

三峡库区紫色砂岩地 主要森林类型水文效应研究



李 婧 孟祥军 著

非 外 借



中国财富出版社
CHINA FORTUNE PRESS

三峡库区紫色砂岩地主要 森林类型水文效应研究

李 婧 孟祥军 著

中国财富出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

三峡库区紫色砂岩地主要森林类型水文效应研究 / 李婧, 孟祥军著. —北京: 中国财富出版社, 2017. 5

ISBN 978 - 7 - 5047 - 6466 - 9

I. ①三… II. ①李…②孟… III. ①三峡水利工程 - 森林水文效应 - 研究
IV. ①S715. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 108034 号

策划编辑 李彩琴

责任编辑 齐惠民 史义伟

责任印制 方朋远

责任校对 杨小静

责任发行 王新业

出版发行 中国财富出版社

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼 邮政编码 100070

电 话 010 - 52227588 转 2048/2028 (发行部) 010 - 52227588 转 307 (总编室)
010 - 68589540 (读者服务部) 010 - 52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.cfpress.com.cn>

经 销 新华书店

印 刷 北京九州迅驰传媒文化有限公司

书 号 ISBN 978 - 7 - 5047 - 6466 - 9/S · 0044

开 本 710mm × 1000mm 1/16 版 次 2017 年 6 月第 1 版

印 张 9.75 印 次 2017 年 6 月第 1 次印刷

字 数 183 千字 定 价 39.00 元

版权所有 · 侵权必究 · 印装差错 · 负责调换

前 言

森林水文效应研究是水土保持科学研究的一项重要内容。森林水文效应是指森林对水平衡要素及水文情势的影响。森林的水文效应是通过森林植物、枯枝落叶和森林土壤三个作用层对降水的再分配作用综合体现的,即通过森林植物林冠层、枯落物层和森林土壤层这三个作用层对降水引起的水分输入进行水量分配,来影响森林水文运动过程。对于不同森林类型,由于建群植物种组成及其生物学特性不同,其林分结构、林下枯落物特征和土壤理化性质存在一定差异,水文效应的特点也各不相同。

位于长江上游与中游结合部的三峡库区,是我国 17 个具有全球保护意义的生物多样性关键地区之一。它不仅是长江中下游地区的生态屏障,也是国家重要的生态功能区和生态脆弱区。作为一个以水利枢纽为核心的地理区域,不仅对于支撑南方地区乃至全国的供水供电作用巨大,对于宏观区域良好生态环境的维护意义也非常深远。三峡库区是国家重要的生态功能区和生态脆弱区,林草面积约占库区总面积的 51%,森林植被类型多样。由于建群植物种组成及其生物学特性不同,三峡库区不同森林类型的林分结构、林下枯落物特征、土壤理化性质和水文效应存在一定差异。

水利部水土保持植物开发管理中心李婧博士和北京水保生态工程咨询有限公司孟祥军高级工程师以重庆市四面山主要森林类型为研究对象,采取野外试验与室内实验相结合、数据实测与模型模拟相结合、定点试验与实时监测相结合、生物学特性与数学分析相结合的方法,对三峡库区分布较广的紫色砂岩地区常绿阔叶林、暖性针叶林、常绿阔叶+落叶阔叶混交林、落叶阔

叶林四种主要森林类型林冠层水文效应、枯落物层水文效应、土壤层水文效应进行了研究，构建评价指标体系，采用主成分分析法对三峡库区主要森林类型的水文效应进行综合评价分析，并基于试验研究，合作完成了这部专著。全书共七章，第一章至第四章共 10.2 万字，由李婧完成，第五章至第七章共 8.1 万字，由孟祥军完成。

本研究成果对于保护和营建三峡库区森林生态系统，最大限度地发挥其水文生态功能；防控水土流失，减轻泥沙入库危害，延长水库使用寿命；调控径流，削洪增枯，保障三峡水利枢纽安全高效运行，建设和谐三峡经济社会具有重要的参考价值和实践意义。

北京林业大学张洪江教授从研究方案制订、基础数据采集、成果提炼分析等方面都给予悉心指导，在此表示最诚挚的感谢！

作 者

2017 年 2 月 25 日

目 录

第一章 研究提要	1
第一节 森林水文效应研究现状	2
第二节 研究内容与方法	15
第二章 研究区基本情况	20
第一节 三峡库区基本情况	20
第二节 试验区基本情况	22
第三章 森林林冠层水文效应研究	26
第一节 试验及研究方法	26
第二节 森林林冠最大容水量	37
第三节 森林林冠截留量	42
第四节 森林林冠截留率	47
第五节 林冠对降雨动能消减能力分析	52
第四章 林下枯落物层水文效应研究	58
第一节 试验及研究方法	58
第二节 林下枯落物储量及其分解特性	60
第三节 林下枯落物持水特性	63

第五章 森林土壤层水文效应研究 72

 第一节 试验及研究方法 72

 第二节 土壤水分特征曲线及影响因素 80

 第三节 森林土壤持水能力 101

 第四节 森林土壤渗水能力 106

第六章 主要森林类型水文效应评价 113

 第一节 评价指标体系构建 113

 第二节 基于主成分分析的综合评价价值计算方法 116

 第三节 森林水文效应综合评价与分析 119

第七章 结论与建议 125

 第一节 结论 125

 第二节 讨论 128

参考文献 129

第一章 研究提要

三峡库区涉及重庆市中部和湖北省西部 25 个区县,是长江上游水土流失最为严重的地区之一。2007 年《中国水土保持公报》指出,库区水土流失面积 2.81 万 km^2 ,占土地总面积的 48.5%;中度流失和强烈流失面积之和约占库区水土流失总面积的 64%;年均土壤侵蚀总量约为 1.99 亿 t,平均土壤侵蚀模数 $2900 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$ 。大量的水土流失加速了库区泥沙淤积,加剧了面源污染,严重影响到三峡工程效益的正常发挥。

森林水文效应是指森林对水平衡要素及水文情势的影响。森林的水文效应是通过森林植物、枯枝落叶和森林土壤这三个作用层对降水的再分配作用综合体现的,即通过森林植物林冠层、枯落物层和森林土壤层这三个作用层对降水引起的水分输入进行水量分配,来影响森林水文运动过程。对于不同类型的森林,由于建群植物种组成及其生物学特性不同,其林分结构、林下枯落物特征和土壤理化性质存在一定差异,水文效应的特点也各不相同。三峡库区水文效应研究能够为库区的水质、水量在水多、水少、水脏、水混等情况下的研究及解决提供技术支持,对于库区水文过程调控、生态环境改善、发挥生态功能区作用等方面具有重要的理论指导和社会实践意义。

良好的森林水文效应能够改善径流过程、改善水质、增强水源涵养能力、加大流域供水能力以及提高区域洪水防控能力。一方面,林冠层、枯落物层的截留作用可改变降水的时空分布,影响地表径流的形成,相对延长汇流历时,在一定程度上起到削减洪峰的作用。另一方面,森林土壤孔隙具有较强的重力水蓄持能力,蓄持水分可在枯水季补给河川,增加枯水径流,起到一

定的径流调节作用。另外,森林还具有土壤保持、净化水质等功能。

三峡库区地处我国西南山区,该地区热量丰富,雨量充沛。三峡库区土地总面积为 57840km^2 ,耕地面积为 15154km^2 (其中基本农田 6440km^2 ,坡耕地 8714km^2),约占土地总面积的26.2%;林地面积为 28515km^2 ,约占土地总面积的49.3%;草地面积为 1504km^2 ,约占土地总面积的2.6%;居民及工矿用地面积为 5610km^2 ,约占土地总面积的9.7%;荒山荒坡面积为 3355km^2 ,约占土地总面积的5.8%;水域、交通用地和难利用地面积共计 3702km^2 ,约占土地总面积的6.4%。三峡库区现有林地中,有林地面积为 13841.4km^2 ,占林地面积的41.0%;疏幼林地面积为 10863.2km^2 ,占林地面积为32.1%;灌木林面积为 6483.8km^2 ,占林地面积的19.2%;经果林面积为 2609.2km^2 ,占林地面积的7.7%。占地74.0%的山地、21.7%的丘陵上覆被良好,森林覆盖率为22.1%。因此,从土地利用类型方面出发,三峡库区林地水文过程及其水文效应对三峡库区整体的水文过程有较大影响。

四面山处于渝、黔、川交界地带,位于长江上游、三峡库区尾端,是典型的紫色砂岩地区。这一区域的森林虽然在经济社会发展中遭到过较为严重的人为活动干扰,但也有小面积的原始森林保存了下来,大部分地段也恢复成为很好的次生林地,还有部分地段经抚育成为人工林地,其森林覆盖率达95.41%,成为具有代表性的典型三峡库区森林。四面山主要森林类型水文效应研究对维护三峡库区良好生态环境起着举足轻重的作用。以四面山主要森林类型为研究对象,研究紫色砂岩地区不同森林类型的水文效应,对于保护和营建三峡库区森林生态系统,最大限度地发挥其水文生态功能;防控水土流失,减轻泥沙入库危害,延长水库使用寿命;调控径流,削洪增枯,保障三峡水利枢纽安全高效运行,建设和谐三峡经济社会具有重要的参考价值和实践意义。

第一节 森林水文效应研究现状

人们对于森林及其各层次水文效应的认识可以追溯到很远的历史。世界

各国对森林水文的研究重点因各国具体情况不同而存在差异。普遍来看,欧美国家的研究开展较早,而且都较为系统,不仅着眼于定性研究,而且注重定量研究,在研究方法上也较为先进。此外,许多国家还注意了研究的长期性和持续性,记录了几十年甚至上百年的观测数据(张建列,1988)。相对国外而言,国内相关研究起步较晚,从已取得的研究成果来看,定性的较多,定量的较少,典型区域研究得多,按流域进行综合研究得少(苏宁虎,1984)。

一、森林林冠层水文效应

林冠层是森林水分传输过程的开始,是降雨过程中水分运动再分配的第一个环节。林冠截留作为对输入森林生态系统的水分进行水文调节的起点,历来是森林水文研究的热点,在这方面国内外的研究资料和成果都较为丰富(王金叶,2008)。

(一) 国外研究现状

国外系统开展林冠截留相关研究的时间较早[博世等(Bosch et al.), 1982]。林冠截留在降水中占有相当比重,截留量的多少与树种的林冠特点和气象条件关系密切,主要影响因素包括建群植物种、森林结构、林龄、蓄积量、季节等(中野秀章,1983)。国外学者总体研究表明森林降雨截留占降雨总量的10%~20%[巴特尔等(Buttle et al.), 2000],在某些地区可达到50%[考尔德等(Calder et al.), 1996]。热带和亚热带地区,林冠截留率一般在9%~26%[克罗克福德等(Croekford et al.), 1996, 2000]。温带及寒带树木的截留量与热带又有所不同,一般温带及寒温带地区的林冠截留率大于热带。其中,温带针叶林的林冠截留量占年降水量的20%~40%[鲁特(Rutter), 1971;加什(Gash), 1991];针叶林的林冠截留率变化为20%~40%[加什等(Gash et al.), 1978],并具有明显的季节变化性。印度的辛格(R. P. Singh, 1093)发现,35年生雪松(*Cedrus deodara*)的截留损失为降水的25.2%,降雨量最大的7月林冠截留损失为18.7%,在降雨量最小的2月林冠截留损失为69.1%,

这说明旱季的截留损失大于雨季。澳大利亚的斯科菲尔德 (N. J. Schofield) 试验测定表明, 桉树的截留损失占总降水的 9%~16%; 普雷布尔等 (R. E. Prebble et al.) 测得银叶铁皮树 (*E. melanophloria*) 的截留损失为 11%。匈牙利的夫诺 (E. Fuhrer, 1981) 对林龄分别为 105 年和 78 年的两片森林进行了截留量对比观测, 经测定, 截留量分别占降水的 25% 和 23%, 其中生长季节占 29% 和 19%, 其他季节占 21% 和 30%。加拿大的学者研究发现, 冷杉林 (*Abies-fabri* Craib) 的截留率为 15.1%~38.6%, 并发现截留量随着落叶的增加而减少, 随着覆盖率的增加而增加 [普拉孟登等 (A. P. Plamondon et al.)]。为了确定截留与叶面积之间的定量关系, 美国的卓沐堡 (J. M. Tromble, 1983) 采用人工降雨方式对 44 株拉瑞阿灌木 (*Larrea tridentata*) 进行测定, 测得平均每平方厘米叶面积可截水 0.54g; 林冠密度达到 30% 时, 截留量为 22%; 降雨量小于 5mm 时, 雨水可几乎全被截留, 这说明截留量与叶面积的大小息息相关。其次是枝干数, Rutter (1975) 研究表明, 树干截留量的比例非常小, 通常仅占到降雨量的 0.3%~3.8%, 在水量平衡计算中树干截留量可以忽略不计。

国外多采用模型法对森林林冠截留开展定量研究。目前应用较为广泛, 且被普遍认为较为完善的模型有两个, 一个是 Rutter 模型 (Rutter et al., 1971, 1975), 另一个是 Gash 解析模型 (Gash et al., 1979, 1980, 1995)。Rutter 模型的理论依据为森林林冠水量平衡, 计算原理为森林林冠水量平衡动态方程。Gash 解析模型是 Rutter 模型的进一步发展, 该模型将林冠对降雨的截留分为湿润期、饱和期、脱湿期三个阶段, 根据湿润期林冠从降雨发生到饱和, 脱湿期从降雨结束到林冠恢复自然持水情况, 以及饱和期林冠的截留及持水特性, 采用线性回归对 Rutter 模型的概念结构进行了简化。Rutter 模型和 Gash 解析模型相对更适用于模拟密闭林分林冠截留, 瓦伦特等 (Valente et al., 1997) 根据区域森林及气候情况对这两种模型进行了参数修正, 模拟了稀疏林分林冠的降雨截留过程, 取得了较好的效果。为增强区域适用性, 挪威的惠兰和安德森 (Whelan and Anderson, 1996) 在 Rutter 模型中耦合一定林冠截留的空间变化参数, 形成了一个新的模型, 应用此模型模拟了人工云杉林林冠截留, 对于林外降雨、穿透降雨的实测计算也取得了不错的成果。

(二) 国内研究现状

国内在林冠截留方面的研究起步较晚,多始自 20 世纪 80 年代。经对我国不同气候类型区森林林冠截留综合分析,结果表明,气候类型区不同,森林植物的生物学特性也不相同,其林冠截流效应相应地存在较大差异。森林林冠截流量一般为 134.0 ~ 626.7mm;林冠截留率一般为 11.4% ~ 34.3%,平均值为 19.85%,变幅一般为 $\pm 7.16\%$,以亚热带西部高山针叶林最大,亚热带山地常绿落叶阔叶混交林最小。森林林冠截留效应除与建群植物种的生物学特性、林木冠幅及形状、枝叶形状及吸水能力等有关外(孔繁智等,1990;孙立达等,1995;王礼先等,1998),还与降水特性、风速、风向等有密切关系(马雪华,1987;王兵等,1997,2002;余新晓等,2001)。

森林的建群植物种不同,其生物学特性也存在较大差异,这影响到枝叶的吸水率,进而对林冠的截流量产生显著影响。刘向东等(1989)的研究结果表明,辽东栎(*Quercus liaotungensis*)枝叶的吸水率一般为 22.5% ~ 28.8%,截留率一般为 23.7%;白桦林(*Betula platyphylla*)和山杨(*Populus davidiana*)枝叶的吸水率一般为 17.0% ~ 23.4%,截留率一般为 16.2% ~ 21.0%。刘文耀等对云南中部山地森林的研究(1991)也表明,同一地区不同林地的林冠截留效应因森林类型不同而存在差异。常绿阔叶林林冠截留率一般为 11.9% ~ 28.8%,针叶林以云南松(*Pinus yunnanensis*)为例,林冠截留率为 10.3% ~ 22.9%。就林冠截留量与降水特征之间的关系,一些学者经过对比研究认为(刘曙光等,1988;周晓峰等,2001;王彦辉,2001),降水量与林冠截留量呈正相关关系,降水量越大,则林冠截留量也随之增大,但当趋近饱和截留量时,截留率增长速度随之减缓;林冠截流效应与雨强呈负相关关系,雨强越小,截留率越高。

对于林冠截留的定量研究,国内多根据水量平衡原理,采用林外、林内降雨量实地测量,应用水量平衡方程进行计算(张志强、王礼先,2004)。方程式为 $P = P' + I + G$,式中, P 为林外大气降水量(mm), P' 为林内穿透降水量(mm); I 为林冠截留雨量(mm); G 为干流量(mm)。若将干流量视为

林冠穿透雨量, 则上式可简化为 $P = P' + I$ 。

国内较为规范的试验研究方法主要为水利行业标准《水土保持试验规程》(SL 419—2007, 替代 SD 239—87), 该标准自 1987 年颁布, 于 2007 年经修订发布。该标准规定了乔木林冠截留降水量的测定方法。即在另外设置雨量计或在林内树干, 利用滑轮升降雨量筒观测大气净降雨量; 在林内设置雨量筒, 观测树下穿透降雨量, 利用截引办法测量沿树干下流降雨量。大气净降雨量减去林下穿透雨量和干流雨量, 即为林冠截留降雨量, 具体计算式如下:

$$M = \frac{H_1 + H_2 + \cdots + H_n}{n} - \left(\frac{h_1 + h_2 + \cdots + h_n}{n} + \alpha \frac{q_1 + q_2 + \cdots + q_n}{w_1 + w_2 + \cdots + w_n} \right) \quad (1-1)$$

式中, M ——林冠截留降雨量, mm;

$H_1, H_2, \cdots, H_n$ ——林冠上各雨量筒测得的雨量, mm;

$h_1, h_2, \cdots, h_n$ ——林下各雨量筒测得的雨量, mm;

$w_1, w_2, \cdots, w_n$ ——林冠投影面积, mm^2 ;

$q_1, q_2, \cdots, q_n$ ——沿树干下流的干流水量, cm^3 ;

α ——单位换算系数, 一般取值 10^{-3} 。

沿树干下流的降雨量又称为树干干流量, 一般利用截引法测量 (张洪江, 2011; 王丙超, 2007)。一些专家学者通过试验认为 (蒋俊明, 2007; 王艳红, 2008; 夏体渊, 2009), 林木干流量与穿透雨量相比相对较少, 一般仅占林外大气净降雨量的 0.003%~0.379%, 相对可以忽略不计。

二、森林枯落物层水文效应

森林枯落物是指覆盖在林地土壤表面的新鲜、半分解的植物凋落物 [凯利赫 (Kelliher F. M.), 1998, 2003]、动物粪便以及残体等, 它是森林植物地上部分各器官枯死、脱落物的总称 [沙普 (Schaap M. G.), 1997; 马琳 (Marin C. T.), 2000; 小衫町 (Kosugi K.), 2001]。从整个林相的剖面看, 枯落物是除林冠层、下木和层外植物之外, 大气与土壤、植物根系间进行物质与能量

交换的另一个介质。它的存在是森林土壤与其他各类土壤在剖面形态上相区别的标志之一。在影响森林水文效应、林地土壤的水热状况、通气状况、林地生物种群的类型及数量等方面,以及在整个土壤—植物—大气连续系统中,森林枯落物层均起着重要的作用。

(一) 国外研究现状

一个多世纪以前,巴乌尔(Bayp, 1869)就曾对枯落物持水量问题进行过研究,但由于他所掌握的资料有限,就影响水文状况方面,因枯落物的多样性和厚度不同,未能得出概括性的结论。爱伯梅耶(Ebermeyer, 1869—1878)对枯落物的水文性质进行过较为详细的研究,并就枯落物水文作用与有关各种条件的作用机理做了分析。

桑茨基(Sants, 1939)为测定枯落物的持水能力,在测定方法上做了有意义的改进。他首先测定了枯落物的含水率,然后将枯落物分别经过 10min 降雨和放入水中浸泡 20~40h,再测定其水分含量。枯落物样品是由锯齿状的钢制圆柱体截取采集的,其直径为 206mm,高为 80mm,在称重和加工之前,用清水洗去其上附着的土。基于上述试验,他得出结论:阔叶凋落物在夏初通常来得及分解,所以不论在短期降雨后,还是浸泡后,吸水能力都较弱;含有大量针叶的枯落物层,在短期降雨和长期浸泡过程中吸水较少;绿色苔藓覆盖物在短期浸泡后,具有很高的吸水能力。莫尔察诺夫(Молчанов, 1960)则在桑茨基使用方法基础上,又做了进一步的完善。他把枯落物装在有网底的金属框中,放在打入土壤的铁板上,通过枯落物的水分经铁板流入特质的容器,同时,把整块枯落物连同金属网于每天早、晚及雨后称重,以计算持水量和降水的渗透量。另外,还测定枯落物表面水分的凝结量和蒸发量,以分析枯落物层内需水量在整个季节的变化特征。他得出结论:苔藓和枯落物越干、越厚,吸收的大气降水就越多;枯落物比苔藓、禾本科植物的截留能力要强得多。海尔维(Helvey, 1967)报道,美国五针松在林龄 10~60 年内,林下枯落物的截留量,随树龄的增加而增加 2%~4%。

拉耶夫(Rayev, 1978)提出了森林枯落物层的水量平衡方程:

$P = W + F + I$, 式中, P 为降水量, W 为枯落物持水量, F 为地表径流量, I 为降雨强度每小时为 $60\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的渗透水量。与此同时, 拉耶夫经过研究得出结论, 随着林龄从 10a 增加到 130a, 渗透水量则从 32.6mm 增加到 54.4mm。彼斯梅诺夫等 (Pacemaynove, 1979) 详细地研究了生长在同一土壤类型范围内不同林型下的枯落物层和土壤的水分物理性质, 确定了随植物群落组成不同而使土壤水分物理性质变化的因素。他们得出结论: ①在不同组成的林分中, 土壤透水性的差异是由枯落物层和土壤表层土壤的枯落物作用层的水分物理性质决定的。这些性质随森林枯落物层的厚度、密度、孔隙度以及表层土壤密度的变化而相应发生较大的变化。②郁闭云杉林的特点, 是具有最大的恶化土壤水分物理性质和降低透水性的趋势。在这种林分下, 形成了紧密的枯落物层, 并使其变得更为紧实。③在白桦云杉幼林中, 枯落物层还没有形成, 但其作用由具有很高持水性的草本、苔藓的碎屑来完成。幼龄林表层土壤具有很高的透水性。20 世纪 80 年代后, 国外专家学者对森林枯落物层水文效应的研究除降水截留外, 多集中于枯枝落叶层吸水水分的蒸发上。有科研工作者采用土壤测渗仪实测了枯枝落叶层的水分蒸发过程及蒸发量, 并采用 Penman - Monteith 方程模拟了蒸发速率, 沙普和诺顿 (Schaap and Nouten, 1997) 对两种方法所获得的结果进行了对比研究, 结果表明森林林下枯落物层吸持水分的蒸发量一般占到林地总蒸发量的 3%~21%。

(二) 国内研究现状

中国台湾学者陶玉田 (1973), 在其所著《林学通论》中阐述, 根据各国学者多年的调查研究, 雨水降落林地为地被物吸收蓄存者占 25%。而理查德·李 (Richard Lee, 1980) 在总结枯落物的水分特性时指出, 枯落物对水分的贮存能力, 在机理上是可以与林冠相比较的, 枯落物对降水的截留量一般每年不超过 50mm, 为年降水量的 1%~5%。

刘世荣等 (1996) 经过详细的总结指出, 我国地域十分辽阔, 各地森林类型差异较大, 其枯落物层的持水特性也存在很大不同。但综合来看, 全国范围内最大持水量一般为枯枝落叶自身重量的 200%~500%, 最大持水深多

在 0.70 ~ 7.12mm。

雷瑞德(1984)提出,枯落物层对水分的蓄持能力是显著的,通常生长良好森林林下枯落物层厚度为 8 ~ 10cm,其对降水的截留率一般在 5% ~ 10%,其最大蓄水能力一般在 20 ~ 30mm 幅度范围内。吴钦孝等(1998)研究表明,森林林下枯落物层覆盖于林下地表,其不仅具备截留降水的水文效应,还具有防护地表土壤免受降水直接侵蚀、延长汇流历时、促进土壤水分入渗的作用。枯落物层的水文特征与枯落物组成、数量及分解速度等因素有关,不同林地的植物组成、生物学特性、林分发育、林分水平及垂直结构等对枯落物的性质均有很大影响,因此不同林地其枯落物的质和量具有明显差异,其持水性也不尽相同。关于枯落物对降雨的截留过程,马雪华(1982)曾用底面积为 500cm²,高为 10cm,有网底的圆形筒,内装枯落物进行透水试验。结果表明,在降雨初期,随降雨量增加,截留量也增加,当截留量达到最大值时,降雨量再增加,截留量反呈下降趋势。王佑明等(1982)在研究刺槐林地枯枝落叶层水文效应时得出结论:枯落物量越多,持水量越多,但持水量增加的倍数并不与枯落物量增加的倍数成正比;坡度越大,枯落物的持水力越小。

森林林下枯落物层不仅具备截留降水的水文效应,还对林地土壤水分渗透、保持水土能力有着显著的影响。陈步锋等(1998)对热带雨林山地 70cm 深土壤的渗透能力进行了研究,该类地区雨量充沛,枯落物丰富、腐烂分解快。在降水量低于 30mm 情况下,降水被土壤全部吸持;降水量为 30 ~ 50mm 的情况下,有 25.0% 的降水发生渗漏,58.5% 的降水被土壤吸持;降水量为 50 ~ 100mm 的情况下,有 36.5% ~ 56.3% 的降水发生渗漏,45.0% ~ 32.8% 的降水被土壤滞留储存。周鸿歧(1982)在辽宁西部进行的森林水土保持效益研究中,对有枯落物覆盖及无覆盖条件下的径流速度、径流量进行了比较测定。研究结果表明:在坡度相同时,有覆盖与无覆盖相比,径流量、径流速度差异显著;当坡度为 15°时,降雨强度接近时,有油松、落叶松混交林枯落物覆盖(3cm 厚)的试验区,流速为对照区的 9.6%,有油松纯林枯落物(1cm 厚)覆盖时,流速为对照区的 30%;油松林地枯落物层的截留率

达 22.2%。

目前,国内枯落物层水文特征的研究,已经有了较大发展,但就枯落物最大持水量、持水率等持水性能的研究,主要还是采用传统的室内泡水方法。这些研究虽然部分地反映了枯落物层调蓄降雨的能力,但在一定程度上还不能客观地反映某一特定时间某一特定降雨事件下枯落物层持水能力的大小。

三、森林土壤层水文效应

森林土壤层的水文效应主要体现在储水能力和水分渗透能力上,土壤层的水分入渗速率和水分蓄持能力是决定森林植被保水保土的重要因素,它们随土壤的物理及化学性质、前期含水量、降雨历时及强度等的差异而变化。通过测定土壤水分特征曲线,可了解不同林地林下土壤的持水性、供水性及水分有效性。

(一) 国外研究现状

森林植物的根系不仅庞大而且密集,可有效改善土壤结构、促进重力水入渗、加速土壤水向根系运动,使得森林土壤水分入渗率相对其他土地类型要高很多。邓恩(Dunne, 1991)对成熟森林林下土壤的稳定入渗率进行了研究报道,可高达 8.0cm/h 以上。1980 年 10 月至 1981 年 4 月,西德的弗卢杰尔(W. A. Flugel, 1983)等人用自行式喷水装置模拟降雨测定土壤水分、地表径流和地下径流,结果表明,地表和地下径流占喷水量的 50%,其余水分的一部分形成了土壤蓄水。森林林下土壤层不仅具有蓄存水分的功能,也具有涵养水源的重要作用。森林土壤层是森林水文过程中贮存水分的载体,土壤水分贮存量和贮存方式都在很大程度上受其物理性质影响[兹维恩克(Zwieniecki), 1996]。土壤层水分贮存能力与土壤质地、孔隙度状况、有机质含量等物理化学性质密切相关。另外,土壤重力水移动的主要通道为土壤的非毛细孔隙,不同林地土壤的非毛细孔隙不同,其储水能力的差异也就较大。土壤层水文作用的发生以及渗透量的多少取决于土壤水分的饱和度与补给状况,所以森林植物的类型和土壤类型决定着土壤的渗透性能,森林类型的变化对土