

渭北台塬区新增坡耕地土壤侵蚀产沙模拟试验研究

董起广, 韩霁昌, 张 扬, 张卫华, 高红贝, 雷 娜

(陕西地建土地工程技术研究院 国土资源部退化及未利用土地工程重点实验室, 陕西 西安 710075)

摘 要: [目的] 研究不同放水流量条件下坡面土壤的侵蚀产沙规律, 揭示渭北台塬区新增坡耕地坡度及土壤容重对侵蚀程度的影响, 为该区坡耕地开发利用提供理论支持和实践指导。[方法] 通过室内模拟试验开展研究。[结果] 土壤入渗率随放水流量的增大呈现先增大后减小的趋势, 且存在明显的转折点, 并随容重的增大而减小, 径流量随容重和放水量的增大而增大; 土壤容重越大, 产沙量也越大, 容重 1.6 g/cm^3 较 1.2 g/cm^3 , 1.4 g/cm^3 的坡耕地产沙量明显增大; 坡度越大, 土壤侵蚀越剧烈, 在 5° 坡时, 产沙量存在临界值; 放水流量越大, 产沙量越大, 当放水量超过 6 L/min 时, 增加趋势更加明显。[结论] 渭北台塬区新增坡耕地的易侵蚀程度与土壤容重和坡度密切相关, 为减少侵蚀, 应控制容重在 1.4 g/cm^3 左右, 坡度不宜超过 15° 。

关键词: 渭北台塬区; 坡耕地; 土壤侵蚀; 产沙量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)06-0063-04

中图分类号: S157.1

文献参数: 董起广, 韩霁昌, 张 扬, 等. 渭北台塬区新增坡耕地土壤侵蚀产沙模拟试验研究[J]. 水土保持通报, 2016, 36(6): 063-066. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2016.06.011

Simulated Study of Soil Erosion and Sediment Yield of Newly Increased Sloping Farmland in Weibei Tableland Area

DONG Qiguang, HAN Jichang, ZHANG Yang, ZHANG Weihua, GAO Hongbei, LEI Na

(*Institute of Land Engineering & Technology, Shaanxi Provincial Land*

Engineering Construction Group, Co. Ltd., Key Laboratory of Degraded and Unused Land

Consolidation Engineering the Ministry of Land and Resources of China, Xi'an, Shaanxi 710075, China)

Abstract: [Objective] The infiltration situation of newly increased sloping farmland of Weibei tableland area was researched, and the impacts of soil volume weight, slope degree and flow discharge on sediment yield were analyzed. [Methods] Simulation test was used in door. [Results] Soil infiltration rate firstly increased and then decreased with the increase of flow discharge, an obvious inflection existed midst, and it decreased with the increase of soil bulk density. Runoff increased with the increase of soil bulk density and flow discharge. The greater bulk density was, the more sediment was, i. e., sediment yield of soil with bulk density of 1.6 g/cm^3 was greater than the ones of 1.2 g/cm^3 and 1.4 g/cm^3 . With the increase of slope gradient soil erosion was more heavy. A threshold of slope gradient existed at 5° . The large flow discharge resulted to much sediment yield, this was obvious when the flow discharge was over 6 L/min . [Conclusion] Soil erosion of newly increased sloping farmland in Weibei Tableland area was closely related to soil bulk density and slope gradient. For these reasons, soil bulk density should be small than 1.4 g/cm^3 , and slope gradient should be less than 15° .

Keywords: Weibei tableland area; sloping farmland; soil erosion; sediment yield

随着中国经济的发展和城市化进程的加快,耕地 很大比例,是重要的农业资源^[3-4]。由于地形条件的资源日趋紧张^[1-2]。而坡耕地在中国耕地面积中占有 限制,坡耕地在耕作过程中面临着诸多问题,其中,水

收稿日期: 2016-05-06

修回日期: 2016-05-17

资助项目: 国家科技支撑计划课题“山地丘陵区空心村整治关键技术集成示范”(2014BAL01B03)

第一作者: 董起广(1988—),男(汉族),河北省邢台市人,硕士,助理工程师,主要从事土地工程、水文水资源方面研究。E-mail: dq-guang@163.com。

通讯作者: 韩霁昌(1966—),男(汉族),陕西省渭南市人,博士,研究员,主要从事土地工程技术开发及应用研究。E-mail: sxdjhjc@163.com。

土流失现象在该类耕地中最为普遍^[3,5-6]。近年来,在陕西省渭北台塬地区便有大量新增的坡耕地,由于土体结构稳定性差,土层厚薄不均匀,自然坡降变化较大,使得土壤表层受到严重侵蚀^[7-8]。已有研究^[9-12]表明,坡面径流是造成水土流失的主导因子,同时坡面径流的冲刷力是土壤侵蚀的主要动力。为此,本研究通过径流冲刷模拟试验,研究不同放水流量条件下坡面土壤的侵蚀产沙规律,揭示该地区新增坡耕地坡度及土壤容重对侵蚀程度的影响,为渭北台塬区坡耕地的开发利用提供理论支持和实践指导。

1 材料与方 法

试验在坡度可控的冲刷土槽(1 m×0.5 m×0.3 m)内进行。为保证坡面水流均匀流下,在坡面上部设置一坡面稳流槽,并通过放水箱闸阀控制流量。试验土壤采用渭北台塬地带的黄绵土。冲刷流量参考当地降水、灌溉情况及前人对于降雨侵蚀的研究,结合冲刷槽的尺寸,设计放水流量分别为 2, 4, 6, 8 和 10 L/min,坡度和容重分别设计 3 组,坡度分别为 5°, 10°, 15°,容重分别为 1.2, 1.4, 1.6 g/cm³,每种处理设置 3 个重复。装土前,在槽底铺一层厚度为 5 cm、大小均匀的天然沙,以模拟新增耕地耕层土壤的水气通透状况。将采集的土壤经过 1 cm 孔径的筛子,然后根据其含水量和不同容重要求,计算装填土质量,称取所需的填入土量并开始填装,每种处理均采用分层装填,各层之间进行打毛处理。为了保证每次试验的初始条件基本一致,并消除坡面表面处理的差异性,试验开始前先用撒水器均匀地在试验土表面撒水,撒水量控制在土壤表面达到充分饱和但又没有发生产流的程度。放水结束后,取径流泥沙样采用烘干法测定泥沙量。

2 结果与分析

2.1 坡面入渗及产流变化特征

根据水分平衡公式可知,放水量为径流量、入渗量与蒸发量之和,由于水分蒸发量与径流量和入渗量相比很小,故此处忽略水分蒸发量,土壤入渗率 i 可通过下式计算:

$$i = \frac{1\ 000(Q-R)}{S \cdot t} \quad (1)$$

式中: i ——单位时间单位面积上土壤水分下渗的深度(mm/min); Q ——放水量(m³); R ——径流量(m³); S ——小区面积(m²); t ——放水时间(min)。

图 1—2 反映了坡面入渗及产流的变化特征。从图 1—2 可以看出,在同一土壤容重下,土壤入渗率随

放水流量的增加呈现出先增大后减小的趋势,且在放水流量为 6 L/min 时,入渗率达到最大,这主要是由于放水强度超过土壤入渗能力后产生超渗产流;由于蒸发量可以忽略,故除入渗水量外,其余部分水分以产流的形式沿坡面流出,坡面径流量随放水流量的增加而增加,容重越大,径流量越大。在相同放水流量下,土壤容重越大,其入渗率越小,径流量越大,容重 1.2, 1.4, 1.6 g/cm³ 时,所对应的平均入渗率分别为 1.5, 1.2, 0.8 mm/min,径流量分别为 3.8, 4.3, 4.9 L/min,最小容重下土壤入渗率接近最大容重下土壤入渗率的 2 倍,径流量比最大容重下减少了 22.4%。说明试验土壤的入渗率受到下垫面条件的影 响较大,容重小的土壤,其结构相对松散,孔隙率大,入渗能力较好,产流量也相对较小;容重大的土壤,虽然其土体结构相对密实和稳定,但因孔隙率小,入渗能力差,更易产生坡面径流。

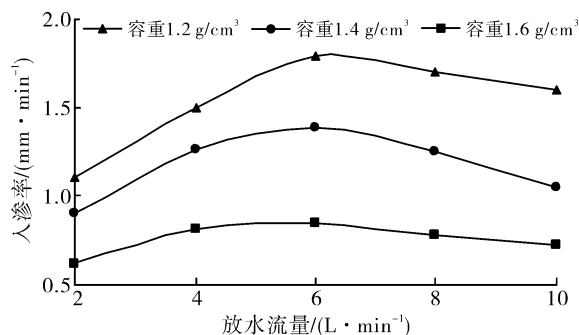


图 1 试验小区不同容重土壤入渗率变化

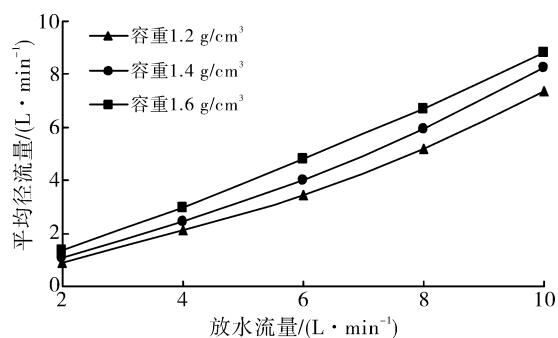


图 2 试验小区不同容重土壤径流量变化

2.2 坡度对产沙量的影响

坡度是影响侵蚀产沙的重要因素之一^[13]。从表 1 可以看出,坡度越大产沙量越大,不同坡度间的产沙量有着明显的差异,这种差异在大容重和大放水量下表现的更加突出。不同容重、放水量下 5°, 10°, 15° 坡的产沙量比值在容重 1.2 g/cm³,放水量为 2 L/min 时最小,为 1.0:1.0:1.4;在容重 1.6 g/cm³,放水量为

10 L/min 时最大,为 1.0:2.5:4.2;平均产沙量比值为 1.0:1.5:2.2。可见,在小容重、小放水量条件下,坡度对产沙量的影响相对较小,而随着容重和放水量

的增加,坡度的加大导致产沙量明显增加。而当坡度为 5°时,土壤产沙量会随放水流量逐渐趋于平稳,达到一个相对稳定值。

表 1 不同坡度下各容重土壤的产沙量

g

放水流量/ (L·min ⁻¹)	容重 1.2 g/cm ³ 时的产沙量			容重 1.4 g/cm ³ 时的产沙量			容重 1.6 g/cm ³ 时的产沙量		
	5°	10°	15°	5°	10°	15°	5°	10°	15°
2	10.1	10.6	14.6	8.6	9.4	22.8	45.5	46.1	91.4
4	64.6	88.8	88.8	59.7	61.0	79.7	117.2	121.2	186.2
6	76.1	78.7	92.9	62.9	94.8	150.2	148.1	182.9	274.8
8	80.9	79.9	79.9	94.8	113.3	113.8	257.5	341.3	526.3
10	88.1	89.3	196.8	72.2	145.0	239.5	259.7	673.2	1 079.3

2.3 容重对产沙量的影响

土壤容重对产沙量的影响详见表 1 和图 3。

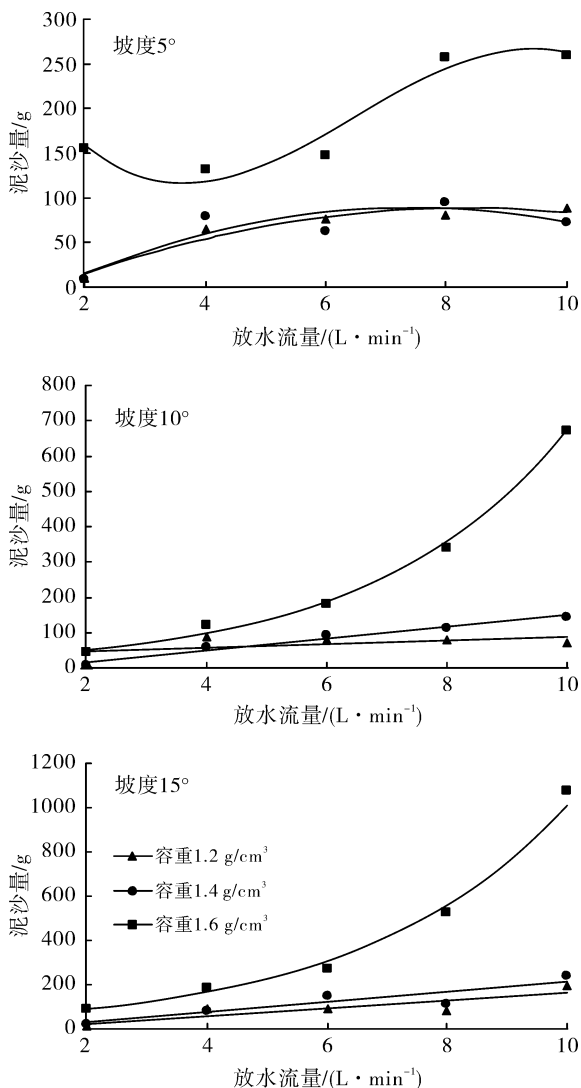


图 3 不同坡度各容重土壤的泥沙产量

从图 3 可以看出,容重越大,流失的泥沙量越大,特别是在放水量和坡度较大时,其相关关系表现的更

加明显。在放水量较小的情况下,1.4 g/cm³容重的 5°,10°,15°坡面产沙量与 1.2 g/cm³的产沙量相差不大。当放水量达到 8 L/min 时,1.6 g/cm³容重的 5°,10°,15°坡面较 1.4 g/cm³的分别多 162.7,228.0 和 412.6 g。由此可见,容重增大,产沙量增加,容重由 1.2 g/cm³增加到 1.4 g/cm³时,泥沙产量仅呈现出微弱的增加;而当容重由 1.4 g/cm³增加到 1.6 g/cm³时,产沙量增加约 2~3 倍,坡度、放水量为 15°和 10 L/min 时,1.6 g/cm³的坡面比 1.2,1.4 g/cm³的坡面产沙量增加约 5~6 倍左右。容重越大,产沙量随放水流量的增加速度越快,在 10°和 15°坡面上 1.2,1.4 g/cm³产沙量随放水流量增加为线性,且斜率接近,而 1.6 g/cm³时呈现指数性增加。容重越大,土壤越紧实,在表层土壤浸湿后,其水分向下入渗的能力急剧减小,而使得径流量增加,侵蚀冲刷力增强,从而导致了产沙量增加。

2.4 放水量对产沙量的影响

一般来说,雨强越大,侵蚀产沙量越大^[14],在较大坡度(≥10°)和较大容重(1.6 g/cm³)时,这种规律更加明显,从图 4—5 可看出,大容重土壤的放水量为 6 L/min 是产沙量突变的一个临界点。当放水量从 2 L/min 增加到 4 L/min,4 L/min 增加到 6 L/min 时,产沙量增加均在 100 g 以内,而当放水量从 6 L/min 增加到 8 L/min 时,产沙量增加值在 100~260 g 之间。

3 讨论与结论

(1) 土壤入渗率大小影响着坡面产流大小,在渭北台塬区新增坡耕地中,由于植物截留作用微弱,且有天然坡度存在,当降雨或灌溉强度超过土壤渗入强度时,便会发生产流,造成土壤侵蚀。通过试验模拟得出,土壤入渗率随容重增大而减小,两者呈负相关

关系,且入渗率随放水流量的增大呈现先增大后减小趋势,变化的临界值为 6 L/min;坡面径流量与入渗率相反,随放水流量、土壤容重的增加而增加。

(2) 土壤容重越大,其入渗率减小,径流量增加,产沙量也会增大。主要是由于容重越大,孔隙度越小,水分难以向土壤入渗,导致地表径流量增加,从而引起产沙量增加。但土壤容重太小,土体结构松散,抗侵蚀能力也会较差,极易发生冲毁。本试验中,当容重为 1.6 g/cm³ 时,产沙量可达到 1.2 g/cm³ 的 9 倍多,而容重为 1.4 g/cm³ 较 1.2 g/cm³ 的产沙量并没有明显增加,可认为是最佳容重结构。

(3) 土壤侵蚀受坡长、坡度、植被覆盖等坡面条件影响很大,其中坡度是影响坡面侵蚀的重要因素之一。有研究表明,在坡面产流过程中存在临界坡度,但对于泥沙产量是否存在临界坡度,在本试验设定的范围内尚未发现。试验中,泥沙产量随坡度的增加而增加,15°坡与 5°坡产沙量最大比值可达到 4 以上,10°坡与 5°坡产沙量比值在 1~2.6 之间。

(4) 放水量一般与泥沙产量之间呈线性关系或指数关系,放水量越大,泥沙产量也越大。但当坡度较小时,存在一个临界值,超过 6 L/min 以后,产沙量趋于稳定。

[参 考 文 献]

- [1] 赵晓丽,张增祥,汪潇,等. 中国近 30 a 耕地变化时空特征及其主要原因分析[J]. 农业工程学报,2014,30(3):1-11.
- [2] 刘洛,徐新良,刘纪远,等. 1990—2010 年中国耕地变化对粮食生产潜力的影响[J]. 地理学报,2014,69(12):1767-1778.
- [3] 傅涛,倪九派,魏朝富,等. 坡耕地土壤侵蚀研究进展[J]. 水土保持学报,2001,15(3):123-128.
- [4] 李强,许明祥,赵允格,等. 黄土高原坡耕地沟蚀土壤质量评价[J]. 自然资源学报,2012,27(6):1001-1012.
- [5] 温磊磊,郑粉莉,杨青森,等. 雨型对东北黑土区坡耕地土壤侵蚀影响的试验研究[J]. 水利学报,2012,43(9):1084-1091.
- [6] 黄少燕,查轩. 坡耕地侵蚀过程与土壤理化特性演变[J]. 山地学报,2002,20(3):290-295.
- [7] 王健,尹武君,云峰,等. 渭北旱塬坡耕地水土和养分流失特征[J]. 水土保持学报,2012,26(1):33-37.
- [8] 云峰. 渭北黄土高原坡地土壤退化及生产力恢复研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [9] 马萍,罗青红,宋锋惠,等. 伊犁河流域坡面径流侵蚀试验研究[J]. 西北林学院学报,2010,25(3):54-58.
- [10] 刘小勇,吴普特. 硬地面侵蚀产沙模拟试验研究[J]. 水土保持学报,2000,14(1):33-37.
- [11] 吴普特,周佩华. 黄土坡面薄层水流侵蚀试验研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1996,2(1):40-45.
- [12] 丁文峰,李占斌,崔灵周. 黄土坡面径流冲刷侵蚀试验研究[J]. 水土保持学报,2001,15(2):99-101.
- [13] 卫喜国,严昌荣,魏永霞,等. 坡度和降雨强度对坡耕地入渗的影响[J]. 灌溉排水学报,2009,28(4):114-116.
- [14] 张科利. 黄土坡面侵蚀产沙分配及其与降雨特征关系的研究[J]. 泥沙研究[J]. 1991(4):39-46.
- [15] 文海燕,赵哈林,傅华. 开垦和禁牧年限对沙质草地土壤性状的影响[J]. 草业学报,2005,14(1):31-37.
- [16] 朱志梅,杨持,曹明明,等. 多伦草原土壤理化性质在沙漠化过程中的变化[J]. 水土保持通报,2007,27(1):1-4.
- [17] Steffens M, Kölbl A, Totsche K, et al. Grazing effects on soil chemical and physical properties in a semiarid steppe of Inner Mongolia [J]. Geoderma, 2008,143(1/2):63-72.
- [18] 张瑞强,高天明,郭建英. 内蒙古希拉穆仁草原风蚀水平观测研究[J]. 水土保持通报,2014,34(1):178-181.
- [19] 红梅,韩国栋,赵萌莉,等. 放牧强度对浑善达克沙地土壤物理性质的影响[J]. 草业科学,2004(12):108-111.
- [20] Da Silva A, Imhoff S, Corsi M. Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system[J]. Soil & Tillage Research, 2003,70(1):83-90.
- [21] Su Yongzhong, Li Yuli, Cui Jianyuan, et al. Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China[J]. Catena, 2005,21(12):267-278.

(上接第 62 页)