

# 晋西黄土区典型植被类型的土壤水分特征

武晓莉<sup>1</sup>, 吕相海<sup>2</sup>, 李国会<sup>3</sup>, 张友焱<sup>1</sup>, 党宏忠<sup>1</sup>, 周泽福<sup>1\*</sup>

(1. 中国林业科学研究院荒漠化研究所, 北京 100091; 2. 中国国际工程咨询公司, 北京 100048;  
3. 山东省水利科学研究院, 山东 济南 250013)

**摘要:**在晋西黄土区,研究了荒草地、锦鸡儿灌木林地和刺槐乔木林地3种典型植被不同土层的土壤密度、含水量、贮水能力和入渗性能的差异及其相关性,结果显示:3种植被类型都能有效减小表层(0~20 cm)土壤密度;3种植被类型表层(0~20 cm)的土壤滞留贮水量较大,锦鸡儿林地(198.80 t·m<sup>-3</sup>)>刺槐林地(166.10 t·m<sup>-3</sup>)>荒草地(87.37 t·m<sup>-3</sup>),20~40 cm土层的土壤滞留贮水量也是锦鸡儿林地(127.30 t·m<sup>-3</sup>)>刺槐林地(55.60 t·m<sup>-3</sup>)>荒草地(47.30 t·m<sup>-3</sup>),表明在3种植被类型中,锦鸡儿林地对晋西黄土丘陵区土壤水分的涵养作用最强;锦鸡儿林地的土壤稳渗速率最大,为1.80 mm·min<sup>-1</sup>,刺槐林地次之,为1.46 mm·min<sup>-1</sup>,荒草地依然最小,且锦鸡儿林地土壤的均渗速率最大,为4.81 mm·min<sup>-1</sup>,其次是刺槐林地,为4.51 mm·min<sup>-1</sup>,荒草地最小。土壤密度与滞留贮水量呈极显著负相关关系,与土壤初渗速率和均渗速率呈极显著负相关关系,与稳渗速率呈显著负相关关系,非毛管孔隙度与稳渗速率和均渗速率存在极显著相关关系。Kostiakov模型和Horton模型对晋西黄土区3种植被类型土壤入渗过程模拟的拟合系数高达0.97和0.95,明显优于Philip模型(0.43)。

**关键词:**黄土丘陵区;植被类型;土壤贮水能力;土壤入渗

中图分类号:S714

文献标识码:A

## Comparative Analysis of Soil Moisture Characteristics Under Typical Vegetation Types in Loess Area of West Shanxi

WU Xiao-li<sup>1</sup>, LV Xiang-hai<sup>2</sup>, LI Guo-hui<sup>3</sup>, ZHANG You-yan<sup>1</sup>, DANG Hong-zhong<sup>1</sup>, ZHOU Ze-fu<sup>1</sup>

(1. Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. China International Engineering Consulting Corporation, Beijing 100048, China; 3. Water Resources Research Institute of Shandong Province, Ji'nan 250013, Shandong, China)

**Abstract:** The soil bulk density, the soil moisture content, the water storage capacity and the infiltration of grassland, *Caragana sinica* land and *Robinia pseudoacacia* land on the loess hilly region in west Shanxi Province were analyzed to compare the differences and correlations. The result showed that all the three vegetation types were able to effectively reduce the soil density of the surface layer. In terms of storage capacity, the retention storage capacity of 0–20 cm layer of the three vegetation types were higher, which performed that the *C. sinica* land (198.80 t·m<sup>-3</sup>) > *R. pseudoacacia* land (166.10 t·m<sup>-3</sup>) > grassland (87.37 t·m<sup>-3</sup>), and the retention storage capacity of 20–40 cm layer were *C. sinica* land (127.30 t·m<sup>-3</sup>) > *R. pseudoacacia* land (55.60 t·m<sup>-3</sup>) > grassland (47.30 t·m<sup>-3</sup>). It showed that the role of water conservation of *C. sinica* land on loess hilly area was the highest; in terms of soil infiltration, the steady infiltration rate of *C. sinica* land was the highest, which was 1.80 mm·min<sup>-1</sup>, followed by *R. pseudoacacia* land, which was 1.46 mm·min<sup>-1</sup>, grassland was the lowest; And the average infiltration rate of *C. sinica* land was also the highest, which was 4.81 mm·min<sup>-1</sup>, and followed by *R. pseudoacacia*

收稿日期: 2013-11-21

基金项目: “十二·五”国家科技支撑课题“农田水土保持生物防护关键技术研究”(2011BAD31B02)

作者简介: 武晓莉(1986-),女,博士研究生. 主要研究方向: 水土保持.

\* 通讯作者: 研究员. 主要研究方向: 水土保持.

cia land, which was  $4.51 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , and the grassland was the lowest. It indicated that *C. sinica* land was the optimal choice in loess hilly area; the soil density was extreme significantly and negatively correlated with the retention storage capacity, initial infiltration rate, steady infiltration rate, and average infiltration rate, and was extreme significantly and positively correlated with the non-capillary porosity and both the steady infiltration rate and average infiltration rate. The smaller the soil density, the greater the non-capillary porosity, and the stronger the water conservation capacity of soil.

**Key words:** loess hilly area; vegetation type; soil water storage capacity; soil infiltration

晋西黄土区处于半湿润半干旱的地区,由于地形和气候等因素的影响,水土流失非常严重,随着经济的发展,人类对土地的不合理利用又在很大程度上增加了该地区植被的破坏程度,使水土流失更加严重,自然灾害频繁。近年来,该地区开展了各种生态建设措施,对粮食产量低而不稳、水土流失严重的坡耕地实行退耕还林还草<sup>[1]</sup>,以通过改变土地利用方式恢复和重建已经破坏的生态系统。退耕还林还草是从保护和改善生态环境的角度出发,实行宜林则林,宜草则草,增加地表植被,从而增强土壤水土保持能力,是保护生物多样性、维持可持续发展的需要<sup>[2]</sup>。目前,对退耕还林还草的研究主要侧重于综合效益评价<sup>[3]</sup>和可持续发展的研究<sup>[4]</sup>。对于晋西黄土区退耕还林还草措施的研究主要集中在坡耕地产流产沙规律<sup>[5]</sup>、植物蒸腾特性<sup>[6]</sup>、土壤养分分布规律<sup>[7-8]</sup>、植被物种多样性<sup>[9]</sup>和树干液流<sup>[10]</sup>等方面,但对于该地区不同植被措施下土壤贮水性能和入渗特性的研究甚少。

土壤贮水量是反应植被贮蓄水分、涵养水源、调节水分循环的重要指标<sup>[11]</sup>,可分为吸持贮水量和滞留贮水量,二者总和为饱和贮水量<sup>[12-13]</sup>。吸持贮水量和滞留贮水量都具有减少地表径流和防止土壤侵蚀的功能,吸持贮水量是在毛管孔隙中贮存的水分,主要供给植物吸收利用,对植物的生理生态功能有重要作用;而滞留贮水量是自由重力水在非毛管孔隙中的贮存,能够参与径流和地下水的形成,更能反映植被涵养水源的功能<sup>[14]</sup>。土壤渗透性是水在土体中运行的初始阶段,也是植被涵养水源的重要指标,土壤的入渗性能与植被类型、林分结构以及土壤孔隙度等相关<sup>[15]</sup>,分析不同植被类型的土壤入渗性能,对合理利用土地以及植被科学恢复有重要的指导意义<sup>[16]</sup>。本文选择水土流失最为严重的晋西黄土丘陵区,通过观测荒草地、锦鸡儿林地和刺槐林地的土壤物理性质,研究其土壤贮水能力和入渗性能的差异,旨在为晋西黄土丘陵区的土地合理利用、土壤涵养水源和水土流失综合治理提供参考。

## 1 研究区概况

选取晋西中阳县作为研究区域( $110^{\circ}50'E \sim 111^{\circ}29'E, 37^{\circ}03'N \sim 37^{\circ}29'N$ ),东西长约45 km,南北宽约47 km,全县土地总面积约1 432.9 km<sup>2</sup>,中阳县西部黄土丘陵区面积约451.2 km<sup>2</sup>,海拔约1 400 ~ 1 500 m,降水偏少,地下水埋藏深,气候温暖,干旱缺水,年平均气温6 ~ 10 °C,年降水约500 mm,1月平均气温-7 °C,7月平均气温20 °C,≥10 °C积温略高于3 000 °C;植被属旱生,以针茅、蒿草为主,植被覆盖率很低;土壤发育差,多为灰褐土,土壤贫瘠,地表支离破碎、沟壑纵横,沟谷呈“V”字形,水土流失严重,黄土冲沟急剧发育,但仍为本县主要粮农产地,宜于发展林、牧、水果业。

## 2 研究方法

### 2.1 样方调查

在对试验区域进行全面调查的基础上,于2011年7月分别在荒草地、锦鸡儿林地和刺槐林地样地进行样方调查,其中,在荒草地中随机选取3个1 m × 1 m样方,在锦鸡儿林地随机选取3个5 m × 5 m样方,在刺槐林地随机选取3个20 m × 20 m样方,基本特征见表1。

### 2.2 样品采集和测定方法

在不同植被类型各样地中随机布设3个样点进行土壤样品的采集,用环刀法(环刀体积为200 cm<sup>3</sup>)采集原状土进行土壤密度、土壤含水量、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、总孔隙度等的测定,采样深度为0 ~ 20、20 ~ 40 cm,测定后取均值进行数据分析,各指标的测定计算参照中华人民共和国林业行业标准《森林土壤水分-物理性质的测定》(LY/T 1215-1999)执行;在每个原状土采样点附近采用野外原位双环刀法进行土壤入渗速率的测定,每个样地设置3个重复。所用双环刀高度为25 cm,内环直径为35 cm,外环直径为50 cm,双环插入土壤深度

为 10 cm。试验过程中水温保持在 21 ℃ 左右,水位 高差为 1 cm,试验持续 60 min。

表 1 不同植被类型样方基本特征

植被类型	海拔/m	坡度/(°)	坡向	坡位	郁闭度	灌木盖度/%	株高/m	地径/cm	主要植物	退耕还林还草时间/(年)
荒草地	1 430	15	东偏北 20°	坡中下	—	90	—	—	针茅、蒿草、白羊草	2001
锦鸡儿林地	1 443	15	东偏南 27°	坡中上	—	75	1.42	1.36	柠条锦鸡儿	2001
刺槐林地	1 436	15	东偏北 20°	坡中下	0.40	45	5.28	8.35	刺槐	1999

注:针茅(*Stipa capillata* Linn.)、蒿草(*Kobresia myosuroides* subsp. *Myosuroides*)、白羊草 *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng)、柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii* Kom)、刺槐(*Robinia pseudoacacia* Linn.)。

## 2.3 数据分析

应用 PASW Statistics 18 进行 2 个因素的独立样本 T 检验和 3 个因素的单因素方差显著性分析,采用达西定律计算公式计算入渗速率,应用 Origin 8 进行土壤入渗过程拟合。

土壤贮水能力计算公式为<sup>[11]</sup>:

$$Wc = Pchr; Wn = Pnhr; Wt = Pthr$$

式中:  $Wc$  为土壤吸持贮水量 ( $t \cdot hm^{-2}$ );  $Wn$  为土壤滞留贮水量 ( $t \cdot hm^{-2}$ );  $Wt$  为土壤饱和贮水量 ( $t \cdot hm^{-2}$ );  $Pc$  为毛管孔隙度 (%);  $Pn$  为非毛管孔隙度 (%);  $Pt$  为总孔隙度 (%);  $h$  为计算土层深度 (m);  $r$  为水的密度 ( $t \cdot m^{-3}$ )

达西定律公式为<sup>[12]</sup>:

$$K_t = \frac{Q}{A \times t} \times \frac{L}{H + L}$$

式中:  $K_t$  为  $t$  时间内的入渗系数;  $Q$  为水的体积;  $A$  为入渗面积;  $H$  为水位深度;  $L$  为土层厚度;  $t$  为入渗时间

Kostiakov<sup>[12]</sup>公式:  $f = at^{-n}$

式中:  $f$  为入渗速率;  $a$ 、 $n$  为参数;  $t$  为入渗时间

Horton<sup>[12]</sup>公式:  $f = f_0(f_c - f_0)e^{-kt}$

式中:  $f$  为  $t$  时刻的入渗速率;  $f_c$ 、 $f_0$  分别为稳渗速率和初渗速率;  $k$  为参数

Philip<sup>[12]</sup>公式:  $f = \left(\frac{1}{2}\right)st^{-1/2} + b$

式中:  $f$  为入渗速率;  $s$  为吸水率;  $t$  为入渗时间;  $b$  为稳渗速率

## 3 结果与分析

### 3.1 不同植被类型对不同土层土壤密度和含水量的影响

图 1 表示:在 0~20 cm 土层中,荒草地的土壤密度 ( $1.28 g \cdot kg^{-1}$ ) 显著比锦鸡儿林地 ( $1.18 g \cdot kg^{-1}$ ) 和刺槐林地 ( $0.99 g \cdot kg^{-1}$ ) 的大;在 20~40 cm 土层中,锦鸡儿林地 ( $1.24 g \cdot kg^{-1}$ ) 和刺槐林

地 ( $1.24 g \cdot kg^{-1}$ ) 的土壤密度差异不显著,而二者均显著比荒草地 ( $1.43 g \cdot kg^{-1}$ ) 的土壤密度小。这说明锦鸡儿林地和刺槐林地更能有效的改善土壤结构和通气透水性,这是因为灌木林和乔木林根系对土壤的穿插作用较强,且枯枝落叶层增加了土壤中有机质的含量,使得土壤密度降低。3 种植被类型 0~20 cm 土层的土壤密度均比 20~40 cm 的小,这主要是因为土壤表层的枯枝落叶层经腐烂分解增加了土壤有机质含量,根系主要分布于该层,土壤较疏松,说明植被对表层土壤的疏松作用较强。荒草地、锦鸡儿林地和刺槐林地 0~20 cm 土层的土壤含水量分别为  $1.70$ 、 $1.73$ 、 $1.40 g \cdot kg^{-1}$ ,三者之间的差异均不显著;在 20~40 cm 土层中,荒草地土壤含水量最大,为  $1.77 g \cdot kg^{-1}$ ,锦鸡儿林地次之,为  $1.47 g \cdot kg^{-1}$ ,刺槐林地最小,为  $1.00 g \cdot kg^{-1}$ ,荒草地和锦鸡儿林地之间的差异不显著,刺槐林地土壤含水量显著比前二者低;荒草地 0~20 cm 土层中的土壤含水量略比 20~40 cm 土层的小,而锦鸡儿林地和刺槐林地 0~20 cm 土层的土壤含水量均比 20~40 cm 的大,锦鸡儿林地和刺槐林地根系深而发达,对深层土壤水分消耗较大,荒草地植被根系一般较浅,主要吸收表层土壤水分。

### 3.2 不同植被类型对不同土层土壤孔隙度和贮水能力的影响

从表 2 可以看出:荒草地 0~20 cm 土层的土壤毛管孔隙度、非毛管孔隙度、总孔隙度、吸持贮水量、滞留贮水量和饱和贮水量都显著比 20~40 cm 土层高。锦鸡儿林地 0~20 cm 土层的毛管孔隙度比 20~40 cm 土层略低,而其非毛管孔隙度和总孔隙度都比 20~40 cm 土层的高,且不同土层的非毛管孔隙度的差异显著,毛管孔隙度和总孔隙度则差异不显著;不同土层的吸持贮水量和饱和贮水量的差异不显著,滞留贮水量的差异显著。刺槐林地 0~20 cm 土层的毛管孔隙度比 20~40 cm 土层的低,而非毛管孔隙度和总孔隙度则比 20~40 cm 土层

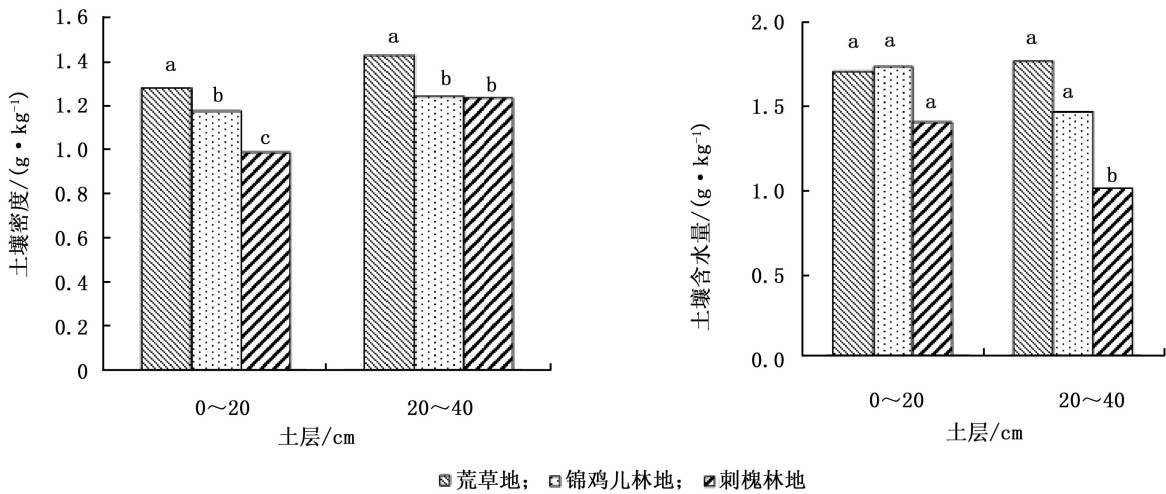


图1 不同植被类型的土壤密度和含水量

的高,但各种孔隙度的差异都不显著;不同土层的吸持贮水量、滞留贮水量和饱和贮水量的差异也都不显著。

从表2还可看出:在吸持贮水量方面,荒草地不同土层的吸持贮水量都最低,其次是锦鸡儿林地,刺槐林地最高,荒草地、锦鸡儿林地和刺槐林0~20 cm土层的吸持贮水量差异不显著;锦鸡儿林地和刺槐林20~40 cm土层吸持贮水量都显著比荒草地的高,而锦鸡儿林地和刺槐林的差异不显著。锦鸡儿林地不同土层的滞留贮水量都最高,刺槐林地次之,荒草地

最低。荒草地0~20 cm土层的滞留贮水量显著比锦鸡儿林地和刺槐林的低,而锦鸡儿林地和刺槐林的差异不显著;锦鸡儿林20~40 cm土层的吸持贮水量比荒草地和刺槐林的高,荒草地和刺槐林的差异不显著。荒草地0~20 cm土层的饱和贮水量最低,其次是锦鸡儿林地,刺槐林地最高,且三种植被类型之间饱和贮水量的差异不显著;而20~40 cm土层则是荒草地最低,刺槐林地次之,锦鸡儿林地最高,且荒草地均显著比刺槐林地和锦鸡儿林地的低,而锦鸡儿林地和刺槐林地之间的差异不显著。

表2 不同植被类型不同土层的土壤孔隙度和贮水能力

植被类型	土壤深度/cm	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	总孔隙度/%	吸持贮水量/(t·m <sup>-3</sup> )	滞留贮水量/(t·m <sup>-3</sup> )	饱和贮水量/(t·m <sup>-3</sup> )
荒草地	0~20	45.26 ± 0.31a	4.37 ± 0.41a	49.63 ± 0.67a	905.22 ± 6.13aA	87.37 ± 8.19aB	992.59 ± 13.33aA
	20~40	41.81 ± 0.37b	2.37 ± 0.13b	44.17 ± 0.45b	836.10 ± 7.41bB	47.30 ± 2.70bB	883.40 ± 9.09bB
锦鸡儿林地	0~20	46.69 ± 0.90a	9.94 ± 0.86a	56.63 ± 0.98a	933.85 ± 18.04aA	198.80 ± 17.23aA	1 132.65 ± 19.51aA
	20~40	48.59 ± 1.17a	6.37 ± 0.81b	54.96 ± 0.85a	971.85 ± 23.40aA	127.30 ± 16.18bA	1 099.15 ± 17.02aA
刺槐林地	0~20	48.54 ± 2.77a	8.31 ± 1.69a	56.85 ± 4.43a	970.86 ± 55.46aA	166.10 ± 33.81aA	1 136.96 ± 88.65aA
	20~40	49.69 ± 1.14a	2.78 ± 0.10a	52.47 ± 1.04a	993.85 ± 22.69aA	55.60 ± 2.04aB	1 049.45 ± 20.80aA

注:表中小写字母a、b表示同一植被不同土层中土壤各孔隙度和贮水量指标经独立样本T检验后的差异性( $P < 0.05$ ),大写字母A、B表示不同植被类型同土层吸持贮水量、滞留贮水量和饱和贮水量经单因素方差显著性分析后的差异性( $P < 0.05$ )。

表3显示:土壤密度与吸持贮水量呈显著负相关关系,与滞留贮水量和饱和贮水量都呈极显著负相关关系;土壤含水量与吸持贮水量呈极显著负相关关系,但与滞留贮水量和饱和贮水量间的相关不显著。说明土壤密度越小,吸持贮水量、滞留贮水量和饱和贮水量越大,因此,锦鸡儿林地和刺槐林地相对荒草地而言,其疏松作用使得土壤密度明显降低、非毛管孔隙度增大,贮水能力提高;锦鸡儿和刺槐的林冠层和枯枝落叶层在降雨条件下截留水分的能力

比荒草地强,但刺槐林地强大的根系和树冠对土壤水分的消耗也较大,土壤非毛管孔隙度较低,不利于水分的涵养。因此,在降水少的晋西黄土区适合种植锦鸡儿来涵养水源,保持水土。

表3 土壤密度和含水量与贮水量之间的相关性

	吸持贮水量	滞留贮水量	饱和贮水量
土壤密度	-0.574 *	-0.674 **	-0.749 **
土壤含水量	-0.663 **	0.199	-0.299

注: \* 表示在  $p < 0.05$  水平显著; \*\* 表示在  $p < 0.01$  水平显著。

### 3.3 不同植被类型对不同土层土壤入渗性能的影响

从图2可以看出:在土壤初始入渗阶段,3种植被类型土壤的入渗速率很高,随着入渗时间的增加,入渗速率迅速下降,并逐渐达到稳定状态。刺槐林地初渗速率最大,锦鸡儿林地次之,荒草地最小,依次为:20.06、19.09、18.47  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ;当入渗时间达到30 min时,入渗进入稳渗阶段,此时3种植被类型的稳渗速率表现为:锦鸡儿林地最大,为1.80  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ,其次是刺槐林地,为1.46  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ,荒草地最低,为1.00  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ;3种植被类型的土壤水分在整个入渗阶段的平均入渗速率依次为:锦鸡儿林地(4.81  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ )、刺槐林地(4.51  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ )、荒草地(3.81  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ )。可见,不同的植被类型会影响土壤初渗速率和稳渗速率,锦鸡儿林的涵养水源功能最强。

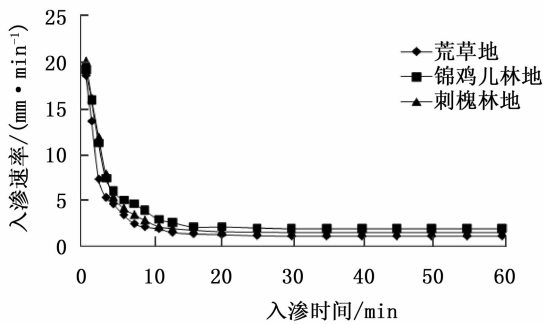


图2 不同植被类型的土壤入渗速率

表4显示:土壤密度与初渗速率和均渗速率呈极显著负相关关系,与稳渗速率呈显著负相关关系,说明土壤密度越小,土壤的入渗速率越大,土壤密度与土壤入渗速率密切相关;土壤初始含水量与初渗

速率呈极显著负相关关系,与稳渗速率和均渗速率的相关不显著,所以土壤含水量越低,初渗速率越大,当土壤入渗进入稳渗阶段时,土壤含水量饱和,对入渗速率的影响不大;毛管孔隙度是提供植物生长所需水分的场所,与初渗速率存在显著正相关关系,与稳渗速率和均渗速率相关性不显著;而非毛管孔隙度对入渗的影响最大,其与初渗速率呈显著正相关关系,与稳渗速率和均渗速率呈极显著正相关关系,这与 Helalia 的研究结论一致,其通过50个田间入渗试验,发现有效孔隙度与土壤稳渗速率的相关性达极显著水平<sup>[17]</sup>,说明非毛管孔隙度越大,水分在重力作用下入渗的越快。

表4 土壤物理性质与入渗速率之间相关性分析

	初渗速率	稳渗速率	均渗速率
土壤密度	-0.708 **	-0.491 *	-0.597 **
土壤含水量	-0.720 **	-0.225	-0.371
毛管孔隙度	0.489 *	0.251	0.337
非毛管孔隙度	0.489 *	0.819 **	0.826 **

注: \* 表示在  $p < 0.05$  水平显著; \*\* 表示在  $p < 0.01$  水平显著。

从表5中不同模型拟合方程的系数  $R^2$  可以发现,Kostiakov模型对荒草地、锦鸡儿林地和刺槐林地土壤入渗过程拟合的  $R^2$  均值为0.97,Horton模型的  $R^2$  均值约为0.95,而Philip模型的拟合系数均值只有0.43,远低于前二者的拟合精度,说明Kostiakov模型和Horton模型都能较好的模拟晋西黄土丘陵区不同植被类型的土壤入渗过程,而Philip模型对当地土壤入渗的模拟结果较差,这与刘霞<sup>[14]</sup>、席彩云<sup>[18]</sup>等的研究结果一致,认为Philip模型方程中, $t$ 的指数为固定常数(-1/2),使得其难以适应不同土壤在不同前期含水量条件下的入渗过程拟合。

表5 不同植被类型土壤入渗模型的拟合参数

植被类型	Kostiakov 模型			Horton 模型				Philip 模型		
	$a$	$n$	$R^2$	$f_0$	$f_c$	$k$	$R^2$	$s$	$b$	$R^2$
荒草地	9.79	0.80	1.00	18.47	0.94	0.58	0.97	-2.01	6.51	0.47
锦鸡儿林地	9.19	0.63	0.96	19.09	1.80	0.76	0.95	-1.60	6.15	0.41
刺槐林地	8.37	0.71	0.95	20.06	1.46	0.92	0.94	-1.47	5.40	0.41

## 4 结论与讨论

荒草地、锦鸡儿林地和刺槐林地表层(0~20 cm土层)的土壤密度较低,3种植被类型0~20 cm深度的土壤密度差异显著,但不同土层土壤含水量的差异不显著,根据不同植被对水分的消耗不同而发生变化。锦鸡儿林地的滞留贮水量最高,

是晋西黄土区涵养水源较好的植被类型。锦鸡儿林地的稳渗速率和均渗速率在3种植被类型中均最高,进一步说明锦鸡儿林地涵养水源的能力较强。

通过相关性分析,发现土壤密度和土壤滞留贮水量存在极显著负相关关系,土壤含水量与滞留贮水量的相关性则不显著,说明土壤密度越小,土壤滞留贮水量越高,涵养水源的能力越强;土壤密度和土

壤初渗速率、稳渗速率、均渗速率分别呈极显著、显著和极显著负相关关系,说明土壤密度越小,土壤的入渗速率越大;土壤前期含水量只与初渗速率呈显著负相关关系,说明土壤前期含水量越小,土壤的初渗速率越大;非毛管孔隙度与初渗速率呈显著相关关系、与稳渗速率和均渗速率呈极显著相关关系,说明非毛管孔隙度越大,土壤的入渗速率越大。

运用 Kostiakov 模型、Horton 模型和 Philip 模型对土壤入渗过程进行模型拟合发现,Kostiakov 模型和 Horton 模型对晋西黄土丘陵区不同植被类型下土壤入渗过程的模拟参数更为准确,较适于对该区土壤入渗过程的模拟。

此外,本试验对荒草地、锦鸡儿林地和刺槐林地三种植被类型土壤的贮水能力和入渗性能进行分析比较,但土壤贮水能力和入渗性能还受降雨、坡度坡向、植被物种等环境因素的影响,不同的试验方法也会影响数据的准确度;因此,还需要结合多种方法和因素综合比较土壤的贮水、入渗以及其他物理性质,为黄土区的水土保持和退耕还林还草提供强有力的理论支持。

### 参考文献:

- [1] 侯军岐,张社梅. 黄土高原地区退耕还林还草效果评价[J]. 水土保持通报,2002,22(6):29-31
- [2] 孙霞,尹林克,孟林,等. 退耕还林还草研究之进展[J]. 干旱区地理,2004,27(2):221-224
- [3] 古丽努尔·沙布尔哈孜,尹林克,热合水都拉·阿地拉. 塔里木河中下游退耕还林还草综合生态效益评价研究[J]. 水土保持学报,2004,18(5):80-83
- [4] 米文宝,刘小鹏,王亚娟. 宁夏南部山区退耕还林还草后续产业发展的初步研究[J]. 水土保持研究,2005,12(1):91-94
- [5] 张建军,朱金兆,魏天兴. 晋西黄土区坡面水土保持林地产流产沙的观测分析[J]. 北京林业大学学报,1996,18(3):14-20
- [6] 杨文文,张学培,王洪英. 晋西黄土区刺槐蒸腾、光合与水分利用的试验研究[J]. 水土保持研究,2006,13(1):72-75
- [7] 马雯静,毕华兴,云雷,等. 晋西黄土区林草复合界面土壤水分养分分布规律研究[J]. 水土保持研究,2009,16(5):78-82
- [8] 云雷,毕华兴,马雯静,等. 晋西黄土区林草复合系统土壤养分分布特征及边界效应[J]. 北京林业大学学报,2011,33(2):37-42
- [9] 王鹏,张建军. 晋西黄土区封禁流域植被群落组成及物种多样性变化[J]. 生态环境学报,2009,18(1):242-248
- [10] 隋旭红,张建军,文万荣. 晋西黄土区刺槐和油松树干液流比较的分析[J]. 生态学报,2011,31(16):4791-4798
- [11] 王翠萍,廖超英,孙长忠,等. 黄土地表生物结皮对土壤贮水性能及水分入渗特征的影响[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(4):54-59,64
- [12] 于志民,余新晓. 水源涵养林效益研究[M]. 北京:中国林业出版社,1999:45-55
- [13] 张治国,张云龙,刘徐师,等. 林业生态工程学[M]. 北京:中国林业出版社,1999:63-65
- [14] 刘霞,张光灿,李雪蕾,等. 小流域生态修复过程中不同森林植被土壤入渗与贮水特征[J]. 水土保持学报,2004,18(6):1-5
- [15] 郑江坤,魏天兴,陈致富. 陕北生态退耕区植被群落土壤贮水量与入渗特性[J]. 水土保持研究,2010,17(4):162-165
- [16] 霍小鹏,李贤伟,张健,等. 川西亚高山不同植被类型土壤贮水与入渗性能试验[J]. 中国水土保持科学,2009,7(6):74-79
- [17] Helalia A M. The relation between soil infiltration and effective porosity indifferent soils[J]. Agricultural water management,1993,24:39-47
- [18] 席彩云,余新晓,徐娟,等. 北京密云山区典型林地土壤入渗特性[J]. 北京林业大学学报,2009,31(5):42-47