

不同坡位 50 年生木荷人工林水源涵养能力分析

林 仲 (福建省顺昌埔上国有林场, 福建顺昌 353200)

摘要 在调查 50 年生木荷人工林生物量的基础上, 进一步分析了不同坡位林分乔木层、灌木层、草本层、凋落物层及土壤的水源涵养能力。结果表明, 随着坡位上升, 林分不同层次生物量呈下降趋势, 乔木层、灌木层、草本层、凋落物层及土壤的水源涵养能力也呈下降趋势, 且下坡位林分不同层次水源涵养能力与上坡位相比差异达显著或极显著水平。

关键词 坡位; 木荷人工林; 水源涵养功能

中图分类号 S718.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)18-0143-03

Analysis of Water Conservation Capacity of 50-year *Schima superba* Plantation under Different Site Conditions

LIN Zhong (Pushan State-owned Forest Farm of Fujian, Shunchang, Fujian 353200)

Abstract Based on the investigation of biomass of 50-year *Schima superba* plantation, the water conservation capacity of tree layer, shrub layer, herb layer, litter layer and soil of *S. superba* plantation under different slopes were further studied. The results showed that with the rise of slope, biomass of different forest lays were showed the tendency of decline, the water conservation capacity of tree layer, shrub layer, herb layer, litter layer and soil were also showed the tendency of decline, and water conservation capacity of different forest lays in lower slope had the highly significant difference or significant difference than that of the upper slope.

Key words Slope; *Schima superba* plantation; Water conservation capacity

全球气候变化是人类面临的最严重危机之一, 也是目前全世界生态学家、环境学家及林学家重点关注的问题之一^[1-2]。在应对气候变化的对策中, 森林以其特殊功能发挥着不可替代的作用。随着全球气候的变化, 极端天气发生的频率日益增加, 地球生物圈降水发生重新分配, 在局部范围内干旱和水涝现象出现的频率也日益增加。森林生态系统的水源涵养功能是森林生态系统生态服务功能的重要组成部分^[3-5]。一方面, 森林生态系统通过森林植物的呼吸作用及蒸腾作用向大气排放水分子, 从而增加大气降水; 另一方面, 森林生态系统通过林地森林植物、林地枯枝落叶及林地土壤的贮水功能, 调节某一区域的水资源供给^[6]。木荷是我国南方造林常用的阔叶树种。目前学者对不同森林类型的水源涵养功能进行了相关的研究^[7-9], 然而针对木荷人工林的研究较少, 特别是木荷成熟林水源涵养功能的研究鲜见报道。鉴于此, 笔者在调查不同坡位木荷人工林生长的基础上, 进一步分析木荷人工林乔木层、灌木层、草本层、枯枝落叶层及土壤层的水源涵养功能, 以期对木荷人工林的科学经营及生态功能评价提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地位于福建省顺昌埔上国有林场河墩工区 38 林班 54 大班 8 小班, 117°48'00" E, 26°55'30" N, 属亚热带季风气候, 年均气温 19.1℃, 年均降水量 1 500~1 800 mm, 年蒸发量 1 453 mm。造林地前身为常绿阔叶林, 土壤为山地红壤, 坡向东南, 坡度 18°。木荷人工林 1968 年造林, 面积 10.2 hm², 造林密度为 2 550 株/hm²; 1997 年对木荷人工林进行抚育间伐, 间伐强度约 60%, 现经营密度为 900 株/hm², 郁闭度 60%。2014 年 1 月用容器袋 1 年生楠木苗进行林下套种, 苗木平均地径为 0.45 cm, 平均苗高为 55.00 cm; 挖明穴 60 cm×60 cm×40 cm, 株行距 4.0 m×4.0 m, 套种密度为 600 株/hm²。套种第 1 年抚育 3 次, 分别于 4 月进行扩穴培土及施肥, 每株施复合肥 250 g, 5—6 和 8—9 月进行全劈各 1 次, 套种第 2 年和第 3 年分别于 5—6 和 8—9 月进行全劈 1 次。调查林分灌木层以套种的楠木 (*Phoebe zhennan*)、粗叶榕 (*Ficus hirta*) 为主, 草本层以三叶青 (*Tetrastigma hemsleyanum*)、杜茎山 (*Maesa japonica*) 为主。不同坡位 50 年生木荷林生长情况见表 1。

表 1 不同坡位 50 年生木荷林生长情况

Table 1 Growth of 50-year *Schima superba* plantation under different slopes

坡位 Slope position	木荷 <i>Schima superba</i>			楠木 <i>Phoebe zhennan</i>	
	胸径 Diameter//cm	树高 Tree height//m	蓄积 Accumulation//m ³ /hm ²	地径 Ground diameter//cm	树高 Tree height//m
上坡 Upper slope	13.06	13.62	81.293 2	0.51	0.64
中坡 Middle slope	20.00	16.49	214.585 0	1.27	1.16
下坡 Lower slope	28.35	23.08	560.200 5	2.01	1.49

1.2 样地设置及样品取样 2016 年 8 月在 50 年生木荷人工林上坡、中坡及下坡分别设置 3 块 20 m×20 m 的样地, 共设置 9 块样地。测定每一样地内木荷的胸径和树高, 并计算选择出各样地木荷平均木; 在每一样地内随机设置 5 个 2 m

×2 m 小样方及 10 个 1 m×1 m 小样方, 2 m×2 m 小样方用于收集灌木层植被样品; 1 m×1 m 小样方用于收集草本层植被样品及凋落物层样品。每一样地平均木砍倒后分别取其干、枝及叶样品。乔木层植被样品、灌木层植被样品、草本层植被样品及凋落物层样品现场称重后, 分别取部分样品带回室内测定持水量及干重。土壤取样按“S”型布点 5 个, 用土

作者简介 林仲 (1971—), 男, 福建福州人, 工程师, 从事森林资源的营造及管护等工作。

收稿日期 2017-04-26

壤容重圈分别取 0~20、20~40、40~60 cm 土层土壤样品,带回室内测定土壤物理性质及持水量。

1.3 水源涵养功能测定 采用烘干法测定乔木层、灌木层、草本层及凋落物层样品干重;用浸水法测定乔木层、灌木层、草本层及凋落物层样品最大持水量^[10];用环刀法测定土壤容重、非毛管孔隙度、毛管孔隙度、总孔隙度、土壤贮水能力等指标^[11]。

1.4 数据分析 试验数据采用 Microsoft excel 2007 和 SPSS 17.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 各林分层次生物量差异 由表 2 可知,不同坡位 50 年生木荷人工林不同林分层次生物量呈现不同的变化趋势。随着坡位的上升,乔木层、灌木层、草本层植物鲜生物量呈下降趋势;其中下坡位乔木层生物量与中坡位及上坡位相比分别增加了 182.90%、779.46%,下坡位灌木层生物量与中坡位及上坡位相比分别增加了 250.00%、600.00%,下坡位草本层生物量与中坡位及上坡位相比分别增加了 0、60.58%,下坡位凋落物层生物量与中坡位及上坡位相比分别增加了 26.38%、33.77%。方差分析表明,不同坡位乔木层生物量差异极显著,下坡位灌木层生物量与中坡位及上坡位相比差异极显著,下坡位和中坡位草本层生物量与上坡位相比差异显著,下坡位凋落物层生物量与中坡位及上坡位相比差异达显著水平。

2.2 地上部分水源涵养能力差异 由表 3 可知,不同坡位

表 2 不同坡位 50 年生木荷人工林各层次生物量

Table 2 Biomass of different layer of 50-year *Schima superba* plantation under different slopes t/hm²

坡位 Slope position	乔木层 Tree layer	灌木层 Shrub layer	草本层 Herb layer	凋落物层 Litter layer
上坡 Upper slope	27.60 Cc	0.04 Bb	1.37 Ab	1.54 Ab
中坡 Middle slope	85.80 Bb	0.08 Bb	2.20 Aa	1.63 Ab
下坡 Lower slope	242.73 Aa	0.28 Aa	2.20 Aa	2.06 Aa

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$);同列不同大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences($P<0.05$); different capital letters in the same column indicated extremely significant differences($P<0.01$)

50 年生木荷人工林地上部分水源涵养能力呈现不同的变化趋势。随着坡位的上升,乔木层、灌木层、草本层及凋落物层的最大持水量呈逐渐下降趋势。下坡位乔木层最大持水量与中坡位及上坡位相比分别增加了 181.31%、769.02%,下坡位灌木层最大持水量与中坡位及上坡位相比分别增加了 666.67%、7 566.67%,下坡位草本层最大持水量与中坡位及上坡位相比分别增加了 9.09%、114.29%,下坡位凋落物层最大持水量与中坡位及上坡位相比分别增加了 8.57%、15.15%。方差分析表明,不同坡位乔木层及灌木层自然持水量及最大持水量两两相比差异均达到极显著水平,下坡位及中坡位草本层的最大持水量与上坡位相比差异极显著,下坡位、中坡位凋落物层自然持水量与上坡位相比差异显著。

表 3 不同坡位 50 年生木荷林地上部分水源涵养能力

Table 3 Water conservation capacity of aboveground part of 50-year *Schima superba* plantation under different slopes t/hm²

坡位 Slope position	乔木层 Tree layer		灌木层 Shrub layer		草本层 Herb layer		凋落物层 Litter layer	
	自然持水量 Natural water holding capacity	最大持水量 Maximum water capacity	自然持水量 Natural water holding capacity	最大持水量 Maximum water capacity	自然持水量 Natural water holding capacity	最大持水量 Maximum water capacity	自然持水量 Natural water holding capacity	最大持水量 Maximum water capacity
上坡 Upper slope	3.41 Cc	23.21 Cc	0.002 Cc	0.003 Cc	1.70 Aa	2.80 Bb	2.00 Ab	3.30 Aa
中坡 Middle slope	9.72 Bb	71.70 Bb	0.010 Bb	0.030 Bb	1.70 Aa	5.50 Aa	2.30 Aa	3.50 Aa
下坡 Lower slope	24.71 Aa	201.70 Aa	0.080 Aa	0.230 Aa	1.80 Aa	6.00 Aa	3.10 Aa	3.80 Aa

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$);同列不同大写字母表示处理间极差异显著($P<0.01$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences($P<0.05$); different capital letters in the same column indicated extremely significant differences($P<0.01$)

2.3 土壤水源涵养能力差异 由表 4 可知,不同坡位 50 年生木荷人工林不同土层深度土壤容重及蓄水能力呈现不同变化趋势。同一坡位条件下,随着土层深度的增加,土壤容重呈增大趋势,而毛管持水量、田间持水量及最大持水量则总体呈下降趋势;就下坡位而言,0~20 cm 土壤容重与 20~40、40~60 cm 土层相比分别降低了 15.20%、20.77%,毛管持水量分别降加了 30.51%、39.38%,田间持水量分别增加了 33.61%、44.32%,最大持水量分别增加了 40.73%、47.62%。同一土层深度条件下,随着坡位的上升,土壤容重呈增加趋势,而毛管持水量、田间持水量及最大持水量则总体呈下降趋势;就 0~20 cm 土层而言,下坡位土壤容重与中坡位及上坡位相比分别降低了 2.03%、18.54%,毛管持水量与中坡位及上坡位相比分别增加了 6.22%、32.35%,田间持水量与中坡位及上坡位相比分别增加了 10.29%、39.29%,最大持水

量与中坡位及上坡位相比分别增加了 0.37%、30.85%。方差分析表明,下坡位及中坡位 0~20 cm 土层土壤毛管持水量、田间持水量及最大持水量与其他土层相比差异达显著水平,下坡位及中坡位 20~40、40~60 cm 土层土壤容重与 0~20 cm 相比差异达显著水平。

2.4 水源涵养综合能力 由表 5 可知,森林生态系统的水源涵养能力主要靠土壤来支撑,在林分总持水量中,土壤层持水量占 91% 以上。就不同坡位林分总持水量差异而言,下坡位林分总持水量与中坡位及上坡位相比分别提高了 5.80%、10.49%。方差分析表明,下坡位、中坡位及上坡位乔木层及灌木层总持水量两两相比差异达极显著水平,下坡位及中坡位草本层总持水量与上坡位相比差异达极显著水平,下坡位及中坡位土壤层总持水量与上坡位相比差异达显著水平,下坡位林分总持水量与中坡位及上坡位相比差异显著。

表 4 不同坡位 50 年生木荷人工林土壤水源涵养能力

Table 4 Soil water conservation capacity of 50-year *Schima superba* plantation under different slopes

坡位 Slope position	土层 Soil layer cm	土壤容重 Soil bulk density // g/cm ³	毛管持水量 Capillary water capacity // t/hm ²	田间持水量 Field capacity t/hm ²	最大持水量 Maximum water capacity // t/hm ²	0 ~ 60 cm 土壤水源涵养量 0 ~ 60 cm soil water conservation capacity // t/hm ²
上坡 Upper slope	0 ~ 20	1.78 Ab	654.89 Aa	572.23 Aa	738.52 Ab	2 250.73 Aa
	20 ~ 40	1.75 Ab	647.90 Aa	564.31 Aa	757.61 Ab	
	40 ~ 60	1.92 Ab	640.30 Aa	552.33 Aa	709.06 Ab	
中坡 Middle slope	0 ~ 20	1.48 Aa	815.99 Ab	722.71 Ab	962.76 Ab	2 300.56 Ab
	20 ~ 40	1.75 Ab	620.53 Aa	546.32 Aa	688.51 Aa	
	40 ~ 60	1.89 Ab	615.76 Aa	547.29 Aa	649.29 Aa	
下坡 Lower slope	0 ~ 20	1.45 Aa	866.72 Ab	797.05 Ab	966.34 Ab	2 307.60 Ab
	20 ~ 40	1.71 Ab	664.11 Aa	596.54 Ab	686.64 Aa	
	40 ~ 60	1.83 Ab	621.83 Aa	552.28 Aa	654.62 Aa	

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$); 同列不同大写字母表示处理间差异极显著 ($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$); different capital letters in the same column indicated extremely significant differences ($P < 0.01$)

表 5 不同坡位 50 年生木荷人工林水源涵养能力

Table 5 Water conservation capacity of 50-year-old *Schima superba* plantation under different slopes

t/hm²

坡位 Slope position	总持水量 Total water holding capacity					
	乔木层 Tree layer	灌木层 Shrub layer	草本层 Herb layer	凋落物层 Litter layer	土壤层 Soil layer	林分 Stand
上坡 Upper slope	23.21 Cc	0.003 Cc	2.80 Bb	3.30 Aa	2 250.73 Aa	2 280.04 Aa
中坡 Middle slope	71.70 Bb	0.030 Bb	5.50 Aa	3.50 Aa	2 300.56 Ab	2 381.29 Aa
下坡 Lower slope	201.70 Aa	0.230 Aa	6.00 Aa	3.80 Aa	2 307.60 Ab	2 519.33 Ab

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$); 同列不同大写字母表示处理间差异极显著 ($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$); different capital letters in the same column indicated extremely significant differences ($P < 0.01$)

3 结论与讨论

森林的水源涵养能力是森林生态服务功能的重要指标之一。森林水源涵养能力的高低, 不仅与森林的生物量有关, 还与森林植物种类的组成有关^[12]。林地的立地条件是影响森林生态系统生物量最重要的因素之一。该研究结果表明, 随着坡位上升, 立地条件变差, 林分不同层次生物量呈下降趋势, 乔木层、灌木层、草本层、凋落物层及土壤的水源涵养能力也呈下降趋势, 这与林上杰^[13]、张昌桂^[14]的研究结果一致。

土壤的水源涵养能力是森林生态系统水源涵养能力的重要组成部分, 该研究结果表明, 在林分总持水量中, 土壤层持水量占 91% 以上。灌木层、草本层及凋落物层也是森林生态系统水源涵养能力的组成部分, 在人为干扰较低的林分, 灌木层及草本层物种组成较丰富, 灌木层、草本层及凋落物层的水源涵养能力也相对较高。该研究调查的林分, 由于林下套种了楠木, 且抚育采用全劈, 人为干扰强度大, 致使林分灌木层、草本层及凋落物层的水源涵养能力与其他研究结果相比相对较低。为提高林分的水源涵养能力, 在今后的经营过程中, 楠木抚育可采用穴状抚育, 从而减少人为干扰, 促进林下其他植被的更新与生长, 从而提高林分的水源涵养能力。

参考文献

[1] 陈泮勤, 程邦波, 王芳, 等. 全球气候变化的几个关键问题辨析[J]. 地球科学进展, 2010, 25(1): 69–75.

[2] 时明芝. 全球气候变化对中国森林影响的研究进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(7): 68–72.

[3] 徐翠, 张林波, 杜加强, 等. 三江源区高寒草甸退化对土壤水源涵养功能的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(8): 2388–2399.

[4] 秦嘉励, 杨万勤, 张健. 岷江上游典型生态系统水源涵养量及价值评估[J]. 应用与环境生物学报, 2009, 15(4): 453–458.

[5] 王利, 于立忠, 张金鑫, 等. 浑河上游水源地不同林型水源涵养功能分析[J]. 水土保持学报, 2015, 29(3): 249–255.

[6] 李盈盈, 刘康, 胡胜, 等. 陕西省子午岭生态功能区水源涵养能力研究[J]. 干旱区地理, 2015, 38(3): 636–642.

[7] 方伟东, 亢新刚, 赵浩彦, 等. 长白山地区不同林型土壤特性及水源涵养功能[J]. 北京林业大学学报, 2011, 33(4): 40–47.

[8] 李奕, 满秀玲, 蔡体久, 等. 大兴安岭山地樟子松天然林土壤水分物理性质及水源涵养功能研究[J]. 水土保持学报, 2011, 25(2): 87–91.

[9] 丁访军, 王兵, 钟洪明, 等. 赤水河下游不同林地类型土壤物理特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报, 2009, 23(3): 179–183, 231.

[10] 胡健, 吕一河, 张琨, 等. 祁连山排露流域典型植被类型的水源涵养功能差异[J]. 生态学报, 2016, 36(11): 3338–3349.

[11] 李肇锋, 黄碧华, 郑郁善. 福建柏不同混交模式林分水源涵养能力比较[J]. 西南林业大学学报, 2015, 35(5): 14–20.

[12] 陈莉莉, 王得祥, 张宋智, 等. 不同密度油松人工林土壤特性及水源涵养功能研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(7): 141–149.

[13] 林上杰. 不同坡位火力楠人工林水源涵养能力的比较[J]. 亚热带农业研究, 2013, 9(2): 82–87.

[14] 张昌桂. 坡向、坡位对杉木马尾松混交林水源涵养功能的影响[J]. 亚热带农业研究, 2014, 10(4): 240–246.