

坡地土壤侵蚀与养分流失过程的研究

白红英 唐克丽 陈文亮 查 轩 史瑞云

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵)
水利部

提 要

本文采用人工降雨室内试验,研究了坡地土壤侵蚀与有机质、全氮和有效磷养分的流失过程。坡度、雨强对其流失过程的影响;比较分析了裸露坡地及沙网覆盖两种处理的土壤侵蚀与养分流失过程。结果表明:随坡度,雨强增大,养分流失量也增加;试验小区覆盖沙网消除雨滴动能后,土壤养分流失量比裸露坡地减少60%左右;养分流失量与土壤流失量呈正相关,多数泥沙样中有效养分的含量高于土壤中养分含量,尤以有效磷更为显著。

关键词:人工降雨 土壤侵蚀 养分流失 养分富集比。

Studies on the Process of Soil Erosion and Nutrient Loss in the Sloping Lands

Bai Hongying Tang Keli

Chen Wenliang Zha Xuan Shi Ruiyun

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation of
Academia Sinica and the Ministry of Water Conservancy)*

Abstract

This paper studied the process of soil erosion and nutrient loss including organic-matter, total N and available P in the sloping lands through the lab artificial rainfall, and the effects of slope gradient and rainfall intensity upon the losing process. It also analysed the process of soil erosion and nutrient loss of two treatments in the bare sloping lands and the net covering sloping lands. The results indicated that the amount of nutrient loss went up with an increase in slope gradients and rainfall intensity, and that after the kinetic energy of raindrop was eliminated by the covering net in the experimental plot, the amount of soil and nutrient loss was reduced by 60% or so as compared to that in the bare sloping lands. The amount of nutrient loss was in the correlation with soil loss. The available nutrients in most of sediment samples were higher than those in the soil with available P in particular.

Key words: artificial rainfall soil erosion nutrient loss ratio of nutrient enrichment

黄土高原土壤贫瘠,作物产量低下。其原因之一在于长期水土流失导致土壤肥力的严重退化。关于侵蚀过程与养分流失的机制尚未见专门报道,从而对侵蚀的危害,尤其是对土壤退化影响,难以作出确切的评价。为加速数据的取得,本文采用人工降雨,对坡地侵蚀与养分流失过程进行了试验研究。

一、试验方法

(一) **试验材料及设计** 试验在室内进行, 试验槽可自动调节坡度 ($0^{\circ} \sim 30^{\circ}$), 试验槽长6.5m、宽2.0m、深0.5m, 槽内供试土样为武功黄土母质 (装槽前土壤过10mm的筛孔), 填土深0.5m。

每次总降雨量控制在63mm左右不变。采用两种雨强, 降雨装置采用本所研制的侧喷式单喷头降雨器, 降雨支架高6.5m, 雨滴上喷高度1.5m, 雨滴降落高度8.0m, 其雨滴动能基本接近天然降雨^[1,2]。坡地人工降雨试验设计见表1。

表1 试验处理

地 类	雨 强 (mm/min)				
	1.610		2.617		
	15°	25°	10°	15°	25°
裸露坡地	1	2	3	4	5
裸露坡地加沙网覆盖	—	—	—	—	6

(二) **观测项目和样品采集** 每次降雨前后分别采取试验小区土样 (0~20cm) 以备与泥沙样作比较。试验过程中观测记录产流、产沙过程, 并间隔1~3min, 定时采集径流泥沙样。每次降雨试验采集样品10个左右, 视雨强和侵蚀强度而定。将采集的泥沙样静置过夜, 次日倒去上部清液, 置于沙浴上烘干 ($<70^{\circ}$) 备用。养分流失主要观测有机质、全氮和有效磷的变化。有机质用丘林法测定; 全氮用凯氏法测定; 有效磷用Olsen法测定。

二、结果与讨论

(一) **土壤侵蚀与养分流失量的变化** 通过对泥沙样中有机质、全氮及有效磷含量的分析 (见表2) 得知, 无论是坡度、雨强还是沙网覆盖小区, 对其平均含量影响不明显, 但养分流失量因坡度、雨强及沙网覆盖不同有较大的差异 (见表3)。

表2 泥沙样中养分的平均含量

项 目	雨强 1.610 (mm/min)			雨强 2.617 (mm/min)		
	处 理					
	1	2	3	4	5	6
有机质 (%)	0.526	0.496	0.540	0.463	0.476	0.488
全 氮 (%)	0.025 8	0.024 9	0.025 7	0.023 3	0.025 7	0.022 1
有效磷 (ppm)	11.04	10.90	9.89	8.34	13.39	11.92

1. 坡度对养分流失量的影响。土壤、有机质、全氮和有效磷流失量随坡度不同有较大的变化。由表3可知, 坡度由 10° 增加到 15° , 土壤、有机质、全氮、有效磷流失量分别增加了3.64、3.11、3.26、3.02倍; 当坡度由 10° 增加到 25° 时, 其流失量分别增加了7.24、6.38、7.16、9.56倍, 也就是说, 在一定的坡度范围内随着坡度的增大, 土壤流失量与养分流失量因坡面径流位能

表3 土壤流失量与养分流失量

项 目	雨强1.610 (mm/min)0		雨强2.617 (mm/min)			
	处 理					
	1	2	3	4	5	6
土 壤 (kg/亩)	397.3	849.6	728.7	2 651.4	5 278.4	2 283.6
有 机 质 (kg/亩)	2.09	4.21	3.94	12.27	25.14	11.13
全 氮 (kg/亩)	0.10	0.21	0.19	0.62	1.36	0.51
相当尿素 (kg)	0.23	0.48	0.43	1.41	3.09	1.16
有 效 磷 (kg/亩)	4.38×10^{-3}	9.26×10^{-3}	7.32×10^{-3}	2.21×10^{-2}	7.00×10^{-2}	2.7×10^{-2}
相当过磷酸钙(kg)	0.06	0.13	0.10	0.31	1.00	0.39

增加而大幅度增加。从表4中可以清楚的看出,坡度为 10° 时,养分流失量在整个降雨过程中比较稳平,而 15° 、 25° 时,养分流失量起伏变化较大,这是由于随着坡度的变化,细沟的产生时间,径流的冲刷量不同而引起的。坡度为 10° 时降雨开始11min30s才产生了细沟,且径流量小,对土壤的冲刷量也大,从而土壤流失量在整个降雨过程中变化也比较平稳;而 15° 、 25° 时,细沟产生时间为4min50s、3min30s,且径流量大,在某时段内对土壤的冲刷量也不同,从而引起土壤流失量起伏变化,而土壤流失量与养分流失是呈正相关关系。所以坡度增大时养分流失量在整个降雨过程中起伏变化也较大。

表4 坡度对土壤及其养分流失量的影响

项 目	雨 强 (2.617mm/min)														
	10°					15°					25°				
	时 间 (min)					时 间 (min)					时 间 (min)				
	3	7	11	17	23	3	7	11	17	23	2	4	8	16	22
土壤 (g/m^2)	25	101	83	88	121	86	175	325	505	441	463	405	380	793	887
有机质 (g/m^2)	0.14	0.56	0.48	0.50	0.57	0.39	0.85	1.61	2.37	2.08	2.38	1.99	1.93	3.64	4.25
全氮 ($g/m^2 \times 10^{-1}$)	0.06	0.26	0.22	0.24	0.31	0.19	0.43	0.79	1.19	1.02	1.28	1.12	1.00	1.96	2.28
有效磷 ($g/m^2 \times 10^{-3}$)	0.3	0.9	0.6	0.9	1.4	0.9	1.40	2.36	2.36	2.28	4.5	7.1	4.9	8.6	12.2

2. 雨强对养分流失量的影响。从表5可以看出,坡度相同,雨强不同,土壤流失量及养分流失量明显不同。由表5可知坡度为 25° 时,雨强由 1.610mm/min 增加到 2.617mm/min 时,土壤、有机质、全氮、有效磷流失量增加了6.2、6.0、6.5、7.5倍;当坡度为 15° 时,其增加量为6.7、5.9、6.2、5.0倍。由此可以看出,无论坡度是 25° 还是 15° 雨强增加量相同时,造成土壤、养分流失量增加的倍数是大致相同的(6倍左右)。这是因为随着雨强的增加,雨滴对大粒的打击和分散力增加,所以引起土壤流失量和养分流失量增大。另外,由表5可以清楚的看出,小雨强时,无论坡度是 25° 还是 15° ,土壤养分流失总量受坡度影响不大,即进一步说明暴雨是造成严重的水力侵蚀的主要气候因子^[3]。

3. 纱网覆盖对养分流失量的影响。在裸露的坡面上覆盖纱网时(其目的在于削弱雨滴动能),从图1可以看出与裸露地相比,其土壤、有机质、全氮、有效磷流失量明显减少,由表3可

表5 不同雨强下土壤及其养分流失量的变化

项 目	坡 度 (°)	雨强 1.610mm/min						雨强 2.617mm/min							
		时间 (min)						时间 (min)							
		4	8	12	16	20	24	32	4	8	12	16	20	24	32
土 壤 (g/m ²)	15		29*	22	36	56	55	65	155	185	395	460	480	260	
	25	47**	70	155	145	101	130	76	405	380	666	793	850	854	
有 机 质 (g/m ²)	15		0.18*	0.13	0.21	0.29	0.26	0.32	0.70	0.85	1.75	2.10	2.18	1.20	
	25	0.23**	0.35	0.68	0.75	0.52	0.65	0.37	1.99	1.93	3.24	3.64	3.85	3.99	
全 氮 (g/m ² × 10 ⁻¹)	15		0.06*	0.06	0.10	0.14	0.14	0.16	0.36	0.50	0.36	1.06	1.04	0.58	
	25	0.14**	0.22	0.38	0.34	0.25	0.31	0.18	1.12	1.00	1.68	1.96	2.12	2.20	
有 效 磷 (g/m ² × 10 ⁻³)	15		0.39*	0.2	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	1.0	1.3	0.9	1.2	0.8
	25	0.53	1.3	1.8	1.2	1.0	1.5		7.1	4.9	7.4	8.6	10.1	8.2	

* 第9min测定值

** 第6.33min测定值

知其减少量都在60%左右。其原因为当雨滴降落到纱网时, 雨滴能量被削弱, 径流形成时间推迟, 从而减少了营养元素的流失量。采用或增加地面覆盖, 可消减雨滴对土壤打击动能, 是防止土壤流失和退化的良策。

以上只讨论了雨强、坡度、纱网覆盖对土壤流失和养分流失的单因素影响, 其实土壤, 养分流失过程受许多因素的影响, 只是具体情况下各因素作用的大小有所不同。

从上述土壤流失量与有机质、全氮、有效磷流失量进行相关分析得知, 除处理1、4中土壤流失量与有效磷流失量之间相关性不明显(这可能与有效磷的富集比大有关)外, 其它各处理中土壤流失量与养分流失量之间的相关性都很显著。如处理5, 其土壤流失量与养分流失量的回归方程如下:

$$y = -26.35 + 219.09x \quad (r = 0.99^{**} \quad x: \text{有机质流失量 } g/m^2)$$

$$y = -32.97 + 4.01x \quad (r = 0.99^{**} \quad x: \text{全N流失量 } g/m^2)$$

$$y = 105.09 + 62.02x \quad (r = 0.85^{**} \quad x: \text{有效磷流失量 } mg/m^2)$$

以上分析说明^[5], 土壤侵蚀与产沙的过程, 不仅是分散、剥离和搬运泥沙的过程, 而且随同吸附和携走大量的营养元素, 导致土壤退化。

(二) 泥沙样中养分含量的变化 在降雨过程中, 泥沙样中有机质、全氮、有效磷含量的变化比较稳定。但从图2可知, 径流开始时泥沙样中有机质、全氮含量较高, 中间趋于平稳, 当降雨结束后其含量出现增高趋势, 这是由于降雨起初与雨后径流中粘粒含量较高所致(粘粒含量的变化见西北水保所查轩关于“土壤侵蚀与土壤物理性质”的报导), 而粘粒含量同泥沙样中有机质、全氮、呈正相关^[5], 这是因为粘粒含量增高, 土壤的表面积也增大, 对营养元素的吸附作用亦增加之故。

从图2可知有效磷含量比较复杂, 雨强为2.617mm/min时, 径流形成2min左右时, 其含量比较高; 而雨强为1.610mm/min时, 其含量也有一较高的峰值出现, 只是峰值出现的时间后推了一些。引起有效磷变化的原因很多, 这个问题还有待进一步研究。

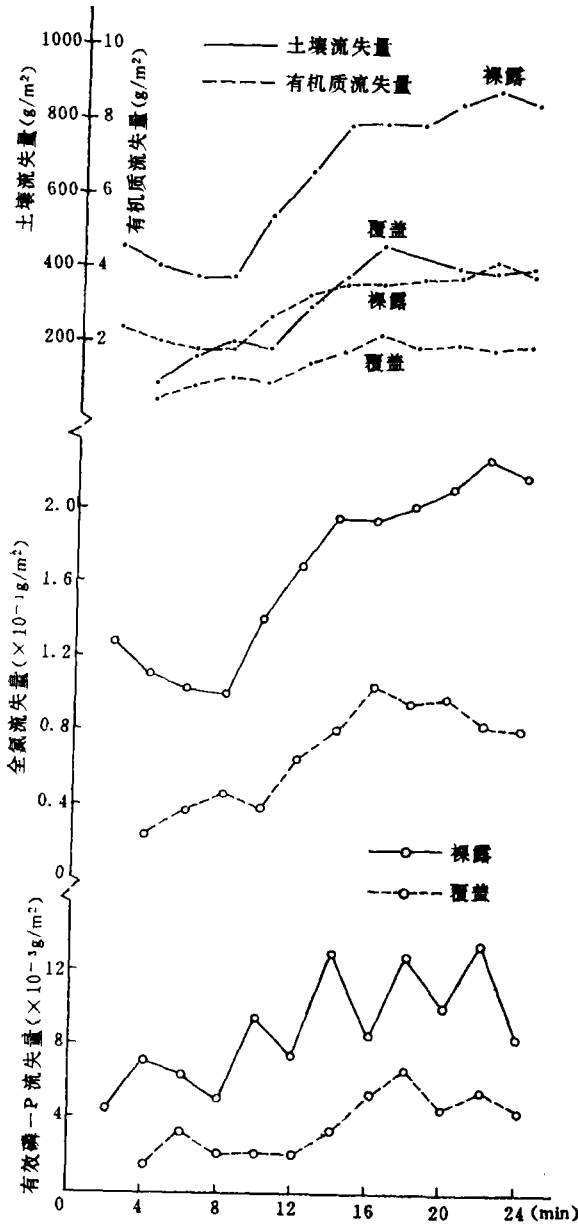


图1 纱网覆盖后土壤有机质、全氮、有效磷流失量变化过程(雨强2.617mm/min, 坡度25°)

表6 泥沙样与流失小区土壤中养分富集比

项 目	处 理					
	1	2	3	4	5	7
有机质(比)	1.12	1.06	1.15	0.99	1.01	1.04
全 氮(比)	1.01	0.98	1.01	0.91	1.01	0.87
有效磷(比)	1.52	1.50	1.36	1.15	1.84	1.64

在整个降雨过程中, 随时间的变化泥沙样中养分含量的变化虽然比较平稳, 但从表6、图2可知泥沙样中养分含量与流失小区中养分含量相比数量发生了很大的变化, 即泥沙对养分的吸附和富集增大了^[6]。现以富集比(富集比指泥沙样中养分含量与流失小区土壤中养分含量之比)来说明泥沙样中养分含量的变化。有机质的富集比为0.99~1.15, 全氮为0.87~1.01, 有效磷的富集比则高达1.15~1.84。由此结果及关于河流泥沙组成报道^[6]可知, 将泥沙样中有效磷的含量作为说明水土流失对影响土壤退化的指标是完全可以的。

三、小 结

随坡度、雨强增加, 土壤流失量与养分流失量随之增大。覆盖纱网可使土壤流失量及养分流失量比裸地减少60%左右。

流沙样中养分含量在降雨过程中(除降雨初期和降雨后略高外)比较平稳, 但养分的平均含量与流失地土壤中其含量相比明显增高, 即泥沙对养分的吸附和富集增大了^[6]。这说明水土流失不仅冲走大量泥沙, 而且导致大量养分流失, 引起土壤严重退化。

为减少土流流失, 防止土壤退化, 必须增加植被覆盖度, 合理利用土地。

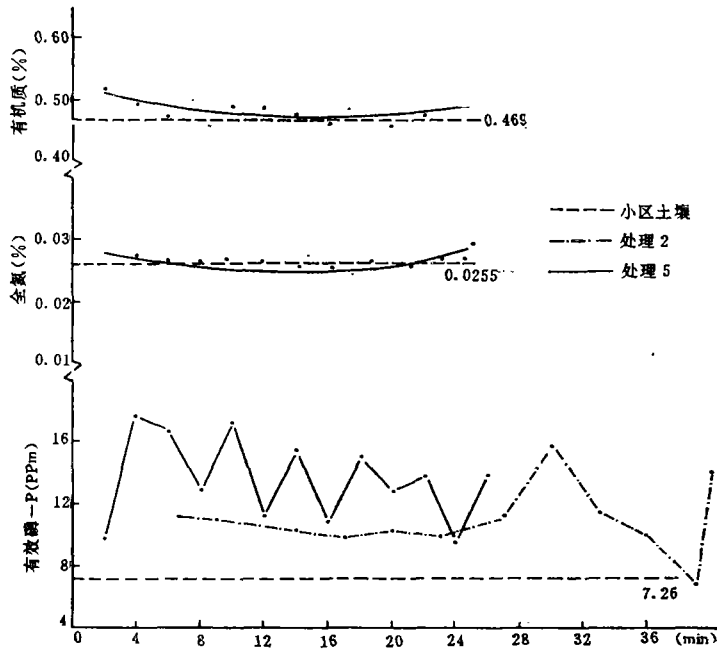
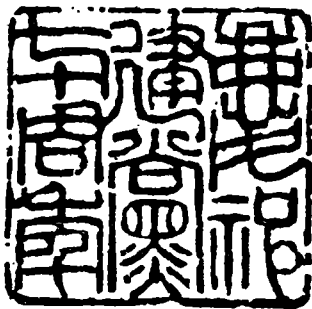


图2 泥沙样中有机质、全氮、有效磷含量变化过程

参 考 文 献

[1]周佩华等. 降雨能量的试验研究初报. 《水土保持通报》, 1981年, 第1期
 [2]陈文亮. 组合侧喷式野外人工降雨装置. 《水土保持通报》, 1984年, 第5期
 [3]辛树帜、蒋德麒主编. 《中国水土保持概论》.
 [4]M. J. 柯克比等. 《土壤侵蚀》. 北京: 水利电力出版社
 [5]唐克丽等. 黄土高原水土流失与土壤退化的研究. 《水土保持通报》, 1987年, 第6期
 [6]Walling, D. E. Soil Erosion and Sediment Yield, 1980年



庆祝建党七十周年



跟着共产党

(东北轻合金加工厂 张维春)