

香港土壤研究*

V. 稀土元素的地球化学特征

章海波^{1,3} 骆永明^{1,3†} 赵其国^{1,3} 张甘霖^{1,3} 黄铭洪²

(1 中国科学院南京土壤研究所与香港浸会大学土壤与环境联合开放研究实验室, 土壤与环境生物修复研究中心, 土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 南京 210008)

(2 香港浸会大学裘槎环境科学研究所, 香港九龙塘)

(3 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 香港地区缺乏对土壤中稀土元素地球化学的系统研究。本研究采集了该地区 46 个代表性土壤剖面样品, 利用电感耦合等离子体原子发射光谱 (ICP-AES) 分析了 15 种稀土元素的总量, 并根据土壤剖面的发育情况分层表述。研究结果表明: 香港土壤的稀土元素的总量低于全国的平均含量, 在剖面分布上由表层往底层逐渐增加。地球化学特征方面, 土壤中轻重稀土分馏明显, 具有明显的轻稀土相对富集现象。Ce 的富集现象在火成岩母质发育的土壤中较为突出, 而 Eu 的亏缺现象在花岗岩母质发育的土壤中尤为显著。成土母岩、土壤矿质元素和基本性质以及地形和植被等都会显著影响香港土壤稀土元素的含量和地球化学特征。

关键词 香港土壤; 稀土元素(REE); 地球化学特征

中图分类号 X142 文献标识码 A

稀土元素具有广泛的应用前景, 但其环境效应和地球化学行为不可忽视。曾昭华和曾雪萍通过对全国的癌症死亡率与土壤中重稀土元素含量的等级相关分析表明: 人群中胃癌的发生和发展与区域环境(特别是土壤)中重稀土元素的丰度有密切关系, 通常居住在重稀土元素含量较低地区的人群, 胃癌的死亡率较高^[1]。由于稀土元素可以通过食物链在生物体的脏器和组织中进行选择性的蓄积, 因而环境中一定剂量的稀土元素对人体和动物也可以产生毒副作用^[2]。有鉴于此, 稀土元素的环境问题已成为继重金属元素和持久性有机污染物的环境问题后又一个新的研究热点^[3~5]。

我国内地约有 47 个主要土类, 过去的研究已经对大多数土类的稀土含量进行过测定。如对我国主要土壤类型的稀土元素背景特征进行了探讨^[6]; 同时对于稀土元素在不同地带性土壤中的含量差异和分布规律及其影响因素也作了相当多的研究^[7~9]。在香港地区, 过去的相关研究仅有涉及岩石及其风化壳中的微量元素和稀土元素的地球化学行为^[10], 但是对土壤中稀土元素地球化学特征研究却一直未见报道。

香港地处珠江三角洲的东岸, 属于典型的热带

亚热带过渡区域, 气候上受到亚热带季风和热带海洋气团双重影响。在土地管理模式和环境保护方面与邻近的广东等华南地区也有较大的不同。因此探讨该地区土壤中的稀土元素含量和稀土元素的区域地球化学特征, 对进一步揭示该地区稀土元素的生态环境影响具有重要的意义。

1 材料与方法

研究区的概况以及样品的采集点分布参见文献 [11], 总共采集郊野土壤样品 271 个, 包括 51 个剖面样品和 44 个表层样品。根据母质、土壤类型和空间分布的均匀性选择了其中 46 个最具代表性的剖面样品进行稀土元素的分析。为便于数据分析, 将整个剖面根据发生情况大致划分为表土层(0~20 cm), 心土层(20~60 cm)和底土层(>60 cm)。本研究中稀土元素的分析采用 HCl-HNO₃-HClO₄-HF 消解, 电感耦合等离子体原子发射光谱 (ICP-AES) 分析。土壤理化性质和矿质元素的分析参见文献 [12], 数据统计分析和作图采用 SPSS 和 SigmaPlot 等软件。

* 国家重点基础研究发展规划项目(2002CB410810/09)和中国科学院知识创新工程重点项目(KZCX3-SW-429-2)资助

† 通讯作者, E-mail: ymluo@mail.issas.ac.cn

作者简介: 章海波(1977-), 男, 浙江临安人, 博士研究生, 主要从事区域土壤污染与环境质量评价研究。E-mail: hbzhang@mail.issas.ac.cn

收稿日期: 2005-03-10, 收到修改稿日期: 2005-09-15

2 结果与讨论

2.1 香港土壤稀土元素的含量

香港土壤的稀土元素基本上属于对数正态分

布,因此采用几何平均值来表述该地区土壤稀土元素的平均含量。表 1 是香港土壤不同层次的稀土元素含量,及其与附近的广东土壤、和作为典型热带海岛的海南土壤,以及中国大陆土壤中的平均含量的比较情况。香港土壤中 15 种稀土元素的含量都是

表 1 香港土壤稀土元素的平均含量

Table 1 Contents of rare earth elements in Hong Kong soil (mg kg^{-1})

稀土元素 REE	香港土壤 Soils of Hong Kong			广东土壤 Soils of Guangdong	海南土壤 Soils of Hainan	中国大陆土壤平均 Soils of the Mainland (mean)
	表土 Topsoil	心土 Subsoil	底土 Bottom layer			
La	18.9	20.6	21.1	47.2	44.3	39.7
Ce	64.2	85.5	94.7	108	107.9	68.4
Pr	3.86	4.33	4.51	15.7	—	7.17
Nd	14.3	16.1	16.8	60.5	42.7	26.4
Sm	2.71	3.18	3.32	7.41	6.06	5.22
Eu	0.33	0.39	0.39	1.28	1.07	1.03
Gd	2.24	2.70	2.86	6.81	3.35	4.6
Tb	0.37	0.46	0.48	55.11	25.3	0.63
Dy	1.89	2.28	2.46	—	—	4.13
Ho	0.36	0.43	0.47	—	—	0.87
Er	1.21	1.49	1.64	—	—	2.54
Tm	0.23	0.29	0.32	—	—	0.37
Yb	1.51	1.85	2.08	4.37	2.24	2.44
Lu	0.26	0.32	0.36	0.52	0.28	0.36
Y	9.30	11.5	12.73	—	—	22.9
ΣCe	108.6	137.9	153.5	—	—	147.9
ΣY	17.6	21.7	23.8	—	—	38.8
ΣREE	128.1	162.9	182.7	—	—	186.8

注:广东、海南和中国大陆土壤的数据引自文献 [13] Note: Data of the soils of Guangdong, Hainan and the Mainland are cited from the reference [13]

从表土层到底土层逐渐增加,尤其是表层和底层的稀土元素含量差异显著($p < 0.05$),反映了稀土元素在该地区土壤中有向下富集的现象。同大陆土壤的平均含量相比,除心土和底土中的 Ce 略高外,其余稀土元素的含量都低。整个土壤剖面的稀土总量也要比大陆土壤的平均总量低,因此从全国范围来看,香港土壤属于稀土元素相对较低的区域土壤。同广东和海南土壤中的稀土元素平均含量比较,稀土元素在香港土壤的整个剖面中的平均含量也要低许多。广东与香港毗邻,在地质构造和成土母岩上较为一致,其比较结果可能反映了在同时受到亚热带季风和热带海洋气团影响下的这两个地区,由于后者无高山阻隔(最高峰海拔为 931 m),其稀土元素

被淋溶的程度更大。而海南岛与香港在气候和地形上差异不大,但两者的成土母岩有很大的差别,前者主要为玄武岩母质,而后者主要为酸性火成岩母质。因此母质差别可能是影响这两个地区土壤中稀土元素含量的一个重要因素。

2.2 土壤稀土元素的分馏特征

土壤中稀土元素的分馏是由于其氧化还原性、水解反应常数、配合物的稳定常数、吸附能力等物理化学性质上存在一些差别,所以在成土过程中受到 pH 值、温度、湿度、土壤盐分等环境因素影响,同时与土壤中的次生矿物、微生物和植物发生各种物理、化学、生物化学作用而导致其相对丰度发生改变的过程^[14]。

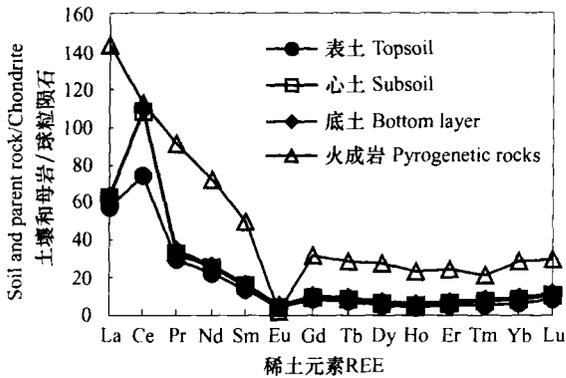


图 1 香港土壤的稀土元素分布模式

Fig 1 Chondrite-normalized REE in soils and pyrogenetic rocks in Hong Kong

用球粒陨石的平均含量标准化土壤和岩石中的稀土元素含量并按稀土元素的原子量顺序(不包括 Y)作图可以用来显示介质中稀土元素的分馏特征,

其中球粒陨石的数据来自文献[15]。从图 1 中可以看出, 香港土壤从上往下三个层次与香港火山岩^[16]一样都是轻稀土部分要明显地高于重稀土部分, 说明都有明显的轻稀土相对富集现象。表 2 中轻重稀土的分馏比值 $\Sigma Ce/\Sigma Y$ 平均都大于 1 也进一步证实了该现象。三个土层之间 $\Sigma Ce/\Sigma Y$ 比值在的差异很小, 表明整个土壤剖面的轻重稀土分馏程度大致相同, 但与香港火成岩相比, 则要大 2 倍左右, 说明从母岩发育到土壤的过程中, 轻重稀土的分馏在不断的加强。因为从母岩风化成土壤的过程中, 稀土元素不断被释放出来并被水解, 但轻稀土的水解能力要强于重稀土^[10], 而水解产物的迁移能力比重稀土要弱, 从而导致在成土过程中轻重稀土分馏程度的加剧。但总的来说, 从母岩发育到土壤的过程中, 稀土元素是流失的, 这从图 1 中土壤中稀土元素的分布曲线都处于火成岩中稀土元素的分布曲线之下可以看出。

表 2 香港土壤及其母岩的稀土元素分馏特征¹⁾

Table 2 Characteristics of REE fractionation of soils and pyrogenetic rocks in Hong Kong

特征比值 REE fractionation ratio	$\Sigma Ce/\Sigma Y$	δCe^2	δEu^2	$(La/Sm)_N$	$(Gd/Yb)_N$
表土 Topsoil	6.17	1.79	0.40	4.23	1.16
心土 Subsoil	6.88	2.39	0.39	4.01	1.12
底土 Bottom layer	6.46	2.31	0.37	3.84	1.08
香港火成岩 Pyrogenetic rocks of Hong Kong	2.12	0.98	0.06	2.86	1.09

1) $\Sigma Ce/\Sigma Y$, δCe , δEu , $(La/Sm)_N$ 和 $(Gd/Yb)_N$ 的地球化学意义参见文中相关内容, 下标 N 指经过球粒陨石标准化的相对丰度 The geochemical meanings of $\Sigma Ce/\Sigma Y$, δCe , δEu , $(La/Sm)_N$ and $(Gd/Yb)_N$ are interpreted in the context, and the subscript of N means the value was chondrite-normalized relative abundance; 2) $\delta Ce = Ce_N / (La_N \times Pr_N)^{0.5}$, $\delta Eu = Eu_N / (Sm_N \times Gd_N)^{0.5}$

其次从 Ce 的富集情况(用 δCe 的表示富集程度)来看, 香港土壤的三个层次的 δCe 都大于 1.0, 其中尤以心土层最大; 而火成岩中的 δCe 在 1.0 以下。在分布模式图中表现为土壤中在 Ce 处有一个明显的“帽子”状突起, 而在火成岩中则表现为正常的右倾“斜坡”。这说明了 Ce 在土壤中的富集强度要比母岩大得多, 并且在心土层的富集程度表现为最强。究其原因可能为表层有机质含量较高, 因而在表生条件下不同程度的有机质还原作用下使表层 Ce^{3+} 被氧化为四价的氧化物或氢氧化物而沉积下来可能性显著降低^[9]; 另一方面, 表层的微生物对吸附稀土元素的次生磷酸盐的溶解和吸收作用导致被吸附稀土元素的释放淋溶可能也是其中一个方面的原因^[4]。由表层向下淋溶的 Ce 在心土层的氧化环境下发生转化, 同时心土层粘粒含量较高, Ce 的氧化物或氢氧化物很容易被其吸附而沉积下来^[17]。稀土元素中与 Ce 同为变价元素的还有 Eu, 它通常会

在环境中表现为亏缺现象(用 δEu 值表示亏缺程度)。表 2 可以看出, 香港土壤三个层次都有一定程度的 Eu 亏缺, 但相比较而言, 火成岩的 Eu 亏缺程度最为厉害, δEu 只有 0.06, 远远小于 1.0。与此对应的是在图 1 中, 元素 Eu 处出现为深深的“凹陷”, 其亏缺原因是斜长石的分离带走了大量的 Eu^[16], 而在土体中, Eu 主要通过 Eu^{3+} 还原到 Eu^{2+} 被淋失而产生亏缺^[14]。

另外, 对于轻稀土和重稀土内部的分馏程度, 还可以用 $(La/Sm)_N$ 和 $(Gd/Yb)_N$ 的比值大小来分别指示。香港土壤从成土母岩到土壤表层, 其轻稀土内部分馏程度在不断加大, 而重稀土内部分馏程度则较为一致, $(Gd/Yb)_N$ 的比值都在 1.0 左右, 基本没有分馏, 说明香港土壤中重稀土元素之间的地球化学特征较为一致。

2.3 稀土元素分馏的影响因素

2.3.1 成土母质 从土壤发生学原理看, 母质是

土壤化学组成的重要来源。虽然成土母质中的化学元素在风化成土过程中进行了重新分化,但成土母质仍然决定着土壤中化学元素的最初含量^[18]。香港土壤的成土母质主要为火成岩(包括花岗岩和凝灰岩),也有一些地区为砂岩和冲积物母质。图2表示这四种成土母质发育土壤的稀土元素分布模式的差异。图中显示同一种母质发育的土壤,其不同层次的稀土元素分布模式一致。不同成土母质的分布

模式中,凝灰岩和花岗岩母质发育土壤的稀土分布模式较为类似,表现出Ce的强烈富集,而砂岩和冲积物母质发育土壤的Ce正异常并不明显。除此以外,还可以看出花岗岩母质发育的土壤的Eu亏损最为显著,在图中表现为Eu处比其他几个母质的分布模式曲线具有更深的“凹陷”。其原因可能为花岗岩发育的土壤侵蚀较为厉害,从而导致土壤中的Eu大量因侵蚀带走^[19]。

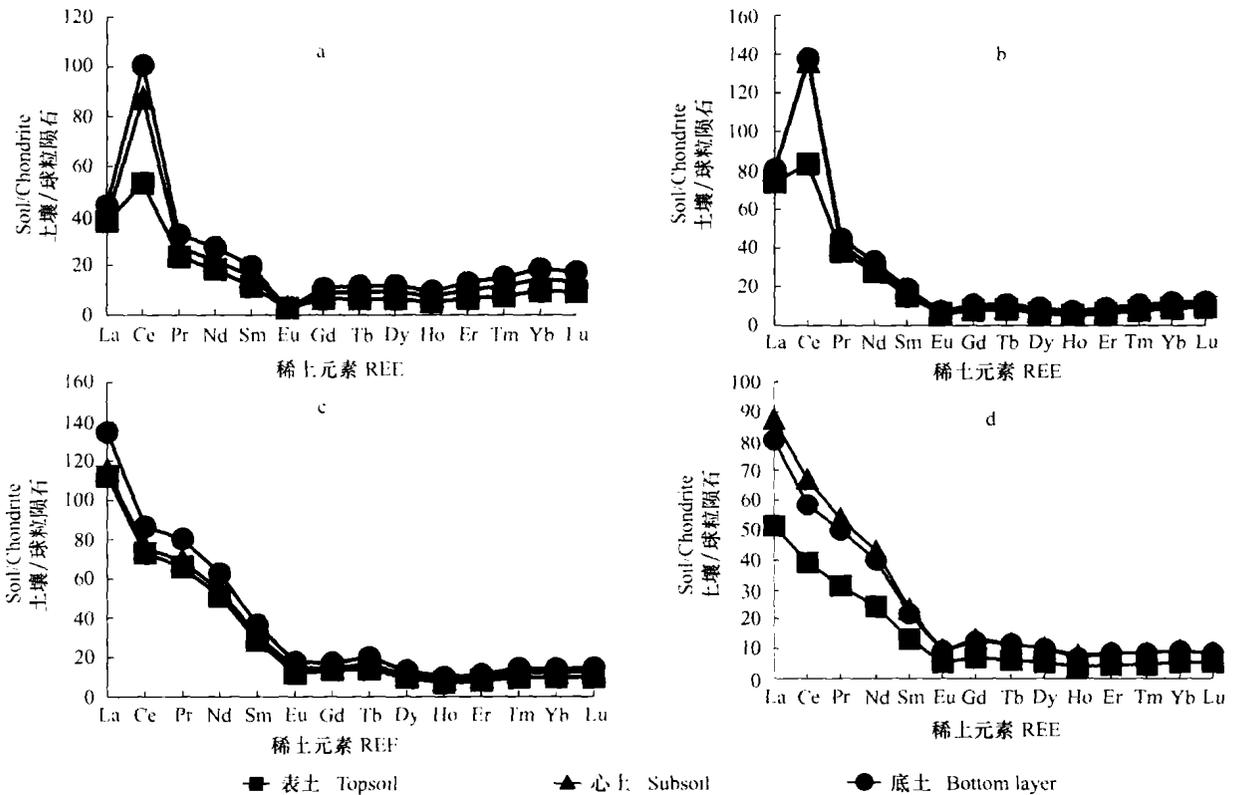


图2 香港地区4种母质发育土壤的稀土元素分布模式(a、b、c、d分别代表花岗岩、凝灰岩、砂岩和冲积物发育的土壤)
Fig 2 Distribution patterns of chondrite-normalized REE in the soil profiles developed from the four different parent materials in Hong Kong (The alphabetic symbols of a, b, c and d denote soil developed from granite, tuff, sandstone and alluvial deposit, respectively)

2.3.2 土壤基本性质和组分 过去的许多研究认为土壤性质和组分对土壤稀土元素的地球化学特征有显著的影响^[4, 8, 20]。这些影响一方面是通过控制稀土元素在土壤中的固定和淋溶来实现的,另一方面有些矿质组分通过从土体中淋溶出去而使土壤中的稀土元素达到相对富集的效果。

图3是利用系统聚类的方法来体现土壤的矿质组成元素和土壤基本性质对土壤中稀土元素含量和分馏的影响。从图中可以看出,香港土壤中稀土元素的含量和分馏主要受到土壤矿质元素中的Al、K、Na、Ba和土壤基本性质中的颗粒组成的影响。其中,土壤Al和粘粒含量的高低主要影响土壤Ce的正异常,主要是粘土矿物和粘粒的吸附作用使Ce不易被淋失

而富集下来^[17]。而土壤Ba元素和粉砂含量的高低则主要影响Eu的负异常。另外,碱金属元素K和Na对土壤重稀土含量也具有一定的相关性,可能是重稀土元素与这两种碱金属元素具有类似的地球化学行为,从而导致它们在土壤中同时淋失^[20]。另外,土壤的pH、有机质和阳离子交换量等在香港土壤没有发现对稀土元素的含量和分馏具有相关性,与杨元根等^[9]对中国南方红壤的研究结果基本一致。

2.3.3 其他因素 其他因素包括地势、气候、植被等。因为这些因素的影响可能导致土壤温度和湿度的差异,从而影响了土壤化学、物理和生物化学的强度^[8]。香港属于华南丘陵地带,在地质构造和地形上与广东等华南地区具有延续性,并且两个地区

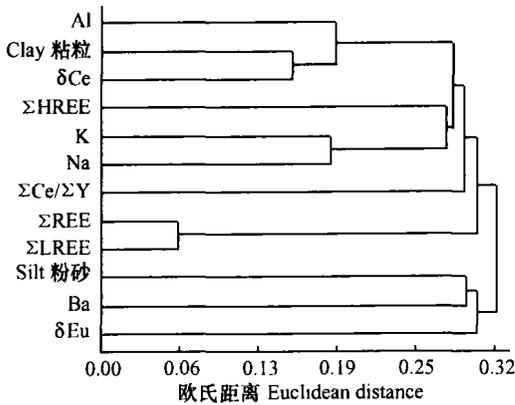


图3 系统聚类图反映土壤组分和基本性质对稀土元素含量和分馏的影响(图中的 Al、K、Na、Ba、粘粒、粉砂、 Σ REE、 Σ HREE 和 Σ LREE 分别指它们的含量值)

Fig 3 Hierarchical cluster plot indicating influences of major soil elements and basic soil characteristics on contents and fractionations of REE (Al, K, Na, Ba, clay and silt, and Σ REE, Σ HREE and Σ LREE in the figure means their respective contents)

都有大面积的花岗岩出露。因此利用这两个地区同时发育在花岗岩上的普通粘化湿润富铁土中的稀土元素分布模式的比较,探讨地势等因素的作用,广东花岗岩发育的普通粘化湿润富铁土的稀土元素数据引自文献[21]。从图4中不难发现,尽管发育在同一种母质上,并且土壤类型也相同,但稀土元素的分布模式却存在着较大的差别,主要体现在轻稀土部分。香港土壤轻稀土部分的含量要明显的低于广东土壤,并且轻稀土内部的分馏的程度也明显低于广东土壤。香港花岗岩地区的山体地势往往比较陡峭,其表面多为草甸植被,侵蚀较为严重^[19]。而广东花岗岩发育的该类土壤一般都为地势平缓的丘陵地带,风化层较厚,一般为1.5~2.0 m,同时灌丛类植被覆盖良好^[22]。因此,地势差异也可能会引起土壤中的稀土元素的地球化学特征的一些差别。

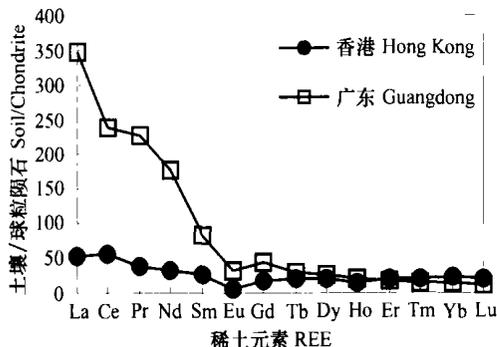


图4 香港和广东两地发育在花岗岩上的普通粘化湿润富铁土的稀土元素分布模式

Fig 4 Distribution pattern of chondrite-normalized REE in Typ-argudic Ferrisols developed from granite in Hong Kong and Guangdong

3 结论

香港土壤的稀土元素含量与全国土壤的平均含量相比偏低,并且由于受到淋溶作用而呈现出向下富集的现象。土壤中稀土元素的分馏呈现轻稀土相对于重稀土的富集,轻重稀土分馏现象明显,并且Ce的富集现象尤为突出。成土母岩、土壤矿质元素和基本性质以及地势和植被等都会影响土壤中稀土元素的含量和地球化学特征。

参考文献

- [1] 曾昭华, 曾雪萍. 中国癌症与土壤环境中重稀土元素含量的关系. 贵州环保科技, 2001, 8(1): 5~8. Zeng S H, Zeng X P. Relationship of cancer and heavy rare earth elements contents of soil environment in China (In Chinese). Guizhou Environmental Protection Technology, 2001, 8(1): 5~8
- [2] 邓艳东. 稀土对生物和生态环境的影响. 生物学通报, 1996, 31(4): 21~22. Deng Y D. The influence of rare earth elements to the biology and eco-environment (In Chinese). Chinese Journal of Biology, 1996, 31(4): 21~22
- [3] 陈祖义, 刘玉, 程微, 等. 稀土元素¹⁴⁷Pm、¹⁴¹Ce 和¹⁴⁷Nd的环境毒理研究. 农村生态环境, 2002, 18(4): 52~55. Chen Z Y, Liu Y, Cheng W, et al. Environmental toxicology of rare earth elements ¹⁴⁷Pm, ¹⁴¹Ce, ¹⁴⁷Nd (In Chinese). Rural Eco-Environment, 2002, 18(4): 52~55
- [4] Taunton A E, Welch S A, Banfield J F. Geomicrobiological controls on light rare earth element, Y and Ba distributions during granite weathering and soil formation. Journal of Alloys and Compounds, 2000, 303~304: 30~36
- [5] Putter T D, Andre L, Bernard A, et al. Trace element (Th, U, Pb, REE) behaviour in a cryptokarstic halloysite and kaolinite deposit from Southern Belgium: importance of "accessory" mineral formation for radioactive pollutant trapping. Applied Geochemistry, 2002, 17: 1313~1328
- [6] 魏复盛, 刘延良, 滕恩江, 等. 我国土壤中稀土元素背景值特征. 环境科学, 1991, 12(5): 78~82. Wei F S, Liu Y L, Teng E J, et al. Characteristics of rare earth elements background value of Chinese soil (In Chinese). Environmental Science, 1991, 12(5): 78~82
- [7] 冉勇, 刘铮. 我国重要土壤中稀土元素的含量和分布. 中国稀土学报, 1994, 12(3): 248~252. Ran Y, Liu Z. Content and distribution of rare earth elements in Chinese typical soil (In Chinese). Journal of the Chinese Rare Earth Society, 1994, 12(3): 248~252
- [8] 付舜珍, 严重玲, 吴善琦, 等. 贵州省典型土壤中稀土元素含量及分布特征. 土壤学报, 2000, 37(1): 109~114. Fu S Z, Yan C L, Wu S Q, et al. Content and distribution characteristics of rare earth elements in Guizhou typical soil (In Chinese). Acta

- Pedologia Sinica, 2000, 37(1): 109~ 114
- [9] 杨元根, 刘丛强, 袁可能, 等. 中国南方红壤中稀土元素分布的研究. 地球化学, 1999, 28(1): 70~ 79. Yang Y G, Liu C Q, Yuan K N, *et al.* Distribution of rare earth elements in red soil in southern China (In Chinese). Geochimica, 1999, 28(1): 70~ 79
- [10] 池汝安, 朱永睿. 稀土在混合粘土矿中的迁移和富集. 稀土, 1992, 13(5): 67~ 71. Chi R A, Zhu Y R. Movement and accumulation of rare earth elements in mixed clay minerals (In Chinese). Chinese Rare Earths, 1992, 13(5): 67~ 71
- [11] 章海波, 骆永明, 吴龙华, 等. 香港土壤研究II. 土壤硒的含量、分布及其影响因素. 土壤学报, 2005, 42(3): 404~ 410. Zhang H B, Luo Y M, Wu L H, *et al.* Hong Kong Soil Researches II. Distribution and content of selenium in soils (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(3): 404~ 410
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999. Lu R K. ed. Analytical Methods of Soil and Agricultural Chemistry (In Chinese). Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 1999
- [13] 夏增禄, 李森照, 李廷芳, 等. 土壤元素背景值及其研究方法. 北京: 气象出版社, 1987. Xia Z L, Li S Z, Li T F, *et al.* Soil Elements Background and Its Research Methods (In Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1987
- [14] 陈莹, 王晓蓉, 彭安. 稀土元素分馏作用研究进展. 环境科学进展, 1999, 7(1): 10~ 16. Chen Y, Wang X R, Peng A. The research progress of fractionation among the rare earth elements (In Chinese). Advances in Environmental Science, 1999, 7(1): 10~ 16
- [15] Sun S. Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle. Geochim. Cosmochim. Acta, 1982, 115: 15~ 28
- [16] Malpas J, Duzgoren-Aydin N S, Aydin A. Behaviour of chemical elements during weathering of pyroclastic rocks, Hong Kong. Environment International, 2001, 26: 359~ 368
- [17] 张虎才. 武都黄土剖面稀土元素研究. 地球化学, 1996, 25(6): 545~ 551. Zhang H C. Research of rear earth elements of Wudu loess profiles (In Chinese). Geochimica, 1996, 25(6): 545~ 551
- [18] 唐诵六. 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法. 北京: 科学出版社, 1982. Tang S L. The natural background of some environmental elements and its research methods (In Chinese). Beijing: Science Press, 1982
- [19] 谢明. 香港水土保持概况. 中国水土保持, 1993, 6: 8~ 10. Xie M. Survey of the conservation of soil and water in Hong Kong (In Chinese). Soil and Water Conservation in China, 1993, 6: 8~ 10
- [20] Horbe A M C, Costa M L D. Geochemical evolution of a lateritic Sr-Zr-Th-Nb-Y-REE-bearing ore body derived from apogranite: The case of pitinga, Amazonas- Brazil. Journal of Geochemical Exploration, 1999, 66: 339~ 351
- [21] 邢光熹, 朱建国. 土壤微量元素和稀土元素化学. 北京: 科学出版社, 2003. Xin G X, Zhu J G. Soil Chemistry of Trace Elements and Rare Earth Elements (In Chinese). Beijing: Science Press, 2003
- [22] 广东省土壤普查办公室. 编著. 广东土壤. 北京: 科技出版社, 1993. Office for Soil Inventory of Guangdong Province. ed. Guangdong Soils (In Chinese). Beijing: Science Press, 1993

HONG KONG SOIL RESEARCHES

V. GEOCHEMISTRICAL CHARACTERISTICS OF REAR EARTH ELEMENTS

Zhang Haibo^{1,3} Luo Yongming^{1,3†} Zhao Qiguo^{1,3} Zhang Ganlin^{1,3} Wong Minghung²

(1 Soil and Environment Joint Open Laboratory between Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences and Hong Kong Baptist University, Soil and Environmental Bioremediation Research Center, State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Nanjing 210008, China)

(2 Goucher Institute for Environmental Science, Hong Kong Baptist University, Kowloon Tong, Hong Kong, China)

(3 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract Geochemical characteristics of rare earth elements (REE) in the soils were deemed to relate to the endemics of a region. In order to determine soil geochemical characteristics of the REE in Hong Kong, 46 soil samples typical in Hong Kong were collected and analyzed for contents of rare earth elements with an Inductively Coupled Plasma (ICP) and an Atomic Emission Spectrometer (AES). The results indicate that the average content of REE in Hong Kong soils is relatively lower than in the soils of the Mainland and increases gradually with the depth in soil profile due to downward leaching of the elements. The fractionation between LREE and HREE is apparent in the whole soil profile. The positive anomaly of cerium in the soils developed from pyrogenetic rocks and negative anomaly of europium in the soil from granite are quite distinct. Parent material, major mineral elements in the soils, soil basic characteristics, topography and vegetation are all supposed to make important contribution to the enrichment and fractionation of soil REE.

Key words Hong Kong soil; Rear Earth Elements (REE); Geochemical characteristics