

模拟降雨条件下不同材料覆盖对水分入渗特征的影响

李丽霞<sup>1</sup>, 郝明德<sup>2</sup>, 李 鹏<sup>2</sup>, 李仲谨<sup>3</sup>

( 1. 西北农林科技大学资源环境学院;  
2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 3. 陕西科技大学, 陕西 咸阳 710069)

摘 要: 利用人工模拟降雨试验研究不同覆盖材料对降雨入渗能力的影响, 重点研究渗水地膜覆盖、海绵薄膜覆盖情况下径流量和水分入渗速率的变化。结果表明, 渗水薄膜覆盖、海绵薄膜覆盖均能明显降低径流量, 增加水分入渗速率, 海绵薄膜覆盖和渗水薄膜覆盖 24 min 内的累积径流量分别减少 63. 94% 和 87. 08%。

关键词: 模拟降雨; 覆盖; 径流量; 入渗率

中图分类号: S 157. 1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409( 2004) 03-0046-02

Different Materials Effect on Infiltration Under Simulated Rainfall

LI Li-xia<sup>1</sup>, HAO Ming-de<sup>2</sup>, LI Peng<sup>2</sup>, LI Zhong-jin<sup>3</sup>

( 1. Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Resource and Environment College 712100;  
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources,  
Yangling 712100, Shaanxi, China; 3. Shannxi University of Science and Technology, Xianyang 710069, Shaanxi, China)

**Abstract:** A rainfall simulation experiment was carried out to assess the effect on infiltration that covered with different materials. This study focused on the runoff and the change of water infiltration rate, which is under the condition of water penetration and sponginess. The results showed that water penetration and sponginess could decrease the runoff 63. 94% and 87. 08% respectively, but increase the water infiltration rate.

**Key words:** rainfall simulation; cover; runoff; the rate of infiltration

渭北旱塬地区是典型的雨养农业区, 降雨不足且水土流失严重, 减少地表径流, 增加入渗速率是提高降雨利用率、发挥水分生产潜力的关键。近年来, 人们对如何减少径流, 提高入渗速率进行了大量的研究。周择福等通过实验导出了土壤水分入渗的数学模型, 并实测了模型中的基本运动参数, 指出干旱、半干旱地区林业发展的主要途径是充分利用自然降水、减少地表径流、增加土壤水分<sup>[1]</sup>; 王晓燕等对保护性耕作条件下地表径流和水分入渗进行的研究结果表明, 保护性耕作具有明显的延缓径流、增加水分入渗的效果, 还对保护性耕作不同因素对降雨入渗的影响进行了一定的研究<sup>[2~5]</sup>; 李占斌, 郑良勇, 李鹏等对黄土陡坡侵蚀过程、侵蚀特性及侵蚀动力过程也进行了大量研究<sup>[6~8]</sup>。针对黄土高原地区水土流失严重的现状, 我们利用模拟降雨对不同材料覆盖下的水分径流和入渗特征进行了研究, 为提高黄土高原地区自然降水的利用率、促进农业发展提供数据基础。

1 材料与方法

1. 1 试验区概况

试验区位于陕西省长武县王东沟流域, 属于黄土高原沟

壑区。王东沟系泾河支流——黑河的一级支流, 主沟道长 5. 03 km, 沟壑密度为 2. 78 km/km<sup>2</sup>, 主沟道流向近于南北, 塬面最高点海拔 1 226 m, 沟口最低点海拔 946 m, 相对高差为 280 m; 其地理位置为东经 107°40' ~ 107°40' 30", 北纬 35°11' ~ 35°16'; 年均降雨 578. 5 mm, 年均气温 9. 1℃, 无霜期 171 d, 属暖温带半湿润大陆型季风气候。

1. 2 试验设计

采用恒压半封闭针式模拟降雨器进行降雨实验, 试验区大小 1 m × 4 m, 距离地面高度为 3. 2 m。每种材料仅模拟一种降雨强度, 实验持续 20 min 左右, 实验过程中对每分钟的径流体积进行测定。

2 结果与分析

2. 1 不同覆盖对水分入渗率的影响

2. 1. 1 裸地条件下水分入渗率的变化

裸地条件下水分入渗率在开始阶段逐渐降低, 10 min 后逐渐达到平衡, 稳定入渗率约为 0. 75 mm/min。裸地条件水分入渗率较低, 不利于水分向土体的运输, 降雨的利用率也会随之降低, 从水分合理利用的角度看, 裸地不利于提高

<sup>1</sup> 收稿日期: 2004-01-15  
基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2- 413); 国家科技攻关(2001BA508B18)  
作者简介: 李丽霞(1979- ), 女, 山东东营人, 在读硕士, 主要从事植物营养与生态学方面的研究。

自然降水利用率。

表 1 模拟降雨试验降雨强度

覆盖类型	裸地	渗水薄膜覆盖	海绵薄膜覆盖
降雨强度 ( $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ )	2.17	0.90	1.50

处理: 裸地, 渗水地膜覆盖, 海绵薄膜覆盖; 渗水地膜和海绵薄膜采用陕西科技大学新研制的覆盖材料。

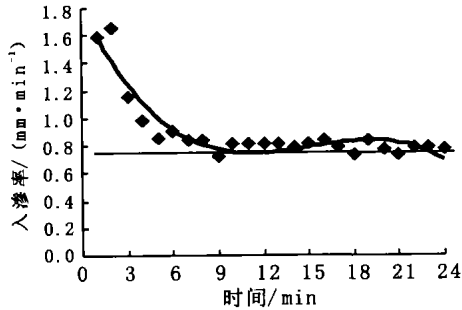


图 1 裸地入渗率随时间的变化

2.1.2 渗水薄膜覆盖条件下水分入渗率的变化

渗水薄膜覆盖条件下水分入渗率一直保持在较高的水平上,在整个试验过程中水分入渗率均大于  $1.0 \text{ mm/min}$ 。在试验最初阶段,由于覆盖的原因水分不能直接进入土壤,水分入渗率小于裸地,随着时间的延长,水分入渗率逐渐增加,4 min 后超过裸地且能保持在较高的水平上,最高入渗率约为  $1.16 \text{ mm/min}$ 。在整个试验过程中水分入渗率先增加后减小,产生这种现象的原因可能是由实验条件的限制引起的。由于坡度的存在,水分透过薄膜后还可能再次渗出薄膜;另外,在实验过程中发现,在雨滴的打击下薄膜部分纤维有被破坏的现象,薄膜纤维的破坏可能导致表层土壤水分含量迅速饱和,水分不能及时下渗,径流量增加,入渗率减小。

2.1.3 海绵薄膜覆盖条件下水分入渗率的变化

在一般情况下,土壤水分入渗率随时间的增加而减小。但对于海绵薄膜而言,由于其表层存在一层油质物质,限制水分入渗,随着时间的延长,油质逐渐被破坏,水分入渗率逐渐增加。海绵薄膜覆盖条件下,随降雨时间的延长水分入渗率逐渐增加,25 min 后水分入渗率逐渐达到平衡,稳定入渗率略高于  $1.3 \text{ mm/min}$ 。海绵薄膜覆盖条件下土壤水分的稳定入渗率比裸地条件提高  $85.7\%$ ,有利于提高雨水资源的利

用率,对于干旱半干旱地区农业发展具有重要的意义。

2.2 不同覆盖条件对径流量的影响

径流量是土壤水分、养分流失的重要参数,它受覆盖因子、压实因子、耕作因子及降雨条件等多种因素的影响,研究不同条件下径流量的变化对提高干旱半干旱地区雨水的利用率具有十分重要的意义。

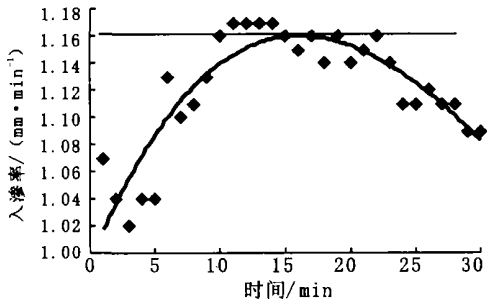


图 2 渗水薄膜覆盖条件下入渗率随时间的变化

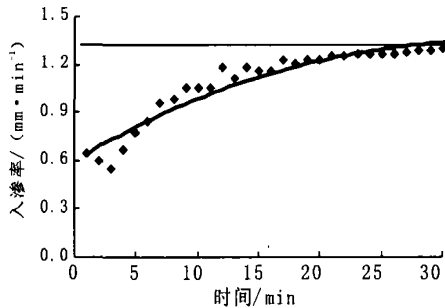


图 3 海绵薄膜覆盖条件下入渗率随时间的变化

覆盖可以避免雨滴对地面的直接打击,保持了土壤的良好结构,避免了土壤表面结皮的形成和入渗孔隙的堵塞,减少土壤水分、养分的流失<sup>[9,10]</sup>。利用人工模拟降雨对裸地、渗水薄膜覆盖、海绵薄膜覆盖条件下径流量的变化进行研究的结果表明:前 2 min 内径流量海绵薄膜覆盖>裸地>渗水薄膜覆盖;2 min 后裸地径流量迅速增加,渗水薄膜覆盖、海绵薄膜覆盖径流量减少。24 min 内累积径流量裸地>海绵薄膜覆盖>渗水薄膜覆盖,海绵薄膜覆盖和渗水薄膜覆盖 24 min 内的累积径流量分别减少  $63.94\%$  和  $87.08\%$ 。两种覆盖材料均能明显减少径流量,利用这两种材料覆盖是减少径流、提高入渗的有效措施。

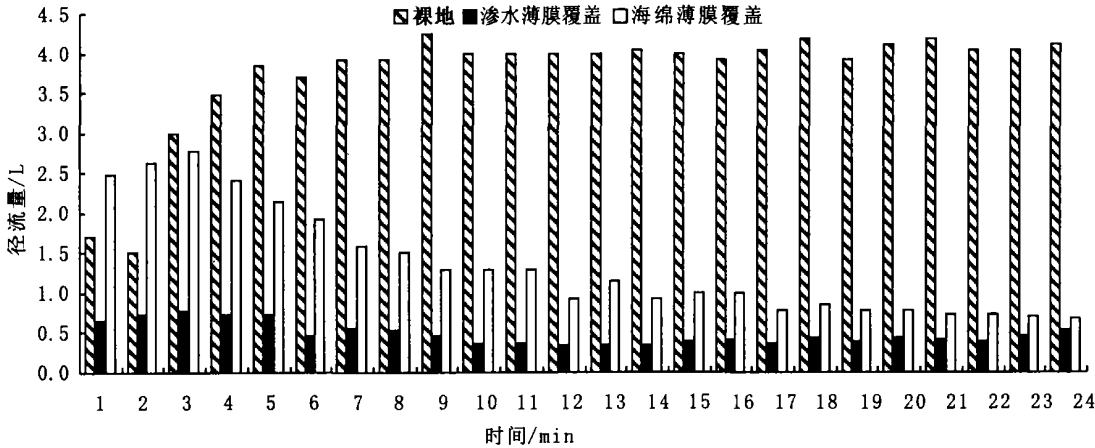


图 4 不同覆盖条件下径流量随时间的变化

流为垄沟分散截流,从而建立了一个因地制宜的综 合的坡地防蚀体系。与平作相比,粮经果复合垄作模式的土壤侵蚀量 和地表径流量分别减少了 96.93% 和 83.20%。

粮经果复合垄作培肥了土壤,保持了水土,作物增产效 益显著。小麦、花生、大豆单产分别比对照增加 17.57%、 13.16%、15.38%, 年均粮经总收入 10 726.50 元/ hm<sup>2</sup>, 比平 作增加 1 776.00 元/ hm<sup>2</sup>。粮经果复合垄作实行大春免耕、小 春少耕,因而劳动力费用比平作减少约 1 125.00 元/ hm<sup>2</sup>。可 以预见,随着粮经果复合垄作模式中的经济果木投产,其劳 动生产率、土地产出率将得到更大提高。

### 3.3 地下地膜截水墙技术效益

试验结果表明,地下地膜截水墙技术是一项广泛适于库 区山丘区旱坡地的节水农业新技术,可有效地阻断土壤中部 分壤中流侧向运移,形成微型地下水库,提高、保持了土壤水 分,减缓、减轻了季节性干旱的发生与危害,增产效益显著, 且成本低廉、简单易行,具有极大的应用推广价值。

从不同坡度旱坡地地膜截水墙技术的应用效果来看,陡 坡地土壤水分含量增加较缓坡地显著。在雨日后 2 d、4 d、8 d,陡坡地(25~30°)中地膜截水墙处理的土壤平均含水量分 别比对照高 1.21%、1.12%、1.12%;缓坡地(15~20°)中分 别高 1.04%、0.96%、0.98%;而在梯地(2~5°)中则分别高 0.17%、0.09%、0.57%。就雨后不同旱坡地土壤水分变化而 参考文献:

[1] 陈国阶,徐琪,杜榕桓,等. 三峡工程对生态与环境的影响及对策研究[M]. 北京:科学出版社,1995.15- 25.  
[2] 席承藩,徐琪,马毅杰,等. 长江流域土壤与生态环境建设[M]. 北京:科学出版社,1994.87- 107.  
[3] 钟冰,唐治诚. 三峡库区水土流失及其防治[J]. 水土保持研究,2001,8(2):147- 149.  
[4] 向万胜,梁称福,肖润林. 三峡库区坡耕地利用与水土保持种植制[J]. 长江流域资源与环境,1998,7(3):254- 259.

(上接第 47 页)

## 3 结果与讨论

(1) 渗水地膜覆盖和海绵薄膜覆盖均能使水分入渗率保 持在较高水平。其中,渗水薄膜覆盖在 0.90 mm/min 的降雨 强度下最高入渗率为 1.16 mm/min;海绵薄膜覆盖在 1.50 mm/min 的降雨强度下的稳定入渗率略高于 1.3 mm/min。

参考文献:

[1] 周择福,等. 不同林地土壤水分入渗和入渗模拟的研究[J]. 林业科学,1997,33(1):9- 17.  
[2] 王晓燕,高焕文,等. 保护性耕作的不同因素对降雨入渗的影响[J]. 中国农业大学学报,2001,6(6):42- 47.  
[3] 王晓燕,高焕文,等. 用人工模拟降雨研究保护性耕作下的地表径流与水分入渗[J]. 水土保持通报,2000,20(3):23- 25.  
[4] 王晓燕,高焕文,等. 保护性耕作对农田地表径流与土壤水蚀影响的研究[J]. 农业工程学报,2000,16(3):66- 69.  
[5] 王晓燕,高焕文,等. 旱地保护性耕作地表径流和土壤水分平衡模型[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(3):97- 103.  
[6] 郑良勇,李占斌,等. 黄土区陡坡侵蚀过程试验研究[J]. 土壤与环境,2002,11(4):356- 359.  
[7] 郑良勇,李占斌,等. 黄土高原陡坡土壤侵蚀特性试验研究[J]. 水土保持研究,2003,10(2):47- 49.  
[8] 李占斌,鲁克新,等. 黄土坡面土壤侵蚀动力过程试验研究[J]. 水土保持学报,2002,16(2):47- 49.  
[9] 杜守义,田恩平,等. 秸秆覆盖的整体功能效应与系列化技术[J]. 干旱地区农业研究,1994,12(2):93- 94.  
[10] 王育红,姚宇卿,等. 残茬和秸秆覆盖黄土坡耕地水土流失的影响[J]. 干旱地区农业研究,2002,20(4):110- 112.  
[11] 郑粉莉,高学田. 黄土坡面土壤侵蚀过程与模拟[M],西安:陕西人民出版社,2000.11- 12.

言,以陡坡地土壤水含量递减最快,雨后 8 d 土壤水含量比 雨后 2 d 低 3.57%;缓坡地其次,为 3.26%;梯地递减最慢, 仅 1.98%。可见,随地面坡度增大,地膜截水墙在旱坡地中提 高土壤水含量的效果就越明显,而随坡度减小,土层增厚,其 保持土壤水含量的效果就越显著。

地下地膜截水墙技术的应用增强了旱坡地的抗旱能力, 大幅度提高了作物产量。小麦、玉米亩产分别比对照增加 11.83%~22.40%、9.38%~17.27%。按年计算平均每公顷 增产粮食可达 1.2 t 以上,增加收入 960.00 元(按 0.80 元/ kg 计),而布置设施前期材料、用工投入总计 2 589.20 元/ hm<sup>2</sup>,以 5 年使用年限平摊,每公顷投入仅 517.84 元,投入产 出比达 1:1.85,经济效益显著。

## 4 结 论

植物篱生态过滤网带技术、粮经果复合垄作技术、地下 地膜截水墙技术将坡耕地的开发与保护融为一体,不仅培肥 土壤,增加土壤水有效性,减少水土流失,恢复和重建了坡耕 地土壤养分库,提高了土地系统生产力,而且促进产品多样 化,提高了劳动产出率,增加了农民经济收入,是三峡库区实 现生态、经济效益协调共进、良性循环的实用技术,可为三峡 库区坡耕地的持续利用提供技术支撑。