

黄前库区经济林土壤水文效益研究

李德生¹, 张 萍¹, 张水龙¹, 尹建道¹, 鲁法典²

(1. 天津理工学院, 天津 300191; 2. 山东农业大学, 山东 泰安 271018)

摘 要: 以刺槐林和自然灌丛为对照, 研究了黄前库区 流域主要经济林类型土壤的水文生态效益。分析了不同类型土壤的物理性状、持水性能、降雨后土壤中水分的变化动态及土壤连续持水的能力等指标, 总体评价库区经济林土壤的水文生态效益介于刺槐林和自然灌丛之间, 说明库区植被的建设中, 在避免自然植被破坏的前提下, 可以将灌丛改造成经济林, 以增加经济产出。

关键词: 库区; 经济林; 土壤; 水文生态效益

中图分类号: S 715

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004) 01-0141-03

Study on Soil Hydraulic Effect of Economic Forest in
Huangqian Reservoir Area

LI De-sheng¹, ZHANG Ping¹, ZHANG Shui-long¹, YIN Jian-dao¹, LU Fa-dian²

(1. Tianjin University of Technology, Tianjin 300191, China;

2. Shandong University of Agriculture, Taian 271018, Shandong, China)

Abstract: Based on locust forest and natural shrubs, the hydraulic ecologic effect of soil of main economic forest types was dealt with. It analyzes physical characteristic, water retention performance, change of soil water content after rain, soil ability of continually conserving water and other indicators, in general the hydraulic ecologic effect of soil of main economic forest types is between that of locust forest and natural shrubs. This accounts for that during building vegetation in reservoir area, under condition of avoiding the damage of natural vegetation, shrubs can be rebuild into economic forest to enhance economic production.

Key words: reservoir area; economic forest; soil; hydraulic ecological effect

库区流域植被的状况直接关系到库区水位的稳定, 关系到库区工农业生产和人民的生活, 严重的地表径流往往会导致滑坡、冲毁农田和村庄、造成洪水泛滥, 严重影响人民正常的生产和生活。

黄前库区地处泰山东部, 是山东省泰安市境内最大的水库之一, 它担负着泰城内约一半人口(18 万人) 的饮水任务, 因此黄前水库水质及蓄水状况与泰城人们的生活密切相关。黄前库区流域植被担负着涵养水源保持水土的重任, 因此无论是自然植被、人工森林还是人工经济林, 为了避免对库区水资源和水质的影响, 在经营管理中有意识地减少和避免了人为影响, 严禁化肥和农药的使用。

本项目主要研究黄前库区不同经济林类型土壤的物理性状、水分性质、渗透性能及其对水资源的涵养状况, 为库区森林植被的建设、管理和植被类型的选择提供理论依据。

1 试验地概况

试验选择的 4 种植被类型为: (1) 柿树林: 年龄 20 年, 平均树高 7.3 m, 平均冠幅 4.3 m, 每公顷株数 33 株, 林分郁闭度 0.63, 林下植物总盖度 82%, 主要种类以黄荆、酸枣和禾本科草类为主, 枯枝落叶物平均厚度 4.2 cm, 每公顷载量 9.2 t。采用鱼鳞坑整地造林, 坡度 16°, 坡向南偏西 10°, 母岩为花岗岩, 土壤厚度平均为 18.5 cm; (2) 板栗林: 年龄 18 年, 平均树高 5.2 m, 平均冠幅 4.0 m, 每公顷株数 495 株, 林分郁闭度 0.75, 林下植物总盖度 73%, 主要种类以黄荆、酸枣和禾本科草类为主, 枯枝落叶物平均厚度 5.2 cm, 每公顷载量 12.0 t。采用鱼鳞坑整地造林, 坡度 15°, 坡向南偏西 22°, 母岩为花岗岩, 土壤厚度平均为 21.3 cm。 (3) 自然灌丛: 植被总盖度为 93%, 主要种类以黄荆、酸枣和禾本科草类为主, 枯枝落叶物平均厚度 3.6 cm, 每公顷载量 8.3 t。试验地坡度 25°, 坡向南偏西 5°, 母岩为花岗岩, 土壤厚度平均为 15 cm。 (4) 刺槐林: 平均林龄 33 年, 平均树高 11.7 m, 平均胸径 16.

¹ 收稿日期: 2003-08-07

作者简介: 李德生(1964-), 男, 山东省栖霞人, 环境科学与安全工程学院副教授, 主要从事经济林及森林水文生态学方面的研究。

9 cm, 平均冠幅 3.8 m, 每公顷株数 840 株, 林分郁闭度 0.75, 林下植物总盖度 75%, 主要种类以黄荆和禾本科草类为主, 林下枯落物厚度 4.3 cm, 每公顷载量 10.2 t, 林地坡度 32°, 坡向南偏西 15°, 母岩为花岗岩, 土壤厚度平均为 32 cm。

2 研究内容与方法

2.1 土壤物理性状和持水性能的测定

在样地内挖掘土壤剖面, 用铝盒和环刀分层采取土壤样品, 用烘干法和浸水法测定土壤的自然含水量、土壤的各项物理性状和持水性能指标。

2.2 土壤渗透性的测定

用渗透筒法测定水分在土壤中的渗透速度, 每次加水量 100 ml, 共计 4 次 400 ml, 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})。

2.3 土壤水分变化动态的测定

在一次性降雨后, 每间隔一定的时间用铝盒采取土样, 用烘干法测定土壤的含水量, 从而可得出降雨后土壤中水分的变化动态, 判定土壤的再持水能力。

2.4 土壤抗蚀性能的测定

用容重环采取地表 5 cm 的土壤, 用浸水法测定土壤完全崩解所需的时间, 从而判定土壤抗地表径流水侵蚀的能力。

表 1 不同植被类型土壤的物理性状及持水性能

植被类型	土层厚度/ cm	土壤容重/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	毛管持水量		最大持水量	
						%	($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	%	($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)
刺槐林	32.0	0.930	59.54	35.99	23.55	27.24	871.80	46.99	1 503.80
柿树林	18.5	1.118	51.39	34.89	16.50	26.39	488.22	41.15	761.28
板栗林	21.3	1.195	48.04	33.25	14.79	25.17	536.12	39.37	838.58
灌丛	15.0	1.163	49.43	34.20	15.23	25.89	388.35	40.66	609.90

从土壤的持水性能看, 无论是毛管持水量还是最大持水量均以刺槐林为最大, 分别达到了 871.8 t/hm^2 和 $1 503.8 \text{ t/hm}^2$, 而柿树林和板栗林居中, 自然灌丛的毛管持水量和最大持水量最低, 只有 388.35 t/hm^2 和 609.9 t/hm^2 。究其原因, 主要是土层厚度的差异造成的, 因为四种植被类型的毛管持水和最大持水的百分比相差不大, 而刺槐林造林时间长、年龄大, 林地土壤较厚。

总体来看, 植被土壤的持水性能明显, 仅对自然灌丛来说, 土壤的最大持水量就达到了 60.99 mm, 因此只要有足够的时间让水分渗入土壤, 一般的降雨量土壤都可以完全吸收, 不会形成地表径流。

3.2 土壤渗透性能与蓄水能力分析

土壤渗透性反应了地表水向土壤中渗透的能力, 通常土壤的渗透性能越好, 地表水向土壤中渗透的能力就越强, 地表径流量就越小, 对土壤的破坏就越轻。

表 2 可见, 土壤的渗透性能以刺槐林地最好, 柿树林次之, 自然灌丛和板栗林较差。而从 4 种植被类型土壤非毛管孔隙度来看, 同样是刺槐林地最大, 其次是柿树林和自然灌丛, 板栗林最小, 说明土壤的渗透性能与土壤的非毛管孔隙度关系密切, 通常呈正比关系。在土壤非毛管孔隙度中的水分在重力的作用下会继续向下移动, 成为地下水和土壤径流, 因此土壤中非毛管孔隙度越大, 水分下降的速度越快, 吸收地表水的量也就越大, 形成的地表径流越少。

3 研究结果与分析

3.1 土壤物理性状与持水性能分析

土壤的物理性状指土层厚度、土壤的容重及土壤的孔隙度等指标, 土壤物理性状直接影响到土壤的持水性能、保水能力、抗侵蚀能力及渗透性等, 是土壤研究中最为核心的指标之一。特别是库区流域, 土壤的涵养水源保持水土性能直接关系到库区的水资源供应、库区水位的稳定, 和水库的水质直接相关。

表 1 是 4 种植被类型土壤的物理性状及其持水性能。表中可见, 不同植被类型土壤的物理性状具有一定的差异, 除刺槐林土壤物理性状较好外, 其它 3 种植被类型差异不大。其中土壤容重以刺槐林为最小, 其次是柿树林和灌丛, 板栗林土壤容重相对较大; 而土壤的总孔隙度、毛管孔隙度及其非毛管孔隙度都以刺槐林为最大, 板栗林相对较小。分析其原因主要有以下几个: 一是地表枯枝落叶物种类的不同, 导致分解程度和对土壤的影响不同, 板栗为硬阔叶树种, 其枯枝落叶物不易分解; 二是人为影响因素, 即经济林林地易受到人为的践踏破坏, 容易造成土壤结构的破坏, 而作为对证的刺槐林和灌丛, 由于地处坡陡地段且分布在黄前流域的偏远地带, 所以人为影响极少。

表 2 不同植被类型土壤的渗透性能

植被类型	土层厚度/ m	自然含水量/%	非毛管孔隙度/%	渗透深度/ cm	渗透速度/ ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	渗透系数/ K_{10}
刺槐林	32.0	13.65	23.55	24.8	35.32	36.66
柿树林	18.5	11.43	16.50	13.5	18.63	23.68
板栗林	21.3	11.54	14.79	11.6	13.68	16.96
灌丛	15.0	10.65	15.23	13.3	14.25	18.55

注: 自然含水量为各层自然含水量的平均值。

3.3 土壤中水分的变化动态与持水能力的恢复

土壤中水分的变化动态与土壤的孔隙状况、渗透性能及土壤的蒸发散失和植物根系的吸收利用有直接的关系, 通常土壤的渗透性越强, 渗透速度和渗透系数越大, 土壤中水分的变化也就越快。在连续降雨的情况下, 如果土壤中的水分能够及时排除或散失, 则可以大大增加土壤连续持水的能力, 使地表水源源不断地转入土壤, 减少地表径流。图 1 为在一次降水 46.5 mm 后, 四种植被类型土壤中水分随时间的变化动态。

从图 1 中可以看出, 在降雨后 8~12 h 之内, 各种植被类型土壤中水分下降速度较快, 其中以刺槐林下降幅度最大, 即 8 h 即可恢复土壤持水 32.2%, 12 h 恢复土壤持水 36.24%; 其次为柿树林, 8 h 可恢复土壤持水 22%, 12 h 复土壤持水 24.12%; 板栗林 8 h 即可恢复土壤持水 17.22%, 12 h

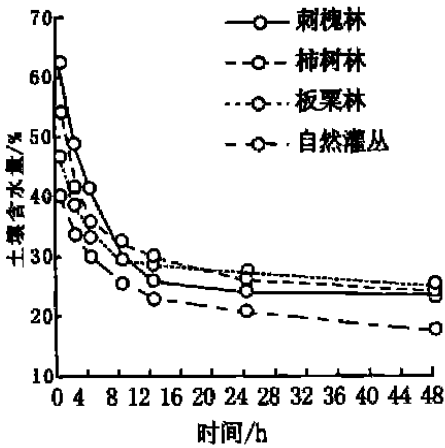


图 1 四种植被类型土壤水分变化动态

恢复土壤持水 18.42%; 自然灌丛恢复持水的能力最弱, 8 h 只可恢复土壤持水 14.5%, 12 h 只恢复土壤持水 16.93%。因此在连续降雨的情况下, 土壤连续持水的能力以刺槐林土壤为最大, 其次是柿树林和板栗林, 自然灌丛土壤连续持水的能力最低。

另外, 从 4 种植被类型土壤的水分变化趋势来看, 刺槐林土壤含水量变化最为剧烈, 自然灌丛土壤含水量变化最为缓和, 柿树林和板栗林居中; 刺槐林土壤前期的含水量(8 h)明显高于其它 3 种类型, 而后期土壤含水量高于自然灌丛, 但低于柿树林和板栗林; 刺槐林土壤的含水量在 48 h 以内基本趋于稳定, 而其它 3 种类型仍然表现为缓慢下降的趋势, 说明刺槐林土壤在土壤含水量达到一定程度之后, 其保持水分的能力相对较强。这一方面与森林植被地上部分的植被覆盖度和枯枝落叶情况有关, 另一方面也与土壤的物理性状, 主要是毛管孔隙度有关。

3.4 土壤的抗蚀性能分析

土壤的抗蚀性能反应了土壤抗地表径流水冲刷的能力大小, 它与土壤的结构、土壤中有机的含量及土壤中植物根系的数量与分布等密切相关。表 3 为不同植被类型土壤抗蚀性能情况。

表中看出, 刺槐林土壤的崩解速度明显较慢, 是柿树林

土壤的 2.12 倍, 是板栗林和自然灌丛土壤的 3.02 倍和 3.19 倍, 说明其抗蚀性能明显较强。其次为柿树林土壤, 而板栗林和自然灌丛土壤的崩解速度最快, 说明其抗蚀能力最差。

表 3 不同植被土壤的抗蚀性能

植被类型	腐殖质厚度	采土体积	土体中植物	土体完全崩解
	/ cm	/ cm ³	根系鲜重/ g	所需时间/ h
刺槐林	10.4	100	4.687	498.6
柿树林	6.5	100	2.013	235.0
板栗林	4.3	100	1.896	165.3
灌 丛	3.3	100	2.310	156.3

4 结 论

通过对刺槐林、柿树林、板栗林和自然灌丛 4 种不同植被类型土壤的水文生态效益研究, 可以看出:

(1) 不同植被类型土壤的物理性状具有一定的差异, 除刺槐林土壤物理性状明显较好外, 其它 3 种植被类型差异不大。

(2) 土壤的持水性能, 无论是毛管持水量还是最大持水量均以刺槐林为最大, 柿树林和板栗林居中, 自然灌丛的毛管持水量和最大持水量最低。

(3) 土壤的渗透性能以刺槐林地为最好, 柿树林次之, 自然灌丛和板栗林较差。

(4) 土壤含水量的变化和土壤连续持水的能力均以刺槐林土壤为最大, 其次是柿树林和板栗林, 自然灌丛最低。

(5) 刺槐林土壤的抗蚀性能明显较强, 其次为柿树林, 而板栗林和自然灌丛土壤的抗蚀性能最差。

从以上几点综合比较, 土壤的水文生态效益总体评价以刺槐林为最好, 其次是柿树林、板栗林, 而自然灌丛土壤的总体水文生态效益最差。说明在库区的涵养水源保持水土作用, 森林的作用明显大于灌丛, 而森林中软阔叶林大于硬阔叶林、水源涵养林大于经济林。因此在库区绿化和植被的建设中, 植被类型的选择具有重要意义, 同时也表明, 在同等条件下将自然灌丛改造成经济林, 只要保持其林下植被的完成性, 减少人为影响, 达到生态和经济效益双丰收的目的是切实可行的。

参考文献:

[1] 李海涛, 韩兴国. 华北暖温带山地落叶阔叶混交林的径流研究[J]. 生态学报, 1997, 17(4): 371- 376.

[2] 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.

[3] 吴钦孝, 刘向东. 山杨次生林枯枝落叶蓄积量及其水文作用[J]. 水土保持学报, 1992, 6(1): 71- 76.

[4] 夏汉平, 余清发, 张德强. 鼎湖山三种不同林型的土壤酸度和养分含量差异及其季节运动变化特征[J]. 生态学报, 1997, 17(6): 645- 653.

[5] 吕国安, 陈明亮. 江口库 AQ 石渣土土壤水分特性研究[J]. 华中农业大学学报, 2000, 19(4): 342- 345.

[6] 王永安, 黄金玲. 柘溪水库库区公益林涵养水源保持水土能力计量及补偿[J]. 中南林业调查规划, 2000, 19(1): 46- 51.

[7] 马雪华, 森林水文学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.

[8] 乔治 W · 布朗. 森林与水质[M]. 李昌哲等译. 北京: 中国林业出版社, 1994.

[9] Bettinger, P, Sessions, J, Boston, K. Using Tabu search to schedule timber harvests subject to spatial wildlife goals for big game[J]. Ecol. model, 1997, 94: 111- 123.

[10] Fadian Lu , Ljusk Ola Eriksson . Formation of harvest units with genetic algorithms[J]. Forest Ecology and Management , 2000, 130: 57- 67.