

不同下垫面径流小区土壤水蚀特征试验研究

申震洲^{1,2}, 刘普灵^{1,2}, 谢永生^{1,2}, 郑世清², 琚彤军²

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 水利部水土保持研究所 土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 在延安燕沟试验区建立不同下垫面(裸地、荒草地、灌木林地)自然地貌径流小区,在天然降雨条件下,分析 2 a 来的产流事件的径流量、产沙量、入渗率数据,发现其随次降雨变化呈现规律性变化。在相同雨强条件下,裸地小区的径流量最大,为荒草地的 6 倍,为灌木地的 2.4 倍,裸地远大于有林草覆被小区;同时裸地小区的产沙量最大时是灌木地的 82 倍,是荒草地的 150 倍,可见林草覆被大大减少了黄土坡地的土壤侵蚀;在各次降雨过程中,灌木地的平均入渗率为 90%,荒草地的平均入渗率为 85%,而裸露地的平均入渗率为 60%且远低于林草覆被黄土坡地。

关键词: 不同下垫面; 径流量; 产沙量; 入渗率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)03-0006-04

中图分类号: S157.1

Study of Plot Soil Erosion Characteristic Under Different Underlying Horizon

SHEN Zhen-zhou^{1,2}, LIU Pu-ling², XIE Yong-sheng^{1,2}, ZHENG Shi-qing², JU Tong-jun²

(1. Department of Resources and Environment, Northwest University of Agriculture

and Forest; 2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: Three original physiognomy plots (besides bare slope, grass slope and shrubby slope) were constructed in the Yaner watershed. The amounts of the runoff, erosion and seeping rate in different sections in two years were analyzed. The data were found to vary with different rainfall events. Under the same condition, the amount of runoff on bare slope was 6 times greater than that on grass slope, and 2.4 times greater than shrubby slope, which indicated that bare slope produced more runoff than other two. The amount of erosion on bare slope was 82 times greater than that on shrubby slope, and 150 times greater than that on shrubby slope. This suggests that grass and shrubby can greatly reduce soil erosion in the Loess Plateau. Seeping rate varies with all the rainfall events. Generally speaking, seeping rate on shrubby slope is 90%, grass slope, 85%, and bare slope, 60%. It is a comparative advantage in melioration of the Loess Plateau to grow grass or shrub.

Key words: different underlying horizon; runoff amount; erosion amount; seeping rate

流域单元尺度内产沙程度的加剧和减弱^[1-3],就短时间尺度而言,气候变化的影响是有限的,人类活动造成的土地利用变化是影响流域侵蚀产沙的主要原因。黄土高原开展大规模水土保持治理之后,土壤侵蚀的研究主要是围绕在人类活动减蚀的正面效应影响下,流域和河道出现的水沙变异规律的研究^[4-7]。

20 世纪 70 年代以来,黄河支干流水沙发生变异,水沙来量显著减少,下游河道发生萎缩和断流及小水大灾的新情况,黄河年均输沙量从 1.60×10^9 t

减少到每年不足 6.00×10^8 t。为深入研究其变化现状和发展规律,“七五”、“八五”期间国家基金委、水利部以及国家重点科技攻关项目均安排了重大科研项目对泥沙问题进行研究^[7-9],取得了一批可贵成果。

水文法和水保法的研究结果均表明:除降雨偏少的原因外,水土保持工程对黄河泥沙的减少做出了重要的贡献。黄土丘陵区植被覆盖率也得到大幅度提高,一些水土保持综合治理先进的小流域,已恢复至 60%以上,使该区生态环境发生了显著变化,特别是在一些由国家重点投资的项目治理区或由科研机构

收稿日期:2005-12-18

资助项目:国家自然科学基金项目(40471079,90502007)资助

作者简介:申震洲(1980—),男(汉族),河南省汤阴县人,在读硕士,主要从事利用稀土元素研究土壤侵蚀方面的研究。E-mail:shenzhenshou80@yahoo.com.cn。

通讯作者:刘普灵(1954—),男(汉族),研究员,主要从事土壤侵蚀新技术、新方法。E-mail:pliu@ms.iswc.ac.cn。

设置的一些试验示范区,生态环境状况跨入一个新阶段。在这种与以往生态建设强度、规模截然不同的新形势下,流域的土地利用结构和植被覆盖度在相对很短时期内发生了根本变化,势必引起植被恢复重建过程中的流域环境和降雨—径流—泥沙特征将与以前不同,极大地改变了流域系统的产沙输沙过程,对流域水沙关系产生深刻的影响^[10-13]。但从目前的研究结果看,由于研究流域治理条件等诸多方面的原因,以往研究大部分是在流域土地利用、植被覆盖相对稳定情况下进行的,换句话说,主要是针对较长时间尺度、生态环境变化相对较慢的情况下,而且主要集中在对人工林草地的水土保持效益研究方面,缺乏短时间、高速度流域生态环境治理以及植被自然恢复背景情况下的水沙效应动态过程监测和研究,因此对水土保持措施特别是林草植被恢复过程的减沙作用尚有待于不断的深入研究。

延安燕沟流域是典型的黄土丘陵区,本研究以延安燕沟流域为研究对象,利用实地观测,对包括退耕还林、还草不同植被恢复条件下生态重建过程中地表水沙变化进行试验研究,分析在小区域单元内不同植被对产流产沙的影响,研究不同地类坡地产流产沙规律,对定量评价林草措施的水土保持效益具有重要的意义^[14]。

1 研究区概况

试验区设在延安燕沟流域,为典型的黄土丘陵区地形地貌,沟壑纵横,梁峁起伏,以黄土梁状丘陵为主。该流域气候为暖温带半干旱气候,多年平均年降水量 572 mm,降雨时空分布不均,57%的降雨集中于夏季 6—9 月,特别是 7—8 月,多以暴雨形式出现,通过暴雨频率计算,延安燕沟流域 10 a 一遇 24 h 暴雨量为 110 mm,20 a 一遇 24 h 暴雨量为 130 mm,降雨是该流域土壤侵蚀的主要外营力。研究地植被为由森林地带向典型草原植被的过渡类型。近年来由于大规模实施以生态植被建设工程与封山育林为主的退耕还林还草生态工程,该流域生态景观结构与生态—经济功能已形成 4 种基本的生态经济带。位于三级梁峁山顶上部或下部形成水土保持带,位于二级梁峁形成基本农田带,位于一级梁峁形成水保—经济带。位于沟道川台区则形成生态保护与川坝地高效经济带。该流域沟间地带草原植被分布面积较大,具有代表性的有白羊草草原;长芒草—白羊草—达乌里胡枝子草原;长芒草—胡枝子—杂类草草原。冠丛植被主要有白刺花、紫穗槐、柠条、扁核木、杠柳、沙棘、甘草、黄蒿、冰草等。人工林主要有刺槐、油松、侧柏、

山桃、山杏等。经济林主要有苹果、梨、杏等。沟壑地带乔冠种类有辽东栎、刺槐、油松、黄刺玫、绣线菊、小叶锦鸡儿、丁香、桐子、连翘、白芨梢等。

2 研究方法

2.1 小区布设

2003 年根据沟间地坡面状况共设立了 3 个径流试验观测区,分别为多年退耕撂荒灌丛径流区;退耕撂荒地径流区;常规耕作条件下的坡耕地径流区。3 个小区坡向基本为半阳坡,坡位为半阳坡的中上部,坡度 20°~23°,坡面较为平整,每一小区设计为 2 m × 16 m,周围用浆砌砖块围护,下部为体积 1 m³ 的小区径流泥沙观测槽。基本的植被状况为农田撂荒后(撂荒年限为 1998 年)形成的农田杂草和天然灌丛,小区周边有零星残存的人工树种和经济林果园,如刺槐幼苗和苹果园等。距小区 500 m 左右有一块状的天然沙棘灌丛林地。各试验小区植被状况描述(由北向南排序)如下。

2.1.1 多年退耕撂荒灌丛径流区 1998 年撂荒,形成的植物群落表现为天然群落。基本形成较为明显的灌草两层结构。灌层群落建群种为白芨梢,生长良好;草层群落建群种为赖草、阿尔泰紫菀。

灌层:建群种为白芨梢,高度 60~80 cm,冠幅 50 cm × 60 cm,灌层投影覆盖度 35%,小区内树木分布较为均匀,植株密度 1.5 株/m²。

草层:主要有赖草、阿尔泰紫菀等,其次,小区内零星地散生着苦买菜、翻白菱陵菜等,草层高度 30 cm,覆盖度 15%。

2.1.2 退耕撂荒地径流区 1998 年退耕,撂荒后基本形成草本群落,其群落建群种为猪毛蒿+赖草等,其次,箭叶胡枝子、铁杆蒿、阿尔泰紫菀、狗尾巴草等混生其中。赖草的出现,表示人工退耕后天然植被演替进入多年生草本阶段。

草层投影覆盖度 30%,平均高度 35 cm,草本植物在小区的分布较为均匀。

2.1.3 常规耕作条件下的坡耕地径流区 该小区作为对照,在观测过程中,人为地进行坡面的浅耕除草,坡面仅残存着零星的农田杂草,如苦买菜、狗尾草等,但基本表现为裸地。

2.2 野外降雨径流采集方法

根据以往最大次降雨量在小区底部建一径流采集池,将次降雨以及在降雨过程中携带的泥沙全部收集入径流池,该池池壁用油漆标上以 0.5 cm 为最小刻度的观测标记。

2.3 测定方法

降雨结束后根据池壁上的标尺读取次降雨所冲下的泥沙以及径流量的总体积,然后将池中泥水搅匀,取出一定体积计算浑水的含沙量,从而计算出此次降雨径流量、产沙量,再根据此次降雨在小区投影面积上的降雨量计算不同植被下小区的入渗率。

3 结果与分析

表 1 是 2004 年 6—9 月与 2005 年 6—9 月份雨季过程中每次天然降雨的降雨量、降雨历时以及计算出的在每次降雨过程中的径流量、产流量和入渗率。因为风力风向也会对小区的汇流以及小区周围砖砌

的围栏边的土壤侵蚀产生一定的影响,因此也包含在内。其中只记录产沙事件,如雨量太小,各小区均无产流,雨水全部入渗则无记录。2 a 来的降雨资料显示出,如果雨强偏小,入渗速率大于降雨速率,3 个径流小区的降雨都会全部入渗,不会造成土壤侵蚀,直至土壤达到最大含水量然后开始产流;当雨强渐次增大时,裸地小区会首先产流,然后是荒草地小区和灌木地小区,从表中可以看出,在产流的情况下,不管降雨强度如何变化,裸露地小区、荒草地小区、灌木地小区 3 个小区的径流量、产沙量是依次降低的,而入渗率则依次增大,具体它们增大或减少多少,以下将逐个分析。

表 1 2004—2005 年次降雨过程中的径流量、产沙量和入渗率

产流日期	降雨历时/min	降雨量/mm	径流深/mm			产沙量/mm			入渗率/mm			风向	风力
			裸地	荒草地	灌木地	裸地	荒草地	灌木地	裸地	荒草地	灌木地		
20050702	606	69.1	18.70	8.35	2.63	50.10	0.59	0.51	72.9	87.9	96.2	西南	2~3 级
20050719	48	3.3	2.29	0.82	0.59	3.24	0.13	0.10	30.5	75.0	82.0	西北	4 级
20050726	140	35.0	14.00	7.03	4.31	20.30	0.41	0.59	60.0	80.0	87.7	西南	3~4 级
20050807	506	11.8	6.14	2.33	1.48	13.00	0.27	0.25	48.0	80.3	87.4	南风	4 级
20050904	72	12.4	6.24	1.49	0.96	6.73	0.19	0.15	49.6	87.6	92.3	西北	3 级
20040616	30	11.6	8.13	6.37	2.33	77.60	2.51	2.15	29.9	45.1	79.9	东南	5~6 级
20040629	1073	58.0	25.90	16.40	7.06	54.50	9.04	1.80	55.3	71.7	87.8	西北	2 级
20040726	142	39.7	9.38	7.41	3.36	31.45	0.69	0.60	76.4	81.3	91.5	东风	3 级
20040727	55	9.1	1.51	1.01	0.84	0.24	0.03	0.01	83.4	88.9	90.7	东风	4 级
20040803	21	16.0	4.94	3.71	2.36	9.03	0.11	0.06	69.1	76.8	85.3	南风	4 级
20040810	235	24.0	9.67	6.56	4.38	8.89	1.07	0.08	59.7	72.7	81.7	东北	3 级
20040812	200	11.2	4.03	1.68	0.67	1.20	0.05	0.07	64.0	85.0	94.0	东南	3 级
20040819	692	12.9	3.03	2.36	0.55	0.03	0.01	0.01	76.5	81.7	86.9	南风	2 级
20040819	980	17.3	4.88	3.80	3.72	0.96	0.06	0.03	71.8	78.0	78.5	西北	2 级

3.1 不同土地利用类型小区径流量随次降雨的变化

通过对图 1 的分析可知,在相同雨强条件下,裸露地小区、荒草地小区、灌木地小区的径流量是依次减少的。在小雨强条件下,各小区的径流量相差不大;在雨强逐渐增大的时候,径流量差距逐渐增大。

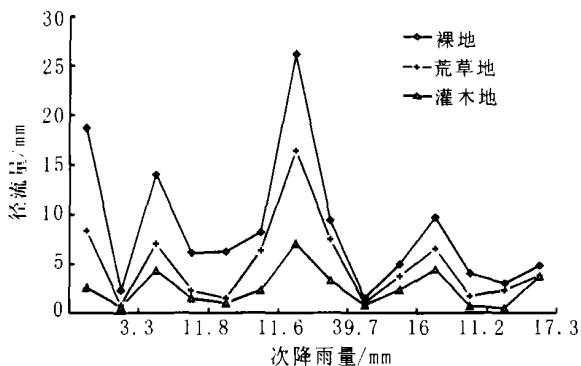


图 1 鸡蛋砭不同土地利用径流小区次降雨径流量比较

小雨强时,裸露地径流量是荒草地的 1.5 倍,是灌木地的 1.8 倍;中雨强时,裸露地径流量为荒草地的 1.58 倍,为灌木地的 3.67 倍;在大雨强条件下,裸露地径流量是荒草地的 1.27 倍,是灌木地的 3.49 倍,表明植被覆盖度增加对黄土坡面拦水蓄水具有相当大的作用。

3.2 不同土地利用类型小区产沙量随次降雨的变化

通过对图 2 的分析可知,在相同雨强条件下,裸露地小区、荒草地小区、灌木地小区的产沙量也是依次减少的,基本上与径流量的变化趋势相同。在小雨强条件下,各小区的产沙量相差不大。在雨强逐渐增大的时候,产沙量差距也逐渐增大。小雨强时产沙量的比值为:裸露地 荒草地 灌木林地 = 24 3 1,中雨强时产沙量的比值为 裸露地 荒草地 灌木林地 = 30 5 1,到大雨强时产沙量的比值为:裸露地 荒草地 灌木林地 = 37 1.2 1。表明退耕还林(草)政策的实施

对黄土丘陵区的减沙效益非常明显,退耕 5 a 的荒坡已经开始发挥相当大的作用。同时由图 2 还可以看出随着雨强的增大,裸露地产沙量增加的趋势要大于荒草地和灌木地。

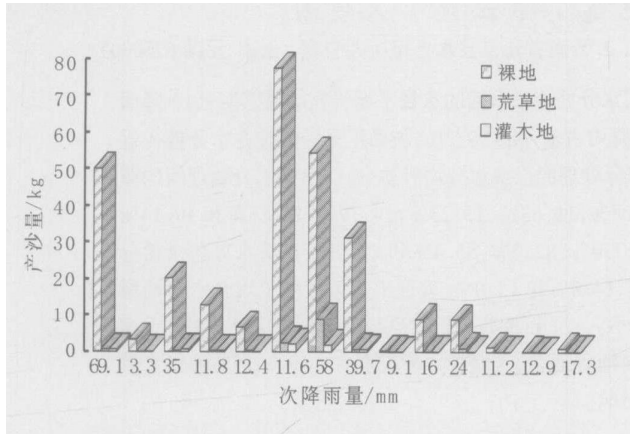


图 2 鸡蛋峁不同土地利用径流小区次降雨产沙量比较

3.3 不同土地利用类型小区入渗率随次降雨的变化

通过对图 3 的分析可知,在相同降雨量条件下,入渗率排序为:灌木地 > 荒草地 > 裸露地。在降雨量小,雨强较弱时,各小区的入渗率相差不显著,如降雨量为 9.1 mm,入渗率集中在 83% ~ 91%之间,在中降雨量范围内,随着雨强的增大,入渗率的差异也逐渐增加。其中裸露地由 84.3%减少到 55.3%,为原入渗率的 65.6%;荒草地由 88.9%减少到 71.7%,为原入渗率的 80.6%;灌木地由 90.7%减少到 87.8%,为原入渗率的 96.8%。再到大雨强的裸露地的入渗率 29.9%,荒草地的入渗率 45.1%,灌木地的入渗率 79.9%,分别为原入渗率的 35.5%,50.7%,88.9% (见图 4)。

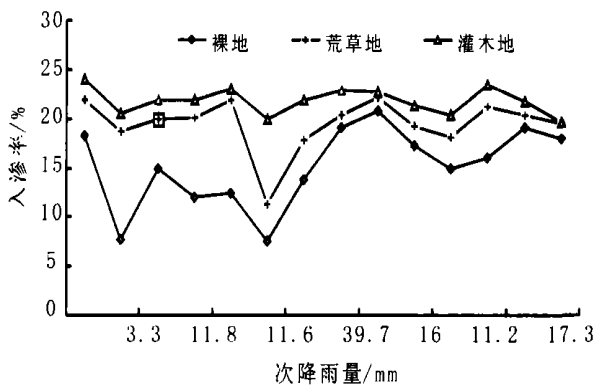


图 3 鸡蛋峁不同土地利用径流小区次降雨入渗率比较

由图 3 还可知,野外观测时,在大雨强条件下,裸露地刚开始几分钟入渗率比较大,这是由于裸露地不容易保持水分造成土壤过分干涸,从而刚开始几分钟

入渗率比较大。和裸露地比较,荒草地、灌木林地的土壤入渗率相对比较稳定,而裸露地土壤入渗率波动较大,这是由于荒草地和灌木地有植物叶片对雨滴进行截流、或者将大雨滴分散成小雨滴,降低了雨滴的溅蚀能力,使得雨水通过浸润的方式慢慢渗入土体而增强了土壤的入渗率。荒草地、裸露地在降雨量为 11.6mm 时,入渗率出现了明显的非正常下降,可能是由于该次降雨伴随的冰雹对荒草地和裸地土壤的打击侵蚀力过强引起的;同时灌木地在此时的入渗率与其它时候相比基本保持稳定,这说明灌木地对灾害性天气的抵抗力要明显强于荒草地和裸露地。由以上分析可知,退耕后 5 a 生的灌木和草地已经开始发挥保持水土的作用。

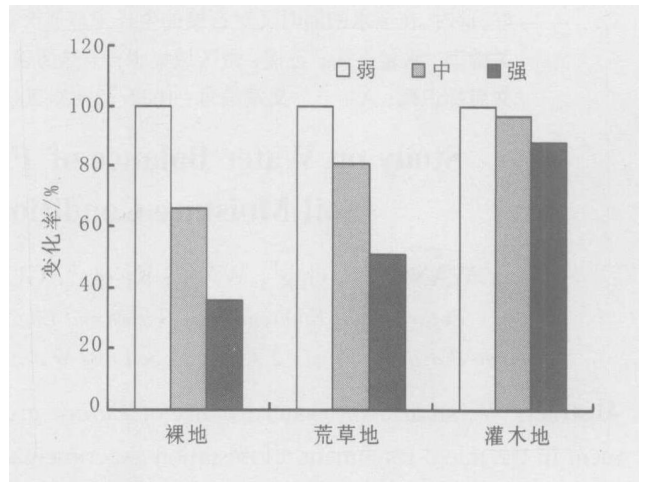


图 4 不同下垫面土壤入渗率随降雨强度的变化率比较

4 结 论

(1) 在相同雨强条件下,裸露地的径流量最大时是灌木地的 2.4 倍,是荒草地的 6 倍。因此,还林还草后,它极大地拦蓄了天然降水,为干涸的黄土高原保住了水分。

(2) 在相同雨强条件下,裸露地的产沙量最大时是灌木地的 82 倍,是荒草地的 150 倍。因此,还林还草后,极大地保土保沙,使脆弱的黄土高原的肥土不再流失,也为黄河的变清贡献一份力量。

(3) 在相同雨强条件下,灌木地的一般入渗率为 90.7%,荒草地的一般入渗率为 88.9%,而裸露地的入渗率仅为 60%。由此可以看出退耕还林还草减少了冲刷,可以避免造成山洪爆发,又能够充分地将水分拦蓄利用。

综上所述,5 a 生的草本及灌木已经在黄土高原的山川秀美过程中发挥了很大作用。

(下转第 22 页)

[参 考 文 献]

- [1] 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [2] 《中国森林》编辑委员会. 中国森林第四卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000. 2225—2231.
- [3] 程积民, 万惠娥. 中国黄土高原植被建设与水土保持[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [4] 台培东, 贾宏宇, 等. 不同人工林在草原露天矿区排土场边坡的水土保持效益及其环境影响[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 27—30.
- [5] 杨会蒲. 黄土丘陵区油松人工林水分生态效益研究[J]. 水土保持研究, 2002, 9(4): 74—79.
- [6] 杨勃, 高青竹, 李国强, 等. 皇甫川流域几种主要植物水分生态特征[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2387—2394.
- [7] 杨会蒲, 侯喜禄. 黄土丘陵区主要人工林水土保持及其土壤水分生态效益研究[J]. 陕西林业科技, 2004(1): 24—29.
- [8] 郝文芳, 韩蕊莲, 单常卷, 等. 黄土高原不同立地条件下人工刺槐林土壤水分变化规律研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(6): 964—968.
- [9] 韩蕊莲, 侯庆春. 延安试区刺槐林地不同立地条件下土壤水分变化规律[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(1): 74—76.
- [10] 原焕英, 许喜明. 黄土高原半干旱丘陵沟壑区人工林土壤水分动态研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 5—8.
- [11] 陈云明, 刘国彬, 侯喜禄. 黄土丘陵半干旱区人工沙棘林水土保持和土壤水分生态效益分析[J]. 应用生态学报, 2002, 13(11): 1389—1393.
- [12] 徐炳成, 山仑. 半干旱黄土丘陵区沙棘和柠条水分利用与适应性特征比较[J]. 应用生态学报, 2004, 15(11): 2025—2028.

(上接第 9 页)

研究表明, 国家的退耕还林草政策对雨水就地拦蓄入渗是非常有效的, 是一项非常英明远见的保护黄土高原的措施。但同时需要指出的是, 减沙效益是气候因素和水土保持措施共同作用的结果, 上述观测适逢 2004—2005 年小雨强, 长历时降雨雨型偏多年份, 很少有大到暴雨。因此, 该项研究还在继续。

[参 考 文 献]

- [1] 傅伯杰, 邱扬, 等. 黄土丘陵小流域土地利用变化对水土流失的影响[J]. 地理学报, 2002, 57(6): 718—721.
- [2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆盖变化国际研究动向[J]. 地理学报, 1995, 51(6): 553—558.
- [3] 柳长顺, 齐实, 史明昌. 土地利用变化与土壤侵蚀关系的研究进展[J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 11—13.
- [4] 唐克丽, 蔡庆. 黄土高原土壤侵蚀过程和生态环境演变的关系[A]. 见: 黄河流域环境演变与水沙运行规律研究文集(第一集)[C]. 北京: 地质出版社, 1991. 62—73.
- [5] 张胜利, 等. 黄河中游多沙粗沙区水沙变化原因及发展趋势[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1998. 10—120.
- [6] 张仁, 丁联臻. 黄河水沙变化的成因分析方法[A]. 见: 黄河水沙变化研究论文集(第二卷)[C]. 1993. 188—237.
- [7] 刘昌明, 等. 黄河下游断流的径流序列分析[J]. 地理学报, 2000(3): 257—265.
- [8] 程义. 延河洪水输沙特征分析[J]. 水土保持学报, 1992, 6(2): 35—40.
- [9] 张胜利. 略论黄河中游水沙变化及水土保持减沙效益[J]. 水土保持通报, 1994, 14(3): 8—10.
- [10] 陈浩. 流域系统水沙过程变异规律研究进展[J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 102—107.
- [11] 曾庆华. 泥沙研究进展综述[J]. 泥沙研究, 1999(1): 74—80.
- [12] 柯克比, 摩根(译). 土壤侵蚀[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987. 34—35.
- [13] 贾绍凤, 梁季阳. 黄土高原、径流、产沙相互关系的研究[J]. 水土保持学报, 1992, 6(3): 42—47.
- [14] 刘卉芳, 等. 黄土坡面不同土地利用与覆盖方式的产流产沙效应[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 137—141.