

赵 铖,杨占南,罗世琼,等. 土壤养分对鱼腥草挥发性成分的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(9):187-190.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.09.045

土壤养分对鱼腥草挥发性成分的影响

赵 铖¹, 杨占南², 罗世琼¹, 邱胜娟², 胡 娟², 张曲玲¹

(1. 贵州师范大学生命科学学院, 贵州贵阳 550001; 2. 贵州师范大学贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵州贵阳 550001)

摘要:测定鱼腥草土壤养分及鱼腥草挥发性成分含量,对土壤养分与鱼腥草挥发性成分含量进行相关性及因子分析,结果表明,鱼腥草主要挥发性成分为 α -蒎烯、 β -蒎烯、 β -月桂烯、1-己醇、顺-3-己烯-1-醇、癸醛、 β -石竹烯、甲基正壬酮、正癸醇、2-十四酮、植醇等; β -蒎烯与有效钾含量呈显著正相关, β -月桂烯、植醇与有效钾含量呈显著负相关; α -蒎烯、1-己醇、顺-3-己烯-1-醇、癸醛与有效磷含量呈显著正相关,甲基正壬酮与有效磷含量、pH 值呈显著正相关;2-十四酮与 pH 值呈显著正相关;1-己醇、顺-3-己烯-1-醇与 pH 值呈显著负相关;土壤有效磷含量、有效钾含量、pH 值是影响鱼腥草挥发性成分的主要土壤因子,人工栽培鱼腥草时可适当调整土壤磷、钾养分,改善土壤 pH 值。

关键词:鱼腥草;挥发性成分;土壤养分;相关性;磷;钾

中图分类号: S158.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)09-0187-04

鱼腥草(*Houttuynia cordata* Thunb.) 别称折耳根,为三白草科蕺菜属草本植物,新鲜全草或干燥的地上部分可入药^[1],是传统药食兼用、极具开发潜力的中药资源^[2],富含多种化学成分及蛋白质、脂肪、维生素等营养成分^[3],具有抗氧化、抗白细胞、抗突变、抗炎、促进免疫系统等多种活性成分^[4-6],具有增强机体免疫、抗病毒和抑癌等作用^[7]及解热、抗过敏等功效,临床应用非常广泛^[8-12]。然而,受生长环境影响,鱼腥草化学成分的代谢累积差异显著,气候等因素影响鱼腥草化学成分的代谢累积已有大量文献报道^[13-16],而对影响鱼腥草化学组分累积的土壤环境因素研究知之甚少。土壤是中药赖以生存的基础,复杂的土壤生态系统直接影响中药的生长发育^[17-20],而中药生长发育又影响植物化学成分的代谢累积。因此,研究影响中药化学成分代谢累积的土壤环境因素,对选择适宜土壤、改善土壤条件,提高栽培中药的产量和质量具有重要意义。本试验选择气候条件及土壤类型一致的不同鱼腥草样地,测定其土壤养分、pH 值、鱼腥草挥发性成分,分析土壤养分、pH 值与鱼腥草挥发性成分的相关性,初步探讨影响鱼腥草挥发性成分累积的主要土壤因素,为提高鱼腥草挥发性化学成分含量累积,实现鱼腥草药用价值及其商业应用开拓更大、更新的发展空间。

1 材料与方法

1.1 主要仪器和试剂

主要仪器有 721 型分光光度计(天津冠泽科技有限公司)、PHS-3E 型 pH 计(上海仪电科学仪器股份有限公司)。

收稿日期:2017-08-08

基金项目:国家自然科学基金(编号:81260641);贵州师范大学博士科研项目。

作者简介:赵 铖(1992—),男,贵州仁怀人,硕士研究生,从事生物化学与分析化学研究。E-mail:1046580123@qq.com。

通信作者:罗世琼,博士,教授,从事土壤生态学研究。E-mail:shiqiongluo@163.com。

GCMS-QP2010C 型气相色谱-质谱联用仪(日本岛津公司)、Optima 5300 V 型电感耦合等离子体发射光谱仪(铂金埃尔默仪器有限公司)。主要试剂有 α -蒎烯、樟烯、 β -蒎烯、 β -月桂烯、柠檬烯、桉叶醇、反-2-己烯醛、 γ -松油烯、顺-3-己烯乙酯、1-己醇、 α -环氧蒎烷、顺-3-己烯-1-醇、反-2-己烯-1-醇、癸醛、芳樟醇、乙酰龙脑、 β -石竹烯、甲基正壬酮、龙脑、癸醇、丁香酚、2-十四酮、异植醇、植醇等标准品,均购买于美国 Sigma 公司;其他试验药品与试剂均为分析纯。

1.2 采样地概况

采样地位于贵州省毕节地区黔西县水坝村、马场村、猫场村、绮陌村,属亚热带湿润季风气候,年均气温为 14.1℃,海拔为 1386~1444 m,年平均降水量为 1436 mm,气候类型一致(表 1);样地为典型的缓坡丘陵地貌,野生鱼腥草自然生长 3 年以上,并形成一定的优势植物,群落内无杂草,周围有木本植物遮挡光照。

1.3 样品采集

采样时间为 2015 年 8 月。在采样时挖取鱼腥草新鲜植株,保持植株完整性,抖掉鱼腥草根部分松散土壤,收集黏附于根部的土壤;每个采样点采 3~5 个土样,每个土样质量约为 500 g,混合土样,除去动、植物分解残渣等物质,按“四分法”收集土样,并装入样品密封袋内,同时将鱼腥草新鲜植株装于密封袋内,快速运至实验室;将土壤样品除去粗石沙,摊于室内自然风干,研碎,分别过孔径 0.15、2.00 mm 的筛,分别置于样品袋中,过 0.15 mm 筛的土壤用于分析土壤全量 N、P、K 和有机质含量,过 2.00 mm 筛的土壤用于测定土壤有效 N、P、K 含量和 pH 值;将鱼腥草剪下叶片,置于冰箱中 4℃ 冷藏,用于测定鱼腥草挥发性成分。

1.4 测定内容与方法

1.4.1 土壤养分及 pH 值的测定 采用 pH 计测定土壤 pH 值;分别采用消煮处理-等量滴定法、过氧化氢-浓硝酸消煮-比色法、过氧化氢-浓硝酸消煮-火焰分光光度计测定

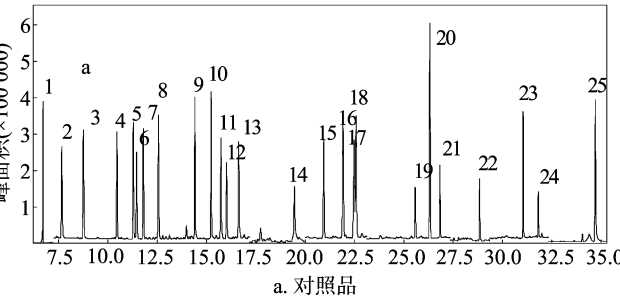
表 1 鱼腥草采样地相关信息

植株编号	土壤编号	采样地	经纬度	海拔 (m)	气候类型	年降水量 (mm)	年日照时数 (h)	土壤类型	年均气温 (℃)	采样时间
Y1	YT1	水坝村	105°54'E、26°37'N	1 444	亚热带季风气候	1 436	1 172	石灰性黄壤	14.1	2015-08-17
Y2	YT2	马场村	105°53'E、26°37'N	1 392	亚热带季风气候	1 436	1 172	石灰性黄壤	14.1	2015-08-15
Y3	YT3	猫场村	105°52'E、26°37'N	1 389	亚热带季风气候	1 436	1 172	石灰性黄壤	14.1	2015-08-17
Y4	YT4	绮陌村	105°52'E、26°36'N	1 386	亚热带季风气候	1 436	1 172	石灰性黄壤	14.1	2015-08-15

全氮、全磷、全钾含量;分别采用碳酸氢钠浸提-等量滴定法、碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法、乙酸铵浸提-电感耦合等离子体原子发射光谱法测定碱解氮、有效磷、有效钾含量^[21]。

1.4.2 鱼腥草挥发性成分的测定^[22-23] 将鱼腥草叶片剪碎成 2 mm 长叶段,称取 0.200 0~0.250 0 g 叶片置于螺纹样品瓶中,加入 1.9 mL 二氯甲烷、0.1 mL 内标溶液(萘),密闭,静置过夜;超声提取 30 min,离心,取上清液,置于冰箱中,待测。

气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometer,简称 GC-MS)条件:色谱柱为 FactorFourTM;capillary column,VF-WAXms,30 m×0.25 mm×0.25 μm;载气为氦气,流速为 1.10 mL/min,不分流进样,不分流时间为 0.5 min;进样口温度为 250℃;升温程序为起始温度 35℃保持 3 min,以 5.6℃/min 升温至 100℃,保持 1 min,再以 3.1℃/min 升温至 125℃,再以 15℃/min 升温至 230℃,保持 10 min;离子源为电子轰击离子源(electron impact ion source,简称 EI),电压为 70 eV,离子源温度为 200℃;检测电压为 1.2 kV,接口温度为 270℃,延迟时间为 5 min;定量模式为选择性离子检测(selected ion monitor,简称 SIM),挥发性成分定量离子分别为 α-蒎烯(93)、樟烯(93)、β-蒎烯(93)、月桂烯(69)、柠檬烯(68)、桉油精(108)、反-2-己烯醛(83)、γ-松油烯(136)、顺-3-己烯乙酯(82)、正己醇(56)、α-环氧蒎烯(109)、顺-3-己烯-1-醇(70)、反-2-己烯-1-醇(57)、癸醛(55)、芳樟醇(71)、乙酰龙脑(95)、β-石竹烯(133)、甲基正壬酮(58)、龙脑(95)、萘(128)、正癸醇(55)、2-十四酮(58)、丁香酚(164)、异植醇(71)、植醇(71)。



1—α-蒎烯;2—樟烯;3—β-蒎烯;4—β-月桂烯;5—柠檬烯;6—桉油精;7—反-2-己烯醛;8—γ-松油烯;9—顺-3-己烯乙酯;10—1-己醇;11—α-环氧蒎烯;12—顺-3-己烯-1-醇;13—反-2-己烯-1-醇;14—癸醛;15—芳樟醇;16—乙酰龙脑;17—β-石竹烯;18—甲基正壬酮;19—龙脑;20—萘(内标);21—正癸醇;22—2-十四酮;23—丁香酚;24—异植醇;25—植醇

图 1 对照品和典型鱼腥草叶片供试样品挥发性成分色谱

2.2 不同样地土壤养分状况

由表 3 可见,在测定指标中鱼腥草土壤的有机质含量相对最高,在 22.08~35.09 g/kg 之间,平均为 28.70 g/kg,这说明土壤大部分养分主要是碳水化合物;有效磷含量相对最低,

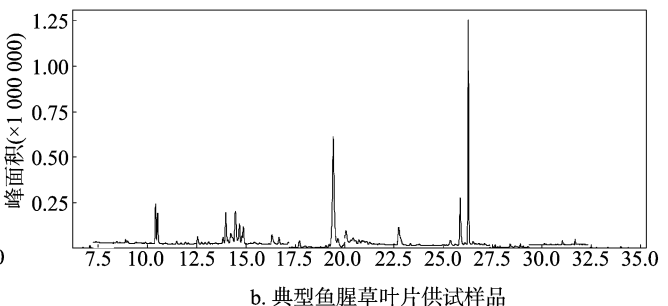
1.5 数据统计分析

采用 Excel 软件对试验数据进行统计分析;采用外标法计算挥发性成分含量;采用 SPSS 21.0 分析挥发性成分和土壤养分的相关性。

2 结果与分析

2.1 不同样地鱼腥草挥发性成分含量

由图 1、表 2 可见,鱼腥草主要挥发性成分为 α-蒎烯、β-蒎烯、β-月桂烯、1-己醇、顺-3-己烯-1-醇、癸醛、β-石竹烯、甲基正壬酮、正癸醇、2-十四酮、植醇,含量分别为 5.74~14.68、3.22~8.27、26.80~59.22、2.55~6.67、80.36~115.00、92.32~196.86、1.82~5.50、2.98~10.69、2.20~5.05、53.26~153.73、6.91~12.18 μg/g;不同样地各挥发性成分含量存在差异,Y1 叶片中的樟烯、柠檬烯、乙酰龙脑、2-十四烷酮含量与 Y2、Y3、Y4 间差异显著,但 Y2、Y3、Y4 叶片中的樟烯、柠檬烯、乙酰龙脑、2-十四烷酮含量相互间差异不显著;Y2、Y3 叶片中的 α-蒎烯含量显著高于 Y1、Y4,而 Y2 与 Y3 之间差异不显著;Y1、Y4 叶片中的 β-蒎烯含量显著低于 Y2、Y3,而 Y1 与 Y4、Y2 与 Y3 之间差异不显著;Y2 叶片中的反-2-己烯醛含量显著低于 Y3、Y4,而与 Y1 差异不显著;Y1、Y3、Y4 之间的反-2-己烯醛含量也没有显著性差异;Y4 叶片中的顺-3-己烯乙酯含量显著低于 Y2,而与 Y1、Y3 之间差异不显著;Y2 叶片中的 1-己醇含量显著低于 Y1、Y3、Y4,Y1、Y3、Y4 间的 1-己醇含量差异不显著;Y1、Y2 叶片中的癸醛含量显著低于 Y3、Y4,Y1 与 Y2、Y3 与 Y4 间差异不显著;Y1 叶片中甲基正壬酮含量显著低于 Y2,而 Y1 或 Y2 与 Y3、Y4 间差异不显著。



在 14.47~28.05 mg/kg 之间,平均为 22.51 mg/kg;不同样地之间的土壤养分含量存在差异,4 个样地土壤的全氮含量、全钾含量、碱解氮含量、有效钾含量相互间差异不显著;YT1 的全磷含量显著低于 YT2、YT3、YT4,而 YT2、YT3、YT4 之间差异

表 2 不同样地鱼腥草挥发性成分含量

植株编号	挥发性成分含量(μg/g)						
	α-蒎烯	樟烯	β-蒎烯	β-月桂烯	柠檬烯	反-2-己烯醛	γ-松油烯
Y1	5.74±0.185c	0.47±0.003b	3.22±0.115b	26.80±0.912b	0.43±0.009b	0.68±0.075ab	0.19±0.033a
Y2	14.68±0.577a	1.09±0.055a	8.27±0.603a	59.22±22.092a	1.04±0.017a	0.47±0.069b	0.29±0.097a
Y3	13.45±0.719a	0.95±0.150a	7.30±0.240a	55.19±4.764a	0.83±0.172a	1.46±0.427a	0.24±0.072a
Y4	10.15±0.632b	0.89±0.003a	4.60±0.956b	50.26±9.107a	0.74±0.015a	1.50±0.038a	0.19±0.006a
	顺-3-己烯乙酯	1-己醇	顺-3-己烯-1-醇	反-2-己烯-1-醇	癸醛	芳樟醇	乙酞龙脑
Y1	1.34±0.278ab	5.67±1.293a	102.24±20.045a	0.15±0.046a	92.32±17.182b	0.05±0.000a	0.79±0.032b
Y2	2.03±0.423a	2.55±0.436b	80.36±20.751a	0.27±0.134a	111.96±10.831b	0.14±0.057a	1.90±0.043a
Y3	1.84±0.055ab	4.88±0.361a	115.00±28.790a	0.85±0.078b	174.66±5.543a	0.14±0.029a	1.89±0.342a
Y4	0.81±0.127b	6.67±0.058a	100.57±5.491a	0.18±0.006a	196.86±9.803a	0.09±0.010a	1.65±0.098a
	β-石竹烯	甲基正壬酮	龙脑	正癸醇	2-十四酮	丁香酚	植醇
Y1	1.82±0.147a	2.98±0.534b	0.05±0.015a	2.20±0.800a	53.26±5.828b	0.04±0.013a	6.91±1.469a
Y2	4.56±1.793a	10.69±0.081a	0.05±0.012a	2.34±0.035a	153.73±39.802a	0.05±0.019a	12.18±0.191a
Y3	5.50±0.722a	6.87±1.094ab	0.05±0.003a	4.92±0.881a	151.42±10.427a	0.04±0.015a	10.40±3.554a
Y4	4.40±0.136a	6.90±1.604ab	0.07±0.023a	5.05±1.094a	144.72±3.577a	0.06±0.003a	9.93±0.670a

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。表3同。

表 3 鱼腥草不同样地的土壤养分状况

土壤编号	全氮含量(g/kg)	全磷含量(g/kg)	全钾含量(g/kg)	有机质含量(g/kg)	碱解氮含量(mg/kg)	有效磷含量(mg/kg)	有效钾含量(mg/kg)	pH 值
YT1	1.02±0.317a	2.99±0.356b	3.24±1.170a	22.08±1.297c	117.90±5.431a	26.26±4.319a	138.20±17.004a	6.26±0.059a
YT2	1.76±0.158a	4.48±0.413a	3.25±0.732a	35.09±1.641a	140.70±6.719a	14.47±2.104b	127.46±8.611a	4.25±0.153b
YT3	1.83±0.054a	5.70±0.100a	1.24±0.249a	31.09±0.414ab	143.89±4.087a	28.05±3.076a	133.88±8.656a	5.42±0.222ab
YT4	1.31±0.224a	5.18±0.431a	3.55±0.991a	26.53±3.614bc	121.94±14.345a	21.26±2.770ab	125.15±16.059a	4.78±0.816b

不显著;YT1 的有机质含量显著低于 YT2、YT3, YT3 与 YT2、YT3 与 YT4、YT1 与 YT4 差异不显著;YT1、YT3 的有效磷含量显著高于 YT2,与 YT4 差异不显著;YT1 的 pH 值显著高于 YT2、YT4,而与 YT3 差异不显著。

2.3 鱼腥草挥发性成分与土壤养分的相关性

由表 4 可见,α-蒎烯与碱解氮、有效磷含量呈显著正相关;β-蒎烯与有效钾含量呈显著正相关;β-月桂烯与碱解

氮含量呈显著正相关,与有效钾含量呈显著负相关;1-己醇、顺-3-己烯-1-醇与有效磷含量呈显著正相关;与 pH 值呈显著负相关;癸醛与有效磷含量呈显著正相关;β-石竹烯与碱解氮含量呈显著正相关;甲基正壬酮与有效磷含量、pH 值呈显著正相关;2-十四酮与 pH 值呈显著正相关;植醇与碱解氮含量呈显著性正相关,与有效钾含量呈显著负相关。

表 4 鱼腥草主要挥发性成分与土壤养分的相关性分析

挥发性成分	相关系数							
	全氮	碱解氮	全磷	有效磷	全钾	有效钾	有机质	pH 值
α-蒎烯	0.257	0.602 *	0.062	0.621 *	-0.505	-0.271	0.359	0.378
β-蒎烯	0.194	0.532	-0.016	0.153	-0.430	0.791 *	0.336	0.354
β-月桂烯	0.283	0.646 *	0.070	0.099	-0.085	-0.629 *	0.432	0.455
1-己醇	-0.198	-0.018	-0.080	0.552 *	-0.117	-0.328	-0.135	-0.642 *
顺-3-己烯-1-醇	-0.111	0.079	-0.175	0.558 *	-0.238	-0.079	-0.068	-0.720 *
癸醛	0.163	0.438	-0.063	0.628 *	-0.239	-0.153	0.449	0.472
β-石竹烯	0.153	0.600 *	0.064	0.267	-0.399	-0.347	0.385	0.315
甲基正壬酮	0.062	0.398	0.080	0.618 *	-0.294	-0.333	0.405	0.632 *
正癸醇	-0.062	0.307	-0.206	0.181	-0.286	0.375	0.265	0.217
2-十四酮	0.134	0.451	-0.024	0.066	-0.436	-0.337	0.477	0.691 *
植醇	-0.244	0.695 *	-0.406	0.081	-0.181	-0.627 *	0.146	0.120

注:“*”表示在 0.05 水平上差异显著。

2.4 土壤养分与鱼腥草主要挥发性成分的因子分析

鱼腥草土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、有效钾含量及 pH 值主要影响鱼腥草挥发性成分 α-蒎烯、β-蒎烯、β-月桂烯、1-己醇、顺-3-己烯-1-醇、癸醛、β-石竹烯、甲基正壬酮、正癸醇、2-十四酮、植醇含量,基于此进行因子分析,通过 KMO(kaiser-meyer-olkin)和 Bartlett 检验,

得到 KMO 值为 0.608,统计显著性值(P)为 0.001,小于 0.05,处于显著水平。由表 5 可见,前 3 个公共因子的特征值均大于 1,累积方差贡献率为 88.816%,说明这 3 个公共因子是反映影响鱼腥草主要挥发性成分含量信息的因子。由表 6 可见,各因子的负载值趋两极分化,其具有一定的生物学意义;有效钾、有效磷、pH 值对第 1 公共因子起主要作用,方差

贡献率为 64.296% ;有机质、碱解氮、全氮对第 2 公共因子起主要作用,方差贡献率为 13.453% ;全钾、全磷对第 3 公共因子起主要作用,方差贡献率为 11.067% 。这说明影响鱼腥草

挥发性成分含量的土壤因子主要为有效磷、有效钾、pH 值,其次为有机质、碱解氮、全氮,这和鱼腥草挥发成分与土壤养分相关性的分析结果基本一致。

表 5 土壤养分与鱼腥草主要挥发性成分因子分析的特征值和累积贡献率

公共因子	初始特征值			抽去后特征值			旋转平方和载入		
	总特征值	方差贡献率 (%)	累积贡献率 (%)	总特征值	方差贡献率 (%)	累积贡献率 (%)	总特征值	方差贡献率 (%)	累积贡献率 (%)
1	6.922	64.296	64.296	6.922	64.296	64.293	4.214	44.669	44.669
2	2.574	13.453	77.749	2.574	13.452	77.745	3.245	27.155	71.824
3	1.325	11.067	88.816	1.325	11.068	88.813	2.152	16.989	88.816
4	0.554	5.991	94.807						
5	0.321	1.948	96.755						
6	0.132	1.482	98.237						
7	0.056	0.981	99.218						
8	0.033	0.782	100						

表 6 方差极大正交旋转后的因子载荷矩阵

土壤养分	第 1 公共因子	第 2 公共因子	第 3 公共因子
全氮	0.525	0.886	0.025
全磷	0.529	0.178	0.822
全钾	0.158	-0.136	0.979
有机质	0.257	0.918	0.145
碱解氮	0.486	0.899	0.513
有效磷	0.908	0.050	0.143
有效钾	0.878	0.552	0.351
pH 值	-0.843	0.153	-0.567

3 讨论

通过土壤养分与鱼腥草挥发性成分的相关性和因子分析,初步明确影响鱼腥草主要挥发性成分的土壤因素是有效磷、有效钾及土壤 pH 值。因此,在栽培鱼腥草时可以根据对鱼腥草挥发性成分含量要求,通过合理施肥适当调整土壤的氮、磷养分比例,改善土壤 pH 值,以期达到提高鱼腥草挥发性物质的效果,这为鱼腥草的人工种植提供了技术支持,也为鱼腥草的质量控制提供了一定的科学依据。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京:化学工业出版社,2005:208.

[2] 吴卫. 鱼腥草的研究进展[J]. 中草药,2001,32(4):367-368.

[3] 任玉翠,周彦刚,凌文娟,等. 鱼腥草营养液的研制[J]. 食品与机械,1998(1):16-17.

[4] Zhang Y, Li S F, Wu X W. Pressurized liquid extraction of flavonoids from *Houttuynia cordata* Thunb. [J]. Separation and Purification Technology, 2008, 58(3):305-310.

[5] Amor N B, Jimenez A, Megdiche M, et al. Response of antioxidant systems to NaCl stress in the halophyte *cakile maritime* [J]. Physiology Plant, 2006, 126(3):446-457.

[6] Maraldi T, Prata C, Fiorentini D, et al. Induction of apoptosis in a human leukemic cell line via reactive oxygen species modulation by antioxidants[J]. Free Radical Biology and Medicine, 2009, 46(2):244-252.

[7] 李爽,金佩珂. 鱼腥草的有效成分、药理作用及临床应用的研究进展[J]. 沈阳药科大学学报,1997,14(2):144-147.

[8] 陈安权,沙丽君,朱辉,等. 鱼腥草治疗癌性胸水 11 例报告[J]. 中医杂志,1992(1):12.

[9] 赵瑞勤. 鱼腥草注射液治疗多发性疖肿 60 例疗效分析[J]. 实用中医药杂志,1994(1):25-26.

[10] 杨媚. 鱼腥草滴眼液治疗流行性角结膜炎 40 例临床观察[J]. 中国民族民间医药,2015(6):31,33.

[11] 陈婧,方建国,吴方建,等. 鱼腥草抗炎药理作用机制的研究进展[J]. 中草药,2014,45(2):284-289.

[12] 刘茂顺,范唯唯. 静滴鱼腥草注射液致呼吸困难、休克各 1 例[J]. 中国中药杂志,2002,27(5):376-376.

[13] 陈文霞,谈献和. 中药材栽培与土壤生态因子的关系[J]. 中国中医药信息杂志,2006,13(12):48-49.

[14] 杨占南. 鱼腥草(*Houttuynia cordata* Thunb.) 酚类及挥发性成分代谢累积与土壤环境因子的相关性研究[D]. 重庆:西南大学,2013:15-16.

[15] 王惠珍. 当归产量和品质形成对海拔的响应及生理机制[D]. 兰州:甘肃农业大学,2011:45.

[16] 代希君,彭杰,彭云发,等. 土壤养分对骏枣品质的影响及其光谱预测研究[J]. 塔里木大学学报,2015,27(1):92-96.

[17] 石文婷,伍贤进,王玺,等. 气相色谱-质谱联用结合化学计量学方法分析光照对鱼腥草挥发性成分的影响[J]. 分析测试学报,2014,33(2):127-132.

[18] 陈婧,王文清,施春阳,等. 不同干燥方法对鱼腥草挥发性成分的影响[J]. 中国医院药学杂志,2014,34(21):1814-1818.

[19] 李颖,严锦贤,郑笈,等. HS-SPME-GC-MS 对建阳小湖鱼腥草不同部位挥发性成分的比较研究[J]. 海峡药学,2015,27(10):23-25.

[20] 吴卫,郑有良,杨瑞武,等. 鱼腥草氮、磷、钾营养吸收和累积特性初探[J]. 中国中药杂志,2001,26(10):676-678.

[21] 柳小兰,张清海,林绍霞,等. 土壤化学特性对中药材品质影响的研究进展[J]. 贵州科学,2013,31(5):55-60.

[22] Yang Z N, Luo S Q, Ma J, et al. GC-MS analyses of the volatiles of *Houttuynia cordata* Thunb. [J]. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 2016, 29(5):1591-1600.

[23] 马敬. 鱼腥草(*Houttuynia cordata* Thunb.) 挥发性物质的代谢累积格局[D]. 贵阳:贵州师范大学,2016:23.