

靳 洋,孙希华,陈凤琴. 鲁中山区坡面尺度下的土壤侵蚀特征分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(21):309-312.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.21.075

鲁中山区坡面尺度下的土壤侵蚀特征分析

靳 洋¹, 孙希华¹, 陈凤琴²

(1. 山东师范大学地理与环境学院, 山东济南 250358; 2. 山东省水利科学研究院, 山东济南 250014)

摘要:土地资源的过度开发利用导致土壤侵蚀问题日益严重。坡面作为土壤侵蚀研究的基本单元,分析其在不同条件下土壤侵蚀特征对于水土保持政策制定具有重要意义。以济南市莱芜栖龙湾水土保持科技示范园的径流场为试验区,对 2008—2012 年的降水数据以及模拟降水试验观测数据进行定量分析,结果表明:(1)坡长一定时,25°为侵蚀临界坡度,坡度大于或小于 25°,侵蚀量减少;(2)在 10°~30°坡度范围内,降水量达到 12.95 mm 时才会产生径流,并且与径流量和泥沙损失量均呈现正相关趋势,并且降水强度越大,面蚀转为细沟侵蚀的时间越快,前期侵蚀量的波动越大;(3)10°~20°的坡度范围内,梯田种植方式比顺坡种植方式有更好的水土保持效果,25°~30°坡度范围内,林草工程和鱼鳞坑等措施结合可以有效减弱土壤侵蚀。

关键词:坡面尺度;土壤侵蚀;栖龙湾;鲁中山区

中图分类号: S157 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)21-0309-04

土壤侵蚀问题对于可持续发展来说是一个重要的限制因素,也是全球范围内重点关注的问题。坡面是土壤侵蚀过程中最基本的单元^[1],分析不同影响因素下土壤侵蚀特征具有十分重要的意义。

坡面尺度的土壤侵蚀是一个复杂的过程,降水、坡度、植被覆盖等因素都对土壤侵蚀过程有着重要的影响^[2]。其中降水因素主要包括降水强度和降水量,姜义亮等研究表明,降水强度由 50 mm/h 提高到 100 mm/h 时,对土壤侵蚀增加的贡献率为 89.6%~99.5%^[3];程甜甜等在鲁中南山丘区坡面土壤侵蚀研究中表明,坡面产流产沙在各降水因子中与降水量因子相关性最强^[4]。各影响因素相互叠加导致了土壤侵蚀的复杂性,李桂芳等研究表明,侵蚀程度与坡度、降水强度均呈现出正相关关系,与植被覆盖度呈现反比关系,且各因素叠加时,侵蚀强度远大于任何单一因子的影响^[5]。由此可见,降水因素对土壤坡面侵蚀具有关键作用。在自然环境保持不变的前提下,土地利用是土壤侵蚀的重要影响因素之一^[6]。不合理的土地利用方式会加剧土壤侵蚀。

本研究通过试验观测与定量分析,研究不同坡度、降水以及植被覆盖类型条件下的土壤侵蚀特征,分析其变化规律。在自然条件下,相比于降水、坡度等因素,植被覆盖类型是能够进行人为干预的因素,进而优化土地利用格局,实现山地丘陵区的坡面侵蚀保护工作。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

济南市莱芜区栖龙湾水土保持科技示范园,位于 117°37'6"~117°38'3"E,36°22'32"~36°22'57"N,占地面积为 110.27 hm²,地处山东腹地鲁中山区,属于山东省水土流失重点治理区,是山东省典型土壤侵蚀区。气候类型属于暖温带大陆性季风气候,多年平均降水量为 776 mm;土壤类型为棕壤。设置模拟降水设施及 10°、15°、20°、25°、30°共 5 种坡型 25 个径流小区的径流观测试验场地。

1.2 数据获取

模拟降水条件下土壤侵蚀观测,主要探究不同坡度和降水强度条件下的土壤侵蚀特征。土槽规格为长×宽×深=2.0 m×1.0 m×0.2 m,坡度可调。降水强度设定为 30、40、50 mm/h;降水历时 60~80 min,在产生径流后 30 min 结束观测。槽内土壤密度为 1.385 g/cm³,土层总厚度为 20 cm。土槽土壤来源为莱芜区栖龙湾地区 0~20 cm 耕层土壤,为典型棕壤,土质为壤土;壤土为鲁中山区最主要的土壤类型,比例高达 90% 以上,具有典型性。从径流产生开始,每 5 min 测量 1 次,测量每个时段的径流量和径流总量;然后分别将每个时间段的径流量取样过滤、烘干、称质量,得到每个时间段的泥沙损失量和泥沙损失总量。

自然降水条件下土壤侵蚀观测,主要探究不同降水量和植被覆盖类型下的土壤侵蚀特征。园区内径流场共 25 个径流小区,包含 10°、15°、20°、25°、30°共 5 种坡型,每个径流小区长 10 m、宽 5 m,水平面积为 50 m²。其中 10°、15°、20°的径流小区主要研究农作物和经济林对土壤侵蚀的影响;25°、30°的径流小区主要研究坡长、坡面工程以及生态林草措施对土壤侵蚀的影响。分析 2008—2012 年共 5 年的降水记录,包括每次降水的降水强度、降水量、降水历时以及每次降水所产生的径流量和土壤侵蚀量,得出不同降水量和植被覆盖类型对土壤侵蚀的影响程度。

收稿日期:2019-08-10

基金项目:山东水土保持学会重点领域创新资助项目(编号:2018sbxhex05)。

作者简介:靳 洋(1994—),男,山东邹城人,硕士研究生,主要从事地理信息系统技术应用研究。E-mail:1179040330@qq.com。

通信作者:孙希华,硕士,教授,主要从事 GIS 技术应用和水土保持研究。E-mail:471572553@qq.com。

2 结果与分析

2.1 不同坡度下的土壤侵蚀特征分析

在径流小区坡长因素不变的情况下,坡度的不同造成其坡面土壤颗粒的稳定性不同,坡面上水流动力特性亦不同,影响到坡面投影面积使承水面积和土壤侵蚀程度不同。

模拟降水条件,将土槽分别设置为 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 等 5 种坡型,降水强度设置为 30、40、50 mm/h,观测不同坡度下的土壤侵蚀特征。根据径流小区不同坡度下的泥沙损失量(图 1)可以看出,在坡度递增的情况下,产生的总泥沙损失量随着坡度的增加而增加,在坡度为 25° 时总泥沙损失量达到最高值,坡度为 30° 时略有下降。

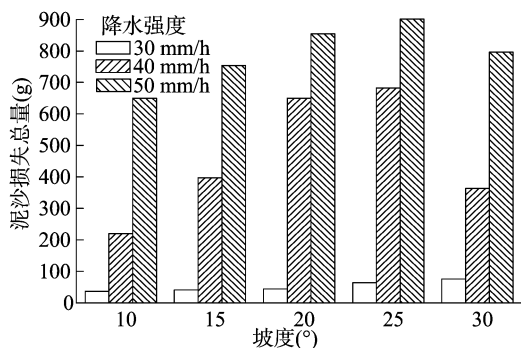


图1 模拟降水情况下不同坡度的泥沙损失量比较

通过对径流小区 2008—2012 年的观测数据进行分析, 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 共 5 个坡型下裸地的土壤侵蚀模数(图 2)分别为 63、40、55、109、106 $t/(km^2 \cdot 年)$,可以看出在自然降水条件下,坡度为 25° 时侵蚀模数最大。随着坡度的增加,水分入渗的时间缩短,产流时间也将提前,坡面上土壤颗粒的稳定性也随着坡度的增加而减弱,土壤随径流流失的概率增加。坡度增加后,坡面投影面积减小,坡面实际降水总量减少。因此,坡面坡度的变化不是决定坡面土壤流失量的唯一

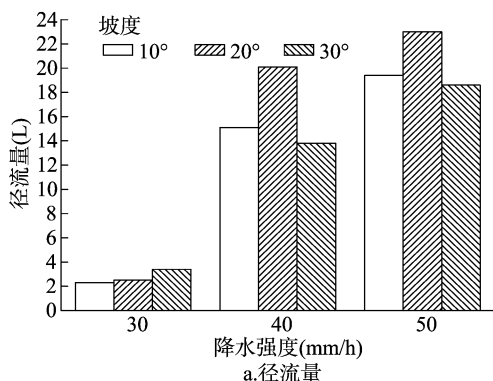


图3 不同模拟降水强度条件下径流量和泥沙损失总量比较

同时随着降水强度的增加,径流量和侵蚀量增加幅度趋于稳定的时间变短,对不同坡度下单位时间内的水土流失量进行观测,由图 4 可知,径流产生的波动性较小,降水强度为 30 mm/h 条件下变化幅度不大,趋于稳定的时间较长;40、50 mm/h 降水强度下,前期变化较为剧烈,短时间内均达到稳定的趋势,时间分别在 25、15 min 左右。在不同的降水强度下,产沙过程前期均呈现出不同程度的波动,后期稳定,且稳定值也随着降水强度增大而增大。产沙过程中出现波动主要

因素,而是坡度变化以及坡度变化后附加因素一起作用的结果。由模拟降水和自然降水随坡度变化对坡面侵蚀的影响得出, 25° 为土壤侵蚀的临界坡度,坡度大于 25° 或者小于 25° ,土壤侵蚀量都有所减少。

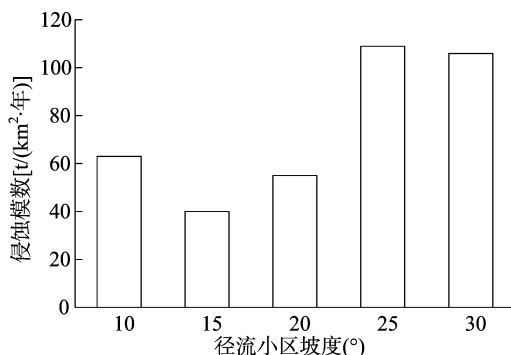
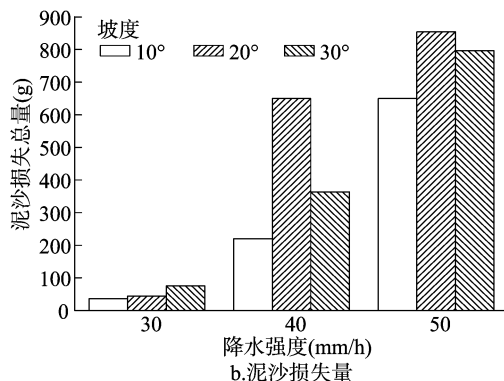


图2 自然降水情况下径流小区裸地土壤侵蚀模数比较

2.2 不同降水条件下的土壤侵蚀特征

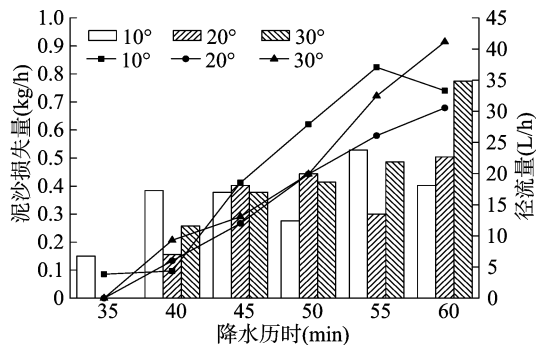
在影响土壤侵蚀的因素中,降水是水蚀区最为主要的外部因素,是土壤侵蚀的先决条件。降水对土壤提供水分,产生径流,也会在土壤侵蚀过程中提供能量。水分下渗会导致土壤更加疏松,使土壤更易随径流流失,同时雨滴降落到地面时产生的冲击力也会加速水土流失。与此同时,降水的冲击力也能够将土壤击实,并且降水冲击开的土壤颗粒会随水分的流渗而堵塞土壤间的空隙,阻碍水分的下渗^[7]。

2.2.1 模拟降水条件下侵蚀特征分析 在模拟降水条件下,分别设置 30、40、50 mm/h 3 种不同的降水强度,观测在不同降水强度下土壤侵蚀的特征。根据不同降水强度下的水土流失情况观测结果(图 3)可以看出,在降水强度为 30 mm/h 时,径流量和泥沙损失量在各种坡度条件下表现均不明显,土壤侵蚀程度较弱。降水强度和径流量、泥沙损失量均呈现正相关的关系,即随着降水强度的增加,径流量和泥沙损失量都有增加趋势。不过随着降水强度的增加,增幅逐渐减小。

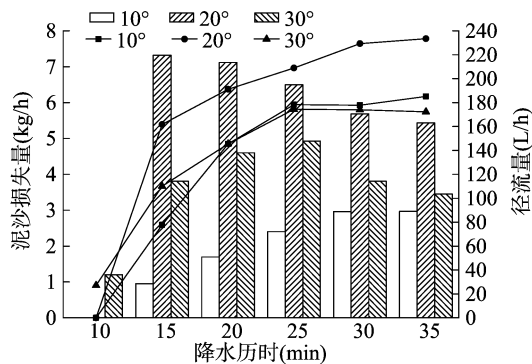


是因为侵蚀方式的变化,尤其是在高强度的降水条件下表现尤为明显也更加迅速。在侵蚀过程中,土壤颗粒的稳定性由于水分下渗发生不同程度的变化,而且径流量的迅速增加使其动力和携沙能力增强,加上裸露土壤表面凹凸不平,侵蚀过程便由面蚀转换为细沟侵蚀,从而引起侵蚀量的波动性变化。试验场观测也可发现,降水强度较高的条件下会有更多细沟产生。

2.2.2 自然降水条件下侵蚀特征分析 对径流场 2008 年 9



a. 30 mm/h 条件下各坡度泥沙量和径流量随时间变化过程



b. 40 mm/h 条件下各坡度泥沙量和径流量随时间变化过程

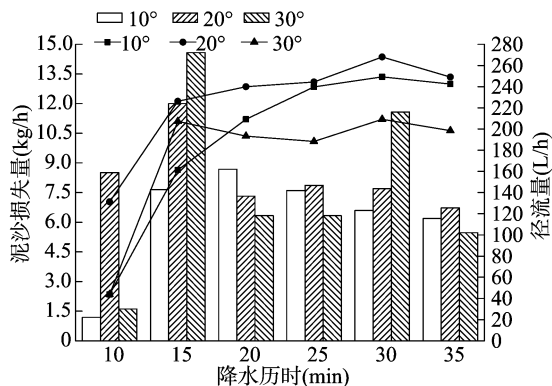
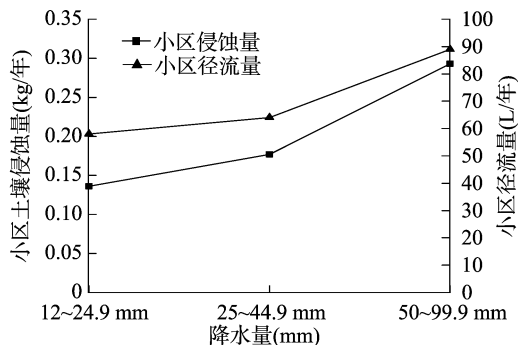
c. 50 mm/h 条件下各坡度泥沙量和径流量随时间变化过程
图中折线为径流量, 柱状图为泥沙量图4 不同模拟降水强度下不同坡度泥沙损失量
和径流量随时间变化过程

图5 自然降水量下平均径流量与侵蚀量比较

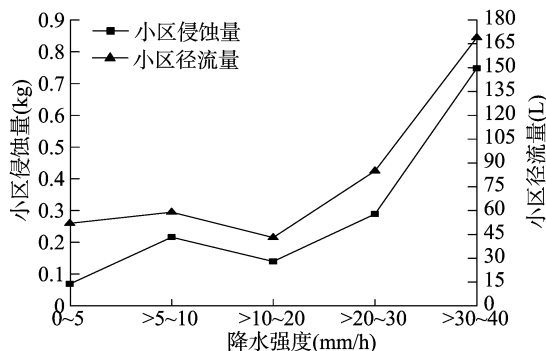


图6 不同降水强度条件下平均径流量与侵蚀量比较

2.3 不同土地利用方式下土壤侵蚀特征分析

在观测场 25 个径流小区内, 采用了裸地、坡耕地、土坎梯田、小鱼鳞坑、大树穴、鱼鳞坑、石坎梯田等 7 种类型的土地利用方式。

比较不同土地利用方式下的年平均径流量和年平均侵蚀量(图 7)可以看出, 在自然降水条件下, 不同土地利用类型的平均侵蚀量和径流量是不一样的。坡耕地的径流量和土壤侵蚀量均最大; 相比裸地来说, 坡耕地在耕种过程中避免不了要进行翻耕、播种等活动, 使土壤更加疏松, 更易发生水土流失。而且各种土地利用类型下的径流量和侵蚀量也并没有出现相同的变化趋势, 如土坎梯田、大树穴的径流量均大于裸地, 但裸地的侵蚀量比土坎梯田和大树穴都要大。

根据对径流小区泥沙流失取样分析, 可推算出各个径流小区不同土地利用条件下的土壤侵蚀模数(表 1)。10°~20°坡度的措施配置主要为农作物和经济林, 可以看出梯田种植方式有较好的水土保持效果。如果将顺坡种植方式改为梯田种植方式, 可以有效拦截泥沙, 缓解土壤侵蚀; 建议坡度较陡的区域禁止农作物和经济林的种植。25°~30°径流小区的措施配置主要为生态林草和坡面工程, 可以看出林草覆盖和鱼鳞坑工程等措施相结合可以有效减缓土壤侵蚀。

3 结论

(1) 坡面尺度下的径流量和泥沙损失量均与降水总量呈现正相关关系。

(2) 坡面临界侵蚀坡度为 25°, 当坡面坡度大于或小于 25°时, 土壤侵蚀程度都会有所减弱。

(3) 降水强度越大, 面蚀转为细沟侵蚀的时间越快, 前期的侵蚀量波动越大。降水量大于 12.95 mm 时才会产生径流, 并且降水强度在 30 mm/h 以下时, 10°、20°、30°要 3 种坡

月至 2012 年 9 月共 5 年的监测数据进行分析, 探究在自然降水条件下土壤侵蚀的特征。在这 5 年的降水数据中, 有 41 次发生了较为明显的土壤侵蚀。

对不同降水量条件下的侵蚀量和径流量进行比较, 分析其变化趋势。由图 5 可知, 只有当降水量大于 12.95 mm 时才会产生径流, 并且径流量和侵蚀量都随着降水量的增加而增加, 且径流量和侵蚀量的变化趋势一致。

分析比较不同降水强度下的侵蚀量和径流量, 总结其变化趋势。由图 6 可知, 随着降水强度的增加, 土壤侵蚀量与径流量整体呈上升趋势, 尤其是在降水强度达到 >30~40 mm/h 后, 增加速度更为明显, 径流量比 >20~30 mm/h 时增加 98.8%, 侵蚀量增加 158%。短时间内的降水很难产生径流, 但鲁中山区降水比较集中, 并且强降水一般都伴随着长时间降水, 更容易造成水土流失。

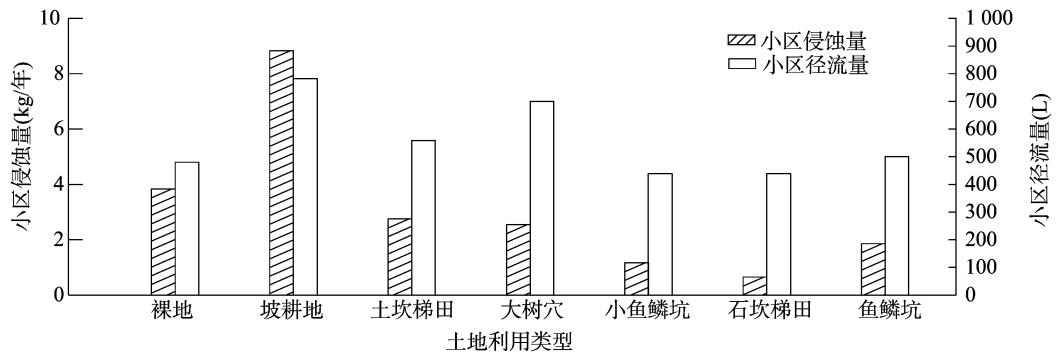


图7 不同土地利用方式下年平均径流量和年平均侵蚀量比较

表 1 径流场年度水土流失监测汇总

径流小区坡度 (°)	编号	小区土地利用方式(植物)	土壤侵蚀量 (kg/年)	平均侵蚀模数 [t/(km ² ·年)]
10	11	裸地	3.172	63
	12	顺坡(花生)	7.307	146
	13	土坎梯田(花生)	7.683	154
	14	大树穴(花椒)	2.519	50
	15	土坎梯田(桃树)	0.676	14
15	21	裸地	2.020	40
	22	顺坡(花生)	10.558	211
	23	土坎梯田(桃树)	0.904	18
	24	石坎梯田(板栗)	0.999	20
	25	鱼鳞坑(赤松)	1.744	35
20	31	裸地	2.758	55
	32	顺坡(花生)	8.746	175
	33	石坎梯田(花生)	0.752	15
	34	土坎梯田(板栗)	2.698	54
	35	鱼鳞坑(赤松、刺槐)	2.212	44
25	41	裸地	5.466	109
	42	土坎、梯田(赤松)	1.655	33
	43	鱼鳞坑(刺槐)	0.568	11
	44	鱼鳞坑(黄荆)	0.694	14
	45	鱼鳞坑(草地)	0.630	13
30	51	裸地	5.323	106
	52	鱼鳞坑(侧柏)	2.140	43
	53	鱼鳞坑(刺槐、侧柏)	1.048	21
	54	鱼鳞坑(侧柏、黄荆)	2.076	42
	55	鱼鳞坑(黄荆、草地)	0.633	13

型下的径流总量和泥沙损失量相比之下均较小且无明显的差异，因此在降水量较小且强降水量不多的地区无需大规模地采取措施防治水土流失。

(4)在10°~20°坡度内建议种植农作物和栽植经济林，当坡度增大时，建议可将顺坡种植方式改为梯田种植方式，可适当拦截径流和泥沙；25°~30°坡度内林草措施结合鱼鳞坑等工程措施水土保持效果较好，禁止陡坡地开垦种植农作物或经济林。

参考文献：

[1]傅伯杰,赵文武,陈利顶,等. 多尺度土壤侵蚀评价指数[J]. 科学通报,2006,51(16):1936-1943.

[2]刘恒,李利伟. 基于GIS的沂源县土地利用与土壤侵蚀关系研究[J]. 甘肃科技,2018,34(22):143-146.

[3]姜义亮,郑粉莉,温磊磊,等. 降雨和汇流对黑土区坡面土壤侵蚀的影响试验研究[J]. 生态学报,2017,37(24):8207-8215.

[4]程甜甜,张兴刚,李亦然,等. 鲁中南山丘区坡面产流产沙与降雨关系[J]. 水土保持学报,2017,31(1):12-16.

[5]李桂芳,郑粉莉,卢嘉,等. 降雨和地形因子对黑土坡面土壤侵蚀过程的影响[J]. 农业机械学报,2015,46(4):147-154,182.

[6]叶芬,黄耀萍,邹明普. 基于GIS的土壤侵蚀与土地利用关系研究[J]. 北京测绘,2016(3):15-19.

[7]赵晓莅. 紫色土区水力侵蚀对土壤有机碳的影响及SOC预报模型研究[D]. 重庆:西南大学,2008.