

文章编号: 1008-2786-(2010)6-674-06

三峡库区紫色土⁷Be剖面分布及季节变化

史忠林^{1,2}, 文安邦^{1*}, 严冬春¹, 苏明^{1,2}

(1. 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; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: ⁷Be是一种宇宙成因放射性核素。由于其来源明确、半衰期短、测试相对容易, 可用于<1 a时间尺度内的环境过程示踪和定量研究。⁷Be在土壤中的剖面分布特征及其本底值是建立定量模型、估算侵蚀沉积速率和调查表土迁移过程的基础。对三峡库区为期1 a的无扰动紫色土⁷Be浓度的测定结果表明, ⁷Be主要分布于质量深度0~20.0 kg/m² (0~1.5 cm)的表层土壤, 其中0~3.0 kg/m² (0~2 mm)的最表层⁷Be比活度最高, 向下随深度增加呈指数减少, 20.0 kg/m²以下土层基本不含⁷Be。采样期间土壤⁷Be总面积活度介于172.4~328.6 Bq/m², 平均246.1 Bq/m², 并呈现春季最高, 秋季最低; 春夏高, 秋冬低的季节性变化特征。植被截留可能是减少土壤⁷Be浓度的重要因素。

关键词: 放射性核素; ⁷Be; 紫色土; 三峡库区

中图分类号: S155.2+5

文献标识码: A

环境中存在的放射性核素具有已知的输入函数和衰变关系, 在不同时间尺度和不同景观类型的地球化学过程研究中具有特殊的示踪价值^[1]。⁷Be是宇宙射线轰击大气中氮、氧原子核而生成的放射性核素, 半衰期53.3 d。大气中⁷Be约67%产生于平流层中, 其余为对流层, 在12~20 km高度的大气层中产率最高。⁷Be产生后, 很快形成BeO或Be(OH)₂。由于静电作用吸附在亚微米级(0.03~1.0 μm)的气溶胶颗粒表面, 并随大气动力过程发生迁移, 最终通过衰变损失或者连续的干、湿沉降进入地表环境而终结^[2]。⁷Be由于其来源独特而稳定、半衰期短和易探测等优点, 已经被广泛应用于大气物质传输和海洋、湖泊沉积物微粒混合作用的示踪研究^[3-5], 20世纪90年代末开始用于土壤侵蚀研究并已取得一定进展^[6-7]。

查明土壤中⁷Be的深度分布和季节性含量变化特征, 是利用⁷Be放射性示踪法测定土壤侵蚀量的基础^[8]。国外Wallbrink研究了不同地表覆被下土壤中⁷Be的分布和变化特征, 并将⁷Be与¹³⁷Cs、²¹⁰Pb联合应用于土壤侵蚀类型(片蚀、细沟侵蚀和沟蚀)的区分^[9,10]; Walling基于土壤剖面中⁷Be的指数分布特征, 建立了⁷Be面积活度变化与土壤侵蚀沉积速率之间的定量转换模型(传统模型和扩展模型)^[6,11]。我国也有近地面空气⁷Be浓度和散落通量的报道^[12,13], 并已在应用⁷Be示踪表土季节性侵蚀和沉积微粒的混合作用方面取得进展^[14,15]。紫色土是中生代紫色砂页岩风化形成的初育岩性土, 成土速率快, 土层浅, 侵蚀强烈^[16], 在三峡库区广泛分布。目前虽然已有一些利用¹³⁷Cs法测定库区土壤侵蚀量的报道^[17,18], 然而该区径流小区实测资料

收稿日期 (Received date): 2010-02-29 改回日期 (Accepted): 2010-08-30

基金项目 (Foundation item): 国家科技支撑计划项目 (编号: 2008BAD98B01) 和中科院西部行动计划项目 (编号: KZCX2-XB2-07-4)。
[Supported by the National Key Technology R&D Program (No. 2008BAD98B01) and the Action-Plan Program for West Development of CAS (No. KZCX2-XB2-07-4).]

作者简介 (Biography): 史忠林 (1984-), 男, 山西柳林人, 博士研究生, 主要从事土壤侵蚀研究。 [Shi Zhonglin (1984-), male, born in Linliu, Shanxi Province. PhD mainly engaged in soil erosion research.] E-mail: zhonglinsh@sinac.cn

* 通讯作者 (Author for correspondence): 文安邦 (1964-), 男, 重庆忠县人, 研究员, 从事土壤侵蚀与水土保持研究。 [Wen Anbang (1964-), male, born in Zhongxian, Chongqing Municipality. Professor mainly engaged in soil and water conservation research.] E-mail: waban@sinac.cn

短缺, 研究基础非常薄弱。与 ^{137}C 和 ^{210}Pb 相比, ^{7}Be 半衰期很短, 在研究短时间尺度土壤侵蚀过程, 特别是次降雨或短期强降雨事件的侵蚀强度等方面优势明显, 潜力巨大, 可为作物种植和耕作方式等水土保持措施的优化配置提供依据。若能将 ^{7}Be 示踪法有效应用于库区侵蚀泥沙研究, 必将对库区的生态环境改善和土地整治产生积极影响。因此有必要针对 ^{7}Be 在紫色土中的剖面迁移特征和季节性含量变化及其影响因子进行讨论, 以期为 ^{7}Be 示踪技术在本地区的应用提供参考。

1 材料与方法

区域概况及样品采集

研究区位于三峡库区中游, 地处四川盆地东部平行岭谷区, 区内侏罗系中统沙溪庙组 (J₃) 砂岩、粉砂岩和泥岩广泛出露, 典型坪状浅丘地貌, 呈西北高东南低山势走向。受亚热带季风影响, 区内气候温和, 年均气温 19.2 °C, 无霜期 320 d 左右。年均降水量 1 150 mm, 然而季节分配不均, 其中 70% 以上集中于 4~10 月^[18]。土壤为中性紫色土^[19]。

土壤样品采自中科院成都山地所三峡库区忠县水土流失与面源污染控制试验站核心区虾子岭的气象观测场内 (108°10'25" E 30°24'53" N), 地面开阔平坦, 自 2006 年建成后基本无人扰动。用不锈钢方形取样框, 在 30 cm×30 cm 样方内分层剥离深度约 3 cm 的表土, 每次采样均避开前面几次的采样点位。分层采集的土壤样品装入采样袋带回室内, 经风干、研磨、过 2 mm 筛, 称重后供测试用。

样品测试

样品 ^{7}Be 测试在中科院成都山地所同位素实验室进行。采用美国 ORTEC 公司生产的 n 型高纯锗

探头 (LOAX HPGe) 低能量, 低本底多道 γ 能谱仪, 在 477.6 keV 能谱峰下测定 ^{7}Be 比活度, 测定时间 8×10^4 s 以上, 用全峰面积法 (TPA) 求算 ^{7}Be 比活度, 测定结果校正至采样日。谱仪稳定性好, 测试过程中无道漂, 测试误差为 $\pm 5\%$ (95% 信度)。

采样点土壤基本特性测定结果见表 1。其中容重采用环刀法; 颗粒组成用激光粒度仪; pH 值用酸度计法。

2 结果与讨论

紫色土中 ^{7}Be 剖面分布

^{7}Be 在无扰动土壤中的分布是大气沉降输入、地表渗透扩散和衰变损失的函数。由不同月份土壤剖面 ^{7}Be 分布 (图 1) 可知, ^{7}Be 在平均质量深度 3.0 kg/m² (≈ 2 mm) 的土壤最表层含量最高, 约占 ^{7}Be 总比活度 53.7%; 其中 2009-05-20 土壤最表层 ^{7}Be 含量最大 (53.9 Bq/kg), 占总比活度 73.6%。土壤质量深度 3.0 kg/m² 以下, ^{7}Be 含量迅速减少, 20.0 kg/m² (≈ 1.5 cm) 以下基本不含 ^{7}Be 。数据拟合的结果表明, ^{7}Be 比活度随土层深度增加呈指数下降。白占国等对我国云贵高原滇西和黔中岩溶山区表土 ^{7}Be 分布特征的研究发现, ^{7}Be 仅分布于 5 kg/m² 深度以内的表土层^[1]。张信宝等在四川盐亭紫色土区测得草地土壤 ^{7}Be 集中分布于 0~2 mm 的土壤最表层, 2 mm 深度以下 ^{7}Be 含量急剧减少, 10 mm 深度以下的土壤基本不含 ^{7}Be ^[8]。Walling 等和 Yang 等分别对英国和我国黄土高原土壤 ^{7}Be 剖面分布的研究也与本文结果基本一致^[6, 20]。

与目前常用的土壤侵蚀核示踪元素 (^{137}C 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$) 相比, 三种核素在无扰动土壤中的剖面分布形式有明显区别, 这主要与它们的产生及来源方式、在

表 1 采样点土壤特性
Table 1 Soil characteristics at the sampling site

样本	容重 (g/cm ³)	颗粒组成 (%)				pH
		2~0.2 mm	0.2~0.02 mm	0.02~0.002 mm	< 0.002 mm	
1	1.38	14.28	36.57	33.24	15.91	6.8
2	1.34	13.75	38.76	29.48	18.01	7.2
3	1.40	13.22	40.64	30.13	16.01	7.3
4	1.38	12.79	36.36	24.89	25.96	6.9
5	1.35	15.36	39.48	30.34	14.82	7.3
平均	1.37	13.88	38.36	29.62	18.14	7.1

土层中的迁移扩散以及半衰期的长短有关^[21]。¹³⁷Cs是20世纪50~70年代大气层核试验产生的人工放射性尘埃,半衰期30.2 a,1963年沉降量最大。¹³⁷Cs主要随降雨沉降到地面,随即被表层土壤强烈吸附,基本不被淋溶和植物摄取,其后的运移主要伴随土壤或泥沙颗粒的运动。无扰动土壤剖面中¹³⁷Cs主要赋存于0~20 cm深度范围,20 cm以下基本不含¹³⁷Cs,其中4 cm深度左右的土壤亚表层含量最高,向下随深度增加呈典型的指数减少。随着1964年禁止大气层核试验条约的诞生,地表¹³⁷Cs总量由于衰变而在逐年减少。与¹³⁷Cs不同,²¹⁰Pb和⁷Be均为天然产生,尽管大量长期的监测表明两种核素在空气中的浓度和沉降通量存在一定的季节性变化特征,但总体上较为稳定。由于连续的散落输入,²¹⁰Pb和⁷Be的最大浓度均出现在最表层,而非次表层。其区别在于,²¹⁰Pb半衰期较长(22.3 a),在土壤中的迁移深度较大,可以达到18 cm左右;而⁷Be半衰期很短,不可能在土壤中长期累存,因此向下迁移的深度非常有限,大部分只分布于表层几毫米的深度范围内。

土壤 面积活度变化

土壤⁷Be面积活度随时间和季节的变化分别绘于图2和图3。由图2可见,不同月份样点⁷Be面积活度介于172.4~328.6 Bq/m²,平均为246.1 Bq/m²。从图3所示⁷Be季节平均含量的变化看,春夏差别不大(春季304.0 Bq/m²,夏季286.0 Bq/m²),冬季偏小(229.6 Bq/m²),秋季最低(173.9 Bq/m²)。整体上呈现春季最高,秋季最低,春夏高,秋冬低的变化特征。冬季⁷Be活度偏低是因为⁷Be主要随降水到达地表,而当地冬季降水量只占全年降水总量不到30%,因此冬季核素向地表输入的通量小,从而总面积活度低。但是,在研究区降水集中的夏秋季核素散落通量应大于冬春季,土层中的⁷Be累计浓度也应是秋季大于春季。本研究中⁷Be总面积活度出现秋季低谷,我们认为可能是由于秋季采样时样方内三叶草长势良好,覆盖度>90%,叶片截留部分⁷Be尘埃,而在采样时没有连同植物茎叶一起采集,因此造成⁷Be随丢弃的植物大量损失。Wallbrink等研究发现,对于植被覆盖度较好的土壤,被草本截留的⁷Be占地表总量可达55%^[9];张风

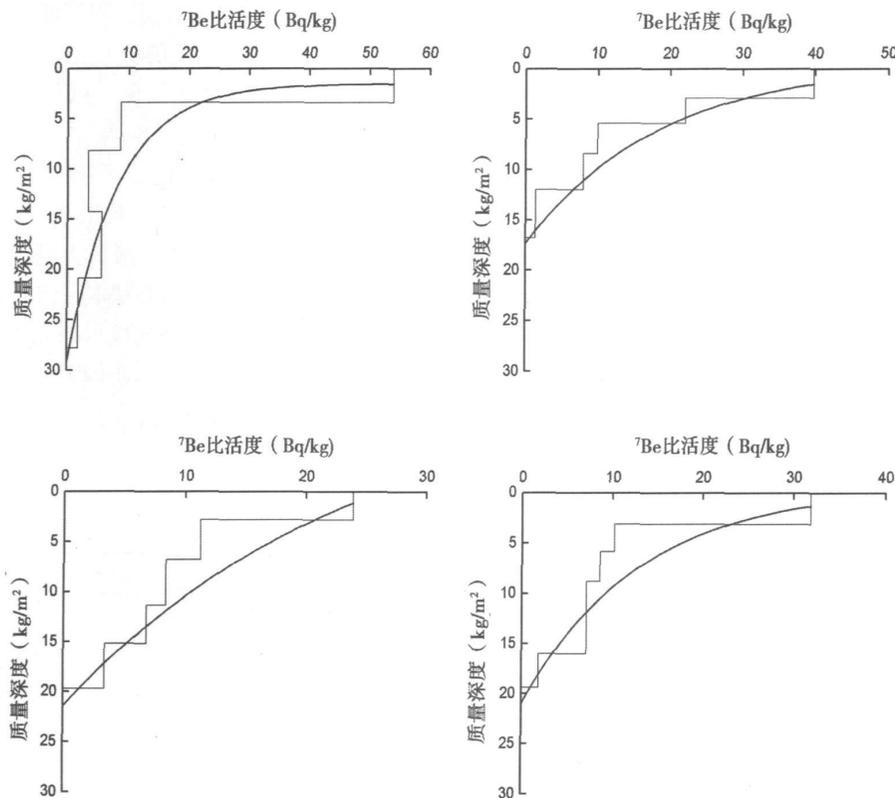


图1 采样点⁷Be深度分布

Fig. 1. Depth distribution of ⁷Be in purple soils at the sampling site.

宝等探讨黄土高原地被物中⁷Be分布发现, 在整个植物生长期, 秋季植物体⁷Be累积含量增量突出^[22]。据我们初步测定, 覆盖良好的 1 m²样方内三叶草和花生茎叶中⁷Be浓度可分别达到 77.7 Bq/m²和 69.4 Bq/m²。由此可见, 地表植被对⁷Be尘埃的截留作用对土壤中⁷Be面积活度的影响显著。

本研究中, 土壤⁷Be面积活度出现春季峰值, 这可以从⁷Be的产生及沉降机制加以解释。如前文所述,⁷Be主要在平流层中产生, 但是由于气溶胶在平流层的停留时间(≈14 m)>6个⁷Be半衰期, 因此可认为产生了放射平衡。而对流层⁷Be产率很低, 且由于降水的清除作用,⁷Be在该层停留时间相对较短(22~48 d), 这就会导致同温层和对流层之间很高的⁷Be浓度梯度差, 对流层一般会比平流层低 1~2个数量级(Bq/m³)。在春季 4 到 5 月间, 中纬度对流层变窄, 平流层—对流层交换最强, 平流层中富含的⁷Be通过交换作用进入对流层, 因此中纬度地区春季近地面空气⁷Be浓度较高^[2]。而从试验站气象资料看, 春季采样日(2009-04-13)前的一个月, 降雨相对较多(107.2 mm), 因此空气中大量⁷Be会随降雨到达地表, 使土壤⁷Be测值偏高。文献[13]报道, 厦门地区⁷Be沉降通量在 4、5月增高也为春季泄漏所致。

表 2 列出了世界上一些地区土壤中⁷Be含量的测定结果。可以看出, 对于两种不同的地面覆盖类型, 草地土壤⁷Be面积活度介于 117~673 Bq/m², 平均 338 Bq/m²; 裸地介于 192~473 Bq/m², 平均 349 Bq/m²。由于⁷Be产生速率和沉降通量的时空变异性, 以及下地表覆盖状况、土壤结构等差异性影响, 不能直接比较不同地区土壤的⁷Be含量。然而从总体上看, 本研究测定的土壤⁷Be含量落在表 1 所列地区的测值范围之内。前人的研究表明,⁷Be向地表的输入通量主要取决于纬度和降水, 高纬度地区通量大于低纬度地区, 相同纬度降水多的地区大于降水少的地区^[2]。张信宝等在四川盐亭的测定结果表明,⁷Be季节性本底值春季和秋季分别为 117.4 Bq/m²和 169.9 Bq/m²^[8]。忠县与盐亭相比, 两地同处四川盆地, 纬度相近, 而忠县年均降水量 1 150 mm(2009 年为 1 040 mm), 高于盐亭地区的 826 mm, 这可能是造成前者⁷Be本底含量较后者高的主要原因。与世界上其他地区报道的土壤⁷Be面积活度相比, 忠县的⁷Be本底值仍较低, 我们认为可能主要是由于盆地内阴天多, 云层厚, 云层对宇宙射线产

生屏蔽, 使⁷Be释放量较少。

3 结论

三峡库区紫色土中⁷Be主要分布在质量深度 0~20.0 kg/m²的表土层, 其中 0~3.0 kg/m²土层含量最高, 向下随深度增加以指数形式迅速减少, 20.0 kg/m²以下基本不含⁷Be。2008-12-01~2010-01-01 期间, 土壤⁷Be面积活度介于 172.4~328.6 Bq/m², 平均 246.1 Bq/m², 呈现春季最高, 秋季最低; 春夏高, 秋冬低的季节性变化特征。春季土壤⁷Be浓度高可能是由于研究区地处中纬度, 在春季对流层—平流层气体交换加强, 使得平流层中富含的⁷Be通过气体交换进入对流层, 从而被降水带入土壤所致; 土壤⁷Be浓度出现夏季高冬季低, 这显然是由于夏季降水量大于冬季的结果; 秋季土壤⁷Be浓度最低, 可能主要是受植被的影响。植被对⁷Be的截留明显, 特别是当覆盖度较高时可能成为影响地表⁷Be再分配的主导因素, 但目前相关资料不足,

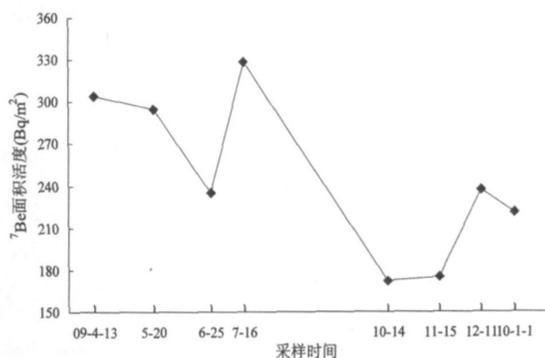


图 2 采样期间土壤⁷Be 面积活度变化

Fig. 2 Variety of ⁷Be soil inventory during the sampling period

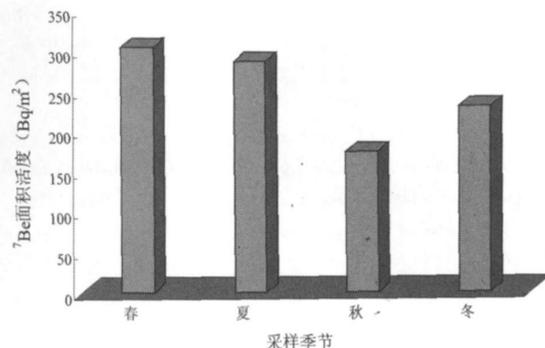


图 3 土壤⁷Be 面积活度与季节变化的关系

Fig. 3 Relationship between ⁷Be soil inventory and season

表 2 世界一些地区土壤中 ^7Be 面积活度Table 2 ^7Be soil concentration at different locations in the world

地点	纬度	采样日期	^7Be 面积活度 (Bq/m^2)	土壤	文献
Queensland Australia	28° S	2003—05	406	草地	[23]
Black Mountain Australia	35° S	1988—09	202	草地	[9]
Black Mountain Australia	35° S	1989—05	400	草地	[9]
Buenos Aires fan Chile	38° S	2005—05	473	裸地	[7]
St Helens Tasmania Australia	41° S	1992—05	435	裸地	[9]
中国, 滇西	25° N	1994	445	草地	[1]
中国, 黔中	26° N	1994	274	草地	[1]
中国, 忠县(重庆)	30° N	2009	261	草地	本文
中国, 盐亭(四川)	31° N	2002—05	117	草地	[8]
中国, 盐亭(四川)	31° N	2002—10	170	草地	[8]
Oak Ridge TN USA	35° N	1984—07	673	草地	[24]
中国, 宜川(陕西)	36° N	2002—05	192	裸地	[20]
Cantabria Spain	43° N	1992~1995	294	裸地	[25]
Hahø USA	44° N	1996—05	139	草地	[26]
Higher Walton Farm Devon UK	50° N	1998—01	550	草地	[6]

建议今后加强植被覆盖度和植被类型对 ^7Be 截留吸收影响的定量研究。

致谢 承蒙张信宝研究员对文稿提出宝贵意见, 谨此致谢。

参考文献 (References)

- [1] Bai Zhanguo, Wan Guojiang. A comparative study on distribution of ^7Be and ^{137}Cs in the surface soils in the western Yunnan and the central Guizhou provinces [J. *Scientia Geographica Sinica* 2002 22 (1): 43~48 [白占国, 万国江. 滇西和黔中表土中 ^7Be 与 ^{137}Cs 分布特征对比研究 [J. *地理科学*, 2002 22 (1): 43~48]
- [2] Kaste JM, Nonon SA, Hess CT. Environmental Chemistry of Beryllium—7, Beryllium, Mineralogy, Petrology and Geochemistry [J. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry* 2002 50: 271~289
- [3] Zheng Xiangdong, Wan Guojiang, Tang Jie, et al. ^7Be and ^{210}Pb radioactivity and implications on sources of surface ozone at Mt. Waiguan [J. *Chinese Science Bulletin* 2005 50 (1): 72~76 [郑向东, 万国江, 汤洁, 等. 瓦里关山近地面气溶胶中 ^7Be 和 ^{210}Pb 的观测及其对臭氧浓度变化的示踪 [J. *科学通报*, 2005 50 (1): 72~76]
- [4] Schuler C, Wjeland E, Santschi PH, et al. A multitracer study of radionuclides in Lake Zurich, Switzerland. I. Comparison of atmospheric and sedimentary flux of Be , ^{10}Be , ^{210}Pb , ^{210}Po and ^{137}Cs [J. *Journal of Geophysical Research* 1991 96 (C9): 17051~17065
- [5] Wan Guojiang, Santschi PH, Stum M, et al. A comparative study on recent sedimentation rates of lake Greifen, Switzerland using varve counting and radionuclide dating [J. *Geochimica* 1986 (3): 259~270 [万国江, Santschi PH, Stum M, 等. 放射性核素和纹理工年对比研究瑞士格莱芬湖近代沉积速率 [J. *地球化学*, 1986 (3): 259~270]
- [6] Walling DE, HE QP, Blake W. Use of ^7Be and ^{137}Cs measurements to document short and medium term rates of water induced soil erosion on agricultural land [J. *Water Resources Research* 1999 35 (12): 3865~3874
- [7] Sepulveda A, Schuller P, Walling DE, et al. Use of ^7Be to document soil erosion associated with a short period of extreme rainfall [J. *Journal of Environmental Radioactivity* 2008 99 (1): 35~49
- [8] Zhang Xinbao, Feng Mingyi, Zhang Yijun, et al. ^7Be distribution in soils and its seasonal reference inventory in the Hilly area of Sichuan Basin [J. *Nuclear Techniques* 2004 27 (11): 873~876 [张信宝, 冯明义, 张一云, 等. 川中丘陵区 ^7Be 在土壤中的分布和季节性本底值 [J. *核技术*, 2004 27(11): 873~876]
- [9] Wallbrink P, J. Murray S. Distribution and Variability of Be —7 in soils under different surface cover conditions and its potential for describing soil redistribution processes [J. *Water Resources Research* 1996 32 (2): 467~476
- [10] Wallbrink P, J. Murray S, Olley JM. Relating suspended sediment to its original soil depth using fallout radionuclides [J. *Soil Science Society of America Journal* 1999 63: 369~378
- [11] Walling DE, Schuller P, Zhang Y, et al. Extending the timescale for using beryllium—7 measurements to document soil redistribution by erosion [J. *Water Resources Research* 2009 45: W02418. doi: 10.1029/2008WR007143
- [12] Wan Guojiang, Zheng Xiangdong, LEE HN, et al. A comparative study on seasonal variation of ^7Be concentrations in surface air between Mt. Waiguan and Mt. Guanfeng [J. *Geochimica* 2006 35 (3): 257~264 [万国江, 郑向东, LEE HN, 等. 瓦里关山和观风山近地面空气 ^7Be 浓度季节性变化对比 [J. *地球化学* 2006 35 (3): 257~264]
- [13] Jia Chengxia, Liu Guangshan, Yang Weifeng, et al. Atmospheric depositional fluxes of ^7Be and ^{210}Pb at Xiamen [J. *Journal of Xiamen University (Natural Science)* 2003 42 (3): 352~357 [贾成霞, 刘广山, 杨伟峰, 等. 厦门地区 ^7Be 和 ^{210}Pb 的大气沉降通量 [J. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2003 42 (3):

- 352~357]
- [14] Bai Zhanqiang Wan Guojiang Distribution of cosmogenic ^7Be in surface soils of mountain region and the principles for erosion trace [J]. *Acta Pedologica Sinica* 1998 35 (2): 266~275 [白占国, 万国江. 宇宙散落核素 ^7Be 在山区表土中的分布特征及侵蚀示踪原理 [J]. *土壤学报*, 1998 35 (2): 266~275]
- [15] Bai Zhanqiang Wan Guojiang Liu Dongsheng et al. A comparative study on accumulation characteristics of ^7Be and ^{137}Cs in sediments of Lake Ehai and Lake Hongfeng China [J]. *Geochimica* 2002 31 (2): 113~118 [白占国, 万国江, 刘东生, 等. 散落核素 ^7Be 和 ^{137}Cs 在洱海和红枫湖沉积物中蓄积对比 [J]. *地球化学*, 2002 31 (2): 113~118]
- [16] Pedology Section of Chengdu Branch, CAS Purple Soils in China (1) [M]. Beijing: Science Press, 1991: 1~340 [中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土 (上篇) [M]. 北京: 科学出版社, 1991: 1~340]
- [17] Wen Anbang Qi Yongqing Wang Yangchun et al. Study on erosion and sedimentation in Yangtze Three Gorge Region [J]. *Journal of Soil and Water Conservation* 2005 19 (2): 33~36 [文安邦, 齐永青, 汪阳春, 等. 三峡地区侵蚀泥沙的 ^{137}Cs 法研究 [J]. *水土保持学报*, 2005 19 (2): 33~36]
- [18] Li Hao Zhang Xinhao Wen Anbang et al. Erosion rates of purple soil on a cultivated slope in the Three Gorges Reservoir region using ^{137}Cs technique [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation* 2009 29 (5): 1~6 [李豪, 张信宝, 文安邦, 等. 三峡库区紫色土坡耕地土壤侵蚀的 ^{137}Cs 示踪研究 [J]. *水土保持通报*, 2009 29 (5): 1~6]
- [19] He Yulong et al. Purple Soils in China (2) [M]. Beijing: Science Press, 2003: 1~406 [何毓蓉, 等. 中国紫色土 (下篇) [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 1~406]
- [20] Yang M Y Walling D E Tian J L et al. Partitioning the contribution of sheet and rill erosion using beryllium-7 and cesium-137 [J]. *Soil Science Society of America Journal* 2006 70: 1579~1590
- [21] Mabit L Bernansour M Walling D E Comparative advantages and limitations of the fallout radionuclides ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ and ^7Be for assessing soil erosion and sedimentation [J]. *Journal of Environmental Radioactivity* 2008 99: 1799~1807
- [22] Zhang Fengbao Yang Mingyi Liu Pulip et al. Primary study on distribution of cosmogenic ^7Be in the soil surface cover materials on Loess Plateau [J]. *Nuclear Techniques* 2006 29 (11): 830~834 [张凤宝, 杨明义, 刘普灵, 等. 大气沉降核素 ^7Be 在黄土高原地被物中的分布初探 [J]. *核技术*, 2006 29 (11): 830~834]
- [23] Doering Ché Akber Riz Hejnis Henk Vertical distributions of ^{210}Pb excess, ^7Be and ^{137}Cs in selected grass covered soils in southeast Queensland Australia [J]. *Journal of Environmental Radioactivity* 2006 87: 135~147
- [24] Olsen C R Larsen I L Lowry P D et al. Atmospheric fluxes and marsh soil inventories of ^7Be and ^{210}Pb [J]. *Journal of Geophysical Research* 1985 90 (D6): 10487~10495
- [25] Roderas C Gomez J Quiles L S et al. ^7Be Concentrations in Air Rain Water and Soil in Cantabria (Spain) [J]. *Journal of Applied Radiation and Isotopes* 1997 48 (4): 545~548
- [26] Bonniwell E C Matsoff G Whiting P J Determining the times and distances of particle transit in a mountain stream using fallout radionuclides [J]. *Geomorphology* 1999 27: 75~92

Depth Distribution and Seasonal Variability of ^7Be in Purple Soils at Three Gorges Reservoir Region

SHI Zhonglin², WEN Anbang, YAN Dongchun, SU Ming²

(1) Institute of Mountain Hazards and Environment CAS Chengdu 610041 China

(2) Graduate University of Chinese Academy of Sciences Beijing 100049 China

Abstract: ^7Be is a naturally occurring radionuclide of cosmogenic origin. Due to its well defined source term, short half life and relative ease of measurement, ^7Be serves as a useful tool for tracing and quantifying environmental processes on the < 1 a timescale. The characters of its depth distribution and reference inventory in soils are the basis of developing soil redistribution models and investigating movement of topsoil. Measurements of ^7Be concentration in undisturbed soils were carried out at Three Gorges Reservoir region over 1 year. The results show that ^7Be was predominantly distributed in the surface soil of 0 ~ 20.0 kg/m² mass depth (0 ~ 1.5 cm). The highest ^7Be content was found in the surface horizon of 0 ~ 3.0 kg/m² mass depth (0 ~ 2 mm) and declined exponentially with depth. The soil horizon below 20.0 kg/m² mass depth contained little ^7Be . The local ^7Be reference inventories over the sampling period were 172.4 ~ 328.6 Bq/m² with a mean of 246.1 Bq/m². The reference inventories were high in spring and summer and low in autumn and winter, which were highest in summer and lowest in autumn. The interception of vegetation may be an important factor in reducing ^7Be flux to soils.

Key words: radionuclide ^7Be , purple soil, Three Gorges Reservoir region