

南极乔治王岛上一些植物的 同步辐射 X 射线荧光分析

巨新¹ 沈显生² 康士秀³ 吴自勤³ 孙立广²

张莉² 尹雪斌² 黄宇营¹

1(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

2(中国科学技术大学极地环境研究室 合肥 230026)

3(中国科学技术大学天文与应用物理系 合肥 230026)

摘要 用同步辐射 X 射线荧光分析方法, 在无标准样品的条件下, 对南极乔治王岛苔藓、藻类及地衣植物的元素吸收和分布规律及特点进行了研究. 发现不同植物种类对元素的吸收能力不同; 同一种植物中不同器官的分布也不同, 这十分有助于了解利用植物对南极环境检测的能力, 并对其初步筛选.

关键词 南极 XRF

1 引言

众所周知, 同步辐射 X 射线荧光分析方法具有灵敏度高、准直性好、能谱范围宽、检测限高、本底低和样品损伤小等优点, 可快速分析样品的元素分布和相对含量, 十分有利于大量广泛普查和筛选, 如果可获得合适的标准样品, 还可进行元素含量的绝对测量^[1-3]. 随着我国海洋科学考察能力的提高, 南极中山和长城两站的建立, 极地研究在我国取得了很大的发展, 系统地研究南极植物种类(如苔藓、藻类及地衣等)对环境中元素的吸收和分布规律及特点, 探讨它们在南极环境检测中的作用具有重要的科学和社会意义. 在北京同步辐射装置(BSRF)上利用同步辐射 X 射线荧光分析方法对上述植物的多个样品进行了无标样元素分析, 本文给出了一些具有代表性的结果.

2 样品处理和实验方法

实验测量研究的苔藓、藻类及地衣植物标本是作者之一于 2000 年 2 月采自南极乔治王岛海滨及陆地, 其中苔藓植物干标本用蒸馏水洗 2 次, 去除表面浮尘, 然后放入 50°C

烘箱内 24h, 充分干燥, 其余标本自然干燥, 未经任何处理. 经初步鉴定, 6 种苔藓标本分属 6 科: 黑藓科(*Andreaea regularis*)1 种, 真藓科(*Bryum muehlenbeckii*)1 种, 柳叶藓科(*Drepanocladus uncinatus*)1 种, 青藓科(*Brachythecium subpilosum*)1 种, 丛藓科 (*Tortula saxiola*)1 种和牛毛藓科(*Ditrichum austro-georgicum*)1 种; 藻类标本 3 种: 鞘丝藻(蓝藻门, *Lyngbya* sp.)、孔石藻(绿藻门, *Ulva pertusa*)和海膜(红藻门, *Halymenia* sp.); 地衣门植物 3 种: 喇叭石蕊(*Cladonia* sp.)、筛石蕊(*C. aggregata*)和松笋(*Usnea* sp.).

XRF 实验在北京同步辐射装置 4W1A 上的荧光站上进行^[4]. 束流能量为 2.2GeV, 流强为 60—100mA, 白光, 用狭缝控制光斑尺寸, 一般固定在 50 μ m \times 50 μ m, Si(Li)探测器, 液氮温度下工作, 在所探测元素范围内能量分辨为 150—350eV, 样品-探测器间距离由死时间调节, 一般控制在 10%—25%, 大约 10cm. 均为多点多谱测量, 文中所示图则为单点单一谱.

3 结果与讨论

3.1 苔藓植物^[5]

图 1 和 2 显示了 *Tortula saxiola* 和 *Bryum muehlenbeckii* 的同一植株叶和茎的谱. 可以看出, *Tortula saxiola* 叶片和茎具有相似的谱形, 都含有 K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Cu, Rb 和 Sr, Ar 是空气中成份, 与样品本身无关. 同一植株的叶和茎没有明显的元素富集差异, 但叶片只有一层细胞, 只在中肋有多层细胞, 其相对强度远低于茎, 而茎由表皮、皮层和中轴组成, 使得茎的检测体积远大于叶片, 相对强度增加. 值得注意的是 *Bryum muehlenbeckii* 的叶片中 K/Ca>1, 而茎则相反, 这表明该种植物的不同部位有可能对某种元素进行选择吸收和富集的能力. 其他样品则与 *Tortula saxiola* 的趋势相似.

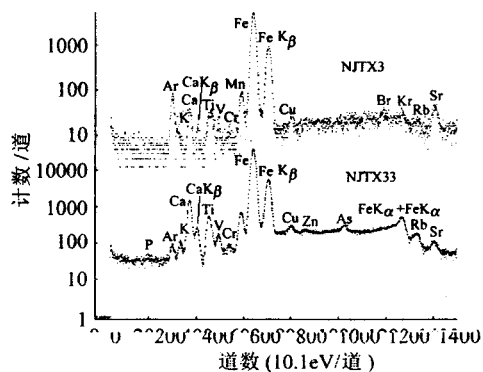


图 1 *Tortula saxiola* 叶和茎的 XRF 谱
NJTX3: 叶, 68.9mA; NJTX33: 茎, 67.4mA.

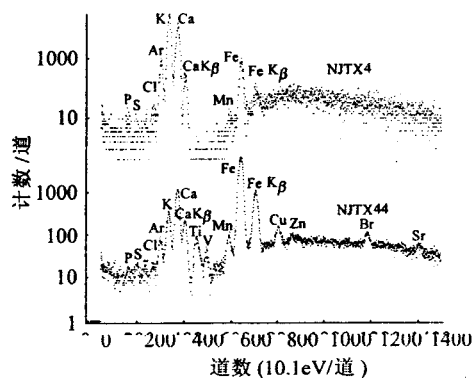


图 2 *Bryum muehlenbeckii* 叶和茎的 XRF 谱
NJTX4: 叶, 66.9mA; NJTX44: 茎, 66.0mA.

图 3 显示了其余 4 种苔藓的叶片谱. 结果表明: 不同植株具有显著不同的元素选择性吸收和富集的能力. 仍以 K/Ca 比为例, 在 *Drepanocladus uncinatus* 中, K/Ca 比最低; 在 *Andreaea regularis* 中, K/Ca 比增加; 在 *Brachythecium subpilosum* 中, 则 $K/Ca > 1$; 在 *Ditrichum austro-georgicum* 中, K/Ca 比最大. 对于 Zn, 在 *Andreaea regularis* 中未被测量到, 其余 3 种也有相对强度的差异. 此外, K/Fe 和 Ca/Fe 比也有差异, 例如: 对于 *Brachythecium subpilosum*, 这两种比值都比较大. 这类元素选择性吸收可能源于它们生长的岩石和土壤条件的不同, 一是所在环境该类养分的缺乏, 二是其生化生理机制对元素的需求不同

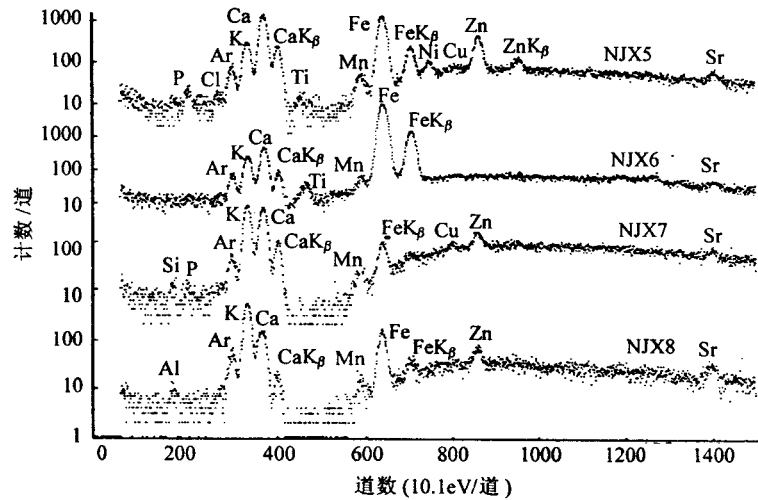


图 3 4 种苔藓叶片的 XRF 谱

NJTX5: *Drepanocladus uncinatus*, 64.2mA; NJTX6: *Andreaea regularis*, 59.7mA;

NJTX7: *Brachythecium subpilosum*, 51.7mA; NJTX8: *Ditrichum austro-georgicum*, 50.0mA.

3.2 藻类植物

图 4 显示了 3 种藻类的实验谱, 其中, 孔石藻和海膜为片状体, 组织结构均匀, 有 2 层或数层细胞组成; 鞘丝藻是不分枝的丝状体. 在 3 种藻类的谱中, 实验检出的共有元素有 Al, P, S, K, Ca, Ti(K_{α} , K_{β}), Mn, Fe(K_{α} , K_{β}), Cu, Zn, Br, Rb 和 Sr, Ar 为空气成份. 具体说来, 有如下现象: (1) 在孔石藻和鞘丝藻中, Zn 也出现 K_{β} 峰; (2) K/Ca 比发生变化, 对于孔石藻, $K/Ca < 1$, 而对海膜和鞘丝藻, $K/Ca > 1$; (3) 在孔石藻中, 出现 Br 和 Sr 峰, Sr 还有 K_{β} 峰, 表明该种藻类对这两种元素都具有一定的吸收能力.

3.3 地衣植物

图 5 显示了 3 种枝状地衣植物的实验谱. 从中可以看出, 三者谱形十分相似, 所含元素种类主要有 Al, S, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, Br 和 Sr, 特别在 Zn 元素以后, 检出元素很少. 从元素的强度比值角度上讨论, 可有以下现象: (1) 对喇叭石蕊和松笋, $K/Ca > 1$, 对筛石蕊, 则 $K/Ca < 1$; (2) 对所有样品, Fe/Mn 比基本一致; (3) 对所有样品, $Cu/Zn < 1$. 已

知地衣植物不与其他植物争夺土壤,它是陆地生态系统中新土地的开拓者,对环境条件的变化十分敏感,不同地衣植物样品中元素种类和含量的差异,可以反映它们特殊的富集和吸收特性,以及生长环境的差异,如岩石、地表水和土壤等.

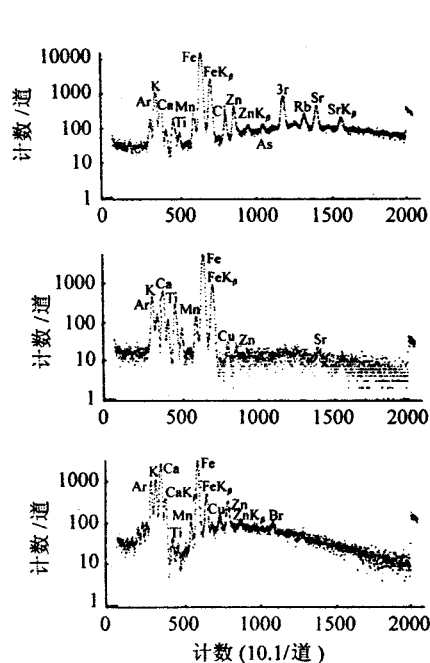


图4 南极3种藻类植物的 XRF 谱

Shen22: 孔石藻, 47.0mA;
Shen24: 海膜, 46.5mA;
NJNN01: 鞘丝藻, 97.8mA.

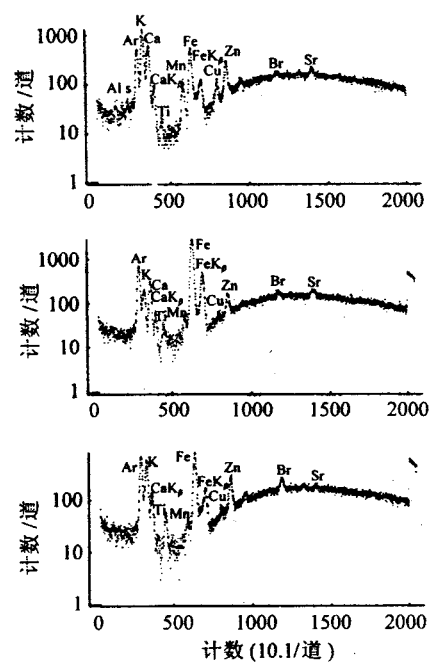


图5 南极3种地衣植物的 XRF 谱

Shen42: 喇叭石蕊, 42.4mA;
Shen43: 筛石蕊, 42.0mA;
Shen45: 松萝, 39.7mA.

4 结论

上述研究充分表明:用同步辐射 X 射线荧光分析技术快速检测南极植物体内的元素组成和相对含量是十分有效的,对了解南极陆地和海洋生态系统的物质循环有一定价值.以本文涉及的三类植物为例,苔藓可生长在不同地质条件下的植物,地衣可表达陆地生态系统中新土壤,海藻则处于海洋生态系统中,它们对陆地和海洋环境的变化十分敏感,因此,该类研究可为南极环境检测提供生物指标,是一种非常有效的技术手段.

参考文献(References)

- 1 Hayat M A. X-ray Microanalysis in Biology, Baltimore USA:University Park Press, 1980
- 2 Jones K W, Gordon B M. Anal. Chem., 1989, 61:341
- 3 Winick H, Doniach S. Synchrotron Radiation Research, 1980, 459
- 4 HUANG Y Y, ZHAO L M, WANG Z G et al. Inter. J. PIXE, 1999, 9(3—4):175
- 5 SHEN Xian-Sheng, SUN Li-Guang, YIN Xue-Bin et al. Chinese J. Polar Research, 2001, 13(1):50 (in Chinese)
(沈显生, 孙立广, 尹学斌等. 极地研究, 2001, 13(1):50)

**X-Ray Fluorescence Analysis of Some Plants
in the King George Island, Antarctica**

JU Xin¹ SHEN Xian-Sheng¹ KANG Shi-Xiu¹ WU Zi-Qin¹
SUN Li-Guang¹ ZHANG Li¹ YIN Xue-Bin¹ HUANG Yu-Ying¹

¹(Institute of High Energy Physics, CAS, Beijing 100039, China)

²(Institute of Polar Environment, USTC, Hefei 230026, China)

³(Department of Astronomy and Applied Physics, USTC, Hefei 230026, China)

Abstract Using synchrotron radiation X-ray fluorescence (SR XRF) analysis method without the standard reference, the distribution and absorption of heavy metal elements of some plants, such as bryophyte, algae and lichen, in the King George Island, Antarctica, were investigated. It is found that different plants are of different ability to absorb the heavy metal elements, and the same to different organs of a plant. It is helpful for us to understand the ability to monitor the environment in the Antarctica with these plants, and make them a preliminary screening.

Key words antarctica, XRF