

遂宁组母质侵蚀规律的初步研究

张 奇

(四川省农科院水土保持试验站·成都市·610066)

提 要

本文利用回归分析和通径分析等方法,研究了自然降雨条件下遂宁组母质侵蚀小区的径流量、入渗量、侵蚀量及其影响因子。结果表明:影响径流量的主要因子是降雨量;影响入渗量的主要因子是降雨历时;决定侵蚀量的主要因子是降雨能量。

关键词:母质侵蚀 降雨能量 径流量 入渗量 侵蚀量

A Preliminary Study on the Erosion Law of J_2s Parent Material

Zhang Qi

(Station of Soil and Water Conservation, Academy of Agricultural Sciences in Sichuan Province, Chengdu 610066)

Abstract

Applying the methods of regression and path analysis and so on, the author studied the amount of runoff, infiltration, erosion and their influencing factors in erosion plot of J_2s parent material under rainfall. The results were shown as follows: the main influencing factors are the precipitation for the amount of runoff, the duration of rainfall for the amount of infiltration and the energy of rainfall for the amount of erosion.

Key words: parent erosion the energy of rainfall the amount of runoff
the amount of infiltration the amount of erosion

紫色岩占四川盆地面积的86%,侏罗系遂宁组地层(J_2s)分布面积为19 408km²,占盆地面积的11.75%。遂宁组是炎热干燥强氧化环境下,稳定浅水湖泊相沉积形成的棕红色钙质厚泥岩夹薄层粉砂岩,富含碳酸钙,粘土矿物以水云母、蒙脱石为主,石英、针铁矿含量极少。母岩的物理风化强烈,成土速度快。据中科院成都分院土壤室测定,其风化速度达到4.17cm/a。裸露母岩分布于丘陵的中上部,坡度在30°~40°之间,据本站1990年测定侵蚀模数为14 084t/(km²·a),为剧烈侵蚀,径流系数达0.5。遂宁组裸露母质地类是一种极难治理和利用的一种特殊类型。其水土流失规律具有和其它地类相比明显不同的特点。由于其分布的局限性,以前还没有学者进行过系统的研究。

一、试验区自然概况

试验区位于川中紫色丘陵区的资阳县松涛镇响水村,东经104°34'12"~104°35'19",北纬30°05'12"~30°06'42"之间,属遂宁组地层,浅丘中谷地貌,据资阳县气象站1957~1986年资料,该县年平均降雨量为965.8mm,最高达1 290.6mm,7、8两月降水量占年降水量的43%,暴雨、大雨日数分别为3.2天9.1天。母质侵蚀径流小区选择在响水村二社一丘陵上部。切沟侵蚀

自然分水、坡面完整, 平均坡长为15.3m, 小区投影面积213m², 平均坡度37°, 坡向为西北85°, 地表为0.5~2 cm的碎屑物覆盖, 基岩表面有物理风化留下的裂隙。植被为长势极差的茅草、巴茅等, 最大覆盖度小于3%。

二、研究方法

在径流小区下部建有3个沉沙池, 总体积为2.24m³。地表径流通过沉沙池沉沙后, 多余的径流进入安装在室内的堰箱, 30°三角堰测流, Sw40型日记水位计记录水位变化, 径流量为过堰箱流量与沉沙池径流(包括固体径流)之和。沉沙池中泥沙全部称重, 分层用铝盒取样测水分含量, 计算干沙量, 悬移质用取水样的方法测定, 侵蚀量为悬移质量与沉沙池泥沙之和。入渗量等于降雨量减去径流量。

收集的资料有降雨量、降雨历时、径流量、入渗量、侵蚀量、最大30min雨强, 降雨能量(EI_{30})。(径流场附近设有一专用雨量点)

三、结果分析

(一) 径流量与降雨量的关系 将降雨量对径流量作回归分析, 发现径流量与降雨量单因子之间成直线正相关关系。(如图1)

$$y = -5.955 + 0.6667x \quad n = 30 \quad r = 0.7832$$

式中: y 为径流量(mm); x 为降雨量(mm) 上式亦可写为: $y = 0.6667(x - 8.932)$ 。

上述可以看出: 当降雨量小于8.932mm时, 不会产生径流, 所以, 8.932mm是产生径流的临界降雨量指标。开始产流后, 降雨量增加1mm, 就会产生0.6667mm的径流。

(二) 径流量与降雨量、降雨历时的关系 在一次降雨过程中, 降雨量的分配有以下四种形式: 初渗、地表径流, 地下径流、蒸发。初渗雨量包括植物截流量、土壤入渗量、填注量。在裸露母质侵蚀区, 植物截流量和填注量很小, 可以忽略。小区表面为薄层碎屑物, 且其颗粒粗大(大于1mm颗粒占87%)比表面积小, 碎屑物的持水能力有限。

由此看来, 初渗雨量在各场降雨场次之间, 变化甚小, 在研究一次降雨径流的影响因子时, 可以不考虑初渗的影响。由于坡面碎屑物浅薄, 且颗粒粗大, 其渗透速率很快, 在这种地类上是很难发生超渗产流的。当开始产流后, 降雨量的分配有两种去向, 一是以地表径流的形式流走, 产生径流、侵蚀; 二是沿裂隙下渗, 以地下径流的形式流走。沿裂隙流走的径流, 其速率基本稳定, 其入渗量的大小决定于入渗历时, 如前所述, 由于初渗量较小, 一般情况下, 满足初渗所需的时间较短, 可以认为地下径流量与降雨历时成正相关。由此看来, 影响地表径流量的因子有降雨量和降雨历时。

将降雨量、降雨历时对径流量作回归分析, 并进行显著性检验, 发现降雨量、降雨历时对径流量的影响均达到极显著水平, 说明两因子都是径流量的函数。

$$y = -2.9950 - 0.917x_1 + 0.8412x_2$$

式中: y 为径流量(mm); x_1 为降雨历时(h); x_2 为降雨量(mm)。

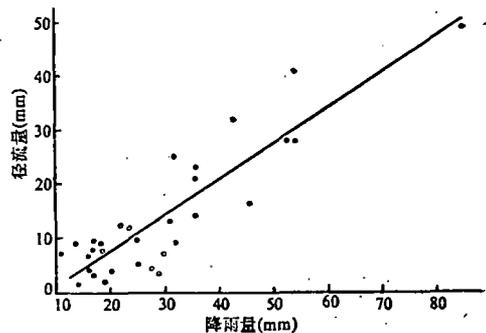


图1 径流量与降雨量的关系

表1 一次降雨的降雨量、入渗量、径流量

日期	降雨量 (mm)	降雨历时 (h)	入渗量 (mm)	径流量 (mm)
19890526	16.5	5	8.72	7.7
19890625	45.9	17	30.0	15.9
19890625	31.4	16	18.7	12.7
19890703	17.2	6	7.73	9.47
19890817	11.2	0.5	4.19	7.01
19890818	14.1	0.83	4.93	9.17
19890926	18.6	5.5	12.07	6.55
19890811	21.8	5.67	9.42	12.38
19890812	35.5	5	11.72	23.78
19900515	28.5	19	24.6	3.81
19900620	23.3	9	11.19	12.11
19900628	84.7	18	35.8	48.9
19900713	32.1	11	23.24	8.56
19900716	32.0	2	6.84	25.16
19900724	16.3	7	12.32	3.98
19900725	15.8	2.9	8.42	7.38
19900730	18.1	2.5	9.35	8.75
19900824	29.8	13	19.47	7.33
19910527	17.0	5	14.17	2.83
19910531	53.8	18	25.84	27.96
19910610	53.6	5.5	11.99	41.61
19910615	14.3	5.5	13.15	1.15
19910620	19.4	17	17.81	1.59
19910702	24.5	16	19.94	4.56
19910722	36.0	2	14.83	21.17
19910801	28.3	11	24.34	3.96
19910805	24.5	9	14.93	9.57
19910811	52.5	17	24.6	27.9
19910821	19.6	9	16.75	2.85
19910829	42.9	7	11.21	31.69

经过通径分析，得到如下结果，见图2、表2。

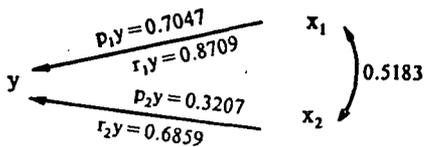


图2 径流量与相关因子通径图

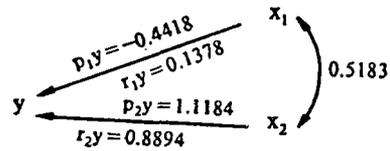


图3 入渗量与相关因子通径图

表2 自然降雨状态下径流量成分途径系数分析

相关的途径	直接途径系数 P_{iy}	间接途径系数 $R_{ij}P_{jy}$	相关系数 R_{iy}
降雨历时对径流量			0.137 8
直接途径系数	-0.441 8		
通过 X_2 的间接途径系数		0.596 0	
降雨量对径流量			0.889 4
直接途径系数	1.118 4		
通过的 X_1 间接途径系数		-0.229 0	

从途径分析结果可知，降雨量对径流量的直接途径系数为1.118 4，而降雨历时的直接途径系数为-0.441 8。说明径流量与降雨量成正相关，与降雨历时成负相关。直接途径系数的绝对值比较，降雨量大于降雨历时，说明降雨量是影响径流量的主要因子，降雨历时的影响远不及降雨量大。降雨历时一定时，降雨量越大，径流量越大；降雨量一定时，历时越长，径流量越小。

(三) 降雨入渗量与降雨历时、降雨量的关系 在一次降雨过程中，由于植物截留，填洼蒸发都很小，笔者认为降雨入渗量为降雨量减去地表径流量，这样，入渗量包括初渗和稳定入渗两部分。影响径流量的因子都是入渗量的函数。将降雨历时，降雨量对入渗量进行回归分析，并作显著性检验，发现降雨历时，降雨量对入渗量的影响达到极显著和显著水平。同时得到回归方程：

$$y = 2.912 4 + 0.922 0x_1 + 0.153 1x_2 \quad n = 30$$

式中： y 为入渗量 (mm)； x_1 为降雨历时 (h)； x_2 为降雨量 (mm)。

将自然状态下入渗量成分进行途径分析，得到如下结果，见图3表3。

表3 自然降雨状态下入渗量成分途径系数分析

相关的途径	直接途径系数 P_{iy}	间接途径系数 $R_{ij}P_{jy}$	相关系数 P_{iy}
降雨历时对入渗量			0.870 9
直接途径系数	0.704 9		
通过 X_2 的间接途径系数		0.166 2	
降雨量对入渗量			0.685 9
直接途径系数	0.320 7		
通过 X_1 的间接途径系数		0.365 2	

由表3可知，入渗量与降雨历时、降雨量成正相关。二者相比，降雨历时对降雨入渗量的直接途径系数0.704 7大于降雨量的直接途径系数0.320 7，说明入渗量主要受降雨历时的影响，降雨量对入渗量的影响相对较小。当降雨量一定时，历时越长，入渗量越大。

(四) 侵蚀量与最大30min雨强、径流量、降雨量的关系探讨 一些学者在其它地类上的研究表明：侵蚀量与降雨量、降雨强度，径流量等单因子间存在相关关系。笔者将裸露母质侵蚀小区一

表4 一次降雨侵蚀量及其影响因素

日期	侵蚀量 (t/km ²)	EI ₃₀ (t·m ² /ha·h)	I ₃₀ (mm/h)	降雨量 (mm)	径流量 (mm)
19890613	190.2	22.98	6.2	45.9	15.9
19890625	15.8	0.39	3.6	31.6	12.66
19890708	834.37	21.42	15.0	47.2	12.7
19890726	3 959.84	79.14	35.2	89.4	87.4
19890811	1 592.8	20.41	20.5	57.3	36.16
19890817	569.61	11.86	28.0	25.3	16.18
19890818	76.45	7.28	13.2	27.7	18.9
19890926	140.39	3.57	10.8	18.6	6.53
19891007	298.45	10.38	12.0	58.0	31.36
19900618	242.74	20.92	17.6	62.5	20.96
19900620	16.64	2.09	6.6	23.3	12.11
19900628	7 682.66	119.58	65.0	84.7	48.9
19900713	1 205.31	10.16	19.8	32.1	8.86
19900716	1 438.13	37.26	43.6	32.0	25.16
19900718	2 188.01	69.77	46.4	69.9	57.38
19900724	41.81	2.15	9.0	16.3	3.98
19900725	255.64	4.35	14.0	15.8	7.38
19900730	608.37	4.53	17.2	18.1	8.75
19900824	30.85	3.80	8.6	29.8	7.33

次降雨的最大30min雨强、径流量、降雨量(表4)对侵蚀量作多元回归分析,得到回归方程。

$$y = -1\,305.681 + 72.161x_1 + 20.680\,9x_2 + 3.817\,5x_3$$

式中: y 为侵蚀量(t/km²); x_1 为最大30min雨强(mm/h);
 x_2 为径流量(mm); x_3 为降雨量(mm)。

经显著性检验,发现径流量、降雨量对侵蚀量的影响没有达到显著水平。其中降雨量的影响最小,取掉降雨量因子,将径流量、最大30min雨强对侵蚀量作回归显著性检验,结果径流量对侵蚀量的影响仍达不到显著水平。说明在裸露母质侵蚀区,径流量,降雨量对侵蚀量没有直接影响。

将最大30min雨强对侵蚀量作回归分析,二者间成直线正相关关系

$$y = -1\,083.47 + 100.99x = 100.99(x - 10.73) \quad n = 20 \quad r = 0.723\,6$$

式中: y 为侵蚀量(t/km²); x 为最大30min雨强(mm/h)。

由回归方程可知:当30min最大雨强小于10.73mm/h时,不产生侵蚀,一场降雨中,最大30min雨强超过此值,产生侵蚀,且每增加1mm/hr的雨强,产生100.99t/km²的侵蚀。10.73mm/h.是产生侵蚀的临界最大30min雨强指标。

(五) 侵蚀量与降雨能量(EI₃₀)及EI₃₀、I₃₀两指标对侵蚀量影响比较 侵蚀是由地表径流搬运泥沙颗粒而形成的,在裸露母质侵蚀区,碎屑物颗粒大,没有团粒结构存在。因而,在降雨过程中不存在结皮过程和雨滴击溅使颗粒分散的情况,侵蚀的产生主要决定于所形成径流的冲

力。降雨强度大、能量高，则形成的地表径流多、冲力大、径流的搬运能力强，产生的侵蚀量也大。由前面的分析可知，侵蚀量的大小与径流量、降雨量无直接关系，所以，侵蚀量与降雨能量^[3]有一定关系（见图4）。

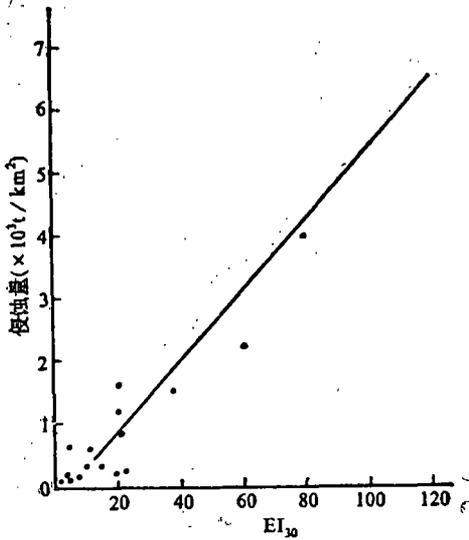


图4 侵蚀量与降雨能量的关系

将 EI_{30} 对侵蚀量作回归分析，得到如下回归方程：

$$y = -225.011 + 57.234x = 57.234(x - 3.931)$$

$$n = 20 \quad r = 0.9099$$

式中： y 为侵蚀量（ t/km^2 ）； x 为降雨能量（ EI_{30} ）（ $t \cdot m^2/ha \cdot h$ ）。

产生侵蚀的临界 EI_{30} 值为 $3.931 t \cdot m^2/(ha \cdot h)$ ，当 EI_{30} 小于此值时，一般不产生侵蚀， EI_{30} 高于此值时，每增加 $1 t \cdot m^2/(ha \cdot h)$ 则增加侵蚀 $57.234 t/km^2$ 。说明高能量的降雨是产生剧烈侵蚀的重要途径。

最大30min雨强， EI_{30} 值都与侵蚀量成正显著正相关关系，二者均可作为一次降雨的侵蚀预报。但从回归相关系数来看， I_{30} 与侵蚀量的相关系数为 0.7236 ，而 EI_{30} 的相关系数达 0.9099 ，所以，

在遂宁组裸露母质侵蚀区，用 EI_{30} 与侵蚀量的经验公式作侵蚀预报更接近真实值。

四、结 语

- (一) 降雨量是影响径流量的主要因子，产生径流的临界降雨量指标是 $8.932mm$ ；
- (二) 影响入渗量的主要因子是降雨历时；
- (三) 在裸露母质侵蚀区，径流量、降雨量对侵蚀量没有影响；
- (四) 侵蚀量与 I_{30} 、 EI_{30} 成正相关，用 EI_{30} 与侵蚀量的经验公式作侵蚀预报更为准确。

参 考 文 献

- [1] 郭永明. 四川盆地紫色泥页岩风化速度及其在农业生产上的意义. 《土壤农化通报》，1991年，第2期
- [2] 杨艳生等. 长江三峡区土壤坡面流失及重力侵蚀. 《水土保持学报》，1991年，第3期
- [3] 杨文元等. 川中丘陵坡耕地水土保持技术. 《西南农业学报》，1991年，第4期