

甘肃中北部黄土丘陵沟壑区暴雨条件下的水土流失分析

——以甘肃省兰州市孙家岔流域为例

景凌云^{1,2}, 费喜亮^{1*}, 张新民¹, 吴玉锋¹, 孙浩峰¹, 刘敏¹, 金毅¹

(1. 甘肃省水土保持科学研究所, 甘肃兰州 730020; 2. 兰州大学资源环境学院, 甘肃兰州 730000)

摘要 以甘肃中北部黄土丘陵沟壑区孙家岔流域为例, 在分析研究区百年一遇暴雨资料的基础上, 推算了研究范围内的洪峰流量, 重点研究了暴雨条件下的水土流失特点。结果表明, 在暴雨条件下, 坡度 12° 的农坡地土壤侵蚀量大于坡度 24° 的荒坡地, 为荒坡地的7.5~10.4倍; 坡度 24° 左右的荒坡地相对于坡度 $12^\circ \sim 14^\circ$ 的农坡地, 因其分布范围广、面积大、易于产流产沙, 更是水土流失发生发展的基地, 也是水土流失防治的重点区域; 坡耕地由特大暴雨所产生的面蚀模数和坡面径流模数分别是多年平均值的109倍和7.3~7.6倍, 而荒坡地面蚀模数和坡面径流模数分别是多年平均值的6.95倍和2.9~3.0倍。

关键词 甘肃中北部; 黄土丘陵沟壑区; 暴雨条件; 水土流失

中图分类号 S15 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)15-06832-03

甘肃省中北部黄土丘陵沟壑区是黄土高原黄土丘陵沟壑区第五副区的一部分, 该区水土流失严重、自然条件严酷, 水土流失给农业生产和经济发展带来了严重的危害。降雨, 特别是时段短、强度大的暴雨, 是产生水土流失的重要动力因素之一。暴雨的雨滴打击地面, 水流在坡面形成细小沟槽, 进而汇集成冲沟, 其过程伴随着对坡面表层的侵蚀冲刷, 水流携带泥沙下泄, 即形成水土流失^[1]。研究暴雨条件下的水土流失特征, 对防治坡地水土流失有一定的实际意义。笔者以甘肃中北部黄土丘陵沟壑区孙家岔流域为例, 利用该区百年一遇暴雨资料, 推算研究区洪峰流量, 研究暴雨条件下的水土流失特点。

1 研究区概况

甘肃中北部黄土丘陵沟壑区主要包括永登、皋兰、红古、西固、靖远、定西、榆中、会宁等县(区)的黄土丘陵沟壑地带, 属干旱、半干旱地区, 地貌类型属黄土高原丘陵沟壑区第五副区。海拔在2 000 m以上的土地占约90%以上, 沟道比降一般为2.5%~7.1%。根据孙家岔流域的现状调查分析, 较平坦(坡度 $<5^\circ$)梁梁地占11.0%, 缓坡地(坡度 $5^\circ \sim 15^\circ$)占26.0%, $15^\circ \sim 25^\circ$ 坡耕地占30.0%, 25° 以上的陡坡地占21.3%; 沟壑密度为1.88 km/km²^[2]。根据孙家岔气象观测站多年实测资料(表1), 研究区内年降水量233.0~515.3 mm, 多年平均降水量为300 mm左右, 且年际变化大, 6~9月

表1 1982~1988年孙家岔流域降水量

mm

年份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
1982	0	0	6.5	4.2	40.2	14.3	18.1	60.3	77.1	12.3	0	0	233.0
1983	0.5	0.5	10.4	38.1	28.1	49.2	70.2	142.6	98.9	30.3	0	1.4	470.2
1984	1.8	1.7	11.0	21.8	67.8	63.8	148.3	107.0	82.0	8.3	0	1.8	515.3
1985	0.4	0	3.7	4.2	76.5	56.5	64.5	111.5	62.2	47.2	0	3.3	430.0
1986	0	0.2	8.7	1.9	50.2	136.7	41.0	72.0	2.5	8.9	3.6	7.0	332.7
1987	2.0	4.0	8.3	23.8	36.5	63.2	31.4	37.2	51.3	14.9	0.2	0.3	273.1
1988	1.2	11.5	15.7	6.5	54.4	37.3	51.8	57.2	38.1	14.8	1.9	16.1	306.5
平均	0.8	2.6	9.2	14.4	50.5	60.1	60.8	84.0	58.9	19.5	0.8	4.3	364.4

降雨量占全年降水量的70%以上, 孙家岔流域内荒坡植被盖度约为15%~45%^[3-4]。

2 暴雨情况与洪峰流量推算

2.1 暴雨情况 根据调查分析, 1980年8月8日发生在孙家岔流域内的特大暴雨, 是近百年来该流域所未有的, 此次暴雨所造成的水土流失远远大于正常年份。根据定点雨量

观测和暴雨调查, 此次总降雨范围约为16 km², 实测73 min最大降雨量为111.6 mm, 30 min平均雨强45.86 mm, 60 min平均雨强91.73 mm, 暴雨中心主要处于孙家岔水库控制范围内。一次降水在30 mm以上的面积为11.719 km², 降雨总量为85万m³。其中, 孙家岔水库控制区降雨总量为66万m³, 占总降雨量的77.87%(表2和3)。根据雨后调查统计, 暴雨中心区60%以上窑洞进水, 庄院淤泥深平均0.2~0.3 m, 积水深0.5~0.7 m, 道路基本全被冲断, 冲毁梯田87.33 hm²、沟台地24.40 hm², 孙家岔水库、中庄5 m过水试验土坝和张家岔、烽火岔两处混凝土三角量水堰被水毁。同时发现暴雨后孙家岔流域西侧上游沟半坡至下游分水岭产生一道裂缝, 总长约为1 000 m, 裂缝宽处1.6 m, 窄处为2~3 cm, 沿线损坏水窖6处。

基金项目 甘肃省水利科研课题(甘水发[2007]206号); 甘肃省科技重大专项(1203FKDA035); 甘肃科技支撑计划项目(1104FKCA146); 甘肃省水利厅水利重点科研计划项目(甘财农[2012]135号)。

作者简介 景凌云(1980-), 男, 甘肃临洮人, 工程师, 在读博士, 从事水文水资源研究等方面的工作, E-mail: jinglypada@163.com。*通讯作者, 高级工程师, 本科, 从事水土保持基础理论研究及水土保持规划设计等方面的工作, E-mail: FX1550909@163.com。

收稿日期 2013-05-05

表 2 1980 年 8 月 8 日孙家岔流域暴雨观测结果 mm

测点	总降雨量	30 min 平均	73 min	平均雨强	平均最大 60 min 雨强
		雨强	平均雨强		
中庄	111.60	45.86	91.73	1.26	91.73
烽火岔	90.60	37.23	74.47	1.02	
张岔	79.20	32.55	65.10	0.89	
上岔	38.00	15.62	31.23	0.43	
农坡径流小区	54.80	22.50	45.04	0.62	
荒坡径流小区	84.60	34.77	60.53	0.83	
中学	110.00	42.21	90.41	1.24	
林场	79.40	32.30	65.26	0.89	
水库	28.00	11.51	23.01	0.32	
肖家山	48.00	19.73	39.45	0.54	

所设荒坡径流小区的坡度为 24°, 坡长分别为 10、20、30、40 m, 实测小区降雨量为 84.6 mm。降雨后各集水池均有

表 3 1980 年 8 月 8 日孙家岔流域降雨 30 mm 以上范围降雨量统计

降雨量 mm	烽火岔		孙家岔		张家岔		水库流域外		合计	
	面积//m ²	降雨量//m ³	面积//m ²	降雨量//m ³	面积//m ²	降雨量//m ³	面积//m ²	降雨量//m ³	面积//m ²	降雨量//m ³
110.8			13 750	1 524					13 750	1 524
105.0	20 000	2 100	623 750	65 494					643 750	67 594
95.0	357 500	33 693	792 500	75 288	285 000	27 075	225 000	21 375	1 660 000	157 431
85.0	350 000	29 750	672 500	57 163	738 750	62 794	1 127 000	95 838	2 888 750	245 545
75.0	150 000	11 250	430 000	32 250	656 250	49 219			1 236 250	92 719
65.0	160 000	10 400	422 500	27 463	1 028 750	66 869	5 000	325	1 616 250	105 057
55.0	112 500	6 188	372 500	20 483	770 000	42 350	612 500	33 688	1 867 500	102 714
45.0	47 500	2 138	460 000	20 700	267 500	12 038	825 000	37 125	160 000	72 001
35.0					191 250	6 694			191 250	6 694
合计	1 197 500	95 519	3 787 500	300 370	3 937 500	267 039	795 000	188 351	11 717 500	851 279

2.2 洪峰流量推算 洪峰流量和洪水总量的计算参照甘肃省水文图集的公式:

$$q = 43.0 / F^{0.439}$$

$$T = 2.14F^{0.344}$$

$$Qp = Fp$$

$$Wp = 0.00443Qp^{0.978}(T+9)^{1.68}$$

式中, q 为洪峰流量模数 ($m^3/(s \cdot km^2)$); Qp 为洪峰流量 (m^3/s); Wp 为洪水总量 ($10^4 m^3$); T 为洪水历时 (h); F 为流域面积 (km^2)。经计算, 此次暴雨在孙家岔 8.9 km^2 面积的洪峰流量模数、洪峰流量、洪水总量分别为 16.45 $m^3/(s \cdot km^2)$ 、146 358 m^3/s 、475 580 m^3 。

根据 1980 年此次暴雨降水量的调查分析结果, 该次暴雨在 8.9 km^2 范围内的总降水量为 66 万 m^3 , 结合当时有关实测资料推算, 孙家岔该次暴雨产流量为 337 600 m^3 , 孙家岔流域在 8.9 km^2 范围内综合径流系数为 51.15%, 径流模数为 37 932.6 $m^3/(km^2 \cdot a)$ 。按照此方法推算, 可得孙家岔 42.08 km^2 流域不同频率的洪峰流量模数、洪峰流量及洪水流量 (表 4)。由表 4 可知, 在可能的最大暴雨条件下, 孙家岔

表 4 孙家岔流域不同频率洪峰流量模数、洪峰流量及洪水流量

频率//%	$q//m^3/(s \cdot km^2)$	$Qp//m^3/s$	$Wp// \times 10^4 m^3$
0.1	8.33	350.53	159.79
0.5	6.26	263.42	120.84
1.0	5.19	218.40	100.60
2.0	4.40	185.15	85.60
5.0	3.25	136.76	63.65
10.0	2.27	95.52	44.81

不同程度的漫溢, 其中以 10 m 坡长小区水池溢量较少, 按此估算荒坡径流系数应为 69.5%。所设农坡径流小区的坡度为 12°, 坡长分别为 10、20、30、40 m, 降雨前为裸露地面, 实测小区降水量为 54.8 mm。其中, 10 m 径流小区因受到保护, 所以集水池没有出现漫溢现象, 30、40 m 小区的集水池有明显漫溢痕迹, 20 m 小区的集水池未见明显漫溢痕迹, 按此推算径流系数约为 53.6%。该区无长期实测降雨资料, 所设立雨量测点仅有 3 年历史, 查榆中县 1956~1970 年实测资料表明, 最大 1 h 降雨量为 32.1 mm。全省实测最大 1 h 降雨量为 91.1 mm, 最大 1.5 h 降雨量为 94.4 mm (出现在合水站)。按此推算, 该区百年一遇 1.5 h 降雨量为 57.6 mm, 千年一遇 90 min 降雨量为 114.5 mm。综合以上情况, 估计此次降雨量最低频率相当于 500 年一遇。

42.08 km^2 流域内洪峰流量可达 350.53 m^3/s , 洪水总量可达 1 597 900 m^3 。

3 暴雨径流引起的土壤侵蚀量

根据历年暴雨过后实测资料, 孙家岔沟 120 年中沟头平均每年前进 1.67 m, 蚕食沟台地面积 0.017 hm^2 , 占流域面积的 0.004%, 沟底下切深 0.1~0.3 m。此次暴雨后孙家岔沟头平均前进 10 m, 蚕食沟台地面积 0.453 hm^2 , 占流域面积的 0.12%, 平均下切深 1.0~1.5 m, 分别是多年平均值的 6、27.2、6.25 倍。根据所设径流小区调查资料, 该流域内此次暴雨过程中荒坡地、农耕地和道路的径流系数在当时条件下分别为 69.5%、53.6% 以上、99.60% 以下。此次暴雨过程中, 流域内发生了剧烈的水土流失作用。根据侵蚀痕迹调查, 得到该次暴雨不同地类的土壤侵蚀量 (表 5)。由表 5 及当时孙家岔流域土地利用状况推算可知, 在可能最大降雨条件下, 土壤侵蚀量达 160~330 t/hm^2 。一般农地土壤流失量为荒坡的 7.5~10.4 倍, 该次暴雨在孙家岔流域 8.9 km^2 的土地上, 沟台地和梯田由于洪水作用比较集中, 破坏严重, 其

表 5 1980 年 8 月 8 日孙家岔流域暴雨不同地类土壤侵蚀量

地类	坡度//°	坡长//m	侵蚀量// t/hm^2
农坡地	6~17	<40	225~705
荒坡地	22~27	20	21~68
梯田	<3		345
沟台地	3~5		1 054
沟道			975~1 050

注: 降雨量为 28.0~111.6 mm; 侵蚀量系由冲沟、滑坡、细沟、明显片状侵蚀测得, 不包括较均匀的片状侵蚀, 故数值偏小。

单位面积土壤侵蚀量较大,根据当时实测资料,推算该次土壤侵蚀模数应大于 400 t/hm^2 。

4 结论

(1)由特大暴雨所造成的水土流失是相当严重的,值得在水土保持治理工作中充分重视。坚持自上而下、先坡后沟、沟坡兼治的防治原则,并确保防治措施质量,是目前较为可靠的途径。

(2)在较大和特大暴雨条件下,坡度 12° 的农坡地的土壤侵蚀量也会大于坡度 24° 的荒坡地,所以农坡地的水土保持措施,主要考虑防治大暴雨条件下的水土流失。

(3)坡度约 24° 的荒地相对于坡度 $12^\circ \sim 14^\circ$ 的农地,因其分布范围广、面积大、易于产流产沙,更是水土流失发生发展的基地,所以是水土流失防治的重点区域,这对在水土流失治理上一贯比较重视坡耕地而忽视荒坡地的地方有实际意义。

(上接第 6702 页)

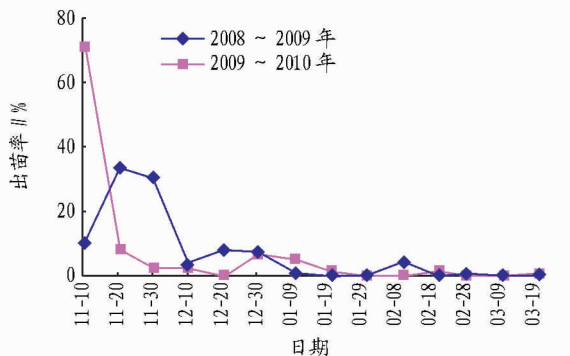


图1 阜阳市麦田杂草各时期出苗情况

则慢。如2006年12月份降水偏多(上、中、下旬分别为39.1、20.4、13.0 mm,为多年同期均值的2.6倍),土壤湿度大,下旬气温虽低(旬平均值为 -0.6°C),但仍有杂草萌发(出苗率6.7%)。2007年10月份降水较少(月降水5.8 mm,比历年均值少57.9 mm),11月份平均气温较多年均值虽偏高 1.8°C ,但田间杂草出苗较少。11月下旬田间调查,早播麦(10月10日前种)由于播种时土壤墒情较好,在前期有一定量杂草萌发出土,密度为 $60 \sim 100 \text{ 株/m}^2$ (此时,早播田小麦生育期6~7片叶,2~3个分蘖,猪殃殃3~5个分枝),而后期播种的麦田(10月20日后种)由于播种时土壤干旱,播种后杂草出苗较少。经过11月9~15日的降水(33.3 mm)后,解除了旱情,田间杂草在11月下旬才陆续进入出土高峰期(此时晚播田小麦生育期3~4片叶),较常年迟10 d左右。阜阳市10~12月份气温平均值年度间同期差异不大,且12月上、中旬多年平均气温分别为 5.5 和 4.5°C ,基本上适宜多种麦田阔叶杂草出苗、生长的要求。另外,小麦长势直接关系到与杂草的竞争能力,长势好的小麦对杂草生长有明显抑制作用;人为因素、气候因素对杂草生长亦有很大影响,生产水平的提高、土壤肥力的增强有利于田间杂草生长。耕作管理粗放,任杂草发生蔓延,杂草种会越积越多,一旦条件适宜,将会萌发出苗,加重危害。

(4)在发生特大暴雨的年份(1980年),坡耕地由特大暴雨所产生的面蚀模数和坡面径流模数分别是多年平均值的109倍和7.3~7.6倍,而荒坡地面蚀模数和坡面径流模数分别是多年平均值的6.95倍和2.9~3.0倍。

参考文献

- [1] 梁季阳. 暴雨与水文特征分析[J]. 地理研究, 1995(12): 78-83.
- [2] 甘肃省水土保持科学研究所. 孙家岔流域鉴定验收会议资料汇编[G]. 兰州: 甘肃省榆中县孙家岔流域治理指挥部, 1990.
- [3] 邢贵, 张新民, 费喜亮, 等. 孙家岔流域坡面不同土地利用的土壤水分变化分析[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(2): 225-229.
- [4] 费喜亮, 景凌云, 等. 半干旱黄土区不同土地利用土壤含水量与渗透率的试验研究[J]. 水土保持通报, 2011(6): 64-68.
- [5] 赵万春, 费喜亮, 陈学民, 等. 降雨条件下地形因素对坡面水土流失作用的影响[J]. 兰州交通大学学报, 2012(5): 50-52.
- [6] 何有华, 景凌云, 张晓虹, 等. 刘家峡库区生态承载力研究[J]. 草业科学, 2011(12): 2119-2122.

1.3 杂草种类的演变 随着小麦高产攻关的实施和除草剂的推广应用,麦田杂草优势种类发生了演变,猪殃殃上升为绝对优势种群,小薊密度上升;播娘蒿、宝盖草密度下降,但仍有一定发生量;芥菜、大巢菜、遏兰菜等非优势种杂草密度下降,大部分田间发生数量较少。

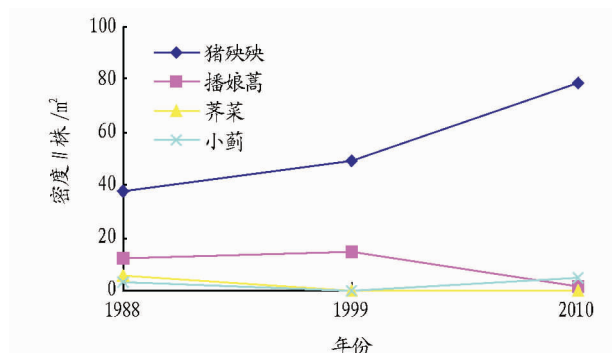


图2 阜阳市杂草种类演变

2 化学除草技术

在看麦娘、野燕麦等禾本科杂草重发田块,可选用7.5%啶磺草胺水分散粒剂有效成分 15 g/hm^2 或6.9%精恶唑禾草灵乳油有效成分 $45.0 \sim 52.5 \text{ g/hm}^2$ 对水 $300 \sim 600 \text{ kg/hm}^2$ 茎叶喷雾;在猪殃殃、播娘蒿、婆婆纳、芥菜等阔叶杂草发生较重的田块, 5.8% 双氟·啶磺草胺悬浮剂有效成分 $7.5 \sim 12.0 \text{ g/hm}^2$ 、 10% 苄嘧磺隆可湿性粉剂有效成分 $45.0 \sim 75.0 \text{ g/hm}^2$ 、 20% 氯氟吡氧乙酸乳油有效成分 $150.0 \sim 195.0 \text{ g/hm}^2$ 3种农药中可任选1种对水 $300 \sim 600 \text{ kg/hm}^2$ 进行茎叶喷雾;在阔叶杂草与禾本科杂草混发田块,可选用6.9%精恶唑禾草灵乳油有效成分 $45.0 \sim 52.5 \text{ g/hm}^2$ 加 10% 苄嘧磺隆可湿性粉剂有效成分 $15.0 \sim 22.5 \text{ g/hm}^2$ 对水 $300 \sim 600 \text{ kg/hm}^2$ 茎叶喷雾。

参考文献

- [1] 全国农业技术推广服务中心. 小麦病虫害发生与监控[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [2] 全国农业技术推广服务中心. 小麦病虫害防治分册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.