

DOI: 10.5846/stxb201310302620

孙佳美, 余新晓, 樊登星, 梁洪儒, 常 玉, 李瀚之. 模拟降雨下植被盖度对坡面流水动力学特性的影响. 生态学报, 2015, 35(8): 2574-2580.

Sun J M, Yu X X, Fan D X, Liang H R, Chang Y, Li H Z. Impact of vegetation cover on surface runoff hydraulic characteristics with simulated rainfall. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(8): 2574-2580.

模拟降雨下植被盖度对坡面流水动力学特性的影响

孙佳美, 余新晓*, 樊登星, 梁洪儒, 常 玉, 李瀚之

北京林业大学, 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083

摘要:通过模拟降雨实验的方法,分析研究了坡度 10° 和 20°, 降雨强度 30mm/h 和 60mm/h 条件下不同盖度黑麦草对坡面产流产沙的调控过程,并从雷诺数、弗劳德数和阻力系数三个方面对水流运动过程和黑麦草调控坡面流的水力学特性进行了剖析。研究表明:雷诺数随坡度增加而相对增大,随降雨强度增大有明显增大趋势。黑麦草覆盖能够明显减小坡面径流雷诺数,在各降雨强度和坡度条件下,雷诺数随黑麦草盖度增加而减小,雷诺数大小一般呈现:裸坡>20%>40%>60%>80%。黑麦草盖度对坡面流弗劳德数有显著影响,随着黑麦草盖度增加弗劳德数减小,并且弗劳德数随盖度变化为:裸地>20%>40%>60%>80%,坡面阻力系数与坡面产沙率有良好的拟合关系,随坡面阻力系数的增大,坡面产沙率呈对数减小,并且阻力系数在 0—1 时减小速率很大,阻力系数大于 1 以后减小曲线较为平缓。

关键词:黑麦草; 坡面流; 模拟降雨; 水力学; 流态

Impact of vegetation cover on surface runoff hydraulic characteristics with simulated rainfall

SUN Jiamei, YU Xinxiao*, FAN Dengxing, LIANG Hongru, CHANG Yu, LI Hanzhi

Key Laboratory of Soil & Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: Soil and water loss has caused severe land resources depletion and eco-environment degradation in many areas of China, which leads to reduction of local agricultural and industrial productivity. Furthermore, as a severe environmental problem, soil and water loss will affect many respects, such as nature, economy, society and science. Many factors are influencing the degree of soil erosion, Plant vegetation coverage, rainfall intensity and duration, soil type and texture, etc. In this study we chose slope, rainfall intensity and vegetation coverage as impact factors to the degree of soil erosion. Plant ryegrass is one of the feasible measures to avoid soil and water loss. In order to understand the process of runoff movement under the complex surface conditions and the effect of flow and different surface conditions on hydraulics parameters, we utilized the artificial rainfall approach to study the process of runoff and sediment yield and its hydraulic characteristics to explore how ryegrass play a role in the work of soil and water conservation. The experiment was designed with 30 mm/h and 60 mm/h rainfall intensity and slopes of 10° and 20° with different coverage of ryegrass (0, 20%, 40%, 60%, 80% and 100%) in Jiufeng experimental forest farm of Beijing Forestry University. During the simulated rainfall process, the runoff samples were collected at fixed time: in the first ten minutes, the runoff was sampled every two minutes due to the fast increase of runoff amount, and then the runoff was sampled every five minutes in the last fifty minutes as the change of runoff amount went slow. At the end of the experiment, the volume of runoff was measured, and then standing the runoff samples were placed and dried for 24 hours, respectively, to obtain the amount of sediment. During the simulated rainfall

基金项目: 国家科技支撑项目(“三北”地区防护林体系结构定向调控技术研究与示范)

收稿日期: 2013-10-30; 网络出版日期: 2014-07-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yuxinxiao11@126.com

process, the velocity of overland flow was measured every ten minutes. Then the surface runoff and hydraulic parameters were calculated with runoff, sediment and surface runoff velocity. By choosing Reynolds number, Froude number and drag coefficient as factors to characterize the water advance and water recession process, the results showed that: the Reynolds number increases with the slope degree and rainfall intensity. The increase of ryegrass could play important roles in both the decrease of the Reynolds number and the Froude number, and the Reynolds number and the Froude number under different coverage are: bare land>20%>40%>60%>80% and bare land>20%>40%>60%>80%, respectively. The drag coefficient and sediment yield rate were well-fitting, and the sediment yield rate decreased as the drag coefficient increased. When the drag coefficient was between zero and one, the growth rate of sediment yield was larger than the drag coefficient. By this study, we know that ryegrass has a great significance to soil and water conservation. Moreover, the increase of ryegrass coverage leads to the enhancement of the soil and water conservation function. The results of the ryegrass regulating runoff and preventing soil erosion in this study have theoretical significance to understanding the process of soil erosion.

Key Words: ryegrass; overland flow; simulated rainfall; hydraulics; flow pattern

坡面径流是造成水土流失的主导因子,在坡面布设合理的水保措施对防治土壤侵蚀,保持水土,改善生态环境十分重要。目前对于坡面流流态的研究很多,包括对水流参数的计算和坡面产流产沙机制的研究^[1]。国内外众多学者致力于坡面流特性研究,国外部分学者从土壤入渗、坡面层流特征^[2]、斜坡坡面流水深和流速测量和预报研究^[3]、坡面流细沟侵蚀的水力要素^[4]、土壤颗粒分离过程^[5-6]、泥沙输移启动及运移过程、坡面流动能和功率等揭示坡面流流态机理的研究做了大量工作^[7]。一般用雷诺数和弗劳德数来表征坡面流态的特性,坡面流流态主要有混合流、扰动流、过度流、扰动层流、伪层流等多种流态^[8],Horton 认为坡面流流态是在湍流中间偶有层流的混合流态^[9];Emmett 研究表明坡面流流态为扰动流,及同时具有紊流和层流的特性^[10]。

国内学者利用室内人工模拟降雨实验^[11]和变坡水槽放水实验^[12-13]对坡面流流态及其水动力学参数做了很多研究^[14-15],对坡面流水力学特性进行了侵蚀机理研究并取得了很多研究成果。吴普特等认为降雨造成的坡面流流态是扰动层流,这是由于雨滴的扰动引起的^[16];姚文艺等经过研究认为降雨时的坡面流不是简单的层流,而是同时存在着层流、紊流和过度流 3 种流态水流^[17];张光辉等认为坡面流流态主要为过度流和紊流^[3]。众多研究均表明坡面薄层水流水力学特性是一个及其复杂的过程,当地表有草本植物覆盖时问题会更加复杂^[18],草本植物对于坡面流有明显的阻碍作用^[19],可以减小坡面流流速^[20]。

学者们对于坡面土壤侵蚀过程的研究主要集中在黄土高原^[12],但是褐土作为北京市主要土壤类型,2005 年调查数据显示,北京市水土流失面积有 54621 hm²,分布在昌平,延庆,房山等区县,因此对于褐土坡面土壤侵蚀的研究十分重要^[19]。本文通过模拟降雨实验研究褐土坡面不同降雨强度,不同坡度和不同盖度黑麦草 (*Lolium perenne* L.) 草地坡面流形态变化规律及特征,对揭示坡面侵蚀机理非常有意义。

1 试验设计与方法

1.1 试验设计

模拟降雨实验在北京林业大学降雨大厅进行,降雨大厅位于北京市鹫峰实验林场,主要由降水系统、坡面系统、控制系统构成,共 4 个 8m×8m 的降雨区,实际降雨控制总面积 256m²。划分为 4 个独立降雨区,可以分别降雨,也可以同时降雨,计算机可进行不同降雨状态的自动调控,有效降雨高度 12m,降雨过程计算机全自动控制,支持手动操作台、计算机监控、计算机全自动模拟降雨控制。采用旋转下喷式喷头,叠加式喷头模拟自然降雨。降雨分布均匀度达到 85% 以上,坡面系统为可自由调节坡度的土槽,土槽规格为 2m×0.5m×0.3m,槽内盛放褐土,取自北京市昌平区。土槽尾部设置 V 形收集口,用来收集形成的径流和泥沙,底部打孔,使土壤水可以渗透出土槽外。其他 3 边额外加 10cm 高度,防止雨滴使侵蚀的泥沙溅出土槽之外,造成泥沙量的

损失。实验坡度为 10° 和 20° , 降雨强度选定 30mm/h 和 60mm/h 。

黑麦草种植控制盖度分别为 0, 20%, 40%, 60%, 80% 和 100%, 采用条带状种植的方法达到控制效果, 首先通过种业公司调查黑麦草种植的最优密度, 将按照最优密度种植作为 100% 的盖度, 然后按照控制盖度比例确定单位面积需要的黑麦草种子质量, 将这些种子条带状均匀种植, 每天保证其日晒时间确保可以正常光合作用生长, 根据其实际生长状况并咨询草业专家认为一般种植 2 个月后即可用于实验, 在进行降水实验时要进一步确定其真实的盖度, 对草进行修剪使其最大化符合实验控制的盖度。

1.2 试验方法

按照设计容重分层回填土, 设计实验容重为 1.34g/cm^3 , 每 10cm 为一层, 下面两层分层填天然细沙, 然后铺一层纱布, 上面装实验用土。装土时要注意土面保持平整, 每层装完要刻意制造一定的地表糙度, 防止土的滑移; 为保证实验初始含水量相同, 对坡面进行预降雨, 待土壤达到饱和刚开始产流停止降雨, 用塑料布盖上静置 24h 用于降雨实验^[21]; 降雨过程中, 记录产流时间, 产流开始后前 10min 每 2min 接 1 组径流, 以后每 5min 1 组径流, 称量径流体积进行分析。降雨过程中同时采用染色剂法测定坡面流速, 由于坡面流在刚产生初期不易稳定, 因此流速测量断面选择在坡下部, 具体位置从坡底部向上 30—130cm, 并沿坡面流水平方向均匀布设 5 个点, 沿坡面流流动方向测定 5 个流速, 求其平均值, 并乘以修正系数 0.75, 作为水流断面平均流速。

1.3 分析方法

坡面流极薄, 实测方法测定的水流深误差较大, 并不能代表真实状况, 因此采用反推的方法求得坡面薄层水流水深。因此在假定坡面薄层水流是均匀分布的条件下, 采用以下公式计算坡面薄层水流水深^[7]:

$$h = q/U = Q/(u B t) \quad (1)$$

式中, h 为薄层水流水深(m); q 为单宽流量($\text{m}^3 \text{min}^{-1} \text{m}^{-1}$); Q 为 t 时间内径流量(m^3); t 径流取样间隔时间(min); U 为断面平均流速(m/min); B 为过水断面宽度(m)。

雷诺数 Re 在流体力学中是流体惯性力与黏性力比值的量度, 它是一个无量纲量, 通过雷诺数可以判定水流流态。根据明渠均匀流的水力学理论, 当雷诺数 >500 时, 坡面流流态为紊流; 当雷诺数 <500 时, 坡面流流态为层流; 当雷诺数在 500 左右时, 流态为过渡流。采用以下公式计算雷诺数 Re ^[22]:

$$Re = Uh / \nu \quad (2)$$

式中, ν 为水运动黏性系数, 取值为 $7.0 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ 。

弗劳德数 Fr 是流体力学中表征流体惯性力和重力相对大小的一个无量纲参数, 它表示惯性力和重力量级的比。当 $Fr > 1$ 时, 惯性力对水流起主导作用, 水流为急流; $Fr < 1$ 时, 重力起主导作用, 水流为缓流; $Fr = 1$ 时, 重力、惯性力作用相等, 水流为临界流。采用以下公式计算弗劳德数 Fr ^[7]:

$$Fr = U / \sqrt{gh} \quad (3)$$

式中, g 为重力加速度(m/s^2)。

坡面流阻力是分析坡面流水力学特性的重要因子, 主要来自四个方面: 即颗粒阻力 f_g 、形态阻力 f_i 、波阻力 f_w 和降雨阻力 f_r , 这 4 个阻力的加和即为坡面流阻力 f , 计算公式为^[7]:

$$f = f_g + f_i + f_w + f_r \quad (4)$$

式中, $f_g = 3.19 Re^{-0.45}$; $f_i = 4.8 \sum A_i/A_b$, A_i 为局部地形改变后的面积(m^2), A_b 为过水断面的总面积(m^2); $f_w = 2.8C$, C 为地表覆被盖度(%)。

2 结果与分析

2.1 黑麦草覆盖调控坡面流雷诺数

各盖度在不同坡度和降雨强度条件下雷诺数随降雨历时变化过程如图 1 所示。从图中可以看出, 在降雨强度为 30mm/h , 坡度为 10° 和 20° , 各个盖度覆被条件下的雷诺数均呈现在前 30min 稳定增长, 然后趋于稳定状态阶段, 雷诺数始终小于 500, 流态始终为层流。而当降雨强度为 60mm/h , 坡度为 10° 和 20° , 各个盖度覆

被条件下的雷诺数随降雨历时增大,但是变化不明显,整体处于稳定状态,流态也始终为层流,说明降雨强度相对与坡度和盖度对坡面流流态影响更大,并且在降雨刚开始时,坡面较为平整,坡面流流速不稳定,雷诺数较小,随着降雨的进行,坡面阻力增大,雷诺数也增大到稳定状态,坡面流更加不稳定。当降雨强度较大时,坡面流会很快趋于稳定,整个降雨过程雷诺数变化不大,组间雷诺数差异性显著($P=1.01\times 10^{-7}<0.05$)。

雷诺数随坡度增加而相对增大,随降雨强度增大有明显增大趋势。在各降雨强度和坡度条件下,雷诺数随黑麦草盖度增加而减小,雷诺数大小一般呈现:裸坡>20%>40%>60%>80%。并且在降雨强度为 30mm/h 时,雷诺数随盖度变化不明显,在降雨强度为 60mm/h 时,盖度从 0 增大到 40%雷诺数变化不大,当黑麦草盖度为 60%和 80%雷诺数减小非常明显,说明当盖度在 60%以上时对坡面流流态有较大干扰,此时黑麦草影响坡面产流过程和产沙过程较明显,能够显著减少径流和泥沙的产生,减少土壤侵蚀。

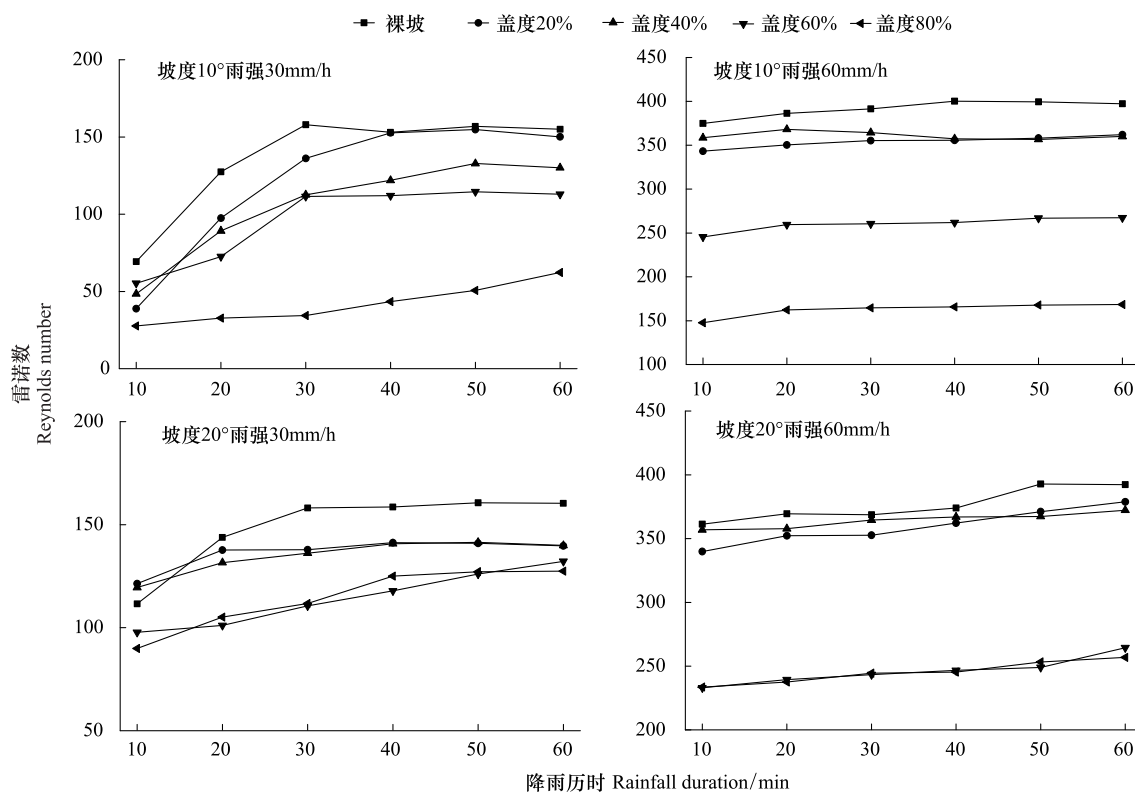


图1 不同黑麦草盖度下径流雷诺数变化过程

Fig.1 Changeable process of Reynolds number in different ryegrass coverage

2.2 黑麦草覆盖调控坡面流弗劳德数

各盖度在不同坡度和降雨强度条件下弗劳德数随降雨历时变化过程如图2所示。由图2可以看出,降雨强度、坡度和黑麦草的盖度均对坡面流弗劳德数有较大影响。与雷诺数变化相似,降雨强度为 30mm/h 时,弗劳德数随着降雨进行表现为开始明显增大,然后逐渐达到稳定状态,当降雨强度为 60mm/h,弗劳德数随降雨历时变化不显著,并且弗劳德数均小于 1,流态为缓流。黑麦草盖度对坡面流弗劳德数有显著影响,随着黑麦草盖度增加弗劳德数减小,在坡度 20°时,降雨强度 30mm/h 和 60mm/h 均呈现弗劳德数随盖度变化为:裸地>20%>40%>60%>80%,当坡面有黑麦草覆盖时增加了坡面流阻力,延缓了流速,造成弗劳德数减小。但是在坡度为 10°时这种随黑麦草盖度增加弗劳德数减小的差异不明显,这个现象主要是由于坡度较小时,坡面流速相对较小,组间弗劳德数差异性显著($P=3.59\times 10^{-9}<0.05$)。

2.3 黑麦草覆盖调控坡面流阻力

坡面流阻力能够影响产流汇流的方式,影响土壤侵蚀过程,因此坡面流阻力的研究对于表征坡面产流和产沙过程有重要意义,影响坡面流阻力的因子有很多,包括降雨强度、地表特征、坡度等。本文采用阻力叠加

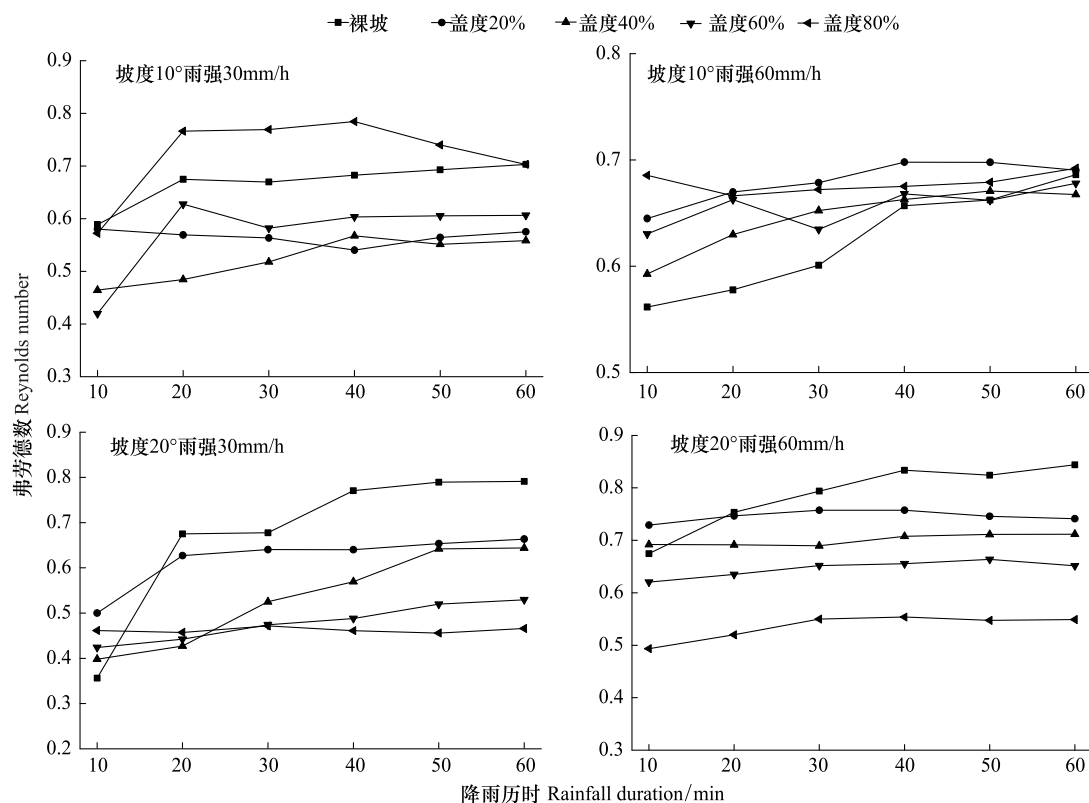


图2 不同草本盖度下径流弗劳德数变化过程

Fig.2 Changeable process of Froude number in different herb cover

的方法计算坡面流阻力,一般坡面流阻力由4部分组成,颗粒阻力、形态阻力、波阻力和降雨阻力,根据力学基本原理将4个阻力叠加即为坡面流的阻力。综合4个阻力计算得到次降雨坡面流阻力大小,并和坡面产沙率进行拟合见下图3。计算结果显示坡面阻力受波阻力影响最大,波阻力是坡面流受地表障碍物影响产生的阻力,对于黑麦草覆盖实验,波阻力的大小与黑麦草的盖度成正比,因此坡面流阻力受盖度影响很大。地表为裸坡时,阻力系数在0.22—0.48之间,黑麦草盖度为20%时坡面流阻力系数在0.78—1.18之间,盖度为40%时坡面流阻力系数在1.34—1.68之间,盖度为60%时坡面流阻力系数在1.94—2.21之间,盖度为80%时坡面流阻力系数在2.50—2.97之间。在次降雨中坡面流阻力直接影响坡面产沙量,坡面流阻力越大,坡面产沙越少,且阻力系数在0—1时产沙率随阻力系数变化剧烈,阻力系数大于1以后变化幅度减小。经过对次降雨阻力系数和产沙率进行拟合发现存在良好的拟合关系,拟合方程如下:

$$S = -2.502 \ln(f) + 3.5672 \quad R^2 = 0.8532 \quad (5)$$

式中, S 为坡面产沙率, f 为坡面阻力系数。

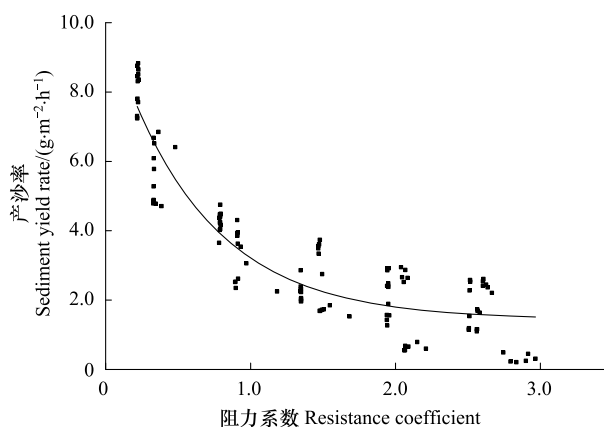


图3 坡面流阻力与坡面产沙率关系

Fig.3 Relationship of flow resistance and sediment yield rate

3 讨论

对坡面流的水力学特性研究是研究土壤侵蚀机理的重要内容,经过实验研究证明降雨强度、坡度和黑麦草的盖度对坡面流雷诺数、弗劳德数和阻力系数有显著影响。本研究表明,褐土坡面随着盖度的增加 Re 和 Fr 有显著的减小,与吴淑芳等^[7]和肖培青等^[20]进行的苜蓿草地黄土坡面流水力学特性实验结论相同^[4,13], Re 是坡面流流体惯性力与黏性力的比值, Re 减小则流体黏性力占主导地位,坡面流扰动因素会因黏性力的阻碍而减弱,流动稳定,对地表土壤颗粒的扰动也比较弱,带来的土壤侵蚀相应的比较轻微; Fr 是惯性力和重力的比值,随盖度增加 Fr 减小,则重力其主导作用,流速相对稳定,对地表产生扰动较少,土壤侵蚀程度降低。

文中采用雷诺数和弗劳德数来表征坡面流流态特征,但是坡面流水力学特征极为复杂,在实际研究当中只用明渠水力学的方法有很多局限性,尤其在分析过程中有难度,敬向锋等利用二元流雷诺数和扰流雷诺数以及其与阻力系数的关系判断坡面流流态更为准确^[23]。同时模拟实验受多种因素的影响,填土的压实均匀性、草被措施分布的状况以及测量误差都会造成实验结果的不准确,而各水动力学参数受冲刷过程中坡面条件以及各个外界条件之间的相互关联和影响都会造成实验结果的误差,因此模拟实验不仅要研究单一因素对坡面流的影响,要着手因素间互相干扰效应。在实际生产当中,种植草被是常见的水土保持措施之一,实验研究表明,草本盖度越大坡面流速越小,流态越趋于层流对土壤表明侵蚀力度越小,但是当盖度增大到一定程度以后其减流效益不再增加,因此也就没有继续增加盖度的意义,本实验中盖度 60% 以上其水土保持效果达到稳定。

4 结论

(1) 雷诺数和弗劳德数随降雨历时呈现先急剧增长,然后随着坡面入渗和产流的稳定达到稳定的雷诺数和弗劳德数,降雨强度较大时增长的时间较短,坡面流更快达到稳定状态。

(2) 雷诺数随坡度增加而相对增大,随降雨强度增大有明显增大趋势。黑麦草覆盖能够明显减小坡面雷诺数,在各降雨强度和坡度条件下,雷诺数随黑麦草盖度增加而减小,雷诺数大小一般呈现:裸坡>20%>40%>60%>80%,当盖度大于 60% 以后减弱幅度很小。

(3) 黑麦草盖度对坡面流弗劳德数有显著影响,随着黑麦草盖度增加弗劳德数减小,并且弗劳德数随盖度变化为:裸地>20%>40%>60%>80%,

(4) 黑麦草覆盖条件下,随坡面阻力系数的增大,坡面产沙率减小,并且阻力系数在 0—1 时减小速率很大,阻力系数大于 1 以后减小曲线较为平缓。坡面阻力系数与坡面产沙率有良好的拟合关系,随阻力系数增大产沙率呈对数减小,如公式(5)所示。

参考文献 (References):

- [1] 张光辉,卫海燕,刘宝元. 坡面流水动力学特性研究. 水土保持学报, 2001, 15(1): 58-61.
- [2] 田凯,李小青,申震洲,蒋云钟,鲁帆. 不同床沙下的坡面流水力学特性试验研究. 水土保持学报, 2010, 24(2): 70-73.
- [3] 张光辉. 坡面薄层流水动力学特性的实验研究. 水科学进展, 2002, 13(2): 159-165.
- [4] 肖培青,郑粉莉,姚文艺. 坡沟系统坡面径流流态及水力学参数特征研究. 水科学进展, 2009, 20(2): 236-240.
- [5] 张光辉,刘宝元,张科利. 坡面径流分离土壤的水动力学实验研究. 土壤学报, 2002, 39(6): 882-886.
- [6] 张光辉. 国外坡面径流分离土壤过程水动力学研究进展. 水土保持学报, 2000, 14(3): 112-115.
- [7] 吴淑芳,吴普特,原立峰. 坡面径流调控薄层水流水力学特性试验. 农业工程学报, 2010, 26(3): 14-19.
- [8] 张永东,吴淑芳,冯浩,原立峰. 土壤侵蚀过程中坡面流水力学特性及侵蚀动力研究评述. 土壤, 2013, 45(1): 26-33.
- [9] Horton R E, Leach H R, Vliet V R. Laminar sheet-flow. Transactions of the American Geophysical Union, 1934, 15: 393-404.
- [10] Emmett W W. The hydraulics of overland flow on hillslopes. U S Geological Professional Paper, 1970, 662-A, A-1-A-68.
- [11] 徐向舟,刘大庆,张红武,董占地,朱明东. 室内人工模拟降雨试验研究. 北京林业大学学报, 2006, 28(5): 52-58.
- [12] 潘成忠,上官周平. 不同坡度草地含沙水流水力学特性及其拦沙机理. 水科学进展, 2007, 18(4): 490-495.

- [13] 潘成忠, 上官周平. 降雨和坡度对坡面流水动力学参数的影响. 应用基础与工程科学学报, 2009, 17(6): 843-851.
- [14] 汪邦稳, 肖胜生, 张光辉, 杨洁, 张利超. 南方红壤区不同利用土地产沙特征试验研究. 农业工程学报, 2012, 28(2): 239-243.
- [15] 魏霞, 李勋贵, 李占斌, 沈冰. 黄土高原坡沟系统径流水动力学特性试验. 农业工程学报, 2009, 25(10): 19-24.
- [16] 吴淑芳, 吴普特, 宋维秀, 卜崇峰. 坡面调控措施下的水沙输出过程及减流减沙效应研究. 水利学报, 2010, 41(7): 870-875.
- [17] 李勉, 姚文艺, 杨剑锋, 陈江南, 丁文峰, 李莉, 杨春霞. 草被覆盖对坡面流态影响的人工模拟试验研究. 应用基础与工程科学学报, 2009, 17(4): 513-523.
- [18] 曹颖, 张光辉, 唐科明, 罗榕婷. 地表模拟覆盖率对坡面流阻力的影响. 水土保持学报, 2010, 24(4): 86-89.
- [19] 李毅, 邵明安. 草地覆盖坡面流水动力学参数的室内降雨试验. 农业工程学报, 2008, 24(10): 1-5.
- [20] 肖培青, 姚文艺, 申震洲, 杨春霞. 草被减流减沙效应及其力学机制分析. 中国水土保持科学, 2010, 8(2): 15-19.
- [21] 刘振波, 史学正, 于东升, 王洪杰, 张向炎. 模拟降雨下土壤前期含水量对土壤可蚀性的影响. 生态环境, 2008, 17(1): 397-402.
- [22] 张宽地, 王光谦, 王占礼, 刘俊娥, 吕宏兴. 人工加糙床面薄层滚波流水力学特性试验. 农业工程学报, 2011, 27(4): 28-34.
- [23] 敬向锋, 吕宏兴, 潘成忠, 潘志宝, 雒天峰, 吉丽娜. 坡面薄层水流流态判定方法的初步探讨. 农业工程学报, 2007, 23(5): 56-61.