

文章编号:1000-8551(2005)01-058-04

# 坡面侵蚀分布特征动态变化过程的 REE 示踪法研究

琚彤军<sup>1,2</sup> 刘普灵<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院西北水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:**本文利用 REE 示踪技术,初步探讨了野外全坡长小区在次降雨过程中,坡面侵蚀时空分布的动态变化过程。结果表明:利用 REE 示踪法不仅可以准确地测定坡面不同地形部位的相对侵蚀量,还可通过对侵蚀过程样的分析,较为客观揭示降雨侵蚀过程中坡面各部位相对侵蚀量的时空变化趋势。坡面各部位相对侵蚀量随时间的变化可能存在三种模式,增长递减型、递增型和波动型。其最大侵蚀部位主要集中在坡面中段,并随降雨的持续,存在向坡面下部移动的趋势。

**关键词:**REE 示踪法;侵蚀分布特征;侵蚀过程;相对侵蚀量

## STUDY ON CHANGEABLE PROCESS OF SOIL EROSION DISTRIBUTIVE CHARACTERISTICS ON THE SLOPE SURFACE BY REE TRACING METHOD

JU Tong-jun<sup>1,2</sup> LIU Pu-ling<sup>1,2</sup>

(1. Northwest Technology University of Agriculture and Forest, Yangling, Shanxi, 712100;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shanxi, 712100)

**Abstract:** In this paper the dynamic changing process of soil erosion time and spatial distributive characteristics on slope surface was studied by the rare earth element (REE) tracing method. The results show that the REE tracing method can be used to precisely determine the relative erosion amount on different topographical parts in slope surface, and to reveal the changing trends of erosion amount on the different part in the process of soil erosion. It was concluded that the distribution pattern of erosion with the rainfall time expressed three types, they were increase-decreasing type, increasing type and wave type. The highest erosion part located in middle part of slope surface, moved down with rainfall lasting.

**Key words:** REE tracing method; erosion distribution characteristics; erosion process; relative erosion amounts

黄土高原土壤侵蚀沿坡面的变化非常复杂,受地表径流的形成和发展、坡面土壤破坏、泥沙输移与沉积过程、降雨、地貌等多种因子的影响。由于坡面土壤侵蚀强度的分布特性,直接关系到水土保持的决策,早在 20 世纪五六十年代,已引起诸多科学家的关注。先后从土壤侵蚀发生演变及侵蚀类型和侵蚀的形态特征进行了土壤侵蚀分带性研究<sup>[1,2]</sup>。但由于问题的复杂性和多因子性,至今未取得突破性的进展。我们利用稀土元素示踪法,重点研究坡面土壤侵蚀分布的动态变化特征,即在一次降雨过程中,坡面不同地形部位的侵蚀产沙变化过程。基本原理是将示踪元素化合物与土壤均匀混合后布设于被研究对象坡面的不同部位,使之在整个降雨过程中随径流泥沙一起迁移,采集径流泥沙样,利用中子活化分析方法测定各个示踪元素的含量,从而量化研究坡面不同部位土壤侵蚀的变化特征<sup>[3]</sup>。

收稿日期:2004-02-10

基金项目:国家自然科学基金项目(40471079)和中科院知识创新工程(KZCX1-06-02-05)项目

作者简介:琚彤军(1968-),男,河南辉县人,助理研究员,主要从事核农学及生态农业方面的研究。E-mail:jtjmj@sina.com

## 1 材料与方法

### 1.1 示踪元素的选择

用于本实验的 REE 示踪元素应具有和土壤有较好的结合能力,难溶于水、对生态环境影响甚微,并且具有土壤背景值低,施加量小,检测灵敏度高的特点。综合考虑实验方法的分析精度,实验成本等因素,选取 La、Ce、Nd、Sm、Eu 及 Dy 6 种镧系稀土元素做为本研究的示踪元素。实际试验中,上述示踪元素是以分析纯氧化物形态进行施放,分别是:  $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sm}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Eu}_2\text{O}_3$  和  $\text{Dy}_2\text{O}_3$ 。

### 1.2 试验小区概况

研究对象选定在水土保持研究所安塞生态站山地全坡长小区,小区宽度为 5m,斜坡长 113m,水平投影面积约为 100m<sup>2</sup>,平均地表坡度为 28°。土壤为黄绵土,坡面为裸露地面。

### 1.3 稀土释放方法

沿坡长自上而下分别按条带施放法布设 6 条稀土带,依次施放 La、Ce、Nd、Sm、Eu 及 Dy 6 条稀土元素条带,施放带宽度分别为 0.24、0.20、0.20、0.20、0.20 和 0.20m,施放深度均为 0.20m,条带长度同小区宽度。代表的小区长度分别为 23.0、20.0、17.5、17.5、17.5 和 17.5m。采用稀土元素与坡面土壤均匀混合的施放方法,为确保示踪 REE 能与土壤颗粒均匀紧密结合,示踪载体必须风干后过筛,其混合施放过程应采用稀释法,逐步逼近施放浓度。把混合物均匀地放入坡面条带中,并保证条带内土壤容重与其周围坡面土壤容重基本一致。测定土壤中施放元素的各背景值,记录施放元素的浓度。

### 1.4 观测方法

以次降雨过程中不同时段侵蚀产沙为观测对象,自产流时开始观测,纪录观测时间,收集观测时间的典型径流样(约 500ml),并纪录降雨历时、降雨量及降雨强度,最后观测小区径流池中水深及含沙量。室内分析测定样品中不同稀土元素的浓度、含沙量等。

### 1.5 样品中子活化分析(INAA)

取烘干样品 20g 过 100 目筛。称取其中 50mg 样品,用纯铝箔包装,放入原子反应堆中照射,活化后的样品在多道—计算机系统上测定(ORTEC 高纯锗探测器)<sup>[4]</sup>。在次降雨过程中不同时刻的相对侵蚀量由下式可求出:

$$= K_j \frac{R_{ij} - B_j}{C_j}$$

式中:  $R_{ij}$  为第  $j$  条条带所代表区域的相对侵蚀量(即第  $j$  条带的侵蚀量与坡面在该时刻侵蚀量的比值);  $K_j$  代表第  $j$  条带面积与该条带所代表区域的面积比值;  $B_j$  为第  $j$  种元素的土壤背景值;  $C_j$  为第  $t_i$  观测时刻侵蚀产沙量中第  $j$  种元素的浓度。

## 2 结果与分析

对试验小区 1995 年 8 月 5 日次降雨侵蚀产沙过程进行了现场观测,该场降雨历时 590min,雨量 42.6mm,平均雨强 0.07mm/min,最大 30min 雨强 0.51mm/min。共观测到 3 次产流过程 8 个浑水样。首次产流仅有结束样,观测时间为 14:30;第 2 次产流自 14:49 至 15:01,观测全过程共取 4 个浑水样;第 3 次产流时段为 15:25 至 15:35,观测到全过程 3 个浑水样。由于野外取样量较少,距小区断面出水口最近的第 6 条带(Dy)施放的元素含量未分析。

图 1 显示全坡长小区各坡段的相对侵蚀量在次降雨过程的变化趋势。从图中可以看出,在次降雨过程中,降雨初期,土壤侵蚀垂直分布差异显著,随降雨历时的延长,各部位相对侵蚀量间的差异趋于相对稳定。

从图 1 还可以看出,坡面各部位的相对侵蚀量随时间变化存在着 3 种模式。坡面上部呈现出平缓增长递减型模式,即随着坡长增大,开始侵蚀强度出现平缓增长,其后出现递减趋势;坡面底部总体上呈现递增模式;坡面中部呈现数次递增、递减的波动形式<sup>[5]</sup>。这可能是由于坡面上部随雨强趋于稳定,侵蚀动力也随之稳定,加之坡面为垫方土,土体的侵蚀速率变化不显著,变化趋势较为平缓。坡面下部由于降雨初期径流强度小,其搬运能力相对较低,加之坡面泥沙的再分布,出现搬运、沉积过程,所以在降雨初期泥沙输移缓慢,但随降雨历时的增加,降雨和径流的剥离作用也随之增加,且坡面沉积泥沙在降雨过程中发生再侵蚀,因而泥沙下移。

由图 2 可以看出,坡面相对侵蚀量随坡长的变化趋势大体存在相同的趋势,坡面主要产沙部位在坡面中部,基本上处于坡面中部 B、C、D 区,随产流过程的继续,产沙最大部位向坡面下方移动。如首次产流过程,最大产沙部位出现在坡面中上部,第 2 次产流最大产沙部位下移至坡面中部,第 3 次产流过程,最大产沙部位移至坡面中下部,大约在距坡顶 70~80m 处。对于第 2 次产流过程,前两个观测时刻 14:49 和 14:52 最大产沙部位处在坡面中上部(B 区),而后两次观测时刻 14:55 和 15:01 该部位明显下移,分别为中部(C 区)和中下部(D 区)。第 3 次产流过程也存在侵蚀强度最大点的下移现象。总之,在次降雨过程中降雨中期,坡面各部位的土壤侵蚀垂直分布表现为:坡面中段>坡面上部>坡面底部;在降雨末期,表现为:坡面中下部>坡面中部>坡面上部。总体表现为侵蚀强度最大位置随降雨历时的增加向坡面下部移动的趋势。这主要由于降雨过程中坡面径流强度的变化,黄土高原侵蚀的主要动力来自坡面径流,在产流初期,径流强度较小,其搬运能力相对较弱,泥沙输移距离受到一定限制,随坡长的增长,需搬运的物质愈来愈多,但受其搬运能力的限制,难以搬运更多的物质,因而呈现出坡面中上部位置的相对侵蚀量较大。随着降雨的继续,产流强度愈来愈强,径流搬运能力随之增加,坡面淤积的物质将被搬运,同时淤积处在降雨过程中仍可发生再侵蚀,侵蚀强度最大位置随之下移。

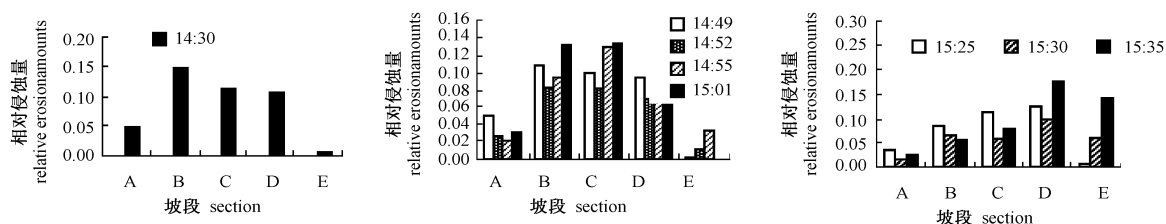


图 2 3 次产流单元坡面不同位置的相对侵蚀量的变化趋势图

Fig. 2 Changeable trends of relative amounts with different slope parts during three runoff process

### 3 结论和讨论

3.1 试验结果表明,利用 REE 示踪法不仅可以准确地测定坡面不同地形部位的相对侵蚀量,还可通过对侵蚀过程样的分析,较为客观揭示降雨侵蚀过程中坡面各部位相对侵蚀量的时空变化趋势。

3.2 坡面各部位相对侵蚀量随时间的变化可能存在 3 种模式:增长递减型、递增型和波动型。最大侵

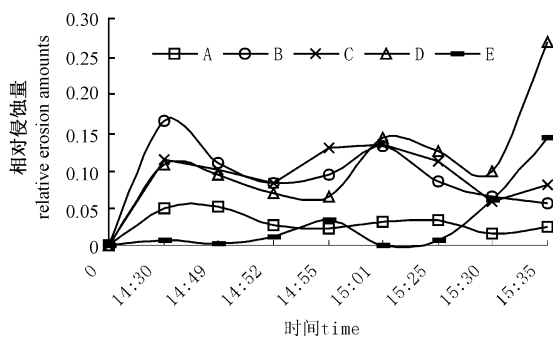


图 1 各坡段相对侵蚀量随降雨历时的变化趋势图

Fig. 1 Changeable trends of relative erosion amounts with rainfall of each slope parts

A: 坡上部; B: 坡中上部; C: 坡中部;

D: 坡中下部; E: 坡下部。下同。

A: upper part of slope; B: middle-up part of slope;

C: middle part of slope; D: middle-down part of slope;

E: lower part of slope. The same as following figure.

蚀部位主要集中在坡面中段,并存在向坡面下部移动的趋势,主要与各时段的径流强度有关。利用 REE 示踪法不仅可以准确地测定坡面不同地形部位的相对侵蚀量,对次降雨侵蚀过程样的分析,还可较为客观揭示降雨侵蚀过程中坡面各部位相对侵蚀量的时空变化趋势。

3.3 需要指出的是,虽然在次降雨过程中,由于侵蚀过程的复杂性和影响因子的多样性,坡面侵蚀产沙的时空变化表现的较为复杂,但它真实的反映了全坡长小区相对侵蚀量的变化趋势和变化幅度,为深入研究侵蚀产沙的内在机制和侵蚀过程的研究提供了可靠的科学依据。

#### 参考文献:

- [1] 朱显谟. 黄土区土壤侵蚀的分类. 土壤学报, 1956, 4(2): 99 ~ 115
- [2] 罗来兴. 划分晋西、陕北、陇东黄土区域沟间地与沟谷地的地貌类型. 地理学报, 1956, 22(3): 201 ~ 222
- [3] 田均良, 周佩华, 刘普灵, 吴普特, 等. 土壤侵蚀 REE 示踪法研究初报. 水土保持学报, 1992, 6(4): 23 ~ 27
- [4] Tian JunLiang et al. INAA determination of major tracer elements in loess plateau and precipitation layers in a Mesocene loess section, China J Radioanal Nucl Chem, 1987, 110(1): 261 ~ 274
- [5] 琚彤军, 田均良, 刘普灵, 等. REE 示踪条带释放法研究坡面土壤侵蚀垂直分带规律. 核农学报, 1999, 13(6): 347 ~ 352

---

(上接第 74 页)

从叶片输入根。因此, LatA 和 FAA 可能作用于微丝而影响同化物的运输, 3 种药剂对维管束生理的影响机制有待进一步研究。

本研究结果证明了韧皮部同化物运输的主动性, 另一方面对类似于萝卜的作物而言, 0.01 ~ 0.05mmol/L Ach 在同化物的定向调控中可以作为一个参考浓度范围, 为这类作物的增产提供了理论依据。

#### 参考文献:

- [1] 娄成后. 高等植物的命脉——维管束之谜. 余叔文主编: 植物生理与分子生物学. 北京: 北京科学出版社, 1998, 665 ~ 680
- [2] 杨守仁, 张龙步, 王进民. 水稻理想植株型育种的理论和方法初论. 中国农业科学, 1984, 3: 6 ~ 14
- [3] 杨重军, 汤飞宇, 张萍, 等. 乙酰胆碱对板蓝根<sup>14</sup>C-同化物运输的影响. 核农学报, 2004, 18(6): 489 ~ 490
- [4] Tretyn A, Kendrick R E. Acetylcholine in plants: presence, metabolism and mechanism of action. Plant Sci, 1991, 57: 33 ~ 37
- [5] 张振清. 植物材料中可溶性糖的测定. 上海植物生理学会编: 植物生理学实验手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1985, 134 ~ 138
- [6] 徐昌杰, 陈文峻, 陈昆松, 等. 淀粉含量测定的一种简便方法——碘显色法. 生物技术, 1998, 8(2): 41 ~ 43
- [7] Spector I, Shochet N R, Blabarger D, et al. Latrunculins—novel macrolides that disrupt microfilament organization and affect cell growth: I. Comparison with cytochalasin D. Cell Motility and the Cytoskeleton, 1989, 13: 127 ~ 144