

郭双,刘华,罗昌,等. 4 个芳香菊品种花、叶香气成分的 HS-SPME/GC-MS 分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(24):198-207.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.24.039

## 4 个芳香菊品种花、叶香气成分的 HS-SPME/GC-MS 分析

郭双<sup>1,2,3</sup>, 刘华<sup>1,3</sup>, 罗昌<sup>1,3</sup>, 陈东亮<sup>1,3</sup>, 程曦<sup>1,3</sup>, 刘文超<sup>4</sup>, 贾茵<sup>2</sup>, 黄丛林<sup>1,3</sup>

(1. 北京市农林科学院北京农业生物技术研究中心, 北京 100097; 2. 四川农业大学风景园林学院, 四川成都 611130;

3. 北京市功能花卉工程技术研究中心, 北京 100097; 4. 北京刘文超夏菊育种科技研究所, 北京 101300)

**摘要:**通过顶空固相微萃取/气相色谱-质谱联用技术(HS-SPME/GC-MS)对 4 个芳香菊品种(北国之春、红珍珠、抗热粉、名流千秋)的花、叶香气成分进行鉴定分析,在具体成分分析的基础上,对各个品种的化合物种类进行分类并比较,确定特有成分及不同部位香气成分差异,为进一步利用菊属植物资源奠定基础。从 4 个品种中共鉴定出 132 种香气成分,其中醇类 26 种、烯类 51 种、醛类 7 种、酯类 19 种、酮类 11 种、芳香烃 6 种、烷烃类 4 种和其他类 8 种。北国之春品种主要是烯类、醇类化合物,相对含量分别达到 31.19%、27.76%;红珍珠品种的主要香气成分是烯类、醇类和酮类化合物,相对含量各占 30.55%、19.71%、23.65%;抗热粉品种的主要香气成分是烯类和酯类化合物,相对含量各占 36.57% 和 21.77%;名留千秋花中的化学物质主要是烯类、醇类和酯类化合物,相对含量各占 49.42%、30.01%、7.51%。各个品种花均有自己特有的香气成分,北国之春花特有的香气成分主要是异戊酸叶醇酯、正戊酸叶醇酯;红珍珠花的特有香气成分主要为香茅烯、桉脑、反-水合桉烯;抗热粉花的特有香气成分主要有乙酸叶醇酯、异丁酸异戊酯;名留千秋花的特有香气成分主要为正戊酸己酯、马鞭草烯酮、乙酸松油酯。烯类、醇类、酮类化合物是组成菊属花香气成分的关键化合物,4 个品种花较叶具有更复杂的香气成分,花是各个品种之间形成香气差异的主要部位,在挥发油的开发方面具有更高的利用价值。

**关键词:**芳香菊;香气成分;顶空固相微萃取;气相色谱-质谱法

**中图分类号:** S682.1<sup>+</sup>10.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)24-0198-09

菊花是我国的传统名花,作为盆花、切花和地被花卉在世界范围内广泛栽培。菊花花型奇特,花香沁人,是重要的观赏植物;同时菊花也具有独特的香气和药用成分,含有菊油环酮等挥发性物质,具有清热祛风、平肝明目的功效,有助于治疗高血压、头昏、失眠等病症<sup>[1-6]</sup>,是医药、食品、日化等行业的重要原料<sup>[7]</sup>,也是重要的康养植物。菊花的药理活性和香气感官特征与其含有的挥发性化合物密切相关<sup>[8]</sup>。由于产地及种属的差异,不同菊花品种化学成分及含量各不相同。因此,明确不同品种的香气物质及特有成分,对有针对性高效开发利用

菊属资源具有重要意义。孙海楠对 29 个菊花品种和 10 份菊花野生近缘种属植物花朵香气成分进行鉴定,共检测出 193 种化学物质,其中的  $\alpha$ -蒎烯、樟脑、桉树醇在至少 30 份材料中出现,属于菊属植物香气物质中的基本成分<sup>[9]</sup>。黄贵凤对超临界流体萃取获得的滁菊精油进行检测,共鉴定出 92 种化合物,其中萜类化合物是其主要成分,占已鉴定化合物的 66.74%,是滁菊独特清凉药草香味的来源物质<sup>[10]</sup>。周海梅等对贡白菊和贡黄菊的挥发性物质进行鉴定,与野菊对比发现仅有 6 种相同成分,分别是桉油精、樟脑、萜品醇、乙酸龙脑酯、石竹烯和氧化石竹烯,不同品种菊花的挥发性成分有较大差别<sup>[11]</sup>。刘春丽从杭白菊中检测到  $\beta$ -倍半水芹烯、柠檬烯环氧化物、苯甲醇、长叶烯醛、香树烯氧化物等 11 种化合物作为杭白菊的特有香气成分而存在,使其具有特殊的香气风味<sup>[12]</sup>。Hekmatsorush 等利用气相色谱-质谱联用(GC-MS)分析伊朗小白菊精油,其中主要包括樟脑(36.2%)、异龙脑(20.3%)、乙酸龙脑酯(14.3%)等<sup>[13]</sup>。Breme 等

收稿日期:2020-03-04

基金项目:北京市农林科学院创新能力建设专项(编号:KJ CX20200112);北京市农林科学院青年科研基金(编号:QNJJ201817);北京市科委项目(编号:Z181100002518003)。

作者简介:郭双(1994—),女,四川南充人,硕士研究生,主要从事菊花分子育种研究。E-mail:scnydxgs@163.com。

通信作者:黄丛林,博士,研究员,主要从事花卉新品种培育与栽培技术研究。E-mail:conglinh@126.com。

使用 2 种气相色谱 - 溴味计 (GC - O) 方法分析万寿菊精油,结果显示,37 种物质被定性,其中异丁酸乙酯和 2,3 - 二乙基丁酸甲酯是主要的香气物质<sup>[14]</sup>。此外,有关野菊<sup>[15]</sup>、怀菊<sup>[16]</sup>、神龙香菊<sup>[17]</sup>、地被菊<sup>[18]</sup>等菊花挥发油组分的药用成分分析也已有不少研究报道。北京刘文超夏菊育种科技研究所前期陆续从各地引进了一批观赏菊,其中 4 个菊花品种(北国之春、红珍珠、抗热粉、名流千秋)观赏价值高且香气浓郁,可作为香气育种的种质资源,但关于其香气物质的相关研究尚无报道。因此,明确不同品种的香气组成及特有成分,对芳香育种及康养园艺具有重要意义。本研究利用顶空固相微萃取 - 气相色谱/质谱联用技术对 4 个菊花品种的花和叶香气成分分别进行检测,分析其化合物种类及不同品种的特有成分,为菊属植物的开发与利用提供一定的参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 植物材料

4 个菊花品种(北国之春、红珍珠、抗热粉、名留千秋)盛花期的花序和植株中部叶片,取自北京刘文超夏菊育种科技研究顺义试验基地。于 08:00 剪取 4 个菊花品种健壮带叶花枝 3~5 枝,立即插到盛有清水的花瓶中带回北京市农林科学院生物技术研究中心实验室。当日迅速将同一品种不同花朵的内外花瓣混合取样、同一品种不同枝条叶片混合取样,并进行检测。

### 1.2 仪器设备

GCMS - QP2010 气相色谱 - 质谱联用仪(日本岛津公司)、DVB/CAR PDMS 固相萃取头(美国 Supelco 公司)、手动 SAMP 进样器。

### 1.3 试验方法

1.3.1 样品前处理 分别取样品花瓣、叶片各 3.5 g,各置于 15 mL 顶空进样瓶中,将进样瓶放入 50 ℃ 水浴中并插入 50/30  $\mu\text{m}$  DVB/CAR PDMS 固相萃取头,顶空萃取 40 min 后,快速移出萃取头并立即插入气相色谱仪进样口中,萃取头在 200 ℃ 进样口中解析 3 min,进行 GC - MS 分析。

1.3.2 GC - MS 分析 (1) 色谱条件。色谱柱为 DB - 5MS 石英毛细管柱(30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ );升温程序:进样口温度 200 ℃,柱初始温度 40 ℃,保持 2 min,以 5 ℃/min 升温至 200 ℃,保持 6 min,总时间 40 min;载气为 He(99.999%),柱流

量 27.5 mL/min;进样模式为分流,分流比为 20:1。

(2) 质谱条件。EI 源 70 eV;接口温度 250 ℃;离子源温度 200 ℃;检测器电压 1 kV;质量扫描[质荷比( $m/z$ )]范围 30~500,全扫描方式。

1.3.3 数据分析 香味组分经气相色谱分离,不同组分形成各自的色谱峰,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(NIST05)检索及资料分析,再结合有关文献进行人工图谱解析,确认香味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 4 个芳香菊花品种花、叶香气成分分析

由表 1 可知,采用 HS - SPME(顶空固相微萃取)/GC - MS 对 4 个芳香菊花品种花、叶的香气成分进行检测,共检测出 132 种香气成分,主要包括醇类、烯类、酯类、酮类、醛类、芳香烃类等。不同品种芳香菊花的香气成分存在显著差异。北国之春品种共检测到 90 种化学成分,花中检测出 68 种,相对含量占花总香气成分的 90.58%,叶片中检测出 60 种,相对含量占叶片总香气成分的 83.41%。北国之春的香气组分中,烯类化合物相对含量所占比例最高,达到 31.19%,是主要的香气成分;其次是醇类化合物,占 27.76%。其中相对含量较高的有桉叶油醇(19.08%)、菊酮(13.69%)、 $\alpha$ -蒎烯(5.77%)、乙酸桃金娘烯醇酯(5.59%)、樟脑(5.43%)、 $\beta$ -月桂烯(4.37%);异戊酸叶醇酯、正戊酸叶醇酯、柠檬醛、顺式-3-己烯醇甲酸酯、3-辛酮在其他 3 个品种中均未检测到,是北国之春花的特有香气成分。北国之春的叶片香气组分中相对含量占比较高的化学成分有(-)- $\alpha$ -萜荜澄茄油烯(24.80%)、石竹烯(12.30%)、 $\alpha$ -金合欢烯(6.41%)、菊酮(4.76%)、(E)- $\beta$ -罗勒烯(3.93%)、 $\gamma$ -衣兰油烯(3.61%)。

红珍珠品种共检测出 84 种香气成分,花中有 62 种香气成分,相对含量占花总香气成分的 90.55%,叶片中有 53 种香气成分,相对含量占叶片总香气成分的 76.40%。在红珍珠花中,烯类、醇类和酮类化合物是其主要香气成分,相对含量各占 30.55%、19.71%、23.65%。相对含量较高的有菊酮(18.75%)、桉叶油醇(15.90%)、 $\alpha$ -水芹烯(9.77%)、水芹烯(7.96%)、邻异丙基甲苯(7.24%)。香茅烯、桉脑、反-水合桉烯、3-壬酮、

表 1 4 个菊花品种花、叶香气成分

| 序号 | 保留时间<br>(min) | 化合物名称                          | 相对含量(%) |      |      |      |      |      |      |      |
|----|---------------|--------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
|    |               |                                | 北国之春    |      | 红珍珠  |      | 抗热粉  |      | 名留千秋 |      |
|    |               |                                | 花       | 叶    | 花    | 叶    | 花    | 叶    | 花    | 叶    |
| 1  | 1.57          | 乙醇                             | 0.40    | —    | 0.22 | 0.61 | 0.10 | 0.12 | 0.09 | 0.41 |
| 2  | 3.84          | 异戊醇                            | —       | 0.02 | —    | 0.30 | —    | 0.10 | —    | 0.03 |
| 3  | 3.88          | 2-甲基丁醇                         | —       | —    | 0.02 | 0.21 | —    | 0.06 | —    | 0.03 |
| 4  | 4.40          | 甲苯                             | 0.12    | —    | 0.39 | —    | 0.16 | —    | 0.12 | 0.04 |
| 5  | 4.96          | 1-辛烯                           | —       | 0.01 | 0.68 | —    | 0.47 | —    | 0.38 | 0.31 |
| 6  | 5.19          | 顺-3-己烯醛                        | —       | 0.02 | —    | —    | —    | —    | —    | 0.13 |
| 7  | 5.20          | 己醛                             | 0.04    | 0.04 | —    | 0.14 | —    | 0.1  | —    | —    |
| 8  | 6.20          | 4-甲基-1-戊醇                      | —       | —    | 0.03 | —    | —    | —    | —    | —    |
| 9  | 6.36          | 3,3-二甲基丙烯酸甲酯                   | —       | —    | 0.08 | —    | —    | —    | —    | —    |
| 10 | 6.62          | 青叶醛                            | 0.65    | 0.40 | —    | 1.55 | —    | 1.80 | 0.03 | 0.21 |
| 11 | 6.49          | 四基环戊二烯                         | 0.05    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    |
| 12 | 6.66          | 顺-2-癸烯                         | —       | —    | —    | —    | 0.13 | —    | —    | —    |
| 13 | 6.68          | 顺式-3-己烯醇甲酸酯                    | 0.39    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    |
| 14 | 6.69          | 叶醇                             | —       | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 5.78 |
| 15 | 6.71          | 4-己烯-1-醇                       | —       | 0.97 | —    | 1.62 | —    | 1.95 | 0.06 | —    |
| 16 | 6.98          | 2-己烯醇                          | 1.19    | 0.2  | 0.02 | 0.56 | —    | 0.83 | —    | 0.20 |
| 17 | 7.09          | 正己醇                            | 0.69    | 0.89 | 0.05 | 3.15 | —    | 1.66 | 0.04 | 1.56 |
| 18 | 7.37          | 2-甲基丁基乙酸酯                      | —       | —    | 0.03 | —    | —    | —    | —    | —    |
| 19 | 7.72          | 香茅烯                            | —       | —    | 0.13 | —    | —    | —    | —    | —    |
| 20 | 8.05          | 薰衣草三烯                          | 0.08    | —    | 0.03 | —    | —    | —    | —    | —    |
| 21 | 8.79          | 2-甲基-5-(1-甲基乙基)-双环[3.1.0]-2-己烯 | 0.18    | 0.01 | 1.26 | 0.11 | 0.28 | 0.31 | 0.14 | 0.03 |
| 22 | 9.02          | α-蒎烯                           | 5.77    | 0.25 | 1.59 | 1.97 | 1.38 | 0.06 | 2.28 | 1.74 |
| 23 | 9.54          | 蒎烯                             | 1.48    | 0.11 | 0.45 | 0.08 | 1.52 | 0.06 | 1.40 | —    |
| 24 | 9.67          | 马鞭草烯醇                          | 0.07    | —    | 0.03 | —    | —    | —    | —    | —    |
| 25 | 10.28         | 水芹烯                            | 3.17    | 0.42 | 7.96 | 2.62 | 4.61 | 0.24 | 4.59 | 5.75 |
| 26 | 10.42         | β-蒎烯                           | 0.43    | 0.05 | —    | 0.07 | 0.18 | —    | 0.97 | 4.42 |
| 27 | 10.54         | 蘑菇醇                            | 0.21    | 0.49 | 0.03 | 0.49 | 0.21 | 0.36 | 0.04 | 0.29 |
| 28 | 10.68         | 甲基庚烯酮                          | —       | —    | 0.56 | —    | 0.64 | —    | 0.18 | —    |
| 29 | 10.69         | 3-辛酮                           | 0.17    | 0.14 | —    | 0.13 | —    | 0.07 | —    | 0.21 |
| 30 | 10.82         | β-月桂烯                          | 4.37    | 4.07 | 1.57 | 0.19 | 2.56 | 2.87 | 4.06 | 3.51 |
| 31 | 10.96         | 6-甲基-5-庚烯-2-醇                  | 0.11    | —    | 0.17 | —    | 0.23 | —    | 0.18 | —    |
| 32 | 10.97         | 1,3,5-三甲苯                      | —       | 0.09 | —    | 0.13 | —    | 0.05 | —    | 0.08 |
| 33 | 11.08         | 3-辛醇                           | 0.16    | 0.15 | 0.13 | 0.1  | 0.54 | 0.09 | 0.04 | 0.27 |
| 34 | 11.23         | 乙酸叶醇酯                          | —       | 0.06 | —    | 0.78 | 0.12 | —    | —    | 4.09 |
| 35 | 11.20         | 1-苯基-2-己酮                      | —       | —    | —    | —    | 0.07 | —    | —    | —    |
| 36 | 11.24         | (3E,5E)-2,6-二甲基-1,3,5,7-辛四烯    | —       | —    | —    | —    | —    | —    | 0.04 | —    |
| 37 | 11.35         | α-水芹烯                          | 1.77    | —    | 9.77 | —    | —    | —    | 0.15 | —    |
| 38 | 11.43         | 1,3-二甲基苯乙烯                     | —       | —    | —    | —    | 0.12 | —    | —    | —    |
| 39 | 11.55         | 苯乙酸己醇酯                         | 0.16    | 0.05 | —    | 1.06 | 0.03 | 0.1  | —    | 0.82 |
| 40 | 11.66         | 异丁酸异戊酯                         | —       | —    | —    | —    | 0.08 | —    | —    | —    |
| 41 | 11.68         | 松油烯                            | 0.14    | —    | 0.37 | 0.09 | —    | 0.09 | 0.28 | 1.07 |

表 1( 续 )

| 序号 | 保留时间<br>( min ) | 化合物名称  | 相对含量( % ) |       |        |       |        |       |        |       |
|----|-----------------|--|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|    |                 |  | 北国之春      |       | 红珍珠    |       | 抗热粉    |       | 名留千秋   |       |
|    |                 |  | 花         | 叶     | 花      | 叶     | 花      | 叶     | 花      | 叶     |
| 42 | 11. 81          | 1,2,3 - 三甲苯  | —         | 0.02  | —      | 0.05  | —      | 0.05  | —      | 0.03  |
| 43 | 11. 95          | 邻异丙基甲苯   | 1. 62     | 1.06  | 7. 24  | 0. 91 | 1. 13  | 0. 34 | 0.07   | 0. 18 |
| 44 | 12. 10          | <i>d</i> - 柠檬烯   | 0. 74     | 0. 2  | 1.02   | 0. 17 | 1.86   | 0. 12 | —      | —     |
| 45 | 12. 23          | 桉叶油醇   | 19. 08    | 3. 48 | 15. 9  | 3. 47 | 11. 63 | 1. 70 | 22. 25 | 6. 25 |
| 46 | 12. 30          | ( <i>E</i> ) - $\beta$ - 罗勒烯   | 0. 74     | 3. 93 | 0.09   | 2. 92 | 2. 27  | 16. 9 | 0. 56  | 4. 13 |
| 47 | 12. 63          | 罗勒烯异构体混合物  | 0. 32     | 1. 29 | 0. 25  | 0. 70 | 1. 38  | 5. 49 | 0. 37  | 1. 35 |
| 48 | 12. 67          | 2 - 甲基丁酸丁酯   | —         | —     | —      | —     | —      | —     | 0.03   | —     |
| 49 | 12. 72          | 3 - 壬酮   | —         | —     | 0.08   | —     | —      | —     | —      | —     |
| 50 | 13. 00          | $\gamma$ - 松油烯   | 0. 6      | 0. 18 | 0. 96  | 0. 20 | 0. 91  | 0. 04 | 0. 38  | 0. 20 |
| 51 | 13. 14          | 2 - 氯庚烷  | —         | —     | —      | —     | 0.04   | —     | —      | —     |
| 52 | 13. 43          | 水合桉烯   | 2. 80     | 0. 52 | 0. 89  | 0. 5  | 0. 44  | 0. 09 | 0. 82  | 0. 34 |
| 53 | 13. 55          | 2 - 乙基对二甲苯   | —         | —     | —      | 0. 20 | —      | 0. 08 | —      | —     |
| 54 | 13. 85          | 2 - 萆烯   | —         | —     | 0. 21  | —     | 0. 08  | —     | —      | —     |
| 55 | 13. 86          | ( + ) - 4 - 萆烯   | 0.03      | 0.09  | —      | —     | —      | 4. 4  | 0. 64  | 6. 73 |
| 56 | 13. 92          | $\alpha$ , $\alpha$ - 5 - 三甲基 - 5 - 乙烯基四氢化<br>呋喃 - 2 - 甲醇                                      | —         | —     | —      | —     | —      | —     | 0.05   | —     |
| 57 | 13. 94          | 氧化芳樟醇  | 0.04      | —     | —      | —     | —      | —     | —      | —     |
| 58 | 14. 02          | 1,3 - 二甲基苯乙烯   | 0. 18     | —     | 0. 19  | —     | 0. 34  | —     | —      | —     |
| 59 | 14. 05          | 2,4 - 二甲基苯乙烯   | —         | 0.03  | —      | —     | —      | 0.04  | —      | 0.04  |
| 60 | 14. 38          | 反 - 水合桉烯   | —         | —     | 0. 95  | —     | —      | —     | —      | —     |
| 61 | 14. 40          | 2 - 甲基 - 5 - 异丙基 - 二环[ 3. 1. 0 ] 己烷 - 2 - 醇  | —         | —     | —      | —     | —      | —     | 1.06   | —     |
| 62 | 14. 42          | 2 - 甲基 - 丁酸 - 2 - 甲基丁酯   | —         | —     | —      | —     | 0. 65  | —     | —      | —     |
| 63 | 14. 50          | 壬醛   | —         | 0.04  | —      | 0.06  | —      | 0.03  | —      | —     |
| 64 | 14. 56          | 2,6,6 - 三甲基 - 2,4 - 环庚二烯 - 1 - 酮   | —         | —     | —      | —     | —      | —     | 0. 16  | —     |
| 65 | 14. 75          | 3 - 亚甲基 - 1,1 - 二甲基 - 2 - 乙烯基环己烷   | —         | 0.07  | —      | 0. 47 | —      | —     | 0. 08  | —     |
| 66 | 14. 84          | 2,4,6 - 三甲基 - 3 - 环己烯 - 1 - 甲醛   | 3. 5      | —     | —      | —     | 8. 86  | —     | 3.06   | —     |
| 67 | 14. 92          | 1,2,3,4 - 四甲基苯   | —         | 0.04  | —      | 0. 44 | —      | 0. 12 | —      | 0. 08 |
| 68 | 15. 15          | 菊酮   | 13. 69    | 4. 76 | 18. 75 | 3. 65 | 0. 23  | 2. 27 | 11. 9  | 4. 89 |
| 69 | 15. 48          | 1,3,3 - 三甲基环己烷 - 1 - 烯 - 4 - 甲醛  | 0.05      | —     | —      | —     | 0.09   | —     | —      | —     |
| 70 | 15. 64          | 反式 - 松香芹醇  | 0. 69     | —     | —      | —     | —      | —     | 0. 51  | —     |
| 71 | 15. 84          | 樟脑   | 5. 43     | 0. 5  | 4. 12  | 0. 58 | 6. 22  | 0. 52 | 10. 02 | 1. 35 |
| 72 | 16. 04          | 脱氢芳樟醇  | 0. 19     | —     | 0. 09  | —     | 0. 09  | —     | 0. 31  | —     |
| 73 | 16. 28          | ( <i>S</i> ) - 顺马鞭草烯醇  | 1. 81     | 0. 18 | 1. 97  | 0. 15 | 1. 48  | —     | 1. 81  | —     |
| 74 | 16. 51          | $\alpha$ - 松油醇   | 0. 26     | 0.06  | —      | —     | 0. 12  | —     | 0. 26  | 0. 06 |
| 75 | 16. 58          | 龙脑   | 0. 98     | 0. 14 | 0. 06  | —     | 0. 81  | 0. 12 | 1. 47  | 0. 15 |
| 76 | 16. 69          | 3 - ( 3,4 - 二氯苯基 ) - 1 - 甲氧基 - 1 - 甲<br>基脲 - 2,6 - 二硝基 - <i>N,N</i> - 二丙基 -<br>4 - ( 三氟甲基 ) 苯胺 | 0. 18     | —     | 0.02   | —     | —      | —     | 0.06   | —     |
| 77 | 16. 81          | 4 - 萆烯醇  | 0. 24     | 0.05  | 0. 77  | 0. 2  | 0. 06  | —     | 0. 51  | 0. 13 |
| 78 | 17. 01          | 正戊酸己酯  | —         | —     | —      | —     | —      | —     | 0.05   | —     |
| 79 | 17. 05          | 右旋香芹酮  | 0. 23     | —     | 0. 10  | —     | 0. 10  | —     | 0. 15  | —     |
| 80 | 17. 14          | 桃金娘烯醇  | 0. 10     | —     | —      | —     | —      | —     | 0. 12  | —     |
| 81 | 17. 25          | 松油醇  | 1. 47     | 0. 31 | 0. 22  | 0. 13 | 0. 71  | 0. 04 | 1. 21  | 0. 08 |
| 82 | 17. 32          | 异戊酸己酯  | 0. 18     | —     | 0. 23  | —     | 0. 17  | —     | 0. 12  | —     |

表 1( 续 )

| 序号  | 保留时间<br>( min ) | 化合物名称  | 相对含量( % ) |      |      |       |       |       |      |      |
|-----|-----------------|--|-----------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
|     |                 |  | 北国之春      |      | 红珍珠  |       | 抗热粉   |       | 名留千秋 |      |
|     |                 |  | 花         | 叶    | 花    | 叶     | 花     | 叶     | 花    | 叶    |
| 83  | 17.40           | 异戊酸叶醇酯   | 0.17      | —    | —    | —     | —     | —     | —    | —    |
| 84  | 17.44           | 2 - 甲基 - 5 - ( 1 - 甲基己烯基 ) - 2 - 环己烯<br>1 - 醇丙酸酯                 | —         | —    | —    | —     | 0.03  | —     | —    | —    |
| 85  | 17.52           | 甲基丁酸己酯   | 0.28      | —    | 0.15 | —     | 0.06  | —     | 0.05 | —    |
| 86  | 17.60           | 马鞭草烯酮  | —         | —    | —    | —     | —     | —     | 0.04 | —    |
| 87  | 17.59           | 4,6,6 - 三甲基二环 <sup>[3.1.1]</sup> 庚 - 3 - 烯 - 2 - 酮               | —         | —    | 0.04 | —     | —     | —     | —    | —    |
| 88  | 17.80           | ( E ) - ( 3,3 - 二甲基环己亚基 ) - 乙醛                                   | 0.07      | —    | 0.21 | —     | 0.08  | —     | 0.14 | —    |
| 89  | 18.25           | 乙酸桃金娘烯醇酯   | 5.59      | 0.10 | 7.78 | 0.32  | 19.87 | 3.54  | 2.82 | 0.17 |
| 90  | 18.36           | Z - 3 - 甲基丁酸 - 3 - 己烯酯   | —         | —    | —    | —     | —     | —     | 0.05 | —    |
| 91  | 18.64           | 正戊酸叶醇酯   | 0.11      | —    | —    | —     | —     | —     | —    | —    |
| 92  | 19.38           | 2 - 甲基 - 5 - ( 1 - 甲基己烯基 ) - 2 - 环己烯<br>1 - 醇丙酸酯                 | —         | —    | 0.15 | —     | 0.11  | —     | —    | —    |
| 93  | 19.55           | 1 - 环乙基 - 1 - 戊炔   | —         | —    | —    | —     | —     | —     | 0.03 | —    |
| 94  | 19.75           | 反式 - 薄荷基 - 2,8 - 二烯 - 1 - 醇                                      | —         | —    | —    | —     | 0.13  | —     | —    | —    |
| 95  | 19.81           | 乙酸龙脑酯  | 0.35      | —    | 0.22 | —     | 0.65  | —     | 0.41 | —    |
| 96  | 20.60           | 乙酸松油酯  | —         | —    | —    | —     | —     | —     | 3.98 | —    |
| 97  | 21.58           | ( + ) - 环苜蓿烯   | —         | —    | —    | —     | 0.15  | —     | —    | —    |
| 98  | 21.64           | 异丁香酚   | 0.07      | —    | —    | —     | —     | —     | 0.04 | —    |
| 99  | 21.66           | 长叶蒎烯   | —         | —    | —    | —     | 0.03  | —     | —    | —    |
| 100 | 22.19           | 衣兰烯  | —         | 0.11 | —    | 0.28  | —     | 0.14  | —    | 0.03 |
| 101 | 22.33           | $\alpha$ - 蒎烯  | 0.05      | 1.20 | —    | 0.9   | 2.78  | 0.72  | 0.08 | 0.31 |
| 102 | 22.49           | $\beta$ - 榄香烯  | —         | 0.15 | —    | 1.48  | 6.37  | 2.21  | 0.13 | 0.77 |
| 103 | 22.60           | 长叶烯  | —         | —    | —    | —     | 0.04  | —     | —    | —    |
| 104 | 22.69           | $\alpha$ - 布黎烯   | 0.24      | —    | —    | —     | 0.04  | —     | 0.15 | —    |
| 105 | 23.52           | 石竹烯  | 1.84      | 12.3 | 0.41 | 9.29  | 2     | 4.87  | 2.63 | 0.04 |
| 106 | 23.66           | 柠檬腈  | 0.09      | —    | —    | —     | —     | —     | —    | 0.16 |
| 107 | 23.90           | 双环倍半水芹烯  | —         | 1.63 | —    | 0.58  | —     | 1.69  | —    | 0.10 |
| 108 | 24.03           | ( + ) - 香橙烯  | —         | 0.15 | 0.03 | —     | 0.25  | 0.09  | —    | —    |
| 109 | 24.30           | ( E ) - $\beta$ - 金合欢烯   | 2.28      | 1.46 | 0.72 | 0.68  | 1.56  | 0.34  | 5.63 | 6.00 |
| 110 | 24.43           | ( Z,Z,Z ) - 1,5,9,9 四 - 甲基 - 1,4,7 -<br>环 - 十一 ( 三 ) 烯           | —         | —    | 0.02 | —     | —     | —     | 0.03 | —    |
| 111 | 24.44           | $\alpha$ - 律草烯   | 0.1       | 0.99 | —    | —     | 0.21  | 0.41  | 0.1  | 0.31 |
| 112 | 24.62           | 四 ( 三甲基硅氧基 ) 硅烷  | 0.1       | —    | —    | —     | —     | —     | —    | —    |
| 113 | 24.70           | $\alpha$ - 柏木烯   | —         | —    | —    | —     | 0.14  | —     | —    | —    |
| 114 | 24.97           | $\gamma$ - 衣兰油烯  | —         | 3.61 | 0.03 | 1.81  | 1.41  | 1.69  | 0.10 | 0.86 |
| 115 | 25.09           | ( - ) - $\alpha$ - 葎澄茄油烯   | 0.93      | 24.8 | 0.27 | 21.61 | 0.92  | 22.98 | 2.35 | 12.4 |
| 116 | 25.19           | 2,4A,5,6,7,8,9,9a - 八氢 - 3,5,5 - 三甲<br>基 - 9 - 亚甲基 - 1H - 苯丙环三庚烯 | —         | 0.06 | 0.46 | 0.1   | 0.46  | 0.1   | —    | 0.06 |
| 117 | 25.25           | $\alpha$ - 顺 - 香柠檬   | 0.91      | 0.14 | —    | 3.78  | —     | 1.9   | 0.17 | 2.74 |
| 118 | 25.29           | $\beta$ - 瑟林烯  | —         | —    | 0.13 | —     | 1.06  | —     | —    | —    |
| 119 | 25.31           | 十七烯  | —         | —    | —    | —     | —     | —     | 0.06 | —    |
| 120 | 25.38           | 1,3 - 环己二烯 ( 1,5 - 二甲基 - 4 - 己烯基 ) -<br>2 - 甲基                   | 0.09      | —    | 0.04 | —     | —     | —     | 0.08 | —    |
| 121 | 25.49           | 榄 [ 香 ] 烯  | —         | 3.41 | —    | 1.48  | —     | 2.21  | 0.13 | 0.77 |
| 122 | 25.64           | $\alpha$ - 金合欢烯  | —         | 6.41 | —    | 2.17  | —     | 1.32  | 0.61 | 3.77 |

表 1(续)

| 序号  | 保留时间<br>(min) | 化合物名称                               | 相对含量(%) |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|---------------|-------------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |               |                                     | 北国之春    |       | 红珍珠   |       | 抗热粉   |       | 名留千秋  |       |
|     |               |                                     | 花       | 叶     | 花     | 叶     | 花     | 叶     | 花     | 叶     |
| 123 | 25.71         | 1-甲基-4-(1-亚甲基-5-甲基-4-己烯基)环己烯        | 0.25    | 0.14  | 0.06  | —     | —     | 0.15  | 0.14  | 0.10  |
| 124 | 26.05         | $\alpha$ -人参烯                       | —       | —     | —     | —     | 0.05  | —     | —     | —     |
| 125 | 26.14         | $\beta$ -倍半水芹烯                      | —       | 0.65  | 0.09  | 0.91  | 0.13  | —     | 0.15  | 0.29  |
| 126 | 26.47         | $\alpha$ -衣兰油烯                      | —       | 0.45  | —     | 0.25  | —     | 0.21  | —     | 0.11  |
| 127 | 27.53         | 蒿酮                                  | —       | 0.07  | —     | —     | 0.04  | —     | —     | 0.15  |
| 128 | 27.58         | 绿花白千层醇                              | 0.07    | —     | —     | —     | 0.17  | —     | —     | —     |
| 129 | 27.61         | 石竹素                                 | —       | 0.19  | —     | —     | —     | —     | 0.07  | —     |
| 130 | 28.87         | 异香橙烯环氧化物                            | —       | —     | —     | —     | —     | —     | 0.05  | —     |
| 131 | 29.00         | 4-亚甲基-1-甲基-2-(2-甲基-1-丙烯基)-1-乙烯基-环庚烷 | 0.04    | —     | —     | —     | 0.19  | 0.05  | —     | —     |
| 132 | 29.51         | 樟脑                                  | —       | —     | 0.06  | —     | —     | —     | —     | —     |
| 总和  |               |                                     | 90.58   | 83.41 | 90.55 | 76.40 | 92.03 | 87.89 | 93.32 | 86.11 |

注:—表示未检测到或不存在。

2-甲基丁基乙酸酯、4-甲基-1-戊醇、3,3-乙甲基丙烯酸甲酯、4,6,6-三甲基二环[3.1.1]庚-3-烯-2-酮在其他3个芳香菊花品种中均未检测到,是红珍珠花的特征香气成分。在红珍珠叶片香气组分中,(-)- $\alpha$ -萜澄茄油烯、石竹烯、 $\alpha$ -顺-香柠檬、菊酮、桉叶油醇、正己醇是相对含量较高的香气成分,占比分别为21.61%、9.29%、3.78%、3.65%、3.47%、3.15%。

抗热粉品种共检测到92种化学成分,其中花有69种香气成分,叶片有54种香气成分,相对含量分别占花、叶总香气成分的92.03%、87.89%。在抗热粉花中,烯类和酯类化合物是主要香气成分,相对含量各占36.57%和21.77%。相对含量较多的有乙酸桃金娘烯醇酯(19.87%)、桉叶油醇(11.63%)、2,4,6-三甲基-3-环己烯-1-甲醛(8.86%)、 $\beta$ -榄香烯(6.37%)、樟脑(6.22%)、水芹烯(4.61%)。顺-2-癸烯、乙酸叶醇酯、异丁酸异戊酯、 $\beta$ -异佛尔酮、(+)-环苜蓿烯、长叶蒎烯、长叶烯、 $\alpha$ -柏木烯在其他3个品种中均未检测到,是抗热粉花的特有香气成分。在抗热粉叶片香气组分中,相对含量占比较高的香气成分有(-)- $\alpha$ -萜澄茄油烯(22.98%)、(E)- $\beta$ -罗勒烯(16.90%)、石竹烯(4.87%)、(+)-4-萹烯(4.4%)、乙酸桃金娘烯醇酯(3.54%)、 $\beta$ -月桂烯(2.87%)、 $\beta$ -榄香烯(2.21%)。

名流千秋品种共检测出91种香气成分,其中花

有73种香气成分,叶片有57种香气成分,相对含量分别占花、叶总香气成分的93.32%、86.11%。名留千秋花中的化学物质主要是烯类、醇类和酯类化合物,相对含量各占49.42%、30.01%、7.51%。相对含量较高的有桉叶油醇(22.25%)、菊酮(11.90%)、樟脑(10.02%)、(E)- $\beta$ -金合欢烯(5.63%)、乙酸松油酯(3.98%)。4-己烯-1-醇、2-甲基丁酸丁酯、正戊酸己酯、马鞭草烯酮、乙酸松油酯、十七烯、榄[香]烯、 $\alpha$ -金合欢烯、石竹素在其他品种中均未检测到,是名流千秋花的特有香气成分。在名流千秋叶片香气组分中,(-)- $\alpha$ -萜澄茄油烯(12.40%)、(+)-4-萹烯(6.73%)、桉叶油醇(6.25%)、(E)- $\beta$ -金合欢烯(6.00%)、叶醇(5.78%)、水芹烯(5.75%)、 $\beta$ -蒎烯(4.42%)、乙酸叶醇酯(4.09%)是相对含量占比较高的香气成分。

同一组分在不同菊花品种花中的相对含量差别大,如乙酸桃金娘烯醇酯在北国之春品种的相对含量为5.59%,在红珍珠品种为7.78%,在抗热粉品种可达19.87%,约是北国之春中的3倍,而在名流千秋中仅为2.82%;菊酮在4个品种花中的相对含量分别为13.69%、18.75%、0.23%、11.9%,品种之间相对含量相差达10倍以上;石竹烯在4个品种花中的相对含量分别为1.84%、0.41%、2.00%、2.63%。4个品种花、叶共有化学成分21种,主要包括菊酮、樟脑、乙酸桃金娘烯醇酯、石竹烯、桉叶

油醇、 $\beta$ -月桂烯、水芹烯、 $\alpha$ -蒎烯、(*E*)- $\beta$ -金合欢烯等,该结果与文献[19]中报道的香气基本成分一致。其中,石竹烯具有辛香、木香香气, (*E*)- $\beta$ -金合欢烯有青香、花香并伴有香脂香气,桉叶油醇有樟脑气息和清凉的草药味道,樟脑具有樟脑型香气,这可能与菊花属花盛花时香气清冽、较浓并伴随刺激性有关,这也解释了为什么菊属植物挥发油具有防腐、杀菌的作用。

## 2.2 4 个芳香菊花品种花、叶香气化合物种类及相对含量分析

所测样品中共检测出 132 种香气成分,包括醇类 26 种,烯类 51 种,醛类 7 种,酯类 19 种,酮类 11 种,芳香烃 6 种,烷烃类 4 种和其他类 8 种。由图 1 可知,在 4 个品种的花、叶中,烯类和醇类化合物所占比例均较高,烯类化合物在各个品种花瓣中的相对含量在 30.55% ~ 49.42% 之间,在 4 个品种叶片中高达 51.56% ~ 69.84%;醇类化合物相对含量仅次于烯类,在 4 个品种花瓣中可达 15.84% ~ 30.01%,叶片中可达 6.94% ~ 15.24%。化合物种类及相对含量在不同品种间存在较大差异,4 个品种花的醇类化合物种类最丰富的品种为北国之春(18 种),最少为抗热粉(13 种);相对含量最高的品种为名流千秋(30.01%),最低为抗热粉(15.84%)。醇类化合物主要包括桉叶油醇、正己醇、4-己烯-1-醇、(*S*)-顺马鞭草烯醇、松油醇、蘑菇醇等,其中桉叶油醇在各个品种花、叶中相对含量占比均最高,在名流千秋和北国之春花瓣中分别达到 22.25%、19.08%,桉叶油醇具樟脑气息和刺激辛香,可抗氧化、抗炎杀菌<sup>[20]</sup>,广泛用于医药食品等行业。烯类化合物中以香脂气味的  $\beta$ -月桂烯、清凉薄荷味的水芹烯、柑橘味的 *d*-柠檬烯、橙花味道的 (*E*)- $\beta$ -罗勒烯等所占比例较大,其中 (*E*)- $\beta$ -罗勒烯是一种蜜蜂幼虫信息素组分,可以促进蜜蜂采粉,提高蜂产品产量,具有一定的科研实践价值<sup>[21]</sup>。所测样品花中酯类化合物的相对含量为 7.23% ~ 21.77%,其中以香蕉味的乙酸叶醇酯、果香味的苯乙酸己醇酯、清新草香味的乙酸桃金娘烯醇酯相对含量较高,抗热粉中的酯类化合物相对含量达到 21.77%,远高于其他品种。菊酮是所测样品中的主要酮类化合物,是野菊花挥发油的主要成分,也是一种具有菊花固有香味的成分<sup>[22]</sup>。醛类化合物可通过醇氧化形成,具有水果香味,但这类化合物不稳定,容易进一步氧化成羧酸,使其含量降

低<sup>[23]</sup>。芳香烃类、烷烃类以及其他类化合物虽相对含量较低,但对芳香菊香气形成具有重要作用<sup>[24]</sup>。

## 2.3 不同品种芳香菊香气成分比较

对 4 个芳香菊品种的花、叶香气分别进行比较。由图 2 可知,4 个品种花中共有 32 种成分,占花总香气成分的 26.7%,叶中共有成分 38 种,占叶总香气成分的 55.9%;北国之春、红珍珠、抗热粉、名流千秋花中特有香气成分分别为 9、9、15、17 种,而叶片中的特有香气成分仅为 1、0、1、3 种。由此可见,花较叶具有更复杂的香气成分,花是各个品种之间形成香气差异的主要部位。

## 3 讨论

研究表明,不同的香气物质对花香气的贡献不同,花的香气表现由许多挥发物共同形成,不同类型的香气可能与关键香气的种类和含量的变化有关<sup>[25]</sup>。前人对众多菊花品种及其近缘种属材料花朵香气挥发物进行系统分析发现,香气组分存在广泛的多样性<sup>[8]</sup>, $\alpha$ -蒎烯、樟脑、苧烯、桉叶油醇、 $\beta$ -石竹烯、异龙脑、马鞭草烯醇等挥发物是菊属植物的常见挥发成分,除此之外,不同品种的特有香气成分的存在不容忽视。本研究中 4 个供试品种均检测到菊酮、樟脑、乙酸桃金娘烯醇酯、石竹烯、桉叶油醇、 $\beta$ -月桂烯、水芹烯、 $\alpha$ -蒎烯、(*E*)- $\beta$ -金合欢烯,且各组分的相对含量存在差异,其中  $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -月桂烯、樟脑、石竹烯、(*E*)- $\beta$ -金合欢烯已经证实对菊花精油香气有贡献<sup>[26-29]</sup>,与菊花的香气成分测定结果<sup>[24]</sup>基本一致,而其他重要成分的差别可能与测定方法、温度和时间等有关。此外,4 个品种均检测到 1 种以上特有香气成分,这些香气成分对不同品种的香气表现的影响还有待进一步研究。已有研究表明,桂花<sup>[30-31]</sup>、山茶花<sup>[32-33]</sup>、玫瑰<sup>[34-35]</sup>等花的香气物质是醇类、酯类、醛类或萜烯类化合物等。本研究发现,4 个供试品种中烯类化合物在种类和相对含量方面均远高于其他化合物,醇类、酮类和酯类化合物次之,由此可以推断,烯类、醇类、酮类化合物是组成菊属花香气成分的关键化合物,与不同种姜花<sup>[36]</sup>、菊花不同花期<sup>[37]</sup>香气成分研究结果一致。此外,同一植株的不同部位释放的香气物质也存在差异,花瓣是花香挥发物合成及释放的主要部位<sup>[38]</sup>,神龙香菊的花、茎、叶相比,花器官释放的香气物质最丰富,香气释放量最高,茎、叶次之<sup>[17]</sup>,本研究中花的香气物质种类和含量相对丰

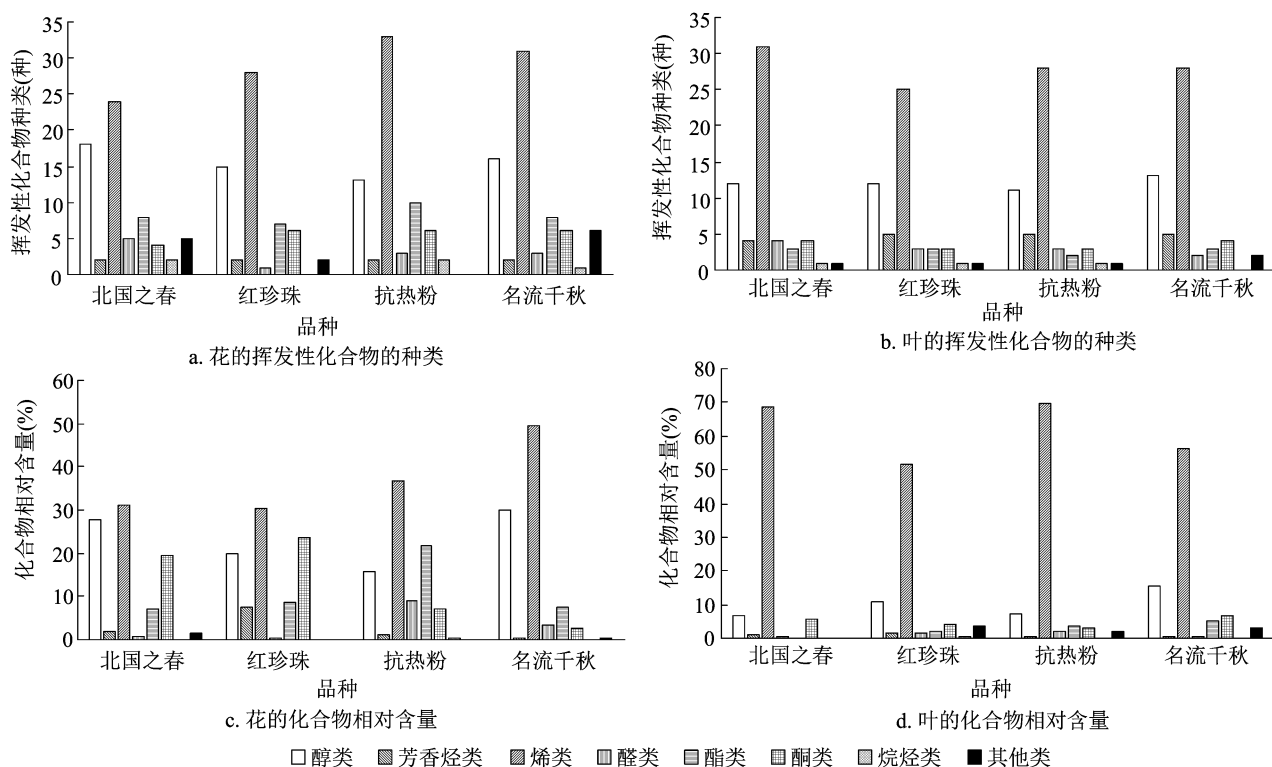


图1 4个菊花品种花、叶的香气化合物种类及相对含量

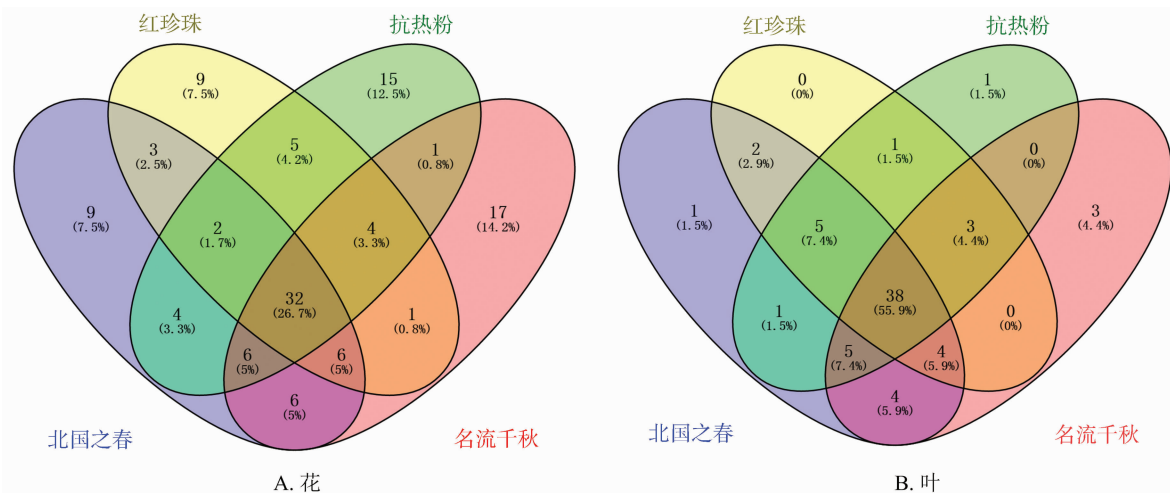


图2 4个品种菊花的花、叶香气成分比较

富, 2-甲基丁基乙酸酯、2-甲基丁酸丁酯、顺式-3-己烯醇甲酸酯、异戊酸叶醇酯、正戊酸叶醇酯等成分仅在花香气成分中检测到, 这可能与花呈现出甜香、果香味道有关, 叶香气中(-)- $\alpha$ -萜荜茇烯占有较大比例, 叶醇也仅为叶片所特有, 具有强烈的新鲜草叶的清香及新茶香。4个供试品种花比叶均具有更复杂的香气成分, 由于植物香气物质的产生与释放受到生长发育的调控, 这一结果可能与芳香植物处于花期的授粉作用有重要关系。同时, 对花香挥发性化合物合成相关酶及香气释放的细

胞学研究发现, 挥发物几乎都在花瓣和其他花器官的表皮细胞中合成<sup>[39]</sup>, 由此初步推断, 花是4个菊花品种释放香气的主要器官, 也是品种之间形成香气差异的主要部位, 表明在挥发油的开发方面花较叶具有更高的利用价值。

#### 4 结论

菊花不同品种香气组分存在广泛多样性, 采用HS-SPME/GC-MS法分析4个芳香菊品种花、叶香气成分, 共检测出132个香气成分, 包括醇类26



种、烯类 51 种、醛类 7 种、酯类 19 种、酮类 11 种、芳香烃 6 种、烷烃类 4 种和其他类 8 种,烯类、醇类、酮类化合物是组成 4 个芳香菊品种香气成分的关键化合物,但化合物种类和含量存在较大差异。4 个供试品种花比叶均具有更复杂的香气成分,且相对含量均较高,花是 4 个菊花品种释放香气的主要器官,在挥发油的开发方面花较叶具有更高的利用价值。

#### 参考文献:

- [1] Kentaro T N, Hiroshi S, Miyuki H. Inhibitory effects of chrysanthemum species extracts on formation of advanced glycation end products[J]. Food Chemistry, 2009, 116(4): 854–859.
- [2] Jiang H D, Cai J, Xu J H, et al. Endothelium – dependent and direct relaxation induced by ethyl acetate extract from *Flos chrysanthemi* in rat thoracic aorta[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2005, 101(1): 221–226.
- [3] Kim I S, Koppula S, Park P J, et al. Chrysanthemum morifolium ramat (CM) extract protects human neuroblastoma SH – SY5Y cells against MPP<sup>+</sup> – induced cytotoxicity [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2009, 126(3): 447–454.
- [4] 何 茂, 许万枫, 苏 洁, 等. 复方野菊花提取物对高脂高糖饮酒致肝旺痰阻型高血压大鼠的作用研究[J]. 中药新药与临床药理, 2019, 30(2): 156–161.
- [5] 国家药典委员会. 中国药典[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
- [6] Chen Z J, Kong S S, Song F F, et al. Pharmacokinetic study of luteolin, apigenin, chrysoeriol and diosmetin after oral administration of *Flos chrysanthemi* extract in rats[J]. Fitoterapia, 2012, 83(8): 1616–1622.
- [7] 徐 瑾. 菊花不同花期香气成分及其含量的变化[C]//中国园艺学会观赏园艺专业委员会, 国家花卉工程技术研究中心. 中国观赏园艺研究进展. 银川: 中国园艺学会, 2011: 502–508.
- [8] 王德胜, 黄艳梅, 石 岩, 等. 菊花化学成分及药理作用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(23): 9–11, 17.
- [9] 孙海楠. 菊花及近缘种属植物挥发性次生代谢物的鉴定及合成机制初步研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- [10] 黄贵凤. 滁菊精油化学成分的分离分析新技术研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2016.
- [11] 周海梅, 谢培山, 王万慧, 等. 固相微萃取 – 气相色谱 – 质谱技术应用于菊花的挥发性成分分析[J]. 中国中药杂志, 2005(13): 986–989.
- [12] 刘春丽. 杭白菊和茶叶香气化学研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [13] Hekmatsorush I, Kalkhorani N M, Rezaee M B. Phytochemical analysis of essential oil of *Tanacetum parthenium* L. with hydro – distillation and steam distillation[J]. Journal of Medicinal Plants and By – products, 2014, 3(1): 53–57.
- [14] Breme K, Tournayre P, Fernandez X. Identification of odor impact compounds of *Tagetes minuta* L. essential oil: comparison of two GC – Olfactometry methods[J]. Agric Food Chem, 2009, 57(18): 8572–8580.
- [15] 钟灵允, 曾佳恒, 刘 巧, 等. 野菊花挥发油组成分析及其抗菌活性研究[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2018, 37(4): 373–376.
- [16] 王文基. 怀菊花挥发油的提取及其在卷烟加香中的应用研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- [17] 菅 琳, 孙 明, 张启翔. 神农香菊花、茎和叶香气成分的组成分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(11): 87–92.
- [18] 孙 明, 刘 华, 张启翔, 等. 3 个地被菊品种香气成分的分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2008, 39(1): 92–95.
- [19] 潘芸芸, 冉 聪, 刘琼, 等. 四种食用菊花主要成分分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(12): 248–253.
- [20] Gondim L F, Serra D S, Ávila C. Effects of eucalyptol in respiratory system mechanics on acute lung injury after exposure to short – term cigarette smoke[J]. Respiratory Physiology & Neurobiology, 2019, 266(8): 33–38.
- [21] 张智博, 于 鹤, 郑彬悦, 等. 蜜蜂  $E - \beta$  – 罗勒烯的研究进展[J]. 中国蜂业, 2018, 69(6): 62–64.
- [22] 龍康侯, 苏镜娉, 曾隴梅. 野菊花油化学成分的研究: 第一报[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1963(4): 50–57.
- [23] Violeta I P, Elena B, Trajč e S, et al. Study of the influence of maceration time and oenological practices on the aroma profile of Vranec wines[J]. Food Chemistry, 2014, 165(15): 506–514.
- [24] 徐 瑾. 菊花香气成分及其挥发的细胞学基础研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- [25] 董 静, 钟传飞, 王桂霞, 等. 日中性草莓不同季节果实挥发性成分差异[J]. 中国农业科学, 2019, 52(13): 2309–2327.
- [26] 肖作兵, 范彬彬, 牛云蔚, 等. 基于 GC – MS/GC – O 结合 PCA 分析鉴定菊花精油特征香气成分[J]. 中国食品学报, 2017, 17(12): 287–292.
- [27] 夏新中, 肖 静, 夏庭君. 湖北五峰野菊花挥发性化学成分 GC – MS 分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(21): 132–137.
- [28] 高学玲, 贺曼曼, 岳鹏翔, 等. 黄山贡菊挥发油 GC – MS 指纹图谱研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(05): 67–70, 75.
- [29] Basta A, Milica P, Couldis M. Essential oil composition of the flowerheads of *Chrysanthemum coronarium* L. from Greece[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2007, 22(3): 197–200.
- [30] 曹 慧, 李祖光, 沈德隆. 桂花品种香气成分的 GC/MS 指纹图谱研究[J]. 园艺学报, 2009, 36(3): 391–398.
- [31] 杨秀莲, 施婷婷, 文爱林, 等. 不同桂花品种香气成分的差异分析[J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(1): 83–87.
- [32] 甘秀海, 梁志远, 王道平, 等. 3 种山茶属花香气成分的 HS – SPME/GC – MS 分析[J]. 食品科学, 2013, 34(6): 204–207.
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] 周 围, 王 波, 刘倩倩, 等. 基于电子鼻和 GC – MS 对不同品种玫瑰“活体”香气的研究[J]. 香料香精化妆品, 2017, 1(2): 1–6, 72.

寸待泽<sup>1</sup>, 普金安<sup>2</sup>, 高俊燕<sup>1</sup>, 等. 云南冰糖橙果皮和果肉矿质元素含量与果实品质的关系[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(24): 207–214.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.24.040

# 云南冰糖橙果皮和果肉矿质元素含量与果实品质的关系

寸待泽<sup>1</sup>, 普金安<sup>2</sup>, 高俊燕<sup>1</sup>, 李 晶<sup>1</sup>, 岳建强<sup>1</sup>, 杜玉霞<sup>1</sup>, 李丹萍<sup>1</sup>, 李 雪<sup>2</sup>, 陈 磊<sup>2</sup>, 周先艳<sup>1</sup>, 李进学<sup>1</sup>

(1. 云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所, 云南瑞丽 678600; 2. 云南省新平县经济作物工作站, 云南新平 653400)

**摘要:**为了探讨云南玉溪冰糖橙主产区不同果园果实营养状况与果实品质指标的关联性, 对玉溪新平 4 个冰糖橙较集中乡镇的 17 个果园的冰糖橙果皮和果肉的矿质营养元素、单果质量、果形指数、可食率、可滴定性酸含量、可溶性固形物含量和固酸比进行测定分析。结果表明, 不同果园冰糖橙的果实品质存在不同程度的变异, 其中以固酸比的变异系数最大, 为 37.29%, 可滴定性酸含量和单果质量次之, 果形指数的变异系数最小, 为 3.84%。不同果园冰糖橙果皮和果肉中的矿质元素含量均存在差异, 各元素含量变异系数最大的均为 Mn, 最小的为 N。果皮和果肉矿质元素含量均相互影响, 都存在一定的相关性。果皮及果肉 N 和 K 含量与可滴定性酸含量呈极显著 ( $P < 0.01$ ) 正相关, 与固酸比、可食率和可溶性固形物含量呈显著 ( $P < 0.05$ ) 或极显著 ( $P < 0.01$ ) 负相关; P 含量与可滴定性酸含量呈显著 ( $P < 0.05$ ) 或极显著 ( $P < 0.01$ ) 正相关, 与可食率呈显著 ( $P < 0.05$ ) 或极显著 ( $P < 0.01$ ) 负相关; Ca 和 Mg 含量与固酸比和可溶性固形物含量呈极显著 ( $P < 0.01$ ) 正相关, 与可滴定性酸含量呈极显著 ( $P < 0.01$ ) 负相关; Zn 含量与固酸比、可食率和可溶性固形物含量呈显著 ( $P < 0.05$ ) 或极显著 ( $P < 0.01$ ) 正相关, 与可滴定性酸含量呈极显著 ( $P < 0.01$ ) 负相关; Fe 和 Cu 含量与果实可食率呈显著 ( $P < 0.05$ ) 或极显著 ( $P < 0.01$ ) 负相关。此外, 果皮中的 Fe 含量与可滴定性酸含量呈极显著 ( $P < 0.01$ ) 正相关, 与固酸比和可溶性固形物含量呈极显著 ( $P < 0.01$ ) 负相关; 果肉中的 Mn 与单果质量和横径呈显著 ( $P < 0.05$ ) 负相关。果肉中 N、P、K 和 Mg 元素含量显著 ( $P < 0.05$ ) 高于果皮, Ca 和 Mn 元素含量显著 ( $P < 0.05$ ) 低于果皮, 而果肉和果皮中 Fe、Zn 和 Cu 元素含量之间不存在显著差异性。对果皮和果肉矿质元素含量与果实品质关系进行研究, 结果为云南冰糖橙平衡施肥、优质果品的生产提供科学依据。

**关键词:**冰糖橙; 果皮; 果肉; 矿质营养元素; 果实品质; 相关性分析

**中图分类号:** S666.401 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)24-0207-08

果实品质不仅影响果实的价格, 也影响市场的竞争力。矿质元素对果实品质起着无可替代的作

用, 无论是大量元素还是微量元素的过多或过少甚至缺失都会影响其品质<sup>[1-2]</sup>。大量研究表明, 果实中的矿质营养含量受栽培管理技术、果树品种、土壤质地、果树和砧木种类等多种因素影响, 而果实中矿质元素含量不仅反映了果园肥力水平、土壤的营养状况、吸收利用效率, 同时与果实的生理病害和品质特性密切相关<sup>[3-7]</sup>。细分果实各部分, 研究果皮和果肉矿质营养与果实品质的关系, 更能直接反映果实矿质营养与品质形成的规律, 指导果树的合理施肥、平衡施肥。云南冰糖橙种植面积不断扩大, 目前达 6 700 hm<sup>2</sup> 左右, 是我国冰糖橙主栽产地之一<sup>[7-8]</sup>。目前, 对于云南冰糖橙矿质营养与果实

收稿日期: 2019-12-12

基金项目: 云南省科技厅省技术创新人才培养对象资助项目 (编号: 2017HB130); 新平柑橘树体养分监测与新品种养分评价体系建设; 中国工程院院地合作项目 (编号: 2019YNZH2); 现代农业 (柑橘) 产业技术体系柠檬综合试验站建设专项 (编号: CARS-27)。

作者简介: 寸待泽 (1986—), 男, 云南盈江人, 研究实习生, 从事柑橘栽培研究。E-mail: 1298465210@qq.com。

通信作者: 周先艳, 博士研究生, 助理研究员, 从事热带果实采前与采后生理品质与代谢研究, E-mail: lyfzhouxianyan@163.com; 李进学, 博士研究生, 副研究员, 从事热带果树营养生理、花果调控栽培研究, E-mail: lijue810@163.com。

[36] 范燕萍, 王旭日, 余让才, 等. 不同种姜花香气成分分析[J]. 园艺学报, 2007, 34(1): 231–234.

[37] 徐 瑾, 李莹莹, 郑成淑, 等. 菊花不同花期及花序不同部位香气成分和挥发研究[J]. 西北植物学报, 2012, 32(4): 722–730.

[38] 向 林, 陈龙清. 花香的基因工程研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, 42(6): 2076–2084.

[39] Dudareva N, Pichersky E, Gershenzon J. Biochemistry of plant volatiles[J]. Plant Physiology, 2004, 135(4): 1893–1902.