

冀北山地油松和落叶松林下枯落物的水文效应

梁文俊, 丁国栋, 周美思, 臧荫桐, 贺宇, 安云, 高广磊, 包岩峰

(北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 对河北省木兰围场国有林场内油松、落叶松人工林枯落物水文效应进行了调查。结果显示, 油松、落叶松枯落物厚度分别为 6.1 和 4.0 cm, 枯落物蓄积量为 33.93 和 43.16 t/hm²; 浸泡 24 h 后测定油松枯落物的含水量为 268.10 g, 落叶松枯落物含水量为 157.54 g, 二者的有效拦蓄量分别为 30.07 和 57.56 t/hm²。油松、落叶松林下枯落物持水量、吸水速率与浸水时间的变化规律基本一致, 枯落物持水量与浸水时间存在对数曲线关系, 而吸水速率与浸泡时间存在幂函数关系; 枯落物浸水 0~4 h 内吸水速率最大, 4~8 h 内逐渐变缓, 10 h 后其持水量基本达到最大值。

关键词: 油松; 落叶松; 枯落物; 水文效应; 持水量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)04-0071-04

中图分类号: S715

Hydrological Effects of *Pinus Tabulaeformis* and *Larix Principis* Forest Litters in North Mountain of Hebei Province

LIANG Wen-jun, DING Guo-dong, ZHOU Mei-si, ZANG Yin-tong,
HE Yu, AN Yun, GAO Guang-lei, BAO Yan-feng

(Ministry of Education Key Laboratory of Soil and Water Conservation and
Desertification Combating, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: This study investigated water-holding characteristics of *Pinus tabulaeformis* and *Larix principis* forest litter found in Mulan—Weichang National forest farm. The results show that in the *Pinus tabulaeformis* and *Larix principis* forests, the litter was as thick as 6.1 and 4.0 cm, with total water holding capacity of 33.93 and 43.16 t/hm², absorbed water contents of 268.10 g and 157.54 g (measured after 24 h immersion), and effective interception capacity of 30.07 and 57.56 t/hm², respectively. The litters of *Pinus tabulaeformis* and *Larix principis* showed similar water-holding capacity, water absorption rate and soaking time. Overall, the relationship between litter water-holding capacity and soaking time was described well with a logarithmic curve, and that between the water absorption rate and soaking time was fitted well with a power function. The water absorption rate was fastest in the initial 0~4 h, decreased gradually in 4~8 h after immersion, and the water content reached its maximum water-holding capacity after 10 h.

Keywords: *Pinus tabulaeformis*; *Larix principis*; forest litters; hydrological effect; water-holding capacity

枯落物是指森林生态系统内有生物组分生产并归还到林地表面, 作为分解者的物质和能量来源, 维持生态系统功能的所有有机质的总称, 包括乔木和灌木的枯叶、枯枝、树皮、繁殖器官、野生动物的残骸及其代谢产物、林下枯死的草本和枯死的树根^[1]。森林枯落物是森林生态系统的组成部分和森林土壤物质转化的基础, 是森林土壤养分的重要来源之一, 是森林生态系统中最为关键的过程之一, 是生态系统养分的载体, 是连接植物和土壤的纽带, 枯落物具有良好

的持水和透水能力, 具有储蓄降水、保持土壤水分、降低降水对土层的直接冲击, 在降水过程中有着缓冲器的作用, 降低地表径流, 改善林地土壤结构, 提高土壤的渗透性, 减少土壤流失量^[2-4]。据测定, 林地表面的枯落物层最大涵水量可达 3~5 mm, 在枯枝落叶层非常厚的原始林中最多可达 30 mm。许多研究证明, 枯落物持水量可达到自身重量的 3~5 倍, 其几乎接近其最大截留量^[5]。本研究对冀北地区主要乔木树种油松和落叶松林地枯落物的水文效应进行分析,

收稿日期: 2011-10-05

修回日期: 2011-11-02

资助项目: 国家林业局林业公益性行业科研项目“典型区域森林生态系统健康维护与经营技术研究”(200804022)

作者简介: 梁文俊(1983—), 男(汉族), 山西省朔州市人, 博士研究生, 主要研究方向为森林生态、荒漠化防治。E-mail: liangwenjun123@163.com。

通信作者: 丁国栋(1963—), 男, 内蒙古自治区赤峰市人, 教授, 博士生导师, 主要从事荒漠化防治、森林生态方面的研究。E-mail: dch1999@263.net。

旨在为冀北地区森林水文循环和森林健康经营提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于河北省围场县境内的木兰国营林场,地理坐标为 $116^{\circ}32'—118^{\circ}14'E$, $41^{\circ}35'—42^{\circ}40'$,该区南临京津地区,北接内蒙古浑善达克沙地,不仅是下游潘家口水库的水源涵养地和滦河主要发源地,同时也是北京地区的上风区和影响北京生态环境质量重要的风沙通道。气候属于中温带向寒温带过渡、半干旱向半湿润过渡的山地气候。具有水热同季,冬长夏短、四季分明、昼夜温差大的特征。灾害天气主要有暴雨、霜冻、冰雹、风、沙尘暴和低温等。该区日照充足,年平均日照为 2 832 h,太阳辐射总量为 532.5~555.9 kJ/cm²。土壤有棕壤、褐土、风砂土、草甸土、沼泽土、灰色森林土和黑土 7 类;分为 7 个植被类型 53 个群系,有维管植物 81 科 382 属 693 种。主要乔木树种有华北落叶松 (*Larix principis-rupprechtii*)、油松 (*Pinus tabulaeformis*)、白桦 (*Betula platyphlla*)、山杨 (*Populus davidiana*) 等;主要灌木有毛榛 (*Corylus mandshurica*)、照山白 (*Rhododendron mircranthum*)、土庄绣线菊 (*Spiraea pubescens*) 等;草本植物主要有披针薹草 (*Carex lancifolia*)、糙苏 (*Phlomis umbrosa*)、东亚唐草草 (*Thalictrum minus*) 等。

2 研究方法

选取 2 块地形、植被、土壤类型相似的林龄为 35 年生油松、落叶松样地,样地面积 50 m×50 m,油松、落叶松林平均树高分别为 18.1 和 17.3 m,平均胸径为 15.6 和 16.3 cm,林内郁闭度分别为 0.85 和 0.73。将样地分为 10 m×10 m 的小样方,每个小样方内依对角线的四角和中心区设置 20 cm×20 cm 的枯落物收集样方,将未分解层和半分解层分别装入密封袋中,并且记录枯落物层的总厚度、未分解层和半分解层的厚度。将收集的枯落物带回实验室分层称其自然状态下的质量,然后将其烘干再称重,计算出枯落物自然状态下的储量和蓄积量。

2.1 枯落物持水过程

将取回的未分解和半分解枯落物分别称出一部分装入尼龙袋内,放入水中浸泡 0.25,0.5,1,2,4,6,8,10,24 h 后称重,每次取出后需静置约 5 min,当枯落物不在滴水时迅速称重,测量出枯落物的吸水过程,每种植被类型做 3 次重复,求其平均值。

2.2 枯落物持水能力的测定

通常来说枯落物达到稳定持水时的持水量和持水率就是枯落物的最大持水量和最大持水率^[6],测定饱和吸水后枯落物的质量,结合枯落物自然状态质量,可以计算枯落物生物自然含水量、含水率、最大持水量、持水率、有效拦蓄量、最大拦蓄率等。

$$W_0 = W_1 - W_2, \quad R_m = (W_1 - W_2) / W_2 \times 100\%$$

$$W_c = (W_3 - W_2), \quad R_0 = (W_3 - W_2) / W_2 \times 100\%$$

$$W_m = (R_m - R_0)M, \quad W = (0.85R_m - R_0)M$$

式中: W_0 ——枯落物最大持水量; W_1 ——浸水稳定后枯落物重; W_2 ——枯落物干重; W_3 ——样品鲜重; W_m ——最大拦蓄量; W ——有效拦蓄量; R_m ——枯落物最大持水率; R_0 ——自然含水率; M ——枯落物蓄积量; 0.85——有效拦蓄系数。

3 结果分析

3.1 枯落物蓄积量比较

枯落物蓄积量与林分密度、林龄、枯落物分解速率、积累年限以及树种的构成、人为干扰、气候条件等因素有关^[7-8]。枯落物的储量影响着林分的生产力和分解能力,健康的森林能够增加枯落物的储量。健康森林中灌草植被的数量和种类都比较丰富,枯落物的组成也较为繁多,森林中合理的枯落物厚度对林分生长具有很好的促进作用。枯落物的蓄水和持水能力的一个重要指标就是枯落物的蓄积量。由表 1 可以看出,油松的枯落物厚度大于落叶松的枯落物厚度,总的蓄积量落叶松 (43.16 t/hm²) 大于油松 (33.93 t/hm²),油松半分解层的厚度是未分解层的 2 倍,说明油松枯落物分解速率较好,落叶松未分解层较厚,枯落物分解较慢,这对林内植物更新和土壤的理化性质有很大的影响。分析看出,油松半分解层的蓄积量占得比例最大,为 87.43%,落叶松半分解层和未分解层的蓄积量几乎达到平衡。

3.2 枯落物持水动态

根据枯落物持水量和溪水速率的测定方法,将采集回的样品称重后烘干浸泡在水中,分时段称重,结果详见表 2。枯落物的蓄水量和林分蓄积量以及树种的构成、林分发育度、林分水平和垂直结构等因素有关^[9-10]。比较两种树种林下枯落物未分解层最大持水量可以看出,落叶松林下枯落物未分解层持水量最大,为 79.7 g,半分解层枯落物则是油松较大,为 226.4 g,油松林总持水量大于落叶松林的总持水量;说明该地区相同情况下油松林下枯落物的持水量要大于落叶松,油松林的拦洪能力大于落叶松。

表 1 油松落叶松枯落物蓄积量

林分类型	枯落物厚度/cm			枯落物蓄积量/(t·hm ⁻²)				总蓄积量/(t·hm ⁻²)
	总厚度	未分解层	半分解层	未分解层		半分解层		
				蓄积量	比例/%	蓄积量	比例/%	
油松	6.1	2.1	4.0	4.26	12.57	29.67	87.43	33.93
落叶松	4.0	2.6	1.4	22.83	52.90	20.33	47.10	43.16

表 2 油松落叶松枯落物持水量

林分类型	枯落物层	浸水时间/h									总持水量/g
		0.25	0.5	1	2	4	6	8	10	24	
油松	未分解层	27.70	29.73	30.90	31.53	35.00	37.13	37.80	39.87	41.70	268.10
	半分解层	189.77	196.43	199.37	199.00	205.73	218.97	220.93	224.37	226.40	
落叶松	未分解层	55.80	61.50	65.43	65.80	68.70	74.83	75.47	78.40	79.70	157.54
	半分解层	65.00	67.30	69.27	70.12	71.32	74.16	75.03	75.65	77.84	

3.3 枯落物持水量和浸泡时间关系

已有的研究表明,枯落物与浸泡时间有着一定的关系,拟合油松和落叶松枯落物持水量与浸泡时间,得出枯落物与浸泡时间成对数函数关系。由图 1—2 可以看出,落叶松和油松林分枯落物未分解层、半分解层持水量与浸水时间之间有着很好的相关性,未分解层枯落物在水中浸泡 8 h 后,持水量基本达到饱和,增加浸泡时间其持水量不再增加;半分解层在浸水后 10 h,持水量开始达到最大值,增加泡水时间,各枯落物的持水量不会发生大的变化。

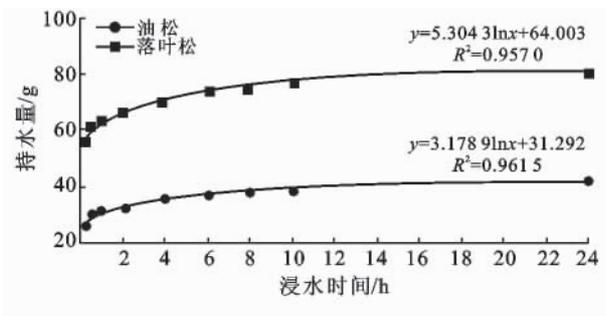


图 1 林下枯落物未分解层持水量与浸泡时间关系

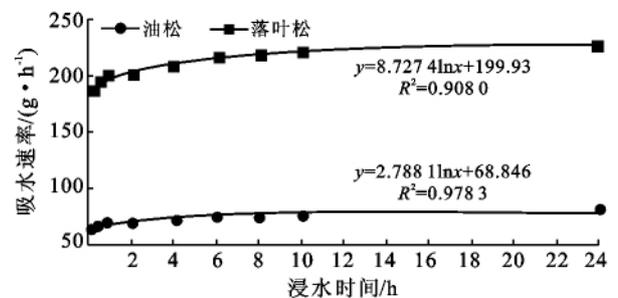


图 2 林下枯落物半分解层持水量与浸泡时间关系

3.4 枯落物吸水速率与浸泡时间关系

对所测定的落叶松、油松林下枯落物吸水速率与浸水时间的数据进行回归分析拟合,得出枯落物吸水速率与浸泡时间之间的关系式为:

$$V = kt^n$$

式中:V——枯落物吸水速率 (mm/h); t——枯落物吸水时间, h, k——方程回归系数; n——指数。不同树种林下枯落物的吸水速率等于浸泡时间对应的持水量除以浸泡时间(表 3)。

表 3 林下枯落物吸水速率

g/h

林分类型	枯落物层	浸水时间/h								
		0.25	0.5	1	2	4	6	8	10	24
油松	未分解层	110.80	59.46	30.90	15.76	8.75	6.18	4.72	3.98	1.73
	半分解层	759.08	392.86	199.40	99.50	51.43	36.49	27.61	22.43	9.43
落叶松	未分解层	223.20	123.00	65.43	32.90	17.17	12.47	9.43	7.84	3.32
	半分解层	260.00	134.60	69.27	35.06	17.83	12.36	9.37	7.56	3.24

由拟合结果可以看出,落叶松枯落物未分解层、半分解层吸水速率与浸水时间有很强的相关关系, R² 都达到了 0.99 以上。

未分解层和半分解层在 0~2 h 吸水速率最大, 8 h 后吸水速率基本达到稳定, 这是由于 8 h 后枯落物

持水量基本到达了饱和, 不再吸水。油松、落叶松枯落物未分解层和半分解层的吸水速率有着相同的变化趋势。

3.5 枯落物的持水能力

由表 4 可以看出, 油松的自然含水量、平均自然

含水率都远大于落叶松的自然含水量和平均自然含水率,最大持水量却是落叶松大于油松。这与油松和落叶松枯落物自身的性质有关,说明油松枯落物的持水能力较弱。根据枯落物的最大持水率及平均自然含水率,可以计算出其最大拦蓄量和最大拦蓄率^[11]。油松和落叶松枯落物最大拦蓄量和最大拦蓄率与最大持水量保持一致的变化趋势,油松最大拦蓄率(109.67%)小于落叶松最大拦蓄率(168.56%)。当

降雨量达到 20~30 mm 以后,不论哪种植被类型的枯落物层及其含水量高低,实际持水率约为最大持水率的 85%^[12],所以本研究有效拦蓄量取调整系数为 85%。

经计算落叶松枯落物有效拦蓄量和有效拦蓄率均大于油松枯落物的有效拦蓄量、有效拦蓄率,说明相同条件下,落叶松的有效拦蓄量优于油松,具有很好的防洪蓄水能力。

表 4 油松和落叶松枯落物持水能力指标

林分类型	自然含水量/ (t·hm ⁻²)	平均自然 含水率/%	最大持水量/ (t·hm ⁻²)	最大持 水率/%	最大拦蓄量/ (t·hm ⁻²)	最大拦蓄 率/%	有效拦蓄量/ (t·hm ⁻²)	有效拦蓄 率/%
油松	8.68	30.45	33.51	140.12	37.21	109.67	30.07	88.62
落叶松	2.95	7.37	70.29	175.90	72.75	168.56	57.56	133.36

4 结论

研究区内油松、落叶松枯落物厚度分别为 6.1 和 4.0 cm,枯落物总的蓄积量分别为 33.93 t/hm²(油松),43.16 t/hm²(落叶松),可以看出枯落物蓄积量与其厚度不成正比例关系,与林分本身属性有关。持水量与浸水时间成指数函数关系,持水速率与浸水时间成幂函数关系,枯落物浸水后,0~4 h 内吸水速率最大,4~8 h 内逐渐变缓,10 h 后枯落物持水量基本达到最大,随着泡水时间的延长,持水量不再有很大的变化。落叶松的自然含水量(2.95 t/hm²)小于油松自然含水量(8.68 t/hm²),有效拦蓄量和有效拦蓄率表现为:落叶松>油松。

林地枯落物层在截持降水、防止土壤溅蚀、延阻地表径流、抑制土壤蒸发等方面具有重要意义,在水土保持和水源涵养中发挥着重要的作用。枯落物的截留和蓄水量取决于其现存量,而枯落物的现存量通常与地区、树种、密度、土壤等因素有关,通过对这些因素的研究可以认为调控其蓄积量。枯落物层太厚,会影响林下植被的更新和生长,许多密度较大的林分下枯落物分解太慢,导致枯落物层积累太厚,林下几乎没有植被更新生长。因此,在森林健康经营过程中,应注意保护和合理调节枯落物的蓄积量,使其既不影响林下植被生长又能发挥其最大水源涵养功能。

[参 考 文 献]

[1] 王凤友. 森林凋落物量综述研究[J]. 生态系统学进展,

1989,6(2):95-102.

- [2] 吴饮孝,赵鸿雁,刘向东,等. 森林枯枝落叶层涵养水源保持水土的作用评价[J]. 水土保持学报,1998,4(2):23-28.
- [3] 陈静生,高学明,夏新辉,等. 长江干流 30 年来水质变化探析[J]. 环境化学,1998,17(1):8-13.
- [4] 魏天兴,余新晓,朱金兆. 山西西南部黄土区林地枯落物截持降水的研究[J]. 北京林业大学学报,1998,20(6):1-6.
- [5] 马雪华. 森林水文学[M]. 北京:中国林业出版社,1993.
- [6] 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):46-48.
- [7] 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,2006,19(3):139-143.
- [8] 林波,刘庆,吴彦,等. 亚高山针叶林人工恢复过程中凋落物动态分析[J]. 应用生态学报,2004,15(9):1491-1496.
- [9] 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研究[J]. 水土保持学报,2005,19(1):44-46.
- [10] Kav vaadias 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 Management, 2001,144(1/3):113-117.
- [11] 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):7-13.
- [12] 雷瑞德. 秦岭火地塘林区华山松林水源涵养功能的研究[J]. 西北林学院学报,1984,1(1):19-33.