

紫色丘陵坡耕地土壤流失因子的权重分析

梁 音 杨艳生

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

对不同紫色岩组形成的土壤,在不同地面坡度、不同径流小区面积,以及其它降雨径流因子等 12 项因子的主成份分析表明,土壤流失量主要同产生径流的降雨次数、最大一次降雨量等降雨径流因子有关。这些因子构成第一、二主成份,并显示 70% 以上的特征值累计贡献率,径流小区面积大小和地面坡度因子的累计贡献率约占 25%;另对降雨径流因子和坡度因子所作的分析表明,降雨径流因子的累计贡献率约达 80%,径流含沙量和坡度因子的累计贡献约达 20%。可见,在坡面土壤流失中,降雨和径流因子具较大的权,其数值占总权值 70% 以上。

紫色砂页岩母质土壤在长江流域及其以南地区分布较普遍。由于紫色土矿质养分含量较高,新垦殖的紫色土都能获取一定的作物收成,因此紫色土坡耕地分布也很广泛,而且造成相当严重的水土流失。为了寻求紫色土坡耕地的水土保持途径和措施,四川省江津县土肥站从 1982 年开始在不同地块上建立了 43 个水土流失地表径流观测小区,并于 1988—1989 年同中国科学院南京土壤研究所合作,进行了土壤理化性质的分析测定和有关资料处理。本文仅对各流失类型的观测资料,应用主成分分析,探索引起土壤流失的降雨、径流、地形、土壤等因子,在引起水土流失中所起的作用,以便能采用相应对策,弱化各水土流失因子的作用。

一、试区条件和资料选取

径流测试小区均布设在紫色砂页岩坡耕地上,包括的岩组有:沙溪庙组,逢莱镇组、自流井组和遂宁组;地面坡度分 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° ;径流小区面积分 17m^2 、 25m^2 、 30m^2 、 23m^2 、 33m^2 ;土壤有(地方名):紫泥土,沙土,石骨子土,黄泥夹砂土,大泥土,凡泥土,大土泥和黄泥夹石骨子土。各径流小区设 2—3 次重复。

测试观测期为 4—11 月,12 月至次年 3 月基本上不出现地表径流,亦未作观测。在观测期内,当降雨不出现地表径流时,也不作降雨及水土流失量记录。观测记录项目有降雨量、地表径流量、径流中含沙量、不同季节不同月份作物生长状况,地面覆盖度,作物稿秆和籽实收获量,土壤理化性状等。

根据重复径流小区作出小区平均值,整理出:降雨量(P)、径流量(R)、径流系数(C)、径流含砂量(S)、每年产生最大土壤流失的那一次降雨量(M);一年中产生土壤流失的降雨次数(N)和降雨量(U)、径流量(V)以及含砂量(W);地面坡度(θ)、径流小区面积(F)和土壤流失量(A),共 12 项。其数据列于表 1,并以此作为第一组分析资料。在分析这一资料的基础上,再对

表1 各测试区平均年观测资料

序号	降雨量 (mm) P	径流量 (m ³ /亩) R	径流 系数 C	径流含 沙量 (kg/m ³) S	最大1次土 流失雨量 (mm) M	土壤流失降 雨次数 N	土壤流失降 雨量 (mm) U	土流失径 流量 (m ³ /亩) V	土流失径 流含沙量 (kg/m ³) W	地面 坡度 (度) θ	径流小 区面积 (m ²) F	土壤流 失量 (t/ha) A
1	905.2	141.8	0.17	0.5	39.2	11	403.8	83.8	0.6	5	30	0.74
2	905.2	175.9	0.24	5.3	43.0	11	403.8	103.6	7.4	10	25	11.36
3	905.2	129.0	0.29	3.9	39.2	11	403.8	134.0	5.1	20	25	10.16
4	905.2	108.1	0.21	2.4	43.0	11	403.8	81.9	3.8	25	30	4.70
5	974.2	223.6	0.16	12.9	131.0	20	731.9	84.7	16.4	5	33	20.87
6	974.2	322.0	0.03	1.68	131.0	19	607.0	220.5	1.7	10	33	5.63
7	974.2	98.2	0.47	16.1	131.0	22	628.5	295.5	17.5	15	17	77.70
8	974.2	51.8	0.14	13.0	131.0	16	582.9	89.2	14.3	25	33	19.14
9	801.9	126.7	0.10	13.3	40.1	22	426.0	49.0	14.0	5	17	10.32
10	801.9	169.9	0.24	10.9	40.1	27	514.0	111.6	12.3	10	17	20.61
11	801.9	189.4	0.32	10.2	40.1	28	521.0	144.6	12.0	15	17	26.06
12	801.9	122.4	0.35	10.1	40.1	28	521.0	156.9	12.1	20	17	28.57
13	1041.0	103.6	0.18	18.6	145.0	33	782.0	105.0	21.7	5	23	34.13
14	1041.0	98.7	0.15	13.0	145.0	26	658.0	71.2	18.9	10	33	20.13
15	1041.0	112.7	0.14	20.1	145.0	33	782.0	87.2	22.8	15	33	29.80
16	1041.0	131.8	0.16	25.8	145.0	33	782.0	98.3	29.6	20	23	43.63
17	1041.0	159.3	0.19	27.1	145.0	33	782.0	112.2	31.9	25	23	53.63
18	957.6	168.7	0.25	10.2	102.4	12	575.0	113.1	9.5	10	33	16.19
19	957.6	160.7	0.26	11.9	102.4	13	602.0	137.0	14.8	15	33	30.15

第二组资料(表2)作出分析。这两组资料的主成分分析表明,前两项主成分值的贡献率都超过了70%(表5),说明经过主成分分析所组合的主成分信息,集合了收集信息的主要部分,反映了土壤坡面流失的基本状况。

表2 自流井岩组产生土壤流失的降雨要素

月 份	降雨量 (mm)	降 水 (m ₃ /亩)	径流量 (m ₃ /亩)	径流系数	土壤流失 (kg/亩)	径流含沙量 (kg/m ₃)	地面坡度 (度)
4	115.7	77.14	3.69	0.05	31.39	8.51	5
			10.66	0.14	90.87	8.52	10
			13.52	0.18	116.82	8.64	15
			17.24	0.22	146.44	8.49	20
5	77.9	51.97	2.63	0.05	21.43	8.15	5
			4.07	0.08	36.11	8.87	10
			5.23	0.10	46.79	8.94	15
			5.80	0.11	49.58	8.55	20
6	68.0	45.36	2.12	0.05	44.82	21.11	5
			3.20	0.07	66.18	20.71	10
			3.52	0.08	72.45	20.58	15
			4.51	0.11	83.39	18.49	20
7	147.7	98.49	24.38	0.25	309.70	12.71	5
			56.99	0.58	680.65	11.94	10
			73.88	0.76	874.91	11.84	15
			78.42	0.80	935.45	11.93	20

(续表 2)

月 份	降雨量 (mm)	降 水 (m ₃ /亩)	径流量 (m ₃ /亩)	径流系数	土壤流失 (kg/亩)	径流含沙量 (kg/m ₃)	地面坡度 (度)
8	133.0	88.67	18.95	0.21	280.41	14.80	5
			21.33	0.24	337.05	15.80	10
			24.78	0.28	385.71	15.57	15
			24.56	0.28	398.86	16.24	20
9	112.3	74.93	—	—	—	—	5
			14.24	0.19	102.46	7.19	10
			17.60	0.24	120.92	6.87	15
			19.73	0.26	131.86	6.68	20
10	100.6	67.07	—	—	—	—	5
			12.70	0.19	44.18	3.48	10
			24.82	0.37	86.23	3.47	15
			30.45	0.45	110.65	3.64	20
11	46.7	31.19	—	—	—	—	5
			3.60	0.12	16.92	4.70	10
			6.58	0.21	33.16	5.04	15
			8.73	0.28	48.07	5.50	20

二、各土壤侵蚀因子的相关分析

分析得到的各土壤侵蚀因子的相关阵列于表 3,由表 3 可看出各因子间相关密切程度。

表 3 第一组分析资料各因子的相关阵(n=19)

代 号	P	R	C	S	M	N	U	V	W	θ	F	A
P	1											
R	-0.03	1										
C	-0.27	0.96	1									
S	0.52	-0.16	-0.26	1								
M	0.90	0.05	-0.18	0.65	1							
N	0.77	-0.11	-0.12	0.78	0.45	1						
U	0.25	-0.03	-0.19	0.82	0.90	0.72	1					
V	-0.00	0.97	0.92	-0.08	0.13	0.00	0.06	1				
W	0.55	-0.18	-0.28	0.99	0.66	0.79	0.83	-0.12	1			
θ	0.10	0.17	0.16	0.22	0.05	0.05	0.04	0.12	0.22	1		
F	0.58	-0.24	-0.38	-0.19	0.44	-0.40	0.20	-0.27	-0.16	-0.03	1	
A	0.37	0.49	0.38	0.75	0.52	0.56	0.61	0.53	0.72	0.28	-0.39	1

注: $\gamma_{0.01} \geq 0.561$; $\gamma_{0.05} \geq 0.441$;

1. 降雨量(P):它与最大一次降雨量(M)关系最密切(相关系数 $r=0.90^{**}$),与产生土壤流失的降雨次数(N)亦显著相关($r=0.77^{**}$);此外降雨量还与平均径流含沙量(S)、产生土壤流失的径流含沙量(W)也有密切关系。可见降雨量多的年份,必然对土壤的流失产生大的影响。

2. 地表径流量(R):它与年径流系数(C)和产生土壤流失的各次降雨的径流量(V)关系都很密切, γ 分别为 0.96^{**}和 0.97^{**},而同其它因子的关系疏远。

3. 径流系数(C):只与平均径流量和产生土壤流失的径流量有密切关系, r 大于 0.92**,同其它因子无关。
4. 平均径流含砂量(S):与产生土壤流失的径流含沙量、产生土壤流失的降雨量、产生土壤流失的降雨次数和土壤流失量等因子关系密切,有 5 个因子的相关系数在 0.65** 以上,说明平均径流含砂量受制约的因子较多。
5. 最大一次土壤流失的降雨量(M):与产生土壤流失的总雨量、年降雨总量,径流含沙量和土壤流失量有关。
6. 产生土壤流失的降雨次数(N):与径流含砂量产生土壤流失的降雨量和土壤流失量有关。
7. 产生土壤流失的降雨总量(U):同产生最多土壤流失的一次降雨量、径流含砂量、降雨量、产生土壤流失的降雨次数和土壤流失量有关。
8. 产生土壤流失的径流量(V):同年径流总量、径流系数和土壤流失量有关。
9. 产生土壤流失的径流含沙量(W):同年径流含沙量、产生土壤流失的降雨量、产生土壤流失的降雨次数、土壤流失量和年降雨量有关。
10. 地面坡度(θ):并不同其它任何因素有密切关系。
11. 观测小区面积(F):几乎不同其它因素有密切关系。
12. 土壤流失量(A):同径流含沙量、产生土壤流失的各次降雨因子及产生最大土壤流失的那次雨量关系密切。

从上述可见,土壤流失主要与产生地表径流的降雨次数、最大一次降雨量、径流量、径流含沙量,通过相关密切程度传递,也与年降雨量有关。但是这些因子在土壤流失中所起作用的大小如何并没有反映出来。另外如地形因子,地面坡度,在土壤流失中显然有影响,但是被掩盖在其它因子中反映不出来,又如土壤类别不同,砂土、粗骨性土壤,对流失也有影响,都希望能找到相应的关系。因此对第一组资料作了主成分分析,并将选出的主要因子连同地面坡度因子共同作第二组分析资料,其因子包括降雨量,径流量,径流系数,平均径流含沙量,地面坡度和土壤流失量。这一资料是以不同坡度的径流小区为单元的按月观测资料,有利于更集中的反映出有关因子的内在联系。分析得出的相关阵如表 4。从中可见,土壤流失量仅同降雨量、径流量、径流系数有关,相关系数 $r \geq 0.73^{**}$,而同地面坡度无关。

表 4 不同坡度小区各分析因子相关阵 (n=29)

因 子	降雨量	径流量	径流系数	平均径流含沙量	地面坡度	土壤流失量
降雨量	1					
径流量	0.71**	1				
径流系数	0.60**	0.97**	1			
平均径流含沙量	0.10	0.00	-0.12	1		
地面坡度	-0.07	0.24	0.36	-0.16	1	
土壤流失量	0.73**	0.95**	0.88**	0.24	0.15	1

三、主成分结果讨论

对第一、第二组资料分析得出的前 4 项特征值、对应的特征向量、贡献率列于表 5。从

表 5 前 4 项特征值、贡献率及对应的特征向量

资 料 组	第 一 组				第 二 组			
对应特征值	5.15	3.42	1.88	0.99	3.49	1.29	0.83	0.34
特征向量	0.33	-0.10	0.43	0.03	0.42	-0.23	-0.30	-0.80
	-0.02	0.51	0.22	-0.04	0.53	0.04	-0.04	0.22
	-0.08	0.52	0.09	-0.03	0.51	0.20	-0.03	0.33
	0.41	-0.01	-0.21	0.07	0.03	-0.67	0.70	0.01
	0.38	-0.03	0.35	-0.01	0.14	0.65	0.64	-0.39
	0.34	0.03	-0.35	-0.18	0.52	-0.15	0.09	0.20
	0.42	-0.02	0.12	-0.15				
	0.02	0.51	0.19	-0.12				
	0.42	-0.03	-0.20	0.07				
	0.08	0.13	-0.16	0.95				
	0.02	-0.27	0.61	0.10				
	0.33	0.32	-0.10	0.03				
贡献率(%)	42.9	28.5	15.7	8.28	58.2	21.5	14.1	5.6

第一组资料的特征向量可以看出：

1. 对第一主成分贡献大的因子是降雨量,径流含砂量,产生一次最大土壤流失的雨量,产生土壤流失的降雨次数、降雨量、径流含砂量和土壤流失量。可见这一主成分反映的是水土量值成分,也就是说,降雨越多,径流含砂量越多,土壤流失量越大。

2. 对第二主成分贡献大的是关系到单位面积内地表径流量的因子,或反映的是径流成分,显然径流量越大,或径流系数越大,土壤流失量也越大。

3. 对第三主成分贡献大的是同引起最大一次土壤流失量的降雨和径流小区面积有关的因子。说明径流小区面积越大,土壤流失量越小。

4. 对第四主成分贡献大的唯一因子是地面坡度,显然坡度越大,土壤流失量也越大。

对第 2 组资料可以看出：

1. 对第一主成分贡献大的是前 3 个因子,或称降雨径流成分,降雨越大,径流越大,土壤流失量也越大。

2. 对第二主成分贡献大的是坡度因子,坡度越大、径流系数越大,但径流含砂量及土壤流失量越小,这是对粗骨性土壤或对石质山地的土壤流失情况。在这一情况下水的流失量大,而土的流失量小。这可称作失水成分。

3. 对第三主成分贡献大的是坡度、径流含砂量,并同降雨、径流因子呈相反作用,反映的是砂质土壤的流失情况。对这类土壤,当坡度较大时,降雨和径流量虽不大,但都会引起较严重的土壤流失。

4. 对第四主成分贡献大的是径流因子,说明在坡度和降雨量并不大的情况下有较大地表径流和土壤流失量。这是对地势较低平而产生一定渗水的小区土壤流失情况,也可称它是渗水成分。

从上述主成分的分析可以得出如下结果:影响紫色岩区坡耕地土壤流失的因子包括有降雨径流因子,地形(坡度)因子,地势(低平部位)因子和土壤因子。它们在引起水土流失中所起的作用如下：

(下转第 27 页)

平衡、非饱和水流条件下溶质运移的物理和化学基础、运移过程的定量描述及建模研究;物理和化学非均质土壤中活性溶质运移机理、运移过程及建模;田间大尺度并考虑空间变异条件下水盐运动规律及建模研究;运移参数的求取;以及大小尺度的溶质运移随机模型及其应用的研究。水盐动态及溶质运移规律及其模型在指导盐渍土的灌溉管理,盐渍土的化学和生物学改良等方面的应用基础研究工作应尤为重视。

5. 植物耐盐性及耐盐耐旱作物品种的应用研究。这项工作对节约水资源,利用土地资源,农业持续发展及减轻土地退化和生态环境保护都有十分重要的意义。不同作物对盐度和碱度的耐性;盐度对作物不同生育期的影响模式;耐盐品种的选育;作物耐盐基因及其转移研究;盐生植物种植与盐分循环;田间空间变异条件下植物耐盐性数据库的建立;盐渍条件下作物产量响应函数。自然条件改变情况下作物产量响应模型等可作重点研究。而以上研究工作应结合盐渍土的改良利用及生态环境的改善开展工作。侧重挖掘植物耐盐性研究的应用前景。

6. 盐渍土地的开发利用及改良技术。主要研究用灌溉管理、田间排水设施的配套建设、改良剂的使用,水利、农业、耕作、化学、生物等技术措施对盐渍土地进行综合改良。应用生态学观点和持续发展理论,研究盐渍土的开发利用规划及实施技术。以及易盐渍地区次生盐渍化的发生的防范对策及技术,也是研究重点。此外,在盐渍土形成及演变的地球化学作用研究方面,重点应揭示盐渍化发生和发展、盐渍土发生演变的地球化学作用规律以及人类活动对地球化学作用规律的影响,并开展盐渍土的分类分级体系的建立及其规范化研究。

~~~~~  
(上接第 16 页)

1. 降雨径流因子在土壤流失中起主导作用,它的作用在土壤流失的总体作用中的贡献占 50—70%。

2. 地形因子在水土流失中,不论土被条件如何,它总是起促进作用。在石质山区或粗骨土区,总是促使地表径流增加,它在土壤流失的总体作用中的贡献率约为 20—30%。

3. 土壤因子对水土流失亦有重要影响,如粗骨土、砂土对总土壤流失的贡献分别达 21% 和 14%,一般可概定为 15—20%。

4. 地势因子,即使是处于较低平部位即坡面的下坡地段,特别是有较松散厚层坡积风化物时,也会对水土流失产生影响,影响的贡献率约为 5%。

综上所述,防治水土流失应以保护地表免受雨水打击、减少地表径流为主;此外地面坡度和土壤类型既对地表径流有影响,又有其自身对土壤流失的作用,因此改善土壤结构、修筑梯田是弱化以至消除这一作用的主要措施;地势的影响是局部的,但它孕育重力侵蚀的危险,应采用稳定坡脚的措施予以解决。

#### 参 考 文 献

- [1] 杨艳生等,宁夏固原县侵蚀土壤主成分分析研究,土壤专报,39 期,1984。
- [2] 杨艳生等,降雨径流因子的初步研究,水土保持通报,3 期,1985。
- [3] 陈国良等著,微机应用与农业系统模型,陕西科学技术出版社,1986。
- [4] 杨艳生、史德明编著,数值分析和土壤侵蚀研究,东南大学出版社,1992。
- [5] 梁音等,安徽皖水流域输沙量和降雨径流因子的关联分析,水土保持学报,5 卷,3 期,1991。