

长江三峡库区不同森林类型涵养水源能力比较研究

成 晨¹,王玉杰¹,潘玉娟¹,吴 云²,陈 林²

(1. 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室 北京林业大学水土保持学院,北京 100083;

2. 重庆缙云山国家级自然保护区管理局,重庆 400700)

摘 要:从林冠层、枯落物层及土壤层 3 个生态作用层次对缙云山自然保护区 4 种主要森林类型的涵养水源功能进行了定量研究。结果表明:林内透雨量、树干径流量与降雨量、降雨强度呈二元线性关系。林冠截留率为 16.91%~67.84%,平均为 38.19%,依次为针阔混交林>阔叶林>楠竹林;枯落物储量为 16.21~32.42 t/hm²,平均为 20.69 t/hm²,依次为灌木林>阔叶林>针阔混交林>楠竹林;各种森林生态系统能够截留的降雨量总量为 450.3~686.3 t/hm²,针阔混交林的涵养水源功能最好,阔叶林、楠竹林次之,灌木林最小。

关键词:缙云山;林冠截留;枯落物持水;土壤蓄水

中图分类号:S715

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)02-0215-03

A Comparative Study on Water Conservation Capacity of Five Main Forest Types in Three Gorges Reservoir Area in China

CHENG Chen¹,WANG Yu-jie¹,PAN Yu-juan¹,WU Yun²,CHEN Lin²

(1. Soil and Water Conservation College, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and

Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Chongqing Jinyunshan National Nature Protection Region Management Bureau, Chongqing 400700, China)

Abstract Based on the data from fixed sample plots of main forest types in Jinyun Mountain in Chongqing City, water conservation capacity were studied. The results showed that there is a binary linear regression for both through fall and stem flow to precipitation quantity and precipitation intensity. The relative interception ranges from 16.91% to 67.84% on an average of 38.19%. Under the same rainfall the decrease order of canopy interception in the different forest types is coniferous and broad-leaved mixed forest, broadleaf forest, bamboo forest. The biomass of litter layer in different forest ecosystems varies from 16.21 to 32.42 t/hm² on an average of 20.69 t/hm² and the decrease order of the biomass is shrubbery, broadleaf forest, coniferous and broad-leaved mixed forest, bamboo forest. The total interception of rainfall in different forest ecosystems varies from 450.3 to 686.3 t/hm² the decrease order is coniferous and broad-leaved mixed forest, broadleaf forest, bamboo forest, shrubbery.

Key words Jinyun Mountain;canopy interception;water holding of litter;soil water conservation

森林生态系统是生态系统的主要子系统之一,随着森林资源的不断减少,森林生态系统的多功能性的作用越来越重要。生态系统服务功能与价值的研究,是近年来国际上备受重视的领域,受到国际科学界的高度关注^[1~4],我国也有一些专题性的研究^[5~10]。长江是我国最长的江河,流域面积广阔,居住人口众多,流域上游的生态问题直接影响到中下游的安全和经济发展。

重庆缙云山位于长江三峡库区上端,是我国亚热带针阔叶林区。目前对它的研究基本集中在丰富的物种和土壤肥力的研究上,对其水文效应的研究很少。而且亚热带地区森林的林分组成、结构,下地被物组成,森林的再生产力及气候因素都与温带地区有明显的不同。对野外小区实际观测试

验,并应用统计的方法对该流域 4 种森林类型的林冠截留、枯落物持水及土壤蓄水方面进行了探讨。通过分析得出流域内涵养水源功能较强的优势林分,为合理调整流域内森林结构布局,充分发挥森林的涵养水源功能提供参考。

1 研究区概况

缙云山自然保护区位于重庆市北碚区境内,嘉陵江小三峡之温塘峡西岸,东经 106°22',北纬 29°49',海拔 350~951.5 m。该保护区具有亚热带季风湿润性气候特征,年平均气温 13.6℃,年均日照 1 293.9 h,相对湿度年平均 87%,年平均降水量 1 611.8 mm,年平均蒸发量 777.1 mm。土壤以三叠纪须家河组厚层石英砂岩、灰质页岩和泥质页岩为母

* 收稿日期:2006-05-10

基金项目:国家“十五”科技攻关课题“退耕还林工程区水源涵养型植被建设技术与示范”(2001BA510B02-01);国家林业局长江三峡库区(重庆)森林生态站(98J-01-11)

作者简介:成晨(1981-),男,山西孝义人,硕士研究生;主要研究方向为流域管理;通讯作者:王玉杰(1960-),教授,主要研究方向:土壤侵蚀,林业生态工程。

质风化而成的酸性黄壤及水稻土。样地的基本情况见表 1。

表 1 不同森林类型试验地内基本情况

植被类型	海拔 /m	坡度 /°	坡向	树高 /m	胸径 /cm	枝下 高/m	冠幅 /m ²	郁闭 度/%	密度/ (株·hm ⁻²)
针阔混交	760	25	西北	8.7	10.25	5.57	14.2	0.8	1200
阔叶林	825	30	西北	10.3	10.1	5.91	13.3	0.7	1900
楠 竹	800	10	北	14.3	10.66	7.03	1.41	0.5	3700
灌木林	860	8	北	4.6	5.65	1.58	5.7	-	1900

2 研究方法

2.1 林冠截留量的测定

用 B-432-Z 型 100 d 自计雨量计,记录降雨量及降雨时间,降雨强度可由降雨量和降雨时间求得。林冠截留量按公式:

$$I = P - P - G$$

式中: P——林外降雨量(mm); P——林内透雨量(mm);

表 2 不同森林类型对降雨量再分配的影响

降雨日期	降雨量/mm	林内降雨/mm				树干径流量/mm				林冠截流/mm			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
05-03	6.4	2.08	3.24	5.2	4.2	0.013	0.012	0.023	0.000	4.32	3.16	1.20	2.20
05-05	3.9	1.04	1.83	2.12	2.1	0.009	0.008	0.015	0.000	2.86	2.07	1.78	1.80
05-08	4.8	1.12	2.12	3.12	3.2	0.011	0.010	0.019	0.000	3.68	2.68	1.68	1.60
05-11	2.6	0.73	1.04	0.92	1.4	0.006	0.005	0.010	0.000	1.87	1.56	1.68	1.20
05-15~05-16	17.3	5.7	8.72	15.6	14.8	0.105	0.096	0.178	0.000	11.6	8.58	1.70	2.50
05-18	14.4	4.62	7.9	11.44	12.9	0.106	0.097	0.180	0.000	9.78	6.50	2.96	1.50
05-19	13.4	4.7	6.72	11.36	12.42	0.094	0.086	0.160	0.000	8.7	6.68	2.04	0.98
05-23	16.1	5.3	8.7	13.44	14.34	0.098	0.090	0.166	0.000	10.8	7.40	2.66	1.76
05-25	4.5	1.53	2.76	3.84	3.94	0.009	0.008	0.015	0.000	2.97	1.74	0.66	0.56
小 计	83.40	26.82	43.03	67.04	69.30	0.45	0.41	0.77	0.00	56.58	40.37	16.36	14.10

注:A 为针阔混交林,B 为阔叶林,C 为楠竹,D 为灌木林。

林内透雨率为 32.16%~83.09%,平均为 61.81%,最大的是灌木林,楠竹和阔叶林次之,针阔混交林最小。林冠截留量与林内透雨量呈负相关,林冠截留率为 16.91%~67.84%,平均为 38.19%,针阔混交林最大,阔叶林次之,楠竹最小。这是因为林内透雨量、林冠截留量的不同与降雨特性密切相关外,还与林分结构特性有关,如林分的密度、林木大小及其枝叶疏密度、光洁程度和枝杈的开张角度,关于这点有待进一步研究。

树干径流率为 0.50%~0.92%,平均为 0.65%,由大到小依次为楠竹林>针叶混交林>阔叶林>灌木林。这是因为树干径流率的不同与降雨特性密切相关外,与枝叶性质及树皮的特性也有很大的关系。

3.2 林内透雨与降雨量的关系

降雨除被树冠截留和沿树干流下外,其余落入林地的称为林内透雨,包括直接到达地面的降雨和从树冠上滴落下的降雨。根据实测资料,对降雨及林内透雨数据作回归分析,发现各种森林类型的林内透雨与降雨和降雨强度的关系,可以用线性回归方程表示(其中 为平均降雨强度,mm/h)。

针阔混交林

$$P = -0.183 + 0.354 P - 0.065 \quad R = 0.993 \quad F = 420.364$$

$$P = -0.226 + 0.346 P \quad R = 0.992 \quad F = 880.38$$

阔叶林

$$P = -0.064 + 0.557 P - 0.169 \quad R = 0.992 \quad F = 388.81$$

$$P = -0.177 + 0.535 P \quad R = 0.990 \quad F = 696.960$$

楠竹林

$$P = -1.310 + 0.891 P + 0.267 \quad R = 0.992 \quad F = 387.67$$

$$P = -1.133 + 0.926 P \quad R = 0.990 \quad F = 723.23$$

灌木林

I——林冠截留量(mm); G——树干径流量(mm)。

2.2 林地的枯落物的测定

在不同类型的林地里分上、中、下坡面,各取面积 20 cm×25 cm 的枯落物样方 3 个,风干 8 h 后采用浸泡法测定枯落物的持水量及其吸水速率。

2.3 林地土壤蓄水能力的测定

土壤蓄水量按公式 $Q = 10\,000 PD$ 计算

式中: Q——土壤降雨贮存量(t/hm²); P——非毛管孔隙度(%); D——土层厚度。

3 结果分析

3.1 不同森林类型降雨的再分配

将 2005 年 5 月份的 9 场有效降雨数据与降雨量对应的林内透雨量、林冠截留量见表 2。

$$P = -1.2317 + 0.964 P \quad R = 0.990 \quad F = 726.00$$

从回归方程中可以看出,林内透雨随着降雨量、降雨强度的增大而增大。从理论上说,在林分完全郁闭的情况下,当林内透雨为 0 时,降雨被完全截留。因此,可以把此时的降雨量视为林冠蓄水达到饱和和所需的最小降雨量。据此计算针阔混交林、阔叶林、楠竹和灌木林林冠蓄水达到饱和时所需的最小降雨量依次为 0.65,0.33,1.22 和 1.28 mm。

3.3 树干径流量与降雨量的关系

树干径流量和降雨量成正相关。产生树干径流的前提是树干吸水达到饱和,影响树干径流的因子有降雨强度、风向(风向能改变降雨的倾角及方向,从而影响树干径流)、坡向、坡度和林分密度等。根据实测资料,对降雨量、降雨强度和树干径流量数据作回归分析,回归方程为

$$G = -0.0197 + 0.0088 P - 0.0063 \quad R = 0.973 \quad F = 106.71$$

阔叶林

$$G = -0.0180 + 0.0081 P - 0.0058 \quad R = 0.976 \quad F = 106.72$$

楠竹林

$$G = -0.0334 + 0.0150 P - 0.0107 \quad R = 0.980 \quad F = 107.32$$

经过分析可以看出树干径流量随着降雨量的增大而增大,随着降雨强度的减弱而减小。

3.4 林下枯落物层的持水特性

枯落物的蓄水量取决于在林地上的累积量及其本身的持水能力,而这又与林型结构、林分发育、枯落物的分解状况等因素有关。

对林下枯落物储量及其持水特性的测量,结果表明:对几种林型的林下枯落物储量及其持水特性的测量,结果表明:灌木林的枯落物的储量最大为 32.42 t/hm²,其次是阔

叶林 17.84 t/hm² 针阔混交林 16.29 t/hm² ,最小的是楠竹林 16.21 t/hm²。^[12]这是由于灌木林树种组成多,郁闭度大,坡度较缓,而楠竹林树种组成单一,枯落物成分单一。

3.5 林地土壤的蓄水能力

林地土壤是储存降雨的主要场所,土壤发育直接受到森林植被的影响,林分不同,林地表层的枯落物构成、地下根系的分布和生长发育也不同,从而引起林地蓄水能力的不同。

不同林地比较中可以发现各种森林植被的土壤贮存降雨能力大小依次为针阔混交林(632.67 t/hm²) > 阔叶林(596.62 t/hm²) > 楠竹林(513.76 t/hm²) > 灌木林(416.92 t/hm²) ,这是因为森林类型不同,土壤发育也不相同。

3.6 不同植被类型涵养水源能力比较

森林的综合蓄水能力是林冠层、枯落物层与土壤层蓄水能力的总和。各种森林植被的综合蓄水能力大小依次为针阔混交林(686.3 t/hm²) > 阔叶林(643.1 t/hm²) > 楠竹林(559.4 t/hm²) > 灌木林(450.3 t/hm²)。如果降雨量小于森林生态系统拦截量,降雨量则全被截留,几乎不产生地表

径流,反之则产生地表径流。土壤层蓄水所占的比重最大。这是因为当降雨量较大时,林冠层及枯落物层对降雨的截留量相对于降雨量要小得多。

4 结 论

(1) 缙云山自然保护区针阔混交林、阔叶林、楠竹林能截留降雨的 16.91 % ~ 67.84 % ,将 0.50 % ~ 0.92 % 的降雨转化为树干径流。

(2) 灌木林、阔叶林、针阔混交林及楠竹林的枯落物蓄水量依次为 32.42 t/hm²、17.84 t/hm²、16.29 t/hm² 和 16.21 t/hm²。

(3) 不同森林类型的土壤蓄水能力比较结果表明:针阔混交林的土壤蓄水能力最大,阔叶林、楠竹林次之,灌木林最小。

(4) 缙云山不同植被类型通过综合蓄水量反映出涵养水源能力其大小依次为:针阔混交林 > 阔叶林 > 楠竹林 > 灌木林。

参考文献:

[1] Costanza R. The value of the world 's ecosystem services and natural capital[J]. Nature , 1997 ,(287) :253 - 260.
[2] Daily G. Natures Services :Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Washinnton, Dc :Island Press , 1997.
[3] Kohler V. Many efficacy evaluation problem of the forestry[J]. Allnenmeine Forest and Jundneitunn , 1984 ,(11) :52 - 58.
[4] Rudolf Nanele. The some evaluate problem of forestry in the inside[J]. Allnenmeine Forest Relbuns , 1997 ,(11) :66 - 72.
[5] 程根伟,钟祥浩.防护林生态效益定量指标体系[J].水土保持学报,1992,6(3) :79 - 86.
[6] 邓宏海.森林生态效能经济评价的理论和方法[J].林业科学,1985,21(1) :60 - 67.
[7] 傅辉恩.森林土壤涵养水源功能的研究[J].林业科技通讯,1985,(8) :14 - 17.
[8] 刘世荣,温远光,王兵,等.中国森林生态系统水文生态功能规律[M].北京:中国林业出版社,1996.
[9] 穆长龙,龚固堂.长江中上游防护林体系综合效益的计量与评价[J].四川林业科技,2001,22(1) :15 - 23.
[10] 张增哲,余新晓.中国森林水文研究现状与主要成果[J].北京林业大学学报,1988,10(2) :79 - 87.
[11] 王云琦,王玉杰,等.重庆缙云山几种典型植被枯落物水文特性研究[J].水土保持学报,2004,6(3) :41 - 44.

(上接第 214 页)

来调整方向。保护梯田的工程应从以下几个方面考虑。

保护田埂。田埂的选择应因地制宜,根据当地梯田田埂保护的方法进行加固,无论采用土埂还是石埂都应使埂的高度超过一定高度,并与其他梯田面相交并延长一段距离,防治暴雨冲垮田埂。利用灌木或草本植物根系对土壤和碎石块有穿插、缠绕、网络固结作用,保护田埂,灌木和草本植物的选取一定要结合当地情况,即适合生长又有较高的保护能力。必要时进行工程处理,如浆砌片石护坡^[9]。

砌筑原则、砌石的砌筑方法和施工技术对砌体抗力影响很大。因此,在砌筑时要遵循下列原则:砌体应分层砌筑,砌筑平面力求与作用力方向垂直,否则受力时易沿层面滑动。砌筑基础应深入田埂基角 0.5 m 以下。砌块间的竖缝应与

作用力方向平行,以免在砌块受力时相邻两边产生挤动的楔块作用;上下相邻两层的竖缝必须错开,以增强砌体的整体性能,便于力的传递与扩散^[10]。

梯田整体稳定性保护。当管道敷设后回填土不密实时,会使降雨的入渗率大大提高,并沿管道渗流,以管道所在面为软弱面,更容易触发蠕动、滑移,形成滑坡。如经计算,在管道影响作用下,整个梯田不稳定时,则应进行专门的勘察设计,按照滑坡加固处理方法进行处理,如修筑抗滑挡墙,修建排水沟引导排水,达到综合治理的目的。另外需要注意的是,梯田灌溉不要漫灌,防治水流通过管道处渗流,形成贯通滑面。

参考文献:

[1] 史德明.山坡地开发利用中的水土保持新技术[J].水土保持通报,1997,17(1) :32 - 33.
[2] 胡广录.水土保持工程[M].北京:中国水利水电出版社,2002.1 - 25.
[3] 王功礼,等.油气管道技术现状与发展趋势[J].石油规划设计,2004,15(4) .1 - 7.
[4] 葛逸群.砂质山区土坎梯田埂坎稳定性分析[J].中国水土保持,1999,(7) :30 - 31.
[5] 周孚明.机修梯田优化设计方法研究[J].水土保持通报,2005,25(4) :65 - 69.
[6] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所山洪泥石流滑坡灾害及防治[M]..北京:科学出版社,1994.25 - 48.
[7] 王相国,王洪刚,王伟.丘陵区梯田优化设计研究[J].水土保持研究,2001,8(3) :125 - 127.
[8] 余汉章.水土保持工程[M].西安:西北大学出版,1988.46 - 68.
[9] 王鸿飞.论坡耕地治理的综合技术措施[J].黑龙江水利科技,2003,(2) :102.
[10] 李朝,陈向新,杨益均.管道线路工程中的水工保护[J].油气储运,1999,18(2) :37 - 40.