

不同坡形坡面侵蚀产沙过程的影响研究^{*}

于晓杰, 魏勇明

(内蒙古水利科学研究院, 呼和浩特 010020)

摘 要:通过室内模拟降雨试验分析出不同坡形坡面侵蚀产沙过程, 研究结果表明:同坡度、同雨强条件下, 水流含沙量随坡形的变化具有明显的规律性, 整个降雨过程中, 凹形坡的水流含沙量最大, 凸形坡的其次, 直线形坡的最小。随着降雨历时的延长和雨强、坡度的增大, 坡形对侵蚀产沙的影响还会越来越大; 并且在同坡形条件下, 水流含沙量随雨强、坡度的增加明显增大。

关键词:土壤侵蚀; 含沙量; 坡形; 坡度; 降雨强度; 人工模拟降雨

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)01-0097-04

Study on Soil Erosion Characters in Different Slopes

YU Xiao-jie, WEI Yong-ming

(Institute of Hydraulic Research of Inner Mongolia, Huhhot 010020, China)

Abstract: This paper analyzed the slope erosion and sediment yield process of different slope through the indoor rainfall simulation test. The results show that: the sediment showed an obvious regularity under the same slope, and the rainfall intensity conditions. During the whole rainfall, the sediment content of concave form slope is the biggest, the next is the convex form slope and the linear form slope. With the extension of rainfall intensity and slope gradient, the impact of slope shape on erosion and sediment yield will be increasing; and in the same slope shape conditions, the sediment concentration significantly increased with rainfall intensity and slope gradient.

Key words: soil erosion; sediment content; slope shape; slope gradient; rainfall intensity; the artificial imitates the rainfall

坡形是坡度和坡长的组合形态, 决定着径流的汇集方式和过程, 进而影响坡面土壤侵蚀发生发展的过程及侵蚀程度。对于不同坡形土壤侵蚀特性的研究, 国内外研究很少, 东北地区更属空白, 因此深入研究坡形因子与土壤侵蚀的关系, 明确各种因子对土壤侵蚀的综合影响, 增加对土壤侵蚀规律更深层次的认识, 具有现实意义。

由于坡度和坡长的多变性, 天然坡形是多种多样的, 国内外对坡形与土壤侵蚀关系研究很少^[1], 万廷朝等在定西高泉沟流域进行地形因素对坡面水土流失关系的定位研究过程中, 曾得出不同坡形下的坡面土壤侵蚀量、径流量与 PI_{30} 关系较为密切, 但密切程度有别。侵蚀量与 PI_{30} 均呈 S 形曲线关系,

径流量与 PI_{30} 均呈线性相关^[2]。唐克丽在杏子河流域关于不同地形部位与不同土地利用状况下坡耕地的侵蚀量资料表明: 凸凹形坡与凹形坡上的土壤流失量均高于直形坡。在其他条件相同的情况下, 凸凹形地块的侵蚀量较凹形坡地块的侵蚀量增加一倍^[3-4]。

本研究根据天然坡形的形态特征, 在室内人工修筑坡形径流小区模型, 通过人工模拟降雨试验, 揭示自然条件下饱和坡面土壤侵蚀过程, 阐明不同坡度、不同降雨条件下, 饱和坡面土壤侵蚀过程与机理, 分析降雨、坡度等因素对不同坡形坡面侵蚀产沙过程的影响, 将为坡面水土保持措施配置提供科学理论依据。

^{*} 收稿日期: 2009-05-27

基金项目: 国家自然科学基金青年基金资助项目 (40601054)

作者简介: 于晓杰 (1980 -), 女, 硕士, 主要从事土壤侵蚀与水土保持的研究工作。E-mail: yuxiaojie_2003@eyou.com

1 试验内容与方法

1.1 试验设计

试验在沈阳农业大学水利学院综合试验场水土保持人工降雨大厅利用可调坡土槽进行。试验模型为长 3 m(包括出口汇流段 0.18 m)、宽 1.5 m 的土槽,试验采用下喷式人工降雨设备(由一套直立管道、调压器、压力表、电磁阀、向下的喷嘴装置构成,其中直立管道高 9.5 m,向下的喷头连接于水平延伸管上,喷嘴型号为 1/2 HH-SS-50WSQ),降雨面积为 5 m×5 m,降雨高度为 7.80 m,能够满足试验要求的雨滴终点速度,模型底部留有直径 5 mm 小孔,以消除槽底封闭对土壤入渗的影响。

试验设计包括三种坡形:凸形、凹形、直线形三个径流小区;分 5°、10°、15° 共三个坡度组;三种降雨强度:0.64, 1.24, 1.52 mm/min。每次试验通过坡形、坡度、降雨强度的不同组合来研究不同坡形条件下坡面的侵蚀产沙过程。

1.2 试验处理

试验用土为辽宁省沈阳市东陵区的潮棕壤土^[4-5]。在填装试验土前,为保证试验土自由入渗,在底部填装当地的土壤,然后在其上装 40 cm 厚的试验土。填土时采用分层装土,并适当压实,把土壤容重控制在 1.30 g/cm³ 左右。每次填土深度 5 cm,以使下垫面土壤条件的变异性达到最小。填每层土时,用手指将土槽四周压实,以减少边界效应的影响。每次试验前,进行前期降雨,使坡面土壤达到饱和为止,为保证每场降雨前期坡面土壤水分状况基本一样,先预降一场小雨湿透土壤,至产流为止。(前期降雨作为准备工作的一部分,其目的是保证相对均匀的下界面条件,减少土壤表面的变异性。)每次降雨试验完成后,整理坡面,使坡面坡度、形态等各方面条件达到设计要求,随后进行下一场试验。

1.3 测定方法

(1) 土壤容重:烘干法,用环刀在径流小区内取样,将土样在电热鼓风干燥箱(HG101-1)内烘干后称重,计算出土样的容重。

(2) 径流量和含沙量测定:降雨产流后,每隔 1 min 用烧杯收集径流泥沙量,静置(2 h)量出每个样的水体积并用烘干法求得泥沙量,计算出该时刻的径流含沙量。

降雨过程中,每 10 min 替换一个接取径流泥沙的塑料桶,由于两个试验小区同时进行降雨,故整个

试验过程中共用 6 个塑料桶,试验结束后塑料桶内的泥沙样用一标准的圆筒来量测径流泥沙体积。将塑料桶内的径流泥沙样搅匀后,取 3 个样,计算出平均含沙量,推算出各时段总的径流量和泥沙量。

2 结果与分析

水流含沙量的变化是侵蚀产沙过程的一个重要体现,含沙量的大小直接影响到坡面侵蚀量的大小,为此,根据试验所得的实测数据,绘制了不同坡形、不同雨强和不同坡度条件下坡面水流含沙量随时间的变化过程曲线,如图 1-3,从处理后的含沙量随时间变化图可见,水流含沙量在整个降雨过程中的变化具有一定的规律性。

对于不同坡形,在同坡度、同雨强条件下,从图 1 看出,水流含沙量随坡形的变化具有明显的规律性,整个降雨过程中,凹形坡的水流含沙量相对最大,凸形坡的其次,直线形坡的最小。随着降雨历时的延长和雨强、坡度的增大,坡形对侵蚀产沙的影响还会越来越大,尤其是较大雨强和较大坡度情况下其影响更加明显,分析其原因主要是:径流在顺坡向下流动的过程中对坡面土壤具有剥蚀分离能力,分离的泥沙将被水流携带离开原来的地方。在不同的雨强和坡度条件下,径流具有不同的挟沙能力,因此径流含沙率随雨强和坡度的变化不断变化。降雨进行到一定时间,坡面就会有细沟产生,最终导致坡面径流与泥沙大量汇集于细沟之中,大大增强了水流侵蚀能力,径流量与侵蚀产沙量均急剧增加。且凹形坡的临界段和凹段汇集水流时间短,坡面流速大,坡面侵蚀动力也就加大,侵蚀产沙量增大,坡面也最早有细沟侵蚀发生,侵蚀量明显增加,小区单位体积的径流含沙量的增量增大,侵蚀量也最大,其侵蚀含沙量自然相应增加。因此,凹形坡的水流含沙量相对较大,凸形坡的侵蚀程度其次,直线形坡的侵蚀最小。

从图 2 可以看出,对于同坡形、同雨强、不同坡度下水流含沙量随时间变化图,可以明显看出,坡面水流含沙量随着坡度的增加明显增大,分析其原因是由于坡度增大,径流本身具有的能量增加,沿坡面方向的重力分力就越大,加速度越大,流速越快,对坡面的侵蚀能力增强,最终导致水流含沙率变大。

从图 3 可以看出,对于同坡形、同坡度、不同雨强的情况,由于降雨过程中细沟的发育,水流的含沙量随着雨强的增加呈波动形式增加,究其原因是由于试验对应小区的基本状况是一致的,当雨强增加

时,使雨滴动能增大,降雨对地面的打击力增强,雨滴打击表土形成结皮的能力增强,同时溅散的土壤颗粒堵塞土壤孔隙,阻滞降雨的入渗,这两者使降雨入渗作用减弱,形成径流作用增强,坡面径流量增

加,同时,结皮的形成以及土壤孔隙的填充减小了地面糙度,使径流的流速迅速加大,对坡面土壤的剥蚀能力增强,所有这些作用的叠加,势必造成水流含沙率随雨强的增大急剧增大。

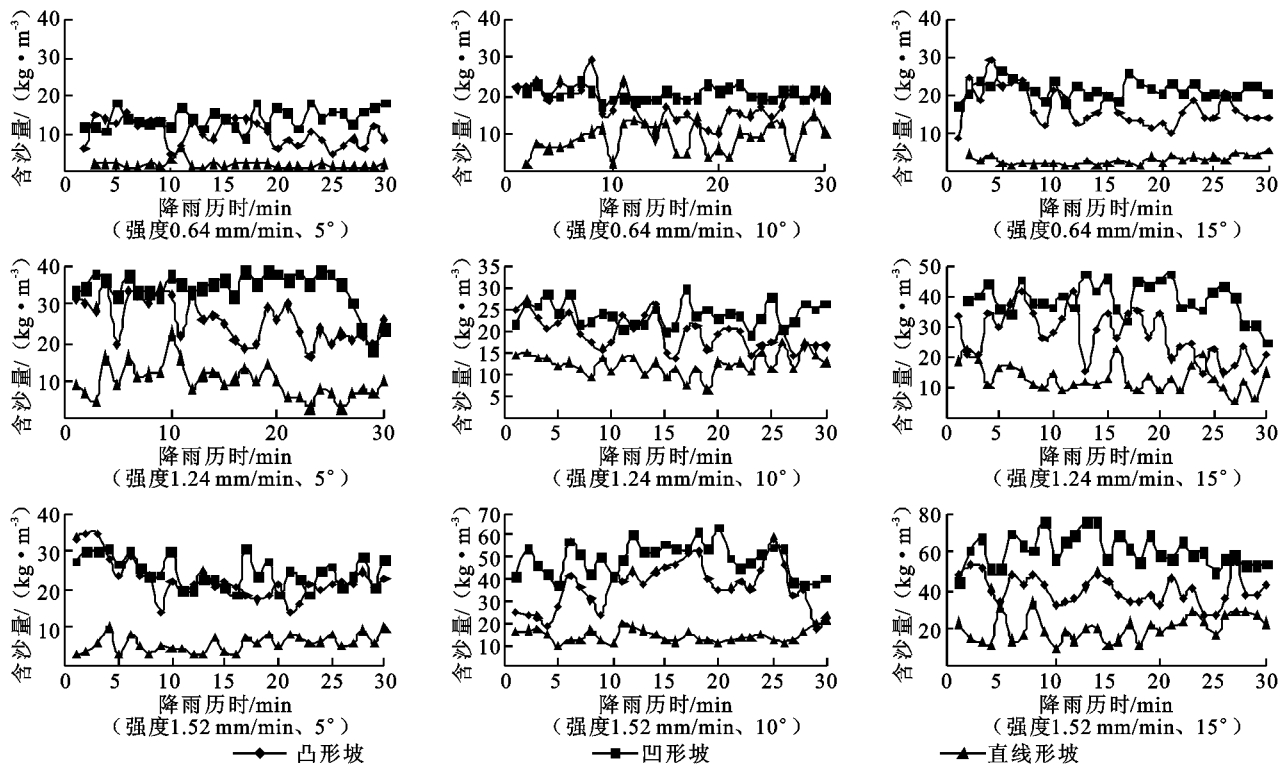


图 1 不同坡形下水流含沙量随时间的变化

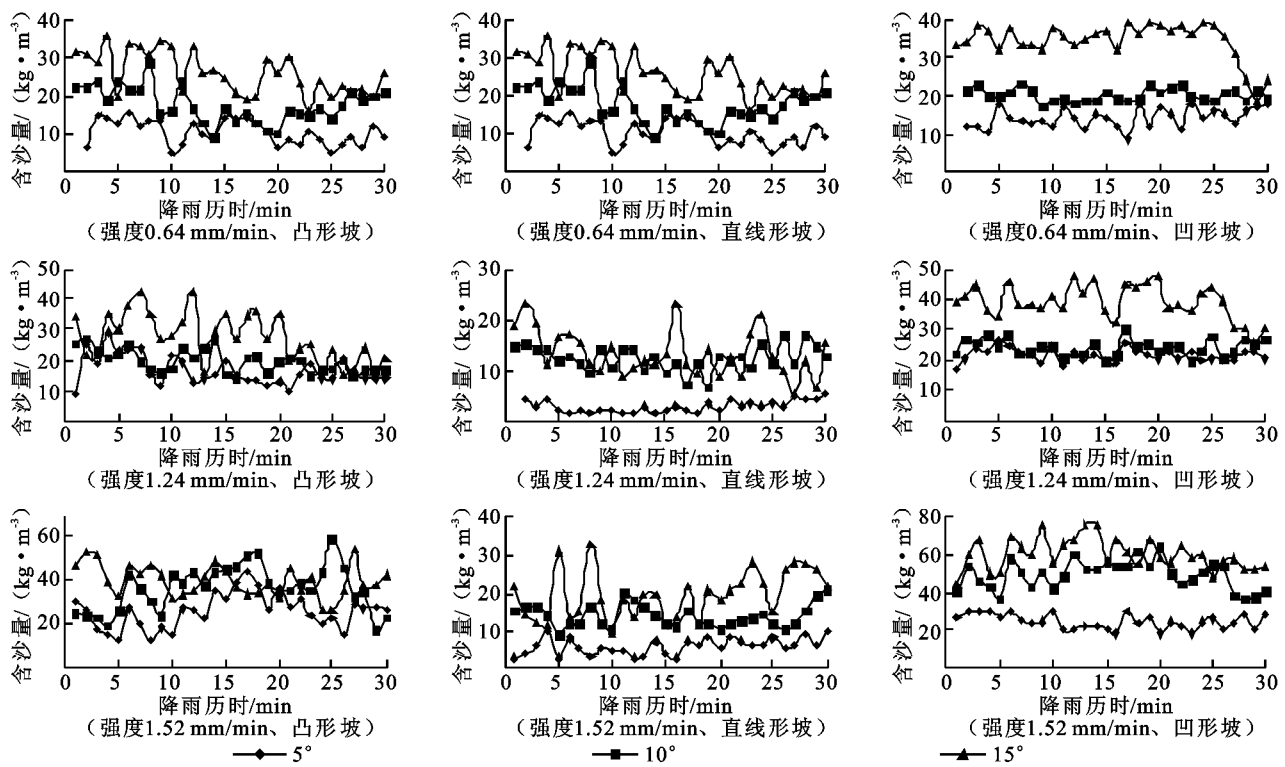


图 2 不同坡度下水流含沙量随时间的变化

从图 4 图可以明显看出,在同坡度、同雨强情况下,水流含沙量大小为:凹>凸>直线形,随着坡度和雨强的增大各坡形的水流含沙量都逐渐增大,且各坡形含沙量大小比较依然是:凹>凸>直线形。

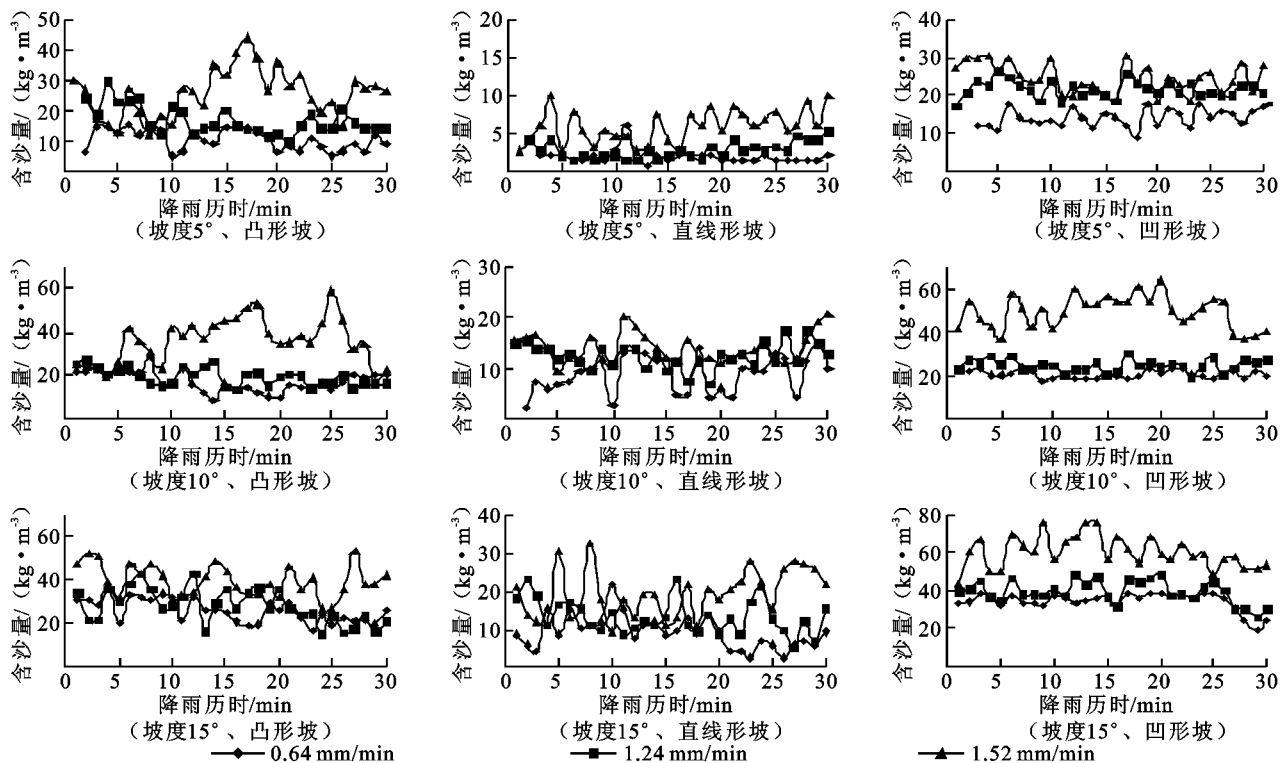


图 3 不同雨强下水流含沙量随时间的变化

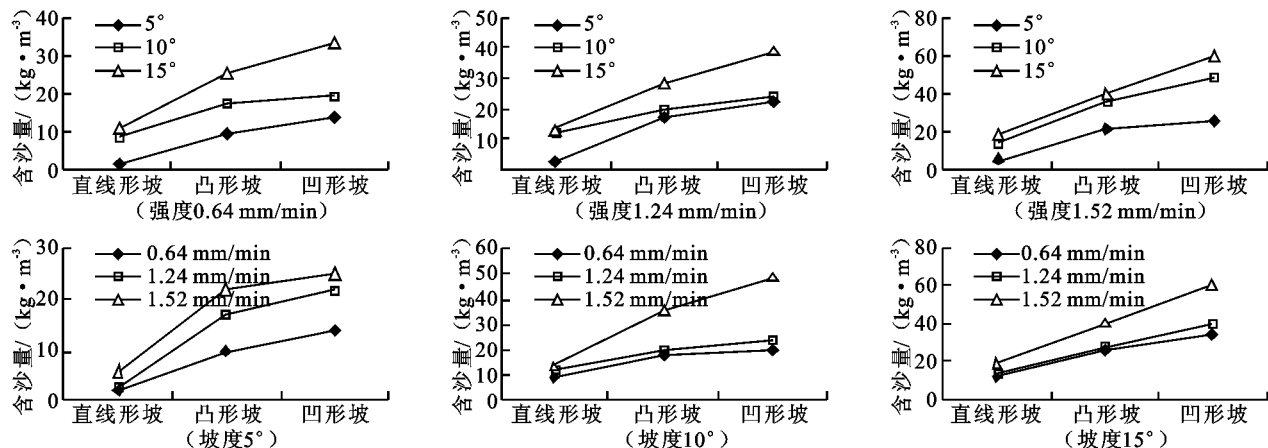


图 4 不同坡形水流含沙量变化

3 结论

(1) 在同坡度、同雨强条件下,水流含沙量随坡形的变化具有明显的规律性,整个降雨过程中,凹形坡的水流含沙量相对最大,凸形坡的其次,直线形坡的最小。随着降雨历时的延长和雨强、坡度的增大,坡形对侵蚀产沙的影响还会越来越大,尤其是较大雨强和较大坡度情况下其影响更加明显;

(2) 对于同坡形、同雨强、不同坡度条件下,可以明显看出,坡面水流含沙量随着坡度的增加而明显增大;

(3) 对于同坡形、同坡度、不同雨强的情况,由于

降雨过程中细沟的发育,水流的含沙量随着雨强的增加呈波动形式增加。

参考文献:

- [1] 武敏,郑粉莉. 浅沟侵蚀过程及预报模型研究进展[J]. 水土保持研究, 2004, 11(4): 113-111.
- [2] 万廷朝,黄丘五幅区降雨和地形因素与坡面水土流失关系研究[J]. 中国水土保持, 1996(12): 26-29.
- [3] 唐克丽,郑世清,席道勤. 杏子河流域坡耕地的水土流失及其防治[J]. 水土保持通报, 1983, 3(5): 43-48.
- [4] 唐克丽,席道勤,孙清芳,等. 杏子河流域的土壤侵蚀方式及其分布规律[J]. 水土保持通报, 1984, 4(5): 10-19.
- [5] 贾文锦. 辽宁土壤[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1992.