

新疆民族药多伞阿魏挥发油成分与土壤因子相关性研究

唐代萍^{1,2}, 盛萍^{1*}, 苗莉娟¹, 王飒¹ (1.新疆医科大学中医学院, 乌鲁木齐 830011; 2.乌鲁木齐市中医医院, 乌鲁木齐 830001)

摘要: 目的 研究土壤因子对多伞阿魏挥发油成分的影响, 筛选影响其含量的主导因子。方法 测定不同产地多伞阿魏挥发油成分含量及相应生长地土壤养分和 pH 值等, 采用单因素方差分析、相关分析和偏最小二乘法和灰色关联等统计方法分析土壤因子对多伞阿魏挥发油成分含量的影响。结果 不同产地多伞阿魏挥发油成分含量和土壤因子均有显著差异。多伞阿魏 12 种挥发油成分总含量与土壤 pH 值呈显著负相关($P<0.05$); 愈创木醇与速效钾呈显著负相关($P<0.05$); α -蒎烯与土壤速效氮、速效钾呈显著正相关($P<0.01$); 蒎烯、右旋柠檬烯与土壤速效钾呈显著正相关($P<0.05$); 异愈创木醇与全磷呈显著正相关($P<0.05$); β -金合欢烯与速效磷呈显著负相关($P<0.05$)。偏最小二乘法分析表明, 土壤 pH 值、速效钾含量对多伞阿魏挥发油成分的积累具有重要意义。灰色关联分析表明, 土壤 pH 值、含水量和速效钾与多伞阿魏挥发油成分关联度较大。结论 不同产地多伞阿魏挥发油成分含量和土壤因子均有显著差异。各土壤因子对多伞阿魏挥发油成分的影响各有不同, 土壤 pH 值、含水量和速效钾的含量可能是影响多伞阿魏挥发油成分含量的主导因子。

关键词: 多伞阿魏; 挥发油成分; 土壤因子

中图分类号: R917 文献标志码: B 文章编号: 1007-7693(2016)02-0133-06

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2016.02.001

Correlation Analysis between Volatile Oil of *Ferula ferulaeoides* of Xinjiang Ethnic Medicine and Soil Factors

TANG Daiping^{1,2}, SHENG Ping^{1*}, MIAO Lijuan¹, WANG Sa¹ (1.School of Traditional Chinese Medicine, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China; 2.Urumqi Hospital of Traditional Chinese Medicine, Urumqi 830001, China)

ABSTRACT: OBJECTIVE To explore and screen the soil factors which influences the volatile ingredient of *Ferula ferulaeoides*. **METHODS** By measuring the content of volatile ingredient of *Ferula ferulaeoides*, soil nutrients and pH value in the corresponding place, using the One-way ANOVA, correlation analysis, partial least squares(PLS) methods and grey relational analysis(GRA) to analyze the soil factors which have great effect on the volatile ingredient content from *Ferula ferulaeoides*. **RESULTS** The content of volatile constituents of *Ferula ferulaeoides* and the soil factors from different habitats were significantly different. The total content of 12 volatile components of *Ferula ferulaeoides* and soil pH value were significantly negative correlated with each other($P<0.05$); the content of guaiol were negatively associated with the available K($P<0.05$); the α -pinene showed a significant positive correlation with the available N, K($P<0.01$); the content of camphene and d -limonene showed significant positive correlations with the available K($P<0.05$); bulnesol were positively correlated with total phosphorus($P<0.05$), β -farnesene showed a significant negative correlation with available phosphorus($P<0.05$). By the analysis of PLS, the soil pH value and the content of available K were important to the volatile components of the *Ferula ferulaeoides*. GRA showed that the pH value, water content and available K in the soil were large correlation to the volatile oil of the *Ferula ferulaeoides*. **CONCLUSION** The contents of volatile constituents and soil factors of different habitats were significantly different. The soil pH value, the content of available K, and natural water content are the main factors that influence the content of volatile components of *Ferula ferulaeoides*.

KEY WORDS: *Ferula ferulaeoides*; volatile ingredient; soil factors

多伞阿魏[*Ferula ferulaeoides* (Stend.) Korov.] 是新疆维吾尔族人民常用的重要药材, 为伞形科阿魏属(*Ferula L.*)植物, 普遍分布于中国新疆北疆沙丘、沙地和砾石质的蒿属荒漠中, 其药用部位

为树脂和根。挥发油成分是多伞阿魏的主要有效成分, 在临床上主要用于治疗心腹冷痛、慢性肠胃炎、胃溃疡、风湿性关节炎等疾病^[1]。

目前, 对多伞阿魏的研究报道主要涉及化学

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(81060364、81560633)

作者简介: 唐代萍, 女, 硕士生, 主管中药师 Tel: 18199188044
导 Tel: (0991)4362253 E-mail: xjsphwy@163.com

E-mail: tdp3@163.com *通信作者: 盛萍, 女, 博士, 教授, 硕

成分分析^[2-3]、药理作用^[4-5]、提取工艺^[6-7]、DNA 分子技术^[8]等,但有关多伞阿魏挥发油成分含量与土壤因子相关性方面的研究未见报道,而土壤因子对于药用植物的品质具有重要影响。因此,本研究采集不同产地多伞阿魏药材样品及相应土壤样品,测定药材挥发油成分含量、土壤 pH 值及有机质、全氮、全磷等含量,综合分析其成分含量与土壤因子之间的相关性,筛选影响多伞阿魏挥发油成分含量的主导因子,为保证多伞阿魏药材质量及临床用药的有效性,提高多伞阿魏的合理开发利用,为揭示多伞阿魏适宜生长条件提供科学依据。

1 仪器和材料

Agilent 7890A-5975C 气相色谱质谱联用仪(美国安捷伦公司); HP-5MS 石英毛细管色谱柱(30 mm×0.25 mm, 0.25 μm)。

于 2011 年 5 月—6 月对处于同一生长周期不同产地多伞阿魏样品和土壤样品进行采集。按照中药材野外取样方法,综合考虑新疆富蕴县、青河县、木垒县、奇台县、吉木萨尔县、沙湾县、裕民县、托里县 8 个产地实际面积大小,在各个产地随机布点,每个点随机挖取 5~6 株多伞阿魏的根及相应根部 0~20 cm 土层的土壤样品,按点编号。根阴干,粉碎,混匀,过 10 目筛,密封备用(样品信息见表 1);土壤样品经挑拣杂物和过筛,混匀,带回实验室,自然风干后保存,备用。采集的样品经新疆医科大学盛萍教授鉴定为伞形科植物多伞阿魏[*Ferula ferulaeoides* (Stend.) Korov.]的干燥根,采集的样品备份保存在新疆中医药大学中医学院中药资源教研室。乙醚(分析醇,东莞市双德化工有限公司);无水硫酸钠(分析醇,廊坊鹏彩精细化工有限公司)。

表 1 多伞阿魏样品信息采集表

Tab. 1 Information of *Ferula ferulaeoides* samples

产区编号	产 地	样品编号	海拔/m
I	富蕴县	1~6	2 287~3 294
II	青河县	7~13	3 287~3 878
III	木垒县	14~17	2 549~2 726
IV	奇台县	18~19	2 385~3 560
V	吉木萨尔县	20~24	1 965~2 018
VI	沙湾县	25~29	1 893~2 306
VII	裕民县	30~36	1 906~3 622
VIII	托里县	37~42	2 651~2 999

2 方法

2.1 多伞阿魏挥发油成分含量测定

按照课题组前期的研究方法^[9],对多伞阿魏挥发油进行提取,测定其挥发油成分含量。

2.2 根据土壤理化性质测定

主要参照《土壤农化分析》方法测定^[10],采用电位测定法测定土壤 pH 值,烘干法测定土壤含水量,重量法测定水溶性总盐含量,重铬酸钾容量法测定土壤有机质,凯氏定氮法测定土壤全氮,NaOH 熔融-钼锑抗比色法测定土壤全磷,NaOH 熔融-火焰原子吸收分光光度法测定土壤全钾,碱解扩散法测定土壤速效氮,碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定土壤速效磷,醋酸铵-火焰原子吸收分光光度法测定土壤速效钾。

2.3 统计学处理

以多伞阿魏挥发油成分含量组与土壤因子组数据建立分析数据库,应用统计软件 SPSS 20.0 进行单因素方差分析和相关性分析, $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。运用偏最小二乘法(partial least squares regression, PLS)和灰色关联分析(grey relational analysis, GRA)筛选影响多伞阿魏挥发油成分积累的土壤主导因子。

3 结果

3.1 不同产地多伞阿魏挥发油成分含量

按照课题组前期研究结果^[9],选取了 α -蒎烯、橙花叔醇、愈创木醇和异喇叭烯等 12 种成分为多伞阿魏挥发油共有成分,不同产地多伞阿魏挥发油共有成分含量见表 2。

3.2 不同产地多伞阿魏挥发油成分含量方差分析

由于奇台县(产区 IV)仅有 2 个样本量,故在本次方差分析中取其余 7 个产地的 40 份多伞阿魏挥发油成分含量,结果见表 3。由 P 值可知,除异喇叭烯(Y_{12})外,其余 11 种成分含量均存在显著差异($P<0.05$),挥发油成分总含量亦存在显著差异($P<0.05$),表明 7 个产地多伞阿魏挥发性成分含量存在显著差异,可进一步进行因素内的多重比较分析。

以多伞阿魏挥发油成分总含量(Y)及在总含量中占较大比重的 β -金合欢烯(Y_6)、人参新萜醇(Y_7)、橙花叔醇(Y_8)和愈创木醇(Y_9)为代表进行多重比较,结果见表 4。由结果可知,7 个产地中,富蕴县(产区 I)产多伞阿魏人参新萜醇(Y_7)、愈创木醇(Y_9)及挥发油成分总含量(Y)最高;沙湾县(产区 VI)产多伞阿魏愈创木醇(Y_9)仅次于富蕴县;裕民县(产区 VII)产多伞阿魏挥发油成分总含量(Y)最低。

表 2 不同产地多伞阿魏挥发油成分含量($\bar{x} \pm s$)

Tab. 2 The content of volatile oil of *Ferula ferulaeoides* from different habitats($\bar{x} \pm s$)

产区 编号	挥发油成分含量/%												Y
	Y ₁ α -蒎烯	Y ₂ 蒎烯	Y ₃ 右旋 柠檬烯	Y ₄ 龙脑	Y ₅ 乙酸 龙脑酯	Y ₆ β -金合 欢烯	Y ₇ 人参 新萜醇	Y ₈ 橙花 叔醇	Y ₉ 愈创 木醇	Y ₁₀ γ -桉叶 油醇	Y ₁₁ 异愈创 木醇	Y ₁₂ 异喇 叭烯	
I	0.05±0.02	0.06±0.02	0.58±0.26	0.27±0.10	0.41±0.18	0.09±0.02	0.25±0.03	0.20±0.04	8.60±1.00	0.22±0.03	0.30±0.11	0.17±0.08	11.22±0.46
II	0.08±0.04	0.04±0.02	0.32±0.12	0.06±0.01	0.25±0.10	0.72±0.14	0.18±0.02	0.97±0.24	6.93±0.81	0.21±0.02	0.23±0.06	0.13±0.05	10.13±0.80
III	0.19±0.09	0.18±0.09	0.40±0.19	0.32±0.17	0.95±0.32	0.60±0.19	0.22±0.04	0.83±0.24	5.34±1.13	0.22±0.02	0.12±0.02	0.12±0.04	9.48±0.34
IV	0.32±0.03	0.40±0.01	0.91±0.54	1.18±1.08	2.34±0.13	1.04±0.39	0.05±0.00	1.39±0.06	2.52±1.67	0.08±0.01	0.06±0.02	0.07±0.03	10.35±1.73
V	0.13±0.05	0.15±0.05	0.45±0.19	1.08±0.51	2.01±0.65	0.72±0.12	0.09±0.03	1.17±0.30	5.19±0.79	0.08±0.02	0.06±0.01	0.08±0.02	11.21±0.44
VI	0.07±0.03	0.08±0.03	0.25±0.12	0.18±0.03	0.45±0.22	0.20±0.04	0.20±0.03	0.92±0.22	8.16±0.37	0.26±0.05	0.19±0.03	0.12±0.05	11.08±0.33
VII	0.33±0.13	0.34±0.08	1.18±0.23	0.27±0.02	0.76±0.28	0.24±0.10	0.10±0.00	0.48±0.15	4.40±0.53	0.12±0.01	0.07±0.01	0.14±0.02	8.45±0.47
VIII	0.30±0.06	0.34±0.10	1.09±0.35	1.06±0.44	1.15±0.33	0.22±0.11	0.10±0.02	0.48±0.16	4.52±1.06	0.09±0.02	0.06±0.01	0.08±0.04	9.50±0.81

注: Y-多伞阿魏 12 种挥发油成分总含量。

Note: Y-the total content of 12 kinds of volatile oil of *Ferula ferulaeoides*.

表 3 不同产地多伞阿魏挥发油成分含量单因素方差分析

Tab. 3 One-way ANOVA analysis on volatile oil of *Ferula ferulaeoides* of different habitats

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
Y ₁	0.47	6	0.08	2.52	0.04
Y ₂	0.64	6	0.11	4.86	0.00
Y ₃	5.17	6	0.86	2.86	0.02
Y ₄	6.14	6	1.02	2.87	0.02
Y ₅	11.71	6	1.95	3.49	0.01
Y ₆	2.50	6	0.42	5.84	0.00
Y ₇	0.15	6	0.02	7.69	0.00
Y ₈	4.04	6	0.67	2.86	0.02
Y ₉	105.14	6	17.52	4.32	0.00
Y ₁₀	0.18	6	0.03	7.81	0.00
Y ₁₁	0.32	6	0.05	3.49	0.01
Y ₁₂	0.03	6	0.01	0.40	0.88
Y	41.25	6	6.87	3.28	0.01

表 4 不同产地多伞阿魏挥发油成分含量多重比较

Tab. 4 Multiple comparison about volatile active components of *Ferula ferulaeoides* of different habitats

产区 编号	挥发油成分				Y
	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉	
I	0.09	0.25	0.20	8.60	11.22
II	0.72 ¹⁾	0.18	0.97	6.93	10.13
III	0.60	0.22	0.83	5.34	9.48
V	0.72 ¹⁾	0.09 ²⁾	1.17 ¹⁾	5.19	11.21
VI	0.20 ²⁾	0.20	0.92	8.16	11.08
VII	0.24 ²⁾	0.10 ¹⁾	0.48	4.40 ¹⁾⁴⁾	8.45 ¹⁾³⁾
VIII	0.22 ²⁾	0.10 ¹⁾	0.48	4.52 ¹⁾	9.50

注: 与产区 I 比较, ¹⁾ $P<0.05$; 与产区 II 比较, ²⁾ $P<0.05$; 与产区 V 比较, ³⁾ $P<0.05$; 与产区 VI 比较, ⁴⁾ $P<0.05$ 。

Note: Compared with habitat I, ¹⁾ $P<0.05$; compared with habitat II, ²⁾ $P<0.05$; compared with habitat V, ³⁾ $P<0.05$; compared with habitat VI, ⁴⁾ $P<0.05$.

3.3 土壤因子分析

根据全国第2次土壤普查制定的养分分级标准^[11]: 1级很丰富, 2级为丰富, 3级中等, 4级缺乏, 5级很缺乏, 6级极缺乏, 将8个产地土壤因子的均值与标准对比, 结果见表5。从表5可以看出, 多伞阿魏生长地土壤为碱性, 极干(含水量<5%), 全磷、全钾很丰富, 有机质含量很低, 全氮、速效氮、速效磷、速效钾随产地变化而分属不同营养等级。

3.4 不同产地多伞阿魏挥发油成分含量与土壤因子相关性分析

多伞阿魏挥发油成分含量与土壤因子数据进行相关性分析, 结果见表 6。从表 6 可以看出, 其挥发油总含量与土壤 pH 值, 愈创木醇与速效钾, β -金合欢烯与速效磷 3 对数据均呈显著负相关($P<0.05$); α -蒎烯与土壤速效氮、速效钾呈显著正相关($P<0.01$); 蒎烯、右旋柠檬烯与土壤速效钾呈显著正相关($P<0.05$); 异愈创木醇与全磷呈显著正相关($P<0.05$)。

3.5 PLS 分析结果

偏最小二乘回归是对多元线性回归模型的一种扩展, 可以同时实现回归建模、数据结构简化以及2组变量之间的相关性分析。由表6可知, 土壤因子间存在严重共线性, 如 $r(X_4, X_5)=0.944$, $r(X_4, X_6)=0.730$, 若采用普通最小二乘法, 会影响回归模型的拟合效果, 故采用PLS建立多伞阿魏挥发油成分总含量与土壤因子的回归方程, 其标准方程: $Y=-0.78-0.50X_1-0.04X_2-0.05X_3-0.08X_4+0.02X_5-0.27X_6-0.13X_7-0.07X_8+0.29X_9-0.30X_{10}$ 。

表 5 不同产地土壤营养状况

Tab. 5 Nutritional status of soil factors of different habitats

产区 编号	pH 值 (X ₁)	含水 量/% (X ₂)	总盐/ g·kg ⁻¹ (X ₃)	有机质(X ₄)		全氮(X ₅)		全磷(X ₆)		全钾(X ₇)		速效氮(X ₈)		速效磷(X ₉)		速效钾(X ₁₀)	
				含量/ %	等 级	含量/ g·kg ⁻¹	等 级	含量/ g·kg ⁻¹	等 级	含量/ g·kg ⁻¹	等 级	含量/ mg·kg ⁻¹	等 级	含量/ mg·kg ⁻¹	等 级	含量/ mg·kg ⁻¹	等 级
I	7.54	4.06	3.13	0.82	5	0.400	1	0.541	1	12.35	1	19.9	6	8.6	4	126	3
II	7.33	4.38	1.28	1.20	4	0.669	1	0.598	1	12.69	1	30.5	5	6.5	4	134	3
III	7.81	3.75	1.20	0.62	5	0.323	1	0.545	1	10.45	1	36.2	5	8.2	4	241	1
IV	8.04	1.98	1.55	0.38	6	0.182	2	0.364	1	11.83	1	24.6	6	5.5	4	503	1
V	7.35	3.57	1.57	0.14	6	0.080	4	0.288	1	10.68	1	24.5	6	2.8	6	63	4
VI	7.62	3.98	1.57	0.69	5	0.350	1	0.560	1	13.29	1	21.8	6	5.4	4	250	1
VII	7.41	3.67	1.10	1.10	4	0.579	1	0.677	1	13.49	1	48.6	5	7.2	4	433	1
VIII	7.52	4.60	1.60	1.49	4	0.757	1	0.668	1	12.52	1	44.0	5	9.2	4	462	1

表 6 多伞阿魏生长地土壤因子与挥发油成分含量相关性分析

Tab. 6 The correlation analysis between the content of volatile active ingredient content of *Ferula ferulaeoides* and soil factors

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉	Y ₁₀	Y ₁₁	Y ₁₂	Y	
X ₁	1.000																							
X ₂	-0.151	1.000																						
X ₃	-0.103	-0.175	1.000																					
X ₄	-0.094	0.614 ²⁾	-0.300	1.000																				
X ₅	-0.031	0.690 ²⁾	-0.250	0.944 ²⁾	1.000																			
X ₆	-0.213	0.480 ²⁾	-0.143	0.730 ²⁾	0.690 ²⁾	1.000																		
X ₇	-0.167	0.122	0.381 ¹⁾	0.262	0.290	0.370 ¹⁾	1.000																	
X ₈	-0.246	0.262	-0.064	0.559 ²⁾	0.461 ¹⁾	0.561 ²⁾	0.172	1.000																
X ₉	0.060	0.287	0.273	0.439 ¹⁾	0.445 ¹⁾	0.333	0.357	0.180	1.000															
X ₁₀	0.251	-0.056	-0.138	0.413 ¹⁾	0.382 ¹⁾	0.249	0.283	0.345	0.307	1.000														
Y ₁	0.087	0.133	-0.079	0.209	0.225	0.223	-0.026	0.434 ¹⁾	-0.112	0.512 ²⁾	1.000													
Y ₂	0.207	0.045	-0.033	0.150	0.145	0.079	0.033	0.366	-0.010	0.590 ²⁾	0.894 ²⁾	1.000												
Y ₃	-0.048	0.236	0.007	0.189	0.246	0.247	0.143	0.365	0.067	0.403 ¹⁾	0.813 ²⁾	0.701 ²⁾	1.000											
Y ₄	0.059	-0.268	0.111	-0.205	-0.279	-0.366	-0.144	-0.096	0.063	0.138	0.131	0.402 ¹⁾	-0.112	1.000										
Y ₅	0.204	-0.006	0.106	-0.124	-0.073	-0.163	-0.158	0.160	-0.140	0.269	0.825 ²⁾	0.848 ²⁾	0.617 ²⁾	0.469 ¹⁾	1.000									
Y ₆	-0.034	-0.176	-0.269	-0.245	-0.199	-0.221	-0.158	0.093	-0.435 ¹⁾	-0.020	0.264	0.086	0.181	-0.341	0.195	1.000								
Y ₇	0.040	0.204	0.174	-0.035	-0.007	0.164	0.083	-0.365	0.135	-0.353	-0.525 ²⁾	-0.600 ²⁾	-0.355	-0.288	-0.495 ²⁾	-0.446 ¹⁾	1.000							
Y ₈	-0.073	-0.201	-0.235	-0.200	-0.238	-0.176	-0.021	-0.008	-0.318	0.129	0.208	0.126	0.113	-0.241	0.124	0.816 ²⁾	-0.504 ²⁾	1.000						
Y ₉	-0.196	0.006	0.181	-0.039	-0.018	0.056	0.016	-0.257	0.269	-0.403 ¹⁾	-0.799 ²⁾	-0.790 ²⁾	-0.627 ²⁾	-0.265	-0.767 ²⁾	-0.412 ¹⁾	0.552 ²⁾	-0.361	1.000					
Y ₁₀	-0.005	0.346	-0.072	0.131	0.126	0.179	0.121	-0.261	0.202	-0.250	-0.555 ²⁾	-0.618 ²⁾	-0.349	-0.387 ¹⁾	-0.612 ²⁾	-0.263	0.770 ²⁾	-0.169	0.593 ²⁾	1.000				
Y ₁₁	-0.146	0.326	0.120	0.223	0.229	0.411 ¹⁾	0.250	-0.024	0.128	-0.113	-0.210	-0.412 ¹⁾	0.087	-0.540 ²⁾	-0.393 ¹⁾	-0.197	0.649 ²⁾	-0.182	0.379 ¹⁾	0.663 ²⁾	1.000			
Y ₁₂	-0.045	0.081	-0.215	0.089	0.089	0.083	0.011	0.027	-0.163	-0.024	-0.208	-0.226	-0.184	0.145	-0.243	-0.344	0.384 ¹⁾	-0.443 ¹⁾	0.200	0.466 ¹⁾	0.302	1.000		
Y	-0.400 ¹⁾	0.063	-0.178	-0.214	-0.212	-0.259	-0.179	-0.122	0.064	-0.306	-0.273	-0.316	-0.235	0.096	-0.115	0.007	0.004	0.049	0.530 ²⁾	0.193	0.114	0.038	1.000	

注：¹⁾在置信度(双侧)为 0.05 时，相关性是显著的；²⁾在置信度(双侧)为 0.01 时，相关性是显著的。

Note: ¹⁾Confidence level (bilateral) of 0.05, the correlation was significant; ²⁾confidence level (bilateral) of 0.01, the correlation was significant.

从回归方程可看出，多伞阿魏挥发油共有成分总含量受土壤因子中的pH值(X₁)($\alpha_1=-0.5$)、全磷(X₆)($\alpha_6=-0.27$)、速效磷(X₉)($\alpha_9=-0.29$)、速效钾(X₁₀)($\alpha_{10}=-0.30$)影响较大。

由于偏最小二乘回归分析中，自变量对因变量的解释能力可以用变量投影重要性指标(variable importance in the projection, VIP)来衡量。因此，各土壤因子对多伞阿魏挥发油成分总含量

的影响可通过VIP值大小反映, 结果见图1。

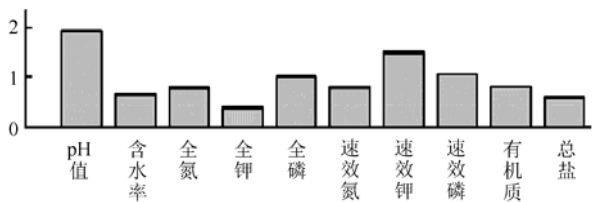


图1 多伞阿魏生长地土壤因子VIP值

Fig. 1 VIP value of soil factors of *Ferula ferulaeoides*

从图1可以看出, 在VIP>1的4个因子中, 其影响力大小顺序为pH值(VIP=1.95)>速效钾(VIP=1.52)>速效磷(VIP=1.07)>全磷(VIP=1.05)。

3.6 不同产地多伞阿魏挥发油成分含量与土壤因子GRA结果

利用分析软件DPS 7.05对8个产地多伞阿魏挥发油成分含量与土壤因子进行GRA, 结果见表7。

表7 多伞阿魏挥发油成分含量与土壤因子灰色关联分析

Tab. 7 The analysis between the content of volatile ingredient of *Ferula ferulaeoides* and soil factors by GRA

关联矩阵	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	γ_5	γ_6	γ_7	γ_8	γ_9	γ_{10}
Y ₁	0.777 0	0.770 8	0.749 8	0.7747	0.772 5	0.770 0	0.763 2	0.788 7	0.756 3	0.828 7
Y ₂	0.764 1	0.751 6	0.740 6	0.751 0	0.747 5	0.763 2	0.757 1	0.785 0	0.746 7	0.843 1
Y ₃	0.752 9	0.760 8	0.730 6	0.769 4	0.767 5	0.780 8	0.757 0	0.795 5	0.757 3	0.787 9
Y ₄	0.735 0	0.735 9	0.737 1	0.725 0	0.722 8	0.725 4	0.729 3	0.716 3	0.717 8	0.745 4
Y ₅	0.750 7	0.735 0	0.755 7	0.723 3	0.719 3	0.726 8	0.743 8	0.739 2	0.728 2	0.777 9
Y ₆	0.762 9	0.761 2	0.747 0	0.727 2	0.737 4	0.739 3	0.763 8	0.754 3	0.742 1	0.743 7
Y ₇	0.805 6	0.799 7	0.763 7	0.757 4	0.745 5	0.787 0	0.793 0	0.725 8	0.775 6	0.670 8
Y ₈	0.789 7	0.780 7	0.778 6	0.742 3	0.738 2	0.777 3	0.790 8	0.774 7	0.770 1	0.791 4
Y ₉	0.837 9	0.841 5	0.813 8	0.772 0	0.759 8	0.839 1	0.841 3	0.767 7	0.831 3	0.709 6
Y ₁₀	0.828 0	0.837 2	0.791 2	0.791 3	0.779 6	0.822 3	0.826 1	0.778 6	0.823 4	0.724 5
Y ₁₁	0.772 9	0.789 9	0.765 6	0.783 6	0.780 7	0.778 1	0.770 8	0.744 4	0.752 5	0.719 4
Y ₁₂	0.785 0	0.786 5	0.765 6	0.781 9	0.786 8	0.786 2	0.778 4	0.775 3	0.767 3	0.768 8
Y	0.939 3	0.909 6	0.860 9	0.806 4	0.793 4	0.871 2	0.925 8	0.838 8	0.876 7	0.761 2

注: γ_1 、 γ_2 、 γ_3 、 γ_4 、 γ_5 、 γ_6 、 γ_7 、 γ_8 、 γ_9 、 γ_{10} 分别代表生长地 pH 值、含水量、总盐、有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷、速效钾与相应挥发油成分含量的关联度。

Note: γ_1 , γ_2 , γ_3 , γ_4 , γ_5 , γ_6 , γ_7 , γ_8 , γ_9 , γ_{10} respectively represent the correlated degree between pH value, water content, total salt, organic matter, total N, total P, total K, available N, available P, available K and the content of volatile ingredient.

4 讨论

本实验采样点围绕着新疆古尔班通古特沙漠边缘地区的 8 个产地(自东向西依次为富蕴县、青河县、木垒县、奇台县、吉木萨尔县、沙湾县、裕民县和托里县), 采集地点覆盖古尔班通古特沙漠边缘东、南、西各地, 采集范围较广, 行程 15 930.8 km, 采集的样品具有代表性。

由于野生多伞阿魏普遍生长在古尔班通古特沙漠南缘地区的沙丘、沙地和砾石质的蒿属荒漠中, 其分布的 8 个产地均属于大陆性干旱气候,

从表7可以看出, 从多伞阿魏挥发油成分总含量(Y)角度考虑, $\gamma_1 > \gamma_7 > \gamma_2 > \gamma_9 > \gamma_6 > \gamma_3 > \gamma_8 > \gamma_4 > \gamma_5 > \gamma_{10}$; 从人参新萜醇(Y₇)角度考虑, $\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_7 > \gamma_6 > \gamma_9 > \gamma_3 > \gamma_4 > \gamma_5 > \gamma_8 > \gamma_{10}$; 可见土壤pH值是影响以上2种成分含量的重要因素。从愈创木醇(Y₉)角度考虑, $\gamma_2 > \gamma_7 > \gamma_6 > \gamma_1 > \gamma_9 > \gamma_3 > \gamma_4 > \gamma_8 > \gamma_5 > \gamma_{10}$; 从 γ -桉叶油醇(Y₁₀)角度考虑, $\gamma_2 > \gamma_1 > \gamma_7 > \gamma_9 > \gamma_6 > \gamma_4 > \gamma_3 > \gamma_5 > \gamma_8 > \gamma_{10}$; 从异愈创木醇(Y₁₁)角度考虑, $\gamma_2 > \gamma_4 > \gamma_5 > \gamma_6 > \gamma_1 > \gamma_7 > \gamma_3 > \gamma_9 > \gamma_8 > \gamma_{10}$; 可见含水量是影响上述3种成分的重要因素。同样排序后发现, 全氮是影响异喇叭烯(Y₁₂)含量的重要因素, 全钾是影响 β -金合欢烯(Y₆)含量的重要因素, 速效氮是影响右旋柠檬烯含量的重要因素。而从 α -蒎烯(Y₁)、蒎烯(Y₂)、龙脑(Y₄)、乙酸龙脑酯(Y₅)、橙花叔醇(Y₈)角度考虑, 以上5种成分受速效钾影响最大。

平均海拔 2 000~3 500 m; 采集时间安排在 2011 年 5 月—6 月, 这个时期为多伞阿魏开花至结果前挥发油含量最高的生长期。因此, 在古尔班通古特沙漠这个特定的大环境下, 笔者首先对多伞阿魏挥发油成分与其土壤因子之间进行了相关性研究。

中药挥发油的化学成分一般随产地、采收季节、品种、加工方法的不同相差较大, 即使在相同实验条件下提取不同的多伞阿魏样品, 所得挥发油样品的含量和理化性质也相差较大。故本实验曾对升温程序进行了筛选, 对 GC-MS 分析色谱

条件的精密度、稳定性、重复性进行了方法学考察,同时严格固定样品的加工方法,最终确定目前建立的方法是稳定、良好的^[12]。

植物与其生存的环境之间是一种相互依赖和制约的关系,一个地区土壤因子中 pH 值、含水量和土壤养分含量会影响该地区植物的生长分布和有效成分的积累。由相关分析结果可知,多伞阿魏挥发油成分总含量与土壤 pH 值呈显著负相关,表明多伞阿魏挥发性成分的积累随其生长环境土壤 pH 值的增加而减少。其中,含量最高的愈创木醇与速效钾呈显著负相关($P<0.05$)。由 PLS 结果可知,土壤 pH 值、速效钾(VIP>1.5)是影响多伞阿魏挥发性共有成分总含量的重要因子。灰色关联分析表明,多伞阿魏挥发油成分总含量和人参新萜醇受 pH 值影响最大, α -蒎烯、蒎烯、龙脑、乙酸龙脑酯和橙花叔醇受速效钾影响最大,愈创木醇、 γ -桉叶油醇、异愈创木醇受含水量影响最大。

根据多伞阿魏的生物学特性,多伞阿魏在每个生长季中,大多利用春天雪融后良好的土壤水分条件,迅速地进行营养生长,经过 1~2 月,叶逐渐枯萎,地下根转入休眠状态,来年春天继续进行营养生长。这样生长数年后,直到植株发育成熟,才从簇生的叶中抽出花葶,开花结实后死亡。李小波等^[12]于 2011 年通过环境因子和生理指标间的相关分析得出,土壤含水量是限制多伞阿魏生长和分布的最主要的外界因素。

因此,综合 3 种分析方法的结果,并结合对多伞阿魏生长环境的实地考察及其生长习性,笔者认为土壤 pH 值、速效钾和含水量是 3 种分析方法从不同角度筛选出的影响多伞阿魏挥发油成分的主导因素。

目前,常用统计学方法,如多元回归、典型相关、通径分析进行关联分析。不同的方法因其原理不同,具有不同的适用对象,也具有各自不同的优缺点。本研究采用 PLS 研究影响多伞阿魏挥发性共有成分总含量的主导因子,由于多伞阿魏生长地土壤因子间有较强的共线性,采用传统回归和通径分析方法达不到理想的效果,而 PLS 法能够在自变量存在严重多重相关性的条件下进行回归建模,且在最终模型中包含原有的所有自变量^[13]。采用灰色关联分析,可以为影响多伞阿

魏各挥发性成分的重要因子的相关关系排序^[14],从而更加细化地了解每个土壤因子对每个成分的作用大小。通过对多伞阿魏挥发性成分含量与土壤因子之间相互关系的研究,可以进一步为开发利用及保护该种药用资源提供理论依据,但尚需要对影响多伞阿魏挥发油成分积累的其他因素(如自身遗传多样性、气候因子等)进行进一步的相关性研究。

REFERENCES

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 第 55 卷. 北京: 科学技术出版社, 1992: 115.
- [2] NI H, JIANG C Y, CHEN M Q. Study on volatile oil compositions in root of *Ferula ferulaeoides* Korov [J]. Chin Tradit Pat Med(中成药), 2001, 23(1): 54-57.
- [3] NAGATSU A, ISAKA K, KOJIMA K, et al. New Sesquiterpenes from *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korovin. VI. isolation and identification of three new dihydrofuro[2,3-b]chromones [J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 2002, 50(5): 675-677.
- [4] MENG H, LI G, HUANG J, et al. Sesquiterpenoid derivatives from *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov. [J]. Phytochemistry, 2013(86): 151-158.
- [5] LIU T, OSMAN K, KAATZ G W, et al. Antibacterial sesquiterpenoid derivatives from *ferula ferulaeoides* [J]. Planta Med, 2013, 79(8): 701-706.
- [6] LEI L J, TENG L, ZHAO X, et al. Extraction and assay of volatile oil from *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov. [J]. Chin Tradit Pat Med(中成药), 2013, 35(6): 1251-1256.
- [7] SHENG P, WANG S, MIAO L J, et al. Correlation between volatile oils extracted from root of *Ferula ferulaeoides* by different methods and anti-gastric cancer activity [J]. Chin Tradit Pat Med(中成药), 2013, 35(11): 2442-2448.
- [8] SHENG P, MIAO L J, AN L S, et al. Establishment and optimization for ISSR-PCR System of *Ferula ferulaeoides* [J]. J China Pharm(中国药房), 2014, 25(15): 1345-1349.
- [9] SHENG P, TANG D P, MIAO L J, et al. GC-MS fingerprints of essential oils of *Ferula ferulaeoides* from different habitats [J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学), 2015, 32(1): 30-37.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 860-934.
- [12] LI X B, ZHUANG L, WANG Z K, et al. Relationship of the physiological characteristics of *Ferula ferulaeoides* with soil water content and nutrients [J]. Xinjiang Agric Sci(新疆农业科学), 2011, 48(11): 2095-2101.
- [13] 王惠文. 偏最小二乘回归方法及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999: 200-234.
- [14] 谭学瑞, 邓聚龙. 灰色关联分析: 多因素统计分析新方法[J]. 统计研究, 1995(3): 46-48.

收稿日期: 2015-08-22