003; Custódio 等,2006)。梅花不同的花器官释放的化合物种类和含量有很大的差异,4 个单萜类化合物  $\alpha$ -蒎烯、蒎烯、柠檬烯和樟脑仅在花萼、花盘和雌蕊中发现,3 个不规则萜烯类化合物二氢- $\alpha$ -紫罗兰酮、Trans-香叶基丙酮和  $\beta$ -紫罗兰酮仅在雄蕊中发现,这表明调控这些化合物的基因可能具有器官的特异性。植物挥发性成分的释放时空模式受生物合成末端的酶和前体底物水平的调节(Pott 等,2003)。依据梅花花朵挥发性成分释放规律的研究,从理论上推测相关基因生物合成所处的发育阶段、24h 内的时段和部位,为准确克隆梅花花香基因奠定理论依据。

## 参考文献:

- Ayasse M, Schiestl FP, Paulus HF, et al. 2000. Evolution of reproductive strategies in the sexually deceptive orchid ophrys sphegodes; how does flower specific variation of odor signals influence reproductive success[J]. *Evolution*, **54**(6):1 995-2 006
- Azuma H, Rico-Gray V, Garcia-franco JG, et al. 2004. Close relationship between Mexican and Chinese *Magnolia* (*Subtropical disjunct* of Magnoliaceae) inferred from molecular and floral scent analysis[J]. *Acta Phytotaxon*, **55**(3):167-180
- Bao MZ(包满珠), Chen JY(陈俊愉). 1994. Studies on the variation and distribution of *Prunus mume* (中国梅的变异与分布研究)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), **21**(1):81-86
- Bicchi C, Belliardo F, Cordero C, et al. 2006. Headspace-solid-phase microextraction in the analysis of the volatile fraction of aromatic and medicinal plants[J]. *J Chromatogr Sci*, **44**(7):416-429
- Boatright J, Negre F, Chen X, et al. 2004. Understanding *in vivo* benzenoid metabolism in petunia petal tissue[J]. *Plant Physiology*, **135**(4):1 993-2 011
- Cao H(曹慧), Li ZG(李祖光), Wang Y(王妍), et al. 2009. Study on quantitative structure retention relationships for volatile fragrance compounds in fresh flowers of *Prunus mume*[J]. *J Anal Sci Sin*(分析科学学报), **25**(2):130-134
- Croft KPC, Juttner F, Slusarenko AJ. 1993. Volatile products of the lipoxygenase pathway evolved from *Phaseolus vulgaris* leaves inoculated with *Pseudomonas syringae* pv phaseolicola[J]. *Plant Physiology*, **101**(1):13-24
- Custódio L, Serra H, Nogueira JMF, et al. 2006. Analysis of the volatiles emitted by whole flower and isolated flower organs of the carob tree using HS-SPME-GC/MS[J]. *J Chem Ecol*, **32**(5):929-942
- Dudareva N, Negre F. 2005. Practical applications of research into the regulation of plant volatile emission[J]. *Current Opinion in Plant Biology*, **8**(1):113-118
- Flamini G, Cioni PL, Morelli I. 2003. Use of solid-phase micro-extraction as a sampling technique in the determination of volatiles emitted by flowers, isolated flower parts and pollen[J]. *J Chromatography A*, **998**(1-2):229-233
- Lavid N, Wang J, Shalit M, et al. 2002. O-Methyltransferases involved in the biosynthesis of volatile phenolic derivatives in rose petals[J]. *Plant Physiology*, **129**(4):1899-1907
- Knudsen JT, Tollsten L. 1993. Trends in floral scent chemistry in pollination syndromes; floral scent composition in mothpollinated taxa[J]. *Bot J Linn Soc*, **113**(3):263-284
- Knudsen JT, Eriksson R, Gershenzon J, et al. 2006. Diversity and distribution of floral scent[J]. *Bot Review*, **72**(1):1-120
- Kováts E. 1965. Gas chromatographic characterization of organic substances in the retention index system[J]. *In Advances in Chromatography*, **1**:229-247
- Mahmoud SS, Croteau RB. 2002. Strategies for transgenic manipulation of monoterpene biosynthesis in plants[J]. *Trends Plant Sci*, **7**(8):366-373
- Matsuda H, Toshio M, Tomoko I, et al. 2003. Medicinal flowers VIII radical scavenging constituents from the flowers of *Prunus mume*: structure of prunose III[J]. *Chemical Pharm Bull*, **51**(4):440-443
- Pott MB, Effmert U, Piechulla B. 2003. Transcriptional and post-transcriptional of S-adenosyl-L-methionine: salicylic acid carboxyl methyltransferase (SAMT) during *Stephanotis floribunda* flower development[J]. *J Plant Physiology*, **160**(6):635-643
- Schade F, Legge RL, Thompson JE. 2001. Fragrance volatiles of developing and senescing carnation flowers[J]. *Phytochemistry*, **56**(7):703-710
- Schiestl FP, Ayasse M, Paulus HF, et al. 1997. Variation of floral scent emission and postpollination changes in individual flowers of *Ophrys sphegodes* subsp. *sphgodes*[J]. *J Chem Ecol*, **23**:2 881-2 895
- Shi JY, Gong JY, Liu J, et al. 2009. Antioxidant capacity of extract from edible flowers of *Prunus mume* in china and its active components[J]. *Food Sci Tech*, **42**(2):477-482
- Xie JC, Sun BG, Yu M. 2006. Constituents of top fragrance from fresh flowers of *Robinia pseudacacia* occurring in China[J]. *Flavour Fragrance J*, **21**(5):798-800