

黄土高原地区¹³⁷Cs 的分布及其影响因子研究*李仁英¹ 杨浩¹ 唐翔宇² 赵晓光¹

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

(2 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

EFFECTS OF GEOGRAPHICAL FACTORS ON THE DISTRIBUTION OF ¹³⁷Cs
IN THE LOESS PLATEAULi Renying¹ Yang Hao¹ Tang Xiangyu² Zhao Xiaoguang¹

(1 State Key Laboratory of soil and sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

(2 Research Center of Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China)

关键词 黄土高原; ¹³⁷Cs; 分布; 影响因子

中图分类号 S157.1 文献标识码 A

中国的黄土高原地区, 由于其土壤质地均一, 颗粒细小, 颗粒间粘结力弱, 结构松散, 稳定性差等性质, 极易遭受水蚀以及风蚀。据统计, 黄土高原水土流失面积达 45.4 万 km², 年侵蚀模数大于 15 000 t km⁻² 的剧烈水蚀面积为 3.67 万 km², 占全国同等强度侵蚀面积的 89%^[1]。每年进入黄河的泥沙约为 16 亿 t, 其中约有 13 亿 t 来源于坡耕地, 约占土壤侵蚀总量的 81%^[2]。

放射性同位素示踪技术在不改变原始地貌的条件下利用示踪元素或核素的含量分异规律来研究土壤侵蚀的发生、分布, 具有精确、快速、且可反映出侵蚀和沉积过程变化等优点^[3], 因而被越来越多的研究者所利用。¹³⁷Cs 示踪技术由于能较为准确地估算出土壤侵蚀模数^[4]而被用于黄土高原地区的土壤侵蚀研究。本文通过研究该地区小流域南沟中的¹³⁷Cs 在不同利用方式、典型地貌部位及典型坡面的分布规律, 探讨¹³⁷Cs 分布的影响因子, 从而为土壤侵蚀定量模型提供参数依据。

1 采样区概况与实验方法

1.1 小流域概况

小流域南沟位于延安市的高坡村, 地处黄河中

游黄土高原丘陵沟壑区。降雨量为 483.4 ~ 630.8 mm, 7~9 月份的降水量占全年降水总量的 54.7%~63.6%, 径流深 23~75 mm。气候属半干旱至半湿润的过渡区且旱季、雨季分明。年平均气温 8℃~10℃, 多年平均 ≥10℃ 积温在 3 100℃~3 300℃, 持续时间为 170~180 d, 无霜期 165~190 d, 最冷月为 1 月, 平均气温 -6.3℃~-7.2℃, 最热月份为 7 月, 平均气温 22.7℃~23.2℃。

研究区域的土壤类型以黄绵土为主, 土壤质地较轻, 肥力较差, 矿物组成以石英、长石和云母为主。主要地貌类型为梁峁状黄土丘陵。农田以坡耕地为主, 在修筑的梯田上, 种有苹果、甜瓜等水果。在山坡上长有次生的刺槐, 地面覆盖杂草, 植被覆盖度较低。

1.2 土壤样品的采集

样点分别选在流域内梁、坡、沟三个地貌单元内, 包括次生林、耕地、草地等几种利用方式。本研究分别在这三种利用方式上选了 A、B、C、D 和 E 等五个剖面线。在梁和坡两种地貌单元内, 从坡顶顺坡向下每一定间距采集土样。在沟的地貌单元内从沟头沿水流方向每一个坝取一个剖面样。采样点的

* 国家重点基础研究发展规划项目(G1999011801)和国家自然科学基金项目(49973027)资助

作者简介: 李仁英(1975~), 女, 山东泰安人, 博士研究生, 主要从事土壤侵蚀及水环境的研究。E-mail: ryli@issas.ac.cn

收稿日期: 2003-02-05; 收到修改稿日期: 2003-06-05

空间分布如图 1 所示。

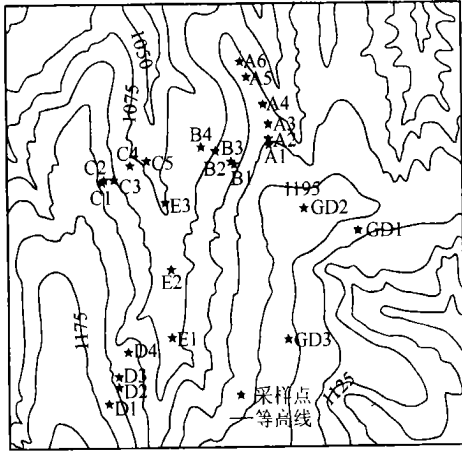


图 1 采样点空间分布图(1:2 万)

样品分全样和分层样两种。全样采用土钻法,把土钻垂直打入一定的深度,取出完整土样即可。分层样在 10 cm × 20 cm 的面积上,用小铲刀取样。非耕作土壤以 2 cm 的间隔取样至 10 cm 深度,以下以 5 cm 间隔取样。耕作土壤以 5 cm 的间距取样。取样的最大深度一般都在 30 cm 左右。

1.3 样品测定

土壤容重按常规方法测定^[5]。

¹³⁷Cs 含量测定: 土壤样品经自然风干,剔除杂草和小石子后研磨过 2.0 mm(10 目)筛。在 105℃ 左右的烘箱中烘至恒重,冷却后用 0.01 g 精度的天平称取 300 g 放在相同规格的塑料容器中,然后在高纯锗探测器及多通道分析仪所组成的 γ 谱仪(对⁶⁰Co1.33 MeV 的能量分辨率为 2.10 keV,峰康比大于 48 1,相对探测效率为 25%)上测定。¹³⁷Cs 的质

量浓度根据 662 keV 射线的全峰面积求得,并依据(1)式计算出相应样点的¹³⁷Cs 面积浓度^[6]。

$$C_s = \sum_{i=1}^n C_i \cdot B d_i \cdot D_i \cdot 1000 \quad (1)$$

式中 C_s 表示样点¹³⁷Cs 的面积浓度($Bq m^{-2}$), i 为采样层序号, n 为采样层数, C_i 为 i 采样层的¹³⁷Cs 质量浓度($Bq kg^{-1}$), $B d_i$ 为 i 采样层的土壤容重($t m^{-3}$), D_i 为 i 采样层的深度(m)。

2 结果与讨论

2.1 ¹³⁷Cs 的空间分布规律

2.1.1 ¹³⁷Cs 在非耕作土壤和耕作土壤中的剖面分布 一般而言,在非耕作土壤和未扰动的土壤中,¹³⁷Cs 主要分布在土壤剖面的上部,且主要富集在 0~5 cm 之间^[7,8]。但从表 1 可知,黄土高原地区中的¹³⁷Cs 具有较深的分布,甚至达到 25 cm。这可能与黄土颗粒间粘结力弱,结构松散,适于¹³⁷Cs 向下迁移有关。

而在耕作土壤中(表 1),因其受到人为因素(主要指耕作活动)的强烈干扰,¹³⁷Cs 基本均匀地分布在 15~20 cm 耕作层深度内^[9]。但分布深度因作物种类,耕作年限及耕作措施等不同而具有一定的差异。C5 土样来自斜坡的一小片耕地,由于坡度较大,不利于大幅度翻耕,因此,¹³⁷Cs 的分布较浅,主要分布在 0~15 cm 之间;而 E3 采样点位于集水区,淤积层较为深厚且耕种时间较长(30 年以上),从而¹³⁷Cs 具有较深的分布(0~20 cm 之间)。

表 1 非耕作土壤和耕作土壤剖面¹³⁷Cs 的面积浓度($Bq m^{-2}$)

非耕作土壤			耕作土壤		
剖面层次(cm)	剖面号		剖面层次(cm)	剖面号	
	A2	A5		A2	A5
0~2	78.62	89.56	0~5	58.76	62.81
2~4	97.87	78.21	5~10	61.80	45.59
4~6	88.34	60.79	10~15	50.66	60.79
6~8	76.19	48.63	15~20	0	58.76
8~10	63.42	49.44	20~25	0	0
10~15	34.60	20.26	25~30	0	0
15~20	0	28.37	30~35	0	0
20~25	0	15.20	35~40	0	0
25~30	0	0			

2.1.2 典型地貌部位的¹³⁷Cs 剖面分布特征 图 2 为典型地貌部位中¹³⁷Cs 剖面分布状况。图 2a 的

采样点位于中上坡,其¹³⁷Cs 主要富集在土壤表层 0~15 cm 之间,这与他人的研究结果相比,富集

较深^[10,11]。而5 cm 以下的¹³⁷Cs 面积浓度与土壤表层0~ 5 cm 范围内的¹³⁷Cs 相比并没有急剧减少,这一方面可能与黄土的粘粒及有机质含量较少,与其它土壤相比¹³⁷Cs 易于向下淋溶迁移有关,另一方面可能是该点受到严重的土壤侵蚀,以致表层富含¹³⁷Cs 的细小土壤颗粒流失,从而使土壤表层的¹³⁷Cs 面积浓度减少。

土壤的¹³⁷Cs 剖面分布会因微地貌的不同而有所差异。图 2b 是中下坡的剖面样点。该图表明在 10~ 15 cm 之间有很高的¹³⁷Cs 面积浓度,而表层

的¹³⁷Cs 面积浓度较低,这可能由于 A 采样点系列是一复杂的凹形断面,而该剖面样点正好位于凹点上,从而经受了土壤侵蚀及沉积的复杂过程。

图 2c 由于受到人为因素的影响,¹³⁷Cs 在剖面中的分布基本上是均匀的。因此,¹³⁷Cs 在耕作土壤中的剖面分布并不能反映出土壤被侵蚀的状况。但它在土壤中的最大分布深度能指示土壤最大耕作层深度,同时剖面中的¹³⁷Cs 总含量能提供有关土壤侵蚀程度的信息。

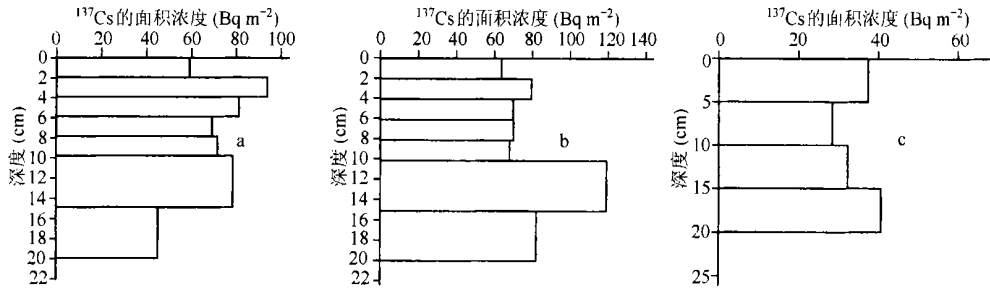
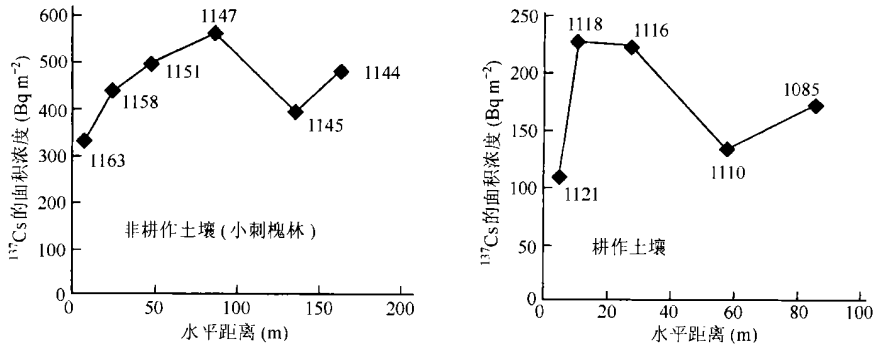


图 2 ¹³⁷Cs 在土壤典型剖面的分布状况 (a, b 属于非耕作土壤; c 属于耕作土壤)



图内数值为采样点海拔高度(m)

图 3 ¹³⁷Cs 在不同断面的分布

2.1.3 ¹³⁷Cs 在坡面的分布状况 黄土高原地区强烈的土壤侵蚀致使表层土壤及土壤吸附固定的¹³⁷Cs 随着水土流失而损失。所研究小流域中的¹³⁷Cs 含量大约在 107.39~ 985.77 Bq m⁻² 之间,与背景值 2 266 Bq m⁻²⁽¹⁾ 相比明显较低,且在空间上具有较大的变异。

图 3 表明了¹³⁷Cs 在坡面上的分布状况。从这两个图可知,¹³⁷Cs 的空间分布具有很大的变异且非耕作土壤中的¹³⁷Cs 含量明显大于耕作土壤。耕作土壤中的低¹³⁷Cs 含量主要与陡坡种植方式下土壤的可蚀性较大有关。而在非耕作土壤中,由于植被截留降水,减少雨滴的冲击,提高土壤抗蚀能力,土

(1) 杨明义. 多核素复合示踪定量研究坡面侵蚀过程. 中国科学院博士学位研究生学位论文, 2001. 38~ 39

壤侵蚀强度减弱,从而¹³⁷Cs 含量相对较高。

2.2 ¹³⁷Cs 空间分布的影响因子

2.2.1 ¹³⁷Cs 与坡度的关系

非耕作土壤中¹³⁷Cs 面积浓度随坡度的变化趋势与采样点所处的坡面状况及微地貌有很大关系^[12]。而在耕作土壤中,由于人为的犁耕堆积作用,¹³⁷Cs 基本均匀地分布在田间中。而所有样点中的¹³⁷Cs 与坡度的相关分析得知,两者呈显著相关: $y = -8.7663x + 597.95$, ($r = 0.53, p = 0.05, n = 18$), 式中, x 为坡度($^{\circ}$), y 为¹³⁷Cs 的面积浓度($Bq m^{-2}$)。

2.2.2 ¹³⁷Cs 与坡长的关系

无论在耕作土壤还是在非耕作土壤,¹³⁷Cs 在坡长上的变化趋势相同且与文安邦等^[13]的研究结果一致,即:随着坡长的增加其面积浓度先增加,其增加的位置及程度视地形而定;随后由于坡长的增加,¹³⁷Cs 的面积浓度降低。在中下坡时,¹³⁷Cs 的面积浓度达到最低值,然后,其面积浓度又随之升高。而所有采样点的¹³⁷Cs 与坡长的关系为 $y = 1.7533x + 295.3$, ($r = 0.43, p = 0.05, n = 18$), 式中, x 为坡长(m), y 为¹³⁷Cs 的面积浓度($Bq m^{-2}$)。两者的相关关系不显著。通过比较¹³⁷Cs 与坡度、坡长的关系可知,在所研究的小流域中,坡度对¹³⁷Cs 的影响明显大于坡长。

参考文献

[1] 杨勤科,焦锋,雷会珠.论黄土高原山川秀美建设.水土保持

研究,2000,7(2):52~54

- [2] 王维敏主编.中国北方旱地农业技术.北京:农业出版社,1994
- [3] 石辉,刘普灵,田均良.核示踪技术在土壤侵蚀研究中的应用.水土保持通报,1997,17(3):44~49
- [4] 杨浩,杜明远,赵其国.等.利用¹³⁷Cs 示踪农业耕作土壤侵蚀速率的定量模型.土壤学报,2000,37(3):296~305
- [5] 鲁如坤主编.土壤农业化学分析方法.北京:中国农业科技出版社,2000.266~271
- [6] Suherland R A, de Jong E. Estimation of sediment redistribution within agricultural fields using caesium-137, Crystal Springs, Saskatchewan, Canada. Appl. Geography, 1990, 10(3): 205~221
- [7] Mchenry J.R, Ritchie J.C. Physical and chemical parameters affecting transport of 137-Cs in arid watersheds. Water Resources Research, 1977, 13: 923~927
- [8] 张信宝,赫吉特 D L, 沃林 D E. ¹³⁷Cs 法测算黄土高原侵蚀速率的初步研究.地球化学,1991,3:212~218
- [9] 张信宝,李少龙,王成华,等.¹³⁷Cs 法测算梁峁坡耕地土壤侵蚀量的初探.水土保持通报,1988,8(5):18~22
- [10] Walling D E, Quine T A. Use of caesium-137 to investigate patterns and rates of soil erosion on arable fields. In: Boardman J, Foster I D L, Dearing J A. eds. Soil Erosion on Agricultural Land. Chichester, UK: Wiley, 1990. 33~35
- [11] Owens P N, Walling D E. Spatial variability of caesium-137 inventories at reference sites: An example from two contrasting sites in England and Zimbabwe. Appl. Radiat. Isot, 1996, 47(7): 699~707
- [12] 汪阳春,张信宝,李少龙,等.黄土峁坡侵蚀的¹³⁷Cs 法研究.水土保持通报,1991,11(3):34~37
- [13] 文安邦,张信宝,张一云,等.黄土峁坡耕地土壤侵蚀与泥沙输移.山地研究,1995,13(2):85~90