

【水土保持】

晋陕蒙交界地区砒砂岩土陡边坡水力侵蚀试验

王伦江¹, 张兴昌^{1,2}, 韩凤朋^{1,2}, 贾俊超², 张应龙³

(1. 西北农林科技大学 水土保持研究所 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 榆林沙漠王生物科技有限公司 陕西 榆林 719300)

摘 要: 通过修建6个1.5 m×0.4 m×0.3 m、坡度为37°的试验小区,观测陡边坡自然降雨和进行模拟径流冲刷试验,研究砒砂岩陡边坡水力侵蚀。结果表明:红棕色砒砂岩、紫红色砒砂岩和黄绵土3种陡边坡坡面的产流产沙最小10 min降雨强度为0.1 mm/min,最小降雨量为8.2 mm。3种坡面的产流量与产沙量呈线性关系,且决定系数较大,分别为0.995、0.893和0.896。平均产流和产沙量均为黄绵土>红棕色砒砂岩>紫红色砒砂岩,单位径流红棕色砒砂岩产沙量小于紫红色砒砂岩。冲刷过程中泥沙粒径分布同原土相似,但级比比例发生变化,两种砒砂岩都显示出在冲刷过程中沙粒贫化、粉粒和黏粒富集的特征。

关 键 词: 陡边坡; 砒砂岩; 水力侵蚀; 产流产沙; 晋陕蒙交界地区

中图分类号: S157.1 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1000-4379.2015.11.024

边坡是侵蚀过程中泥沙产生的主要区域。长期以来,对坡面侵蚀产沙,研究者更多关注25°及以下的坡面^[1-2],最早的USLE模型主要应用于缓坡的水土流失预测^[3]。陡边坡由于其侵蚀特点的复杂性和生产活动较少,因此对其侵蚀的研究不多。陡边坡的侵蚀产沙机制不同于缓坡^[4],对缓坡的研究结论不能简单地运用于陡边坡,当前运用较多的WEPP模型在陡边坡条件下的运用需要进一步验证^[5]。晋陕蒙地区是黄河中游泥沙的主要来源区和粗沙的最重要来源区^[6],主要土壤类型为砒砂岩土和黄绵土。在风化作用下,土体稳定性被破坏,土粒或土体同原土体分离,重力作用使其向下滑落,堆积于坡脚形成陡边坡;随坡面风化过程的进行,陡边坡坡度逐渐减小,当坡度减小到处于休止角及以下时,后续风化物就能停留在坡面,形成稳定的陡边坡。苏涛^[7]通过野外自然小区试验研究了5°~35°裸露和不同植被覆盖的砒砂岩边坡侵蚀和水动力过程,同时通过室内冲刷试验模拟了30°~70°的边坡侵蚀,但室内试验难以模拟自然作用下坡面微地形对侵蚀的影响^[9]。唐政洪等^[8]利用小区试验和野外观测研究了砒砂岩地区缓坡重力侵蚀、风力侵蚀和水蚀在年内各个月份的分布。

当前对砒砂岩边坡的研究中,尚未见结合自然降雨和径流冲刷分析砒砂岩陡边坡侵蚀过程和特征的报道。因此,笔者选取代表性的砒砂岩风化土壤,利用人工小区进行自然降雨产流产沙观测和模拟径流冲刷试验,研究砒砂岩陡边坡水力侵蚀过程。

1 研究区概况

晋陕蒙交界地区总面积5.44万km²,土壤类型主

要有两种:一种为古生代二叠纪、中生代白垩纪、侏罗纪、三叠纪时期形成的厚层砂岩、砂页岩和泥质砂岩的互层风化发育而来的砒砂岩土^[10],砒砂岩风化土矿物组成、胶结方式等决定了其遇水膨胀、迅速崩解^[11]、入渗性能差等性质^[8];另一种是在干旱半干旱草原环境之下发育而来的黄绵土^[12],通常处于土壤上层。晋陕蒙交界地区降雨集中于6—9月,占年降雨量的75%~80%^[13-14]。地貌侵蚀严重,丘陵沟壑、卯坡异常发育。

2 试验材料和方法

试验地点在内蒙古准格尔旗永利煤矿,设置1.5 m×0.4 m×0.3 m的小区,坡度依据该地区土壤的自然休止角设为37°。小区填土选用质地较细的红棕色砒砂岩(XP)和质地较粗的紫红色砒砂岩(CP),另外选择一种黄绵土(HM)作为对比。3种土的组成见表1,其中黏粒<0.002 mm、细粉粒0.002~0.020 mm、粗粉粒0.02~0.05 mm、细沙粒0.05~0.25 mm、粗沙粒>0.25 mm。红棕色砒砂岩为泥岩风化物,颗粒呈块状或不规则的片状,风化颗粒较硬;紫红色砒砂岩虽然呈大块,但是黏结性差,用手捏即碎;黄绵土中含

收稿日期:2014-12-17

基金项目:中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB3-13);科技部科技惠民计划项目(2012GS610203);陕西省水保局水土流失治理项目。

作者简介:王伦江(1989—),男,贵州兴义人,硕士研究生,研究方向为土壤侵蚀。

通信作者:张兴昌(1965—),男,陕西武功人,教授,博士生导师,从事土壤侵蚀与土壤环境研究工作。

E-mail: zhangxc@ms.iswc.ac.cn

钙结核和假菌丝,部分颗粒粗且硬,易结成团块。3种土壤均取自准格尔旗暖水镇,有机质含量较低。填土不过筛,只把大颗粒挑选出去或者碾细(最大粒径约为40 mm),以最大限度保持原地貌状况下的土壤颗粒结构^[15]。黄绵土容重参考野外实际测量和唐洪政^[8]等的研究结果,确定为 1.29 g/cm^3 ;紫色砒砂岩和红棕色砒砂岩均为 1.44 g/cm^3 。

表1 试验土壤的粒级组成 %

土壤	黏粒	细粉粒	粗粉粒	细沙粒	粗沙粒
XP	8.7	23.8	25.7	25.5	16.3
CP	2.5	8.9	15.6	55.9	17.1
HM	10.0	24.3	28.5	33.3	3.9

小区填土尺寸为 $150 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$,垂直坡面分3层填土,以达到设计容重。填土前用烘干法测含水率,依据含水率计算湿土需要量。先在小区底部填装约5 cm厚的粗沙,保证底层的透水性,然后自底层往上逐层填土。每层填土前把接触面打毛,以保证各层连接紧密。填土完成后进行自然沉降,于2014年7月28日开始进行降雨观测,观测用的翻斗式雨量计安放于距离小区50 m的平台上。水沙用体积为100 L塑料桶收集。降雨过后,量取水沙的体积,沉淀并利用烘干法烘干泥沙。冲刷试验开始前测量坡面前期含水量。为了避免破坏坡面表土,用直径为2 cm的塑料管于坡面中部(75 cm处)分别取0~7.5、7.5~15、15~22.5 cm深度处的土样,以烘干法测含水量,三层含水量取平均值即为坡面前期含水量。冲刷流量参考焦菊英等^[16]和黄金柏等^[14]对黄土高原降雨分析和该地区的实际降雨情况定为 2.0 L/min 。冲刷历时40 min,产流时开始计时,期间每隔1 min用1 000 mL塑料瓶取样。试验后水沙样称重、沉淀、烘干,水沙总质量减去

干沙质量即为产流量。

冲刷试验产流速率(r)定义为单位时间(1 min)内产生的径流(清水)质量;产沙速率(s)则定义为单位时间(1 min)内的产沙质量。为了比较侵蚀过程中的水沙相对关系,还定义了沙水比(p),即产沙速率与产流速率的比值,表征水流挟沙力的大小,为便于比较,取沙水比的对数值,即 $p = \lg(s/r)$,其值越大表示单位质量产流贡献产沙越多。

取7~8、15~16、23~24、31~32、39~40 min的烘干泥沙样品(若样品数量少,则把前一个样品或后一个样品加入其中),过1 mm筛,分别称出大于1 mm和小于1 mm的泥沙质量。小于1 mm的泥沙用MS2000激光粒度仪分析其粒径组成。计算泥沙加权平均粒径,表达式为

$$MWD = \sum_i^{12} x_i w_i$$

式中: MWD 为加权平均粒径; x_i 为各粒级组(激光粒度仪划分的0~2 mm之间的12组粒径)的算术平均粒径; w_i 为各粒级的体积百分比。

数据分析采用SPSS 19.0和Excel 2007进行。

3 结果与讨论

3.1 降雨产流产沙

自然降雨观测时间为2014年7月29日—2014年9月13日,总共观测到13次降雨事件(降雨量小于1 mm的不考虑),见表2,其中10次产沙,8月2日产流产沙未收集到数据。由于实际观测中降雨强度变化较大,而试验坡面较短,因此取最大10 min的降雨强度(I_{10})。 R 为产流, S 为产沙,不同处理产流产沙值由两个重复取平均得到。

表2 观测降雨事件及产流产沙量

日期	总降雨量/ mm	I_{10} / ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	R_{HM} / mL	R_{CP} / mL	R_{XP} / mL	S_{HM} / g	S_{CP} / g	S_{XP} / g
7月29日	31.3		3 958	1 259	3 166	237.0	95.6	249.5
7月31日	16.6	0.64	539	76	196	73.0	24.1	22.3
8月2日	10.2	0.23						
8月3日	19.0	0.46	5 493	2 325	3 959	375.9	331.0	372.6
8月9日	4.0	0.12	0	0	0	0	0	0
8月12日	4.8	0.12	0	0	0	0	0	0
8月27日	13.6	0.38	1 686	177	688	142.9	46.6	110.1
8月30日	11.8	0.70	1 132	400	469	99.7	46.3	35.8
9月1日	8.2	0.56	1 987	627	1 371	115.8	103.0	164.9
9月2日	2.4	0.04	0	0	0	0	0	0
9月6日	13.4	0.10	1 180	108	193	58.3	11.4	29.7
9月11日	17.8	0.20	1 316	140	326	44.2	19.1	16.1
9月13日	13.2	0.42	2 952	915	1 367	135.0	171.5	121.0

从表3可以看出,总降雨量最大值为31.3 mm, I_{10}

的最大值为 0.70 mm/min 。产流产沙事件的最小降雨

量为 8.2 mm,多集中在 10~20 mm,最小 I_{10} 值为 0.10 mm/min。降雨量和 I_{10} 之间呈负相关的关系,但这种关系检验不显著。降雨量和雨强与产流产沙有显著关系,其中与降雨量的相关系数为 0.682,与 I_{10} 的相关系数为 0.624。但是总降雨量、 I_{10} 值与 3 种土陡边坡产沙量、产流量都未显示出显著的相关关系。一般研究认为产流产沙量随着降雨量和降雨强度的增大而增大^[17],本研究降雨量、降雨强度同产流产沙量关系不显著,原因可能为观测的降雨量(最大 31.3 mm)和雨强(最大 0.70 mm/min)的范围较小,而自然降雨历时长,造成总体降雨强度小,降雨中入渗消耗的量占的比例大,出现总降雨量与产流量关系不显著。

9 次降雨之后的观测发现 3 种陡边坡坡面未形成侵蚀细沟,仅在坡面形成微地形,如黄土坡面形成短的同坡面等高线方向平行的波状起伏,紫红色砒砂岩和红棕色砒砂岩坡面形成高度小于 1 cm、水平长度小于 5 cm 的不规则的凹凸起伏,未形成细沟。坡面在降雨作用之下的产沙分为雨滴击溅作用产沙和径流作用产沙^[17],二者相互联系:雨滴击溅坡面可以把土粒击碎,在径流的作用下最终产沙;同时,薄层水流会消耗雨滴的动能,使雨滴击溅作用减弱。对产流量、产沙量线性回归分析(见表 3)可以看出,单位径流产生的泥沙 $CP > XP > HM$,即紫红色砒砂岩单位径流产沙量最大,其次是红棕色砒砂岩,黄绵土最小。这种关系表征坡面受径流作用下的产沙可能是雨滴击溅引起的松散颗粒物间接产沙,也可能是径流的分散和剪切作用直接产沙。线性回归的决定系数(R^2) $XP > HM > CP$,分别为 0.955、0.896 和 0.893,反映产沙量受径流的影响大。取 9 次观测的径流和泥沙平均值,可以看出平均产流量表现为 $HM(2\ 249\ mL) > XP(1\ 304\ mL) > CP(670\ mL)$,平均产沙量 $HM(142.4\ g) > XP(124.7\ g) > CP(94.3\ g)$ 。3 种陡边坡的产流和产沙有相似的规律,而单位径流产沙则体现为 $CP > XP > HM$,说明黄绵土产沙是通过更大的径流作用导致,而径流在砒砂岩坡面的产沙效率更高。

表 3 产流产沙的线性回归方程

处理	回归方程(在 0.01 的水平下显著)	R^2
HM	$s = 3.308 + 0.062r$	0.896
CP	$s = 6.927 + 0.130r$	0.893
XP	$s = 11.677 + 0.087r$	0.955

3.2 冲刷试验

冲刷试验数据紫红色砒砂岩为 2 个重复,红棕色砒砂岩小区没有重复(见表 4)。各个小区前期含水量在各试验间有一定的差异,从试验采用的冲刷流量来看,主要模拟中等强度暴雨雨强^[14,16]条件下坡面水流

的侵蚀过程。具体产流产沙状况见图 1。

表 4 冲刷试验小区的性质

小区	前期土壤含水量/%	冲刷流量/ ($mL \cdot min^{-1}$)	冲刷时间/ min	产流历时/s
XP1	22.5	2 000	40	52
CP1	14.6	2 000	40	38
CP2	15.9	2 000	40	49

注:XP1 为红棕色小区,CP1 和 CP2 为紫红色砒砂岩小区

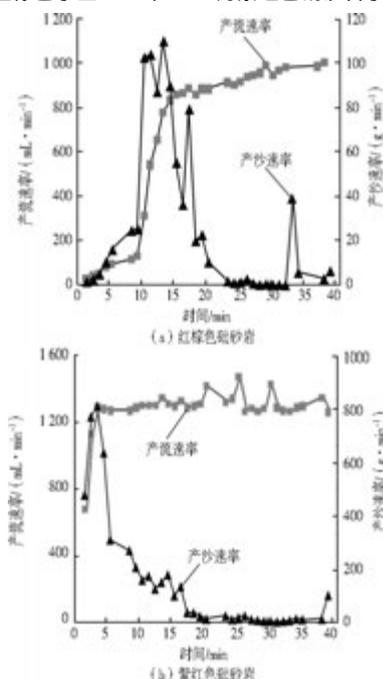


图 1 陡边坡不同砒砂岩土的产沙产流过程

3.2.1 产流产沙动态

分析图 1 可以发现,两种砒砂岩的侵蚀产流产沙过程相似。试验开始后,产流速率和产沙速率缓慢增大,短暂的时间(如 XP1 为 1~9 min)之后径流急剧增大,产生两种侵蚀作用,一是挟带坡面表层松散颗粒,二是股状水流在形成的细沟上进行沟蚀,加剧侵蚀产沙^[2],引起产沙速率急剧增大并出现峰值,峰值附近产沙速率多出现波动,接着产沙速率下降,产流速率接近最大值并趋于稳定,产沙速率维持在较小值范围且偶尔出现波动。之所以出现这种变化过程,原因与砒砂岩的性质密不可分^[11]。表层土壤颗粒在风化作用下容易形成松散的表层,冲刷初期,地表微地形使水流在坡面分散,由于前期含水低和填注^[18-19],水流流速较慢,入渗量较大,产流量小^[20],但是风化物为松散黏结,在水流分散悬浮作用和剪切作用之下,颗粒被水流冲刷离开源地,形成产沙,侵蚀细沟逐渐发展。之后,由于表层松散物被水流剥离殆尽,下层风化程度低,土壤颗粒粗、胶结作用大,因此在给定的坡度和流量下形成的水动力下切作用无法进一步产沙,侵蚀输沙减小,侵蚀细沟在水流作用下侧向发展,剥离残留的风化松散物。砒砂岩自身吸水膨胀崩解性质^[11]对产沙也可

能有一定贡献。

紫红色砒砂岩和红棕色砒砂岩的稳定径流速率分别为 1 321 mL/min(CP2) 和 983 mL/min(XP1) ,最大产沙速率分别为 814. 5 g/min(CP2) 和 103. 9 g/min(XP1) ,红棕色砒砂岩的产沙量小于紫红色砒砂岩的产沙量。红棕色砒砂岩(XP1) 的沙水比变化范围为 -3. 287 ~ -0. 492 ,紫红色砒砂岩 CP1 的沙水比为 -1. 616 ~ -0. 301 ,CP2 的为 -2. 355 ~ -0. 155。可见 红棕色砒砂岩的沙水比更低 ,即冲刷过程中红棕色砒砂岩在单位水流下挟带更少的泥沙。紫红色砒砂岩的颗粒组成中 黏粒的含量仅为 2. 5% ,而沙粒含量高达 72. 9% ,且有机质含量低 ,颗粒之间黏结性很大程度上取决于黏粒的作用^[21-22] ,黏粒含量低导致黏结作用差 ,风化迅速 ,反映在冲刷过程中 ,紫红色砒砂岩在试验一开始 水流迅速发展成股状 ,比红棕色砒砂岩产生更大的径流 ,股状水流加剧了侵蚀细沟的发展 ,引起更大的产沙量。红棕色砒砂岩风化弱 ,水流仅能下切较浅的表层土壤 ,之后侧向发展使水流更加分散 ,侵蚀作用减小。

3.2.2 泥沙粒径变化

泥沙粒径分析样品为冲刷试验不同时间段的泥沙样 ,采用激光粒度仪分析。结果见图 2 和图 3 ,其中图 3 为不同处理的加权平均粒径变化过程 ,水平虚线和实线分别为红棕色砒砂岩原土的加权平均粒径 (0. 278 mm) 和紫红色砒砂岩的加权平均粒径 (0. 273 mm) 。总体而言 ,两种土的泥沙粒径组成都与原土的颗粒组成有相似的分布规律 ,说明原土对陡边坡泥沙颗粒组成有影响。砒砂岩(CP 和 XP) 黏粒和粉粒在冲刷过程中富集 ,沙粒则贫化 ,特别是红棕色砒砂岩平均粗沙粒含量仅占原土的 14. 6%。颗粒的黏接性受黏粒含量的影响较大 ,如果冲刷过程造成源地黏粒贫化 ,导致颗粒之间黏接性变差 ,加剧风化和侵蚀作用。另一方面 ,土壤中的营养物质主要吸附在细颗粒表面^[23] ,细颗粒的流失使营养物质流失 ,土壤的肥力下降。水流挟带细颗粒的能力强于挟带粗颗粒的能力^[24] ,泥沙中富集黏粒、粉粒会造成泥沙在输移过程中随悬移质挟带出流域。泥沙颗粒的加权平均粒径反映了不同粒径颗粒的分布特征 ,相对较大的加权平均粒径反映较大的泥沙粒径所占的比例较大 ,较小的加权平均粒径反映粒径偏小的泥沙颗粒占比较大。从图 3 可以看出 ,两种土壤的加权平均粒径都比原土的小 ,其中红棕色砒砂岩的加权平均粒径远小于原土的平均粒径。从冲刷过程上看 ,红棕色砒砂岩的加权平均粒径变化较小 ,而紫红色砒砂岩加权平均粒径则呈波动式变化。这种分布的原因可能是红棕色砒砂岩坡面水

流分散 ,侵蚀动力小 ,只能剥离细颗粒的泥沙;而紫红色砒砂岩冲刷过程中形成了侵蚀细沟 ,水流集中 ,有更大的剥离和搬运能力。

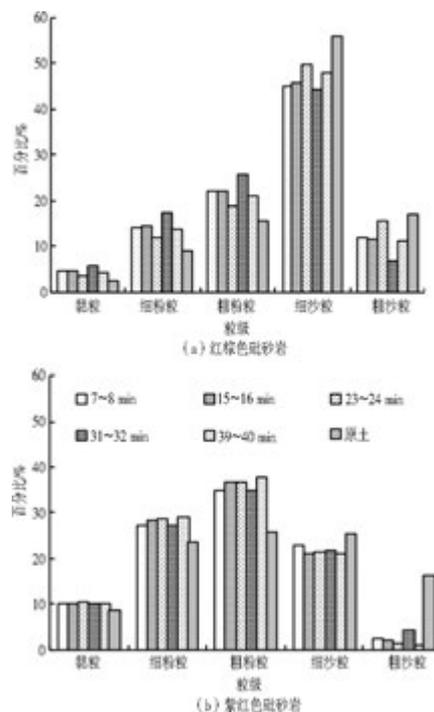


图 2 冲刷过程泥沙粒级占比

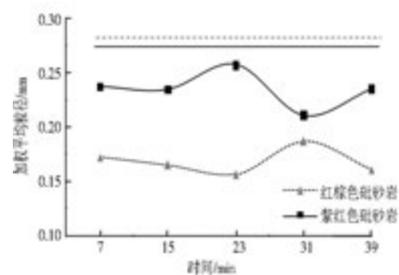


图 3 冲刷过程中加权平均粒径变化

4 结 论

(1) 试验观测的降雨条件下 ,红棕色砒砂岩、紫红色砒砂岩和黄绵土 3 种陡边坡坡面产流产沙的最小 10 min 降雨强度(I_{10}) 为 0. 1 mm/min ,最小降雨量为 8. 2 mm。3 种陡边坡的产流量和产沙量呈线性关系 ,且决定系数(R^2) 较大。3 种土的平均产流量和产沙量大小顺序均为黄绵土 > 红棕色砒砂岩 > 紫红色砒砂岩 ,单位径流产沙量紫红色砒砂岩 > 红棕色砒砂岩 > 黄绵土。

(2) 冲刷试验条件下 ,不同的风化状况和坡面水流状况同自然降雨存在差异 ,红棕色砒砂岩侵蚀量大于紫红色砒砂岩。冲刷过程中泥沙粒径的变化受原土影响而粒径分布同原土相似。同原土相比 ,两种砒砂岩都出现沙粒贫化、粉粒和黏粒富集的现象。

参考文献:

- [1] SHI Z H , FANG N F , WU F Z , et al. Soil Erosion Processes and Sediment Sorting Associated with Transport Mechanisms on Steep Slopes [J]. *Journal of Hydrology* , 2012 , 454: 123 - 130.
- [2] 和继军 孙莉英 蔡国强 等. 坡面细沟发育特征及其对流速分布的影响[J]. *土壤学报* 2013 50(5): 10 - 18.
- [3] 雷廷武 邵明安 李占斌 等. 土壤侵蚀预报模型及其在中国发展的考虑[J]. *水土保持研究* ,1999 6(2): 162 - 166.
- [4] RIBOLZI O , PATIN J , BRESSON L M , et al. Impact of Slope Gradient on Soil Surface Features and Infiltration on Steep Slopes in Northern Laos [J]. *Geomorphology* , 2011 , 127: 53 - 56.
- [5] 史婉丽 杨勤科 张光辉. WEPP 模型的最新研究进展[J]. *干旱地区农业研究* 2006 24(6): 173 - 177.
- [6] 朱金光 胡建忠. 黄河中游地区侵蚀产沙规律及水保措施减洪减沙效益研究综述[J]. *中国水土保持科学* 2004 2(3): 41 - 48.
- [7] 苏涛. 砒砂岩地区 EN - 1 固化剂固化边坡抗冲稳定性的机理[D]. 杨凌: 西北农林科技大学 2011.
- [8] 唐政洪 蔡强国 李忠武 等. 内蒙古砒砂岩地区风蚀、水蚀及重力侵蚀交互作用研究[J]. *水土保持学报* 2001 15(2): 25 - 29.
- [9] 薛海 孔纯胜 熊秋晓 等. 坡面沟蚀及其分形特性试验研究[J]. *人民黄河* 2008 30(12): 90 - 93.
- [10] 王愿昌 吴永红 寇权 等. 砒砂岩分布范围界定与类型区划分[J]. *中国水土保持科学* 2007 5(1): 14 - 18.
- [11] 叶浩 石建省 李向全 等. 砒砂岩岩性特征对抗侵蚀性影响分析[J]. *地球学报* 2006 27(2): 145 - 150.
- [12] 侯庆春 唐克丽. 晋陕蒙接壤区水蚀风蚀交错带生态环境特征[J]. *水土保持通报* ,1994 4(2): 8 - 15.
- [13] 张渭军 黄金廷. 鄂尔多斯盆地降水量分布特征分析[J]. *干旱区资源与环境* 2012 26(2): 56 - 59.
- [14] 黄金柏 付强 王斌 等. 黄土高原北部水蚀风蚀交错带坡面降雨分析[J]. *农业工程学报* 2011 27(8): 108 - 113.
- [15] AN Juan , ZHANG Fenli , HAN Yong. Effects of Rainstorm Patterns on Runoff and Sediment Yield Processes [J]. *Technical Article* , 2014 , 179(6): 393 - 403.
- [16] 焦菊英 王万中. 黄土高原降雨空间分布的不均匀性研究[J]. *水文* 2001 21(2): 20 - 24.
- [17] 刘青泉 李家春 陈力 等. 坡面流及土壤侵蚀动力学(II)——土壤侵蚀[J]. *力学进展* 2004 34(4): 493 - 506.
- [18] 冉启华 梁宁 钱群 等. 移动降雨时空分布对坡面产流的影响[J]. *清华大学学报: 自然科学版* 2013 53(5): 636 - 641.
- [19] 王辉 王全九 邵明安. 前期土壤含水量对坡面产流产沙特性影响的模拟试验[J]. *农业工程学报* 2008 24(5): 65 - 68.
- [20] 向华 刘青泉 李家春. 地表条件对坡面产流的影响[J]. *水动力学研究与进展* 2004 19(6): 774 - 783.
- [21] 温婧 朱元骏 殷宪强 等. 砒砂岩对 Pb(II) 的吸附特性研究[J]. *环境科学学报* 2014 34(10): 2491 - 2499
- [22] 李天杰 赵焯 张科利 等. *土壤地理学* [M]. 北京: 高等教育出版社 2004.
- [23] PALIS R G , OKWACH G , ROSE C W , et al. Soil Erosion Processes and Nutrient Loss (I): The Interpretation of Enrichment Ratio and Nitrogen Loss in Runoff Sediment [J]. *Aust. J. Soil Res* , 1990 28: 623 - 639.
- [24] 钱宁 万兆惠. *泥沙运动力学* [M]. 4 版. 北京: 科学出版社 , 1983.

Research on Water Erosion of Pisha Sandstone Soil Steep Slope in Shanxi-Shaanxi-Inner Mongolia Adjacent Area

WANG Lunjiang¹ , ZHANG Xingchang^{1,2} , HAN Fengpeng^{1,2} , JIA Junchao² , ZHANG Yinglong³

(1. Institute of Water and Soil Conservation , Northwest A&F University , Yangling 712100 , China; 2. Institute of Water and Soil Conservation , China Academy of Sciences; Yangling 712100 , China; 3. Shamowang Technology Co. Ltd. , Yulin 719300 , China)

Abstract: 6 plots were set up to analyze the water erosion of steep Pisha sandstone slopes by observing natural rainfall and simulated runoff scouring experiments. The results show that the minimum rainfall and the minimum rainfall intensity causing sediment and runoff on reddish brown Pisha sandstone steep slopes (XP) , purple Pisha sandstone steep slopes (CP) and Loessal soil (HM) were 8.2 mm and 0.1 mm/min respectively. Runoff yield and sediment yield show linear relationship and the determination coefficients(R²) are 0.896 , 0.893 and 0.995 respectively. The relationships of sediment yield and runoff yield among 3 treatments are consistent , i. e. HM > XP > CP. The simulated runoff scouring experiments show that the sediment yield of reddish brown Pisha sandstone slopes is less than that of purple Pisha sandstone slopes; particle diameter of sediment is affected by original soil; clay and silt enrich in sediment , while fine sand and coarse sand decrease versus original soil.

Key words: steep slope; pisha sandstone; hydraulic erosion; runoff and sediment yield; Shanxi-Shaanxi-Inner Mongolia adjacent area

【责任编辑 张华兴】