

袁媛,孙叶,李凤童,等. 蕙兰不同品种花香成分分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(16):186-189.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.16.042

蕙兰不同品种花香成分分析

袁媛,孙叶,李凤童,刘春贵,马辉,张甜,陈秀兰,包建忠

(江苏里下河地区农业科学研究所,江苏扬州 225007)

摘要:为研究不同品种蕙兰香气成分的差异,采用顶空固相微萃取(HS-SPME)和气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术,对9个品种蕙兰的花香成分进行了分析。从蕙兰花香气中共鉴定出144种香气成分,主要有萜烯类、醇类、醛类、酯类、酮类、烷烃类、芳香烃,另有少量的酚类、酸类和醚类物质。不同品种蕙兰花中的主要花香物质较类似,主要包括金合欢醇、洋茉莉醛、 α -愈创木烯、氧化石竹烯、茉莉酸甲酯、香叶醇、甲酸芳樟酯等。醇类、萜烯类和酯类物质在蕙兰香气组成中相对含量较高,可认为是蕙兰的主要挥发性物质。

关键词:蕙兰;花香成分;顶空固相微萃取;气相色谱-质谱联用

中图分类号:S682.310.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)16-0186-04

蕙兰(*Cymbidium faberi*)属兰科兰属植物,一茎多花,其花香气清幽、沁人心脾,也是国兰的代表性种类。兰香历来被人们作为评估和鉴赏兰花品质的重要标准之一,国兰名品大都具有香气,无香的往往是同类中的下品^[1]。花香作为观花植物的重要品质之一,在花卉栽培育种、芳香植物利用等领域受到广泛关注。目前香气相关研究报道主要集中在矮牵牛^[2]、玫瑰^[3]、桂花^[4]、腊梅^[5]、百合^[6]等花卉。近几年,兰科植物香气成分的研究也受到国内外学者的关注,刘运权等对建兰原生种、建兰铁骨素和建兰金丝马尾进行挥发性成分分析,分别鉴定出39、34、28种成分^[7]。张莹等对文心兰不同花期及花朵不同部位进行香气成分分析,认为烯类物质是影响香水文心兰的重要化合物^[8]。冯立国等以蕙兰普通下山兰为研究材料,共鉴定出33种香气成分,其中芳香族化合物的相对含量最高,达到了54.24%^[9]。方永杰等对贵州产蕙兰进行香气成分测定,共鉴定出57种挥发性成分,其中2- β -蒎烯和 α -蛇麻烯是该蕙兰的主要香气物质^[10]。总体来说,蕙兰香气成分相关的研究还较少。

本研究采用顶空固相微萃取(HS-SPME)和气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术,以9个品种蕙兰为材料,对其花朵芳香成分种类及其含量进行研究分析,旨在为蕙兰的鉴赏、育种及其他国兰花香成分的研究提供参考,也为国兰精油的提取及产业化开发奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

供试的适圆、虞山梅、元字、仙绿、郑孝荷、大一品、江山素、金奥素、如意素9个蕙兰品种均取自江苏里下河地区农业

科学研究所花卉资源圃,正常水肥管理。挑选盛花期且长势一致的盆栽苗,于测定前1d搬到测试准备室内,以适应环境条件,摘取刚刚盛开的鲜花进行测定。

手动SPME进样器和75 μ m Carboxen/PDMS萃取头为美国Supelco公司产品;TRACE ISQ气相色谱-质谱联用仪为美国Thermo公司产品。

1.2 试验方法

1.2.1 HS-SPME萃取 取样前先将固相微萃取头在气相色谱进样口老化40 min,老化温度250 $^{\circ}$ C。摘取盛开的蕙兰花朵,整朵剪碎,置于15 mL的萃取瓶中,用聚四氟乙烯垫片密封。将老化好的萃取头插入样品瓶顶空部分,于45 $^{\circ}$ C(水浴)条件下吸附40 min。

1.2.2 GC-MS分析 吸附完成后将固相微萃取头抽回,插入气相色谱-质谱联用仪,于250 $^{\circ}$ C解吸2 min,启动仪器采集数据。色谱条件:采用TG-WAXMS色谱柱,长60 m,内径0.32 mm,液膜厚1.0 μ m;进样量0.2 μ L,载气为He(99.99%),不分流;程序升温,进样口250 $^{\circ}$ C,柱温起始温度50 $^{\circ}$ C保持1 min,以5 $^{\circ}$ C/min升温至120 $^{\circ}$ C,再以8 $^{\circ}$ C/min升温至200 $^{\circ}$ C,最后以12 $^{\circ}$ C/min升温至250 $^{\circ}$ C保持7 min。质谱条件:GC-MS接口温度250 $^{\circ}$ C;离子源温度200 $^{\circ}$ C,电离方式EI,电子能量70 eV,发射电流200 μ A;扫描质量范围45~600 amu。2次重复,取平均值。

1.3 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(NIST/WILEY)检索,采用保留指数定性的方法来辅助质谱检索定性,再结合有关文献进行人工谱图解析,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 蕙兰花香物质主要成分

经GC-MS检测,9个蕙兰品种共检测出144种香气成分,其中适圆有49种成分,虞山梅有56种成分,元字有68种

收稿日期:2018-05-16

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(17)2012]。

作者简介:袁媛(1987—),女,山东菏泽人,博士,助理研究员,主要从事花卉育种和分子遗传研究。E-mail:ocean1209@126.com。

通信作者:包建忠,研究员,主要从事花卉遗传育种研究。E-mail:yzbjz@126.com。

成分,仙绿有 46 种成分,郑孝荷有 60 种成分,大一品有 52 种成分,江山素有 55 种成分,金奥素有 45 种成分,如意素有 51 种成分。9 个蕙兰品种的主要挥发性成分及其相对含量如表 1 所示(因篇幅限制,只列了相对含量较高的 68 种主要成分),主要有萜烯类、醇类、醛类、酯类、酮类、烷烃类、芳香烃,另有少量的酚类、酸类和醚类物质。

各香气物质在品种间的含量有差异,金合欢醇是适圆、虞山梅、元字、仙绿、金奥素、如意素 6 个蕙兰品种的第一挥发性成分,相对含量为 18.54% ~ 34.42%,是大一品、江山素 2 个品种的第二挥发性成分,相对含量分别为% 17.31 和 15.10%,而在郑孝荷中含量较低,只有 0.39%。茉莉酸甲酯在 9 个蕙兰品种中均检测到,除在郑孝荷中含量较低外,在其他 8 个品种中含量均较高,为 5.03% ~ 15.69%。蕙兰品种适圆的香气成分以金合欢醇为主,占总含量的 34.42%,其余依次是香叶醇、 α -愈创木烯、茉莉酸甲酯和 1-石竹烯,其相对含量分别为 17.28%、13.65%、11.65% 和 3.36%,小茴香醇为适圆的特征香气成分,含量为 1.25%,在其他 8 个蕙兰品种中均未有检测到。虞山梅中含量最高的为金合欢醇,占总含量的 29.07%,其次依次为甲酸芳樟酯、茉莉酸甲酯、二氢- α -紫罗兰酮和 1-石竹烯,含量分别为 15.98%、15.55%、9.22% 和 4.24%。元字含量最高的为金合欢醇

26.93%,其次为茉莉酸甲酯 11.00%、水菖蒲烯 5.31%、绿花烯 4.44% 和氧化石竹烯 4.18%,元字的特征香气成分为异丁酸辛酯,含量为 3.27%。仙绿的主要香气成分为金合欢醇、香叶醇、氧化石竹烯、茉莉酸甲酯、苜蓿烯,含量分别为 29.11%、21.50%、10.86%、5.83%、4.89%,其中香叶醇只在适圆和仙绿中检测到,在其他蕙兰品种中均未检测到。郑孝荷与其他蕙兰品种香气差异较大,主要成分洋茉莉醛含量为 32.28%,其次为 α -长叶蒾烯、桉烯、1-石竹烯、四氢香叶醇,含量分别为 7.86%、6.70%、5.67% 和 4.39%。大一品中含量最高的为 α -愈创木烯,含量为 27.19%,其次为金合欢醇、茉莉酸甲酯、1-石竹烯和别香橙烯,含量分别为 17.31%、15.69%、6.54% 和 5.36%。江山素中氧化石竹烯和金合欢醇含量较高,分别为 15.53% 和 15.10%,茉莉酸甲酯、别香橙烯和 α -长叶蒾烯含量分别为 11.44%、8.04% 和 6.17%,特征成分乙酸异茨酯的含量为 5.74%。金奥素的香气成分中含量较高的有金合欢醇(26.63%)、 α -愈创木烯(18.90%)、茉莉酸甲酯(12.38%)、二氢- α -紫罗兰酮(9.51%) 和 1-石竹烯(6.12%),其中二氢- α -紫罗兰酮只在虞山梅和金奥素中检测到。如意素中含量较高的有金合欢醇(18.54%)、甲酸芳樟酯(14.20%)、别香橙烯(9.19%)、1-石竹烯(7.77%) 和茉莉酸甲酯(5.03%)。

表 1 不同蕙兰品种主要芳香成分及其相对含量

分类	化合物名称	相对含量(%)								
		适圆	虞山梅	元字	仙绿	郑孝荷	大一品	江山素	金奥素	如意素
醇类	四氢香叶醇(tetrahydro geraniol)	0.59	0.63	3.63	0.14	4.39	—	—	0.15	0.12
	香叶醇(geraniol)	17.28	—	—	21.50	—	—	—	—	—
	月桂醇(lauryl alcohol)	0.14	0.25	0.68	—	0.31	—	—	—	—
	小茴香醇(fenchol)	1.25	—	—	—	—	—	—	—	—
	金合欢醇(farnesol)	34.42	29.07	26.93	29.11	0.39	17.31	15.10	26.63	18.54
	桉叶油醇(cineole)	—	—	—	—	—	0.32	0.16	0.13	0.66
	蓝桉醇(globulol)	—	—	—	—	—	0.23	0.22	—	0.10
	百秋李醇(patchouli alcohol)	0.16	1.07	0.29	0.86	0.20	—	1.33	—	—
	橙花叔醇(nerolidol)	0.21	0.19	0.12	0.30	0.56	0.45	0.34	0.80	0.39
	柏木醇(cedrol)	0.30	0.66	0.89	0.66	0.85	0.12	—	0.17	0.13
	芳樟醇(linalool)	—	—	0.10	—	0.51	0.39	—	—	—
	异胡薄荷醇(isopulegol)	—	—	—	—	—	—	2.57	—	1.27
	α -萜品醇(α -Terpineol)	0.26	—	0.15	0.19	—	0.89	2.04	0.79	1.11
	γ -壬内酯(γ -nonanolactone)	—	—	0.10	—	0.38	—	—	—	—
酯类	异丁酸辛酯(2-methyl-propanoic acetyl ester)	—	—	3.27	—	—	—	—	—	—
	乙酸芳樟酯(linalyl acetate)	—	—	—	2.52	—	0.11	—	—	0.16
	甲酸芳樟酯(linalyl formate)	0.73	15.98	0.34	—	—	0.58	0.16	0.57	14.20
	茉莉酸甲酯(methyl jasmonate)	11.64	15.55	11.00	5.83	0.46	15.69	11.44	12.38	5.03
	乙酸异茨酯(isobornyl acetate)	—	—	—	—	—	—	5.74	—	—
	乙酸橙花酯(nerol acetate)	0.11	—	0.57	—	0.22	—	—	—	—
	水杨酸戊酯(amylyl salicylate)	0.81	—	—	0.55	0.38	—	—	—	—
	丁酸松油酯(terpinyl butyrate)	—	—	—	0.57	2.90	0.63	—	0.44	0.72
	壬酸丁酯(nonanoic acid, butylester)	—	—	0.57	—	—	—	—	—	—
	乙酸松油酯(terpinyl acetate)	—	—	—	—	—	—	0.90	—	—
烷烃类	十一烷(undecane)	0.14	0.34	—	0.12	—	—	—	—	0.27
	二十烷(eicosane)	0.13	0.42	0.31	0.33	0.23	—	—	—	—
酮类	对甲基苯乙酮(p-methylacetophenone)	—	—	—	—	0.80	—	—	—	—
	香叶基丙酮(geranyl acetone)	0.30	0.39	0.63	—	—	1.41	0.20	1.00	0.20

表 1(续)

化合物名称		相对含量(%)								
		适圆	虞山梅	元字	仙绿	郑孝荷	大一品	江山素	金奥素	如意素
	二氢- α -紫罗兰酮(dihydro- α -ionone)	—	9.22	—	—	—	—	—	9.51	—
萜烯类	α -愈创木烯(α -guaiene)	13.65	2.11	3.56	—	0.31	27.19	2.41	18.90	—
	α -长叶蒎烯(α -longipinene)	1.10	0.49	0.27	0.44	7.86	0.81	6.17	0.92	5.68
	氧化石竹烯(caryophyllene oxide)	—	—	4.18	10.86	1.71	—	15.53	5.13	6.38
	月桂烯(myrcene)	—	—	0.66	—	—	0.17	—	—	0.44
	3-蒎烯(3-carene)	0.35	0.15	0.52	—	0.29	0.31	0.74	0.40	0.17
	柠檬烯(limonene)	—	—	—	—	—	0.17	0.11	—	0.41
	水菖蒲烯(calarene)	0.31	0.23	5.31	1.39	3.71	2.28	3.28	1.23	3.51
	β -蒎烯(β -pinene)	—	—	0.37	0.63	—	—	—	—	0.32
	绿花烯(viridiflorene)	0.52	0.59	4.44	1.76	3.39	1.00	1.09	0.49	1.50
	γ -古芸烯(γ -gurjunene)	—	—	0.30	—	—	—	—	0.50	—
	别香橙烯(alloaromadendrene)	—	—	3.69	0.27	—	5.36	8.04	2.20	9.19
	α -红没药烯(α -bisabolene)	0.22	—	0.27	—	1.21	0.64	0.28	0.22	0.12
	4-蒎烯(4-carene)	—	0.19	—	0.31	—	0.87	—	—	—
	桉烯(sabinene)	—	—	—	—	6.70	—	—	0.12	0.18
	苜蓿烯(sativene)	—	0.42	2.57	4.89	1.86	0.78	0.15	—	—
	α -蒎烯(α -copaene)	—	—	—	0.43	0.60	0.58	0.16	0.50	0.22
	α -柏木烯(α -cedrene)	0.15	0.17	0.12	0.74	0.86	0.83	0.51	0.15	0.50
	罗汉柏烯(thujopsene)	0.68	0.84	0.14	0.23	0.17	1.44	1.07	1.58	0.87
	α -长叶烯(α -longifolene)	1.37	—	0.35	0.12	—	0.83	2.00	—	—
	d-杜松烯(d-cadinene)	—	—	—	—	—	0.19	0.16	0.13	0.15
	香橙烯(aromadendrene)	—	—	—	1.52	1.67	0.77	3.14	—	—
	β -柏木烯(β -cedrene)	0.12	0.12	0.21	0.34	0.46	1.04	1.03	0.17	—
	萜品油烯(terpinolene)	—	—	—	—	1.67	—	0.75	—	—
	α -石竹烯(α -caryophyllene)	0.32	0.48	—	—	3.25	0.81	1.33	1.06	1.48
	马兜铃烯(aristolene)	—	—	—	—	—	0.40	—	—	—
	茨烯(camphene)	—	0.15	—	—	—	0.72	0.85	—	1.68
	α -蒎烯(α -pinene)	0.28	1.66	—	0.17	0.40	0.32	—	0.71	6.43
	1-石竹烯(1-caryophyllene)	3.36	4.24	2.55	1.76	5.76	6.54	0.26	6.12	7.77
	α -水芹烯(α -phellandrene)	—	0.32	—	—	0.25	—	—	—	0.14
	α -萜品烯(α -terpinene)	—	—	2.22	—	—	—	—	0.32	0.61
酸类	豆蔻酸(myristic acid)	—	—	0.13	—	—	—	—	—	—
醛类	洋茉莉醛(piperonal)	—	0.41	—	0.56	32.28	—	—	0.14	0.30
	香叶醛(geranial)	0.75	0.18	0.30	0.30	—	0.33	0.10	0.42	0.22
	反式-2-壬烯醛(<i>trans</i> -2-nonenal)	0.38	0.67	—	—	—	—	—	—	—
	2-苯基丙醛(2-phenyl-1-propanal)	0.77	—	0.55	—	0.65	0.39	—	0.24	0.41
醚类	洋芹醚(apiol)	0.13	—	—	0.23	—	—	—	—	—
酚类	对叔丁基苯酚(4-tert-butylphenol)	—	—	—	—	—	0.30	—	—	—
芳香烃	间乙基甲苯(<i>m</i> -ethyl toluene)	0.38	—	1.11	—	0.90	0.24	—	0.51	—
	邻二甲苯(<i>o</i> -xylene)	0.56	—	1.04	—	—	—	—	—	—

注:—表示未检测到或不存在。

2.2 蕙兰花香成分类别的比较

蕙兰品种不同,其所含的化合物的种类和数量不同。不同种类的香气成分在 9 个蕙兰品种中分布见表 2,醇类、醛类、酯类、烷烃类和萜烯类物质在 9 个品种中均有检测出来,其中萜烯类检测出的化合物种类最多,在 9 个品种中分别检测出 15~26 种,江山素检测出的萜烯类化合物种类最多,达 26 种,适圆中检测出的萜烯化合物种类最少,仅 15 种。醇类在 9 个品种中分别检测出 7~16 种,元字中最多,有 16 种,金奥素中最少,只有 7 种。酯类在 9 个品种中分别检测出 3~11 种,元字中最多,有 11 种,适圆中最少,只有 3 种。在所检测 9 个蕙兰品种中,元字含有的香气种类最多,达 10 种,郑孝

荷含有 9 种香气种类,大一品、江山素含有 8 种香气种类,适圆、虞山梅、金奥素、如意素含有 7 种香气种类,仙绿含有的香气种类最少,只有 6 种。

蕙兰香气成分中醇类、萜烯类和酯类化合物所占的比重较高。在适圆和仙绿中,醇类物质含量分别高达 55.38% 和 53.96%,在虞山梅和元字中,醇类物质含量也高于其他成分,在郑孝荷中醇类物质含量较低,仅有 8.05%。郑孝荷、大一品、江山素、金奥素和如意素中萜烯类物质含量远高于其他品种,分别达 40.95%~54.20%,而在虞山梅中含量较低,只有 12.83%。在所有品种中,酯类物质含量最高的为虞山梅,含量为 32.66%,醛类物质含量最高的为郑孝荷,含量为 33.53%。

表 2 不同蕙兰品种芳香成分及含量分类统计

化合物	含量(%)								
	适圆	虞山梅	元字	仙绿	郑孝荷	大一品	江山素	金奥素	如意素
醇类(Alcohols)	55.38(13)	33.62(10)	34.25(16)	53.92(13)	8.05(12)	20.69(9)	22.25(9)	28.85(7)	22.52(10)
醛类(Aldehydes)	2.02(4)	1.89(7)	1.40(5)	0.86(2)	33.53(5)	0.83(3)	0.10(1)	0.80(3)	0.93(3)
酮类(Ketones)	0.56(3)	10.09(4)	0.83(2)	—	0.80(1)	1.51(2)	0.31(2)	10.64(3)	0.36(2)
酯类(Esters)	12.48(3)	32.66(10)	17.34(11)	9.48(4)	4.91(9)	17.19(5)	18.87(8)	13.72(6)	21.37(7)
酸类(Acids)	—	—	0.13(1)	—	—	—	—	—	—
醚类(Ethers)	—	—	0.39(2)	0.62(3)	0.17(1)	0.54(2)	0.17(1)	—	—
酚类(Phenols)	—	—	0.10(1)	—	0.21(1)	—	—	—	—
烷烃类(Alkanes)	2.53(8)	5.56(7)	6.42(7)	6.67(7)	5.94(7)	1.18(4)	4.26(6)	1.32(4)	1.85(5)
芳香烃类(Arenes)	1.12(3)	0.17(1)	2.15(2)	—	1.22(3)	0.59(3)	0.71(2)	0.72(2)	0.40(1)
萜烯类(Terpenes)	22.78(15)	12.83(17)	32.54(21)	26.02(17)	42.42(21)	54.20(24)	50.59(26)	40.95(20)	48.65(23)
合计	96.87(49)	96.82(56)	95.56(68)	97.56(46)	97.25(60)	96.73(52)	97.26(55)	97.00(45)	96.08(51)

注:括号内数字为成分种类数;—表示未检测到或不存在。

萜类物质、醇类物质和酯类物质无论数量还是相对含量都占有很大比重,因此可以确定为蕙兰的主要香气成分。

3 讨论与结论

本研究采用 GC-MS 技术对 9 个品种蕙兰花朵的香气成分进行测定,共检测出 144 种化合物,分别属于 10 大类,其中醇类、萜烯类和酯类化合物是蕙兰主要的香气成分。9 个蕙兰品种中有 6 个品种的第一挥发性物质为金合欢醇,郑孝荷、大一品和江山素的第一挥发性成分分别为洋茉莉醛、 α -愈创木烯和氧化石竹烯。各测试样品中的花香物质的第二、第三挥发性成分也不尽相同,主要有茉莉酸甲酯、香叶醇、甲酸芳樟酯等。金合欢醇是许多芳香植物香味的贡献者之一^[11],天然存在于柠檬草油和香茅油等精油中,具有特有的青香韵的铃兰花香气,并有青香和木香香韵。洋茉莉醛香气温和,有些似葵花、樱桃样香气。 α -愈创木烯具有特殊的木香香气,是许多植物芳香气味的来源之一^[12]。氧化石竹烯具有温和的丁香香气,天然存在于肉桂叶油和丁香叶油中。茉莉酸甲酯天然存在于茉莉花精油中,具有愉快的茉莉花香气。香叶醇具有温和的玫瑰花气息。甲酸芳樟酯香气较清新,近似香柠檬和马鞭草的气味。所检测的蕙兰样品中,主要挥发性物质大多具有不同风格的香味,这些物质在蕙兰中的相对含量较高,是蕙兰浓郁香气的来源,它们在蕙兰花中挥发性成分构成及其含量高低的的不同也是蕙兰个体之间香气差异的原因。

彭红明测试了 4 种不同颜色的蕙兰,主要挥发性成分有 β -反式罗勒烯、金合欢醇和茉莉酸甲酯等^[13],这与本研究结论基本一致。陈君梅等对 25 份来自秦岭地区的野生蕙兰进行花香成分分析,发现该地区蕙兰的花中挥发性成分多达 50 种以上,主要为萜烯类、酯类、醇类和烷烃类物质,主要成分有(E)-橙花叔醇、二十二碳六烯酸和[1*a*,2*a*(Z)]-茉莉酸甲酯等^[14]。魏丹等对浙江产蕙兰鲜花进行芳香成分分析,其主要香气成分依次是醇类(31.44%)、烷烃(17.21%)和萜烯类(13.39%),主要香气物质为桉油精(14.49%)和(E)-4-己基葵烯-6-炔(8.97%)等^[15]。方永杰等对蕙兰普通花型的下山苗进行香气成分检测,2- β -蒎烯(15.34%)和 α -蛇麻烯(17.05%)的相对含量最高,认为萜烯类化合物是蕙兰的主要香气成分^[10]。冯立国等对蕙兰下山品种进行成分分析,发现其主要花香物质为二苯硫醚甲酮和二苯砜^[9],与本

研究结果截然不同,这可能与试验材料、栽培条件及分析仪器等因素有关。蕙兰品种不同,其香气有差异,香气的散发又受到栽培条件和植株长势的影响,因此不同品种及栽培条件对蕙兰花香的影响需进一步研究。

参考文献:

- [1] 姚家宁. 中华兰文化[J]. 安徽林业,2004(2):46-47.
- [2] Nakamura K, Matsubara K, Watanabe H, et al. Identification of *Petunia hybrida* cultivars that diurnally emit floral fragrances[J]. Scientia Horticulturae,2006,108(1):61-65.
- [3] 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.
- [4] 杨秀莲,施婷婷,文爱林,等. 3 个四季桂品种花瓣挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 中南林业科技大学学报,2015,35(10):127-133.
- [5] 熊敏,周明芹,向林,等. 蜡梅花挥发油成分的 GC-MS 分析[J]. 华中农业大学学报,2012,31(2):182-186.
- [6] 张辉秀,胡增辉,冷平生,等. 不同品种百合花挥发性成分定性定量分析[J]. 中国农业科学,2013,46(4):790-799.
- [7] 刘运权,罗玉容,闻真珍,等. 3 种建兰挥发性成分的比较分析[J]. 现代食品科技,2011,27(7):863-866.
- [8] 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.
- [9] 冯立国,周力,陶俊,等. 蕙兰花香成分研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(35):17465-17466.
- [10] 方永杰,王道平,白新祥. 蕙兰(*Cymbidium faberi*)花香气成分研究[C]//中国观赏园艺研究进展(2013). 北京:中国园艺学会,2013:5.
- [11] 赵振东,苏文强,陈风雨,等. 金合欢醇的资源及其生物活性应用研究进展[J]. 林产化学与工业,2005(增刊1):175-178.
- [12] 蒋军辉,徐小娜,于军晖,等. 气相色谱-质谱联用技术分析藿香挥发油化学成分[J]. 南华大学学报(自然科学版),2016,30(1):77-81.
- [13] 彭红明. 中国兰花挥发及特征花香成分研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2009.
- [14] 陈君梅,宋军阳,何洁,等. 秦岭地区春兰和蕙兰的花挥发性成分研究[J]. 园艺学报,2016,43(12):2461-2472.
- [15] 魏丹,李祖光,徐心怡,等. HS-SPME-GC-MS 联用分析 3 种兰花鲜花的香气成分[J]. 食品科学,2013,34(16):234-237.