

不同耕作方式对紫色土侵蚀的影响

王勇强^{1,2}, 王玉宽¹, 傅 斌^{1,2}, 王先拓^{1,2}, 王道杰¹

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要:采用人工模拟降雨试验法对四川盆地丘陵区不同耕作方式紫色土侵蚀的影响实验结果表明:在平面耕作与顺坡垄作两种耕作方式下地表侵蚀率随着降雨历时的变化过程可以用对数相关方程进行描述, 20 min 是侵蚀率变化的转折点;两种耕作制起初的径流含沙量变化起伏较大,以后随着降雨历时的延长,含沙量总体趋于稳定;顺坡耕作加大了土壤侵蚀,两种方式地表稳定侵蚀率最大可以相差 30 多倍。

关键词:紫色土区;人工模拟降雨;径流含沙量;稳定侵蚀率

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)03-0333-03

Study of Soil Erosion in Areas of Purple Soil Under Various Cultivation Systems

WANG Yong-qiang^{1,2}, WANG Yu-kuan¹, FU bin^{1,2}, WANG Xian-tuo^{1,2}, WANG Dao-jie¹

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment of CAS, Chengdu 610041, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China)

Abstract: With artificial simulation of rainfall tests, under various cultivation systems erosion and sedimentation in hilly areas of purple soil are studied and the following results are obtained: Under contour cultivation and down slope-ridge cultivation sedimentation rate varied with rainfall course and could be described with logarithmic equation, sedimentation rate didn't change until 20 min after runoff began; Under the two cultivation the sediment concentration firstly little variety, with the rainfall going the sediment concentration has a stable trend. Compared the two cultivation, down slope-ridge cultivation aggravate the soil erosion, the stable erosion ratio under down slope-ridge cultivation is at most 36 times than contour cultivation.

Key words: areas of purple soil; artificial simulation of rainfall; sediment concentration; the stable erosion ratio

耕作是影响破面产沙产流的重要因素,近年来耕作制度对土壤侵蚀的影响越来越受到重视。刘俊^[1]研究了山地水平沟在黄土高原水土流失区的作用与地位,结果表明:山地水平沟具有拦截径流、提高地力、以地养地、蓄水保墒、挡风抗寒之功能。王鸿斌等^[2]研究了松辽平原玉米连作黑土不同耕作制度下所形成的两种不同构形坡面上土壤侵蚀特征,发现“波浪型”剖面土壤的侵蚀率明显大于“平面型”剖面土壤。蔡强国^[3]等用人工模拟降雨的方法在红壤上比较了横厢耕作和纵厢耕作的水土流失差异,结果表明:纵厢耕作比横厢耕作的水土流失量明显增加。M. A. Choudhary, R. Lal 等比较了犁耕、免耕的土壤侵蚀的差异,表明犁耕的土壤侵蚀是免耕的 4.9 倍^[4]。刘刚才^[5]研究了在单一坡度下聚土免耕和顺坡种植对紫色土产沙的影响,揭示了在降雨强度较大的情况下聚土免耕作制的产沙强度明显较顺坡耕作的小。本研究在野外径流小区上采用人工模拟降雨的方法,在不同的坡度和雨强下来探讨不同耕作制度对紫色土侵蚀过程的影响,通过对不同耕作制的产沙过程作初步分析,探讨适合紫色丘陵区合理的耕作制度,为四川盆地紫色土地可持续利用和农业生态环境建设提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

研究区位于中国科学院盐亭紫色土农业生态试验站,年

均温度 17.3℃,极端最高气温 40℃,极端最低气温 -5.1℃;多年平均降雨量 825 mm。本区土壤为水稻土和石灰性紫色土。自然植被主要有黄荆、马桑,农作物主要有玉米、小麦、甘薯、棉花、油菜和水稻等,由于种植习惯的原因,当地村民在坡耕地上有很大一部分,采取顺坡垄作。

1.2 试验设计

径流小区建于 2003 年,设计 5 种坡度:5°、10°、15°、20°、25°。小区长度均为 5 m,宽度 1.5 m,土层厚度为 40 cm。土壤为当地石灰性紫色土。小区种植花生/油菜,覆盖度为 90%。盐亭当地最常见的天然降雨为 15~20 mm/h,而统计历年来盐亭当地出现的天然降雨强度基本都不超过 111.69 mm/h,所以实验采用 3 个雨强(19.57 mm/h、53.95 mm/h、111.69 mm/h),降雨时间控制在产流以后 30 min,每次降雨间隔 24~48 h,在第一次实验前,用 19 mm/h 雨强降雨 30 min,保证每次降雨都在相同的前期含水量条件下进行。在降雨过程中收集径流,考虑到径流流量随降雨时间呈增加趋势,采用不同时段不同采样频率的策略,采样间隔从 0.5~2 min。泥沙采用烘干法获得。

1.3 耕作制处理

(1) 平面耕作是把地整平以后直接种植作物,不采取任何开沟作垄的耕作方式。(2) 顺坡垄作是沿顺坡方向按当地习惯开沟种植,垄上种植作物,沟宽 20 cm,垄高 10 cm,宽 15 cm。

* 收稿日期:2006-05-22

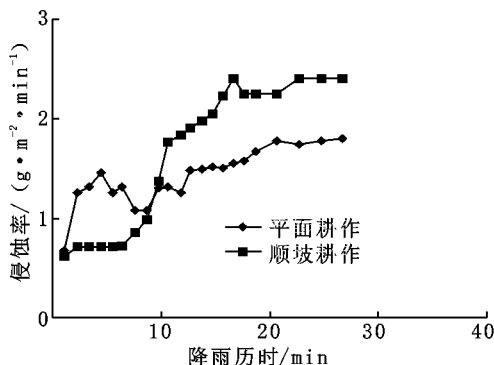
基金项目:国家 973 项目(2003CB415202);中科院知识创新项目(KZCX3-SW-330)

作者简介:王勇强(1981-),男,四川郫县人,硕士研究生,从事土壤侵蚀和水土保持研究。

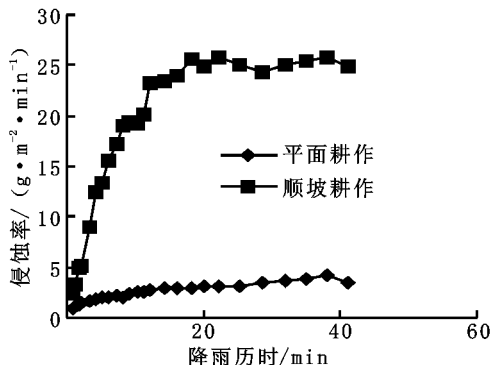
2 结果与分析

2.1 平面耕作与顺坡垄作下地表侵蚀率随降雨历时的变化过程

图 1 表明坡面土壤的侵蚀率在降雨初期随着降雨历时的增加而增大,但是坡面土壤的侵蚀率不是一直在增加,在产流开始后 20 min 侵蚀率的增加幅度就变的相对缓慢。侵蚀率随降雨历时的变化可以用对数相关方程进行描述见表 1,15°小区顺坡垄作方式下增长速率明显高于平面耕作,而 5°小区下这种规律就没有那么明显,但还是能够看出顺坡垄作方式下增长速率还是高于平坡耕作。不同坡度下增长速率也有所差异,两种耕作方式下 5°坡面侵蚀的增长速率都明



a 坡面为 5° 雨强为 111.69 mm/h



b 坡面为 15° 雨强为 111.69 mm/h

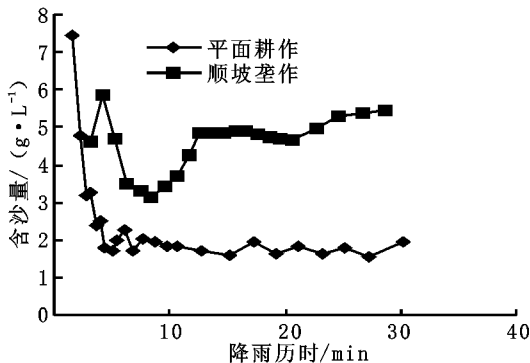
图 1 侵蚀率随降雨历时的变化

表 1 侵蚀率随降雨历时的变化

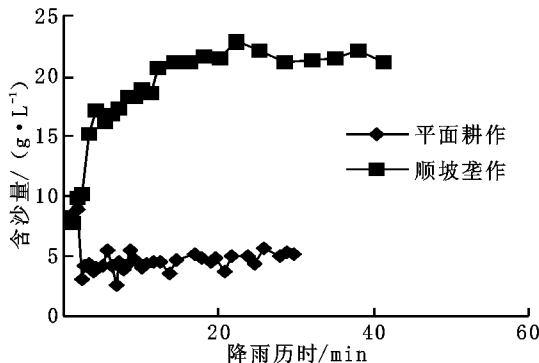
耕作方式	坡度/°	统计方程	相关系数 R
平面耕作	5	$E = 0.2862\ln(T) + 0.8349$	0.812404
顺坡垄作	5	$E = 0.6785\ln(T) - 0.46491$	0.766159
平面耕作	15	$E = 1.4480\ln(T) - 0.3486$	0.91022
顺坡垄作	15	$E = 4.4985\ln(T) + 6.5173$	0.980612

2.2 平面耕作与顺坡垄作下地表径流含沙量随降雨历时的变化过程

径流含沙量随降雨历时的过程变化见图 2。可以看出,两种耕作制起初的含沙量变化起伏较大,以后随着降雨历时的延长,含沙量总体趋于稳定。在 5°小区上两种耕作制下含



a 坡面为 5° 雨强为 111.69 mm/h



b 坡面为 15° 雨强为 111.69 mm/h

图 2 径流含沙量随降雨历时的变化

2.3 平面耕作与顺坡垄作产沙分析

在探讨雨强和坡度对土壤侵蚀的影响时,大多数学者分析了雨强和坡度对侵蚀总量的影响,而土壤侵蚀总量是受降雨强度、地面坡度、地表结皮和土壤前期含水率等多种因素

显低于 15°(见表 1),陡坡的增长速率明显高于缓坡。

侵蚀率随降雨过程呈现出这种变化的主要原因是由于在开始降雨后的短时间内土壤的入渗能力大于降雨强度,降雨全部入渗到地下,不产生地表径流,也就不会产生土壤侵蚀。但是随着土壤表层含水量的增加,表层土壤在雨滴打击作用及细颗粒物填充土壤孔隙的影响下,土壤下渗能力越来越弱,下渗能力下降到低于降雨强度后地表就开始产流。且径流强度急速增大,而土壤侵蚀强度也随之增加,此时土壤入渗率趋于稳定表层土壤的含水量达到饱和,地表也形成了相对稳定的结构,在降雨强度不变的情况下,径流强度的变化也趋于缓和,坡面土壤的侵蚀强度维持在一个相对稳定的水平。

沙量都是先开始减小然后保持稳定,而在 15°小区上平面耕作符合这种变化过程,而顺坡垄作则恰好相反,一开始就增大最后慢慢趋于稳定。两种坡度下顺坡垄作的含沙量都是明显高于平面耕作。

径流含沙量高低与土壤侵蚀强度和坡面流速有关^[6],产流初期虽然径流很小,但是此时地表的粗糙度高,土壤结构疏松,很容易被分散,加之此时流量小,所以含沙量较高。随着降雨历时的增大,降雨过程雨滴的冲击、水分下渗,土壤颗粒填充空隙,在一定程度上减轻了侵蚀强度,而此时流量又较产流初期大,因而含沙量下降^[7]。当地表径流和地表结构相对稳定时,含沙量自然也就趋于稳定。顺坡垄作下由于其垄沟有汇水作用,产流强度明显比平面耕作大,此时径流的冲蚀能力强,产沙剧增。

共同作用的结果^[8]。本次实验表明产流 20 min 后的相对稳定的侵蚀率可以消除地表结皮和土壤前期含水量的干扰,能真实反映出雨强和坡度对土壤侵蚀的影响。

平面耕作与顺坡垄作两种耕作方式土壤侵蚀的差异表

现为:小雨强时差异规律性不是很明显,当雨强为 53.95 mm/h 和 111.69 mm/h 时顺坡垄作的侵蚀率分别是平面耕作侵蚀率的 3.5~36 倍和 1.5~5.5 倍(见表 2),这与蔡强国在红壤上得出的结果基本一致,即顺坡耕作加大了土壤的侵蚀^[3]。顺坡垄作由于其垄沟有汇水作用,在相同的降雨强度下径流深远大于平面耕作条件下的径流深,随着径流深增大,径流对泥沙的作用力亦增大,从而加大了土壤侵蚀^[9]。而在大雨强时这种作用有可能减弱,这是由于径流的水流携沙力不是无限增大的,当径流携沙量达到饱和时,土壤侵蚀率就会稳定在一个范围不会随着雨强无限增大。因此会出现大雨强时顺坡垄作加大土壤侵蚀的程度有所减弱。

表 2 两种耕作方式下地表的侵蚀率比较

雨强/(mm·h ⁻¹)	g/(min·m)					
	19.62		53.95		111.69	
坡度°	平面耕作	顺坡垄作	平面耕作	顺坡垄作	平面耕作	顺坡垄作
10	0.04	0.03	0.26	8.45	3.84	22.47
15	0.02	0.2	0.26	9.49	4.89	25.97
20	0.19	0.28	2.36	14.16	14.98	31.21
25	0.08	0.05	2.27	9.12	17.73	28.97

参考文献:

[1] 刘俊,彭珂珊.山地水平沟在黄土高原水土流失区的作用与地位[J].西北水资源与水工程,1995,6(3):89-92.

[2] 王鸿斌,赵兰波,等.松辽平原玉米连作黑土不同耕作制度下土壤侵蚀特征研究[J].水土保持学报,2005,19(2):26-28.

[3] 蔡强国,马绍嘉,等.横厢耕作措施对红壤坡耕地水土流失影响的试验研究[J].水土保持通报,1994,14(1):49-55.

[4] M A Choudhary,R Lal,W A Dick.Long-term tillage effects on runoff and soil erosion under simulated rainfall for a central Ohio soil[J].Soil & Tillage Research,1997,(42):175-184.

[5] 刘刚才,高美荣,等.紫色土两种耕作制的产流产沙过程与水土流失观测准确性分析[J].水土保持学报,2002,16(4):108-111.

[6] 王玉宽.黄土丘陵沟壑区坡面径流侵蚀试验研究[J].中国水土保持,1991,5(2):25-28.

[7] 吴普特,周佩华.地表坡度与薄层水流侵蚀关系的研究[J].水土保持通报,1993,13(3):1-5.

[8] 王占礼,黄新会,张振国,等.黄土裸坡降雨产流过程试验研究[J].水土保持通报,2005,25(4):1-4.

[9] 汤立群,陈国祥.坡面土壤侵蚀公式的建立及其在流域产沙计算中的应用[J].水科学进展,1994,5(2):104-110.

(上接第 332 页)

刺槐蒸腾的高峰期,在这个阶段充足的水分条件十分重要。

刺槐蒸腾作用受环境因子综合作用的影响,各环境因子之间也显著相关。刺槐蒸腾速率与气温、空气相对湿度和光合有效辐射之间的多元线性回归方程为: $T_r = -18.565 + 0.505 T_a + 0.262 R_H + 1.232 \times 10^{-3} P_{AR}$, $R^2 = 0.999$,相关系数达极显著水平,三个环境因子中光合有效辐射是影响刺槐蒸腾作用的主导因子。

参考文献:

[1] 中国树木志编纂委员会.中国主要造林树种(上册)[M].北京:农业出版社,1976.631-641.

[2] 宋永芳.刺槐资源的开发利用[J].林业科技开发,2002,(5):11-13.

[3] 杨维西.试论我国北方地区人工植被的土壤干化问题[J].林业科学,1996,32(1):78-85.

[4] Saltyer R O. Plant - water Relationships[M].London and New York: Academic Press,1967.

[5] 张华,郑培龙,王百田.黄土半干旱区土壤水分条件对刺槐蒸腾速率的影响[J].五夷科学,2005,21:40-46.

[6] Farquhar G D,Sharkey T D.Stomatal conductance and photosynthesis[J].Ann. Rev. Plant Physiol.,1982.33:317-345.

[7] 王力,邵明安,侯庆春.土壤干层量化指标初探[J].水土保持学报,2000,14(4):89-90.

[8] 王克勤,王立.不同土壤水分下金矮生苹果叶片蒸腾速率研究[J].西南林学院学报,1999,19(1):8-13.

[9] 王玉辉,周广胜.松嫩平原盐碱化草地羊草叶片生理生态特性分析[J].应用生态学报,2000,11(3):12-19.

[10] 黄振英,董学军,蒋高明,等.沙柳光合作用和蒸腾作用日动态变化的初步研究[J].西北植物学报,2002,22(4):817-823.

3 结 论

采用人工模拟降雨方法对川中丘陵紫色土区两种典型耕作方式对土壤侵蚀的影响实验结论如下:

(1)平面耕作与顺坡垄作下地表侵蚀随降雨历时的变化过程可以由对数的相关方程描述,降雨初期随着降雨历时的增加而增大,在产流开始后 20 min 侵蚀率就会停留在一个相对稳定的范围之内。顺坡垄作土壤侵蚀率的增长速率明显高于平面耕作。

(2)在平缓坡度上,平面耕作与顺坡垄作径流含沙量都有一个先开始减小然后保持稳定的趋势。当坡度变陡时顺坡垄作呈现先增大然后保持稳定的趋势。

(3)平面耕作与顺坡垄作土壤侵蚀差异表现为:小雨强时差异不明显,随着雨强的增大顺坡垄作的侵蚀率可以达到平面耕作侵蚀率的 30 多倍,但是在大雨强时这种影响有所减弱。

(4)平面耕作的水土保持效益明显高于顺坡垄作,而且耕作简单,节省工序是一种比较实用的水土保持措施。