

文章编号: 1006 - 446X (2005) 04 - 0045 - 04

青海达坂山地区高山植物中重金属元素分布特征

韩友吉^{1,2} 李天才¹ 陈桂琛¹ 周国英^{1,2} 宋文珠¹ 李锦萍^{1,2}

(1. 中科院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001

2. 中科院研究生院, 北京 100039)

摘要: 分析了青海达坂山地区 16 种高山植物重金属元素含量。结果表明, 9 种重金属元素中 Cr、Ni、Co 3 种含量高于陆生植物的正常含量值; Hg 含量极少, 在检测限以下; 其余 5 种含量正常; 同种元素含量种间差异不大, 不同植物对于同种元素的累积比较均一, 各种植物对 As、Se、Sb 3 种元素的富集能力高于其它元素; 植物中 Co 与 Cr、Sb; Pb 与 Cd 之间有很好的协同作用, 而 Se 与 Co、Cd、Sb 有明显的拮抗作用。相关分析的结果表明, 植物对重金属元素的吸收受土壤元素含量的影响。

关键词: 高山植物; 累积特征; 重金属元素

中图分类号: X 53 **文献标识码:** A

达坂山属祁连山脉东段的南支脉, 北与冷龙岭隔门源断陷谷地遥遥相望。该山由一系列褶皱断块山地组成, 海拔 3 000 ~ 4 200 m。该区域属于高山冰缘区, 地下发育着多年冻土, 海拔 3 600 m 以上年均温低于 0℃, 这里冰雪侵蚀和寒冻风化作用强烈, 土壤基质贫瘠。发育的植被在海拔梯度上依次分布有流石滩稀疏植被、高山草甸和高山灌丛。区域内植物种类独特, 对于霜冻、干燥、强风、低氧、强辐射的高寒环境都能很好适应。因此, 研究高山植物矿质元素代谢的独特性和高寒环境条件下元素累积对于极端逆境条件的响应, 进而研究高山植物对于高寒环境的适应有十分重要的意义。

1 研究方法

1.1 实验材料

采样点选在宁张公路越岭垭口附近, 地理范围: N: 37°20'31.8" ~ 37°19'4.8", E: 101°24'1.9" ~ 101°24'48.8", ALT: 3 500 ~ 3 900 m。采集样品时, 共选择植物 16 种, 在流石滩中有: 珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*)、甘肃雪灵芝 (*Arenaria kansuensis*)、唐古特红景天 (*Rhodiola algida*)、簇生繁缕 (*Stellaria pulvinata*); 高山草甸中有: 长梗喉毛花 (*Comastoma pekunculatum*)、紫菀 (*Aster ageratoides*)、天山千里光 (*Senecio thianschanicus*)、白颖苔草 (*Carex duriuscula*)、冷地早熟禾 (*Poa crymophilac*)、藏嵩草 (*Kobresia schoenodites*)、线叶嵩草 (*Kobresia capillifolia*)、五脉绿绒蒿 (*Meconopsis quintuplinervia*)、火绒草 (*Leontopodium leontopodioides*); 高山灌丛中有: 金露梅

基金项目: 国家中西部专项基金资助项目 (K99 - 05 - 11)

通讯作者: 陈桂琛, E-mail: gcchen@nwipb.ac.cn

收稿日期: 2004 - 03 - 09

(*Potentilla varfruticosa*)、山生柳 (*Salix oritrepha*)、鬼箭锦鸡儿 (*Caragana jubata*)。另外采集研究区内十个样点的土样,混和均匀,干燥后待处理。

1.2 分析仪器

TAS - 986 原子吸收分光光度计 (北京普析通用公司生产), WHG - 102A 型流动注射氢化物发生器 (北京皓天晖贸有限公司生产)。

1.3 样品处理

然后将采集的植物样品置于干燥通风处自然风干,并分别用自来水、去离子水冲洗,去除泥沙、粉尘等污染物,置室内自然阴干,与土壤样品一起于 60 °C 下烘干后用玛瑙粉碎机粉碎,装袋,置干燥器中,备用。准确称取样品 1.000 g 于瓷坩埚中,放入马弗炉内,从低温升至 500 °C,灰化 3~4 h,冷却后,加入 1 mol/L HNO₃ 4 mL,在低温电热板上加热溶解灰分,移入 50 mL 容量瓶,用去离子水定容,摇匀。用 TAS - 986 原子吸收分光光度计测定 16 种植物的 Co、Ni、Cr、Cd 元素的含量;用 WHG - 102A 型流动注射氢化物发生器测定 Hg、As、Pb、Sb、Se 元素的含量,均采用标准曲线法,样品回收率为 98.3%~102.5%。

2 结果与讨论

2.1 元素含量特征

见表 1。

表 1 16 种植物的各个元素含量统计

单位: $\mu\text{g/g}$

元素 Element	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Mean	SD	CV	最大值 Maximum	最小值 Minimum	A_x
Cr	17.800	26.240	22.570	2.893	0.128	1.474	0.134	0.134
Ni	4.402	11.090	7.072	1.847	0.261	2.519	0.044	0.044
Co	2.228	5.848	3.840	1.091	0.284	2.625	0.039	0.039
Cd	0.719	1.521	0.932	0.235	0.252	2.115	0.052	0.052
Sb	0.618	0.966	0.761	0.095	0.125	1.563	0.260	0.260
Pb	0.245	0.842	0.462	0.184	0.398	3.437	0.083	0.083
As	—	0.570	0.256	0.136	0.531	—	0.384	0.384
Se	0.140	0.183	0.159	0.016	0.101	1.307	0.355	0.355

注: —表示含量极低,未检出。

2.1.1 元素含量水平 本区域中 16 种高山植物 8 种重金属元素 (由于 Hg 含量极少,在检出限以下,在以后的分析中不予讨论)的含量统计结果见表 1。由表 1 可见,各元素间含量平均值的差异很大,最大的是 Cr,达到 22.579 $\mu\text{g/g}$,8 种元素含量从大到小顺序为: Cr, Ni, Co, Cd, Sb, Pb, As, Se。其中 Cr、Ni、Co 含量均大于 1 $\mu\text{g/g}$,高于普通陆生植物的自然含量,其余的 4 种元素含量与普通陆生植物相应元素含量相当^[1,2]。

表 1 中 A_x 是元素的吸收系数,是每种元素的平均含量与土壤中该元素含量的比值,在一定程度上反映植物对元素的吸收能力,通过对于 A_x 的排序,可以看出研究区内植物对于重金属元素的吸收能力由大到小顺序是: As, Se, Sb, Cr, Pb, Cd, Ni, Co, 其中区域内植物对于 As、Se、Sb 的富集能力明显大于其余 5 种元素。

2.1.2 元素含量的变异特征 种间同种元素的含量变化不是很大,物种对于 8 种重金属元素的

累积较为均一。从变异系数和含量最高最低相差倍数来看, 种间变异最大的是 Pb 元素, 含量从金露梅的 0.245 $\mu\text{g/g}$ 到珠芽蓼的 0.842 $\mu\text{g/g}$, 相差 3.437 倍; 变异系数 0.398。元素含量最高最低相差倍数大于 2 的是 Ni、Co、Cd, 倍数介于 1~2 之间的是 Cr、Sb、Se, 变异最小的元素是 Se 元素, 含量最高最低相差倍数只有 1.307, 变异系数是 0.101, 各个物种对于 Se 元素的累积比较均一, 种间差别不大^[3]。

山生柳的 As 元素含量最小, 在检测限以下, 具体的变异系数无法准确算出。

2.2 植物中元素含量之间的相关分析

见表 2。

表 2 元素之间的相关关系

元素 Element	Co	Ni	Cr	Cd	As	Pb	Sb	Se
Co								
Ni	0.429							
Cr	0.519 *	0.477						
Cd	0.418	0.020	- 0.226					
As	- 0.140	0.116	0.235	- 0.477				
Pb	- 0.324	- 0.119	- 0.392	0.510 *	- 0.473			
Sb	0.788 **	0.167	0.306	0.289	- 0.420	- 0.291		
Se	- 0.547 *	0.255	- 0.052	- 0.603 *	0.380	- 0.111	- 0.697 **	

注: *在 0.05 水平上显著相关; **在 0.01 水平上极显著相关。

各元素之间的相关关系见表 2, 其中显著正相关的有 Co 与 Cr、Pb 与 Cd, 而且 Co 与 Sb 达到极显著的程度; 显著负相关的是 Se 与 Co、Se 与 Cd, Se 与 Sb 达到极显著的程度。这些结果表明, 植物对于 Co 与 Cr、Sb 和 Pb 与 Cd 的吸收有很好的协同作用, 而 Se 与 Co、Cd、Sb 有明显的拮抗作用。As 和 Ni 的累积与其它的元素没有显著相关关系。

2.3 植物中重金属元素含量与土壤中重金属元素含量的关系

见表 3。

表 3 植物中重金属元素含量平均值与土壤中重金属元素含量及其相关关系 单位: $\mu\text{g/g}$

	Co	Ni	Cr	Cd	As	Pb	Sb	Se	相关系数
植物	3.840	7.072	22.570	0.932	0.256	0.462	0.761	0.159	0.827 *
土样	96.000	156.600	164.900	17.500	0.713	5.693	2.882	0.450	

*在 0.05 水平上显著相关。

植物体内的化学成分和含量水平高低主要源于土壤中元素的总量, 更主要决定于土壤元素的有效动态含量。因而植物体内营养组分的含量在一定程度上与土壤养分、背景水平和种属的生理特点关系密切^[4]。表 3 显示了土壤和植物体中 8 种重金属元素含量的平均值, 通过两组数据的相关分析, 计算 $r=0.827$, 在 0.05 水平上是显著正相关的, 此结果说明 16 种高山植物体内的重金属元素的积累与土壤中元素含量的背景有密切的关系, 受土壤中重金属元素含量状况的影响。

参考文献:

- [1] 候学煜. 中国植被地理及优势植物化学成分 [M]. 北京: 科学出版社, 1982. 1.
- [2] 多布罗沃斯基 B B, 著. 朱颜明, 译. 微量元素地理学 [M]. 北京: 科学出版社, 1987. 1.
- [3] 安黎哲, 刘艳红, 冯虎元, 等. 乌鲁木齐河源区高寒冰缘植物化学元素的含量特征 [J]. 西北植物学报, 2000, 20 (6): 1053~1059.
- [4] 何和明, 吴生. 海南岛西南地区某些药用植物微量元素的生物吸收和含量变化 [J]. 中国野生植物资源, 17 (4): 23~27.

Analysis on Heavy Metal Element Accumulation in Periglacial Plant in Qinghai Daban Mountain Area

HAN You - ji^{1,2}, LI Tian - cai¹, CHEN Gui - chen¹,
ZHOU Guo - ying¹, SONG Wen - zhu¹, LI Jin - ping¹

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The content of heavy metal element of 16 species periglacial plant in Qinghai Daban mountain area was analyzed. The results show that the content of Cr, Ni, Co in periglacial plants is higher than common terrestrial plant, Hg is too exiguous to be examined, other 5 heavy metal element content is normal, the variation of same element content among different species is not very larger, different plants absorb approximately equal quantity of the same element, but the periglacial plants have much higher capability of absorbing As, Se, Sb from the soil. The absorption of Co can co-operate with the absorption of Cr, Sb; Pb can co-operate with Cd; Se counterworks with Co, Cd, Sb. The correlate analysis shows that heavy metal element accumulation in periglacial plants is influenced by the heavy metal element content in soil.

Key words: periglacial plant; element accumulation; heavy metal element