

降雨对地表糙度影响的研究

郑子成¹, 何淑勤², 吴发启³

(1. 四川农业大学土化系, 四川 雅安 625014; 2. 四川农业大学林学院园艺学院, 四川 雅安 625014;
3. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 通过野外模拟降雨实验, 研究了降雨对地表糙度的影响规律, 经过降雨作用后, 随机糙度的地表, 变化呈增加趋势, 而有向糙度的地表, 则呈减小趋势; 随着降雨组合因子增加, 随机糙度的变化量呈增加的趋势, 而有向糙度则呈幂函数递减。

关键词: 地表糙度; 降雨强度; 降雨组合参数

中图分类号: S 157. 1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003) 02-0151-04

Research on Rainfall Effect on Surface Roughness

ZHENG Zi-cheng¹, HE Shu-qin², WU Fa-qi³

(1. Department of Soil and Chemistry, Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014, Sichuan, China;
2. College of Forestry and Gardening, Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014, Sichuan, China;
3. College of Resources and Environment, Northwestern Sci-tech University of
Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: On the base of field rainfall experiments, the effect regulars between rainfall and surface roughness were obtained. The variation of roughness increased to random roughness and decreased to oriented roughness on the condition of rainfall. The variation of random roughness and oriented roughness was different with the increasing combining factor of rainfall (*PI*). Random roughness increased, while oriented roughness decreased in an exponent function gradually.

Key words: surface roughness; rainfall indensity; combining factor of rainfall

地表糙度作为反映地表微地貌形态和物理性状的指标, 是影响地表的水文学和水力学特性一个重要特征值, 对水蚀和风蚀有显著的作用。影响着渗透速率^[1]、地表径流^[2]、地表凹陷处的蓄水量以及风蚀过程中土壤颗粒的跃迁和拦截^[3], 它还与降雨、风、冻融、土壤类型、土壤团聚状况、耕作方式、耕作深度等关系十分密切^[4]。虽然糙度在侵蚀中的重要性得到了认可, 但由于影响其因子很多, 国外众多研究所得的结论也各不相同, 故本文就降雨因子对糙度的影响进行了研究。

1 试验区概况

淳化泥河沟流域面积为 9.48 km², 分属 7 个村和县园林场, 海拔 1 193 m 降至 721 m, 呈长条状。坡塬占 59.2%, 平均坡度在 5°以上, 沟壑占 40.8%, 坡度多在 25°以上。多年平均降水量 600.6 mm, 暴雨频率高, 强度大, 产生强烈水土流失, 侵蚀模数为 4 000 ~ 5000 t/(km² · a)。土壤为黄土母质

上发育的幼年侵蚀土壤黄 土, 地带性黑垆土呈点状分布, 自然植被存在于沟坡, 多为草木、灌木, 塬上基本为人工植被。

2 试验设计与研究方法

本文的研究内容是在人工降雨条件下完成的, 现将实验设计简介如下:

2.1 试验小区布设

小原状土为试验小区, 设定为微小区, 面积 1 m × 1.2 m。坡度为 5°、15°、20°、25°; 为防止水分侧渗, 四周用铁板围起来。在该区内, 按实验要求, 布设下同糙度的措施。

2.2 设备

采用便携下喷式雨机, 雨滴降落高度为 2 m, 有效降雨面积 1.2 m²。由于降雨面积较小, 因而采用三点法布设雨量筒(直径为 5 cm), 对于糙度的测定, 运用接触式糙度仪, 沿着坡面, 平行测定试验小区的地表相对高程 5 次, 再取其平

¹ 收稿日期: 2002-10-20

基金项目: 陕西省“十五”科技攻关项目“不同类型区生态环境治理关键技术示范基地建设”(2001K01-G12-03)。

作者简介: 郑子成(1976-), 男, 内蒙古乌盟人, 硕士, 研究方向为环境生态治理与水土保持。

均值,然后运用下文所述的计算方法去量化,作为该试验小区的糙度值。

2.3 地表糙度的量测方法

本文中所述的糙度值,均采用的是接触式测针法测定。本仪器在前人的基础上,进行了改进,它是由 51 根测针组成,每根测针长度为 50 cm,测针的间距,按 D. L. Brough 等人(1992)的建议定为 2 cm^[5]。具体装置见下图 1。在进行测定时,先将该仪器沿坡面置于试测区,最下端测针为基点,依次读取其它测针的数值,每断面均取两个重复。为了方便不同坡面的操作,在仪器顶部装有一个小型罗盘,以示坡向和坡度。本文所研究的地表糙度均是当以当地农耕习惯为基础,并结合《水土保持技术规范(SD138-87)》^[6],按不同的耕作措施界定不同类型的糙度。在进行实验前先对地表相对高程测定,标定仪器的位置,进行实验后再保持在原位测定,以便减小测定的系统误差。

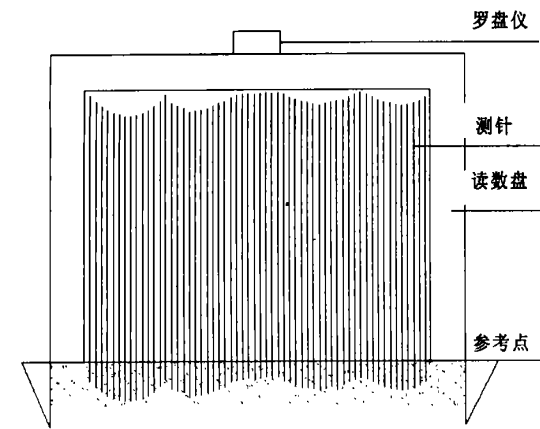


图 1 接触式测针糙度仪示意图

2.4 地表糙度计算方法

Linden 和 Van Doren(1986)运用地表轮廓参数去分析微地形起伏时,提出了这两个参数^[7]这两个参数指的是限一的坡度值(LS)和限定的高度值(LD),是水平距离的一个函数。并提出了求得该参数的途径,它是一种空间变化的步骤:即平均绝对高程不同的分析,这种平均绝对高程的不同被定义为:

$$\Delta Z_h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i - Z_{i+h} \quad (1)$$

式中: Z_i —— 一个点的高程; Z_{i+h} —— 落后于该点间距 h 的高程; n —— 样本数。

通过线性回归分析,平均绝对高程差 ΔZ_h 与对应落后间隔 ΔX_h 间的关系为:

$$\Delta Z_h = 1/[b(1/\Delta X_h) + a] \quad (2)$$

式中: a 、 b —— 最适参数; ΔX_h —— 相对于高程差的水平间距。将 LD 和 LS 定义如下: $LD = 1/a$; $LS = 1/b$ 。

对于地表糙度,它并不是一个静止的量,而随着地表其它特性或作用而变化,这种变化实质上是反映到地表相对高程的变化,为了验证 LD 、 LS 的合理性,Adrie 等人 and Lehrsch 等人通过大量试验,并运用 Semivariogram 理论分析了地表各种情况,发现地表起伏具有空间独立性。因此,可

采用空间变量理论描述 LD 和 LS ^[8-10]

3 结果与分析

3.1 不同坡度降雨前后的糙度与雨强的关系

一般来说,降雨动能越大,雨滴打击地面能力越强,对地表的影响越大。现分别以 10 直线坡、等高耕作坡面为例,分析了不同降雨强度条件下,雨前、雨后的糙度测定结果见图 2。从图中可知,经过降雨作用后,两种类型糙度的地表,其变化规律并不一致,对于随机糙度(直线坡)的地表,变化呈增加趋势,而有向糙度(等高耕作)的地表,则呈减小趋势。在小雨强作用下,变化平缓;当雨强大于 0.99 mm/min 后,变化幅度增加。造成这一结果主要是由于在降雨初期,对于直线坡面,地表相对平整,受雨滴打击后凸起部分被溅散,凹陷部分被楔入土粒填塞土壤孔隙,降低土壤渗透性,很快在地表形成径流;随着流速的增加,径流对地表剪切力增大,使得地表局部出现细沟,故地表糙度增大。而等高耕作坡面,由于其地表起伏较大,在降雨作用下,受雨滴击溅的土粒,只是垄上和沟内的迁移,随着降雨的进行,沟内蓄水量逐渐增加,溢出间或破坏部分垄,侵蚀主要发生在垄上。因此,地表糙度将减小。

不同坡度,相同雨强的糙度实验结果也具有如此规律,只是变化幅度不同,见图 3、图 4、图 5 和图 6。

3.2 降雨组合参数对地表糙度的影响

这主要因为随着坡度的增加,地表凹处蓄水量减小,易于地表径流产生,相应地对地表冲刷力加大,故导致地表糙度的变化幅度增加。

在降雨过程中,雨量也是影响地表变化的一个因子。为了更充分地说明降雨对地表糙度的作用,现分别以 10 直线坡、等高耕作坡面为例,分析了不同降雨强度与降雨量的组合条件下,地表糙度的变化,测定结果见图 3~7。

从图中可知,在降雨作用下,随机糙度和有向糙度的变化表现出不一致性,随着降雨组合因子(雨量和雨强的乘积)增加,随机糙度的变化量(R/R_0)呈增加的趋势,而有向糙度则幂函数递减。从物理学角度而言,降雨对地表的作用,其实是一种做功过程。凹凸不平的地表,接受降雨,使得土壤团聚体崩解、团粒分散溅起,引起地表径流紊动、冲刷和土粒迁移。对于随机糙度,由于地表起伏小,在土粒堵塞孔隙后,凹凸交错过程短,很快出现细沟,导致糙度增加。而有向糙度(等高耕作),则是垄和沟的相互交错及侵蚀垄的过程,故糙度减小。在这一系列过程中,地表的细颗粒嵌入原地或迁移,堵塞孔隙,下渗减弱,容重逐渐增大,抗剪强度相应地增强,部分形成结皮,使得起伏变化减弱。

不同坡度、同一降雨条件下,降雨组合参数与糙度变化间的实验结果具有同样的规律,见图 8、图 9、图 10、图 11。

经拟合得不同坡度下降雨组合参数与糙度变化值的相关性很高。表 1 给出了不同坡度下降雨组合参数与糙度变化的关系式。

从表 1 中可知,地表糙度的变化与降雨组合因子间的关系,并非前人所述^[11,12],呈指数函数递减随机糙度的变化与降雨组合因子间呈对数关系,而有向糙度的变化则与降雨组

合因子呈幂函数关系, 相关性很高。

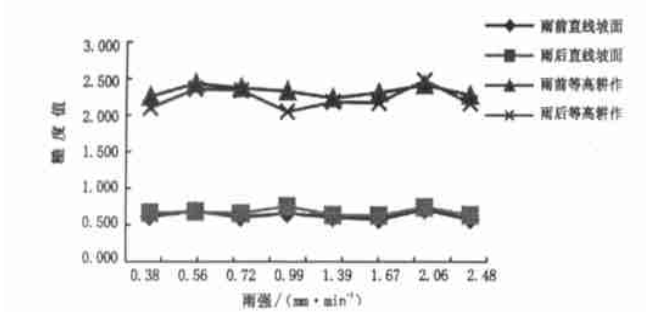


图 2 坡度 10 时糙度与雨强的关系

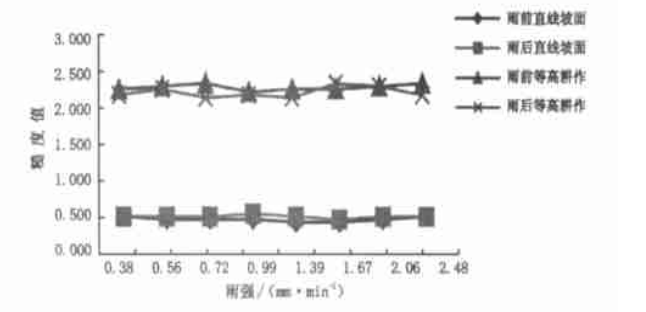


图 3 坡度 5 时糙度与雨强的关系

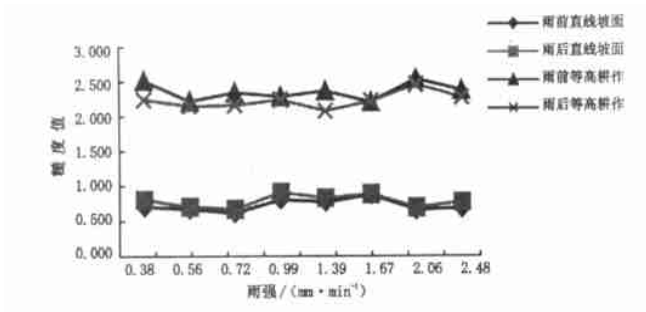


图 4 坡度 15 时糙度与雨强的关系

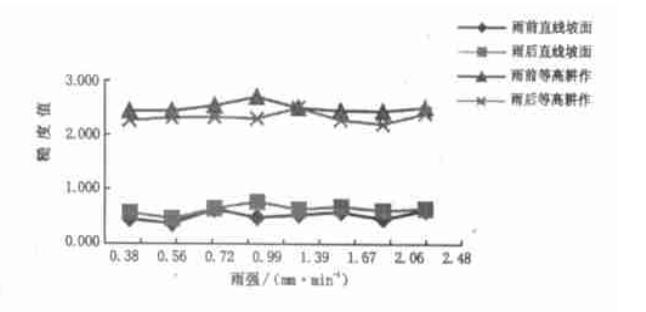


图 5 坡度 20 时糙度与雨强的关系

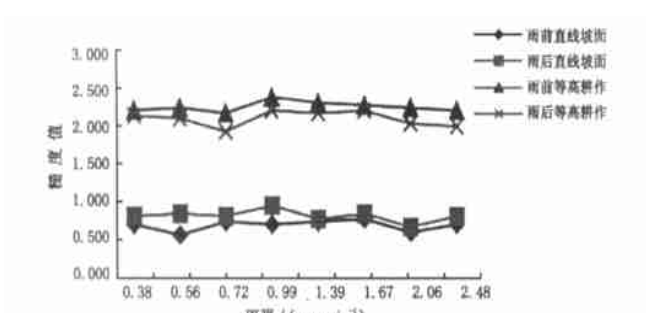


图 6 坡度 25 时糙度与雨强的关系

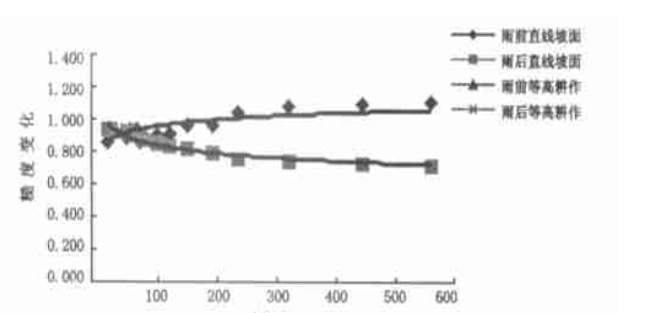


图 7 坡度 10 下降雨组合因子与糙度变化的关系

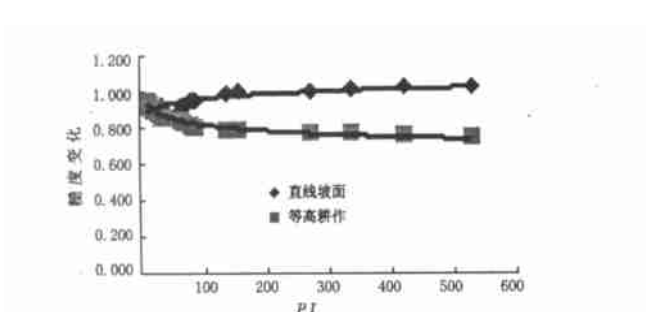


图 8 坡度 5 降雨组合因子与糙度变化的关系

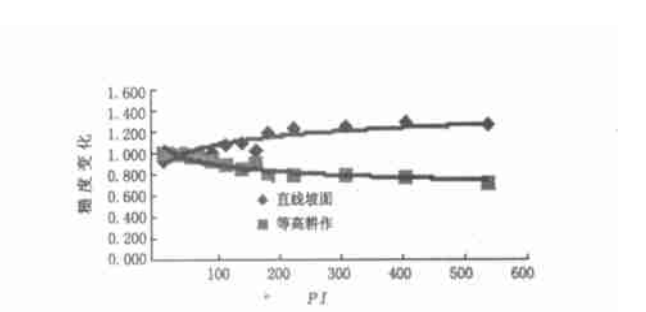


图 9 坡度 15 下降雨组合因子与糙度变化的关系

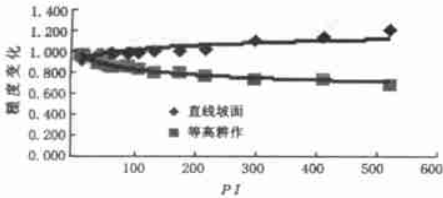


图 10 坡度 20° 降雨组合因子与糙度变化的关系

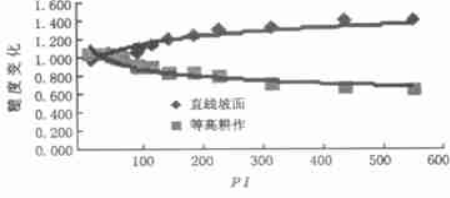


图 11 坡度 25° 降雨组合因子与糙度变化的关系

注: 图中 R_0 代表降雨前年地表糙度; R 代表降雨后的地表糙度。

表 1 不同坡度下降雨组合参数与糙度变化的关系

坡度/°	随机糙度		有向糙度		n	$F(0.01)$
	特征式	r	特征式	r		
5	$Y = 0.0586 \ln(X) + 0.7476$	0.897	$Y = 1.2629 X^{-0.0958}$	0.976	50	* *
10	$Y = 0.0786 \ln(X) + 0.6532$	0.775	$Y = 1.46 X^{-0.1134}$	0.966	50	* *
15	$Y = 0.1563 \ln(X) + 0.365$	0.912	$Y = 1.7154 X^{-1.1519}$	0.934	50	* *
20	$Y = 0.0915 \ln(X) + 0.3696$	0.925	$Y = 1.996 X^{-1.1983}$	0.944	50	* *
25	$Y = 0.1566 \ln(X) + 0.3696$	0.925	$Y = 1.996 X^{-1.1983}$	0.944	50	* *

注: Y 为糙度变化值(雨后糙度与雨前糙度的比值); X 为降雨组合因子(雨强与雨量的乘积); n 为样本数。

4 结 论

降雨既是侵蚀的动力,又是导致地表糙度发生变化的主要因子,经过降雨作用后,随机糙度(直线坡)的地表,变化呈增加趋势,而有向糙度(等高耕作)的地表,则呈减小趋势。在小雨强作用下,变化平缓;当雨强大于 0.99 mm/min 后,变

化幅度增加,不同坡度,相同雨强下糙度变化也具有同样的规律。随着降雨组合参数(PI)的增大,随机糙度和有向糙度的变化表现出不一致性,随着降雨组合因子(雨量和雨强的乘积)增加,随机糙度的变化量(R/R_0)呈增加的趋势,而有向糙度则幂函数递减。

参考文献:

[1] Larso, W E. Tillage requirements for corn[J]. J. Soil Water Cons., 1962, 17(1): 3- 7.

[2] Allmaras, R R, Burwell, R E, Larson W E, et al. Total porosity and random roughness of the interrow zone as influenced by tillage[M]. USDA Conserv. Res. Rep. 1966. 7- 28.

[3] Hagen L J. New wind erosion model developments in the SDA[A]. In proceedings Wind Erosion Conference[C]. 1988. 104- 116.

[4] Ali Saleh. Soil roughness measurement; chain method[J]. J. Soil and Water Cons. 1993, 48(6): 527- 529.

[5] Brough, D L, Jarrett, A R. Simple technique for approximating surface storage of slit-tilled fields[J]. Am. Soc. Agric. Eng., 1992, 92: 885- 890.

[6] 水利电力部农村水利水土保持司. 中华人民共和国水利电力部标准: 水土保持技术规范(SD 138- 87)[S]. 北京: 水利电力出版社, 1988.

[7] Linden, D K, Van D M Doren, J R. Parameter for characterizing tillage-induced soil surface roughness[J]. Soil. Sci. Soc. Am. J. 1986, 50: 1 561- 1 565.

[8] Adrie F G, Jacobs, Emile Schols. Surface roughness parameter estimates with a drag technique[J]. American Meteorological Society, 1986, 25: 1 577- 1 582.

[9] Bertuzzi, P, Garcia-sanchez, Lchadoeuf, J, et al. Modelling surface roughness by Boolean approach[J]. European Journal of Soil Science. 1995, 46: 215- 220.

[10] Lehrsch, G A, Whisler, F D, M Romkens, M J. Spatial variation of parameters describing soil surface roughness. Soil Sci. Am. J., 1988, 52: 311- 319.

[11] Burwell, R E, Larson, W E. Infiltration as influenced by tillage-induced random roughness and pore space[J]. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1969, 33: 449- 452.

[12] Onstad, C A. Depressional storage on tilled soil surfaces[J]. Trans. Am. Soc. Agric. Eng., 1984a, 27: 729- 732.