

# 降雨强度对黄土区不同土地利用类型入渗影响的试验研究

高鹏<sup>1,2,3</sup>, 穆兴民<sup>1,2</sup>, 刘普灵<sup>1,2</sup>, 辛小桂<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 降水入渗规律的研究可为流域水文过程的预测和评价提供重要的科学依据。通过野外人工模拟降雨的试验方法, 研究了短历时暴雨条件下, 不同降雨强度对林灌地、封禁草灌地以及裸露农地 3 种不同土地利用类型下土壤入渗的影响。试验结果表明: 不同土地利用类型之间, 林灌地和封禁草灌地的土壤入渗速率差异不明显, 而与裸露农地之间的差异显著, 且前者具有较大的入渗速率, 后者入渗速率较小; 在不同降雨强度下, 林灌地和封禁草灌地的土壤水分入渗速率有随雨强增大而增大的趋势, 对于坡耕裸地, 随着雨强的增大, 土壤水分入渗速率有降低的趋势; 通过对试验数据的回归分析, 建立了林灌地和封禁草灌地在短历时暴雨条件下的土壤水分入渗经验模型。

**关键词:** 雨强; 土地利用类型; 降雨入渗; 模型

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)03-0001-05

中图分类号: S157.1

## Effects of Different Types of Land-uses and Rainfall Intensities on Soil Infiltration in Loess Plateau of China

GAO Peng<sup>1,2,3</sup>, MU Xing-min<sup>1,2</sup>, LIU Pu-ling<sup>1,2</sup>, XIN Xiao-gui<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of

Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. Northwest University of Agriculture and Forestry,

Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 3. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** Study of water through soil infiltration may offer a scientific support for prediction and evaluation of watershed hydrological processes. Effects of three types of land-uses such as forest-shrub land, grass-shrub land and bare farmland, and different rainfall intensities on water through soil infiltration were studied by field artificial simulation rainfall. Under short-time storm, the differences in infiltration rate were obvious between the bare farmland and other two types of land-uses, but it was inconspicuous between forest-shrub land and grass-shrub land. The infiltration rate of both forest-shrub land and grass-shrub land was higher than that of bare farmland. Under different rainfall intensities, infiltration rate of forest-shrub land and grass-shrub land showed the tendency that infiltration rate was more and more higher with the increase of rainfall intensity. Infiltration rate of bare farmland, however, showed an opposite tendency. By the regression analysis of data observed from this experiment, a model of infiltration for forest-shrub land and grass-shrub land was constructed.

**Keywords:** rainfall intensity; type of land-use; soil infiltration; model

降水入渗是陆地水文循环的一个重要环节<sup>[1]</sup>。它是影响降雨产流规律的最重要过程之一, 是模拟土壤侵蚀过程的基本输入变量, 也是我们实施水土保持规划需要认真考虑的重要因素<sup>[2]</sup>。

国内外学者对水分向土壤中的入渗做了大量的研究工作。一方面, 建立了测定土壤入渗速率的测定

方法, 主要有注水(双环)法、水文法和人工降雨法<sup>[3]</sup>。另一方面, 建立了许多描述水向土壤中入渗的数学模型(公式)<sup>[4]</sup>, 其中一类是以扩散方程或达西定律为基础的、单点有压(积水)条件下水向土壤中入渗过程的理论入渗模型, 如 Green-Ampt<sup>[5]</sup> 和 Philip<sup>[6]</sup> 入渗模型等。另一类是将入渗概念和经验相

收稿日期: 2005-05-11

基金项目: 中国科学院创新方向项目“黄土高原水土保持的区域环境效应研究”; 中澳合作研究项目(LWR1/2002/018); 中国科学院知识创新项目(KZCX1-06-2-5)

作者简介: 高鹏(1976—), 男(汉族), 陕西省扶风县人, 助理研究员, 在职硕士研究生, 主要从事流域生态水文和水土保持研究。E-mail: gaopeng@ms.iswc.ac.cn.

结合的经验入渗公式,如 Kostikov<sup>[7]</sup>和 Horton<sup>[8]</sup>经验公式。

长期以来,单点有压(积水)条件下的入渗数学模型在农田灌溉与排水、土壤侵蚀规律研究与水土保持措施影响、水文产流等方面得到广泛应用,但由于自然界的降雨入渗与静水条件下有压入渗有很大的差异。而且现有的理论和试验研究也表明,降雨入渗过程是极其复杂的<sup>[9]</sup>。如降雨过程中雨强的变化、供水(或降雨)不充分性等等。因此以双环法为代表的有压入渗测定方法和人工降雨试验测得的结果尽管在入渗过程曲线的形式上基本相似,但入渗量和某些特征值仍有较大差异<sup>[10-11]</sup>。

首先,在整个入渗过程中,前者试区表面不承受雨滴的打击破坏作用,而后者在整个雨水入渗过程中,土壤表面却受到雨滴的打击作用,土块被破碎成细小颗粒,封堵透水孔道,削弱了土壤入渗能力;其次,前者试区表面比较简单,大体为水平,而人工降雨条件下的入渗,下垫面状况复杂,地面倾斜起伏,因此,双环法所测得的土壤入渗速率结果往往偏大<sup>[12]</sup>。所以,静水条件下的单点有压(积水)入渗模型或公式直接用于流域产流计算是不够准确的。而采用人工降雨试验方式测定土壤入渗,不仅克服了双环法的一些不足,又可得到不同地类在降雨条件下的入渗特性,因此更接近实际,许多学者对此做了大量有益的研究工作<sup>[13-16]</sup>。

关于降雨强度对土壤入渗速率的影响,不少学者也作过研究,但结果尚不完全一致<sup>[17-20]</sup>。在黄土丘陵沟壑区,引起黄土高原严重土壤侵蚀的暴雨,主要是历时在 30 min 以内的短历时暴雨<sup>[21]</sup>。因此,本试验重点研究在短历时暴雨条件下,不同降雨强度在 3 种土地利用类型对土壤入渗速率的影响,为流域水文过程的预测和评价提供科学依据。

## 1 试验区概况

试验区位于陕西北部延安燕沟流域,该流域位于延安市南 3 km 处,东经 109°20′—109°35′,北纬 36°20′—36°32′,属黄土高原丘陵沟壑区第 II 副区,海拔 986~1 425 m。流域处于暖温带半湿润气候向半干旱气候过渡带,年平均气温 9.8℃,多年平均降水量为 558.4 mm,最大年降水量 843.1 mm,最小年降水量为 327.9 mm。降雨量年内分配不均,6—9 月份降水量占全年降水量的 70% 以上,且多以暴雨形式出现,降雨量年际变化大。流域内成土母质为黄土,土壤以黄绵土为主。

## 2 试验设计与方法

### 2.1 试验装置

本次试验于 2004 年雨季前的 5—6 月进行。人工模拟降雨试验所使用的折射式单向喷射喷头<sup>[14]</sup>,降雨装置的雨滴降落高度约大于 15 m。喷头出水孔口为活动孔板,可以更换,配合阀门调节工作压力,以获得需要的降雨强度。本次试验主要进行短历时暴雨的模拟。

### 2.2 试验小区布设

人工模拟降雨试验小区选择林灌、封禁荒草坡以及坡耕裸地 3 种不同土地利用类型。小区的立地条件见表 1。每个小区面积约 5 m<sup>2</sup>(长×宽=5 m×1 m),小区四周由长 100 cm,宽 30 cm,厚 0.2 cm 的铁皮围成,铁皮插入土壤深度为 25 cm,以消除侧向入渗的影响。小区下方安放集流槽,在人工降雨期间用塑料桶收集小区内各时段的所有地面径流,除去其中的泥沙,即为小区在降雨期间的径流量。

表 1 试验小区立地条件

小区类型	坡向	坡度/(°)	植被类型与盖度
林灌(A)	北(阴坡)	28.5	刺槐、绣线菊、灰甸子、黄刺玫、悬钩子、狗尾草;盖度 60%
封禁草灌(B)	北(阴坡)	26.5	柠条、铁杆短花针茅、长茅草、铁杆蒿、狗尾草;盖度 55%
裸露农地(C)	北(阴坡)	25.8	裸地

注:林灌与封禁草灌坡面均平整,无人工整地;裸露农地试验后地表出现结皮现象,下次试验前需人工整地;各小区面积均 5 m×1 m。

### 2.3 试验过程与方法

根据流域内土地利用现状调查资料及其实地查勘,选择有代表类型的试验点;试验准备:设备安装调试,水源供应,小区处理,雨前含水量测定;试验开始:记录雨强、时间、供水过程、积水时间、产流过程等相应观测数据;室内称重处理含水量及径流量样品;资料初步整理分析;资料分析:本文采用了协方差分析方法,以土地利用类型和降雨强度为因素,以时间为协变量,定量评价其不同土地利用类型下土壤入渗的差异。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同土地利用类型对降雨入渗的影响

在不同土地利用类型下,土壤水分入渗速率有比较大的差异<sup>[22]</sup>。通过对 3 种土地利用类型因素以时间为协变量进行方差分析(表 2),可以看出:3 种土地

利用类型对土壤入渗速率有显著影响。但是, 不同土地利用类型对入渗速率的影响具有差异性。林灌(A)和封禁草灌(B)对土壤入渗速率的影响差异不明显, 它们和裸露农地(C)的影响差异明显。前者具有较大的入渗速率, 而后者入渗速率较小。林灌和封禁草灌地的地表积累有一些枯枝落叶, 由于凋落物腐烂分解, 灌丛草本植物生长茂密, 软体动物(如蚯蚓等)栖息繁衍, 土壤疏松, 结构良好, 使得土壤入渗率较大。而裸露农地在降雨时, 由于雨滴的打击溅蚀作用, 破坏了土壤结构, 造成土壤表层孔隙减少或者堵塞, 形成“板结”即表面结壳引起土壤入渗率大幅下降<sup>[23]</sup>。由此可以看出, 在黄土高原丘陵区短历时暴雨条件下, 林灌地和封禁草灌地的土壤入渗速率基本一致。

由此可见, 在黄土高原, 由于灌木广泛分布于林地和草地, 所以可以认为林地和草地对土壤入渗能力的调节作用大致相同。

表 2 不同土地利用类型对土壤入渗速率的影响

土地利用类型 I	土地利用类型 J	平均误差 / I - J*	标准差	差异显著性
A	B	8.29E-02	0.073	0.255
	C	0.652*	0.068	0.000
B	A	-8.29E-02	0.073	0.255
	C	0.569*	0.069	0.000
C	A	-0.652*	0.068	0.000
	B	-0.569*	0.069	0.000

注: \* 平均误差在 0.05 水平显著。

### 3.2 降雨强度对不同土地利用类型土壤入渗的影响

对不同土地利用类型在不同降雨强度下的入渗速率曲线(见图 1), 可以作如下分析。

(1) 对林灌地与封禁草灌地, 土壤水分入渗速率有随雨强增大而增大的趋势。我们可以做如下分析: 雨滴总动能即雨强对土壤水分入渗速率的影响机制, 可以从入渗水体的受力情况来分析。土壤孔隙中的水流在其运动过程中主要受 4 种力的作用<sup>[17]</sup>: 水体自重力; 土壤水分毛管势产生的吸力; 地表水层的压力; 雨滴击打地表时, 对入渗水体产生的冲力。稳定入渗水流的主要通道是土壤中较大的非毛管孔隙和部分毛管孔隙, 一般认为此时的毛管吸力作用已不明显, 主要是其它 3 种力的作用。其中, 雨滴的打击所产生的冲力对入渗速率的变化起着重要的作用; 它不仅加速入渗水流的运动速度, 也可以使部分静止的毛管水加入到入渗水流中。所以降雨强度越大, 土壤水分入渗速率有增大的趋势。

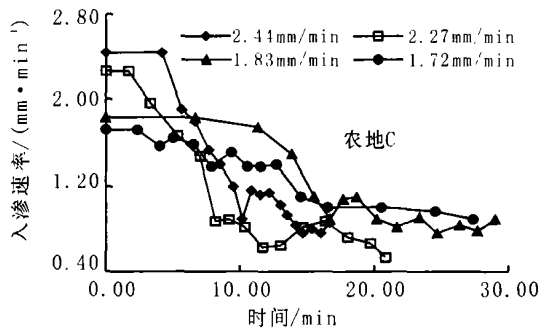
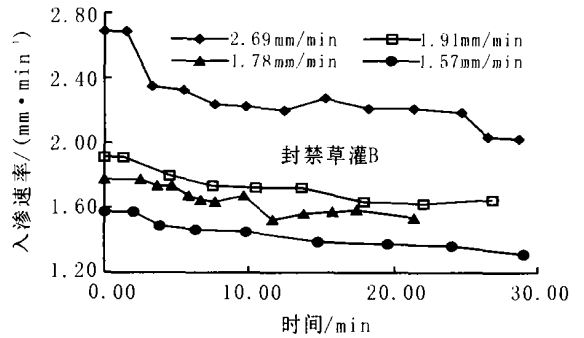
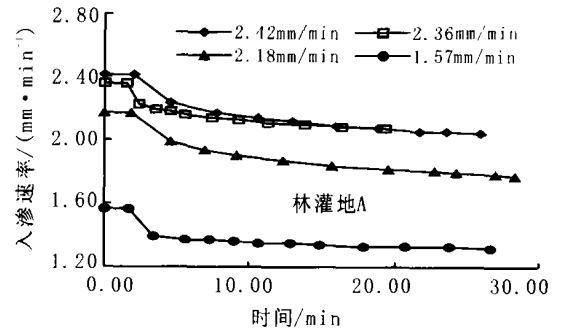


图 1 不同土地利用类型在不同雨强下的入渗速率

(2) 在裸露农地情况下, 由于大雨强形成了较大的雨滴, 同时较大雨滴又具有较强的打击溅蚀作用, 很快形成地表的“板结”。同时径流汇集在农地表面形成细沟, 降低了土壤水分的入渗速率, 因此随着雨强的增大, 土壤水分入渗速率反而有降低的趋势。

通过对不同降雨强度条件下, 对不同的土地利用类型以时间为协变量的分析表明(表 3): 在短历时暴雨条件下, 降雨强度对土壤入渗速率的影响大于土地利用类型对其的影响。因此, 在建立暴雨条件下的土壤入渗模型时, 可以把降雨强度作为一个主要因子加以考虑。

表 3 各要素对土壤入渗速率的影响

要素	平均方差	F 值	显著性
土地利用类型	7.09E-02	1.096	0.297
时间	5.152	79.590	0.000
雨强	1.138	17.588	0.000

### 3.3 土壤水分入渗数学模型拟合

土壤水分入渗的数学模型(公式)有许多种,包括理论的、经验的、半理论半经验的,其适用条件各异。根据本次试验的具体情况,从中选出概念较为明确可靠而常用的 Philip<sup>[6]</sup>型、Kostiakov<sup>[7]</sup>以及 Horton<sup>[8]</sup>型

3 类典型方程对不同土地利用类型下降雨入渗过程进行数学拟合。

选择人工降雨试验入渗过程数据较为完整可靠的场次共 12 场,将实测数据对上述 3 种入渗模型进行数学拟合,其结果见表 4。

表 4 土壤水分入渗过程模型拟合

小区 类型	雨强 mm/min	入渗方程					
		Kostiakov 方程		Horton 型方程		Philip 型方程	
		$f$	$R^2$	$f$	$R^2$	$f$	$R^2$
A	2.42	$f = 2.886T^{-0.125}$	0.710 <sup>**</sup>	$f = 1.570 + 0.921e^{-0.039T}$	0.800 <sup>**</sup>	$f = 1.649 + 0.5 \times 3.109T^{-0.5}$	0.628 <sup>**</sup>
	2.36	$f = 2.338T^{-0.040}$	0.955 <sup>***</sup>	$f = 2.016 + 0.281e^{-0.086T}$	0.978 <sup>***</sup>	$f = 1.993 + 0.5 \times 0.850T^{-0.5}$	0.894 <sup>***</sup>
	2.18	$f = 3.095T^{-0.212}$	0.636 <sup>**</sup>	$f = 1.100 + 1.233e^{-0.038T}$	0.739 <sup>**</sup>	$f = 1.154 + 0.5 \times 4.488T^{-0.5}$	0.563 <sup>**</sup>
	1.57	$f = 1.452T^{-0.037}$	0.851 <sup>***</sup>	$f = 1.290 + 0.197e^{-0.172T}$	0.900 <sup>**</sup>	$f = 1.227 + 0.5 \times 0.653T^{-0.5}$	0.893 <sup>**</sup>
B	2.69	$f = 2.521T^{-0.052}$	0.638 <sup>**</sup>	$f = 1.700 + 0.671e^{-0.019T}$	0.705 <sup>**</sup>	$f = 2.010 + 0.5 \times 1.348T^{-0.5}$	0.592 <sup>**</sup>
	1.91	$f = 1.983T^{-0.063}$	0.875 <sup>***</sup>	$f = 1.464 + 0.379e^{-0.036T}$	0.891 <sup>***</sup>	$f = 1.486 + 0.5 \times 1.383T^{-0.5}$	0.841 <sup>**</sup>
	1.78	$f = 1.900T^{-0.070}$	0.772 <sup>***</sup>	$f = 1.542 + 0.401e^{-0.185T}$	0.798 <sup>***</sup>	$f = 1.396 + 0.5 \times 1.345T^{-0.5}$	0.793 <sup>***</sup>
	1.57	$f = 1.622T^{-0.058}$	0.935 <sup>***</sup>	$f = 1.213 + 0.306e^{-0.033T}$	0.972 <sup>***</sup>	$f = 1.245 + 0.5 \times 1.026T^{-0.5}$	0.864 <sup>***</sup>
C	2.44	$f = 8.615T^{-0.863}$	0.900 <sup>***</sup>	$f = 0.655 + 4.205e^{-0.209T}$	0.931 <sup>***</sup>	$f = 0.5 \times 7.573T^{-0.5}$	0.749 <sup>***</sup>
	2.27	$f = 4.364T^{-0.670}$	0.808 <sup>***</sup>	$f = 0.605 + 3.319e^{-0.242T}$	0.897 <sup>***</sup>	$f = 0.5 \times 6.309T^{-0.5}$	0.784 <sup>***</sup>
	1.83	$f = 8.102T^{-0.701}$	0.745 <sup>***</sup>	$f = 0.577 + 2.235e^{-0.083T}$	0.759 <sup>***</sup>	$f = 0.5 \times 9.133T^{-0.5}$	0.667 <sup>***</sup>
	1.72	$f = 2.558T^{-0.281}$	0.685 <sup>**</sup>	$f = 0.650 + 1.288e^{-0.058T}$	0.779 <sup>***</sup>	$f = 0.720 + 0.5 \times 3.951T^{-0.5}$	0.647 <sup>**</sup>

注:\*\*\* 信度达 0.001 极显著水平;\*\* 信度达 0.01 显著水平。

从拟合结果(表 4)来看,采用 3 类方程都能较好地模拟降雨向土壤中的入渗过程,虽然拟合公式均达到 0.01 信度的显著性水平。但是对于同一土地利用类型,在不同雨强下,同一类公式的参数存在较大差异,这为公式的普遍应用带来了不便。这是因为现有的理论或经验公式,仅仅只考虑入渗速率是时间的一元函数。因此,结合前面的分析,我们考虑可以建立一个入渗速率对雨强和时间的二元函数关系式。通过对林灌和封禁草灌试验数据回归分析,可以建立如下的函数关系式:

$$f = 0.78p + 0.58T^{-0.52} \quad R^2 = 0.968$$

式中:  $f$  —— 入渗速率 (mm/min);  $p$  —— 雨强 (mm/min);  $T$  —— 时间 (min)。

此模型只是对应林灌和封禁草灌两种土地利用类型,对于裸露农地,由于其复杂的土壤入渗特性,本次研究暂不考虑为其建立具体的降雨入渗模型。

## 4 讨论

通过本项研究,可以得到以下一些试验结果。

(1) 在黄土高原短历时暴雨条件下,不同土地利用类型对入渗速率的影响具有明显的差异性。但是,林灌地和封禁草灌地对土壤入渗速率的影响差异并

不明显,而它们和裸露农地对土壤入渗速率的影响差异明显。且前者具有较大的入渗速率,后者入渗速率较小。

(2) 对林灌地和封禁草灌地,土壤水分入渗速率有随雨强增大而增大的趋势;而对于坡耕裸地,由于雨滴的打击溅蚀作用,随着雨强的增大,土壤水分入渗速率有降低的趋势。

(3) 通过对试验数据的回归分析,建立了林灌地和封禁草灌地在短历时暴雨条件下的土壤水分入渗模型。

由于本次野外人工降雨试验的条件限制,可能会使试验的结果有某些偏差,所建模型还需要更多的实测数据来验证其合理性。同时,由于农地在暴雨条件下的入渗特性比较复杂,本研究未能建立适合农地的降雨入渗模型,还需要对其进行深入的研究。

### [参 考 文 献]

- [1] 刘昌明,魏忠义. 华北平原农业水文及农业资源[M]. 北京: 科学出版社, 1989. 22—34.
- [2] 刘纪根,雷廷武,夏卫生,等. 施加 PAM 的坡地降雨入渗过程及其模型研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(3): 51—54.
- [3] 赵西宁,吴发启. 土壤水分入渗的研究进展和评述[J].

西北林学院学报, 2004, 19(1): 42—45.

- [ 4 ] Hillel D. Introduction to soil physics[ M]. New York: Academic Press, 1982.
- [ 5 ] Green W H, Ampt G A. Studies on soil physics, flow of air and water through soil [J]. Soil Sci., 1911, 76( 1): 1—24.
- [ 6 ] Philip J H. The theory of infiltration about sorptivity and algebraic infiltration equations [J]. Soil Sci., 1957, 84( 4): 257—264.
- [ 7 ] Kostiaikov A N. On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity of studying it formal dynamic point of view for purposes of amelioration [J]. Soil Sci., 1932, 97(1): 17—21.
- [ 8 ] Horton R E. An approach to ward a physical interpretation of in filtration— capacity [J]. Soil Sci. Soc. AM. J., 1940, 5(3): 399—417.
- [ 9 ] 冯绍元, 丁跃元, 姚彬. 用人工降雨和数值模拟方法研究降雨入渗规律[ J]. 水利学报, 1998( 11): 17—20.
- [ 10 ] 张治国, 赵红茹. 黄丘区不同地类的降雨入渗试验[ J]. 山西水土保持科技, 1999(2): 7—9.
- [ 11 ] 吴发启, 赵西宁, 崔卫芳. 坡耕地土壤水分入渗测试方法对比研究[ J]. 水土保持通报, 2003, 23( 3): 39—41.
- [ 12 ] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式[ M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 36—37.
- [ 13 ] 郝振纯. 黄土地区降雨入渗模型初探[ J]. 水科学进展, 1994, 5( 3): 186—192.
- [ 14 ] 蒋定生, 黄国俊. 地面坡度对降水入渗影响的模拟试验[ J]. 水土保持通报, 1984, 4( 20): 10—13.
- [ 15 ] 王千, 许一飞, 雷廷武. 降雨入渗过程的模拟研究[ J]. 北京农业工程大学学报, 1993, 13( 4): 39—46.
- [ 16 ] 刘洪禄, 杨培岭, 刘玉桥, 等. 不同田间工程措施下降雨入渗规律的数学模拟[ J]. 农业工程学报, 1998, 14(2): 143—148.
- [ 17 ] 王玉宽, 王占礼, 周佩华. 黄土高原坡地降雨产流过程的试验分析[ J]. 水土保持学报, 1991, 5(2): 25—31.
- [ 18 ] 周国逸, 潘淮涛. 林地土壤的降雨入渗规律[ J]. 水土保持学报, 1990, 4( 2): 79—84.
- [ 19 ] Aken A O, Yen B C. Effect of rain intensity on infiltration and surface runoff rates[ J]. HYd. DiV. ASCE. 1984, 107(HY4): 324—331.
- [ 20 ] Ander C E Son, Shahghasemi E, Johnson H P. Modeling infiltration on crop-land. Including raindrop impact effects[ J], Trans. ASAE, 1982, 24(5): 332—340.
- [ 21 ] 周佩华, 王占礼. 黄土高原土壤侵蚀暴雨标准[ J]. 水土保持通报, 1987, 7( 1): 38—44.
- [ 22 ] 蒋定生. 黄土高原土壤入渗能力野外测试[ J]. 水土保持通报, 1984, 4( 20): 7—9.
- [ 23 ] 王千. 降水入渗模型与模拟研究及其在耕作工程措施优化中的应用[ D]. 北京: 北京农业工程大学, 1991. 42—45.

## 欢迎订阅 2007 年《干旱地区农业研究》

《干旱地区农业研究》由教育部主管, 西北农林科技大学主办, 是全面反映我国干旱、半干旱及湿润易旱区农业科学技术研究新成果、新理论、新技术及国外有关最新研究进展的学术性期刊。

《干旱地区农业研究》主要刊登有关干旱、半干旱及半湿润易旱地区的旱农耕作与栽培、土壤营养与植物水分、农业节水、资源开发利用、旱区生态建设、植物抗逆生理、干旱类型与对策及国外旱农动态等内容。以旱作农业为重点, 重视水资源合理利用和灌溉农业的发展; 应用科学研究与应用基础科学研究并重是本刊的主要特色。适合广大从事旱农研究的专家、学者、科技人员、生产管理工作者和农林及有关院校师生阅读参考。

《干旱地区农业研究》为农业科学中文核心期刊, 中国科技核心期刊, 首届全国优秀科技期刊和“中国期刊方阵”期刊。被中国科学引文数据库、中国学术期刊综合评价数据库、中国学术期刊(光盘版)、中国期刊网、中国科技期刊精品数据库及俄罗斯《文摘杂志》等国内外多家检索系统收录, 连续多年进入“影响因子、被引频次最高的中国科技期刊 300 名排行榜”。

《干旱地区农业研究》国内外公开发行, 刊号。双月刊, 单月 10 日出版。国际大 16 开本, 220 页, 每期定价 10 元, 全年 60 元。欢迎新老读者及时到当地邮局(所)订阅。邮发代号: 52—97。漏订者可直接汇款至编辑部补订。欢迎投稿, 欢迎订阅, 欢迎刊登广告!

编辑部地址: 陕西 杨凌 西北农林科技大学南校区 1—14 号信箱

邮编: 712100

电话(传真): (029) 87082121

E-mail: ghbjb@nwsuaf.edu.cn

yangy@nwsuaf.edu.cn

网址: <http://GHDQ.chinajournal.net.cn>

<http://ghdqnyyj@periodicals.net.cn>