

鹿角杜鹃开花过程中挥发性成分的变化

杨华, 宋绪忠, 王秀云

(浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

摘要: 利用顶空固相微萃取-气相色谱质谱法, 对鹿角杜鹃 *Rhododendron latoucheae* 花朵在花蕾期、半开放期、盛花期及凋落期 4 个开花期的挥发性成分进行了定性和相对定量分析, 研究了鹿角杜鹃花香成分的种类和变化情况。结果表明, 在鹿角杜鹃花朵开放的 4 个时期中共检测出 37 种挥发性成分, 这些挥发性成分种类在开花过程中呈升高-降低的变化趋势, 其中, 盛花期花朵挥发性成分的种类最多, 有 26 种; 花蕾期和半开放期花朵挥发性成分的种类最少, 只有 18 种; 鹿角杜鹃 4 个开花时期花朵的挥发性成分均以烯烃类化合物为主, 分别占总化合物数量的 71.32%、61.60%、51.02%、84.85%, 其中罗勒烯和反式石竹烯是含量最高的两种化合物, 是鹿角杜鹃的特征香气成分。鹿角杜鹃的特征花香成分比较常见, 适合在庭院、公园中应用。

关键词: 鹿角杜鹃; 挥发性成分; 顶空固相微萃取; 花期

中图分类号: S718.3; S685.21 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2022)01-0056-06

Changes of Volatile Components from *Rhododendron latoucheae* Flower at Four Phases

YANG Hua, SONG Xu-zhong, WANG Xiu-yun

(Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China)

Abstract: *Rhododendron latoucheae* flowers at phase of bud, half-open, blooming and withering were collected in Hangzhou, Zhejiang province from April 12th to 15th 2020. Determinations were carried out on qualitative and relative quantitative volatile components from flowers by HS-SPME-GC-MS. The results indicated that 37 volatile components were identified, which showed increase-decrease trend at the flowering process. The flower at blooming had the most types (26) of volatile components, while that at phase of bud and half-open had the least, only 18. The volatile components were dominated by alkene at four phases, which occupied 71.32%, 61.60%, 51.02% and 84.85%, respectively. Ocimene and caryophyllene had the highest content, which were specific aroma component.

Key words: *Rhododendron latoucheae*; volatile components; headspace solid-phase microextraction; flower phase

以观花为主的观赏植物,除了花的形态,花朵的香气也是一个重要的经济性状,如木犀 *Osmanthus fragrans*、蜡梅 *Chimonanthus praecox*、风信子 *Hyacinthus orientalis*、水仙 *Narcissus tazetta* var. *chinensis* 等花卉,深受人们的喜爱,其主要原因就是它们具有适宜的香气。这些香气成分是植物的次生代谢产物,通过固相微萃取与气相色谱-质谱联用可有效检测出各香气成分,分析其具有特定香味的化学机理,该方法在许多观赏植物的香气成分分析中已予以应用^[1-5]。对杜鹃属 *Rhododendron* 植物的花香研究也有少量报道,包括挥发油成分分析^[6-7]和气态挥发性成分分析^[8-10]。

收稿日期: 2021-08-08; 修回日期: 2021-10-16

基金项目: 浙江省科技厅院所专项项目(2021F1065-1); 浙江省林业科研成果推广项目(2019B09); 安吉县科技计划项目(2020)

作者简介: 杨华, 博士研究生, 副研究员, 从事植物遗传育种研究; E-mail: ynpsta@126.com。通信作者: 宋绪忠, 博士, 研究员, 从事生态学研究; E-mail: popsong@163.com。

鹿角杜鹃 *Rhododendron latoucheae*^[11], 为杜鹃属马银花亚属 Subgen. *Azaleastrum* 常绿植物, 分布在浙江、江西、福建、湖北、湖南、广东、广西、四川、贵州等省海拔 500 ~ 2 000 m 的杂灌木林内^[12-13]。鹿角杜鹃的花朵大, 单朵花盛开时花径可达 8 ~ 10 cm, 而且数量多、花色淡雅、有淡淡清香^[13], 具有观赏开发价值。然而, 研究者对鹿角杜鹃的研究较少, 目前, 只包括生态学、生物学、栽培学^[14-17]等方面的少量研究, 对其开发利用报道少。本研究利用 HS-SPME-GC-MS 联用仪, 对鹿角杜鹃花朵开放过程中的挥发性成分进行检测, 了解其变化过程, 为评价鹿角杜鹃花香特性提供科学数据, 也为拓展其园林应用前景提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料来源于浙江省林业科学研究院苗圃 (30°13'09" N, 120°01'26" E), 位于杭州市西湖区, 种植于露天黄壤土上。2020 年, 在鹿角杜鹃陆续开花后, 在 8:30—9:00, 采集处在不同开放时期的同一株鹿角杜鹃上的花各 1 朵, 立刻密封于 15 mL 的采样瓶中进行后续测试, 同一开放程度花朵采集 3 株树龄相近的花朵。样品采集为 4 个开放期的花朵, 分别为花蕾期 (花朵的苞片基本打开, 花瓣未打开的状态, 4 月 12 日)、半开放期 (花瓣略微打开的状态, 4 月 13 日)、盛花期 (花瓣完全打开的当天, 4 月 14 日)、凋落期 (花瓣完全开放 3 d 以上, 4 月 15 日) 花朵。

1.2 实验方法

1.2.1 顶空固相微萃取 试验方法参照杨华等^[10]方法, 顶空萃取时间为 35 min。

1.2.2 气相色谱质谱分析 试验方法参照杨华等^[10]方法。根据各总离子流图分离出的各组分提取质谱图, 经质谱 NIST 谱库检索, 在各保留时间 (retention time, RT) 人工分析鉴定出鹿角杜鹃花朵在 4 个开放期的挥发性成分, 并求平均值获得最后的分析数据, 挥发性成分占色谱总馏出峰面积的 100%, 根据气相色谱处理系统, 以面积归一化法测得各组分相对质量分数。

2 结果与分析

2.1 不同开花时期花朵挥发性成分种类及相对质量分数

利用 HS-SPME-GC-MS 联用仪检测鹿角杜鹃花朵 4 个开放期的挥发性成分, 得到各自的总离子流图 (图 1)。由图 1 可知, 挥发性成分的出峰时间主要集中在 8 ~ 20 min 之间, 到了盛花期, 图中的峰有所增加。

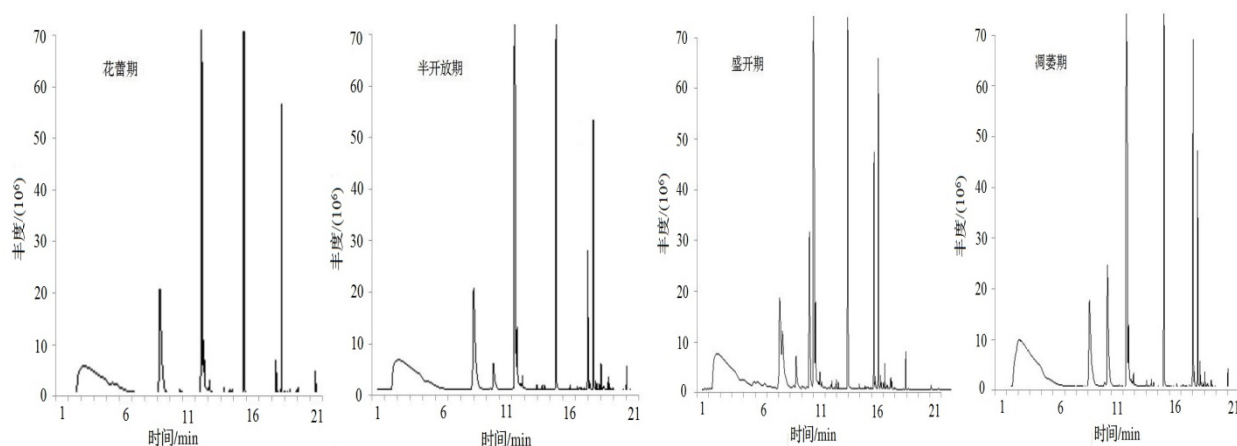


图 1 鹿角杜鹃花朵 4 个开放期挥发性成分的总离子流色谱

Figure 1 Total ion chromatogram of volatile components from *R. latoucheae* flowers at 4 phases

表 1 鹿角杜鹃花朵不同开放期各挥发性化学成分的相对质量分数
Talbe 1 Relative mass fraction of volatile components from *R. latoucheae* flowers at 4 phases

编号	RT / min	成分	相似 度/%	相对分 子质量	分子式	相对质量分数/%			
						花蕾期	半开放期	盛花期	凋落期
1	3.93	4-乙基苯甲酰胺 4-Ethylbenzamide	80	149	C ₉ H ₁₁ NO	—	29.62	—	—
2	5.12	2-己烯醛 2-Hexenal, (E)-	98	98	C ₆ H ₁₀ O	—	—	3.15	—
3	8.81	罗勒烯 1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-	97	136	C ₁₀ H ₁₆	27.09	20.60	14.37	36.69
4	9.91	苯甲酸甲酯 Benzoic acid, methyl ester	97	136	C ₈ H ₈ O ₂	8.84	—	4.30	3.41
5	9.99	芳樟醇 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	97	154	C ₁₀ H ₁₈ O	—	—	23.76	—
6	10.74	(E,Z)-2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯 2,4,6-Octatriene, 2,6-dimethyl-, (E,Z)-	93	136	C ₁₀ H ₁₆	—	—	—	1.62
7	10.84	邻苯二甲醚 Benzene, 1,2-dimethoxy-	96	138	C ₈ H ₁₀ O ₂	8.29	—	7.58	4.80
8	11.10	(E)-壬烯醛 2-Nonenal, (E)-	95	140	C ₉ H ₁₆ O	—	—	0.97	—
9	11.90	α -松油醇 3-Cyclohexene -1-methanol, .alpha., .alpha. 4-trimethyl-	83	154	C ₁₀ H ₁₈ O	—	—	0.39	—
10	14.32	2-甲氧基苯甲酸甲酯 Benzoic acid, 2-methoxy-, methyl ester	98	166	C ₉ H ₁₀ O ₃	—	—	0.09	—
11	14.42	α -萜荳蔻烯 .alpha.-Cubebene	99	204	C ₁₅ H ₂₄	2.24	1.26	1.24	1.24
12	14.95	可巴烯 Copaene	98	204	C ₁₅ H ₂₄	0.26	0.67	0.74	0.27
13	15.10	β -波旁烯 Cyclobuta[1,2:3,4]dicyclopentene, decahydro-3a-methyl-6-methylene-1-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,3a.alpha.,3b.beta.,6a.beta.,6b.alpha.)]-	95	205	C ₁₅ H ₂₅	—	—	—	0.40
14	15.14	萜荳蔻烯 Cubebene	92	204	C ₁₅ H ₂₄	—	0.50	0.81	—
15	15.16	β -榄香烯 Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis (1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)]-	98	204	C ₁₅ H ₂₄	0.93	—	—	—
16	15.16	8-异丙烯基-1,5-二甲基-1,5-二烯-环癸烷 8-Isopropenyl-1,5-dimethyl-cyclodeca-1,5-diene	95	204	C ₁₅ H ₂₄	—	—	0.49	—
17	15.47	Bicyclo[7.2.0]undec-4-ene, 4,11,11-trimethyl-8-methylene-	97	204	C ₁₅ H ₂₄	—	—	0.22	0.16
18	15.72	反式石竹烯 Caryophyllene	99	204	C ₁₅ H ₂₄	29.57	27.45	23.86	35.80
19	15.85	Humulen-(v1)	94	204	C ₁₅ H ₂₄	—	—	—	1.46
20	15.85	白菖烯 1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2,3,4,5,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,7,7a-tetramethyl-, [1aR-(1a.alpha.,7.alpha.,7a.alpha.,7b.alpha.)]-	90	204	C ₁₅ H ₂₄	1.00	2.73	1.08	—
21	15.87	萜荳蔻烯 1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2] benzene, octahydro-7-methyl-3-methylene-4-(1-methylethyl)-, [3aS-(3a.alpha.,3b.beta.,4.beta.,7.alpha.,7aS*)]-	98	204	C ₁₅ H ₂₄	—	—	2.10	0.74
22	16.31	α -石竹烯 .alpha.-Caryophyllene	97	204	C ₁₅ H ₂₄	2.32	1.82	1.77	2.41
23	16.40	(+)-双环倍半水芹烯 (+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene (1 α ,4 α ,8 α) - 1,2,3,4,4a,5,6,8a-八氢-7-甲基-4-亚甲基-1-(1-甲基)-萘 Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-	96	204	C ₁₅ H ₂₄	1.70	1.29	—	0.92
24	16.56	1,2,4a,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基)-萘 Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-	99	204	C ₁₅ H ₂₄	3.63	2.42	1.15	2.09
25	16.58	1,2,4a,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基)-萘 Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-	99	204	C ₁₅ H ₂₄	—	0.41	2.43	—
26	16.71	1-甲基-5-亚甲基-8(1-甲基乙基)-1,6-环癸二烯 -s-(E,E)1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E,E)]-	97	204	C ₁₅ H ₂₄	6.21	5.29	4.35	3.13
27	16.93	(1 α ,4 α ,8 α) - 1,2,4a,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基)-萘 Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-	98	204	C ₁₅ H ₂₄	1.02	0.85	0.81	0.48
28	16.94	异丁香酚甲醚 Benzene, 1,2-dimethoxy-4-(1-propenyl)- (1S-cis)-1,2,3,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基)-萘 Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	93	178	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	—	—	—	0.43
29	17.22	1,2,3,4-四氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基)-萘 Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	95	204	C ₁₅ H ₂₄	3.93	3.25	2.65	2.32
30	17.31	1,2,3,4-四氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基)-萘 Naphthalene, 1,2,3,4-tetrahydro-1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	96	202	C ₁₅ H ₂₂	2.20	1.18	1.15	0.87

表 1 (续)									
编号	RT / min	成分	相似 度/%	相对分 子质量	分子式	相对质量分数/%			
						花蕾期	半开放期	盛花期	凋落期
31	17.48	1,2,3,4,4a,7-六氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基)萘 Naphthalene, 1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-dimethyl- -4-(1-methylethyl)-	93	204	C ₁₅ H ₂₄	—	0.13	0.08	0.07
32	17.55	(1S-1 α ,4 $\alpha\beta$,8 $\alpha\alpha$)-1,2,4a,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基 -1-(1-甲基)萘 Naphthalene, 1,2,4a,5,6, 8a- hexahydro-4,7- dimethyl-1-(1-methylethyl)-, [1S-(1.alpha.,4a.beta., 8a.alpha.)]-	95	204	C ₁₅ H ₂₄	0.24	0.39	—	0.28
33	17.65	α -二去氢菖蒲烯.alpha.-Calacorene	98	200	C ₁₅ H ₂₀	0.16	0.15	—	0.12
34	17.86	S-(Z)-3,7,11-三甲基-1,6,10-十二烷三烯-3-醇 1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-, [S-(Z)]-	87	222	C ₁₅ H ₂₆ O	—	—	0.41	0.10
35	18.84	柏木脑 Cedrol	95	222	C ₁₅ H ₂₆ O	—	—	0.07	0.09
36	28.63	异硬脂酸甲酯 Methyl 16-methyl-heptadecanoate	95	298	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	0.36	—	—	—
37	33.87	邻苯二甲酸二正辛酯(DNOP)Di-n-octyl phthalate	93	390	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	—	—	—	0.08
化合物数量						18	18	26	25

注: “—”表示未检测到或不存在,下同。

在鹿角杜鹃花朵开放的整个过程中共检测出 37 种化合物(表 1), 全过程挥发性成分种类数量呈升高-降低的变化趋势。盛花期花朵的挥发性成分的种类最多, 有 26 种; 花蕾期和半开放期花朵的挥发性成分的种类最少, 都只有 18 种。有 14 种化合物只在其中一个开花期中出现, 有 10 种化合物在每个开花期中都有出现。

对鹿角杜鹃花朵的挥发性成分进行归类(表 2), 在整个花朵开放过程中, 挥发性成分可归为 6 类化合物, 种类最多的化合物为烯炔类化合物(16 种), 占总化合物数量的 43.24%; 其次是芳香烃类化合物(9 种), 占总化合物数量的 24.32%; 醚类化合物和醛类化合物最少, 分别只有 2 种, 占总化合物数量的 5.41%。

2.2 不同开花时期花朵挥发性成分的变化规律

从表 1 可知, 在花朵 3 个以上开放期中出现的部分化合物在整个开放过程中表现出一定的变化规律, 主要有 3 类: (1) 含量先降低再升高的化合物: 罗勒烯、反式石竹烯、 α -石竹烯、(1 α ,4 $\alpha\alpha$,8 $\alpha\alpha$)-1,2,3,4,4a,5,6,8a-八氢-7-甲基-4-亚甲基-1-(1-甲基)-萘 4 种; (2) 含量不断降低的化合物: 苯甲酸甲酯、邻苯二甲醚、 α -葑澄茄油烯、(+)-双环倍半水芹烯、1-甲基-5-亚甲基-8(1-甲基乙基)-1,6-环癸二烯-s-(E,E)、(1 α ,4 $\alpha\alpha$,8 $\alpha\alpha$)-1,2,4a,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基)萘、(1S-cis)-1,2,3,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基)萘、(1S-cis)-1,2,3,4-四氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基)萘、1,2,3,4,4a,7-六氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基)萘、 α -二去氢菖蒲烯 10 种; (3) 含量先升高再降低的化合物: 可巴烯、白菖烯、(1S-1 α ,4 $\alpha\beta$,8 $\alpha\alpha$)-1,2,4a,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基)萘 3 种。

从表 2 可知, 花朵不同开放时期中, 芳香烃类、醇类、酯类化合物含量呈逐渐降低的变化趋势, 烯炔类化合物含量呈先降低再升高的变化趋势。花蕾期、半开放期、盛花期、凋落期 4 个花期花朵的挥发性成分都以烯炔类化合物为主, 分别占总化合物数量的 71.32%、61.60%、51.02%、84.85%, 其中罗勒烯和反式石竹烯是含量居前二位的化合物, 是鹿角杜鹃主要花香挥发性成分。花蕾期花朵的挥发性成分以罗勒烯和反式石竹烯含量居前, 分别占总化合物数量的 27.09%和 29.57%; 半开放期花朵的挥发性成分以 4-乙基苯甲酰胺和反式石竹烯含量居前, 分别占总化合物数量的 29.62%和 27.45%; 盛花期花朵的挥发性成分以芳樟醇和反式石竹烯含量居前, 分别占总化合物数量的 23.76%和 23.86%; 凋落期花朵的挥发性成分以罗勒烯和反式石竹烯含量居前, 分别占总

表 2 不同种类挥发性成分的相对质量分数
Table 2 Relative mass fraction of different types of volatile components

分类	相对质量分数/%				挥发性成分 总数量/个
	花蕾期	半开放期	盛花期	凋落期	
芳香烃类	11.19	38.40	8.27	6.23	9
醇类	—	—	24.62	0.19	4
醚类	8.29	0	7.58	5.24	2
醛类	—	—	4.12	—	2
烯炔类	71.32	61.60	51.02	84.85	16
酯类	9.20	—	4.39	3.49	4

化合物数量的 36.69% 和 35.80%。

3 结论与讨论

在整个鹿角杜鹃花朵开放过程中,共检测出 37 种挥发性成分,其中以烯烃类化合物种类最多,在不同开放阶段也占据了重要的比重,说明它是鹿角杜鹃挥发性成分中主要的一类化合物。与其它含有香气的观赏植物相比,鹿角杜鹃花香挥发性成分的种类偏少,如紫薇 *Lagerstroemia indica* 品种‘香雪云’花朵在 4 个开花期可检测出 80 种挥发性成分^[18]。与同属不同组的马银花 *R. ovatum* 花朵挥发性成分 57 种^[10]相比,其种类也偏少,但与同属同组的刺毛杜鹃 *R. championae*^[9]相比,其种类略多一些,刺毛杜鹃花朵挥发性成分只检测出 23 种化合物。

在鹿角杜鹃花朵开放的整个过程中,罗勒烯、 α -萜荜澄茄油烯、可巴烯、反式石竹烯、 α -石竹烯、(1 α ,4 α ,8 α) -1,2,3,4,4a,5,6,8a-八氢-7-甲基-4-亚甲基-1-(1-甲基乙基)-萜、1-甲基-5-亚甲基-8-(1-甲基乙基)-1,6-环癸二烯-s-(E,E)、(1 α ,4 α ,8 α) -1,2,4a,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基乙基)萜、(1S-cis)-1,2,3,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基乙基)萜、(1S-cis)-1,2,3,4-四氢-1,6-二甲基-4-(1-甲基乙基)萜 10 种化合物在整个开放过程中一直存在,其中罗勒烯和反式石竹烯是含量一直保持最高的 2 个化合物,是鹿角杜鹃花朵的特征香气成分。罗勒烯可以由芳樟醇反应转化而来,芳樟醇在盛花期时存在,到凋谢期则消失了,就是可能转化为罗勒烯,使得凋谢期的罗勒烯达到了最高值,占 36.69%。这与刺毛杜鹃花期时的主要挥发性成分相同^[9]。鹿角杜鹃和刺毛杜鹃在分类上,同属同亚属同组^[12],在亲缘关系上比较接近,因此具有相似的主要挥发性成分可能性很高。罗勒烯是一类具有草香、花香并伴有橙花油气息的化合物,含有这类香气的植物受到人们的喜爱,如樟 *Cinnamomum camphora*^[19]、山荆子 *Malus baccata*^[2]等。反式石竹烯又称 β -石竹烯、石竹烯,具有许多生物活性,可以作为香味剂,同时具有局麻、抗炎、驱除蚊虫、抗焦虑和抑郁、镇咳和祛痰、镇痛和抗炎、细胞毒性等特性。石竹烯也是其它观赏植物的特征香气成分,如 2 种石斛兰品种 *Dendrobium Green Lantern* 和 *Dendrobium Spider Lily*^[20]。其它成分在不同过程中发生消失的情况,这是因为花朵从开始开放到最后凋落,其释放的挥发性成分经过脱氢、脱氧、催化、降解等一系列反应,积累或生成新的化合物参与代谢,从而引起挥发性成分的种类及相对含量发生变化^[21]。

在 3 个以上开花期中出现的部分化合物在整个花朵开放过程中表现出一定的变化规律,主要包括含量先降低再升高、不断降低、先升高再降低这 3 类,其中不断降低的化合物种类最多。鹿角杜鹃花朵的主要花香成分罗勒烯和反式石竹烯属于先降低再升高的变化规律,它们是在凋落期时的含量达到了高峰,可能是为了在最后的开花阶段保持较高的香气,以吸引昆虫进行最后的授粉,保证能自然繁殖,维持一定的种群规模。

通过对鹿角杜鹃花朵开放的整个过程所含的花香成分检测,可以看出各成分无对人不利情况,主要的特征香气成分给人舒适的感觉,同时,鹿角杜鹃具有一定的耐热性^[22],适合在庭院、公园中应用,促使乡土植物鹿角杜鹃走进人们的视野。

参考文献:

- [1] 丁灵,李崇晖,尹俊梅. 七种秋石斛鲜花挥发性成分差异性分析[J]. 广西植物, 2016, 36(3): 361-368.
- [2] 郑冉冉,吴景芝,谷志佳,等. 玫瑰香味玫红百合和橙香味紫红花滇百合的花香成分研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2021, 47(1): 32-42.
- [3] SUN H, ZHANG T, FAN Q, et al. Identification of floral scent in Chrysanthemum cultivars and wild relatives by gas chromatography mass spectrometry [J]. Molecules, 2015, 20(4): 5346-5359.
- [4] 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.
- [5] 邱建生,张彦雄,陈菊艳,等. 12 个山茶属植物花的挥发性物质研究[J]. 林业科学研究, 2015, 28(3): 358-364.
- [6] 田光辉,刘存芳,王晓. 四川杜鹃花中挥发性成分的研究[J]. 陕西理工学院学报, 2007, 23(2): 49-52.
- [7] 田萍,付先龙,庄平,等. 美容杜鹃花挥发油化学成分 GC-MS 分析[J]. 应用与环境生物学报, 2010, 16(5): 734-737.
- [8] 苏家乐,何丽斯,刘晓青,等. 不同高山杜鹃品种杂交后代花瓣香气成分的 HS-SPME-GC-MS 分析[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(1): 227-229.

- [9] 杨华, 宋绪忠, 韩素芳. 刺毛杜鹃花蕾与花的挥发性成分分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2015, 39(5): 179-182.
- [10] 杨华, 韩素芳, 宋绪忠. 马银花开花过程挥发性成分的变化[J]. 森林与环境学报, 2016, 36(3): 355-359.
- [11] 浙江植物志编委会. 浙江省植物志: 第五卷[M]. 杭州: 浙江科学出版社, 1992, 12.
- [12] 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志: 第57卷, 第二册[M]. 北京: 科学出版社, 1994, 358.
- [13] 冯国楣. 中国杜鹃花: 第1册[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 224.
- [14] 高俊香, 梅盛龙, 鲁小珍, 等. 凤阳山自然保护区鹿角杜鹃种群结构与分布[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2009, 33(2): 35-38.
- [15] 王剑敏, 沈烈英, 赵广琦. 中亚热带优势灌木根系对土壤抗剪力度的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2011, 35(2): 47-50.
- [16] 高连明, 张长芹, 李德铎, 等. 杜鹃属马银花亚属花粉形态的研究[J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(3): 177-181.
- [17] 张乐华, 刘向平, 王凯红, 等. 杜鹃属植物种子育苗研究[J]. 园艺学报, 2006, 33(6): 1361-1364.
- [18] 徐婉, 蔡明, 潘会堂, 等. 紫薇‘香雪云’香气成分时空动态变化研究[J]. 北京林业大学学报, 2017, 39(6): 85-95.
- [19] 周帅, 马楠, 林富平, 等. 樟树花挥发性有机化合物日动态变化分析[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(6): 986-991.
- [20] 张莹, 王雁, 李振坚, 等. 不同石斛兰香气成分的 GC-MS 分析[J]. 广西植物, 2011, 31(3): 422-426.
- [21] DUDAREVA N, PICHERSKY E. Biochemical and molecular genetic aspects of floral scents[J]. Plant Physiol, 2000, 122(3): 627-633.
- [22] 杨华, 宋绪忠, 王秀云. 高温胁迫对鹿角杜鹃的生理及生长影响[J]. 森林与环境学报, 2020, 40(3): 284-289.

[illegible]

浙江省公布第二批“十大名山公园”

2021 年 12 月，浙江省林业局联合浙江省发展和改革委员会、浙江省自然资源厅、浙江省文化和旅游厅发文公布了浙江省第二批“十大名山公园”名单。

经地方申报、初步选评、公众投票、专家评审等环节，清凉峰、百丈漈、乌岩岭、天姥山、金华山、方岩山、江郎山、六春湖、白云山、九龙山这10座“名山公园”脱颖而出，以领先之姿、创新之力、升级之势，引领“自然保护地+”协调发展示范区建设。

2020年11月，古田山、凤阳山-百山祖、天目山、莫干山、会稽山、四明山、天台山、大盘山、括苍山、雁荡山被评选为浙江省首批“十大名山公园”，这10座“名山公园”重峦叠嶂、万仞巍峨、奇崛东南，是自然保护地体系中的灿烂瑰宝。

http://lyj.zj.gov.cn/art/2021/12/22/art_1276365_59023215.html