

天山山区草地覆被和雨强对产流和产沙的影响研究 ——以天山天池自然保护区为例

周宏飞^{1,2,3}, 王大庆⁴, 马健^{2,3}, 金发军⁵, 尹湘江⁵

(1. 西安理工大学 水利水电工程学院, 陕西 西安 710048; 2. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 3. 阜康荒漠生态系统国家野外科学观测研究站, 新疆 阜康 833200; 4. 柳州水利电力勘测设计研究院, 广西 柳州 545005; 5. 天池管理委员会, 新疆 阜康 831500)

摘 要: 通过设在天山天池的实地径流小区试验观测, 分析了天山天池自然保护区草地覆被变化和雨强对产流和产沙的影响。结果表明, (1) 植被覆盖度对产沙的影响大于对产流的影响。植被覆盖度为 35% 的退化草地径流场内的总径流深和总侵蚀量分别是 50%、55%、75%。这 3 种植被覆盖度场地内总径流深的 1.4、1.5、2.2 和 4、6、10 倍; 总的径流深、总的侵蚀量与植被覆盖度之间的关系可分别用指数函数表示。(2) 降雨强度对于产沙的影响大于对产流的影响。在下垫面条件一定时, 降雨强度越大, 径流量、侵蚀量也越大; 径流量、侵蚀量与降雨强度之间的关系可以分别用多项式表示。(3) 径流系数与植被覆盖度之间的关系可以用指数函数关系表示。

关键词: 新疆; 植被覆盖度; 土壤侵蚀; 径流系数; 水土保持

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)05-0026-04

中图分类号: P951

Impacts of Grass Coverage and Rainfall Intensity on Runoff and Sediment Yield in Tianshan Mountains of China —A Case Study of the Tianchi Natural Lake Reserve Area

ZHOU Hong-fei^{1,2,3}, WANG Da-qing⁴, MA Jian^{2,3}, JIN Fa-jun⁵, YIN Xiang-jiang⁵

(1. Institute of Water Resources and Hydrøelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China; 2. Xinjiang Institute of Ecology & Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China; 3. National Fukang Desert Ecosystem Field Observation and Research Station, Fukang, Xinjiang 831505, China; 4. Liuzhou Water Resources and Hydropower Investigation and Design Institute, Liuzhou, Guangxi 545005, China; 5. Tianchi Management Committee, Fukang, Xinjiang 831500, China)

Abstract: Based on the experiment on plots, impacts of grass coverage change on runoff and sediment yield in the Tianchi Lake Natural Reserve Area in Xinjiang were investigated. Grass coverage had much more influence on sediment yield than that on runoff. Total runoff depth for 35% grass coverage was 1.4, 1.5, and 2.2 times that for 50%, 55%, and 75% grass cover degrees, and total sediment yield for 35% grass coverage was 4, 6, and 10 times that for 50%, 55%, and 75% grass cover degrees, respectively. The relations of grass coverage to total runoff and sediment yield can be described by exponential function. Rainfall intensity had much more influence on sediment yield than runoff. In the same condition of grass coverage, runoff and sediment yield were increased with increased rainfall intensity. The relation of rainfall intensity to total runoff and sediment yield can be described by binomial function. The relation between grass coverage and total runoff depth can be described by exponential function.

Keywords: Xinjiang; grass coverage; soil erosion; runoff coefficient; soil and water conservation

山区是西北内陆河流域的径流形成区,山区下垫面条件的变化对产流和产沙具有重要影响^[1-2]。坡面径流量和产沙量随降雨量、降雨强度变化成正比增

长^[3-4],与植被覆盖之间则呈现为明显的非线性负相关关系^[5-6]。目前,对于长江和黄河流域产流和产沙已有较深入的研究^[7-8],而对于干旱区内陆河流域径

收稿日期:2008-09-20

修回日期:2009-05-11

资助项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)课题(2009CB421301);中国科学院重要方向项目(KZCX2-YW-431);中国科学院野外站基金项目“三河流域自然植被的水分来源及其可持续性研究”;天池管委会委托项目“天池保护区生态环境监测”资助

作者简介:周宏飞(1965—),男(汉族),浙江省东阳市人,西安理工大学在职博士生,主要从事干旱区水文水资源的研究工作。E-mail:zhouhf@ms.xjb.ac.cn。

流形成区下垫面条件对产流和产沙的影响研究较少,对天山山区覆被变化对降雨的产流和产沙的研究几乎空白。研究天山山区覆被变化对流域产流和产沙的影响,将有助于深入了解干旱内陆河流域径流的形成与变化特征,揭示不同覆被变化下的降雨对于产流和产沙的影响,对于天山天池自然保护区的生态保护、恢复以及重建,具有重要的参考价值。同时,对深入认识江河源区生态系统的水源涵养功能变化具有重要的理论意义,为今后的流域水土保持综合治理提供科学依据。

1 研究区域概况

天山天池自然保护区,位于新疆阜康市东南部,东经 88°00'—88°20',北纬 43°45'—43°59',面积 248 km²,集冰川积雪、森林草地、高山湖泊于一体,是世界上惟一具有完整的山地自然景观带和现代冰川地貌景观的地方^[9]。保护区内著名的旅游圣地——天池,海拔 1 910 m,水面面积约 5 km²,平均水深 60 m,最深处达 105 m,总蓄水量 2 × 10⁸ m³。天山天池自然保护区海拔 2 000 m 左右的山区,是植被覆盖最好、生物多样性最集中的地区,也是补给天池的主要水源。然而,目前研究区域范围内出现草地退化、草地生态功能减弱和水源涵养功能下降、水土流失严重、生物多样性遭受破坏等一系列生态环境问题,覆被变化将如何影响天山天池自然保护区的生态环境变化,是该区域一个广受关注的问题。

该区域冬季寒冷漫长,极端最低气温 - 33.4 ℃,极端最高气温 30.0 ℃,年平均温度为 1.9 ℃ 以下,日温差 10.3 ℃,日照时数 2 600 h。北冰洋湿润气流侵入该区,常形成降雨,天池自然保护区的年降雨量在 500 ~ 600 mm,历史最高年降雨量为 799 mm,日最大降雨量达 95.3 mm(1978 年 6 月 12 日)。

2 实验设计与研究方法

在天山天池上游产流区选择不同坡向、不同坡度的坡地,建立了 3 个径流实验场,共 9 个小区,记为 1#—9#,并对 9 个径流小区内的下垫面条件分别进行了调查。植被群落为亚高山草甸,土壤富含腐殖质,土层厚度一般较深,大于 2 m。各径流场面积、坡度、坡向、植被盖度、容重、总孔隙度等具体参数详见表 1。

由于天池上游交通不便、地形条件复杂,在距河流入湖口上游 1 km 的右岸和 3 km 的左岸附近坡地上分别布设了 3 个径流场,各有 3 个径流观测小区。坡面选择地面没有起伏的直型坡,径流场由保护带、护埂(由玻璃钢板制成)、承水槽、导水管、集水桶(由玻璃钢制成)组成。其中,保护带由铁丝网围成,玻璃

钢板插入土中 10 cm 左右,上部高于土壤表面 40 cm;承水槽由水泥制成槽形;导水管由玻璃钢制成;集水桶由直径 60 cm,高 1.5 m 左右的两个桶连接而成。每个径流场布设由美国 Davis 公司制造的 7852 型自记式雨量器一台,测量降雨量、降雨强度和降雨量历时。径流量和泥沙量采用径流桶收集法收集样品,每次产流后测定径流总体积,并取均匀的径流样品,通过静置、沉淀、烘干等步骤测定泥沙量,计算径流量和产沙量。

表 1 径流小区特征参数

编号	坡度/ (°)	坡向	面积/ m ²	植被盖 度/%	容重/ (g·cm ⁻³)	总孔隙 度/%
1#				70	1.14	57
2#	26	正东	5 × 3	75	1.08	62
3#				35	1.32	54
4#				60	1.15	57
5#	20	正南	5 × 3	65	1.15	57
6#				70	1.09	60
7#				50	1.01	63
8#	28	正西	5 × 3	55	1.07	61
9#				50	1.13	59

3 结果分析

3.1 降雨强度对产流和产沙的影响

3.1.1 降雨强度对于产流的影响 在一定的下垫面条件下,降雨能否产生径流,很大程度上取决于降雨强度和降雨历时两个因素;而对于不同强度的降雨,开始发生地面径流的时间是不同的。所以,能引起地面径流的降雨强度标准是随降雨历时不同而变化的。

从图 1 可以看出,随着降雨强度的增加,径流量相应增加,它们之间的关系可以用二次曲线关系表示。在坡度为 26°,覆盖度为 35% 条件下,径流量与降雨强度的关系可以表示为: $y = 285.02x^2 - 686.44x + 794.67$ ($R^2 = 0.88$);在坡度为 26°,覆盖度为 70% 条件下,径流量与降雨强度的关系可以表示为: $y = 313.05x^2 - 997.89x + 730.27$ ($R^2 = 0.98$)。式中: x ——降雨强度(mm/h); y ——径流量(ml/m²)。

从图 3 逐次降雨产生的径流量中可以看出,在植被覆盖度为 35% 的场地内,6 月 19 日(降雨量为 50 mm、降雨强度为 3.26 mm/h)产生的径流量为 10 280 ml/m²,与 8 月 24 日(降雨量为 50 mm,降雨强度为 1.41 mm/h)产生的径流量为 2 003 ml/m² 相比,径流量扩大 5 倍。可见,在植被覆盖度相同的条件下,降雨量、降雨强度越大,径流量越大,且降雨强度对于径流量的影响更大。

3.1.2 降雨强度对于产沙的影响 从图 2 可以看出,随着降雨强度的增加,产沙量相应增加,它们之间的关系也可以用二次曲线表示。在坡度为 26°,覆盖度为 35%条件下,产沙量与降雨强度的关系可以表示为: $y = 2.22x^2 - 7.516x + 5.535 (R^2 = 0.98)$;在坡度为 26°,覆盖度为 70%条件下,产沙量与降雨强度的关系可以表示为: $y = 0.33x^2 - 1.11x + 0.82 (R^2 = 0.98)$ 。式中: x ——降雨强度(mm/h); y ——产沙量(g/m^2)。

从图 6 逐次降雨产生的侵蚀量中可以看出,在植被覆盖度为 35%的场地内,6月19日(降雨量为 50 mm,降雨强度为 3.26 mm/h)产生的侵蚀量为 63.77 g/m^2 ,与 8月24日(降雨量为 50 mm,降雨强度为 1.41 mm/h)产生的侵蚀量为 0.39 g/m^2 相比,侵蚀量扩大 160 倍。由此可见,在植被覆盖度较低时,在相同的降雨量条件下,随着降雨强度的增加,产生的侵蚀量呈几何级数增加。结合图 1 和图 2,可以看出,降雨强度对于产沙的影响大于对产流的影响。

综上所述,降雨因子对于产流和产沙的影响很大程度上取决于降雨强度。

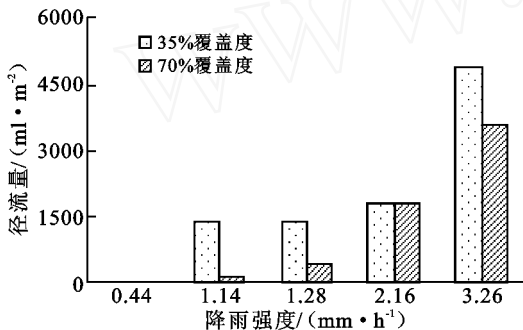


图 1 总径流深与降雨强度的关系

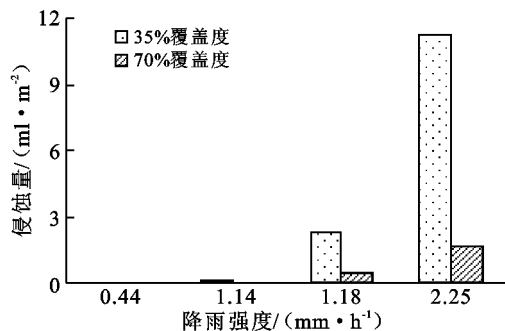


图 2 总侵蚀量与降雨强度的关系

3.2 不同下垫面条件下的降雨产流、产沙特性

3.2.1 植被覆盖度对产流的影响 在地形、土壤、降雨因子等相同的条件下,天山天池自然保护区草地坡面上不同覆盖度的径流场内所产生的径流量差异明显。通过对天山天池自然保护区不同覆盖度草地的径流深进行分析(图 5)可知,35% (1# 径流小区),50%

(7# 径流小区),55% (8# 径流小区),75% (2# 径流小区)植被覆盖度的场地内合计产生的总径流深分别是 29.58,21.04,19.30,13.31 mm。低覆盖度 35%退化草地的径流场内的总径流深是 50%,55%,75%盖度场地内总径流深的 1.4,1.5,2.2 倍,而 50%和 55%两种盖度的场地内所产生的总径流深相比较,差别不大。另外,从观测的数据来看,发现在植被覆盖度与总径流深之间的关系可近似用指数函数关系表示,表达式为: $y = 37.19e^{-0.2482x} (R^2 = 0.96)$ 。

式中: x ——植被覆盖度(%); y ——总的径流深(mm)。即植被覆盖度越大,径流量越小。

从图 3 次降雨产生的单次径流量中可以看出,不同草地植被覆盖度下产生的径流量大小依次为:35%覆盖度 > 50%覆盖度 > 55%覆盖度 > 75%覆盖度,即植被覆盖度越大,径流量越小。

另外,从图 4 可以看出,随着植被覆盖度的增加,径流系数减少。它们之间的关系可以用指数函数关系表示: $y = 7.1234e^{-0.2486x} (R^2 = 0.94)$ 。

式中: x ——植被覆盖度(%); y ——径流系数(%)。

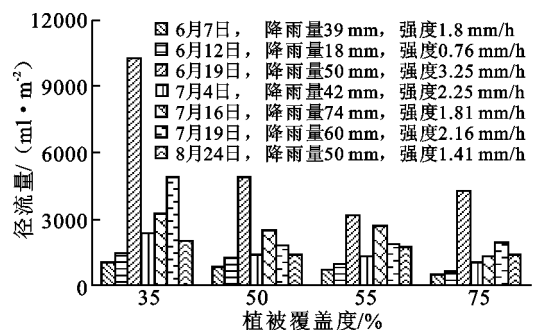


图 3 逐次降雨条件下植被覆盖度与径流量的关系

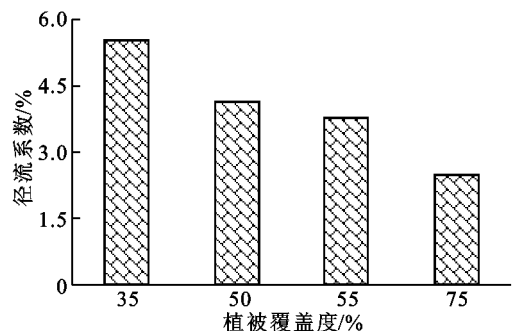


图 4 植被覆盖度与径流系数的关系

3.2.2 植被覆盖度对产沙的影响 通过对天山天池自然保护区不同覆盖度草地的产沙量进行分析(图 6),可知:35%,50%,55%,75%覆盖度场地内合计产生的总侵蚀量分别为 99.08,24.02,15.60,9.44 g/m^2 。35%盖度的场地内产生的总泥沙侵蚀量为 50%,55%,75%这 3 种覆盖度场地内产生的总泥沙

量的4倍,6倍和10倍。可见,随着植被覆盖度的增加,草地保土效益愈加显著,土壤侵蚀越来越小。它们之间的关系可以近似用指数函数关系表示,为 $y = 158.05e^{-0.7485x}$ ($R^2 = 0.92$)。

式中: x ——植被覆盖度(%); y ——侵蚀量(g/m^2)。

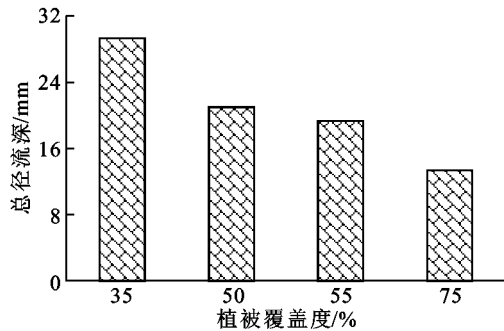


图5 总径流深与植被覆盖度的关系

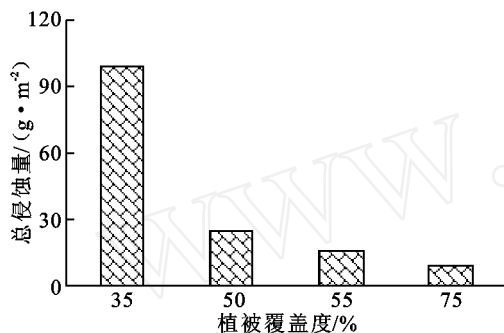


图6 总侵蚀量与植被覆盖度的关系

从图7可以看出,在次降雨产生的逐次侵蚀量中,不同草地植被覆盖度下产生的侵蚀量大小依次为:35%覆盖度>50%覆盖度>55%覆盖度>75%覆盖度,即植被覆盖度越大,侵蚀量越小。结合图3,图7,可以看出,植被对于产沙的影响大于对于产流的影响。

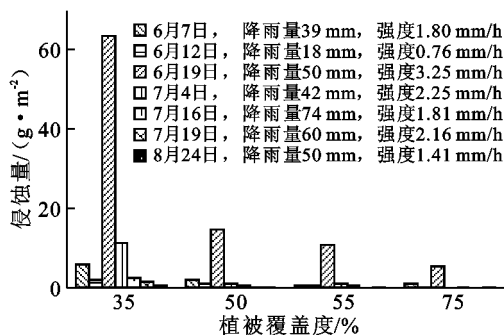


图7 逐次降雨条件下植被覆盖度与侵蚀量的关系

4 结果与讨论

通过对天山天池自然保护区草地覆被和雨强对产流和产沙的影响分析,可以得到:

(1) 降雨强度对于产沙的影响大于对产流的影响。在下垫面条件相同时,降雨强度越大,径流量、侵蚀量也越大;坡面径流量、侵蚀量与降雨强度之间的关系可分别用多项式关系表示。

(2) 植被覆盖对于产沙的影响大于对于产流的影响。植被覆盖度为35%退化草地的径流场内的总径流深是50%,55%,75%这3种盖度场地内总径流深的1.4,1.5,2.2倍,产生的总侵蚀量的4倍,6倍和10倍。

(3) 植被覆盖度与总径流深、径流系数、总侵蚀量之间的关系可分别用指数函数关系表示。

可见,植被对天池保护区产流和产沙的影响是巨大的,良好的覆被是减少天池入湖泥沙的重要保证。因此,减少放牧,提高上游产流区的植被覆盖率,是防治天池自然保护区水土流失的必要措施。

由于本项研究是在实地小区观测资料的基础上,通过分析坡面覆被变化对降雨产流和产沙的影响,来探讨天山天池自然保护区内的水土流失情况。限于条件,不能对不同坡度和植被覆盖度条件进行系统模拟,较为细致的系统研究有待进一步深入。

[参 考 文 献]

- [1] Braud I, Fernandez P C, Bouraoui F. Study of the rainfall-runoff process in the Andes region using a continuous distributed model [J]. Journal of Hydrology, 1999, 216: 155-171.
- [2] 夏卫生,雷廷武,张晴雯,等.冲刷条件下坡面水流速度与产沙关系研究[J].土壤学报,2004,41(6):876-880.
- [3] Reaney S M, Bracken L J, Kirkby M J. Use of the connectivity of runoff model (CRUM) to investigate the influence of storm characteristics on runoff generation and connectivity in semi-arid areas [J]. Hydrological Processes, 2007, 21: 894-906.
- [4] 王占礼,邵明安,常庆瑞.黄土高原降雨因素对土壤侵蚀的影响[J].西北农业大学学报,1998,26(4):101-105.
- [5] 卢金发,黄秀华.黄河中游地区流域产沙中的地貌临界现象[J].山地学报,2004,22(2):147-153.
- [6] 郭忠升.水土保持林有效覆盖率及其确定方法的研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1996,2(3):67-72.
- [7] 李元寿,王根绪,王一博,等.长江黄河源区覆被变化下降水的产流和产沙效应研究[J].水科学进展,2006,17(5):616-623.
- [8] 陈浩,梁广林,周金星,等.黄河中游植被恢复对流域侵蚀产沙的影响与治理前景[J].中国科学(D辑):地球科学,2005,35(5):452-463.
- [9] 田万荣.新疆天池“96·7”暴雨洪水分析[J].水文,2001,21(6):63-65.