

黄土高原表层土壤稀土元素含量及分布特征研究*

琚彤军, 刘普灵, 李雅琦, 张梅花

(西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 通过中子活化分析(INAA)技术测定黄土高原灰褐土、娄土、黑垆土、黄绵土和灰钙土等主要类型土壤的 110 个土壤样品中八个稀土元素(La、Ce、Nd、Sm、Eu、Tb、Yb、Lu)的含量, 研究黄土高原主要土壤稀土元素的丰度状况及其分布规律。

关键词: 稀土元素; 含量; 分布规律

中图分类号: X 833 文献标识码: A 文章编号: 1004-0277(2002)05-0054-03

由于表层土壤可直接通过水蚀、风蚀、地表水等途径影响环境质量, 又是土壤-植物系统物质交换的主要物质来源基体, 表层土壤的元素不但通过生物地球化学循环对人类产生影响, 生物的富集作用还可因生物机体在表层土壤的积累、分解而影响土壤的元素含量。所以表层土地化性质在以环境、农业为目的的研究中倍受重视。本文对黄土高原表层土壤稀土元素含量及分布特征进行研究。

1 实验

1.1 样品采集

横跨黄土高原共采取 110 个表层土壤样品进行分析。

1.2 样品分析

全部土壤样品稀土元素含量测定, 均采用灵敏可靠的仪器中子活化分析(INAA)法, 使用专为土壤元素分析建立的活化分析程序进行^[2], 采用国际通用的标准参考物(BCR-1 和 MAG1)作为质控标准^[3], 严格室内分析质量控制程序, 确保数据的可靠性和可比性。

2 结果与讨论

2.1 黄土高原土壤中稀土元素含量

表 1 列出了黄土高原 110 个土壤样品中稀土元素含量, 为便于比较, 表中同时列出了全国土壤平均值及黄土母质平均值。

表 1 黄土高原土壤中稀土元素平均含量/(mg/kg)
Table 1 Average content of REE in soil of loess plateau

元 素	样品数	黄土高原土壤			样品数	全国土壤 ^[4]			黄土母质 平均含量
		平均值	标准差	变异系数		平均值	标准差	变异系数	
La	110	34.8	5.7	16.4	863	39.7	14.4	36.3	34.3
Ce	110	63.9	9.0	14.1	863	68.9	23.5	34.1	63.8
Nd	110	31.0	6.0	19.4	863	26.0	8.0	30.8	31.0
Sm	110	5.55	0.89	16.0	863	5.22	1.76	33.7	5.56
Eu	110	1.16	0.14	12.1	863	1.03	0.33	32.0	1.14
Tb	110	0.89	0.20	22.5	863	0.63	0.26	41.3	0.88
Yb	110	2.8	0.4	14.3	863	2.4	0.8	33.3	2.7
Lu	110	0.42	0.06	14.3	863	0.36	0.11	30.6	0.42

收稿日期: 2001-07-02

基金项目: 中国科学院西部计划项目; 西北农林科技大学青年专项基金项目

作者简介: 琚彤军(1964-), 男, 河南辉县人, 助理研究员, 主要从事核技术在农业方面的应用及生态农业建设方面的研究工作。

从表 1 可以看出: 黄土中稀土元素平均含量顺序为 $Ce > La > Nd > Sm > Yb > Eu > Tb > Lu$, 符合偶数元素丰度大于任一相邻奇数元素的奥多- 哈金斯法则, 且随原子序数增大元素丰度依次下降。即轻稀土平均含量大于重稀土含量。这是由于重稀土元素形成络合物的能力大于轻稀土元素, 而轻稀土被粘土吸附的能力又大于重稀土元素, 因而使得自然界轻重稀土的迁移能力有所不同, 在风化过程大部分阶段(碱性)中, 重稀土元素较易随水流失, 从而出现轻稀土元素相对富集现象。另外, 黄土高原土壤中八个稀土元素含量和黄土母质相应元素平均含量无显著差异, 其主要原因是黄土高原土壤以黄土为母质, 现代黄土沉积施主体为黄土的土类及土壤侵蚀引起黄土高原土壤整个发育过程都和黄土母质密切相关, 加之黄土高原多处于干旱- 半干旱的弱碱性环境地区, 稀土元素以溶解态迁移的能力有限, 故其化学风化较弱, 土壤发生层间也未发生明显的粘粒移动, 从而表层土壤在总体上较明显地保留了黄土母质的某些地球化学特征^[5]。

从变异系数看, 黄土高原土壤除 Nd、Tb 外均为 15% 左右, 此值远远小于全国土壤(30% ~ 40%), 这

充分表现出黄土高原的同源性及质地均匀特征, 也是黄土高原土壤的一个特点。另外, 黄土高原稀土元素的变异系数并不相同, 排除分析误差, 这种差异除了由于生物气候环境和人类活动的综合影响、各个成土因素作用强度的差异及在不同类型土壤间存在元素的迁移、积聚和分布等土壤地球化学分异外, 还与地域因素有关。

与全国土壤比较, 黄土高原土壤稀土元素平均含量除 La、Ce 略低, Nd、Tb 略高于全国土壤平均值外, 大多接近全国土壤平均含量, 差异并不明显, 这是由于黄土来源于较大地域范围内多种岩石风化物, 并在沉积- 搬运- 沉积过程中使其母质成分在自然营力作用下经过了高度的均匀混合, 形成了黄土中稀土元素丰度和地壳平均丰度相近的地球化学特性。

2.2 黄土高原主要土类稀土元素含量的分异规律

尽管黄土高原土壤稀土元素含量与母质相似, 但由于地域环境的影响, 在不同类型土壤间稀土元素的平均含量仍存在较明显的分异现象。表 2 列出了黄土高原主要类型土壤的稀土元素的平均含量。

表 2 黄土高原主要类型土壤中 REE 平均含量/(mg/kg)

Table 2 REE average content in main type soils of loess plateau/(mg/kg)

元素	灰褐土		娄土		黑垆土		黄绵土		灰钙土	
	平均值	标准差								
La	47.4	15.7	39.2	5.0	33.9	3.9	31.7	3.6	34.3	4.7
Ce	64.8	1.5	72.9	4.2	63.5	9.9	63.1	8.1	65.6	14.2
Nd	37.0	7.0	38.0	5.0	29.0	5.0	30.0	6.0	31.0	5.0
Sm	6.65	1.27	6.82	0.93	5.42	0.80	5.29	0.72	5.42	0.77
Eu	1.22	0.02	1.27	0.05	1.14	0.13	1.10	0.12	1.08	0.17
Tb	1.01	0.02	1.27	0.05	1.14	0.13	1.10	0.12	1.08	0.17
Yb	2.9	0.3	2.9	1.1	2.7	1.2	2.7	1.1	2.6	1.3
Lu	0.47	0.10	0.48	0.03	0.42	0.04	0.40	0.05	0.39	0.06

由表 2 可以看出: 按照稀土含量平均值在各个土类间的高低顺序, 黄土高原不同土类土壤稀土含量主要表现为以下两种分异模式:

(1) 元素 Eu、Yb、Lu 的含量呈灰褐土、娄土 > 黑垆土、黄绵土 > 灰钙土的分异规律。

(2) 元素 La、Ce、Nd、Sm、Tb 基本上表现为灰褐土、娄土 > 灰钙土 > 黑垆土、黄绵土的分异模式。

由于娄土、黑垆土(及黄绵土)、灰钙土等主要土类在黄土高原上呈由南向北、由东南向西北的规律分布, 所以上述土类间的分异特征对黄土高原土壤

稀土元素含量的地域分异有着深刻的影响。

3 结论

1. 黄土高原土壤中稀土元素含量以 $Ce > La > Nd > Sm > Yb > Eu > Tb > Lu$ 顺序排列, 且黄土中稀土元素平均含量与全国土壤平均含量无明显差异。

2. 黄土高原主要土类在黄土区的规律性分布, 较大程度的影响了黄土高原土壤中稀土元素含量的分布。

参考文献:

- [1] 陈义镛. 功能高分子[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988. 3.
- [2] Chen Yiyong Cai Guoping, Wang Naidong. Synthesis of N-methyl-2-thioimidazole resin and its complex behavior for noble metal ions[J]. J Macromol Sci-Chem, 1990, A27(9-11): 1321.
- [3] 熊春华, 吴香梅. 大孔膦酸树脂对镧()的吸附性能及其机理[J]. 环境科学学报, 2000, 20(5): 627-630.
- [4] Wang Yongjiang, WU Xiangmei, Xiong Chunhua. Sorption behavior and mechanism of samarium() onto amino methylene phosphonic acid resin[J]. Chinese Journal of Reactive Polymers, 2001, 10(2): 173-178.
- [5] 熊春华, 舒增年. 4-氨基吡啶树脂吸附镧()的研究[J]. 有色金属(季刊), 2000, 52(3): 66-69.
- [6] 马钦科. 元素的分光光度测定[M]. 北京: 地质出版社, 1983. 374.
- [7] 北川浩, 铃木廉一郎. 吸收的基础与设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 1983. 33.

Study on the Adsorption Behavior and Mechanism of Europium onto Iminodiacetic Acid Resin

FU Mi-ying^{1,2}, WANG Yong-jiang¹, XIONG Chun-hua¹, WANG Hui-jun³

(1. Department of Chemistry, Lishui Teachers College, Lishui 323000, China;

2. Vocational Secondary Health School, Lishui 323000, China;

3. Zhejiang Ocean College, Zhoushan 316000, China)

Abstract: Eu() is optimally adsorbed by iminodiacetic acid resin(D401) in the medium of HAc-NaAc at pH= 5.73. The statically saturated adsorption capacity at 25 is 182mg/g resin. Eu() adsorbed on D401 can be eluted with 2.0mol · L⁻¹ HCl and the elution percentage is 100%. The adsorption behavior of D401 for Eu() obeys the Freundlich isotherm. The apparent adsorption rate constant is $k_{298} = 2.54 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$. The adsorption enthalpy change of D401 for Eu() is 76.6kJ · mol⁻¹. The molar ratio of the functional group of D401 to Eu() is 3-1. The adsorption mechanism of D401 for Eu() has been discussed by using chemical method and IR spectrometry.

Key words: iminodiacetic acid resin; europium; adsorption; mechanism

(上接第55页)

参考文献:

- [1] 李元芳, 宁国赞, 等. 稀土对禾本科豆科牧草效应的研究[J]. 稀土, 1988, (5).
- [2] Tian JunLiang et al. INAA determination of major and trace element in loess, paleosol and precipitation lauers in a pleistocene less section, China[J]. J Radioanal Nucl Chem, 1987, 110(1): 261-262.
- [3] Gladney E S, 1982 Compilation of Elemental Concentration in Eleven United States Geological Survey Rock Standards in Geostandard[R]. 1983.
- [4] 中国环境监测总站. 中国土壤元素环境背景值[M]. 中国环境科学出版社, 1990.
- [5] 田均良, 彭祥林, 等. 黄土高原土壤地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1994, 74 ~ 75.

Study on REE Contents in Soil of Loess Plateau and Their Distributing Characteristics

JU Tong-jun, LIU Pu-ling, LI Ya-qi, ZHANG Mei-hua

(Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Technology University of Agriculture and Forest, Yangling 712100, China)

Abstract: The method of instrument neutron activity analysis (INAA) is used to determine contents of La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, in 110 soil samples that are major soil types of Loess Plateau: Huile soil, Lou soil, HeiLu soil, Huangmian soil, Huigai soil etc. Changes of REE in major soil types of Loess Plateau and distributing characteristics are analyzed in this paper.

Key words: rare earth elements; content; characteristics of distribution