

DOI:10.13275/j.cnki.lykxyj.2022.02.022

# 内蒙古大兴安岭南段山杨纯林与白桦纯林的 枯落物层水文效应

张轶超<sup>1,2</sup>, 乌艺恒<sup>1,2</sup>, 周梅<sup>1,2\*</sup>, 舒洋<sup>1,2</sup>,  
赵鹏武<sup>1,2</sup>, 向昌林<sup>2</sup>, 周立文<sup>2</sup>

(1. 内蒙古农业大学林学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古赛罕乌拉森林生态系统国家定位观测研究站, 内蒙古 赤峰 025150)

**摘要:** [目的] 在暖干化气候变化导致干旱胁迫带来大量树木死亡的赛罕乌拉国家级自然保护区, 选择典型林分, 研究其枯落物层蓄积量和水文功能。[方法] 选取山杨 (*Populus davidiana* Dode) 纯林与白桦 (*Betula platyphylla* Suk.) 纯林 2 种林分, 各设立 9 块典型样地, 测定枯落物现存量, 并采用室内浸泡法测定其枯落物层持水能力, 探究 2 种林分的枯落物层水文效应。[结果] 研究表明: (1) 在相同郁闭度条件下, 山杨纯林的枯落物总储量为 12.41 t·hm<sup>-2</sup>, 稍高于白桦纯林的 10.97 t·hm<sup>-2</sup>。(2) 山杨纯林、白桦纯林的枯落物层的最小持水量为 26.85、26.77 t·hm<sup>-2</sup>, 有效拦蓄量为 11.96、11.07 t·hm<sup>-2</sup>, 二者相近。(3) 枯落物的动态持水量与浸水时间呈对数函数关系, 吸水速率与浸水时间呈幂函数关系。[结论] 内蒙古大兴安岭南段山杨纯林的枯落物储量稍大于白桦纯林, 但二者的枯落物层持水能力相近。

**关键词:** 山杨纯林; 白桦纯林; 枯落物层; 持水能力; 水源涵养

**中图分类号:** S715.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1498(2022)02-0187-07

森林生态系统具有水土保持、水质净化、径流调节、土壤改良等重要生态功能<sup>[1-3]</sup>, 其中, 枯落物层发挥着重要作用, 而且还具有为森林中动植物及大量微生物生长提供栖息环境与养分等重要功能<sup>[4-6]</sup>。枯落物层的生物量、物质组成、层次组成等特征会随森林类型、立地环境、生长状况等而变化, 而且林地水热条件和枯落物组成差异也会导致枯落物层的分解速率和理化性质差异<sup>[7-8]</sup>, 这必然导致枯落物层水文功能的差异。国内外对枯落物层水文功能研究开始很早, 我国在 20 世纪 80 年代就开始此类研究<sup>[9]</sup>, 如马雪华等<sup>[10]</sup>的研究表明, 林下枯落物蓄积量对持水能力有很大影响, 贺淑霞等<sup>[11]</sup>研究也证明了该观点。Dabney<sup>[12]</sup>认为, 林分树种组成、林木生长状况、季节变化等因素都将影

响森林内枯落物的凋落。不同层次的枯落物会通过影响水热条件与养分进而影响林分生长情况以及土壤理化性质, 进一步影响森林水文过程<sup>[13-15]</sup>。国内外学者在不同领域对不同类型森林的林下枯落物做了大量研究, 但较缺乏对出现死亡现象等不健康森林的研究。因此, 需分别研究不同区域不同森林在不同立地和生长阶段及不同健康情况的枯落物蓄积量及水文作用。

大兴安岭南段的内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区 (以下简称: 赛罕乌拉保护区) 地处半干旱、半湿润区的过渡带, 其植被是森林和草原的过渡带, 森林植被的空间分布与生长对气候变化非常敏感。近年来, 受气候变化影响, 尤其是降水减少和温度升高带来的干旱胁迫影响, 该地区山杨纯林与

收稿日期: 2021-09-27 修回日期: 2021-12-07

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (41530747)

作者简介: 张轶超, 硕士, 主要从事森林生态学方面的研究。Email: 2452570867@qq.com

\* 通讯作者: 周梅, 教授, 博士生导师, 从事森林生态长期定位研究。Email: zhoumei@imau.edu.cn

白桦纯林都出现了不同程度的衰退甚至死亡<sup>[16-17]</sup>，在导致区域森林覆盖率和森林郁闭度降低的同时，也引发了森林枯落物层生物量大小和组成及水文功能变化。因此，需测定和评价山杨纯林与白桦纯林的水源涵养功能，为森林健康监测与评价及合理经营提供科学参考<sup>[18]</sup>。

本文以赛罕乌拉保护区为研究区，以出现树木死亡和森林衰退的山杨纯林与白桦纯林的枯落物层为对象，调查枯落物层的现存量，并采用室内浸泡法测定枯落物层的持水量、吸水速率等，从而正确认识显著遭受暖干化气候变化胁迫危害的山杨纯林和白桦纯林的枯落物层水文特征，为该地区的森林恢复与管理提供一定的理论依据。

表 1 不同林分样地林木概况

Table 1 General situation of trees in different forest plots

林分类型 Stand type	坡向 Aspect	坡度 Slope/ (°)	坡位 Slope position	土壤 类型 Soil type	林龄 Age of stand/a	密度 Density/ (株·hm <sup>-2</sup> )	郁闭度 Canopy closure/%	枯落物层厚度 Litter layer thickness/cm	平均树高 Mean Heigh/m	平均胸径 Mean DBH/ cm
山杨纯林	N	15~17	坡中	棕壤土	20~30	2 078	0.75 ± 0.15	8.33 ± 2.51	6.42	8.92
白桦纯林	N	12~18	坡中	棕壤土	25~30	1 378	0.75 ± 0.14	4.05 ± 0.86	7.88	15.79

## 1.2 研究方法

自 7—8 月，在各样地内的上、中、下部，各设置面积 50 cm × 50 cm 的样方 3 个，按枯落物层的未分解层、半分解层分别收集装袋保存，54 个样地共取得样品 108 袋。

将采集到的枯落物样品迅速称量鲜质量；之后，将样品置于室内干燥通风 7 d 以上，至枯落物完全风干，称取枯落物风干质量。

采用室内浸泡法测定枯落物持水量及其吸水速度，即将装入尼龙网袋的风干枯落物样品浸入水中后，分别测定其在浸泡 0.5、1、2、4、6、8、10、24 h 后的质量变化，用于计算吸水速率，表现吸水过程。

计算枯落物蓄积量、含水量、含水率、拦蓄量以及拦蓄率等指标<sup>[20]</sup>，用于后续分析。

(1) 枯落物自然含水率 ( $R_0$ %) 计算公式如下：

$$R_0 = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \quad (1)$$

式中： $W_1$  为枯落物湿质量/g， $W_2$  为枯落物干质量/g。

(2) 单位面积枯落物烘干蓄积量 ( $M$ / (t·hm<sup>-2</sup>))

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区域和研究样地

研究区位于赛罕乌拉保护区，该地位于大兴安岭南段，赤峰市巴林右旗北部 (118°18'~118°55'E, 43°59'~44°27'N)，主要森林植被为杨桦次生林，海拔平均为 1 000 m 以上，年均气温 5.21 °C，年均降水量为 400 mm。自 1993 年以来，该地区出现的气候干旱导致树木大量死亡<sup>[19]</sup>。

在研究区选择典型的山杨纯林与白桦纯林，设置面积为 30 m × 30 m 的样地各 9 块，其林分结构、立地特征见表 1。所选样地的郁闭度相近，立地条件基本相同。

计算公式如下：

$$M = \frac{W_2 \times 10^{-6}}{2.5 \times 10^{-5}} \quad (2)$$

(3) 枯落物最大持水率 ( $R_{hmax}$ %) 计算公式如下：

$$R_{hmax} = \frac{W_3 - W_2}{W_2} \times 100 \quad (3)$$

式中： $W_3$  为枯落物浸水 24 h 后的含水量/g。

(4) 枯落物最大持水量 ( $W_{hmax}$ / (t·hm<sup>-2</sup>)) 计算公式如下：

$$W_{hmax} = \frac{R_{smax} \times M}{100} \quad (4)$$

(5) 枯落物最大拦蓄率 ( $R_{smax}$ %) 计算公式如下：

$$R_{smax} = R_{hmax} - R_0 \quad (5)$$

(6) 枯落物最大拦蓄量 ( $W_{smax}$ / (t·hm<sup>-2</sup>)) 计算公式如下：

$$W_{smax} = \frac{R_{smax} \times M}{100} \quad (6)$$

(7) 枯落物有效拦蓄率 ( $R_{sv}$ %) 计算公式

如下:

$$R_{sv} = (0.85R_{nmax} - R_0) \times 100 \quad (7)$$

式中: 0.85 是因为实际拦蓄率只有最大拦蓄率的 85%。

(8) 枯落物有效拦蓄量 ( $W_{sv}/(t \cdot hm^{-2})$ ) 计算公式如下:

$$W_{sv} = \frac{R_{sv} \times M}{100} \quad (8)$$

(9) 枯落物瞬时吸水速率 ( $V/(g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1})$ ) 计算公式如下:

$$V = \frac{W_t - W_{t-1}}{\Delta t \times 0.001W_2} \times 100 \quad (9)$$

式中:  $W_t$  和  $W_{t-1}$  分别为在浸泡时间  $t$  和  $t-1$  时的枯落物湿质量/g,  $\Delta t$  为在时刻  $t$  和  $t-1$  之间的时段长/h。

## 2 结果与分析

### 2.1 枯落物蓄积量

由表 2 可知: 该地区山杨纯林标准地的枯落物总储量稍高于白桦纯林标准地。

表 2 不同林分枯落物蓄积量

Table 2 Accumulation of litter in different stands

林分类型 Stand type	样品干质量 Sample dry weight/g			总储量/ ( $t \cdot hm^{-2}$ )	枯落物储量 Litter reserves			
	总量	未分解层	半分解层		未分解层		半分解层	
					储量/ ( $t \cdot hm^{-2}$ )	占总储量/ %	储量/ ( $t \cdot hm^{-2}$ )	占总储量 /%
山杨	5 273.51	1 572.83	3 700.68	12.41 ± 0.55	3.70 ± 0.18	30.00	8.71 ± 0.41	70.00
白桦	7 407.50	2 024.92	5 382.58	10.97 ± 0.48	3.00 ± 0.12	27.00	7.97 ± 0.41	73.00

对未分解层枯落物储量, 山杨纯林为 3.70  $t \cdot hm^{-2}$ , 白桦纯林为 3.00  $t \cdot hm^{-2}$ , 分别占各自枯落物总储量的 30% 和 27%。

对半分解层枯落物储量, 山杨纯林为 8.71  $t \cdot hm^{-2}$ , 白桦纯林为 7.97  $t \cdot hm^{-2}$ , 分别占各自枯落物总储量的 70% 和 73%。

### 2.2 枯落物持水能力

由表 3 可知: 山杨纯林和白桦纯林的最大持水率, 未分解层分别为 224.31% 与 269.29%, 半分解层分别为 218.36% 与 234.18%, 表现为山杨纯林低于白桦纯林。

表 3 两种林分林下枯落物持水能力

Table 3 Water holding capacity of litter under two stands

林分类型 Stand type	枯落物层 Litter layer	蓄积量 Amount of growing stock/ $(t \cdot hm^{-2})$	自然含水率 Natural moisture content/%	最大持水量 Maximum water-holding capacity/ $(t \cdot hm^{-2})$	最大持水率 Maximum water holding capacity/%
山杨纯林	未分解层	3.70 ± 0.18	59.36 ± 6.74	8.21 ± 0.45	224.31 ± 5.80
	半分解层	8.71 ± 0.41	100.32 ± 5.02	18.64 ± 0.64	218.36 ± 8.20
	合计	12.41 ± 0.55	—	26.85 ± 0.82	—
白桦纯林	未分解层	3.00 ± 0.12	75.09 ± 6.87	8.04 ± 0.31	269.29 ± 5.05
	半分解层	7.97 ± 0.41	116.12 ± 2.62	18.47 ± 0.85	234.18 ± 4.49
	合计	10.97 ± 0.48	—	26.47 ± 1.05	—

山杨纯林和白桦纯林的枯落物层最大持水量, 未分解层分别为 8.21 和 8.04  $t \cdot hm^{-2}$ , 半分解层分别为 18.64 与 18.47  $t \cdot hm^{-2}$ , 整个枯落物层分别为 26.85 与 26.47  $t \cdot hm^{-2}$ , 山杨纯林稍高于白桦纯林。

### 2.3 枯落物拦蓄能力

由表 4 可知: 山杨纯林与白桦纯林枯落物层的最大拦蓄率, 未分解层分别为 164.65% 与 194.20%,

半分解层分别为 118.03% 与 118.07%, 表现为白桦纯林高于山杨纯林。

山杨纯林与白桦纯林枯落物层的最大拦蓄量, 未分解层分别为 5.97 与 5.70  $t \cdot hm^{-2}$ , 分别相当于能吸收 5.97 与 5.70 mm 的降水; 半分解层分别为 10.02 与 9.36  $t \cdot hm^{-2}$ , 分别相当于能吸收 10.02 与 9.36 mm 的降水; 整个枯落物层分别为 15.99 与

表 4 两种林分林下枯落物拦蓄能力  
Table 4 Retention capacity of litter under two stands

林分类型 Stand type	枯落物层 Litter layer	最大拦蓄量 Maximum storage capacity/(t·hm <sup>-2</sup> )	最大拦蓄率 Maximum retention rate/%	有效拦蓄量 Effective storage capacity/(t·hm <sup>-2</sup> )	有效拦蓄率 Effective retention rate/%
山杨纯林	未分解层	5.97 ± 0.32	164.94 ± 7.99	4.74 ± 0.28	131.29 ± 7.54
	半分解层	10.02 ± 0.46	118.03 ± 6.22	7.22 ± 0.41	85.29 ± 5.30
	合计	15.99 ± 0.56	—	11.96 ± 0.81	—
白桦纯林	未分解层	5.70 ± 0.24	194.20 ± 8.49	4.50 ± 0.28	153.80 ± 8.07
	半分解层	9.36 ± 0.53	118.07 ± 4.86	6.57 ± 0.40	82.94 ± 4.28
	合计	15.06 ± 0.65	—	11.07 ± 0.53	—

15.06 t·hm<sup>-2</sup>，分别相当于能吸收 15.99 与 15.06 mm 的降水。2 种森林的枯落物层蓄积量和持水能力虽然有差别，但最大拦蓄量却比较相近，白桦纯林略低于山杨纯林。

山杨纯林与白桦纯林枯落物层的有效拦蓄量，未分解层分别为 4.74 与 4.50 t·hm<sup>-2</sup>，半分解层分别为 7.22 与 6.57 t·hm<sup>-2</sup>，整个枯落物层分别为 11.96、11.07 t·hm<sup>-2</sup>；在有效拦蓄率方面，未分解层分别为 131.29% 与 153.80%，半分解层分别为 85.29% 与 82.94%，2 种森林的有效拦蓄量仍是白桦纯林略低于山杨纯林。

## 2.4 枯落物持水过程

单位质量的枯落物累积持水量随浸泡时间而变化<sup>[21]</sup>。由表 5 可知，2 种林分的枯落物持水量在浸水时段 0~0.5 h 增加最快，之后趋于平缓，但依旧保持上升趋势。2 种林分的未分解层和半分解层枯落物在分别浸泡 12 h 和 6 h 后，其林分的未分解层和半分解层枯落物的持水量均几乎达到饱和，且 2 种林分均表现为未分解层枯落物层的持水量高于半分解层。基于观测数据，建立了 2 种林分枯落物层动态持水量/(g·kg<sup>-1</sup>)与浸水时间/h 的统计关系(表 6)，拟合精度均很高。

表 5 两种林分枯落物层不同时间段的持水量变化

Table 5 Water holding process of the two stand litter layers at different time periods

林分类型 Stand type	枯落物层 Litter layer	浸水时间 Immersion time/h								
		0.5	1	2	4	6	8	10	12	24
山杨纯林	未分解层	1561.56	1731.77	1835.83	1887.39	1947.48	2003.88	2057.25	2191.07	2229.76
	半分解层	1564.00	1730.99	1808.33	1858.74	1884.71	1975.72	2034.05	2077.73	2140.83
白桦纯林	未分解层	2762.63	2969.04	3091.37	3188.88	3316.26	3323.73	3470.90	3561.66	3689.85
	半分解层	1680.08	1933.52	2022.70	2128.95	2178.71	2202.70	2222.82	2282.40	2353.40

表 6 两种林分枯落物层持水量与浸水时间的关系

Table 6 Relationship between water holding capacity of litter layer and soaking time in two forests

林分类型 Stand type	枯落物层 Litter layer	关系式 Relation	R <sup>2</sup>
山杨纯林	未分解层	y = 167.02ln(x) + 1 693.1	0.960 2
白桦纯林	未分解层	y = 231.85ln(x) + 2 923.2	0.974 9
山杨纯林	半分解层	y = 142.8ln(x) + 1 687.4	0.966 9
白桦纯林	半分解层	y = 160.66ln(x) + 1 875.7	0.957 0

## 2.5 枯落物吸水速率

森林枯落物吸水速率是随浸水时间而变化的，

林内降水会被吸水速率高的枯落物直接吸收，从而阻延地表径流<sup>[22]</sup>。

由图 1、2 可知：2 种林分的未分解层和半分解层枯落物的吸水速率均随浸泡时间增加而降低，且山杨纯林的吸水速率明显低于白桦纯林。2 种森林的未分解层和半分解层枯落物的吸水速率均表现为在 0~0.5 h 时间内非常高，白桦纯林和山杨纯林的未分解层分别为 3 123.11 与 5 525.26 g·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>，半分解层分别为 3 128.00 与 3 360.15 g·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>；之后，吸水速率急剧下降，直到 4 h 后趋于平缓，未分解层和半分解层在数值

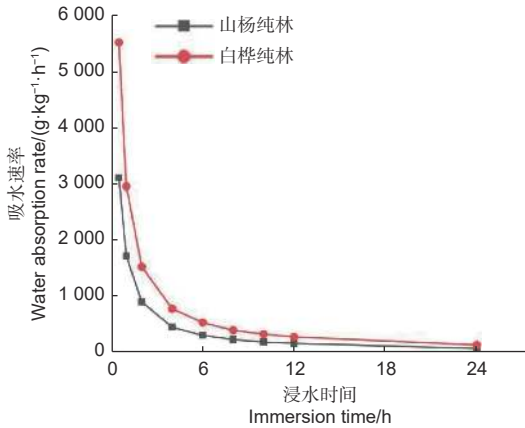


图 1 两种林分枯落物未分解层持水过程

Fig. 1 Water holding process in undecomposed layers of two stand litter

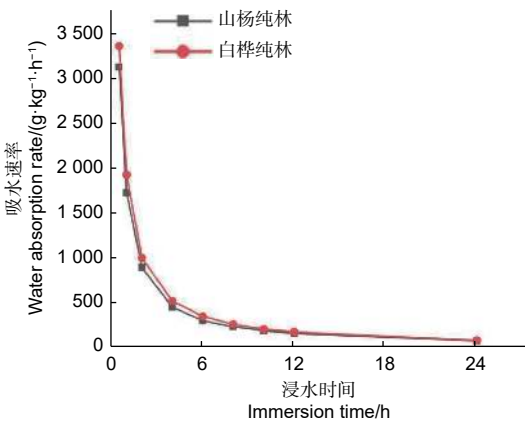


图 2 两种林分枯落物半分解层持水过程

Fig. 2 Water holding process of the semi-decomposed layer of two stand litter

上分别小 1 000 和接近于 500  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 。可见, 2 种林分的未分解层枯落物的吸水速率在浸泡前期有较大差异, 但均在 8 h 之后变化幅度微小; 2 种林分的半分解层枯落物的吸水速率差距微小, 且在 6 h 之后变化幅度微小。

拟合 2 种林分的枯落物层吸水速率/ $(\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1})$  与浸水时间/h 的关系 (表 7), 精度均极高。

表 7 两种林分枯落物层吸水速率与浸水时间的关系

Table 7 The relationship between water absorption rate of litter layer and soaking time in two forest stands

林分类型 Stand type	枯落物层 Litter layer	关系式 Relation	$R^2$
山杨纯林	未分解层	$y = 1\ 692.5x^{-0.911}$	0.999 7
白桦纯林	未分解层	$y = 2\ 923.8x^{-0.928}$	0.999 9
山杨纯林	半分解层	$y = 1\ 686.5x^{-0.923}$	0.999 7
白桦纯林	半分解层	$y = 1\ 870.3x^{-0.920}$	0.999 5

### 3 讨论

近年来, 赛罕乌拉国家级自然保护区的山杨纯林和白桦纯林出现了不同程度的衰退和死亡现象, 枯落物层的数量和组成及水文功能可能有相应变化。为此, 本文测定研究了 2 种典型林分 (山杨纯林、白桦纯林) 枯落物层的水文功能并进行了分析, 试图从中寻找其间的关联性。

#### 3.1 枯落物蓄积量

枯落物蓄积量受到多重因素影响, 本研究显示, 不同分解程度的枯落物储量和其占总储量比例在两种森林之间相差较小, 这与 2 种森林的立地环境相同及均为阔叶树种有关, 这和张东等<sup>[23]</sup>在晋西黄土丘陵沟壑区的 3 种林分、刘少冲等<sup>[24]</sup>对莲花湖库区几种主要林分的枯落物蓄积量研究结果一致; 但山杨纯林的未分解层和半分解层的枯落物质储量均高于白桦纯林的, 这同时受林分密度和树种差异影响。此外, 2 种森林的枯落物未分解层蓄积量均小于半分解层蓄积量, 且此层间差别与树种及林分密度差异有关; 但不同于一些文献报道的健康森林的研究结果 (即未分解层蓄积量大于半分解层蓄积量)<sup>[25-26]</sup>, 原因可能是由于本文研究林分近些年的树木死亡导致新凋落物输入减少。

#### 3.2 枯落物持水能力

森林枯落物最大持水率与枯落物结构及生物量有密切关系<sup>[27]</sup>。山杨纯林枯落物最大持水率虽较低, 但其枯落物蓄积量较大, 所以, 其枯落物层最大持水量反而稍高于白桦纯林。

本研究采用浸泡法测定了枯落物持水能力, 但实际上林地枯落物不会经历长时间浸水<sup>[28]</sup>, 一方面林地常有一定坡度, 很难出现大面积滞水, 雨水会很快入渗, 不会形成地表径流, 所以, 浸泡法测定值会偏高。他人研究表明, 当降水达到 20 ~ 30 mm 后, 枯落物实际持水能力只有最大持水能力的 85% 左右<sup>[29]</sup>, 故本文计算了有效拦蓄率和有效拦蓄量, 并借此比较真实地表示枯落物持水能力。虽然山杨纯林枯落物的有效拦蓄率较低, 但由于其枯落物蓄积量较大, 所以, 其有效拦蓄量反而稍高于白桦纯林。

武鹏艳<sup>[30]</sup>研究兰州南山的 4 种人工林枯落物持水性能时发现, 枯落物蓄积量多的表现为拦蓄能力更强, 这与本研究结果一致; 但宣立辉<sup>[31]</sup>研究发现, 阔叶树枯落物最大持水量与最大持水率保持

一致, 与本研究结果相反, 其原因在于枯落物持水能力同时取决于枯落物的数量和持水性能, 而树种、密度、林龄、立地条件等均会影响枯落物的数量和质量, 所以会出现不同研究中的主导因素差异和持水性能研究结果差异。从本文研究结果可知, 枯落物持水能力受多种因素影响, 枯落物的分解程度影响枯落物的持水能力, 半分解层所占比例越高, 枯落物分解程度越高, 持水能力越好; 影响持水量的主要因素是蓄积量, 而影响持水率的主要因素是枯落物分解程度。

### 3.3 枯落物的持水过程

本研究表明, 森林枯落物吸水速率均为浸泡前期(0~0.5 h)最高, 之后随吸水时间增加而急剧下降并趋于平缓, 最终趋于零(枯落物达饱和状态, 即最大持水量), 所以, 吸水速率是个不断减缓的过程<sup>[32]</sup>。枯落物累积持水量与浸水时间有对数关系( $Q=a \cdot \ln(t) + b$ ), 吸水速率与浸水时间遵从幂函数关系( $V=kt^n$ ), 而且回归关系式的精度很高。

由于森林枯落物的吸水速率随浸泡时间延长而不断衰减, 枯落物层持水功能主要在降雨前期发挥较大作用, 有助于水源涵养和地表径流调节。本研究结果与胡淑萍等<sup>[1]</sup>对北京百花山区4种林分、王士永等<sup>[33]</sup>对北京市怀柔区三种林分、刘少冲等<sup>[34]</sup>对莲花湖库区几种主要林分的枯落物水文效应研究结果一致, 即枯落物的持水量和吸水速率分别与浸水时间呈对数关系和幂函数关系。

综合来看, 研究地区的山杨纯林枯落物层的水源涵养功能优于白桦纯林, 为强化该地区的森林水源涵养能力, 可在森林演替初期注意适当保护作为先锋树种的山杨林, 要注意引导森林的正向演替, 并考虑人工改造已死亡林分, 以保证较好的森林环境结构与功能。

## 4 结论

对赛罕乌拉保护区山杨纯林和白桦纯林枯落物层水文功能的研究表明:(1)山杨纯林的枯落物蓄积量稍高于白桦纯林, 但相差不大, 且2种林分均为未分解层的枯落物蓄积量小于半分解层枯落物蓄积量。(2)山杨纯林枯落物层的持水能力优于白桦纯林枯落物层, 2种森林均为未分解层枯落物的最大持水量小于半分解层; 枯落物层的持水能力大小主要受枯落物蓄积量的影响, 虽然也受枯落物分解程度的影响。因此, 山杨纯林的较高枯落物

蓄积量导致了其枯落物拦蓄能力高于白桦纯林。(3)2种森林的枯落物吸水速率与浸水时间呈幂函数关系, 枯落物持水量与浸水时间呈对数函数关系。

### 参考文献:

- [1] 胡淑萍, 余新晓, 岳永杰. 北京百花山森林枯落物层和土壤层水文效应研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 146-150.
- [2] 涂志华, 范志平, 孙学凯, 等. 大伙房水库流域不同植被类型枯落物层和土壤层水文效应[J]. 水土保持学报, 2019, 33(1): 127-133.
- [3] William M. Putuhen and Ian Cordery. Estimation of interception capacity of the forest floor[J]. Journal of Hydrology, 1996, 180(1): 283-299.
- [4] 曹云生, 赵艳玲. 不同灌木林分枯落物层与土壤层水源涵养能力研究[J]. 水土保持研究, 2019, 26(6): 179-183.
- [5] 冯楷斌, 张赐暘, 郭敬丽, 等. 冀北山地不同类型白桦林枯落物及土壤持水性能研究[J]. 林业资源管理, 2016(02): 74-80.
- [6] Edwards D P, Tobias J A, Sheil D, et al. Maintaining ecosystem function and services in logged tropical forests[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2014, 29(9): 511-520.
- [7] Lee Richard. Forest Hydrology[M]. New York Chichester, West Sussex: Columbia University Press, 1980.
- [8] Mcculloch J, Robinson M. History of forest hydrology[J]. Journal of Hydrology, 1993, 150(2-4): 189-216.
- [9] 苏志尧, 陈北光, 古炎坤, 等. 广州白云山风景区几种森林群落枯枝落叶层的持水能力[J]. 华南农业大学学报, 2002, 23(2): 91-92.
- [10] 马雪华, 杨茂瑞, 胡星弼. 亚热带杉木、马尾松人工林水文功能的研究[J]. 林业科学, 1993, 29(3): 199-206.
- [11] 贺淑霞, 李叙勇, 莫菲, 等. 中国东部森林样带典型森林水源涵养功能[J]. 生态学报, 2011, 31(12): 3285-3295.
- [12] Dabney S M. Cover crop impacts on watershed hydrology[J]. Journal of Soil & Water Conservation, 1998, 53(3): 207-213.
- [13] 李黎立, 蒋万杰, 吴贵贵, 等. 北京松山自然保护区生物多样性现状与保护对策[J]. 林业调查规划, 2008, 33(5): 51-54.
- [14] Kulmala L, Pumpanen J, Hari P, et al. Photosynthesis of ground vegetation in different aged pine forests: Effect of environmental factors predicted with a process-based model[J]. Journal of Vegetation Science, 2011, 22(1): 96-110.
- [15] Adolfo C C, Lourdes C H, Sandra R O. Mass, nutrient pool, and mineralization of litter and fine roots in a tropical mountain cloud forest[J]. Science of the Total Environment, 2017, 575: 876-886.
- [16] 贺敏, 魏江生, 石亮, 等. 大兴安岭南段山杨径向生长和死亡对区域气候变化的响应[J]. 生态学杂志, 2018, 37(11): 3237-3244.
- [17] Zeng N, Yao H, Zhou M, et al. Species-specific determinants of mortality and recruitment in the forest-steppe ecotone of north-east China[J]. The Forestry Chronicle, 2016, 92(3): 336-344.
- [18] 杨玉盛, 邱仁辉, 俞新妥, 等. 不同栽杉代数林下植被营养元素的生物循环[J]. 东北林业大学学报, 1999, 27(3): 26-30.
- [19] 贺敏. 大兴安岭南段山杨径向生长和死亡对区域气候变化的响应[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2018.

- [20] 王志云, 陈香, 陈红跃, 等. 10种乡土树种枯落物的持水特性[J]. 绿色科技, 2016 (23): 7-10.
- [21] 林立文, 邓羽松, 李佩琦, 等. 桂北地区不同密度杉木林枯落物与土壤水文效应[J]. 水土保持学报, 2020, 34 (5): 200-207, 215.
- [22] 曹成有, 朱丽晖, 韩春声, 等. 辽宁东部山区森林枯落物层的水文作用[J]. 沈阳农业大学学报, 1997, 28 (1): 44-48.
- [23] 张东, 邵社刚, 赵辉. 晋西黄土丘陵沟壑区主要人工林枯落物水文特性研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2014, 42 (5): 97-101, 110.
- [24] 刘少冲, 段文标, 陈立新. 莲花湖库区几种主要林型水文功能的分析和评价[J]. 水土保持学报, 2007, 21 (1): 79-83.
- [25] 马佳明, 赵鹏, 刘雪莹, 等. 崇陵流域不同林分类型枯落物水文效应研究[J]. 生态环境学报, 2021, 30 (4): 691-699.
- [26] 张峰, 彭祚登, 安永兴, 等. 北京西山主要造林树种林下枯落物的持水特性[J]. 林业科学, 2010, 46 (10): 6-14.
- [27] 饶良懿, 朱金兆, 毕华兴. 重庆四面山森林枯落物和土壤水文效应[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27 (1): 33-37.
- [28] 李红云, 杨吉华, 鲍玉海, 等. 山东省石灰岩山区灌木林枯落物持水性能的研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19 (1): 44-48.
- [29] 王忠禹, 刘国彬, 王兵, 等. 黄土丘陵区典型植物枯落物凋落动态及其持水性[J]. 生态学报, 2019, 39 (7): 2416-2425.
- [30] 武鹏艳. 兰州南山4种人工林枯落物持水性能及土壤水文效应的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2016.
- [31] 宣立辉. 塞罕坝地区三种典型森林类型林分密度对水文效应的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2018.
- [32] 程金花, 张洪江, 余新晓, 等. 贡嘎山冷杉纯林地被物及土壤持水特性[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24 (3): 45-49.
- [33] 王士永, 余新晓, 贾国栋, 等. 北京山区主要人工林枯落物水文效应[J]. 中国水土保持科学, 2011, 9 (5): 42-47.
- [34] 刘少冲, 段文标, 赵雨森. 莲花湖库区几种主要林型枯落物层的持水性能[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3 (2): 81-86.

## Hydrological Effects of the Humus Layer of Pure Forest of *Populus davidiana* and *Betula platyphylla* in Southern Section of Daxing'anling Mountains, Inner Mongolia, China

ZHANG Yi-chao<sup>1,2</sup>, WU Yi-heng<sup>1,2</sup>, ZHOU Mei<sup>1,2</sup>, SHU Yang<sup>1,2</sup>,  
ZHAO Peng-wu<sup>1,2</sup>, XIANG Chang-lin<sup>2</sup>, ZHOU Li-wen<sup>2</sup>

(1. Forestry College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, Inner Mongolia, China; 2. Saihanwula Forest Ecosystem National Positioning Observation and Research Station, Chifeng 025150, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** [Objective] To study the stock volume of humus layer and its water conservation effect of typical stand in Saihanwula National Nature Reserve, where a lot of tree died under drought stress caused by climate warming and drying. [Method] Nine plots were selected for each of the pure forests of *Populus davidiana* and *Betula platyphylla*. The biomass of humus layer and the water holding capacity of humus layer of the two forests was determined using indoor soaking method. [Result] The results showed that: (1) Under the same canopy density, the total biomass of humus layer of *P. davidiana* forest was 12.41 t·hm<sup>-2</sup>, higher than that of *B. platyphylla* forest (10.97 t·hm<sup>-2</sup>). (2) The maximum water holding capacities of the humus layer of both the forest was 26.85 and 26.77 t·hm<sup>-2</sup>, and the corresponding effective storage capacities were 11.96 and 11.07 t·hm<sup>-2</sup>, showing the similar water-holding effect. (3) The relationship between dynamic water holding capacity of humus layer and the soaking time followed a logarithmic function, and the relationship between the water absorption rate and soaking time followed a power function. [Conclusion] This study carried out in the southern section of the Daxing'anling Mountains shows that the humus layer biomass of pure forest of *P. davidiana* is slightly larger than that of the pure forest of *B. platyphylla*, but the water holding capacity of humus layer of both the two forests is similar.

**Keywords:** pure forest of *Populus davidiana*; pure forest of *Populus davidiana*; humus layer; water-holding capacity; water retention