

### 3 种人工林凋落物的持水特性

任向荣, 薛立, 曹鹤, 王相娥, 谢腾芳

(华南农业大学林学院, 广东广州 510642)

**摘要:**用浸水法对2个常绿阔叶混交林和1个杉木林凋落物的贮量、持水量、持水率和吸水速率进行了研究。结果表明,每公顷常绿阔叶混交林1、常绿阔叶混交林2和杉木林的凋落物干质量分别为2 220、898和1 255 kg。3种林分中常绿阔叶混交林1的凋落物最大持水量较大,达 $6.8 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,杉木林居中,为 $4.1 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,常绿阔叶混交林2较小,为 $3.3 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。在浸泡不同时间后,林分的凋落物持水率均呈现常绿阔叶混交林2 > 杉木林 > 常绿阔叶混交林1。常绿阔叶混交林1、常绿阔叶混交林2和杉木林的凋落物最大持水率分别为403%、462%和423%。常绿阔叶混交林2的凋落物吸水速率居首位,常绿阔叶混交林1中等,杉木林最小。凋落物持水量和凋落物持水率随着浸泡时间的增长按照对数关系增加,吸水速率则随着浸泡时间的增长按照乘幂关系下降。

**关键词:**人工林; 凋落物; 持水量; 持水率; 吸水速率

中图分类号: S715.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2008)03-0047-05

### Water Holding Characteristics of Litter in Three Plantations

REN Xiang-rong, XUE Li, CAO He, WANG Xiang-e, XIE Teng-fang

(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** The characteristics, including litter amounts, water holding capacity, and proportional water holding capacity and absorption rates, were studied in two evergreen broadleaf mixed plantations and a *Cunninghamia lanceolata* plantation using water immersing method to understand water-conserving functions of the three plantations. The dry mass of litter in evergreen broadleaf mixed plantation 1, evergreen broadleaf mixed plantation 2 and *C. lanceolata* plantation were 2 220, 898 and 1 255  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , respectively. The biggest water holding capacity of floor mass of evergreen broadleaf mixed plantation 1 was the largest ( $6.8 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) among the three plantations, followed by the *C. lanceolata* plantation ( $4.1 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) and the evergreen broadleaf mixed plantation 2 ( $3.3 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ). The order of proportional water holding capacity as a percentage of the dry mass of litter was evergreen broadleaf mixed plantation 2 > *C. lanceolata* plantation > evergreen broadleaf mixed plantation 1 after every time immersed in water. The biggest proportional water holding capacity as a percentage of the dry mass of litter in evergreen broadleaf mixed plantation 1, evergreen broadleaf mixed plantation 2 and *C. lanceolata* plantation were 403%, 462% and 423%, respectively. The water absorption rate of litter of evergreen broadleaf mixed plantation 2 was the largest, followed by the evergreen broadleaf mixed plantation 1 and the *C. lanceolata* plantation. The total water holding capacity and proportional water holding capacity of litter increased logarithmically with increasing time immersed in water. Water absorption rates of litter in all plantations decreased according to power correlation with increasing time immersed in water.

**Key words:** plantation; litter; water-holding capacity; water-holding rate; water absorption rate

收稿日期: 2007-06-25

作者简介: 任向荣(1983—), 女, 硕士研究生; 通讯作者: 薛立(1958—), 男, 教授, 博士, E-mail: forxue@scau.edu.cn  
基金项目: 广东省林业局资助项目(4400-F07041, 4400-F06051)

森林水文生态功能是森林生态系统功能的一个重要方面. 枯枝落叶层作为森林植被对降雨再分配的第2个作用层,是实现森林涵养水源、保持水土的主要作用层. 森林凋落物是指森林生态系统内部由生物组分产生,然后归还到林地表面,作为分解者的物质和能量来源,借以维持生态系统功能的所有有机物质的总称,包括林内乔木和灌木的枯叶、枯枝、落皮和繁殖器官、野生动物的残骸及代谢产物、林下枯死的草本植物和枯死的树根等,是森林生态系统的重要组成部分<sup>[1-6]</sup>. 凋落物层具有较土壤更多更大的孔隙,能够吸持水分,促进下渗,迟滞径流产生时间,减轻径流侵蚀程度,并对土壤水分的补充和植物水分的供应产生影响<sup>[7]</sup>. 不同林分类型的树种组成不同,年凋落物产量及其分解难易程度不同,造成其林地凋落物层蓄积量及其持水特性存在一定差异. 因此,研究林下凋落物持水特性对于了解不同森林的水文生态功能非常重要. 虽然对人工纯林的凋

落物持水量、持水率和吸水速率的变化有过一些研究<sup>[8-9]</sup>,但鲜见有关常绿阔叶混交林凋落物持水特性动态的报道. 作者对2个常绿阔叶混交林和1个杉木林进行研究,以了解不同森林的凋落物水源涵养功能.

## 1 试验地概况

试验地位于广东省高明县的云勇林场,东经112°40',北纬22°43',属于亚热带气候. 气候温和,雨量充沛,年降雨量平均达2 000 mm,集中在4—8月. 年平均气温达22℃,最高气温34.5℃,最低气温3.5℃,偶有霜冻. 地势属丘陵地带,土壤为花岗岩发育的酸性赤红壤,土层深厚. 2006年春天选取2个常绿阔叶混交林和1个杉木纯林进行研究,试验林分于2003年营造,营造前的林分为杉木纯林. 各林分郁闭度在0.6~0.7,林下植物盖度约70%~80%. 3种林分的概况见表1.

表1 试验林分概况

Tab. 1 General characteristics of plantations

林分 plantation	树种组成 <sup>1)</sup> tree species	密度 density/ (株·hm <sup>-2</sup> )	平均地径 mean ground diameter /cm	平均树高 mean tree height/m	平均冠幅 mean crown width/m	林下植被 understory	坡向 aspect	坡度 slope/(°)
常绿阔叶混交林1 evergreen broadleaf mixed plantation 1	大叶相思	8	6.6	3.1	2.4	五指毛桃	SE15°	30
	红苞木	17	6.1	2.9	2.4	金花蕨		
	枫香	33	5.6	3.1	2.0	野牡丹		
	红荷	183	4.5	2.4	1.9	乌毛蕨		
	樟树	390	4.5	2.5	1.8	千里光		
	米老排	191	4.1	3.2	1.9			
	红锥	100	4.0	2.6	1.7			
	阴香	141	4.0	2.0	1.3			
	塞楝	207	3.3	1.8	1.0			
	盆架子	91	3.2	1.5	0.7			
	火力楠	207	2.7	2.1	1.0			
	蒲桃	33	1.4	0.9	0.6			
常绿阔叶混交林2 evergreen broadleaf mixed plantation 2	大叶相思	33	9.3	3.6	2.7	野牡丹	NE30°	35
	椴叶吴茱萸	17	8.5	4.3	3.0	乌毛蕨		
	米老排	116	6.9	3.7	2.5	五指毛桃		
	荷木	207	5.5	2.4	2.1			
	枫香	17	5.4	2.6	2.3			
	阴香	200	3.9	1.8	1.5			
	樟树	75	3.6	1.9	1.7			
	塞楝	290	3.5	1.6	1.0			
	红锥	116	3.3	2.1	1.6			
	火力楠	91	2.9	1.8	1.1			
杉木林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> plantation	杉木	1 650	3.2	1.7	0.9	乌毛蕨 金毛狗	SE45°	30

1) 大叶相思 *Acacia auriculiformis*, 红苞木 *Rhodoleia championii*, 枫香 *Liquidambar formosana*, 红荷 *Schima wallichii*, 樟树 *Cinnamomum camphora*, 米老排 *Mytilaria laosensis*, 红锥 *Castanopsis hystrix*, 阴香 *Cinnamomum burmannii*, 塞楝 *Khaya senegalensis*, 盆架子 *Winchia calophylla*, 火力楠 *Muchelia macclurei*, 蒲桃 *Syzygium jambos*, 椴叶吴茱萸 *Evodia meliaefolia*, 荷木 *Schima superba*, 杉木 *Cunninghamia lanceolata*

## 2 研究方法

2006年4月在各林分中选择面积为400 m<sup>2</sup>的样地,3个重复。在样地内每木检尺,调查地径、树高、冠幅和林下植物。在各样地中的四角和中部设置面积为1 m×1 m的小样方总共5个,调查凋落物鲜质量,带回实验室取部分烘干至恒质量,并计算凋落物含水率。另取各样方的部分凋落物装入网袋后分别浸入水中0.5、1.0、1.5、2.0、4.0、6.0、8.0、10.0、12.0和16.0 h,捞起并静置至凋落物不滴水时称质量,设3个重复,取平均值<sup>[8-9]</sup>。各林分的凋落物干质量、凋落物持水量、凋落物持水率和凋落物吸水速率分别按下式计算<sup>[8-9]</sup>:

凋落物干质量 = 凋落物鲜质量(1 - 含水率),

凋落物持水量 = 凋落物湿质量 - 凋落物干质量,

凋落物持水率 = 凋落物持水量/凋落物干质量 × 100%,

凋落物吸水速率 = 凋落物持水量/吸水时间。

## 3 结果与分析

### 3.1 凋落物贮量与持水量

3种林分的凋落物贮量各不相同。常绿阔叶混交林1的凋落物鲜质量最大,达3 168 kg·hm<sup>-2</sup>,常绿阔叶混交林2和杉木林凋落物鲜质量较小,分别为1 349和1 623 kg·hm<sup>-2</sup>,常绿阔叶混交林1、常绿阔叶混交林2和杉木林凋落物的含水率分别为43%、50%和29%,其干质量分别为2 220、898和1 255 kg·hm<sup>-2</sup>。

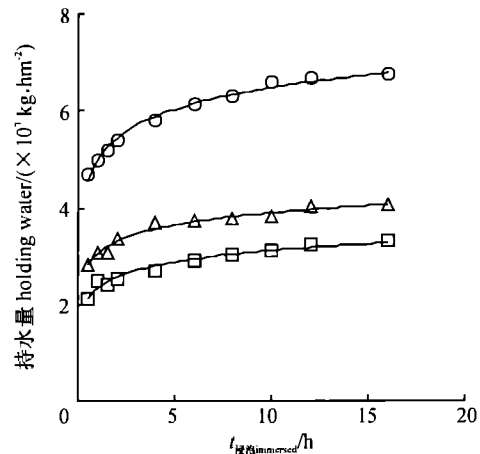
在浸泡不同时间后,林分的凋落物持水量均呈现常绿阔叶混交林1 > 杉木林 > 常绿阔叶混交林2。在浸泡0.5~4.0 h内,各林分的凋落物持水量增长较为迅速。此后,随着浸泡时间的增加,凋落物持水量增长缓慢,浸泡8~10 h时,其持水量接近饱和,即8~10 h后增加浸泡时间,其持水量变化很小(图1)。常绿阔叶混交林1的凋落物最大持水量在各林分中居首位,达6.8 × 10<sup>3</sup> kg·hm<sup>-2</sup>,杉木林居中,为4.1 × 10<sup>3</sup> kg·hm<sup>-2</sup>,常绿阔叶混交林2较小,为3.3 × 10<sup>3</sup> kg·hm<sup>-2</sup>。

凋落物持水量( $W_H$ )与浸泡时间( $t$ )的关系按照对数方程变化。林分各浸泡时间的凋落物持水量理论值与实测结果相近,相关系数 $R > 0.97$ ,达到显著相关水平( $P < 0.001$ ,表2)。

### 3.2 凋落物持水率

凋落物的持水率用凋落物吸收的水分与凋落物干质量的比值来表示,该值越大,凋落物的持水能力

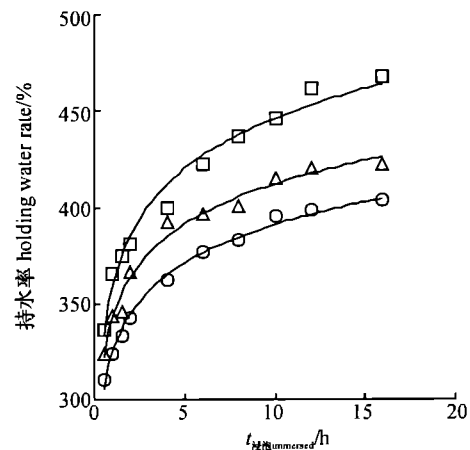
就越强。在浸泡不同时间后,林分的凋落物持水率均呈现常绿阔叶混交林2 > 杉木林 > 常绿阔叶混交林1(图2)。浸泡时间在0.5~6 h时,各林分的凋落物持水率随着浸泡时间的增长而迅速增长,此后增长较为缓慢,浸泡时间达12 h时,持水率趋于饱和。常绿阔叶混交林1、常绿阔叶混交林2和杉木林的凋落物最大持水率分别为403%、462%和423%,常绿阔叶混交林2的凋落物显示了较强的持水能力。



○ 常绿阔叶混交林1 evergreen broadleaf mixed plantation 1  
□ 常绿阔叶混交林2 evergreen broadleaf mixed plantation 2  
△ 杉木林 *Cunninghamia lanceolata* plantation

图1 凋落物持水量与浸泡时间的关系

Fig. 1 Relationship between holding water of litter and immersed time



○ 常绿阔叶混交林1 evergreen broadleaf mixed plantation 1  
□ 常绿阔叶混交林2 evergreen broadleaf mixed plantation 2  
△ 杉木林 *Cunninghamia lanceolata* plantation

图2 凋落物持水率与浸泡时间的关系

Fig. 2 Relationship between holding water rate of litter and immersed time

凋落物持水率( $W_R$ )与浸泡时间( $t$ )可以用对数方程模拟。林分各浸泡时间的凋落物持水率理论值与实测结果的相关系数 $R > 0.97$ ,二者关系达到极显著相关水平( $P < 0.001$ ,表3)。

表2 凋落物持水量( $W_H$ )与浸泡时间( $t$ )的方程Tab.2 Equation between holding water of litter ( $W_H$ ) and immersed time( $t$ )

林分 plantation	方程 equation	R	P
常绿阔叶混交林1 evergreen broadleaf mixed plantation 1	$W_H = 0.6419 \ln t + 5.0016$	0.995	<0.001
常绿阔叶混交林2 evergreen broadleaf mixed plantation 2	$W_H = 0.3353 \ln t + 2.3368$	0.980	<0.001
杉木林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> plantation	$W_H = 0.3594 \ln t + 3.0608$	0.975	<0.001

表3 凋落物持水率( $W_R$ )与浸泡时间( $t$ )的方程Tab.3 Equation between holding water rate of litter ( $W_R$ ) and immersed time( $t$ )

林分 plantation	方程 equation	R	P
常绿阔叶混交林1 evergreen broadleaf mixed plantation 1	$W_R = 28.644 \ln t + 325.03$	0.975	<0.001
常绿阔叶混交林2 evergreen broadleaf mixed plantation 2	$W_R = 37.425 \ln t + 359.70$	0.980	<0.001
杉木林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> plantation	$W_R = 28.741 \ln t + 343.52$	0.995	<0.001

### 3.3 凋落物吸水速率

浸泡时间在0.5~4.0 h时,各林分凋落物的吸水速率随浸泡时间的增长急剧下降,此后缓慢下降(图3).常绿阔叶混交林2在浸泡不同时间后,其凋落物吸水速率均居首位,常绿阔叶混交林1中等,杉木林最小.浸泡0.5 h时,常绿阔叶混交林1、常绿阔叶混交林2和杉木林地凋落物的吸水速率分别为6216、6727和6485  $g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ ,浸泡16 h后分别下降到252、289和197  $g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ ,其中,浸泡4 h时,吸水速率分别下降了85.4%、85.1%和88.5%.由图3可知,3种林地凋落物的吸水速率相差不是很大.

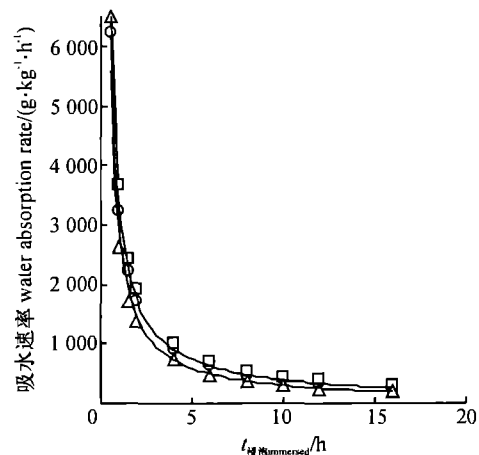
凋落物吸水速率( $W_A$ )与浸泡时间( $t$ )的关系可以用乘幂方程模拟.用乘幂方程得出的凋落物吸水速率理论值与实测结果的相关系数 $R > 0.985$ ,二者极显著相关( $P < 0.001$ ,表4).

表4 凋落物吸水速率( $W_A$ )与浸泡时间( $t$ )的方程Tab.4 Equation between water absorption rate of litter ( $W_A$ ) and immersed time( $t$ )

林分 plantation	方程 equation	R	P
常绿阔叶混交林1 evergreen broadleaf mixed plantation 1	$W_A = 3250.8t^{-0.9197}$	0.999	<0.001
常绿阔叶混交林2 evergreen broadleaf mixed plantation 2	$W_A = 3582.1t^{-0.9049}$	0.999	<0.001
杉木林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> plantation	$W_A = 2842.4t^{-0.9745}$	0.985	<0.001

## 4 讨论与结论

凋落物的贮量受多种因子的影响,这些因子包括林分类型、林龄、枯落物的输入量、分解速度、本身的厚度和性质等<sup>[10]</sup>.3种林分凋落物的贮量呈现常绿阔叶混交林1>杉木林>常绿阔叶混交林2.常绿阔叶混交林1和2的林地凋落物贮量差异大,前者约为后者的2.3倍,与构成林分的树种有关.常绿阔叶混交林1中落叶丰富的樟树 *Cinnamomum camphora*、米老排 *Mytilaria laosensis*、火力楠 *Muchelia mac-*



○ 常绿阔叶混交林1 evergreen broadleaf mixed plantation 1  
 □ 常绿阔叶混交林2 evergreen broadleaf mixed plantation 2  
 △ 杉木林 *Cunninghamia lanceolata* plantation

图3 凋落物吸水速率与浸泡时间的关系

Fig.3 Relationship between water absorption rate of litter and immersed time

*clurei* 数量分别为常绿阔叶混交林2的5.2、1.6和2.3倍,盆架子 *Winchia calophylla* 为前者独有树种,这些可能是造成常绿阔叶混交林1中凋落物数量大的原因.另外,不同树种组成的混交林可通过种间相互作用改变凋落物的组成、数量、性质及其分解模式和速度.常绿阔叶混交林1和2及杉木林的凋落物的持水能力相近,其最大持水量分别为其自身质量的3.1、3.6和3.2倍.凋落物的蓄水量主要取决于在林地上的累积量及其本身的持水能力.凋落物的现存量越多,持水能力越强,其水源涵养功能越

好<sup>[11]</sup>。3种人工林的蓄水量主要取决于凋落物的干质量,常绿阔叶混交林1的凋落物干质量分别为常绿阔叶混交林2及杉木林的2.5和1.8倍,前者的凋落物蓄水量分别为后两者的2.1和1.7倍,因此发展常绿阔叶混交林1的模式,有利于增加林地的凋落物量,提高其水文生态功能,减少水土流失。吸水速率和凋落物的性质有关,与常绿阔叶混交林1相比,常绿阔叶混交林2的大叶相思 *Acacia auriculiformis*、阴香 *Cinnamomum burmannii* 和塞楝 *Khaya senegalensis* 的数量多,可能造成其吸水速率大。另外,本研究在幼林中进行,林下植物盖度大,凋落物含有一定数量的林下植物枯落物,因而可能与同种类的成熟林的凋落物水源涵养特性有差异。

凋落物浸泡4h内持水量增长较为迅速,4~8h增长缓慢,浸泡8~10h时,其持水量达到饱和。在不同浸泡时间段的林分凋落物持水率均呈现常绿阔叶混交林2>杉木林>常绿阔叶混交林1。凋落物浸泡6h内持水率迅速增加,此后增长较为缓慢,浸泡12h时,持水率趋于饱和。各浸泡时间段的凋落物吸水速率为常绿阔叶混交林2>常绿阔叶混交林1>杉木林,但相差不是很大,从0.5~4.0h内急剧下降,此后缓慢下降。

凋落物持水量以及凋落物持水率与浸泡时间( $t$ )的变化规律符合对数方程  $W = a \ln t + b$  ( $a$ 和 $b$ 为常数),凋落物吸水速率与 $t$ 的变化规律符合乘幂方程  $W = at^{-b}$ ,且均达到显著相关水平( $P < 0.001$ ),证明这2个方程可以用来模拟林分凋落物持水量、凋落物持水率和凋落物吸水速率的实际变化,可以方便地预测林分凋落物不同浸泡时间后的持水量、

持水率和吸水速率的变化。

#### 参考文献:

- [1] 王凤友. 森林凋落物研究综述[J]. 生态学进展, 1989(2):82-89.
- [2] 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.
- [3] 杨立文, 石清峰. 太行山区主要植被枯枝落叶层的水文作用[J]. 林业科学研究, 1997, 10(3):283-288.
- [4] 潘开文, 何静, 吴宁. 森林凋落物对林地微生境的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(1):153-158.
- [5] LIU Chun-jiang, ILVESNIEMI H, BERG B, et al. Aboveground litterfall in Eurasian forests [J]. Journal of Forestry Research, 2003, 14(1):7-34.
- [6] 林波, 刘庆, 吴彦, 等. 森林凋落物研究进展[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1):60-64.
- [7] PUTUHENA W M, CORDERY I. Estimation of interception capacity of the forests floor [J]. Journal of Hydrology, 1996, 180:283-299.
- [8] 薛立, 何跃君, 屈明, 等. 华南典型人工林凋落物的持水特性[J]. 植物生态学报, 2005, 29(3):415-421.
- [9] 彭耀强, 薛立, 曹鹤, 等. 3种阔叶林凋落物的持水特性[J]. 水土保持学报, 2006, 20(5):189-191.
- [10] 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, 2005, 19(3):139-143.
- [11] 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.

【责任编辑 李晓卉】

## 欢迎订阅 2008 年《华南农业大学学报》

《华南农业大学学报》是华南农业大学主办的综合性农业科学学术刊物。本刊主要报道农业各学科的科研学术论文、研究简报、综述等,设有农学·园艺·土壤肥料、植物保护、生物学、林业科学、动物科学与兽医学、农业工程与食品科学、信息科学、基础科学、综述、简报等栏目。本刊附英文目录和英文摘要。读者对象主要是农业院校师生、农业科研人员和有关部门的专业干部。

本刊为《中国科学引文数据库》、《中国科技论文统计源(中国科技核心期刊)》及《中国学术期刊综合评价数据库》等固定刊源,并排列在中国科学引文数据库被引频次最高的中国科技期刊500名以内。被《中文核心期刊要目总览》遴选为综合性农业科学核心期刊、植物保护类核心期刊。为美国《化学文摘》、美国《剑桥科学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》、英国《CABI》、英国《动物学记录》、《中国生物学文摘》及国内农业类文摘期刊等国内外多家著名文摘固定刊源。

国内外公开发行、季刊、A4幅面。每期124页,定价5.00元,全年20.00元、自办发行,参加全国非邮发报刊联合征订发行,非邮发代号:6573。

订阅办法:订阅款邮汇至:300385 天津市大寺泉集北里别墅17号,全国非邮发报刊联合征订服务部。

《华南农业大学学报》编辑部