

晋西黄土丘陵区不同人工林枯落物持水特性研究

刘宇^{1,2}, 张洪江^{1,2}, 张友焱³, 周泽福³, 王月东⁴, 程金花^{1,2}, 张东旭^{1,2}

(1. 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083;
3. 中国林业科学研究院 荒漠化研究所, 北京 100091; 4. 山西省吕梁山国有林管理局 车鸣峪林场, 山西 吕梁 033400)

摘要: 为了定量评价森林枯落物的水文功能, 通过野外观测和浸水法实验, 调查了晋西黄土丘陵区不同人工林枯落物的蓄积量, 分析了枯落物的持水能力与过程, 并对枯落物持水量、吸水速率与浸泡时间的相互关系进行了研究。结果表明, 枯落物蓄积量为 6.81~56.64 t/hm², 由大到小表现为: 落叶松×白桦>落叶松>侧柏>油松×刺槐>油松>白桦>柠条>刺槐; 不同森林类型的枯落物最大持水量为 10.08~100.78 t/hm², 最大持水率变化范围为 146.54%~203.74%, 最大拦蓄量为 9.41~88.65 t/hm², 有效拦蓄量为 7.90~73.53 t/hm²; 枯落物浸水实验结果表明, 枯落物持水量与浸水时间存在对数曲线关系, 而枯落物吸水速率与浸泡时间呈反函数关系, 在浸泡最初的 0.5 h 持水量迅速增加, 随后增幅减小, 在 12 h 以后枯落物吸水基本达到了最大值, 持水量趋于动态平衡。表明落叶松×白桦混交林林下枯落物是 8 种林地中持水性最优的, 刺槐纯林枯落物持水特性最差。

关键词: 黄土丘陵区; 人工林; 枯落物; 持水特性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)06-0069-06

中图分类号: S715.3, S715.7

Water Holding Capacity Characteristics Under Litters of Different Kinds of Planted Forests in Loess Hilly Region of Western Shanxi Province

LIU Yu^{1,2}, ZHANG Hong-jiang^{1,2}, ZHANG You-yan³,

ZHOU Ze-fu³, WANG Yue-dong⁴, CHENG Jin-hua^{1,2}, ZHANG Dong-xu^{1,2}

(1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Beijing 100083, China; 2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Institute of Desertification Studies, CAF, Beijing 100091, China; 4. Chemingyu Forestry Centre, Forestry Management Bureau of Lüliang Mountain, Lüliang, Shanxi 033400, China)

Abstract: Hydrological functions of main planted forest litters were assessed by measuring and analyzing the litter amount, the water holding capacity, and the processes with methods of field survey and soaking extraction experiment in the loess hilly region of Western Shanxi Province. The relationship between water-holding capacity of litter, water absorption rate and soaking time was established. The results showed that the litter amount ranged from 6.81 to 56.64 t/hm², with a decrease order of *Larix gmelini* Rupr. × *Betula platyphylla* Suk. forest, followed by *Larix gmelini* Rupr. forest, *Platycladus orientalis* (Linn.) Franco forest, *Pinus tabulaeformis* Carr. × black locust forest, *Pinus tabulaeformis* Carr. forest, *Betula platyphylla* Suk. forest, *Caragana korshinskii* Kom. forest, black locust forest. The maximum water-holding volume of different forests litters ranged from 10.08 to 100.78 t/hm², the maximum water holding rate ranged from 146.54% to 203.74%, and the mixed interception amount and the effective interception amount showed similar trends with values from 9.41 to 88.65 t/hm², and 7.90 to 73.53 t/hm². Soaking experiments showed that the water-holding volume increased logarithmically with soaking time, while the water-absorption rate showed an inverse function with soaking time. And the water-holding volume increased sharply during the first 0.5 h, then slowly increased, when soaking 12 h, basically reached the maximum water holding volume, and water holding capacity tends dynamic equilibrium. Comprehensively speaking, the litter water

收稿日期: 2012-12-29

修回日期: 2013-03-21

资助项目: “十二五”农村领域国家科技计划项目“晋西黄土丘陵沟壑区节水防蚀水土保持林研究与示范”(2011BAD38B0602; 2011BAD31B02); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(TD2011-2); 国家自然科学基金项目(41271300; 30900866)

作者简介: 刘宇(1989—), 男(汉族), 湖北省宜昌市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持。E-mail: liuyu0710@bjfu.edu.cn.

通信作者: 张洪江(1955—), 男(汉族), 河北省易县人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为土壤侵蚀与流域管理。Email: zhanghj@bjfu.edu.cn.

holding characteristics of *Larix gmelinii* Rupr. × *Betula platyphylla* Suk. mixed forest was the best one of eight kinds of plantation forest, and black locust forest was the worst one.

Keywords: loess hilly region; planted forest; litter layer; water capacity characteristics

处于林分植物层与土壤层之间的枯枝落叶层(又称枯落物层)主要是由凋落的叶、枝、皮、花、果、种子等植物器官堆积而成的^[1],该层作为森林植物群落水文效应的第二活动层^[2],可为森林土壤提供机械保护作用,免除下层土壤受雨滴的直接打击,同时截持降水、延缓地表径流、抑制土壤水分蒸发^[3-5]。疏松的结构使枯落物层具有良好的持水能力和透水性,还能为林木生长提供养分^[6]。枯落物的覆盖能有效改善降雨的垂直分配,可以使更多的地表径流转化为壤中流和基流^[7]。国内外学者对枯落物的持水特性做了很多有大量研究,也取得了一定的成果。美国著名森林水文学家 Lee 等^[8]认为,地被物对降雨的截留量大小取决于地被物的蓄水容量;Dabney^[9]认为林分的树种组成、林木的生长状况、季节的变化等因素都将影响森林内枯落物的凋落;王云琦等^[10]认为,林地枯落物的持水作用主要表现在降雨前期的 2 h 内,尤其是在前 30 min 以内;张雷燕等^[11]认为,枯落物层的有效拦蓄量与其储量有关。

晋西黄土丘陵区气候恶劣,降水稀少,枯落物的水文功能对改善土壤、涵养水源具有非常重要的作用,但目前对晋西黄土丘陵区的主要森林类型的枯落物的持水特性的研究还显薄弱。因此,选择山西省西部的中阳县为试验地,选取柠条(*Caragana korshinskii*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、刺槐(*Robinia pseudocacia*)、油松×刺槐、侧柏(*Platycladus orientalis*)、落叶松×白桦、落叶松(*Larix gmelinii*)、白桦(*Betula platyphylla*)这 8 种典型森林植被类型为研

究对象,对枯落物储量及持水特性进行定量研究,旨在为该地区水源涵养林科学经营提供理论基础和实践指导。

1 研究区概况

研究区位于山西省中阳县车鸣峪林场,地处中纬偏南地带,属黄河流域典型的半干旱黄土丘陵区,海拔 890~1 400 m,地理坐标为东经 111°04′—111°21′,北纬 37°03′—37°20′。该区属温暖亚干旱区,为暖温带大陆性气候,四季分明。年平均气温 6~10℃,极端最高气温 35.6℃(1994 年 6 月 16 日),极端最低气温 -24.3℃(1980 年 1 月 30 日);年降水量平均 460~600 mm,全年降雨集中在 7—9 月,占全年降雨量的 70%,年均蒸发量 1 019.7 mm;无霜期 120~200 d,≥10℃积温可达 3 000℃。主要森林土壤以褐土居多,其次是棕壤。该区属于森林草原灌丛植被区,林地大部分是疏林地,稳定性较差。乔木以人工林为主,主要有油松纯林、白桦纯林、刺槐纯林、杨树(*Populus* sp.)纯林等,林下主要野生灌木有胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、丁子香(*Syzygium aromaticum*)、杠柳(*Periploca sepium*)、黄刺玫(*Rosa xanthina*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、柠条等,草本植物以菊科和禾本科为主。本试验研究林地包括柠条、油松、刺槐、油松×刺槐、侧柏、落叶松×白桦、落叶松、白桦共 8 种林分类型,其中柠条为灌木林,建立调查样地并进行常规调查,记录其海拔、坡向、坡度等指标,各样地基本情况详见表 1。

表 1 不同林分标准地概况

林分类型	立地因子			林型			
	海拔/m	坡向	坡度/(°)	起源	林龄/a	郁闭度	灌草盖度/%
油松	1 205	西南	20	人工	22	0.80	80
刺槐	1 201	西南	20	人工	22	0.75	90
油松×刺槐	1 203	西南	20	人工	22	0.84	85
落叶松×白桦	1 182	西北	25	人工	20	0.90	85
落叶松	1 182	西北	30	人工	20	0.85	70
白桦	1 184	西北	26	人工	18	0.85	75
柠条	1 190	东北	25	—	—	—	70
侧柏	1 201	东北	23	人工	15	0.80	70

2 研究方法

2.1 枯落物现存量调查

在晋西黄土丘陵区设立 8 块标准地(20 m×20 m),

每块标准地机械布设 0.5 m×0.5 m 样方 3 个,用卷尺测量并记载枯落物层的总厚度、未分解层厚度、半分解层厚度,并分层收集,分层称重,然后在 85℃下烘干称重,测定其干重,以推算其自然含水率和单位

面积的枯落物蓄积量。未分解枯落物系指基本上保持其原有形状及质地的枯枝落叶,半分解枯落物系指未完全腐烂、肉眼观察能分辨出其枝叶大体形状的枯枝落叶^[12]。在采集中,由于分解层与半分解层不易区分,所以未将半分解层与分解层进行分层采集。

2.2 枯落物持水能力与过程

将称量过干重的枯落物原状放入尼龙袋(预先称质量并标记)内,再将装有枯落物的尼龙袋置入盛有清水的容器中,水面略高于尼龙袋上沿。将枯落物浸入水中后,样品在分别浸泡 30 min, 1, 2, 3, 6, 12 和 24 h 时取出,静置约 5 min,直至枯落物不滴水为止,迅速测定枯落物湿质量。每次从浸泡容器中取出称重所得枯落物湿重与浸水前总干重(包括枯落物和尼龙袋的干重)的差值,即为枯落物浸泡不同时间的持水量,该差值与浸水时间的比值即为该时刻枯落物的吸水速率。

本研究以枯落物浸泡 24 h 后的持水量作为枯落物最大持水量^[13],而将最大持水量时枯落物的湿重与枯落物干重之比作为枯落物最大吸湿比(简称吸湿比),来表征枯落物持水力的大小。

2.3 枯落物拦蓄能力

枯落物层的最大拦蓄量按照枯落物层的蓄积量与其最大持水率及雨前实测平均自然持水率可推算出来,但用最大持水率来估算对降雨的拦蓄能力结果偏高,不能反映枯落物层对实际降水的拦蓄情况,因此需要计算枯落物的有效拦蓄量。

$$W_m = (R_m - R_0)M$$

$$W = (0.85R_m - R_0)M$$

式中: W_m, W ——最大拦蓄量和有效拦蓄量(t/hm^2); R_m, R_0 ——最大含水率和自然含水率(%); M ——枯落物现存量(t/hm^2)。

3 结果与分析

3.1 不同样地枯落物储量分析

林分的树种组成、生长状况、林地内的水热条件等影响了枯落物的输入量、分解速度和积累年限,进而影响到枯落物蓄积量。枯落物的蓄积量(又称现存量),对晋西黄土丘陵区不同防护林下枯落物蓄积量的调查结果表明(表 2),不同林分下枯落物的储量存在较大差异,其厚度也有所不同。从厚度上来看,落叶松×白桦的混交林厚度最大,达到 6.3 cm,其次是落叶松纯林,为 6.0 cm,厚度最小的是刺槐林,仅为 1.8 cm;枯落物的总蓄积量依次为:落叶松×白桦($56.64 t/hm^2$)>落叶松($33.23 t/hm^2$)>侧柏($28.24 t/hm^2$)>油松×刺槐($22.61 t/hm^2$)>油松($22.44 t/hm^2$)>白桦($17.98 t/hm^2$)>柠条($15.73 t/hm^2$)>刺槐($6.81 t/hm^2$),从不同分解层次来看,除了柠条林之外,很明显其余林下枯落物以半分解层比重大,其中落叶松林半分解层储蓄量就占总量的 86.02%。研究还发现,在未分解层上落叶松×白桦混交林储蓄量最大,刺槐林最小;同样在半分解层仍以落叶松×白桦最大,刺槐林最小。

可以看出,枯落物的厚度对储蓄量大小有一定的影响,但不是唯一影响因素。不同类型林地枯落物总储量的差异性与各林地树种间的生物学特性、造林密度和混交程度是有紧密联系的,落叶松×白桦针阔混交林储量最大,这可能是由于阔叶树落叶多,而针叶树落叶又难以分解的缘故。而对于刺槐林,其叶小又易分解,且密度小,所以枯落物层少。柠条、油松未分解层比重相对来说比较大,这是由于柠条是喜旱植物,灌丛较矮小,阳光充足,立地条件非常干燥,导致其分解困难;而油松质地较硬且含有油脂也不易分解。

表 2 不同林分枯落物层的蓄积量

植被类型	枯落物厚度/cm		总厚度/ cm	枯落物蓄积量/($t \cdot hm^{-2}$)				总蓄积量/ ($t \cdot hm^{-2}$)
	未分解层	半分解层		未分解层	组成比例/%	半分解层	组成比例/%	
柠条	2.3	0.9	3.2	10.17	64.66	5.56	35.34	15.73
油松	2.6	2.5	5.1	9.88	44.01	12.56	55.99	22.44
刺槐	0.7	1.1	1.8	2.72	40.01	4.08	59.99	6.81
油松×刺槐	1.8	3.7	5.5	7.48	33.06	15.14	66.94	22.61
侧柏	0.8	2.8	3.6	6.03	21.36	22.21	78.64	28.24
落叶松×白桦	1.6	4.7	6.3	10.33	18.24	46.31	81.76	56.64
落叶松	1.8	4.2	6.0	4.64	13.98	28.58	86.02	33.23
白桦	1.2	2.7	3.9	3.85	21.40	14.13	78.60	17.98

3.2 枯落物持水能力

3.2.1 枯落物最大持水量、最大持水率和最大吸湿比

(1) 枯落物的最大持水量和最大持水率。8 种林分的枯落物最大持水量依次表现为:落叶松×白桦

(100.78 t/hm²) > 侧柏 (54.51 t/hm²) > 落叶松 (48.82 t/hm²) > 油松 × 刺槐 (39.26 t/hm²) > 油松 (37.37 t/hm²) > 白桦 (36.64 t/hm²) > 柠条 (23.05 t/hm²) > 刺槐 (10.08 t/hm²)。具体分层次来看, 比较不同林地林下枯落物的未分解层发现, 落叶松 × 白桦的持水量最大, 达到 24.01 t/hm², 其次是油松, 为 17.04 t/hm², 刺槐最小, 仅为 4.39 t/hm²; 比较半分解层不难发现, 持水量仍以落叶松 × 白桦混交林最大, 刺槐纯林最小, 这主要和枯落物的储量有关, 持水率对其也有较大的影响。最大持水率变化范围为 146.54%~203.74%, 以白桦林枯落物的持水率最大, 而柠条的最大持水率最小, 不同林分未分解层的最大持水率总是大于半分解层。

(2) 枯落物的最大吸湿比。枯落物的最大吸湿比反应了枯落物的持水力, 而持水力是真实反映枯落物吸持水分能力的重要指标之一。由表 3 所示, 不同林地林下枯落物未分解层的吸湿比以白桦林最大, 达到了 3.60; 其次是落叶松 × 白桦, 为 3.32; 吸湿比最

小的是柠条, 仅为 2.48。对于半分解层, 侧柏枯落物的吸湿比最大, 为 2.93; 落叶松最小, 仅为 2.34。综合分析 8 种林地枯落物的吸湿比, 未分解层均略大于半分解层, 在本研究中油松纯林和落叶松纯林的吸湿比都都很小, 这主要是由于红松和落叶松枯落物含有丰富的松脂且表面光滑, 浸水时表面易形成拮抗水层, 不利于吸持水分。

(3) 通过 SPSS 软件对枯落物厚度、蓄积量、最大持水量、最大持水率和吸湿比进行 Pearson 相关分析。表 4 为不同树种人工林枯落物各指标的相关分析结果。由表 4 可知, 最大持水量与蓄积量、最大持水率和吸湿比均在 0.01 水平(双侧)上显著相关, 说明枯落物的蓄积量直接决定着其持水能力, 而最大持水率和吸湿比也是密切相关的; 厚度与蓄积量、厚度与最大持水量在 0.05 水平(双侧)上显著相关, 说明厚度与蓄积量之间的联系还是比较大的, 而厚度不同, 导致蓄积量有差异, 进而影响了最大持水量; 而其余各项指标之间均不存在显著的相关关系。

表 3 不同林分枯落物最大持水能力比较

植被类型	枯落物最大持水量/(t·hm ⁻²)			最大持水率/%			最大吸湿比		
	未分解层	半分解层	总和	未分解层	半分解层	加权平均	未分解层	半分解层	加权平均
柠条	15.04	8.02	23.05	147.83	144.17	146.54	2.48	2.44	2.47
油松	17.04	20.33	37.37	172.58	161.80	166.54	2.73	2.62	2.67
刺槐	4.39	5.69	10.08	161.09	139.28	148.00	2.61	2.39	2.48
油松 × 刺槐	13.64	25.61	39.26	182.50	169.21	173.61	2.83	2.69	2.74
侧柏	12.06	42.45	54.51	199.95	191.14	193.02	3.00	2.91	2.93
落叶松 × 白桦	24.01	76.78	100.78	232.46	165.79	177.95	3.32	2.66	2.78
落叶松	10.40	38.43	48.82	223.86	134.43	146.93	3.24	2.34	2.47
白桦	9.99	26.64	36.63	259.56	188.54	203.74	3.60	2.89	3.04

表 4 8 个树种人工林枯落物各指标的相关性分析

项目	厚度	蓄积量	最大持水量	最大持水率	吸湿比
厚度	1	0.789*	0.731*	0.126	0.127
蓄积量		1	0.984**	0.228	0.225
最大持水量			1	0.384	0.381
最大持水率				1	1.000**
吸湿比					1

注: ** 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关, * 表示在在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

3.2.2 枯落物持水过程 图 1 为不同人工林枯落物持水过程曲线。可以看出, 未分解层和半分解层林下枯落物的持水量与浸泡时间变化相似, 在最初的 0.5 h 吸持水分最快, 在 2~3 h 内枯落物的持水量迅速增

加, 但随着枯落物浸水时间的延长, 各枯落物持水量的增幅逐渐降低, 至 6 h 持水量趋于稳定, 在 12 h 以后, 枯落物吸水基本达到了最大值, 持水量趋于动态平衡, 表明枯落物吸水已经达到了饱和。分别分析不同分解层次枯落物的持水量发现, 对于未分解层, 在浸水初期以白桦、落叶松、刺槐枯落物吸水最快, 而油松吸水相对来说是比较慢的; 对于半分解层, 仍以白桦枯落物在浸水初期吸水最快。在最初 0.5 h 内, 柠条、油松、刺槐、油松 × 刺槐、侧柏、落叶松 × 白桦、落叶松、白桦未分解层和半分解层的持水量已经分别达到了最大持水量的 39.29% 和 55.21%, 44.34% 和 62.37%, 54.84% 和 61.48%, 47.27% 和 57.05%, 41.98% 和 60.96%, 48.60% 和 58.44%, 43.71% 和 59.06%, 53.30% 和 66.80%。不难发现, 本研究中

所有林地的枯落物其半分解层在初期比未分解层更能吸收水分,而且在最初 0.5 h 不同林分枯落物的半分解层的持水量都已经超过了最大持水量的 1/2。对不同林分林下枯落物持水率与浸水时段之间的关系进行回归分析,发现持水率与浸水时段可用指数函数很好地拟合:

$$Q = a \ln t + b$$

式中:Q——枯落物持水率; t——浸水时段; a, b——方程系数。

图 2 为不同人工林枯落物吸水速率变化曲线。分析图 2 可知,不同林分类型枯落物吸水速率随时间变化趋势也是一致的,浸泡最初的 2~3 h 内吸水速率迅速降低,之后呈缓慢下降的趋势,在浸水 6 h 之后吸水趋于稳定,吸水达到动态平衡状态。各类型的

枯落物未分解层、半分解层吸水速率与浸泡时间存在着明显反函数关系,拟合关系为:

$$V = b_0 t^n$$

式中: V——枯落物吸水速率; t——浸泡时间; b_0 ——方程系数; n——方程指数。

分析结果表明,各拟合方程的相关系数 R^2 基本上均在 0.99 以上,说明方程拟合效果很好。且拟合方程指数均为负值,半分解层指数都小于 -0.8,半分解层指数比未分解层指数更小,说明半分解层在浸水初期比未分解层下降趋势更明显。这与大多数研究结果一致,原因在于半分解层分解程度相对来说比较高,破碎化程度高,表面积较大,在开始阶段更能吸收水分,可当吸水达到一定程度时吸水速率就会迅速下降。

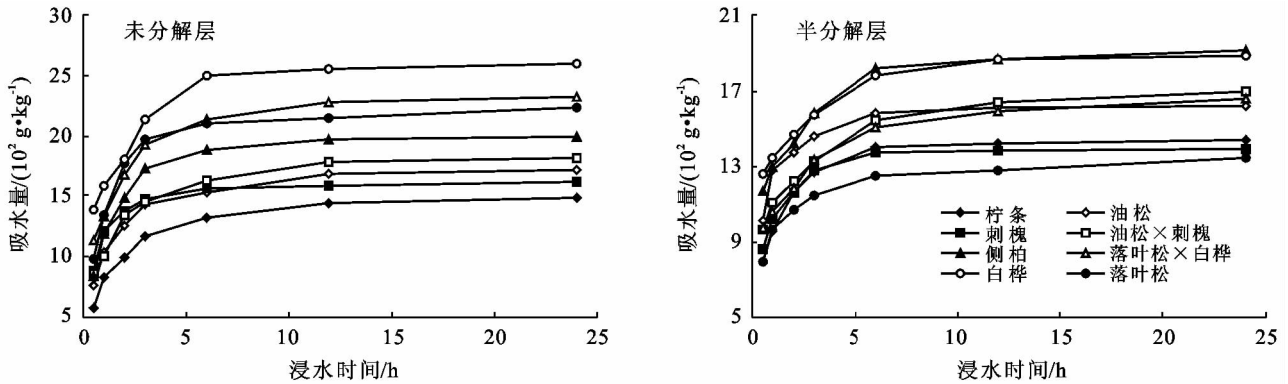


图 1 不同人工林枯落物的持水过程曲线

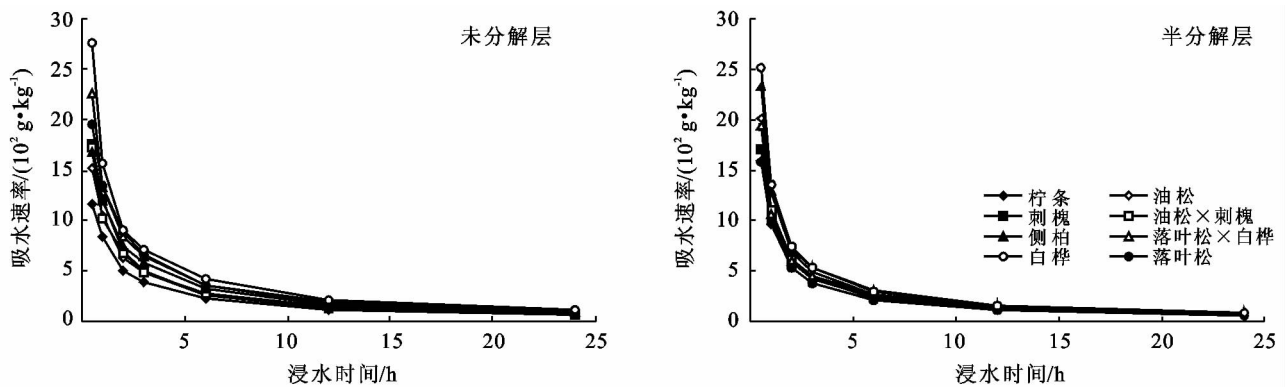


图 2 不同人工林枯落物吸水速率变化曲线

3.2.3 枯落物拦蓄量比较 为估算枯落物层的可能拦蓄量,本研究计算了枯落物层最大拦蓄量和有效拦蓄量(表 5)。分析表 5 可知,不同林分类型枯落物最大拦蓄量介于 9.41~88.65 t/hm²,这种巨大的差异是由于枯落物层的蓄积量及吸水特性不同所致。从不同林分类型来看,枯落物最大拦蓄量表现为落叶松×白桦林最大,达到 88.65 t/hm²,其次为侧柏,也达

到了 50.42 t/hm²,最小的是刺槐林,最大拦蓄量只有 9.41 t/hm²。

实际工作中可用有效拦蓄量来反映枯落物层对实际降水的拦蓄情况,结果与最大拦蓄量表现出来的规律一致。同时可以看出,此次调查的枯落物的自然持水率都普遍较低,处于 9.71%~23.76%,这主要是由于当地降雨量较少的缘故。

表 5 不同林分枯落物最大拦蓄量和有效拦蓄量

植被类型	自然持水率/%			最大拦蓄量/(t·hm ⁻²)			有效拦蓄量/(t·hm ⁻²)		
	未分解层	半分解层	加权平均	未分解层	半分解层	总和	未分解层	半分解层	总和
柠条	9.88	11.63	10.50	14.03	7.37	21.40	11.78	6.17	17.94
油松	26.81	21.36	23.76	14.40	17.64	32.04	11.84	14.60	26.43
刺槐	8.82	10.31	9.71	4.15	5.27	9.41	3.49	4.41	7.90
油松×刺槐	17.18	16.58	16.78	12.36	23.10	35.46	10.31	19.26	29.57
侧柏	10.01	12.74	14.47	5.68	8.06	50.42	4.78	6.73	42.25
落叶松×白桦	16.29	13.98	21.43	11.08	39.34	88.65	9.27	32.98	73.53
落叶松	14.33	13.62	20.95	10.03	18.09	41.86	8.38	15.14	34.54
白桦	19.44	18.73	14.07	11.20	24.41	34.10	9.40	20.36	28.61

4 结论

(1) 对晋西黄土丘陵区不同防护林配置下枯落物研究调查发现, 针阔混交林比同树种针叶纯林或阔叶纯林在枯落物厚度和储量上都占优势。落叶松×白桦混交林在厚度和储量上都是最大的, 分别达到了 6.3 cm 和 56.64 t/hm²; 相比之下刺槐纯林林下枯落物在这两者上都是最小的, 仅为 1.8 cm 和 6.81 t/hm²。因此在造林时应该多考虑针阔混交林, 针叶林落叶量大, 而阔叶林较利于改良土壤条件。

(2) 8 种不同林分枯落物最大持水量为 10.08~100.78 t/hm², 差异非常明显, 这主要和枯落物的最大持水率和储量有关; 最大持水率变化范围为 146.54%~203.74%, 且不同林分未分解层的最大持水率总是大于半分解层; 最大吸湿比介于 2.47~3.04; 最大拦蓄量为 9.41~88.65 t/hm², 有效拦蓄量为 7.90~73.53 t/hm², 最大拦蓄量和有效拦蓄量规律一致。

(3) 对不同林分枯落物持水过程和吸水速率进行拟合发现, 枯落物持水量与浸泡时间之间存在明显的对数函数关系, 在浸水初期 2~3 h 持水量迅速增加, 而增幅不断减小, 在 6 h 之后, 持水量增加缓慢, 在 12 h 之后持水量基本趋于稳定, 到 24 h 吸水停止。枯落物吸水速率与浸泡时间之间存在幂函数关系, 不同林分类型枯落物吸水速率随时间变化趋势是一致的, 这些与前人研究结果是一致的。

(4) 本研究对晋西黄土丘陵区不同防护林配置下枯落物的持水特性做了综合分析, 基于上述研究结果认为, 落叶松×白桦混交林林下枯落物是研究的 8 种林地中持水性能(储量、最大持水量及有效拦蓄量)最佳的, 对土壤的水源涵养作用更明显, 而刺槐纯林相对来说是最差的。不同类型林地枯落物持水性能因林分类型、枯落物构成、分解状况及其储量大小等不同而异。

[参 考 文 献]

- [1] 朱金兆, 刘建军, 朱清科. 森林凋落物层水文生态功能研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(5/6): 30-34.
- [2] 鲍文, 包维楷, 丁德蓉, 等. 岷江上游人工油松林凋落量及其持水特性[J]. 西南农业大学学报, 2004, 26(5): 567-569.
- [3] 吴钦孝, 刘向东. 山杨次生林枯枝落叶蓄积量及其水文作用[J]. 水土保持学报, 1992, 6(1): 71-76.
- [4] 薛建辉, 郝奇林, 何常清, 等. 岷江上游两种亚高山林分枯落物层水文特征研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(3): 168-172.
- [5] 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, 23(3): 45-49.
- [6] 庞学勇, 包维楷, 张咏梅. 岷江上游中山区低效林改造对枯落物水文作用的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(2): 7-10, 36.
- [7] 汪邦稳, 杨洁, 汤崇军, 等. 南方红壤区百喜草及其枯落物对降雨径流分配的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(2): 7-10, 36.
- [8] Lee R, 张建列. 森林水文学[M]. 黑龙江 哈尔滨: 东北林学院出版社, 1986.
- [9] Dabney S M. Cover crop impacts on watershed hydrology[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1998, 53(3): 208-213.
- [10] 王云琦, 王玉杰, 张洪江, 等. 重庆缙云山几种典型植被枯落物水文特性研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 41-44.
- [11] 张雷燕, 刘常富, 王彦辉, 等. 宁夏六盘山南侧森林枯落物及土壤的水文生态功能研究[J]. 林业科学研究, 2007(1): 15-20.
- [12] 罗札诺夫, 王浩清, 郑军. 土壤形态学[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 122.
- [13] 韩同吉, 裴胜民, 张光灿. 北方石质山区典型林分枯落物层涵蓄水分特征[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2005, 36(2): 275-278.