

不同生态修复措施下桃林口水库水源涵养区 枯落物的蓄水保水效益

贾志军¹, 王 富², 甄宝艳¹, 尚瑞朝¹, 董 智³

(1. 河北省水利技术试验推广中心, 石家庄 050061; 2. 河北环京水利水保工程咨询有限公司, 石家庄 05001; 3. 山东农业大学 林学院/山东省土壤侵蚀与生态修复重点实验室, 山东 泰安 271018)

摘 要:以桃林口水库水源涵养区不同生态修复措施下枯落物为研究对象,通过野外调查与室内测试相结合、“空间代替时间”的方法,研究了不同措施及措施实施前后枯落物的蓄积量、吸水速率、持水量和有效拦蓄量等蓄水保水效益。结果表明:生态修复措施的实施增加了林内枯落物的蓄积量,枯落物蓄积量天然(次生)林封育型(26.88 t/hm²)>疏林补植型(25.83 t/hm²)>人工林封育型(25.11 t/hm²)>荒坡造林型(24.10 t/hm²)>陡坡梯田退耕型(12.22 t/hm²)>荒坡封育型(9.57 t/hm²),且生态措施实施前后的差异显著;枯落物持水量与浸泡时间之间存在对数关系,枯落物吸水速率与浸泡时间间存在乘幂函数关系;不同修复措施间枯落物的拦蓄量差异显著,天然(次生)林封育型枯落物有效拦蓄深最大(8.51 mm),荒坡封育型的有效拦蓄深最小(2.85 mm),其他依次为荒坡造林型(5.22 mm)、疏林补植型(5.13 mm)、人工林封育型(4.51 mm)、陡坡梯田封育型(3.92 mm),生态修复措施的实施增加了枯落物拦蓄量,增幅为 20.41%~98.63%。研究结果为评价水库水源涵养区不同生态修复措施蓄水保水效益提供了基础。

关键词:生态修复; 蓄水保水效益; 水源涵养区; 枯落物; 桃林口水库

中图分类号:X171.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)03-0136-04

Efficiency of Water Accumulation and Retention of Litter in Water Source Conservation Areas of Taolinkou Reservoir under Different Measures of Ecological Restoration

JIA Zhi-jun¹, WANG Fu², ZHEN Bao-yan¹, SHANG Rui-chao¹, DONG Zhi³

(1. Hebei Extension and Experiment Center for Water Technology, Shijiazhuang 050061, China;

2. Hebei Huanjing Water Conservancy & Soil and Water Conservation Engineering Consulting

Co., Ltd., Shijiazhuang 050011, China; 3. Forestry School of Shandong Agricultural University/Shandong

Province Key Laboratory of Soil Erosion and Ecological Restoration, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: This paper mainly used field survey and lab test, ‘space replacing time’ method to study the water accumulation and retention efficiency of litter under various measures of ecological restoration in water source conservation areas of Taolinkou reservoir, including the storage capacity, water absorption rate, water holding capacity, effective retaining amount, etc. The results indicated that: (1) the storage capacity of litter under different measures of ecological restoration increased obviously, which of natural secondary forest regeneration type was maximum, reaching 26.88 t/hm², while that of barren slope regeneration type was least, reaching 9.57 t/hm²; (2) according to the regression analysis, there was a logarithmic function relationship between water holding capacity and water immersion time, and there was a power function relationship between water absorption rate and water immersion time; (3) the effective retaining amount of litter under different measures of ecological restoration increased obviously, which of natural secondary forest regeneration type was maximum(8.51 mm), while that of barren slope regeneration type was the least(2.85 mm). And the effective retaining amount of litter after ecological restoration increased obviously, whose increases range from 20.41% to 98.63%. These re-

收稿日期:2011-09-16

修回日期:2011-11-18

资助项目:河北省水利科学技术研究计划“桃林口水库水源涵养区生态修复技术模式及工程效益评价研究”(2008-23)

作者简介:贾志军(1974—),男,河北保定人,硕士,高级工程师,主要研究方向:水土保持工程。E-mail:jzj0130@163.com

通信作者:董智(1971—),男,内蒙古乌兰察布市人,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向:荒漠化防治、道路灾害防治与土地复垦。E-mail:nmgdz@163.com

sults provided a scientific basis for evaluating water accumulation and containing efficiency of litter in water source conservation areas of reservoir under different measures of ecological restoration.

Key words: ecological restoration; water accumulation and retention efficiency; water source conservation area; litter; Taolinkou reservoir

水土流失问题已成为影响我国国家生态安全的头号环境问题^[1-2],为推进水土保持生态环境建设,在总结多年来水土保持实践经验的基础上,水利部推动实施了水土保持生态修复工程。目前,针对水土保持生态修复工程的研究主要集中于生态修复措施类型的划分^[3-5]、群落演替及土壤理化性质等修复效益的监测方面^[6-9],而作为林地重要覆盖面和保护层的枯落物层却鲜有报道。枯落物层具有防止雨滴击溅土壤、维持土壤结构、拦蓄渗透降水、分散滞缓减少地表径流、覆盖地表减少表层土壤的水分蒸发及增强土壤抗蚀性等作用^[10-11]。为此,笔者对水库水源涵养区不同修复措施下的枯落物的蓄水保水效益进行研究,以期对生态修复效益的全面研究与分析提供参考,也为库区及同类地区生态修复和水源涵养等的研究提供理论基础和参考。

1 研究区概况

桃林口水库位于河北省秦皇岛市青龙满族自治县,地理位置 118°37'—119°37'E, 39°51'—41°07'N, 水库控制流域面积 5 060 km²。研究区属于燕山山地丘陵区,基岩以花岗片麻岩为主体,局部有少量的石英砂岩,地带性土壤为棕壤和褐土,土层厚度 < 50 cm。研究区属暖温带半湿润大陆性季风气候区,多年平均气温 10.1℃,平均降雨量 700 mm,70%左右的降雨集中于 7—8 月,年蒸发量 1 089 mm。研究区为河北省桃林口水库上游水土流失重点治理区,土壤侵蚀形式以水力侵蚀为主,侵蚀强度以中度—轻度侵蚀为主。

研究区属温带旱生阔叶林亚带,植被覆盖度在 80% 以上。代表植物有油松 (*Pinus tabulaeformis* Carr.)、侧柏 (*Platycladus orientalis* (L.) Franco)、蒙栎 (*Tilia mongolica* Maxim.)、蒙古栎 (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.)、白榆 (*Ulmus pumila* L.)、杨树 (*Populus cathayane* Rehd.)、经济林树种主要为板栗 (*Castanea mollissima* Bl.)、苹果 (*Malus pumila* Mill.)、白梨 (*Pyrus bretschnei* Deri.)、桃 (*Amygdalus persica* (L.) Batsch)、山楂 (*Crataegus pinnatifida* Bunde)、山杏 (*Prunus armeniaca* L.)、花椒 (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim) 等。随着海拔的变化,植物种分布差异明显;其中,海拔 400~600 m

的阴坡分布着天然(次生)油松林,阳坡多为蒙古栎、蒙栎、山杏和荆条 (*Vitex negundo* L. var. *heterophylla* (Franch.) Rehd.); 250~400 m 处分布着经济林及散生果树,沟谷内多为杨树,土质较差的山坡上多为刺槐 (*Robinia pseudoacacia* L.) 薪炭林;海拔 150~250 m 处主要种植农作物及少量果树。

2 研究内容与方法

依据桃林口水库水源涵养区生态修复试点工程生态修复作业设计,将修复措施划分为 6 种类型,不同修复措施类型、群落组成、调查地点及样地数目见表 1。在不同措施类型项目区内,研究枯落物的蓄积量、持水量、吸水速率和有效拦蓄量等蓄水保水效益,并利用“空间代替时间”^[12]的方法研究不同修复措施下与无修复措施下的蓄水保水效益的变化。

表 1 不同生态修复措施类型及植物群落类型概况

生态修复措施类型	典型植物群落	样地代码
天然(次生)林封育型	蒙古栎×蒙栎林	MLD
人工林封育型	杨树人工纯林	Y
荒坡封育型	未封育荒坡灌草植被	GC1
	封育后荒坡灌草植被	GC2
陡坡梯田封育型	未封育作物植被	ZW
	封育后灌草植被	GC3
疏林补植型	未补植的油松纯林	YC
	补植后油松×侧柏林	YB
荒坡造林型	未造林的灌草植被	GC4
	造林后侧柏林	CB

2.1 枯落物蓄积量的测定

在不同生态修复措施典型地段设立标准样地,样地大小 50 m×50 m,每种修复类型至少调查 3 个标准地,在标准地内设定 1 m×1 m 的样方 3 个。在不破坏枯落物原有结构的情况下,将枯落物收集在纱网内,称其鲜重,在 85℃ 温度下烘干,再称其干重,以计算其单位面积蓄积量。

2.2 枯落物持水量和吸水速率的测定

采用室内浸泡法测定枯落物持水量及其吸水速率,将纱网及其内的枯落物浸泡至水中,分别测定浸水 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 4 h, 6 h, 8 h 和 24 h 后的枯落物重量变化,以研究其吸水速率及吸水过程^[13-14]。

2.3 枯落物有效拦蓄量的测定

枯落物有效拦蓄量(W)可用来估算枯落物对降雨的实际拦蓄量^[15],即:

$$W = (0.85R_m - R_0)M$$

式中: R_m ——最大持水率(‰); R_0 ——平均自然含水量(‰); M ——枯落物蓄积量(t/hm^2)。

3 结果与分析

3.1 枯落物蓄积量

由图 1 和表 2 可知,不同生态修复措施类型植物群落枯落物的蓄积量差别显著,天然(次生)林封育型的枯落物蓄积量最大,平均为 $26.88 t/hm^2$,荒坡封育型的最小,平均为 $9.57 t/hm^2$,其他依次为疏林补植型($25.83 t/hm^2$)、人工林封育型($25.11 t/hm^2$)、荒坡造林型($24.10 t/hm^2$)、陡坡梯田退耕型($12.22 t/hm^2$)。生态修复措施实施后枯落物蓄积量差异显著,且荒坡封育型、陡坡梯田封育型、疏林补植型、荒坡造林型植物群落的枯落物蓄积量修复后均高于未修复。其中,疏林补植型的枯落物蓄积量增加量最小,修复后比未修复仅增加 3.20% ,荒坡造林型的增幅最大,高达 163.17% 。不同生态修复措施实施后枯落物蓄积量的增加可归因于林地生物量的增加和人为干扰的减弱,二者的叠加作用使得林地枯落物蓄积量增加明显。

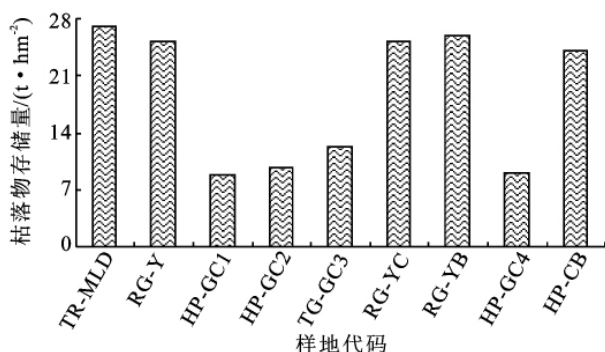


图 1 不同生态修复措施下枯落物的蓄积量

表 2 不同修复措施下枯落物蓄积量和拦蓄能力及其多重比较($\alpha=0.05$)

样地代码	枯落物蓄积量/ ($t \cdot hm^{-2}$)	最大拦蓄量/ ($t \cdot hm^{-2}$)	有效拦蓄量/ ($t \cdot hm^{-2}$)	拦蓄深/ mm
MLD	26.88a	108.10a	85.09a	8.51a
Y	25.11c	59.45d	45.10d	4.51d
GC1	8.75f	29.32i	23.71i	2.37i
GC2	9.57f	35.32g	28.55g	2.86g
GC3	12.22e	49.22f	39.18f	3.92f
YC	25.03c	55.59e	40.88e	4.09e
YB	25.83b	70.44b	51.33c	5.13c
GC4	9.16f	32.27h	26.29h	2.63h
CB	24.10d	68.16c	52.22b	5.22b

注:每列中数字后字母不同者表示差异显著($P < 0.05$),相同者表示差异不显著($P > 0.05$)。

3.2 枯落物吸水动态变化

由表 2 可知,在开始浸泡的 $0.5 h$ 内,枯落物迅

速吸水,持水量也迅速增加,随浸泡时间的延长,持水量呈现不断增加的趋势,但增加速度逐步变缓,至 $24 h$ 时基本达到最大值,表明枯落物持水量达到饱和。

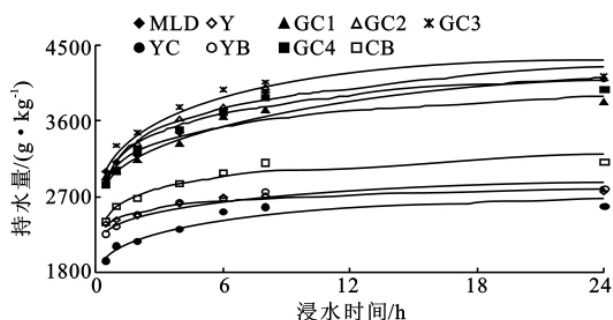


图 2 不同修复措施的枯落物吸持水量动态变化

枯落物的吸水速率呈现出三个明显的阶段(图 3)。第一阶段为浸水前期($4 h$ 内),枯落物吸水速率变化最快,随浸泡时间的增加而速率呈迅速下降趋势;第二阶段出现在 $4 \sim 8 h$,吸水速率逐渐变缓;第三阶段出现在 $8 \sim 24 h$,此阶段吸水速率变化幅度较小,枯落物基本达到饱和持水量。虽然不同修复措施下枯落物刚浸入水中时吸水速率相差较大,但随浸泡时间的延长,枯落物吸水速率趋势一致。这表明随着浸泡时间的增加,枯落物的持水逐渐趋于饱和。

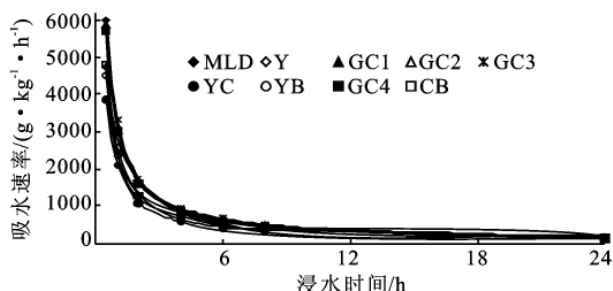


图 3 不同修复措施的枯落物的吸水速率曲线

对不同修复措施下枯落物吸水速率 V 与浸泡时间 t 进行回归分析(表 3),二者间的关系遵循乘幂函数,即 $V = kt^n$ (V 为枯落物吸水速率; t 为浸泡时间; h, k, n 为参数),相关系数均在 0.99 以上。

表 3 不同修复措施的枯落物持水过程与吸水过程拟合方程及相关系数

样地代码	持水过程 拟合方程	相关 系数	吸水过程 拟合方程	相关 系数
MLD	$y = 300.38 \ln x + 3079.20$	0.9196	$y = 3083.70x^{-0.91}$	0.9993
Y	$y = 111.28 \ln x + 2427.10$	0.9489	$y = 2426.60x^{-0.96}$	0.9999
GC1	$y = 264.20 \ln x + 3059.10$	0.9627	$y = 3057.10x^{-0.92}$	0.9997
GC2	$y = 352.58 \ln x + 3121.40$	0.9793	$y = 3115.10x^{-0.90}$	0.9997
GC3	$y = 340.40 \ln x + 3244.90$	0.9645	$y = 3230.00x^{-0.90}$	0.9994
YC	$y = 184.75 \ln x + 2090.80$	0.9583	$y = 2086.60x^{-0.92}$	0.9996
YB	$y = 152.52 \ln x + 2383.40$	0.9750	$y = 2380.50x^{-0.94}$	0.9999
GC4	$y = 325.45 \ln x + 3061.60$	0.9814	$y = 3055.90x^{-0.90}$	0.9997
CB	$y = 196.18 \ln x + 2541.00$	0.9580	$y = 2539.50x^{-0.93}$	0.9997

3.3 枯落物有效拦蓄量

由表2可知,不同生态修复措施下枯落物层的有效拦蓄量不同,且存在显著性差异。不同修复措施下,天然(次生)林封育型枯落物有效拦蓄量最大,为 85.09 t/hm^2 ,有效拦蓄深 8.51 mm ;荒坡封育型的有效拦蓄深最小,为 2.85 mm ;其他措施有效拦蓄深依次为荒坡造林型(5.22 mm)、疏林补植型(5.13 mm)、人工林封育型(4.51 mm)、陡坡梯田封育型(3.92 mm)。不同生态措施的实施造成有效拦蓄量差异极显著,与未修复相比,荒坡封育型、陡坡梯田封育型、疏林补植型、荒坡造林型的枯落物有效拦蓄深修复后均高于未修复,其中,荒坡造林型造林后比造林前增加了 98.63% ,疏林补植型比未补植增加了 25.56% ,荒坡封育型比未封育增加了 20.41% 。

4 结论

(1)生态修复措施的实施增加了林内枯落物的蓄积量,天然(次生)林封育型的枯落物蓄积量最大,荒坡封育型的最小,其他依次为疏林补植型>人工林封育型>荒坡造林型>陡坡梯田退耕型;各修复措施的实施使得枯落物蓄积量差异显著,修复后的枯落物较未修复增加 $3.20\%\sim 163.17\%$ 。

(2)枯落物持水量 Q 与浸泡时间 t 之间存在对数函数关系,即 $Q=a\ln(t)+b$,相关系数皆在 0.92 以上;枯落物吸水速率 V 与浸泡时间 t 间存在乘幂函数关系,即 $V=kt^n$,相关系数高达 0.99 。枯落物吸水速率在 4 h 时逐渐减缓,在 8 h 时枯落物持水基本达到饱和。

(3)不同修复措施间的拦蓄量差异显著,天然(次生)林封育型枯落物有效拦蓄深最大(8.51 mm),荒坡封育型的有效拦蓄深最小(2.85 mm)。不同生态措施的实施使得有效拦蓄深差异显著,各措施修复后较未修复的有效拦蓄深了 $20.41\%\sim 98.63\%$,其中以荒坡造林型增加最大,荒坡封育型增加最小。

参考文献:

- [1] 焦居仁. 生态修复的探索与实践[J]. 中国水土保持, 2003(1):10-12.
- [2] 杨振怀. 水土保持是重要的环境和生态修复重建工程[J]. 中国水土保持, 2001(10):3.
- [3] 李智广. 刍议水土保持生态修复工程的监测内容[J]. 水土保持通报, 2004, 24(2):46-47.
- [4] 董智, 刘霞, 姚孝友, 等. 不同生态退化类型的水土保持生态修复对策[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(5):84-88.
- [5] 张青峰, 王九军, 田鹏, 等. 黄土高原水土保持生态修复机理与模式研究[J]. 陕西农业科学, 2005(6):58-60.
- [6] 高之栋, 刘成高, 张文海, 等. 丘陵山地生态修复植物群落演替规律的研究:以江苏省赣榆县横山生态修复区为例[J]. 亚热带水土保持, 2006, 18(3):12-15.
- [7] 温仲明, 焦峰, 卜耀军, 等. 黄土沟壑区植被自我修复与物种多样性变化:以吴旗县为例[J]. 水土保持研究, 2005, 12(1):1-3.
- [8] 王富, 贾志军, 董智, 等. 不同生态修复措施下水库水源涵养区土壤粒径分布的分形特征[J]. 水土保持学报, 2009, 23(5):113-117.
- [9] 李生宝, 王占军, 王月玲, 等. 宁南山区不同生态恢复措施对土壤环境效应影响的研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4):20-22.
- [10] 胡淑萍, 余新晓, 岳永杰. 北京百花山森林枯落物层和土壤层水文效应研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1):146-150.
- [11] 吴钦孝, 赵鸿雁, 刘向东, 等. 森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价[J]. 水土保持学报, 1998, 12(2):23-28.
- [12] 李晓晨, 高喜荣, 赵东. 黄河小浪底库区不同人工林水土保持效益研究[J]. 河南林业科技, 2007(3):12-14.
- [13] 张振明, 余新晓, 牛健植, 等. 不同林分枯落物层的水文生态功能[J]. 水土保持学报, 2006, 20(3):139-143.
- [14] 贾志军, 王富, 甄宝艳, 等. 坝上地区沙棘林枯落物层和土壤层的水文效应[J]. 南水北调与水利科技, 2008, 6(6):64-67.
- [15] 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):149-187.