

## 紫藤鲜花在不同开花期的头香成分

李祖光, 李建亮, 曹 慧, 张小莎, 沈德隆

(浙江工业大学 化学工程与材料学院, 浙江 杭州 310014)

**摘要:** 采用固相微萃取(SPME)吸附不同开花期紫藤 *Wisteria sinensis* 鲜花的头香成分, 并用气相色谱-质谱法(GC-MS)定量分析紫藤鲜花的头香成分, 鉴定出芳樟醇、2-壬酮、反式罗勒烯、2-十一酮、3-[4, 8-二甲基-3, 7-壬二烯基]-呋喃、2-十三酮、4-丙酮基环庚酮、 $\alpha$ -蒎烯氧化物、异草蒿脑和  $\alpha$ -金合欢烯等 47 种化合物; 同时考察了紫藤鲜花在不同开花期头香成分的变化情况: 随着紫藤花开放进程, 挥发性香气成分浓度逐渐增大, 盛花期达到最大, 后逐渐减小。SPME-GC-MS 是一种可用于分析不同开花期鲜花香气成分变化的简单可行的分析方法。图 1 表 1 参 16

**关键词:** 植物学; 紫藤; 头香成分; 固相微萃取; 不同开花期; 气相色谱-质谱法

**中图分类号:** S682.3; O657.63      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-5692(2009)03-0308-06

## Chemical constituents of fragrances released from fresh flowers of *Wisteria sinensis* during different florescence periods

LI Zu-guang, LI Jian-liang, CAO Hui, ZHANG Xiao-sha, SHEN De-long

(College of Chemical Engineering and Materials Science, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, Zhejiang, China)

**Abstract:** The aim is to develop essential oil of *Wisteria sinensis* (Leguminosae) flower. The chemical constituents of fragrance released from fresh flowers of *W. sinensis* were investigated using headspace solid-phase microextraction (SPME) coupled with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Also, variation in the main constituents of the volatile fragrance during five florescence periods (A: flower bud stage, B: early blooming stage, C: full blooming stage, D: end blooming stage, E: senescence stage) was studied. Results showed that linalool, 2-nonanone, (E)-ocimene, 2-undecanone, furan, 3-(4, 8-dimethyl-3, 7-nonadienyl)-, 2-tridecanone, 4-acetylcycloheptanone,  $\alpha$ -pinene oxide, isoestragole, and  $\alpha$ -farnecone were the most abundant volatiles released from the fresh flowers with 47 volatile compounds being identified. And, chemical constituent contents of flower were increased with blooming, reached a maximum when full blooming stage, then decreased. Overall, headspace SPME combined with GC-MS is a simple sampling method for measuring variation in the main constituents of volatile fragrance from fresh flowers during different florescence periods. [Ch, 1 fig. 1 tab. 16 ref.]

**Key words:** botany; *Wisteria sinensis*; chemical constituents of fragrance; solid-phase microextraction; different florescence; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

紫藤 *Wisteria sinensis* 又名朱藤、藤萝、藤花、葛藤、豆藤、紫金藤、招藤等, 属豆科 Leguminosae 紫藤属 *Wisteria* 的藤本花木, 分布于中国西北、华北及长江流域诸省<sup>[1-2]</sup>。紫藤喜缠绕上升, 花序总状下垂, 花期 4-5 月, 花紫色, 蝶形花冠, 有芳香气。紫藤生长迅速, 枝叶茂密, 能吸收空气中

收稿日期: 2008-04-01; 修回日期: 2008-07-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30500339); 浙江省自然科学基金资助项目(Y407308)

作者简介: 李祖光, 教授, 博士, 从事分析化学和天然产物化学等研究。E-mail: lzg@zjut.edu.cn

的二氧化硫和氯气等，是城市和工矿区绿化的优良环保树种<sup>[3]</sup>。紫藤不仅是早春观花植物，而且有着较高的经济价值，其花含芳香油，可用于提取香精，花瓣用糖渍制糕点，根皮和花药用，能解毒驱虫，止吐泻，花穗治腹水<sup>[4]</sup>。李峰等<sup>[5]</sup>通过水蒸气蒸馏法提取出紫藤花油，采用气相色谱/质谱法对它进行了研究，共鉴定出 28 种成分。陈凡等<sup>[6]</sup>从紫藤种子中提取紫藤凝集素，并发现紫藤凝集素在临床免疫和细胞遗传研究中有一定的应用前景。固相微萃取技术(solid phase microextraction, 简称 SPME)属于非溶剂萃取型采样技术，其装置简单，操作方便，能与其他分析仪器联用，特别适合对挥发性和半挥发性有机物进行分析测定，并在环保、食品和香精香料等领域得到广泛应用<sup>[7-15]</sup>。作者在室温下，采用固相微萃取-气相色谱/质谱方法对紫藤鲜花在不同花期的头香成分进行了研究，为更好地开发利用紫藤资源提供科学依据。

## 1 试验部分

### 1.1 主要仪器与装置

GC3800/MS Saturn 2000 GC-MS 联用仪，配有液体化学源(色谱级乙腈为化学源反应试剂)，美国 Varian 公司制造；手动固相微萃取进样器；50/30  $\mu\text{m}$  二乙烯基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷(DVB/CAR/PDMS)萃取纤维头，均为美国 Supelco 公司制造。

### 1.2 主要材料

紫藤鲜花采自浙江工业大学校园内。根据其开放程度分为 5 个阶段：A 为花蕾期，花径约为 0.5 cm；B 为半开期，花径为 0.8 ~ 0.9 cm；C 为盛花期(全开期)，花径为 1.9 ~ 2.0 cm；D 为盛开末期，花径为 1.7 ~ 1.8 cm，花色暗淡；E 为衰败期，整朵花均已萎缩。上述不同开花期的紫藤鲜花均采自同一株紫藤树，采集后立即进行分析。

### 1.3 试验条件

1.3.1 色谱条件 色谱柱：J & W DB-5 石英毛细柱 (30.00 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ )；升温程序：40  $^{\circ}\text{C}$  保持 5 min，以 3  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  升至 250  $^{\circ}\text{C}$ ，保持 5 min；载气为高纯氦气 (99.999%)，氦气流速为 0.8 mL $\cdot\text{min}^{-1}$ ，1079 进样口温度为 250  $^{\circ}\text{C}$ ，不分流进样。

1.3.2 质谱条件 电离源为电子轰击(EI)离子源或化学源 CI(液体乙腈为化学源反应试剂)；EI 电离能量为 70 eV；离子阱温度为 150  $^{\circ}\text{C}$ ，歧管温度为 40  $^{\circ}\text{C}$ ，GC-MS 传输线温度为 280  $^{\circ}\text{C}$ ，质量扫描范围  $m/z$  为 40 ~ 450。

### 1.4 SPME 取样

先将固相微萃取的萃取纤维头在气相色谱的进样口老化，老化温度为 270  $^{\circ}\text{C}$ ，老化时间 1.0 h。采集不同开花期的紫藤鲜花各 1 朵分别置于 4.5 mL 的样品瓶中，盖上盖子，插入 50/30  $\mu\text{m}$  DVB/CAR/PDMS 萃取纤维头，于室温(25  $\pm$  5)  $^{\circ}\text{C}$  下顶空吸附 30 min。

### 1.5 定性和定量分析

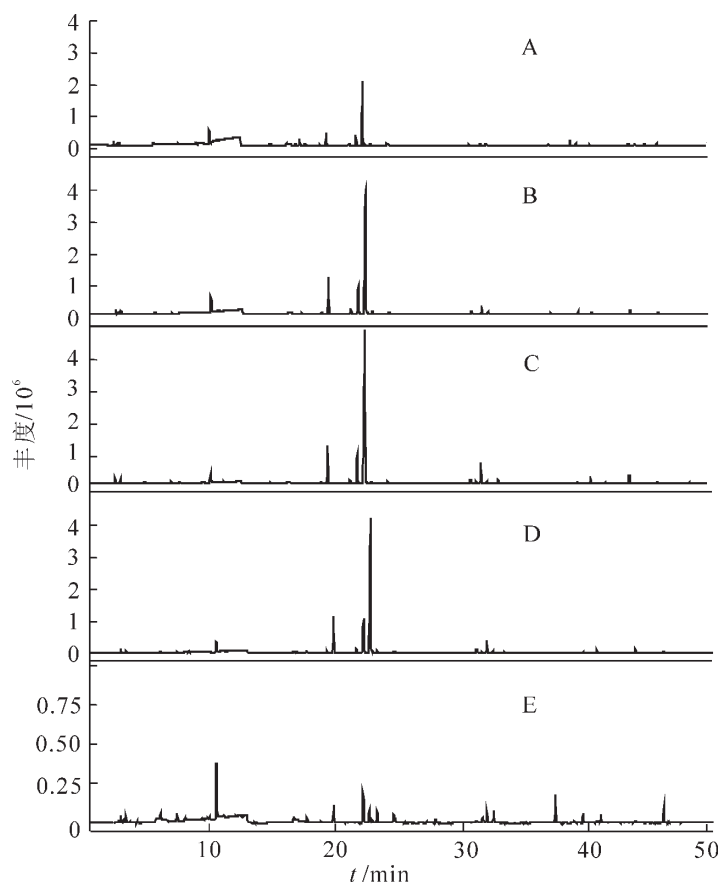
首先以 EI 为电离源，进行色谱-质谱联用分析，采集所得到的质谱图利用 NIST 及 WILEY 2 个谱库串联检索，同时根据保留指数和参考文献进行定性；然后用液体乙腈为化学源反应试剂进行色谱-质谱联用分析，根据产生的准分子离子峰( $M + 1$ )等进一步确定待测化合物的分子量。同时，笔者采用保留指数定性的方法来辅助质谱检索定性。保留指数定性是一种很有效的定性方法，在使用保留指数定性分析时，实验计算值和文献报道值会存在差异，一般以 1% 作为检索的尺度。质谱检索与保留指数相结合的二维定性方法是一种可信度较高的定性方法。笔者用于测量保留指数的正构烷烃系列标准样品为 C6-C18。定量分析结果是依据总离子流色谱峰的峰面积归一化法来计算各组分的相对含量。

### 1.6 重复性试验

每次分别取同一开花阶段的鲜花 5 朵，分别进行 5 次平行实验，记录各总离子流色谱图。各色谱峰保留时间的相对标准偏差小于 0.5%，各色谱峰的峰面积相对标准偏差小于 5%，说明方法重复性较好。

## 2 结果与讨论

按上述实验条件对不同开花期的紫藤鲜花进行测定, 总离子流色谱图如图 1 所示。



A.花蕾期; B.半开期; C.盛开期; D.盛开末期; E.衰败期

图 1 不同开花期紫藤鲜花顶空香气成分的 GC/MS 总离子流图

Figure 1 TIC of headspace volatile compounds emitted from fresh flower of *Wisteria sinensis* by SPME and GC-MS during different florescences

由图 1 可知, 在相同的实验条件下, 由不同开花期的紫藤鲜花头香成分的 GC-MS 总离子流色谱图的相对强度可知, 随着紫藤鲜花从花蕾期、半开期到盛开期的变化, 其挥发性香气成分的浓度逐渐增大, 在盛开期(全开期)达到最大, 随后浓度逐渐减小。采用计算机检索和人工解析各峰相应的质谱图, 共鉴定出 47 种化合物, 定性结果及相对含量见表 1。

由表 1 可知: 从花蕾期的紫藤鲜花共鉴定出 37 种化合物, 其主要成分为芳樟醇、反式罗勒烯、2-壬酮、4-己烯-1-醇乙酸酯、2-十一酮、 $\alpha$ -蒎烯氧化物、6-甲基-5-庚烯-2-酮和  $\beta$ -石竹烯等; 半开期的紫藤鲜花共鉴定出 45 种化合物, 其主要成分为芳樟醇、反式罗勒烯、2-壬酮、2-十一酮、 $\alpha$ -蒎烯氧化物、4-丙酮基环庚酮和 3-[4, 8-二甲基-3, 7-壬二烯基]-咪喃等; 盛开期的紫藤鲜花共鉴定出 47 种化合物, 其主要成分为芳樟醇、2-壬酮、反式罗勒烯、2-十一酮、3-[4, 8-二甲基-3, 7-壬二烯基]-咪喃、2-十三酮、4-丙酮基环庚酮、 $\alpha$ -蒎烯氧化物和异草蒿脑等; 盛开末期的紫藤鲜花共鉴定出 47 种化合物, 其主要成分为芳樟醇、2-壬酮、反式罗勒烯、2-十一酮、 $\alpha$ -蒎烯氧化物、4-丙酮基环庚酮、3-[4, 8-二甲基-3, 7-壬二烯基]-咪喃和  $\alpha$ -金合欢烯等; 衰败期的紫藤鲜花共鉴定出 39 种化合物, 由图 1 可知各化合物的浓度均较小。

由上可知, 紫藤鲜花在不同开花期中的香气成分的变化情况如下: 顺式罗勒烯、反式罗勒烯、 $\alpha$ -蒎烯氧化物、1, 1-二甲基-2-乙烯基-3-亚甲基环己烷和草蒿脑化合物在花蕾期相对含量较少, 半开期

表 1 不同开花期紫藤鲜花头香成分的 SPME-GC-MS 鉴定结果及各化合物的相对含量

Table 1 Identification of the main volatile compounds from *Wistaria sinensis* during different florescences by headspace solid-phase microextraction

序号	保留时间/ min	保留 指数	化合物名称	分子式	相对 分子 质量	相对含量/%				
						A	B	C	D	E
1	14.80	963	苯甲醛 Benzaldehyde	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	106		0.13	0.36	0.26	
2	16.15	986	6-甲基-5-庚烯-2-酮 5-Hepten-2-one, 6-methyl	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	126	2.05	0.63	0.63	0.75	S
3	17.21	1 005	4-己烯-1-醇乙酸酯 4-Hexen-1-ol, acetate	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	142	5.25	0.50	0.12	0.63	S
4	17.62	1 013	乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	144	0.65	0.10	0.07	0.19	tr
5	17.76	1 016	2-己烯-1-醇乙酸酯 2-Hexen-1-ol, acetate	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	142	0.47	tr	0.07	0.12	tr
6	18.32	1 028	柠檬烯 Limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	0.27	0.17	0.16	0.16	S
7	18.79	1 037	顺式罗勒烯(Z)-Ocimene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	0.57	0.59	0.43	0.55	tr
8	19.03	1 041	2-乙基己酸甲酯 Hexanoic acid, 2-ethyl-, methyl ester	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	158		tr	0.08	tr	tr
9	19.33	1 047	反式罗勒烯(E)-Ocimene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	10.67	12.34	8.71	10.33	S
10	20.30	1 065	苯乙酮 Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120		tr	0.27	0.09	
11	20.61	1 071	顺式芳樟醇氧化物(Z)-Linalool oxide	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	170	tr	0.06	tr	tr	tr
12	21.11	1 080	α-蒎烯氧化物 α-Pinene oxide	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	152	1.70	2.16	1.12	2.01	S
13	21.43	1 085	反式芳樟醇氧化物(E)-Linalool oxide	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	170	0.31	0.12	0.04	0.06	tr
14	21.69	1 090	2-壬酮 2-Nonanone	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	142	8.79	10.98	9.18	11.57	S
15	22.27	1 099	芳樟醇 Linalool	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	60.24	63.30	64.81	62.22	S
16	22.41	1 103	异蒲勒醇 Isopulegol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	0.28	0.16	0.06	0.27	S
17	22.78	1 111	1,1-二甲基-2-乙炔基-3-亚甲基环己烷 Cyclohexane, 2-ethenyl-1,1-dimethyl-3-methylene	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub>	150	0.74	0.88	0.19	0.52	S
18	23.58	1 128	反式-2,6-二甲基-1,3,5,7-辛四烯(E)-2,6-Dimethyl-1,3,5,7-octatetraene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	tr	0.09	0.19	tr	tr
19	26.33	1 184	3-乙基-3-壬烯-2-酮 3-Nonen-2-one, 3-ethyl-	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O	168	0.29	0.14	0.04	tr	
20	26.40	1 185	顺式丁酸-3-己烯酯(Z)-Butanoic acid, 3-hexenyl ester	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	170	tr	tr	tr	tr	
21	26.63	1 190	水杨酸甲酯 Methyl Salicylate	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	152		tr	0.06	tr	
22	26.71	1 191	2-癸酮 2-Decanone	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	156	tr	0.16	0.23	0.23	S
23	26.87	1 194	反式丁酸-2-己烯酯(E)-Butanoic acid, 2-hexenyl ester	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	170			0.05	0.06	
24	26.95	1 196	草蒿脑 Estragole	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148		0.10	0.09	0.06	S
25	27.12	1 200	十二烷烃 n-Dodecane*	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	tr	tr	tr	tr	tr
26	27.41	1 205	环癸醇 Cyclodecanol	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	156	0.57	0.23	0.08	0.20	S
27	28.25	1 223	壬酸甲酯 Nonanoic acid, methyl ester	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172		tr	0.09	tr	
28	30.65	1 274	4-丙酮基环庚酮 4-Acetyl cycloheptanone	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	168	0.57	1.26	1.41	1.66	S
29	30.72	1 275	反式, 反式-2,4-辛二烯-1-醇乙酸酯 Trans, trans-Octa-2,4-dienyl acetate	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	168	0.28	tr	tr	tr	S
30	31.10	1 283	异草蒿脑 Isostragole	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148		0.19	1.04	0.48	S
31	31.45	1 290	2-十一酮 2-Undecanone	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O	170	2.12	2.91	4.94	4.00	S
32	32.84	1 322	癸酸甲酯 Decanoic acid, methyl ester	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	186	tr	0.14	0.76	0.39	tr
33	34.10	1 351	丁香香酚 Eugenol	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	164		tr	0.12	0.12	tr
34	36.21	1 400	十四烷烃 n-Tetradecane*	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	tr	0.08	0.06	0.06	S
35	36.45	1 402	α-古芸烯 α-Gurjunene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.19	0.09	0.04	0.06	S

续表 1

序号	保留时间/ min	保留指数	化合物名称	分子式	相对分子质量	相对含量/%				
						A	B	C	D	E
36	36.89	1 414	$\beta$ -石竹烯 $\beta$ -Caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	1.44	0.54	0.23	0.25	S
37	38.40	1 451	$\alpha$ -石竹烯 $\alpha$ -Caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	tr	tr	tr	tr	S
38	40.15	1 492	2-十三酮 2-Tridecanone	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O	198			1.66	tr	S
39	40.49	1 500	$\alpha$ -金合欢烯 $\alpha$ -Farnesene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	0.69	0.59	tr	1.06	S
40	41.31	1 521	十二酸甲酯 Dodecanoic acid, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214	tr	tr	0.30	tr	tr
41	42.49	1 552	6,10-二甲基-5,9-十一二烯-1-炔 5,9-Undecadien-1-yne,6,10-dimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub>	176	tr	tr	0.11	0.06	
42	42.75	1 559	3,7,11-三甲基-1,6,10-十二三烯-3-醇 1,6,10-Dodecatrien-3-ol,3,7,11-trimethyl-	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	222	tr	0.08	0.10	0.10	tr
43	43.22	1 570	3-[4,8-二甲基-3,7-壬二烯基]-呋喃 Furan,3-(4,8-dimethyl-3,7-nonadienyl)-	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O	218	0.72	1.21	1.88	1.30	S
44	44.32	1 600	十六烷烃 n-Hexadecane*	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226	0.31	0.07	tr	0.07	S
45	44.53	1 604	雪松醇 Cedrol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	222	0.83	tr	tr	tr	tr
46	47.97	1 693	2-十五酮 2-Pentadecanone	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	226	tr	tr	0.22	0.05	tr
47	48.06	1 700	十七烷烃 n-Heptadecane*	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240	tr	tr	tr	0.06	tr

说明: ① tr 表示该化合物相对含量 $<0.01\%$ ; ② S 表示该化合物的浓度很低; ③ A 为花蕾期, B 为半开期, C 为盛花期, D 为盛开末期, E 为衰败期; ④\* 表示生物标记。

相对含量达到最高; 苯甲醛、芳樟醇、反式-2, 6-二甲基-1, 3, 5, 7-辛四烯、水杨酸甲酯、异草蒿脑、2-十一酮、癸酸甲酯、2-十三酮、十二酸甲酯、6, 10-二甲基-5, 9-十一二烯-1-炔和 3-[4, 8-二甲基-3, 7-壬二烯基]-呋喃和 2-十五酮的含量变化与前面不同, 它们在盛花期相对含量达到最大, 而后下降; 而 2-壬酮、反式丁酸-2-己烯酯、4-丙酮基环庚酮和  $\alpha$ -金合欢烯的相对含量则在盛开末期达到最大。由此可见, 紫藤鲜花在不同开花期所释放出的各种头香成分是不同的。其中芳樟醇是相对含量最高的成分, 广泛存在于众多的植物精油中, 是一种重要的香料成分, 具有铃兰 *Convallaria majalis* 花香香气, 对紫藤鲜花的香气成分具有较大的贡献。酮类和酯类化合物的相对含量较大, 这些化合物赋予了紫藤鲜花浓郁的香味。此外, 紫藤鲜花头香成分中所含有的十四烷烃、十六烷烃和十七烷烃是活体植物的标记化合物。

### 3 结论

固相微萃取技术是一种新的采样技术, 具有装置简单、操作方便和无溶剂污染等优点, 可用于富集鲜花痕量挥发性香气成分, 是一种简单可行的采样方法, 且更能代表鲜花香气的真实性。

分析了紫藤鲜花在不同开花期的头香成分及其变化规律, 从中鉴定出芳樟醇、2-壬酮、反式罗勒烯、2-十一酮、3-[4, 8-二甲基-3, 7-壬二烯基]-呋喃、2-十三酮、4-丙酮基环庚酮、 $\alpha$ -蒎烯氧化物、异草蒿脑和  $\alpha$ -金合欢烯等 47 种化合物。其中顺式罗勒烯、反式罗勒烯、 $\alpha$ -蒎烯氧化物、2-壬酮、芳樟醇、1, 1-二甲基-2-乙炔基-3-亚甲基环己烷、2-癸酮、草蒿脑、4-丙酮基环庚酮、反式, 反式-2, 4-辛二烯-1-醇乙酸酯、2-十一酮、 $\alpha$ -古芸烯、 $\beta$ -石竹烯、 $\alpha$ -石竹烯、2-十三酮、 $\alpha$ -金合欢烯、3-[4, 8-二甲基-3, 7-壬二烯基]-呋喃和 2-十五酮等主要成分与文献的研究报道<sup>[16]</sup>相一致, 说明不同年份的紫藤鲜花在主要成分上具有一致性, 但由于气候等因素的影响, 某些化学成分上有一定的差别。

固相微萃取-气相色谱/质谱法是一种可用于分析不同开花期鲜花香气成分变化的简单可行的分析方法。采用该技术考察了紫藤鲜花在不同开花期头香成分的变化, 为全面了解紫藤鲜花在不同开花期挥发性香气成分的变化规律, 对紫藤的进一步研究及更好地开发利用紫藤资源提供依据。

## 参考文献:

- [1] 余树勋, 吴应祥. 花卉词典[M]. 北京: 农业出版社, 1993: 617.
- [2] 包启伟. 福建西北部木本攀援植物观赏与应用[J]. 浙江林学院学报, 2000, **17** (2): 225 - 228.  
BAO Qiwei. Ornamental value and application study of woody climbing plants in northwestern Fujian [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2000, **17** (2): 225 - 228.
- [3] 吴江, 戚行江, 陈俊伟, 等. 多用途野生紫藤的栽培技术与开发利用[J]. 中国野生植物资源, 2004, **23** (2): 62 - 63.  
WU Jiang, QI Xingjiang, CHEN Junwei, *et al.* Exploitation and cultivation technique of multi purpose wildlife *Wistaria sinensis* Sweet[J]. *Chin Wild Plant Resour*, 2004, **23** (2): 62 - 63.
- [4] 李法曾, 郑亦津, 陈汉斌. 山东植物志: 下卷[M]. 青岛: 青岛出版社, 1997: 455 - 456.
- [5] 李峰, 傅佑丽. 紫藤花油化学成分的气相色谱/质谱法分析[J]. 曲阜师范大学学报, 2002, **28** (2): 81 - 83.  
LI Feng, FU Youli. Analysis of chemical constituents of essential oil in *Wistaria sinensis* flowers by gas chromatography-mass spectrometry[J]. *J Qufu Norml Univ Nat Sci*, 2002, **28** (2): 81 - 83.
- [6] 陈凡, 陈海芳, 傅俊. 紫藤凝集素的分离纯化及理化性质研究[J]. 武汉植物学研究, 1994, **12** (3): 270 - 276.  
CHEN Fan, CHEN Haifang, FU Jun. Purification and physicochemical characterization of a lectin from *Wistaria sinensis* Sweet [J]. *J Wuhan Bot Res*, 1994, **12** (3): 270 - 276.
- [7] ARTHUR C L, PAWLISZYN J. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers[J]. *Anal Chem*, 1990, **62** (19): 2145 - 2148.
- [8] ALPENDURADA M F. Solid-phase microextraction: a promising technique for sample preparation in environmental analysis [J]. *J Chromatogr A*, 2000, **889**: 3 - 14.
- [9] 李祖光, 李新华, 刘文涵, 等. 结香鲜花香气化学成分的研究[J]. 林产化学与工业, 2004, **24** (1): 83 - 86.  
LI Zuguang, LI Xinhua, LIU Wenhan, *et al.* Study on chemical constituents of fragrance from fresh flowers of *Edgeworthia chrysantha*[J]. *Chem Ind For Prod*, 2004, **24** (1): 83 - 86.
- [10] 李祖光, 乔剑峰, 胡伟, 等. 固相微萃取-气相色谱/质谱法分析白胡椒粉的风味成分[J]. 理化检验: 化学分册, 2005, **41** (11): 820 - 822.  
LI Zuguang, QIAO Jianfeng, HU Wei, *et al.* Analysis of flavours in white pepper powder by gas chromatography-mass spectrometry with solid-phase microextraction[J]. *Phys Test Chem Anal B Chem An*, 2005, **41** (11): 820 - 822.
- [11] DENG Chunhui, SONG Guoxin, HU Yaoming. Application of HS-SPME and GC-MS to characterization of volatile compounds emitted from *Osmanthus* flowers [J]. *Ann Chim*, 2004, **94** (12): 921 - 927.
- [12] 曾栋, 陈波, 姚守拙, 等. 顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用分析干柴胡药材中有机挥发物[J]. 分析化学, 2005, **33** (4): 491 - 494.  
ZENG Dong, CHEN Bo, YAO Shouzhuo. Detecting the volatile organic compounds of dry *Bupleurum* with headspace solid phase microextraction coupled to gas chromatography and mass spectrometry [J]. *Chin J Anal Chem*, 2005, **33** (4): 491 - 494.
- [13] 王昊阳, 郭寅龙, 张正行, 等. 顶空-固相微萃取-毛细管气相色谱-质谱联用方法快速分析香精中挥发性化学成分[J]. 分析化学, 2005, **33** (2): 245 - 247.  
WANG Haoyang, GUO Yinlong, ZHANG Zhengxing, *et al.* Fast analysis of volatile compounds in essences by headspace-solid phase micro-extraction-gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Chin J Anal Chem*, 2005, **33** (2): 245 - 247.
- [14] LI Zuguang, LEE M R, SHEN Delong. Analysis of volatile compounds emitted from fresh *Syringa oblata* flowers in different floescence by headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry[J]. *Anal Chim Acta*, 2006, **576** (1): 43 - 49.
- [15] 李祖光, 曹慧, 刘力, 等. 紫丁香鲜花香气化学成分的研究[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23** (2): 159 - 162.  
LI Zuguang, CAO Hui, LIU Li, *et al.* Chemical constituent of main fresh *Syringa oblata* flowers[J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23** (2): 159 - 162.
- [16] 李祖光, 卫雅芳, 芮昶, 等. 紫藤鲜花香气化学成分的研究[J]. 香料香精化妆品, 2005 (2): 1 - 3.  
LI Zuguang, WEI Yafang, RUI Chang, *et al.* Study on the chemical constituents of the fragrance released from fresh flowers of *Wistaria sinensis*[J]. *Flavour Fragr Cosmet*, 2005 (2): 1 - 3.