

北方土石山区小流域综合治理措施及效应研究

王忠科¹, 和继军^{2,3}, 蔡强国²

(1. 张家口市水利工程质量监督站 张家口市水土保持生态环境监测分站,

河北 张家口 075000; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所,

中国科学院 陆地水循环与地表过程重点实验室, 北京 100101; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 通过野外坡面径流小区观测和沟道断面定点监测, 对不同降雨特征条件下不同水土保持措施坡面水沙过程进行对比研究, 分析了前期降雨、降雨特征与产流产沙的关系, 并对林草植被的水土保持效果进行了探讨。结果表明, 相同降雨和水土保持措施处理下, 存在前期降雨事件的小区径流量和泥沙量明显偏大。两场降雨的降雨特征差异越大, 不同处理下的径流量和产沙量的差异亦越大。水土保持措施通过改变下垫面状况可以削弱降雨特征对径流产沙的影响。水平梯田的拦沙蓄水效果最高, 植物措施结合适当整地同样可以取得良好的水土保持效果, 而封禁治理初期必须辅助以工程措施为植被的恢复创造条件。沟头防护措施可以减少沟道径流, 有效抑制沟道土壤侵蚀。

关键词: 降雨特征; 前期降雨; 沟头防护; 累积侵蚀量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)04-0011-06

中图分类号: S157.2

Integrated Control Measures and Their Effects of Small Watershed in the Rocky Area of Northern China

WANG Zhong-ke¹, HE Ji-jun^{2,3}, CAI Qiang-guo²

(1. Zhangjiakou Supervision Station of Water Conservancy Project, Zhangjiakou Supervision Sub-station of Soil and Water Conservation and Environment, Zhangjiakou, Hebei 075000, China; 2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources, and Key Laboratory of Water Cycle & Related Land Surface Processes, CAS, Beijing 100101, China; 3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Based on the observation in runoff plots and gully cross-section in the field, the relationship between runoff and sediment yield for different soil and water conservation measures under different rainfall character conditions was studied. The effects of prophase rainfall and rainfall characters on runoff and sediment yield were analyzed. Soil and water conservation benefits of vegetation were discussed. Results showed that runoff and sediment from runoff plots with the application of prophase rainfall were greater under the conditions of the same rainfall and soil and water conservation measure. The larger the difference in the character of two rainfall events was, the larger the difference in the amount of runoff and sediment yield from runoff plots was. For the different measures, the benefit of level terrace was the highest; vegetation measure combined with appropriate engineering measure also obtained a good benefit of soil and water conservation. In the initial stage of vegetation enclosure, engineering measure must be used to improve the environment of ecological recovery. Gully head protection measure can well protect gully head and control gully erosion.

Keywords: rainfall character; prophase rainfall; gully head protection; cumulated erosion amount

水土流失是一个世界性的环境问题^[1-2], 近几十年来受到了广泛关注。中国是世界上水土流失严重的国家, 北方土石山区是我国的 6 大水力侵蚀区之一。由于北方土石山区特有的土壤地理环境以及所

处的特殊地理位置, 它已经变成了中国潜在侵蚀最危险的地区之一。近年来, 北方土石山区的生态环境问题得到了政府、科学家甚至农民的普遍重视。目前关于影响地表径流因素与土壤侵蚀规律的研究已经很

收稿日期: 2008-01-18

修回日期: 2008-03-28

资助项目: 973 国家重点基础研究发展计划资助(2007CB407207)

作者简介: 王忠科(1966—), 男(汉族), 河北省张家口市人, 本科, 高级工程师, 主要从事水利工程质量监督、水土保持监测工作。E-mail: wzk2002-2003@163.com。

通信作者: 蔡强国(1946—), 男(汉族), 湖北省武汉市人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀、水土保持、流水地貌、流域侵蚀产沙模拟和 GIS 应用等方面研究。E-mail: caiqg@igsnrr.ac.cn。

多,这些研究针对某一特定因子或多个因子对径流侵蚀的影响做了大量详细的探讨^[3-4],这些研究成果为水土流失的有效防治提供了基本的理论支持。小流域是土壤侵蚀、产沙和输沙的基本单元,也是进行水土流失综合治理的基本单元。近几十年来,我国以小流域为对象,开展了大量的水土流失治理和研究工作,并取得了丰硕的成果。目前,我国水土流失的研究重点正在由单纯保土蓄水研究向全面考虑水保效益、生态效益以及社会效益的综合治理阶段转变。

张家口市位于北方土石山区的西北部,是北京市主要的水资源来源区和生态屏障之一,与北京相邻,地理位置极其重要。1983年,张家口市被水利部列入国家8大片水土保持重点治理区,开始了重点治理。特别是近期《21世纪初期首都水资源可持续利用规划》项目、京津风沙源治理工程项目等重大项目实施以来,张家口市各区县出现了很多水土流失综合治理的精品小流域,为很好地总结北方土石山区水土流失综合治理范式的研究提供了很好的样板。本论文选择张家口市怀安县西河项目区重点治理的3个小流域为例,以径流小区资料为基础,着重分析不同降雨和水土保持措施共同作用下水土流失的变化效应,为该地区水土流失的有效防治提供一定理论支持和借鉴作用。

1 研究区域基本概况

怀安县西河水土保持工程项目区位于张家口市怀安县城东南部,介于东经 $114^{\circ}24'39''$ — $114^{\circ}44'44''$,北纬 $40^{\circ}31'24''$ — $40^{\circ}41'06''$ 之间,总面积 159.65 km^2 ,包括西河、第六屯和叶家辛窑3条小流域。地形南高

北低,地貌类型属典型的黄土丘陵沟壑区,相对高差 838 m ,区内沟壑纵横交错,沟壑密度为 2.48 km/km^2 ;土地坡度组成结构为: $<5^{\circ}$ 面积占总面积的 20.6% ; $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 面积占总面积的 50.2% , $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 面积占总面积的 29.2% 。土壤处于栗钙土地带,土层厚度由南向北逐渐加厚,上部为土石山区,一般在 30 cm 左右,流域下部土层厚度大于 100 cm ,多为黄土覆盖,黄土组成主要成份为粉沙壤土,结构松散,极易被冲刷流失。植被主要为人工植被,林地面积为 546.0 hm^2 ,林草覆盖率为 3.4% 。多年平均降水量为 424 mm ,年际变化大,年内分配不均,6—8月份降水量占全年 70% 。10年和20年一遇 24 h 最大降雨量分别为 122 mm 和 125 mm ,3—6h最大降雨量分别为 52.6 mm 和 65.3 mm ,多年平均径流深 51.3 mm 。

径流观测小区布设在县水利水保科普示范基地,该点降水条件、地形地貌、土壤质地、植被等在项目区具有较强的代表性,且交通便利,观测人员齐备,便于日常观测。根据治理小流域土地坡度组成、土地利用类型及水土流失治理措施的结构,共设置了8个不同处理的径流观测小区,1—4号小区位于同一坡面,坡度为 7° ;5—8号小区位于同一坡面,坡度为 23° ,小区设计水平投影面积 100 m^2 ($5\text{ m}\times 20\text{ m}$),长边垂直等高线布设(见表1)。沟道侵蚀监测点设置在两个对比沟道内,其中一个沟采用沟头防护工程,另一个沟为自然沟,分别设有5个观测断面,断面排号以沟头为1号,顺沟头向下依次为断面2—5。通过计算相邻断面内的冲刷量,监测沟道的累计侵蚀量,分析沟道防护工程的拦蓄作用。

表1 治理小流域径流观测小气基本情况

小区编号	小区名称	坡度/($^{\circ}$)	整地形式	所种植物品种	种植密度
1	标准小区	7	保持原状	休闲裸露	
2	坡耕	7	条播	苜蓿	行距 0.5 m
3	地组	7	大坑	杏扁	$3\text{ m}\times 4\text{ m}$
4	水平梯田小区	0	两块梯田	黄豆	同大田
5	标准小区	23	保持原状	休闲裸露	
6	荒坡	23	保持原状	原始植被	
7	地组	23	水平沟	紫穗槐	株距 1.5 m
8	乔木林小区	23	鱼鳞坑	油松	$1.5\text{ m}\times 2\text{ m}$

2 结果与分析

2.1 降雨特性与坡面不同水土保持措施径流量、侵蚀量之间的关系

降雨是引起土壤水蚀发生的直接外营力,不同特征的降雨对径流泥沙的产生有着重要影响^[5-6]。除此之外,土壤水蚀的强弱与地表下垫面状况(土壤状况、植被、土地利用方式、坡度和坡长)等因素关系密

切。本文主要讨论不同水土保持措施下的径流泥沙与不同特征次降雨、降雨的前期条件之间的关系。

(1) 前期降雨对径流产沙量的影响。前期降雨对径流形成和侵蚀的发生有重要的影响。一般而言,前期降雨对产流的影响主要表现在土壤水分含量上,前期降雨将增加土壤水分含量,特别是土壤表层的土壤含水量,最终将影响到降雨入渗,从而影响地表、地下径流和产沙。当土壤初始含水量充足,损失于填

洼、入渗的那部分降雨都将转化为产流,径流量就会增加,水流挟沙能力也就增强,致使产沙量增加^[7]。已有的研究表明,降雨强度 50 mm/h,降雨历时 90 min,土壤水分饱和时,坡面产流量较自由下渗时的坡面径流量增加 30%~40%,侵蚀产沙量是自由下渗条件下的 2.8~3.5 倍^[8-12]。

前人这方面的相关研究主要集中在室内模拟试验,而基于径流小区的坡面水土保持措施的前期降雨对侵蚀过程的影响研究较少。因此,为了研究前期降雨条件下降雨与水保措施下的径流泥沙关系,选择了研究区内 2004—2005 年的 4 场基本降雨特征差异不大的有效降雨(有效降雨量即产生径流的降雨量)进行研究,即 2004 年 6 月 6 日和 7 月 1 日的 2 场降雨,2005 年 7 月 23 日和 8 月 12 日 2 场降雨分别进行对比研究。其中没有前期降雨影响的降雨是指该次降雨之前 10 d 内或以上没有降雨,存在前期降雨影响的降雨是指该次降雨前 1~2 d 内出现过有效降雨。根据径流小区资料 2004 年 6 月 6 日以前 10 d 内没有出现过降雨,满足不受前期降雨影响的降雨条件,7 月 1 日前的 6 月 29—30 日出现过 32 mm 的有效降雨,满足存在前期降雨影响的降雨条件;同样,2005 年 7 月 23 日的降雨满足存在前期影响的降雨条件,8 月 12 日的降雨满足不受前期降雨影响的降雨条件。

表 2 是坡耕地组径流小区的前期降雨影响径流泥沙对比资料。从表 2 可以看出,2004 年 6 月 6 日的降雨无论是降雨量还是最大 10 min 和最大 30 min 降雨量都要大于 2004 年 7 月 1 日的降雨量,但是由于前期一直没有降雨,处于汛期的开始阶段,土壤比较干燥,各个处理的小区内降雨基本全部入渗。而 7 月 1 日的降雨由于存在前期降雨的影响,土壤含水量比较高,除了水平梯田径流全部入渗外,其它处理的小区的径流量都要高于 6 月 6 日降雨的不同处理小区内的径流量和产沙量,其中径流量尤其明显,特别是对于标准小区。但是,对于种草处理的小区 7 月 1 日的产沙量却低于 6 月 6 日的产沙量,这可能是由于 6 月初土壤水分少,植被生长状况差,而 7 月份降雨多,植被长势好,可以起到抑制水土流失的作用。2005 年的两场降雨与 2004 年两场降雨相比,规律基本一致,但是也存在一些例外,这可能和 2005 年的两场降雨特征有关。从表 2 中可以看出,2005 年的 8 月 12 日的降雨量、最大 10 min 雨强和最大 30 min 雨强都要远大于 7 月 23 日的降雨。同时,也可能是不同水保措施处理的差异造成的。

表 3 是荒坡地组径流小区相同降雨场次下的前期降雨影响径流泥沙的对比资料。从表中可以得出

与坡耕地组径流小区相同的规律。受前期降雨降雨的影响,2004 年 7 月 1 日和 2005 年 7 月 23 日的径流泥沙量分别大于不受前期降雨影响的 2004 年 6 月 6 日和 2005 年 8 月 12 日的径流产沙量,径流量的增加要比产沙量的增加明显,特别是在标准小区。但是,产沙量在个别小区内表现出一定差异性,这可能与不同处理小区内具体植被布局以及不同月份的植被生长状况有关。通过对坡耕地和荒坡地两组小区的 4 场降雨泥沙资料的分析,得出的结果基本和前人研究成果一致,但是产流量受前期降雨的影响要比侵蚀量受前期降雨的影响明显,这与已有的某些研究成果有些出入,这可能是由于坡面的下垫面条件不同造成的,因为本文研究的小区采取不同的水土保持措施,同时也可能是由于观测资料少引起的,需要随着观测资料的逐年积累进一步给予研究和论证。

从表 2 和表 3 中还可以看到,在相同降雨条件下,坡耕地组的水土保持措施效果由大到小依次是水平梯田、经济林、人工种草和标准小区;荒坡地组的水土保持措施效果由大到小依次是灌木林、乔木林和封禁小区、标准小区。从表 2 结合表 3 还可以看到,不论有无前期降雨,水平梯田均未产生径流和泥沙,即水土保持效果最好,这主要是由于水平梯田通过改变原有的小地形,使坡面变得平整,截断原有的径流流线,强化了降雨就地入渗拦蓄。只要降雨强度没有超过梯田的设计标准,梯田就能实现降雨的全部入渗^[3]。

通过对比表 2 和表 3 两组径流小区不同措施下的水土流失了差异还可以看出,对于没有采取任何水土保持措施的标准小区来说,由于荒坡地组小区的坡度为 23°,远远大于坡耕地组的 7°,因此在相同降雨条件下坡耕地组的径流量和产沙量都远高于坡耕地,这和前人的大量研究结果是一致的,即径流和侵蚀量随着坡度的增大而增加^[4]。

对于采取水土保持措施的其它小区来说,虽然荒坡地的坡度大于坡耕地组小区,但是不同处理下的小区径流产泥量的变化规律并不明显,这是因为在下垫面综合因素情况下,降雨侵蚀过程变得非常复杂的,它不仅取决于坡度坡长等地形因子,同时与土壤类型,各种水土保持措施的布局结构,以及各个时间段小区内的植被生长好坏状况密切相关(见表 1)。

(2) 降雨特征对水土流失的影响。降雨是引起水土流失的直接动力,不同类型的降雨事件下不同土地利用/覆被类型水土流失效应差别较大;即使是同样特征的降雨事件,由于发生的时间不同,有可能产生不同的径流侵蚀效果^[13]。因此为研究不同降雨特征下不同水土保持措施的径流泥沙效应,选择了观测

小区观测时期内 2004—2005 年 6 场不同雨型的降雨, 分成 3 种不同降雨特征的对比雨型, 即 2004 年 7 月 3—4 日和 7 月 10—11 日的对比雨型 I 两场降雨最大 10 min 和最大 30 min 降雨量基本相同, 但是降雨量和雨强存在差异; 2004 年 7 月 26 日和 8 月 2 日

的对比雨型 II 两场降雨除降雨量相同外, 雨强、最大 10 min 和最大 30 min 降雨量均存在差异; 2005 年 6 月 27 日和 7 月 23 日的对比雨型 III 两场降雨的降雨量和雨强相同, 但最大 10 min 和最大 30 min 降雨量存在差异(表 4—5)。

表 2 坡耕地组前期降雨对径流和泥沙的影响

降雨时间	P	I_m	I_{10}	I_{30}	标准小区		人工种草		经济林		水平梯田	
					产流量	产沙量	产流量	产沙量	产流量	产沙量	产流量	产沙量
20040606	7.6	7.0	6.0	7.5	2.0	0.33	20	0.54	0	0	0	0
20040701	5.8	8.7	2.7	5.1	94.0	1.66	60	0.28	61.5	0.4	0	0
20050723	13.6	1.6	1.7	3.5	113.3	2.63	0	0	78.3	0.52	0	0
20050812	18.0	1.7	3.5	4.6	27.5	2.80	0	0	92.3	1.09	0	0

注: P 为降雨量(mm); I_m 为平均雨强(mm/h); I_{10} 为最大 10 min 降雨量(mm); I_{30} 为最大 30 min 降雨量(mm); 产流量单位为 L/100 m²; 产沙量单位为 kg/100 m²。

表 3 荒坡地组前期降雨对径流和泥沙的影响

降雨时间	P	I_m	I_{10}	I_{30}	标准小区		人工种草		经济林		水平梯田	
					产流量	产沙量	产流量	产沙量	产流量	产沙量	产流量	产沙量
20040606	7.6	7.0	6.0	7.5	0	0	0	0	0	0	0	0
20040701	5.8	8.7	2.7	5.1	193.0	2.30	130	3.9	10.8	0.22	28.6	0.14
20050723	13.6	1.6	1.7	3.5	218.6	2.51	0	0	0	0	101.2	0.26
20050812	18.0	1.7	3.5	4.6	175.0	8.11	0	0	0	0	0	0

注: P 为降雨量(mm); I_m 为平均雨强(mm/h); I_{10} 为最大 10 min 降雨量(mm); I_{30} 为最大 30 min 降雨量(mm); 产流量单位为 L/100 m²; 产沙量单位为 kg/100 m²。

表 4 坡耕地组不同降雨特征对径流和泥沙的影响

雨型	降雨时间	P	I_m	I_{10}	I_{30}	标准小区		人工种草		经济林		水平梯田	
						产流量	产沙量	产流量	产沙量	产流量	产沙量	产流量	产沙量
I	20040703	6.5	2.4	2.3	3.7	25.3	0.08	25.1	0.09	24.1	0.15	0	0
	20040710	17.4	1.0	3.0	3.8	119.5	0.55	185.9	0.56	183.8	0.82	0	0
II	20040726	23.2	1.9	2.0	4.1	11.0	0.06	27.9	0.06	68.9	0.30	0	0
	20040802	23.0	8.6	10.0	13.3	246.1	0.31	147.2	0.31	177.0	0.48	0	0
III	20050627	13.3	1.4	3.8	6.4	285.1	2.32	82.8	0.43	147.4	0.76	0	0
	20050723	13.6	1.6	1.7	3.5	113.3	2.63	0	0	78.3	0.52	0	0

注: P 为降雨量(mm); I_m 为平均雨强(mm/h); I_{10} 为最大 10 min 降雨量(mm); I_{30} 为最大 30 min 降雨量(mm); 产流量单位为 L/100 m²; 产沙量单位为 kg/100 m²。

表 4 是坡耕地组径流小区 3 种对比雨型不同处理下的径流泥沙资料。从表 4 可以看出, 对于雨型 I, 尽管 2004 年 7 月 3—4 日的雨强大于 7 月 10—11 日的雨强, 但是后者的降雨量远远大于前者的降雨量, 导致后者不同处理下的径流量和产沙量都远远大于前者, 因为两场降雨的时间间隔比较近, 可以排除植被生长状况的作用。因此, 影响不同水土保持措施下的径流量和产沙量的主要因素是降雨量和降雨强度, 再者前期降雨也可能是导致后者的径流量和产沙量远远大于前者的一个因素。对于雨型 II, 两场降雨量相同, 但 2004 年 8 月 2 日的雨强、最大 10 min 雨量和最大 30

min 雨量大于 7 月 26 日, 因此后者不同处理下的径流量和产流量均远远大于前者。对于雨型 III 两场降雨的降雨量和雨强相同, 但是, 2005 年 6 月 27 日的最大 10 min 雨量和最大 30 min 雨量是 7 月 25 日的两倍, 导致前者的径流量和产沙量大于后者。通过对比 3 种对比降雨类型之间的差异, 可以看出降雨特征对径流产沙影响很大, 降雨特征差异越大, 不同处理下的径流量和产沙量的差异亦越大, 但是不采取任何水土保持措施的表现明显(见标准小区), 采取水土保持措施的不明显, 说明下垫面的状况对径流产沙有主要的影响, 通过改变微地形(梯田措施、鱼鳞坑和水平沟), 提高植

被覆盖可以有效拦蓄径流和泥沙, 削弱降雨特征对径流产沙的影响。从表 4 可见, 水土保持效果水平梯田最高, 无论那种对比雨型均没有产生径流和泥沙, 经济林和人工种草相当, 标准小区最差。如果对比 6 场降雨之间或是 3 种雨型之间的差异, 上述规律并不明显, 甚至有相反的结论, 这可能是降雨特征以及下垫面条件在不同降雨期内的差异所造成的。同时, 由于小区的监测时期比较短, 满足分析条件的监测资料较少, 偶然因素也可能影响到分析的结果, 需要随着监测资料的逐渐积累, 对分析结果进一步证实和论证。

表 5 是荒坡地组径流小区 3 种对比雨型不同处理下的径流泥沙资料。通过分别对比 3 种雨型不同处理小区下的径流泥沙量, 可以得到与坡耕地组类似的结果, 即降雨特征差异越大, 产流产沙量差异越大, 但是 6 次降雨之间或是 3 种对比雨型之间的不同处

理下的小区的径流泥沙量的上述规律不明显, 同时通过改变下垫面条件可以有效削弱降雨特征对径流泥沙量的影响。其中 2004 年 4 场降雨两种雨型下的不同处理小区是灌木林和乔木林两个小区产流产沙量相当, 水土保持效果最好, 而封禁小区和标准小区的产流量和产沙量相差不大, 水土保持效益最差, 这说明封禁治理初期的蓄水保土的作用是有限的。由于封禁小区地形保持原样, 影响径流和产沙的主要下垫面因素是植被, 加上试验小区初始建成, 植被生长状况较差植被措施的水保效果十分有限。而 2005 年两场降雨条件下, 相对于标准小区, 封禁治理水土保持效果明显, 说明随着封禁时间的增长, 可以增加植被蓄水保土的作用。因此在实施封禁的初期不能简单的依靠生态恢复, 必须辅助以工程措施整地为植被的恢复创造条件。

表 5 荒坡地组不同降雨特征对径流和泥沙的影响

雨型	降雨时间	P	I_m	I_{10}	I_{30}	标准小区		人工种草		经济林		水平梯田	
						产流量	产沙量	产流量	产沙量	产流量	产沙量	产流量	产沙量
I	20040703	6.5	2.4	2.3	3.7	57.8	0.98	41.1	0.83	0	0	0	0
	20040710	17.4	1.0	3.0	3.8	437.1	4.02	396.5	9.31	50.2	0.26	37.1	0.27
II	20040726	23.2	1.9	2.0	4.1	26.8	1.07	114.8	0.87	0	0	0	0
	20040802	23.0	8.6	10	13.3	409.7	16.23	482.5	8.96	11.5	0.27	0	0
III	20050627	13.3	1.4	3.8	6.4	372.1	43.44	33.5	0.42	48.7	0.42	51.3	0.72
	20050723	13.6	1.6	1.7	3.5	218.6	2.51	0	0	0	0	101.2	0.26

注: P 为降雨量(mm); I_m 为平均雨强(mm/h); I_{10} 为最大 10 min 降雨量(mm); I_{30} 为最大 30 min 降雨量(mm); 产流量单位为 L/100 m²; 产沙量单位为 kg/100 m²。

对表 4 和表 5 进行对比分析可知, 由于两组小区的地形和下垫面的处理相差较大, 其中荒坡地组的坡度为 23°, 远大于坡耕地的 7°, 再加上不同的水土保持措施, 使得两组小区不同处理下的产流产沙量的差异比较明显。特别是荒坡地组标准小区的径流量和泥沙量远远高于坡耕地组标准小区, 说明在其它条件一定时, 坡度是影响侵蚀产沙的一个主要因素, 坡度越大产流产沙量越大, 这和前人的研究结果是一致的^[3-4]。而采取水土保持措施的荒坡地组除了封禁小区产流产沙量明显较大外, 灌木林和乔木林处理的小区径流量和产沙量均小于坡耕地组的人工种草和经济林的径流量和泥沙量, 这主要是由于荒坡地组和坡耕地组小区的处理差异性造成的。从表 1 中可以看到, 荒坡耕地组中灌木林小区实施的整地措施是水平沟, 乔木林小区的整地措施是鱼鳞坑, 而坡耕地组中人工种草小区只是简单的耕作措施——条播, 经济林实施的工程措施是大坑, 布置有序水平沟和鱼鳞坑可以层层对径流和泥沙实施拦蓄, 再加上植被的作用, 使得荒坡地组中灌木林小区和乔木林小区的水土保持效益好于坡耕地

组的人工种草和经济林。通过对两组不同试验小区的对比分析, 得出通过工程措施和植被措施的有效结合, 可以有效减小地形对产流产沙的影响。

2.2 沟头防护措施对水土流失的影响

沟头防护的目的在于消减沟头上游径流能量, 制止沟道溯源侵蚀。沟头侵蚀的防治, 应该按流量大小和地形条件采取不同的沟头防护措施。沟头防护一般可分为两类: 一类是拦蓄式, 即当沟头上部来水较少时, 可沿沟边修筑一道或数道水平半环形沟埂, 形成拦水埂或沟边埂, 拦蓄上游坡面径流, 防止径流排入沟道。另一类是泄水式, 即当沟头集水面积大且来水量多时, 沟埂已不能有效拦蓄径流, 必须把径流导至集中地点通过泄水建筑物排泄入沟, 沟道还要有消能设施以免冲刷沟底^[14]。但是后者工程量大, 造价高, 施工困难, 不利于普遍推广; 而前者一般投资较低, 施工简单, 只要措施配置合理, 同样可以达到控制水土流失目的, 因此这种沟头防护措施得到普遍应用。本研究区广泛应用这种沟头防护措施。为了研究沟头防护措施的作用, 在项目区两个对比观测沟

(分别是有沟头防护措施和无沟头防护措施)内,利用 2004—2005 年的观测资料,分析沟头防护措施的防治水土流失的效果。

2004—2005 年的沟道侵蚀监测结果见图 1—2。其中,各断面分别对应的侵蚀量指该观测断面至沟头的侵蚀量,从图中 1—2 可以看出,无论是 2004 年的沟道对比侵蚀量还是 2005 年的沟道对比侵蚀量,有沟头防护措施的沟道侵蚀量远远小于没有沟头防护

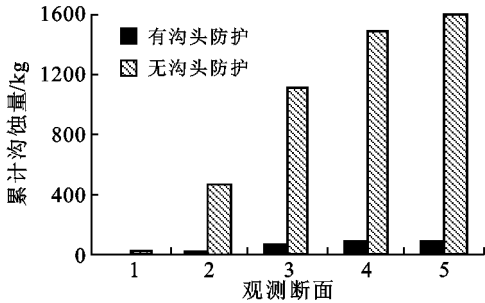


图 1 2004 年有沟头防护与无沟头防护沟道侵蚀量对比

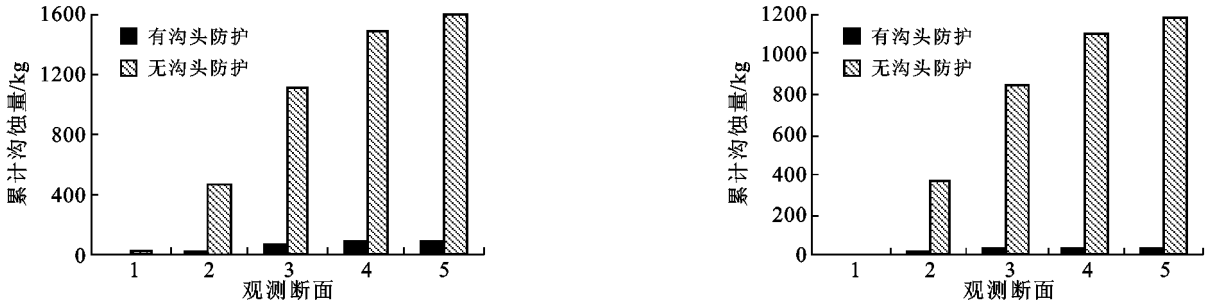


图 2 2005 年有沟头防护与无沟头防护沟道侵蚀量对比

3 结论

(1) 前期降雨对产流产沙有重要的影响。相同水土保持措施处理下,存在前期降雨事件的小区的径流量和泥沙量明显偏大。

(2) 降雨特征是影响径流量和产沙量的重要因素。两场降雨的降雨特征差异越大,不同处理下径流量和产沙量的差异亦越大,但可通过水土保持措施改变下垫面状况,削弱降雨特征对径流产沙的影响。

(3) 在坡面水土保持措施中,水平梯田的拦沙蓄水效果最高,植物措施结合适当整地同样可以取得良好的水土保持效果;采取封禁措施时,在治理初期不能简单依靠生态自身的修复,必须辅助以工程措施为植被的恢复创造条件,封禁治理的时间越长,蓄水保土的作用越明显;在沟道治理措施中,沟头防护措施可以减少沟道径流,有效抑制沟道土壤侵蚀。

[参 考 文 献]

[1] Jonathan D P. Predicting minimum achievable soil loss in developing countries [J]. Applied Geography, 1989, 9 (4): 219—236.

[2] 张科利,蔡永明,刘宝元.黄土高原地区土壤可蚀性及其应用研究[J].生态学报,2001,21 (10): 1687—1695.

[3] 蒋定生,刘志,范兴科,等.黄土高原水土流失与治理模式[M].北京:中国水利水电出版社,1997: 27—99.

[4] 唐克丽,等.中国水土保持[M].北京:科学出版社,2004: 30—72.

[5] 段青松,吴伯志,字淑慧.滇中地区小流域治理前后水土

措施的沟道侵蚀量,其中沟道减蚀量可达 94% 以上。结合图 1 和图 2 中还可以看到,有沟头防护措施的沟道累计侵蚀量从第 3 个段面到第 5 个断面,增加量已经很小,而无沟头防护措施的沟道累计侵蚀量随着沟道沿程的增加而增加的程度仍较大,说明沟头防护措施可以有效拦蓄沟头上游坡面的来水,减少了沟道内的径流量,再加上径流的沿途入渗,从而使得沟道底部的径流量的侵蚀能力大大削弱。

流失变化规律的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 42—46.

[6] 据彤军,刘普灵,徐学选,等.不同次降雨条件对黄土区主要地类水沙动态过程的影响及其机理研究[J]. 泥沙研究,2007(4): 65—71.

[7] 贾志军.前期土壤含水率对坡耕地产流产沙影响的研究[C] // 晋西黄土高原土壤侵蚀规律实验文集.北京:水力电力出版社,1990: 32—35.

[8] Huang C H. Sediment regimes under different face hydrologic conditions[J]. Soil Sci Soc Am J, 1998, 62: 423—430.

[9] Gabbard D S, Huang C, Norton L D, et al. Land position, surface hydraulic gradients and erosion processes [J]. Earth Surf Landforms, 1998, 23: 83—93.

[10] Zheng F L, Huang C, Norton L D. Effects of near surface hydraulic gradient on nitrate and phosphorus losses in surface runoff[J]. J Environ Qual, 2004, 33(6): 2174—2182.

[11] 陈洪松,邵明安,王克林.土壤初始含水率对坡面降雨入渗及土壤水分再分布的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(1): 44—47.

[12] 张玉斌,郑粉莉.近地表土壤水分条件对坡面土壤侵蚀过程的影响[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(2): 5—10.

[13] 卫伟,陈利顶,傅伯杰,等.黄土丘陵区不同降雨格局下土地利用的水土流失效应[J]. 水土保持通报, 2006, 26 (6): 19—23.

[14] 张汉雄.两种沟头防护工程的效益[J]. 水土保持通报, 1985, 5(4): 17—23.