

不同林地类型土壤水库蓄水特性研究

黄荣珍¹, 杨玉盛², 张金池¹, 谢锦升³, 王维明⁴

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 福建师范大学 地理科学学院, 福建 福州 350007;
3. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002; 4. 福建省水土保持试验站, 福建 福州 350003)

摘 要: 研究不同林地类型土壤水库的蓄水特性, 以期加深对森林土壤水库削洪补枯机理的认识。以裸露地为对照, 木荷林地、杉木林地和封山育林地为研究对象, 对它们土壤水库的蓄水功能及其动态变化进行研究。结果表明: 木荷林地、杉木林地、封山育林地和对照土壤水库的年均蓄水量分别为 381.1, 368.7, 336.9 和 243.6 mm, 分别占各自总库容的 75.62%, 78.18%, 74.62% 和 59.57%。不同季节中不同林地类型土壤水库的月均蓄水量大小顺序均为多雨期 > 雨量中等期 > 少雨期, 木荷林地、杉木林地和封山育林地土壤水库多雨期的月均蓄水量分别比对照的多 124.8, 121.9 和 85.0 mm, 少雨期的月均蓄水量也分别比对照的多 141.0, 129.2 和 91.0 mm。

关键词: 林地类型; 土壤水库; 库容; 蓄水特性

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2005)03—0001—05

中图分类号: S157; F301.24

Properties of Soil Reservoir Storage in Different Forest Land Types

HUANG Rong-zhen¹, YANG Yu-sheng², ZHANG Jin-chi¹, XIE Jin-sheng³, WANG Wei-ming⁴

(1. College of Forest Resource and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu Province, China; 2. College of Geography Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, Fujian Province, China; 3. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian Province, China; 4. Fujian Soil and Water Conservation Experimental Station, Fuzhou 350003, Fujian Province, China)

Abstract: Taking bare land as control, three forest lands, viz. *Schima superba*, *Cunninghamia lanceolata*, enclosing & tending forest land are studied. According to the studies on storage function and dynamic change of their soil reservoirs, the results show that mean annual water storage of soil reservoir in *Schima superba*, *Cunninghamia lanceolata*, enclosing & tending forest and the control was 381.1 mm, 368.7 mm, 336.9 mm and 243.6 mm, accounting for 75.62%, 78.18%, 74.62% and 59.57% of total capacity respectively. Average monthly water storage of different types of soil reservoirs in different seasons was rainy season > rain middle season > dry season; Mean monthly water storage of *Schima superba*, *Cunninghamia lanceolata*, enclosing & tending forest was separately 124.8 mm, 121.9 mm and 85.0 mm greater than that in the control in rainy season, and in dry season it was 141.0 mm, 129.2 mm, 91.0 mm greater respectively.

Keywords: forest land type; soil reservoir; capacity; water storage property

森林具有良好的削峰滞洪、涵养水源、保持水土等作用^[1-2],而这种持水、蓄水、调水功能的发挥主要通过土壤来实现^[3]。土壤是布满大小孔隙的疏松多孔体,土层深厚的土壤具有显著的存蓄、调节水分的功能,称之为土壤水库。土壤水库的蓄水能力,相当于土壤水库的“库容”,它是土壤水库利用和调节的基础,其大小与土壤类型、结构、质地和地下水埋深有很大关系^[4]。土壤水库内能够长时间蓄持的水分主要是毛管孔隙水,它的调度靠土壤的蒸发、入

渗和根系的吸收利用以及蒸腾来实现;非毛管孔隙贮藏的水分,虽然是暂时的,但其对洪水的拦蓄起着重要的作用。森林土壤水库具有不占地、不垮坝、不怕淤、不耗能、不需要特殊地形、库容大、下泄快等优点^[5-6],不同林地类型土壤水库的库容量、调洪能力、产水量和补充枯水径流的功能差异明显,综合研究其蓄水动态变化和蓄水规律,有利于深入了解森林土壤水库调蓄径流、削洪补枯的运行机制,为维护、改善和充分调用森林土壤水库,提高森林的理水保土和

收稿日期: 2005-04-20

资助项目: 福建省自然科学基金项目“中亚热带绿色‘土壤水库’的研究”(D0010014); 福建省水保试验站项目“闽江上游不同土地利用方式水土流失及生产力的动态监测”; 福建省教育厅项目“杉阔混交林理水作用机制的研究”(K2001049)

作者简介: 黄荣珍(1977—),男(汉族),南京林业大学在读博士,从事水土保持研究。E-mail: Huangrongzhen95@tom.com。

防洪减灾功能提供科学依据。本文对木荷 (*Schima superba*) 林地、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 林地、封山育林地和裸露地土壤水库的蓄水特性的动态变化进行研究。

1 试验地概况

试验地位于福建省闽江上游建瓯市东门牛坑垅 (东经 117°45'58" — 118°57'11", 北纬 26°38'54" — 27°20'26"), 地处武夷山脉东南, 鹫峰山脉西北, 为低山丘陵地貌。该地属中亚热带海洋性季风气候, 年均气温 18.7, 最高温 41.4, 最低温 - 7.3, 年均降水量 1 663.7 mm, 降雨多集中在 3—8 月, 蒸发量 1 327.3 ~ 1 605.4 mm, 年均湿度 80%, 年均日照时数 1 812.7 h。该区土壤为白垩纪钙质、泥质砂砾岩发育的山地红壤。

以裸露地为对照, 木荷林地、杉木林地和封山育林地为研究对象。这些林地的前身均为杂木林地,

1986 年 10 月皆伐。木荷和杉木林为 1987 年 2 月分别用木荷和杉木统一规格苗木, 挖穴造林, 穴长、宽、深为 40 cm × 40 cm × 40 cm, 株行距均为 2 m × 2 m, 2 种人工林地的管理措施相同。对照地坡度 15°, 杂木林皆伐后种植柑橘, 2000 年 4 月柑橘树砍伐后, 将采伐剩余物移走, 适当平整坡面, 定期清除杂草, 保持地表裸露。封山育林地是在杂木林皆伐后采取封禁措施, 让其天然更新, 调查时林中多灌木与乔木幼树, 盖度接近 100%, 偶见较高的木荷。灌木主要有石栎 (*Lithocarpus glaber*)、黄瑞木 (*A. dinandra millettii*)、短尾越橘 (*Vaccinium carlesii*)、乌药 (*Lindera aggregata*)、盐肤木 (*Rhus chinensis*)、乌饭 (*Vaccinium bracteatum*)、英迷 (*Viburnum dilatatum*)、木蜡树等 (*Toxicodendron sylvestri*); 草本很少, 平均高为 0.5 m, 主要有芒萁 (*Dicranopteris dichotoma*)、芒 (*Miscanthus sinensis*) 和乌蕨 (*Stenoloma chusanum*) 等。几种林地类型的基本情况见表 1。

表 1 林地基本情况表

林地类型	坡度/ (°)	保留密度/ (株 · hm ⁻²)	郁闭度/ %	平均胸径/ cm	平均树高/ m	乔木层生物量/ (t · hm ⁻²)	林下植被盖度/ %	枯落物现存量/ (t · hm ⁻²)	主要根系深度/ m
木荷林地	26.5	1 700	70	9.0	10.50	47.12	85	2.64	0.55
杉木林地	23.5	2 390	80	10.8	8.70	75.93	95	4.04	0.65
封育林地	28.0	—	—	—	1.80	—	—	1.06	0.45

2 研究方法

2.1 森林土壤水库的深度界定

据有关调查研究, 南方森林土壤土层厚度 > 80 cm 就是厚土层^[7-8], 大多数研究者在研究土壤持水量时也把 0—1 m 土层定为研究厚度^[9-11], 假设 1 m 以下的土壤水分状况不发生变化^[12]。本文把 0—1 m 层土壤作为森林土壤水库的深度。

2.2 森林土壤水库的库容计算

土壤水库的蓄水量可以按文献^[13]计算, 设某时刻地表以下一定深度 H 处的土壤含水量为 (h) , 则该深度土层相应的蓄水量为: $W_a = \int_0^H (h) dh$ 。

式中: W_a ——地表以下 H 深度土层的土壤蓄水量 (mm; m³/hm²)。

森林土壤水库各种库容的计算方法如下:

$$\text{死库容} = 0.1 \sum_{i=1}^n (Wl_i \times r_i \times H_i)$$

$$\text{兴利库容} = 0.1 \sum_{i=1}^n [(C_i - Wl_i) \times r_i \times H_i]$$

$$\text{总库容} = 0.1 \sum_{i=h}^n (S_i \times r_i \times H_i)$$

$$\text{防洪库容} = 0.1 \sum_{i=1}^{i=h} [(S_i - C_i) \times r_i \times H_i]$$

$$\text{最大有效库容} = 0.1 \sum_{i=1}^n [(S_i - Wl_i) \times r_i \times H_i]$$

式中: Wl_i ——凋萎持水量 (%); r ——土壤密度 (g/cm³); H ——为土层厚度 (cm); n ——土壤层次; C ——毛管持水量 (%); S ——饱和持水量 (%)。

2.3 土壤取样及测定

2001 年 3 月至 2002 年 2 月, 在各种试验地中, 每季一次按 S 形布点, 分层 (0—20, 20—40, 40—60, 60—80, 80—100 cm) 进行土壤取样, 用环刀法测定土壤水分物理性质。在各试验地中选择有代表性地段的上、中、下坡位分别用土钻钻取土样, 分 0—20, 20—40, 40—60, 60—80, 80—100 cm 5 个层次, 用烘干法测定土壤含水量, 取样时间间隔雨季为 10 d, 非雨季为 15 d。

3 结果与分析

3.1 森林土壤水库年平均蓄水量

土壤水库蓄水量反映了土壤水库现有水量的多

少和水位的高低,不同林地土壤水库蓄水库容(死库容+兴利库容)的大小差异较大。水库蓄水量占蓄水库容的百分比则反映了土壤水库已利用情况。由表 2 可见木荷林地、杉木林地、封山育林地和对照土壤水库的年平均蓄水量分别为 381.1、368.7、336.9 和 243.6 mm(折合体积则分别为 3 811、3 687、3 369 和 2 436 m³/hm²,前三者分别比对照的大 1 375、1 251、933 m³/hm²),以木荷林地最高。如果扣除死库容中的水量,则木荷林地、杉木林地、封山育林地的蓄水量分别为 266.8、279.1 和 235.4 mm,均高于对照(141.3 mm),杉木林地的高于木荷林地和封山育林地的。木荷林地、杉木林地、封山育林地和对照的年平均蓄水量分别占各自总库容的 75.62%、78.18%、74.62% 和 59.57%,占蓄水库容的 86.39%、87.41%、81.89% 和 66.22%,3 种林地的年平均蓄水量不仅比对照的高,且它们占各自总库容比例亦大于对照的。这是因为对照地表裸露,温度高,气流对流强烈,土壤水库水分丧失较快,同时其拦蓄降雨的能力差;而林地则相反,水库水分丧失较慢,且其拦蓄降雨能力强,因而土壤水库蓄水量较大。

3.2 森林土壤水库月平均蓄水量

由表 2 知道,木荷林地、杉木林地和封山育林地土壤水库 1 a 中月平均蓄水量最大值分别为 413.4、408.2 和 376.3 mm,已接近其蓄水库容(分别为 441.16、421.81、411.4 mm),最小值分别为 324.9、307.7、277.7 mm,对照月平均蓄水量的最大值和最小值则分别为 307.3 mm 和 180.9 mm。木荷林地、杉木林地和封山育林地土壤水库月平均蓄水量的最大值和最小值分别比对照的高 34.53%、32.83%、22.45% 和 79.60%、70.09%、53.51%。木荷林地月平均蓄水量最大值比杉木林地的高 5.2 mm,最小值也比杉木林地的高 17.2 mm,表明木荷林地土壤水库

储蓄水分能力高于杉木林地的。对照月均蓄水量最大和最小值均比 3 种林地小,这是由于其土壤水库特别是表层土壤孔隙通道缺乏植被保护而堵塞,雨水难以进入土壤水库,拦蓄降雨的能力大大低于林地。

从表 2 还可以看出,土壤水库月平均蓄水量大小顺序为木荷林地>杉木林地>封山育林地,这与总库容(木荷林地>杉木林地>封育林地)、最大有效库容(木荷林地>杉木林地>封育林地)的顺序一致,而与兴利库容(杉木林地>木荷林地>封育林地)的顺序有所差异^[14],表明影响土壤水库库容、蓄水量大小的因素复杂多变。

表 2 森林土壤水库蓄水量的月变化 mm

日期	木荷林地	杉木林地	封育林地	对照
200103	413.0	390.0	353.0	244.0
200104	382.9	397.2	359.8	278.3
200105	409.2	408.2	376.3	307.3
200106	406.3	400.6	363.3	282.8
200107	362.5	345.8	328.0	228.4
200108	398.0	372.0	356.0	259.0
200109	368.6	338.6	324.1	197.4
200110	325.0	308.0	278.0	181.0
200111	333.0	331.0	302.0	202.0
200112	361.0	362.0	331.0	242.0
200201	406.0	386.0	336.0	258.0
200202	407.0	386.0	335.0	244.0
平均	381.1	368.7	336.9	243.6

3.3 森林土壤水库蓄水量的季节变化

根据建瓯市 1961—2000 年的降雨统计资料,结合本试验地一个水文年的降雨资料(图 1),可以将试验地降雨的季节变化分为 3 个时期:多雨期(3—6 月)、雨量中等期(7—9 月)和少雨期(10—翌年 2 月),研究其不同时期的蓄水状况:

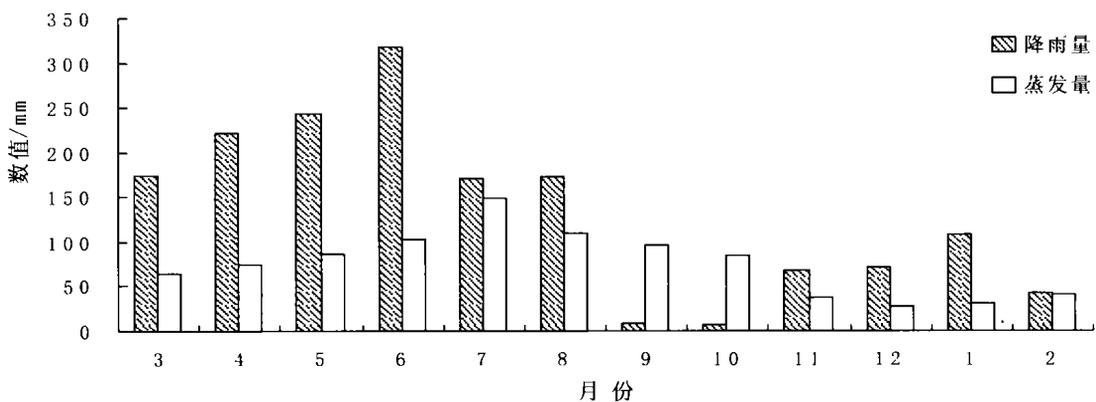


图 1 试验地降雨量与蒸发量

3.3.1 多雨期(3—6月) 此时期是该地雨季,降雨占全年降雨量的 50%~60%。此期间不仅雨量多,雨强高,而且降雨次数频繁,土壤水库平均蓄水量最高(表 3),土壤水库常处于高水位的运行状态,极易产生超渗径流,发生洪涝灾害的危险性很高;但同时,此时期又是森林土壤水库调蓄功能发挥的高峰期,木荷林地、杉木林地和封山育林地土壤水库的平均蓄水量分别为 402.9, 399.0 和 363.1 mm,接近其蓄水库容(分别为 441.16, 421.81, 411.4 mm)。因而,此时期森林土壤水库调蓄功能发挥的好坏直接影响到洪涝灾害的发生。

3.3.2 雨量中等期(7—9月) 雨季后 7—9 月份的降雨量受台风影响而异,降雨量很不稳定,平均约占全年雨量 20%~40%。由于本期太阳辐射强,地表温度高,土壤蒸发强度较大,土壤水库平均蓄水量较低(表 3),但由于受沿海台风影响,内陆常有雷雨,时间短,雨量及雨强大,多产生不饱和径流。此时期土壤水库平均蓄水量低于雨季(表 3),是森林土壤水库调蓄功能发挥的中等期。

3.3.3 少雨期(10—翌年 2 月) 此时期是本省旱季,降雨量很少,约占全年 15%~20%,降雨历时长,雨强小。该时期土壤水库平均蓄水量 1 a 中最低,是森林土壤水库调蓄功能发挥的低谷期(表 3)。

表 3 森林土壤水库不同季节平均蓄水量 mm

林地类型	多雨期	雨量中等期	少雨期
木荷林地	402.9	376.4	366.4
杉木林地	399.0	352.1	354.6
封育林地	363.1	336.0	316.4
对照	278.1	228.3	225.4

从表 3 可以看出,不同季节不同林地类型土壤水库平均蓄水量大小顺序均为木荷林地 > 杉木林地 > 封育林地 > 对照。不同季节中不同林地类型土壤水库的平均蓄水量大小顺序为多雨期 > 雨量中等期 > 少雨期,木荷林地、杉木林地、封山育林地和对照多雨期土壤水库的平均蓄水量分别是少雨期的 1.10, 1.13, 1.15 和 1.23 倍,可见,土壤水库蓄水功能发挥主要是在多雨期进行的。木荷林地、杉木林地和封山育林地多雨期土壤水库的平均蓄水量分别比对照的多 124.8, 121.9 和 85.0 mm,少雨期土壤水库的平均蓄水量也分别比对照的多 141.0, 129.2 mm 和 91.0 mm,体现出森林土壤水库“雨多能吞,雨少能吐”的特征,多雨期降雨量多,强度大,有森林植被覆盖的土壤水库可调蓄更多的降水,这对削减暴雨径流、减轻洪涝灾害具有极为重要的作用;而在少雨期,森林土壤

水库蓄存更多的水分,不仅可以补充枯水期径流,而且能够维护当地的水量循环和水量平衡,对区域的气候和生态环境起着重要的稳定作用。

3.4 森林土壤水库调蓄作用的稳定性

把一年中每个月森林土壤水库的平均蓄水量扣除死库容的水量,作为森林土壤水库在兴利库容中的月平均蓄水量(称之为月均净蓄水量),同时用月均净蓄水量占兴利库容的比例表示兴利库容被利用的情况,该比例的变化幅度情况显示了森林土壤水库调蓄作用发挥的稳定性状况。

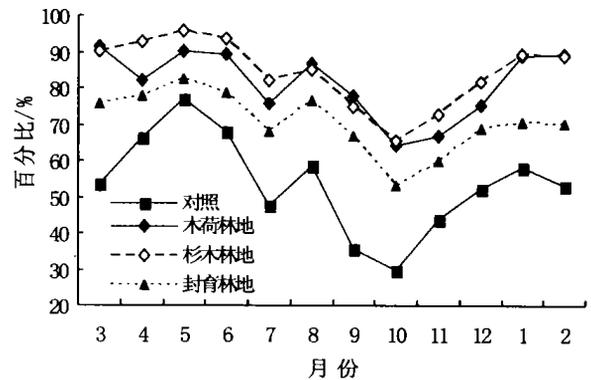


图 2 月均净蓄水量占兴利库容的比例变化

由图 2 可见,3 种林地及对照土壤水库月均净蓄水量占兴利库容比例的变化趋势基本一致,呈“W”模式。在 1 个水文年中,10 月份降雨量最小,蒸发量大于降雨量(图 1),水分支出大于收入,净蓄水量所占比例出现最小值,兴利库容利用率低;而后由于温度下降,林木生长处于下降时期,耗水量也减少,表层土壤水分支出主要通过蒸发途径,水分支出处于下降状态,而且降雨量高于 10 月份,水分收入增加,因而 11—12 月份净蓄水量比例逐渐上升,兴利库容利用率逐步提高,至 1—2 月时基本保持稳定;而 3—6 月降雨量大幅度增加(图 1),土壤水库水分收入远大于支出,兴利库容的利用率达到最高;然后至 7 月份,由于气温高,林木蒸腾作用和土壤蒸发作用达到最大,而此时降雨则开始下降(图 1),因而土壤净蓄水量比例减小至另一个低值,但明显大于 10 月份的低值;而 8 月份土壤蒸发量有所降低和降雨量有所增大,造成土壤净蓄水量比例略有回升;而从 9—10 月份,土壤蓄水量比例则逐渐下降,至 10 月份达到最小值。

从图 2 可看出,木荷林地、杉木林地和封山育林地月均净蓄水量占兴利库容的比例的最大值和最小值均远高于对照,分别比对照高 14.31%, 18.71%, 5.53% 和 34.83%, 36.05%, 23.44%, 表明它们兴利库容的利用率都比对照的高。木荷林地、杉木林地、

封山育林地和对照土壤水库月均净蓄水量占兴利库容比例的最大值和最小值的差分别为 27.07%、30.25%、29.68%和 47.60%,表明 3 种林地土壤水库一年中兴利库容内的蓄水量比较平稳,雨季充分拦截降雨,减少地表径流,而到了旱季土壤水库保持较高的蓄水量,通过壤中流缓慢补充地下径流,起到良好的调蓄洪水、补充枯水径流的作用,其中以木荷林地变化幅度最小,说明其土壤水库比另外 3 种对水分起到更稳定的调蓄作用。图 2 中木荷林地土壤水库月均净蓄水量占兴利库容的比例总体上比杉木林地的要低,这与年均蓄水量、不同季节月均蓄水量都不一致,除了说明土壤水库调蓄机理的复杂性外,其原因还有待于进一步研究。

4 结 论

综上所述,不同林地类型土壤水库由于水分进入土壤水库所受的影响因素不同,进入土壤水库的水量不同,导致不同林地类型土壤水库蓄水调水的功效也不同(木荷林地、杉木林地和封山育林地土壤水库年均蓄水量占总库容的比例都超过 70%,而对照的只占 50%多)。森林土壤水库在多雨季节和少雨季节蓄水量都保持较高水平,真正体现了其“雨多能吞,雨少能吐”的调蓄特性。木荷林地土壤水库月均净蓄水量占兴利库容的比例比杉木林地的低,从表面上看,其兴利库容的利用率比杉木林地的差,但其蓄水量比杉木林地要高,这一方面反映了森林土壤水库调水蓄水机制的复杂性,另一方面也向我们提出了是否可以有更科学更合理的判断指标,如用土壤水库多年平均最低持水量代替凋萎持水量,因为对于林地而言其最低持水量无论何时都远大于凋萎持水量。

[参 考 文 献]

- [1] 杨玉盛,陈光水,谢锦升.论森林水源涵养功能[J].福建水土保持,1999(3):3—8.
- [2] 刘贤赵,黄明斌.黄土丘陵沟壑区森林土壤水文行为及其对河川径流的影响[J].干旱地区农业研究,2003(6):72—76.
- [3] 杨玉盛.杉木林可持续经营的研究[M].北京:中国林业出版社,1998.
- [4] 靳孟贵,张人权,孙连发,等.土壤水资源评价的研究[J].水利学报,1999,16(2):73—78.
- [5] 郭凤台.土壤水库及其调控[J].华北水利水电学院学报,1996(6):72—80.
- [6] 史学正,梁音,于东升.“土壤水库”的合理调用与防洪减灾[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999(9):6—11.
- [7] 林景亮.福建土种志[J].福州:福建省土壤普查办公室,1990.
- [8] 福建省土壤普查办公室.福建土壤[J].福州:福建科学技术出版社,1991.
- [9] 曾大林.对当代林业水土保持作用的几点认识[J].中国水土保持,2000(6):25—27.
- [10] 郭庆荣,钟继洪,万洪富,等.亚热带丘陵赤红壤区农业可持续发展的土壤水分管理[J].生态科学,2003(2):73—76.
- [11] 全斌,陈健飞,郭成达.福建赤红壤、红壤旱地土壤水库容状况及水分问题研究[J].土壤通报,2002(4):96—99.
- [12] 于东升,史学正.红壤区不同生态模式的“土壤水库”特征及其防洪减灾效能[J].土壤学报,2003(9):656—664.
- [13] 孙仕军,丁跃元,曹波,等.平原井灌区土壤水库调蓄能力分析[J].自然资源学报,2002(1):42—47.
- [14] 黄荣珍,杨玉盛,谢锦升,等.福建闽江上游不同林地类型土壤水库“库容”特性研究[J].中国水土保持科学,2005,3(2).