

西藏高原植物元素背景值的初步研究*

刘普灵 田均良 李雅琦 张梅花

(中国科学院、水利部西北水土保持研究所, 陕西杨陵 712100)

摘 要

根据西藏植物样品中化学元素的测定结果, 提出了西藏高原植物中 36 种元素的背景值并与全球平均值作了比较。初步研究了西藏高原植物化学元素的特点, 认为本区植物有营养元素亏缺现象, 营养水平较低; Al, Ti, Cr, Ba 的含量偏高; 大多数元素含量高低与其生长地的土壤环境有关; 植物地上部分元素含量较根系丰富, 不同种之间的差异主要表现在营养元素上。

关键词 西藏高原, 植物, 背景值

A PRELIMINARY STUDY OF ELEMENT BACKGROUND OF PLANTS ON THE XIZANG PLATEAU

Liu Puling, Tian Junliang, Li Yaqi and Zhang Meihua

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation Chinese Academy of Sciences, Shaanxi 712100)

Abstract

The plants sampled from Xizang Plateau have been determined in this study. The background values of 36 elements have been given, and compared with average content of the whole world plant. The preliminary results suggest that the nutrition level of plants within this district is lower and short of the nutrition elements; the contents of Al, Ti, Cr and Ba are higher; elemental content level for most of elements depend on mainly local soil factors and elemental contents of stems are higher than that of roots. The differences between various species of plants occur mainly in nutrition elements.

Key words Xizang Plateau, plants, background

植物背景值作为环境背景值研究的重要组成部分, 对于开展区域环境质量评价、进行环境污染趋势预测预报以及制定环境保护措施是不可缺少的基本数据, 同时也是研究植物体中化学元素(包括污染元素)生物循环的基础资料。美国早在七十年代就完成了全国主要植物中数十种元素背景值的研究^[1], 我国在海南、广东等地也开展了类似研究^[2]。建国以来, 不少科学工

收稿日期: 1994-01-12

* 国家自然科学基金资助项目。

在样品的中子活化分析中, 加拿大多伦多大学的 Jervis 教授、Hancock 博士以及 Susan 小姐给予热情帮助; 中国科学院西北植物研究所的徐朗然教授对植物样品进行了鉴定, 在此一并致谢。

作者对西藏高原的自然生态环境进行了全面深入地考察研究,取得了显著成绩,而对于植物元素含量及背景值研究涉及甚少。虽然地球上现在绝对未受人为影响的环境已不存在,背景值也只能是在一定时间与空间的相对含量,而素以“地球第三极”之称的西藏高原却拥有全球人类活动影响相对较小的自然生态环境。因此,研究其植物元素背景值对全球环境变迁研究有重要的参比价值。

1 植物样品的采集与处理

样品主要来源于西藏高原西部,是在 1988 年完成“七五”科技攻关任务“西藏土壤环境背景值研究”的土壤采样任务中,同步采集了高原主要土壤类型上的建群种植物样 43 个,其中包括劲直黄芪(*Astragalus striatus* Grah.)、萨迦锦鸡儿(*Caragana saja*)、棘豆(*Oxytropis* sp.)、康定嵩草(*Cobresia prattii*)、高山嵩草[*Cobresia pygmea*(C. B. Clarke)]、藏异燕麦(*Heliototrichon tibetioum*)、马兰(*Iris iactea paii* var.)、龙胆(*Gentiana* sp.)、狼独(*Stellera chamaejasme* L.)、小杜鹃(*Rhododendron anthopogon*)、藏麻黄(*Ephedra gerardiana*)等 11 科 23 种,采样点海拔高度分布在 2900—5200 m 之间,样点的土壤类型包括了草甸土、巴嘎土、莎嘎土、高山漠土、暗棕壤、沼泽土、黑毡土、寒漠土、草毡土等西藏高原主要土类。样点的分布见表 1。

由于采样地点多属高寒荒漠环境,所采样品以草本植物为主,原则上取全样,因受到采样季节的限制未采集到带花、叶的样品,因此样品仅被分为地上、地下两部分。待分析的样品首先在实验室内利用自来水冲洗泥土,再在无离子水中浸泡半小时后取出置室温下阴干。风干样在 80℃ 温度下烘干两小时后利用不锈钢粉碎机粉碎。粉碎后的样品被装入一密封的塑料袋内待用。

表 1 西藏高原植物采样点分布表

Table 1 The sampling distribution form of plants sample on Xizang Plateau

序号 No.	植物名称 Name	拉丁名称 Latin name	采样地点 Location	海拔高度(m) Elevation(m)	土壤类型 Types of soil
1	劲直黄芪	<i>Astragalus striatus</i>	萨迦孜松	4000	草甸土
2	劲直黄芪	<i>Astragalus striatus</i>	定日定日	4450	巴嘎土
3	劲直黄芪	<i>Astragalus striatus</i>	堆农德加热	3900	巴嘎土
4	劲直黄芪	<i>Astragalus striatus</i>	日喀则德来	4000	巴嘎土
5	劲直黄芪	<i>Astragalus striatus</i>	谢通门吉丁	4050	巴嘎土
6	劲直黄芪	<i>Astragalus striatus</i>	定结加布拉	4360	巴嘎土
7	劲直黄芪	<i>Astragalus striatus</i>	昂仁多白	4400	巴嘎土
8	劲直黄芪	<i>Astragalus striatus</i>	康玛嘎拉	4775	巴嘎土
9	劲直黄芪	<i>Astragalus striatus</i>	拉孜彭措	3850	草甸土
10	萨迦锦鸡儿	<i>Caragana saja</i>	定日加布拉	5200	莎嘎土
11	棘豆	<i>Oxytropis</i> sp.	葛尔狮泉河	4450	高山漠土
12	康定嵩草	<i>Cobresia prattii</i>	亚东巴尼桑巴	3520	暗棕壤
13	高山嵩草	<i>Cobresia pygmea</i>	昂仁多白	4400	暗棕壤
14	矮生嵩草	<i>Cobresia humilis</i>	当雄纳木措	4760	草甸土

续表 1

序号 No.	植物名称 Name	拉丁名称 Latin name	采样地点 Location	海拔高度(米) Elevation	土壤类型 Types of soil
15	苔草	<i>Carex</i> sp.	吉隆邦久共马	4680	巴嘎土
16	苔草	<i>Carex</i> sp.	改则洞措	4350	莎嘎土
17	苔草	<i>Carex</i> sp.	日土龙木措	5250	莎嘎土
18	藏异燕麦	<i>Helictotrichon tibetium</i>	普兰	3850	巴嘎土
19	芨芨草	<i>Achnatherum splendens</i>	那曲东则	4450	沼泽土
20	芨芨草	<i>Achnatherum splendens</i>	当雄羊八井	4600	黑毡土
21	白草	<i>Pennisetum flaccidum</i>	仲巴吉拉	4750	莎嘎土
22	白草	<i>Pennisetum flaccidum</i>	革吉帮巴区	4570	草甸土
23	老芒麦	<i>Elymus sibiricus</i>	堆农德加热	3900	巴嘎土
24	丝颖针茅	<i>Stipa capillacea</i>	改则康陀西南	4240	莎嘎土
25	紫花针茅	<i>Stipa purpurea reseb</i>	吉隆沮措	4720	莎嘎土
26	普氏针茅	<i>Stipa przewalskyi</i>	札达	5300	寒漠土
27	丝颖针茅	<i>Stipa capillacea</i>	日土格补拉	4600	莎嘎土
28	普氏针茅	<i>Stipa przewalskyi</i>	仲巴帕布勒	4700	莎嘎土
29	普氏针茅	<i>Stipa przewalskyi</i>	萨加神欧拉山	4850	草毡土
30	普氏针茅	<i>Stipa przewalskyi</i>	昂仁卡嘎	4600	黑毡土
31	普氏针茅	<i>Stipa przewalskyi</i>	札达达巴	4600	巴嘎土
32	普氏针茅	<i>Stipa przewalskyi</i>	普兰	4720	莎嘎土
33	箭竹	<i>Sinarundinaria longissima</i>	亚东巴尼桑八	3520	暗棕壤
34	箭竹	<i>Sinarundinaria longissima</i>	聂拉木樟木	2900	暗棕壤
35	马兰	<i>Iris lactea</i> var. <i>chinensis</i> .	定日定日	4450	巴嘎土
36	马兰	<i>Iris lactea</i> var. <i>chinensis</i> .	江孜江热	4100	巴嘎土
37	龙胆	<i>Gentiana</i> sp.	普兰德子南	4700	莎嘎土
38	狼独	<i>Stellera chamaejasme</i>	日喀则德来	4000	巴嘎土
39	小杜鹃	<i>Rhododendron anthopogon</i>	吉隆买马	4500	莎嘎土
40	藏麻黄	<i>Ephedra gerardiana</i>	亚东聂您村	3850	黑毡土
41	紫苑	<i>Aster</i> sp.	萨葛路嘎	4600	莎嘎土
42	乔松	<i>Pinus griffithii</i>	吉隆吉隆	2900	棕壤
43	鳞毛蕨	<i>Dryopteris sino-fibriupsa</i>	吉隆吉隆	2900	棕壤

2 分析方法和分析质量控制

样品的分析项目包括 Al, As, Ba, Br, Ca, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cu, Eu, F, Fe, Hf, Hg, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Ta, Tb, Th, Ti, U, V, Zn 等 35 个元素,由于 Eu, Ta, Tb, Th 等 6 个元素分析结果精度不高,分析数据仅供参考。各元素的分析方法被列于表 2。

表 2 植物中若干元素的分析方法

Table 2 The analysis methods of various elements on plant samples

测定元素 The elements to be determined	分析方法 Analytical methods
Se	荧光分光光度计 Fluorescence spectrophotometer
Hg	冷原子吸收 Flameless ASS
F	离子选择电极,碱熔融 Ion selection electrode
Cd, Cu, Ni, Pb, Zn	火焰原子吸收 Flame AAS
Al, As, Ba, Br, Ca, Ce, Cl, Co, Cr, Eu, Fe, Hf, K, La, Mg, Mn, Na, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, Ti, U, V	仪器中子活化分析 Instrument neutron activity analysis

值得一提的是利用中子活化分析方法测定植物样品中微量元素的含量是一种快速、简便的方法,且分析灵敏度高,本文作者在加拿大多伦多大学化工系进修期间在 SLOWPOKE 实验反应堆^[3]上利用仪器中子活化法对本研究的样品作了分析,证明了这一点。有关分析方法作者已另文报道^[4]。

样品除作平行分析外,每批样品全部加入密码标样进行分析质量控制。本实验三次重复测量的精密度对于大多数元素好于 10%,分析的准确度由质控样品的测定结果(表 3)可以看出,标样中大多数元素的分析值在保证值的允许偏差范围(± 2 倍标准偏差以内),仅 Ti, U, V 准确度较低,其原因主要是由于这三个元素都属短照分析范围,对冷却时间的要求比较严格,考虑到大多数元素,本实验短测冷却时间选取 18—22 分钟,对于 Ti(半衰期为 5.79m),V(半衰期为 3.76m)则显得较长,使计数率降低,U 的半衰期虽为 23.5m,但 U 的特征峰能量为 74.7 keV,受高能康普顿干扰较大。

3 结果和讨论

3.1 西藏高原植物的元素背景值

根据样品的分析数据,以算术平均值表示植物的元素背景值。西藏高原植物地上与地下部分中 36 种元素的背景值列于表 4 中。为便于比较,全球植物中相同元素的平均含量也在表中同时列出^[5],由于尚缺乏 Ce, Eu, La, Sc, Sm, Tb 等稀土元素以及 Ta, Th, Rb, Hf, Cs 等元

素的全球平均值资料,因此在各自的栏目中给出了全球范围值^[6]。由表4可以看出:

(1)西藏高原植物中各元素的含量范围变化大,这从变异系数可看出。说明不同的植物科、属、种之间各元素的分布是不均匀的,这同资料报道的全球范围值类似。

表3 质控样品分析结果*

Table 3 The analysis results of quality control standard sample

元 素 Elements	标样分析值 Analysis value($\mu\text{g/g}$)		标样保证值 Recommended value($\mu\text{g/g}$)	
	含量 Contents	误差 Variations \pm	含量 Contents	误差 Variations \pm
Al(%)	0.036	0.007	0.032	0.011
As	11.05	0.18	10.7	1.2
Ba	61.2	16	43.0	5.0
Ca(%)	2.12	0.08	2.09	0.03
Cd	0.127	—	0.11	0.01
Ce	1.48	0.48	0.94	0.09
Cl	657	45	730	40.0
Co	0.24	0.04	0.16	0.04
Cr	3.27	0.96	2.5	0.5
Cu	12.2	—	12.0	1.0
F	6.02	—	3.9	0.5
Fe	0.29	0.04	0.284	0.028
Hg($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	87.0	—	80.0	2.0
K(%)	1.40	0.01	1.47	0.03
La	1.30	0.05	1.11	0.13
Mg	5843	319	6100	400
Mn	86.9	1.7	89.0	6.0
Na	84.0	13	88.0	14.0
Ni	1.55	—	1.3	0.2
Pb	40.5	—	45.0	3.0
Rb	11.7	1.6	11.3	0.9
Sb	2.39	0.09	2.9	0.3
Sc	078	0.004	0.061	0.014
Se($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	93.3	—	80.0	10.0
Sm	0.136	0.003	0.113	0.020
Ti	45.9	26	24.0	9.0
U	0.155	0.09	0.029	0.002
V	0.839	0.53	0.510	0.110
Zn	32.7	2.7	25.7	2.4

* 质控样除 Hg 采用 NBS SRM-1572 Citrus Leaves 外,均为 SRM-1571 Orchard Leaves 样。

* NBS SRM-1571 Orchard Leaves are used as quality control standard sample except for Hg which use NBS SRM-1572 Citrus Leaves.

表 4 西藏高原植物中 35 个元素的背景值(毫克/公斤干物质, 特别注明的除外)

Table 4 The background values of 35 elements in Xizang plants(mg/kg dw)

元 素 Elements	地上部分 Stems				地下部分 Roots				全球平均值 Average values of whole world
	样本量	平均值	标准差	变异系数	样本量	平均值	标准差	变异系数	
	N	X	S	CV, %	N	X	S	CV, %	
Al(%)	39	0.209	0.176	84	25	0.175	0.157	90	0.05
As	35	0.97	0.77	79	22	1.330	1.588	119	0.2
Ba	27	52.03	32.41	62	12	48.46	23.82	49	14
Br	33	3.16	2.41	76	23	2.73	2.14	79	15
Ca(%)	40	0.845	0.484	57	25	0.732	0.525	72	1.8
Cd	40	0.035	0.032	91	27	0.055	0.06	109	0.6
Ce	31	7.76	5.57	74	18	6.35	5.11	80	0.01—0.05
Cl	39	1515	1913	126	24	478.1	511.2	107	2000
Co	35	1.08	0.63	58	21	0.95	0.61	64	0.5
Cr	35	30.95	21.98	71	21	21.96	18.34	84	0.23
Cs	35	0.493	0.627	126	21	0.485	0.478	99	<0.001—0.003
Cu	43	7.77	9.70	125	26	6.19	4.03	65	14
Eu	30	0.046	0.019	41	15	0.066	0.024	39	<0.005—0.07
F	31	10.26	6.44	63	11	9.27	5.55	60	40
Fe(%)	35	0.134	0.103	77	21	0.113	0.096	85	0.014
Hf	31	0.135	0.098	72	16	0.174	0.150	86	—
Hg($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	37	21.77	17.82	82	13	15.33	5.32	35	15
K(%)	37	0.994	0.755	76	23	0.589	0.574	97	1.4
La	37	2.13	1.68	79	23	1.52	1.90	125	0.05—2
Mg	40	2092	1360	65	25	1158	598	52	3200
Mn	40	76.21	55.78	73	25	56.74	43.60	77	630
Na	40	827.3	900.3	109	25	883.3	834.5	94	1200
Ni	42	10.12	6.20	61	24	7.81	5.46	70	3
Pb	41	0.347	0.183	53	24	0.46	0.39	85	2.7
Rb	34	15.62	9.97	64	20	10.8	4.5	42	0.5—20
Sb	34	0.493	0.256	52	16	0.774	0.441	57	0.06
Sc	35	0.371	0.297	93	20	0.32	0.27	85	0.00001—0.2
Se($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	38	111.5	93.6	84	14	86.3	85.9	99	200
Sm	35	0.306	0.239	78	23	0.247	0.214	87	0.01—0.1
Ta	11	0.147	0.081	55	9	0.207	0.084	41	—
Tb	15	0.022	0.015	68	6	0.021	0.005	23	0.001
Th	35	0.437	0.329	75	19	0.579	1.024	177	<0.008—0.2
Ti	40	213.4	134.9	63	24	173.7	136.1	78	1

续表 4

元 素 Elements	地上部分 Stems				地下部分 Roots				全球平均值 Average values of whole world
	样本量	平均值	标准差	变异系数	样本量	平均值	标准差	变异系数	
	N	\bar{X}	S	CV, %	N	\bar{X}	S	CV, %	
U	39	0.73	0.77	105	23	0.95	1.00	106	0.038
V	39	2.99	2.30	77	24	2.36	1.80	76	1.6
Zn	43	20.39	13.87	68	26	14.85	5.32	36	100

表 5 西藏高原植物不同科间营养元素、非必需元素的含量(毫克/公斤干物质,特别注明的除外)

Table 5 The Elements content of different families plants (mg/kg dw)

元 素 Elements	平均含量 Average content \bar{X}	平均含量 Average content \bar{X}			
		豆 科 Leguminosae	莎草科 Cyperaceae	禾本科 Gramineae	鸢尾科 Iridaceae
营养元素 Nutrition elements	Ca(%)	1.22	0.722	0.48	2.10
	Mg	3336	2613	1241	1250
	Fe(%)	0.089	0.144	0.151	0.059
	Zn	21.1	32.9	14.5	20.4
	Cu	14.8	9.1	4.29	5.25
非必需元素 Nonessential elements	Pb	0.42	0.58	0.32	0.34
	Cr	13.75	24.40	42.66	41.99
	Ni	8.28	10.92	12.08	11.33
	Cd	0.041	0.160	0.022	0.083
	As	0.65	1.07	1.16	0.47
	Hg($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	21.40	28.23	22.49	19.2

(2)构成西藏植物的元素中,营养元素 Ca, Mg, Fe, Zn, Cu 除 Fe 高于全球平均值约 10 倍外,其余均低于全球平均值,Ca, Cu, Mg 约一倍,Zn 约低 3—4 倍,从本研究涉及的元素来看,本区植物的营养水平较低,有营养元素的亏缺现象。

(3)非必需微量元素含量差别较大,与全球平均水平比较,Cd 低 10 倍左右,Pb 低 6—7 倍,而 As, Cr, Ni, Hg 偏高,特别 Cr 高出全球平均值一百多倍。究其原因,Cd, Pb 含量低除因本区受人为污染少外,也与本研究样品多属于 Cd, Pb 的低背景区有关;其余含量高的元素是否为植物富集,尚有待进一步研究。

(4)和全球平均含量比较,参考西藏土壤元素含量⁷⁾与世界土壤平均值比较结果,我们发现西藏植物中 Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Pb, As 等大部分元素的含量分布均与其生长地的土壤环境密切相关,Al, Ti, Ba 的含量高因没有发现其在西藏土壤中地球化学异常,是否为植物富集有待研究。

(5)如将西藏植物地上部分与地下部分元素含量的比值加以分析不难看出:除 As, Cd, Eu, Hf, Na, Pb, Sb, Ta, Th, U 小于 1 外,其余均大于 1,说明本区植物的地上部分元素含量

较根系丰富,与针叶植物元素分布的结果类似^[6],这是本区植物的一个特点。

3.2 不同科植物间营养元素、非必需元素含量的比较

表 5 列出了西藏植物几种主要科间营养元素与非必需元素的含量,由表 5 可以看出:

(1),营养元素 Mg,Cu 含量以豆科植物为最高,其次为莎草科>鸢尾科>禾本科,其它三个营养元素含量的大小顺序为,Ca:鸢尾科>豆科>莎草科>禾本科;Fe:禾本科>莎草科>豆科>鸢尾科;Zn:莎草科>豆科>鸢尾科>禾本科。不同种之间的差异较为明显,在 2—5 倍间不等,Ca 的差异最大,Zn 最小。

(2),和营养元素比较,非必需元素不同种之间除 Cd 的差别较大(约 7 倍)外,其它元素含量没有发现明显差异。

参 考 文 献

- 1 J J 康纳,H T 沙克立特. 美国大陆某些岩石、土壤、植物及蔬菜的地球化学背景值. 北京:科学出版社,1980
- 2 莫大伦等. 海南岛植物元素背景值的初步研究. 农业环境保护,1987;6(2):5—10,1987
- 3 Ronald E. Kay et al., SLOWPOKE: A New Low-Cost Laboratory Reactor. International Journal of Applied Radiation and Isotopes, 24:509—518,
- 4 刘普灵等. 利用 SLOWPOKE 实验反应堆分析西藏植物样品中的微量元素,第六届全国活化分析会议暨首届全球华人核分析化学会议论文集,1993
- 5 Bowen H J M. Trace Elements in Biochemistry; Academic Press, London. 1966:241,
- 6 H J M 鲍恩,元素的环境化学. 北京:科学出版社,1985, 71
- 7 成延整,田均良主编. 西藏土壤元素背景值及其分布特征. 北京:科学出版社,1993, 134
- 8 植物生态学译丛(第一集),北京:科学出版社, 1974