

紫色土草地表层土壤¹³⁷Cs 含量与粒度和有机质的相关性研究

贺良国¹, 张一云¹, 李家柱¹, 龙翼², 齐永青², 贺秀斌², 张信宝^{1,2}

(1. 四川大学 物理科学与技术学院, 四川 成都 610064; 2. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 紫色土草地表层土壤的¹³⁷Cs 比活度与样品的筛分中值粒径(d_{50})相关较好,而与筛分中值粒径没有明显的相关性。¹³⁷Cs 主要被吸附于土壤颗粒的表面,土壤团聚体表面的矿物、岩石碎屑颗粒的¹³⁷Cs 吸附浓度高于团聚体内部的碎屑颗粒。筛分粒度中等的样品有机质含量高,粗和细粒度的样品有机质含量均低,¹³⁷Cs 比活度和有机质含量无明显相关。

关键词: 紫色土; ¹³⁷Cs 比活度; 粒度; 有机质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)02-0043-03

中图分类号: X53

Relationship Between ¹³⁷Cs Activities and Soil Particle Size in Purple Surface Soil on Grass Land

HE Liang-guo¹, ZHANG Yi-yun¹, LI Jia-zhu¹, QI Yong-qing², LONG Yi², HE Xiu-bin², ZHANG Xin-bao^{1,2}

(1. Physics and Technology College, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064, China;

2. Institute of Mountain Hazard and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract: ¹³⁷Cs activities in purple surface soil on grass land have a good relationship with the medium grain size (d_{50}) by sieving method, but do not have a defined relationship with the medium grain size (d_{50}) by normal method. ¹³⁷Cs is mainly absorbed to surfaces of soil particles, and ¹³⁷Cs concentrations of the mineral and rock particles in surface layers of the aggregates should be higher than those of the particles in the inner layers of the aggregates. As organic concentrations of the samples of medium size are higher than those of both coarse and fine samples, there is no relationship between ¹³⁷Cs activities and organic concentrations.

Keywords: purple soil; ¹³⁷Cs activities; particle size; soil organic matter

¹³⁷Cs 是一种重要的裂变产物,其半衰期为 30.17 a。大气中的¹³⁷Cs 主要源于 20 世纪 50—60 年代的大气层核试验,它产生的¹³⁷Cs 尘埃随降水过程沉降到地面,随即被土壤颗粒强烈吸附,基本不被植物摄取和淋溶流失。其后的迁移主要伴随土壤、泥沙颗粒的运动。因此,¹³⁷Cs 沉降到地面后的再分布,可以反映地表土壤的侵蚀、沉积情况^[1]。建立土壤剖面¹³⁷Cs 的损失量与土壤流失量之间的定量关系是估算土壤侵蚀速率的基础^[2]。由于土壤流失和沉积过程中存在颗粒分选,¹³⁷Cs 吸附的粒度效应一直是研究者们关注的问题^[3]。早在 1965 年 Lomenick 和 Tamura 就定性提出湖相沉降物中¹³⁷Cs 比活度与黏粒的含量相关^[3]。此后又有人开展了一些相关工作,从获取样品的方法上看,有的采用在土壤中人工添加¹³⁷Cs 生成土壤样品^[4],有的采用野外采集由大气中

¹³⁷Cs 沉降自然生成的土壤样品;从得出的结论来看,不同类型土壤中¹³⁷Cs 粒度效应不同^[3-6]。但对紫色土的研究鲜有报道,而紫色土在中国南方 15 省区,特别是四川盆地分布十分广泛。本文通过野外采集紫色土样品,水筛分选制样,采用 HPGe 谱仪测定样品中¹³⁷Cs 比活度,并进行颗粒大小和有机质含量分析,研究了紫色土中¹³⁷Cs 比活度与其颗粒粒径和有机质含量的关系。

1 实验及数据处理

1.1 样品采集与制备

表层土壤样品取自四川省成都市龙泉驿区桃花沟,取样地植被类型为高覆被度草地,土壤类型为紫色土,数十年无人扰动。取样深度 3.0 cm,土壤样品总重约 10 kg。

收稿日期:2006-03-13

资助项目:西部基金(90502002);中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-YW-401);国家“973”项目(2006CB403203,2007CB407206);中国科学院水利部水土保持研究所国家重点实验室基金项目(10501-109)

作者简介:贺良国(1974—),男(汉族),四川省绵阳市人,硕士研究生,主要从事放射卫生研究工作。E-mail:nationshou@shou.com。

通讯作者:张一云(1941—),女(汉族),教授,主要从事核物理及核技术应用教学和科研。E-mail:zyy330219@163.com。

采集的土样自然风干,去除其中的植物及石块后,放入塑料桶,自来水浸泡 24 h,充分搅拌后,用土样筛进行水筛分级制样。首先用 10 目(2.0 mm)土样筛进行初筛,筛出 < 2.0 mm 的样品。再将 < 2.0 mm 的样品,用不同孔径的土样筛进行筛分,共筛分出 8 个不同粒径组的样品。水筛筛分出的样品,于烘箱烘干后(105)称重。不同粒径组筛分样品的重量详见表 1。

1.2 样品测试

测试¹³⁷Cs 比活度仪器为由美国 ORTEC 公司生产 GEM-40190 型 HPGe 探测器和 92X SPECTRUM MASTER™ 型集成谱分析系统组成。谱仪对⁶⁰Co 的 1.33 Mev 的射线半高宽为 1.9 keV,峰康比为 62:1,相对探测效率为 40%,探测下限为 1.39 Bq/kg。谱仪具有良好的稳定性,峰位漂移小于 1 道/月和较低的本底。

¹³⁷Cs 比活度测试依据《土壤中放射性核素的

能谱分析方法 国家标准 GB 11743—89》^[7],采用与¹³⁷Cs 标准源比较的相对测量方法,用公式(1)计算样品的比活度,并采用文献[8]中提出的方法进行了高度和密度修正^[8]。

不同筛分粒径组样品的粒度分布、中值粒径、¹³⁷Cs 比活度等见表 2,测试数据标准不确定度 < 5%。

$$Q_i = \frac{Q_0 n_i w_0}{n_0 w_i} \quad (1)$$

式中: Q_i ——待测样品比活度(Bq/kg); n_i ——待测样品的净计数率(且要扣除空盒计数率); w_i ——待测样品的净质量(kg); Q_0 ——¹³⁷Cs 标准样品的比活度(Bq/kg); n_0 ——标准样品的净计数率(且要扣除黄土标准样品的计数率); w_0 ——标准样品的净质量(kg)。

测定了不同水筛粒径组样品的粒度组成和有机质含量。粒度分析采用吸管法(分散剂,偏磷酸钠),有机质含量测定采用重铬酸钾法。

表 1 不同粒径组筛分样品重量

样品编号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	合计
粒径区间/mm	2.00~0.84	0.84~0.42	0.42~0.25	0.25~0.18	0.18~0.12	0.12~0.07	0.07~0.06	<0.06	<2.00
样品重量/g	311	338	230	98	180	266	85	1131	2639

表 2 不同筛分粒径组样品的粒度分布、筛分和筛分中值粒径(d_{50})、¹³⁷Cs 比活度和有机质含量

样品编号	不同粒径颗粒的含量/%									筛分中值粒径 d_{50} /mm	筛分中值粒径 d_{50} /mm	¹³⁷ Cs 比活度/ (Bq·kg ⁻¹)	有机质含量/ (g·kg ⁻¹)
	<2 mm	<1 mm	<0.5 mm	<0.25 mm	<0.1 mm	<0.05 mm	<0.01 mm	<0.005 mm	<0.002 mm				
No. 1	100.00	94.79	81.45	75.75	71.42	64.71	37.01	25.19	14.21	1.294	0.027	17.51	150.96
No. 2	—	100.00	94.06	80.27	73.64	69.64	45.74	30.62	17.93	0.584	0.018	18.40	169.50
No. 3	—	—	100.00	92.48	64.78	51.29	31.48	21.85	13.33	0.308	0.041	19.14	204.44
No. 4	—	100.00	99.48	87.71	31.04	21.57	11.17	8.28	5.58	0.214	0.124	19.82	231.23
No. 5	—	100.00	99.88	90.07	36.80	21.70	11.84	9.11	5.01	0.158	0.114	19.54	191.13
No. 6	—	—	100.00	99.50	54.24	32.22	21.07	14.40	9.04	0.095	0.072	19.36	220.18
No. 7	—	100.00	99.61	99.32	97.43	34.53	12.77	8.56	5.80	0.062	0.055	20.28	194.58
No. 8	—	—	100.00	99.87	99.68	97.57	59.36	39.84	19.11	0.020	0.007	20.85	52.59

2 结果与讨论

2.1 筛分和筛分粒径的关系

筛分测定的是矿物、岩石碎屑团聚体或结合体颗粒的粒度,吸管法测定的是单个矿物、岩石碎屑颗粒的粒度,因此表 2 中各粒径组的筛分中值粒径均大于筛分中值粒径。

筛分粒度最粗的 3 个粒径组,筛分和筛分的中值粒径差别尤其大, No. 1, No. 2, No. 3 粒径组的筛分中值粒径和筛分中值粒径的比值分别为 47.8, 34.2 和 7.5;其余粒径组的比值介于 1.13~2.86 之间。这表

明,粗粒径组筛分颗粒的团聚体比例高,细粒径组的比例低。

2.2 ¹³⁷Cs 比活度与粒径的关系

8 个样品的¹³⁷Cs 比活度变动于 17.51~20.85 Bq/kg 之间,¹³⁷Cs 比活度与样品的筛分中值粒径相关明显(图 1a),与筛分中值粒径无明显相关(图 1b)。这表明¹³⁷Cs 主要吸附于团聚体的表面,筛分粒度表征的是矿物、岩石碎屑团聚体或结合体颗粒的粒度,筛分粒度表征的是单个矿物、岩石碎屑颗粒的粒度,因此¹³⁷Cs 比活度与样品的筛分中值粒径的相关很好,而与筛分中值粒径无明显相关。

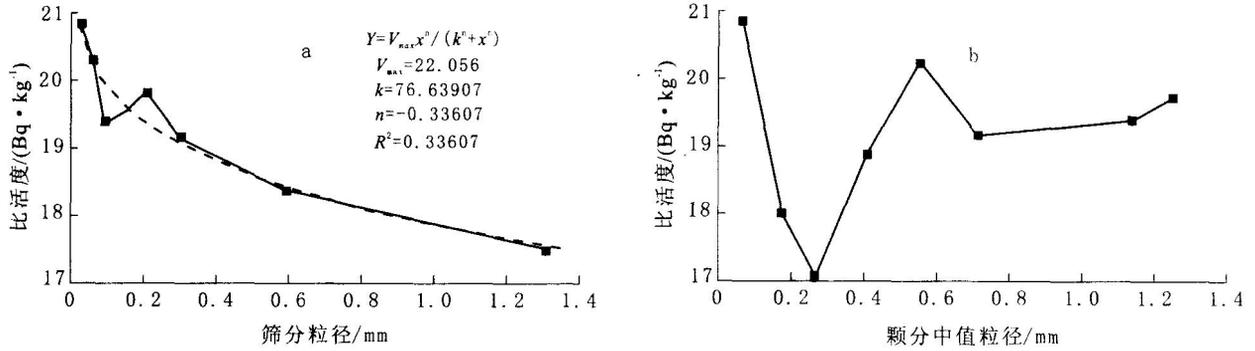


图 1 ¹³⁷Cs 比活度与筛分中值粒径(a)和筛分中值粒径(b)的关系

2.3 ¹³⁷Cs 比活度与有机质含量的关系

8 个样品的有机质含量变动于 52.59 ~ 231.23 g/kg 间, 粒度中等的样品有机质含量高, 粗、细粒度的样品, 有机质含量均低, No. 8 细样品的含量最低(表 2)。这可能反映了中等粒度团聚体的有机质含量高于大颗粒团聚体, 和细样品的团聚体含量低的缘故。¹³⁷Cs 比活度和样品的有机质含量无明显相关。

3 结语

紫色土草地表层土壤的¹³⁷Cs 比活度和样品的筛分相关较好, 而与筛分中值粒径(d_{50})无明显的相关性。¹³⁷Cs 主要被吸附于土壤颗粒的表面, 土壤团聚体表面的矿物、岩石碎屑颗粒的¹³⁷Cs 吸附浓度高于团聚体内部的碎屑颗粒。筛分粒度中等的样品有机质含量高, 粗和细粒度的样品有机质含量均低, ¹³⁷Cs 比活度和有机质含量无明显相关。

[参 考 文 献]

[1] 张信宝, 贺秀斌, 文安邦, 等. 侵蚀泥沙研究的¹³⁷Cs 核示

踪技术[A]. 第六届全国泥沙基本理论研究学术讨论会论文集[M], 2005. 1583—1584.

[2] 赵焯, 岳建华, 徐翠华, 等. ¹³⁷Cs 示踪技术在滦河源区栗钙土风蚀速率估算中的应用[J]. 环境科学学报, 2005, 25(4): 562—566.

[3] He Q, Walling D E. Interpreting particle size effects in the adsorption of ¹³⁷Cs and unsupported ²¹⁰Pb by mineral soils and sediments[J]. J Environ Radioactivity, 1996, 30(2): 117—137.

[4] 唐方华. 两种黏土材料对¹³⁷Cs 吸附特性研究[J]. 核技术, 1997, 20(3): 179—183.

[5] 李卫军. 北京西北城区 2002 年春季大气可吸入颗粒物的粒度分布特征[J]. 电子显微学报, 2004, 23(5): 589—593.

[6] 严平. 土壤颗粒组成影响¹³⁷Cs 含量的初步实验结果[J]. 中国沙漠, 2002, 22(2): 150—153.

[7] 国家标准 GB 11743—89. 土壤中放射性核素的能谱分析方法[S].

[8] 白立新. HPGe 谱仪体源的效率与源高度和密度的关系[J]. 四川大学学报, 2004, 41(1): 126.

(上接第 32 页)

[参 考 文 献]

[1] 林昌虎, 朱安国. 贵州喀斯特山区土壤侵蚀与防治[J]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 109—114.

[2] 林昌虎. 砂页岩山地土壤粒级侵蚀规律的研究[J]. 水土保持学报, 1993, 7(1): 1—10.

[3] 张东青, 何腾兵, 林昌虎, 等. 贵州乌江流域喀斯特土壤物理性质的研究[J]. 贵州科学, 2004, 24(2): 39—43.

[4] 何腾兵. 贵州山区土壤物理性质对土壤侵蚀影响的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1995, 1(1): 85—95.

[5] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1977. 500—507, 518—522.

[6] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 等. 喀斯特石漠化的遥感—GIS 典型研究——以贵州省为例[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 56—57.

[7] 王宇, 张贵. 滇东岩溶石山地区石漠化特征及成因[J]. 地球科学进展, 2003, 18(6): 933—938.

[8] 王世杰, 李阳兵. 生态建设中的喀斯特石漠化分级问题[J]. 中国岩溶, 2005, 24(3): 192—195.

[9] 李阳兵, 王世杰, 容丽. 不同石漠化程度岩溶峰丛洼地系统景观格局的比较[J]. 地理研究, 2005, 24(3): 371—372.

[10] 梅再美, 王代懿, 熊康宁, 等. 不同强度等级石漠化土地植被恢复技术初步研究——以贵州花江试验示范区查尔岩试验小区为例[J]. 中国岩溶, 2004, 23(3): 253—258.