

不同产地金钱蒲叶片和根状茎的挥发性成分分析

魏桂民^{1,2}, 王少铭^{1,2}, 罗莉斯^{1,2}, 李晋华^{1,2}, 侯颖辉^{1,2}, 冷家归^{1,2}, 汪志焱^{1,2}, 李德文^{1,2,①}

(1. 贵州省香料研究所, 贵州 贵阳 550006; 2. 贵州省油料研究所, 贵州 贵阳 550006)

摘要: 采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用(HS-SPME-GC-MS)技术对来自8个产地的金钱蒲(*Acorus gramineus* Soland.)叶片和根状茎的挥发性成分进行鉴定和分析。结果显示:从8个产地金钱蒲叶片和根状茎中共鉴定出10大类74种化合物,其中,萜类化合物种类最多,芳烃类化合物相对含量最高;金钱蒲主要挥发性成分基本为草蒿脑,且叶片和根状茎中的草蒿脑相对含量接近。陕西省汉中市略阳县的金钱蒲叶片和根状茎中榄香素的相对含量最高,湖南省永州市双牌县的金钱蒲根状茎中1,2-二甲氧基-4-(1-丙烯基)-苯的相对含量最高。湖南省永州市双牌县的金钱蒲叶片中草蒿脑的相对含量明显高于根状茎,陕西省汉中市略阳县的金钱蒲叶片中榄香素含量明显高于根状茎。综上所述,可以对金钱蒲的叶片加以开发利用,并且不同产地金钱蒲的主要有效成分不同,在实际应用中应有所区分。

关键词: 金钱蒲; 叶片; 根状茎; 挥发性成分

中图分类号: Q946-33; R284.1; S567.23⁺9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2024)04-0112-04

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2024.04.13

Analysis on volatile components in leaf and rhizome of *Acorus gramineus* from different producing areas WEI Guimin^{1,2}, WANG Shaoming^{1,2}, LUO Lisi^{1,2}, LI Jinhua^{1,2}, HOU Yinghui^{1,2}, LENG Jiagui^{1,2}, WANG Zhiyi^{1,2}, LI Dewen^{1,2,①} (1. Guizhou Institute of Spice Crops, Guiyang 550006, China; 2. Guizhou Institute of Oil Crops, Guiyang 550006, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2024, 33(4): 112-115

Abstract: The volatile components in leaf and rhizome of *Acorus gramineus* Soland. from eight producing areas were identified and analyzed by using headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME-GC-MS) technology. The results show that a total of 74 compounds belonging to 10 types are identified from leaf and rhizome of *A. gramineus* from eight producing areas, in which, the types of terpenes are the most, while the relative contents of aromatics are the highest; the main volatile component in *A. gramineus* is basically estragole, and the relative contents of estragole in leaf and rhizome are similar. The relative contents of elemicin in leaf and rhizome of *A. gramineus* from Lueyang County in Hanzhong City of Shaanxi Province are the highest, while that of 1,2-dimethoxy-4-(1-propenyl)-benzene in rhizome of *A. gramineus* from Shuangpai County in Yongzhou City of Hunan Province is the highest. The relative content of estragole in leaf of *A. gramineus* from Shuangpai County in Yongzhou City of Hunan Province is obviously higher than that in rhizome, and the content of elemicin in leaf from Lueyang County in Hanzhong City of Shaanxi Province is obviously higher than that in rhizome. In conclusion, the leaves of *A. gramineus* can be developed and utilized, and since *A. gramineus* from different producing areas have different main active components, they should be treated differently in practical applications.

Key words: *Acorus gramineus* Soland.; leaf; rhizome; volatile component

菖蒲属(*Acorus* Linn.)植物在中国分布广泛,仅有2种,分别为菖蒲(*Acorus calamus* Linn.)和金钱蒲(*Acorus gramineus* Soland.)^[1]。菖蒲属植物药用历史悠久,具有开窍、化痰、健胃、镇静催眠、抗惊厥、镇咳平喘、抗肿瘤等功效^[2-4]。菖蒲属植物还可开发为食用香料^[5-7]。

菖蒲属植物一般以根状茎入药,叶片并未得到充分利用,因此开发利用叶片对于菖蒲属植物的开发利用和资源保护具

有重要意义。目前,对菖蒲属植物叶片和根状茎挥发性成分进行对比研究的报道较少,舒航等^[8]对西南少数民族药食两用植物茵香菖蒲(即金钱蒲)不同部位的挥发油成分进行了研究,发现其叶片具有开发利用前景。本研究采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术(HS-SPME-GC-MS)对8个产地的金钱蒲叶片和根状茎进行了挥发性成分鉴定和分析,以期对菖蒲属植物的开发、利用和保护提供理论参考。

收稿日期: 2023-08-02

基金项目: 贵州省农业科学院专项[黔农科种质资源(2023)16号]; 贵州省农业科学院青年科技基金项目[黔农科院青年基金(2018)107]; 贵州省科技平台及人才团队项目[黔科合平台人才(2017)5713]

作者简介: 魏桂民(1986—),女,河南周口人,硕士,助理研究员,主要从事辛香料植物遗传育种研究。

①通信作者 E-mail: lidewen08@163.com

引用格式: 魏桂民, 王少铭, 罗莉斯, 等. 不同产地金钱蒲叶片和根状茎的挥发性成分分析[J]. 植物资源与环境学报, 2024, 33(4): 112-115.

1 材料和方法

1.1 材料

供试金钱蒲分别收集自贵州省六盘水市水城区、贵州省遵义市播州区(2份样品,分别来自枫香镇和三岔镇)、贵州省黔东南苗族侗族自治州榕江县、贵州省黔东南苗族侗族自治州黎平县、湖南省永州市双牌县、湖南省永州市江永县、陕西省汉中市略阳县。于2019年5月种植于贵州省香料研究所试验地,翌年6月采收整株叶片和根状茎,分别进行冷冻干燥,粉碎后过60目筛,备用。

主要仪器:7890B-7000D气相色谱-质谱联用仪(美国Agilent公司);20 mL顶空玻璃样瓶(美国Agilent公司);TFE硅树脂顶空隔膜(美国Agilent公司);65 μm DVB/CAR/PDMS萃取头(美国Supelco公司);MS105DU电子天平(美国METTLER TOLEDO公司)。

1.2 方法

称取1 g菖蒲叶片和根状茎粉末,准确称量后置于20 mL顶空玻璃样瓶中,加入饱和NaCl溶液以提高目标成分的提取效率,加入10 μL 质量浓度50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的内标溶剂,使用带有TFE硅树脂顶空隔膜的卷曲顶盖密封瓶;萃取前先将65 μm DVB/CAR/PDMS萃取头于250 $^{\circ}\text{C}$ 老化5 min;样品于加热器中60 $^{\circ}\text{C}$ 平衡10 min后,插入纤维头萃取20 min,插入GC进样口解析5 min。

气相色谱条件:DB-5MS毛细管柱(30 $\text{m} \times 0.25 \text{ mm} \times 1.0 \mu\text{m}$);载气为氦气,1 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 恒速流动;进样口温度250 $^{\circ}\text{C}$,分流模式为splitless,溶剂延迟时间5 min;程序升温初始温度40 $^{\circ}\text{C}$,保持5 min,然后以6 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速率升温至280 $^{\circ}\text{C}$,保持5 min。

质谱条件:EI离子源,温度230 $^{\circ}\text{C}$,电子能量70 eV,传输线温度280 $^{\circ}\text{C}$,四级杆温度150 $^{\circ}\text{C}$,质量扫描范围 m/z 30~350。

1.3 数据处理和分析

基于MWGC数据库对挥发性成分进行质谱定性分析。利用MassHunter定量软件进行色谱峰积分和校正,利用峰面积归一化法计算挥发性成分的相对含量^[8]。

2 结果和分析

结果显示:从8个产地金钱蒲样本的叶片和根状茎中共鉴定出10大类74种化合物,包含萜类化合物38种、醛类化合物9种、芳烃类化合物7种、酯类化合物6种、醇类化合物4种、杂环化合物3种、酚类化合物2种、烷烃类化合物2种、酮类化合物2种、烯炔类化合物1种,各产地金钱蒲的叶片和根状茎挥发性成分均以萜类化合物种类最多,芳烃类化合物相对含量最高。湖南省永州市双牌县(SP)的叶片中化合物种类最多,有62种;陕西省汉中市略阳县(LY)的根状茎中化合物种类最少,只有35种。挥发性成分类别及其含量见表1。

表1 不同产地金钱蒲叶片和根状茎中的挥发性成分类型及其相对含量¹⁾
Table 1 Volatile component types and their relative contents in leaf and rhizome of *Acorus gramineus* Soland. from different producing areas¹⁾

化合物类型 Compound type	在不同产地叶片中的相对含量/% Relative content in leaf from different producing areas								在不同产地根状茎中的相对含量/% Relative content in rhizome from different producing areas							
	SC	BZ-1	BZ-2	RJ	LP	SP	JY	LY	SC	BZ-1	BZ-2	RJ	LP	SP	JY	LY
芳烃类 Aromatics	87.63	89.58	96.04	97.36	97.43	83.13	97.75	83.59	92.37	86.71	95.02	94.00	94.17	89.21	95.12	68.36
萜类 Terpenes	5.89	6.27	2.58	1.56	1.45	9.11	1.24	6.11	4.71	7.75	2.52	3.28	2.79	6.34	2.17	1.86
烯炔类 Alkenes	1.04	0.14	0.08	0.05	0.04	0.31	0.02	0.72	0.25	0.54	0.17	0.18	0.11	0.37	0.10	—
醛类 Aldehydes	0.55	0.23	0.22	0.19	0.17	0.51	0.17	0.94	0.48	0.09	0.81	1.02	1.02	0.07	1.20	0.16
酚类 Phenols	0.07	0.08	0.07	0.06	0.06	1.61	0.05	3.97	0.06	0.08	0.05	0.05	0.07	1.28	0.05	26.02
醇类 Alcohols	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.12	0.02	0.65	0.13	0.21	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	1.15
烷烃类 Alkanes	0.55	0.07	0.03	0.06	0.06	0.15	0.06	0.15	0.04	0.06	0.03	0.04	0.04	0.07	—	0.09
其他 ²⁾ Others ²⁾	1.22	0.28	0.12	0.18	0.18	0.44	0.18	0.59	0.17	0.22	0.12	0.15	0.14	0.17	0.11	0.20

¹⁾ SC: 贵州省六盘水市水城区 Shuicheng District in Liupanshui City of Guizhou Province; BZ-1: 贵州省遵义市播州区枫香镇 Fengxiang Town of Bozhou District in Zunyi City of Guizhou Province; BZ-2: 贵州省遵义市播州区三岔镇 Sancha Town of Bozhou District in Zunyi City of Guizhou Province; RJ: 贵州省黔东南苗族侗族自治州榕江县 Rongjiang County in Qiongzhusi Miao and Dong Autonomous Prefecture of Guizhou Province; LP: 贵州省黔东南苗族侗族自治州黎平县 Liping County in Qiongzhusi Miao and Dong Autonomous Prefecture of Guizhou Province; SP: 湖南省永州市双牌县 Shuangpai County in Yongzhou City of Hunan Province; JY: 湖南省永州市江永县 Jiangyong County in Yongzhou City of Hunan Province; LY: 陕西省汉中市略阳县 Lueyang County in Hanzhong City of Shaanxi Province. —: 未检出 Undetected.

²⁾ 包括酯类、酮类和杂环化合物 Including esters, ketones, and heterocyclic compounds.

相对含量大于或等于0.40%的挥发性成分见表2。由表2可见:除LY外,其余7个产地金钱蒲叶片中挥发性成分相对含量均以草蒿脑最高,为61.74%~97.32%。LY叶片中榄香素含量最高,为82.79%。除SP和LY外,其余6个产地金钱蒲

根状茎的挥发性成分相对含量均以草蒿脑最高,为85.20%~94.31%。SP根状茎中1,2-二甲氧基-4-(1-丙烯基)-苯的相对含量最高,为51.44%;LY根状茎中榄香素的相对含量最高,为63.36%。

8个产地金钱蒲叶片和根状茎的挥发性成分及其相对含量相似。叶片中特有成分为(*E*)-2-己醛。贵州省六盘水市水城区(SC)和贵州省遵义市播州区枫香镇(BZ-1)叶片中1,8-桉树脑的相对含量高于根状茎;LY叶片中榄香素的相对

含量高于根状茎,其叶片中还含有(1*S*)-2,6,6-三甲基双环[3.1.1]庚-2-烯, δ -3-烯, γ -蒎品烯、(-)-乙酸苄酯、 γ -杜松烯,而这些成分在其根状茎中并未检出。

表2 不同产地金钱蒲叶片和根状茎中的主要挥发性成分(相对含量大于或等于0.40%)及其相对含量¹⁾

Table 2 Main volatile components (the relative content greater than or equal to 0.40%) and their relative contents in leaf and rhizome of *Acorus gramineus* Soland. from different producing areas¹⁾

化合物 ²⁾ Compound ²⁾	在不同产地叶片中的相对含量/% Relative content in leaf from different producing areas								在不同产地根状茎中的相对含量/% Relative content in rhizome from different producing areas							
	SC	BZ-1	BZ-2	RJ	LP	SP	JY	LY	SC	BZ-1	BZ-2	RJ	LP	SP	JY	LY
C1	0.54	0.06	0.03	0.06	0.06	0.14	0.06	0.13	0.04	0.06	0.03	0.04	0.04	0.06	—	0.09
C2	1.04	0.13	0.06	0.12	0.10	0.29	0.11	0.23	0.05	0.11	0.05	0.07	0.06	0.13	—	0.16
C3	0.15	0.11	0.02	0.03	0.03	0.24	0.03	0.57	—	—	—	—	—	—	—	—
C4	0.20	0.02	0.05	0.03	0.04	0.07	0.04	0.04	0.13	0.04	0.04	0.05	0.04	0.48	0.02	0.02
C5	0.38	0.29	0.25	0.20	0.45	0.93	0.33	0.09	0.41	0.32	0.28	0.26	0.24	0.48	0.25	—
C6	1.05	0.62	0.11	0.04	0.07	0.37	0.05	0.68	0.26	0.24	0.05	0.09	0.07	0.34	0.06	0.01
C7	1.73	0.98	—	—	—	0.28	—	—	0.34	0.17	—	—	—	0.30	—	—
C8	1.04	0.14	0.08	0.05	0.04	0.31	0.02	0.72	0.25	0.54	0.17	0.18	0.11	0.37	0.10	—
C9	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.09	0.01	0.94	0.02	0.07	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	—
C10	0.26	0.33	0.31	0.15	0.21	0.69	0.18	0.14	0.44	0.41	0.34	0.58	0.35	0.33	0.27	—
C11	0.06	0.26	0.05	0.03	0.03	0.26	0.02	—	0.16	0.64	0.07	0.07	0.05	0.34	0.07	0.02
C12	0.27	0.05	0.03	0.05	0.07	0.14	0.07	0.11	0.04	0.14	0.03	0.04	0.04	0.41	0.04	0.05
C13	87.14	88.84	95.67	96.95	96.84	61.74	97.32	0.09	91.33	85.20	94.31	93.23	93.19	36.96	94.29	0.02
C14	0.01	0.02	0.16	0.07	0.08	0.03	0.08	—	0.30	0.04	0.72	0.94	0.96	0.02	1.10	—
C15	0.30	0.17	0.40	0.35	0.20	0.55	0.18	0.40	0.17	0.11	0.02	0.04	0.02	0.17	0.04	—
C16	—	0.16	0.03	—	0.01	—	0.01	—	—	0.61	0.04	0.06	0.07	—	0.02	—
C17	0.35	0.02	0.01	0.01	—	0.55	—	0.02	0.52	0.12	0.02	0.02	0.02	0.91	0.02	0.07
C18	—	0.13	0.02	—	—	0.05	—	0.06	0.05	0.56	0.08	0.07	0.11	0.15	0.07	0.04
C19	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	1.46	0.02	3.97	0.05	0.07	0.04	0.04	0.06	1.26	0.04	26.02
C20	0.25	0.61	0.29	0.12	0.15	2.54	0.12	0.08	0.18	0.19	0.28	0.26	0.39	0.97	0.29	0.29
C21	0.05	0.16	0.08	0.18	0.09	19.72	0.05	0.55	0.59	1.03	0.40	0.48	0.69	51.44	0.53	4.98
C22	0.06	0.85	0.36	0.18	0.12	0.09	0.10	0.54	0.67	—	0.55	0.55	0.50	—	0.44	—
C23	0.08	0.48	0.18	0.12	0.09	0.12	0.06	0.25	0.38	0.88	0.15	0.18	0.16	0.06	0.13	0.35
C24	0.04	0.36	0.10	0.06	0.05	0.03	0.04	0.15	0.27	1.09	0.11	0.14	0.12	0.02	0.10	0.33
C25	—	0.04	0.01	—	—	0.28	—	0.59	—	0.05	—	0.01	0.01	0.03	—	0.01
C26	—	0.01	0.01	0.01	—	0.04	0.01	82.79	0.01	—	—	—	0.01	0.06	0.01	63.36
C27	—	—	—	—	—	—	—	0.59	—	—	0.01	0.01	0.01	—	—	1.04
C28	0.03	0.26	0.03	0.01	0.03	0.65	0.03	—	0.01	0.13	0.02	0.02	0.02	0.23	0.02	—
C29	—	0.17	0.06	0.02	0.02	1.36	0.02	1.11	0.06	0.35	0.07	0.08	0.08	0.42	0.06	0.11

¹⁾ SC: 贵州省六盘水市水城区 Shuicheng District in Liupanshui City of Guizhou Province; BZ-1: 贵州省遵义市播州区枫香镇 Fengxiang Town of Bozhou District in Zunyi City of Guizhou Province; BZ-2: 贵州省遵义市播州区三岔镇 Sancha Town of Bozhou District in Zunyi City of Guizhou Province; RJ: 贵州省黔东南苗族侗族自治州榕江县 Rongjiang County in Qiandongnan Miao and Dong Autonomous Prefecture of Guizhou Province; LP: 贵州省黔东南苗族侗族自治州黎平县 Liping County in Qiandongnan Miao and Dong Autonomous Prefecture of Guizhou Province; SP: 湖南省永州市双牌县 Shuangpai County in Yongzhou City of Hunan Province; JY: 湖南省永州市江永县 Jiangyong County in Yongzhou City from Hunan Province; LY: 陕西省汉中市略阳县 Lueyang County in Hanzhong City of Shaanxi Province. —: 未检出 Undetected.

²⁾ C1: 正己烷 *n*-hexane; C2: 氮杂环丁烷 Azetidine; C3: (*E*)-2-己醛 (*E*)-2-caproaldehyde; C4: (1*S*)-2,2-二甲基-3-亚甲基-双环[2.2.1]庚烷 (1*S*)-2,2-dimethyl-3-methylene-bicyclo[2.2.1]heptane; C5: 1-甲基-3-(1-甲基乙基)-苯 1-methyl-3-(1-methylethyl)-benzene; C6: 蒎烯 Camphene; C7: 1,8-桉树脑 1,8-cineole; C8: (1*S*)-2,6,6-三甲基双环[3.1.1]庚-2-烯 (1*S*)-2,6,6-trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene; C9: δ -3-烯 δ -3-ene; C10: γ -蒎品烯 γ -terpinene; C11: 芳樟醇 Linalool; C12: (1*S*-endo)-1,7,7-三甲基-双环[2.2.1]庚烷-2-醇 (1*S*-endo)-1,7,7-trimethyl-bicyclo[2.2.1]heptane-2-ol; C13: 草蒿脑 Estragole; C14: 3-苯基-2-丙醛 3-phenyl-2-propenal; C15: (-)-乙酸苄酯 (-)-bornyl acetate; C16: δ -榄香烯 δ -elemene; C17: [1*S*-(1 α ,2 α ,3 $\alpha\beta$,4 α ,8 $\alpha\beta$,9*R**)]-十氢-1,5,5,8 α -四甲基-1,2,4-甲基萘 [1*S*-(1 α ,2 α ,3 $\alpha\beta$,4 α ,8 $\alpha\beta$,9*R**)]-decahydro-1,5,5,8 α -tetramethyl-1,2,4-methenoazulene; C18: (-)- β -榄香烯 (-)- β -elemene; C19: 甲基丁香酚 Methyl Eugenol; C20: β -石竹烯 β -caryophyllene; C21: 1,2-二甲氧基-4-(1-丙烯基)-苯 1,2-dimethoxy-4-(1-propenyl)-benzene; C22: γ -杜松烯 γ -juniperene; C23: 去氢白菖烯 Calamene; C24: 4-异丙基-6-甲基-1-亚甲基-1,2,3,4-四氢萘 4-isopropyl-6-methyl-1-methylene-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene; C25: 榄香烯 Elemol; C26: 榄香素 Elemicin; C27: (2*R*-顺式)-1,2,3,4,4 α ,5,6,7-八氢- α , α ,4 α ,8-四甲基-2-萘甲醇 (2*R*-*cis*)-1,2,3,4,4 α ,5,6,7-octahydro- α , α ,4 α ,8-tetramethyl-2-naphthalenemethanol; C28: 瓜醇 Citrullol; C29: [2*R*-(2 α ,4 α ,8 $\alpha\beta$)]-1,2,3,4,4 α ,5,6,8 α -八氢- α , α ,4 α ,8-四甲基-2-萘甲醇 [2*R*-(2 α ,4 α ,8 $\alpha\beta$)]-1,2,3,4,4 α ,5,6,8 α -octahydro- α , α ,4 α ,8-tetramethyl-2-naphthalenemethanol.

3 讨论和结论

本研究中,金钱蒲样本的主要挥发性成分基本为草蒿脑,且叶片和根状茎的草蒿脑相对含量接近;陕西省汉中市略阳县(LY)叶片中榄香素相对含量最高,湖南省永州市双牌县(SP)根状茎中1,2-二甲氧基-4-(1-丙烯基)-苯相对含量最高,甲基丁香酚的相对含量在SP和LY的叶片和根状茎中相对较高, β -石竹烯的相对含量在SP叶片中相对较高;此外,去氢白菖烯和芳樟醇也是金钱蒲中重要的香气或药用成分。草蒿脑具有浓郁的茴香香气和甜味,被广泛用于配制香辛料、啤酒酒精和调味剂等,也是药用植物的重要活性成分之一,具有抗抑郁、杀菌、止咳化痰、健胃促消化、清热解毒、抗痉挛等药用功效^[8-12]。榄香素具有一定的抑制细菌和真菌活性、抗肺炎及舒张血管作用^[13-14]。甲基丁香酚用于配制依兰型、康乃馨型、紫丁香型等香精剂,也可用于食用香精等。 β -石竹烯可以延缓由H₂O₂引发的细胞衰老,还具有抗炎、镇痛等作用,也可用于治疗一些中枢神经系统疾病^[15]。去氢白菖烯被认为是强效的抗菌和抗肿瘤剂^[16]。芳樟醇常用于合成香精、香料行业,具有杀虫、抗菌、镇静的作用。因此,可根据不同用途对不同产地金钱蒲进行开发利用。

供试8个产地金钱蒲叶片和根状茎中挥发性成分种类及相对含量相似,但也有所差异,SP叶片中草蒿脑含量明显高于根状茎,LY叶片中榄香素含量明显高于根状茎,其余6个产地金钱蒲叶片和根状茎间化学成分含量相差不大,表明SP和LY的叶片更具有开发利用前景。综上所述,金钱蒲叶片与根状茎同样具有开发利用价值,并且不同产地金钱蒲的有效成分不同,在实际应用中应有所区分。

参考文献:

- [1] WU Z Y, RAVEN P H. Flora of China: Vol. 23 [M]. Beijing: Science Press, 2010: 1-2.
- [2] 赖先银,梁 鸿,赵玉英. 菖蒲属植物的化学成分和药理活性研究概况[J]. 中国中药杂志, 2002, 27(3): 161-165, 198.
- [3] 李 娟,刘清茹,肖 兰,等. 湖南产石菖蒲和水菖蒲挥发油成分分析和抑菌活性检测[J]. 中成药, 2015, 37(12): 2778-2782.
- [4] 陈 峰. 菖蒲属植物的化学成分及药理作用[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2011, 13(6): 1013-1017.
- [5] 程菊英,唐改福. 茴香菖蒲精油化学成分的研究[J]. 广西植物, 1985, 5(1): 38-42.
- [6] 韦发南,李荫昆. 茴香菖蒲,一种新的香料植物[J]. 广西植物, 1985, 5(3): 179-182.
- [7] 陆顺忠,李秋庭,覃子海,等. 茴香菖蒲叶子挥发性成分的HS-SPME-GC-MS分析[J]. 广西林业科学, 2009, 38(3): 175-176.
- [8] 舒 航, MORCOL T, 郑 杰,等. 西南少数民族药食两用植物“茴香菖蒲”不同部位的挥发油成分研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(9): 1774-1779.
- [9] 梁忠云,王国聪. 草蒿脑资源及生物活性应用研究进展[J]. 广西林业科学, 2010, 39(1): 49-51.
- [10] 宋述芹,谷 茂,陈飞鹏. 固相微萃取气质联用分析罗勒花和叶的挥发性成分[J]. 质谱学报, 2008, 29(2): 110-114.
- [11] SILVA-ALVES K S, FERREIRA-DA-SILVA F W, PEIXOTO-NEVES D, et al. Estragole blocks neuronal excitability by direct inhibition of Na⁺ channels[J]. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 2013, 46(12): 1056-1063.
- [12] LIMA C C, DE HOLANDA-ANGELIN-ALVES C M, PEREIRA-GONÇALVES Á, et al. Antispasmodic effects of the essential oil of *Croton zehnteneri*, anethole, and estragole, on tracheal smooth muscle[J]. Heliyon, 2020, 6(11): e05445.
- [13] 王 军,王 昊,杨锦玲,等. 7种黄檀属植物心材挥发油的成分分析及其抗菌活性[J]. 热带作物学报, 2019, 40(7): 1336-1345.
- [14] LIM J H, WOO K W, LEE K R, et al. Inhibition of proinflammatory cytokine generation in lung inflammation by the leaves of *Perilla frutescens* and its constituents[J]. Biomolecules and Therapeutics, 2014, 22(1): 62-67.
- [15] 刘晓宇,陈旭冰,陈光勇. β -石竹烯及其衍生物的生物活性与合成研究进展[J]. 林产化学与工业, 2012, 32(1): 104-110.
- [16] LIN J B, DOU J, XU J L, et al. Chemical composition, antimicrobial and antitumor activities of the essential oils and crude extracts of *Euphorbia macrorrhiza* [J]. Molecules, 2012, 17(5): 5030-5039.

(责任编辑:吴蕊夷)