

阴山北麓不同林分类型枯落物层持水性能研究

兰亚男, 孙旭, 秦富仓, 乌都, 李亚南

(内蒙古农业大学 沙漠治理学院, 呼和浩特 010011)

摘要:为了充分了解研究区不同林分类型枯落物的持水能力及对涵养水源和保育土壤的影响,以武川县公益林 11 种林分类型为研究对象,通过野外观测、室内浸水法对不同林分类型的枯落物蓄积量、最大持水量、最大持水率、吸水速率和有效拦蓄量进行了研究。结果表明:(1) 不同林地类型总蓄积量为 $0.74 \sim 5.09 \text{ t/hm}^2$,落叶松林蓄积量最大,樟子松林最小。天然林的蓄积量大于人工林,半分解层蓄积量均大于未分解层。(2) 各林分类型的持水量存在显著差异($p < 0.05$),呈现随时间的变化而先增大后减小的趋势,4 h 内持水量变化较大,8 h 后持水量变化相对平稳,24 h 后各林地枯落物达到最大持水量,落叶松(8.5 t/hm^2)最大,樟子松林(0.99 t/hm^2)最小。(3) 各林地枯落物吸水速率趋势相同,天然林吸水速率较大,其次油松人工林,灌木林吸水速率最差。(4) 在各林分类型中,落叶松林蓄积量最大,最大持水量最高,对降水的有效拦蓄量也最好(9.051 t/hm^2);油松、山杏混交林(2.847 t/hm^2)次之。综合比较,落叶松等天然林的持水能力最好,油松人工林枯落物的持水能力次之,柠条、山杏灌木林持水能力较弱。

关键词:枯落物; 持水能力; 有效拦蓄量; 武川县

中图分类号:S714.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)06-0151-07

Study on the Water Holding Capacity of the Litter Layer Under Different Forest Types in the North Slope of Yinshan Mountain

LAN Yanan, SUN Xu, QIN Fucang, WU Du, LI Yanan

(College of Desert Control Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010011, China)

Abstract: In order to understand the water holding capacity of litter of different forest types in the study area and its impact on water conservation and soil conservation, the combination of field investigation and immersion experiment is used to investigate the different characteristics of 11 types of forests in Wuchuan County, Hohhot City, Inner Mongolia. These characteristics include litter accumulation, maximum water holding capacity, water absorption rate and effective storage capacity. The results show that: (1) the total litter storage capacities of the 11 different forest land types range from 0.74 t/hm^2 to 5.09 t/hm^2 , among which the maximum storage is observed in stand of *Larix principis-rupprechtii*, and minimum storage is found in the stand of *Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv.; the storage of natural forest is greater than that of planted forest, and the storage of semi-decomposed layer is greater than that of undecomposed layer; (2) there is a significant difference in water holding capacity of each forest type ($p < 0.05$), which shows increasing trend first and then decreasing trend over time; the water holding capacity changes significantly within the first 4 hours, and then changes relatively smoothly after 8 hours; after 24 hours, water holding capacity of the litter of each forest land reached the maximum level, with the larch (8.5 t/hm^2) being the highest and the pine forest (0.99 t/hm^2) being the smallest; (3) litter of each forest land has the same water absorption rate, the has a rather high water absorption rate is observed in the natural forest, while the lowest rate is found in *Pinus tabulaeformis* plantation; (4) among the different forest types, the largest accumulation, the highest water holding capacity and effective storage capacity for precipitation (9.051 t/hm^2) are observed in the larch forest, followed by the mixed forest of *Pinus tabulaeformis* and *Prunus sibirica* apricot (2.847 t/hm^2). In conclusion, natural forests such as larch have

收稿日期:2018-12-29

修回日期:2019-01-07

资助项目:国家重点研发计划重点专项“武川县公益林综合效益监测”(GJGYL2016-5-01)

第一作者:兰亚男(1993—),女(蒙古族),内蒙古呼和浩特人,硕士研究生,研究方向为城乡规划与水土保持沙漠化防治。E-mail:694426492@qq.com

通信作者:孙旭(1964—),男,内蒙古呼和浩特人,博士,副教授,研究生导师,主要从事土地利用与城乡规划、水土保持与沙漠化防治研究。E-mail:163772590@qq.com

the high water holding capacity, followed by *Pinus tabulaeformis* plantations; the water holding capacity of *Armenia sibirica* and *Caragana microphylla* shrubs is comparatively weak.

Keywords:litter; water holding capacity; modified interception; Wuchuan County

森林枯落物层是森林结构中的重要组成部分,主要包括凋落后堆积而成的枝、叶、花、果、皮、种子等,是森林水文小样的第二活动层^[1-3]。林下枯落物对水源涵养和土壤保育起至关重要的作用,其不但具有拦蓄和蓄水的功能,可以防止雨水对土壤过度的击溅和冲刷,防止水土流失。在降水过程中,对土壤起到缓冲的作用,发挥更好的蓄水保土的效果^[4]。枯枝落叶层对土壤和植被均有保持土壤水分,抑制土壤水分过度蒸发的重要作用。枯落物的蓄积量又称为枯落物的现存量^[5],林地树种的类型和起源都很大程度上决定了枯落物的输入量,而林地的立地条件、分解速度、水热条件、人为活动等因素都与枯落物的蓄积量密切相关,不同树种林下枯落物蓄积量的持水性能对树木生长有很大的影响。

近几年,国内外专家对森林枯落物的持水能力研究取得了很多的成就,Bray 等^[6]共同对世界森林产生的枯落物做了研究。张东等^[7]认为林下枯落物的蓄积量的多少直接影响土壤含水,枯落物蓄积量较大能够起到保护水土流失的作用。Freschet 等^[8]通过分析枯落物的持水性能发现枯落物对土壤理化性质有影响。何琴飞等^[9]调查了珠江流域的森林凋落物的持水特性,发现不同林分类型枯落物的浸水时间变化规律是一致的。李良^[10]认为林地枯落物的有效拦蓄量受枯落物的生物量、最大持水率和自然含水率的影响。近些年我国对环境气候的变化投入更多关注,对于森林的保护与调查的工作逐渐普及完善。到目前为止,对于阴山北麓不同林地类型枯落物持水能力方面的研究区域范围较小,调查的林分类型较少,数

据比较陈旧,本文通过对武川县 11 个代表性林地枯落物的蓄积量、最大持水量、最大持水率、有效拦蓄量等进行定量研究,旨在为武川县不同林地蓄水保土功能研究提供数据基础,同时为该地区水土保持林科学管理与经营提供理论基础和科学依据。

1 研究区概况

武川县位于内蒙古呼和浩特市北部,地处我国阴山北麓农牧交错带,北与四子王旗,西与包头固阳县,东与乌兰察布市卓资县相接,地理坐标为 110°31′—111°53′E,40°47′—41°23′N,海拔高度 1 500~2 200 m。气候类型属于温带大陆性季风气候,有冬季较长且寒冷,夏季较短且炎热的特征。年降雨量 350 mm 左右,主要集中在每年的 7,8 月份。武川县主要土壤类型为山地栗钙土、山地典型棕褐土、山地淋溶褐土、山地草甸草原土。主要木本植被油松(*Pinus tabulaeformis*)、白桦(*Betula platyphylla*)、杨树(*Populus davidiana*)、云杉(*Picea asperata* Mast)、落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、山杏(*Prunus sibirica*)、柠条(*Caragana microphylla*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.)等。

2 研究方法

2.1 样地的设置

试验地位于内蒙古呼和浩特市武川县,选择 11 个具有代表性的样地,在不同林分类型内设标准地(乔木林 30 m×30 m,灌木林 5 m×5 m)。样地基本情况见表 1。

表 1 研究区样地基本情况

样地 编号	树种 类型	树种 起源	林龄/ a	郁闭度	坡度/ (°)	坡向	海拔/ m	面积/ hm ²	东经	北纬
1	柠条	人工林	16	0.65	0~5	阴坡	1660	0.0025	110°47′09″	41°21′15″
2	落叶松	天然林		0.80	0~5	阴坡	2030	0.09	111°36′39″	41°00′24″
3	山杏	人工林	16	0.65	5~8	阴坡	1650	0.0025	110°40′17″	40°57′26″
4	油松、沙棘	人工林	16	0.70	0~5	阴坡	1890	0.09	111°34′53″	41°00′07″
5	油松Ⅰ	人工林	19	0.70	0~5	阴坡	1770	0.09	111°34′00″	40°57′17″
6	油松Ⅱ	人工林	19	0.75	5~8	阴坡	1780	0.09	111°33′56″	40°57′14″
7	云杉	天然林		0.85	5~8	半阴坡	1890	0.09	111°08′36″	40°54′52″
8	山杨桦木	天然林		0.90	5~8	半阴坡	1900	0.09	111°08′33″	40°54′47″
9	油松、山杏	人工林	19	0.75	0~5	半阴坡	1650	0.09	111°43′44″	41°10′45″
10	油松、山杏、樟子松	人工林	18	0.75	5~8	半阴坡	1840	0.09	111°43′49″	41°11′05″
11	樟子松	人工林	15	0.60	5~8	半阳坡	1840	0.09	111°43′43″	41°10′34″

2.2 枯落物的采集

在每块标准地内选取 5 个枯落物小样方,大小为 30 cm×30 cm,用绳子围成正方形区域,仔细去除活着的植物部分,用钢尺量取未分解层和半分解层的枯落物厚度,收集样方内所有半分解层和未分解层的枯落物,分别装入尼龙袋,记录枯落物取样时间、地点、厚度和编号,称量鲜重。

2.3 枯落物蓄积量及自然持水率测定方法

将枯落物带回实验室,在 85°下烘干枯落物至恒重,每个林分类型重复 5 次,记录烘干后的重量,用于估算各林分不同分解层的自然持水率和蓄积量。自然持水率公式为:

$$R_0 = \frac{W_1 - W_2}{W_3} \times 100\%$$
 (1)

式中: R_0 为枯落物自然持水率(%) ; W_1 为枯落物鲜重(t/hm^2) ; W_2 为枯落物干重(t/hm^2) 。

2.4 枯落物持水量测定

测定枯落物持水变化,采用室内浸泡法计算^[11-12],将烘干后的枯落物分别装入不吸水的塑料纱网袋内,做好标记,将网孔袋子完全浸泡入水中,分别在 0.5,1,2,4,6,8,10,12,24 h 取出,每次将纱袋拿出后放置 5 min,当纱袋不再滴水的时候称重,枯落物在水中浸泡 24 h 达到最大持水量。最大持水率公式为:

$$R_m = \frac{W_{24h} - W_2}{W_2} \times 100\%$$
 (2)

式中: R_m 为最大持水率(%) ; W_{24h} 为泡水 24 h 重(t/hm^2) ; W_2 为枯落物干重(t/hm^2)

2.5 枯落物有效拦蓄量测定

采用室内浸泡法测得的最大持水量和最大持水率会比枯落物对降水的实际拦蓄量要高。一般认为,当降雨量达到 20~30 mm 时,植物枯落物的实际持

水率约为最大持水率的 85 %^[13]。最大持水率是通过将枯落物浸泡 24 h 后测得的结果,在实际情况中,林地一般位于山坡上,降水时一部分雨水渗入土壤,另一部分被枯落物拦截并吸收,所以使用枯落物的有效拦蓄量来估算枯落物对降水的拦截作用比较科学。植被枯落物有效拦蓄量与枯落物的数量、降水等有关,有效拦蓄量的大小根据枯落物的蓄积量、自然含水率和最大持水率来计算。即:

$$W = (0.85R_m - R_0)M$$
 (3)

式中: W 为有效拦蓄量(t/hm^2) ; R_m 为最大持水率(%) ; R_0 为自然含水率(%) ; M 为枯落物蓄积量(t/hm^2) ;0.85 为有效拦蓄系数。

2.6 数据分析

应用 Microsoft Excel 2007 软件进行试验数据的统计与制图,SPSS 软件进行相关性和显著性分析。

3 结果与分析

3.1 枯落物的蓄积量

枯落物的蓄积量又称现存量,枯落物的蓄积量主要受林分类型、种植年限、气候条件、立地条件和人为活动等因素影响^[14-15]。

由表 2 可知,阴山北麓不同林分类型下枯落物的厚度和蓄积量都有较大的差异。其中落叶松林下枯落物厚度最大为 15 cm,最薄的是樟子松林下,枯落物为 0.5 cm;总蓄积量最大的是落叶松林为 5.09 t/hm^2 ,最小的是山杏林为 0.74 t/hm^2 ,其他林分蓄积量依次为:云杉交林>山杨桦木>油松林Ⅱ>油松Ⅰ>油松、山杏、樟子松(*Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv.)混交林>油松、山杏混交林>柠条林>油松、沙棘混交林>樟子松林,阴山北麓主要树种蓄积量变化范围为 0.74~5.09 t/hm^2 。

表 2 不同林分类型的枯落物厚度及蓄积量

样地 编号	树种 类型	半分解层		未分解层		总厚度/ cm	总蓄积量/ ($t \cdot hm^{-2}$)
		厚度/ cm	蓄积量/ ($t \cdot hm^{-2}$)	厚度/ cm	蓄积量/ ($t \cdot hm^{-2}$)		
1	柠条	0.8	1.11	—	—	0.8	1.11
2	落叶松	12	4.1708	3	0.9192	15.0	5.09
3	山杏	1	0.74	—	—	1.0	0.74
4	油松、沙棘	1.7	1.04	—	—	0.7	1.04
5	油松Ⅰ	5.6	1.418	2	0.472	7.6	1.89
6	油松Ⅱ	6	1.8441	2.5	0.4859	8.5	2.33
7	云杉	9	2.6592	1	0.4608	10.0	3.12
8	山杨桦木	7	2.228	2	0.512	9.0	2.74
9	油松、山杏	5	0.8728	3	0.8272	8.0	1.7
10	油松、山杏、樟子松	5	1.2163	0.5	0.5737	5.5	1.79
11	樟子松	0.5	0.78	—	—	0.5	0.78

注:“—”代表未发现,下同。

由于采样时间为每年的 7—8 月,未分解层的蓄积量普遍较少。通过比较各林分枯落物的半分解层和未分解层的蓄积量可发现,枯落物的半分解层均大于未分解层蓄积量的多少,部分树种下出现了没有未分解层枯落物的情况。如灌木类的柠条林、山杏林和沙棘混交林,由于灌丛较为低矮且属于耐旱植被,其立地条件十分干旱,导致分解困难,所以出现没有未分解层的情况;而樟子松林由于种植年限较短,枯落物不易分解等导致林下半分解层枯落物较少且没有未分解层。由此可以看出,枯落物厚度和蓄积量与树种类型和立地条件等都有极大的关系,天然林下枯落物的厚度及蓄积量均大于人工林下枯落物的厚度及蓄积量,大多数乔木林大于灌木林。

3.2 枯落物的持水能力

枯落物的持水能力与自身厚度、林分空间结构、枯落物分解程度有重要的相关性,是生态系统循环的一个重要组成部分^[16-17]。枯落物层的水土保持功能主要体现在对降水产生径流的拦蓄作用上,有效控制径流流速,减少径流对地表的冲刷,有效起到了保土蓄水作用。

3.2.1 最大持水量和最大持水率 枯落物充分浸水后(约 24 h)的持水量(率)为最大持水量(率)^[18-20]。不同林分类型的不同分解层的枯落物持水能力,详见表 3,其中乔木林中落叶松林的最大持水量最大,为 8.5 t/hm²,落叶松林是天然林,其蓄积量较大,持水能力较好,所以落叶松林持水量最大,而乔木林中

樟子松林的最大持水量最小,为 0.99 t/hm²,这主要是由樟子松林的林龄和立地条件导致的;试验证明,灌木林的枯落物最大持水量普遍低于乔木林的枯落物最大持水量。不同林分类型总最大持水量由高到低排列的顺序为落叶松(8.5 t/hm²)>云杉林(4.923 t/hm²)>山杨桦木(3.32 t/hm²)>油松Ⅰ(2.94 t/hm²)>油松、山杏混交林(2.93 t/hm²)>油松林Ⅱ(2.88 t/hm²)>油松、山杏、樟子松混交林(2.23 t/hm²)>油松、沙棘混交林(1.27 t/hm²)>柠条林(1.12 t/hm²)>山杏林(1.09 t/hm²)>樟子松林(0.99 t/hm²)。经方差分析得知不同林分类型枯落物持水量差异达到显著水平($p<0.05$)。对比半分解层和未分解层最大持水量可以看出枯落物的半分解层均大于未分解层。

枯落物的最大持水率的变化范围为 109.56%~345.42%,10 种林地类型大小依次为落叶松林>云杉林>油松林>山杨桦木林>油松山杏混交林>油松、山杏、樟子松混交林>山杏林>沙棘林>柠条林。不同林分类型枯落物的半分解层最大持水率均高于未分解的最大持水率,其中乔木林差异最大的油松林Ⅱ其差值达到 92.63%,最小的落叶松林其差值也有 19.72%。可见枯落物的分解程度也很大程度上影响着枯落物的持水能力,未分解层的最大持水率低于半分解层的最大持水率。总体看来,天然林枯落物的最大持水率大于人工林的最大持水率,乔木林枯落物的最大持水率大于灌木林的最大持水率。

表 3 最大持水率和最大持水量

样地 编号	树种 类型	半分解层		未分解层		总持水量/ (t·hm ⁻²)	总最大 持水率/%
		最大持水量/ (t·hm ⁻²)	最大 持水率/%	最大持水量/ (t·hm ⁻²)	最大 持水率/%		
1	柠条	1.1267	109.56	—	—	1.13c	109.56
2	落叶松	5.7952	395.28	2.7168	295.56	8.52j	345.42
3	山杏	1.089	171.03	—	—	1.09b	171.03
4	油松、沙棘	1.2716	157.49	—	—	1.27d	157.49
5	油松Ⅰ	1.9531	259.58	0.9832	208.30	2.94g	233.94
6	油松Ⅱ	1.8263	219.9	1.0528	127.27	2.87f	173.585
7	云杉	3.7137	319.78	1.2093	248.87	4.90i	284.325
8	山杨桦木	2.3519	233.02	0.9701	210.52	3.33h	221.77
9	油松、山杏	1.9092	274.27	1.016	198.43	2.93g	236.35
10	油松、山杏、樟子松	1.574	154.37	0.6522	113.68	2.22e	134.025
11	樟子松	0.9947	144.13	—	—	0.99a	144.13

注:不同小写字母表示不同类型间差异显著($p<0.05$)。

3.2.2 枯落物持水过程 由表 4 可知,不同层次枯落物与其持水速度有一定的关系,各树种枯落物的半分解层持水速度均大于未分解层,浸水 0~0.5 h 达到最大值,随着时间的变化,枯落物持水速度逐渐减缓,在 24 h 后,枯落物的持水速度趋于不变的状态。

在 0.5 h 内,落叶松的持水速度最大,半分解层和未分解层分别为 3.31,1.36 kg/(m²·h),其次平均持水速度分别是云杉>油松Ⅰ>山杨白桦>柠条>油松Ⅱ>油松、山杏、樟子松>油松、山杏>山杏>沙棘>樟子松。

表 4 不同层次枯落物不同浸水时间的持水速度

林分类型	层次	不同观测时间枯落物持水速率/(kg · m ⁻² · h ⁻¹)									
		0.5 h	1 h	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	24 h	
柠条	半分解层	1.01	0.79	0.45	0.24	0.17	0.13	0.11	0.09	0.05	
	未分解层	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
落叶松	半分解层	3.31	2.49	1.71	1.17	0.87	0.71	0.58	0.48	0.24	
	未分解层	1.36	1.30	0.95	0.57	0.42	0.34	0.27	0.23	0.11	
山杏	半分解层	0.52	0.49	0.38	0.24	0.17	0.13	0.11	0.09	0.05	
	未分解层	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
油松、沙棘	半分解层	0.41	0.41	0.38	0.27	0.20	0.16	0.13	0.11	0.05	
	未分解层	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
油松Ⅰ	半分解层	1.69	1.50	0.92	0.67	0.58	0.45	0.37	0.31	0.15	
	未分解层	0.56	0.54	0.39	0.21	0.15	0.12	0.10	0.08	0.04	
云杉	半分解层	1.69	1.59	1.12	0.67	0.58	0.45	0.37	0.31	0.15	
	未分解层	0.66	0.62	0.42	0.25	0.18	0.15	0.12	0.10	0.05	
山杨、白桦	半分解层	1.17	1.01	0.74	0.50	0.37	0.29	0.23	0.20	0.10	
	未分解层	0.52	0.45	0.40	0.20	0.15	0.12	0.10	0.08	0.04	
油松Ⅱ	半分解层	0.83	0.73	0.56	0.40	0.29	0.23	0.19	0.16	0.08	
	未分解层	0.50	0.42	0.34	0.21	0.15	0.12	0.12	0.08	0.04	
油松、山杏	半分解层	0.67	0.61	0.60	0.36	0.27	0.22	0.18	0.15	0.08	
	未分解层	0.46	0.39	0.32	0.30	0.16	0.13	0.10	0.09	0.04	
油松、山杏、樟子松	半分解层	0.71	0.61	0.43	0.32	0.25	0.20	0.16	0.13	0.07	
	未分解层	0.22	0.17	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.03	
樟子松	半分解层	0.35	0.30	0.26	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.04	
	未分解层	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

由图 1 可知,在 4 h 内,枯落物的持水量迅速增加,之后持水量也在增加,但增加的速度明显降低,在 6~24 h 内,枯落物持水量逐渐趋于饱和状态,在这个过程中半分解层吸水量明显大于未分解层吸水量。各林分的枯落物半分解层和未分解层持水量过程大致相似,且由图 1 可知,枯落物持水量与浸水时间呈

对数关系。如图 2 所示,在枯落物浸泡试验过程枯落物的吸水速率中前 2 h 不同林分类型枯落物吸水速率相对较高,2 h 后吸水速率下降,吸水速度减缓,8 h 后,吸水逐渐趋于饱和,10 h 后达到平衡状态,且由图 2 可知,枯落物持水速率与浸水时间呈幂指数关系。

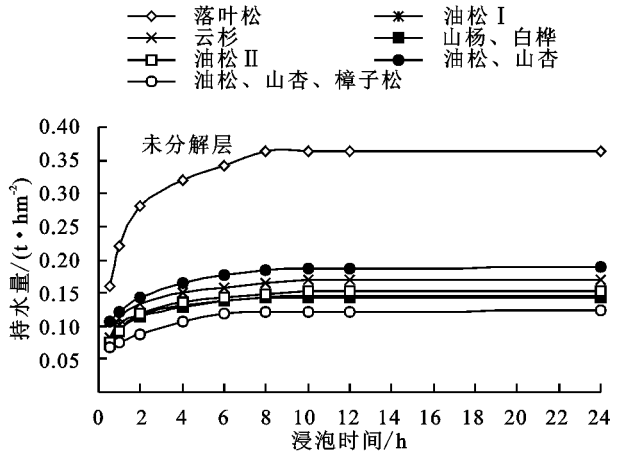
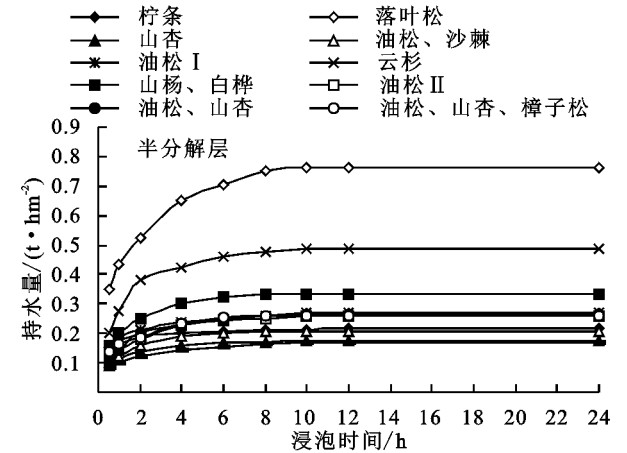


图 1 枯落物持水量与浸水时间

3.3 枯落物的有效拦蓄量

枯落物的有效拦蓄量与蓄积量、最大持水率和自然持水率有关,本试验采取线性相关分析得出它们之间存在正相关关系(图 3),相关系数分别为 0.963($p < 0.01$)和 0.898($p < 0.01$),与自然持水率相关性较小,

相关系数为 0.602($p < 0.05$)。对比表 5 可知,不同林分类型枯落物层的有效拦蓄量为 0.854~9.051 t/hm²,有效拦蓄量由高到低的排列顺序依次为落叶松(9.051 t/hm²)>云杉(4.15 t/hm²)>山杨、白桦混交林(2.88 t/hm²)>油松、山杏混

交林(2.847 t/hm²)>油松Ⅰ(2.792 t/hm²)>油松Ⅱ(2.542 t/hm²)>油松、山杏、樟子松混交林(1.905 t/hm²)>油松、沙棘混交林(1.093 t/hm²)>山杏(0.956 t/hm²)>柠条(0.945 t/hm²)>樟子松(0.854 t/hm²)。从不同分解层次的有效拦蓄量大小可以发现,半分解层枯落物的

有效拦蓄量均大于未分解层的有效拦蓄量,这与夏季未分解层枯落物蓄积量较少有关,同时该研究区枯落物自然持水率较低,主要是由于当地降水量较小。从整体来看,天然林有效拦蓄量大于人工林有效拦蓄量,蓄积量的多少直接导致这一结果。

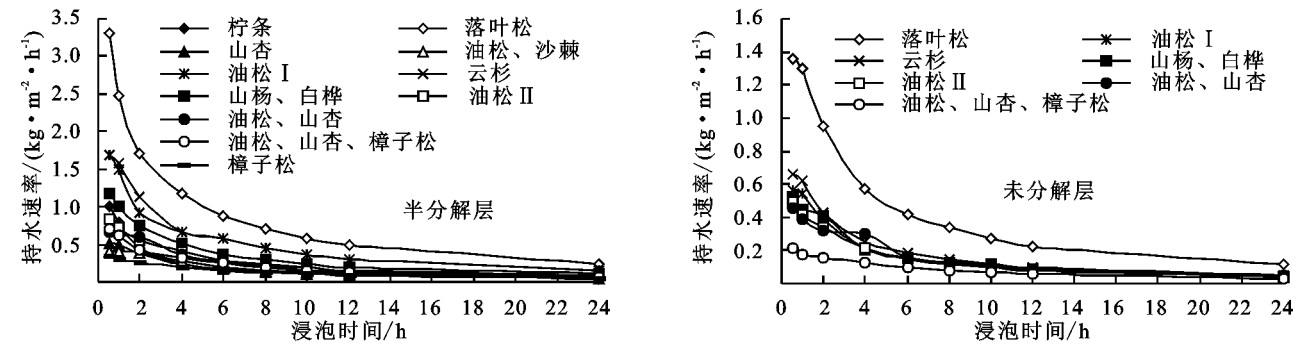


图2 枯落物持水速率与浸水时间

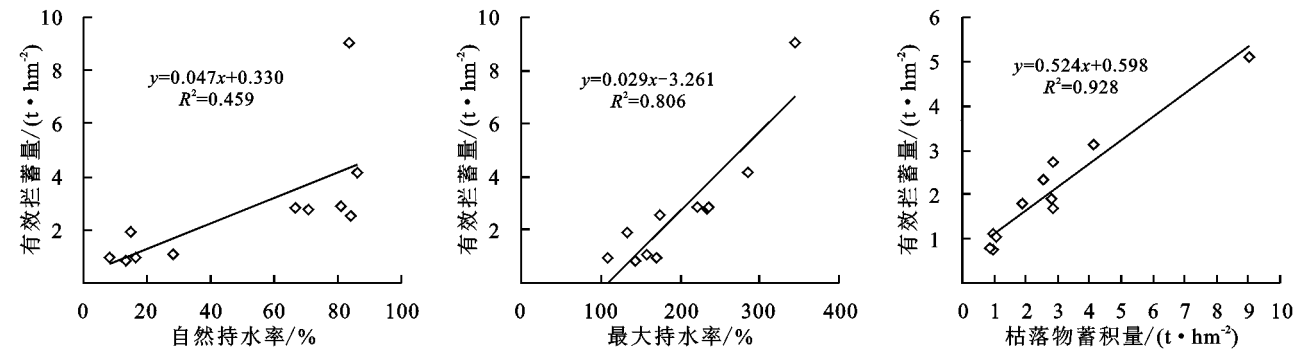


图3 枯落物有效最大持水率、自然含水率蓄积量的线性相关模型

表5 枯落物的有效拦蓄量

样地 编号	树种 类型	枯落物 分层	自然 持水率/%	最大 持水率/%	有效拦蓄量/ (t·hm ⁻²)	有效拦蓄总量/ (t·hm ⁻²)
1	柠条	半分解层	8.09	109.56	0.945	0.945
		未分解层	—	—		
2	落叶松	半分解层	87.26	395.28	6.221	9.051
		未分解层	79.94	295.56		
3	山杏	半分解层	16.27	171.03	0.956	0.956
		未分解层	—	—		
4	油松、沙棘	半分解层	28.38	157.49	1.093	1.093
		未分解层	—	—		
5	油松Ⅰ	半分解层	77.37	259.58	0.880	2.792
		未分解层	64.63	208.30		
6	油松Ⅱ	半分解层	85.93	219.9	1.705	2.542
		未分解层	82.88	127.27		
7	云杉	半分解层	92.41	319.78	4.009	4.15
		未分解层	83.86	248.87		
8	山杨桦木	半分解层	96.5	233.02	2.014	2.88
		未分解层	65.27	210.52		
9	油松、山杏	半分解层	72.2	274.27	1.931	2.847
		未分解层	60.01	198.43		
10	油松、山杏、樟子松	半分解层	17.39	154.37	1.362	1.905
		未分解层	12.77	113.68		
11	樟子松	半分解层	13.4	144.13	0.854	0.854
		未分解层	—	—		

4 讨论与结论

4.1 讨论

各树种枯落物的厚度和蓄积量有明显差异,阴山北麓 11 个样地不同林分类型枯落物蓄积量变化范围为 $0.74\sim 5.09\text{ t/hm}^2$,落叶松林、云杉林、山杨桦木林在枯落物厚度和蓄积量大于油松林及油松混交林,油松林及油松混交林大于柠条、山杏灌木林,主要原因是由于天然林林龄较大,枯落物多年累积较厚,且天然林多数分布于较高海拔区域,人为干预较少,所以枯落物的厚度和蓄积量都偏大。观察各林分枯落物的半分解层和未分解层的蓄积量可发现,乔木林和灌木林的枯落物半分解层均大于未分解层蓄积量,由于对枯落物进行野外取样的时间为 7—8 月,对于阴山北麓研究区正值炎热且降雨较少的时候,植被生长正是旺盛时候,较少有枯落物凋落,所以枯落物厚度和蓄积量与其他研究对比普遍偏低,且枯落物的半分解层均大于未分解层,这与大多数学者研究结论相一致。

不同林分类型枯落物的持水能力因枯落物的分解程度、立地条件、人为影响等不同而异,枯落物是实现防止水土流失的主要作用层,是森林生态系统的重要组成部分。落叶松林林下的枯落物持水能力最佳,起到了涵养水源和保育土壤的作用,油松林次之,而灌木林主要种植在地势较为平缓的风蚀沙化区相对来说持水能力较差,结合阴山北麓特有的立地条件应适地适树,同时要加强对森林的保护有助于积累枯落物,从而减少地表径流,有效防止水土流失。

4.2 结论

研究表明,各林分类型的枯落物持水量与浸水时间呈对数函数关系,持水速率与浸水时间呈幂函数关系。各试验地取样面积相同,将所圈面积内的所有枯落物都收集起来作为试验样本,枯落物的蓄积量是持水量的主要决定因素。试验区个林分类型枯落物吸水速率变化趋势一致,在 2 h 前吸水速率相对较高,4~8 h 吸水速率逐渐减缓,10~24 h 吸水接近饱和状态,基本趋于平衡。由此可见,在降水初期,枯落物迅速吸水,使降水得到缓冲,对土壤起到保护作用,尤其在枯落物蓄积量较大林分类型下持水能力效果更为明显,起到了涵养水源的功能。通过线性相关分析得出,枯落物的有效拦蓄量与蓄积量、最大持水率和自然持水率有关。同一林分不同分解层的有效拦蓄能力也不同,枯落物半分解层均大于未分解层,不同林分类型枯落物层的有效拦蓄量为 $0.854\sim 9.051\text{ t/hm}^2$ 。

参考文献:

[1] 于志民,王礼先.水源涵养林效益研究[M].北京:中国林业出版社,1991.

[2] 朱金兆,刘建军,朱清科,等.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.

[3] 万丹,丁晨曦,欧伟,等.色季拉山云杉林枯落物持水性能研究[J].安徽农业科学,2010,26(20):141-145.

[4] 杨振奇,秦富仓,李晓琴,等.砭砂岩区主要造林树种枯落物及林下土壤持水特性[J].水土保持学报,2017,34(14):118-122.

[5] Marin C T, Bouten W, Sevink J. Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia[J]. Journal of Hydrology, 2000,237(1/2):40-57.

[6] Bray J R, Gorham E. Litter production in forests of the world[J]. Advances in Ecological Research, 1964,2(8):101-157.

[7] 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,2014,42(5):104-110.

[8] Freschet G T, Cornelissen J H C. Linking litter decomposition of above-and below-ground organs to plant-soil feedbacks worldwide[J]. Journal of Ecology, 2013,101(4):943-952.

[9] 何琴飞,郑威,彭玉华,等.珠江流域中游主要森林类型凋落物持水特性[J].水土保持研究,2017,35(12):128-134.

[10] 李良.塞罕坝地区华北落叶松人工林水分特征的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.

[11] 刘尚华.京西百花山区 9 种植物群落凋落物对土壤环境影响研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2008.

[12] 魏晓霞,孙旭.塞罕坝地区几种林下枯落物持水特性研究[J].内蒙古农业大学学报,2010,16(7):41-45.

[13] 徐学华,张慧,王海东,等.太行山前南峪旅游区 3 种典型林分枯落物持水特性的研究[J].水土保持学报,2013,25(3):108-112.

[14] 顾宇书,邢兆凯,韩友志,等.浑河上游 4 种典型林分类型枯落物持水特征[J].南京林业大学学报:自然科学版,2013,37(4):31-36.

[15] 刘蔚漪,喻庆国,罗宗伟,等.滇南亚热带地区典型公益林与商品林凋落物蓄积量及持水特性[J].生态环境学报,2017,26(10):1719-1727.

[16] 刘金鹏,刘延惠.喀斯特地区不同森林类型枯落物储量及其持水特性比较[J].贵州林业科技,2018,46(2):5-11.

[17] 王海东,李明桂,张丽玮,等.冀北山地油松林枯落物的持水特性研究[J].河北林果研究,2014,29(3):261-266.

[18] 茹豪.晋西黄土区典型林地水文特征及功能分析[D].北京:北京林业大学,2015.

[19] 赵芳,李雪云,赖国桢,等.飞播马尾松林不同林下植被类型枯落物及土壤水文效应[J].中国水土保持科学,2016,14(4):26-33.

[20] 侯贵荣,毕华兴,魏曦,等.黄土残塬沟壑区 3 种林地枯落物和土壤水源涵养功能[J].水土保持学报,2018,32(2):357-363,371.