

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.03.013

金沙江河谷3种近熟人工林凋落物持水性研究

舒圣评¹, 吴 军²

(1. 会东县姜州林业站, 四川 会东 615200; 2. 会东县淌塘林业站, 四川 会东 615200)

摘要:为了解金沙江河谷近熟人工林凋落物的涵养蓄水能力,对3种典型林分凋落物的储量、持水量、持水率和吸水速率进行了研究。结果表明:不同林型的凋落物干储量、持水量、持水率、吸水率有所差异,其大小顺序均符合:软阔林凋落物(桉木) > 硬阔林凋落物(青冈) > 针叶林凋落物(华山松)。凋落物持水量和持水率与浸泡时间的变化规律符合对数方程 $W = a \times \ln(t) + b$ (其中 a 和 b 为常数),凋落物吸水速率与时间的变化规律符合乘幂方程 $W = a \times t^{-b}$,且均达到显著相关水平 ($P < 0.05$),可见软阔(桉木)林具有比另外两种林型高的保水性,通过对3种人工林凋落量及其持水性动态变化的监测和研究,凋落物自然含水量在 13.75% ~ 63.62% 之间变化。未分解凋落物和半分解凋落物饱和持水率分别在 85.05% ~ 323.41%, 147.66% ~ 251.11% 之间波动,半分解凋落物饱和持水率变幅相对较小。

关键词:人工林;凋落物;持水性

中图分类号:S714

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2018)03-0061-05

Analysis of Water-holding Capacity of Litters in Three Types of Near-mature Plantations in the Jinsha River Valleys

SHU Sheng-ping¹ WU Jun²

(1. The Forestry Bureau of Huidong County, Huidong 615200, China;

2. Rangtang Forestry Station of Huidong County, Huidong 615200, China)

Abstract: To understand the litter water - holding capacity of near-mature plantations in the jinsha river basin, studies were made of litter reserves, water - holding capacity, water - holding rate and water absorption rate in three typical forest types of the jinsha river basin. The results showed that dry litter reserves, water holding capacity, water holding rate, water absorption rate were different in different types of forest, the order of the indexes above were all as follows: softwood forest litter (*Alnus cremastogyne*) > hardwood forest litter (*Cyclobalanopsis glauca*) > coniferous forest litter (*Pinus armandii*). the variation rule of water holding capacity, water retention rate and the immersion time conformed to the logarithmic equation $W = a \times \ln(T) + b$ (where a and B were constants), water absorption rate and time variation rule conformed to power equation $W = a \times t^{-b}$, and the difference reached the significant level ($P < 0.05$). Softwood forest had higher water retention than the other two forest types. Through monitoring and research of dynamic variation on litter water holding capacity in three kinds of plantations, natural water content of litter varied between 13.75% and 63.62%, water-holding rate of undecomposed litter and half-decomposed litter varied respectively in 85.05% ~ 323.41% and 147.66% ~ 251.11%, the later varied in a smaller amplitude.

Key words: Plantation, Litter, Water holding capacity

收稿日期:2018-03-07

作者简介:舒圣评(1990-),女,四川南充人,学士,主要从事森林资源保护和管理、森林病虫害防治、林业调查规划设计工作。

凋落物是森林生态系统的重要组成部分,是森林生态系统物质循环和能量流动的一个重要方面之一^[1~2];森林凋落物也是涵养水源,防止水土流失,增加微生物繁殖空间,提高土壤肥力和地表温度,抑制其他群落植物成长,为幼苗提供遮盖,建立植物群落优势^[4]。以往对凋落物的只侧重于凋落物在水源涵养及土壤水分等方面的作用,经本实验可以看出凋落物的持水过程大体可以分为三个阶段,即吸持阶段、增持阶段和保持阶段。在降雨初期,凋落物全部吸收雨水并持保持雨水不流动和下渗;随着降雨量的增加,凋落物的持水速度逐渐减慢,在此时间段内再缓慢增加持水量,超过了持水速度的降雨开始下移输出,到达地面,此时凋落物并未达到饱和持水量;当降雨继续进行,凋落物的持水量达到饱和,降雨量与凋落物的输出持水量趋于动态平衡。目前国外也有一些关于人工林凋落物对土壤理化性质影响的研究^[3~5],但是大部分研究偏重于森林凋落物在增加土壤肥力、改善物质循环中的作用,而对凋落物的水文效应(蓄水能力等)研究较少,虽然国内对凋落物的蓄水能力有一定的研究,但是对金沙江流域人工林恢复过程的凋落物特征的研究尚缺乏必要的研究。该实验的目的在于,揭示会东县金沙江流域典型的3种近熟人工林下调落物量的变化,探讨未分解凋落物及半分解凋落物持水性质的差异,为人工林凋落物层水文功能的发挥、适地适树的选择提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于四川省西南部、凉山彝族自治州东南部的会东县,地理坐标介于东经 102°20' ~ 103°

03',北纬 26°12' ~ 26°57'之间。地势西北高、东南低,山脉总称鲁南山,属螺髻山的南延部分,自北向南纵贯县域中部,其分支东部称大黑山,西部称鲁昆山。全县最高处是柏杉乡紧风口营盘子,海拔 3 331.8 m;最低是大崇乡大花村莫家沟金沙江出境处,海拔 640 m,相对高差 2 691.8 m。山地占全县总面积的 96%,高平原及丘陵占 4%。山地中海拔 2 500 m 以上的山地占 24%,1 400 m ~ 2 500 m 的半山地占 66%,1 400 m 以下的河谷占 10%;属亚热带季风高原型气候,由于山高谷深,气候垂直差异很大,年均气温 16.1℃,一月份平均气温 8.1℃,七月份平均气温 21.8℃,年均≥10℃的积温 5 284.1℃,无霜期 258 d,年日照数 2 300 h;年降水量 1 062.9 mm,年均相对湿度 65%,年蒸发量 2 000 mm。雨季(5月~10月)降水量占 93.3%,相对湿度 73.7%,旱季(11月~4月)降水量占 6.7%,相对湿度 52.8%;土壤以山地红壤为主,土层厚度在 40 cm 以上,腐殖层厚度 5 cm ~ 15 cm,pH 值为 5.0 ~ 6.3,质地轻壤至重壤;得天独厚的光热资源和立体气候形成了物种繁多的植被资源,草本、木本植物共有 202 科、1 504 种;植被属会东县常绿阔叶林带川、金沙江峡谷、云南松、干热河谷植被。全县森林覆盖率 36.1%,林木绿化率为 50.7%。

1.2 研究方法

在会东县内(金沙江流域)具代表性的地段,设置青冈(*Quercus dentata* thunb)、桤木(*Alnus cremastogyne* Burk)、华山松(*Pinus armandi* franch) 1 m × 1 m 的小样方各 3 个(表 1),在每个小样方内沿对角线一分为四个部分然后选取对角的两个部分的凋落物按照不同树种均匀混合,将未分解层 5 cm、半分解层 3 cm、完全分解层 2 cm 厚度 3 个层次收集枯落物(兼顾坡位、坡向、密度),装入实验袋内。

表 1 样地基本特征

Tab. 1 Basic characteristics of sample plots

样地编号	海拔(m)	坡度(°)	坡位	树种	树龄(a)	平均胸径(cm)	平均树高(m)	冠幅(m)
1	1 910 ~ 1 920	8	上坡	青冈	25	18	5.5	6
2	1 850 ~ 1 860	12	中坡	青冈	25	20	6	6.5
3	1 750 ~ 1 760	12	下坡	青冈	25	22	6.5	7
4	1 910 ~ 1 920	8	上坡	桤木	15	24	5.5	12
5	1 850 ~ 1 860	12	中坡	桤木	15	22	5	10
6	1 750 ~ 1 760	12	下坡	桤木	15	26	6	13
7	1 910 ~ 1 920	8	上坡	华山松	22	22	5.5	7
8	1 850 ~ 1 860	12	中坡	华山松	22	26	6.5	8
9	1 750 ~ 1 760	12	下坡	华山松	22	24	6	7.5

备注:土壤类型均为山地黄壤。

1.3 实验室操作分析

将所收集的枯落物样品用烘箱烘干 (80℃) 至恒重 (用电子秤称取), 由此计算凋落物单位面积的储量、自然含水率等, 随机取 3 袋取平均值进行比较。

1.4 凋落物持水量的测定方法

将烘干后相同树种凋落物混匀, 称取不同树种烘干凋落物质量 160 g 浸入水中 24 h 后, 用镊子捞起并静止 5 min 至凋落物不滴水时用电子秤称其湿重, 然后减去其干重, 即为凋落物的最大持水量。随机取 3 袋取平均值进行比较。

将烘干的各种不同分解程度的凋落物装入网袋后分别浸入水中 0.5 h, 1 h, 1.5 h, 2 h, 3 h, 4 h, 6 h, 8 h, 10 h 后称其湿重, 研究其吸水速度和吸水过程。分别随机取 3 袋计算其平均值。其中, 涉及的公式如下计算:

$$\text{凋落物持水量} (\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}) = \text{凋落物湿重} (\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}) - \text{凋落物干重} (\text{t} \cdot \text{hm}^{-2})$$

$$\text{凋落物持水率} (\%) = (\text{凋落物持水量} / \text{凋落物干质量}) \times 100\%$$

$$\text{凋落物吸水速率} (\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) = \text{凋落物持水量} (\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}) / \text{吸水时间} (\text{h})$$

$$\text{凋落物有效拦储量} (\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}) = [0.85 \times \text{最大持水率} (\%) - \text{平均自然含水率} (\%)] \times \text{凋落物现存量} (\text{t} \cdot \text{hm}^{-2})$$

1.5 仪器设备

烘箱、电子天平 (北京赛多利斯天平有限公司)、塑料盆、测绳、收集带、塑料绳、记录本。

2 结果与分析

2.1 林分凋落物现存量 and 持水量

将记录的数据汇总, 计算不同凋落物现存量和持水量:

从表 2 可知, 3 种人工林凋落物储量表现为随树种不同各有差异, 青冈、桉木凋落物的储量分别比华山松多 40.7% 和 20.2%, 最大持水量分别增加了 68.9% 和 36.6%。凋落物持水率以桉木最高, 分析与凋落物的腐解程度有关, 桉木林地半分解和分解的凋落物层数更大, 因而其持水率较高。总而言之, 数据结构显示, 树种不同, 凋落物的储量和持水量都有所不同, 表明桉木在凋落物持水性方面对水土保持和水源涵养有一定优势。该结论, 主要因为采样处的环境因子、立地条件、土壤动物的种类等因

素导致 3 种人工林凋落物现储量存在差异。

表 2 不同凋落物持水量分析 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)

Tab. 2 Different litter water holding capacity analysis

林分类型	凋落物现存量 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	凋落物持水量 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)
桉木 (<i>Alnus cremastogyne</i> Burk)	5.43	1410.7
青冈 (<i>Quercus dentata</i> thunb)	4.46	1141.4
华山松 (<i>Pinus armandi</i> franch)	3.86	835.3

如表 3 所示 $F = MS_i / MS_e = 38.09 / 5.34 = 7.13^*$, 根据 $df_1 = dft = 2, df_2 = dfe = 6$ 查生物统计附实验设计 (第四版) 附表 4 得, $F_{0.05} (2, 6) = 5.14, F_{0.01} (2, 6) = 10.92; F_{0.05} (2, 6) < F < F_{0.01} (2, 6)$ 即 $0.01 < p < 0.05$, 表明 3 种人工林凋落物持水性差异显著。

表 3 3 种人工林凋落物持水性方差分析表

Tab. 3 Three kinds of plantation litter water holding capacity table of variance analysis

变异来源	平方和 SS	自由度 df	均方 ms	F 值
种类间	46.5	2	38.09	7.13*
误差	38.84	6	5.34	
总变异	85.34	8		

注: * 表示在 $p < 0.05$ 水平上差异显著; ** 表示在 $p < 0.01$ 水平上差异显著。

2.2 凋落物持水速率

将凋落物带回实验室放在塑料盆或塑料桶内浸泡, 浸泡过程中应注意将所有的枯落物放置于水面以下, 并在水位下降后, 及时加水, 持续浸泡 0.5 h、1.0 h、1.5 h、2.0 h、4.0 h、6.0 h、8.0 h、10.0 h, 捞起静置 5 min 至凋落物不滴水时称质量, 设 3 个重复, 取平均值。

如图 1 所示, 凋落物的持水过程大体可以分为 3 个阶段, 即吸持阶段、增持阶段和保持阶段。在降雨初期, 凋落物全部吸收雨水并持保持雨水不流动和下渗; 伴随雨水的延续, 降雨量增加, 凋落物的持

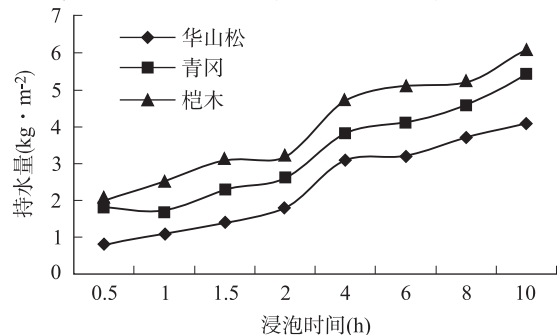


图 1 3 种不同凋落物持水量与浸泡时间的关系

Fig. 1 Three kinds of litter water holding rate ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) and soaked time relationship

水速度逐渐减慢,这个时间段再缓慢的增加持水量,然而超过了持水速度的降雨则下移输出,到达地面,此时凋落物并未达到饱和持水量;随着时间的延续,降雨继续进行,凋落物的持水量达到饱和,降雨量与通过凋落物的输出趋于动态平衡。

图2可以看出,青冈、桉木、华山松在10 h内吸水的凋落物吸水过程基本相似。吸水速率在4 h达最大值,0~4 h凋落物的平均吸水率约为0~0.5 h的1/2,,随后继续下降,到达10 h吸水速率逐渐趋向于零,显然凋落物层的平均吸水率与浸泡时间呈显著的幂函数关系。由此可以看出凋落物的吸水作用主要出现在降雨前10 h内,特别是前4 h内表现尤为突出。

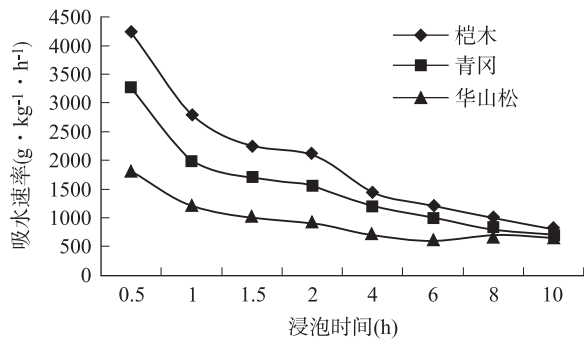
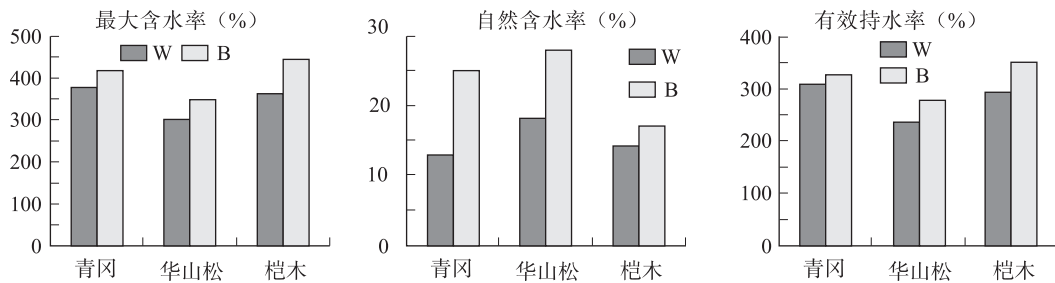


图2 3种不同凋落物吸水速率与浸泡时间的关系
Fig.2 Three kinds of litter water absorption and immersion time relationship



注: W表示未分解凋落物, B表示半分解凋落物。

图3 3种人工林凋落物不同分解情况下持水率(%)
Fig.3 Three different plantation litter water holdup(%)

由图3可以得出,3种人工林半分解凋落物的自然含水率均高于未分解的凋落物的凋落物林分,3种人工林凋落物未分解的最大持水率和有效持水率均小于半分解的凋落物。3种人工林凋落物的未分解层、半分解层在有效持水率中所占比例:桉木(3.0,3.5) > 青冈(3.1,3.2) > 华山松(2.2,2.7)。

自然含水量凋落物的自然含水量是反映单位干物质在自然状况下(林地内)持水的能力。测定表明,3种人工林内未分解、半分解凋落物平均自然含

凋落物持水量和持水率与浸泡时间的变化规律符合对数方程: $W = a \times \ln(t) + b$ (其中 a 和 b 为常数),凋落物吸水速率与时间的变化规律符合乘幂方程 $W = a \times t^{-b}$ (其中 a 和 b 为常数)。用方程得出的凋落物持水量理论值与实测结果的相关系数 ($R = 0.97$),两者极显著相关 ($P < 0.001$),如表4所示。

表4 凋落物持水量 (W_H)、持水率 (W_R)、吸水率 (W_A) 与浸泡时间 t 的方程

Tab.4 Litter water holding capacity (W_H)、(W_R) water holding rate, water absorption rate (W_A) and immersion time t equation

森林类型	方程	R	P
W_H	桉木林 $W_H = 1.3491\ln(t) + 2.1471$	0.9798	<0.01
	青冈林 $W_H = 1.3338\ln(t) + 2.797$	0.9842	<0.01
	华山松林 $W_H = 1.1961\ln(t) + 1.3364$	0.9771	<0.01
W_R	桉木林 $W_R = 56.787\ln(t) + 91.206$	0.9767	<0.01
	青冈林 $W_R = 64.742\ln(t) + 70.081$	0.9835	<0.01
	华山松林 $W_R = 63.253\ln(t) + 70.082$	0.9773	<0.01
W_A	桉木林 $W_A = 2150.1^{-0.612}$	0.9936	<0.01
	青冈林 $W_A = 2770.2^{-0.672}$	0.9954	<0.01
	华山松林 $W_A = 1326.4^{-0.518}$	0.9842	<0.01

2.3 凋落物自然含水率、最大含水率、有效持水率

图3是3种人工林凋落物在未分解、半分解情况下的持水率:

水量分别为 26.74%、37.37% ,未分解凋落物自然含水量在 13.75% ~ 51.10% 之间变化,半分解则在 0.94% ~ 63.62% 之间波动(表6),其中未分解和半分解凋落物自然含水量最低值分别是青冈和华山松,而自然含水量最大的是桉木。

3 讨论

(1)在不同浸泡时间段,林分凋落物持水率均

呈现软阔林凋落物(桉木) > 硬阔林凋落物(青冈) > 针叶林凋落物(华山松)。凋落物持水率在浸泡 2h 内随着浸泡时间的延长而迅速增长,此后增长趋于平缓,浸泡时间达 10 h 时,各林分凋落物持水量基本饱和,持水率几乎不变^[8-9]。3 种人工林凋落物的持水率 W_R 随浸泡时间 t 按对数方程 $W_R = a + b \ln t$ 增加,此次试验凋落物持水率以桉木最高,原因与凋落物的腐解程度有关,桉木林半分解和分解的凋落物层数较大,因而其持水率较高。总而言之,数据结构显示,随树种不同,凋落物的储量和持水量都有所不同,表明桉木的凋落物在持水性方面对水土保持和水源涵养有一定优势。

(2) 林木通过凋落物的形式向林地输入相当数量的养分和能量,为土壤动物、微生物提供食物和能量来源^[11]。与其他一些对森林凋落物的研究相比,本研究中 3 种人工林半分解凋落物饱和持水率变化相对较小;3 种人工林凋落物未分解的最大持水率和有效持水率均小于半分解的凋落物。3 种人工林凋落物的未分解层、半分解层和完全分解层所占比例桉木大于青冈大于华山松。

(3) 凋落物的自然含水量是反映单位干物质在自然状况下(林地内)持水的能力。测定表明,3 种人工林内未分解、半分解凋落物平均自然含水量分别为 26.74%、37.37%,未分解凋落物自然含水量在 13.75%~51.10% 之间变化,半分解凋落物则在 0.94%~63.62% 之间波动(图 6),其中未分解和半分解凋落物自然含水量最低值分别是青冈和华山松,而自然含水量最大的是桉木。长江上游 3 种人工林凋落物贮备量有所差异,3 种不同林型的人工林林的凋落物含水量最高的是长生于湿润坡地或沟谷台地林中的桉木林(软阔林),其次是青冈林(硬阔林),最小的是华山松(针叶林),桉木林凋落物的持水率与持水量都是最大的。

(4) 文中各拟合方程的 p 值均 < 0.01 ,表明方程较好地模拟了林分凋落物持水率和吸水速率的实际变化,它们可用于预测林分凋落物不同浸泡时间后的持水量、持水率和凋落物吸水速率。但用浸泡法测定凋落物层持水特性时,凋落物层完全浸没在水中,与野外实际降水条件存在极大差异,故凋落物

在野外的持水特性与浸泡法测得的结果应相距甚远^[10]。从持水性能来看,本研究未分解、半分解凋落物最大持水率分别为 151.55%、191.49%,这可能与林龄、枯落物中枝、叶、花、果所占的比例等有关,本实验仅仅是一个开始,仅对长江上游 3 种人工林凋落物层的凋落量及其持水特征的初步研究,而凋落物层作为森林生态系统一个重要的层次,其水文生态功能是动态且多方面的,尤其是随着森林结构的变化而生态功能变化的差异是明显的,要正确客观评价 3 种人工林凋落物层水文生态功能变化,则需要不同区域不同结构的林型下,从凋落物的数量、组成、物质化学性质、养分归还量、能量流动量等角度出发,对凋落物层进行长期的定量研究。

参考文献:

- [1] 莫江明,孔国辉,Sandra Brown,等. 鼎湖山马尾松林凋落物及其对人类干扰的响应研究[J]. 植物生态学报,2001,25(6): 656~664.
- [2] 廖利平,马越强,汪思龙,等. 杉木与主要阔叶造林树种叶凋落物的混合分解[J]. 植物生态学报,2006,24(1):27~33.
- [3] Rapp M, Regina I S, Rico M, et al. Biomass, nutrient content, litter-fall and nutrient return to the soil in Mediterranean oak forest[J]. Forest Ecology Manage, 2009, 119:39~49.
- [4] Kavvadias V A, Alifragis D, Tsiontsis A, et al. Litter-fall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece[J]. Forest Ecology Manage, 2001, 144:113~127.
- [5] Bubb K A, Xu Z H, Simpson J A. Some nutrient dynamics associated with litter-fall and litter decomposition in hope pine plantations of southern Queensland, Australia[J]. Forest Ecology Manage, 2008, 110:343~352.
- [6] 张洪江,程金花,史立虎,等. 三峡库区 3 种林下枯落物储量及其持水特性[J]. 水土保持学报,2003,17(3):55~58,123.
- [7] 方华,莫江明. 氮沉降对森林凋落物分解的影响[J]. 生态学报,2006,26(9):3127~3136.
- [8] 彭耀强,薛立,曹鹤,等. 三种阔叶林凋落物的持水特性[J]. 水土保持学报. 2006,20(5):189~191,200.
- [9] 任向荣,薛立,曹鹤,等. 3 种人工林凋落物的持水特性[J]. 华南农业大学学报,2008,29(3):47~51.
- [10] 李清磊,李林延,李清焱,等. 几种常见林型枯落物层蓄水功能差别的研究[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2007,20(5):36~37.
- [11] 陈水莲,叶金盛,曾曙才,等. 几种人工林凋落物的持水性研究[J]. 植物生态学,2010,260~272.