

小流域森林生态系统林地土壤渗透性能研究

田育新¹,李锡泉¹,吴建平¹,陈业银²,姚 敏¹,王中建²,吴天乐¹
(1. 湖南省林业科学院,长沙 410004;2. 慈利县林业局,湖南 慈利 415300)

摘 要:通过对女儿寨森林小流域 11 块标准地土壤渗透性能的研究表明,不同标准地的贮水能力受土壤的厚度和非毛管孔隙度的影响较大,在 112~598.5 t/hm² 之间;土壤的初渗速度在 18.62~38.94 mm/min 之间;土壤的稳渗速度在 1.42~7.61 mm/min 之间;次生林比人工林具有更强的渗透性能;土壤入渗过程的回归方程表现为乘幂函数形式,回归系数 R 在 0.88~0.99 之间,方程拟合效果较好。
关键词:渗透性能;贮水能力;入渗模型;森林土壤
中图分类号:S715 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2006)04-0173-03

Soil Permeability Research on Small Area Forest Watershed Ecosystem

TIAN Yu xin¹,LI Xi quan¹,WU Jian ping¹,
CHEN Ye yin²,YAO Min¹,WANG Zhong jian²,WU Tian le¹
(1. Hunan Forestry Academy, Changsha 410004, China;
2. Forestry Bureau of Cili County, Cili 415300, China)

Abstract :By research of the soil permeability of 11 sample plots at N ǔrzhai small area watershed ,it is proposed that water stor-age capacity of different sample plots is influenced by the thickness of soil and soil non-capillary porosity ,and its values are be-tween 112~598.5t/ hm² . Soil first permeability coefficients are between 18.62~38.94 mm/ min ,and solid permeability coeffi-cients are between 1.42~7.61mm/ min. Secodary natural forest has better permeability than plantation. Soil permeability coef-ficients regression equation performs exponent relation. Regression coefficients are between 0.88~0.99 ,and it shows that e-quation analog effect is good.
Key words :permeability ;water storage capacity ;permeability model ;forest soil

森林的水源涵养功能是森林生态系统的重要功能之一,不同的林分类型由于其组成树种的生物学特性、林分结构与质量的不同,其林分涵养水源的效应也存在一定的差异^[1~5]。而森林土壤是森林涵养水源的主体,森林土壤是一座天然的大水库^[1,6]。降水从地面进入土壤中的现象称为入渗^[7]。到达林地表面的降水,除很小一部分成为地表径流以外,其中大部分渗入到土壤中,成为土壤贮水和地下径流,从而表现出林地涵养水源和保持水土的功能。本文通过对小流域不同植物群落林地土壤渗透性能的研究,旨在为退耕还林工程及其它生态环境建设提供理论依据。

1 试验区概况

女儿寨小流域位于慈利县城西北约 7 km 处,为澧水二 级小支流,大致呈南北向,属武陵山脉低山区,沟口海拔 210 m,最高峰 917.4 m,主沟长约 1.2 km,小流域面积 2.81 km²,属典型亚热带湿润地区。气候特点为春季温湿多变、夏季酷热期长、秋季凉爽多旱、冬少严寒。小流域内地形复杂,山峦起伏,沟壑纵横,沟壑密度约 2.6 km/ km²,主沟纵比降约 28.4 ‰。
女儿寨小流域森林覆盖率 72.0 ‰,现保存有次生林

129.32 hm²、人工林 73 hm²,共 202.32 hm²,见表 1。

表 1 小流域森林资源现状表								hm ²
保存 面积	次生林			人工林			合计	
	天然次生林	封山育林	小计	防护林	用材林	经济林		
面积	84.32	45	129.32	49	11.9	12.1	73	202.32

2 研究方法

- (1)在标准地(20 m ×20 m)采用每木调查法,调查样地内植物种类、生长状况(平均胸径、平均高)、以确定主要植物群落类型^[8]。
- (2)采用土壤剖面法^[9,10],确定母质、土壤类型。
- (3)采用烘干恒重法^[9,10],分别在标准样地内取土样,测定其天然含水量^[9,10]。
- (4)采用环刀法^[9,10]测定土壤总孔隙度、非毛管孔隙度,通过计算求出毛管孔隙度和土壤贮水力。
- (5)采用双环法^[9,10]测定不同植物群落下土壤渗透过程,通过回归分析模拟渗透过程曲线方程。
标准地调查结果详见表 2。

* 收稿日期:2005-08-01
基金项目:国家林业局退耕还林效益监测网络项目;湖南省林业厅重点项目“湖南省退耕还林效益监测”;“湖南省长防林效益监测”资助项目
作者简介:田育新(1968 -),男,副研究员,主要从事水土保持、森林生态等方面的研究,已发表论文 20 多篇。

表 2 标准地基本特征

编号	林分	起源	坡度(度)	母质	土壤	平均胸径/cm	平均高/m	郁闭度	下层主要植物
1	马尾松	人工	35	砂岩	红壤	9.61	10.86	0.60	映山红、白栎、井口边草、白花败酱、乌韭,等
2	杜仲	人工	15	砂岩	红壤	4.20	3.49	0.80	三月泡、小构、悬钩子、油茶、荩草、鳞毛蕨,等
3	油桐	人工	35	砂岩	黄红壤	3.61	8.57	0.70	冬茅、苎麻、鱼腥草、糙苏、井口边草、蕨,等
4	灌丛	次生	30	砂岩	黄红壤	3.25	2.55	0.20	悬钩子、新木姜、蒺藜、糯米条、地杨梅,等
5	润楠	次生	30	砂岩	黄壤	11.28	16.26	0.70	刺五加、白栎、忍冬、贯众、井口边草、蕨,等
6	山杜英	次生	26	板页岩	红壤	22.02	14.40	0.70	杜茎山、四照花、胡颓子、大青、苔草,等
7	甜槠	次生	24	板页岩	黄壤	17.40	10.60	0.85	杜鹃、杜茎山、米饭花、里白、苔草,等
8	枫香	次生	18	板页岩	黄壤	27.30	14.25	0.85	继木、悬钩子、粗糠柴、绞股蓝、蕨,等
9	木荷	次生	25	板页岩	黄壤	16.53	13.65	0.50	红淡、杜鹃、油茶、鱼鳞木、里白、蕨,等
10	杉木	人工	20	板页岩	红壤	17.84	14.20	0.80	六月雪、杜茎山、荨麻、山苍子、苔草、蕨,等
11	荒地		25	砂页岩	红壤	/	/	/	盐肤木、油茶、石岩枫、狗尾草、仙鹤草,等

3 结果与分析

3.1 土壤贮水能力

林地土壤是森林涵养水源的主体,林地具有大量的腐根所形成的孔隙、动物孔隙其它非毛管孔隙;同时具有较多的有机质和水稳性团聚体。因此,降水可沿着土壤孔隙下渗,贮存于土壤孔隙中或转变为地下径流。林地土壤对降水的调节能力主要表现在对降水的动态调蓄能力(即渗透能力)和静态调蓄能力^[11]。

土壤贮水量和贮蓄方式受其物理性质影响很大,土壤贮水能力是评价不同植物群落下的土壤涵养水源及调节水分循环的一个重要指标^[12],其计算公式为:

$$S = 10000 \times h \times p \times r$$

式中: S ——土壤贮水能力(t/hm^2); h ——土壤厚度; p ——非毛管孔隙度; r ——水的比重。

土壤贮水能力计算结果见表 3,从表中可以看出:荒地的贮水能力在所有类型中最小,仅有 $112.0 t/hm^2$ 。次生林林地的贮水能力最强,贮水能力在 $315.0 \sim 598.5 t/hm^2$ 之间,是荒地贮水能力的 $2.81 \sim 5.34$ 倍,其大小排序为:甜槠>木荷>山杜英>枫香>灌丛>润楠林。人工林(除杉木林)林地的贮水能力处于次生林和荒地的贮水能力之间,贮水能力在 $187.0 \sim 262.5 t/hm^2$ 之间,是荒地贮水能力的 $1.67 \sim 2.34$ 倍,其大小排序为:杜仲>油桐>马尾松。杉木人工林的贮水能力较大,其贮水能力为 $513.4 t/hm^2$,这主要是因为营造杉木林以前进行了撩壕整地所致,由此可见,人为整地干扰措施,有助于改善土壤非毛管孔隙度,提高土壤的贮水能力。

综上所述,不同林分由于其起源和组成树种的不同,所形成的土壤结构差异显著,从而导致了土壤贮水能力的明显不同,次生林具有较高的调节和涵养水源的功能,人工林次之,荒山最小。

3.2 土壤渗透性能

土壤的渗透性能是土壤的重要水分物理性质之一,也是林分涵养水源的重要指标。土壤的渗透性能的好坏,直接关系到地表产生径流量的大小,对土壤侵蚀的影响很大。土壤的渗透性能越好,地表径流就越少,土壤的侵蚀量也会相应地减少。由于植被的恢复方式不同,同一类型的土地,其渗透性能也会有很大的差异。植被的恢复方式可分为自然恢复和人工恢复两种,不同植被恢复方式条件下林地和 CK(荒山)土壤的性能指标的测定结果见表 4。

从表 4 中可以看出:土壤的初渗速度与土壤的天然含水量有关,土壤的天然含水量越低,则土壤的初渗速度就越大;反之,天然含水量越高,则土壤的初渗速度就越小。土壤的稳渗速度与天然含水量无关,但与植被的恢复方式及人为干扰情况有关。CK(荒山)的稳渗速度最小,为 $1.42 mm/min$ 。次生林林地土壤的稳渗速度最大,在 $2.92 \sim 7.61 mm/min$ 之间,为 CK(荒山)的 $2.06 \sim 5.36$ 倍,其大小排列顺序为枫香>山杜英>甜槠>木荷>润楠>灌丛。人工林(除杉木林)林地的土壤稳渗速度介于次生林和 CK(荒地)之间,稳渗速度在 $2.30 \sim 2.92 mm/min$ 之间,其大小排列顺序为油桐>杜仲>甜槠>马尾松。而杉木人工林林地土壤的稳渗速度为 $5.43 mm/min$,明显高出其它人工林的稳渗速度,这主要是因为营造杉木林以前进行了撩壕整地并改善土壤的非毛管孔隙度,提高了土壤的稳渗速度。

表 3 土壤贮水能力计算表

样地	土层厚度 /cm	总孔隙度 /%	毛管孔隙度 /%	非毛管孔隙度 /%	贮水能力 /($t \cdot hm^{-2}$)
马尾松	55	42.95	39.55	3.40	187.0
杜仲	75	35.72	32.22	3.50	262.5
油桐	80	41.63	38.53	3.10	248.0
灌丛	90	48.69	44.89	3.80	342.0
润楠林	75	39.54	35.34	4.20	315.0
山杜英	56	59.54	53.24	6.30	352.8
甜槠	45	64.23	50.93	13.30	598.5
枫香	80	51.58	47.28	4.30	344.0
木荷	56	46.15	39.2	6.90	386.4
杉木	68	47.73	40.18	7.55	513.4
荒地	40	41.63	38.83	2.80	112.0

综上所述,不同林分由于其起源和组成树种的不同,所形成土壤的渗透性能也明显不同,次生林具有较高的渗透性能,人工林次之,荒山最小。

3.3 土壤渗透过程模型

目前描述土壤入渗过程的模型较多^[13],常用的主要有以下几种:

(1) 考斯加柯夫公式: $f = a \times t^{-1/2}$,式中: f 、 a 、 t 分别为入渗率、常数和时

(2) 菲利普公式: $f = (1/2) \times s \times t^{-1/2} + b$,式中: f 、 s 、 b 、 t 分别为入渗率、吸水率、稳渗速率和时

(3) 霍顿公式: $f = f_0 + (f_c - f_0) \times e^{-kt}$,式中: f 为 t 的

时刻的入渗率; f_c 、 f_0 分别为稳定、初始入渗率; k 为常数。
通过对 11 块标准地土壤入渗过程的测定数据进行回归分析,土壤入渗过程的回归方程为乘幂函数形式:

$$f = a \times t - b$$

式中: f —— t 时该的入渗率; a 、 b ——常数; t ——时刻。

表 4 土壤渗透速度及渗透模型									
样地	土壤含水率/%	初渗速度/(mm·min ⁻¹)	稳渗速度/(mm·min ⁻¹)	渗透过程模拟方程	相关系数 R	置信水平 P	限制区间		
马尾松	10.09	38.94	2.3	$f = 13.8164t^{-0.45}$	0.99	<0.01	$0 < t < 90 \text{ min}$		
杜 仲	11.63	32.59	2.92	$f = 16.3128t^{-0.43}$	0.95	<0.01	$0 < t < 50 \text{ min}$		
油 桐	16.01	18.47	2.51	$f = 10.5984t^{-0.32}$	0.97	<0.01	$0 < t < 80 \text{ min}$		
灌 丛	17.01	22.45	2.92	$f = 13.2637t^{-0.35}$	0.91	<0.01	$0 < t < 70 \text{ min}$		
润楠林	29.54	24.82	4.28	$f = 14.1307t^{-0.29}$	0.92	<0.01	$0 < t < 50 \text{ min}$		
山杜英	18.82	26.77	7.23	$f = 28.5225t^{-0.37}$	0.94	<0.01	$0 < t < 40 \text{ min}$		
甜 槠	22.03	27.56	7.15	$f = 25.7340t^{-0.31}$	0.89	<0.01	$0 < t < 60 \text{ min}$		
枫 香	12.33	33.22	7.61	$f = 30.8979t^{-0.33}$	0.96	<0.01	$0 < t < 60 \text{ min}$		
木 荷	15.71	26.41	6.19	$f = 32.0984t^{-0.39}$	0.93	<0.01	$0 < t < 60 \text{ min}$		
杉 木	13.24	36.93	5.43	$f = 19.0559t^{-0.28}$	0.88	<0.01	$0 < t < 80 \text{ min}$		
荒地	15.76	18.62	1.42	$f = 17.5606t^{-0.56}$	0.92	<0.01	$0 < t < 80 \text{ min}$		

通过回归模拟,结果见表 4。从表中可以看出,相关系数 R 在 0.88~0.99 之间,说明方程拟合效果较好。从模拟回归方程的幂指数 b 的大小来看,只有马尾松林地、杜仲林地和荒地更接近考斯加柯夫公式中的系数 1/2。
这了更好地反映不同植被恢复方式条件下的土壤入渗过程以及渗透量的大小,现将其做成模拟趋势线图,见图 1。

参考文献:

[1] 王勤,张宗应,徐小利. 安徽大别山区不同林分类型的土壤特性及水源涵养功能[J]. 水土保持学报,2003,17(3):59-62.
[2] 杨海光,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,2003,17(3):63-65.
[3] 姜志林. 森林生态系统蓄水保土的功能[J]. 生态学杂志,1984,(6):58-63.
[4] 张国防,等. 闽江流域洪灾与森林生态环境的研究. 闽江流域洪灾与森林水文效应[J]. 福建林业科技,2000,27(1):63-66.
[5] 陈卓梅,等. 秃杉混交林水源涵养功能的研究[J]. 福建林学院学报,2002,22(3):266-269.
[6] 郑郁群,等. 福建含笑杉木混交林水源涵养功能差异研究[J]. 福建林学院学报,1997,17(2):126-130.
[7] 马雪华. 森林水文学[M]. 北京:中国林业出版社,1993.101-110.
[8] 刘焯章. 森林生态系统定位研究[M]. 北京:中国林业出版社,1993.187-194.
[9] 田大伦. 杉木林生态系统定位研究方法[M]. 北京:科学出版社,2004.103-157.
[10] 张万儒,许本彤. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京:中国林业出版社,1986.30-36.
[11] 王棣,吕皎. 油松混交林的水土保持及水源涵养功能研究[J]. 水土保持学报,2001,15(4):44-46.
[12] 余新晓,张建军,朱金兆. 黄土地区防护林生态系统土壤水分条件的分析与评价[J]. 林业科学,1996,32(4):289-296.
[13] 张增哲,余新晓. 中国森林水文研究现状和主要成果综述[M]. 北京:测绘出版社,1989.

(上接第 172 页)

分析了主要乔灌木的生态位宽度,在乔木树种种群生态位宽度方面,蒙椴、柞栎、春榆的生态位宽度较大,其生态位宽度的 Levins 和 Hurlbert 指数值分别是 4.198 7、2.681 4、2.604 5 和 0.246 1、0.129 3、0.123 4,在灌木树种种群生态位宽度方面,荆条、小叶朴和酸枣的生态位宽度较大,其 Levins 和 Hurlbert 生态位宽度指数值分别是 8.636 4、8.518 1、5.111 6 和 0.381 8、0.375 9、0.205 6。在不同演替阶段优势种生态位宽度从大到小的排序为荆条、三裂绣线

参考文献:

[1] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,1995.
[2] 李毅,朱金兆,朱清科. 生态位理论及其应用研究进展[J]. 北京林业大学学报,2003,25(1):10-15.
[3] 刘世荣,蒋有绪,史作民,等. 中国暖温带森林生物多样性研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1998.
[4] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社,2004.

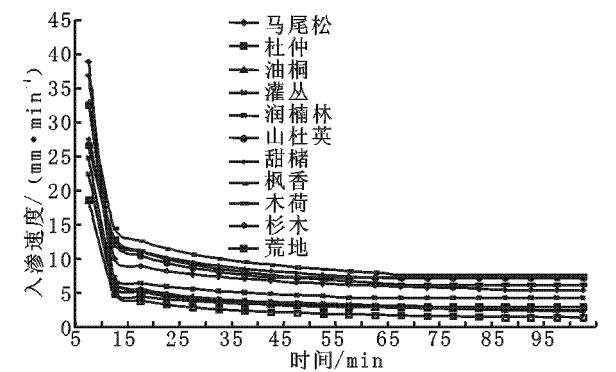


图 1 不同林分林地土壤入渗过程趋势线图

4 小 结

- (1) 林地土壤的贮水能力由土壤厚度和非毛管孔隙度决定,并与土壤的植被恢复方式及人为干扰措施有关,次生林地土壤的贮水能力最大,人工林次之,荒山最小。
(2) 土壤的初渗速度与土壤的天然含水量有一定的关系,土壤天然含水量越高,土壤初渗速度就越小。
(3) 土壤的稳渗速度与天然含水量无关,但与植被的恢复方式及人为干扰情况有关。次生林林地土壤的稳渗速度最大,人工林次之,荒山最小。人为干扰措施(如撩壕整地、抚育等)能提高土壤的稳渗速度。
(4) 土壤入渗过程的回归方程表现为乘幂函数形式,回归系数 R 在 0.88~0.99 之间,说明方程拟合效果较好。