

不同杂交兰品种花朵挥发性成分分析

陈艺荃¹ 林兵² 钟准钦^{2*} 樊荣辉^{2*}

(¹福建省农业科学院农业工程技术研究所, 福州 350013; ²福建省农业科学院作物研究所, 福州 350013)

摘要 采用顶空-固相微萃取技术, 分析杂交兰不同品种、不同花期和花器官不同部位的花香成分。结果表明, 杂交兰花香的主要成分为萜烯类化合物。不同品种间花香释放量差异明显, ‘K24’以桉油精(23.91%)和正己醇(13.74%)为主, ‘K21-1’以反式-橙花叔醇(30.39%)和环己烷(22.99%)为主; ‘红美人’以 α -法呢烯(43.50%)和芳樟醇(34.52%)为主; ‘K18’以石竹烯(43.57%)和 α -香柑油烯(19.59%)为主, ‘黄金龙’以 β -月桂烯(25.23%)和 α -香柑油烯(15.45%)为主; ‘十八格格’以 β -石竹烯(42.99%)和 α -法呢烯(19.65%)为主; ‘汉城公主’以 β -石竹烯(52.40%)和 α -法呢烯(9.99%)为主。‘K18’释放量和化合物数量在盛开期最高。在花器官不同部位中, 花瓣和萼片主要释放 β -石竹烯, 唇瓣主要释放 β -罗勒烯。

关键词 杂交兰; 花香成分; 顶空-固相微萃取; 萜烯类化合物

Studies on the Volatile Constituents from Different Cultivars of *Cymbidium hybrid*

CHEN Yiquan¹, LIN Bing², ZHONG Huaiqin^{2*}, FAN Ronghui^{2*}

(¹Institute of Agriculture and Engineering Technology, Fujian Academy of Agricultural Science, Fuzhou 350013, China;

²Institute of Crop Sciences, Fujian Academy of Agricultural Science, Fuzhou 350013, China)

Abstract HS-SPME/GC-MS was used to analyze the floral components of different cultivars, different flowering stages and different parts of flower organs in *Cymbidium hybrid*. The results showed that the main components in *Cymbidium hybrid* were terpenoids. The difference in floral aroma release between different cultivars was obvious. The main components of ‘K24’ are 1,8-Cineole (23.91%) and 1-Hexanol (13.74%). The main components of ‘K21-1’ are (E)-Nerolidol (30.39%) and Cyclohexane (22.99%). The main components of ‘Hongmeiren’ are α -Farnesene (43.50%) and Linalool (34.52%). The main components of ‘K18’ are β -Caryophyllene (43.57%) and α -Bergamotene (19.59%). The main components of ‘Shibagege’ are β -Caryophyllene (42.99%) and α -Farnesene (19.65%), and the main components of ‘Hanchenggongzhu’ are β -Caryophyllene (52.40%) and α -Farnesene (9.99%). The component number and released amount of ‘K18’ was highest in full opening stage. The main components of petals and sepals are β -Caryophyllene, and the main components of lips are β -Caryophyllene from different parts of the floral organ.

Keywords *Cymbidium hybrid*; floral component; HS-SPME/GC-MS; terpene compound

杂交兰是大花蕙兰与国兰通过人工杂交的方式选育出的杂种后代。大花蕙兰花大色艳但没有香气, 国兰香气浓郁但花期较短, 花型小。杂交兰集大

花蕙兰和国兰的优点于一体, 花大色艳, 幽香宜人, 具有极高的观赏价值^[1]。

花香是观赏植物最重要的观赏价值之一。随着

收稿日期: 2019-03-01 接受日期: 2019-07-11

福建省公益类科研院所基本科研专项(批准号: 2017R1026-8)和福建省农业科学院科技创新团队项目(批准号: STIT2017-2-9)资助的课题

*通讯作者。Tel: 0591-87572540, E-mail: zhqeast@163.com; Tel: 0591-87572540, E-mail: rhfan1012@163.com

Received: March 1, 2019 Accepted: July 11, 2019

This work was supported by the Basic Research Project of Fujian Public Welfare Research Institutes (Grant No.2017R1026-8) and the Science and Technology Innovation Team Project in Fujian Academy of Agricultural Sciences (Grant No.STIT2017-2-9)

*Corresponding authors. Tel: +86-591-87572540, E-mail: zhqeast@163.com; Tel: +86-591-87572540, E-mail: rhfan1012@163.com

网络出版时间: 2019-11-12 12:26:02

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.2035.Q.20191112.1034.012.html>

色谱和核磁共振等技术的发展,有关花香的研究逐渐增多,包括矮牵牛(*Petunia hybrida*)、金鱼草(*Antirrhinum majus*)、仙女扇(*Clarkia breweri*)、月季(*Rosa hybrida*)、百合(*Lilium auratum*)、鸟足兰(*Satyrium microrrhynchum*)和石竹科(*Caryophyllaceae*)在内的数百种植物花香已被分析和鉴定^[2-8]。近年来,兰花花香成分的研究广泛开展。彭红明^[9]对国兰花香挥发性成分进行了研究,发现不同花发育时期、不同花色的兰花挥发性成分差异明显。冯立国等^[10]对经多年驯化的蕙兰进行了花香挥发性成分分析,共鉴定出33种花香成分。杨慧君等^[11]在建兰品种‘小桃红’中鉴定出挥发性成分35种,其中酯类物质含量最多。但目前对杂交兰花朵挥发性成分却鲜有报道。

本研究中以杂交兰7个品种为试验材料,采用顶空-固相微萃取(HS-SPME/GC-MS)技术,分析鉴定花香成分和含量,确定其不同品种间、随开花进程及花器官不同部位花香成分变化规律,以探索杂交兰花香的合成与释放规律。

1 材料与方法

1.1 材料

2018年2月,在杂交兰(*Cymbidium hybrid*)开花期于福建省农科院花卉中心采集。采集材料为7个杂交兰品种,包括‘K24’、‘K21-1’、‘红美人’、‘K18’、‘黄金龙’、‘十八格格’、‘汉城公主’;‘K18’品种不同花期,包括花蕾期、始花期、盛花期、末花期;‘K18’盛花期花器官不同部位,包括萼片、花瓣、唇瓣、合蕊柱。‘K24’为杂交自育品种,‘K21-1’为种苗突变选育品种,‘红美人’、‘K18’、‘黄金龙’、‘十八格格’和‘汉城公主’为引进品种。7个品种杂交兰均为3年生种苗。每个样品3个重复,每个重复2 g。

1.2 方法

应用顶空-固相微萃取(HS-SPME)/GC-MS方法测定花香成分^[12]。材料密封在20 mL提取瓶中并在50 °C下

平衡10 min。使用SPME纤维提取挥发性化合物并吸附30 min。使用Shimadzu GCMS-TQ8040系统分析捕获的花香气味化合物。以氦气作为载气,使用Rxi-5Sil MS毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm)分离挥发性化合物,流速为1 mL/min。色谱柱操作条件如下,初始50 °C保持2 min,以4 °C/min速率上升保持1 min,随后以20 °C/min的速率升至170 °C,保持2 min。将质谱和保留时间与真实标准进行比较来鉴定花朵挥发物。

1.3 花香成分定性分析方法

使用TurboMass Ver 5.4.2版本软件及NIST/WIELY标准谱图库对香气成分进行检索,同时对保留时间进行确认及筛选,依据总离子流色谱峰面积归一化法进行半定量分析。

2 结果与分析

2.1 杂交兰不同品种花香成分分析

为了探讨杂交兰花香成分的时空动态变化,对杂交兰7个品种进行花香成分分析。结果表明,杂交兰7个品种共检测出58种花香成分(表1),主要包括萜烯类、醇类、醛类、酮类、酯类、芳香族类和烷烃类7大类。其中,萜烯类含量最高,且不同品种的主要香气成分和种类存在明显差异(图1和表2)。“K24”、“红美人”和“黄金龙”的主成分为单萜类,“K21-1”、“K18”、“汉城公主”和“十八格格”的主成分为倍半萜。其中,“K24”花朵挥发物含量高的依次为桉油精(23.91%)、正己醇(13.74%)和反式法呢醛(7.22%);“K21-1”花朵挥发物含量高的依次为反式-橙花叔醇(30.39%)、环己烷(22.99%)、 α -法呢烯(8.85%)和法呢醇(8.29%);“红美人”花朵挥发物含量高的依次为 α -法呢烯(43.50%)、芳樟醇(34.52%)和紫丁香醇(6.13%);“K18”花朵挥发物含量高的依次为石竹烯(43.57%)、 α -香柑油烯(19.59%)、反式橙花叔醇(8.13%)、 β -姜黄烯(7.16%)和 β -罗勒烯(6.99%);“黄金龙”花朵挥发物含量高的依次为 β -月桂烯(25.23%)、 α -香柑油烯

表1 杂交兰7个品种花香等级及描述

Table 1 Aroma level of floral scents from seven cultivars of *Cymbidium hybrid*

花香等级 Aroma levels	品种 Variety
Very low	‘Shibagege’、‘Hanchenggongzhu’
Low	‘K24’、‘K21-1’、‘Hongmeiren’、‘Huangjinlong’
Medium	‘K18’

(15.45%)、乙酸法呢醇脂(10.56%)和反式法呢醛(7.11%); ‘十八格格’花朵挥发物含量高的依次为石竹烯(42.99%)、 α -法呢烯(19.65%)和桉油精(10.84%); ‘汉城公主’花朵挥发物含量高的依次为石竹烯(52.40%)和 α -法呢烯(9.99%)和桉油精(6.52%)。

2.2 不同花发育时期花香成分分析

杂交兰‘K18’品种不同花发育时期的芳香成分

种类和相对含量存在很大差异, 不同花期中共检测到26种香气成分, 花蕾期至末花期分别检出芳香成分8、23、24和25种, 释放总量在始花期逐渐升高, 到盛花期达到最高, 到末花期释放量降低。花蕾期的主要香气成分为酚类和酯类, 萜烯类含量较少, 其中对甲酚(43.46%)、2-戊基呋喃(10.88%)、甲氧甲酚(10.03%)和邻苯二甲酸二异丁基酯(9.33%)含量最

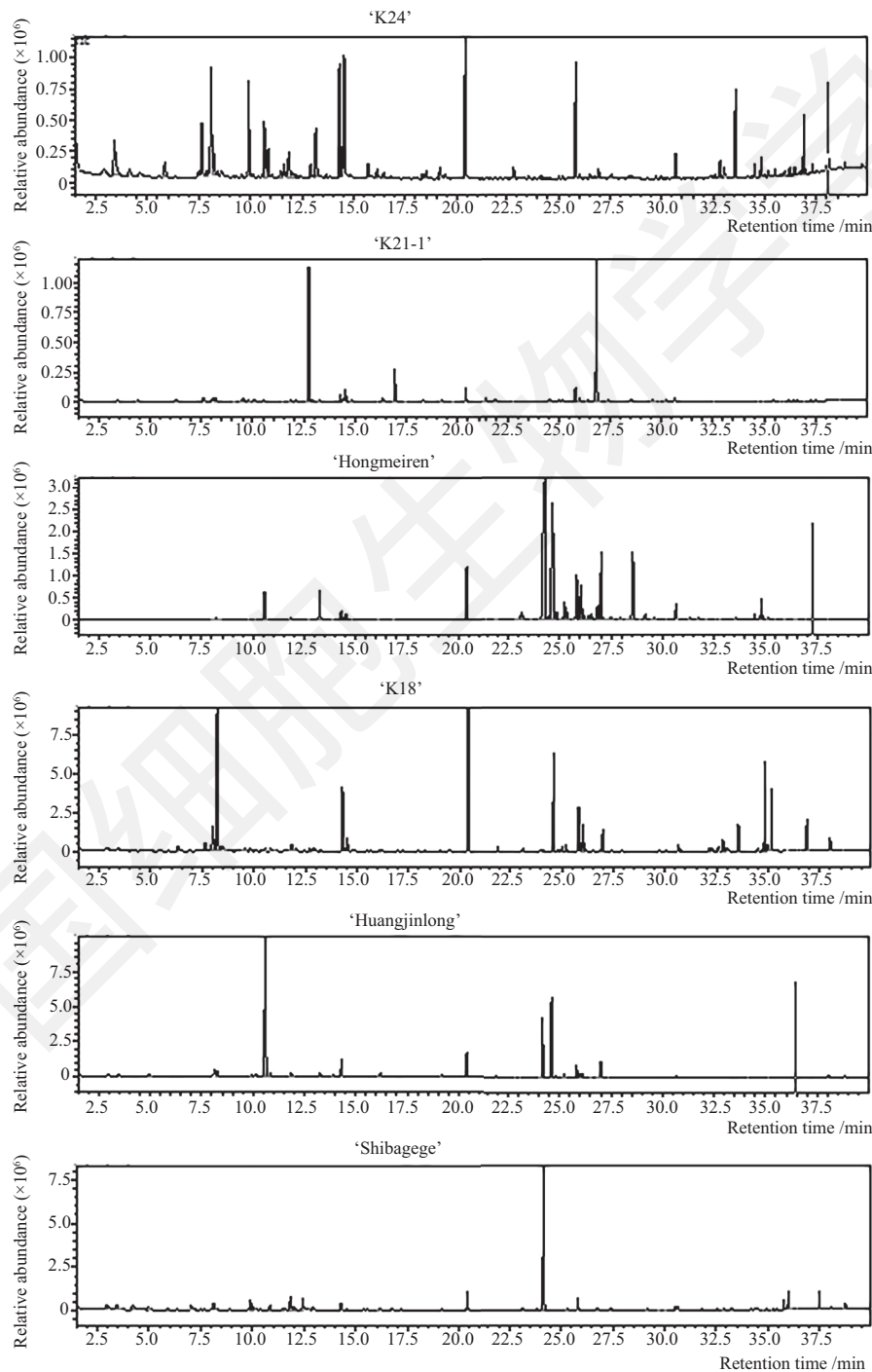


图1 杂交兰花香成分总离子流图

Fig.1 TIC (total ion current chromatogram) of aroma component from flowers of plants from *Cymbidium hybrid*

高,且这4种物质在其他3个时期含量都很低。到始花期,萜烯类含量增高,始花期、盛花期和末花期的主要芳香成分均为5个萜类挥发物:石竹烯、 α -香柑油烯、 β -罗勒烯、反式-橙花叔醇和 β -姜黄烯,这5

个挥发物占全部花朵挥发物的80%~90%(表3)。除 β -罗勒烯为单萜外,其余4种均为倍半萜,占全部花朵挥发物的70%~80%,这说明倍半萜类在杂交兰‘K18’花香成分中占重要地位,对香气贡献最大。

表2 不同杂交兰品种主要花香成分

Table 2 Main floral components of different cultivars in *Cymbidium hybrid*

序号 Number	保留时间/min Retention time /min	化合物 Compounds	相对含量/% Relative amount /%						
			‘K24’	‘K21-1’	‘Hongmeiren’	‘K18’	‘Huangjinlong’	‘Shibagege’	‘Hanchenggongzhu’
1	2.908	Leaf alcohol	—	—	—	—	—	1.97±0.46	4.81±1.23
2	3.412	1-hexanol	12.85±1.85	—	—	—	—	4.01±1.35	—
3	5.847	α -pinene	6.40±1.07	0.61±0.18	—	—	—	2.18±0.32	2.17±0.21
4	6.107	Ethyl tiglate	—	—	—	—	—	1.21±0.12	—
5	7.869	3-octenol	0.80±0.34	—	—	—	—	—	—
6	8.048	Methylheptenone	—	0.71±0.23	—	—	5.67±0.16	—	—
7	8.218	β -myrcene	—	—	—	0.03±0.01	24.50±6.43	—	—
8	8.233	2-pentylfuran	3.60±1.23	—	—	—	—	2.51±0.78	1.43±0.66
9	8.389	6-methyl-5-hepten-2-ol	—	—	—	—	0.86±0.37	—	—
10	9.110	S-verbenone	—	—	0.21±0.16	—	—	—	—
11	9.422	4-methylanisole	—	—	0.47±0.43	—	0.58±0.11	—	—
12	9.797	D-limonene	—	—	0.32±0.12	—	0.61±0.21	0.63±0.16	—
13	9.904	1,8-cineole	27.54±5.60	—	0.18±0.08	—	—	10.84±3.23	6.52±1.25
14	10.049	Benzyl alcohol	—	—	0.37±0.17	—	—	—	—
15	10.557	β -ocimene	—	1.27±0.42	0.71±0.21	6.99±0.52	0.28±0.12	—	—
16	10.673	4-hexanolide	3.89±0.83	—	—	—	—	—	—
17	11.855	p-creso	5.2±1.57	0.68±0.25	1.87±0.51	0.13±0.06	0.65±0.21	3.09±1.34	9.16±2.19
18	12.715	Linalool	—	3.15±0.13	33.84±5.54	0.05±0.02	—	—	—
19	13.162	Phenylethyl alcohol	5.63±1.02	—	—	—	—	—	—
20	13.245	Geranyl nitrile	—	—	—	2.93±1.02	—	—	—
21	13.273	Cyclohexane	—	22.99±5.61	0.45±0.14	1.27±0.35	0.29±0.01	0.85±0.23	1.42±0.21
22	15.707	Octanoic acid	0.99±0.29	—	—	—	—	—	—
23	16.356	α -terpineol	—	—	0.58±0.21	—	—	—	—
24	16.923	lilac alcohol	—	—	6.13±2.03	0.14±0.11	—	—	—
25	17.219	Ethyl benzoate	—	—	—	—	—	0.95±0.28	—
26	19.192	Nonanoic acid	1.43±0.45	—	—	—	0.68±0.46	0.65±0.19	—
27	21.907	Eugenol	—	—	0.60±0.21	0.09±0.03	0.72±0.45	—	—
28	23.185	β -elemene	—	—	—	0.31±0.21	—	—	—
30	24.165	β -caryophyllene	—	1.01±0.57	—	43.04±5.10	—	40.32±0.58	51.40±2.35
31	24.606	α -bergamotene	—	4.64±0.74	0.77±0.42	19.33±0.77	15.05±0.12	—	—
32	24.83	β -cedrene	—	—	—	0.58±0.33	0.39±0.12	—	—
33	25.027	Geranylacetone	—	—	—	—	0.44±0.16	—	—
34	25.303	α -humulene	—	—	—	1.09±0.25	—	0.43±0.23	0.67±0.18
35	25.279	β -farnesene	—	3.00±0.97	0.71±0.22	1.39±0.36	0.98±0.06	0.40±0.43	—
36	26.014	β -ionone	0.21±0.15	1.00±0.10	2.21±0.53	3.70±0.13	4.16±0.12	—	—
37	26.111	α -curcumene	—	—	—	0.95±0.26	1.08±0.38	—	—
38	26.843	α -farnesene	—	8.65±1.05	42.74±7.59	1.26±0.14	0.28±0.09	18.61±4.19	9.69±2.16
39	26.951	β -bisabolene	0.8±0.36	—	0.35±0.12	—	—	—	—
40	26.997	β -curcumene	—	3.24±0.97	—	7.16±1.97	4.37±0.30	—	—
41	27.402	Dodecanoic acid, methylester	—	—	—	—	—	—	0.46±0.18
42	27.516	Farnesone	—	—	—	—	—	1.53±0.47	—
43	28.558	(E)-nerolidol	1.19±0.51	29.75±4.12	0.74±0.21	8.13±0.51	—	—	—
44	29.573	γ -bisabolene	—	—	0.38±0.13	0.09±0.03	—	0.15±0.05	—
45	29.72	Heneicosane	—	—	—	—	—	0.31±0.06	—
46	30.061	β -citronellol	—	—	—	—	0.27±0.06	—	—

续表2

序号 Number	保留时间/min Retention time /min	化合物 Compounds	相对含量/% Relative amount /%						
			'K24'	'K21-1'	'Hongmeiren'	'K18'	'Huangjinlong'	'Shibagege'	'Hanchenggongzhu'
47	30.215	α -patchoulene	—	—	0.53±0.16	—	—	—	—
48	32.143	α -bisabolol	—	0.31±0.06	—	0.02±0.01	0.33±0.11	0.36±0.09	—
49	32.572	Heptadecane	—	—	—	—	—	0.21±0.08	—
50	32.817	Trans-geranyl- geraniol	1.65±0.42	0.92±0.51	—	0.09±0.02	5.97±0.98	—	—
51	33.027	Farnesyl alcohol	0.91±0.43	9.29±3.23	—	—	0.49±0.21	0.46±0.31	—
52	33.549	Trans-farnesal	7.22±3.29	—	—	0.15±0.04	7.11±3.11	—	—
53	34.728	Eicosane	—	—	—	—	—	0.16±0.05	—
54	34.819	Farnesol acetate	1.6±0.35	0.12±0.23	—	1.01±0.37	16.16±4.57	0.17±0.12	—
55	35.471	Diisobutyl phthalate	2.37±1.23	0.17±0.16	0.17±0.05	0.06±0.07	0.05±0.03	0.37±0.16	—
56	36.861	1-octadecyl acetate	2.98±1.09	0.11±0.08	—	—	2.16±0.53	—	—
57	36.973	Isopropyl palmitate	0.46±0.12	—	0.04±0.02	0.05±0.03	—	0.11±0.09	—
58	38.004	Ethyl linolenate	0.24±0.23	0.27±0.07	—	0.08±0.03	1.05±0.65	—	—

‘—’ 表示未检测出。

‘—’ indicates that it is not detected.

表3 杂交兰‘K18’品种不同花期主要花香成分

Table 3 Main floral components of ‘K18’ in different flowering stages

序号 Number	保留时间/min Retention time /min	化合物 Compounds	相对含量/% Relative amount /%			
			花蕾期 Bud period	始花期 Early flowering period	盛花期 Fully bloomed period	末花期 End flowering period
1	2.924	1-hexanol	15.66±2.35	0.59±0.23	0.19±0.06	0.09±0.01
2	8.211	β -myrcene	—	—	0.27±0.09	0.44±0.03
3	8.255	2-pentylfuran	10.88±1.06	0.59±0.23	—	—
4	9.904	1,8-cineole	—	0.32±0.12	—	0.20±0.03
5	10.557	β -ocimene	—	11.26±2.37	15.21±2.68	11.95±2.91
6	11.842	p-cresol	43.62±3.16	0.93±0.12	0.70±0.16	0.41±0.12
7	12.709	Linalool	—	0.04±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01
8	16.127	Creosol	10.03±0.23	0.26±0.10	0.16±0.05	0.12±0.01
9	19.192	Nonanoic acid	3.99±0.43	—	0.03±0.01	0.02±0.01
10	23.185	β -elemene	—	0.13±0.04	0.32±0.05	0.54±0.02
11	24.165	β -caryophyllene	0.96±0.23	41.98±2.57	37.99±2.22	39.56±0.81
12	24.606	α -bergamotene	—	22.80±2.40	20.89±0.28	17.90±0.94
13	24.830	β -cedrene	—	0.65±0.01	0.75±0.04	0.55±0.04
14	25.023	Geranylacetone	—	0.05±0.01	0.07±0.02	0.05±0.01
15	25.279	β -farnesene	—	1.05±0.05	1.31±0.10	1.30±0.02
16	25.303	α -humulene	—	0.51±0.14	0.76±0.05	0.91±0.02
17	26.014	β -ionone	4.8±0.95	2.92±0.50	3.00±0.77	2.62±0.30
18	26.111	α -curcumene	—	0.75±0.05	0.75±0.06	1.70±0.58
19	26.843	α -farnesene	—	0.48±0.12	0.59±0.06	1.41±0.50
20	26.997	β -curcumene	—	8.04±0.40	7.60±1.00	5.58±0.20
21	28.558	(E)-nerolidol	—	1.31±0.70	4.12±1.12	9.83±1.32
22	29.573	γ -bisabolene	—	0.06±0.02	0.05±0.01	0.13±0.01
23	32.143	α -bisabolol	—	—	0.02±0.01	0.05±0.02
24	33.549	Trans-farnesal	—	0.05±0.02	0.02±0.01	0.08±0.03
25	34.819	Farnesol acetate	—	0.10±0.03	0.55±0.10	0.62±0.01
26	35.460	Diisobutyl phthalate	9.33±1.48	0.29±0.07	0.17±0.05	0.12±0.02

‘—’ 表示未检测出。

‘—’ indicates that it is not detected.

2.3 花器官不同部位花香成分分析

杂交兰‘K18’品种在萼片、花瓣、唇瓣和合蕊柱中不释放的香气成分种类和相对含量有所不同,从萼片、花瓣、唇瓣、合蕊柱中各检测出20、21、16和13种香气成分。萼片、花瓣和唇瓣主要释放萜烯类化合物,其中萼片和花瓣主要释放成分为 β -石竹烯(约40.00%),依次为 β -罗勒烯(约20.00%)、 α -香柑油烯(约10.00%)、 β -紫罗兰酮(约8.00%)和反式-橙花叔醇(约6.00%),唇瓣的主要释放成分为 β -罗勒烯(48.26%),依次为 α -香柑油烯(17.47%)和 β -石竹烯(13.52%),而合蕊柱的主要释放成分依次为正己醇

(29.24%)、对甲酚(22.92%)和环丙甲酸壬酯(7.07%) (表4)。说明萼片和花瓣释香成分相近,主要以石竹烯为主,唇瓣主要以 β -罗勒烯为主。

3 讨论

花香是植物挥发物的重要组成部分,主要由萜烯类、苯型烃类、脂肪酸及其衍生物等化合物组成。在本研究中,杂交兰7个品种的花香成分可分为萜烯类、醇类、醛类、酮类、酯类、芳香烃类和烷烃类七大类。主要成分为萜烯类,3个品种以单萜为主,4个品种以倍半萜为主。不同品种间香气成分差异较

表4 杂交兰‘K18’花器官不同部位主要花香成分

Table 4 Main floral components of ‘K18’ in different parts of flower organs

序号 Number	保留时间/ min Retention time /min	化合物 Compounds	相对含量/% Relative amount /%			
			萼片 Sepal	花瓣 Petal	唇瓣 Labellum	合蕊柱 Gynostemium
1	2.924	1-hexanol	—	—	1.29±0.12	29.24±4.12
2	7.997	Methylheptenone	0.32±0.05	—	—	—
3	8.218	β -myrcene	1.26±0.06	1.13±0.04	1.98±0.05	—
4	8.250	2-pentylfuran	—	—	—	5.12±1.34
5	9.908	1,8-cineole	—	—	0.25±0.09	3.37±0.30
6	10.077	Benzyl alcohol	—	—	—	2.71±0.23
7	10.557	β -ocimene	20.95±1.72	20.11±0.49	48.26±2.67	5.35 ± 1.17
8	10.617	Cyclopropanecarboxylic acid, nonyl ester	—	—	—	16.61±2.35
9	11.798	p-cresol	0.74±0.22	0.23±0.13	2.95±0.35	22.92±3.48
10	12.709	Linalool	0.26±0.03	0.15±0.02	—	—
11	16.923	Lilac alcohol	0.24±0.08	0.10±0.03	—	—
12	21.888	Eugenol	—	—	0.51±0.21	7.07±0.65
13	23.185	β -elemene	—	0.29±0.01	—	—
14	24.165	β -caryophyllene	42.58±0.42	37.90±1.05	13.52±2.30	3.32±0.68
15	24.606	α -bergamotene	10.16±0.64	11.80±0.13	17.47±3.70	4.78 ±0.34
16	24.830	β -cedrene	0.22±0.02	0.28±0.06	0.31±0.06	—
17	25.023	Geranylacetone	0.21±0.01	0.19±0.02	—	—
18	25.279	β -farnesene	0.91±0.12	0.78±0.02	0.60±0.27	—
19	25.303	α -humulene	1.03±0.35	1.09±0.50	0.17±0.04	—
20	26.014	β -ionone	7.25±0.11	8.57±0.89	1.02±0.04	0.93±0.54
21	26.843	α -farnesene	1.70±0.26	0.58±0.07	0.20±0.01	0.71±0.15
22	26.989	α -curcumene	1.68±0.38	2.84±0.1	4.60±0.46	2.38±1.09
23	28.558	(E)-nerolidol	5.51±0.52	7.07±1.57	0.12±0.03	—
24	29.573	γ -bisabolene	0.03±0.02	0.05±0.01	—	—
25	32.143	α -bisabolol	—	0.04±0.01	—	—
26	32.817	Trans-geranylgeraniol	0.42±0.24	0.31±0.01	—	—
27	33.549	Trans-farnesal	0.76±0.38	0.46±0.05	—	—
28	34.819	Farnesol acetate	0.63±0.28	1.20±0.39	0.12±0.02	—

‘—’表示未检测出。

‘—’ indicates that it is not detected.

大,可能是由于杂交兰不同品种间来源广泛,父母本为不同大花蕙兰和不同国兰进行人工杂交,其基因型和香气成分存在较大差异。

杂交兰‘K18’花朵挥发物释放量随花的开放呈现先增大后减小的规律,在盛开期达到最大。文心兰(*Oncidium sharry baby*)、玫瑰(*Rosa rugosa* Thunb)、水仙(*Narcissus tazetta* var. *chinensis* Roem)、紫藤(*Wisteria sinensis*)和白姜花(*Hedychium coronarium*)花朵挥发物的释放也表现出随着花的发育先增大后减小的规律^[13-17]。这种花香成分及释放规律主要由于花发育过程中花香生物合成途径中相关基因表达及酶活性不同。苯甲酸/水杨酸羧基甲基转移酶(*S*-adenosyl-*L*-methionine:benzoic acid/salicylic acid carboxyl methyltransferase, BSMT)参与苯甲酸甲酯、水杨酸甲酯、丁子香酚及乙酸苄酯等挥发物的合成过程, Pott等^[18]报道,非洲茉莉(*Fagraea ceilanica*)花瓣中的BSMT基因的表达量也是随着花的成熟和凋谢,先增加后减少。此外,不同花发育期的花朵形态变化也可能是影响花朵挥发物释放的一个重要原因。

在杂交兰花香化合物中,萜烯类化合物的数量和释放量最高。在萜烯化合物中,桉油精、反式-橙花叔醇、 α -法呢烯、芳樟醇、石竹烯和 β -月桂烯含量较高,均表现出与花香总释放量相同的变化规律。研究发现,香气成分对香味的贡献大小,不仅取决于释放量,还与人的嗅觉感受有关。杂交兰花香释放的嗅觉感受分析,随着花的开放,其香气味道从清淡转向浓郁,这与花香释放量的变化规律相一致。如芳樟醇和 β -月桂烯的嗅感阈值较低,分别为6 ng/g^[19-20]和13 ng/g^[21],均具有较高的嗅感强度。因此,杂交兰花香中含量最高的萜烯类化合物可能是其主要致香组分。

从感官上, K18香气更浓郁。从峰面积上, K18香气释放总量最大,为其他品种的5~25倍;从主成分上, K18主要香气成分为石竹烯(43.57%)、 α -香柑油烯(19.59%)、反式-橙花叔醇(8.13%)、 β -姜黄烯(7.16%)和 β -罗勒烯(6.99%),占全部花香挥发物的85%,多为嗅感阈值低的萜烯类化合物,这可能是香气更加浓郁的主要原因。

本研究根据感官上盛开期香气最浓的现象,测定不同花发育时期花朵挥发物相对含量的变化趋势,初步确定了几个主要香气成分种类,但这些花朵

挥发物间是否有相互作用以及绝对含量与香气的相关性,还有待进一步研究和探讨。此外,像烷烃、芳香烃等一些挥发性成分还未确定为香气成分,本试验中从‘K21-1’中检测到含量较高的环己烷,是否为杂交兰香气成分,或者对杂交兰香气起什么作用,还不明确。研究表明,正构烷烃可能是活体鲜花的特有组分^[22],环己烷在杂交兰中的作用,尚需进一步研究。

参考文献 (References)

- 1 范晓芬, 苏振洪, 朱建军, 李秀芬, 易水根. 施肥浓度与周期对杂交兰组培苗叶片生长的影响. 上海农业学报(Fan Xiaofen, Su Zhenhong, Zhu Jianjun, Li Xiufen, Yi Shuigen. Effects of fertilization concentrations and cycles on the growth of tissue-cultured plantlet leaves of hybrid *Cymbidium*. Acta Agriculturae Shanghai) 2013; 29(4): 9-13.
- 2 Morinaga SI, Kumano Y, Ota A, Yamaoka R, Sakai S. Day-night fluctuations in floral scent and their effects on reproductive success in *Lilium auratum*. *Popul Ecol* 2009; 51(1): 187-95.
- 3 Hendel-Rahmanim K, Masci T, Vainstein A, Weiss D. Diurnal regulation of scent emission in rose flowers. *Planta* 2007; 226(6): 1491-9.
- 4 Johnson SD, Ellis A, Dötterl S. Specialization for pollination by beetles and wasps: the role of lollipop hairs and fragrance in *Satyrium microrrhynchum* (Orchidaceae). *Am J Bot* 2007; 94(1): 47-55.
- 5 Kondo M, Oyama-Okubo N, Ando T, Marchesi E, Nakayama M. Floral scent diversity is differently expressed in emitted and endogenous components in *Petunia axillaries* lines. *Annals of Botany* 2006; 98(6): 1253-9.
- 6 Dudareva N, Martin D, Kish CM, Kolosova N, Gorenstein N, Fäldt J, et al. (E)-ocimene and myrcene synthase genes of floral scent biosynthesis in snapdragon: Function and expression of three terpene synthase genes of a new terpene synthase subfamily. *Plant Cell* 2003; 15: 1227-41.
- 7 Jürgens A, Witt T, Gottsberger G. Flower scent composition in night-flowering silene species (*Caryophyllaceae*). *Biochem Syst Ecol* 2002; 30(5): 383-97.
- 8 Pichersky E, Raguso RA, Lewinsohn E, Croteau R. Floral scent production in *Clarkia* (Onagraceae) (I. Localization and developmental modulation of monoterpene emission and linalool synthase activity) *Plant Physiol* 1994; 106: 1533-40.
- 9 彭红明. 中国兰花挥发及特征花香成分研究. 中国林业科学研究院(博士论文), 2009.
- 10 冯立国, 周力, 陶俊, 孟祥申. 蕙兰花香成分研究. 安徽农业科学(Feng Ligu, Zhou Li, Tao Jun, Meng Xiangshen. Study on aromatic components in *Cymbidium faberi*. *Journal of Anhui Agriculture Science*) 2009; 37(35): 17465-6.
- 11 杨慧君, 姚娜, 李潞滨, 杨柳, 闫伟伟. 建兰花香成分的 GC-MS 分析. 中国农学通报(Yang Huijun, Yao Na, Li Lubin, Yang Liu, Yan Wei. GC-MS analysis of *Cymbidium ensifolium* volatile components. *Chinese Agricultural Science Bulletin*) 2011; 27(16): 104-9.
- 12 Fan R, Chen Y, Ye X, Wu J, Lin B, Zhong H. Transcriptome

- analysis of *Polianthes tuberosa* during floral scent formation. PLoS One 2018; 13(9): e0199261.
- 13 张莹, 李辛雷, 王雁, 田敏, 范妙华. 文心兰不同花期及花朵不同部位香气成分的变化. 中国农业科学(Zhang Ying, Li Xinlei, Wang Yan, Tian Min, Fan Miaohua. Changes of aroma components in *oncidium sharry baby* in different florescence and flower parts. Scientia Agricultura Sinica) 2011; 44 (1): 110-7.
- 14 李祖光, 李建亮, 曹慧, 张小莎, 沈德隆. 紫藤鲜花在不同开花期的头香成分. 浙江林学院学报(Li Zuguang, Li Jianliang, Cao Hui, Zhang Xiaosha, Shen Delong. Chemical constituents of fragrances released from fresh flowers of *Wisteria sinensis* during different florescence periods. Journal of Zhejiang Forestry College) 2009; 26(3): 308-13.
- 15 冯立国, 生利霞, 赵兰勇, 于晓艳, 邵大伟, 何小弟. 玫瑰花发育过程中芳香成分及含量的变化. 中国农业科学(Feng Ligu, Sheng Lixia, Zhao Lanyong, Yu Xiaoyan, Shao Dawei, He Xiaodi. Changes of the aroma constituents and contents in the course of *Rosa rugosa* Thunb. flower development. Scientia Agricultura Sinica) 2008; 41(12): 4341-51.
- 16 李瑞红, 范燕萍. 白姜花不同开花时期的香味组分及其变化. 植物生理学通讯(Li Ruihong, Fan Yanping. Changes in floral aroma constituents in *Hedychium coronarium* Koenig during different blooming stages. Plant Physiology Communications) 2007; 43(1): 176-80.
- 17 黄巧巧, 冯建跃. 水仙花开放期间香气组分变化的研究. 分析测试学报(Huang Qiaoqiao, Feng Jianyue. Study on the variation in *Narcissus aroma* composition during blossoming. Journal of Instrumental Analysis) 2004; 23(5): 110-3.
- 18 Pott MB, Effmert U, Piechulla B. Transcriptional and post-translational regulation of S-adenosyl-L-methionine: Salicylic acid carboxyl methyltransferase(SAMT) during *Stephanotis floribunda* flower development. J Plant Physiol 2003; 160: 635-43.
- 19 Chen MX, Chen XS, Wang XG, Ci ZJ, Liu XL, He TM, Zhang LJ. Comparison of headspace solid-phase microextraction with simultaneous steam distillation extraction for the analysis of the volatile constituents in Chinese apricot. Agricultural Sciences in China 2006; 5: 879-84.
- 20 张春雨, 李亚东, 陈学森, 张志东, 刘海广, 吴林. 高丛越橘果实香气成分的GC-MS分析. 园艺学报(Zhang Chunyu, Li Yadong, Chen Xuesen, Zhang Zhidong, Liu Haiguang, Wu Lin. GC/MS analysis of volatile components in highbush blueberry cultivars. Acta Horticulturae Sinica) 2009; 36(2): 187-94.
- 21 Tønder D, Petersen MA, Poll L, Olsen CE. Discrimination between freshly made and stored reconstituted orange juice using GC odor profiling and aroma values. Food Chemistry 1998; 61(1/2): 223-9.
- 22 Shang CQ, Hu YM, Deng CH, Hu KJ. Rapid determination of volatile constituents of *Michelia alba* flowers by gas chromatography-mass spectrometry with solid-phase microextraction. Journal of Chromatography 2002; 942(1): 283-8.