

陕北生态退耕区植被群落土壤贮水量与入渗特性

郑江坤, 魏天兴, 陈致富, 赵健, 夏菁, 朱文德

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要:为了研究陕北生态退耕区土壤水文特性,对吴起县县城周边各植被群落土壤贮水与入渗特征进行了研究。结果表明:吸持贮水量和饱和贮水量之间、初渗率和稳渗率之间变化趋势基本相同,而滞留贮水量和饱和贮水量之间的相关性不大;土壤贮水量与入渗率在不同土地利用类型、地貌类型和坡向间变化;草本植被土壤水分入渗性能与坡度、坡向、株均高、容重、非毛管孔隙度、群落密度和海拔因子密切相关。

关键词:生态退耕;土壤贮水量;土壤水分入渗;主成分分析

中图分类号:S715.3

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)04-0162-04

Soil Water Holding Capacities and Infiltration Characteristics of Vegetation

Community in Ecological Cropland Conversion Area, Northern of Shaanxi Province

ZHENG Jiang-kun, WEI Tian-xing, CHEN Zhi-fu, ZHAO Jian, XIA Jing, ZHU Wen-de

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating, Ministry of Education, College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Soil hydrological characteristics was studied in Ecological Cropland Conversion Area, Northern of Shaanxi Province. Soil water holding capacities and infiltration characteristics of vegetation community had been tested around Wuqi county seat. The results showed; Change trend between absorbed water holding capacity and saturated water holding capacity, and the initial infiltration rate and the steady infiltration rate were almost the same. The correlation are not sufficient between the retented water holding capacity and saturated water holding capacity. The closely relative factors on soil water infiltration properties of herbaceous vegetation were slope, aspect, mean height of plant, bulk density, non-capillary porosity, community density and elevation.

Key words: ecological cropland conversion; water holding capacity; soil water infiltration; principal component analysis

植被水文生态功能对调节洪水和干旱、减弱并防止土壤侵蚀具有重要作用,可通过土壤贮水量和入渗性能来表征^[1]。土壤贮水量作为评价植被水源涵养功能的重要指标和水文参数,其大小与土壤厚度、土壤孔隙状况密切相关^[2]。土壤水分入渗性能与土壤持水量、土壤孔隙度、土壤结构等土壤物理性质密切相关,同时受植被类型、林分结构、植物群落生物量、坡向、坡度及坡位等立地因子的制约^[3]。

以往研究缺乏对不同植被层间系统和深入研究且缺乏重复检验。本文以退耕还林示范县吴起县为研究对象,对县城周边典型生态退耕区植被群落土壤贮水量和入渗率进行比较研究,对一些分布面积较广

的植被采取多样本取平均值法进行分析,增加了数据的可信度。并对影响草地群落土壤入渗性能的诸多因素进行了因子分析,以期找出影响入渗的主导因子,为当地生态退耕模式的选择提供依据。

1 研究区概况

调查区位于延安市西北部的吴起县县城周边,主要包括合家沟、柴沟、政府沟和胜利山等地。全面实施退耕还林(草)工程以来,植被类型较为复杂,乔木林包括人工栽植的油松、侧柏、山杏、河北杨、小叶杨等和天然次生的刺槐、杜梨等;灌木林主要包括片状分布的沙棘和零星分布的柠条;该地区分布面积最大的是自然封育和人为干扰下的草本群落。

收稿日期:2010-03-10

资助项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD03A1206)

作者简介:郑江坤(1976-),男,河南沙河市人,博士研究生,研究方向为水土保持与水文生态过程。E-mail:kjsl0129@163.com

通信作者:魏天兴(1969-),男,甘肃庆阳人,副教授,研究方向为防护林学与森林生态效益监测与评价。E-mail:weitx@bifu.edu.cn

2 研究方法

2.1 样地选择和植被调查

选取样地 19 块, 标准为 20 m×20 m, 鉴于实验目的, 只对草本进行群落调查, 在草本样地中均匀设置 4 个 1 m×1 m 的样方, 重点调查草本植物种类、密度、多度和高度, 调查于 2008 年 7—8 月完成。

表 1 各调查样地基本情况表

样地编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
地貌部位	峁坡	梁顶	梁坡	沟底	沟坡	峁坡	峁顶	沟坡	峁顶	峁坡
坡向	阳坡	阴坡	半阳坡	阴坡	半阴坡	半阴坡	阴坡	阳坡	阴坡	阳坡
植被类型	荞麦地	草地	草地	草地	草地	草地	草地	草地	草地	草地
样地编号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
地貌部位	沟坡	峁坡	峁坡	沟坡	梁坡	沟坡	梁坡	峁坡	峁坡	
坡向	半阳坡	阴坡	阴坡	半阳坡	阴坡	半阳	阳	阴	半阴	
植被类型	草地	沙棘	沙棘	沙棘	油松	油松	刺槐	小叶杨	油松小叶杨	

在一定土壤厚度条件下, 土壤贮水量取决于土壤孔隙大小及数量, 由于黄土土层深厚, 为便于比较, 仅计算 1 m 土层深度的贮水量。土壤贮水方式可分为毛管孔隙的吸持贮存和非毛管孔隙的滞留贮存 2 种, 二者所持水量之和即为土壤饱和贮水量^[4]。贮水量与入渗特性公式为:

$$W_c = 1000 P_c h$$

$$W_n = 1000 P_n h$$

$$W_t = W_c + W_n$$

式中: W_c ——土壤水分最大吸持贮水量 (mm); W_n ——最大滞留贮水量 (mm); W_t ——饱和贮水量 (mm); P_c ——毛管孔隙度 (%); P_n ——非毛管孔隙度 (%); h ——计算土层深度 (m)。

2.3 环境因子测定

在每个入渗点附近, 用地质罗盘仪和海拔仪分别记下坡度、坡向、海拔, 用 TRASP 表示坡向指数^[5]; 根据取样的位置记下坡位, 坡位按照沟底、沟坡、梁峁坡、梁峁顶分别赋值 1, 2, 3, 4; 土壤含水率用土钻分层取土烘干法测得, 容重和毛管孔隙度分别用环刀法和环刀浸透法测得^[6], 为了使数据更具代表性, 在每个入渗点附近重复取样 3 次, 深度为 1 m, 分为 0—20, 20—40, 40—60, 60—80, 80—100 cm 共 5 层, 每层分别取土样 3 个, 以各指标平均值做为环境因子进行主成分分析。

2.4 数据统计分析

应用 Excel 进行统计、比较、分析, 应用 SPSS 13.0 软件进行主成分分析。

2.2 土壤入渗性能的测定及贮水量计算

本文采用经过改进的土壤入渗过程测定仪, 通过公式 $H = 0.19635 \times h \times \cos a$ 换算下渗深度, 其中 H 为下渗深度, h 为实验变化水位, a 为坡度。开始测定前 90 s 每 10 s 记录 1 次, 以后每 30 s 记录一次, 随机记录 10 次左右, 再往后每 1 min 记录一次, 直到出现 5~6 个数值基本相同, 即达到稳渗状态。

3 结果与分析

3.1 不同土地利用类型土壤贮水量与入渗率

为了便于比较, 把 19 块样地共分成 6 种土地利用类型。其中, 农地即为样地 1; 草地包括 2~11 共 10 个样地; 灌木林地包括 12~14 共 3 块样地; 针叶林地即为样地 15 和 16; 阔叶林地即样地 17 和 18; 针阔混交林地为样地 19。

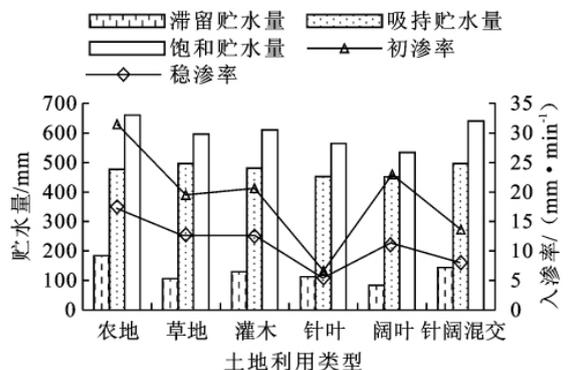


图 1 不同土地利用类型贮水量和入渗率

由图 1 可以看出, 不同土地利用类型之间土壤贮水量差异不太明显, 而入渗率差异较为显著。各土地利用类型土壤饱和贮水量与稳渗率分别表现为: 农地 > 针阔混交林地 > 灌木林地 > 草地 > 针叶林地 > 阔叶林地, 农地 > 草地 > 灌木林地 > 阔叶林地 > 针阔混交林地 > 针叶林地。滞留贮水量和饱和贮水量之间变化趋势基本相同, 而吸持贮水量和饱和贮水量之间的相关性不大; 初渗率和稳渗率之间变化趋势基本相同, 稳渗率较初渗率变化较为和缓。

尽管该区退耕时间较长,植被变化明显,但植被对土壤理化性质变化的影响不明显,但对土壤入渗性能影响较大,故而各土地利用类型之间表现出上述变化。农地由于经过人为翻耕,土壤较为疏松,非毛管孔隙度较大,表现为滞留贮水量大。针阔混交林地由于根系密度大,且土壤有机质含量多,致使土壤中黏粒所占的比例增加,使得该土壤非毛管孔隙度和毛管孔隙度均较大,表现为饱和贮水量较大。针叶林地和阔叶林地树种较为单一,由于该地水分条件限制,生长状况较差,再加上该地纯林下人为活动较多,致使大量枯枝落叶层遭受破坏,导致土壤较为贫瘠,贮水量明显下降。草地和灌木林地的贮水量居中。

农地中种植的荞麦生长良好,加上常年使用有机肥对其改良,土壤通透性较好,表现为初渗率和稳渗率均为最高。针叶林由于生长缓慢,且枯枝落叶富含单宁等物质,影响凋落物的分解速率,并在土壤内部形成土壤菌丝网层,透水性差,阻碍土壤入渗,因而初渗率和稳渗率均较小;其它土地利用类型的入渗率则居于两者之间。

3.2 不同地貌部位间土壤贮水量与入渗率

由于植被类型对土壤理化性质和入渗性能均有影响,为此只对 10 个草本样地的土壤水文特征进行分析,该地区隶属于黄土丘陵沟壑区,地貌特征较为明显,主要包括梁(峁)顶(样地 2、7 和 9),梁(峁)坡(样地 3、6 和 10),沟坡(样地 5、8 和 11)和沟底(样地 4) 4 种地貌类型(图 2)。

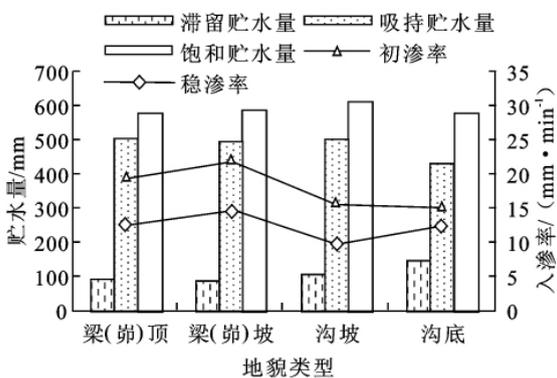


图 2 不同地貌类型间贮水量和入渗率

沟底受径流冲刷影响较大,土壤颗粒较粗,非毛管孔隙度大,表现为滞留贮水量很大,达到 149.60 mm,但由于黏粒物质不丰富,毛管孔隙度很小,土壤饱和贮水量最小,仅为 583.13 mm。其它地貌部位贮水量较大,且滞留贮水量和吸持贮水量较为接近。沟底土壤含水率大,故而初渗率表现为最小,这和王辉^[7]等的研究结果较吻合,而沟坡坡度较大,土壤侧渗严重,垂直入渗减弱,导致稳渗率最小。

3.3 不同坡向间土壤贮水量与入渗率

只对 10 个草本样地分不同坡向进行比较分析,原因同 3.2。共分为 4 种坡向,分别为:阴坡(样地 2、4、7 和 9),半阴坡(样地 5 和 6),半阳坡(样地 3 和 11),阳坡(样地 8 和 10),求平均值进行比较。

坡向影响光照,而光照对土壤水分、植被生长状况进而对土壤理化性质产生很大影响。由图 3 可知,阳坡的贮水量最小,初渗率最大,这主要是因为阳坡土壤较为干燥,植被状况较差,土壤有机质和土壤根系较少,从而毛管孔隙度和非毛管孔隙度均较小,表现为贮水量小,同时阳坡土壤最干燥,在入渗开始阶段,水分迅速渗入土壤,初渗率最大;半阳坡植被状况较差,土壤毛管孔隙度小,且土壤较之阳坡湿润,初渗率和稳渗率最小(图 3)。

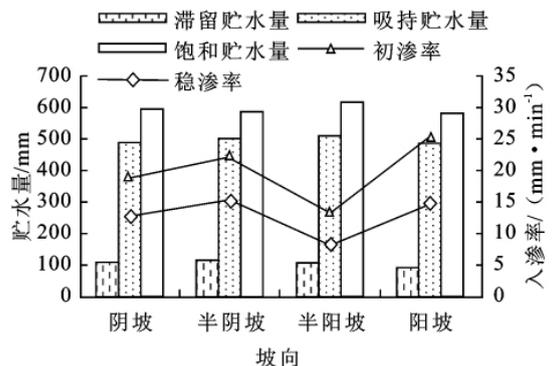


图 3 不同坡向间土壤贮水量和入渗率

3.4 土壤入渗影响因子主成分分析

土壤入渗能力大小与植被、土壤以及地形等多种因素有关,从中筛选出的主导影响因子对于掌握土壤入渗规律、调控土壤入渗性能具有重要意义。考虑到可比性仅对草本样地分析。确定 12 个影响因子,包括海拔(x_1)、坡度(x_2)、坡向(x_3)及坡位(x_4) 4 个微地形因子,盖度(x_5)、株均高(x_6)及群落密度(x_7) 3 个植被特征因子,土壤有机质含量(x_8)、土壤含水率(x_9)、土壤容重(x_{10})、毛管孔隙度(x_{11})、非毛管孔隙度(x_{12}) 等 5 个土壤因子。经分析得各主成分特征向量、特征根、方差贡献率及方差累积贡献率(表 2)。

前 4 个主成分的累积贡献率为 85.189%,故可用这 4 个成分来代替 12 个原始因子。根据主成分中各因子的相关系数,得到影响 4 个主成分的因子分别命名为坡度—坡向、株均高一容重、群落密度和海拔。

坡度对入渗的影响明显,随着坡度的增大,土壤侧渗能力变大,而垂直入渗能力变小;坡向直接影响光照,从而影响土壤的湿润度和生物的光合作用,进而影响植物生长及土壤的渗透性能。容重直接影响土壤孔隙度,株均高是草本植物的种类和土壤肥力的反映,这两者构成影响第 2 主成分的主要因子,群落

密度和海拔也不同程度影响土壤入渗性能。而坡位、盖度、有机质、含水率及毛管孔隙度等因子对土壤入渗性能的影响则较小。

表 2 入选主成分的特征向量、特征根及贡献率

因子	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
x_1	-0.038	-0.105	-0.137	0.913
x_2	-0.957	-0.134	0.054	0.110
x_3	-0.911	0.074	-0.176	-0.074
x_4	0.419	-0.431	-0.749	0.115
x_5	0.424	-0.097	0.738	-0.214
x_6	-0.194	0.839	-0.112	-0.388
x_7	0.292	0.182	0.890	-0.001
x_8	0.582	-0.111	0.531	0.498
x_9	0.715	0.122	0.406	0.083
x_{10}	0.259	0.845	0.212	-0.062
x_{11}	0.096	-0.745	-0.302	0.424
x_{12}	0.097	0.825	0.013	0.268
特征根	4.096	3.352	1.533	1.242
贡献率/%	34.135	27.774	12.774	10.348

4 结论

水文生态功能与土地利用类型、地貌部位、坡向等方面关系密切,总体来看,土壤贮水能力变化不太显著,而入渗性能变化较为显著。该区土壤水分入渗性能与坡度、坡向、株均高、容重、非毛管孔隙度、群落

密度、海拔等因子密切相关,而与坡位、盖度、有机质、土壤含水率、毛管孔隙度等因子关系甚微。

参考文献:

- [1] 姜海燕,赵雨森,陈祥伟,等. 大兴安岭岭南几种主要森林类型土壤水文功能研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(3):149-153.
- [2] 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.
- [3] 陈致富,魏天兴,赵健,等. 陕北风蚀水蚀交错区不同植被下土壤入渗性能差异性研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(3):232-235.
- [4] Sampson D A, Allen H L. Regional influences of soil available water holding capacity and climate, and leaf area index on simulated loblolly pine productivity[J]. Forest Ecology and Management, 1999, 24(1):1-12.
- [5] 徐广才,康慕谨,马敏,等. 内蒙古大青山哈拉沁流域中游草本植被与环境的关系[J]. 山地学报, 2007, 25(4):393-399.
- [6] 林大仪. 土壤学实习指导[M]. 北京:中国林业出版社, 2007.
- [7] 王辉,王全九,邵明安. 前期土壤含水量对坡面产流产沙特性影响的模拟试验[J]. 农业工程学报, 2008, 24(5):65-68.
- [8] 付海峰,姜志强,张书丰. 植物根系固坡效应模拟及稳定性数值分析[J]. 水土保持通报, 2007, 27(1):92-98.
- [9] 及金楠,张志强,Fourcaud Thierry,等. 蚌骨状根构型对典型土体抗倾覆力的有限元分析[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(3):14-18.
- [10] Kassiff G, Kopelovitz A. Strength properties of soil-root systems[J]. Israel Institute of Technology, 1968(25):36-44.
- [11] Waldron L J, Dakessian S. Soil reinforcement by roots: calculation of increased soil shear resistance from root properties[J]. Soil Science, 1981, 13:427-435.
- [12] Nilaweera N S. Effects of tree roots on slope stability: the case of Khao Luang Mountain area, Thailand[M]. Bangkok: Asian Institute of Technology, 1994.
- [13] 周跃,宏伟,徐强. 南松幼树垂直根的土壤增强作用[J]. 水土保持学报, 2000, 14(5):100-105.
- [14] 王文生,杨晓华,谢永利. 公路边坡植物的护坡机理[J]. 长安大学学报, 2005, 5(4):26-30.
- [15] 王铁桥,许文年,叶建军,等. 挖方岩石边坡绿化技术与方法探讨[J]. 三峡大学学报:自然科学版, 2003, 25(2):101-104.
- [16] 程洪,颜传盛,李建庆,等. 草本植物根系网的固土机制模式与力学试验研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(1):62-65.

(上接第 161 页)

参考文献:

- [1] 陈昌富,刘怀星,李亚平. 加筋土的护坡机理及强度准则试验研究[J]. 中南公路工程, 2006, 31(2):14-17.
- [2] 汤劲松,刘松玉,童立元. 植物根系的加筋作用对浅埋公路隧道施工稳定的影响[J]. 东南大学学报:自然科学版, 2009, 39(2):334-339.
- [3] Wu T H, Mckinnell W P, Swanson D N. Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1979(1):19-33.
- [4] 高齐治,张俊斌,张新萍. 台湾西南部优势竹类籐竹根力之研究[J]. 世界竹藤通讯, 2008(1):10-15.
- [5] 李成凯. 青藏高原黄土区四种草本植物单根抗拉特性研究[J]. 中国水土保持, 2008(5):33-36.
- [6] 李国荣,毛小青,倪三川,等. 浅析灌木与草本植物护坡效应[J]. 草业科学, 2007, 24(6):86-89.
- [7] 刘秀萍,陈丽华,宋维峰. 林木根系与黄土复合体的抗剪强度试验研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(5):67-72.