

露天煤矿排土场复垦区不同植被类型枯落物持水特性研究

吕刚¹, 傅昕阳¹, 李叶鑫², 宋子岭¹

(1. 辽宁工程技术大学环境科学与工程学院, 辽宁 阜新 123000; 2. 辽宁工程技术大学矿业学院, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 为揭示露天煤矿排土场复垦区不同植被类型水土保持效益, 选取刺槐林地、榆树林地、混交林地(刺槐和榆树混交)、灌木林地(紫穗槐)和荒草地 5 种典型复垦植被下的枯落物作为研究对象, 采用室内浸水法对 5 种植被类型枯落物的持水特性进行研究。结果表明: 5 个样地的枯落物厚度、蓄积量均表现为: 乔木林地>灌木林地>荒草地, 枯落物厚度在 0.80~1.64 cm 之间, 总蓄积量在 0.72~7.51 t/hm² 之间; 枯落物最大持水量和有效拦蓄能力均表现为刺槐林地最大, 枯落物最大持水率为 145.58%~206.58%, 最大持水量为 13.11~123.98 t/hm², 有效拦蓄率为 119.74%~166.05%, 有效拦蓄量为 10.09~98.76 t/hm²; 林地枯落物持水量与浸泡时间的关系为 $Q=a\ln t+b$; 枯落物在 0~1 h 内吸水速率最大, 1~4 h 内吸水速率急剧下降, 随后下降幅度逐渐减小, 枯落物吸水速率与浸泡时间关系式为: $V=at^b$ 。研究结果可为评价露天煤矿排土场不同类型复垦区枯落物层水源涵养效益提供参考, 为排土场植被恢复与重建提供科学依据。

关键词: 露天煤矿; 排土场; 复垦区; 枯落物; 持水性

中图分类号: S715.3

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)01-0146-07

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.01.025

Study on Water Holding Characteristics of Litter in Different Vegetation Types in the Reclaimed Land of Open-cut Coal Mine Dump

LÜ Gang¹, FU Xinyang¹, LI Yexin², SONG Ziling¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000; 2. College of Mining Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000)

Abstract: In order to investigate the beneficial regulations of soil and water conservation in different vegetation types of reclamation areas of open-cut coal mine dump, the research about the vegetation litter was carried out in the 5 typical vegetations of the reclaimed land, including *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus pumila*, mixed forests (*Robinia pseudoacacia* and *Ulmus pumila*), shrub and weeds, by means of cutting ring method. The results showed that the litter thickness and cumulated amount in 5 sample areas were in the order of forest>shrub>weeds land. The litter thickness was ranged from 0.8 cm to 1.64 cm, the cumulated litter amount was ranged from 0.72 t/hm² to 7.51 t/hm²; the maximum water holding capacity and water conservation ability of litter showed *Robinia pseudoacacia* maximum, the maximum water-holding rate of litter was 145.58%—206.58%, the maximum water-holding capacity was 13.11—123.98 t/hm², the effective interception rate was 119.74%—166.05%, the effective interception was 10.09—98.76 t/hm². The relationship of forest land between litter water-holding capacity and the immersion time was logarithmic function ($Q=a\ln t+b$). The litter water absorption rate reached the maximum value at first 0—1 h, then the water absorption rate rapidly decreased in 1—4 h, and finally decreased gradually. The relationship between litter absorption rate and immersion time was power function ($V=at^b$). The study would provide reference for evaluating the water conservation efficiency of litter layer in different reclamation areas of open-cut coal mine dump, and provided scientific basis for the vegetation restoration and reconstruction of the dump.

Keywords: open-cut coal mine; dump; reclamation area; litter; water-holding capacity

枯落物层是林地生态系统的一个重要组成部分, 其组成和数量直接影响着土壤肥力和性质, 对提高林地生产力具有重要的作用^[1]。枯落物层作为森林生态系统中独特的结构层次, 其结构疏松, 具有良好的

吸水能力和透水性, 对土壤水分入渗产生一定影响^[2]。相关研究表明, 枯枝落叶层具有涵养水源, 保持水土的重要作用, 在防止土壤溅蚀、降低地表径流的流速, 过滤水中夹带的泥沙, 增强土壤抗冲性等方

面具有重要意义,同时其本身还可以储蓄大量水分^[3-5]。目前,国内外许多学者对不同区域内的多种林地类型下的枯落物水文特征进行了大量的研究,在不同区域、多种林地类型枯落物贮量的数学模型、枯落物截留水量及其数学模型以及枯落物截留降水机理研究等方面都取得了一定的成果^[6-9]。

排土场是在露天开采过程中形成的巨型人工松散堆积体,具有坡度高、坡长大的松散坡面和岩土压实的平台、物质组成复杂、沉陷不均匀等特性^[10],是水土流失极其严重的区域。推进排土场植被恢复步伐,改善排土场的生态环境,加快排土场植被恢复过程中不同林种水土保持功能研究,不仅有利于合理利用土地资源,还对环境保护有着重大意义^[11]。枯落物层作为排土场不同林地垂直结构的主要作用层,对排土场的水源涵养具有重要的作用。但目前关于排土场植被恢复过程中枯落物的水文特征研究较少,为了系统、详细地研究排土场植被恢复过程中枯落物的水文特征,本文对辽宁省阜新市海州露天煤矿排土场复垦区不同植被类型枯落物层的持水特性进行研究,探讨排土场植被恢复过程中枯落物对土壤水文过程的影响,以期对排土场植被恢复与重建提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

辽宁省阜新市海州露天煤矿的西排土场,位于露天矿坑西南部(121°40′12″ E,41°57′36″ N),总面积约为 13 km²,属北温带大陆性半干旱季风气候,夏季炎热,年蒸发量 1 790 mm,年均气温 7.3 ℃,≥10 ℃年积温 3 476 ℃,无霜期 154 d,年均日照时数 2 865.5 h,年均风速 3 m/s,年均降水量 511.4 mm,且多集中于

7—8 月,春秋两季干旱少雨,造成一定程度上的土壤和植被水分亏缺。排土场区呈阶梯状,分为十多个大盘面,每个盘面矸石林立、沟壑纵横,陡坎坡平均坡度 45°,盘面海拔平均高度为 270 m,相对高差为 3~60 m,最高处接近 325 m,最低处高于 240 m,大部分盘面已停止排矸 13 a 以上,盘面地表矸石有风化,但仍夹杂着碎石和少量大块矸石,部分盘面近几年来由于当地居民无序的挖掘捡采排土场内的弃煤而形成了大量不均匀的坑、沟等地貌状况。2004 年,由国土资源部投资对该排土场开展了土地复垦工作。排土场复垦之初为大型的宝塔一阶梯状土石混合堆积体,在复垦前期,利用大型采矿复垦机械进行搬运、平整、压实工作,使“人造场地”恢复成较合理的地形地貌;之后再进行客土回填工程,覆土厚度为 30 cm,以此建立有利于植物生长的表层和生根层,为后期生物复垦奠定基础。

1.2 研究方法

1.2.1 标准地布设 综合考虑植被类型、地形状况、岩土排弃等因素,在保证立地条件基本一致的前提下,2012 年 4 月在西排土场研究区内根据人工植被恢复现状,在排土场同一区域(复垦年限为 8 a)内选取相邻但相互之间无影响的 5 种植被类型作为研究对象,分别为刺槐林地、榆树林地、混交林地(刺槐和榆树混交)、灌木林地(紫穗槐)和荒草地。

采用设置标准地的方法研究各个样地的植被恢复特征。在刺槐林地、榆树林地、混交林地内设置 1 个 20 m×20 m 的标准地,在灌木林地设置 1 个 10 m×10 m 的标准地,在荒草地设置 1 个 5 m×5 m 的标准地,各样地基本情况详见表 1。

表 1 各样地基本情况

样地类型	地理位置	海拔/ m	枯落物 厚度/cm	枯落物 覆盖度/%	乔木层 郁闭度/%	植物 总盖度/%
刺槐林地	41°57′22.39″ N,121°39′40.09″ E	263.3	1~2	98.00	65.00	99.00
榆树林地	41°57′27.42″ N,121°40′08.64″ E	268.5	2~3	99.00	65.00	96.00
混交林地	41°57′36.62″ N,121°40′06.76″ E	234.7	1~2	60.00	70.00	99.00
灌木林地	41°57′11.75″ N,121°39′26.62″ E	262.0	0.5~1	60.00	65.00	98.00
荒草地	41°57′06.89″ N,121°39′51.26″ E	258.8	0.5~1	95.00	0.00	97.00

1.2.2 枯落物厚度和蓄积量测定 在刺槐林地、榆树林地、混交林地、灌木林地和荒草地标准样地内,分别沿对角线布设 5 个面积为 1 m×1 m 小样方,分别测定枯落物层总厚度、未分解层厚度、分解层厚度;再按照未分解层和分解层分别收集枯落物样品,带回实验室测定枯落物层的鲜重、干重(恒温 85 ℃条件下烘干 24 h)并计算枯落物含水率,用单位面积干重表征蓄积量,每个处理重复 3 次。

1.2.3 枯落物持水性能测定 采用浸泡法测定枯落

物的持水性能,分别测定在浸泡 1,4,8,12,24 h 重量,分析其持水过程和吸水速率,每个处理重复 3 次。计算公式为^[12]:

$$R_{h\max}=(G_{24}-G_d)/G_d\times100\%$$

$$R_{s\max}=R_{h\max}-R_0$$

$$W_{h\max}=R_{h\max}\times M/10$$

$$W_{s\max}=R_{s\max}\times M/10$$

$$W_{sv}=R_{sv}\times M/10$$

式中: G_d 、 G_{24} 为烘干后枯落物的重量和浸泡 24 h 后枯落

物的重量(g); $R_{h\max}$ 、 R_{su} 、 $R_{s\max}$ 为枯落物最大持水率(%)、有效拦蓄率(%)、最大拦蓄率(%); M 、 $W_{h\max}$ 、 W_{su} 、 $W_{s\max}$ 为枯落物层蓄积量(t/hm²)、最大持水量(t/hm²)、有效拦蓄量(t/hm²)和最大拦蓄量(t/hm²)。

2 结果与分析

2.1 枯落物层蓄积量

森林枯落物是覆盖在林地表层土壤上新鲜、半分解的植物凋落物,是植物地上各部分器官的枯死、脱落物的总称^[13]。枯落物层在地表上层,不仅可以有效地防止溅蚀和过滤地表径流,还能提高植被和土壤的水源涵养能力,在评价森林水文功能时具有重要地位^[14]。由表 2 可知,5 个样地枯落物厚度大小依次为刺槐林地(1.64 cm)>榆树林地(1.54 cm)>混交林地(1.52 cm)>灌木林地(1.40 cm)>荒草地(0.80 cm),表现为乔木林地>灌木林地>荒草地,以刺槐林地最大,榆树林地和混交林地次之。不同样地的枯落物总蓄积量大小依次为榆树林地(7.50 t/hm²)>刺槐林地(6.20 t/hm²)>混交林地(4.44 t/hm²)>灌木林地(4.16 t/hm²)>荒草地(0.72 t/hm²),其中乔木林地和灌木林地的蓄积量是荒草地的 6~10 倍,这是由于刺槐、榆树、紫穗槐为落叶树种,枝繁叶茂且林冠层发达,经过多年的恢复与生长为枯落物层提供物质条件,使乔木林地和灌木林地枯落物蓄积量显著大于草

本($P<0.05$);此外,枯落物蓄积量与林分密度、郁闭度、林内水热条件、降雨条件、温度和微生物活动等关系密切。除荒草地外,由其他 4 个样地未分解层和分解层储量可知,各层次的储量有所不同且均表现为未分解层大于分解层,未分解层的枯落物蓄积量占总蓄积量的 62.54%~67.27%,说明排土场复垦植被枯落物以未分解层为主,其分解强度较低,这与当地的气候条件和排土场自身的基质条件有关。相关研究表明^[15],辽西半干旱区典型森林植被枯落物层厚度为 1.80~4.65 cm,其中未分解层为 0.80~2.40 cm,半分解层为 1.00~2.20 cm;其中,刺槐林地枯落物层厚度为 2.00 cm,蓄积量为 7.33 t/hm²。将本文研究结果与辽西半干旱区相比可知,排土场刺槐林地的枯落物层厚度和蓄积量为辽西半干旱区的 82.00%和 84.58%,说明从枯落物厚度和蓄积量的角度而言,排土场刺槐林地枯落物层达到了较好的恢复效果,与辽西半干旱地区天然次生林地相比无明显差异($P>0.05$);但辽西半干旱区枯落物层蓄积量比例表现为半分解层大于未分解层,刺槐林地未分解层蓄积量比例为 40.00%,而本研究中排土场不同复垦植被类型下枯落物的未分解层蓄积量比例在 60.00%以上,其中刺槐林地 62.54%,说明枯落物分解能力相对较差,从而直接影响排土场生态系统的水分物质循环和养分利用。

表 2 枯落物层蓄积量

样地	厚度/cm		总厚度/ cm	蓄积量/(t·hm ⁻²)		总蓄积量/ (t·hm ⁻²)	蓄积量比例/%	
	未分解层	分解层		未分解层	分解层		未分解层	分解层
刺槐林地	1.14±0.27a	0.50±0.07a	1.64±0.29a	3.91±0.91ab	2.29±0.27ab	6.20±0.90ab	62.54±6.38b	37.46±6.38a
榆树林地	1.02±0.34ab	0.52±0.16a	1.54±0.31a	4.70±1.46a	2.80±1.31a	7.50±2.13a	63.33±10.40b	36.67±10.40a
混交林地	1.12±0.36a	0.40±0.12a	1.52±0.44a	2.79±1.26b	1.66±0.93ab	4.44±2.13b	63.83±7.26b	36.17±7.26a
灌木林地	0.98±0.25ab	0.42±0.11a	1.40±0.33a	2.81±1.47b	1.35±0.61b	4.16±2.06b	67.27±3.02b	32.73±3.02a
荒草地	0.80±0.20b	—	0.80±0.20b	0.72±0.30c	—	0.72±0.30c	100.00a	—

注:同列数据后不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

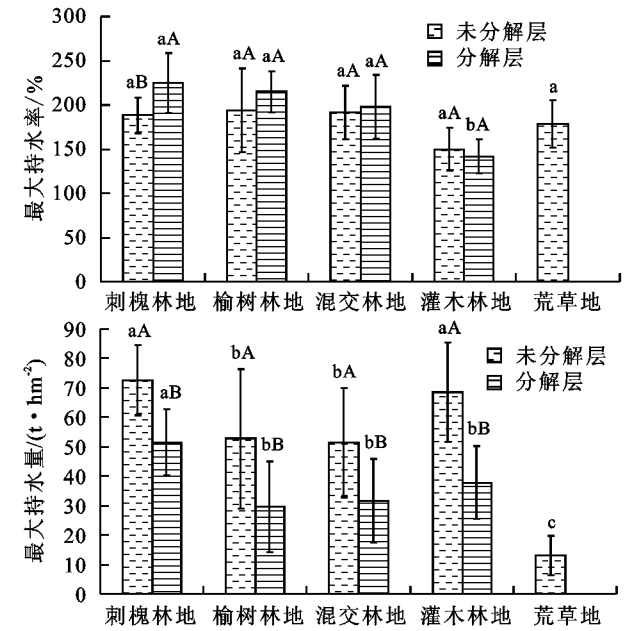
2.2 枯落物层特征

2.2.1 枯落物层持水能力 枯落物层的持水能力反映了枯落物层的水文过程,是水分循环中一个重要的环节。一般认为,当枯落物浸泡 24 h 后,其持水率达到最大,称为最大持水率,结合蓄积量可以计算其最大持水量(图 1)。由图 1 可知,5 个样地枯落物最大持水率和最大持水量差异显著($P<0.05$)。枯落物的最大持水率大小依次为刺槐林地(206.58%)>榆树林地(204.59%)>混交林地(194.79%)>荒草地(178.07%)>灌木林地(145.58%),各个样地枯落物的最大持水量大小依次为刺槐林地(123.98 t/hm²)>灌木林地(106.32 t/hm²)>混交林地(83.15 t/hm²)>榆树林地(82.31 t/hm²)>荒草地(13.11 t/hm²),其大小排列与枯落物蓄积量和最大持水率的并不一致,

这与辽西森林枯落物持水能力研究结果一致^[6],排土场枯落物的分解程度和总蓄积量有关,当枯落物分解较为彻底时,相应的储量越大,其持水能力越高。荒草地的最大持水率虽然较高,但由于其枯落物蓄积量很小(0.72 t/hm²),导致其最大持水量很低。5 个样地枯落物最大持水量均表现出未分解层大于分解层,这可能是因为排土场枯落物未分解层颗粒半径大、结构疏松,从而较分解层有更大持水空间,能贮存更多水分。

2.2.2 枯落物拦蓄能力 枯落物的水分条件和当地的气候条件是影响枯落物有效拦蓄能力的关键因素,最大持水率和最大持水量并不能反应枯落物的真实的拦蓄指标^[16]。因此,一般用最大拦蓄量和最大拦蓄率反应枯落物的持水能力大小,用有效拦蓄量

和有效拦蓄率评价枯落物对降雨的实际拦蓄效果。由图 2 可知,枯落物的最大拦蓄率大小依次为刺槐林地(197.04%)>榆树林地(192.67%)>混交林地(186.19%)>荒草地(160.27%)>灌木林地(141.58%),枯落物的最大拦蓄量大小依次为刺槐林地(117.36%)>灌木林地(103.24%)>混交林地(79.04%)>榆树林地(77.67%)>荒草地(12.06%),两者的变化规律有所不同,但均为刺槐林地最大。枯落物的有效拦蓄率在 119.74%~166.05% 之间变化,其大小依次为刺槐



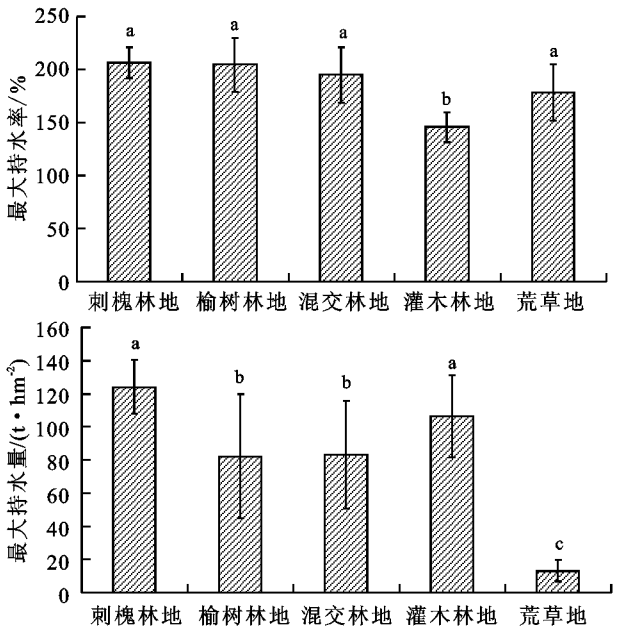
注:不同小写字母表示不同样地差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示未分解层与分解层差异显著($P<0.05$)。下同。

图 1 不同样地下不同层次枯落物的持水能力

2.3 枯落物层持水过程

枯落物的含水率随着干燥程度的升高而降低,吸水速度随之加快;枯落物的吸水能力和速度随着枯落物量的增多而变强、变快。由图 3 可知,不同样地枯落物持水量在 0~4 h 内迅速增加,而后其增加幅度逐渐减小,最终趋于稳定。未分解层枯落物持水量的变化范围为 1 501.2~1 940.36 g/kg,分解层为 1 414.85~2 247.41 g/kg。除灌木林地外,刺槐林地、榆树林地和混交林地枯落物分解层持水量均大于未分解层,这可能和枯落物蓄积量、厚度以及地表侵蚀状况有关。0~4 h 内枯落物未分解层和分解层持水量的大小顺序并不一致,未分解层为混交林地>榆树林地>荒草地>刺槐林地>灌木林地,分解层则为刺槐林地>榆树林地>混交林地>灌木林地,均表现出乔木林地枯落物的持水量大于灌木林地,灌木林地的持水量最小。与辽西森林枯落物持水过程研究结果并不一致^[6],这可能是由于排土场乔木林地枯落物孔隙多、细、小、吸水面大的特点,因而表面张力亦较大,其持水能力强。此外,未分解层持水量要泡 8 h 才能基本饱和,而分解层持水量在浸泡 4 h 左右就基本达到饱和,说明排土场不

林地(166.05%)>榆树林地(161.98%)>混交林地(156.97%)>荒草地(133.56%)>灌木林地(119.74%);枯落物的有效拦蓄量在 10.09~98.76 t/hm² 之间变化,其中刺槐林地的拦蓄能力最强,荒草地的拦蓄能力最弱,榆树林地、混交林地和灌木林地分别为 65.32 t/hm², 66.56 t/hm² 和 87.30 t/hm²。不同样地的枯落物蓄积量存在差异($P<0.05$),有效拦蓄率和拦蓄量也不同,但均表现为刺槐林地的拦蓄能力最强,混交林地和灌木林地次之,荒草地最弱。



同样地枯落物的未分解层持水能力均高于分解层。

对枯落物持水量和浸泡时间进行拟合(表 3),拟合关系式为: $Q=a\ln t+b$ 。式中: Q 为枯落物持水量(g/kg); t 为浸泡时间(h); a 为方程系数; b 为方程常数项。荒草地枯落物未分解层的持水过程而更适合“S”形曲线($Q=e^{(7.529-0.473/t)}$, $R^2=0.983$, Sig. = 0.001)或反函数曲线($Q=1839.82-679.67/t$, $R^2=0.986$, Sig. = 0.001)表示。

2.4 枯落物层吸水过程

由图 4 可知,5 种样地枯落物未分解层和分解层的吸水速率随着时间的延长而呈减少趋势,表现出反“J”字形规律,且枯落物未分解层和分解层在最初浸泡时吸水速率都较大,这与徐娟等^[17]的研究结果相似。枯落物在前 1 h 内吸水速率最大,1~4 h 内吸水速率急剧下降,随后下降幅度逐渐减小,直到 24 h 左右趋于稳定。各个样地枯落物吸水速率差异显著($P<0.05$)且变化过程有所不同,其未分解层大小依次为榆树林地(80.85 g/(kg·h))>混交林地(79.84 g/(kg·h))>刺槐林地(78.55 g/(kg·h))>荒草地(74.24 g/(kg·h))>灌木林地(62.55 g/(kg·h)),分解层大小依次为刺槐林地

(93.64 g/(kg·h))>榆树林地(89.68 g/(kg·h))>混交林地(82.64 g/(kg·h))>灌木林地(74.24 g/(kg·h))。其中灌木林地枯落物未分解层和分解层吸水速率均为最小,这可能和枯落物蓄积量和分解速率有关。除草地外,刺槐林地、榆树林地、混交林地和灌木林地吸水速率均表现出分解层大于未分解层,这可能是由于排土

场枯落物分解层具有较小的碎块,结构疏松,吸水面积大,从而使得其吸水速率较未分解层高。对枯落物吸水速率 V 与浸泡时间 t 进行回归分析,得到两者之间的关系式(见表 4)。关系式为: $V=at^b$ 。式中: V 为枯落物吸水速率(g/(kg·h)); t 为浸泡时间(h); a 为方程系数; b 为指数。

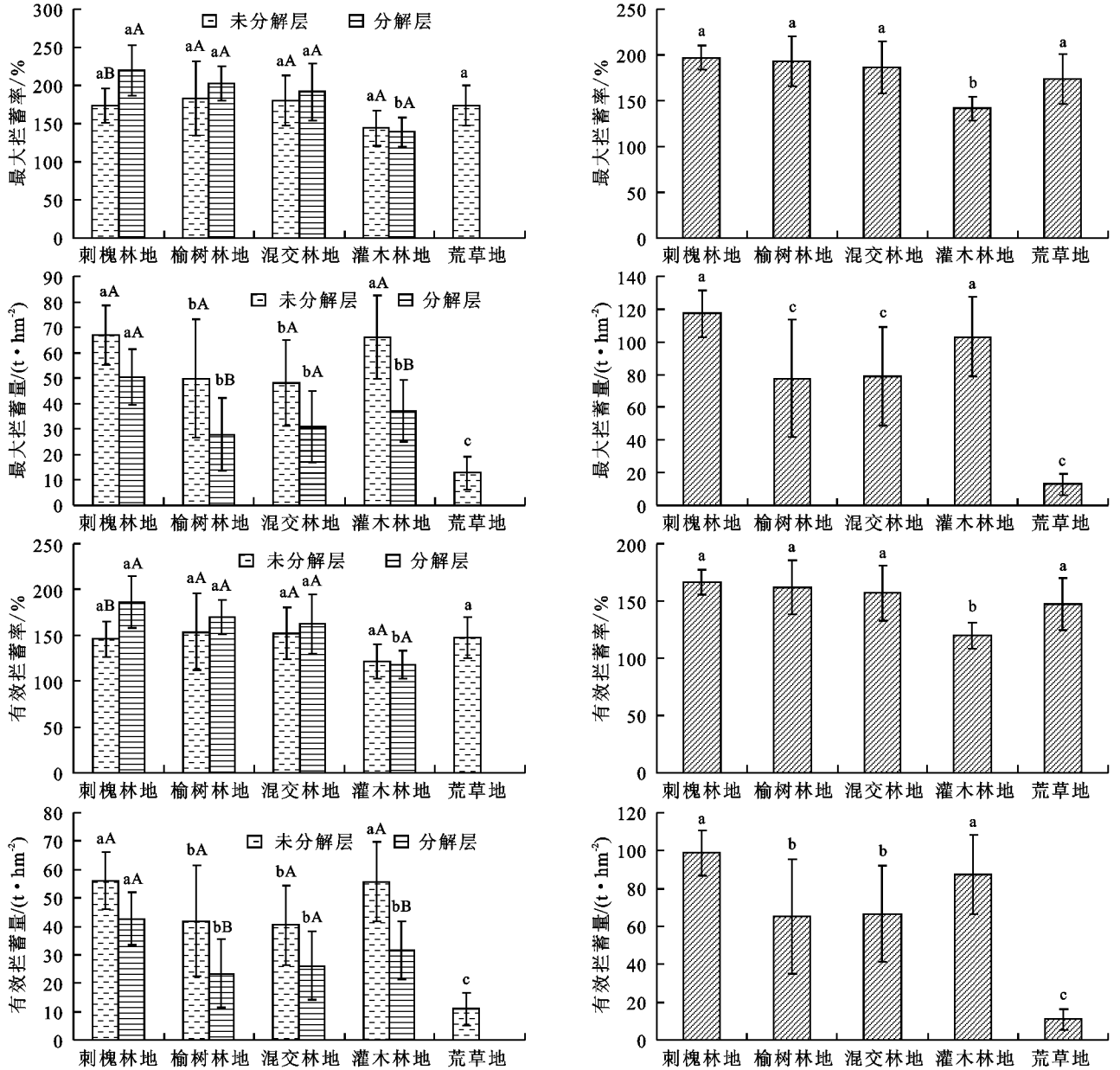


图 2 不同样地下不同层次枯落物的拦蓄能力

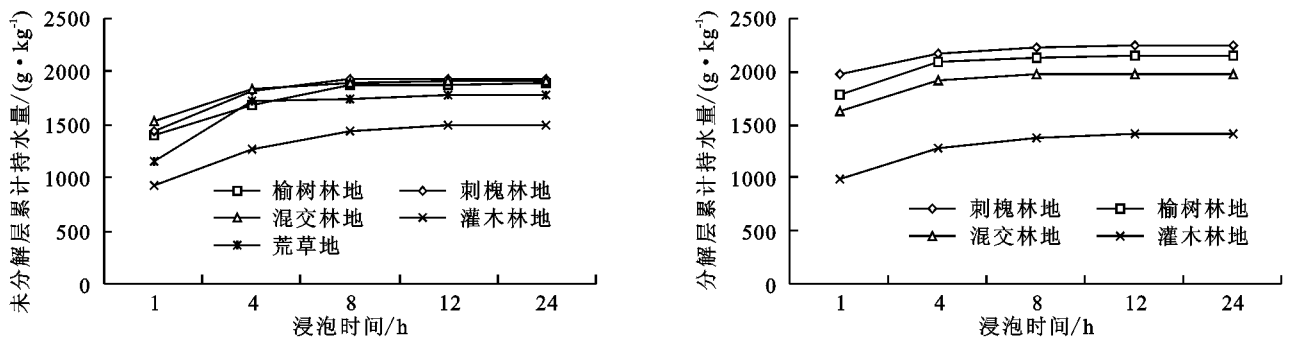


图 3 不同样地下不同层次枯落物持水过程

表 3 枯落物持水量 Q 与浸泡时间 t 关系式

样地	枯落物未分解层			枯落物分解层		
	关系式	R^2	Sig.	关系式	R^2	Sig.
刺槐林地	$Q=164.06\ln t+1447.3$	0.9001	0.014	$Q=91.09\ln t+2007$	0.8831	0.018
榆树林地	$Q=167.44\ln t+1506.4$	0.8534	0.025	$Q=116.51\ln t+1850.9$	0.8364	0.030
混交林地	$Q=123.36\ln t+1596$	0.8504	0.026	$Q=112.5\ln t+1693.1$	0.8278	0.032
灌木林地	$Q=189.84\ln t+981.49$	0.9336	0.007	$Q=137.93\ln t+1043.7$	0.9069	0.012
荒草地	$Q=199.63\ln t+1271.4$	0.7823	0.046	—	—	—

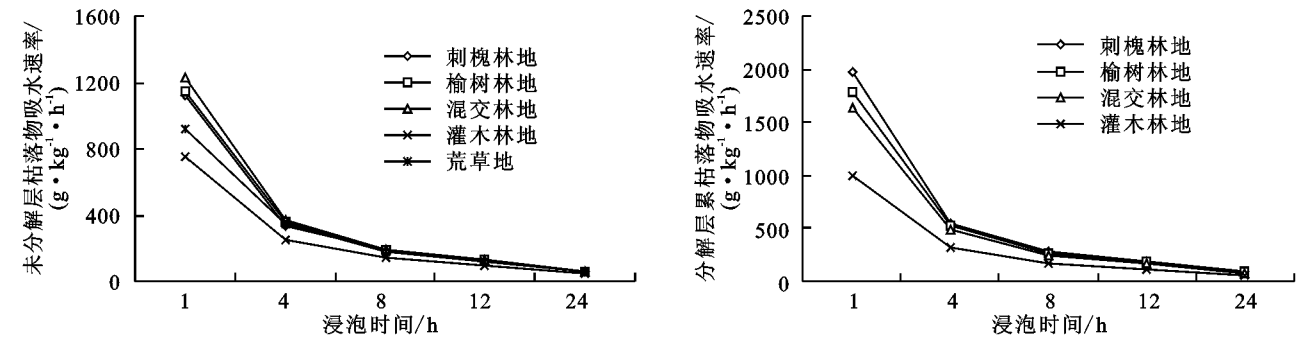


图 4 不同样地下不同层次枯落物吸水过程

表 4 枯落物吸水速率 V 与浸泡时间 t 关系式

样地	枯落物未分解层			枯落物分解层		
	关系式	R^2	Sig.	关系式	R^2	Sig.
刺槐林地	$V=1447.3t^{-0.9004}$	0.9986	0.000	$V=2006.2t^{-0.9569}$	0.9997	0.000
榆树林地	$V=1501t^{-0.9004}$	0.9977	0.000	$V=1848.2t^{-0.9409}$	0.9992	0.000
混交林地	$V=1593t^{-0.9285}$	0.9990	0.000	$V=1690.1t^{-0.9378}$	0.9990	0.000
灌木林地	$V=981.86t^{-0.8426}$	0.9968	0.000	$V=1041.7t^{-0.8851}$	0.9979	0.000
荒草地	$V=1254.5t^{-0.8619}$	0.9924	0.000	—	—	—

3 讨论与结论

(1)不同样地的枯落物厚度及其枯落物总蓄积量存在差异。各个样地的枯落物厚度大小依次为刺槐林地>榆树林地>混交林地>灌木林地>荒草地,枯落物总蓄积量为榆树林地>刺槐林地>混交林地>灌木林地>荒草地,均表现为林地大于草地。刺槐林地、榆树林地、混交林地和灌木林地各个层次的储量有所不同且均以未分解层为主,其蓄积量占总蓄积量的62.54%~67.27%。5个样地枯落物的最大持水率和最大持水量差异显著($P<0.05$),未分解层和分解层之间差异显著($P<0.05$)。枯落物的有效拦蓄率在119.74%~166.05%之间,有效拦蓄量在10.84~98.76 t/hm²之间,均表现为刺槐林地的拦蓄能力最强,荒草地的拦蓄能力最弱。

(2)未分解层枯落物持水量的变化范围为1 501.2~1 940.36 g/kg,分解层为1 414.85~2 247.41 g/kg。在最初的4 h内各个样地的枯落物持水量迅速增加,其增加程度在10.03%~50.02%之间,随后增加程度逐渐减缓,直到达到12~24 h时趋于稳定。各个样地未分解层和分解层的枯落物持水量差异显著($P<0.05$),均表现为林地大于草地;3个林地任意时段分解

层的枯落物持水量均大于未分解层,未分解层和分解层的枯落物持水量相差66.24~362.32 g/kg。刺槐林地、榆树林地、混交林地和灌木林地的枯落物持水量与浸泡时间采用对数方程拟合效果较好,而荒草地则更适合反函数曲线。

(3)不同样地枯落物未分解层和分解层的吸水速率随着时间的延长而呈减少趋势,枯落物在前1 h内吸水速率最大,可达1 971.49 g/(kg·h),随后迅速减小,直到24 h左右趋于稳定。除草地外,不同样地枯落物吸水速率均表现为分解层大于未分解层,同时各个样地未分解层和分解层的枯落物吸水速率均表现为乔木林地大于草地,而灌木林地的吸水能力最弱,未分解层的吸水速率在62.55~80.85 g/(kg·h)之间,分解层则在74.24~93.64 g/(kg·h)之间。经验模型($V=at^b$)可较好地反映枯落物吸水速率与浸泡时间之间的关系。

(4)排土场是工矿区建设中水土流失最为严重的区域,其生态区位十分重要。因此,应进一步发挥排土场植被恢复过程中土壤涵养水源的作用,同时可为评价排土场林地生态水文效益提供参考。本研究是对排土场植被恢复过程中枯落物水文特征的初步探索,试验结果可为排土场植被恢复效果评价提供一定的理论

依据,同时为进一步研究土壤层的水文特征奠定基础。而在排土场枯落物防止土壤溅蚀、抑制土壤蒸发、降低地表径流流速等方面还有待进一步的研究,以完善排土场植被恢复过程中枯落物水文特征体系。

参考文献:

- [1] 杨玉盛,郭剑芬,林鹏,等. 格氏栲天然林与人工林枯枝落叶层碳库及养分库[J]. 生态学报, 2004, 24(2): 359-367.
- [2] 祁生林,张洪江,何凡,等. 长江三峡花岗岩林地坡面降雨渗流与水土流失关系研究[J]. 工程地质学报, 2006, 14(3): 365-369.
- [3] 寇萌,焦菊英,尹秋龙,等. 黄土丘陵沟壑区主要草种枯落物的持水能力与养分潜在归还能力[J]. 生态学报, 2015, 35(5): 1337-1349.
- [4] 赵丽,王建国,车明中,等. 内蒙古扎兰屯市典型森林枯落物、土壤水源涵养功能研究[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(5): 91-96.
- [5] Richard L, Granillo A B. Soil protection by natural vegetation on clear cut forest land in Arkansas[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1985, 40(4): 379-382.
- [6] 吕刚,曹小平,卢慧,等. 辽西海棠山森林枯落物持水与土壤贮水能力研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(3): 203-208.
- [7] Pote D H, Grigg B C, Blanche C A, et al. Effects of tillage systems on soil physical properties and water conservation in a sandy loam in eastern Kenya[J]. Journal of Science and Environmental Management, 2013, 4(7): 146-154.
- [8] 马正锐,程积民,班松涛,等. 宁夏森林枯落物储量与持水性能分析[J]. 水土保持学报, 2012, 26(4): 199-203, 238.
- [9] 陈波,孟成生,赵耀新,等. 冀北山地不同海拔华北落叶松人工林枯落物和土壤水文效应[J]. 水土保持学报, 2012, 26(3): 216-221.
- [10] 魏忠义,白中科. 露天矿大型排土场水蚀控制的径流分散概念及其分散措施[J]. 煤炭学报, 2003, 28(5): 486-490.
- [11] 李鹏飞,张兴昌,朱首军,等. 植被恢复对黑岱沟矿区排土场土壤性质的影响[J]. 水土保持通报, 2015, 35(5): 64-70.
- [12] 韩同吉,裴胜民,张光灿,等. 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.
- [13] 李强,周道玮,陈笑莹. 地上枯落物的累积、分解及其在陆地生态系统中的作用[J]. 生态学报, 2014, 34(14): 3807-3819.
- [14] 施爽,郭继勋. 松嫩草原三种主要植物群落枯落物层生态水文功能[J]. 应用生态学报, 2007, 18(8): 1722-1726.
- [15] 刘红民. 辽西半干旱区典型森林植被枯落物持水性分析[J]. 辽宁林业科技, 2015(1): 23-25, 65.
- [16] 王庆玲,龙翠玲. 黔中地区几种喀斯特次生林枯落物持水性能研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2009, 31(8): 98-102.
- [17] 徐娟,余新晓,席彩云. 北京十三陵不同林分枯落物层和土壤层水文效应研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(3): 189-193.
- [7] 杨俊玲. 几种典型杉木人工林凋落物及土壤持水能力研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [8] 王树力,胡天然. 松花江干流四种珍贵树种阔叶林的土壤水文特性[J]. 土壤通报, 2010, 41(2): 294-298.
- [9] 卢振启,黄秋娟,杨新兵. 河北雾灵山不同海拔油松人工林枯落物及土壤水文效应研究[J]. 水土保持学报, 2014, 28(1): 112-116.
- [10] Miriti M, Kironchi G, Esilaba A O, et al. The effects of tillage systems on soil physical properties and water conservation in a sandy loam soil in eastern Kenya[J]. Journal of Soil Science & Environmental Management, 2013, 4(7): 146-154.
- [11] 周志立,张丽玮,陈倩,等. 木兰围场 3 种典型林分枯落物及土壤持水能力[J]. 水土保持学报, 2015, 29(1): 207-213.
- [12] 韩友志,邢兆凯,顾宇书,等. 浑河上游白桦冷杉等 4 种林分枯落物储量及持水特性[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(11): 15-18.
- [13] 吴金卓,孔琳琳,王娇娇,等. 吉林蛟河不同演替阶段针阔混交林凋落物持水特性研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2016, 40(2): 113-120.
- [14] 赵雨森,韩春华,张宏光,等. 阿什河上游小流域主要林分类型土壤水文功能研究[J]. 水土保持学报, 2012, 26(2): 203-208.
- [15] 孙艳红,张洪江,程金花,等. 缙云山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 106-109.
- [16] 宋庆丰,杨新兵,张金柱,等. 雾灵山典型林分枯落物和土壤水文效应[J]. 生态环境学报, 2009, 18(6): 2316-2320.

(上接第 145 页)