

中国南方不同地区薰衣草花精油化学成分分析

廖祯妮^{1,2}, 黄青^{1*}, 程启明^{1,3}, 李晓鹏⁴, 刘恩学⁴, 于晓英²

(1. 中国科学院城市环境研究所城市环境与健康重点实验室, 福建 厦门 361021; 2. 湖南农业大学园艺园林学院, 长沙 410128; 3. 广西大学农学院, 南宁 530004; 4. 昆明青龙景观工程有限公司, 昆明 650034)

摘要: 为了解不同产地薰衣草(*Lavandula angustifolia* Mill. × *Lavandula latifolia* Medik.)鲜花精油的化学成分,采用水蒸气蒸馏法提取了产自濮院、厦门、昆明的薰衣草花精油,并用 GC-MS 方法对其化学成分及相对含量进行了分析。结果表明,三地薰衣草花精油的得油率分别为 6.60%、3.07%、3.17%。精油中分别检出 50、59、44 个化合物,其中 4 个化合物(桉叶油醇、 α -红没药醇、樟脑和芳樟醇)的相对含量占精油总量的 75% 以上。三地薰衣草花精油中的主要化学成分相同,但含量不同,且精油的组成成分也存在差异。此外,薰衣草精油中的桉叶油醇、樟脑及 α -红没药醇的相对含量与海拔及年均降雨量具有一定相关性。

关键词: 薰衣草; 精油; 化学成分; 中国; 南方地区

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2014.04.015

Characterization of Essential Oil Composition of Lavender Grown in Different Regions of Southern China

LIAO Zhen-ni^{1,2}, HUANG Qing^{1*}, CHENG Qi-ming^{1,3}, LI Xiao-peng⁴, LIU En-xue⁴, YU Xiao-ying²

(1. Key Laboratory of Urban Environment & Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China; 2. College of Horticulture Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004, China; 4. Kunming Qinglong Landscape Project Co. LTD, Kunming 650034, China)

Abstract: In order to understand the chemical constituents of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill. × *L. latifolia* Medik.) derived from different areas, the essential oils of flowers were extracted from Puyuan (PY), Xiamen (XM) and Kunming (KM) by using steam distillation method, the chemical constituents and relative contents were analyzed by GC-MS. The results showed that yield of essential oils from PY, XM and KM were 6.6%, 3.1% and 3.2%, respectively. There were 50, 59 and 44 compounds detected from PY, XM and KM, respectively, among which the contents of eucalyptol, α -bisabolol, camphor and linalool together accounted for more than 75% of the total essential oils. The main constituents had no significant difference among three regions, but their contents were quite different from each other, and the components of essential oils had differences. Furthermore, the contents of eucalyptol, camphor and α -bisabolol had relation to altitude and average annual rainfall.

Key words: Lavender; Essential oil; Chemical composition; Southern China

薰衣草(*Lavandula angustifolia* Mill. × *L. latifolia* Medik.)为唇形科(Labiatae)薰衣草属多年生矮小灌木。薰衣草性喜阳光充足、排水良好的沙壤土及凉

爽的气候环境。薰草原产于地中海沿岸国家或地区,当前主产于法国、英国、中国、澳大利亚等国家或地区^[1]。1952 年中国开始从前苏联、保加利亚

收稿日期: 2013-11-18

接受日期: 2014-02-17

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2014BAD14B04); 中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-16-02)资助

作者简介: 廖祯妮(1989~),女,硕士研究生,从事城市与城郊生态环境保育高值农业研究。E-mail: znliao@iue.ac.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: qhuang@iue.ac.cn

等地引种薰衣草^[2],近年在昆明、上海、南京、杭州、广州、成都等南方城市相继引种^[3]。

薰衣草是一种重要的香料植物,其叶、茎、花和全株均有香气,尤以花的香气浓郁而柔和,无刺激毒副作用;薰衣草精油具有止痛、消炎、杀菌、镇静、抗氧化、降低血压、改善睡眠等作用,广泛应用于医药、香薰、化妆品、保健、洗涤化工、SPA 等行业^[4-6];近期有研究表明薰衣草精油还可作为一种新型的生态环保天然除草剂、驱虫剂^[7-8]。

薰衣草被世界各地广为引种栽培,一些薰衣草的生长性状、精油化学成分也随着环境的改变而发生了变化,进而影响了薰衣草精油的品质与经济价值^[1,4,9]。薰衣草精油是一种含有多种化合物的混合物,薰衣草精油的主要化学成分有芳樟醇、乙酸芳樟酯、薰衣草醇、桉叶油醇、樟脑及葑酮等^[10-14]。我国亦有研究者对薰衣草精油成分进行了分析^[15-16],但对同一品种不同地区栽培的精油成分还鲜有报道,尤其对近年我国南方地区遍地引种薰衣草鲜有研究。因此,本文以濮院、厦门和昆明 3 个产地的薰衣草‘CAS08’鲜花为材料,对比分析他们花的精油得油率及化学成分差异,探讨我国南方不同地区生产的同一薰衣草品种花的精油化学成分与品质,对薰衣草在我国南方地区的科学引种栽培及产业化发展或功能定位提供理论依据或参考。

表 1 样品

Table 1 Samples of lavandin CAS08

地点 Location	纬度 Latitude (N)	经度 Longitude (E)	海拔 Altitude (m)	年降水量 Annual rainfall (mm)	气候带 Climate
濮院 Puyuan	30.64	120.54	3.5	1193	亚热带季风气候 Subtropical monsoon climate
厦门 Xiamen	24.27	118.06	27	1100	亚热带海洋性气候 Subtropical marine climate
昆明 Kunming	25.04	102.73	2046	1000	高原山地季风气候 Plateau monsoon climate

1.3 精油分析

蒸馏所得精油样品用在 450℃ 高温煅烧 4 h 的无水 Na₂SO₄ 干燥,再按色谱级乙醚:精油=50:1 的比例稀释,然后采用 GC/MS 进行精油成分分析。对所得质谱图与 NIST 2.0 质谱库及标准品进行比对,并检索文献中其相应的保留指数(Retention index, RI),以质谱匹配度和 RI 值匹配度最高的化合物为最佳鉴定结果,无文献的 RI 值且质谱匹配度低的定为未知物质,确定精油样品中的化学成分,并用峰面积归一法计算各化学成分的相对含量。

1 材料和方法

1.1 仪器和试剂

水蒸气蒸馏提取装置(厦门大学订制),超纯水机(上海和泰),套式恒温器(海宁新华医疗器械厂),DLSB 低温冷却循环泵(巩义予华),Agilent 7890A-5975C GC-MS 联用仪(美国),无水硫酸钠(国药集团),乙醚为高效液相色谱纯(美国 TEDIA),系列正烷烃标样(C₈~C₂₀)、桉叶油醇、樟脑和芳樟醇标准品(Sigma-Aldrich 公司)。

1.2 材料和精油提取

实验材料薰衣草(*Lavandula angustifolia* Mill. × *L. latifolia* Medik.)品种为‘CAS08’,来自遗传背景一致的同一母本植株,通过营养繁殖扩繁,分别种植于濮院、厦门与昆明三地。于盛花期(开花程度>50%)时分别在濮院、厦门与昆明三地采集薰衣草花枝 5 kg 左右(表 1);其腊叶标本与活体植株均存放于中国科学院城市环境研究所。采收后及时提取精油,未能立即提取的鲜花保存于 -20℃ 冰箱备用。精油提取采用水蒸气蒸馏法蒸馏 90 min,每个样品 3 次重复,收集精油于 4℃ 避光保存待测。薰衣草花精油得油率按以下公式计算:得油率(%)=精油产量(mL)/薰衣草质量(g) × 100%

精油成分 GC/MS 分析条件参照廖祯妮等^[17]的方法。色谱条件:色谱柱 HP-5MS 石英毛细管柱(30 m × 250 μm,膜厚 0.25 μm),载气 He,流量 40 mL min⁻¹,分流比 40:1;进样量 1 μL,升温程序:从 45℃ 开始,保持 10 min,以 3℃ min⁻¹ 升到 70℃,保持 0 min,以 1℃ min⁻¹ 升到 95℃,保持 0 min,以 8℃ min⁻¹ 升到 135℃,保持 0 min,以 5℃ min⁻¹ 升到 230℃;进样口温度 250℃。质谱条件:EI 源,电离电压:70 eV,离子源温度:230℃,四级杆温度 150℃,扫描范围:20~500 amu。

RI 值的计算: 将系列正烷烃标样(C₈~C₂₀)按上述 GC 条件进样分离, 记录 C₈~C₂₀ 各正烷烃保留时间。用线性升温公式计算各成分的 RI^[18]: $RI = 100n + 100(t_x - t_n)/(t_{n+1} - t_n)$; 式中的 n 表示待分析化合物 x 前一个正构烷烃的碳原子数; $n+1$ 为待分析化合物 x 后一个正构烷烃的碳原子数; t_x 表示待分析化合物的保留时间; t_n 表示第 n 个碳原子数的正构烷烃保留时间; t_{n+1} 表示第 $n+1$ 个碳原子数的正构烷烃保留时间。

2 结果

2.1 不同产地薰衣草花精油得油率研究

濮院、厦门和昆明 3 个产地薰衣草‘CAS08’花精油的得油率不一样, 分别为 6.60%、3.07%、3.17%

(V/W), 且均具芳香气味的黄色油状液体。濮院的精油得油率要比厦门、昆明的高很多, 而厦门与昆明的相差不大。

2.2 不同产地薰衣草花精油化学成分分析

将源于濮院、厦门与昆明 3 个产地的薰衣草‘CAS08’花精油进行 GC-MS 分析, 结果表明, 从濮院、厦门和昆明三地的薰衣草花精油中分离的化合物总数分别为 50、59、44 个; 已经鉴定出的化合物总数依次为 47、55、38 个, 分别占精油总量的 99.63%、99.60%、99.57%, 其中相对含量 $\geq 5\%$ 的化学成分有 5 个(表 2)。

此外, 通过对化学成分进行归类对比分析(表 3), 濮院、厦门的薰衣草花精油中烯类单萜、含氧倍半萜类物质所占比例及化合物总数均比昆明的少;

表 2 薰衣草花精油的化学成分及其相对含量

Table 2 Relative contents of essential oils from flowers of lavender ‘CAS08’

编号 No.	保留指数 Retention index	化合物 Compound	相对含量 Relative content (%)		
			濮院 Puyuan	厦门 Xiamen	昆明 Kunming
单萜类 Monoterpenes					
1	929	α -蒎烯 α -Pinene	3.65	2.33	3.87
2	943	莰烯 Camphene	0.57	0.35	0.46
3	970	β -蒎烯 β -Pinene	7.04	5.02	7.33
4	988	月桂烯 Myrcene	0.46	0.36	0.61
5	1008	异松油烯 π -Terpinene	0.06	0.09	ND
6	1031	反式罗勒烯 <i>trans</i> - π -Ocimene	0.28	0.33	0.89
7	1041	罗勒烯 Ocimene	ND	ND	0.08
8	1048	γ -松油烯 γ -Terpinene	0.14	0.18	0.19
9	1078	异松油烯 Isoterpinolene	0.11	0.23	0.07
含氧单萜类 Oxygenated monoterpenes					
10	985	脱氢1,8-桉叶素 2,3-Dehydro-1,8-cineole	0.12	0.16	ND
11	1020	桉叶油醇 Eucalyptol	48.11	42.18	38.72
12	1056	顺式- β -松油醇 <i>cis</i> - π -Terpineol	0.07	0.38	0.27
13	1062	顺式氧化芳樟醇 <i>cis</i> -Linalool Oxide	0.14	0.08	ND
14	1088	顺式侧柏醇 <i>cis</i> -4-Thujanol	ND	0.08	ND
15	1077	反式氧化芳樟醇 <i>trans</i> -Linalool Oxide	0.10	ND	0.10
16	1094	芳樟醇 Linalool	6.58	6.67	4.61
17	1113	未鉴定 Unidentified	0.23	0.14	ND
18	1125	松香芹醇 Pinocarveol	ND	0.72	0.31
19	1130	樟脑 Camphor	11.86	11.7	8.41
20	1133	(<i>S</i>)-顺马鞭草烯醇 (<i>S</i>)- <i>cis</i> -Verbenol	ND	0.84	0.15
21	1142	丁酸己酯 Hexy butyrate	ND	0.05	ND
22	1148	松香芹酮 2 (10)-Pinen-3-one	0.57	0.41	0.06
23	1152	龙脑 Borneol	ND	0.63	0.15

续表(Continued)

编号 No.	保留指数 Retention index	化合物 Compound	相对含量 Relative content (%)		
			濮院 Puyuan	厦门 Xiamen	昆明 Kunming
24	1155	松油醇 Terpineol	1.47	1.41	0.36
25	1164	4-松油醇 4-Terpineol	0.72	0.29	0.09
26	1179	α -松油醇 α -Terpineol	1.96	2.92	2.21
27	1182	桃金娘烯醛 Myrtenal	ND	0.56	0.08
28	1184	桃金娘烯醇 (-)-Myrtenol	ND	0.52	ND
29	1187	异丁酸己酯 Hexyl isobutyrate	0.26	0.06	ND
30	1196	顺式马鞭草烯酮 <i>cis</i> -Verbenone	0.36	0.25	ND
31	1225	枯茗醛 Cuminyaldehyde	0.11	ND	ND
32	1230	左旋香芹酮 (+)-Carvone	0.28	ND	ND
33	1460	反式-薄荷基-2,8-二烯-1-醇 <i>trans-p</i> -Mentha-2,8-dienol	0.24	0.29	ND
34	1460	未鉴定 Unidentified	ND	ND	0.08
35	1490	八羟基-4,7-亚甲基-1H-吡啶-5-醇 Tricyclo(5.2.1.0(2,6))decan-8-ol	ND	0.05	ND
倍半萜类 Sesquiterpenes					
36	1374	杜松萜烯 π -Cadinene	0.08	0.10	0.15
37	1405	1-石竹烯 1-Caryophyllene	ND	0.23	0.35
38	1403	1,6,10-十二三烯-1,7,11-二甲基-3-亚甲基	0.16	ND	ND
39	1426	佛手柑油烯 <i>trans</i> - π -Bergamotene	0.09	0.11	0.14
40	1434	顺式金合欢烯 (Z)- π -Farnesene	0.07	0.09	0.11
41	1450	金合欢烯 π -Farnesene	ND	0.09	ND
42	1470	大根香叶烯 Germacrene D	0.08	0.16	0.30
43	1475	未鉴定 Unidentified	ND	0.07	ND
44	1474	香树烯 Aromadendrene	0.05	ND	ND
45	1486	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	0.09	ND	ND
46	1488	未鉴定 Unidentified	ND	0.11	0.13
47	1499	红没药烯 π -Bisabolene	0.07	0.07	ND
48	1503	衣兰油烯 π -Muurolene	0.12	0.11	ND
含氧倍半萜类 Oxygenated sesquiterpenes					
49	1476	未鉴定 Unidentified	ND	ND	0.06
50	1490	白菖油烯氧化物 Calarene epoxide	0.07	ND	ND
51	1500	未鉴定 Unidentified	ND	ND	0.05
52	1535	红没药醇 (+)- π -Bisabolol	ND	0.08	ND
53	1543	石竹烯氧化物 Caryophyllene oxide	0.07	0.07	ND
54	1660	榄香醇 Elemol	ND	0.05	ND
55	1574	石竹烯氧化物 Caryophyllene oxide	0.73	0.92	0.66
56	1616	未鉴定 Unidentified	0.08	0.08	ND
57	1634	<i>t</i> -杜松醇 <i>t</i> -Cadinol	0.36	0.52	0.77
58	1649	红没药醇氧化物 (-)-Bisabolol oxide B	1.34	1.34	1.17
59	1662	环氧化异香橙烯 Isoaromadendrene epoxide	0.05	ND	ND
60	1661	β -桉叶醇 β -Selinol	ND	0.11	0.09
61	1677	α -红没药醇 α -Bisabolol	9.19	14.77	25.53
62	1743	顺式溴白檀醇 <i>cis</i> -Lanceol	ND	0.47	0.87
		其它 Others	1.12	1.17	0.54

ND: 未检测到。

ND: Not detected.

表 3 薰衣草花精油化学组分归类表

Table 3 The classification of chemical compositions of essential oil from flowers of lavandin CAS08

组分 Composition	相对含量 Relative content (%)		
	濮院 Puyuan	厦门 Xiamen	昆明 Kunming
烯类单萜 Monoterpenes	12.31	8.89	15.82
含氧烯类单萜 Oxygenated monoterpenes	73.18	70.39	55.60
倍半萜 Sesquiterpenes	0.81	1.14	1.18
含氧倍半萜 Oxygenated sesquiterpenes	11.89	18.41	29.20
未鉴定 Unidentified	6.00	6.78	13.64
化合物数量 Number of compounds	50	59	44

而濮院与厦门的含氧烯类单萜、未鉴定化合物的比例及化合物总数相近,而与昆明的相差较大;厦门与昆明的烃类倍半萜相对含量接近,与濮院的差异比较大。

薰衣草‘CAS08’花精油的主要成分以含氧烯类单萜化合物和含氧倍半萜化合物为主,其中桉叶油醇(38.72%~48.11%)、 α -红没药醇(9.19%~25.53%)、樟脑(8.41%~11.86%)和芳樟醇(4.61%~6.67%)的相对含量占精油总量的75%以上。此外,在薰衣草花精油中一些代表性化合物的相对含量也较高,如 α -蒎烯(2.33%~3.87%)、 β -蒎烯(5.02%~7.33%)、反式罗勒烯(0.28%~0.89%)、松油醇(0.36%~1.47%)、 α -松油醇(1.96%~2.92%)和4-松油醇(0.09%~0.72%)等。

我们将三地的海拔、年均降雨量等因子(表1)与精油中化学成分(表2)进行综合分析,结果表明,薰衣草‘CAS08’花精油中的桉叶油醇、樟脑及 α -红没药醇的相对含量与海拔、年均降雨量具有一定相关性,随着降雨量的减少桉叶油醇、樟脑的相对含量也下降,而 α -红没药醇的相对含量则升高。

3 结论和讨论

薰衣草‘CAS08’在不同地方栽培,其花精油中的主要化学成分相同,但含量略有差异。本研究中三个产地的花精油中共有的化学成分有23个,已鉴定的化合物相对含量分别占精油总量的95.52%、92.77%、96.95%。Piccaglia^[19]曾将栽培在法国的薰衣草(*Lavandula intermedia*)引种至意大利的波河峡谷(Po Valley),结果表明,两地薰衣草花精油的主要化学成分相同,但相对含量有一定差异,这与我们的结论一致。另外,薰衣草‘CAS08’花精油中的主要化学成分有桉叶油醇、 α -红没药醇、樟脑及

芳樟醇4种。Muñoz-Bertomeu等^[11]曾报道薰衣草(*Lavandula latifolia*)花精油的主要化学成分是桉叶油醇、芳樟醇、樟脑。‘CAS08’花精油中还有高含量的 α -红没药醇(9.19%~25.33%), α -红没药醇为母菊(*Matricaria recutita*)中的主要化学成分^[20]。因此,我们推测薰衣草‘CAS08’花精油成分主要与我国南方地区的特殊气候环境及地理有关,也与品种不同有关。

三个产地薰衣草花精油的主要化学成分种类相近,但栽培地不同,精油中分离出来的一些微量化合物种类存在差异。本研究从厦门、濮院、昆明的薰衣草花精油中检测出的化合物数量依次为59、50、44个。产地厦门海拔近30 m,年降雨量约为1100 mm;濮院海拔3 m,年降雨量约为1200 mm,昆明海拔2000 m以上,年均降雨量约为1000 mm,我们推测海拔、湿度和温度等栽培环境因素是导致薰衣草花精油中化合物数量变化的主要因素。另外,濮院、厦门和昆明三地的薰衣草‘CAS08’花精油中的桉叶油醇和樟脑的相对含量随引种区域年均降雨量的降低呈下降趋势,相反, α -红没药醇的相对含量呈上升趋势,推测这种变化与气候和地理因素存在一定关系,尤其是与降雨、温度、海拔相关。有报道指出低压和高温条件有利于樟脑的合成^[21]。Herraiz-Peñalver等^[22]研究表明海拔500 m以下地区的薰衣草花精油中的樟脑相对含量较高,这与我们的研究结论一致。另外,芳樟醇的相对含量在精油中所占比例无明显变化规律,芳樟醇的含量与薰衣草产地温度和年均降雨量等因素是否相关尚需进一步研究。

薰衣草花精油的得油率在各地并不相同,精油中的化学成分也多种多样,化学型也随之变化,我们推测这种差异现象除品种因素之外,还可能与气候、地理、采收时间、提取方式,甚至灌溉、施肥等栽

培管理措施有关^[23-26]。结合本研究结果,我们推断产地环境中的降雨量及温度是影响精油中主要化学成分相对含量变化的主要因子,本研究限于只在西南和东南3个地区布点研究,以后拟进一步扩大薰衣草的布点区域范围,为薰衣草在不同区域的科学引种栽培、引种区域的产业化发展与功能定位提供参考与借鉴。

参考文献

- [1] Upson T, Andrews S. The Genus *Lavandula* [M]. UK: The Royal Botanic Gardens, Kew, 2004: 1–86.
- [2] Liu S S. Medicine Research Abstracts (1962–1974) [M]. Beijing: Science Press, 1979: 184–187.
刘寿山. 中药研究文献摘要(1962–1974) [M]. 北京: 科学出版社, 1979: 184–187.
- [3] Yu J Y, Huang Q, Li X P, et al. Influencing factors for cutting propagation of *Lavandula latifolia* Medik. [J]. Hunan Agri Sci, 2012(3): 99–101,105.
于进英, 黄青, 李晓鹏, 等. 宽叶薰衣草扦插繁殖的影响因素研究 [J]. 湖南农业科学, 2012(3): 99–101,105.
- [4] Lis-Balchin M. Lavender: The Genus *Lavandula* [M]. London and New York: Taylor & Francis Inc., 2002: 57–62.
- [5] Cavanagh H M, Wilkinson J M. Biological activities of lavender essential oil [J]. Phytother Res, 2002, 16(4): 301–308.
- [6] Zuzarte M, Vale-Silva L, Gonçalves M J, et al. Antifungal activity of phenolic-rich *Lavandula multifida* L. essential oil [J]. Eurp J Clin Microbiol Infect Dis, 2012, 31(7): 1359–1366.
- [7] Haig T J, Haig T J, Seal A N, et al. Lavender as a source of novel plant compounds for the development of a natural herbicide [J]. J Chem Ecol, 2009, 35(9): 1129–1136.
- [8] Varona S, Kareth S, Martín A, et al. Formulation of lavandin essential oil with biopolymers by PGSS for application as biocide in ecological agriculture [J]. J Supercrit Fluids, 2010, 54(3): 369–377.
- [9] Menary R C, Falzari L M, Cooper C M. Growing French lavender in Tasmania: Improving yield and quality [J]. RIRDC, 2009, 171(8): 1–49.
- [10] Hanamanthagouda M S, Kakkalameeli S B, Naik P M, et al. Essential oils of *Lavandula bipinnata* and their antimicrobial activities [J]. Food Chem, 2010, 118(3): 836–839.
- [11] Muñoz-Bertomeu J, Arrillaga I, Segura J. Essential oil variation within and among natural populations of *Lavandula latifolia* and its relation to their ecological areas [J]. Biochem Syst Ecol, 2007, 35(8): 479–488.
- [12] Skoula M, Abidi C, Kokkalon E. Essential oil variation of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* growing wild in Crete (Greece) [J]. Biochem Syst Ecol, 1996, 24(3): 255–260.
- [13] Tomei P E, Cioni P L, Flamini G, et al. Evaluation of the chemical composition of the essential oils of some Lamiaceae from Serrania de Ronda (Andalucia, Spain) [J]. J Essent Oil Res, 1995, 7(3): 279–282.
- [14] Zhelezkov V D, Astatkie T, Hristov A N. Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time and drying [J]. Ind Crops Prod, 2012, 36(1): 222–228.
- [15] Zhang C L, Zhao J B, Zhang C Y, et al. Study on the chemical components of Yunnan lavender volatile oil by GC/MS [J]. Henan Sci, 1999, 17(4): 389–391.
张春玲, 赵继飏, 张朝英, 等. 用GC/MS分析云南薰衣草(Lavender)挥发油的化学组分 [J]. 河南科学, 1999, 17(4): 389–391.
- [16] Zhang J, Cai B G, Zhang S N, et al. Determination of essential oils from *Lavandula officinalis* by GC-MS [J]. Food Ind, 2007(5): 52–54.
张健, 蔡宝国, 章苏宁, 等. 薰衣草精油化学成分的GC-MS分析比较 [J]. 食品工业(分析检测), 2007(5): 52–54.
- [17] Liao Z N, Huang Q, Cheng Q M, et al. Chemical compositions of the essential oils extracted from two cultivars of *Lavandula* spp. grown in Yunnan [J]. Nat Prod Res Dev, 2014, 26(4): 544–549.
廖祯妮, 黄青, 程启明, 等. 云南两个薰衣草品种精油分析 [J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(4): 544–549.
- [18] Zhao C X, Liang Y Z, Hu Q N, et al. Review on gas chromatographic retention index [J]. Chin J Anal Chem, 2005, 33(5): 715–721.
赵晨曦, 梁逸曾, 胡黔楠, 等. 气相色谱保留指数定性方法研究进展 [J]. 分析化学, 2005, 33(5): 715–721.
- [19] Piccaglia R. Aromatic plants: A World of flavouring compounds [J]. Agro Food Ind Hi-Tech, 1998, 9(3): 12–15.
- [20] Xia Q X, Bai H T, Sun L C, et al. Research progress on active composition and practical application of medicinal plants of *Matricaria recutita* [J]. Acta Hort Sin, 2012, 39(9): 1859–1864.
夏秋香, 白红彤, 孙凌臣, 等. 药用植物母菊的成分和功能研究进展 [J]. 园艺学报, 2012, 39(9): 1859–1864.
- [21] Németh É, Bernáth J, Héthelyi É. Diversity in chemotype reaction affected by ontogenetical and ecological factors [J]. Acta Hort, 1993, 344: 178–187.
- [22] Herraiz-Peñalver D, Cases M Á, Varela F, et al. Chemical characterization of *Lavandula latifolia* Medik. essential oil from Spanish wild populations [J]. Biochem Syst Ecol, 2013, 46(1): 59–68.
- [23] Angion A, Barra A, Coroneo V, et al. Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* essential oils from stem / leaves and flowers [J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(12): 4364–4370.
- [24] Figueiredo A C, Barroso J G, Pedro L G, et al. Factors affecting secondary metabolite production in plants: Volatile components and essential oils [J]. Flavour Fragr J, 2008, 23(4): 213–226.
- [25] Guillén M D, Cabo N, Burillo J. Characterization of the essential oils of some cultivated aromatic plants of industrial interest [J]. J Sci Food Agric, 1996, 70(3): 359–363.
- [26] Masotti V, Juteau F, Bessière J M, et al. Seasonal and phenological variations of the essential oil from the narrow endemic species *Artemisia molinieri* and its biological activities [J]. J Agric Food Chem, 2003, 51(24): 7115–7121.