

新泰土门林场 4 种林地土壤蓄水性能及渗透速率的研究

刘培娟^{1,2}, 杨吉华¹, 王兴翠¹, 孙友², 李建伟², 孙金芬²

(1. 山东农业大学 林学院水土保持系, 山东 泰安 271018; 2. 山东省诸城市水利水产局, 山东 诸城 262200)

摘 要: 研究了新泰市土门林场内麻栎、刺槐、侧柏和油松 4 种林地土壤的蓄水性能和渗透速率。结果表明: 4 种林地土壤的蓄水能力和渗透速率均明显高于荒坡地。4 种林地 0– 20 cm 土壤层的土壤含水量均高于 20– 40 cm 层; 4 种林地 0– 20 cm 和 20– 40 cm 土壤层的蓄水能力从大到小的顺序均为刺槐林> 麻栎林> 侧柏林> 油松林。4 种林地土壤的渗透系数从大到小依次为刺槐林> 麻栎林> 侧柏林> 油松林。
关键词: 林地土壤物理性状; 土壤蓄水量; 土壤入渗
中图分类号: S715 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2007)06-0030-03

Study on Soil Water-holding Capability and Permeation Speed under Four Kinds of Forestland in Xintai Tumen Tree Farm

LIU Pei-juan^{1,2}, YANG Ji-hua¹, WANG Xing-cui¹, SUN You², LI Jian-wei², SUN Jin-fen²

(1. Soil and Water Conservation Department of Forest College, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China; 2. Zhuchengshi Water Aquatic Board, Zhucheng, Shandong 262200, China)

Abstract: This article studied the soil water-holding capability and permeation speed under the four kinds of forests of *Quercus acutissima*, *Robinia pseudoacacia*, *Platycladus orientalis* and *Pinus tabulaeformis* in Xintai Tumen tree farm. The results showed that the water-holding capacity and permeation speed of the forestlands were both obviously higher than that of barren slope. The soil water-holding contents of the four kinds of forestlands in 0– 20 cm soil layer were higher than in 20– 40 cm soil layer. The sequences of water-holding capacity of the four kinds of forestlands were: *Robinia pseudoacacia* forestland> *Quercus acutissima* forestland> *Platycladus orientalis* forestland> *Pinus tabulaeformis* forestland. The sequences of infiltration coefficient of the four kinds of forestlands were: *Robinia pseudoacacia* forestland> *Quercus acutissima* forestland> *Platycladus orientalis* forestland> *Pinus tabulaeformis* forestland.

Key words: forest soil physical properties; water-holding capacity; soil permeability

土壤层是水源涵养林水文效应的第三活动层, 降入林下的水量在这里进行第三次分配, 即通过林冠层和枯枝落叶层的水分, 将贮存在土壤中被根系吸收, 蒸腾与土面蒸发, 最后多余的水量渗透到土壤下层成为地下水保存下来或以潜流流出林外。在一个森林生态系统, 有根系的土层是巨大的水分贮蓄库和水文调节器^[1, 6]。水分蓄存均取决于孔隙度的大小和性质, 土壤孔隙可分为毛管孔隙和非毛管孔隙。毛管孔隙蓄存的水分, 只能供植物根系吸收或土壤蒸发, 而非毛管孔隙除为饱和土壤水分提供通道外, 还为水分的暂时贮存提供了空间, 这种贮存水对水资源管理极为重要^[2, 7]。本文通过对新泰市土门林场内麻栎(*Quercus acutissima*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)和油松(*Pinus tabulaeformis*) 4 种林地土壤物理性状的观测分析, 得出 4 种林地土壤的蓄水性能和渗透速率, 对土石山区的植被恢复、生态环境建设具有积极的意义。

1 研究区概况

试验地选在山区丘岭为主的新泰市土门林场, 该林场地处新泰、沂源、蒙阴三县交界处, 气候属半湿润大陆性季风气候区, 多年平均气温为 12.6℃, 年平均无霜期 195 d, 多年平均降水量 753.8 mm, 季节性降水不均, 其中春季 97.7 mm, 占全年降水量的 13.2%, 夏季 502.7 mm, 占 68%, 秋季 115.1 mm, 占 15.6%, 冬季 28.3 mm, 占 3.8%, 多年平均蒸发量 1 837.5 mm。地表岩性为花岗片麻岩, 土壤为棕壤, 常绿和落叶、阔叶森林植被有麻栎、刺槐、油松、侧柏、枫杨、臭椿等。试验地设在麻栎、刺槐、油松和侧柏 4 种林地内。

2 研究方法

2.1 土壤蓄水性能的测定

2006 年 4 月在每个标准地内均匀选取 6 个测点, 用烘干法测定土壤含水量, 用环刀浸水法测定土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度等指标, 根据分层实测的各层孔隙度和土壤各层厚度计算不同林分土壤的蓄水量。

2.2 土壤渗透速率的测定

用渗透筒法测定渗透速率, 根据所需时间及渗透深度即可求得水分在土壤中的渗透速度和渗透系数(K_{10})。

*收稿日期: 2007-01-21
基金项目: 山东省水利厅项目“土石山区水土保持植被水文生态效应及优化配置技术的研究”
作者简介: 刘培娟(1978–), 女, 硕士研究生, 主要从事林业生态工程研究。
通信作者: 杨吉华。

3 结果与分析

3.1 不同林地土壤蓄水性能研究

林地土壤物理性状是反映林分水土保持功能强弱的重要指标,主要包括土壤的容重、孔隙度等,土壤物理性状的优劣直接影响到土壤的持水和渗透能力,土壤物理性状优良的土壤对于减少地表径流、涵养水源、保持水土具有重要的作用^[3]。由于受到林冠层、枯落物层、根系层以及林内其他生物群落的影响,林地土壤层形成了优良的物理性状。土石山区主要林地土壤的物理性状如表 1 所示。

表 1 不同林地土壤物理性状

林分	土层 厚度/cm	土壤 容重/(g· cm ⁻³)	总孔隙度 /%	非毛管 孔隙度/ %	毛管 孔隙度/ %
麻栎	0- 20	1.20	43.04	13.15	29.89
	20- 40	1.28	47.71	11.99	35.72
刺槐	0- 20	1.03	50.57	14.30	36.27
	20- 40	1.21	50.68	11.93	38.76
侧柏	0- 20	1.22	42.76	11.78	25.55
	20- 40	1.28	36.63	10.21	26.42
油松	0- 20	1.36	37.33	9.58	33.18
	20- 40	1.42	32.90	6.43	26.47
荒坡	0- 20	1.46	36.55	7.06	24.43
	20- 40	1.43	32.20	56.21	25.38

土壤的蓄水性能主要取决于土壤的物理性状,土壤的总孔隙度决定着土壤蓄水量的大小,毛管孔隙是土壤中水分流通和蒸发的孔道,是植物吸收水分的途径,非毛管孔隙间隙大,贮水多,又不容易蒸发,渗透到土壤中的降水在重力作用下逐渐下渗变为地下水^[4]。树木及草本植物的存在使林地土壤的物理性状得到了改良,因此,林地土壤的持水性能也得到了提高。4 种林地土壤的水分特征如表 2 所示。

表 2 不同林地土壤的水分特征

林分	土层 厚度/cm	土壤含 水量/%	土壤最大 持水量/%	毛管最大 持水量/%
麻栎	0- 20	10.43	40.94	30.37
	20- 40	9.08	36.97	24.79
刺槐	0- 20	12.70	50.39	35.16
	20- 40	10.73	41.97	32.07
侧柏	0- 20	7.33	31.07	24.64
	20- 40	5.67	25.82	20.47
油松	0- 20	6.17	30.76	24.37
	20- 40	4.58	23.15	18.60
荒坡	0- 20	4.71	20.96	19.40
	20- 40	4.16	14.23	11.70

3.1.1 不同林地土壤蓄水特性分析

由表 2 可以看出,在 0- 20 cm 土壤层内,4 种林地的土壤含水量、土壤最大持水量、毛管最大持水量均高于荒坡地,4 种林地之间也存在差异。4 种林地的土壤含水量、土壤最大持水量和土壤毛管最大持水量从大到小的顺序均为:刺槐林> 麻栎林> 侧柏林> 油松林。对 4 种林地的土壤含水量、土壤最大持水量、毛管最大持水量进行方差分析,结果表明,4 种林地之间的土壤含水量、土壤最大持水量、毛管最大持水量均存在极显著差异(F 值分别为 $F = 141.247 > F_{0.01} = 5.99$; $F = 175.03 > F_{0.01} = 5.99$; $F = 134.79 > F_{0.01} = 5.99$)。在 1% 水平上分别进行多重比较,结果如表 3、表 4、表 5 所示。可以看出,麻栎林地、刺槐林地、侧柏林地土壤含水量均与荒坡地存在极显著差异,油松林地土壤含水量与荒坡地差异不显著。4 种林地之间的土壤含水量均存在极显著差异。

4 种林地的土壤最大持水量和毛管最大持水量均与荒坡地存在极显著差异,各林地之间除侧柏林地与油松林地之间差异不显著外,其他林地之间均存在极显著差异。

表 3 0- 20 cm 土壤含水量多重比较结果

	麻栎	刺槐	侧柏	油松
麻栎	—			
刺槐	23.144*	—		
侧柏	38.612*	578.893*	—	
油松	83.691*	2320.328*	30.757*	—
荒坡	103.015*	534.676*	47.548*	18.801

* 表示在 0.01 水平上差异显著(下同)。

表 4 0- 20 cm 土壤层最大持水量多重比较结果

	麻栎	刺槐	侧柏	油松
麻栎	—			
刺槐	58.779*	—		
侧柏	309.106*	244.885*	—	
油松	61.124*	132.702*	0.056	—
荒坡	757.973*	499.120*	192.772*	50.353*

表 5 0- 20 cm 土壤层毛管最大持水量多重比较结果

	麻栎	刺槐	侧柏	油松
麻栎	—			
刺槐	46.340*	—		
侧柏	52.109*	208.645*	—	
油松	49.476*	185.145*	0.100	—
荒坡	293.360*	799.699*	6.1653*	45.257*

在 20- 40 cm 土壤层内,4 种林地的土壤含水量、土壤最大持水量、毛管最大持水量也都高于荒坡地,4 种林地之间存在差异。4 种林地的土壤含水量、土壤最大持水量和土壤毛管最大持水量从大到小的顺序均为:刺槐林> 麻栎林> 侧柏林> 油松林。对 4 种林地的土壤含水量、土壤最大持水量、毛管最大持水量进行方差分析,结果表明,4 种林地之间的土壤含水量、土壤最大持水量、毛管最大持水量均存在极显著差异(F 值分别为 $F = 148.594 > F_{0.01} = 5.99$; $F = 593.25 > F_{0.01} = 5.99$; $F = 311.420 > F_{0.01} = 5.99$)。

表 6 20- 40 cm 土壤含水量多重比较结果

	麻栎	刺槐	侧柏	油松
麻栎	—			
刺槐	18.016	—		
侧柏	71.423*	2237.643*	—	
油松	118.732*	2013.408*	40.189*	—
荒坡	150.262*	4504.023*	113.270*	6.538

表 7 20- 40 cm 最大持水量多重比较

	麻栎	刺槐	侧柏	油松
麻栎	—			
刺槐	82.872*	—		
侧柏	243.573*	584.131*	—	
油松	561.115*	1282.223*	14.624	—
荒坡	1192.819*	2083.498*	231.849*	194.745*

注: * 表示在 0.01 水平上差异显著。

在 1% 水平上进行多重比较,结果如表 6- 8 所示。可以看出,麻栎林地、刺槐林地、侧柏林地土壤含水量均与荒坡地存在极显著差异,油松林地土壤含水量与荒坡地差异不明显。4 种林地土壤含水量,除麻栎林地与刺槐林地之间差异不显著外,其他林地之间均存在极显著差异。4 种林地土壤最大持水量和毛管最大持水量均与荒坡地存在极显著差异,各林地之间除侧柏林地与油松林地之间差异不显著外,其他

林地之间均存在极显著差异。

表 8 20– 40 cm 土壤层毛管最大持水量
多重比较结果(1% 水平)

	麻栎	刺槐	侧柏	油松
麻栎	–			
刺槐	232. 170*	–		
侧柏	50. 740*	923. 169*	–	
油松	111. 106*	1476. 672*	13. 338	–
荒坡	263. 550*	969. 189*	135. 537*	87. 427*

比较 0– 20 cm 和 20– 40 cm 土层 4 种林地的土壤含水量、土壤最大持水量、土壤毛管最大持水量, 得知针叶林地中的水分大部分储存在毛管孔隙中, 其蓄水持水的功能也就不强。对阔叶林地, 由于地面有大量的枯落物, 在枯落物腐烂之后可以改良林地土壤的物理结构, 增加毛管孔隙和非毛管孔隙的数量, 提高林地的土壤饱和贮水量和蓄水保水功能。

3.1.2 同一林地不同层次土壤蓄水特性分析

4 种林地以及荒坡地 0– 20 cm 层的土壤含水量均高于 20– 40 cm 层。对 4 种林地不同层次土壤含水量、土壤最大持水量和毛管最大持水量进行方差分析, 显著水平为 0. 01, 结果如表 9 所示。

表 9 不同林地不同土壤层次的土壤蓄水性能方差分析

林分类型		<i>F</i>	<i>P</i> -value	<i>F</i> -crit
土壤含水量	麻栎	5. 058233	0. 087737	21. 20
	刺槐	309. 0423	6. 15E– 05	21. 20
	侧柏	57. 20154	0. 001638	21. 20
	油松	102. 3756	0. 000537	21. 20
	荒坡	2. 588384	0. 182933	21. 20
土壤最大持水量	麻栎	46. 51797	0. 002416	
	刺槐	47. 82317	0. 002294	21. 20
	侧柏	56. 65632	0. 001668	21. 20
	油松	34. 17152	0. 004271	21. 20
	荒坡	72. 71747	0. 001038	21. 20
毛管最大持水量	麻栎	59. 64491	0. 001513	21. 20
	刺槐	47. 40899	0. 002332	21. 20
	侧柏	36. 67620	0. 003752	21. 20
	油松	60. 35742	0. 001480	21. 20
	荒坡	110. 3113	0. 000465	21. 20

由表 9 可以看出, 刺槐林地两层土壤含水量差异极显著; 侧柏林地和油松林地两层土壤含水量差异显著; 麻栎林地两层土壤含水量差异不显著; 4 种林地两层土壤的最大持水量和毛管最大持水量的差异均达极显著水平。

3.2 不同林地土壤渗透性能研究

土壤的渗透性能主要受土壤物理性状、土壤机械组成、土壤含水量以及地表植被类型等多种因素的影响, 其中主要受土壤非毛管孔隙度的影响。非毛管孔隙度越大, 则地表径流渗入土壤的速度越快, 而进入非毛管孔隙的水在重力作用下又可以转入下层成为地下径流, 从而很快恢复非毛管孔隙的持水能力, 使地表径流不断地转入地下^[9]。由于土石山区林分对土壤渗透性能的影响主要是 0– 20 cm 土层内, 因此, 只对林地 0– 20 cm 层土壤的渗透性能进行了研究, 见表 10。

由表 10 可以看出, 4 种林地土壤的渗透系数均明显高于荒坡地, 其中, 刺槐林地的渗透系数最大, 是荒坡地的 3. 35 倍, 油松林地的最小, 是荒坡地的 2. 25 倍。虽然 4 种林地土

壤的非毛管孔隙度差别不是太大, 但是, 刺槐林地土壤的渗透系数明显高于其他 3 种林地。从土壤的渗透系数来看, 4 种林地土壤的渗透能力从大到小依次为: 刺槐林> 麻栎林> 侧柏林> 油松林。4 种林地土壤的蓄水和渗透能力都明显高于荒坡, 各林地之间土壤的蓄水和渗透性能存在极显著差异。刺槐林对土壤的改良作用最好, 林地土壤的蓄水和渗透能力最强, 降水能迅速渗入林地土壤并大量蓄积起来, 减少了水分流失和土壤的侵蚀量, 利于植物的生长, 油松林生长缓慢, 凋落物富含单宁等物质, 影响凋落物的分解速率, 并在土壤内部形成土壤菌丝网层, 这种层次不吸水, 降水时容易产生地表径流, 油松林地土壤的蓄水和渗透能力最差, 土壤蓄水量小。林地不同土壤层的蓄水能力也存在明显的差异, 刺槐林地差异最明显, 侧柏林地和油松林地两层土壤含水量差异显著; 麻栎林地两层土壤含水量差异不显著。

表 10 不同林地 0– 20 cm 层土壤的渗透性能

林分	容重/ (g • cm ^{- 3})	土壤 含水量/ %	非毛管 孔隙度/ %	渗透 速度/ (mm • min ^{- 1})	<i>K</i> ₁₀	渗透 深度/ cm
麻栎	1. 20	10. 43	13. 15	15. 67	8. 55	20. 00
刺槐	1. 03	12. 70	14. 30	15. 90	9. 08	20. 50
侧柏	1. 22	7. 33	11. 78	10. 43	7. 61	16. 00
油松	1. 36	6. 17	9. 58	6. 43	6. 10	17. 00
荒坡	1. 46	4. 71	7. 06	5. 26	2. 71	12. 40

4 结 论

(1) 就 0– 20 cm 和 20– 40 cm 土壤层而言, 4 种林地的土壤含水量、土壤最大持水量和土壤毛管最大持水量从大到小的顺序均为: 刺槐林> 麻栎林> 侧柏林> 油松林。其中, 0– 20 cm 层土壤含水量变化幅度均高于 20– 40 cm 层土壤, 4 种林地两层土壤含水量的差异为刺槐林> 油松林> 侧柏林> 麻栎林, 4 种林地两层土壤的最大持水量和毛管最大持水量的差异均达极显著水平。

(2) 土石山区林地土壤的渗透性能不仅受土壤非毛管孔隙度的影响, 还受土壤容重、土壤含水量等其他因素的综合影响。4 种林地土壤的渗透系数均明显高于荒坡, 从大到小依次为: 刺槐林> 麻栎林> 侧柏林> 油松林。

参考文献:

[1] 于志明, 王礼先. 水源涵养林效益研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991: 44– 57.

[2] 吴长文, 王礼先. 林地土壤的入渗及其模拟分析[J]. 水土保持研究, 1995, 2(1): 71– 75.

[3] 马平安, 郭全邦, 李荣华, 等. 太行山片麻岩山地植被水土保持效益研究[J]. 地理与国土研究, 1999, 15(3): 44– 46.

[4] 杨吉华, 李德生, 王炳云, 等. 干瘠山地灌木保持水土效益的研究[J]. 水土保持学报, 1991, 5(4): 61– 67.

[5] 李德生, 刘文彬, 许慕农. 石灰岩山地植被水土保持效益的研究[J]. 水土保持学报, 1993, 7(2): 57– 62.

[6] 郑培龙, 肖江伟, 吴云, 等. 重庆缙云山典型林分林地土壤贮水特性研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(2): 195– 197.

[7] 王玉杰, 王云琦. 重庆缙云山典型林分林地土壤入渗特性研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(2): 193– 194.