

Exploration of Hydrological Functions of Forest Rainfall Interception—Taking Jindian Forest Farm as an Example

Zhihui Wang¹ Haitao Gong¹ Tiantian Gao² Wen Li¹ Xunfeng Wu¹

1. Yunnan Forestry Vocational and Technical College, Kunming, Yunnan, 650224, China

2. Kunming Coal Design and Research Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650224, China

Abstract

The water yield in forest watersheds is influenced by factors such as precipitation, canopy interception, water storage capacity, and others. Research on the physical mechanisms of forest vegetation on hydrological processes inevitably focuses on forest ecosystems as a unit, examining the impact of various interface levels on water transmission and transformation. Through continuous rainfall observation, data on rainfall interception and redistribution at different levels of various forest communities can be measured, quantifying this process and its influencing factors. Canopy interception, as a crucial step in rainfall redistribution, holds significant importance in the hydrological cycle. The litter layer, on the other hand, fulfills the function of conserving water sources and maintaining soil and water conservation by intercepting precipitation, improving soil properties, preventing raindrop splash erosion, and reducing soil evaporation, thereby providing a buffering effect against extreme precipitation induced by global changes. Further research necessitates enhanced long-term monitoring, the establishment of a long-term observation system, and dynamic assessment of the hydrological functions and development trends of forest ecosystems to measure ecological service values and grasp conservation efforts. Simultaneously, comprehensive consideration of vertical stratified data, including canopy interception, hydrological functions of the litter layer, and soil physicochemical properties, is essential for a more holistic investigation of forest hydrological functions.

Keywords

forest; rainfall interception; hydrological function; litter under the forest

森林降雨截流水文功能探索——以金殿林场为例

王智慧¹ 龚海涛¹ 高天天² 李雯¹ 吴训锋¹

1. 云南林业职业技术学院, 中国·云南 昆明 650224

2. 昆明煤炭设计研究院有限公司, 中国·云南 昆明 650224

摘 要

森林流域产生的水量受降水量、林冠截留、蓄水量等因素影响,以森林生态系统为单位,关注其各界面层次对水分传输和转换的影响。通过连续降雨观测,可测定不同森林群落各层次的降雨截留再分配数据,量化此过程及其影响因素。林冠截留作为降雨再分配的关键环节,对水文循环具有重要意义。而凋落物层则通过截留降水、改善土壤性质等方式,实现涵养水源、保持水土的功能,对极端降水具有缓冲作用。后续研究需加强中长期监测,构建长期观测体系,动态评估森林生态系统的水文功能及其发展趋势,以衡量生态服务价值并把握保护力度。同时,应综合考虑林冠截留、枯枝落叶层水文功能及土壤性质等垂直分层数据,以更全面地研究森林水文功能。

关键词

森林; 降雨截留; 水文功能; 枯枝落叶

1 引言

森林生态系统不仅是地球生物圈的核心构成要素,对

维持全球生态系统的稳定性发挥着举足轻重的作用。作为自然功能极为完备的碳库、资源库及基因库,森林在维护和改善陆地气候条件、保持自然生态系统平衡以及生物多样性方面扮演着至关重要的角色^[1]。森林不仅具有显著的生态效益,还为社会和经济带来了深远的积极影响。

森林是地球水资源的“调节器”,其水源涵养功能对产水、净水、拦洪、补枯等过程具有重要影响。然而,森林与水的作用过程因气候、土壤、地形、植被等多因子的复杂交互作用,以及不同阶段主导因子的变化,而展现出高度的复杂性和时空异质性。为科学合理地衡量生态服务价值并把

【基金项目】2021年云南林业职业技术学院青年项目“金殿典型森林群落降雨截留再分配特征研究”(项目编号: KY〔QN〕202120)。

【作者简介】王智慧(1987-),女,中国内蒙古包头人,硕士,工程师,从事恢复生态、水土保持研究。

握保护力度，构建长期固定的观测体系，从动态视角评估不同森林生态系统的水源涵养功能及其发展趋势显得至关重要。大气降雨首先接触林冠层，随后沿树干茎流到达地表枯枝落叶层，最终形成地表径流或下渗进入土壤。森林枯落物作为森林水文效应的第二活动层，在减少降雨对土壤的冲刷、储存降水、调节水分循环以及改良土壤结构等方面发挥着至关重要的作用^[2]。

2 研究区乔木层调查

项目研究区金殿林场地处云南省昆明市东北近郊，地理位置为东经 102° 43′ ~102° 53′，北纬 25° 04′ ~25° 11′，对昆明城市面山生态保护具有重要作用。金殿林场总面积为 1801.0hm²，现有林地面积 1750.0hm²，占土地总面积的 97.2%，活立木总蓄积量 145490m³。森林覆盖率 84.9%，林木绿化率 85.8%^[3]。林场内物种资源丰富，包括多种野生植物和动物。在资源保护方面取得了显著成绩。实施了森林质量景观提升、森林修复抚育等项目，并建设了国家战略储备林。金殿林场在生态保护、森林资源管理、野生动植物救护繁育等方面发挥着重要作用，是昆明市乃至云南省的重要生态屏障。大部分地区海拔在 1500~2800m。年平均气温 14.9℃，年平均降水量约 1000mm。

在金殿林场选取森林群落样方，确定 10m×10m 群落调查样方，开展乔木层调查。调查样方内乔木树种为干香柏 (*Cupressus duclouxiana* Hickel)、云南松 (*Pinus yunnanensis* Franch.)、云南油杉 (*Keteleeria evelyniana* Mast.)、合欢 (*Albizia julibrissin* Durazz.)。研究区植物以裸子植物为主。乔木层中干香柏株数最多，共计 69 株，平均冠幅东西 2.56m，南北 2.75m，云南油杉株数 6 株，平均冠幅最大，东西 7.6m，南北 7.69m。乔木层树种概况详见表 1，乔木层数据统计表见表 2。

表 1 调查样地内乔木树种概况

树种	拉丁名	科	属
干香柏	<i>Cupressus duclouxiana</i> Hickel	柏科	柏木属
云南松	<i>Pinus yunnanensis</i> Franch.	松科	松属
云南油杉	<i>Keteleeria evelyniana</i> Mast.	松科	油杉属
合欢	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	豆科	合欢属

表 2 乔木层数据统计表

树种	株数 / 棵	平均胸径 / cm	平均树高 / m	平均活枝下高 / m	平均冠幅 / m	
					东西	南北
干香柏	69	15.65	17.14	12.44	2.56	2.75
云南松	2	9.70	13.00	10.00	1.50	1.10
云南油杉	6	41.69	44.83	29.33	7.60	7.69
合欢	1	5.00	7.80	7.00	3.50	2.10

3 林冠层降水截留功能研究现状

大气降雨在到达森林冠层后，其特性、动能以及后续径流的形成均受到冠层截留作用的显著影响。林冠层降水截留功能研究现状涵盖了多个方面，包括林冠截留能力的理论模型构建、实测数据的应用、不同林分类型的研究以及与降雨量、叶面积指数等环境因素的关系分析。理论模型与实测数据的应用：研究表明，林冠截留能力可以通过理论模型来预测和比较不同林分对降雨截留作用的大小。例如，通过借鉴水文学中的蓄满产流理论，构建了林冠截留降雨能力模型，并结合具体林分的实测资料进行了验证，结果表明模型是有效的。不同林分类型的研究显示，不同林分类型的林冠层降水截留特征存在显著差异。落叶林大于常绿林、针叶林大于阔叶林的林冠截留率表现出了明显的差异。与环境因素的关系：林冠层降水截留功能与多种环境因素有关，如降水量、叶面积指数 (LAI)、降雨强度等。例如，林冠截留量与降水量之间呈显著的幂函数关系，而年林冠截留率与年降雨量呈显著的负相关关系。这些研究表明，环境因素对林冠层降水截留功能有着深刻的影响。研究趋势与发展：当前植被截留研究的发展趋势包括对林冠截留量及影响因素、林冠截留模型以及与之相关的林冠覆盖度、叶面积指数的确定方法等方面的深入探讨。

林冠层降水截留功能的研究现状表明，通过理论模型的构建和实测数据的应用，可以有效预测和比较不同林分对降雨截留作用的大小。同时，不同林分类型的林冠层降水截留特征存在显著差异，且与多种环境因素有着密切的关系。未来的研究需要进一步探索这些关系，并关注特定地区或森林类型中特有的现象。

4 枯枝落叶层水文功能研究方法与进展

枯枝落叶层是森林生态系统的重要组成部分，其水文功能对水分循环、生态系统稳定性及土壤理化性质均有影响。一是枯枝落叶层对水分循环的调节作用。枯枝落叶层通过截留降水、储存水分以及转化水分形态，对森林水分循环产生显著影响。枯枝落叶层能够有效拦截并蓄积降水，从而缓解土壤水分亏缺状况，提高土壤水分的保持能力。此外，枯枝落叶层通过物理和化学作用，将雨水转化为易被植物吸收利用的形态，促进了水分的循环利用。枯枝落叶层的这些作用共同为森林植被提供了一个适宜的水分环境，有助于维持生态系统的水分平衡。二是枯枝落叶层对生态系统稳定性的影响。枯枝落叶层在维护生态系统稳定性方面发挥着重要作用。枯枝落叶层能够有效防止水土流失，保护土壤资源，减少因降水冲刷导致的土壤侵蚀。枯枝落叶层为土壤微生物提供了丰富的栖息地，有助于促进土壤生物多样性的保护。此外，枯枝落叶层还为野生动物提供了食物来源和栖息地，从而维护了生态系统的生物多样性。这些作用共同增强了

生态系统的稳定性和抵抗力^[4]。三是枯枝落叶层对土壤理化性质的影响。枯枝落叶层作为土壤养分的重要来源，对土壤理化性质具有显著影响。研究表明，枯枝落叶层输入的改变会显著影响土壤的含水量、有机质含量、全氮等理化性质。同时，海拔、气候、林分类型等环境因素也会对土壤理化性质产生显著影响。在枯枝落叶层输入改变的条件下，年均温和年均降水量成为调控土壤 pH 和含水量的主要因子，而海拔则是影响土壤有机碳、全氮、铵态氮等养分含量的主要因子。枯枝落叶层输入的改变及其与环境因素的相互作用共同驱动着土壤理化性质的变化，对深入理解土壤理化性质对枯枝落叶层输入差异化响应的驱动因素具有重要的理论意义。

在研究区内代表性地段设置标准调查样地，在内部布设枯落物调查小样方，1m×1m，在每个小样方内沿对角线一分为四部分，选取对角的两个部分收集枯落物，并在每个收集袋上进行编号。烘干箱烘至恒重后称重，分组进行浸泡试验，测定凋落物的吸水速率。从图 1 枯落物浸泡实验重量变化图可以看出，枯落物持水能力在 30mins 内增加较为迅速，后续随浸泡时间增加逐渐平稳。

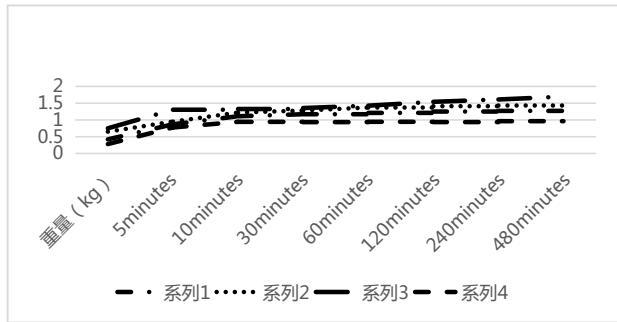


图 1 枯落物浸泡实验重量变化图

很多研究者采用浸泡法和人工模拟降水来研究凋落物的持水性能，揭示了凋落物层持水性能在不同类型、林龄、林分密度和海拔的林分中的差异。然而，凋落物的水文生态

功能变化根本上由其质量和数量决定。其中，凋落量与森林类型紧密相关，而凋落物的质量则受到物种组成和凋落物自身组成的影响，并且会随时间以及群落类型的变化而发生变化。

5 展望

森林在水分循环调节与生态平衡维护中扮演着核心角色。深化对森林枯落物生态水文功能的基础研究，将为森林资源保护、生态平衡维护及可持续发展提供更坚实的理论与实践支撑。以渭北黄土高原人工林为例，其林分密度大、郁闭度高，且枯枝落叶层厚实，为充分发挥生态效益打下坚实基础。研究表明，该地区人工林在涵养水源、保育土壤、释氧固碳及净化空气等方面表现出显著生态服务功能，其中涵养水源效益尤为突出。为更好理解森林生态系统的生态水文功能，并促进资源保护与合理利用，建议：一是加强中长期监测，构建涵盖不同森林类型、地形和气候条件的长期固定观测体系，监测水文要素及生态指标，评估水文功能及其发展趋势；二是开展立体全面的森林水文功能研究，综合考虑林冠降雨截留、枯枝落叶层水文功能及土壤理化性质等垂直分层数据，以期更全面地揭示森林水文功能。这将为森林保护与可持续发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 唐伟,侯满福,刘雨婷,等.亚热带地区3种喀斯特林分凋落物组成对其持水性能的影响[J].水土保持通报,2022,42(6):137-145.
- [2] 和娴越,赵洋毅,王克勤,等.中亚热带典型森林生态系统水源涵养功能[J].东北林业大学学报,2023,51(8):77-82.
- [3] 李模,金钱荣.国有林场森林资源保护与发展对策研究——以金殿林场为例[J].林业勘查设计,2020,49(3):12-14.
- [4] 张月,马岚,何娇,等.晋西黄土区典型林分枯落物持水特性[J/OL].应用生态学报:1-9[2023-12-18].<https://doi.org/10.13287>.
- [5] 杨凯博,张瑞琦,王进鑫,等.渭北黄土高原不同类型人工林的生态效益评价[J/OL].水土保持学报,1-11[2023-12-27].