

## 川泽泻质量与其根际土壤理化性质的相关性分析

杨俊东, 陈兴福\*, 杨文钰, 刘月秋, 张宝林

四川农业大学农学院, 农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室, 四川 温江 611130

**摘要:** 目的 研究川泽泻质量及其土壤理化性质, 分析二者的相关性, 为提高川泽泻质量提供依据。方法 采用 RP-HPLC 测定川泽泻中 23-乙酰泽泻醇 B 的量; 参照《中国药典》2010 年版的测定方法测定川泽泻水分、醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分量; 采用常规方法测定泽泻种植区土壤理化性质。结果 除醇溶性浸出物外, 川泽泻含水量、23-乙酰泽泻醇 B、总灰分和酸不溶性灰分均符合《中国药典》2010 年版的规定; 总灰分与醇溶性浸出物显著负相关, 相关系数为 -0.407, 与酸不溶性灰分显著正相关, 相关系数为 0.466; 各产地泽泻速效钾量缺乏严重; 土壤有机质与碱解氮, 全磷与速效磷存在极显著正相关, 相关系数分别达到 0.555、0.806, 全钾与速效钾显著正相关, 相关系数为 0.433; 土壤各理化指标内某一因素对泽泻相应指标的影响受其他土壤因子的影响较大; 土壤全钾量对川泽泻各成分量的影响最大, 其次为全氮量。结论 各地之间川泽泻质量较优且稳定, 可作为制定川泽泻质量标准的依据; 川泽泻种植时应选择土壤全钾量、速效钾量较高的地块, 以保证川泽泻质量。

**关键词:** 川泽泻; 质量; 根际土; 土壤理化性质; 23-乙酰泽泻醇 B; RP-HPLC

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2012)03-0581-07

## Correlation between quality of *Alisma orientale* in Sichuan Province and rhizosphere soil physicochemical property

YANG Jun-dong, CHEN Xing-fu, YANG Wen-yu, LIU Yue-qiu, ZHANG Bao-lin

Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology, and Cultivation in Southwest, Ministry of Agriculture, College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Wenjiang 611130, China

**Abstract: Objective** To provide a basis for improving the quality of *Alisma orientale* in Sichuan Province by studying its quality and rhizosphere soil physicochemical property and analyzing their relevance correlation. **Methods** Determination of alisol B-23-acetate by RP-HPLC and water, ethanol extracts, total ash, and acid insoluble ash in *A. orientale* in Sichuan Province was carried out according to *Chinese Pharmacopoeia* 2010. And to investigate the physicochemical property of rhizosphere soil in growing area of *A. orientale* by the conventional methods. At last, to analyze the data by SPSS 17.0. **Results** All the contents of water, alisol B-23-acetate, total ash, and acid insoluble ash in *A. orientale* in Sichuan Province could meet the standard of *Chinese Pharmacopoeia* 2010, except the ethanol extracts. The total ash was significantly negative correlation to ethanol extracts, while significantly positive correlation to acid insoluble ash, the relative coefficients were -0.407 and 0.466, respectively. The contents of available K were short in all soil of growing areas for planting *A. orientale*. There was extremely significantly positive correlation between soil organic matter and alkali-hydrolysable N, total P, and available P, while significantly positive correlation between total K and available K, the relative coefficients were 0.555, 0.806, and 0.433, respectively. Every single factor of all soil physicochemical property was affected by other soil factors highly. The total K of soil had the highest influence on the content of each component in *A. orientale* in Sichuan Province and the following was total N. **Conclusion** The quality of *A. orientale* in Sichuan Province in every place is good and steady, which could provide the reference for making the quality standard for *A. orientale* in Sichuan Province. The total K is influenced by the available K, but has the significant influence on *A. orientale* in Sichuan Province. However, all of the fields where planted *A. orientale* in Sichuan Province are short of available K. Therefore, to ensure the quality of *A. orientale* in Sichuan Province, we should choose the fields where there are enough total K and available K.

**Key words:** *Alisma orientale* (Sam.) Juzep.; quality; rhizosphere soil; physicochemical property of soil; alisol B-23-acetate B; RP-HPLC

收稿日期: 2011-08-16

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项“西南丘陵地区多熟高产高效生态农作制技术体系研究与示范”(200803028)

作者简介: 杨俊东, 四川眉山人, 在读硕士研究生, 从事药用植物生理生态与栽培等研究。Tel: 15908199273

\*通讯作者 陈兴福 Tel: (028)65368946 E-mail: chenxf64@sohu.com

泽泻 *Alisma orientale* (Sam.) Juzep. 为泽泻科 (Alismataceae) 泽泻属多年生水生或沼生草本植物, 以干燥块茎入药, 别名水泽、芒芋等<sup>[1]</sup>。泽泻有很强的道地性, 福建、四川和江西为泽泻的主产区, 其中四川为川泽泻的道地产区。泽泻的道地性不仅受其种质的影响, 还受其栽培环境的影响。

土壤是植物赖以生存的基础, 药材要从土壤中不断地吸收水分、养分, 以完成自身的代谢过程, 并生成和积累所需的有效成分。因此土壤质地、理化性质的优劣直接影响中药的生长发育、产量、初生和次生代谢产物的种类和数量<sup>[2-3]</sup>。目前已有泽泻道地药材内微量元素与土壤、水质中微量元素量的相关性分析, 发现外界的微量元素对泽泻内微量元素的影响低于泽泻种质的影响<sup>[4]</sup>。然而土壤的理化性质对泽泻化学成分的影响, 至今尚未见研究报道。且泽泻中所含的成分量及各成分之间的相互关系尚未见系统研究。因此, 本实验研究川泽泻质量及其根际土壤理化性质, 并探讨二者的相关性, 为保证川泽泻药材质量提供依据。

## 1 材料与仪器

### 1.1 材料

泽泻样品为 2009 年 12 月下旬采自川泽泻道地产区四川省彭山县红石村 (编号 1~9)、汉安村 (编号 10~14)、无垠村 (编号 15~19)、天庙村 (编号 20~28) 的栽培地, 共 28 份样品, 经四川农业大学陈兴福教授鉴定为泽泻 *Alisma orientale* (Sam.) Juzep.

土壤样品为所取植株样品根际土壤, 于取植株样时一并取回, 置于室内自然风干, 粉碎过筛。

### 1.2 仪器与试剂

美国 Agilent 1100 高效液相色谱仪, 德国 Eppendorf 高速冷冻离心机, KQ-400KDE 高功率数控超声波清洗机, L-8800 日立全自动氨基酸分析仪, DHG-9146A 电热恒温鼓风干燥箱 (上海精宏实科技有限公司), Buchi B-324 全自动凯氏定氮仪, 高温电炉, 镍坩埚, 日立 Z-2000 火焰原子吸收分光光度计, TU-1901 紫外分光光度计 (上海元析仪器有限公司), PC-8011 便携式酸度计 (深圳市上优泰验设备有限公司), 扩散皿等。23-乙酰泽泻醇 B 对照品购自南京中医药大学植物药深加工工程研究中心, 乙腈 (Fisher 公司, 色谱纯), 其余试剂均为分析纯, 水为娃哈哈纯净水。

## 2 方法

### 2.1 川泽泻质量指标的测定

根据《中国药典》2010 年版规定<sup>[5]</sup>, 选择水分、总灰分和酸不溶性灰分、23-乙酰泽泻醇 B 和醇溶性浸出物 5 项为测定指标。水分、总灰分、酸不溶性灰分和醇溶性浸出物的测定根据《中国药典》相关项进行<sup>[5]</sup>; 23-乙酰泽泻醇 B 量的测定根据张树平等<sup>[6]</sup>的测定方法进行。

**2.1.1 色谱条件** Hypersil ODS 柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相为乙腈-水 (70:30); 体积流量 0.8 mL/min; 检测波长 210 nm; 柱温 25 °C; 进样量 6 μL。

**2.1.2 对照品溶液的制备** 精密称取 23-乙酰泽泻醇 B 对照品 2 mg, 以色谱纯乙腈溶解, 定容至 10 mL, 置混匀器上混匀, 过 0.45 μm 滤膜, 即得对照品溶液。

**2.1.3 供试品溶液的制备** 精密称取干燥至恒定质量的样品粉末 0.4 g 溶于 10 mL 甲醇中, 超声提取 60 min, 12 000 r/min 离心 20 min, 取上清液在旋转蒸发仪上挥去甲醇, 乙腈定容至 10 mL, 取上清液过 0.45 μm 微孔滤膜, 即得供试品溶液。

**2.1.4 测定方法** 对照品溶液按上述色谱条件分别进样 1、2、4、8、10、12、14 μL, 测定峰面积, 以峰面积积分值为纵坐标 (Y), 进样量为横坐标 (X), 绘制标准曲线为  $Y=60.868 X$ ,  $R^2=0.999 9$ 。取供试品溶液 6 μL, 按上述色谱条件进行测定。根据标准曲线计算 23-乙酰泽泻醇 B 的量。泽泻样品及 23-乙酰泽泻醇 B 对照品色谱图见图 1。

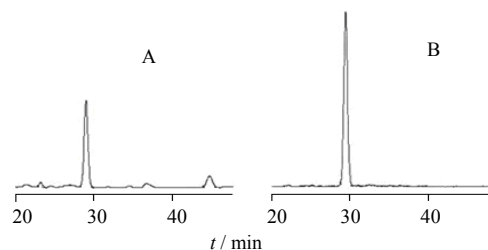


图 1 泽泻样品 (A) 及 23-乙酰泽泻醇 B 对照品 (B) RP-HPLC 图

Fig. 1 RP-HPLC chromatograms of *A. orientale* (A) and alisol B-23-acetate B reference substance (B)

### 2.2 川泽泻根际土壤理化性质测定

川泽泻根际土壤理化性质指标主要是土壤的 pH 值以及各肥力指标, 主要参照《土壤农化分析方法测定》<sup>[7]</sup>, 采用电位测定法测定土壤 pH 值; 重铬

酸钾容量法测定土壤有机质量；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；0.03 mol/L NH<sub>4</sub>F-0.025 mol/L HCl 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 数据分析方法

采用 Excel、SPSS 17.0 分析软件进行分析数据。

## 3 结果与分析

### 3.1 川泽泻质量分析

3.1.1 不同产地泽泻质量比较 根据“2.1”项下相应指标的测定方法进行川泽泻各质量指标的测

定，其结果见表 1。

由分析结果可以看出，彭山各地区间泽泻水分、23-乙酰泽泻醇 B、醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分的量差异均不大。其中酸不溶性灰分标准差最小，各地区间变异较小；23-乙酰泽泻醇 B 的最大值与最小值相差 3 倍，而标准差较小，去除其最大值和最小值后，其标准差变为 0.08，除最大值和最小值偏离均值较大外，其他值较集中，可见 23-乙酰泽泻醇 B 量在各样品之间差异较小；各地质量成分量差异较大的为醇溶性浸出物、水分和总灰分。根据《中国药典》2010 年版规定<sup>[5-6]</sup>，泽泻中水分不得超过 14.00%，总灰分不得超过 5.0%，酸不溶性灰分不得过 0.5%，醇溶性浸出物不得少于 10.0%，

表 1 川泽泻中各指标测定结果( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Determination of each quality constituent in *A. orientale* in Sichuan Province ( $\bar{x} \pm s$ )

样 品	水分 / %	23-乙酰泽泻醇 B / %	醇溶性浸出物 / %	总灰分 / %	酸不溶性灰分 / %
1	6.50±0.13	0.42±0.09	9.05±0.00	3.07±0.08	0.08±0.03
2	6.70±0.13	0.22±0.10	8.30±0.05	3.23±0.05	0.28±0.02
3	7.43±0.11	0.39±0.06	7.35±0.00	2.72±0.03	0.08±0.03
4	7.73±0.53	0.32±0.13	8.45±0.10	2.94±0.05	0.16±0.06
5	7.44±0.67	0.31±0.10	8.20±0.15	2.71±0.02	0.21±0.11
6	8.18±0.70	0.45±0.21	6.25±0.20	2.98±0.06	0.12±0.06
7	7.97±0.31	0.48±0.15	6.30±0.15	2.97±0.04	0.10±0.04
8	8.36±0.38	0.52±0.15	7.00±0.25	2.97±0.02	0.08±0.01
9	6.88±0.25	0.43±0.08	7.45±0.40	2.42±0.02	0.04±0.03
10	6.94±0.19	0.48±0.21	5.40±0.15	3.25±0.02	0.23±0.02
11	7.98±0.15	0.73±0.14	10.05±0.50	2.85±0.01	0.08±0.03
12	6.38±0.54	0.55±0.17	6.90±0.05	2.46±0.04	0.03±0.01
13	7.00±0.37	0.45±0.32	9.81±0.06	2.93±0.01	0.10±0.02
14	7.34±0.23	0.35±0.22	7.50±0.35	2.58±0.03	0.11±0.02
15	6.68±0.27	0.32±0.08	9.50±0.55	2.19±0.05	0.06±0.01
16	6.31±0.20	0.53±0.15	8.20±0.85	2.34±0.03	0.07±0.01
17	6.67±0.06	0.54±0.11	6.35±0.10	2.26±0.02	0.01±0.01
18	6.62±0.09	0.32±0.30	5.85±0.30	3.04±0.14	0.07±0.02
19	7.14±0.24	0.56±0.20	6.50±0.05	2.58±0.02	0.04±0.04
20	7.00±0.10	0.42±0.12	6.50±0.05	3.07±0.03	0.12±0.01
21	6.26±0.11	0.44±0.13	5.60±0.05	3.24±0.12	0.04±0.08
22	7.34±0.05	0.43±0.09	6.05±0.20	3.31±0.01	0.22±0.06
23	6.99±0.13	0.31±0.10	5.40±0.05	3.45±0.20	0.04±0.08
24	6.47±0.22	0.40±0.14	5.25±0.30	2.84±0.05	0.15±0.02
25	6.40±0.28	0.52±0.23	6.85±0.10	3.11±0.01	0.00±0.07
26	6.77±0.26	0.38±0.10	5.95±0.20	3.47±0.03	0.43±0.03
27	5.72±0.26	0.51±0.11	6.05±0.10	2.81±0.05	0.09±0.02
28	7.20±0.32	0.50±0.16	6.50±0.05	3.33±0.02	0.18±0.01
平均值	7.01	0.44	7.09	2.90	0.12
标准差	0.63	0.10	1.38	0.36	0.09

23-乙酰泽泻醇 B 量不得少于 0.050%。根据测定结果, 彭山地区水分、总灰分和酸不溶性灰分量远远低于规定的最大量, 23-乙酰泽泻醇 B 量也远高于其规定的最低量, 然而醇溶性浸出物量除 11 号样品与规定的量相当外, 其余样品均低于《中国药典》2010 年版规定。可见川泽泻水分、23-乙酰泽泻醇 B、总灰分、酸不溶性灰分量均符合规定; 醇溶性浸出物量还未达到规定标准。

**3.1.2 不同产区泽泻质量比较** 由表 2 可见, 23-乙酰泽泻醇 B 和酸不溶性灰分量在各产区之间差异不显著, 水分、醇溶性浸出物量差异达显著水平, 总灰分量在各村之间差异达极显著水平。进一步对各产区泽泻质量进行比较发现: 含水量以红石村最高, 且其与无垠村含水量差异显著, 与天庙村差异

极显著; 23-乙酰泽泻醇 B 量以红石村最低, 且与汉安村差异显著, 其余各村 23-乙酰泽泻醇 B 量差异不显著; 以天庙村醇溶性浸出物量最低, 其与红石村泽泻醇溶性浸出物量差异显著, 与汉安村泽泻醇溶性浸出物量差异达极显著; 以天庙村总灰分量最高, 并与红石村和汉安村总灰分量差异显著, 与无垠村总灰分量差异达极显著水平, 而红石村与无垠村总灰分量也呈显著差异; 而酸不溶性灰分在各村之间差异不显著。

**3.1.3 泽泻质量指标之间相关性研究** 泽泻各质量指标是泽泻生长发育过程中通过自身代谢积累的产物, 各指标之间是否存在相互影响, 通过 SPSS 17.0 对其各成分之间的偏相关性进行统计, 结果见表 3。

通过对泽泻质量各指标之间的偏相关性分析发

表 2 彭山不同产区泽泻质量指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Comparison on each quality constituent in *A. orientale* of Sichuan Province from different areas of Pengshan ( $\bar{x} \pm s$ )

产区	水分 / %	23-乙酰泽泻醇 B / %	醇溶性浸出物 / %	总灰分 / %	酸不溶性灰分 / %
红石村	7.46±0.22	0.40±0.03	7.59±0.35	2.89±0.08	0.13±0.03
汉安村	7.13±0.26	0.51±0.06	7.93±0.89	2.82±0.14	0.11±0.03
无垠村	6.69±0.13	0.45±0.05	7.28±0.84	2.48±0.15	0.05±0.01
天庙村	6.68±0.17	0.44±0.02	6.01±0.18	3.18±0.08	0.14±0.04
均值	6.95	0.45	7.20	2.84	0.11
P 值	0.025	0.239	0.024	0.001	0.359

表 3 泽泻各质量指标之间的偏相关性分析

Table 3 Partial correlation analysis on each quality constituent in *A. orientale* in Sichuan Province

指标成分	水分	23-乙酰泽泻醇 B	醇溶性浸出物	总灰分	酸不溶性灰分
水分	1.000				
23-乙酰泽泻醇 B	0.159	1.000			
醇溶性浸出物	0.230	-0.042	1.000		
总灰分	0.148	-0.044	-0.407*	1.000	
酸不溶性灰分	0.097	-0.327	0.091	0.466*	1.000

\*表示在  $P < 0.05$  水平下显著相关

\*means significant correlation at level of  $P < 0.05$

现, 醇溶性浸出物与总灰分之间存在负相关性, 并达显著水平, 相关系数为-0.407; 总灰分与酸不溶性灰分之间也存在显著的正相关, 相关系数为 0.466; 其余各指标之间存在一定的相关性, 但均未达到显著水平。说明泽泻在自身物质积累过程中, 醇溶性浸出物的积累受灰分积累的影响最显著, 并呈负相关。

### 3.2 川泽泻根际土壤理化性质分析

**3.2.1 川泽泻根际土壤基本情况** 彭山除其温和的气候、充足的阳光和便利的灌溉是泽泻优质高产栽

培的保证外, 其特定的土壤理化性质也是泽泻高质量的决定性因素。本实验对川泽泻根际土壤理化性质进行了全面的测定, 结果见表 4。

由分析结果可以看出, 各村根际土壤速效养分之间除有机质、全氮、全钾量差异较小外, 其他养分含量变异较大。对照《四川土种志》<sup>[8]</sup>中土壤酸碱度划分标准及养分分级标准可以看出, 红石村、无垠村、天庙村的土壤呈微酸、强酸性, 而汉安村土壤除 10 号样品呈微酸性外, 其余均表现为碱性; 各村土壤中有机质、全氮量均很丰富; 全磷量以红石

表 4 川泽泻根际土壤理化性质分析 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 4 Analysis on physicochemical property of rhizosphere soil of *A. orientale* in Sichuan Province ( $\bar{x} \pm s$ )

产 区	pH 值	有机质 / %	全氮 / (g·kg <sup>-1</sup> )	全磷 / (g·kg <sup>-1</sup> )	全钾 / (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 / (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷 / (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾 / (mg·kg <sup>-1</sup> )
红石村	6.09±0.17	6.79±0.13	2.80±0.13	0.83±0.05	15.75±0.26	147.31± 5.32	12.18±1.49	83.40± 7.15
汉安村	7.27±0.34	6.65±0.32	2.76±0.31	0.98±0.09	15.89±0.39	133.10± 3.63	18.13±2.76	90.42±10.58
无垠村	5.61±0.17	6.70±0.96	2.40±0.41	0.66±0.07	15.20±0.26	154.10±16.40	7.63±1.58	71.62± 8.54
天庙村	5.37±0.09	4.89±0.27	2.57±0.08	0.60±0.03	12.67±0.16	133.80±10.69	10.12±1.24	55.28± 5.48

村和汉安村表现为丰富，无垠村和天庙村表现为中等水平；红石村、汉安村和无垠村的全钾量均表现为中等水平，而天庙村全钾缺乏；红石村、汉安村、无垠村和天庙村速效氮量在丰富水平上；速效磷以红石村、汉安村和天庙村量中等，无垠村缺乏；各村速效钾均表现为缺乏，以天庙村速效钾缺乏最严重。可见，各泽泻种植村以速效钾量缺乏最严重；在各村之间以红石村和汉安村土壤养分较高，而无垠村和天庙村次之。

**3.2.2 根际土壤理化性质间的相关性分析** 土壤中的各理化性质受成土母岩、人工施肥、种植作物等的共同影响，有研究表明土壤理化性质间也存在着

一定的协同或促进作用<sup>[9]</sup>，具体川泽泻种植根际土壤各理化性质是怎样相互影响的，其统计分析结果见表 5。

可以看出，各元素之间存在一定的相关性，其中有机质与碱解氮，全磷与速效磷之间呈极显著正相关，相关系数分别为 0.555 和 0.806；全钾与速效钾之间也显著正相关，相关系数为 0.433。说明川泽泻根际土壤中有机质的高低将显著影响碱解氮量，全磷量极大地影响速效磷的量，全钾量的高低也显著的影响其速效钾的量。可见，土壤中某一成分的缺乏，可能引起其他成分的相应降低，从而可能影响泽泻植株对养分的吸收。

表 5 川泽泻根际土壤理化性质间偏相关分析

Table 5 Partial correlation analysis on physicochemical property of rhizosphere soil of *A. orientale* in Sichuan Province

土壤因子	pH 值	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	速效磷	速效钾
pH 值	1.000							
有机质	-0.027	1.000						
全氮	-0.148	0.252	1.000					
全磷	0.171	0.374	0.057	1.000				
全钾	0.438	0.308	-0.053	0.289	1.000			
碱解氮	-0.298	0.555**	0.129	-0.168	-0.062	1.000		
速效磷	0.246	-0.329	0.138	0.806**	-0.407	0.205	1.000	
速效钾	-0.071	-0.180	0.053	0.198	0.433*	0.241	-0.036	1.000

\*表示在  $P < 0.05$  水平下显著相关；\*\*表示在  $P < 0.01$  水平下极显著相关；下同

\*means significant correlation at level of  $P < 0.05$ , \*\* means very significant correlation at level of  $P < 0.01$ , same as below

**3.3 根际土壤理化性质与川泽泻质量相关性分析**

土壤是作物吸收养分的载体，土壤因子直接影响药用植物体对土壤中各成分的吸收，从而影响植物体代谢活动及化学成分的种类和量的积累<sup>[10]</sup>。泽泻各质量指标具体与根际土壤哪些理化性质关系最密切，其分析结果见表 6。

由表 6 可以看出，简单相关分析结果与偏相关分析结果相差较大。其中差异较大（相差大于 0.3）的是川泽泻含水量与土壤 pH 值、速效磷和速效钾，

23-乙酰泽泻醇 B 与有机质和碱解氮，醇溶性浸出物与有机质、全磷、全钾、速效磷和速效钾，总灰分与全氮，酸不溶性灰分与有机质。可见根际土壤中这些肥力指标对泽泻中对应指标的作用受其他肥力指标的影响较大。简单相关分析与偏相关分析差异较小（相差小于 0.05）的有醇溶性浸出物与全氮，酸不溶性灰分与速效磷和速效钾。表明这些根际土壤指标对泽泻内相关指标的影响受其他根际土壤指标的影响较小，表明全氮对醇溶性浸出物量的影响

表 6 根际土壤理化性质与川泽泻质量指标相关性分析

Table 6 Correlation analysis between physicochemical property of rhizosphere soil and quality constituents of *A. orientale* in Sichuan Province

成分	相关类型	pH 值	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	速效磷	速效钾
水分	简单相关	0.359	0.202	-0.061	0.402*	0.423**	0.052	0.210	0.246
	偏相关	0.019	-0.011	-0.323	0.231	0.278	0.135	-0.206	-0.137
23-乙酰泽泻醇 B	简单相关	0.257	-0.118	0.176	0.253	0.115	-0.166	0.285	0.054
	偏相关	0.070	-0.444	0.401	0.165	0.029	0.181	-0.001	-0.165
醇溶性浸出物	简单相关	0.466**	0.489**	0.470*	0.490**	0.612**	0.290	0.330	0.384*
	偏相关	0.212	-0.183	0.451	0.057	0.284	0.160	-0.013	-0.264
总灰分	简单相关	0.203	-0.318	0.000	-0.087	-0.470*	-0.134	0.059	-0.263
	偏相关	-0.020	-0.043	0.385	0.127	-0.294	-0.284	-0.021	-0.057
酸不溶性灰分	简单相关	-0.182	-0.102	0.029	-0.031	-0.227	0.356	0.062	-0.016
	偏相关	0.040	-0.401	-0.025	0.073	0.048	0.570*	0.011	-0.012

较稳定, 速效磷和速效钾对酸不溶性灰分的影响始终较小。川泽泻质量成分与根际土壤理化性质指标之间相关性表现最强的是醇溶性浸出物与全氮, 其简单相关与偏相关分析差异也最小, 表明醇溶性浸出物与根际土壤全氮量之间的相关性较稳定, 且接近显著水平。从土壤理化性质与泽泻质量相关性分析发现, 受土壤理化性质影响最大的为泽泻醇溶性浸出物量。简单相关性分析和偏相关分析结果差异较大, 可见, 川泽泻质量受土壤中各类理化性质指标的共同影响较大。

### 3.4 影响川泽泻质量的主导因子分析

从表 6 可以看出, 根际土壤理化性质对川泽泻质量指标的影响各不相同, 具体哪些理化性质对川泽泻质量相应指标影响最大, 现对其进行逐步回归分析研究。

以川泽泻根际土壤 pH 值 ( $X_1$ )、有机质 ( $X_2$ )、全氮 ( $X_3$ )、全磷 ( $X_4$ )、全钾 ( $X_5$ )、碱解氮 ( $X_6$ )、速效磷 ( $X_7$ )、速效钾 ( $X_8$ ) 为自变量, 泽泻水分 ( $Y_1$ )、23-乙酰泽泻醇 B ( $Y_2$ )、醇溶性浸出物 ( $Y_3$ )、总灰分 ( $Y_4$ ) 和酸不溶性灰分 ( $Y_5$ ) 为因变量, 应用多变量逐步回归剔除对目标函数影响较小的因子 (显著性大于 0.1), 建立川泽泻各质量分量与主导因子的回归方程:  $Y_1=4.514+0.170 X_5$ ,  $R^2=0.179$ ;  $Y_3=-2.025+0.875 X_3+0.463 X_5$ ,  $R^2=0.481$ ;  $Y_4=4.458-0.106 X_5$ ,  $R^2=0.221$ 。从回归方程可以看出, 对川泽泻各质量分量影响最大的是川泽泻根际土壤全钾量, 其次为全氮量。对川泽泻水分影响的主要因子是全钾量, 决定系数为 0.179, 川泽泻水分

量与土壤全钾量呈显著正相关, 相关系数达到 0.170; 对醇溶性浸出物量进行分析发现, 川泽泻根际土壤全氮、全钾与其成极显著正相关, 相关系数分别达到 0.875、0.463, 决定系数为 0.481; 全钾与总灰分量呈显著负相关, 相关系数为 -0.106, 决定系数为 0.221; 对 23-乙酰泽泻醇 B 和酸不溶性灰分量的影响因子进行逐步回归分析发现, 各根际土壤理化性质对 23-乙酰泽泻醇 B 和酸不溶性灰分量的影响均未达到显著水平, 被剔除。 $R^2$  反映了川泽泻质量分量中能够通过回归方程被土壤养分因子解释的比例。但各逐步回归分析的  $R^2$  均较小, 表明川泽泻根际土壤各理化性质指标只能部分解释对应川泽泻质量指标, 不能完全用根际土壤主导因子预测泽泻对应质量指标的水平。

### 4 讨论

通过本实验研究发现, 川泽泻质量指标量除醇溶性浸出物外均符合《中国药典》规定, 其有效成分 23-乙酰泽泻醇 B 的量远远高于规定值, 且通过相关性分析发现醇溶性浸出物量与总灰分量呈显著负相关。

对醇溶性浸出物量不达标的原因进行分析发现, 在 30、45、60、75 °C 4 个不同温度干燥处理下, 各村于 30 °C 和 45 °C 条件下干燥的川泽泻醇溶性浸出物量均在 10% 以上, 当干燥温度为 60 °C 以上时, 醇溶性浸出物量低于 10%。可以推测, 在常规的干燥方式下, 干燥温度偏高, 导致川泽泻醇溶性浸出物量低于 10%。醇溶性浸出物所包含的物质大多是萜类物质, 有研究结果已经证明, 部分萜类

物质不稳定,高温下易挥发或易转化为其他水溶性物质,从而不能被提取出来<sup>[11-12]</sup>。可见,当干燥温度高于 60 °C 时,泽泻内醇溶性浸出物将会通过各种转化,损失一部分。具体是通过哪一途径损失,还有待继续研究。

土壤是植物吸收水分和养分的场所,对植物的生长发育具有直接作用。本实验通过对川泽泻田根际土壤理化性质分析发现,川泽泻根际土壤主要呈微酸性和强酸性,除速效钾外,有机质、氮、磷、钾量均处于中等及以上水平。且各养分之间也存在一定相关性,其中有机质与碱解氮,全磷与速效磷之间极显著正相关,全钾与速效钾之间也存在显著正相关。土壤有机质是土壤中各种营养元素、特别是氮和磷的重要来源<sup>[13]</sup>,本研究结果显示有机质与碱解氮达到极显著水平正反映出这一点。速效磷和速效钾量必然影响全磷和全钾量,可见本实验分析结果具有可靠性。

道地药材的形成是特定环境对特定药材作用的结果。川泽泻为川产道地药材,川泽泻道地性的形成与其自身遗传和四川泽泻道地产区温和的气候和理想的土壤理化性质密切相关。通过对泽泻田根际土壤与川泽泻质量指标的简单相关和偏相关分析发现,根际土壤某的养分对川泽泻相应质量指标的影响受其他根际土壤养分的影响较大,既土壤养分通过各养分之间的相互作用共同影响川泽泻的质量。

通过逐步回归分析发现泽泻根际土壤全钾与水分、醇溶性浸出物和总灰分呈显著相关,全氮也显著的影响着泽泻醇溶性浸出物量。对酸不溶性灰分进行逐步回归分析时,各土壤因素均被剔除,可见土壤是通过全钾对总灰分的影响间接地影响酸不溶性灰分量。而通过测定发现各地区速效钾均表现为缺乏,速效钾与全钾显著正相关,因此,施肥时应注意适当增施钾肥,同时保证其他肥料的供应,以促进川泽泻有效成分的积累,同时还可降低泽泻灰分量。23-乙酰泽泻醇 B 与根际土壤理化性质不具有显著相关性,可能受其他成分影响较大,或各因素对其量的影响效果相同,具体哪方面的因素对 23-乙酰泽泻醇 B 的量影响最大、最显著,还有待进一步的研究。

然而,土壤理化性质的形成不仅受成土母质、气候环境等的影响,还受土壤内微生物活动的影响。

有研究表明,麻黄及一些菌类等药材质量在很大程度上受土壤微生物种类及数量的影响<sup>[14-15]</sup>。川泽泻以地下块茎入药,土壤中的微生物是否对川泽泻块茎的形成及膨大有直接影响,至今还未见报道。同时土壤微生物对泽泻根际土壤理化性质的影响仍未见深入研究。因此土壤微生物与泽泻质量的直接及间接关系还有待深入研究。

从川泽泻的质量分析结果显示,天庙村泽泻质量最差。川泽泻内水分、醇溶性浸出物和总灰分量与土壤全钾显著相关。而在土壤养分中,以天庙村全钾量最低,且表现为缺乏。可见,导致天庙村泽泻质量低的土壤理化因素主要为全钾量。表明,增施钾肥对川泽泻质量起着至关重要的作用,因此在泽泻的选地及种植过程中应注意保证钾肥的量。

#### 参考文献

- [1] 郭巧生. 药用植物栽培学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [2] 翟娟园, 吴卫, 廖凯, 等. 土壤环境对川白芷产量和品质的影响研究 [J]. 中草药, 2010, 41(6): 984-988.
- [3] 郭巧生, 梁迎暖, 张重义, 等. 土壤因子对怀菊质量影响研究 [J]. 中国中药杂志, 2008, 33(2): 123-128.
- [4] 吴水生, 陈丽, 郭素华, 等. 泽泻及其栽培土壤、水质中微量元素量的测定和分析 [J]. 广东微量元素科学, 2004, 11(6): 27-30.
- [5] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [6] 张树平. 川泽泻微量元素量及其与药材质量、土壤化学性质的相关性研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2010.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 四川省农牧厅, 四川省土壤普查办公室. 四川土种志 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.
- [9] 高宏光, 杨双兰, 曾群望. 影响文山三七品质的土壤地质背景因素 [J]. 云南地质, 2001, 20(2): 195-202.
- [10] 张自萍, 史晓文, 曹丽华, 等. 枸杞品质及其与土壤肥力关系的研究 [J]. 中草药, 2008, 39(8): 1238-1242.
- [11] 龚树生, 张建军, 曹广智, 等. 泽泻的历史及生物活性成分研究进展 [J]. 山西中医学院学报, 2000, 1(2): 22-25.
- [12] 肖崇厚. 中药化学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
- [13] 南京农学院. 土壤农化分析 [M]. 北京: 农业出版社, 1981.
- [14] 潘惠霞, 程争鸣, 齐晓玲, 等. 野生麻黄根际有益微生物的研究 [J]. 中草药, 2003, 34(11): 1038-1041.
- [15] 杨红亚, 王兴红, 彭谦. 微生物在中药现代化中的应用 [J]. 中草药, 2005, 36(11): 1728-1731.