

不同坡度径流小区产流产沙监测结果初报

杨开宝 张振中 吴存良

(陕西省黄土高原治理研究所, 陕西米脂)

摘 要

相同土壤在同一降雨条件下, 影响土壤侵蚀的因素是地形及植被。用粮农组织推荐的径流小区观测方法, 经过2年对不同坡度上同一耕作方法和同一作物的侵蚀测定表明, $10^{\circ}\sim 24^{\circ}$ 之间随坡度增大土壤侵蚀量增加, $24^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 之间随坡度增加土壤侵蚀增加趋势不大; 径流系数也有同样反映。洋芋是陕北的主要作物, 但洋芋作物地中的水土流失量大于其它作物地, 甚至在陡坡 26° 时大于对照裸地。水平沟耕作栽培是一种有效治理措施, 它在微地形上改变了地面坡度及坡长, 有明显的截流保持水土效益, 2年试验结果比坡地传统耕作减少土壤流失量60.3%。

关键词: 土壤侵蚀 坡度 水土保持措施

在降雨和土壤条件相同的情况下, 影响土壤侵蚀的主要因素为地形和植被覆盖状况。地形因子中, 地面坡度不仅影响径流流速, 而且还影响渗透量和径流量; 不同耕作方式产生了不同的微地貌特征, 从而影响径流的形成。植被覆盖状况直接影响着雨滴对地表的溅蚀作用, 而且不同植物对降雨的截持能力也不同。为了探索不同地面坡度在各种耕作措施下的产流产沙规律, 以及不同坡度在同一耕作方法、同一作物和一次天然降雨作用下引起的面蚀冲刷量, 我们从1988年起根据联合国粮农组织推荐的径流小区 $1.5\text{m} \times 22.1\text{m}$ 的标准, 在米脂县境内布设了6组不同坡度的径流小区定位观测场, 以研究水土流失规律, 并辅以单项水土保持措施配置项目, 观测研究蓄水减沙作用。

1 试验区自然概况

径流小区布设在陕西省米脂县境内。该地区具有典型黄土丘陵沟壑区的地貌特征及大陆性季风气候的特点, 梁峁起伏, 沟壑纵横, 地形破碎, 沟深坡陡, 气候干燥, 植被稀疏, 降雨变幅大, 水土流失严重, 年平均侵蚀模数为 $1716\text{t}/\text{km}^2$ 。

本区气候特点可概括为: 春温多风, 夏热多雨, 秋凉潮湿, 冬寒少雪。年平均降水量为 422mm , 7、8、9三个月降雨量占全年总降雨量的60%以上, 而且多以大雨、暴雨的形式出现。

试验场土壤为黄绵土, 属粉砂壤质地, 粉砂含量在50%以上, 结构疏松, 内聚力小, 遇水极易崩解分散, 抗蚀能力极弱, 暴雨侵蚀极为严重。但土壤适耕性好, 有较高的生产潜力。

2 径流小区布设与观测方法

2.1 小区布设 由于地形复杂, 地面破碎不完整, 要在一个小流域内选出几组既合乎要求又管理方便的坡面困难很大。为此, 我们先后在磨石沟小流域及孙家沟小流域

内设立了径流小区。基本情况如下:

磨石沟小流域位于米脂县城东4km处,属桥河岔乡所辖,地理位置东经 $110^{\circ}11'$,北纬 $37^{\circ}45'$,是无定河的二级支流——银河的一支流。孙家沟小流域位于米脂县城西1.5km处,属城郊乡所辖,地理位置东经 $110^{\circ}45'$,北纬 $37^{\circ}45'$,是直接流入无定河的一条小支沟。

磨石沟布设小区坡度为 14° 、 24° 和 29° ;孙家沟布设小区坡度为 10° 、 20° 和 35° 。两处小区都布设在塄坡上部的向阳坡地上,坡向基本一致。每个坡度级设置两个小区,二区平行,条件一致,作为同一坡度的对比或对照区,两处共设6组12个小区。小区走向为顺坡走向。小区边界用薄石板或土埂作围埂,埂高25cm,每个小区周围设1m宽保护带,其它附属设施有集水槽、引水渠、集水池和排水管等。

小区内每年播种不同作物,采用不同的耕作方式,观测其径流量及土壤流失量。小区内规划播种的作物有洋芋、谷子和黑豆。耕作方式有水平沟耕作、一般坡地耕作、套二犁耕作、撩壕耕作及休闲。1988年小区内先播种洋芋(保护带作物与小区内相同),采用水平沟耕作和一般坡地耕作、休闲地作对照。1989年重复1988年的试验,以验证观测结果。小区基本情况见表1。

表1 径流小区基本情况

小区编号	坡度 ($^{\circ}$)	宽度 (m)	坡长(m)		面积(m^2)		1988、 1989年种 植作物	1988、1989 年耕作措施
			水平	斜长	水平	斜面		
MP-I ₁	14	1.5	21.4	22.1	32.16	33.15	洋芋	坡地传统
MP-I ₂	14	1.5	21.4	22.1	32.16	33.15	—	休闲
MP-II ₁	24	1.5	20.2	22.1	30.17	33.15	洋芋	坡地传统
MP-II ₂	24	1.5	20.2	22.1	30.17	33.15	—	休闲
MP-III ₁	29	1.5	19.3	22.1	28.84	33.15	洋芋	坡地传统
MP-III ₂	29	1.5	19.3	22.1	28.84	33.15	—	休闲
MP-IV ₁	10	1.5	21.8	22.1	32.65	33.15	洋芋	水平沟
MP-IV ₂	10	1.5	21.8	22.1	32.65	33.15	洋芋	坡地传统
MP-V ₁	20	1.5	20.8	22.1	31.15	33.15	洋芋	水平沟
MP-V ₂	20	1.5	20.8	22.1	31.15	33.15	洋芋	坡地传统
MP-VI ₁	35	1.5	18.1	22.1	27.16	33.15	洋芋	水平沟
MP-VI ₂	35	1.5	18.1	22.1	27.16	33.15	洋芋	坡地传统

2.2 观测内容及方法

2.2.1 降雨量观测:天然降雨是决定小区径流量和侵蚀量及其在雨季时间上分配的主要因素。我们的降雨观测是在小区附近安置自记雨量计,观测计算降雨起止时间、雨量及强度变化。

2.2.2 径流量观测:于每次降雨停止后立即进行径流量观测。根据集流池内水位标尺读数,用校正后的率定水位—容积关系线推算出一次降雨的径流总量。在进行集水池水位观测时,如果集水槽、引水渠内有淤滞泥沙,则必须先将泥沙刮入池内,再进行水位读数观测。

2.2.3 径流泥沙含量测定:于观测径流量的同时,通过含沙量的测定,计算出一

次降雨所产生的泥沙总量。含沙量的测定采用置换法求出。准确读出水位后, 将池内沙水充分搅匀, 为消除泥沙下沉引起的误差, 迅速用取样筒采用梅花形五点取样。

2.2.4 作物产量测定: 作物收获后, 分别测定各小区总产量, 计算其亩产量, 并记录作物播种日期, 收获日期和生长期天数。

3 观测结果和分析

2年试验的5~9月降雨观测结果和径流泥沙测定结果列为表2和表3。现对观测结果作如下分析。

3.1 坡度与侵蚀量的关系 由于径流小区分设在两个流域内, 降雨的地域性差别必然导致土壤侵蚀量的差异, 这就降低了不同坡度土壤侵蚀的可比程度。为了消除降雨因素引起的土壤侵蚀量的差异, 我们对每次产流的降雨侵蚀力 R 因子进行计算, 并对每次降雨产生的土壤侵蚀量用相应的 R 值去除, 这样处理数据后, 各小区之间就具有了一定的可比性。因为同一耕作处理的各小区的土壤、植被覆盖度、坡长和耕作措施基本相

表2 5~9月降雨情况统计

流域名称	年份	降雨次数	累计降雨量(mm)	5~9月分配雨量(mm)					最大日降雨情况				产流降雨情况	
				5	6	7	8	9	降雨量(mm)	平均雨强(cm/h)	最大10min雨强(cm/h)	降雨日期(月. 日)	累计降雨量(mm)	产流次数
磨石沟	1988	38	381.5	73.6	64.9	160.5	65.9	16.6	37.8	0.69	5.28	7.15	118.1	5
	1989	22	260.6	0	73.9	75.6	27.1	84.0	56.1	1.09	6.00	7.17	56.1	1
孙家沟	1988	49	453.2	73.6	78.0	203.5	77.3	20.8	37.8	0.69	5.28	7.15	136.9	5
	1989	31	264.1	1.2	64.5	76.7	35.2	86.5	50.6	0.63	3.60	7.17	50.6	1

表3 农耕地径流小区土壤侵蚀量测定结果 (单位: t/km²)

侵蚀模数 坡度(°)	产流日期	1988年	1988年	1988年	1988年	1988年	1989年	耕作方式
		7月1日	7月7日	7月15日	7月31日	8月12日	7月17日	
10		375.9	321.3	976.6	269.6	0	1137.0	坡地传统耕作
14		1514.7	420.9	1756.1	1525.8	2846.6	3213.0	
20		8059.7	563.0	1908.6	2410.6	0	3487.5	
24		5341.7	304.3	5058.9	4516.4	2853.2	7027.5	
29		6751.9	485.2	3169.4	1579.7	2908.9	5881.5	
35		7456.5	937.4	2489.3	1360.3	0	1198.5	
10		328.0	0	138.6	0	0	162.0	水平沟
20		377.2	0	1157.4	0	0	255.0	
35		5401.6	0	1363.7	819.9	0	169.5	
14		4369.3	245.7	2044.8	2113.2	2726.6	3295.5	休闲
24		12533.3	450.5	6246.8	6496.1	2833.7	6850.5	
29		3681.8	268.6	4743.9	1788.8	2853.0	4962.0	

同,坡向虽不完全相同,但 R 因子也在一定程度上能反映出坡向的差异。这样,不同小区的单位 R 的侵蚀量的差异就可能归根于坡度因子了。

表 4 产流雨量及 R 值统计表

流域	产流日期 项 目	1988年 7月1日	1988年 7月7日	1988年 7月15日	1988年 7月31日	1988年 8月12日	1989年 7月17日
孙家沟	总雨量(mm)	40.8	29.9	37.8	18.2	10.2	50.6
	平均雨强(cm/h)	0.33	0.22	0.69	1.15	1.00	0.63
	I_{10} (cm/h)	4.92	0.90	5.28	7.20	1.80	3.60
	总能量 E (J/m ²)	118.50	65.28	119.47	63.78	27.49	152.85
	R 值(J·cm/m ² ·h ⁻¹)	583.02	58.75	630.80	459.22	49.48	550.26
磨石沟	总雨量(mm)	20.2	18.0	37.8	20.0	22.1	56.1
	平均雨强(cm/h)	1.57	0.36	0.69	2.41	1.11	1.09
	I_{10} (cm/h)	5.10	2.46	5.28	5.10	7.08	6.00
	总能量 E (J/m ²)	72.39	46.45	119.47	68.23	77.12	184.52
	R 值(J·cm/m ² ·h ⁻¹)	369.19	114.27	630.80	347.97	546.01	1107.12

R 值的计算采用山西省水保所推荐的适合于黄土丘陵沟壑区的降雨侵蚀力指标公式,其表达式为:

$$R = EI_{10}$$
$$E = 28.83 + 13.51\lg I$$

计算结果见表 4,单位 R 值产生的侵蚀量见表 5。

表 5 坡式耕作洋芋地单位 R 值产生的侵蚀量

产流日期 坡度(°)	1988年				1989年	总 和
	7月1日	7月7日	7月15日	7月31日	7月17日	
10	0.64	5.47	1.55	0.59	2.07	10.32
14	4.10	3.66	2.78	1.51	2.90	14.99
20	8.68	9.58	3.03	5.25	6.34	32.88
24	14.47	2.66	8.02	12.98	6.35	44.63
29	18.29	4.25	5.02	4.54	5.31	37.41
35	12.79	15.96	3.95	2.96	2.18	37.84

从表 5 来看,单次降雨单位 R 值产生的侵蚀量与坡度的关系不十分明显,从坡度因子考虑似乎规律比较紊乱。这是由于各次的降雨过程和降雨特点不同,平均雨强差异很大,最大10min雨强差异也很悬殊,如果分别就各次降雨侵蚀进行分析则带有很大的随机性。我们将各次降雨产生的侵蚀量进行相加求和,就可以看出明显的趋势:在一定的坡度范围内,随着坡度的增加,土壤流失量增大;超过此限度,土壤流失量不再有增加的趋势,反而出现下降的趋势。表 5 表明,10°~24°之间随着坡度增加土壤侵蚀量增加,24°时值最大,24°~35°之间则随着坡度增加土壤侵蚀量出现下降趋势,但趋势不很明显。

为什么会出现坡度增加到一定限度土壤侵蚀量反而呈下降趋势的现象呢?原因很复杂。一般说来,坡度愈小,径流在坡面上停滞的时间愈长,渗入土壤的机会就愈多;相

反, 如果坡度较大, 径流还未来得及渗入土壤就流走了, 其产流量往往很高。而土随水流失, 来水量大的产沙量也大, 而且坡度越大, 雨滴的溅蚀作用越明显, 土壤颗粒容易向下滚动或移动, 这样侵蚀量就会增加。但从承受雨力打击的角度去分析, 坡度越大, 虽小区水平投影面积相同, 但斜面积增加, 雨滴密度及雨量相应减少, 况且坡度越大, 径流流速越快, 径流对土壤表面的摩擦作用减小, 因此造成的土壤流失量也减少。由以上原因综合作用的结果, 就可能导致上述规律发生。

3.2 坡度与径流系数的关系 坡度是产生地表径流的基本条件。径流系数是反映

表 6 坡度与径流系数的关系

产流日期 坡度(°)	1988年				1989年	平 均
	7月1日	7月7日	7月15日	7月31日	7月17日	
10	0.09	0.75	0.70	0.37	0.18	0.42
14	0.25	0.23	0.54	0.46	0.05	0.55
20	0.41	0.62	0.58	0.44	0.23	0.46
24	0.49	0.13	0.70	0.56	0.40	0.75
29	0.53	0.18	0.41	0.51	0.33	0.57
35	0.46	0.71	0.66	0.56	0.17	0.51

不同降雨产生径流的指标。表 6 中表明, 坡度与径流系数的关系不甚明显。 $10^{\circ} \sim 14^{\circ}$ 坡度增加径流系数增大, $14^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 坡度增大径流系数又减小, $20^{\circ} \sim 24^{\circ}$ 又增大, $24^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 又出现下降趋势。 24° 时径流系数最大, 为 10° 时的 1.79 倍, 是 35° 时的 1.47 倍。总的趋势是坡度小时径流系数也小。

除此而外, 根据我们在孙家沟实验区不同作物不同坡度随机布设样区测定结果的分析情况看, 当降雨量尤其是降雨强度在一定的数量和能量范围内时, 土壤侵蚀量在不同坡度中显示出随坡度增加而增加的正比关系; 而当降雨量、降雨强度达到某一界限值时, 在陡坡地上便迅速产生一种微重力侵蚀现象。这是由雨力强度因素在地表引起的片蚀直至细沟侵蚀, 所产生的大量地表土壤坠落于集流而流走。

表 7 不同耕作方式及不同坡度土壤侵蚀模数对比

耕作方式	坡 地 传 统			水 平 沟		
坡度(°)	10	20	35	10	20	35
侵蚀模数 (t/km ²)	1 944.9	9 942.2	12 242.3	465.5	1 537.7	7 584.7
耕作方式	坡 地 传 统			休 闲		
坡度(°)	14	24	29	14	24	29
侵蚀模数 (t/km ²)	8 062.8	18 070.9	14 982.7	11 501.9	28 554.8	10 482.0

3.3 不同耕作方式对土壤侵蚀量的影响 耕作措施改变了地面微地形的坡度、坡长及地表粗糙度, 从而对土壤侵蚀量产生明显的影响。表 7 及图中的资料表明, 水平沟洋芋的蓄水保土效果是明显的, 它比坡地传统耕作洋芋地平均减少土壤流失量 60.3%, 而坡地传统耕作只比休闲裸地减少 18.6%。

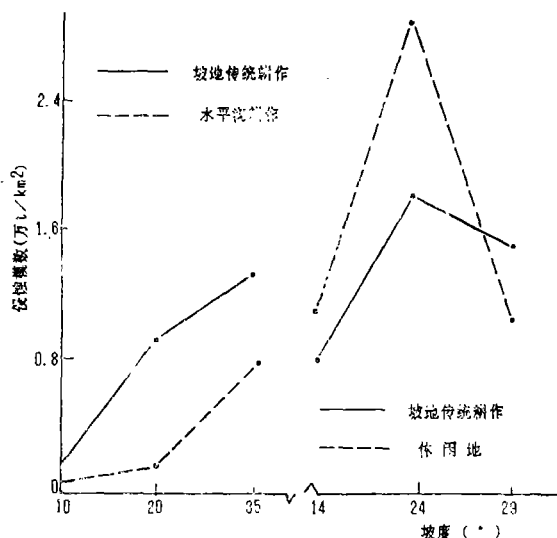


图 洋芋地不同耕作方式、不同坡度土壤侵蚀量对比曲线

情况下, 休闲裸地上的雨滴溅蚀不很明显, 而洋芋叶片上落下的水滴能量却较大, 这就又加强了对土壤的击溅侵蚀, 有时候还会出现比休闲裸地侵蚀更严重的侵蚀, 如 29° 小区就出现这种情况。

4 结论及建议

4.1 在黄土高原阶状丘陵沟壑区, 采用水平沟耕作的洋芋地比传统的坡地耕作法对土壤侵蚀量有着明显的减沙效果。本区洋芋地的面积占有相当的比例, 而且一般都种植在坡地上。从水土保持角度出发, 大力推广水平沟耕作洋芋是很有必要的。

4.2 在耕作措施相同的情况下, 随着坡度的增大, 土壤侵蚀量在明显增加, 但当坡度增大到 24° 时, 侵蚀量开始出现下降趋势。但坡度越大, 重力侵蚀作用越来越明显, 从总趋势分析, 土壤侵蚀也越严重。

4.3 从试验观测结果及实际观测中可以看到, 洋芋地的侵蚀比其它农作物地 (如谷子、大豆) 的侵蚀都严重, 有时甚至高于休闲裸地。所以, 对坡地洋芋的种植面积改变其耕作措施, 将对提高本区的水保效益有着重要意义。

4.4 土壤侵蚀是受多种因子影响的。我们根据 2 年测定资料进行了初步分析, 还需在积累较长系列的年度资料后再进行深入分析, 而且所设置的小区的坡向、坡度、面积和土壤等因素方面的可比性需进一步研究完善, 对于降雨强度对土壤侵蚀的相关性, 不同坡度对土壤侵蚀的影响程度的研究还需作进一步探讨。

Report on the Measurement of Runoff Plots With Different Slopes

Yang Kaibao Zhang Zhenzhong Wu Cunliang

(Shaanxi Control Research Institute of Loess Plateau, Shaanxi Mizhi)

Abstract

Under the same soils and rainfall, the topography, vegetation and cultivation practice effect the soil erosion. The runoff and sediment yield of crop land with different slopes have been measured in hilled and gully areas since 1983. The results show that runoff and sediment yield increased with the slopes between 10 and 24 degrees, and decreased with the slopes between 24 and 35 degrees. Potato is one of the main crops in Northern Shaanxi, but to plant it caused more soil erosion compared with other crops. Contour may change the degrees and length of slope and increasing roughness of micro-topography and reduced 60.3 percent of soil erosion compare with traditional cultivation of potato on the slope land.

Key words: Soil erosion, Slope degree, Conservation tillage measures

~~~~~  
(Abstract presented article from page 66 to 73)

## Soil Erosion Types and Distribution Laws of Zhuanyaogou Watershed

*Zhou Haichao*

(Loess Plateau Institute of Geography, Shanxi University, Shanxi Taiyuan)

### Abstract

Based on field survey and mapping, soil erosion characteristics, erosion types distribution laws, sediment yield form and silt source of Zhuanyaogou catchment are analysed in this paper. And some suggestions are made for control and exploitation of the catchment.

**Key words:** Soil erosion types, Source of Watershed sediment, Mapping of soil erosion