

文章编号: 1006-446X (2008) 08-0057-05

祁连山中部冰缘植物必需元素含量分析

韩友吉^{1,2} 李天才¹ 周国英^{1,2} 李锦萍¹ 宋文珠¹ 陈桂琛¹(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 100049; 3. 青海师范大学,)

摘 要: 分析了祁连山中部冰缘区 16 种高山植物 9 种必需元素含量。结果表明, 研究区域内的植物与一般的陆生植物相比大量富集 Ca 和 Fe, 但是 K, Mg, Cu 含量小于陆生植物元素含量平均值, 而 Na、P、Mn、Zn 与陆生植物元素含量平均值相当, 这与土壤中相应元素的含量关系不大, 主要是植物生命活动过程中主动吸收的。

关键词: 高山植物; 元素含量; 必需元素; 冰缘区

中图分类号: O 657.31 **文献标识码:** A

“冰缘”(periglacial)术语最初被提出时,是用来描述晚更新世大冰原周边环境的气候和地形地貌条件^[1]。随着人们对冰缘区的认识,对这个术语的定义经历了多次的修正,到目前为止,冰缘区被概括成了由气候条件造成的严重霜冻作用主导的地貌形成过程的环境区域^[2]。全球范围内,南北两极和高山高原地区都属于冰缘区,年均温度一般在 0℃左右,区域内常常有永久冻土或者季节冻土的存在。

研究区位于祁连山中东部的达坂山,该区域属于高山冰缘区,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 ~ 4 000 m。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,土壤发育处于初期阶段,土地十分贫瘠。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。区域内气候条件十分恶劣,常年低温、霜冻、干燥、强风、低氧、强辐射都对该区域植物造成严重的生存威胁,冰缘区植物在长期的进化过程中不仅要耐受贫瘠的土壤条件,还要与严酷的气候条件作斗争,因此生存下来的植物种类非常独特,其形态、生理特征和繁殖方式对于严酷的高寒环境都能很好的适应^[3-6]。因此,研究高山植物矿质元素含量和高寒环境条件下对元素的吸收,对于认识高山植物矿质元素代谢的独特性和对极端环境条件的适应有十分重要的意义。

1 研究方法

1.1 实验材料

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 pekunculatatum*)、紫菀 (*Aster ageratoides*)、天山千里光 (*Senecio thianschanicus*)、白颖苔草 (*Carex duriuscula*)、冷地早熟禾 (*Poa crymophila*)、藏嵩草

收稿日期: 2008-05-26

通讯作者: 陈桂琛, E-mail: gcchen@nwipb.ac.cn

(*Kobresia schoenoides*)、线叶嵩草 (*Kobresia capillifolia*)、五脉绿绒蒿 (*Meconopsis quintuplinervia*)、火绒草 (*Leontopodium leontopodioides*)；高山灌丛中分别是：金露梅 (*Potentilla fruticosa*)、山生柳 (*Salix oritrepha*)、鬼箭锦鸡儿 (*Caragana jubata*)。另在采集每种植物的地点采集土样，混和均匀，干燥后待处理。

1.2 分析仪器与工作条件

Ca、Fe、K、Mg、Cu、Na、Mn、Zn 元素用 TAS-986 型原子吸收分光光度计 (北京普析通用公司生产) 火焰原子吸收法测定，工作条件如表 1。P 元素采用钒钼磷酸比色法测定，721 型可见光分光光度计测定。

表 1 TAS-986 型火焰原子吸收分光光度计工作条件

Table 1 TAS-986 Flame atomic absorption spectrophotometry working conditions

元 素	波长/nm	狭缝/nm	灯电流/mA
K	766.5	0.4	1
Na	589.0	0.4	1
Ca	422.7	0.4	2
Mg	285.2	0.4	1
Fe	248.3	0.2	2
Cu	324.7	0.4	2
Mn	279.5	0.4	2
Zn	213.9	0.4	

1.3 试 剂

硝酸 (AR)，盐酸 (AR)，高氯酸 (AR)，硼氢化钾 (AR)，5% 钼酸铵 (AR) 溶液，20% 亚硫酸钠 (AR)，对苯二酚 (AR)。

1.4 样品处理

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℃ 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℃，灰化 3~4 h，冷却后，加入 1:1 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，备用。

2 结果与讨论

2.1 含量特征

2.1.1 含量水平 从所测量的 9 种必需元素 (表 2) 中可以看出，Ca 在研究区内高山植物中含量最高，远远超过其它的元素，最小的是 Cu，含量平均值由高到低的顺序是：Ca，P，Na，Fe，Mg，K，Mn，Zn，Cu，其中 Ca 和 P 含量远远超过陆生植物含量平均值^[7-8]，这与乌鲁木齐河源区的研究结果相同^[9]；Mn、Zn、Cu 小于陆生植物元素含量平均值，而 Na、P、Ca、Mg 4 种元素跟陆生植物元素含量平均值相当，植物不同元素含量分布的差异性跟外界的环境条件、土壤的元

素含量背景特征、植物自身的生理特性有很大的关系。 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。从表 2 中可以看出, Ca 和 P 的吸收系数非常高, 比其它 7 种元素高出一到两个数量级, 区域内高山植物强烈的吸收 Ca 和 P。其它的 7 种元素吸收系数相互之间差别不大, 植物对于它们的吸收远不如对 Ca 和 P 的吸收能力强。见表 2。

表 2 16 种植物的 9 种必需元素元素含量

Table 2 The content of 9 essential elements in 16 periglacial plants 单位: 10^{-6}

元 素	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	SD	CV	最大值/最小值 Max/Min	A_x	陆生植物平均值 Common
K	110.200	136.200	124.519	7.398	0.059	1.236	0.169	3 000
Na	422.100	1 936.000	1 007.119	487.266	0.484	4.587	0.158	1 000
Ca	2 264.000	10 997.000	7 486.375	2 540.226	0.339	4.857	31.258	5 000
Mg	384.600	542.700	491.213	46.109	0.094	1.411	0.314	5 000
P	491.600	2 371.000	1 091.006	514.095	0.471	4.823	4.527	1 000
Fe	288.000	647.100	523.031	103.013	0.197	2.247	0.147	200
Cu	3.121	19.190	10.733	4.631	0.431	6.149	0.280	20
Mn	36.310	284.200	109.881	64.791	0.590	7.827	0.118	100
Zn	15.760	162.900	55.541	33.731	0.607	10.336	0.252	50

注: Common 代表陆生植物元素含量平均值

2.1.2 变异特征 从变异系数 (CV) 和最大最小值的比率 (Max/Min) 来看, Zn, Mn, Cu, P, Ca, Na 在不同种植物之间的含量差异比较大, 不同的植物之间对于同种元素元素的吸收是不一样的, 此 6 种元素在植物体内的累积的不均衡性跟植物自身的生物学特性有很大的关系。K, Mg, Fe 3 种元素的变异系数和最大最小比值比较小, 此 3 种元素的含量在各个物种之间有良好的相似性。

2.2 元素含量之间的相关关系

表 3 显示了 9 种必需元素之间的相关性, 其中 Fe 与 Mg 达到了极显著的正相关关系, Mn 与 Fe、Mg 之间是显著正相关, K, Na, Ca, P, Cu, Zn 则与其它的元素之间没有达到显著相关, 植物对于此 6 种元素的吸收与其它的元素的吸收相关关系不明显。

表 3 元素之间的相关关系

Table 3 Correlation coefficient between 9 essential elements

	K	Na	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn
K	—							
Na	-0.275							
Ca	-0.101	-0.142						
Mg	-0.204	-0.180	0.335					
P	-0.143	0.426	-0.005	0.446				
Fe	-0.187	-0.375	0.129	0.887 **	0.112			
Cu	0.006	0.114	0.086	0.433	-0.026	0.496		
Mn	-0.383	-0.220	0.252	0.519 *	0.107	0.510 *	0.134	
Zn	-0.055	0.235	0.421	-0.263	0.093	-0.470	0.013	-0.301

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

2.3 聚类分析

等级聚类分析（图 1）显示了 16 种植物之间 9 种元素含量在总体上的相似程度，物种之间必需元素含量的关系十分复杂，首先高山流石滩、高山草甸，高山灌丛各个物种彼此交错，互相包含，没有形成清晰分明的 3 个类群，生长于高山流石滩上的唐古特红景天、珠芽蓼、甘肃蚤缀元素含量十分相近，但跟簇生繁缕相差较远。高山灌丛中的灌木山生柳、鬼箭锦鸡尔、金露梅三者元素含量相差都很大。高山草甸中的各个物种聚类距离就更加复杂，没有形成单独的一个聚类群，说明相同植被型之内的植物对于必需元素的吸收差异很大。同属于菊科的紫菀、天山千里光、火绒草必需元素含量总体相差都较大；莎草科的白颖苔草、藏嵩草十分相似，但跟线叶嵩草相差较大，说明高山植物亲缘关系的远近程度跟高山植物必需元素的相似度之间没有明显的关联。

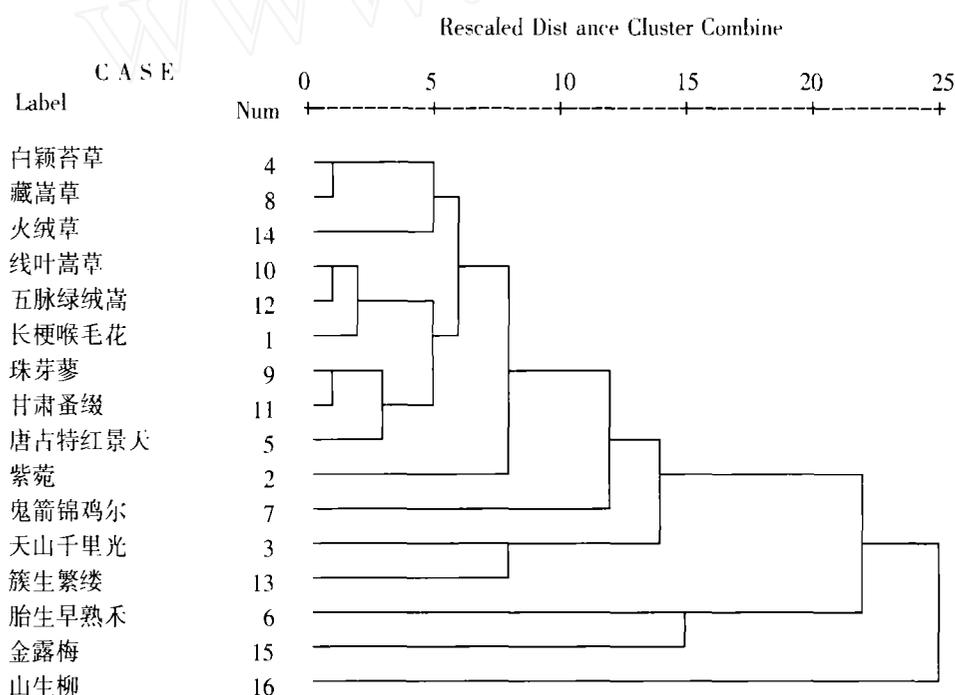


图 1 16 种冰缘植物元素含量聚类图

Fig 1 Cluster analysis dendrogram of 16 periglacial plants essential elements

2.4 植物元素含量与土壤元素含量之间的关系

运用 SPSS 中的 correlate - bivariate 进行相关分析，单尾检验结果（表 3）相关系数是 -0.125， t 值是 $0.07 > 0.05$ ，接受零假设，两者没有达到显著相关水平，所以植物体中的 9 种元素含量跟土壤中 9 种元素之间没有显著相关关系。必需元素跟植物体的生理代谢有直接的关系，植物对于必需元素的吸收与自身的生理生命活动有很大的关系，土壤元素含量背景值不是影响植物吸收必需元素的主导因素。见表 4。

表 4 植物中必需元素含量平均值与土壤中元素含量的相关关系

Table 4 Correlation between plant essential elements and soil elements

单位: 10^{-6}

	K	Na	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Mn	Zn	相关系数	t 值
植物	1 726.5	1 346.9	474.2	0.4	4.632	2 120.1	488.2	5.3	1 648.3	-0.125	0.07
土样	735.1	6 394.0	239.5	1 565.0	241.0	3 559.0	38.3	929.3	220.1		

注: 以上为元素含量平均值。

参考文献:

- [1] LOZINSKI W. "Die periglaziale fazies der mechanischen verwitterung" comptes rendus, XI Congres Internationale geologie [J]. Stockholm, 1912, 10 (19): 1039 - 1053.
- [2] FRENCH H M. The Periglacial Environment [M]. London: Longman, 1976.
- [3] 秦志业, 谢文中. 藏北土门垫状植物的形态与生态观察 [J], 植物学报, 1980, 22: 177 - 181.
- [4] 王为义, 黄荣福. 最密集型垫状植物解剖特征及其与生态环境关系的分析 [J]. 高原生物学集刊, 1991, 10: 27 - 376.
- [5] 张树源, 白雪芳, 马章英. 三种垫状植物的基础抗寒生理比较 [J]. 高原生物学集刊, 1987, 6: 165 - 169.
- [6] 安黎哲, 刘艳红, 冯国宁, 等. 乌鲁木齐河源区高寒冰缘植被的生态特征研究 [J]. 西北植物学报, 2000, 20 (1): 98 - 105.
- [7] 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.
- [8] 多布罗夫斯基 B B. 微量元素地理学 [M]. 朱颜明, 译. 北京: 科学出版社, 1987.
- [9] 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.

Analysis of Essential Elements Content in Periglacial Plant in Middle Region of Qilian Mountain

HAN Youji^{1,2}, LI Tiancai¹, ZHOU Guoying^{1,2}, LI Jinping¹, SONG Wenzhu¹, CHEN Guichen¹

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

2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The content of 9 essential elements of 16 species periglacial plant in in middle region of Qilian mountain was analyzed. The results show that the content of Ca, Fe in periglacial plants is much higher than common terrestrial plants content; but K, Mg, Cu content in periglacial plants is lower higher than common terrestrial plants content; other 4 elements Na, P, Mn, Zn content is normal. The correlation analysis shows that essential element accumulation in periglacial plants is not significantly related with elements contents in soil.

Key words: alpine plant; essential element; element content; periglacial zone