

# 人工草地覆盖条件下降雨入渗影响因素的实验研究

李 毅<sup>1,2</sup>, 邵明安<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所  
黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 杨凌 712100)

摘要: 目前关于降雨入渗的研究很少同时探讨多种因素的影响及相应的定量关系, 该文在植草坡地人工模拟降雨实验基础上, 分析了人工草地盖度、雨强、土壤质地等因素对黄土坡面降雨入渗规律的影响。研究结果表明: 当其他条件不变时, 草地盖度越大, 初始和稳定入渗率更高, 入渗补给系数越大。在其他条件一定时, 雨强越大, 初始和稳定入渗率都越大, 累积入渗量和入渗补给系数也更大。同等条件下黄绵土入渗性能优于瘠土。不同雨强下, 黄绵土坡面降雨入渗率可最终表示为降雨历时和草地盖度的两参数函数; 瘠土入渗率和累积入渗量均可表示为时间和草地盖度的两因素函数关系; 黄绵土入渗补给系数可描述为草地盖度和雨强的两因素函数关系。

关键词: 人工草地盖度; 雨强; 土壤质地; 降雨入渗; 两因素函数

中图分类号: S152.7 文献标识码: A 文章编号: 1002-6819(2007)3-0018-06

李 毅, 邵明安. 人工草地覆盖条件下降雨入渗影响因素的实验研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 18- 23.

Li Yi, Shao Ming'an. Experimental study on influence factors of rainfall and infiltration under artificial grassland coverage [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(3): 18- 23. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

黄土高原位于中国内陆腹地, 是中国植被破坏与水土流失最为严重的地区, 影响该地区农业持续发展的主要问题是土壤侵蚀和干旱缺水。在厚层黄土覆盖的黄土高原, 植被的水文功能表现为减少径流量、改善土壤理化性质, 增加毛细管, 增大总孔隙度, 从而增加入渗<sup>[1]</sup>。

针对降雨入渗规律, 许多学者已进行了不同方面的研究, 得出了诸多有益的结论。刘贤赵考虑滞后因素对降雨入渗过程进行了模拟<sup>[2]</sup>。满开言等讨论了坡面植被对雨水的截留、分流作用及对水流入渗的影响<sup>[3]</sup>。张光辉等分别用指数函数和幂函数描述裸地和不同盖度沙打旺草地的产流产沙过程, 并给出了方程参数的变化规律<sup>[4]</sup>。王晓燕等认为保护性耕作有延缓径流、增加降雨入渗的作用<sup>[5]</sup>。沈冰等对植被覆盖条件下坡面流进行了模拟<sup>[6]</sup>。孝孝玉等研究了不同下垫面农田降雨入渗及产流过程<sup>[7]</sup>。Cerda 证明植被增加了入渗并且减少地表径流和土壤侵蚀<sup>[8]</sup>。Nicola Fohrer 等, Gaze 等, 及 McIntyre 等分别就不同条件下入渗及侵蚀规律进行了研究<sup>[9-11]</sup>。但目前的研究多在特定影响因素下进行降雨

入渗规律的实验研究和数值模拟, 未探讨多种因素的影响, 也未对各影响因素的综合作用进行对比, 更没有提出多因素影响下降雨入渗特征的定量关系。本文在模拟植被覆盖坡地人工模拟降雨实验基础上, 结合裸地降雨产流规律, 分析人工草地盖度、雨强、土壤质地等多因素对黄土坡面降雨入渗过程的影响, 并得出入渗特征受多因素影响的定量关系, 为改善黄土区日益退化的生态与环境提供一定的参考。

## 1 材料与方法

实验在黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室人工降雨大厅进行<sup>[12,13]</sup>。雨滴降落高度为 16 m, 雨滴接触土面时达到终点末速。以黄绵土和瘠土为实验土样, 进行多场次人工降雨实验。实验系统包括降雨设备、土槽、集流桶等。土槽容积为长×宽×高= 100 cm×50 cm×120 cm, 设有 0~25 坡度调节装置。土槽底设 50.5 cm 的梅花状排气孔, 装土高度为 110 cm, 槽出口设有 7 cm 高的多排孔, 以便引出径流。

黄绵土从陕北黄土高原神木六道沟流域采集, 采集深度范围是 0~60 cm; 瘠土自陕西杨凌西卜村农田 0~60 cm 深度采集。于 2003 年 4 月 4 日起, 对 2 种土样均分别采用 5 个土槽, 并以 1.22 g/cm<sup>3</sup> 的设计容重分层均匀装入各土槽, 之后在表层以不同行距种入黑麦草种, 进行较小雨强的预降雨以便于草种发芽, 并将土槽坡度均调节到 25° (目的是利于草被垂直生长), 放置在室外, 待其生长 2 个月, 平均高度达到 20~30 cm 后,

收稿日期: 2006-02-21 修订日期: 2006-10-08

基金项目: 西北农林科技大学 2006 “青年学术骨干支持计划” 西北农林科技大学科研专项(05ZR043)

作者简介: 李 毅(1974-), 女, 陕西武功人, 博士, 副教授, 主要从事农业水资源利用研究。杨凌 西北农林科技大学水建学院,

712100. E-mail: liyikitty@126.com

用方格法测定草地盖度, 进行人工降雨实验。考虑到对黄绵土第一次种植黑麦草的最大盖度仅为 50.5%, 而且降雨 3 次之后冲刷严重, 影响入渗特征的观测, 因此种植了两次草, 而黄土种植一次黑麦草。各场降雨间隔时间为 3~4 d。不同土样降雨场次及草地盖度分别见表 1。

表 1 不同土壤雨前草地盖度

Table 1 Vegetation coverage before rainfall experiments for different soils

土 壤	降雨场次	草地盖度/%				
黄土	5	14.9	29.3	36.6	55.3	75.5
黄绵土(第一次种草)	3	7.1	17.3	27.5	40.5	50.5
黄绵土(第二次种草)	5	16.1	24.5	65.5	85.3	96.0

为尽可能提高雨强均匀性, 每场降雨中同时放置 5 个不同覆盖度的土槽进行实验。对各土槽用 20 cm × 20 cm × 20 cm 量雨盒率定实验的平均雨强 R 后, 正式降雨。降雨过程中, 观察各土槽初始产流时间, 产流后按照由密到疏的时间间隔用集流桶接取径流样品, 用于计算入渗量。根据土表侵蚀的严重程度将降雨时间确定为 60 或 90 min 不等。参照黄土区降雨特征, 选定 0.5~2.1 mm/min 范围内的不同雨强进行降雨实验。雨强率定时的量雨盒水量 V、降雨时间 t 与 R 之间满足关系式  $R = V / (20 \times 20)t$ 。

通常植被截留量在初期较大, 随降雨时间的持续, 截留量逐渐减少, 但基本上差别不大, 因此植被截留量可取常数。满开言等在研究植被对坡面径流和入渗影响试验中, 分别测定了干草和湿草的截留水量, 结果表明单位面积的草重量 D 与截留水量 S 之间为线性关系:  $S = CD$ , 其系数 C 为 0.7。本文引用该结果, 根据不同草地盖度的地上部分生物量计算雨水截留量。

土壤入渗率 f 由土壤性质、降雨特性及植被截留量决定, 根据水量平衡原理, 坡面净雨强  $R_{net}$  为

$$R_{net} = R \cos A - f - S \quad (1)$$

式中  $R_{net}$ ——净雨强, mm/min; R——降雨雨强, mm/min; A——坡度, (°); f——入渗率, mm/min; S——单位时间的植被截留雨量, mm/min。

降雨入渗率为

$$f = R \cos A - R_{net} - S \quad (2)$$

累积入渗量根据入渗率对时间的积分得

$$F = \int_0^t f dt \quad (3)$$

式中 F——累积入渗量, mm; t——入渗时间, min。

## 2 多因素影响下降雨入渗规律分析

降雨产流和入渗关系由该场降雨和下垫面条件决定。当下垫面条件(覆盖、土壤质地、容重等)发生变化时, 入渗特征也随之变化。入渗率、累积入渗量和湿润锋是描述入渗特征的主要指标, 因草地根系影响入渗湿润锋的准确观测, 而降雨入渗补给系数可反映雨水向土壤水转化的比例关系, 因此以下主要针对不同因素影响下的入渗率、累积入渗量和降雨入渗补给系数进行对比。

### 2.1 草地盖度对入渗的影响

植被改变了降雨向土壤水转化的途径, 植被对雨水的截留和根系在土壤中形成的不规则孔隙都将影响覆盖条件下的入渗特征。为对比不同草地盖度对入渗率随时间变化的影响, 将 1.14 mm/min 雨强下, 草地盖度在 7.1%~50.5% 范围内的坡面降雨条件下, 黄绵土入渗率曲线作图(图 1)。产流前坡面土壤的入渗率与净雨强相等, 为便于拟合曲线, 图 1 中未绘出产流前入渗率。

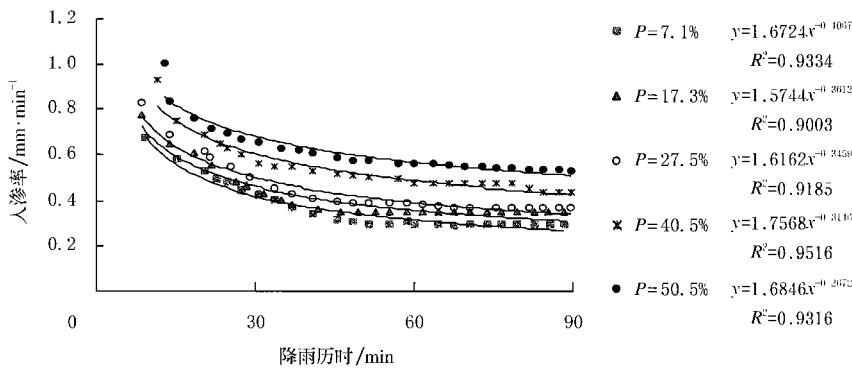


图 1 人工草地覆盖对入渗率的影响(雨强 I = 1.14 mm/min)

Fig. 1 Influences of artificial grassland coverage on infiltration rate (I = 1.14 mm/min)

由图 1 可知, 当土质、雨强、坡度一定时, 入渗率曲线受草地盖度的影响具有如下特征: (1) 入渗率随降雨

历时延长而呈降低趋势, 降雨 30 min 后达到稳定值。草地盖度越大, 雨期入渗率总体上越大, 初始和稳定入

率都高。(2)在7.1%~50.5%的不同覆盖度范围内,入渗率随时间变化关系均可表示为幂函数关系,且两者拟合曲线的相关系数较高。若以 $f_p$ 表示草地覆盖下的入渗率( $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ), $P$ 表示草地盖度(%), $t$ 为降雨历时( $\text{min}$ ),则入渗率 $f_p$ 随时间 $t$ 变化关系为

$$f_p = At^B \quad (4)$$

式中  $A, B$ ——方程拟合参数。

(3)不同草地盖度下的入渗率曲线趋势相似,但草地盖度影响入渗率的程度是有限的,最小植被盖度和最大植被盖度有7倍之差,而相应初始和稳定入渗率之间的差异不足2倍(表2)。

表2 不同草地盖度影响下初始和稳定入渗率的对比

Table 2 Comparisons of initial and steady infiltration rate under different vegetation coverages

草地盖度/%	7.1	17.3	27.5	40.5	50.5
初始入渗率/ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$	0.671	0.776	0.832	0.930	1.005
稳定入渗率/ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$	0.299	0.348	0.381	0.466	0.543

此外,对其他条件相同的不同草地盖度下累积入渗量变化趋势进行分析,发现不同草地盖度 $P$ (%)条件下的累积入渗量 $F_p$ ( $\text{mm}$ )随时间 $t$ ( $\text{min}$ )变化可采用幂函数关系表达

$$F_p = AA t^{BB} \quad (5)$$

式中  $AA, BB$ ——拟合参数。

不同草地盖度下的表达式分别为

$$P = 7.1\%: F = 2.2557t^{0.6233} \quad R^2 = 0.9914$$

$$P = 27.5\%: F = 1.6027t^{0.7320} \quad R^2 = 0.9968$$

$$P = 50.5\%: F = 2.1173t^{0.6999} \quad R^2 = 0.9938$$

在坡面降雨过程中,入渗补给系数是总入渗量与坡面总承雨量的比值,它表征降水向土壤水转化的比例关系,也说明降雨入渗的效率,间接反映径流损失的相对值,该指标是反映降雨、入渗和水土保持的重要特征参数。为对比草地盖度对降雨向土壤水转化效率的影响,对雨强为 $1.04 \text{ mm/min}$ 、草地盖度不同的降雨入渗补给系数进行计算,所得结果列于表3。

表3 草地盖度对降雨入渗补给系数的影响

Table 3 Influence of vegetation coverage on supplement coefficient of rainfall to infiltration

草地盖度/%	7.1	17.3	25.5	45.5	50.5
降雨入渗补给系数/ $\text{mm} \cdot \text{mm}^{-1}$	0.1554	0.1583	0.2116	0.3767	0.4432

表3说明,其他条件不变时,草地盖度增大将增加雨水的入渗比例。

## 2.2 雨强变化对降雨入渗的影响

当土质、盖度、坡度一定时,雨强大小直接决定坡面

承雨量和供水能力。图2显示了在其他因素相同时,不同雨强条件下黄绵土坡面降雨入渗率随时间的变化趋势。图3为相同条件下黄绵土坡面降雨累积入渗量随时间变化趋势。

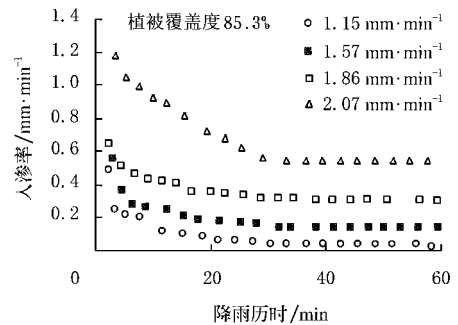


图2 雨强对降雨入渗率的影响

Fig. 2 Influences of rainfall intensities on infiltration rates

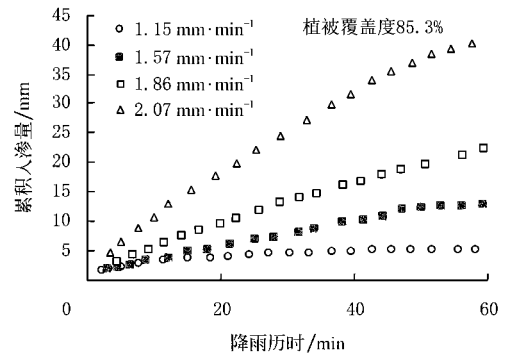


图3 雨强对累积入渗量的影响

Fig. 3 Influences of rainfall intensities on accumulative infiltration

由图2可知,在其他条件一定时,不同雨强下的坡面降雨入渗率均随时间增加而降低,在产流初期降低更快。雨强越大,同时刻的入渗率越大,初始入渗率和稳定入渗率越大。雨强为 $2.07 \text{ mm/min}$ 的入渗率曲线明显比其他雨强的高。雨强分别为 $1.15, 1.57, 1.86$ 和 $2.07 \text{ mm/min}$ 的初始入渗率相应为 $0.49, 0.56, 0.65$ 和 $1.18 \text{ mm/min}$ ;稳定入渗率相应为 $0.035, 0.14, 0.31$ 和 $0.54 \text{ mm/min}$ ,雨强差异越大,入渗率差异越大。

由图3可知,在其他条件一定时,不同雨强下的坡面降雨累积入渗量均随降雨时间延长而增加,雨强越大,累积入渗量随时间增加趋势越快。经对比分析,雨强分别为 $1.15, 1.57, 1.86$ 和 $2.07 \text{ mm/min}$ 的总入渗量分别为 $5.4, 12.9, 22.3$ 和 $40.3 \text{ mm}$ ,差异明显。

同时,对与上述条件一致时,雨强不同的降雨入渗补给系数进行计算<sup>[14]</sup>,结果见表4。

表 4 不同雨强下降雨入渗补给系数

Table 4 Supplement coefficients of rainfall to infiltration under different rainfall intensities

雨强/mm·min <sup>-1</sup>	1.04	1.16	1.51	2.06
降雨入渗补给系数/mm·mm <sup>-1</sup>	0.3767	0.3961	0.5536	0.6598

由表 4 可知, 同等条件下入渗补给系数随雨强增大而增大。

2.3 土壤质地对降雨入渗的影响

1) 壤土入渗特征分析

为了解壤土与黄绵土降雨入渗特性的异同, 将雨强为 1.16 mm/min、覆盖度不同的壤土坡面降雨入渗率和累积入渗量随时间变化趋势作图, 分别见图 4 及图 5。

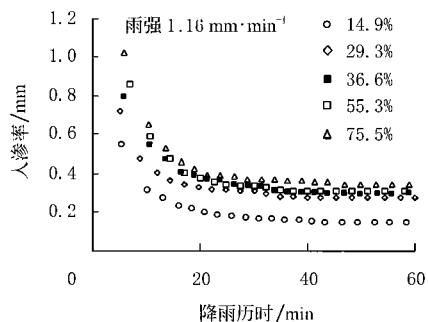


图 4 降雨入渗率随时间变化

Fig. 4 Changes of infiltration rates with time

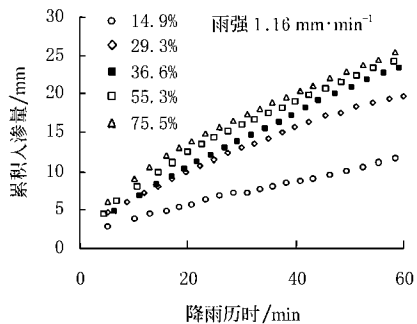


图 5 降雨累积入渗量随时间变化

Fig. 5 Changes of accumulative infiltrations with time

由图 4 可知, (1)与黄绵土类似, 不同草地盖度的壤土坡面降雨入渗率随时间增加而减小, 产流初期入渗率降低更快, 降雨 20 min 后达到稳定。(2)盖度越大, 入渗率曲线整体越高, 初始和稳定入渗率也越大。(3)盖度为 14.9%、29.3%、36.6%、55.3% 和 75.5% 的初始入渗率分别为 0.55、0.72、0.81、0.86 和 1.03 mm/min; 稳定入渗率相应为 0.157、0.284、0.305、0.310 和 0.356 mm/min。

由图 5 可知: 壤土坡面降雨的累积入渗量随时间延长而增加。盖度越大, 入渗量增加趋势越快。

2) 黄绵土和壤土入渗特性对比

由于黄绵土和壤土这两种土壤中黑麦草长势的差异, 实验中未形成不同土壤条件下完全一致的植被盖度。但由表 1 可知, 壤土盖度 29.3% 和第一次种植形成的黄绵土盖度 27.5% 最接近, 因此可考虑对盖度近似的两种土壤入渗特征做进一步分析<sup>[15, 16]</sup>。

对雨强均为 1.16 mm/min、盖度接近时黄绵土和壤土的入渗率进行对比(图 6)。

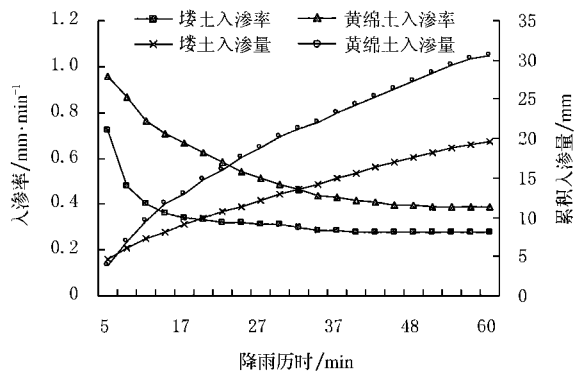


图 6 不同土壤的入渗特征对比

Fig. 6 Comparisons of infiltration characteristics for different soils

由图 6 可知, 当容重、雨强、坡度及盖度一致时, 黄绵土入渗率随时间变化曲线比壤土降低的慢, 其初始和稳定入渗率都比壤土大; 黄绵土累积入渗量比壤土增加快, 有明显差异。这表明同等条件下土壤质地不同对降雨入渗特征有显著影响, 黄绵土入渗性能优于壤土。

2.4 多因素影响下的入渗特征

1) 黄绵土

对上述坡面降雨过程中入渗率和累积入渗量随时间变化趋势(图 4、图 5)进行分析, 可分别得出入渗率和累积入渗量随降雨历时变化的幂函数关系, 其表达式满足式(4)及式(5)。同时, 分析表明, 不同雨强下, 公式(4)的系数 A 和指数 B 分别与盖度 P 存在下述关系:

雨强为 1.14 mm/min:

$$A = - 2E - 05P^3 + 0.002P^2 - 0.0502P + 1.9368 \quad R^2 = 0.9775$$

$$B = 0.0104P - 0.7293 \quad R^2 = 0.9835$$

雨强为 2.03 mm/min:

$$A = - 0.1889\ln(P) + 2.1847 \quad R^2 = 0.9671$$

$$B = 0.0637\ln(P) - 0.5398 \quad R^2 = 0.9077$$

因此, 不同雨强下的坡面降雨入渗率可最终表示为

降雨历时和草地盖度的两因素函数。

此外,不同盖度下雨强  $R$  与入渗补给系数  $S_p$  之间可建立对数关系,表示为

$$S_p = A_p \ln R_p + B_p$$

两参数  $A_p$  和  $B_p$  与盖度有关。不同盖度下系数  $A_p$  和常数  $B_p$  的分析结果见表 5。

分析得  $A_p$  和  $B_p$  与盖度的关系均为指数形式

$$A_p = 0.3037e^{0.0119P} \quad R^2 = 0.6923$$

$$B_p = 0.1131e^{0.0257P} \quad R^2 = 0.9695$$

因此,黄绵土坡面降雨的入渗补给系数随雨强及盖度变化的定量关系可写为

$$S_p = 0.3037e^{0.0119P} \ln R + 0.1131e^{0.0257P}$$

从而得到以草地盖度和雨强两因素表示的入渗补给系数函数关系。

表 5 不同盖度影响下的入渗补给系数参数

Table 5 Parameters of infiltration supplement coefficients under different vegetation coverages

盖度/%	7.1	17.3	25.5	45.5	50.5
$A_p$	0.3635	0.3531	0.3877	0.4358	0.6718
$B_p$	0.1493	0.1688	0.1968	0.3527	0.4479
$R^2$	0.9895	0.9624	0.9982	0.9800	0.9334

## 2) 壤土

壤土入渗率和累积入渗量的定量关系同样分别满足式(4)和式(5),对于不同盖度,幂函数的系数和指数不同。根据实测资料分析,分别得到不同草地盖度下壤土坡面降雨的入渗率和累积入渗量随时间变化的幂函数关系系数和指数(表 6)。

表 6 壤土降雨入渗率和累积入渗量相关拟合参数

Table 6 Fitted parameters of infiltration rate and accumulative infiltration for Lou soil

草地盖度/%	14.9	29.3	36.6	55.3	75.5
A	0.9605	1.0449	1.2933	1.5308	1.6036
B	-0.5107	-0.3282	-0.3837	-0.428	-0.4086
$R^2$	0.9411	0.8738	0.9251	0.8619	0.8528
AA	0.9878	1.3922	1.6279	1.7827	2.3217
BB	0.5932	0.6112	0.6914	0.6444	0.587
$R^2$	0.9919	0.9982	0.9975	0.9995	0.9993

由表 6 可见,入渗率及累积入渗量的幂函数关系中,各参数的变化趋势受草地盖度大小的影响。对各参数进行进一步分析,得到如下定量关系

$$A = -8E - 06P^3 + 0.001P^2 - 0.0195P + 1.056 \quad R^2 = 0.9757$$

$$B = 7E - 06P^3 - 0.0011P^2 + 0.046P - 0.9823 \quad R^2 = 0.9022$$

$$AA = 1E - 05P^3 - 0.0016P^2 + 0.0869P +$$

$$0.01 \quad R^2 = 0.9936$$

$$BB = 6E - 07P^4 - 0.0001P^3 + 0.0062P^2 -$$

$$0.1427P + 1.6638 \quad R^2 = 0.9998$$

分别联合式(4)和式(5),可分别得到以草地盖度和时间两因素表示的壤土入渗率和累积入渗量函数关系。

降雨过程中,入渗特征取决于外部来水量,因此,雨强应是决定入渗特征的关键因素,至于草地盖度、土质、容重、坡度等因素的影响程度,单凭几十场降雨还难以给出各因素影响程度的定量指标,将在今后的研究中逐步进行探索。

以上研究表明,在特定条件下,农业种植中增加草地植被的面积将能显著增加入渗量,从而间接减少侵蚀量。

## 4 结 论

1) 当其他条件不变时,草地盖度越大,初始和稳定入渗率更高,入渗补给系数增加;不同覆盖度的入渗率和累积入渗量随时间变化关系均可表示为幂函数关系。

2) 在其他条件一定时,雨强越大,初始入渗率和稳定入渗率都越大,累积入渗量越高,入渗补给系数也更大。

3) 同等条件下黄绵土入渗性能优于壤土。

4) 不同雨强下的黄绵土坡面降雨入渗率可最终表示为降雨时间和草地盖度的两因素函数;壤土入渗率和累积入渗量均可表示为时间和草地盖度的两因素函数关系;黄绵土入渗补给系数可描述为草地盖度和雨强两因素的函数关系。在特定条件下,坡地农业种植增加草地植被的面积将能显著增加入渗,从而间接减少侵蚀。

## [参 考 文 献]

- [1] 刘晓冰,宋春雨,Stephen J Herbert,等. 覆盖作物的生态效应[J]. 应用生态学报,2002,13(3): 365- 368.
- [2] 刘贤赵,康绍忠,邵明安. 黄土区坡地降雨入渗产流中的滞后机制及其模型研究[J]. 农业工程学报,1999,15(4): 95 - 99.
- [3] 满开言,林卓英. 坡面植被对坡面径流和入渗的影响[J]. 地理研究,1989,8(4): 78- 85.
- [4] 张光辉,梁一民. 模拟降雨条件下人工草地产流产沙过程研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1996,2(3): 56- 59.
- [5] 王晓燕,高焕文,杜兵,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.
- [6] 沈冰,王文焰. 植被影响下的黄土坡地降雨漫流数学模型[J]. 水土保持学报,1993,7(1): 23- 28.
- [7] 宋孝玉,康绍忠,沈冰,等. 黄土区不同下垫面农田降雨入渗及产流关系的数值模拟[J]. 农业工程学报,2005,21(1): 1- 5.

- [8] Cerda A. Parent material and vegetation affect soil erosion in eastern Spain[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1999, 63: 362- 368.
- [9] Nicola Fohrer, Jorg Berkenhagen, J-Martin Hecker, et al. Changing soil and surface conditions during rainfall single rainstorm/subsequent rainstorm[J]. *Catena*, 1999, 37:355- 375.
- [10] Gaze S R, Simmonds L P, Brouwer J, et al. Measurement of surface redistribution of rainfall and modeling its effect on water balance calculations for a millet field on sandy soil in Niger[J]. *J. Hydro.*, 1997, 188- 189: 267- 284.
- [11] McIntyre D. Permeability measurements of soil crusts formed by raindrop impact[J]. *Soil Sci*, 1958, 85: 185- 189.
- [12] 朱元骏, 邵明安. 不同碎石含量的土壤降雨入渗和产沙过程初步研究[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(2): 64- 67.
- [13] 陈洪松, 邵明安, 王克林. 土壤初始含水率对坡面降雨入渗及土壤水分再分布的影响[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(1): 44- 47.
- [14] Mein R G, Larson C L. Modelling the infiltration component of the rainfall-runoff process [J]. *Water Resour. Research Ctr., Bull.* 1971, no. 43, Univ. of Minnesota, Minneapolis.
- [15] Broadbridge P, Knight J H, Rogers C. Constant rate rainfall infiltration in a bounded profile: solution of a non-linear model[J]. *Soil Sci. Soc. Am J*, 1988, 52: 1526- 1533.
- [16] Clothier B E, White I, Hamilton G J. Constant-rate rainfall infiltration: field experiments[J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1981, 45: 245- 249.

## Experimental study on influence factors of rainfall and infiltration under artificial grassland coverage

Li Yi<sup>1,2</sup>, Shao Ming'an<sup>2</sup>

(1. College of Water and Hydraulic Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, China Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China)

**Abstract:** Till now there are few studies for several influence factors and corresponding quantitative relations about rainfall and infiltration. Based on experiments of artificial precipitation simulations with vegetation mulches on slope land, the influences of some main factors on precipitation and infiltration regularities, including vegetation coverage, rainfall intensity and soil texture, etc, were analyzed. Results indicate that as the other conditions are fixed, the larger the grassland coverage, the higher the initial and the steady infiltration rates, and the larger the infiltration supplement coefficients. As the other conditions are fixed, the larger the rainfall intensities, the higher the initial and the steady infiltration rates, and the larger the accumulative infiltration as well as the infiltration supplement coefficients. Under the same conditions, the infiltration capacities of Huangmian soil is better than that of Lou soil. The infiltration rate is two-factor functions of both rainfall time and grassland coverage at different rainfall intensities for Huangmian soil. The infiltration rate and the accumulative infiltration are both two-factor functions of time and grassland coverage for Lou soil. The infiltration supplement coefficient is both two-factor function of grassland coverage and rainfall intensities for Huangmian soil.

**Key words:** artificial grassland coverage; rainfall intensity; soil texture; rainfall infiltration; two-factor function