

文章编号:1001—7380(2020)06—0001—06

## 固相微萃取法对不同月季 品种花朵香气成分的 GC-MS 分析

孙海楠<sup>1,2</sup>, 嵇震宇<sup>3</sup>, 汪有良<sup>1,2 \*</sup>

(1. 江苏省林业科学研究院, 江苏 南京 211153; 2. 江苏省农业种质资源保护与利用平台月季种质资源圃, 江苏 南京 211153;  
3. 句容市东进林场, 江苏 句容 212400)

**摘要:**采用顶空-固相微萃取(HS-SPME)结合气质联用(GC-MS)对5个芳香月季品种(‘香粉蝶’‘杰·乔伊’‘粉和平’‘紫红香’和‘月月粉’)的花朵香气成分进行了鉴定与分析。结果表明SPME对上述月季花朵香气成分的有效提取率在97.54%—98.57%之间,共有45种香气成分被检出。其中,烯烃类物质种类最多,为12种,主要由单萜与倍半萜组成,其次为醇类物质,数量为10种,酯类、醛类分别为9种与6种,酸类、酮类、酚类等其他物质含量较少;从分子结构类型看,45种香气成分中萜类物质共23种,苯环类化合物共12种,脂肪酸及衍生物5种,其他类型化合物5种。供试月季花朵香气中重要的成分有乙酸叶醇酯、3,5-二甲氧基甲苯、1,3,5-三甲氧基苯、樟脑、香叶醇等,其中乙酸叶醇酯在所有供试品种中都为主要成分,3,5-二甲氧基甲苯为‘香粉蝶’中特有的主要成分,樟脑为‘月月粉’中特有的主要成分。

**关键词:**月季;香气成分;气相色谱-质谱联用;顶空-固相微萃取

**中图分类号:**Q946.4;Q946.81;Q946.82;S685.12 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2020.06.001

## Aroma profile identification of different rose cultivars by gas chromatography-mass spectrometry coupled to headspace solid phase microextraction

Sun Hainan<sup>1,2</sup>, Ji Zhenyu<sup>3</sup>, Wang Youliang<sup>1,2 \*</sup>

(1. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China; 2. Rose Germplasm Resources Nursery, The Jiangsu Provincial Platform for Conservation and Utilization of Agricultural Germplasm, Nanjing 211153, China; 3. Jurong Dongjin Forest Farm, Jurong 212400, China)

**Abstract:** The aroma profile of 5 rose cultivars was investigated by headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) combined with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The extraction efficiency between 97.54%—98.57% was obtained. And totally 45 aroma-active compounds were identified in all tested cultivars, including 12 olefins, 10 alcohols, 9 esters, 6 aldehydes, 2 ketones, 2 phenols, 2 acids, 1 ether, and 1 alkane. In molecular structure level, they could be categorized into 23 terpenes and oxygenated derivatives, 12 aromatic compounds, 5 fatty acids and their derivatives, and 5 other compounds. Among them, *cis*-3-hexenyl acetate, 3,5-dimethoxytoluene, 1,3,5-trimethoxybenzene, camphor and geraniol were major components in rose aroma profile. Especially, *cis*-3-hexenylacetate could be responsible for the aroma of all tested cultivars.

**Key words:** Rose; Aroma profile; GC-MS; HS-SPME

月季为蔷薇科(Rosaceae)蔷薇属(*Rosa*)的多年生木本花卉,主要分为现代月季(*R. hybrida*)与古老

月季(*R. chinensis*)2个类群,可实现周年开花<sup>[1]</sup>。因其寓意美好且具有丰富的色彩和花朵类型,深受

收稿日期:2020-10-11;修回日期:2020-10-25

**基金项目:**江苏省林业科技创新与推广项目“美丽宜居乡村景观绿化模式与技术集成示范”(LYKJ[2018]01);江苏省林业科学研究院青年基金项目“芳香型月季花朵香气成分鉴定及分析”(JAF-2016-05)

**作者简介:**孙海楠(1989-),男,江苏如皋人,助理研究员,博士。主要从事景观树种与木本花卉遗传育种研究。E-mail:sunhainan1989@hotmail.com。

\* **通信作者:**汪有良(1963-),男,江苏兴化人,研究员,研究生学历。主要从事月季新品种选育研究工作。E-mail:761132247@qq.com。

人们喜爱,在园林绿化与家庭园艺中有着广泛的应用<sup>[2]</sup>。随着人民生活水平的不断提高,人们对月季的观赏需求也不断提高,不仅需要丰富的花型花色,还需要芳香的花朵香气。花朵的香气,不仅可以使人身心愉悦,其中的部分活性成分,还对人的身心健康有积极作用。如今,花朵香气已成为影响月季观赏价值的一个重要因素<sup>[3-4]</sup>。本研究采用顶空-固相微萃取法(HS-SPME, headspace solid phase microextraction)对5个具备芳香气味的月季品种的花朵香气进行富集提取,并利用气相色谱-质谱联用(GC-MS, gas chromatography-mass spectrometry)法对其香气成分进行鉴定与分析,为后期芳香月季品种的引进与选育提供数据支撑。

## 1 材料和方法

### 1.1 植物材料

供试的月季材料现代月季品种‘香粉蝶’‘杰·乔伊’‘粉和平’与古老月季品种‘紫红香’‘月月粉’,均取自江苏省林业科学研究院月季种质资源圃内3年生以上的植株。在上述品种的盛花期取新鲜的花瓣,每个品种的花瓣来自于3个以上的单株,将花瓣用去离子水洗净并吸干表面水分后,阴干备用,取样时间为晴天的10:00—14:00。

### 1.2 试验仪器

因花朵的香气组分多为小分子的非极性化合物,故选择100  $\mu\text{m}$  聚二甲基硅氧烷(PDMS, Polydimethylsiloxane)涂层的SPME萃取头(美国Supelco公司);GC-MS选用7890A-5975C气质联用仪(美国安捷伦科技有限公司),色谱柱选用HP-5毛细管柱(30 m $\times$  0.25 mm $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ ,美国安捷伦科技有限公司);顶空进样瓶为40 mL棕色顶空瓶(美国安捷伦科技有限公司)。

### 1.3 试验方法

SPME萃取头如果是首次使用或长时间未使用,应在萃取试验前进行活化,活化过程为250  $^{\circ}\text{C}$ 保持30 min,并需惰性气体保护。准确称取上述各品种的花瓣2.0 g,放置于顶空进样瓶中,并用聚四氟乙烯材质的密封垫密封。随后将顶空瓶置于60  $^{\circ}\text{C}$ 水浴中,并将活化好的萃取头插入顶空瓶中,富集提取15 min,萃取完成后,立即将萃取头置于气相色谱的进样口中进行解析。解析条件为250  $^{\circ}\text{C}$ 下3 min。每个月季品种试验重复3次。

### 1.4 气相色谱与质谱参数设置

色谱柱升温程序:首先在50  $^{\circ}\text{C}$ 下保持2 min,之后进行升温,50—180  $^{\circ}\text{C}$ 之间的升温速度为5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,180—270  $^{\circ}\text{C}$ 之间的升温速度为20  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,最后在270  $^{\circ}\text{C}$ 下保持5 min。气相色谱载气为高纯氮(纯度99.999%),载气流速为1 mL/min。质谱仪的离子源温度设定为230  $^{\circ}\text{C}$ ,电离方式为电子电离(EI, Electron Ionization),电离能为70 eV,扫描范围为40—500 原子质量单位(amu, atomic mass unit)。

### 1.5 数据处理与分析

花朵香气混合物中的各成分经过气相色谱分离后形成了不同的色谱峰,利用安捷伦色谱工作站对各色谱峰进行积分计算以获得各成分的峰面积。各成分的相对含量采用归一化法计算,对应的色谱峰经质谱仪扫描后的质谱图通过检索NIST/Wily数据库进行物质定性。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同月季品种香气成分数量

本试验将3次样本重复中均出现且质谱图检索比对匹配度均高于90%的成分视为可鉴定物质。结果如表1所示,‘香粉蝶’鉴定出了最多的香气成分,其数量达30种,可鉴定物质占总峰面积的98.57%;其次为‘月月粉’,鉴定出的香气成分为27种,占总组分98.09%;‘紫红香’‘粉和平’鉴定出25种香气成分,鉴定出成分总量占总组分含量为97.54%;‘杰·乔伊’与‘粉和平’均鉴定出21种成分,为本次试验的5个品种中鉴定出成分最少的品种,其总含量分别为97.90%与98.15%。本试验中,5个月季品种获得的可鉴定香气成分数量虽略有差异,但可鉴定成分总量在总组分中所占比例,均较为接近,其区间范围为97.54%—98.57%。

### 2.2 不同月季品种香气成分的组成

通过对5个月季品种香气成分的分析,共鉴定出45种化合物。由表1可见,月季花朵香气中的成分涵盖了烷烃、烯烃、醇类、醛类、酮类、酚类、酯类、酸类、醚类9个物质类型。其中烯烃类最多,为12种,主要由单萜与倍半萜组成;其次为醇类,数量为10种;酯类与醛类分别为9种与6种,而酮类、酚类、酸类均为2种,醚类与烷烃均只有1种。

由表2可知,‘杰·乔伊’香气中主要的成分类型为酯类物质,其占比为62.70%,烯烃类物质与醇类物质分别占比14.28%与14.09%,3种物质所占

表 1 各月季品种花朵香气相对含量

| 序号 | CAS        | 化合物名称       | 分子量 | 分子式  | 物质类型 | 分子结构类型  | 测试品种相对含量/% |       |       |       |       |
|----|------------|-------------|-----|--|------|---------|------------|-------|-------|-------|-------|
|    |            |             |     |  |      |         | 杰·乔伊       | 紫红香   | 香粉蝶   | 粉和平   | 月月粉   |
| 1  | 64-19-7    | 乙酸          | 60  | C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>   | 酸    | 脂肪酸     | —          | —     | 0.12  | 0.25  | —     |
| 2  | 123-51-3   | 异戊醇         | 88  | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O               | 醇    | 其他结构化合物 | —          | —     | —     | —     | 0.41  |
| 3  | 513-86-0   | 3-羟基-2-丁酮   | 88  | C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>   | 酮    | 其他结构化合物 | 0.23       | —     | —     | 0.12  | —     |
| 4  | 6728-26-3  | 2-己烯醛       | 98  | C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O               | 醛    | 其他结构化合物 | —          | 0.04  | —     | —     | —     |
| 5  | 544-12-7   | 3-己烯-1-醇    | 100 | C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O               | 醇    | 其他结构化合物 | 0.05       | —     | 1.87  | —     | 8.33  |
| 6  | 111-27-3   | 正己醇         | 102 | C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O               | 醇    | 苯环类化合物  | —          | 0.42  | 0.65  | —     | 0.55  |
| 7  | 100-52-7   | 苯甲醛         | 106 | C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O                | 醛    | 苯环类化合物  | —          | —     | 0.16  | 0.35  | —     |
| 8  | 100-51-6   | 苯甲醇         | 108 | C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O                | 醇    | 苯环类化合物  | —          | 1.05  | 4.58  | 3.84  | —     |
| 9  | 123-86-4   | 乙酸丁酯        | 116 | C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>  | 酯    | 脂肪酸衍生物  | 0.82       | —     | —     | —     | 0.24  |
| 10 | 204-574-5  | 苯乙醛         | 120 | C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O                | 醛    | 苯环类化合物  | —          | —     | 0.06  | —     | —     |
| 11 | 60-12-8    | 苯乙醇         | 122 | C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O               | 醇    | 苯环类化合物  | —          | 2.45  | 9.04  | 0.70  | —     |
| 12 | 578-58-5   | 甲基苯甲醚       | 122 | C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O               | 醚    | 苯环类化合物  | 0.24       | —     | 0.82  | 0.08  | 1.85  |
| 13 | 628-63-7   | 乙酸戊酯        | 130 | C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>  | 酯    | 脂肪酸衍生物  | —          | 0.07  | —     | —     | 0.06  |
| 14 | 80-56-8    | α-蒎烯        | 136 | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | 烯烃   | 单萜      | —          | —     | 1.45  | —     | 0.42  |
| 15 | 127-91-3   | β-蒎烯        | 136 | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | 烯烃   | 单萜      | 1.45       | —     | 1.98  | —     | 0.97  |
| 16 | 79-92-5    | 蒎烯          | 136 | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | 烯烃   | 单萜      | —          | 1.48  | 0.33  | —     | 1.05  |
| 17 | 123-35-3   | 月桂烯         | 136 | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | 烯烃   | 单萜      | 2.33       | 0.55  | 2.86  | 0.04  | —     |
| 18 | 5989-27-5  | 柠檬烯         | 136 | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | 烯烃   | 单萜      | —          | —     | 0.38  | —     | —     |
| 19 | 3681-71-8  | 乙酸叶醇酯       | 142 | C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>  | 酯    | 脂肪酸衍生物  | 57.97      | 44.51 | 6.52  | 28.66 | 5.61  |
| 20 | 142-92-7   | 乙酸己酯        | 144 | C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>  | 酯    | 脂肪酸衍生物  | —          | 0.22  | 0.37  | 2.61  | —     |
| 21 | 4179-19-5  | 3,5-二甲氧基甲苯  | 152 | C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>  | 醛    | 苯环类化合物  | 3.77       | 3.57  | 31.87 | 1.43  | 2.65  |
| 22 | 226-394-6  | 柠檬醛         | 152 | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              | 醛    | 单萜衍生物   | —          | —     | —     | —     | 0.32  |
| 23 | 76-22-2    | 樟脑          | 152 | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              | 醛    | 单萜衍生物   | 0.84       | 0.44  | 0.05  | 0.06  | 21.45 |
| 24 | 106-24-1   | 香叶醇         | 154 | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              | 醇    | 单萜衍生物   | 2.29       | 3.80  | 4.45  | 25.52 | 14.56 |
| 25 | 106-25-2   | 橙花醇         | 154 | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              | 醇    | 单萜衍生物   | 5.68       | —     | 1.03  | 4.35  | —     |
| 26 | 106-22-9   | 香茅醇         | 156 | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O              | 醇    | 单萜衍生物   | 1.52       | 0.23  | 0.67  | 9.15  | 0.35  |
| 27 | 97-53-0    | 丁香酚         | 164 | C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub> | 酚    | 苯环类化合物  | —          | —     | 5.41  | —     | 6.30  |
| 28 | 103-45-7   | 乙酸苯乙酯       | 164 | C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub> | 酯    | 苯环类化合物  | —          | —     | —     | —     | 0.18  |
| 29 | 621-23-8   | 1,3,5-三甲氧基苯 | 168 | C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>  | 酮    | 苯环类化合物  | —          | 1.99  | 4.01  | 0.61  | 14.62 |
| 30 | 93-15-2    | 甲基丁香酚       | 178 | C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> | 酚    | 苯环类化合物  | 0.47       | —     | 1.87  | 14.59 | 0.02  |
| 31 | 141-12-8   | 乙酸橙花酯       | 196 | C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> | 酯    | 单萜衍生物   | 3.70       | 0.92  | 0.45  | 0.81  | 0.07  |
| 32 | 105-87-3   | 乙酸香叶酯       | 196 | C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> | 酯    | 单萜衍生物   | 0.08       | 7.67  | 0.91  | —     | —     |
| 33 | 150-84-5   | 乙酸香茅酯       | 198 | C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub> | 酯    | 单萜衍生物   | —          | —     | —     | —     | 0.04  |
| 34 | 143-07-7   | 月桂酸         | 200 | C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> | 酸    | 单萜衍生物   | —          | 0.05  | —     | —     | —     |
| 35 | 14912-44-8 | α-依兰烯       | 204 | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 烯烃   | 倍半萜     | —          | 0.03  | —     | —     | —     |
| 36 | 87-44-5    | β-石竹烯       | 204 | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 烯烃   | 倍半萜     | —          | 1.62  | 0.84  | 0.43  | 0.47  |
| 37 | 18794-84-8 | β-金合欢烯      | 204 | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 烯烃   | 倍半萜     | 0.36       | 0.07  | 1.58  | —     | —     |
| 38 | 3779-61-1  | β-罗勒烯       | 204 | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 烯烃   | 倍半萜     | —          | —     | —     | 0.02  | —     |
| 39 | 123-35-3   | β-月桂烯       | 204 | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 烯烃   | 倍半萜     | 0.04       | 0.08  | —     | —     | —     |
| 40 | 23986-74-5 | 大根香叶烯-D     | 204 | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 烯烃   | 倍半萜     | 10.10      | 1.66  | 5.87  | 1.12  | 1.28  |
| 41 | 25246-27-9 | 香树烯         | 204 | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | 烯烃   | 倍半萜     | —          | —     | 3.69  | —     | 0.67  |
| 42 | 120-51-4   | 苯甲酸苄酯       | 212 | C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub> | 酯    | 苯环类化合物  | 0.13       | 0.74  | —     | —     | —     |
| 43 | 7212-44-4  | 橙花叔醇        | 222 | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O              | 醇    | 倍半萜衍生物  | 4.55       | 19.06 | 4.68  | 3.41  | 11.72 |
| 44 | 639-99-6   | 榄香醇         | 222 | C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O              | 醇    | 倍半萜衍生物  | —          | —     | —     | —     | 0.06  |
| 45 | 629-92-5   | 十九烷         | 268 | C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>                | 烷烃   | 其他结构化合物 | 1.28       | 4.82  | —     | —     | 3.84  |
| 合计 |            |             |     |  |      |         | 97.90      | 97.54 | 98.57 | 98.15 | 98.09 |

总额超过该品种花朵香气总组分的 90%;‘紫红香’香气中主要为酯类与醇类,占比分别为 54.13%与 27.01%。‘香粉蝶’中含量较高的为醛类与醇类,其含量分别为 32.14%与 26.97%,烯烃类物质占比为 18.98%,亦属于含量较高的物质类型;‘粉和平’中含量较高的为醇类、酯类与酚类,其含量分别为 46.97%,32.08%,14.59%,3 类物质占比也超过了 90%;‘月月粉’中占比较高的物质类型为醇类、醛类与酮类,含量分别为 35.98%,24.42%,14.62%。

从表 2 可以看出,醇类物质在所有的试验品种香气总组分中均具有较高占比。酯类物质在‘杰·乔伊’与‘紫红香’中占比均超过一半。酚类物质除

了在‘粉和平’中占比为 14.59%,在其余 4 个品种中含量均不超过 10%。酮类物质除了在‘月月粉’中占比为 14.62%,在另 4 个品种中含量均不超过 5%。烯烃类与醇类物质在各试验品种中的含量各有差异。烷烃类物质在‘香粉蝶’与‘粉和平’中均未检测到,其余 3 个试验品种中含量均不超过 5%。酸类与醚类物质在所有试验品种中占比均较小。酸类物质在‘紫红香’‘香粉蝶’‘粉和平’中占比均低于 1%,其余试验品种中则未检测到;醚类物质除了在‘月月粉’香气组分中占比为 1.85%外,其余试验品种中的物质占比均小于 1%,且在‘紫红香’中未检测到。

表 2 各月季品种花朵香气成分类型

| 物质类型 | 相对含量/% |       |       |       |       | 成分数量 |     |     |     |     | 成分总数 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|------|
|      | 杰·乔伊   | 紫红香   | 香粉蝶   | 粉和平   | 月月粉   | 杰·乔伊 | 紫红香 | 香粉蝶 | 粉和平 | 月月粉 |      |
| 烷烃   | 1.28   | 4.82  | —     | —     | 3.84  | 1    | 1   | —   | —   | 1   | 1    |
| 烯烃   | 14.28  | 5.49  | 18.98 | 1.61  | 4.86  | 5    | 7   | 9   | 4   | 6   | 12   |
| 醇    | 14.09  | 27.01 | 26.97 | 46.97 | 35.98 | 5    | 6   | 8   | 6   | 7   | 10   |
| 醛    | 4.61   | 4.05  | 32.14 | 1.84  | 24.42 | 2    | 3   | 4   | 3   | 3   | 6    |
| 酮    | 0.23   | 1.99  | 4.01  | 0.73  | 14.62 | 1    | 1   | 1   | 2   | 1   | 2    |
| 酚    | 0.47   | —     | 7.28  | 14.59 | 6.32  | 1    | —   | 2   | 1   | 2   | 2    |
| 酯    | 62.70  | 54.13 | 8.25  | 32.08 | 6.20  | 5    | 6   | 4   | 3   | 6   | 9    |
| 酸    | —      | 0.05  | 0.12  | 0.25  | —     | —    | 1   | 1   | 1   | —   | 2    |
| 醚    | 0.24   | —     | 0.82  | 0.08  | 1.85  | 1    | —   | 1   | 1   | 1   | 1    |
| 合计   | 97.90  | 97.54 | 98.57 | 98.15 | 98.09 | 21   | 25  | 30  | 21  | 27  | 45   |

从分子结构类型看,所有的烯烃类物质均为具有异戊二烯结构的萜烯(单萜与倍半萜),且众多的含氧有机物多为萜烯衍生物与苯环类化合物,还有部分脂肪酸及衍生物与其他化合物。由表 3 可以看出,在所有鉴定出的 45 种成分中,单萜与倍半萜分别为 5 种与 7 种,其各自的含氧衍生物分别为 9 种与 2 种,萜类物质共 23 种。此外,苯环类化合物为

12 种,脂肪酸及其衍生物 5 种,其他结构的化合物为 5 种。‘杰·乔伊’‘紫红香’‘粉和平’的主要香气成分均为脂肪酸类与萜类物质,其总含量分别为 91.73%,82.46%,76.43。‘香粉蝶’与‘月月粉’的主要香气成分为萜类与苯环类化合物,其总含量分别为 89.69%与 79.60%,但‘粉和平’的花朵香气中苯环类化合物的占比也达到了 21.60%。

表 3 各月季品种花朵香气成分分子结构类型

| 分子结构类型  | 相对含量/% |       |       |       |       | 成分数量 |     |     |     |     | 成分总数 |
|---------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|------|
|         | 杰·乔伊   | 紫红香   | 香粉蝶   | 粉和平   | 月月粉   | 杰·乔伊 | 紫红香 | 香粉蝶 | 粉和平 | 月月粉 |      |
| 单萜      | 3.78   | 2.03  | 7.00  | 0.04  | 2.44  | 2    | 2   | 5   | 1   | 3   | 5    |
| 单萜衍生物   | 14.11  | 13.11 | 7.56  | 39.89 | 36.79 | 6    | 6   | 6   | 5   | 6   | 9    |
| 倍半萜     | 10.50  | 3.46  | 11.98 | 1.57  | 2.42  | 3    | 5   | 4   | 3   | 3   | 7    |
| 倍半萜衍生物  | 4.55   | 19.06 | 4.68  | 3.41  | 11.78 | 1    | 1   | 1   | 1   | 2   | 2    |
| 苯环类化合物  | 4.61   | 10.22 | 58.47 | 21.60 | 26.17 | 4    | 6   | 10  | 7   | 7   | 12   |
| 脂肪酸及衍生物 | 58.79  | 44.80 | 7.01  | 31.52 | 5.91  | 2    | 3   | 3   | 3   | 3   | 5    |
| 其他结构化合物 | 1.56   | 4.86  | 1.87  | 0.12  | 12.58 | 3    | 2   | 1   | 1   | 3   | 5    |
| 合计      | 97.90  | 97.54 | 98.57 | 98.15 | 98.09 | 21   | 25  | 30  | 21  | 27  | 45   |

2.3 不同月季品种的主要香气成分

本试验将含量超过 5%的物质视为该试验品种的主要香气成分。如表 4 所示,共有 14 种物质在本

次试验中的相对含量高于 5%。主要成分的总含量除了在‘香粉蝶’中占 78.25%外,在其他试验品种香气成分中的占比均在 85%以上。



| 表 4 各月季品种花朵香气主要成分 |        |       |       |       |       |
|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 化合物名称             | 相对含量/% |       |       |       |       |
|                   | 杰·乔伊   | 紫红香   | 香粉蝶   | 粉和平   | 月月粉   |
| 3-己烯-1-醇          | 0.05   | —     | 1.87  | —     | 8.33  |
| 苯乙醇               | —      | 2.45  | 9.04  | 0.7   | —     |
| 乙酸叶醇酯             | 57.97  | 44.51 | 6.52  | 28.66 | 5.61  |
| 樟脑                | 0.84   | 0.44  | 0.05  | 0.06  | 21.45 |
| 3,5-二甲氧基甲苯        | 3.77   | 3.57  | 31.87 | 1.43  | 2.65  |
| 香叶醇               | 2.29   | 3.8   | 4.45  | 25.52 | 14.56 |
| 橙花醇               | 5.68   | —     | 1.03  | 4.35  | —     |
| 香茅醇               | 1.52   | 0.23  | 0.67  | 9.15  | 0.35  |
| 丁香酚               | —      | —     | 5.41  | —     | 6.3   |
| 1,3,5-三甲氧基苯       | —      | 1.99  | 4.01  | 0.61  | 14.62 |
| 甲基丁香酚             | 0.47   | —     | 1.87  | 14.59 | 0.02  |
| 乙酸香叶酯             | 0.08   | 7.67  | 0.91  | —     | —     |
| 大根香叶烯-D           | 10.1   | 1.66  | 5.87  | 1.12  | 1.28  |
| 橙花叔醇              | 4.55   | 19.06 | 4.68  | 3.41  | 11.72 |
| 合计                | 87.32  | 85.38 | 78.25 | 89.6  | 86.89 |

乙酸叶醇酯在所有的试验品种中均为主要成分,但含量差异较大,在‘杰·乔伊’与‘紫红香’中含量较高,分别达到 57.97%与 44.51%,在‘香粉蝶’与‘月月粉’中含量较少,仅为 6.52%与 5.61%。香叶醇、丁香酚、大根香叶烯-D 与橙花叔醇 4 种物质在 2 个试验品种中均为主要成分,其中香叶醇在‘粉和平’与‘月月粉’中、丁香酚在‘香粉蝶’与‘月月粉’中、大根香叶烯-D 在‘杰·乔伊’与‘香粉蝶’中、橙花叔醇在‘紫红香’与‘月月粉’中共为主要成分。3-己烯-1-醇、苯乙醇、樟脑、3,5-二甲氧基甲苯、橙花醇、香茅醇、1,3,5-三甲氧基苯、甲基丁香酚、乙酸香叶酯这 9 种物质仅为 1 个试验品种的主要香气成分。橙花醇仅在‘杰·乔伊’的花朵香气中为主要成分,其含量为 5.68%,与‘粉和平’中的 4.35%差别不明显,香粉蝶中该物质的含量为 1.03%,剩余试验品种中则未检出。乙酸香叶酯为‘紫红香’花朵香气中特有的主要成分,其含量为 7.67%,其他试验品种中该物质的含量均在 1%以下。苯乙醇与 3,5-二甲氧基甲苯为‘香粉蝶’中的主要成分,含量分别为 9.04%与 31.87%。香茅醇与甲基丁香酚为‘粉和平’中的主要香气成分,其含量分别为 9.15%与 14.59%。在剩余的试验品种中甲基丁香酚除了在‘香粉蝶’中的含量为 1.87%外,其余品种的含量均在 1%以下或未检出;香茅醇除了在‘杰·乔伊’中含量为 1.52%外,其余品种的含量也均在 1%以下。3-己烯-1-醇、樟脑与 1,3,5-三甲氧基苯仅在‘月月粉’花朵香气中为主要成分,其含量分别为 8.33%,21.45%,14.62%。樟脑为

‘月月粉’中特有的主要成分,在其他试验品种中该物质的相对含量均在 1%以下。

3 讨论与小结

目前,已有对桂花、野茉莉等树种花香组分进行的研究报道<sup>[5-6]</sup>。花朵的香气成分是植物体内的次生代谢产物,多为分子量在 100—200 之间的小分子化合物,具有沸点低、易挥发的特点<sup>[4]</sup>。本研究中所鉴定出 45 种香气成分的分子量在 60—268 之间,中位数为 152,符合植物次生代谢的特征。花朵香气因其成分复杂且易挥发的原因,收集较为困难,因此选择高效的提取与收集方法十分重要。SPME 作为一种新型的样品前处理技术,将样品的收集、浓缩、解析集成在一起,且具有体积小、操作简便、提取效率与重复性高等特点,且可根据不同样品类型选择不同涂层的萃取头<sup>[7]</sup>。本试验中,对 5 个月季品种香气成分的有效提取率在 97.54%—98.57%之间,可见 SPME 法对月季花朵香气成分具有较高的提取效率。

根据其生物合成途径,植物花朵香气物质可以分为萜类、苯丙烷类以及部分脂肪酸衍生物,与本研究中秋月花朵香气成分的主要分子结构类型相吻合。其中萜类物质起源于甲羟戊酸途径,其分子具备典型的异戊二烯结构<sup>[8]</sup>。本试验中共鉴定出萜类物质 23 种,全部为单萜、倍半萜及其对应的含氧衍生物,未发现二萜及更大的萜类分子,萜类物质的数量占据所有可鉴定成分数量的一半以上,是月季花朵香气成分中数量最多的分子结构类型。在远缘杂交月季品种‘天香’香气成分的主成分分析中,萜烯及其含氧衍生物的方差贡献值高达 72.625%,为花朵香气中最重要的组成部分<sup>[9]</sup>。该研究与本试验的结果相一致。苯丙烷类物质为花朵香气成分中另一类主要成分,目前多认为该类物质起源于莽草酸途径。莽草酸的环状分子在脱氢酶的作用下,生成苯环类物质,进入下一步代谢过程<sup>[10]</sup>。本试验中共鉴定出苯环类化合物 12 种,该类物质在‘香粉蝶’中的占比超过 50%,在‘粉和平’与‘月月粉’中的占比也达 21.60%与 26.17%,认为苯环类化合物同样为月季花朵香气重要的组成部分。脂肪酸及其衍生物的合成主要由合成酶、合成限速酶与碳链延长中止酶共同作用<sup>[11]</sup>。本试验中脂肪酸及衍生物在‘杰·乔伊’‘紫红香’‘粉和平’中都有较高的占比,分别达到了 58.79%,44.80%与 31.52%。

乙酸叶醇酯的含量几乎占据了所有的脂肪酸

及衍生物的含量,且为本次试验唯一在所有试验品种中都为主要成分的物质。乙酸叶醇酯具有明显的青草、青叶和青果的气味,广泛存在于绿茶中<sup>[12]</sup>,这与‘杰·乔伊’‘紫红香’气味均较为淡雅相吻合。橙花叔醇呈现出类似玫瑰及苹果的气味,具较淡的甜香,为大马士革玫瑰中的主要呈香物质之一<sup>[13]</sup>,‘紫红香’的花朵香气中,橙花叔醇含量仅次于乙酸叶醇酯,导致该品种的气味中略带清甜的果香。

‘香粉蝶’的花朵香气与传统香水月季十分相似。‘香粉蝶’花朵的香气成分中含量最高的物质为3,5-二甲氧基甲苯。该物质存在于众多的香水月季中,是构成香水月季清新香味的重要组成部分<sup>[14]</sup>。‘香粉蝶’中的另一主要成分苯乙醇,为诸多蔷薇野生种花朵香气中的主要成分,在百叶蔷薇与大马士革玫瑰的花朵香气中均有高达69%的分布<sup>[15]</sup>。‘香粉蝶’是具有香水月季典型香气的大花藤本月季,具有生长势强、高抗白粉病、中抗黑斑病的特点,该品种重要的原始亲本正是云南香水月季与蔷薇野生种<sup>[16]</sup>。‘粉和平’花朵香气中的主要成分为乙酸叶醇酯、香叶醇与甲基丁香酚。袁敏芝等对‘粉和平’花朵香气成分的测定中,乙酸叶醇酯的相对含量为24.59%,与本研究28.66%的研究结果类似<sup>[17]</sup>。叶灵军等在对现代月季的香气成分分析中,‘粉和平’乙酸叶醇酯的相对含量为35.2%,此外乙酸橙花酯与乙酸己酯的含量分别为44.3%,12.6%,而本研究中‘粉和平’对应的2种物质的含量仅为0.81%,2.61%<sup>[18]</sup>。这可能是不同的栽植环境、开放阶段、取样时间等因素,对花朵的香气成分产生差异<sup>[15]</sup>。‘月月粉’的花朵香气中有7种物质的含量均超过了5%,是各试验品种中主要成分相对含量分布较为均匀的品种。‘月月粉’花朵香气中含量最高的成分为樟脑,其次为1,3,5-三甲氧基苯。这2种物质在其他试验品种中均为非主要成分或未检出。晏慧君等对‘月月粉’香气成分的鉴定结果表明,樟脑和1,3,5-三甲氧基苯的含量分别为24.10%,9.81%,与本研究结果接近<sup>[15]</sup>。

本研究通过SPME法对5个具备芳香气味的月季品种进行了花朵香气的收集,确定了SPME在月季花朵香气收集方面具有较高的提取效率。花朵香气成分的GC-MS分析表明,月季花朵香气成分中的主要物质为萜类物质、苯环类化合物、脂肪酸及其衍生物,而萜类物质为月季花朵香气成分中数量最多的成分。月季花朵香气中重要的成分有乙酸

叶醇酯、3,5-二甲氧基甲苯、1,3,5-三甲氧基苯、樟脑、香叶醇等。希望这些结果能为今后月季芳香品种的选育,及月季花朵香气成分及合成机制的研究,提供理论指导。

#### 参考文献:

- [1] 张佐双,朱秀珍.中国月季[M].1版.北京:中国林业出版社,2006:66-67.
- [2] 关维斌.月季花在园林绿化中的应用[J].花卉,2019(4):12.
- [3] HAN Y, WANG H, WANG X, et al. Mechanism of floral scent production in *Osmanthus fragrans* and the production and regulation of its key floral constituents,  $\beta$ -ionone and linalool [J]. Horticulture research, 2019, 6(1): 1-12.
- [4] 刘陈玮,陈素梅,郑丽.园艺作物挥发物合成及其生物学功能研究进展[J].江苏农业学报,2019,35(6):1506-1512.
- [5] 施婷婷,杨秀莲,王良桂.3个桂花品种花香组分动态特征及花被片结构解剖学观测[J].南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(4):12-20.
- [6] 曹媛媛,贾斐斐,吴岐奎,等.野茉莉属6个树种不同时期花香成分分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(4):48-56.
- [7] 孙海楠,吕运舟,汪有良.基于不同提取方法的月季香气成分比较分析[J].江苏农业学报,2020,36(5):1342-1344.
- [8] KUMARI P, PANWAR S, SONI N, et al. Biosynthesis, composition and sources of floral scent in ornamental crops: a review[J]. Chemical Science Review and Letters, 2017, 6(23): 1502-1509.
- [9] 姚晨阳,杨树华,吴华,等.远缘杂交月季品种‘天香’挥发性花香成分分析[C]//2017年中国观赏园艺学术研讨会论文集,2017:285-291.
- [10] 何雅静,张群琳,谷利伟,等.柑橘中酚酸类化合物及其生物活性与机理的研究进展[J].食品与发酵工业,2020,46(15):301-306.
- [11] 卢善发.植物脂肪酸的生物合成与基因工程[J].植物学报,2000,17(6):481-491.
- [12] 杨春,郭燕,周顺珍,等.3个茶树品种(品系)鲜叶香气特征及萜烯指数分析[J].信阳师范学院学报(自然科学版),2015,28(4):501-506.
- [13] 刘彦红,赵湖江,张凤仙,等.云南引种大马士革玫瑰精油的GC-MS分析[J].广州化工,2017,45(21):117-120.
- [14] 李晋华,晏慧君,杨锦红,等.香水月季复合群(*Rosa odorata* Complex)花香成分分析[J].西南农业学报,2018,31(3):587-591.
- [15] 晏慧君,王娟,陈敏,等.月月粉(*Rosa chinensis* ‘Pallida’)、大马士革蔷薇(*R. damascene*)、百叶蔷薇(*R. centifolia*)香气成分分析[J].云南农业大学学报(自然科学版),2017,32(1):78-82.
- [16] 汪有良,胡道达.藤本月季“香粉蝶”种苗扦插试验[J].江苏林业科技,2018,45(3):28-29,57.
- [17] 袁敏之,吴宇凌.气相色谱法分析17种月季花香成份的初报[J].香料与香精,1983(1):18-21,25.
- [18] 叶灵军,张立,张启翔.现代月季品种主要香气成分的分析[J].北方园艺,2008(9):93-95.