

内蒙古黄土丘陵区次降雨条件下坡面土壤侵蚀影响因子研究

金雁海¹, 柴建华², 朱智红²

(1. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083; 2. 内蒙古水利科学研究院, 呼和浩特 010020)

摘 要:通过对内蒙古宁城、和林、东胜三个试验站进行坡面径流泥沙试验,采用数据分析法,研究内蒙古黄土丘陵区坡耕地在一次降雨中各典型影响因子与土壤侵蚀量之间是否存在相关关系及相关程度问题。研究表明该区次降雨雨强、降雨前期土壤含水量、植被覆盖度、坡面坡度和土壤侵蚀量之间存在着密切的相关关系。
关键词:黄土丘陵区; 次降雨雨强; 坡度; 植被覆盖度; 降雨前期土壤含水量; 土壤侵蚀
中图分类号:S157.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-3409(2006)06-0192-03

Study on Influencing Factor of Soil Erosion Caused by Sloping Surfaces During Once Rainfall in Loess Hilly Area of Inner Mongolia

JIN Yan-hai¹, CHAI Jian-hua², ZHU Zhi-hong²

(1. College of Soil and Water Conservation: Beijing Forestry University Beijing 100083, China;
2. Hydraulic Science Research Institute of Inner Mongolia, Huhhot 010020, China)

Abstract:Through the dome runoff sediment deposition trial in three experiment stations including Ningcheng, Helin, Dongsheng in Inner Mongolia, using the way of data analyzing, whether the relationship of representative influencing factor of soil erosion and the amount of soil erosion of sloping farm land in loess hilly in Inner Mongolia during once rainfall is exist and how much is the degree of correlation. The results showed: there were close relationships of rainfall intensity during once precipitation, soil moisture content between two adjacent rainfall, plant coverage, grade of slope and the amount of soil erosion.
Key words:loess hilly area; rainfall intensity during once precipitation; grade of slope; plant coverage; soil moisture content between two adjacent rainfall; soil erosion

土壤侵蚀是一个全球性的问题,土壤侵蚀的结果是:水土严重流失,农业生产力低下且抵御自然灾害的能力削弱,干旱水灾频繁发生,生态环境严重恶化。尽管我国土壤退化类型众多,但最主要、最严重且分布最广的还是土壤侵蚀退化。土壤流失量的大小除了与自身的抗蚀抗冲性质有关外,还与降雨及地形、地貌、植被等下垫面因子密切相关^[1-13]。

内蒙古黄土丘陵区面积为 49 072 km²,区内黄土覆盖广且深厚,土质疏松,抗蚀力低,极易发生土壤侵蚀。为此,对黄土的土壤侵蚀影响因子进行研究,就显得十分的重要。通过 1991~1993 年的观测数据来分析黄土在发生侵蚀时,次降雨雨强、雨前土壤含水量、坡度、植被覆盖度和土壤流失量之间的关系。

1 研究地区概况

根据内蒙古黄土丘陵区的分布,选择宁城县的朝阳山、和林格尔县的石嘴山、东胜市的忽鸡兔三个试验点,建立径流试验小区。三个试验点均为大陆性半干旱气候,年均雨量 400 mm 左右,其中 6~9 月雨量占全年雨量的 70%,无霜期 135 d 左右,沟壑密度 5~7 km/km²,试验区属于草原植被带,以旱生禾草和半灌木为主,主要草种有本氏针茅、隐子草、冰草、铁杆蒿和百里香等。

2 研究内容与方法

2.1 研究内容

在我区坡耕地次降雨的特定条件下,研究当地次降雨雨强、雨前土壤含水量的阈值变化规律及坡度、植被覆盖度的分布特点,并分析各自与土壤侵蚀量之间的相关关系。

2.2 研究方法

2.2.1 试验小区的布设与观测

在三试验站共布设 12 组 60 个坡面径流小区,水平投影面积均为 100 m²,坡度分 5°、10°、15°、20°四级设置。量水设施由分流桶和集流桶两部分组成,分流桶直径 62 cm,集流桶直径 90 cm,分流孔为 11 孔,按 20 年一遇洪水设计。径流小区围埂采用砖或水泥预制块,埋深 10 cm,外露 14 cm,顶端斜面用水泥抹成。具体布设措施见表 1,其中牧草小区分横、顺垄两种播种方式,梯田田面宽为 10 m,每个梯田小区有 2 个梯田面。

10°标准小区观测整个产流过程,从引水槽出口取样;其余小区观测次降雨产沙量。径流试验观测方法均按 1988 年水利部颁发的《水土保持试验规范》执行,利用天然降雨野外实地观测。每年试验时间为雨期的 6、7、8、9 月。

* 收稿日期: 2005-12-05
基金项目: 内蒙古水利厅《内蒙古黄土丘陵区水土流失规律研究》项目资助
作者简介: 金雁海(1963-),男,北京林业大学在读博士生,高级工程师,主要研究方向:林业生态工程、水土流失规律。

表 1 径流小区试验不同措施布设表

项目	宁城				和林				东胜			
	5°	10°	15°	20°	5°	10°	15°	20°	5°	10°	15°	20°
标准	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
自然荒坡	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
农业顺垄	1	1			1	1			1	1		
农业梯田	1	1			1	1			1	1		
农业横垄	1	1			1	1			1	1		
人工牧草			2	2			2	2			2	2

2.2.2 土壤含水量测定

土壤含水量采用取土烘干法测定,观测期为每年雨期,每隔 10 天观测 1 次,取土深度分 0~ 10 cm,10~ 20 cm,30~ 50 cm 三个层次,标准小区和油松小区加测 50~ 100 cm 土壤层次。取土后用土填实取土孔。并每年选择一场大雨雨后按 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11 d 时间间隔取土观测。

2.2.3 次降雨雨强的测定

采用 10 min 最大雨强 I_{10} ,即从自记雨量计中选取曲线中最陡的一段计算。

2.2.4 植被覆盖度的测定

每年雨期按植被不同生长期采用覆盖度针刺法测定,观测小区有:天然荒坡、农业小区、人工牧草小区和林业小区。时间是 6 月 15 日、7 月 15 日、和 9 月 15 日。

3 结果分析

3.1 降雨前期土壤含水量与土壤侵蚀量的关系

为了消除植被因素影响,以 10° 标准小区的观测值进行统计分析,从三试验站雨前土壤含水量观测结果可以看出,三个地区的土壤含水量很少接近土壤田间持水量(如表 2),这就说明三地区的降雨在地表滞留时间短,入渗量少,所形成的降雨产流均为超渗产流。

表 2 三试验站土壤含水量变化情况表 %

地点	东胜	宁城	和林
含水量变化范围	4~ 18	15~ 28	5~ 19
田间持水量	21	32	22

以宁城站 1993-08-02 日和 1993-09-11 日两场降雨为例,二者雨强相差很小,雨量相差约 6 毫米,只因雨前土壤含水量相差较大,故地表径流量相差较多,土壤侵蚀量也较大,说明雨前土壤含水量对土壤侵蚀量的多少影响较大,见表 3。但从 1992-08-08 日和 1993-09-21 日的两场降雨又可看出,虽然前者雨前土壤含水量较后者高出 4.7 个百分点,但由于前者次降雨量及雨强较小,故土壤侵蚀量也很小,这就说明雨前土壤含水量对土壤侵蚀量的影响只是相对雨量、雨强处于从属地位时才成为主要因素。1991-09-18 日这场降雨径流量与侵蚀模数均为零是因为雨前土壤含水量太低,仅有 17.5%。

表 3 不同土壤含水量与土壤侵蚀量关系表

站名	降雨/mm					
	降雨时间	降雨量	最大 10 min		径流量	侵蚀模数
			雨量	雨前土壤含水量 / %	/mm	/(t·km ⁻²)
宁城	1993-09-11	15.5	9.8	0~ 10 cm 15.8% 平均 18.5%	7.1	378.9
	1993-09-21	12.0	6.5	0~ 10 cm 18.7% 平均 18.1%	1.5	96.1
	1993-08-02	21.2	10	0~ 10 cm 25.9% 平均 25.5%	18.1	512.8
	1991-07-11	17.6	7	0~ 10 cm 18.8% 平均 21.5%	7.7	146.8
	1991-07-01	8.1	8	0~ 10 cm 19% 平均 22.0%	3.6	127.7
	1991-09-18	10.5	4	0~ 10 cm 16.2% 平均 17.5%	0	0
和林	1992-08-08	7.0	3	0~ 10 cm 21.8% 平均 22.8%	1.5	2.6

3.2 次降雨雨强与土壤侵蚀量的关系

从宁城站 10° 标准小区次降雨雨强与土壤侵蚀量关系表(表 4)及其附图可以发现,在下垫面条件基本一致的情况下, I_{10} 与土壤侵蚀模数在次降雨条件下成显著正相关关系,相关分析方程为: $y=6.1451x-85.574$, $r=0.9853$ 。这表明土壤侵蚀量随着次降雨雨强的加大而呈线性增大趋势。

表 4 次降雨雨强与土壤侵蚀量关系表

时间	雨量/mm	I_{10}	侵蚀模数
		/(mm·h ⁻¹)	/(t·km ⁻²)
1991-07-01	8.1	31.8	127.7
1991-07-12	17.6	33	146.8
1993-07-07	15.2	26.4	33.8
1993-08-17	20.7	90	462.9

注:表中 I_{10} 为 10 min 最大雨强, R_{30} 为降雨侵蚀力因子。

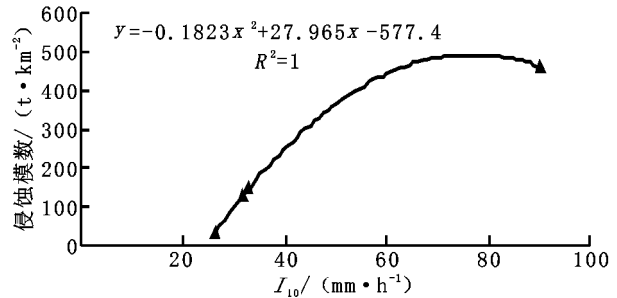


图 1 次降雨雨强与土壤侵蚀量关系图

3.3 不同坡度与土壤侵蚀量的关系

根据以往的资料可知,坡度对土壤侵蚀的影响较大。为明确指出二者之间的相关关系,以 1991-07-18 日和林站一场降雨为例说明。在降雨前期土壤含水量、植被覆盖度等下垫面因素大致相同的前提下,随机抽取此站四个不同坡度径流试验小区采集数据,此次降雨雨量为 44.7 mm,10 min 最大雨强为 99 mm/h,其坡度与土壤侵蚀量的关系见表 5 及其附图。二者之间的相关关系方程为: $y=142.35x-100.05$, $r=0.9821$ 。

表 5 坡度与土壤侵蚀量关系表

坡度	5°	10°	15°	20°
侵蚀模数/(t·km ⁻²)	45.5	155.6	375.5	446.7

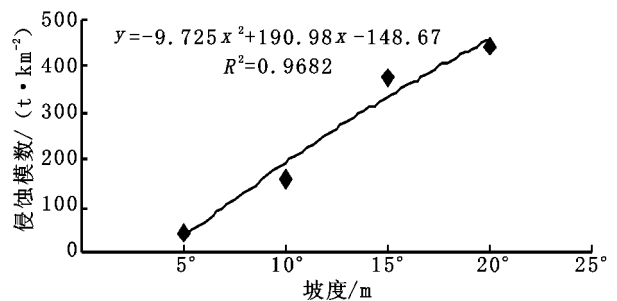


图 2 坡度与土壤侵蚀量关系图

可见,在大暴雨情况下,土壤侵蚀量随坡度增加而增大。因为此时土壤入渗对坡面径流的影响不占主要地位。

而就一次普通降雨而言,在不同坡度径流试验标准小区,从理论上说,水平投影面积不变,受雨面积相等,而随坡度的增大,实际坡面面积会相应增加,即入渗面积增大,则坡面径流减少,土壤侵蚀量减少;另一方面,坡度增加,径流流速加大,径流在坡面滞留时间相应减少,入渗量在减少,土壤侵蚀量却增大,因此土壤侵蚀量减少还是增加,要看哪一种趋势占优。

关于坡度临界值问题,因本试验小区坡度级布设不够细,无法指出具体坡度临界值。

3.4 草本植物覆盖度与土壤侵蚀量的关系

植被是控制土壤侵蚀的主要因素之一,它通过林草截持降雨、消减雨滴动能、减缓和过滤地表径流、增加土壤入渗、固持和改良土壤等几方面作用来控制土壤侵蚀,减少水土流失危害的。

三试验站均没有布设覆盖度对比试验小区,故从以植被覆盖度差异为主要影响因子的降雨资料中随机抽取一些场次降雨来分析,如表 6 所示(表中小区植被东胜和和林站为谷子,宁城站为黄豆)。以宁城站 15°横垄耕作小区为例,1992-06-29 日和 1992-08-07 日两场降雨中,因植被覆盖度的差异,导致土壤侵蚀量每平方公里相差 300 t,可见植被覆盖度与土壤侵蚀量之间呈负相关关系。

表 6 草本植物覆盖度与土壤侵蚀量关系表

地点	降雨时间	小区序号	次雨量/mm	覆盖度/%	侵蚀模数/(t·km ⁻²)
东胜	1993-07-22	10°顺	14.2	30	19.36
东胜	1993-09-25	10°顺	23.1	50	7.27
宁城	1992-06-29	15°横	10.3	28	431
宁城	1992-08-07	15°横	11.7	50	131.6
和林	1992-08-02	5°顺	11	40	7.99
和林	1992-08-29	5°顺	24.6	55	1.97

参考文献:

[1] 刘兴昌,张友顺. 水土保持原理与规划[M]. 西安:西北大学出版社, 1989.

[2] 张阳生. 水土保持径流实验[M]. 西安:西北大学出版社, 1988.

[3] 赵羽,金争平,等. 内蒙古土壤侵蚀研究[M]. 北京:科学出版社, 1989.

[4] 金争平,等. 黄河皇甫川流域土壤侵蚀系统模型和治理模式[M]. 北京:海洋出版社, 1992.

[5] 景可,陈永宗,等. 黄河泥沙与环境[M]. 北京:科学出版社, 1993.

[6] 景可,卢金发,等. 黄河中游侵蚀环境特征和变化趋势[M]. 郑州:黄河水利出版社, 1997.

[7] 左大康,等. 黄河流域环境演变与水沙运行规律研究文集[C]. 北京:地质出版社, 1992.

[8] 陈永宗,等. 黄河粗泥沙来源及侵蚀产沙机理研究文集[C]. 北京:气象出版社, 1989.

[9] 中国-加拿大合作. 晋西黄土高原土壤侵蚀规律实验研究文集[C]. 北京:水利电力出版社: 1990.

[10] 蒋定生,等. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京:水利水电出版社, 1997.

[11] 刘东生,等. 黄土与环境[M]. 北京:科学出版社, 1985.

[12] 张宗祜,等. 中国黄土[M]. 北京:地质出版社, 1989.

[13] 陈永宗,等. 黄土高原现代侵蚀与治理[M]. 北京:科学出版社, 1988.

(上接第 191 页)

[2] H J Hoogenboom, A G Dekker, IJ A Althuis. Simulation of AVIRIS Sensitivity for Detecting Chlorophyll over Coastal and Inland Water[J]. Remote Sens. Environ. 1998 ,65: 333- 340.

[3] K Yokouchi, et al. OCTS- Derived Chlorophyll- a Concentration and Oceanic Structure in the Kuroshio Frontal Region off Joban/Kashima Coast of Japan. Remote Sens[J]. Environ, 2000, 73: 188- 197.

[4] Charles Bostater, Manuel Gimond. Using Aircraft Based High Resolution Reflectance Signature and Specific Absorption Coefficients to remotely Estimate Coastal Water Quality[Z]. The 2nd International Airborne Remote Sensing and Exhibition 1996. 598- 605.

[5] Han L. Spectral Reflectance with Varying Suspended Sediment concentration in Clear and Algae- Laden Water[J]. PE&RS, 1997, 63(6): 701- 705.

[6] Han L, et al. The Spectral Response of Algae Chlorophyll in Water with Varying Levels of Suspended Sediments, Int [J]. J. Remote Sens. 1994, 15: 3707- 3718.

[7] D. C. Runquist et al. Remote Measurement of Algae Chlorophyll in surface Water: the case for the first derivative of Reflectance Near 690nm[J]. PE&RS, 1996, 62(2): 195- 200.

[8] Gitelson A, et al. The Peak Near 700nm on radiance spectra of algae and water: Relationships of its Magnitude and position with Concentration. Int[J]. J. Remote Sens. 1992, 13: 3 367- 3 372.