

甘肃不同产地黄管秦艽中无机元素的相关性和主成分分析

谢敏¹,汪洁¹,张启立¹,李四海^{1,2},陈晖^{1,3},赵磊^{1,2,4*}¹甘肃中医药大学;²甘肃省道地药材质量标准化技术推广工程实验室;³甘肃省中药质量与标准研究重点实验室培育基地;⁴甘肃省高校中(藏)药化学与质量研究省级重点实验室,兰州730000

摘要:以甘肃不同产地黄管秦艽为材料,测定其无机元素含量,分析黄管秦艽中无机元素特征及评价药材质量。采用火焰原子吸收光谱法测定黄管秦艽中无机元素含量,并运用相关性分析和主成分分析对其含量进行分析和评价。结果表明不同产地黄管秦艽中无机元素Ca、K、Mg、Mo含量较高,部分无机元素之间存在相关性;经主成分分析得到3个主因子,3个主成分的累计方差贡献率为83.20%。从无机元素含量的主成分分析来看,产于卓尼县尼巴乡的黄管秦艽质量最优,本实验可为黄管秦艽的资源开发利用、质量控制以及安全评价提供参考依据。

关键词:黄管秦艽;无机元素;相关性分析;主成分分析

中图分类号:R932

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2016.9.011

Correlation and Principal Component Analyses of Inorganic Elements in *Gentiana officinalis* H. Smith. from Different Areas of Gansu ProvinceXIE Ming¹, WANG Jie¹, ZHANG Qi-li¹, LI Si-hai^{1,2}, CHEN Hui^{1,3}, ZHAO Lei^{1,2,4*}¹Gansu College of Traditional Chinese Medicine;²Dao-di Herbs Laboratory for QualityStandardization Technology Research and Extension Engineering of Gansu Province;³CultivationBase for Chinese Medicine Quality and Key Laboratory of Gansu Province;⁴Key Laboratory for

Traditional Chinese (Tibetan) Medicine Chemistry and Quality Control of Gansu University, Lanzhou 730000, China

Abstract: In this study, 10 samples of *Gentiana officinalis* H. Smith. from different areas in Gansu province were used as research materials, to explore the characteristics of inorganic elements using flame atomic absorption spectrometry. In addition, principal components analysis and correlation analysis were further applied to analyze and evaluate the contents of inorganic elements. The analysis result showed that the contents of Ca, K, Mg and Mo were higher in *G. officinalis* from different areas. There was a correlation between some inorganic elements; Three principal divisors were gained in the principal component analysis, The contribution rate of accumulative variance of the three principal divisors was 83.20%. The quality of *G. officinalis* from Nipah Zhuoni County Township was best from the perspective of inorganic elements. This study on inorganic elements in *G. officinalis* can be used to provide guidance for the quality control and safety evaluation.

Key words: *Gentiana officinalis* H. Smith.; inorganic element; correlation analysis; principal component analysis

秦艽为龙胆科(*Gentianaceae*)龙胆属多年生草本植物,2015版《中华人民共和国药典》中规定的秦艽为植物秦艽(*Gentiana macrophylla* Pall)、麻花秦艽(*Gentianastraminea* Maxim)、粗茎秦艽(*Gentianac*

rassicaulis Duthie ex Burk)和小秦艽(*Gentiana dahurica* Fisch)的干燥根^[1],秦艽始载于《神农本草经》:“主寒热邪气,寒湿风痹,肢节痛、下水、利小便”,其味辛、苦,平。归胃、肝、胆经,可祛风湿,舒筋络,退虚热,清肝胆湿热而退黄,用于风湿痹痛,骨蒸潮热,骨节酸痛,筋脉拘挛,湿热黄疸等症^[2]。甘肃为秦艽的道地产区,但早在1987年秦艽被国家列为濒危三级保护物种^[3],非药典品种黄管秦艽不论从药材性状、根部横切面、显微特征结构与秦艽相似,黄管秦艽与秦艽在ITS水平上为一类,同源性达

收稿日期:2016-04-13 接受日期:2016-06-08

基金项目:甘肃省属高校基本科研业务费专项(BH2011-071);甘肃省中药药理与毒理学重点实验室自主基金(ZDSYS-ZZ-2015-001);甘肃中医药大学研究生科研项目(CX2015-24);2014年度中医学院中青年科研基金(ZQ2014-2);西北中藏药协同创新中心2015年度重点项目(2015-05)

*通讯作者 Tel:86-931-8762539;E-mail:zzyhx@gszy.edu.cn

99.5%^[4]。黄管秦艽在甘肃分布广泛,易栽易活,种植规模较大,其龙胆苦苷含量高达8.05%^[5],明显高于药典品种。因此,开发和利用黄管秦艽对保护秦艽资源具有重要的应用价值和理论意义。一直以来对于黄管秦艽的活性研究主要着重与有机成分的研究,对其无机成分的研究较少。近年来,随着“元素医学”的兴起和生物无机化学的发展,中药材中无机成分尤其是无机元素的研究越来越受到人们的重视,并且进行了广泛的研究,发现无机元素是中药有效成分的核心组成,且促进药物疗效^[6,7],是中药药性量化的物质基础^[8],是中药质量控制不可或缺的特征参数^[9],黄管秦艽含有丰富的无机元素^[10]。因此,对其无机元素分析,可为黄管秦艽质量评价及药效物质基础提供参考依据。

1 实验材料

1.1 仪器

ECH-III型微机控温加热板(上海新仪微波化学

科技有限公司);SOLAARS-2型原子吸收分光光度计(美国热电公司);电热鼓风干燥箱(龙口市先科仪器公司);UPH-I-5T型超纯水制造系统成都优普超纯科技有限公司;Sartorius BT 125D型电子天平(德国赛多利斯集团);KH-500DE型超声波清洗仪(昆山禾创超声仪器有限公司);玛瑙研钵。

1.2 试剂

Fe、Mn、Zn、Cu、Ca、Na、K、Mo、Mg(国家有色金属及电子材料分析测试中心);优级纯浓硝酸(白银良友化学试剂有限公司);高氯酸(天津市鑫源化工有限公司);实验用水为去离子水。实验所用烧杯、容量瓶、移液管使用前用自配铬酸溶液浸泡24 h,然后用自来水、蒸馏水冲洗干净,置于60℃烘箱中烘干备用。

1.3 药材来源

黄管秦艽采自甘肃不同产地,经甘肃中医药大学晋玲教授鉴定为*Gentiana officinalis* H. Smith.。各药材来源见表1。药材用玛瑙研钵研细后备用。

表1 黄管秦艽样品信息

Table 1 Sources of *G. officinalis* samples

编号 Lot No.	产地 Origin	生长类型 Type	经度 Longitude (°E)	纬度 Latitude (°N)	海拔 Altitude (m)
HGQJ1	漳县三岔镇狼王沟	野生	104°19'30.574"	34°51'48.933"	2112.12
HGQJ2	临潭县新城镇刘旗村	野生	103°39'8.554"	34°42'54.125"	2816.57
HGQJ3	临潭县羊沙乡大草滩	野生	103°39'17.484"	34°48'12.071"	2564.33
HGQJ4	临潭县术布乡江果河	野生	103°13'38.466"	34°46'1.716"	3020.83
HGQJ5	卓尼县柳林乡观景台	野生	103°14'51.137"	34°44'48.407"	3131.05
HGQJ6	卓尼县尼巴乡尼巴村	野生	103°02'58.377"	34°26'22.897"	2995.60
HGQJ7	卓尼县扎古录镇	野生	103°12'21.338"	34°43'14.422"	2847.15
HGQJ8	临夏县麻尼寺沟乡	野生	102°53'10.822"	35°31'50.780"	2429.52
HGQJ9	合作市海螺沟	野生	102°52'54.893"	34°57'3.090"	2954.10
HGQJ10	合作市勒秀乡麻尼村	野生	102°58'31.381"	34°52'15.571"	3207.05

2 实验方法

2.1 样品无机元素含量测定^[11]

2.1.1 样品处理

将10个不同产地的黄管秦艽样品用自来水冲洗干净,然后用蒸馏水清洗干净后于60℃的恒温干燥箱烘干至恒重,用玛瑙研钵研细后备用。每份样品平行三次,精确称取1.0000 g各样品粉末于干净的100 mL玻璃烧杯中,加入消解剂20 mLHClO₄和HNO₃(4:1),放置过夜。次日选择适当的温度进行

消化,消化完毕待冷却后把消化液转移至50 mL容量瓶中,用去离子水稀释溶液至刻度,待测。样品空白同法操作。采用火焰原子吸收法测定样品中各无机元素含量。

2.1.2 标准曲线的绘制

按照表2所示不同浓度稀释,用去离子水定容至50 mL容量瓶。从低到高进样,记录各元素标准曲线、回归方程、相关系数见表2。配制镁元素溶液时,加入了5 mL氯化锶(50 mg/mL)溶液,以消除其他元素的干扰。

表2 各元素标准溶液浓度回归方程及相关系数

Table 2 Regression equation of standard solution concentration and correlation coefficient

元素 Element	标准溶液浓度 Concentration ($\mu\text{g/mL}$)						回归方程 Regression equation	相关系数 r
Fe	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	$Y = 0.03311X - 0.0001$	0.9988
Mn	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	$Y = 0.09395X + 0.0053$	0.9992
Zn	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	$Y = 0.31827X - 0.0033$	0.9992
Cu	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	$Y = 0.06127X - 0.0021$	0.9992
Ca	0.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	$Y = 0.03289X + 0.0113$	0.9967
Na	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	$Y = 0.21143X + 0.0113$	0.9981
K	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	$Y = 0.0971X + 0.0342$	0.9974
Mo	0.0	4.0	8.0	12.0	16.0	20.0	$Y = 0.00263X - 0.0004$	0.9982
Mg	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	$Y = 0.36467X + 0.0342$	0.9937

2.1.3 工作条件

各元素的工作条件见表3。

表3 原子吸收分光光度计工作条件

Table 3 Determination conditions of atomic absorption spectrophotometer

元素 Element	波长 Wavelength (nm)	通带 Transmission band (nm)	火焰类型 Flame	燃气流 Flow rate (L/min)	燃烧器高 Burner height (nm)
Fe	248.3	0.2	Air-C ₂ H ₂	0.9	7
Mn	279.5	0.2	Air-C ₂ H ₂	1.0	7
Zn	213.9	0.2	Air-C ₂ H ₂	1.2	7
Cu	324.8	0.5	Air-C ₂ H ₂	1.1	7
Ca	422.7	0.5	Air-C ₂ H ₂	1.4	11
Na	589.0	0.2	Air-C ₂ H ₂	1.1	7
K	766.5	0.5	Air-C ₂ H ₂	1.2	7
Mo	313.2	0.5	Air-C ₂ H ₂	1.7	11
Mg	285.2	0.5	Air-C ₂ H ₂	1.1	7

2.2 相关性分析

以黄管秦艽样品中9种无机元素的含量为数据, 组建数据矩阵, 采用SPSS19.0软件对数据进行PERSON相关性分析。

2.3 主成分分析

主成分分析(Principal Component Analysis)将多个变量转化为少数几个综合变量(即主成分), 其中每个主成分都是原始变量的线性组合, 各主成分之间互不相关, 从而这些主成分能够反映始变量的绝大部分信息, 且所含的信息互不重叠。

主成分分析是一种有效的降低数据维数的方法, 适合于高维光谱数据的定量及定性分析^[12], 通过对原始高维数据进行主成分分析, 能够有效降低

原始数据的维数, 提取前2-3个主成分, 就可以将原始高维空间转换至平面或三维空间, 从而实现高维空间样本的直观显示; 此外, 通过因子载荷矩阵, 可以分析各原始变量的重要性, 进行变量的筛选; 通过因子载荷矩阵, 还可以构造出各主成分与原始变量之间的线性关系表达式, 从而进行回归分析。更为重要的是, 主成分分析可以消除原始变量之间的共线性, 得到的各主成分之间也是相互独立的, 便于进行进一步分析。

本研究中无机元素共有9个, 分别为: Fe、Mn、Zn、Cu、Ca、Na、K、Mo、Mg, 为了进行样本的多指标综合评价, 使得到的结论更为客观, 使用主成分分析。软件平台为SIMCA-P11.5, 步骤如下: (1) 将原始数

据进行标准化,消除不同指标之间量纲的差异和数量级的差异;(2)进行主成分分析,选取前3个主成分;(3)根据因子载荷矩阵,直观地比较和分析原始变量在主成分上的重要程度;(4)由因子载荷矩阵得到各主成分和原始变量之间的线性关系表达式;(5)构造综合得分和各主成分之间的线性回归方程,得出样本的综合评价。

3 结果与分析

3.1 各无机元素含量测定

用原子吸收光谱法测定甘肃不同产地黄管秦艽中无机元素的含量结果见表4,其中无机元素Ca、K、Mg、Mo含量较高,不同产地中无机元素含量存在差异。

表4 不同产地黄管秦艽中无机元素含量(μg/g)

Table 4 The content of inorganic elements in *G. officinalis* from different sources (μg/g)

编号 Lot No.	Ca		K		Mg		Na		Fe		Mn		Zn		Cu		Mo	
	平均值 Mean (μg/g)	RSD (%)	平均值 Mean (μg/g)	RSD (%)	平均值 Mean (μg/g)	RSD (%)	平均值 Mean (μg/g)	RSD (%)	平均值 Mean (μg/g)	RSD (%)	平均值 Mean (μg/g)	RSD (%)	平均值 Mean (μg/g)	RSD (%)	平均值 Mean (μg/g)	RSD (%)	平均值 Mean (μg/g)	RSD (%)
HGQJ1	4923.90	0.20	7564.40	1.20	482.00	2.60	31.75	0.60	19.45	0.50	7.58	3.90	2335.60	4.70	482.00	2.60	31.75	0.60
HGQJ2	8234.30	0.30	6792.71	1.20	545.20	1.40	25.08	0.80	22.02	0.40	5.00	7.10	2409.20	4.90	545.20	1.40	25.08	0.80
HGQJ3	6913.40	0.20	7300.11	0.50	467.20	2.40	20.29	1.00	18.25	0.50	4.06	7.60	2547.20	5.00	467.20	2.40	20.29	1.00
HGQJ4	6501.20	0.40	6631.84	1.00	232.50	1.50	16.80	1.20	21.74	0.20	4.43	3.40	2598.30	2.80	232.50	1.50	16.80	1.20
HGQJ5	5451.90	0.80	6895.52	1.10	194.50	3.80	15.08	0.80	18.63	0.90	3.64	2.90	2620.20	7.30	194.50	3.80	15.08	0.80
HGQJ6	13054.500	0.30	6535.31	1.20	1355.80	0.50	51.61	0.60	23.79	0.90	1.61	9.90	2748.30	3.10	1355.80	0.50	51.61	0.60
HGQJ7	4693.90	0.60	7496.30	1.40	524.30	1.30	18.47	0.70	23.60	0.60	3.59	9.00	2621.20	4.60	524.30	1.30	18.47	0.70
HGQJ8	10488.701	0.00	7132.29	1.30	296.70	0.50	23.76	1.00	22.72	0.20	0.73	6.90	2629.80	2.70	296.70	0.50	23.76	1.00
HGQJ9	7559.50	0.40	7355.27	1.50	229.80	3.90	24.03	1.20	23.43	1.00	4.82	8.00	2789.40	4.50	229.80	3.90	24.03	1.20
HGQJ10	6064.10	1.00	7079.26	2.30	81.85	3.80	19.75	1.40	16.62	0.30	未检出	5.90	2592.30	7.20	81.85	3.80	19.75	1.40

3.2 无机元素之间相关性分

相关性分析结果见表5。结果表明无机元素Ca与K表现出显著负相关关系,相关系数为-0.565,与Fe和Mn分别表现出显著正相关和极显

著正相关关系,相关系数分别为0.658和0.730;Mg和Zn表现出极显著正相关关系,相关系数为0.756;Fe和Mn表现出极显著正相关关系,相关系数为0.888。

表5 相关性分析结果

Table 5 The results of correlation analysis

成分 Element	Ca	K	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ca	1.000								
K	-0.565 *	1.000							
Mg	0.285	0.251	1.000						
Na	-0.428	0.476	0.267	1.000					
Fe	0.658 *	-0.342	0.414	-0.142	1.000				
Mn	0.73 * *	-0.288	0.516	-0.312	0.888 * *	1.000			
Zn	0.496	-0.147	0.756 * *	0.282	0.479	0.390	1.000		
Cu	-0.468	0.349	0.142	0.357	-0.033	-0.066	0.053	1.000	
Mo	0.432	-0.242	0.287	0.358	0.134	0.142	0.420	-0.534	1.000

注: * * $P < 0.01$, * $P < 0.05$ 。

3.3 主成分分析

量进行数据标准化,使其均值为0,均方差为1。标准化后的数据见表6。

3.3.1 数据标准化

对 Fe、Mn、Zn、Cu、Ca、Na、K、Mo、Mg 等 9 个变

表 6 数据标准化结果

Table 6 Results of standardized values

样品编号 Lot No.	Fe	Mn	Zn	Cu	Ca	Na	K	Mo	Mg
HGQJ1	0.003	0.589	-0.945	1.839	-0.951	-0.545	1.283	-1.749	0.756
HGQJ2	0.181	-0.012	0.231	0.535	0.254	-0.581	-0.753	-1.241	-0.782
HGQJ3	-0.038	-0.443	-1.494	0.061	-0.227	0.127	0.586	-0.287	-1.682
HGQJ4	-0.698	-0.757	0.103	0.248	-0.377	-0.561	-1.178	0.066	-0.664
HGQJ5	-0.805	-0.912	-1.320	-0.152	-0.759	0.439	-0.482	0.217	-0.887
HGQJ6	2.459	2.378	1.041	-1.177	2.009	-0.780	-1.433	1.102	0.918
HGQJ7	0.122	-0.607	0.954	-0.177	-1.035	1.500	1.103	0.224	0.887
HGQJ8	-0.518	-0.13	0.552	-1.622	1.075	-1.196	0.143	0.283	0.535
HGQJ9	-0.706	-0.106	0.877	0.445	0.009	1.597	0.731	1.386	0.920

3.3.2 主成分个数确定

在 SIMCA-P11.5 软件中对标准化后的数据进

行主成分分析,前 5 个主成分上的特征值及方差贡献率如表 7 所示。

表 7 特征值及方差贡献率

Table 7 The result of characteristic value and variance contribution rate

主成分 Principal component	特征值 Characteristic value	各因子贡献率 Contribution rate (%)	总方差贡献率 Cumulative contribution rate (%)
1	3.96	0.439	0.439
2	2.03	0.226	0.666
3	1.50	0.166	0.832
4	0.621	0.069	0.901
5	0.482	0.054	0.954
6	0.241	0.027	0.981

表 7 表明,特征值大于 1 的主成分有 3 个,分别用 $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$ 表示。其中,第 1 主成分对方差的贡献率为 43.9%,前 3 个主成分的累计方差贡献率为 83.20%。

3.3.3 主成分载荷矩阵

表 8 为因子载荷矩阵,从载荷矩阵可以看出,第 1 主成分上 Ca 的载荷系数较大,说明第 1 主成分与 Ca 的关系较为紧密;第 2 主成分上 Na 的载荷系数较大,说明第 2 主成分与 Na 的关系较为紧密;第 3 主成分上 Mn 的载荷系数较大,说明第 3 主成分与 Mn 的关系较为紧密。

3.3.4 主成分关系表达式

以下分别给出前 3 个主成分与原始变量之间的

线性关系表达式:

$$F1 = 0.196Fe + 0.202Mn + 0.170Zn - 0.172Cu + 0.234Ca - 0.094Na - 0.141K + 0.134Mo + 0.117Mg$$

$$F2 = -0.079Fe - 0.064Mn + 0.270Zn - 0.025Cu - 0.098Ca + 0.394Na + 0.255K + 0.275Mo + 0.320Mg$$

$$F3 = 0.268Fe + 0.35Mn + 0.008Zn + 0.388Cu - 0.071Ca - 0.077Na + 0.277K - 0.358Mo + 0.321Mg$$

从上述表达式可以看出,第 1 主成分在 Ca、Mn 上具有较大的载荷系数,与 Ca、Mn 微量元素具有强相关性;第 2 主成分在 Na、Mg 上具有较大的载荷系数,与 Na、Mg 微量元素具有强相关性;第 3 主成分在 Cu、Mn 上具有较大的载荷系数,与 Cu、Mn 微量元素具有强相关性。

表 8 因子载荷矩阵
Table 8 Factor loading matrix

微量元素 Element	P1	P2	P3
Fe	0.390	-0.113	0.328
Mn	0.402	-0.091	0.434
Zn	0.338	0.385	0.010
Cu	-0.342	-0.035	0.475
Ca	0.466	-0.139	-0.087
Na	-0.187	0.562	-0.094
K	-0.280	0.363	0.339
Mo	0.266	0.393	-0.439
Mg	0.232	0.456	0.393

3.3.5 主成分得分、综合得分及产地排序 $3.96F1 + 2.03F2 + 1.5F3$, 计算结果如表 9 所示。

各样本在前 3 个主成分上的综合得分为: $F =$

表 9 主成分得分、综合得分及排序

Table 9 Principal components scores and sort results of the samples

产地 Origin	F1	F2	F3	综合得分 F Comprehensive F	排序 Sorting
漳县三岔镇	-0.855	-0.374	2.249	-0.7704	5
临潭县新城镇	-0.057	-1.003	0.266	-1.8615	6
临潭县羊沙乡	-0.743	-0.77	-0.424	-5.1417	8
临潭县术布乡	-0.253	-0.553	-0.851	-3.4031	7
卓尼县柳林乡	-0.766	-0.33	-1.084	-5.3290	9
卓尼县尼巴乡	2.341	-0.308	0.473	9.3562	1
卓尼县扎古录镇	-0.311	1.611	0.225	2.3733	3
临夏县麻尼寺沟乡	0.689	-0.053	-0.684	1.5954	4
合作市海螺沟	-0.046	1.781	-0.169	3.1806	2

表 9 表明,卓尼县尼巴乡产地黄管秦艽排名最高,其次是合作市海螺沟,临潭产的 3 个样本排名靠后。从无机元素含量来看,产于卓尼县尼巴乡的黄管秦艽质量最优。由于选取的前 3 个主成分代表了原始数据 9 个变量 83.2% 的信息量,因此,通过前 3 个主成分的综合得分得出的综合排名具有一定的可靠性,再结合 10 个不同产地的海拔、生境及土壤等信息,得出海拔、生境及土壤等生态因素对无机元素 Ca、K、Mg、Mo 等含量的影响导致了不同产地黄管秦艽无机元素的差异性,无机元素是中药有效成分的核心组成,且促进药物疗效^[6,7],是中药药性量化的物质基础^[8],是中药质量控制不可或缺的特征参数,因此,通过综合分析黄管秦艽的无机元素的含量,可为该药材质量评价提供参考。

4 结论与讨论

本实验采用原子分光光度法测定了甘肃 10 个

不同产地黄管秦艽中 9 种无机元素的含量,其中无机元素 Ca、K、Mg、Mo 含量较高,不同产地中无机元素含量存在差异。并运用主成分分析对不同产地黄管秦艽中所含无机元素进行了系统分析,主成分综合得分显示卓尼县尼巴乡产地黄管秦艽排名最高,其次是合作市海螺沟。关于无机元素含量差异的原因报道较多,但是对于同一个种的黄管秦艽来说,外界生长环境是造成差异的主要因素^[13,14],外界环境的影响主要体现在土壤上,若土壤中的某无机元素含量较多,促使植物吸收抑或通过植物的富集从而导致这种无机元素积累含量随之升高。因此,不同产地黄管秦艽中无机元素含量的差异可能与其生长所处土壤中无机元素的含量与密切关系。

I、Zn、Se、Cu、Mo、Cr、Fe 和 Co 为人体必需的 8 种微量元素,人体中含有的这些微量元素量虽少,但与体内物质、能量代谢、生殖发育、遗传、免疫及神经活动等生理过程密切相关^[15,16]。实验结果表明黄

管秦艽中含有人体必须微量元素 Zn、Fe、Cu 和 Mo, Zn 能促进生长发育,提高机体免疫力;Fe 促进氧的携带者血红蛋白的合成,维持细胞组织的正常代谢活动;Cu 可促进 Fe 的吸收利用,能起到抗衰老的功效;Mo 能促进体内氨基酸的代谢,使得体内 Cu 的积累减少。人体可能必须微量元素 Mn 能降血压降血脂等功效。宏量元素中 K、Na、Ca、Mg 在机体中大多以离子状态存在,参与酶的激化过程,并能维持体内渗透压和酸碱平衡^[17-19]。实验结果表明各产地黄管秦艽中无机元素 Ca、K、Mg、Mo 含量较高,仅从无机元素含量的主成分分析来看,产于卓尼县尼巴乡的黄管秦艽质量最优,对于不同产地黄管秦艽的质量评价还应从其它方面如化学成分、药效研究等对其进行综合评价。

参考文献

- 1 The Official Committee of Hygiene Department of the People's Republic of China. Pharmacopoeia of the People's Republic of China (中华人民共和国药典, 2015 年, 一部). Beijing: China Medical Science Press (中国医药科技出版社), 2015. 253.
- 2 Gao XM (高学敏). Science of Chinese Materia Medica. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine (中国中医药出版社), 2007. 186-187.
- 3 Jing L (晋玲), Zhang XL (张西玲), Guo M (郭玫), et al. Study on the quality of medicinal materials from different locations of cultivars. *Chin Med Mater* (中药材), 2006, 29: 437-439.
- 4 Liu LS (刘丽莎), Wu D (吴迪), Zhang XL (张西玲). Study on pharmacognosy of *Gentiana officinalis* H. Smith. *Chin Med Mater* (中药材), 2008, 31: 1635-16383.
- 5 Yu XH (余晓晖), Zhao L (赵磊), Li Y (李阳), et al. Identification and content determination of Gentiopicroside in *Gentiana officinalis* H. Smith from different areas of Gansu. *Chin J Mod Appl Pharm* (中国现代应用药理学), 2010, 27: 504-507.
- 6 Dong SF (董顺福), Han LQ (韩丽琴), Zhao WX (赵文秀), et al. Fuzzy cluster analysis of trace element content and therapeutic effect in traditional Chinese medicine. *J Clin Rehabil Tissue Eng Res* (中国组织工程与临床康复), 2007, 40: 8127-8130.
- 7 Qin JF (秦俊法), Lin XX (林宣贤). The research of trace elements of Chinese medicine in China II. Trace element; The core composition of effective drug components of Chinese medicine. *Guangdong Trace Elements Sci* (广东微量元素科学), 2010, 17(12): 1-12.
- 8 Qin JF (秦俊法). The research of trace elements of Chinese medicine in China III. Trace element; material basis of quantifying property and efficacy of Chinese medicine. *Guangdong Trace Elements Sci* (广东微量元素科学), 2011, 18(1): 1-10.
- 9 Qin JF (秦俊法). The research of trace elements of Chinese medicine in China V. Essential parameters of quality control in traditional Chinese medicine. *Guangdong Trace Elements Sci* (广东微量元素科学), 2011, 18(3): 1-20.
- 10 Zhou YS (周玉珊), Zhang XL (张西玲), Wang RB (汪荣斌), et al. Comparative study on trace elements in *Gentiana macrophylla* and *Gentiana officinalis* from Gansu. *Chin J Inf Tradit Chin Med* (中药研究与开发), 2008, 15(2): 34-35.
- 11 Qiang ZZ (强正泽), Wang Y (王燕), Li CY (李成义), et al. Correlation analysis between contents of active ingredients and trace elements in *Hedysari Radix* from Gansu province. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2015, 27: 1801-1810.
- 12 Xiao JP (肖继坪), Guo HC (郭华春). Main anthocyanins analysis of native pigmented potatoes "Jianchuanhong" and "Zhuaxinwu" of Yunnan province. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2012, 24: 503-506.
- 13 Zhao MX (赵曼茜), Lv JR (吕金嵘), Guo LP (郭兰萍), et al. Effects of inorganic elements soil on contents of inorganic elements and baicalin in *Scutellaria*. *Chin J Exp Tradit Med Form* (中国实验方剂学杂志), 2010, 16(9): 103-106.
- 14 Gu W (谷巍), Shen XY (申修源), Zhou JJ (周娟娟), et al. Distribution characteristics and correlation analysis of inorganic elements in *Alismatis Rhizoma* and *Rhizospheric soils* in different habitats. *J Chin Med Mat* (中药材), 2012, 35: 1893-1897.
- 15 Yu X (于溪), Zhang WD (张闻东). Research progress of trace element and vascular dementia. *Med J Liaoning* (辽宁医学杂志), 2012, 26: 299-301.
- 16 Tian ZP (田柱萍), He BP (何邦平), Wang XY (王小燕), et al. The efficacy of medicine of the Chinese herbal medicine with its a research for containing trace element relating to progress. *Studies Trace Elements Health* (微量元素与健康研究), 2005, 25(4): 54-56.
- 17 Li SC (李守淳). Biological effects of inorganic elements in human body. *J Nanchang Coll Edu* (南昌教育学院学报), 1999, 3: 50-54.
- 18 Li XA (李新爱), Duan BZ (段宝忠), Yan Y (严亚), et al. Research progress of trace elements in Chinese herbal medicine in *Gentiana*. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2014, 42: 12883-12887.
- 19 Wu XX (吴新新), Sheng ZH (盛振华), Wu QF (吴巧凤). Determination of trace elements in *Curcumae Radix* from six growing areas and their principal components analysis. *Chin Tradit Patent Med* (中成药), 2015, 37: 370-374.