



# 贵州施秉太子参产地不同生态模式下土壤元素特征及主成分分析

王 萍<sup>1</sup>,张清海<sup>2</sup>,刘 静<sup>1</sup>,黄雨杰<sup>2</sup>

(1. 贵州省农业资源环境管理站, 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州医科大学 食品安全学院, 贵州 贵阳 550002)

**摘要:**为研究贵州施秉太子参产地土壤元素特征,采用 ICP-MS 测定了土壤 9 种元素(Na、Mg、K、Ca、Mn、Fe、Co、Ni、Mo)及 6 种重金属(Cr、Cu、As、Cd、Hg、Pb)含量,运用主成分分析法对不同生态模式下土壤元素特征进行分析,建立了土壤微量元素和重金属主成分模型。结果表明:土壤中微量元素 Mg、K、Ca、Fe、Mo 的平均含量均表现为大棚>示范区>林地,受人为因素影响较大;Mn、Co、Ni 元素分布存在不均匀性,均以大棚中含量最小。元素特征可由 3 个主成分来反映,其贡献率分别为  $F_1$ (Ca、K、Mo、Mn、Co)26.176%, $F_2$ (Mg、Fe、Ni、Mn)23.068%, $F_3$ (Na、Mo、Ni) 13.215%。贵州太子参产地土壤存在 Cd、Hg 污染,主要原因是土壤背景值较高,而大棚土壤 As 含量明显高于示范区和林地;土壤重金属可由 3 个主成分来反映,其贡献率分别为  $F_1$ (As 和 Pb)35.293%, $F_2$ (Cd)18.463%和  $F_3$ (Hg)16.888%。

**关键词:**太子参;土壤;元素;主成分分析

太子参属(*Pseudostellaria*)植物,全世界约有 10 种,主要分布在亚洲东部,其中,我国有 10 种,主要分布在青藏高原、中南、华北、东北等地<sup>[1]</sup>。太子参为《中国药典》记载的常用中药,为石竹科异叶假繁缕属植物孩儿参 *Pseudostellaria heterophylla* (Miq.) Pax ex Pax et Hoffm 的干燥块根<sup>[2]</sup>。土壤元素含量与太子参质量息息相关,重金属污染是造成中药质量下降的关键因素<sup>[3]</sup>。但是,土壤元素信息复杂,分析较为困难,在采用统计方法研究多变量问题时,研究者在进行定量分析的过程中,希望涉及的变量越少,得到的信息量越多<sup>[4]</sup>,主成分分析可以满足这一要求<sup>[5-8]</sup>。主成分分析法(Principal Components Analysis)是把多个变量化为少数几个主成分的多元统计分析方法,从数学角度来看,是一种降维技术<sup>[9]</sup>。近年来,在环境科学研究<sup>[10-13]</sup>、土地资源修复研究等方面<sup>[14-16]</sup>开始运用主成分分析法,建立综合模型,以更迅速客观的把握主要信息。

贵州施秉是全国太子参的主要产区,其种植面积位居全国前列。在施秉太子参产地主要存在示范区、大棚和林地 3 种生态模式,为研究不同生态模式下太子参产地元素特征,本文采用 ICP-MS 测定了贵州施秉太子参产区不同生态模式下土壤元素含量,分析了微量元素变异特征和重金属污染状况,采用主成分分析方法获取了主要元素信息,建立了基于主成分分析模型,为贵州太子参产地土壤元素调控和重金属治理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 土样 2013 年 4 月在贵州黔东南州施秉太子参产地采集大棚、示范区和林地表层土壤(0~20 cm)混合样品,共采集 51 个土壤样品。

1.1.2 仪器试剂 ICP-MS: Agilent 7500 a, 美国安捷伦科技公司;超纯水系统: Milli-Q Synthesis, 美国 MILLIPORE 公司;热恒温鼓风干燥箱: 101-2A, 天津市泰斯特仪器有限公司;硝酸: GR 级, 德国 Merck 公司;玻璃器皿均采用 10% 的硝酸浸泡 24 h;土壤成分分析标准物质: (GBW 07405(GSS-5)、GBW07402(GSS-2)), 地矿部物化探研究所。

### 1.2 方法

1.2.1 样品处理 样品在实验室风干,同时去除植物残体、大砾石等物质,避免灰尘和酸、碱等污

收稿日期:2018-03-02

**基金项目:**国家自然科学基金地区基金资助项目(40561075);贵州省科技支撑计划资助项目(黔科合支撑[2017]2860、2044);贵州省优秀青年科技人才资助项目(黔科合平台人才[2017]5622)。

**第一作者简介:**王萍(1981-),女,硕士,高级农艺师,从事土壤重金属研究。E-mail:45940970@qq.com。

**通讯作者:**张清海(1982-),男,博士,教授,从事环境与食品安全研究。E-mail:zhqh8@163.com。

染。采用4分法取风干样品研磨,过100目尼龙筛,将过筛样品置于密封袋中并做好标签。

1.2.2 土壤特性测定 精确称取土壤样品0.1 g(精确至0.000 1 g)于高压密封消解罐中,分别加入5 mL硝酸、2 mL双氧水,1 mL氢氟酸,置恒温鼓风干燥箱中170 ℃消解3 h,冷却,赶酸后用二次去离子水定容至50 mL。

土壤元素采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)进行测定,工作参数<sup>[17]</sup>见表1;土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法-外加热法。

1.2.3 主成分分析 应用SPSS19.0对样品进行因子分析和主成分分析,因子分析可用较少的几个因子反映原资料的大部分信息,采用主成分分析法确定共性因子数,建立初始因子分析模型。

表1 电感耦合等离子体质谱仪的工作参数

Table 1 Instrumental operating conditions and data acquisition parameters of ICP-MS			
项目 Item	工作参数 Operating parameters	项目 Item	工作参数 Operating parameters
载气流速/(L·min <sup>-1</sup> )	1.17	蠕动泵采样转速/(r·s <sup>-1</sup> )	0.1
辅助气流速/(L·min <sup>-1</sup> )	0.35	积分时间/s	2
采样深度/mm	8.00	重复次数/次	3

表2 太子参产地土壤中元素含量

Table 2 Element and organic contents in radix pseudostellariae base soil											
生态模式 Ecological modes	项目 Item	SOM	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Mo
示范区 Demonstration zone	最大值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	78.66	397.3	2926	6495	1024	941.4	27951	14.1	43.08	3.853
	最小值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	46.69	168.5	1794	3804	108.1	106.4	15498	3.60	10.35	0.179
	平均值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	61.99	248.2	2332	5021	421.9	426.5	21553	8.93	25.14	1.604
	标准差	6.62	53.50	321.23	498.7	208.8	208.64	2815	2.18	7.06	0.883
	变异系数	0.107	0.215	0.138	0.099	0.495	0.489	0.131	0.244	0.281	0.550
大棚 Greenhouse	最大值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	76.78	278.3	4534	7404	952.6	288.47	28167	8.41	24.36	1.187
	最小值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	65.54	170.8	3086	5207	881.0	141.28	22556	4.28	16.43	0.787
	平均值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	71.16	224.6	3810	6306	916.8	214.9	25362	6.34	20.39	2.488
	标准差	7.95	76.05	1024	1553	50.63	104.08	3968	2.92	5.610	2.403
	变异系数	0.112	0.339	0.269	0.246	0.055	0.484	0.156	0.460	0.275	0.966
林地 Woodland	最大值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	68.93	240.7	2533	5909	476.1	723.90	23034	11.15	30.92	3.331
	最小值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	53.64	203.9	1933	4260	179.3	200.23	17543	5.62	15.56	0.721
	平均值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	60.37	219.2	2321	4874	280.0	415.7	21456	8.07	25.91	1.53
	标准差	5.97	15.27	258.3	702.2	120.7	240.0	2215	2.40	6.024	1.233
	变异系数	0.099	0.070	0.111	0.144	0.431	0.577	0.103	0.298	0.233	0.806

2.2 不同生态模式太子参产地土壤重金属元素特征

由表 3 可知,林地、大棚和示范区土壤中 Cr、Cu、Pb 平均含量均低于 GB15618-1995《土壤环境质量标准》中土壤环境质量标准二级标准限量要求,最高值、最低值均出现在示范区。不同生态模式土壤中重金属 Cr 的平均含量表现为示范区>林地>大棚,Cu 的平均含量表现为示范区>林地>大棚,Pb 的平均含量表现为大棚>示范区>林地。

林地、大棚和示范区土壤中 Cd、Hg 平均含量均高于土壤环境质量标准二级标准限量要求,最高值、最低值均出现在示范区。Cd 含量为 0.209~0.620 mg·kg<sup>-1</sup>,均值为 0.330 mg·kg<sup>-1</sup>,

最高值、最低值均在示范区;不同生态环境土壤中重金属 Cd 的平均含量表现为大棚>示范区>林地。Hg 含量为 0.126~1.251 mg·kg<sup>-1</sup>,均值为 0.450 mg·kg<sup>-1</sup>,不同生态环境土壤中重金属 Hg 的平均含量表现为大棚=示范区>林地。

林地、示范区土壤中 As 平均含量均低于限量要求,大棚土壤中 As 平均含量高于限量要求。As 含量为 17.83~68.19 mg·kg<sup>-1</sup>,均值为 44.39 mg·kg<sup>-1</sup>,最高值在大棚,最低值在示范区;不同生态环境土壤中重金属 As 的平均含量表现为大棚>林地>示范区。不同生态环境下均以 Cr 的变异系数最小,分布最为均匀,Cu 的变异系数最大,说明 Cu 含量在不同地点存在较显著差异,分布最不均匀。

表 3 不同生态模式土壤重金属含量

Table 3 Heavy metals contents of soil in different ecological

生态模式 Ecological modes	项目 Item	pH	重金属含量 Heavy metal contents					
			Cr	Cu	As	Cd	Hg	Pb
林地 Woodland	范围/(mg·kg <sup>-1</sup> )	4.30~4.78	65.6~79.6	9.13~50.8	27.4~58.4	0.284~0.442	0.270~0.739	41.8~83.7
	平均值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	4.53	75.0	25.5	36.5	0.329	0.426	62.6
	标准差	0.187	6.12	15.3	12.4	0.068	0.196	15.9
	变异系数	0.041	0.082	0.600	0.341	0.207	0.461	0.255
大棚 Greenhouse	范围/(mg·kg <sup>-1</sup> )	6.31~7.49	75.0~79.3	15.1~33.2	62.2~68.1	0.341~0.392	0.391~0.512	73.1~78.9
	平均值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	6.9	77.1	24.2	65.2	0.365	0.450	76.0
	标准差	0.834	3.04	12.7	4.22	0.035	0.085	4.11
	变异系数	0.121	0.039	0.527	0.065	0.097	0.189	0.054
示范区 Demonstration zone	范围/(mg·kg <sup>-1</sup> )	4.23~5.98	48.2~97.5	6.60~71.3	17.8~62.8	0.209~0.620	0.126~1.25	31.7~138.9
	平均值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	4.69	76.6	28.3	31.4	0.330	0.450	66.4
	标准差	0.350	10.30	16.3	11.5	0.090	0.220	25.7
	变异系数	0.074	0.134	0.576	0.367	0.270	0.487	0.388

2.3 不同生态模式下土壤有机质和元素的相关分析

由表 4 可以看出,太子参产地土壤 Na 与 K、Mg、Mn,Ca 与 Fe、有机质,K 与 Mg,Ni 与 K、Mg 具有极显著正相关关系;Co 与 Na、Mn、Fe 具有显著正相关关系;Ni 与有机质、Ca 具有极显著负相关关系;Fe 与 K 具有显著负相关关系,而 Mo 与有机质和其它元素不存在显著相关性。

2.4 不同生态模式下土壤元素的主成分分析

由表 5 可知,当选择 4 个主成分时,累积贡献率可达到 70%以上,符合主成分分析要求,即 4

个主成分可以反映 70%以上的信息。由表 6 结果显示,对第 1 主成分作用大的有:Ca(0.770)、K(0.660)、Mo ( 0. 637 )、Mn ( - 0. 628 )、Co(-0.577);对第 2 主成分作用大的有: Mg(0.764)、Fe(0.677)、Ni(0.566)、Mn(0.564);对第 3 主成分作用大的有: Na ( - 0. 606 )、Mo(0.559)、Ni(0.507)。在本分析中,抽样适度测定值为 0.500(表 7)(通常认为该值应该>0.5 以上为好<sup>[18]</sup>),由此可知以上 10 个指标能够显示元素的主成分。

表 4 太子参产地土壤有机质及元素含量的相关性分析  
Table 4 Correlation analysis of organic and elements

项目 Item	SOM	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Mo
SOM	1.00									
Na	0.14	1.00								
Mg	0.05	0.36**	1.00							
K	-0.07	0.51**	0.51**	1.00						
Ca	0.38**	0.07	-0.07	-0.25	1.00					
Mn	0.13	0.70**	0.26	0.11	0.02	1.00				
Fe	0.1	-0.05	-0.14	-0.31*	0.74**	0.02	1.00			
Co	0.01	0.30*	-0.12	-0.05	0.26	0.35*	0.35*	1.00		
Ni	-0.45**	0	0.45**	0.39**	-0.38**	0.09	-0.06	-0.03	1.00	
Mo	0.07	0.25	0.05	0.22	0.11	0.01	0.11	0.01	-0.11	1.00

\* \* 表示极显著相关( $P<0.01$ ); \* 表示显著相关( $P<0.05$ )。  
\* \* indicate extremely significant correlation at 0.01 level; \* indicate significant correlation at 0.05 level.

表 5 土壤微量元素含量主成分信息值  
Table 5 Main component information value of trace elements in soil

项目 Item	特征值 Eigenvalues	贡献率 % Contribution rate	累积贡献率 % Cumulative contribution rate
第 1 主成分	2.618	26.176	26.176
第 2 主成分	2.307	23.068	49.244
第 3 主成分	1.322	13.215	62.459
第 4 主成分	1.151	11.515	73.974

2.5 不同生态模式微量元素主成分模型建立

由表 5 可知,10 种元素对第 4 主成分作用不

大,故在进行主成分得分图时选择主成分 1、2、3 得分矢量来作图(图 1)。将每一个负荷量表示主成分与对应变量的相关系数除以主成分相对应的特征值开平方根便得到两个主成分中每个指标所对应的系数<sup>[19]</sup>经计算可得无机元素主成分的模型为:

$$F_1 = 0.0383X_{SOM} - 0.1879X_{Na} + 0.2954X_{Mg} + 0.4079X_K + 0.4759X_{Ca} - 0.3881X_{Mn} + 0.2040X_{Fe} - 0.3566X_{Co} - 0.0952X_{Ni} - 0.0952X_{Mo}$$
$$F_2 = 0.2133X_{SOM} + 0.2811X_{Na} + 0.5030X_{Mg} + 0.1718X_K + 0.1356X_{Ca} + 0.3713X_{Mn} + 0.4457X_{Fe} + 0.2923X_{Co} + 0.3726X_{Ni} - 0.1159X_{Mo}$$

表 6 土壤微量元素对主成分的负荷量

Table 6 Load capacity of the main component of trace elements in soil

项目 Item	SOM	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Mo
第 1 主成分	0.062	-0.304	0.478	0.660	0.770	-0.628	0.330	-0.577	-0.154	0.637
第 2 主成分	0.324	0.427	0.764	0.261	0.206	0.564	0.677	0.444	0.566	-0.176
第 3 主成分	-0.359	-0.606	-0.119	-0.031	-0.167	0.050	0.146	0.434	0.507	0.559
第 4 主成分	0.469	-0.059	-0.195	0.349	0.276	0.357	-0.462	0.434	-0.272	0.297

表 7 KMO 和 Bartlett 的检验  
Table 7 Result of KMO and Bartlett test

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量	0.500
Bartlett 的球形度检验近似卡方	198.884
df	45
Sig	0.000

$$F_3 = -0.3122X_{SOM} - 0.5271X_{Na} - 0.1035X_{Mg} - 0.$$

$$0270X_K - 0.1452X_{Ca} + 0.0435X_{Mn} + 0.1270X_{Fe} + 0.3775X_{Co} + 0.4410X_{Ni} + 0.4862X_{Mo}$$
$$F_4 = 0.4372X_{SOM} - 0.0550X_{Na} - 0.1818X_{Mg} + 0.3253X_K + 0.2573X_{Ca} + 0.3328X_{Mn} - 0.4306X_{Fe} + 0.4045X_{Co} - 0.2535X_{Ni} + 0.2768X_{Mo}$$

上式中, $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 分别表示 4 个主成分, $X_{SOM}$ 、 $X_{Na}$ 、 $X_{Mg}$ 、 $X_K$ 、 $X_{Ca}$ 、 $X_{Mn}$ 、 $X_{Fe}$ 、 $X_{Co}$ 、 $X_{Ni}$ 、 $X_{Mo}$ ,分别表示各个元素的量经标准化后的数据。

而 4 个主成分中,  $F_1$  是特征值最大的, 即“信息最多”的指标。

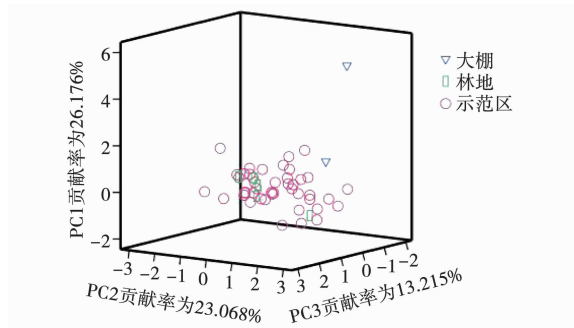


图 1 微量元素主成分得分

Fig. 1 PCA score of the principal component trace elements

## 2.6 不同生态模式重金属元素主成分模型建立

图 2 为 6 种重金属元素的主成分分析结果图。按照主成分个数提取的原则, 累积贡献率大于等于 70% 的  $n$  个主成分, 结果如下: 第一主成分的特征值  $\lambda_1 = 2.118$ , 方差贡献率为 35.29%, 特点表现为因子变量在 As、Pb 的浓度上有较高的正载荷, 也就是第一主成分反映了 As、Pb 的富集程度; 第二主成分的特征值  $\lambda_2 = 1.108$ , 方差贡献率为 18.46%, 特点表现为因子变量在 Cd 的浓度上有较高的正载荷, 也就是第二主成分反映了 Cd 的富集程度; 第三主成分的特征值  $\lambda_3 = 1.013$ , 方差贡献率为 16.89%, 特点表现为因子变量在 Hg 的浓度上有较高的正载荷, 也就是第三主成分反映了 Hg 的富集程度; 3 个主成分的累积方差贡献率为 70.64%, 其中, 图中每个点对应 1 个样本。

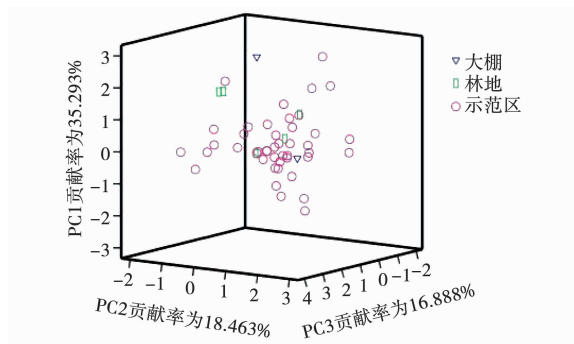


图 2 重金属的主成分得分

Fig. 2 PCA score of heavy metals

经计算得到主成分的模型为:

$$F_1 = -0.3511X_{Cr} + 0.2405X_{Cu} + 0.5669X_{As} + 0.3181X_{Cd} + 0.1299X_{Hg} + 0.6157X_{Pb}$$

$$F_2 = 0.1995X_{Cr} - 0.5529X_{Cu} - 0.1197X_{As} +$$

$$0.6897X_{Cd} - 0.3701X_{Hg} + 0.1625X_{Pb}$$

$$F_3 = -0.0039X_{Cr} - 0.5296X_{Cu} - 0.1043X_{As} - 0.0278X_{Cd} + 0.8296X_{Hg} + 0.1401X_{Pb}$$

上式中,  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  分别表示 3 个主成分,  $X_{Cr}$ 、 $X_{Cu}$ 、 $X_{As}$ 、 $X_{Cd}$ 、 $X_{Hg}$ 、 $X_{Pb}$  分别表示各个元素的量数据。而 3 个主成分中,  $F_1$  是特征值最大的, 即是“信息最多”的指标, 而 3 个主成分中各元素的系数差异较大, 说明 Cr、Cu、As、Cd、Hg、Pb 各元素对分类的贡献存在一定差异, 其中,  $F_3$  差异最为明显。

## 3 结论与讨论

土壤中微量元素 Mg、K、Ca、Fe、Mo 的平均含量均表现为大棚 > 示范区 > 林地, 含量受农事行为影响较大; Mn、Co、Ni 元素分布存在不均匀性, 均以大棚中含量最小。不同生态模式下均以 Mo 的变异系数最大, 说明 Mo 含量在不同地点存在较显著差异, 分布最不均匀。林地、大棚和示范区土壤中 Cd、Hg 平均含量均高于土壤环境质量标准二级标准限量要求, 土壤存在 Cd、Hg 污染, 主要原因是土壤背景值较高, 而大棚土壤 As 含量受农事行为影响明显。

贵州施秉太子参产地土壤 Na 与 K、Mg、Mn、Ca 与 Fe、有机质、K 与 Mg、Ni 与 K、Mg、Co 与 Na、Mn、Fe 存在正相关关系; Ni 与有机质、Ca、Fe 与 K 存在负相关关系, 而 Co 与其它元素不存在相关性。

微量元素 4 个主成分以及重金属元素 3 个主成分中  $F_1$  均是特征值最大的, 即是“信息最多”的指标, 微量元素特征贡献率  $F_1$  (Ca、K、Mo、Mn、Co) 为 26.176%,  $F_2$  (Mg、Fe、Ni、Mn) 为 23.068%,  $F_3$  (Na、Mo、Ni) 为 13.215%。重金属贡献率  $F_1$  (As 和 Pb) 为 35.293%,  $F_2$  (Cd) 为 18.463%,  $F_3$  (Hg) 为 16.888%。元素主成分分析能准确的把握主要元素信息。

本文采用分析了贵州施秉太子参产地三种生态模式林地、大棚和示范区土壤元素特征, 由于数据信息量较大, 采用主成分分析法建立了分析模型, 从而可以更加快速准确地判定不同生态模式对元素特征的影响, 并把握主要元素信息。同时本研究发现该产地土壤 Cd、Hg 平均含量高, 与贵州省土壤重金属背景值分布较一致。

## 参考文献:

- [1] 刘金海. 太子参研究概况[J]. 药物研究, 2009, 2(1): 1242-1245.

[2] 刘讯红,王媚,蔡宝昌,等.不同产地太子参挥发性成分的气相色谱-质谱联用分析[J].时珍国医国药,2007,18(1):43-45.

[3] 杨春,杨金笛,成红砚.黔东南州太子参种植土壤中重金属含量及污染评价[J].贵州农业科学,2010,38(2):196-198.

[4] 王从陆,吴超,段瑜,等.基于主成分综合模型的矿区农田重金属污染评价[J].中国工程科学,2008,10(7):180-183.

[5] 宋桂杰,田小娟.基于主成分分析法的房地产投资环境分析[J].扬州大学学报(自然科学版),2006,9(4):69-72.

[6] Ahn Hyunchul,Choi Eunsup,Han Ingoo. Extracting underlying meaningful features and canceling noise using independent component analysis for direct marketing[J]. Expert Systems with Applications,2007,33(1):181-191.

[7] Tan M H,Hammond J K. A non-parametric approach for linear system identification using principal component analysis[J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 2007,21(4):1576-1600.

[8] Morita Y,Kobayashi T,Kuroiwa T,et al. Study on simultaneous speciation of arsenic and antimony by HPLC-ICP-MS[J]. Talanta,2007,73(1):81-86.

[9] 刘总堂,李春海,章钢娅.运用主成分分析法研究云南湖水体中重金属分布[J].环境科学研究,2010,23(4):459-466.

[10] 杨忠平,卢文喜,刘新荣,等.长春市城区表层土壤重金属污染来源解析[J].城市环境与城市生态,2009,22(5):29-33.

[11] 柴世伟,温琰茂,张亚雷,等.广州市郊区农业土壤重金属污染评价分析[J].环境科学研究,2006,4(19):138-142.

[12] 林晖,徐英凯.基于主成分分析的土壤重金属污染综合评价研究[J].化学工程与装备,2012(7):192-194.

[13] 欧阳勇,林昌虎,何腾兵,等.运用主成分分析法评价贵州草海水质污染[J].贵州科学,2012,30(1):21-26.

[14] 杜忠潮,韩申山.基于主成分分析的土地生态安全评价实证研究——以陕西省10个省辖市为例[J].水土保持通报,2009,198(6):202-207.

[15] 黄丽华,王亚男,韩笑.黄河中上游能源化工区重点产业发展战略土地资源承载力评价[J].环境科学研究,2011,24(2):243-250.

[16] 施程,韩利栋.金华市吐地资源生态安全评价[J].湖南农业科学,2013(5):135-138.

[17] 张清海,龙章波,林绍霞,等.贵州名优茶产区土壤——茶叶中重金属污染及迁移[J].环境科学与技术,2012,35(S1):85-88.

[18] 杨世林,徐丽珍,杜力军,等.不同产地丹参的无机元素含量及其生长土壤的理化性质[J].中国中药杂志,2004,29(9):844-850.

[19] 刘征辉,陈秋生,叶挺祥,等.元素指纹图谱在藿香正气制剂质量评价中的应用[J].中成药,2013,35(3):539-544.

Characteristics and Principal Component Analysis of Soil Elements Under Different Ecological Models of *Pseudostellaria* Origins in Shibing of Guizhou

WANG Ping<sup>1</sup>,ZHANG Qing-hai<sup>2</sup>,LIU Jing<sup>1</sup>,HUANG Yu-jie<sup>2</sup>

(1. Guizhou Agricultural Resources and Environment Management Station,Guiyang 550001,China; 2. College of Food Safety,Guizhou Medcial University,Guiyang 550025,China)

**Abstract:**In order to study the soil element characteristics,contents of nine elements(Na,Mg,K,Ca,Mn,Fe,Co,Ni,Mo) and six kinds of heavy metals (Cr,Cu,As,Cd,Hg,Pb) in soil were detected by using ICP-MS. Soil element characteristics under different ecological modes were analyzed and main component models were established by using method of principal component analysis. The results showed that the average contents of soil trace elements Mg,K,Ca,Fe,Mo showed greenhouse> demonstration zone> woodland,influenced by human factors,and Mn,Co,Ni showed uneven distribution,contents of these elements were minimum in greenhouse. Three main components could express characteristic of trace elements,their contribution rates were  $F_1$  (Ca,K,Mo,Mn,Co) 26.176%, $F_2$  (Mg,Fe,Ni,Mn) 23.068%,and  $F_3$  (Na,Mo,Ni) 13.215% respectively. Due to the high background values of soil,Guizhou heterophylla origin showed Cd,Hg pollution,and content of As in greenhouse soil was significantly higher than that in demonstration soil and forest soil. Three main components could reflect their contribution rates as  $F_1$  (As and Pb) 35.293%, $F_2$  (Cd) 18.463%,and  $F_3$  (Hg) 16.888% respectively. The analysis results may help us overall understanding the element characteristics and heavy metal contamination of Guizhou heterophylla origin,and provide a reference for trace elements balance and priority pollutants control.

**Keywords:**riaheterophylla; soil; element; principal component analysis