

晋西黄土区小流域泥沙来源分析

刘卉芳, 魏天兴, 朱清科, 姚爱静

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘要: 以晋西黄土区小流域为研究对象, 选择了 7 个典型小流域, 根据 14 a 的定位观测结果, 对流域泥沙来源进行了分析。结果表明, 按小流域泥沙来源的地貌部位划分, 沟谷地(沟头、沟道和沟坡)产沙量> 沟间地(坡面、梁峁坡)产沙量, 沟谷地产沙量占流域总产沙量的 60% 以上, 沟谷地侵蚀模数是沟间地的 1.28~2.48 倍, 坡耕地、裸露地是主要产沙地类。

关键词: 黄土区; 小流域; 侵蚀; 泥沙来源

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2004)04—0019—04

中图分类号: P333.4

Sediment Sources in Small Watersheds in Western Shanxi Province of the Loess Plateau

L U Hui-fang, WEI Tian-xing, ZHU Qing-ke, Yao Ai-jing

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forest University, Beijing 100083, China)

Abstract: The sediment sources in small watersheds were analyzed based on studies in a watershed in western Shanxi Province of the Loess Plateau. On the basis of watershed classification, seven typical watersheds were chosen and observed for 14 years. Results show that the sediment yield of small watersheds comes mainly from gullies (60% of the total sediment load). Erosion sources of the valley (including gully heads, gully beds, and valley sides) are 1.28~2.48 times more significant as sediment sources than the interfluves (including hill slopes and hill tops). Cultivation of slopland and bare soil are key contributors to soil erosion.

Keywords: the Loess Plateau; small watershed; erosion; sediment source

黄土高原是我国土壤侵蚀最强烈的地区, 水力侵蚀居全国首位。侵蚀类型和强度的空间分布既有区域差异又有垂直变化规律。在小流域内, 流域上中下游的侵蚀特点是各不相同的。分析黄土区小流域泥沙来源, 区分小流域坡面与沟道水土流失量, 对于因害设防、合理配置水土保持措施, 有效防治水土流失具有重要的意义。从 19 世纪 50 年代以来, 对黄土高原小流域水土流失规律和泥沙来源研究进行了很多^[1-3], 采用定位观测、人工模拟降雨试验与点面调查结合的方法。研究方法主要有径流小区法、地貌调查法、遥感摄影法、经验数学法、示踪法等。由于研究方法的不同, 结论有明显差异。陈永宗根据流域水力重力侵蚀的空间变化, 研究小流域产沙方式的垂直规律^[4], 蒋德麒等人采用流域径流分配原理分析了小流域泥沙产生的根源, 认为黄河中游小流域的泥沙主要来源于沟道, 但在分析中未考虑由于坡面径流通过沟坡时所增加的泥沙^[5]; 陈永宗、焦菊英、曾庆伯、蔡强国等人

对于坡面径流下沟对沟谷的影响进行了研究, 总体上都认为坡面径流下沟影响沟道产沙, 但结论差异较大^[2], 石辉认为差异的原因除了研究方法不同以外, 可能是所研究的小流域发育阶段不同所致^[4]; 陈浩采用成因分析法确定丘陵区、塬区小流域的泥沙来源, 认为从不同地貌部位泥沙产生的根源上看, 黄河中游小流域的泥沙主要来自坡面^[1]。本文应用径流小区和小流域(含小集水区)沟口测流堰实测泥沙减去沟间地侵蚀量, 推算沟谷地侵蚀量^[7], 同时应用长期定位观测资料分析了小流域中不同土地利用状况下泥沙来源, 对于合理配置防护林体系具有重要意义。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

本研究试验地在北京林业大学山西省吉县科研试验场。山西省吉县位于山西西南部黄土高原区吕梁山南端, 属典型黄土丘陵沟壑区。位于东经 110°27′—

收稿日期: 2003-07-25

资助项目: 973 项目“森林植被调控区域农业水土资源与环境的尺度辨析与转换”(2002CB111503); “十五”国家科技攻关课题“退耕还林还草工程区水土保持性植被建设技术研究与示范”(2001BA510B01)

作者简介: 刘卉芳(1977—), 女(汉族), 山西省柳林县人, 硕士, 主要从事林业生态工程方面的研究工作。电话(010)86485713, E-mail: lhf623@sohu.com。

111 07 与北纬 35 53—36 21 之间。属暖温带大陆性气候, 冬季寒冷干燥, 夏季温度较高。年降水量为 575.9 mm, 无霜期平均 170 d 左右, 年平均气温 10。大部分地区为典型黄土高原侵蚀地形, 吉县海拔最高为高天山主峰 1 820.5 m, 最低黄河沿岸海拔 440 m, 但多在 800~1 350 m, 为典型的黄土残塬、梁峁侵蚀地形, 主侵蚀沟已停止发展, 横断面成 U 字形, 有宽阔沟底及明显的沟坡脚塌积物, 植被开始恢复。侧沟成 V 字形仍在发展。地形部位可明显区分出: 梁顶、残塬、斜坡、沟坡、沟坡脚、沟底(表 1)。

1.2 研究方法

降雨量利用定位实测资料和气象站资料。坡面土壤侵蚀规律研究, 采用坡面 20 m × 5 m 标准径流小区, 长期定位观测。自然坡面径流小区 500 m²。在特定季节和暴雨后选择典型地段实地调查。

沟道水土流失调查采用实验流域, 选择对比流域, 在沟口修建量水堰, 观测径流泥沙变化。

本次研究实验布设根据研究内容和研究的总体思路, 选择了坡面径流小区、侵蚀切沟和实验流域观测径流和泥沙, 作为定位试验点, 研究土壤侵蚀规律和泥沙来源。

1.3 资料观测年限

参加分析的数据为 199307—200209 期间, 由于短历时、高强度降雨所产生的 12 次坡面径流数据。

2 黄土丘陵沟壑区(残塬沟壑区)小流域侵蚀环境分析

2.1 坡面与沟道的输沙量分配比例

根据坡面径流小区资料和小流域沟口测流堰实测泥沙资料, 计算在场降雨情况下木家岭小沟小流域、木家岭小流域、庙沟小流域、北坡小流域、南北窑小流域各流域沟谷地的侵蚀量, 推算沟谷地和沟间地侵蚀量的比例关系见表 2—3。从表中可以看出, 流域输出泥沙的 70% 以上源于沟谷地。

表 1 试验小流域自然地理特征

流域名称	流域面积/km ²	流域长度/km	流域宽度/km	形状系数	河网密度/(km·km ⁻²)	河流比降
庙小沟	0.062 4	0.45	0.138 7	0.308 2	8.57	0.318 8
庙沟	1.565 5	2.25	0.719 0	0.319 6	6.90	0.051 8
木家岭小沟	0.089 6	0.68	0.131 8	0.193 8	6.36	0.261 7
木家岭	1.396 8	2.00	0.698 4	0.349 2	3.87	0.058 2
北坡	1.502 9	2.18	0.719 0	0.329 8	3.00	0.121 1
南北腰	0.709 7	1.38	0.542 0	0.392 8	1.81	0.087 0
岳家湾	3.210 0	4.40	0.813 0	0.185 0	—	0.094 0

表 2 小流域沟间地和沟谷地面积与侵蚀量比例

项 目	庙小沟		木家岭小沟		庙沟		木家岭		日 期
	沟间地	沟谷地	沟间地	沟谷地	沟间地	沟谷地	沟间地	沟谷地	
面积/hm ²	4.33	1.91	5.39	8.96	91.96	64.59	71.82	67.86	
占流域/%	69.43	30.57	60.13	39.87	59.16	40.84	51.42	48.58	
侵蚀量/t	7.66	36.66	0.34	1.88	3.42	206.55	3.18	45.11	
占流域/%	17.30	82.70	15.20	84.80	1.66	98.34	6.58	93.42	19930715
侵蚀量/t	6.85	25.49	0.10	1.41	21.32	142.56	1.02	38.09	
占流域/%	21.20	71.80	6.50	93.50	13.10	86.90	2.60	97.40	19930804

对于北坡和南北窑小流域来说, 沟间地的面积分别占流域总面积的 41.91%, 41.68%, 侵蚀量则占全流域的 23.96%~34.67% 和 24.59%~37.44%, 而沟谷地侵蚀量占全流域的比例大于 63.77%。

这 2 次降雨输沙模数比较, 北坡沟谷地的侵蚀模数分别为 18.42 t/km² 和 8.16 t/km², 沟间地分别为 9.78 和 3.61 t/km², 前者是后者的 1.99~2.26 倍; 南北窑沟谷地的侵蚀模数分别为 21.25, 17.84 t/km², 沟间地分别为 16.55 和 7.19 t/km², 前者是后者的 1.28

~2.48 倍。因此, 小流域的泥沙主要来源于沟谷地。

从黄土高原的总体情况来看, 通过分析高原沟壑区典型小流域多年平均径流泥沙资料, 可以看出沟壑比塬面和梁峁坡的侵蚀量大^[8-9]; 丘陵沟壑区小流域沟间地与沟谷地比较, 侵蚀量沟间地占 40% 左右, 沟谷地占 60% 左右, 泥沙主要来源于沟谷地。经过对沟坡的径流泥沙分析可知, 虽然沟坡径流侵蚀产沙量往往在流域侵蚀产沙量中占有很大的比例, 但其中有相当的成分是由坡面水水下沟坡引起的^[4-5]。如果能

采取合适的水土保持措施, 阻止坡面水沙下沟, 沟坡的径流泥沙可大大减少^[12]。因此, 在水土保持治理中, 应充分考虑坡面的侵蚀产沙能力, 尽量减少或防止上坡来水来沙流入下坡, 减少径流对下部坡面的侵蚀。可以采取减小坡长, 增加坡面拦蓄径流泥沙的能力。

表 3 小流域沟间地和沟谷地面积与侵蚀比例

项 目	北 坡		南北腰		日期
	沟间地	沟谷地	沟间地	沟谷地	
面积/hm ²	62.99	87.30	29.58	41.39	—
占流域/%	41.91	58.09	41.68	58.32	—
侵蚀/t	6.16	16.10	4.96	8.71	19930715
占流域/%	27.20	72.80	36.23	63.77	
侵蚀/t	2.27	7.13	2.95	7.32	19930804
占流域/%	24.45	75.55	28.72	71.28	
侵蚀/t	6.16	19.55	4.90	8.18	19980822
占流域/%	23.96	76.04	37.44	62.56	
侵蚀/t	2.27	6.55	2.3	8.65	19990809
占流域/%	34.67	65.33	24.59	75.41	

2.2 侵蚀切沟的产沙量分析

下面分析侵蚀切沟的产沙情况, 切沟是黄土区侵蚀沟谷地的主要组成部分, 研究切沟的侵蚀产沙特性, 对于治理切沟侵蚀和产沙有重要意义。

1998年8月22日降雨观测资料表明, 在降雨量为28mm时, 切沟2(见表4)的场降雨输沙模数为2941t/km², 切沟沟道输沙量占总输沙量的99%。1999年8月9日降雨70.4mm暴雨情况下, 降雨雨强I₁₀可达1.0mm/min的, 瞬时雨强最大达到2.5mm/min, I₃₀>0.92mm/min, I₆₀>0.54mm/min, 切沟2(未治理沟)的输沙模数为3357t/km², 占年输沙总量的63.1%, 切沟2沟道输沙量占该集水区总输沙量的93.70%; 与之对比的切沟1(治理沟)输沙模数仅为0.32t/km², 未治理切沟输沙模数是治理切沟的10.623倍。从试验数据中可见沟道侵蚀非常严重, 因此治理切沟防止土壤流失, 对减少泥沙有着重要的意义。

表 4 试验切沟植被情况

切沟	类型	沟沿线上面积/hm ²	沟道面积/hm ²	河道比降	切沟沟沿线上植被状况	切沟沟沿线下植被状况
1	治理	0.0317	0.0693	0.47	油松 21 a 生, 密度为 2 725 株/hm ² , 郁闭度 0.8, 胸径 10.4 cm, 树高 6.7 m, 枯落物厚 1.5 cm。	油松, 密度为 2 000 株/hm ² , 胸径 7.6 cm, 树高 5.96 m, 郁闭度 0.8, 枯落物厚 1.5 cm, 沟坡沟底有黄刺梅、虎榛子、胡颓子, 盖度 0.8。
2	未治理	0.0564	0.1987	0.67	油松 4 800 株/hm ² , 胸径 9.7 cm, 树高 6.4 m。刺槐 3 800 株/hm ² , 胸径 7.04, 树高 6.35 m, 乔木郁闭度为 0.8, 枯落物厚 1.6 cm。	黄刺梅, 盖度为 0.3。

2.3 不同土地利用条件下侵蚀产沙的对比分析

根据北京林业大学水土保持学院在山西吉县黄土区 11 a 的观测资料^[6-7], 在不同的土地利用条件下侵蚀产沙量也不同, 林地(包括乔木、灌木、疏林地)具有较强的拦蓄地表径流、涵养水源的作用, 其侵蚀量比较小。吉县代表性地类的拦蓄能力分别为: 灌木虎榛子林分拦蓄 81.56% 的径流, 刺槐 68.91%, 沙棘为 66.37%, 油松 60.53%。

各地类年平均的土壤侵蚀量为: 裸露地侵蚀量为 174.76 t/km², 荒草地侵蚀量为 68.31 t/km², 刺槐林侵蚀量为 20.58 t/km², 油松林侵蚀量为 18.74 t/km², 油松和刺槐混交林侵蚀量为 7.36 t/km², 沙棘林侵蚀量为 4.37 t/km², 虎榛子林侵蚀量为 2.13 t/km²。林地的土壤侵蚀量属于正常侵蚀范围, 其侵蚀量远小于裸地和农地。表 5 为 1998—2002 年场降雨条件下不同土地利用的土壤侵蚀量。

表 5 不同土地利用下的侵蚀量

日期	10 ² t/hm ²									
	草地 1	草地 2	油松	刺槐	槐×松	沙棘	虎榛子	裸地 1	裸地 2	坡耕地
19980822	742.24	—	237.85	561.07	143.29	86.80	81.26	1526.63	—	3876.27
19990809	1261.50	10510.00	624.63	338.00	82.49	57.85	42.88	1328.14	68810.00	194326.00
20000715	2457.63	2251.48	987.54	1897.56	689.21	99.87	84.75	2577.89	4687.52	5877.25
20010815	1875.58	1678.25	684.23	897.56	487.25	75.48	65.41	2115.48	1877.65	2784.57
20020723	1871.54	—	543.48	952.35	257.65	62.14	21.45	2894.58	1891.52	3589.74

注: 径流小区资料乘修正系数 1.2; 草地 2 和裸地 2 为新修小区, 坡长 10m, 表中数据为第 1 场降雨资料。

由表 5 资料可以表明,各地类土壤侵蚀量大小顺序依次为:坡耕地>裸地>草地>刺槐>油松>刺槐×松>沙棘>虎榛子。此外,相同地类条件下,降雨量越大侵蚀量也会越大(见表 6)。

表 6 不同地类径流小区在不同降雨下的侵蚀量 t/hm^2

降雨量	19mm	28mm	38.5mm	53.5mm	77.8mm
坡耕地	42.9	60.5	69.7	84.6	90.7
荒草地	15.8	31.2	40.8	42.5	58.7
刺槐	11.3	11.5	18.4	21.4	24.5
虎榛子	14.5	14.8	15.0	15.2	18.9
油松	4.8	6.7	8.9	9.8	14.5
时间	-010714	-010805	-020807	-020723	-020910

1999 年 8 月 9 日,降雨量 70.4mm,坡耕地土壤侵蚀量达到 2000 t/km^2 。分析可知,坡耕地是坡面侵蚀的主要产沙地类。同时随着坡度在一定范围内的增大,侵蚀量也随之增大。而裸地侵蚀模数为 688.10 t/km^2 ,疏林地侵蚀模数为 28.09 t/km^2 。在相同的降雨情况下,坡耕地的土壤侵蚀量最大,荒草地次之,油松林地的土壤侵蚀量最小。此外,相同地类条件下,降雨量越大侵蚀量也会越大(表 6)。

3 结 论

(1) 从泥沙来源的地貌部位来看,黄土区小流域的泥沙主要来自沟谷地(沟头、沟道和沟坡),沟谷地侵蚀量占流域总侵蚀量的 60% 以上,沟谷地侵蚀模数是沟间地的 1.28~2.48 倍;(2) 切沟是黄土区侵蚀沟谷地的主要组成部分,研究切沟的侵蚀产沙特性,对于治理切沟侵蚀和产沙有重要意义;(3) 土地利用不同侵蚀产沙特点也不同,各地类土壤侵蚀量大

小顺序依次为:坡耕地>裸地>草地>刺槐>油松>刺槐×松>沙棘>虎榛子,此外,在相同地类条件下,降雨量越大侵蚀量也会越大。

[参 考 文 献]

- [1] 陈浩 黄河中游小流域泥沙来源研究[J]. 土壤侵蚀学报与水土保持学报, 1999, 4(3): 19—26
- [2] 辛树帜,蒋德麒 中国水土保持概论[M]. 北京: 农业出版社, 1982
- [3] 王万忠,焦菊英 黄土高原现代侵蚀与治理[M]. 北京: 科学出版社, 1988 10—15
- [4] 李璧成主编 小流域水土流失与综合治理遥感监测[M]. 北京: 科学出版社, 1995 14—18, 186—242
- [5] 朱显谟 黄土高原地区农业持续发展必由之路——三论黄土高原地区国土整治 28 字方略[J]. 世界科技研究与发展, 1998, 20(4): 63—65
- [6] 孙立达,朱金兆 水土保持林体系效益研究与评价[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995
- [7] 魏天兴,朱金兆 黄土残源沟壑区坡度和坡长对土壤侵蚀的影响分析[J]. 北京林业大学学报, 2003, 24(1): 59—62
- [8] 魏天兴,余新晓,朱金兆 山西西南部黄土区林地枯落物截持降水的研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(6): 1—5
- [9] 陈永宗,景可,蔡强国 黄土高原水土保持[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996 20—25
- [10] 蒋德麒,等 黄河中游泥沙来源的初步研究[J]. 地理学报, 1966, 32(4): 10—15
- [11] 江忠善,王志强,刘志 黄土丘陵区土壤侵蚀小流域土壤侵蚀空间变化定量研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(1): 1—9
- [12] 石辉 黄河中游小流域的泥沙来源研究[J]. 西北林学院学报, 1997, 125(3): 102—108

(上接第 18 页)

- [18] 杨维西 试论我国北方地区人工植被的土壤干化问题[J]. 林业科学, 1996, 32(1): 79—85
- [19] 杨新民,杨文治 黄土丘陵区人工林地土壤水分平衡初探[J]. 林业科学, 1989, 25(6): 549—553
- [20] 梁一民,李代琼,从心海,等 吴旗沙打旺草地土壤水分及生产力特性的研究[J]. 水土保持通报, 1990, 10(6): 113—118
- [21] 王力,邵明安 延安试区土壤干层现状分析[J]. 水土保持通报, 2000, 20(3): 35—37
- [22] 李玉山 苜蓿生产力动态及水分生态环境效应[J]. 土壤学报, 2002, 39(3): 405—411
- [23] 文东新 干旱区和半干旱区造林不当会加速荒漠化的进程[J]. 世界林业研究, 2002, 15(4): 76—79
- [24] 白岗栓,杜社妮,李志熙 陕北丘陵沟壑区经济林果发展策略[J]. 水土保持研究, 2000, 7(2): 143—146
- [25] 白岗栓,杜社妮,王继军,等 延安生态农业建设示范区果树资源及其合理利用[J]. 水土保持通报, 2003, 23(3): 73—77
- [26] 白岗栓,杜社妮 陕北丘陵沟壑区果树适地适栽与节水灌溉[J]. 水土保持通报, 2000, 20(6): 33—35
- [27] 侯庆春 黄土高原地区林业建设分区[J]. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1989, 109—122
- [28] 程积民 黄土高原地区草场建设分区[J]. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1989, 12(9): 144—152
- [29] 恒邦彦 黄土高原地区果树生产与分区[J]. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1989, 12(9): 123—130