

甘肃中北部黄土丘陵沟壑区土壤侵蚀模数、水土流失主要类型及分布

特征研究

景凌云^{1,2}, 费喜亮^{1*}, 吴玉锋¹, 张新民¹, 孙浩峰¹, 金毅¹, 刘敏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 以甘肃省中北部黄土丘陵沟壑区和区内的孙家岔流域为研究对象, 通过对实测数据的统计分析和实地调查研究, 确定研究区土壤侵蚀模数。以典型流域孙家岔为样地, 分析水土流失的主要类型、分布特征。结果表明, 在多数年份, 坡耕地平均面蚀模数接近或小于荒坡地, 多年平均面蚀模数小于荒坡地, 孙家岔流域及部分同类地区小流域多年平均土壤侵蚀模数一般在 3 000~8 000 t/km²。从地貌上看, 面蚀主要发生在梁峁及坡面上, 并且从上到下逐渐由弱变强, 孙家岔流域发生水力侵蚀的面积约占流域总面积的 73.26%, 其中面蚀 62.21%, 分布范围广, 是面蚀的突出特征之一。孙家岔流域发生重力侵蚀的面积约占流域总面积的 19.96%。切沟和早期还在下切的冲沟对土地破坏严重, 对土壤侵蚀模数的急剧增加乃至对流域水土流失的进一步发展起着关键作用。

关键词 甘肃中北部; 黄土丘陵沟壑区; 土壤侵蚀模数; 水土流失主要类型及分布

中图分类号 S15 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)14-06241-03

甘肃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, 生态稳定性差。水土流失给农业生产和经济发展带来了严重的危害。由于该区域侵蚀面积大、侵蚀类型多、地形复杂、水文测站较少, 分析确定土壤侵蚀模数、水土流失类型及分布特点的难度大。然而, 分析水土流失类型和分布、确定土壤侵蚀模数是小流域水土流失综合治理的基础性工作。

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, 属省内干旱、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 90% 以上, 沟道比降一般在 2.5%~7.1%。根据多年实测资料, 区内年降水量为 233.0~515.3 mm, 多年平均降水量约为 300 mm, 且年际变化大, 6~9 月降雨量占全年降水量的 70% 以上^[1-2]。

区内土壤瘠薄, 植被稀疏, 梁峁坡面上广覆第四系马兰组黄土, 成土母质为黄土, 土类属于灰钙土, 土壤有白土和麻土, 阳坡多为白土, 阴坡多为麻土。土层深厚, 结构性质差, 土层深度一般在数米到数十米不等, 孔隙度均在 50% 以上。常见的植物有长芒草(*Stipa bungeana* Trin)、短花针茅(*S. breviflora* Griseb)、冷蒿(*Aretragalus adsurgens* (Hance) Keng)、早熟禾(*Poa sphondylodes* Trin. ex Bunge)、铁杆蒿(*A. sacrorun* Ledeb)、百里香(*Thymus mongolius* Ronn)、甘蒙锦鸡儿

(*C. opulens* Kom) 和藏锦鸡儿(*C. tibetica* Kom) 等^[3-5]。

2 土壤侵蚀模数的分析

2.1 坡面主要利用类型土地土壤侵蚀模数 根据 1980~1987 年的观测资料, 得孙家岔流域坡面水土流失多年的面蚀模数和坡面径流模数(表 1)。

表 1 孙家岔流域坡面径流小区 1980~1987 年面蚀模数、坡面径流模数统计

年份	坡耕地		荒坡地	
	面蚀模数 t/km ²	坡面径流模数 m ³ /km ²	面蚀模数 t/km ²	坡面径流模数 m ³ /km ²
1980*	46 500	65 000~67 000	4 425	70 000~73 000
1981	1 024	12 949	1 476	13 591
1982	89	744	863	3 488
1983	1 136	9 458	1 375	22 375
1984	642	32 692	632	47 686
1985	44	2 075	40	11 275
1986	19	2 223	41	39 948
1987	16	1 933	31	29 539
年平均	424	8 868	637	23 986

注: * 土壤侵蚀模数由实地冲刷或水土流失痕迹测算得到。1980 年资料系由暴雨调查得。坡耕地坡长 10~40 m, 坡度 12°~14°; 荒坡地坡长 10~40 m, 坡度 24°~25°。

据实地调查, 研究区内坡耕地坡度大都在 12°~14°之间, 研究区域实际坡长多在 10~40 m 之间。根据设在研究区内孙家岔流域农坡地径流小区 1980~1986、2011 年土壤侵蚀观测以及暴雨调查结果(1980 年资料由暴雨调查得), 在正常或多数年份, 研究区坡耕地和荒坡地面蚀模数分别为 16~1 136 和 31~1 476 t/km², 最高坡耕地面蚀模数是最低的 71 倍, 最高荒坡地面蚀模数是最低的 41 倍; 坡耕地坡面径流模数为 744~32 692 m³/km², 最高是最低的 43.94 倍; 荒坡地径流模数为 3 488~47 686 m³/km², 最高是最低的 13.67 倍。所以, 无论是坡耕地还是荒坡地, 其面蚀模数或坡面径流模数年际变化都非常大。在多数年份, 坡耕地平均面蚀模数接近或小于荒坡地, 多年平均面蚀模数小于荒坡地, 而在遇特大暴雨的年份二者相差不大。就径流模数而言, 农坡地在各

基金项目 甘肃省水利科研课题“陇中半干旱区静水与降雨条件下黄土地表入渗对比研究”(甘水发[2006]121号); 甘肃省科技重大专项“庆阳黄土高原雨洪保蓄与水资源高效利用技术的研究与集成”(1203FKDA035); 甘肃科技支撑计划项目“水土保持对西部黄土高原河川径流调控作用研究”(1104FKCA146); 甘肃省水利厅水利重点科研项目“刘家峡水库集水区水土保持林配置技术研究”(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工作。* 通讯作者, 高级工程师, 从事水土保持基础理论与规划等方面的工作, E-mail: FX1550909@163.com。

收稿日期 2013-04-05

年份均小于荒坡地。

2.2 流域土壤侵蚀模数 根据7~23年的淤地坝淤积实测数据(表2),孙家岔及部分同类地区小流域多年平均土壤侵蚀模数一般为3 000~8 000 t/km²,最大值和最小值相差在1倍以上。由于影响小流域土壤侵蚀模数大小的因素众多而复杂,限于时间和条件,对影响小流域土壤侵蚀模数大小的

因素需要在以后继续研究。但是,这些数据可以在同类地区的水土保持治理实践中根据实际情况用作参考,若接近侵蚀沟源头部位、侵蚀沟(主要是切沟)密度较大、侵蚀发育活跃、上游水土流失治理程度低(在20%以下),则可取上限,否则取下限。

表2 流域土壤侵蚀模数调查

流域名称	流域面积 km ²	所处河流名称及其级别	土壤侵蚀模数 t/km ²	说明
孙家岔	8.90	黄河三级支流源头	8 300.00	包括推移质(7年平均值)
大坪	11.00	黄河三级支流源头	> 7 500.00(少量泥沙被排出,所以此数字略微偏小)	包括推移质(10年平均值)
天池峡	336.00	黄河二级支流万川河流域	> 3 655.00(因为部分泥沙被经过输水涵洞排出,所以此数字比实际数字偏小)	包括推移质(15年平均值)
榆中县金崖镇马莲沟金崖村	3.45	黄河三级支流源头	5 248.45	包括推移质(15年平均值)
榆中县干草店镇吴家岔	5.16	黄河二级支流源头	5 450.58	包括推移质(15年平均值)
榆中县高崖镇树梓沟	4.78	黄河三级支流源头	4 053.35	包括推移质(23年平均值)
榆中县韦营乡韦家营2号	8.30	黄河三级支流源头	4 819.27	包括推移质(8年平均值)
榆中县高崖镇大营沟	3.40	黄河三级支流源头	6 722.68	包括推移质(15年平均值)
榆中县高崖镇马家嘴	3.56	黄河三级支流源头	8 025.70	包括推移质(12年平均值)
榆中县高崖镇莽麦岔	3.14	黄河三级支流源头	3 821.66	包括推移质(8年平均值)

3 水土流失的主要类型及分布特征

根据多年的观测结果,发现水力侵蚀和重力侵蚀是研究区水土流失的主要类型。该研究以典型流域孙家岔为样地的试验观测数据进行分析。

3.1 水力侵蚀

3.1.1 面蚀。面蚀发生的基地主要是荒坡地和坡耕地。面蚀作用的表现形式因土地利用状况的不同而有所差异。发生在耕地上的以层状和细沟状居多,荒坡地上则以鳞片状面蚀为主。面蚀发生的程度和强度依地貌部位明显呈规律性分布。从地貌上看,面蚀主要发生在梁峁、坡面上,并且从上到下逐渐由弱变强。坡耕地距分水岭3 m内多为弱度面蚀发生区,距分水线7 m以外的区域已有细沟出现,为强度面蚀区。荒坡地距梁峁顶分水岭10 m左右范围内多为弱度鳞片状面蚀区,距分水线10 m以外的区域多为中度或强度鳞片状面蚀区。

表3 孙家岔流域水力侵蚀计算结果

面蚀程度	面积//hm ²	占总土地面积的比例//%
轻度面蚀	696.7	16.56
中度面蚀	1 225.9	29.13
强度面蚀	343.2	8.16
极强度面蚀	352.0	8.36
其他水力侵蚀	465.1	11.05
合计	3 082.9	73.26

由表3可知,以孙家岔流域为例,发生轻度侵蚀的面积约6.967 km²,主要发生在15°以下的坡耕地、人工封育的荒坡及村庄等;中度侵蚀主要发生在6°~15°的坡耕地和小于35°的阴向坡面;强度侵蚀主要发生在工程质量差的梯田或水平阶,坡面未经治理的沟台地,15°~25°的坡耕地以及小于35°的阳向坡面;极强度侵蚀主要发生在25°~35°的坡耕

地、35°~45°的荒坡以及表流面大、集水线长的道路。由此得出,孙家岔流域发生水力侵蚀的面积约占流域总面积的73.26%,其中面蚀62.21%。所以,分布范围广是面蚀的突出特征之一。

3.1.2 沟蚀。

3.1.2.1 浅沟。浅沟在荒坡、耕地上均有发生,但主要发生在坡耕地上。耕地上的浅沟以冲蚀耕作层土壤为主要危害,从外部形态看,深度大多约0.5 m,宽约1 m;荒坡浅沟以迅速集流而加剧水土流失,最上游端部往往有0.5 m左右的跌水,底部常有连珠状侵蚀,在100 m宽度坡面上最多11条,最少3条,平均4条。最显著的特点是所占部位经过耕作平覆尚可耕种,逐渐地改变着微地形。

3.1.2.2 切沟和早期还在下切的冲沟。在研究区,切沟发生在梁峁坡脚部位,其主要特点是沟头都具有10 m左右的跌水,沟边缘有完整的陡壁和明显的坡度转折,两岸常有小型崩塌发生,长度一般都在数十米以上,尾部多与流域内的冲沟相连,周围往往伴有大小不一、深度不等的陷穴。

早期还在下切的冲沟深大都在20 m以上,宽度不等,下游横断宽阔,下切基本停止,而上游横断狭窄,缘于水流更加集中,使得原来的大型侵蚀沟不断向上延伸,下切深度不断增加,沟壁向两侧不断扩展,沟头侵蚀发育尤为活跃,沟头每年向上游前进多达2 m以上,两岸扩张在0.5~1.0 m,严重时,沟头一年就向上游前进多达5 m左右,接近沟头的两岸扩张约10 m。可见,切沟、早期还在下切的冲沟对土地破坏严重,对土壤侵蚀模数的急剧增加乃至对流域水土流失的进一步发展起着关键作用。

3.2 重力侵蚀 孙家岔流域水土流失的类型也有重力侵蚀,其中发生轻度侵蚀的面积约0.620 km²,主要发生在坡面集流浅沟、沟底及两岸基岩裸露的主沟段;中度侵蚀的面积

约 4.992 km², 主要发生在大于 3 m 的集流切沟、沟底基岩裸露、两岸黄土层厚、坡度小于 70°、断面呈“U”的主支沟段; 强度侵蚀的面积约 1.834 km², 主要发生在沟头侵蚀活跃、沟壁扩张、沟底下切、断面呈“V”的切沟; 极强度侵蚀的面积约 0.953 km², 主要发生在沟头活跃、下切严重、沟壁穴陷群集中、侵蚀发展潜力大的切沟。孙家岔流域发生重力侵蚀的面积约占该流域总面积的 19.96%。重力侵蚀一般有陷穴、崩塌和滑坡。

3.2.1 陷穴。该区域陷穴主要发生在侵蚀沟两岸的平坦耕地和荒地, 以损害耕地和道路为主要危害形式, 破坏程度也较严重。其他区域零星分布, 发生范围较广, 如较陡的坡面都有发生。由表 4 可知, 研究区内陷穴规模大小不均一, 一般口径约 5 m, 大的可达 10 m 左右, 而小的口径只有 1~2 m, 但深度大都在 10 m 左右, 深的可达数十米。

表 4 陷穴分布情况调查

调查地点	调查区 域面积	陷穴分布情况		陷穴总 个数
		侵蚀沟两岸	坡面	
张家岔流域	2.356	53	11	64
孙家岔流域	2.300	42	9	51
烽火岔流域	0.709	23	6	29
罗家沟流域	6.000	110	32	142

3.2.2 崩塌。在研究区内, 崩塌发生的主要基地是侵蚀沟两岸, 坡度大都在 60°以上, 黄土的岸坎高达 30 m 或更高, 其下是红土层。崩塌体的规模和崩塌量也不一致, 一般每次崩塌体的规模和崩塌量在数立方米到数十立方米不等, 个别可达数百立方米, 甚至更多。例如, 1980 年 8 月 8 日特大暴雨中, 张家岔、孙家岔、烽火岔 3 个小流域侵蚀沟岸 7 处一次崩塌都在 2 000 m³ 以上, 2012 年 5 月 6 日下午暴雨中永登县七山乡政府下游沟道东岸一次崩塌量在 3 000 m³ 以上。

3.2.3 滑坡。滑坡主要发生在 30°以上的坡面上, 特别是各支沟和主沟道上游段(均属于早期发育正在迅速下切的冲沟), 滑坡体厚度一般都小于 5 m, 属浅层滑坡。但是, 因发生

密度大, 而且可在同一处反复发生, 它是促使坡面、沟岸扩张的主要水土流失形式。就研究区滑坡的成因来看, 沟坡滑坡主要是由山洪的冲刷作用使坡面土体基部失去支撑力所促成的, 因此大都是牵引式滑坡。坡面的滑坡主要一是由于地形较陡(坡度大都在 35°以上), 二是往往在黄土层厚度小于 1 m 左右的坡面, 下有渗水速率较低的红土层或岩层, 当水分下渗经过黄土层而到达红土层或岩层时会自然形成滑落面, 黄土层和红土层或岩层间的摩擦阻力变小, 黄土在地心引力作用下便会滑落, 积累于大、小沟道或集水线, 为水土流失的进一步发生、发展奠定了物质基础。

4 讨论

无论是坡耕地还是荒坡地, 其面蚀模数或坡面径流模数年际变化都较大。在多数年份, 坡耕地平均面蚀模数接近或小于荒坡地, 多年平均面蚀模数小于荒坡地。孙家岔流域及部分同类地区小流域多年平均土壤侵蚀模数一般在 3 000~8 000 t/km², 接近侵蚀沟源头部位、侵蚀沟(主要是切沟)密度较大、侵蚀发育活跃、上游水土流失治理程度低(在 20%以下), 可取上限, 否则取下限。面蚀发生的程度和强度依地貌部位明显呈规律性分布。从地貌上看, 面蚀主要发生在梁峁、坡面上, 并且从上到下逐渐由弱变强。切沟及早期还在下切的冲沟对土地破坏严重, 对土壤侵蚀模数的急剧增加乃至对流域水土流失的进一步发展起着关键作用。孙家岔流域发生重力侵蚀的面积约占该流域总面积的 19.96%。

参考文献

- [1] 甘肃省水土保持科学研究所. 孙有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.
- [2] 费喜亮, 景凌云, 孙栋云. 半干旱黄土区不同土地利用土壤含水量与渗水率的试验研究[J]. 水土保持通报, 2011(6): 64-68.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.

(上接第 6221 页)

3 小结

生物质焦可以改善冷浸田土壤生态环境, 前期提高土壤温度, 促进水稻生长发育, 后期温度与对照处理相差不大, 避免温度过高对水稻产生生理损伤。它还可以促进水稻对 N、P、K 养分的吸收, 提高水稻产量。

参考文献

- [1] YU X Y, YING G G, KOOKANA R S. Reduced plant uptake of pesticides with biochar additions to soil[J]. Chemosphere, 2009, 76(5): 665-671.
- [2] 唐光木, 葛春辉, 徐万里, 等. 施用生物黑炭对新疆灰漠土肥力与玉米生长的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(9): 1797-1802.
- [3] LEHMANN J, GAUNT J, RONDON M. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems-A review [J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2006, 11: 403-427.
- [4] ZHANG A F, CUI L Q, PAN G X, et al. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China[J]. Agric Ecosyst Environ, 2010, 139(4): 469-475.
- [5] 周志红, 李心清, 邢英, 等. 生物炭对土壤氮素淋失的抑制作用[J]. 地

球与环境, 2011, 39(2): 278-284.

- [6] 余向阳, 张志勇, 张新明, 等. 黑碳对土壤中毒死蜱降解的影响[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(5): 1681-1684.
- [7] 张耀斌, 刘建秋, 赵雅芝, 等. 黑碳对沉积物和土壤中乙草胺吸附作用[J]. 大连理工大学学报, 2010, 50(1): 26-29.
- [8] 马骥. 中国农户秸秆就地焚烧的原因: 成本收益比较与约束条件分析——以河南省开封县杜良乡为例[J]. 农业技术经济, 2009(2): 77-84.
- [9] COLMER T D. Aerenchyma and an inducible barrier to radial oxygen loss facilitate root aeration in upland, paddy and deep-water rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Ann Bot, 2003, 91: 301-309.
- [10] MATTHEU N B, FANNY T, MARTINE L F, et al. Oxygen input controls the spatial and temporal dynamics of arsenic at the surface of a flooded paddy soil and in the rhizosphere of low-land rice (*Oryza sativa* L.): A microcosm study [J]. Plant & Soil, 2008, 312(1/2): 207-218.
- [11] 徐英, 周明耀, 薛亚锋. 水稻叶面积指数和产量的空间变异性及关系研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 10-14.
- [12] 魏永华, 何双红, 徐长明. 控制灌溉条件下水肥耦合对水稻叶面积指数及产量的影响[J]. 农业系统科学与综合研究, 2010, 26(4): 500-505.