

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201709010

引文格式: 王洁, 李辛雷, 范正琪, 等. 不同茶梅品种花朵挥发性成分研究 [J]. 广西植物, 2018, 38(7): 934-942

WANG J, LI XL, FAN ZQ, et al. Volatile components in flowers of different *Camellia sasanqua* cultivars [J]. *Guihaia*, 2018, 38(7): 934-942

不同茶梅品种花朵挥发性成分研究

王洁, 李辛雷*, 范正琪, 殷恒福, 李纪元

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要: 为了探明不同茶梅品种花朵挥发性成分的差异, 该研究采用固相微萃取和气相色谱-质谱联用技术, 分析了6个茶梅品种花朵挥发性成分及其相对含量。结果表明: ‘冬星’挥发性成分为29种, ‘小玫瑰’24种, ‘冬玫瑰’42种, ‘昭之和荣’25种, ‘新乙女’31种; 5种茶梅品种花朵挥发性成分及相对含量有较大差异, 但其主体特征成分均为苯乙酮、顺式-芳樟醇氧化物及芳樟醇; 成分分类以醛酮类和醇类为主。完全重瓣型茶梅‘富士之峰’挥发性成分为21种; 主体特征成分分别是顺式-芳樟醇氧化物、丁香醇、环己酮和十四烷; 成分分类以醇类为主, 其次为烷烃类。不同茶梅品种花朵挥发性成分化合物种类和相对含量差异较大; 雄蕊、花瓣是挥发性成分释放的主要部位。

关键词: 茶梅, 花朵, 挥发性成分, 主体特征成分, 气相色谱-质谱联用技术

中图分类号: Q946 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2018)07-0934-09

Volatile components in flowers of different *Camellia sasanqua* cultivars

WANG Jie, LI Xinlei*, FAN Zhengqi, YIN Hengfu, LI Jiyuan

(Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: This study aimed to determine the difference of the volatile components in flowers of six *Camellia sasanqua* cultivars by solid phase micro-extraction and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that there were 29 components identified in ‘Dongxing’, 24 in ‘Xiaomeigui’, 42 in ‘Dongmeigui’, 25 in ‘Zhaoh Zhi-rong’ and 31 in ‘Xinyin’. The volatile components and relative contents had greater differences among the five *C. sasanqua* cultivars, but the main characteristic volatile components of them were all acetophenone, *cis*-linaloloxide and linalool, and the main component types were alcohols, aldehydes and ketones. There were 21 components identified in ‘Fushi Zhifeng’ with formal double. The main characteristic volatile components of ‘Fushi Zhifeng’ were *cis*-linaloloxide, eugenol, cyclohexanone and tetradecane, and the main component types were alcohols, then alkanes. Analysis of volatile components showed obvious differences. These indicate that there are obvious differences of volatile com-

收稿日期: 2017-11-15

基金项目: 国家自然科学基金(31470697); 林业公益性行业科研专项项目(201504707); 浙江省科技计划项目(2013C32075) [Supported by the National Natural Science Foundation of China (31470697); Special Fund for Forest Scientific Research in the Public Welfare (201504707); Science and Technology Program of Zhejiang Province (2013C32075)].

作者简介: 王洁(1986-), 女, 山东淄博人, 硕士, 主要从事观赏植物遗传育种研究, (E-mail) wo153215@126.com。

*通信作者: 李辛雷, 博士, 副研究员, 主要从事观赏植物遗传育种与应用研究, (E-mail) lixinlei2020@163.com。

ponents kinds and their relative contents of different *C. sasanqua* cultivars; Petals and stamens are the main flower parts of volatile components releasing.

Key words: *Camellia sasanqua*, flower, volatile components, main component types, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

茶梅(*Camellia sasanqua*)为山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)植物,具有较高观赏价值(张宏达和任善湘,1998),在园林绿化上广泛应用。同时与山茶(*C. japonica*)等品种相比,茶梅品种还具有芳香类挥发性成分高等特点(徐碧玉,2007)。Matsuda et al(2010)研究认为茶梅与山茶花朵有相似的药理作用,如止血、消炎、健胃、滋补等,Sukito & Tachibana(2014)研究发现茶梅花有抗氧化、抗衰老作用,Wang et al(2016)发现茶梅的提取物有抗癌效果。因此,对茶梅挥发性成分的研究有利于开发其食品药品价值,提高其经济附加值。

目前,国内外对茶梅的研究多见于园林栽培与应用(徐碧玉,2007)、品种资源的收集、保存与评价鉴定(林田等,2012)、生理特性(Oitate et al, 2011;李璐璐等,2016)、遗传变异及病理研究(Ue-sugi & Sato,2011;Luo et al,2012)等,但关于茶梅挥发性成分分析的研究较少(徐文晖和梁倩,2012;Yamada et al,2014)。鉴于此,本研究以6个生产上大量应用的典型茶梅品种为材料,研究其花朵挥发性成分及其相对含量,明确其主体挥发性成分、含量及变异特征,以期茶梅花朵挥发性成分的进一步开发利用提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

试验材料为茶梅品种‘冬星’(单瓣型)、“小玫瑰”(半重瓣型)、“冬玫瑰”(托桂型)、“昭和之荣”(牡丹型)、“新乙女”(玫瑰重瓣型)和“富士之峰”(完全重瓣型)等盛花期花朵(花瓣完全张开,花药已发育成熟),样品采集时间为2016年12月。同种环境条件下每个处理选取5株,每株重复采样3次,采后30 min内进行挥发性物质的测定。

1.2 仪器

6890N/5975B气相色谱—质谱联用仪、HP-5MS石英毛细管柱(30 m×0.25 mm,0.25 μm)美国Agilent公司,PDMS/DVB萃取头(65 μm)美国Supelco公司。

1.3 方法

1.3.1 挥发性成分提取 将样品置于顶空样品瓶,加入0.5 μL的40 ng·μL⁻¹的癸酸乙酯作为内标物,采用固相微萃取法,40℃条件下,65 μm PDMS/DVB萃取头萃取30 min进样。

1.3.2 GC/MS条件 电离方式为电子轰击电离,电子能量为70 eV,进样口温度为250℃,柱温35℃保持2 min,以5℃·min⁻¹升至80℃,再以8℃·min⁻¹升至180℃,再以8℃·min⁻¹升至250℃;四级杆温度为150℃,离子源温度230℃,接口温度280℃;扫描质量数范围为30~500 u。

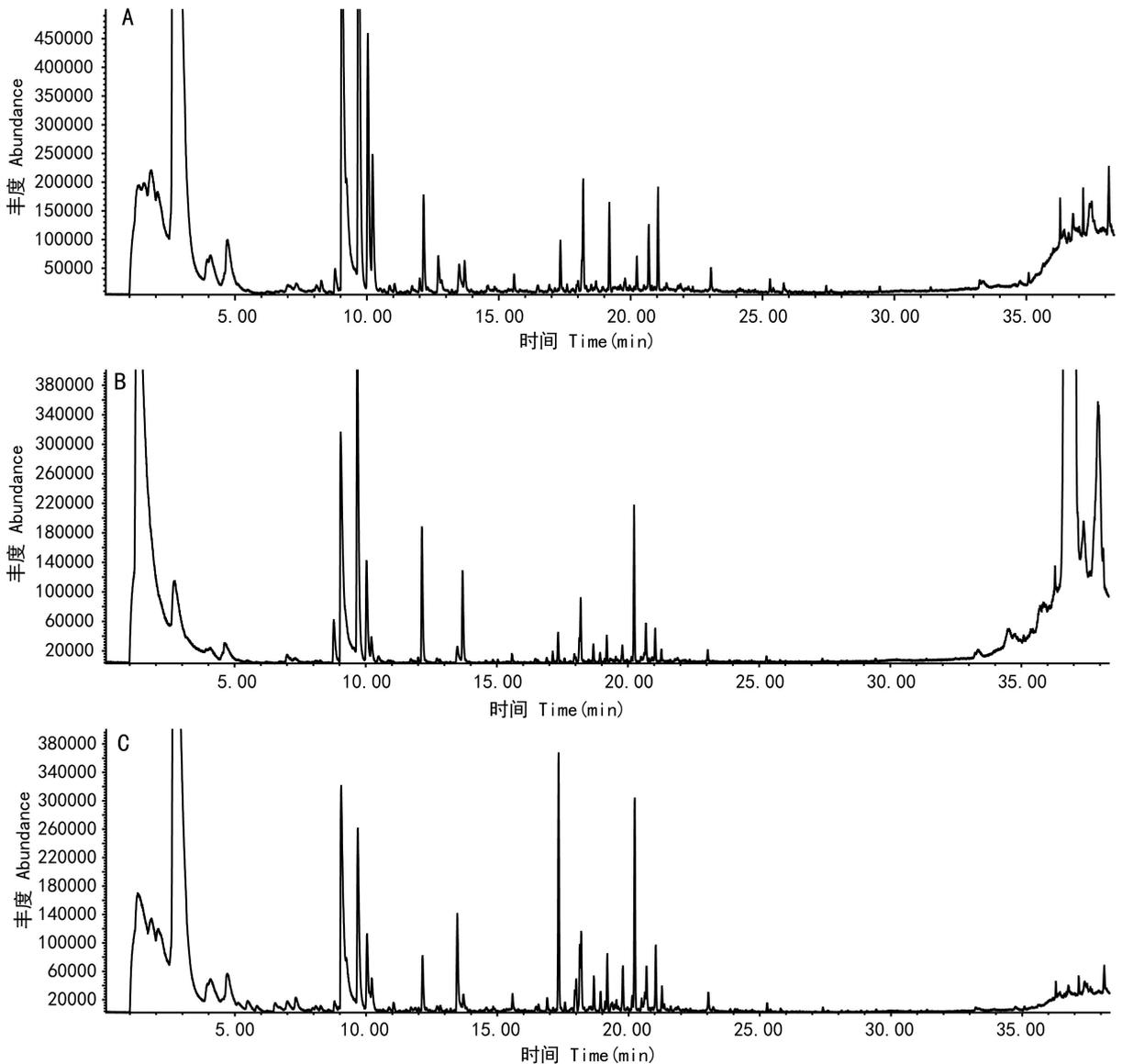
1.3.3 数据分析 根据质谱数据和GC-MS标准图谱数据库的检索结果对各成分进行鉴定;运用离子流峰面积归一化法计算各成分的相对含量。

2 结果与分析

2.1 不同茶梅品种花朵挥发性成分

GC/MS分析结果表明,茶梅‘冬星’花朵中有挥发性成分29种,‘小玫瑰’24种,‘冬玫瑰’42种,‘昭和之荣’25种,‘新乙女’31种,‘富士之峰’21种。芳香气味较浓的托桂型茶梅‘冬玫瑰’挥发性成分较其它5种茶梅更为复杂,而完全重瓣型的‘富士之峰’挥发性成分最少。图1为不同茶梅品种盛花期挥发性成分的总离子图。

表1所示为6个茶梅品种花朵中至少有1种相对含量在1%以上的主要挥发性成分化合物,从表1可以看出,每个茶梅品种挥发性成分都十分复杂,相对含量差异很大,如‘新乙女’相对含量最高的成分苯乙酮为61.54%,最低的十七烷为0.15%。



注: A. '冬星'; B. '小玫瑰'; C. '冬玫瑰'。

Note: A. 'Dongxing'; B. 'Xiaomeigui'; C. 'Dongmeigui'.

图1 不同茶梅品种花朵挥发性成分的GC/MS总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatogram of volatile components of flower in different *Camellia sasanqua* cultivars

‘冬星’‘小玫瑰’‘冬玫瑰’‘昭和之荣’和‘新乙女’等5个品种有12种相同的挥发性成分,且同种挥发性成分在5个茶梅品种中相对含量差异不同;12种挥发性成分总相对含量分别为81.6%、83.52%、73.62%、84.47%和86.89%,占到总含量的绝大部分;主要包括醛酮类1种(苯乙酮),芳樟醇类2种(顺式-芳樟醇氧化物和芳樟醇),烷烃类4种(十三烷、十四烷、十五烷和十七烷),烯类3种(酚表-二

环倍半水芹烯、2-异丙基-5-甲基-9-亚甲基-双环[4.4.0]十二-1-烯和萜澄茄油烯)和酚类2种(2,6-二叔丁基苯酚及其同分异构体2,6-二叔丁基对甲苯)。12种挥发性成分中,‘富士之峰’相同的成分有10种,其总相对含量占58.33%;其最大的差异是未检测到苯乙酮,其次是萜澄茄油烯。

2.2 不同茶梅品种花朵主体特征挥发性成分

表2所示为6个茶梅品种中至少有1种相对

表 1 不同茶梅品种花朵主要挥发性成分及其相对含量

Table 1 Main volatile components and relative contents of flower in different *Camellia sasanqua* cultivars

保留时间 Retention time (min)	化合物名称 Compound name	相对含量 Relative content (%)					
		A	B	C	D	E	F
3.957 4	乙基苯 Ethylbenzene	—	—	—	—	—	2.90
4.064 2	邻二甲苯 <i>o</i> -Xylene	—	—	—	1.14	—	3.24
4.533 1	苯乙烯 Styrene	—	—	—	—	0.22	1.10
4.639 9	环己酮 Cyclohexanone	—	3.85	—	5.95	1.23	11.05
4.723	1-Butanol, 2-ethyl- 2-乙基-1-丁醇	5.19	—	—	—	—	—
5.559 9	α -蒎烯 <i>alpha</i> -Pinene	—	—	1.14	—	0.89	—
7.002 2	2,4-Nonadienal, (E,E)-(反,反)-2,4-壬二烯醛	—	—	1.00	—	—	—
7.328 7	辛醛 Octanal	—	—	1.06	—	—	—
8.794 7	Heptane, 2,3-dimethyl- 2,3-二甲基庚烷	—	—	—	—	—	2.86
9.049 9	苯乙酮 Acetophenone	32.45	33.43	30.27	44.35	61.54	—
9.685	顺式-芳樟醇氧化物 <i>cis</i> -Linaloloxide	27.75	27.55	14.65	19.43	14.40	19.82
10.035 2	芳樟醇 Linalool	9.94	7.40	5.79	4.46	5.23	3.31
10.219 2	2H-Pyran-3(4H)-one, 6-ethenyldihydro-2,2,6-trimethyl-6-乙炔基二氢-2,2,6-三甲基-2H-吡喃-3-(4H)酮	5.57	1.90	2.32	—	1.63	2.17
12.142 2	2H-Pyran-3-ol, 6-ethenyltetrahydro-2,2,6-trimethyl-6-乙炔基四氢-2,2,6-三甲基-2H-吡喃-3-醇	—	—	—	4.57	—	—
12.154 1	环氧芳樟醇 Epoxylinolol	3.13	7.23	2.85	—	2.78	2.91
12.706 0	水杨酸甲酯 Methyl salicylate	1.71	—	—	—	—	—
13.477 7	6,7-Dimethyl-1,2,3,5,8,8a-hexahydronaphthalene 6,7-二甲基-1,2,3,5,8,8a-六氢萘	—	—	5.84	—	3.08	—
15.584 7	十三烷 Tridecane	0.45	0.43	0.74	0.39	0.17	1.97
17.157 5	丁香醇 Eugenol	—	0.46	—	0.57	—	11.15
18.006 3	β -榄香烯(-)- <i>beta</i> -Elemene	0.43	—	1.27	0.43	0.60	—
18.202 2	十四烷 Tetradecane	3.15	2.82	3.34	3.10	1.32	9.46
18.682 9	萜澄茄油烯 Cubebene	0.34	0.80	1.47	0.74	0.25	—
19.193 3	2,6-二叔丁基苯酚 Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)	1.83	1.02	2.04	1.41	0.61	4.20
19.786 9	表-二环倍半水芹烯(+) Epi-bicyclosesquiphellandrene	0.45	0.79	2.01	0.65	0.27	1.68
20.238 0	[4.4.0]十二-1-烯, 2-异丙基-5-甲基-9-亚甲基-双环 Bicyclo [4.4.0] dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-	0.73	5.92	8.33	5.28	1.11	5.05
20.689 1	十五烷 Pentadecane	1.50	1.73	2.00	2.39	1.01	5.61
21.039 2	2,6-二叔丁基对甲苯酚 Butylated Hydroxytoluene	2.16	1.39	2.62	1.93	0.83	5.79
23.045 3	十六烷 Hexadecane	0.64	—	0.91	0.90	0.41	2.29
23.870 3	α -榄香烯(+) α -Elemene	—	—	—	0.23	0.70	1.28
25.283 0	十七烷 Heptadecane	0.30	0.24	0.36	0.34	0.15	1.44

注: A. ‘冬星’; B. ‘小玫瑰’; C. ‘冬玫瑰’; D. ‘昭和之荣’; E. ‘新乙女’; F. ‘富士之峰’; “—”. 未鉴定出。下同。

Note: A. ‘Dongxing’; B. ‘Xiaomeigui’; C. ‘Dongmeigui’; D. ‘Zhaoh Zhirong’; E. ‘Xinyinv’; F. ‘Fushi Zhifeng’; “—”. Un detected. The same below.

含量在7%以上的挥发性成分化合物,从表2可以看出,8种化合物占总相对含量介于62.75%~88.66%之间,为主体特征挥发性成分。‘冬星’‘小玫瑰’‘冬玫瑰’‘昭和之荣’和‘新乙女’5个茶梅品种的主体挥发性成分大部分相同,但其相对含量差异较大;苯乙酮在5个茶梅品种中相对含量均最高,是最重要的挥发性成分,其中‘新乙女’相对含量最高,为61.54%,明显高于其他茶梅品种,而‘冬玫瑰’相对含量最低,为30.27%;顺式-芳樟醇氧化物在5种茶梅中的相对含量仅次于苯乙酮,为14.40%~27.75%;芳樟醇在5种茶梅中的相对含量也较高,除‘昭和之荣’外,均大于

5%;其它挥发性成分差异亦较大,如‘冬星’和‘冬玫瑰’中没有检测到环己酮,而其它茶梅中环己酮相对含量均大于1%;‘昭和之荣’中未检测到环氧芳樟醇,而该化合物在其它茶梅中均高于2%。

茶梅‘富士之峰’主体挥发性成分与以上5种茶梅明显不同,如苯乙酮是5种茶梅品种中相对含量最高的化合物,但在‘富士之峰’中未检测到,而‘富士之峰’相对含量最高的挥发性成分为顺式-芳樟醇氧化物;丁香醇为‘富士之峰’中相对含量仅次于顺式-芳樟醇氧化物的成分,但在其它5种茶梅中未检测到或相对含量极低(均小于1%);环己酮和十四烷在‘富士之峰’中的相对含

表2 不同茶梅品种花朵主体特征成分及其相对含量

Table 2 Main characteristic components and relative contents of flower in different *Camellia sasanqua* cultivars

化合物名称 Compound name	相对含量 Relative content (%)					
	A	B	C	D	E	F
环己酮 Cyclohexanone	—	3.85	—	5.95	1.23	11.05
苯乙酮 Acetophenone	32.45	33.43	30.27	44.35	61.54	—
顺式-芳樟醇氧化物 <i>cis</i> -Linaloloxide	27.75	27.55	14.65	19.43	14.40	19.82
芳樟醇 Linalool	9.94	7.40	5.79	4.46	5.23	3.31
环氧芳樟醇 Epoxylylinalol	3.13	7.23	2.85	—	2.78	2.91
丁香醇 Eugenol	—	0.46	—	0.57	—	11.15
十四烷 Tetradecane	3.15	2.82	3.34	3.1	1.32	9.46
2-异丙基-5-甲基-9-亚甲基-双环 [4.4.0] 十二-1-烯 Bicyclo [4.4.0]dec-1-ene, 2- <i>i</i> - sopropyl-5-methyl-9-methylene-	0.73	5.92	8.33	5.28	1.11	5.05
合计 Total	77.15	88.66	65.23	83.14	87.61	62.75

量也较高,且明显高于其它5种茶梅。

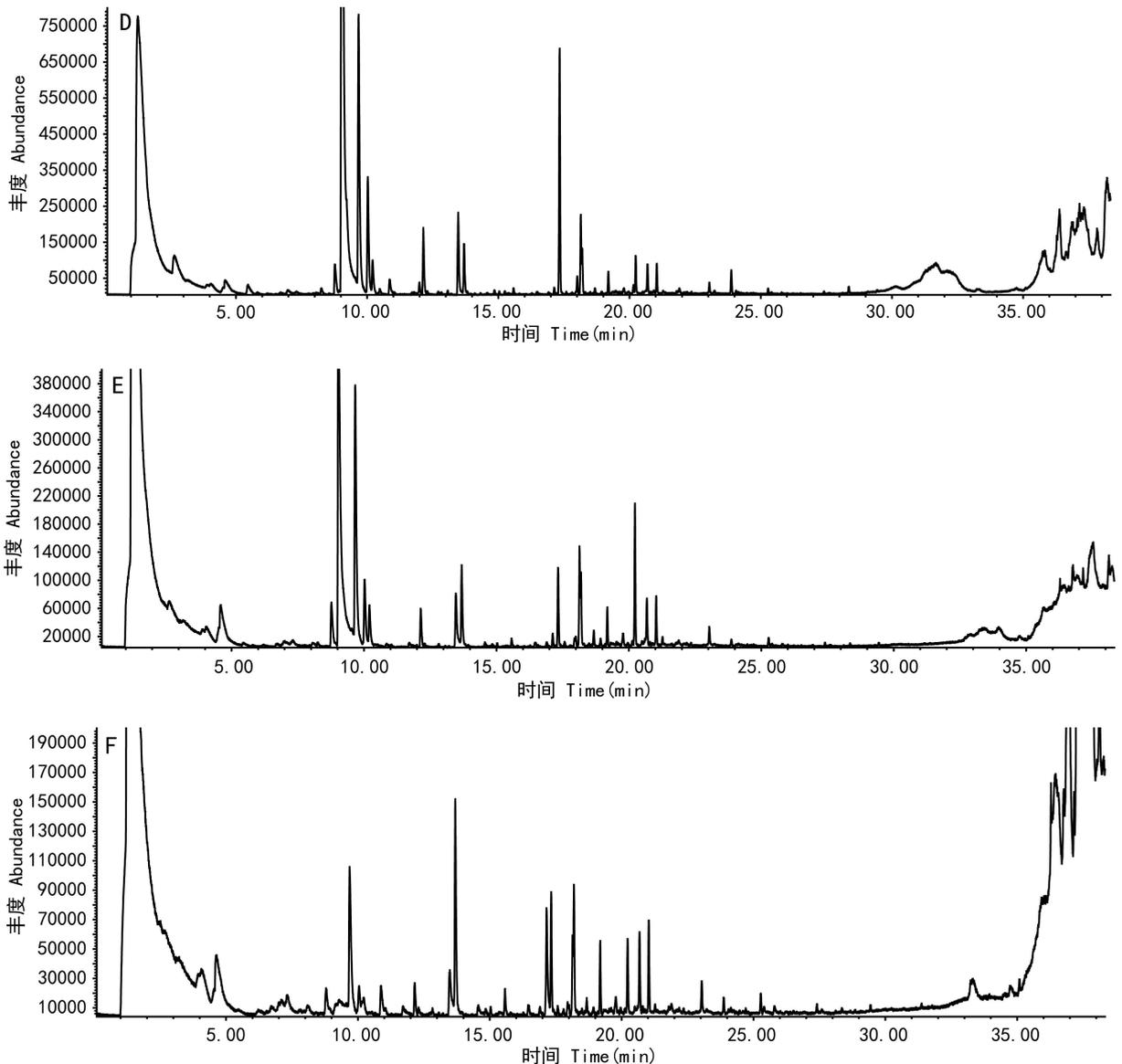
2.3 不同茶梅品种花朵挥发性成分分类

将不同茶梅品种挥发性成分归类为芳香类、烯类、醛酮类、醇类、酚类、烷烃类和酯类共7类,各类的组分及相对含量如图3所示。‘冬玫瑰’‘昭和之荣’和‘新乙女’醛酮类化合物相对含量最高,分别为35.17%、50.55%和64.4%;其次为醇类,分别占24.11%、29.03%和22.56%;‘冬玫瑰’中烯类相对含量也较高(21.4%)。‘冬星’和‘小玫瑰’中醇类相对含量最高,分别占46.4%和42.64%;其次为醛酮类,分别占38.02%和

39.46%。‘富士之峰’挥发性成分中醇类相对含量最高,达37.19%;其次是烷烃类,为23.63%,该类化合物其它茶梅中所占比例均较小;醛酮类在‘富士之峰’中相对含量仅占13.22%,但却是其它茶梅的主要成分类型。

3 讨论与结论

已有研究表明,不同植物香气成分挥发性成分存在较大的差异(Pripdeevech, 2011;王洁等, 2012),如石榴(*Punica granatum*)鲜花的主体挥发



注: D. ‘昭和之荣’; E. ‘新乙女’; F. ‘富士之峰’。

Note: D. ‘Zhaohe Zhirong’; E. ‘Xinyin’; F. ‘Fushi Zhifeng’.

图 2 不同茶梅品种花朵挥发性成分的 GC/MS 总离子流图

Fig. 2 Total ion chromatogram of volatile components of flower in different *Camellia sasanqua* cultivars

性成分为 2, 3-丁二醇和丁香酚 (Meknia et al, 2013)、梅花 (*Prunus mume*) 的主体挥发性成分为乙酸苯甲酯 (赵印泉等, 2010)、香水文心兰 (*Oncidium sharry* Baby.) 的主体特征成分为 3, 7-二甲基-1, 3, 6-辛三烯 (张莹等, 2011)。本研究中, 茶梅的主体挥发性成分与已有山茶属其他植物的研究也不完全相同 (Rawat et al, 2007; Joshi et al, 2011), 如芳樟醇是茶梅与油茶 (*Camellia oleifera*)、

山茶 (*C. japonica*) 和茶树 (*C. sinensis*) 花朵共同的重要挥发性成分 (甘秀海等, 2013); 顺式-芳樟醇氧化物在茶梅、山茶和茶树花朵中含量较高, 但油茶中未检测到 (甘秀海等, 2013; 范正琪等, 2014; 吴颖瑞等, 2016)。本研究中, ‘富士之峰’ 主体特征成分为顺式-芳樟醇氧化物, 其次为丁香醇、环己酮和十四烷, 而其余茶梅品种最重要的主体特征成分均为苯乙酮, 最后为顺式-芳樟醇氧化物和

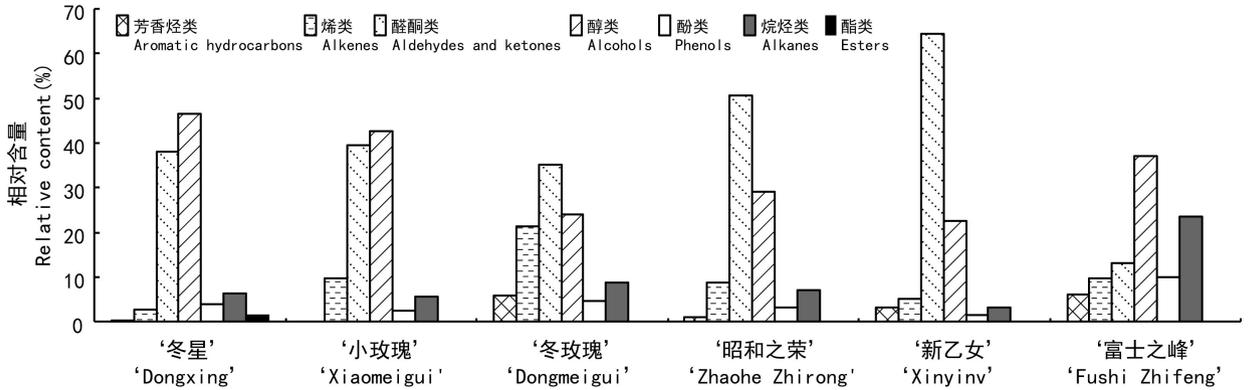


图3 不同茶梅品种花朵挥发性成分分类

Fig. 3 Classification of volatile components of flower in different *Camellia sasanqua* cultivars

芳樟醇,说明同一物种不同品种之间主体特征成分也存在基因型差异,这与已有研究一致(乜兰春等,2004)。

徐碧玉(2007)认为茶梅花朵的芳香类挥发性成分主要来自雄蕊,雄蕊发育健全的品种香味会更浓郁。本研究中,‘冬星’等5个茶梅品种除花瓣多少不同外,均具有1个雌蕊及数量不等的雄蕊,完全重瓣型品种‘富士之峰’无雌雄蕊。托桂型茶梅‘冬玫瑰’部分雄蕊瓣化,但其挥发性成分较其它茶梅复杂;牡丹型茶梅‘昭和之荣’与玫瑰重瓣型‘新乙女’多数雄蕊瓣化,但其苯乙酮含量尤其在‘新乙女’中明显高于其他茶梅品种,说明除雄蕊外花瓣也是挥发性成分释放的主要部位,且挥发性成分含量还可能与花瓣多少有关,这与已有研究相符(范正琪等,2014)。苯乙酮是‘冬星’等5个茶梅品种中相对含量最高的主体挥发性成分,但在‘富士之峰’中却未检测到该成分,说明‘富士之峰’花瓣中不含苯乙酮,具体原因有待于进一步研究。‘冬星’等5个茶梅品种挥发性成分以醛酮类和醇类为主,完全重瓣型茶梅‘富士之峰’挥发性成分除醇类外,主要为烷烃类,且该类化合物在其它茶梅品种中所占比例均较小,说明烷烃类化合物可能主要存在于茶梅品种的花瓣中,而雄蕊中可能含量较少。茶梅品种挥发性成分除存在基因型差异外,亦可能与其不同花型相关,具体原因有待于进一步研究。

在茶梅挥发性成分提取方面,已有研究多采用水蒸气蒸馏法,如徐文晖和梁倩(2012)用水蒸气蒸馏法对茶梅鲜花挥发性成分进行提取,共检测到19种主要挥发性成分。与本研究采用固相微萃取法提取相比,所检测到的主要挥发性成分明显偏少,这可能主要由于水蒸气蒸馏法处理导致很多挥发性成分损失,同时所检测的多为游离在组织细胞间的残留挥发性成分,不仅种类较少,且一些成分在受热后发生变化,难以真实代表自然挥发的花香成分。本研究采样后直接采用固相微萃取法提取挥发性成分,有效克服了水蒸气蒸馏法提取存在的问题,不仅检测到的挥发性成分种类较多,且避免了挥发性成分的变化,减少了试验误差。不同于已有关于茶梅花朵(徐文晖和梁倩,2012)和叶片(Yamada et al,2014)挥发性成分的研究,本研究首次在茶梅花朵中检测到苯乙酮,且除完全重瓣型品种‘富士之峰’外,苯乙酮在‘冬星’等5个茶梅品种中含量均较高,为其主体特征成分。

茶梅的主体挥发性成分与茶树花朵、茶叶基本一致,苯乙酮、芳樟醇及其氧化物均是其主要呈香物质(甘秀海等,2013;吴颖瑞等,2016),这为开发茶梅花茶及相关产品提供了一定的物质基础。茶梅中苯乙酮具有强烈的山楂香味和甜香,芳樟醇具有铃兰香味(曾亮等,2015),顺式-芳樟醇氧化物具有百合花或玉兰花香型(范正琪等,2006),

可提取挥发油,将其应用于香精香料等产业。茶梅主体成分中的顺式-芳樟醇氧化物有抗焦虑、抗惊厥的作用(Souto-Maior et al, 2011, 2017),芳樟醇还有助于空气负离子的释放、加快人体血液循环,有消炎镇痛、保护心血管等作用(Batista et al, 2008; Maria et al, 2016; 雷凌华等, 2017),可利用其特点进行植物合理配置,开发养生园林。

参考文献:

BATISTA PA, WERNER MFD, OLIVEIRA EC, et al, 2008. Evidence for the involvement of ionotropic glutamatergic receptors on the antinociceptive effect of (-)-linalool in mice [J]. *Neurosci Lett*, 440 (3): 299–303.

FAN ZQ, LI JY, LI XL, et al, 2014. Analysis on the aroma components of different floral organs of aromatic *Camellia* 'Kramer's supreme' based on HS-SPME/GC-MS [J]. *Bull Bot Res*, 34(1): 136–142. [范正琪, 李纪元, 李辛雷, 等, 2014. 基于 HS-SPME/GC-MS 分析山茶品种'克瑞墨大牡丹'花器官香气成分 [J]. *植物研究*, 34(1): 136–142.]

FAN ZQ, LI JY, TIAN M, et al, 2006. Preliminary studies of aromatic constituents among three species (variation) of *Camellia* [J]. *Acta Horti Sin*, 33 (3): 592–596. [范正琪, 李纪元, 田敏, 等, 2006. 三个山茶花种(品种)香气成分初探 [J]. *园艺学报*, 33 (3): 592–596.]

GAN XH, LIANG ZY, WANG DP, et al, 2013. Analysis of aroma components in flowers of three kinds of *Camellia* by HS-SPME/GC-MS [J]. *Food Sci*, 34 (6): 204–207. [甘秀海, 梁志远, 王道平, 等, 2013. 3 种山茶属花香气成分的 HS-SPME/GC-MS 分析 [J]. *食品科学*, 34 (6): 204–207.]

JOSHI R, POONA M, GULATI A, 2011. Biochemical attributes of tea flowers (*Camellia sinensis*) at different developmental stages in the Kangra region of India [J]. *Sci Hort-Amsterdam*, 130 (1): 266–274.

LEI LH, LI SH, ZENG JY, et al, 2017. Study on the volatile components in fresh leaves of *Michelia martinii* Levl. in four seasons [J]. *Plant Sci J*, 35(1): 107–114. [雷凌华, 李胜华, 曾军英, 等, 2017. 黄心夜合不同季节鲜叶挥发性成分研究 [J]. *植物科学学报*, 35(1): 107–114.]

LI LL, JIANG XQ, LIU QC, et al, 2016. Adaptability of *Camellia sasanqua* leaf morphology during natural changes in temperature [J]. *Chin J Appl Ecol*, 27(9): 2815–2822. [李璐璐, 姜新强, 刘庆超, 等, 2016. 茶梅叶片结构对自然变温的适应 [J]. *应用生态学报*, 27(9): 2815–2822.]

LIN T, LI TF, YANG H, et al, 2012. Collection, conservation, evaluation and enhancement of *Camellia sasanqua* L. germplasm resources [J]. *J Plant Gen Resour*, 13(2): 207–

211. [林田, 李天菲, 杨华, 等, 2012. 茶梅品种资源的收集保存、鉴定评价及种质创新 [J]. *植物遗传资源学报*, 13 (2): 207–211.]

LUO DQ, ZHANG L, SHI BZ, et al, 2012. Two new oxysporone derivatives from the fermentation broth of the endophytic plant fungus *Pestalotiopsis karstenii* isolated from stems of *Camellia sasanqua* [J]. *Molecules*, 17 (7): 8554–8560.

MARIA SGA, EDISON O, PATRICIA CG, 2016. Linalool reverses neuropathological and behavioral impairments in old triple transgenic Alzheimer's mice [J]. *Neuropharmacology*, 102: 111–120.

MATSUDA H, NAKAMURA S, FUJIMOTO K, et al, 2010. Medicinal flowers. XXXI. Acylated oleanane-type triterpene saponins, sasanquasaponins I-V, with anti-allergic activity from the flower buds of *Camellia sasanqua* [J]. *Chem Pharm Bull*, 58 (12): 1617–1621.

MEKNIA M, FLAMINI G, GARRAB M, et al, 2013. Aroma volatile components, fatty acids and antibacterial activity of four Tunisian *Punica granatum* L. flower cultivars [J]. *Ind Crops Products*, 48 (48): 111–117.

NIE LC, SUN JS, HUANG RH, 2004. The biosynthesis and affecting factors of aroma in some fruits [J]. *Chin Bull Bot*, 21 (5): 631–637. [乜兰春, 孙建设, 黄瑞虹, 2004. 果实香气形成及其影响因素 [J]. *植物学通报*, 21 (5): 631–637.]

OITATE H, NOGUCHI K, SONE K, et al, 2011. Patterns of photoassimilate translocation to reproductive shoots from adjacent shoots in *Camellia sasanqua* by manipulation of sink-source balance between the shoots [J]. *J Plant Res*, 124: 131–136.

PRIPDEEVECH P, 2011. Analysis of odor constituents of *Melodorum fruticosum* flowers by solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Chem Nat Comp*, 47 (2): 292–294.

RAWAT R, GULATI A, BABU GDK, et al, 2007. Characterization of volatile components of *Kangra orthodox* black tea by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Food Chem*, 105 (1): 229–235.

SOUTO-MAIOR FN, CARVALHO FL, MORAIS LCSL, et al, 2011. Anxiolytic-like effects of inhaled linalool oxide in experimental mouse anxiety models [J]. *Pharmacol Biochem Behav*, 100 (2): 259–63.

SOUTO-MAIOR FN, FONSÊCA DV, SALGADO PRR, et al, 2017. Antinociceptive and anticonvulsant effects of the monoterpene linalool oxide [J]. *Pharm Biol*, 55(1): 63–67.

SUKITO A, TACHIBANA S, 2014. Isolation of hyperoside and isoquercitrin from *Camellia sasanqua* as antioxidant agents [J]. *Pak J Biol Sci*, 17 (8): 999–1006.

UESUGI R, SATO Y, 2011. Differentiation of the tea-infesting population of citrus spiny whitefly *Aleurocanthus spiniferus*

- (Homoptera: Aleyrodidae) from the citrus-infesting population in Japan on the basis of differences in the mitochondrial cytochrome c oxidase subunit i gene [J]. *Jpn J Appl Entomol Zool*, 55 (3): 155-161.
- WANG CC, HO CTA, LEE SC, et al, 2016. Isolation of eugenyl b-primeveroside from *Camellia sasanqua* and its anti-cancer activity in PC3 prostate cancer cells [J]. *J Food Drug Anal*, 24(1): 105-111.
- WANG J, YANG X, YANG ZL, 2012. Analysis on the aroma components of different flower parts in *Magnolia officinalis* wild and cultivated species [J]. *Bull Bot Res*, 32(2): 237-242. [王洁, 杨旭, 杨志玲, 2012. 厚朴野生种与栽培种花不同部位香气成分分析 [J]. *植物研究*, 32(2): 237-242.]
- WU YR, LONG QF, JIANG XH, et al, 2016. HS-SPME/GC-MS analysis of the aroma components from flower buds of Liubao tea plant [J]. *Guihaia*, 36(11): 1389-1395. [吴颖瑞, 龙启发, 蒋小华, 等, 2016. SPME-GC/MS 联用分析六堡茶茶花香气成分 [J]. *广西植物*, 36(11): 1389-1395.]
- XU WH, LIANG Q, 2012. Chemical constituents of volatile oil from flowers of *Camellia sasanqua* [J]. *Chin J Exp Trad Med Form*, 18(10): 89-91. [徐文晖, 梁倩, 2012. 茶梅花挥发油化学成分研究 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 18(10): 89-91.]
- XU BY, 2007. *Camellia sasanqua* [M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press: 19. [徐碧玉, 2007. 茶梅 [M]. 杭州: 浙江科学技术出版社: 19.]
- YAMADA T, AOKI H, TANAKA H, et al, 2014. Studies on *Camellia sasanqua* Thunb [J]. *Agric Biol Chem(Tokyo)*, 31(9): 1076-1078.
- ZENG L, FU LY, LUO LY, et al, 2015. Principal component and cluster analyses of volatile components in tea flowers from different cultivars at different stages of bloom [J]. *Food Sci*, 36(16): 88-93. [曾亮, 傅丽亚, 罗理勇, 等, 2015. 不同品种和花期茶树花挥发性物质的主成分和聚类分析 [J]. *食品科学*, 36(16): 88-93.]
- ZHANG HD, REN SX, 1998. *Flora Republicae Popularis Sinicae* [M]. Beijing: Science Press, 49(13): 12. [张宏达, 任善湘, 1998. *中国植物志* [M]. 北京: 科学出版社, 49(3): 12.]
- ZHANG Y, LI XL, WANG Y, et al, 2011. Changes of aroma components in *Oncidium sharry* Baby. in different florescence and flower parts [J]. *Sci Agric Sin*, 44(11): 110-117. [张莹, 李辛雷, 王雁, 等, 2011. 文心兰不同花期及花朵不同部位香气成分的变化 [J]. *中国农业科学*, 44(11): 110-117.]
- ZHAO YQ, PAN HT, ZHANG QX, et al, 2010. Dynamics of fragrant compounds from *Prunus mume* flowers [J]. *J Beijing For Univ*, 32(4): 201-206. [赵印泉, 潘会堂, 张启翔, 等, 2010. 梅花花朵香气成分时空动态变化的研究 [J]. *北京林业大学学报*, 32(4): 201-206.]