

阿什河源头不同类型红松人工林枯落物及其土壤水文特性

梁晓娇, 王树力

(东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 采用实地调查与室内试验分析的方法, 研究了松花江干流南岸支流阿什河源头4种类型红松人工林的枯落物及其土壤水文特性。结果表明: 4种类型红松人工林枯落物总储量从大到小顺序为红松纯林(12.57 t/hm²)、水曲柳—红松林(9.96 t/hm²)、黄檗—红松林(8.27 t/hm²)和胡桃楸—红松林(6.35 t/hm²)。4种类型红松人工林枯落物最大持水率为391.87%~573.93%, 降雨有效拦蓄率为262.71%~409.61%, 大小排序均为胡桃楸—红松林、黄檗—红松林、水曲柳—红松林和红松纯林。各类型红松人工林枯落物持水量及持水率随浸水时间呈对数形式增长, 吸水速率随浸水时间呈幂指数关系下降。在0—30 cm土层, 土壤平均容重以胡桃楸—红松林(0.99 g/cm³)最小, 红松纯林(1.04 g/cm³)最大, 土壤总孔隙度均值以胡桃楸—红松林(58.77%)最大, 红松纯林(56.22%)最小; 土壤非毛管孔隙度均值范围为2.96%~5.85%, 从大到小依次为胡桃楸—红松林、水曲柳—红松林、红松纯林和黄檗—红松林; 土壤最大持水量和有效持水量的均值以胡桃楸—红松林最大, 分别为587.67, 58.47 t/hm²; 土壤初渗速率、稳渗速率和渗透系数的均值也以胡桃楸—红松林最大, 分别为3.64, 2.78, 1.10 mm/min。综合4种类型红松人工林枯落物层和土壤层的水文特性, 林分保水蓄水能力以胡桃楸—红松林最强, 红松纯林最弱。研究结果可为研究地区的水土保育提供论据。

关键词: 阿什河; 红松人工林; 枯落物; 土壤水文特性

中图分类号: S715.7

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)01-0140-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.01.024

Litter and Soil Hydrological Properties of *Pinus koraiensis* Plantations in Ashi River's Headstream

LIANG Xiaojiao, WANG Shuli

(College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040)

Abstract: Litter and soil hydrological properties of four types of *Pinus koraiensis* plantations in the South branch of the Songhua river-Ashi river's Headstream were studied by using field investigation and experiment analysis method. It was shown that the litter total storage capacity in four types of plantations were in descending order of *Pinus koraiensis* plantation (12.57 t/hm²), *Fraxinus mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation (9.96 t/hm²), *Phellodendron amurense*-*Pinus koraiensis* mixed plantation (8.27 t/hm²) and *Juglans mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation (6.35 t/hm²). The maximum water-holding rate of litters ranged from 391.87% to 573.93%, the modified precipitation interception rate of litters ranged from 262.71% to 409.61%, both the ranking order as follow: *Juglans mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation, *Phellodendron amurense*-*Pinus koraiensis* mixed plantation, *Fraxinus mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation and *Pinus koraiensis* plantation. In four types of plantations, both water holding capacity and water holding rate had remarkable logarithmic correlation with soaking time, while the absorption rate and soaking time was a power function. In the soil layer of 0—30 cm, the average soil bulk density was the smallest in *Juglans mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation (0.99 g/cm³), while it was the largest in *Pinus koraiensis* plantation (1.04 g/cm³). *Juglans mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation showed the maximum soil porosity (58.77%), whereas *Pinus koraiensis* plantation demonstrated the minimum soil porosity (56.22%), and the non-capillary porosity ranged from 2.96% to 5.85%, being in descending order of *Juglans mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation, *Fraxinus mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation, *Pinus koraiensis* plantation and *Phellodendron amurense*-*Pinus koraiensis* mixed planta-

收稿日期: 2016-09-26

资助项目: 黑龙江省省级财政林业科研专项(201522)

第一作者: 梁晓娇(1992—), 女, 硕士研究生, 主要从事水土保持与林业生态工程研究。E-mail: lxj64@foxmail.com

通信作者: 王树力(1964—), 男, 博士, 教授, 主要从事生态学、水土保持与荒漠化防治研究。E-mail: shuliwang@163.com

tion. The maximum water-holding capacity and available water holding capacity per 10 cm soil depth were in *Juglans mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation, reached 587.67 t/hm² and 58.47 t/hm² respectively. The mean of its initial infiltration rate, stable infiltration rate, and infiltration coefficient were largest in *Juglans mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation too, reached 3.64 mm/min, 2.78 mm/min and 1.10 mm/min, respectively. Judging from the hydrologic properties of litter layer and soil layer, the water conservation and storage capacity was the strongest in *Juglans mandshurica*-*Pinus koraiensis* mixed plantation, while it was the weakest in *Pinus koraiensis* plantation. The research results could provide evidence for soil and water conservation.

Keywords: Ashi river; *Pinus koraiensis* plantation; litter; soil hydrological properties

森林具有保持水土、涵养水源、改善生态环境的功能。森林生态系统中的枯落物层结构疏松,具有良好的透水性和持水能力。枯落物层还可增加林地表层的粗糙度,延缓降水沿林地坡向的流失,促进降水在土壤中的下渗,从而减少地表径流的产生,起到保持水土和涵养水源的作用^[1-3]。森林土壤层的持水能力及渗透特性也是森林植被保持水土和涵养水源作用的重要体现^[4-5]。

阿什河是东北三大水系之一松花江水系的一级支流,发源于黑龙江省尚志市帽儿山镇尖山砬子,其干流全长 213 km,流域面积 3 581 km²。阿什河源头帽儿山地区属于低山丘陵区,原生的以红松为主的针阔混交林由于多年不合理的开发而遭到严重破坏。通过近几十年的生态恢复,帽儿山地区森林资源的数量和质量得到明显提高,现已形成次生林和人工林镶嵌分布的生态景观^[6]。森林恢复过程中形成的以红松为主要组成树种的人工林水文特性怎样,对阿什河的影响如何成为亟待解决的科学问题。本文以阿什河源头水曲柳—红松林、胡桃楸—红松林、黄檗—红松林及红松纯林等 4 种类型人工林为研究对象,对比分析其枯落物和土壤水文特性,进一步掌握该区各类型红松人工林的涵养水源能力,目的在于为阿什河流域水土保持、

植被的恢复及红松人工林的经营提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究地点位于阿什河源头的尖砬沟实验站(45°23′—45°26′ N, 127°36′—127°39′ E),属长白山系张广才岭西坡小岭余脉,为松嫩平原向张广才岭过渡的低山丘陵区。平均海拔 300 m,坡度 6°~15°。属温带大陆性季风气候,冬季漫长,寒冷干燥,夏季短促、炎热。年均气温 2.8℃,1 月平均气温 -23℃,极端最低温 -44℃,7 月平均气温 20.9℃,极端最高气温 34.8℃。≥10℃积温 2 000~2 500℃,无霜期 120~140 d。年均降水量 723 mm,年均蒸发量 1 093 mm。地带性土壤为暗棕壤。地带性植被是以红松为主的针阔混交林,经多年采伐,原生植被区已不复存在,已被水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)、椴树(*Tilia amurensis*)、色木槭(*Acer mono*)、柞树(*Quercus mongolica*)为主的阔叶混交林取代。

1.2 研究方法

2015 年 8 月,在 1987 年营造的水曲柳—红松林、胡桃楸—红松林、黄檗—红松林和红松纯林中分别设置 20 m×30 m 的样地,样地基本情况见表 1。

表 1 样地基本情况

林分类型	坡位	坡度/ (°)	坡向	林龄/ a	平均 胸径/cm	平均 树高/m	树种组成	林分密度/ (株·hm ⁻²)
水曲柳—红松林	中	8	E	28	11.61	17.96	5 水曲柳 4 红松 1 白桦	1950
胡桃楸—红松林	中	8	E	28	13.56	17.60	6 胡桃楸 4 红松—白桦	1500
黄檗—红松林	中	8	E	28	11.64	12.80	6 红松 3 黄檗 1 水曲柳 + 胡桃楸	1800
红松纯林	中	8	E	28	13.34	12.10	9 红松 1 黄檗 + 椴树	1400

注:树种组成中的数字代表用十分数法表示的该树种胸径断面面积占有树种胸径断面面积的比例,“+”代表小于 5%而大于 2%,-“—”代表小于 2%。

1.2.1 枯落物样品的采集和水文特性的测定 各样地内随机布设 5 个 20 cm×25 cm 的样方,分层收集枯枝落叶,称量鲜重后烘干(80℃)至恒重,计算枯落物储量和平均自然含水率。取部分枯落物称重,然后装入尼龙袋,测定浸入清水后 0.25,0.5,1,2,4,6,8,10,12,24 h 的质量,由此计算在不同浸水时间段内枯落物层的持水量、持水率及吸水速率。将原状枯落物称重装入尼龙袋,浸水 24 h 后称量,得出最大持水量、最大持水率。通过最大持水率和平均自然含水率计算降雨有效拦蓄率与降雨有效拦蓄量,公式为:降雨有效拦蓄率=0.85×最大持水率—平均自然含水率;降雨有效拦蓄量=(0.85×最大持水率—平均自然含水率)×枯落物储量^[7]。

1.2.2 土壤样品的采集和水文特性的测定 各样地内随机设置 5 个样点挖掘土壤剖面,分 0—10,10—20,20—30 cm 土层,用环刀取原状土带回实验室内。测定各土层的容重、非毛管孔隙度、毛管孔隙度、总孔隙度和土壤持水量;测定各层土壤的初渗速度、稳渗

速度、到达稳渗的时间和渗透系数,并将渗透系数统一转化为 10 ℃时的渗透系数^[7]。

2 结果与分析

2.1 枯落物层水文特征

2.1.1 枯落物储量 4 种红松林的枯落物总储量为 6.35~12.57 t/hm²,以红松纯林最高,胡桃楸—红松林最低,且二者差异显著。未分解层枯落物储量

以水曲柳—红松林最大为 2.63 t/hm²,胡桃楸—红松林最小为 0.91 t/hm²。分解层枯落物储量以红松纯林最大为 10.71 t/hm²,胡桃楸—红松林最小为 5.44 t/hm²。各林型枯落物分解层储量是未分解层储量的 2.7 倍以上。未分解层所占比例以水曲柳—红松林最大为 26.41%,胡桃楸—红松林最小为 14.33%(表 2)。

表 2 不同类型红松人工林枯落物储量

林分类型	总储量/ (t·hm ⁻²)	未分解层		分解层	
		储量/(t·hm ⁻²)	比例/%	储量/(t·hm ⁻²)	比例/%
水曲柳—红松林	9.96±0.93ab	2.63±0.54a	26.41	7.33±0.52b	73.59
胡桃楸—红松林	6.35±0.79bc	0.91±0.24b	14.33	5.44±0.73b	85.67
黄檗—红松林	8.27±1.04b	1.53±0.71ab	18.50	6.74±0.90b	81.50
红松纯林	12.57±0.78a	1.86±0.48ab	14.80	10.71±0.58a	85.20

注:同列数据后不同小写字母表示林分间差异显著($p<0.05$)。

2.1.2 枯落物持水过程 各类型红松人工林不同枯落物层持水量随浸水时间的延长均呈增加趋势(图 1A、图 1B)。浸水 0~2 h,持水量急速增加,浸水 2~4 h,持水量增加变缓,随后持水量增加速度保持稳定,浸水 24 h,枯落物持水基本趋于饱和。不同枯落物层的持水能力不同,未分解层持水量均低于分解层持水量。在各浸水阶段内,未分解层枯落物持水量从大到小的顺序为水曲柳—红松林、红松纯林、黄檗—红松林和胡桃楸—红松林;分解层枯落物持水量的排序则是红松纯林最大,水曲柳—红松林次之,其余则与未分解层一致。各林分枯落物层持水量的大小顺序均与其枯落物储量的大小排序一致。

各类型红松人工林不同枯落物层持水率随浸水时间的变化趋势基本与持水量随浸水时间的变化一致(图 1C、图 1D)。整个浸水期,未分解层枯落物持水率最大的是胡桃楸—红松林,其次是黄檗—红松林;水曲柳—红松林和红松纯林未分解层枯落物持水率大小经常出现反复,但在浸水 24 h 时,水曲柳—红松林的未分解层枯落物持水率高于红松纯林的未分解层枯落物持水率。分解层枯落物在浸水 0~6 h 内持水率最大的是胡桃楸—红松林,而其余 3 个林分的持水率大小在这一阶段出现反复;在浸水 6~24 h 内,持水率从大到小为胡桃楸—红松林、黄檗—红松林、水曲柳—红松林和红松纯林。各类型红松人工林的枯落物层持水量和持水率均随浸水时间增加呈对数关系增长(表 3)。

各类型红松人工林不同枯落物层吸水速率随浸水时间的变化趋势整体一致(图 1E、图 1F)。浸水 0~1 h,枯落物吸水速率直线下降,随后吸水速率下降逐渐变缓,直至枯落物吸水速率趋向一致,曲线趋于平直,枯落物吸水饱和。分解层枯落物吸水速率从大到小为红松纯林、水曲柳—红松林、黄檗—红松林

和胡桃楸—红松林;未分解层枯落物吸水速率大小与分解层不同,整个浸水过程中,吸水速率最大的是水曲柳—红松林,其次是红松纯林,而黄檗—红松林和胡桃楸—红松林的大小出现反复现象。吸水速率随浸水时间呈幂指数关系变化(表 3)。

2.1.3 枯落物最大持水率(量)及有效拦蓄率(量) 枯落物最大持水率反应枯落物层持水性能的优劣。4 种类型红松人工林的枯落物最大持水率为 391.87%~573.93%,从大到小为胡桃楸—红松林、黄檗—红松林、水曲柳—红松林和红松纯林。胡桃楸—红松林和黄檗—红松林枯落物的最大持水率大于 500%,明显高于水曲柳—红松林,而红松纯林枯落物的最大持水率也明显低于其他 3 种阔叶红松林。不同类型红松人工林未分解层枯落物的最大持水率范围为 357.50%~661.63%,分解层枯落物的最大持水率范围为 426.24%~486.23%。除红松纯林外,其他类型红松人工林枯落物未分解层的最大持水率均大于分解层最大持水率(表 4)。

由于各类型红松人工林枯落物储量不同,枯落物最大持水量的排序与最大持水率有所差别。枯落物最大持水率最低的红松纯林,其枯落物最大持水量最高,为 52.79 t/hm²,其次是水曲柳—红松林为 43.21 t/hm²、黄檗—红松林为 38.45 t/hm²,胡桃楸—红松林的枯落物最大持水量最低为 31.31 t/hm²。4 种类型红松人工林未分解层枯落物的最大持水量为 5.60~10.98 t/hm²,分解层枯落物的最大持水量为 25.71~45.79 t/hm²,各类型红松人工林枯落物未分解层的最大持水量均低于分解层最大持水量(表 4)。

一般用最大持水率(量)估算枯落物层对降雨的拦蓄能力会偏高,而有效拦蓄率(量)则能反映枯落物层对降雨的实际拦蓄情况^[8]。4 种类型红松人工林枯落物有效拦蓄率范围为 262.71%~409.61%,大

小顺序与枯落物最大持水率一致。除红松纯林外,其他类型红松人工林枯落物未分解层的有效拦蓄率均大于分解层有效拦蓄率。枯落物有效拦蓄量变动范

围为 22.38~36.08 t/hm²,大小顺序与枯落物最大持水量一致。各类型红松人工林枯落物未分解层的有效拦蓄量均低于分解层有效拦蓄量(表 4)。

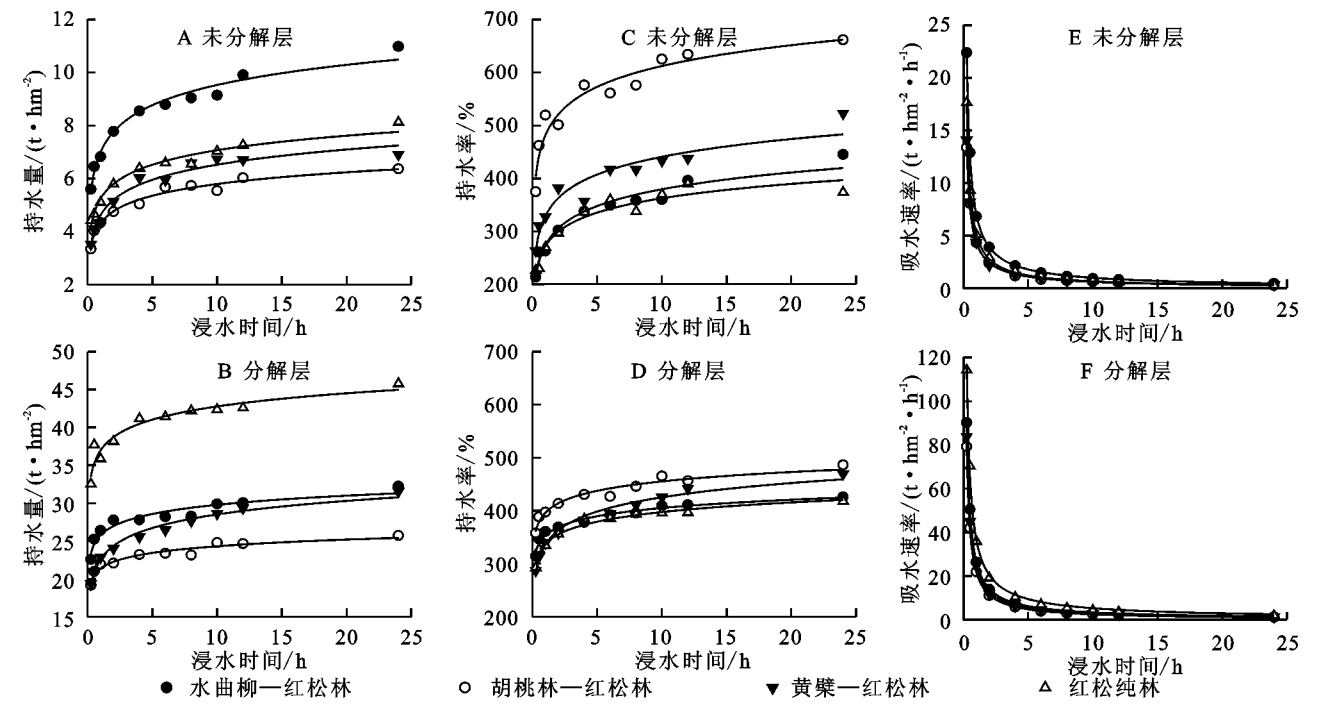


图 1 不同类型红松人工林枯落物持水量、持水率和吸水速率随时间的变化
表 3 不同类型红松人工林枯落物持水量、持水率及吸水速率与浸水时间的关系

林分 类型	枯落物层	持水量		持水率		吸水速率	
		关系式	R ²	关系式	R ²	关系式	R ²
水曲柳—红松林	未分解层	$W=1.097\ln t+7.007$	0.9754	$R=45.654\ln t+274.710$	0.9590	$V=6.990t^{-0.843}$	0.9996
	分解层	$W=1.746\ln t+25.764$	0.9250	$R=22.429\ln t+353.545$	0.9722	$V=26.354t^{-0.892}$	0.9994
胡桃楸—红松林	未分解层	$W=0.639\ln t+4.324$	0.9774	$R=56.568\ln t+482.197$	0.9324	$V=4.325t^{-0.823}$	0.9982
	分解层	$W=1.272\ln t+21.381$	0.9426	$R=25.555\ln t+396.534$	0.9597	$V=21.732t^{-0.934}$	0.9999
黄檗—红松林	未分解层	$W=0.825\ln t+4.626$	0.9711	$R=48.303\ln t+329.913$	0.9190	$V=4.368t^{-0.851}$	0.9990
	分解层	$W=2.578\ln t+22.576$	0.9844	$R=38.658\ln t+336.442$	0.9837	$V=23.905t^{-0.907}$	0.9997
红松纯林	未分解层	$W=0.790\ln t+5.252$	0.9721	$R=39.053\ln t+272.933$	0.9391	$V=5.127t^{-0.889}$	0.9997
	分解层	$W=2.511\ln t+36.996$	0.9247	$R=26.188\ln t+337.250$	0.9774	$V=36.470t^{-0.837}$	0.9969

表 4 不同类型红松人工林枯落物最大持水率(量)及有效拦蓄率(量)

林分类型	最大持水率/%			最大持水量/(t·hm ⁻²)			有效拦蓄率/%			有效拦蓄量/(t·hm ⁻²)		
	未分解层	分解层	平均	未分解层	分解层	总和	未分解层	分解层	平均	未分解层	分解层	总和
水曲柳—红松林	445.36	442.09	443.73	10.98	32.23	43.21	306.54	305.51	306.03	7.46	22.25	29.71
胡桃楸—红松林	661.63	486.23	573.93	5.60	25.71	31.31	481.53	337.69	409.61	4.66	17.72	22.38
黄檗—红松林	592.65	469.37	531.01	6.91	31.54	38.45	424.00	322.49	373.25	5.74	21.67	27.41
红松纯林	357.50	426.24	391.87	7.00	45.79	52.79	232.61	292.81	262.71	4.61	31.47	36.08

2.2 土壤水文特征

2.2.1 土壤物理性质和持水能力 土壤容重和土壤孔隙度是重要的土壤物理性质指标,代表土壤的松紧程度及孔隙状况,反映土壤的透水性、通气性和对植物根系生长的阻力状况^[9-10]。在 0—30 cm 土层,土壤容重均值最大的是红松纯林(1.03 g/cm³),最小的是胡桃楸—红松林(0.99 g/cm³)。土壤平均总孔隙度以胡桃楸—红松林最大(58.77%),红松纯林最小(56.22%)。土壤非毛管孔隙度对林地蓄水能力和调

节水功能有直接影响,其均值从大到小的顺序是胡桃楸—红松林 5.85%,水曲柳—红松林 5.03%,红松纯林 4.59%和黄檗—红松林 2.96%(表 5)。

土壤持水能力是林分涵养水源能力的重要指标,其大小与林下土壤层厚度和土壤的孔隙度有关^[11]。每 10 cm 厚土壤最大持水量由大到小为胡桃楸—红松林(587.67 t/hm²)、水曲柳—红松林(576.20 t/hm²)、黄檗—红松林(569.43 t/hm²)和红松纯林(562.17 t/hm²);每 10 cm 厚土壤有效持水量由大到小为胡桃楸—红松

林(58.47 t/hm²)、水曲柳—红松林(50.32 t/hm²)、红松纯林(45.87 t/hm²)和黄檗—红松林(30.00 t/hm²)(表 5)。土壤最大持水量和土壤有效持水量均以胡桃楸—红松林为最大,说明胡桃楸—红松林的土壤持水能力最强。

表 5 不同类型红松人工林土壤物理性质和土壤持水量

林分类型	土层 深度/cm	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	总孔隙度/ %	毛管 孔隙度/%	非毛管 孔隙度/%	最大持水量/ (t·hm ⁻²)	有效持水量/ (t·hm ⁻²)
水曲柳— 红松林	0—10	0.83	64.22	56.87	7.35	642.17	73.48
	10—20	1.06	55.75	52.00	3.75	557.49	37.46
	20—30	1.17	52.89	48.89	4.00	528.93	40.02
	均值	1.02	57.62	52.59	5.03	576.20	50.32
胡桃楸— 红松林	0—10	0.69	64.13	59.08	5.05	641.30	50.48
	10—20	0.97	58.66	52.48	6.18	586.65	61.82
	20—30	1.32	53.51	47.20	6.31	535.05	63.10
	均值	0.99	58.77	52.92	5.85	587.67	58.47
黄檗— 红松林	0—10	0.79	63.14	59.29	3.85	631.46	38.54
	10—20	1.07	56.78	52.96	3.82	567.79	38.16
	20—30	1.23	50.90	49.57	1.33	509.03	13.30
	均值	1.03	56.94	53.94	3.00	569.43	30.00
红松纯林	0—10	0.81	63.87	57.30	6.57	638.68	65.70
	10—20	1.01	57.36	52.79	4.57	573.56	45.68
	20—30	1.28	47.43	44.81	2.62	474.29	26.22
	均值	1.04	56.22	51.63	4.59	562.17	45.87

2.2.2 土壤渗透 土壤渗透性能是土壤重要的水分—物理性质之一,也是森林土壤水源涵养能力的重要指标。各类型红松人工林土壤的初渗速率、稳渗速率及稳渗系数随着土层加深的变化过程并非一致,有 10—20,20—30 cm 反复的现象,但均为表层 0—10 cm 最大。相同土层中,除了 0—10 cm 土层土壤的初渗速率、稳渗速率及稳渗系数以黄檗—红松林最大外,其余两层均以胡桃楸—红松林最大。各类型红松人工林

0—30 cm 土层的平均初渗速率为 1.85~3.64 mm/min,平均稳渗速率为 1.40~2.78 mm/min,平均稳渗系数为 0.55~1.10 mm/min,均以胡桃楸—红松林最大,其次为黄檗—红松林、红松纯林,水曲柳—红松林最小;平均达到稳渗的时间为 14.03~23.20 min,红松纯林与胡桃楸—红松林较快,分别为 14.03,15.30 min,黄檗—红松林与水曲柳—红松林较慢,分别为 19.87,23.20 min。

表 6 不同类型红松人工林土壤渗透性

林分类型	土层 深度/cm	初渗速率/ (mm·min ⁻¹)	稳渗速率/ (mm·min ⁻¹)	稳渗时间/min	稳渗系数/ (mm·min ⁻¹)
水曲柳— 红松林	0—10	3.11	3.14	9.60	1.24
	10—20	0.17	0.18	38.80	0.07
	20—30	2.27	0.87	21.20	0.34
	均值	1.85	1.40	23.20	0.55
胡桃楸— 红松林	0—10	5.06	3.61	12.40	1.42
	10—20	3.36	2.99	11.50	1.18
	20—30	2.50	1.75	22.00	0.69
	均值	3.64	2.78	15.30	1.10
黄檗— 红松林	0—10	7.73	4.01	14.40	1.58
	10—20	0.80	0.70	18.80	0.28
	20—30	0.45	0.39	26.40	0.15
	均值	2.99	1.70	19.87	0.67
红松纯林	0—10	5.32	2.80	11.20	1.10
	10—20	1.02	0.90	16.40	0.36
	20—30	1.58	1.18	14.50	0.47
	均值	2.64	1.63	14.03	0.64

3 讨论

不同类型红松人工林枯落物总储量差别显著,红松纯林枯落物总储量比其他 3 种阔叶红松林大,这与韩友志等^[12]研究所得针叶枯落物分解速率明显低于阔叶枯落物,因此针叶林枯落物积累量大的结论一

致。在 3 种类型阔叶红松林中,胡桃楸—红松林枯落物总储量最小,这除了与林分中树种的差异有关,与林分密度也有很大关系,水曲柳—红松林的密度为 1 950 株/hm²,黄檗—红松林为 1 800 株/hm²,而胡桃楸—红松林只有 1 500 株/hm²。各类型红松人工

林枯落物持水率及持水量随浸水时间呈对数增长,吸水速率随浸水时间呈幂指数下降,说明林地枯落物对于短时、高强度降水有较好的拦蓄功能,能够有效防止地表径流的产生^[13],这与赵雨森等^[14]的研究结果一致。持水量反映林分单位面积内枯落物总量的持水性能,受枯落物总储量的影响,4种类型红松人工林枯落物最大持水量和有效拦蓄量的大小顺序与枯落物总储量一致,呈现红松纯林比其他3种阔叶红松林大的规律;持水率表明单位面积林分的持水特性,更能体现不同类型红松人工林枯落物持水能力的差异,4种类型红松人工林枯落物最大持水率和有效拦蓄率从高到低为胡桃楸—红松林、黄檗—红松林、水曲柳—红松林、红松纯林,呈现出3种阔叶红松林比红松纯林大的规律。虽然红松纯林因其枯落物难分解、总储量大而在枯落物最大持水量及有效拦蓄量上表现出优势,但是就枯落物最大持水率及有效拦蓄率来比较,3种阔叶红松林均比红松纯林更具有潜力,尤其是胡桃楸—红松林,只要适当增加林分密度,提高枯落物储量,其枯落物层的水源涵养、保持水土能力是最优的。

在0—30 cm土层,土壤容重均值最大的是红松纯林(1.03 g/cm³),最小的是胡桃楸—红松林(0.99 g/cm³);土壤总孔隙度均值最大的是胡桃楸—红松林(58.77%),最小的是红松纯林(56.22%),说明红松纯林的土壤比其他3种阔叶红松林紧实,不易通气透水,而胡桃楸—红松林土壤最为疏松多孔,易于通气透水。从土壤持水能力来看,各类型红松人工林每10 cm厚的土壤持水量相比较,土壤最大持水量和土壤有效持水量均以胡桃楸—红松林最大;从土壤渗透能力来看,在0—30 cm土层内,土壤平均初渗速率、平均稳渗速率及平均渗透系数均以胡桃楸—红松林最大。在同样气候条件下,不同林分类型的土壤物理性质存在差异,说明土壤物理性质除了与其成土母质、气候条件有密切关系外,植被的作用也不可忽视。植物通过其根系和枯枝落叶回归土壤而直接参与土壤的成土过程来影响土壤特性^[15]。胡桃楸—红松林等阔叶红松林的枯落物分解迅速且阔叶树具有发达的浅根系,有助于土壤形成团粒结构,使土壤有良好的孔隙度且降低土壤容重,从而增强土壤的持水性和渗透性^[16]。而红松纯林的树种单一性致使林地内枯落物种类单一,且针叶枯落物的分解速率缓慢,导致其土壤物理性质比其他3种阔叶红松林差,从而影响了土壤持水及土壤渗透的能力。胡桃楸—红松林的土壤水文特性比水曲柳—红松林、黄檗—红松林好的原因除了树种差异外,与林分树种组成也有很大关系,胡桃楸—红松林中阔叶树占的比例比其他2种阔叶红松林大。

4 结论

(1)4种类型红松人工林枯落物的总储量为6.35~12.57 t/hm²,从大到小为红松纯林、水曲柳—红松林、黄檗—红松林和胡桃楸—红松林;枯落物的最大持水率和有效拦蓄率分别为391.87%~573.93%和262.71%~409.61%,从大到小均为胡桃楸—红松林、黄檗—红松林、水曲柳—红松林和红松纯林;枯落物的最大持水量和有效拦蓄量分别是31.31~52.79,2.38~36.08 t/hm²,两者排序与枯落物总储量一致。

(2)4种类型红松人工林枯落物持水量及持水率随浸水时间的延长呈对数形式增长,关系式分别为: $W=a\ln t+b$ 和 $R=c\ln t+d$,吸水速率随浸水时间的延长呈幂指数关系下降,关系式为: $V=m^{-n}$ 。

(3)0—30 cm层土壤平均容重以胡桃楸—红松林最小为0.99 g/cm³,红松纯林最大为1.04 g/cm³。土壤总孔隙度均值以胡桃楸—红松林(58.77%)为最大,红松纯林(56.22%)为最小;土壤非毛管孔隙度均值为2.96%~5.85%,从大到小为胡桃楸—红松林、水曲柳—红松林、红松纯林和黄檗—红松林。

(4)10 cm厚土壤的最大持水量和有效持水量均以胡桃楸—红松林为最大,分别达到了587.67,58.47 t/hm²;4种类型红松人工林的土壤平均初渗速率、平均稳渗速率和平均渗透系数均以胡桃楸—红松林为最大,分别达到了3.64,2.78,1.10 mm/min。

(5)综合4种类型红松人工林枯落物层和土壤层的水文特性,以胡桃楸—红松林保持水土、涵养水源的能力最强。

参考文献:

- [1] 魏强,张广忠,凌雷,等. 甘肃兴隆山主要森林类型凋落物及土壤层的蓄水功能[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2013,37(2):78-84.
- [2] Vitale M, Savi F, Daniela B, et al. Modeling of early stage litter decomposition in Mediterranean mixed forests: Functional aspects affected by local climate[J]. Journal of Biogeosciences and Forestry, 2014, 8(4): 517-525.
- [3] 常雅军,曹靖,马建伟,等. 秦岭西部山地针叶林凋落物持水特性[J]. 应用生态报,2008,19(11):2346-2351.
- [4] 潘春翔,李裕元,彭亿,等. 湖南乌交界自然保护区典型生态系统的土壤持水性能[J]. 生态学报,2012,32(2):538-547.
- [5] 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.
- [6] 辛颖. 阿什河上游天然次生林与人工林小流域水文生态效益对比研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2011.