

不同竹林地土壤水分入渗研究

王艳红¹, 宋维峰¹, 李财金²

(1. 西南林学院 环境科学与工程系, 昆明 650224; 2. 深圳市水务局, 深圳 518036)

摘 要:通过对深圳茜坑水库水源保护区内 4 个主要竹林植被类型竹林试验小区土壤入渗性能的研究, 揭示了不同竹林类型对土壤渗透性的影响。研究结果表明: 不同竹林地土壤的初渗速率从小到大依次为毛竹试验区(1. 42 mm/ min)、勃氏甜龙竹试验区(11. 79 mm/ min)、麻竹试验区(12. 22 mm/ min) 和红竹试验区(18. 04 mm/ min)。稳渗速率由小到依次依次为毛竹试验区(0. 14 mm/ min)、勃氏甜龙竹试验区(1. 78 mm/ min)、麻竹试验区(2. 54 mm/ min) 和红竹试验区(3. 92 mm/ min)。毛竹林的土壤初渗率、稳渗率和平均入渗率均较低。土壤入渗性能与土壤孔隙度、土壤容重、土壤质地、土壤结构、土壤初始含水率、地表枯落物的厚度有关。相对于红竹林、麻竹林和勃氏甜龙竹林, 毛竹林的土壤入渗率较低, 不适宜作为水源涵养林的选择竹种。

关键词: 竹林; 土壤水分; 入渗

中图分类号: S152. 7 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2009) 02-0165-04

Study on Soil Water Infiltration in Different Types of Bamboo Areas

WNA G Yan-hong¹, SONG Wei-feng¹, LI Cai-jin²

(1. Environmental Science and Engineering Department, Southwest Forestry College, Kunming 650224 China;
2. ShenZhen Municipal Water Affairs Bureau, Shenzhen, Guangdong 518036, China)

Abstract: This paper researched soil infiltration of main bamboo types in Xikeng Reservoir water conservation region of Shenzhen. The soil infiltration was different through researched soil infiltration of 4 kinds of bamboo area. The variation of soil initial infiltration rate of different bamboo canopy from the smallest to the largest was *Phyllostachys pubescens* area(1. 42 mm/ min) , *Dendrocalamus brandisii* area(11. 79 mm/ min) , latifloeus area (12. 22 mm/ min) , *Phyllostachys iridescens* area (18. 04 mm/ min) . The soil stable infiltration rate from the smallest to the largest was *Phyllostachys pubescens* area(0. 14 mm/ min) , *Dendrocalamus brandisii* area (1. 78 mm/ min) , latifloeus area (2. 54 mm/ min) , *Phyllostachys iridescens* area (3. 29 mm/ min) . The soil initial infiltration rate, stable infiltration rate and mean infiltration rate was low of *Phyllostachys pubescens* . The soil infiltration was impacted by soil porosity, soil capacity, soil texture, soil structure, soil initial moisture content and litter. Compared with *latifloeus*, *Dendrocalamus brandisii* and *Phyllostachys iridescens*, *Phyllostachys pubescens* soil infiltration rates was low, and not as the choice of water conservation forest of bamboo.

Key words: Bamboo; soil water; infiltration

土壤入渗是指降雨落到地面上的雨水从土壤表面渗入土壤形成土壤水的过程, 它是降雨- 径流循环中的关键一环, 是降水、地表水、土壤水和地下水相互转化过程中的一个重要环节^[1]。

土壤水分入渗作为森林植被的主要水文过程, 是反映森林涵养水源功能的重要水文参数^[2]。已有研究表明: 在其它条件相同情况下, 土壤渗透性能越好, 地表径流越少, 土壤的流失量也相应减少^[3-4]。

* 收稿日期: 2008-07-09
基金项目: 云南省教育厅基金项目(07C10649)
作者简介: 王艳红 (1982-) 女, 云南安宁人, 硕士生, 主要研究方向: 森林水文。E-mail: wangyanhong20@126. com
通信作者: 宋维峰(1967-) , 男, 甘肃会宁人, 博士, 副教授, 主要研究方向: 生态环境工程, 森林水文。E-mail: songwf85@126. com

近年来,许多专家建议将“增加土壤入渗、就地拦蓄降雨径流”作为防治土壤侵蚀的战略决策^[5-7]。因此,土壤的渗透能力是影响土壤侵蚀的重要因素之一,是土壤水文效应评价的重要指标^[8-10],同时也是实施水土保持规划时必须认真考虑的因素。

因此,土壤入渗是反映林地涵养水源能力的重要水文指标。一定范围内土壤水分入渗速率较大即意味着较多降水转化为土壤水和地下水,延缓地表径流形成,降低洪水及其它灾害的威胁,因而土壤入渗性能具有重要生态效益。

对深圳茜坑水库 4 种主要水源保护林类型的土壤入渗特性进行研究,用土壤层的渗透性能来作为衡量林地土壤涵蓄水分潜力的指标之一,为评价茜坑水库水源保护林涵养水源的水文生态功能提供科学依据。

1 试验地概况

试验区布设于深圳茜坑水库水源保护区内,距离深圳市宝安区观澜镇西南约 5 km,处于观澜河一级支流茜坑河的上游,集雨面积 4.98 km²。试验区地处亚热带季风气候区,年平均气温为 22.4℃,年平均降雨量 1 944 mm。库区地貌类型为丘陵,海拔高程最高为 173.2 m,最低为 50.3 m,地面平均坡度 15°。

试验区域内出露的岩体均为中-强风化的高潭超单元中粗粒黑云母花岗岩,属坚硬岩类,多为中-强风化。土壤主要为发育在花岗岩母质上的赤红壤,风化壳深厚,平均厚度在 10~20 m,最厚可达 30 m。风化壳的剖面可分为 3 层:红土层、网纹层、构造残积层。在 4 个试验小区中,红竹试验区的土壤质地为中壤土,其各土层的黏粒含量比其它 3 个试验区的都要高。麻竹试验区为砂壤土,云南甜竹和毛笋竹试验区均为砂土。其粗沙粒含量都很高,结构松散,机械强度弱;网纹层和构造残积层黏粒含量极低,抗侵蚀力极弱。有机质含量 2.5%,为中等肥力土壤;但受蚀区域和地表扰动(如取土)区,土壤瘠薄,母质裸露,土壤有机质含量不足 0.3%。

2 试验方法

2.1 样地选择

选择立地条件基本相同的不同品种竹林地,在竹林地内分别设置 20 m × 20 m = 400 m² 的固定样地作为试验小区。为防止边际效应的影响,样地周围应有同品种的竹子 3 行以上作为保护带;另外,样地内的竹子尽量是初植密度,保存率不得小于

95%。以勃氏甜龙竹、麻竹、红竹、毛竹、4 个不同的竹林类型为研究对象,每个品种选择一块样地作为一个处理,按处理 1~4 顺序编号;每个处理为一个试验小区,即共 4 个试验小区,总面积 1 600 m²,试验小区按不同竹林类型的种命名。本实验共分为 4 个试验小区,分别为:麻竹试验区、勃氏甜龙竹试验区、红竹试验区、毛竹试验区。

2.2 土壤物理性质的测定

2.2.1 土壤容重测定 采用环刀法,用 5 种不同容积型号的环刀,一次性采集 12 个土壤样品,在室内测定,按式(1)计算。

$$\text{土壤容重} = \frac{\text{环刀内烘干土质量}}{\text{环刀体积}} \quad (1)$$

2.2.2 土壤总孔隙度的测定 利用测定过容重的环刀土质量,浸水 12 h(水面高齐环刀上沿),此时所有非毛管孔隙和毛管孔隙均充满水,套上干净塑料袋,称量至恒质量。

$$\begin{aligned} \text{饱和含水率} &= (\text{浸泡后环刀和湿土质量} - \\ &\text{环刀和烘干土质量} / \text{烘干土质量}) \times 100\% \quad (2) \end{aligned}$$

$$\text{总孔隙度} = \text{饱和含水率} \times \text{土壤容重} \times 100\% \quad (3)$$

2.2.3 土壤毛管孔隙度测定 将测过饱和含水率的环刀,置于沙盘上放置 12 h,此时环刀中土壤的非毛管水已全部流出,但土壤毛管中仍充满水,套上塑料袋称至恒质量。

$$\begin{aligned} \text{毛管含水率} &= [(\text{放置后的土质量} - \\ &\text{烘干后土质量}) / \text{烘干土质量}] \times 100\% \quad (4) \end{aligned}$$

$$\text{毛管孔隙度} = \text{毛管含水率} \times \text{土壤容重} \times 100\%$$

2.2.4 土壤非毛管孔隙度计算

$$\text{非毛管孔隙度} = \text{总孔隙度} - \text{毛管孔隙度}$$

$$\begin{aligned} \text{或 非毛管孔隙度} &= \text{饱和含水率} - \\ &\text{毛管含水率} \times \text{土壤容重} \quad (5) \end{aligned}$$

2.2.5 土壤水分测定 采用恒温箱烘干法。

2.3 林内一次性降雨量测定

在标准地内,以平均标准木作样本,以样本的树干为中心,在冠幅 1/2 处 4 个方位的林地上各置放一个量雨筒,测定林内的穿透雨量和滴落雨量,用圆形塑料管镶嵌于样木树干上,外围钉上 10 cm 高铁片,下接储水筒,测定树干径流,按式(6)计算出林内一次性降水量。

$$\begin{aligned} \text{林内降水量(mm)} &= \text{穿透雨量} + \text{滴落雨量} + \\ &\text{树干径流量} \quad (6) \end{aligned}$$

2.4 土壤渗透性能测定

在标准地土壤剖面附近,选择一块地面无裂缝,地下无洞穴的地方,用容积为 785 cm³,直径 10 cm 的渗透筒,取表层土约 10 cm,带回室内测定,利用达西定律计算渗透速度。

$V_T = K_T [(H + L)/L] = Q \cdot 10 / (A \cdot t)$

式中: V_T ——温度 T (°C) 时的渗透速度 (mm/min);
 K_T ——温度 T (°C) 时的渗透系数; H ——水层厚度 (cm); L ——水柱长度 (cm), Q ——渗出水水量 (mm);
 A ——渗透筒底面积 (cm²); t ——渗透历时。

表 1 各试验区土壤物理性质

试验区名称	土层厚度/cm	枯落物层厚度/cm	孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	自然含水率/%	容重/(g·cm ⁻³)
麻竹	0- 15	6.50	48.6	41.74	6.86	26.20	1.17
勃氏甜龙竹	0- 15	7.45	53.1	41.17	11.93	17.78	1.25
红竹	0- 15	8.01	58.2	41.17	9.13	21.81	1.23
毛竹	0- 15	6.32	50.3	45.19	13.01	29.50	1.59

3.2 不同试验区土壤初渗率

不同类型的试验小区其土壤的初渗速率相差较大,最大的红竹试验区与最小的毛竹试验区的差值为 16.62 mm/min。主要原因是表层土壤的孔隙结构对降雨入渗起决定性作用^[11]。4 个试验小区的土壤总孔隙度与毛管孔隙度均随着土层厚度的增加而逐层递减,变化幅度最大的是毛竹试验区,通过研究得到不同林地土壤的初渗速率从小到大依次为毛竹试验区(1.42 mm/min)、勃氏甜龙竹试验区(11.79 mm/min)、麻竹试验区(12.22 mm/min)和红竹试验区(18.04 mm/min)。红竹试验区的初始入渗速率较大,主要是因为该试验区在整地时,把原有的果树移走后再种植竹子,对土壤的扰动较大,使土壤结构变得松散,总孔隙度较大,所以初始入渗速率会偏大。因此,不同地形地貌、土地利用方式等外界条件对土壤内在理化性质均有显著的影响,从而形成不同外界条件下土壤入渗的特异规律。其次,土壤质地、土壤结构是影响土壤水分入渗特征的主导因素^[12]。土壤质地对土壤入渗能力的影响十分明显,土壤质地由轻变重,土壤入渗能力减小^[13]。从土壤质地来看,0- 15 cm 土层的容重比较小,说明该土层具有比较大的孔隙度,因而初始入渗也会比较大。毛竹试验区的入渗速率小的原因可能是由于该试验区土壤比较紧实,土壤容重也比较大,导致该试验区的土壤孔隙度较小,所以初始入渗速率偏小。红竹试验区表层土质疏松,呈团粒状结构,其土壤渗透性也较好。

另外,土壤有机质含量对土壤入渗的影响较大^[14]。土壤有机质含量高,土壤的入渗能力也大,0- 15 cm 的土壤层移栽竹种时由于人为扰动及其土壤母质的不同而导致土壤孔隙度不同,最终导致入渗性能的差异。

3.3 不同试验区土壤稳渗率

各试验小区的土壤稳渗速率由小到大依次为毛

3 结果分析

3.1 各试验小区土壤物理特征

根据上述试验和计算方法,在土层厚度为 0- 15 cm 测得各试验小区的物理特征如表 1。

竹试验区(0.14 mm/min)、勃氏甜龙竹试验区(1.78 mm/min)、麻竹试验区(2.54 mm/min)和红竹试验区(3.92 mm/min)。各试验小区的稳渗速率相差也较大,最大的红竹试验区与最小的毛竹试验区差值为 3.77 mm/min。

本文关于初始含水率对入渗影响的研究,是在含水率分布均匀的前提下研究不同大小含水率值对入渗的影响^[15]。研究结果表明:随着初始含水率的增大,初损值降低,初渗率变小,趋于稳定入渗速率的时间变短;土壤越干燥,初始入渗速率越大。土壤结构由疏松变密实,土壤水分入渗能力逐渐减小,土壤含水率的变化引起土壤水分入渗能力变化^[16]。

研究表明:纯林的土壤初渗速率、稳渗速率与土壤容重、孔隙度关系的变化规律基本一致。测定过程中,麻竹试验区、勃氏甜龙竹试验区和红竹试验区达到稳定历时较长,初始下渗速率与稳渗率变化大,而毛竹试验区、初始下渗速率与稳渗率变化不大。

林地枯枝落叶层的存在以及分解转化是林地维持高的入渗能力的重要原因之一^[17]。枯枝落叶腐烂分解释放养分归还土壤,对土壤结构产生巨大影响,一方面枯枝落叶为土壤中的动物、微生物的活动提供食物(能量),其生物活动易在土体内产生孔隙;另一方面枯枝落叶腐烂分解后形成的腐殖质与黏粒结合形成微团聚体,使土体变得疏松透水,同时枯落物的存在和团粒结构的形成,提高了土壤表面的糙率,延缓径流,起到了增加入渗的功效。在 4 个试验区中,红竹地表凋落物层厚度为 8 cm,是所有试验区中枯落物层最厚的,其土壤稳渗率也相对较大,主要是因为枯落物的存在提高了土壤表面的糙率和孔隙度,而影响了稳渗率。

3.4 不同试验区土壤平均入渗率

红竹试验区的土壤容重最小,而土壤平均入渗率是红竹试验区最大,为 6.51 mm/min,勃氏甜龙

竹试验区(3.16 mm/min)、麻竹试验区(3.02 mm/min)和毛竹试验区最小,均为0.35 mm/min,因此可以看出土壤入渗率与土壤容重之间呈极显著负相关^[18-19]。降雨量的大小也是影响土壤入渗的一个因素,降雨量与入渗能力呈良好的线性关系。

竹林植被以其独特的方式对土壤入渗性能产生直接和间接的影响^[20]。由于林冠和枯枝落叶层对大气降雨的拦截作用,降低和延缓了到达林地土壤表面的降雨量和降雨强度,延长了降雨过程,从而延缓了从初渗到稳渗的递减梯度,有利于提高入渗率,增加累积入渗量。其次,林冠和地被物显著地降低了雨滴打击力。森林植被通过对降雨的拦截和缓冲作用可降低天然降雨的势能和动能,避免雨滴直接溅击地表,有利于保护表土层原有的结构,使土壤入渗过程顺利进行,促进土壤渗透性能,提高土壤入渗量^[21]。

4 结论与讨论

竹林土壤发育于不同岩性的母岩,其理化性状存在差异,从而影响土壤的蓄水保水性能。

竹林土壤发育于相同母岩,若准林群落类型不同,则土壤物理性状存在差异,其含蓄水分和水土保持等功能也不相同。

各林分所具有的渗透性能受林地土壤理化性质影响较大,在影响土壤入渗能力的因素中,主要表现是土壤容重和孔隙度。林地土壤孔隙度大,土壤结构良好,质地疏松,降雨后,把大量的地表径流变成缓慢流动的土壤径流^[22],渗透到土壤中的水分绝大部分因重力作用经过非毛管孔隙下渗到土壤下层。林分能有效地影响土壤的物理性状,改善土壤结构,增加土壤的非毛管孔隙度^[17],提高土壤的入渗性能,从而提高土壤的蓄水量很好的起到蓄水作用。

测定结果表明研究区土壤稳渗率均较大,对于容纳降水、减少地表径流和水土流失具有积极作用;其中散生竹类红竹和麻竹、勃氏甜龙竹林地的土壤稳渗率较大,毛竹、稳渗率较小,表明仅就土壤入渗性能这一指标而言,红竹、麻竹、云南甜竹3种竹林其土壤入渗性能较好,涵养水源功能较强,是营造在水源涵养竹林的适宜竹种,而毛竹林的土壤入渗率较低,因此毛竹不适宜作为水源涵养林的选择竹种。

参考文献:

[1] 夏江宝,杨吉华,李红云.不同外界条件下土壤入渗性能的研究[J].水土保持研究,2004,11(2):191.
[2] 王兵,魏文俊.宁夏六盘山不同森林类型土壤贮水与入

渗研究[J].内蒙古农业大学学报,2006,27(3):1-5.
[3] 许明祥,刘国彬,卜崇峰,等.圆盘入渗仪法测定不同利用方式土壤渗透性试验研究[J].农业工程学报,2002,18(4):54-58.
[4] 杨海龙,朱金兆,毕利东.三峡库区森林流域生态系统土壤渗透性能的研究[J].水土保持学报,2003,7(3):63-65.
[5] 陈丽华,余新晓.晋西黄土地区水土保持林地土壤入渗性能的研究[J].北京林业大学学报,1995,17(1):42-47.
[6] 董三孝.黄土丘陵区退耕坡地植被自然恢复过程及其对土壤入渗的影响[J].水土保持通报,2004,24(4):1-5.
[7] 袁建平.纸坊沟流域土壤入渗速率随空间和治理度之变异规律[J].水土保持学报,2000,14(4):121-124.
[8] 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.
[9] 牛云,刘贤德,张虎,等.祁连山水源涵养林土壤渗透功能的分析与评价[J].西北林学院学报,2001,16(增刊):35-38.
[10] 王秀芬,曹成有,刘玉学,等.辽宁东部山区森林土壤渗透性能和蓄水功能[J].辽宁林业科技,1997(2):21-23.
[11] 周金龙,董新光,王斌.新疆平原区降水入渗补给地下水研究[J].西北水资源与水工程,2002,13(4):10-14.
[12] 姚贤良,程云生,等.土壤物理学[M].北京:农业出版社,1986.
[13] 解文艳,樊贵盛.土壤质地对土壤入渗能力的影响[J].太原理工大学学报,2004,35(5):537-540.
[14] 胡海波,张金池.平原粉沙淤泥质海岸防护林土壤渗透性的研究[J].水土保持学报,2001,15(1):39-42.
[15] Philip J R. The theory of infiltration: 5, the influence of the initial moisture content[J]. Soil Sci. 1958,84:329-339.
[16] 冯锦萍,樊贵盛.土壤水分入渗年变化特性的试验研究[J].太原理工大学学报,2003,34(1):16-19.
[17] 王礼先.水土保持学[M].北京:中国林业出版社,1995.
[18] 蒋定生,黄国俊.黄土高原土壤入渗速率的研究[J].土壤学报,1986,23(4):54-57.
[19] 王国梁,周生路,刘国彬.黄土丘陵沟壑区小流域植被恢复对土壤稳定入渗率的影响[J].自然资源学报,2003,18(5):530-532.
[20] 郭忠升,吴钦孝.森林植被对土壤入渗速率的影响[J].陕西林业科技,1996(3):27-31.
[21] 王力,邵明安,王全九.林地土壤水分运动研究述评[J].林业科学,2005,41(2):147-148.
[22] 杨吉华,张永涛,高祥伟,等.封山育林提高森林蓄水保土效益的研究[J].水土保持研究,2001,8(3):2-5.