

文心兰花香成分的分析

陈 华^{1,2} 范燕萍^{2*}

(1. 肇庆学院 生命科学学院, 广东 肇庆 526061; 2. 华南农业大学 园艺学院, 广东 广州 510642)

摘要: 不同品种的文心兰(*Oncidium*) 在香气上存在很大差异。对文心兰挥发性香气物质组成的研究,有助于了解文心兰香气的形成,及其生物合成的可能途径,为进一步研究香气代谢打下基础。研究用固相微萃取气相色谱质谱分析法对香气释放量有差异的 8 种文心兰进行香气成分和相对含量的测定。结果表明: 8 种文心兰品种花瓣挥发性香气成分总共有 75 种,其中有 43 种萜烯类物质,包含单萜类物质和倍半萜类物质及萜烯类衍生物,苯基/苯丙烷类有 8 种,醇酮醛类有 5 种,酯类有 7 种,其它有 12 种。在文心兰花瓣中香气成分中,萜烯类及其衍生物对文心兰的香气形成起非常大的作用,尤其是萜烯类的醇类衍生物。

关键词: 文心兰; 香气成分; 气相色谱质谱

中图分类号: S68 文献标志码: A 文章编号: 1000 - 2286(2012)04 - 0692 - 07

Analysis of Aroma Components of *Oncidium*

CHEN Hua^{1,2}, FAN Yan-ping^{2*}

(1. College of Life Science, Zhaoqing University, Zhaoqing 526061, China; 2. College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: There is significant difference aroma components in different *Oncidium* varieties. A study on the volatile aroma composition of *Oncidium* is helpful to understand the aroma formation and biosynthetic pathway in *Oncidium*, which may lay the foundation for further study of aroma metabolism. In this study, by GC - MS combined with solid phase micro extraction methods, aroma compositions and relative contents of eight varieties of *Oncidium* were analyzed. The results showed that there were 75 kinds of scent volatility compositions, of which 43 kinds were terpenoid substances, mainly including monoterpenes, sesquiterpenes and terpenes derivatives substances; 8 kinds were phenyl/phenylpropanoid; 5 kinds were alcohols, aldehydes and ketones; 7 kinds were esters; 12 kinds were other substances. The terpenes and theirs derivatives, particularly alcohols of terpenes derivatives, played a very big role in aroma formation of *Oncidium*.

Key words: *Oncidium*; the aroma components; GC - MS

兰花是花卉植物中品种最多的一种,包括 800 多属 25 000 种类^[1]。其中文心兰(*Oncidium*) 又名跳舞兰、金粉蝶兰、瘤瓣兰,属复茎类洋兰,附生或地生,是重要的三大洋兰之一^[2]。狭义的文心兰系指 *Oncidium* 属(文心兰属)的植物,广义的文心兰则包括文心兰属与其近缘属间的杂交种,现今常见的许多品种乃异属间杂交而来,笔者将这一群植物通称为文心兰家族。原产于中南美洲、北美洲南部和亚热带地区。其花序分枝性良好、花形优美、花色亮丽,具有良好的观赏价值,近年来倍受国际花卉市场的青

收稿日期: 2012 - 03 - 03 修回日期: 2012 - 03 - 30

基金项目: 广东省现代农业产业技术体系建设专项资金

作者简介: 陈华(1978—),女,讲师,博士生,主要从事园林植物与观赏花卉研究, E-mail: chenhuazhp@163.com; * 通

讯作者: 范燕萍,教授,博士, E-mail: fanyanping@scau.edu.cn。

睐,它在国际贸易占据花卉市场约8%^[1,3-4]。栽培面积日益扩大,已成为继蝴蝶兰后另一大面积栽培的洋兰。

兰花的幽香,清雅、醇正、袭远、持久,号称“香祖”、“王者之香”。花朵的香味与人类生活也密切相关^[5],花香是园林欣赏中一个十分重要的要素,花香物质还有重要的生态学意义^[6-7]。不同植物(有时甚至是同种植物的不同品种)的花朵产生的挥发性混合物的组成不同,从而形成了各自的特征香味^[8-10]。但目前栽培应用的文心兰有香味的品种并不多。而且关于文心兰香气成分的研究报道很少,主要研究在单个品种的文心兰不同花期及花朵不同部位香气成分的变化研究^[11]及少量的几个品种的香气成分初步分析有研究^[12]。本研究系统的对文心兰8个栽培应用中的主要品种的香气成分进行全面分析。深入了解不同品种文心兰花朵的香味组分及其含量变化,对研究其芳香品种的选育以及香气形成机制及研究相关代谢具有重要意义。

1 材料与方方法

1.1 实验材料

试验于2010年11—12月进行,样品名称详见表1,选取没有香味的文心兰品种3个,有清香味的文心兰品种3个,香味较浓的文心兰品种1个,具有巧克力香味的文心兰1个,总共8个品种。实验材料取盛开的花瓣,采集于华南农业大学花卉研究中心基地。采集时,选5株作为采集对象,每株重复采样3次,取样时间为晴天10:00—11:00。

1.2 实验方法

1.2.1 气相色谱-质谱分析条件 采用1.0g新鲜白姜花花瓣,置于4mL螺口玻璃瓶中,加入31.6ng/ μ L的癸酸乙酯5 μ L作为内标物,用聚四氟乙烯衬里的硅橡胶垫密封,插入100 μ m聚二甲氧硅(PMDS)萃取纤维头,于常温下顶空取样0.5h。以美国Agilent 6890N气相色谱仪5975B质谱仪分析,色谱柱为30m \times 0.25mm \times 0.25m HP-5MS石英毛细管柱。GC/MS条件:电离方式为EI,电子能量为70eV,进样口温度为250 $^{\circ}$ C,柱温为35 $^{\circ}$ C,2min后以5 $^{\circ}$ C/min升至80 $^{\circ}$ C,再以8 $^{\circ}$ C/min的幅度升至250 $^{\circ}$ C;四级杆温度为150 $^{\circ}$ C,离子源温度为230 $^{\circ}$ C,接口温度为280 $^{\circ}$ C;扫描质量数范围为30~500amu^[12]。

表1 文心兰品种名称及特性分析

Tab.1 Name and characteristics of *Oncidium* varieties

品种名称 Varieties name	形态 Shape	开花期 Flowering	中文名称 Chinese name	香味 Fragrance	主要应用 Application
花豹 Colm. Wild Cat 'CT-Leopard'	大	秋~春	花豹	—	切花、盆花
黄金二号 Onc. Gower Ramsey 'Gold 2'	中	秋~春	黄金二号	+	切花
黄金午后 Wils. Golden Afternoon 'Rich Yellow'	大	秋~春	黄金午后	++	切花、盆花
素花 Onc. 'Elegance Flower'	小	秋~春	素花	—	盆花
舞春风 Mtdm(leuchochilum - Warsce Wiezii)	中大	不定期	舞春风	—	切花
夏威夷 Mtdm. Bartley Schwarz 'Highland'	中大	不定期	夏威夷	+	切花
小樱桃 Onc. Kutoo 'CT-Little Cherry'	小	不定期	小樱桃	+	盆花
香水 Onc. sherry Baby "Buby Doll"	大	秋~春	香水	+++	切花、盆花

“—”代表无香味,“+”代表微香,“++”代表较香,“+++”代表浓香。

“—”no aromā “+”slightly aromā “++”aromā “+++”rich aroma.

1.2.2 香味成分的定性与定量分析 (1) 定性分析: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。各组分质谱图用NIST05库进行分析,按各峰的质谱裂片图与有关资料进行核对,以确定白姜花的挥发性物质化学成分。

(2) 定量分析:本研究采用香气各成分的相对含量 $[ng/(g \cdot h)] = (各成分的峰面积/内标的峰面积 \times 内标质量) / 0.5 h$ 。同时计算每个品种的主要释香成分相对含量占其总挥发性香气成分相对含量

的百分数。通过查阅文献获得某香气成分的香气阈值,香气值为某品种中该香气成分的浓度 ng/g(相对含量 [ng/(g·h)] 乘以萃取时间 h) 与该香气阈值的比值,香气值大于 1 的为特征香气成分^[13]。

2 结果与分析

2.1 不同品种的文心兰花瓣挥发性成分的定性和定量分析

经分析整理 8 个文心兰品种花瓣的挥发性成分的总离子流图,将 8 个文心兰品种花瓣的挥发性成分汇总成表 2。

表 2 不同种文心兰花瓣的主要挥发性成分及相对含量

Tab. 2 The main scent compositions and relative content in the petals of *Oncidium* species

峰号 No.	化合物名称 Compounds name	相对含量 Content/(ng·g ⁻¹ ·h ⁻¹)							
		花豹 Colm. Wild Cat 'CT - Leopard'	黄金二号 Onc. Gower Ramsey 'Gold 2'	黄金午后 Wils. Golden Afternoon 'Rich Yellow'	素花 Onc. 'Elegance Flower'	舞春风 Mtdm (leuco chilum - Warsce Wiezii)	夏威夷 Mtdm. Bartley Schwarz 'Highland'	小樱桃 Onc. Kutoo 'CT - Little Cherry'	香水 Onc. sherry Baby "Buby Doll"
1	1,1-二甲基-3-(1-甲基乙烯基)环戊烯								73.87
2	(1R)-(+)- α -蒎烯			94.67					54.79
3	3,7,7-三甲基二环[4.1.0]庚-3-烯			7.01					
4	月桂烯	23.04							
5	β -蒎烯	95.67							
6	β -蒎品烯								94.32
7	2,6-二甲基-1,3,5,7-辛四烯								30.07
8	(+)-柠檬烯	27.81		96.67					
9	柠檬烯			161.07					
10	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯	28.56							661.88
11	苯甲醛					77.34			296.89
12	3,7-二甲基-1,3,7-辛三烯 罗勒烯	130.52		528.47					367.52
13	(1S)-(+)-3-萜烯			39					
14	1-甲基-4-(1-甲基乙基)-1,4-环己二烯								39.93
15	1-乙炔基-3-亚甲基环戊烯								74.75
16	2-乙炔基-1,1-二甲基-3-亚甲基-环己烷								36.6
17	1,4,4-三甲基-2-羟基-0-乙酰肟								184.34
18	2,4-二甲基苯乙烯			24.6					
19	2-甲基-6-亚甲基-1,7-辛二烯-3-酮	49.92							319.52
20	十甲基环戊硅氧烷		72.7	94.67				177.67	
21	别罗勒烯	15.11	113.83	129	46				796.54
22	1,2-二甲基-4-乙基苯								33.74
23	苯甲酸甲酯					129.43			
24	3,4-二甲基-2,4,6-辛三烯							208	
25	1,5,5,6-四甲基-1,3-环己二烯	50.27							
26	2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯			399.33					183.29
27	沉香醇								192.83
28	苯甲醇						24.16		65.2
29	7,7-二甲基-2-亚甲基-双环庚烷								21.57
30	十三烷/正十三烷/							20.00	
31	1,1-二萜醌亚胺		26.50						
32	3-去甲基-3-乙炔基硫代秋水仙碱, N-[3-乙氧基-1,2]			47.33	10.03	4.66	14.63	99.67	47.61
33	(-)- α -萜澄茄油烯	13.14	753.67		168.15			56.00	
34	香叶醇								210.84
35	(+)-环萜烯		72.27		12.00				
36	(+)-喇叭烯			28.27					
37	癸酸甲酯	8.77							
38	(-)- α -可巴烯	18.17							
39	2-异丙烯基-5-甲基己烷-4-巴丙甲								108.96
40	β -波旁烯	11.08	38.33		8.97				
41	1,2,4-三唑酮啉啉-2 羧胺							56.00	36.21
42	2,3-二氢苯并咪喃		41.00		9.87				
43	3-异丙基-1,1,1,7,7,7-六甲基-3,5, 5-三(三甲基硅氧基)4S 氧烷			17.27					

续表2 不同种文心兰花瓣的主要挥发性成分及相对含量

Tab.2 The main scent compositions and relative content in the petals of *Oncidium* species

44	6-(3,4,5-三甲氧苯酰胺)己酸						66.33		
45	二乙基-2,6-二甲基-4-苯基-3,5-吡啶 (6E,10E)-7,11,15-三甲基-3-甲基-1,							47.92	
46	6,10,14-十六烷硫烯							24.76	
47	(E)- β -金合欢烯	10.30					31.74		
48	十五烷							128.00	
49	香树烯	14.70							
50	异戊酸苯甲酯					9.07			
51	(+)- α -可巴烯				14.60				
52	臭樟脑	24.48	84.12						
53	(4aR)-3,4,4'-5,6,7,8-磷酸酯酶 A α -八氢-1, 4a β -二甲基-7-(1-甲基亚乙基)萘				71.33				
54	肉桂酸甲酯					6.55			
55	1,2,3,4,6,8 α -六氢-1-异丙基-4,7-二甲基萘	6.98							
56	α -姜黄烯						13.41		
57	α -依兰烯		49.57						
58	4-异丙基-1,6-二甲基-1,2,3,7,8,8-六氢萘				11.57				
59	苯甲酸正戊酯					6.11			
60	(E,E)-3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二烷四烯							84.32	
61	1,3,6-Octatriene 3,7-dimethyl-, (3E)-	50.10							
62	4-(2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-基)-2-丁酮				22.67				
63	β -杜松烯, 葎澄茄烯		50.37				14.00		
64	1,6-二甲基-4-丙烷-2-基-2, 3,4,4'-7,8-六氢化萘	41.12			23.90				
65	雪松烯	7.22							
66	1,2,3,4-四氢-4-异丙基-1,6-二甲基萘	8.48	90.87		22.40				
67	2-异丁烯基-4-乙烯基-4-呋喃							24.00	
68	香叶基乙烯基醚							61.19	
69	1,3-环戊二烯,1,4-二(1-甲基乙基)	7.31							
70	4-氯-4'-[2,4-氨基-6-乙基-5-噻吩] 二苯基硫醚 5-(4-[(4-氯苯基)sulfonyl] 苯基)-6-乙基-2,4-噻吩二胺						33.67	39.04	
71	反式-橙花叔醇						58.53	31.81	
72	1,5,6,7-四氢-4H-吡啶-4-酮	9.79							
73	己烷雌酚							44.96	
74	反-反-法尼基乙酸					22.95			
75	2-羟基苯甲酸-3,3,5-三甲环己酯				26.43				
共计 Total		652.54	1 393.22	1 811.69	317.59	196.17	165.42	869.33	4 265.25

2.1.1 定性分析 经 GC/MS 分析,从表 2 中可知:8 种文心兰品种花瓣挥发性成分总共有 75 种,其中有 43 种萜烯类物质,且是单萜类物质和倍半萜类物质及萜烯类衍生物。苯基/苯丙烷类有 8 种,醇酮醛类有 5 种,酯类有 7 种,其它有 12 种,包含亚胺、蒽醌、羧胺、呋喃、醚和吡啶。花豹文心兰品种花瓣中共有挥发性化合物成分有 22 种,黄金二号文心兰有 11 种,黄金午后文心兰有 18 种,素花文心兰有 10 种,舞春风文心兰有 6 种,夏威夷文心兰有 6 种,小樱桃文心兰有 10 种,香水文心兰有 29 种。由此可见,8 种文心兰挥发性化合物差异明显。

2.1.2 定量分析 花豹文心兰花瓣的总挥发性成分相对含量有 652.54 ng/(g·h),主要释香成分是罗勒烯、 β -蒎烯、1,5,5,6-四甲基-1,3-环己二烯,这 3 种化合物相对含量占总挥发性香气成分的 42.37%。

黄金二号文心兰花瓣的总挥发性成分相对含量是 1 393.22 ng/(g·h),主要释香成分是(-)- α -葎澄茄油烯、别罗勒烯和 1,2,3,4-四氢-4-异丙基-1,6-二甲基萘,这 3 种化合物相对含量占总挥发性香气成分的 68.79%。

黄金午后文心兰花瓣的总挥发性成分相对含量有 1 811.69 ng/(g·h) ,主要释香成分是罗勒烯、2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯和柠檬烯,这3种化合物相对含量占总挥发性香气成分的60.10%。

素花文心兰花瓣的总挥发性成分相对含量为 317.59 ng/(g·h) ,主要释香成分是(-)- α -萜澄茄油烯、别罗勒烯和1,2,3,4-四氢-4-异丙基-1,6-二甲基萘,这3种化合物相对含量占总挥发性香气成分的74.48%。

舞春风文心兰花瓣的总挥发性成分相对含量仅有 233.17 ng/(g·h) ,主要释香成分是苯甲酸甲酯、苯甲醛、异戊酸苯甲酯,这3种化合物相对含量占总挥发性香气成分的92.57%。

夏威夷文心兰花瓣的总挥发性成分相对含量仅有 165.42 ng/(g·h) ,主要释香成分是反式橙花叔醇、(E)- β -金合欢烯、苯甲醇,这3种化合物相对含量占总挥发性香气成分的69.17%。

小樱桃文心兰花瓣的总挥发性成分相对含量有 869.33 ng/(g·h) ,主要释香成分是3,4-二甲基-2,4,6-辛三烯、十甲基环戊硅氧烷和十五烷,这3种化合物相对含量占总挥发性香气成分的59.09%。

香水文心兰花瓣的总挥发性成分相对含量有 4 265.25 ng/(g·h) ,主要释香成分是别罗勒烯、(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯和罗勒烯,这3种化合物相对含量占总挥发性香气成分的42.81%。

2.2 不同品种的文心兰花瓣特征香气成分的差异性分析

根据文献报道,表3列出了文心兰香气成分的香气阈值,并根据表2中香气成分的相对含量计算出香气值,从而确定出这8种不同品种的文心兰花瓣特征香气成分见表4。在各个不同品种特征香气成分的种类、香气值存在差异,一般认为,香气阈值为参照,香气值越大对样品香气的贡献越大。

表3 文心兰特征香气成分及香气值

Tab.3 The character impact components and aroma units in *Oncidium*

香气成分 Aromatic components	香气特性 Aromatic character	香气阈值/ (ng·g ⁻¹) Aromatic thresholds	香气值 Aromatic value							
			花豹 Colm. Wild Cat 'CT - Leopard'	黄金二号 Onc. Gower Ramsey 'Gold 2'	黄金午后 Wils. Golden Afternoon 'Rich Yellow'	素花 Onc. 'Elegance Flower'	舞春风 Mtdm (leuco chilum - Warsce Wiezj)	夏威夷 Mtdm. Bartley Schwarz 'Highland'	小樱桃 Onc. Kutoo 'CT - Little Cherry'	香水 Onc. sherry Baby "Buby Doll"
α -蒎烯 ^[14] α -Pinene	有松木、针叶及树脂样 气息,香气透发,不留长	0.018			2 629.7					1 521.9
柠檬烯 ^[15] Limonene	有类似柠檬的香味	15			5.4					
苯甲醛 ^[16] Benzaldehyde	具有特殊的杏仁气味	35						1.1		4.2
沉香醇 ^[17] Linalool	浓青带甜的木青气息, 似玫瑰木气味	25								3.9
苯甲醇 ^[17] Benzyl alcohol	呈微弱茉莉花香气和强 烈的熏烧味	10							1.2	
3,7,7-三甲基二 [4.1.0]庚-3- 烯 ^[18] 3,7,7-trime- thyl - Bicyclo [4.1. 0] hept - 3 - ene	具有强烈的松木样香气	0.4			8.8					
α -萜澄茄油烯 ^[18] α -Cubebene	具有特征性辛香和樟脑 气息	14		26.9		6.0				2.0
臭樟脑 ^[18] Naphthalene	具焦油气息	0.44	27.8	95.6						

从表3和表4可知,舞春风文心兰花瓣特征香气成分十分特殊,主要是醛酮类物质苯甲醛。素花文心兰花瓣特征香气成分主要是萜烯类物质(-)- α -萜澄茄油烯,它的特征香气成分和小樱桃相同。花豹文心兰花瓣特征香气成分主要是萜烯类臭樟脑。夏威夷文心兰花瓣特征香气成分主要是苯基类。黄金二号花瓣特征香气成分主要是萜烯类(-)- α -萜澄茄油烯和臭樟脑。

黄金午后文心兰用嗅觉闻起来,它有一种特殊的香气,经测定它的挥发性成分得知,花瓣特征香气成分是萜烯类,尤其是带有类似柠檬香味的柠檬烯和具有强烈的松木样香气的 α -蒎烯和3,7,7-三甲基二环[4.1.0]庚-3-烯。

表4 8个品种的文心兰花瓣特征香气成分

Tab.4 The special scent compositions in the petals of *Oncidium* varieties

品种名称 Species name	特征香气成分 The special scent compositions			类别 Class
舞春风 Mtdm(leuchochilum - Warsce Wiezii)	苯甲醛			醛酮类
素花 Onc. 'Elegance Flower'	(-)- α -萜烯茄油烯			萜烯类
花豹 Colm. Wild Cat 'CT - Leopard'	臭樟脑			萜烯类
夏威夷 Mtdm. Bartley Schwarz 'Highland'	苯甲醇			苯基类
小樱桃 Onc. Kutoo 'CT - Little Cherry'	(-)- α -萜烯茄油烯			萜烯类
黄金二号 Onc. Gower Ramsey 'Gold 2'	(-)- α -萜烯茄油烯	臭樟脑		萜烯类
黄金午后 Wils. Golden Afternoon 'Rich Yellow'	α -蒎烯	3,7,7-三甲基二 环[4.1.0]庚-3-烯	柠檬烯	萜烯类
香水 Onc. sherry Baby "Buby Doll"	α -蒎烯	苯甲醛	3,7-二甲基-1, 6-辛二烯-3 -醇(沉香醇)	醛酮类, 萜烯类 及衍生物

香水文心兰是具有巧克力香气的文心兰,香气十分浓厚,经测定它的挥发性成分得知,花瓣特征香气成分是醛酮类、萜烯类及其衍生物。其中沉香醇,香气值较高,是特征香气,它具有浓青带甜的木青气息,似玫瑰木气味,其对香水文心兰香气形成做出的贡献较大。此外黄金午后和香水文心兰特征香气中的 α -蒎烯,香气值也很高。

3 讨 论

舞春风是夏威夷的白花变种,香气成分两种均有苯基环类的醇、醛等物质,但舞春风含有酯类物质,用嗅觉闻起来几乎没有香气,它的特征香气苯甲醛的香气值也较低。相对而言,夏威夷含有特征香气苯甲醇,用嗅觉闻起来有微香气。

另外,具有相同的主要释香成分的素花和黄金二号,但是这两种文心兰花瓣的香气,相对来说黄金二号要更香一些。原因可能黄金二号多一些萜烯类物质成分且相同香气萜烯类组成成分的相对含量更高,况且黄金二号的特征香气成分中的臭樟脑(naphthalene),香气值较高。

香水文心兰中特征香气3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇(沉香醇)的浓青带甜的木青气息,似玫瑰木气味,形成香水文心兰香甜的巧克力气味,这个结果与张莹^[12]有所区别。而且沉香醇的似玫瑰木气味,其香气阈值较低,以及在香水文心兰中的香气值较高。因此可以判断,形成甜蜜的香气成分中,萜烯类及其衍生物起到非常大的作用,尤其是萜烯类的醇类衍生物。

在本研究中,首次发现 α -蒎烯在黄金午后和香水文心兰中的香气值很高,其可能对香气的形成也有一定的贡献。

参考文献:

- [1] Samira C, Satyakam G I, Usha R. Micropropagation of orchids: A review on the potential of different explants [J]. Scientia Horticulturae, 2009, 122: 507-520.
- [2] 卢思聪. 中国兰和洋兰 [M]. 1版. 北京: 金盾出版社, 1994: 160-161.
- [3] Santana G E, Chaparro K, Clonal. Propagation of *Oncidium* through the culture of floral buds [J]. Acta Horticulture, 1997, 482: 315-320.
- [4] Prasshart B, Madhuri S. In Vitro regenerator of *Oncidium* gower ramsey by high frequency PLBs proliferation [J]. India Journal of Plant Physiology, 1997, 2(1): 10-14.
- [5] Schnepf J, Dudareva N. Floral scent: Biosynthesis, regulation and genetic modifications [M] // Ainsworth C. Flowering and its Manipulation, Ames: Blackwell Pub Professional, 2006: 240-257.
- [6] Pichersky E, Jonathan G. The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense [J]. Curr Opin Plant Biol, 2002, 5: 237-243.
- [7] Reinhard J, Srivivasan M V, Zhang S. Scent-triggered navigation in honeybees [J]. Nature, 2004: 427-411.
- [8] Raguso R A, Light D M, Pichersky E. Electroantennogram responses of *Hyles lineata* (Sphingidae: Lepidoptera) to volatile

- compounds from *Clarkia breweri* (Onagraceae) and other moth-pollinated flowers [J]. *J Chem Ecol*, 1996, 22: 1735-1766.
- [9] 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.
- [10] 范燕萍, 余让才, 黄蕴, 等. 姜花挥发性成分的固相微萃取气相色谱质谱分析 [J]. *园艺学报*, 2003, 30(4): 475.
- [11] 张莹, 李辛雷, 王雁, 等. 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*, 2011, 44(1): 110-117.
- [12] 张莹, 李辛雷, 陈胜, 等. 三种文心兰挥发性成分的比较 [J]. *植物生理学通讯*, 2010, 46(2): 178-180.
- [13] Guadagni D G, Buttery R G, Harris J. Odour intensities of hop oil components [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1966, 17(3): 142-144.
- [14] Nagata Y. Measurement of odor threshold by triangle odor bag method [J]. *Bulletin of Japan Environmental Sanitation Center*, 1990, 17: 77-89.
- [15] Ferreira V, Lopez R, Cacho J F. Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties [J]. *Journal of the Science on Food and Agriculture*, 2000, 80(11): 1659-1667.
- [16] Ferreira V, Rapp A, Cacho J, et al. Fast and quantitative determination of wine flavor compounds using microextraction with Freon 113 [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1993, 41(9): 1413-1420.
- [17] Guth H. Quantitation and sensory studies of character impact odorant of different white wine varieties [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45: 3027-3032.
- [18] Yang Chao, Luo Liping, Haijing, et al. Common aroma-active components of propolis from 23 regions of China [J]. *J Sci Food Agric*, 2010, 90: 1268-1280.

(上接第 691 页)

- [3] 刘小兵, 朴建华, 田园. 几种生物活性物质体外抗氧化能力评价技术的研究 [J]. *卫生研究*, 2009, 38(3): 280-283.
- [4] Guo C J, Yang J J, Wei J Y, et al. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay [J]. *Nutrition Research*, 2003, 23: 1719-1726.
- [5] 宋焯, 翟衡, 杜远鹏, 等. 苹果加工品种多酚提取物的抗氧化效果分析 [J]. *果树学报*, 2006, 23(6): 793-797.
- [6] 王华磊, 冯建荣, 樊新民, 等. 新疆 17 个杏品种的抗氧化指标与总酚含量的测定 [J]. *果树学报*, 2008, 25(6): 828-831.
- [7] Huang R H, Liu J H, Lu Y M, et al. Effect of salicylic acid on the antioxidant system in the pulp of Cara cara navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) at different storage temperatures [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 47: 168-175.
- [8] 黄仁华, 陆云梅, 夏仁学. 纽荷尔脐橙果实发育过程中类黄酮变化与体外抗氧化活性的关系 [J]. *食品科学*, 2009, 30(1): 35-37.
- [9] 陆云梅, 黄仁华, 夏仁学. 红肉脐橙果实中抗氧化物质含量及其抗氧化活性的研究 [J]. *果树学报*, 2011, 28(1): 134-137.
- [10] 李江波, 陈金印. “森柏”对纽荷尔脐橙果实采后生理及贮藏效果的研究 [J]. *江西农业大学学报*, 2010, 32(6): 1127-1130.
- [11] 王雄, 施婷婷, 曾荣, 等. GA₃ 处理对纽荷尔脐橙留树保鲜果实内源激素变化的影响 [J]. *江西农业大学学报*, 2010, 32(1): 57-60.
- [12] 郭晓敏, 王景明, 闵嗣璠, 等. 赣南 4 个品种果肉、果皮营养成分比较 [J]. *西北农业学报*, 2011, 20(7): 127-131.
- [13] 李坊贞, 钟八莲. 赣南脐橙种质资源现状的分析 [J]. *赣南师范学院学报*, 2010, 6: 68-69.