

水土保持耕作措施强化入渗速率模型的探讨

郑子成<sup>1</sup>, 何淑勤<sup>2</sup>, 吴发启<sup>3</sup>

(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  
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: 采用人工模拟降雨的方法, 测定并分析了黄土区(淳化)坡耕地水土保持耕作措施的入渗过程, 得出: 不同耕作措施, 随着入渗时间的增加, 强化入渗速率以指数函数递减; 对于同一种耕作措施, 随着雨强的增加, 强化降雨入渗速率也减小; 在不同降雨条件下, 对该区的三种不同耕作措施进行了分析, 得出了该区不同水土保持耕作措施强化降雨入渗速率的模型。  
关键词: 耕作措施; 土壤下渗; 强化入渗速率; 水土保持  
中图分类号: S 157.42 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2003)02-0103-03

An Inquisition Into Increasing Infiltration Rate  
Model on Soil and Water Conservation Tillage Measures

ZHENG Zi-cheng<sup>1</sup>, HE Shu-qin<sup>2</sup>, WU Fa-qi<sup>3</sup>

(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, NW Sci-tech Univ. of Agr. and For., Yangling 712100, Shaanxi, China)

**Abstract:** Soil infiltration process with tillage measures about soil and water conversation to slope farmland were determined and analysed in loess areas(Chunhua) using artificially simulated rainfall. The results were obtained that the increasing infiltration rate decreased in exponential function with the increasing infiltration time to different measures and decreased with the increasing rainfall intensity to the same measure, too. The increasing infiltration rate model of soil and water conservation measures were obtained to different rainfall intensity through the analysis of three tillage measures.  
**Key words:** tillage measure; soil infiltration; increasing infiltration rate; soil and water conservation

水土保持耕作措施, 它同生物措施、工程措施并称为水土保持的三大措施。其强化降水入渗作用表现为: 改变微地形, 增加地面糙度, 改善土壤物理性状, 进而提高其入渗速率。这些措施的研究, 对于侵蚀严重地黄土高原是十分必要的。近年来许多专家认为, 应将“全部降水就地拦蓄入渗”作为治理黄土高原水土流失及实现农业丰产的战略决策, 并且开展了大量的理论研究<sup>[1~7]</sup>, 但在模型研究上甚少。故, 本文以黄土区(淳化泥河沟流域)坡耕地为例, 采用人工模拟降雨, 分别对本区等高耕作、人工掏挖及人工锄耕三种常见耕作措施进行了研究, 以探求不同耕作措施的强化入渗速率模型。

1 研究区概况

淳化泥河沟流域面积为 9.48 km<sup>2</sup>, 分属 7 个村和县园林场, 海拔从 1 193 m 降至 712 m, 呈长条状。塬面占 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 ~ 5 000 t/(km<sup>2</sup> · 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斑点状分布, 自然植被存在于沟坡, 多为草本、灌木, 塬上基本为人工植被。

2 实验材料与方法

主要通过人工降雨法研究不同耕作措施对土壤入渗的影响。在土壤、坡度、土壤含水率、地表覆盖等一致的情况下, 雨强是影响降雨入渗的主要因子。故本实验从该因子出发, 来探讨不同耕作措施下的入渗情况。

- (1) 设备及材料。雨量筒, 便携式人工降雨机, 取样桶。
- (2) 实验地点。淳化泥河沟流域径流小区, 土壤为黄土。

<sup>1</sup> 收稿日期: 2002-11-15  
作者简介: 郑子成(1976-), 男, 内蒙古乌盟人, 硕士, 主要从事水土保持与环境生态治理的研究。

(3) 实验设计。设计降雨强度为 0.5、1.5、2.0 mm/min，坡度为 10°；布设人工锄耕、人工开挖、等高耕作三种措施，直线坡面作为对照。降雨历时 40 min。两次重复，计 3×1×4×2= 24 场降雨。

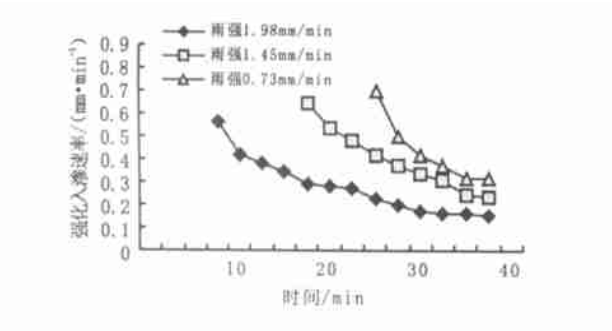


图 1 等高耕作措施下强化降水入渗率  $i_d$  与时间  $t$  的关系

(4) 测定内容。降雨开始、结束时间；土壤的机械组成(机械组成见表 1)；降雨强度；不同降雨条件下、不同措施及对照的入渗时间和产流量。

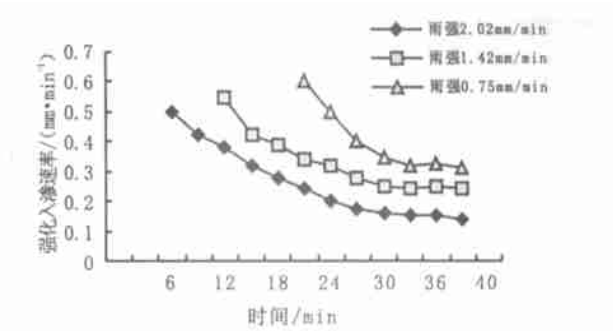


图 2 人工开挖措施下强化降水入渗率  $i_d$  与时间  $t$  的关系

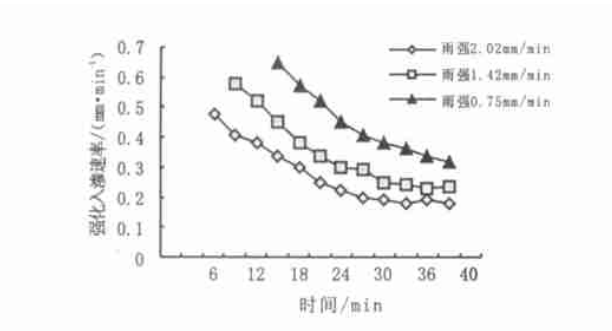


图 3 人工锄耕措施下强化降水入渗率  $i_d$  与时间  $t$  的关系

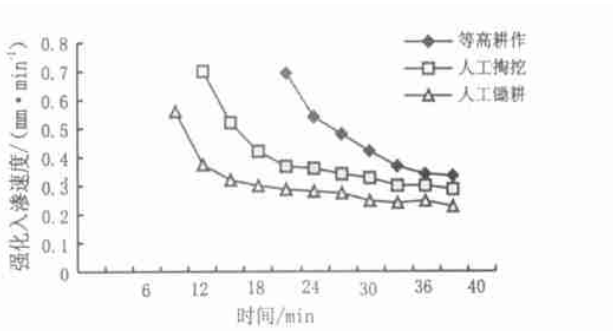


图 4 不同耕作措施的强化降水入渗的关系曲线

表 1 试验土壤机械组成(0~20 cm)			
粒 径/ %			
> 0.05 mm	0.05~0.01mm	0.01~0.001mm	< 0.001mm
12.87	38.85	22.11	26.17

3 实验结果与分析

为了研究不同耕作措施对土壤入渗过程的影响,根据黄土高原超产产流概念,我们设定:

耕作措施入渗累积量度= 对照入渗累积量+ 耕作措施强化入渗累积量

耕作措施强化入渗累积量= 对照产流量- 耕作措施产流量

耕作措施强化入渗速率= 对照产流量- 耕作措施产流量

在实验条件相同情况下,数值可以通过实测值计算得出。根据上述处理,可以点绘出不同耕作措施强化入渗率与入渗时间的关系曲线。将等高耕作强化入渗率  $i_d$  随入渗时间  $t$  的变化绘成图 1,从中可以看出,随着产流时间的增加,等高耕作强化降水入渗的作用减弱;随着阵雨强度的增加,强化降水入渗率减弱。这主要是由于渐增的雨滴和积水量对垄的打击破坏,堵塞了土壤孔隙,使其就地拦蓄的作用削减所

致。

利用同样的方法,点绘出工人开挖、人工锄耕强化入渗速率随入渗时间的变化曲线,得到图 2 和图 3,其分别反映了人工开挖、人工锄耕强化降水入渗率随入渗时间逐渐变小的规律。分别对上述不同措施进行相关拟合(见表 2),都可以采用函数  $y = ae^{bx}$  形式来描述,其相关性较好。

表 2 不同耕作措施强化降雨入渗率 $i_d$ 与时间 $t$ 的关系			
耕作措施	雨强/(mm·min <sup>-1</sup> )	关系式	$R^2$
等高耕作	0.73	$i_d = 3.353 e^{-0.153t}$	0.908
	1.45	$i_d = 1.6635 e^{-0.123t}$	0.987
	1.98	$i_d = 0.7252 e^{-0.1032t}$	0.957
人工开挖	0.75	$i_d = 1.3007 e^{-0.1097t}$	0.874
	1.42	$i_d = 0.7312 e^{-0.0884t}$	0.903
	2.02	$i_d = 0.6654 e^{-0.1221t}$	0.963
人工锄耕	0.72	$i_d = 1.0442 e^{-0.0882t}$	0.972
	1.46	$i_d = 0.788 e^{-0.0969t}$	0.947
	1.97	$i_d = 0.5848 e^{-0.0951t}$	0.933

将不同耕作措施强化降水入渗速率随入渗时间的变化点绘成图 4。从中可以看出,在相同的时间和降雨强度下,不同耕作措施强化降水入渗率的大小为,等高耕作> 人工开挖> 人工锄耕。

综上所述,不同耕作措施强化降水入渗速率数学模型

为:

$$i_x = R_y - R_x$$

入渗速率呈减小趋势; 随着雨强的增加, 强化降雨入渗速率也减小。

式中:  $i_x$  ——不同耕作措施强化降水入渗速率( mm/min);  
 $R_y$  ——对照产流率;  $R_x$  ——不同耕作措施的产流率。

(3) 在相同的时间和降雨强度下, 不同耕作措施强化降水入渗率的大小为, 等高耕作> 人工掏挖> 人工锄耕。

#### 4 结 论

(1) 对于不同耕作措施, 随着入渗时间的增加, 强化入渗速率以指数函数递减。

(4) 在不同降雨条件下, 对该区的三种不同耕作措施进行了分析, 得出了该区不同水土保持耕作措施强化降雨入渗速率的模型  $i_x = R_y - R_x$ 。

(2) 对于同一种耕作措施, 同一雨强作用下, 其强化降雨

参考文献:

[ 1 ] 蔡强国, 王贵平, 陈永宗. 黄土高原小流域侵蚀产沙过程与模拟[ M ]. 北京: 北京科学出版社, 1998.  
[ 2 ] 陈永宗. 一项具有战略意义的水土保持措施[ J ]. 中国水土保持, 1984( 1 ): 5—7.  
[ 3 ] 黄秉维. 谈黄河中游土壤保持问题[ J ]. 中国水土保持, 1983( 1 ): 10—12.  
[ 4 ] 李忠魁. 小流域综合治理监测与评估[ M ]. 西安: 西安地图出版社, 1996.  
[ 5 ] 刘秉正, 吴发启. 土壤侵蚀[ M ]. 西安: 陕西人民出版社, 1997.  
[ 6 ] 王万忠, 焦菊英. 黄土高原降雨侵蚀产沙与黄河输沙[ M ]. 北京: 科学出版社, 1999.  
[ 7 ] 朱显谟. 黄土高原土地的整治问题[ J ]. 水土保持通报, 1984, 4( 4 ): 1—4.

( 上接第 75 页 )

杂、松软以及地形陡峭的、不容易实施已有的一些生物措施和工程措施的特殊区域。在国外, 研制运用这些技术比较多, 相应的仪器设备也比较多, 而国内, 这方面的研究就相对比较薄弱, 今后应该在已有的理论研究基础上, 多做诸如以

参考文献

[ 1 ] H W Cooper. Some plant material and improved techniques used in soil and water conservation in the Great Plains[ J ]. Journal of Soil and Water Conservation, 1990, 12( 4 ): 52— 55.  
[ 2 ] 祁德才, 刘克俭, 吴克让. 宁南山区引种粒籽苋的试验研究[ J ]. 水土保持通报, 1991, 11( 6 ): 45— 50.  
[ 3 ] 孔四新, 段延恒心, 李延福. 冬凌草的人工栽培与水土保持效益研究[ J ]. 中国水土保持, 1992( 6 ): 30— 35.  
[ 4 ] 程洪. 香根草在我国的应用及研究综述[ J ]. 水土保持通报, 1998, 18( 3 ): 77— 81.  
[ 5 ] 贾爱卿, 步兆鹤. 龙须草水土保持效益初步研究[ J ]. 水土保持通报, 1992, 12( 4 ): 48— 52.  
[ 6 ] 朱显谟. 黄土高原植被因素对于水土流失的影响[ J ]. 土壤学报, 1960, 8( 2 ): 110— 120.  
[ 7 ] 张光辉, 梁一民. 黄土丘陵区沙打旺草地截流试验研究[ J ]. 水土保持通报, 1995, 15( 3 ): 28— 32.  
[ 8 ] 罗伟祥, 白立强, 宋西德, 等. 不同覆盖度林地和草地的径流量与冲刷量[ J ]. 水土保持学报, 1990, 4( 1 ): 30— 34.  
[ 9 ] 王秋生. 植被控制土壤侵蚀的数学模型及其应用[ J ]. 水土保持学报, 1991, 5( 4 ): 68— 72.  
[ 10 ] 汪有科, 刘宝元, 焦菊英. 恢复黄土高原林草植被及盖度的前景[ J ]. 水土保持通报, 1992, 12( 2 ): 55— 60.  
[ 11 ] 侯喜禄, 曹清玉. 陕北黄土丘陵沟壑区植被减沙效益研究[ J ]. 水土保持通报, 1990, 10( 2 ): 33— 40.  
[ 12 ] 刘国彬, 蒋定生, 朱显谟. 黄土区草地根系生物力学特性研究[ J ]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2( 3 ): 21— 27.  
[ 13 ] 杨维西, 赵廷宁, 李生智, 等. 人工刺槐林和油松林的根系固土作用初探[ J ]. 水土保持学报, 1988, 2( 4 ): 70— 74.  
[ 14 ] 孙立达, 杨维西, 黄治江. 沙打旺、紫花苜蓿和小叶锦鸡儿的根系对斜坡稳定性的影响[ J ]. 水土保持学报, 1987, 1( 2 ): 43— 51.  
[ 15 ] 阿部和时, 岩元贤. 用树木的抗拉强度测定根系固定坡面的作用[ J ]. 水土保持情报, 1992( 4 ): 53— 57.  
[ 16 ] 查轩, 唐克丽, 张科利, 等. 植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响研究[ J ]. 水土保持学报, 1992, 6( 2 ): 52— 58.  
[ 17 ] 张金池, 康立新, 卢义山, 等. 苏北海堤林带树木根系固土功能研究[ J ]. 水土保持学报, 1994, 8( 2 ): 43— 47.  
[ 18 ] 刘国彬, 梁一民. 黄土高原草地植被恢复与土壤抗冲性形成过程— [ J ]. 水土保持研究, 1997, 4( 4 ): 102— 110.  
[ 19 ] 刘国彬. 黄土高原草地植被恢复与土壤抗冲性形成过程— , [ J ]. 水土保持研究, 1997, 4( 4 ): 110— 128.  
[ 20 ] 付明胜, 高登宽, 马小哲, 等. 山坡地林草植被配置模式的研究[ J ]. 水土保持研究, 1998, 5( 4 ): 93— 97.  
[ 21 ] 邹厚远, 刘志高, 程积民, 等. 杏子河流域的林草建设方案[ J ]. 水土保持通报, 1985, 5( 3 ): 64— 71.  
[ 22 ] 梁一民, 侯喜禄, 李代琼. 黄土丘陵区林草植被快速建造的理论与技术[ J ]. 1999, 5( 3 ): 1— 5.  
[ 23 ] 程积民, 杜峰, 万惠娥. 黄土高原半干旱集流灌草立体配置与水分调控[ J ]. 草地学报, 2000, 8( 3 ): 210— 219.  
[ 24 ] 邹战国. 水力喷草技术在防治水土流失中的应用[ J ]. 水土保持通报, 1993, 13( 4 ): 51— 55.  
[ 25 ] 张科利, 细山田健三. 人工防蚀草膜保持及改良土壤作用的研究[ J ]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3( 4 ): 20— 24.