

冀西北地区4种纯林枯落物及土壤水文效应

胡静霞^{1,2}, 杨新兵^{1,2}, 朱辰光^{1,2}, 温亚飞^{1,2}, 钟良子^{1,2}, 马俊杰^{1,2}

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省林木种质资源与森林保护重点实验室, 河北 保定 071000)

摘要:为改善冬奥会赛区(张家口市崇礼区清水河流域)水生态环境,提高(崇礼)赛区森林涵养水源功能,以崇礼区和平林场的云杉、白桦、山杨和华北落叶松4种纯林为研究对象,布设50 m×50 m样地,枯落物水文效应测定采用浸泡法,土壤层水文效应测定采用环刀法。结果表明:(1)枯落物总蓄积量最大为云杉林(38.46 t/hm²),各林分分解层的蓄积量均大于未分解层;(2)枯落物最大持水量云杉林(3.03 t/hm²)最大,有效拦蓄量云杉林(2.57 t/hm²)最大,最大持水率山杨林(384.22%)最大,枯落物持水量与持水时间呈对数关系,枯落物吸水速率与持水时间呈幂函数关系;(3)土壤容重华北落叶松林(1.00 g/cm³)最大,山杨林(0.67 g/cm³)最小,土壤总孔隙度白桦林(67.14%)最大,山杨林(58.77%)最小。土壤入渗速率与入渗时间呈明显的幂函数关系。(4)林地总持水能力排序为:白桦林(887.45 t/hm²)>华北落叶松林(840.94 t/hm²)>云杉林(800.03 t/hm²)>山杨林(768.58 t/hm²),土壤层的持水能力占99%以上。综合分析得知,阔叶林涵养水源功能优于针叶林,土壤层的持水能力强于枯落物层。

关键词:冬奥会;崇礼;枯落物;土壤;水文效应

中图分类号:S715.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)04-0304-07

Hydrological Effects of Litter in Four Pure Forests and Soils in Northwest of Hebei Province

HU Jingxia^{1,2}, YANG Xinbing^{1,2}, ZHU Chenguang^{1,2},
WEN Yafei^{1,2}, ZHONG Liangzi^{1,2}, MA Junjie^{1,2}

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China;

2. Key Laboratory of Genetic Resources of Forest and Forest Protection of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: For the improvement of the water ecological environment and the ability of water conservation of forest in Chongli area (Qingshui River valley in Zhangjiakou), which is one of venues of Winter Olympic Games, we took four kinds of pure stands in Chongli peace forest, including *Picea wilsonii*, *Betula platyphylla*, *Pobulus davidiana* and *Larix principis-rupprechtii*, as the research objects. We set up 50 m×50 m sample plots in which litter of plots was adopted by soaking method, and hydrological effects of soil layer by cutting ring method. We carried out quantitative study of litter layer and soil layer hydrological effect. The results showed that: (1) among total amount of litter, the largest was *Picea wilsonii* (38.46 t/hm²) in which the accumulation amount of the semi decomposed layer of each stand was higher than that of the non decomposed layer; (2) the maximum water holding capacity of litter was *Picea wilsonii* (3.03 t/hm²) and the maximum effective retaining content was *Picea wilsonii* (2.57 t/hm²); the maximum water holding capacity of litter was *Pobulus davidiana* (384.22%) and it showed a logarithmic relation between the water holding capacity and water holding time; water absorption rate and moisture time of litter showed power function relationship; (3) the largest soil bulk density was *Larix principis-rupprechtii* (1.00 g/cm³); the smallest was *Pobulus davidiana* (0.67 g/cm³); the largest total porosity of soil was *Betula platyphylla* (67.14%) and the smallest was *Pobulus davidiana* (58.77%). The relationship between soil infiltration rate and infiltration time was power function relationship; (4) the order of total water holding capacity of forest land was *Betula platyphylla* (887.45 t/hm²)>*Larix principis-rupprechtii* (840.94 t/hm²)>*Picea wilsonii* (800.03 t/hm²)>*Pobulus davidiana* (768.58 t/hm²); the water holding

收稿日期:2016-11-16

修回日期:2016-11-28

资助项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项“关键支流清水河水环境保护与防治技术集成与示范”(2015ZX07203-005)

第一作者:胡静霞(1991—),女,河北邢台人,在读硕士,研究方向:生态学。E-mail:18730277228@163.com

通信作者:杨新兵(1978—),男,河北邯郸人,博士,副教授,研究方向:水土保持,森林生态。E-mail:yangxinbing2001@126.com

capacity of the soil layer accounted for more than 99 %. In conclusion, the ability of broad leaved forest to conserve water and soil was stronger than that of coniferous forest; the water holding capacity of the soil layer was stronger than that of the litter layer.

Keywords: Winter Olympics Games; Chongli; litter; soil; hydrological effect

随着 2015 年北京—张家口联合申办 2022 年冬奥会的成功,世界的焦点开始逐渐转移到张家口崇礼的冬奥会赛区。赛区所在地为张家口崇礼区的和平林场,当地生态环境建设成为了重中之重,尤其是水生态环境,而提高当地森林涵养水源及保持水土的能力占据主要地位。当地分布的生态树种以白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Pobulus davidiana*)、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、云杉(*Picea wilsonii*)等为主,所以为改善和提高森林植被涵养水源和保持水土的能力,及优化冬奥会崇礼赛区的生态环境,对林地枯落物和土壤层水文效应的研究有其必要性和重要性。

森林植被是影响森林生态系统功能的重要因素,森林枯落物层和森林土壤层作为森林水文的第二和第三活动层,是森林系统涵养水源的主体^[1]。具有明显的截留降雨,调节径流和减少水土流失的作用。Miguel A. Gabarrón-Galeote 等^[2-5]认为枯落物层的存在可以增强土壤层的持水能力;Miriti 等^[6-7]认为土壤孔隙度和土壤容重是反映土壤物理性质的重要指标,土壤中水、养分等都与土壤孔隙度和土壤容重相关。罗歆^[8]等认为非毛管孔隙度能够促进林地降水的存储,非毛管孔隙度的大小和林地涵养水源的能力密切相关。但是目前对于崇礼冬奥会赛区的针阔叶林的持水能力及涵养水源能力的比较未见报道。

本研究针对该地区主要生态树种白桦、山杨、华北落叶松、云杉为研究对象,对其枯落物和土壤水文效应定量研究,旨在为该地区森林涵养水源、保持水土等生态功能的提高提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于河北省张家口市崇礼区和平林场,地理坐标为 115°23'26"—115°27'57.91"E,40°59'59.14"—41°00'34.05"N,海拔在 1 499~1 951 m,属大陆性季风气候,冬季干旱,昼夜温差大,夏季凉爽短促,春秋多风。年降水量 420 mm,土壤以栗钙土为主,主要乔木树种有山杨(*Pobulus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)、云杉(*Picea wilsonii*)等,主要灌木树种为山杏(*Armeniaca sibirica* L. Lam)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、六道木(*Abelia biflora*)等。

1.2 研究方法

(1) 样地设置。2016 年 7 月在张家口崇礼区和平林场设置云杉林、白桦林、山杨林、华北落叶松林 4 个纯林样地,样地面积为 50 m×50 m,对其进行每木检尺、生物多样性调查,并记录海拔、坡度、坡向、郁闭度和林层结构。其中郁闭度采用目测法测定。样地基本概况见表 1。

表 1 不同林分样地基本概况

序号	林分类型	起源	海拔/m	坡度/(°)	郁闭度	平均树高/m	平均胸径/cm	林层结构
1	云杉纯林	人工林	1590	22	0.55	13.0	13.4	单层
	白桦纯林	天然林	1640	26	0.75	12.7	13.0	单层
2	山杨纯林	天然林	1596	31	0.75	11.9	10.1	单层
3	华北落叶松纯林	人工林	1590	24	0.45	14.6	16.8	单层

(2) 枯落物储量调查。在各林分样地中设置 3 个 1 m×1 m 的小样方,分别位于坡上、坡中和坡下,按未分解层和半分解层分别取样,并现场记录各层厚度,(未分解层由新鲜枯落物组成,保持原状,颜色未变,外表无分解的痕迹;半分解层枯落物是指枝叶未完全腐烂,肉眼观察能分辨出枝叶的大体形状),称其鲜重,在室内烘干(温度 70℃)称重,计算枯落物储量。

(3) 枯落物持水测定。枯落物持水和吸水速率的测定采用室内浸水法测定。将枯落物放入纱布袋,称重,放入水中,浸泡 0.5,1,2,4,6,8,24 h,称重,计算其持水量和吸水速率。

(4) 枯落物有效拦蓄量测定。采用有效拦蓄量来表示枯落物对林内降雨的实际拦蓄量,计算公式为:

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

式中:W 为有效拦蓄量(t/hm²);R_m 为最大持水率(%);R₀ 为平均自然含水率(%);M 为枯落物蓄积量(t/hm²)。

(5) 土壤水分—物理性质测定。4 个纯林中设置的 50 m×50 m 样方内的土层深度为 60—80 cm 之间。土壤调查采用剖面法,分为 0—10,10—20,20—40 cm 取样,用环刀浸泡法测定和计算土壤容重、土壤总孔隙度、土壤持水量等指标。土壤持水量

的计算公式为:

$$R_{\max}=10000\ hp_i\ \ R=10000\ hp$$

式中: R_{\max} 为土壤最大持水量(t/hm^2); R 为土壤有效持水量(t/hm^2); h 为土层厚度(m); p_i 为土壤总孔隙度(%); p 为土壤非毛管孔隙度(%)。

利用 Excel 2016 和 SPSS 21.0 软件对数据进行处理分析,采用单因素方差分析(one-way ANOVA)进行差异显著性分析($p<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同林分枯落物的蓄积量

林分类型不同枯落物蓄积量也会产生差异。由

表 2 可知,4 种林分类型中枯落物总蓄积量处于14.98~38.46 t/hm^2 之间,各林分枯落物蓄积量总和大小排序为:云杉林(38.46 t/hm^2)>白桦林(30.46 t/hm^2)>华北落叶松林(23.98 t/hm^2)>山杨林(14.98 t/hm^2)。除白桦林外,其他三种林分半分解层的蓄积量都大于未分解层,半分解层各林分蓄积量大小顺序为:云杉林>华北落叶松林>白桦林>山杨林,未分解层各林分蓄积量大小顺序为:云杉林>白桦林>华北落叶松林>山杨林;其中,山杨林和华北落叶松林半分解层和未分解层蓄积量所占总蓄积量的比例差别较大,其半分解层蓄积量占总蓄积量的比例分别是 73.75%,82.72%。

表 2 枯落物蓄积量、最大持水量和有效拦蓄量

林分类型	枯落物层	蓄积量/ ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)	比例/% 厚度/mm	自然 含水率/%	最大 持水率/%	最大持水量/ ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)	有效 拦蓄率/%	有效拦蓄量/ ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)	最大 拦蓄率/%
云杉林		21.93	57.02/22	5.57	246.22±3.24a	2.07±0.40a	209.23±2.75a	1.76±0.34a	246.17±3.24a
白桦林	半分	15.05	49.41/19	6.74	315.00±39.86b	1.54±0.22b	267.69±33.88b	1.30±0.19b	314.94±39.86b
山杨林	解层	11.05	73.75/25	6.74	396.61±43.25a	1.84±0.51b	337.05±36.76a	1.56±0.43b	396.54±43.25a
华北落叶松林		19.84	82.72/41	11.86	304.31±23.89b	1.39±0.19b	258.54±20.31b	1.18±0.16b	304.19±23.89b
云杉林		16.53	42.98/23	5.82	154.69±6.54a	0.96±0.12b	131.43±5.56a	0.81±0.10b	154.63±6.54a
白桦林	未分	15.41	50.59/12	6.92	369.35±14.26b	1.21±0.70a	313.88±12.12b	1.03±0.06a	369.28±14.26b
山杨林	解层	3.93	26.25/15	6.84	373.01±70.51a	0.84±0.44b	316.99±59.93a	0.72±0.04b	372.94±70.51a
华北落叶松林		4.14	17.28/23	6.87	328.64±50.37b	0.76±0.48b	279.28±42.82b	0.64±0.41b	328.57±50.37b

注:同一列不同小写字母表示在数值上存在显著差异($p<0.05$)。

2.2 不同林分枯落物的水文效应

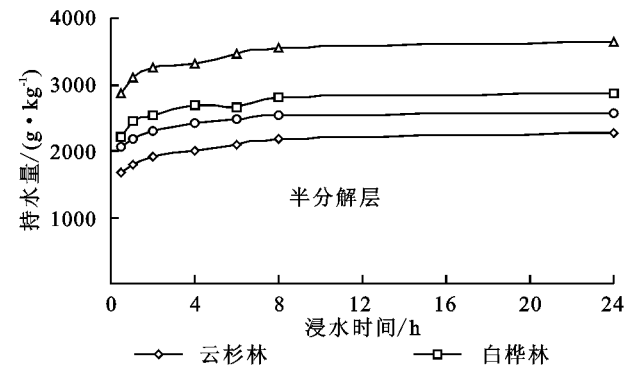
2.2.1 不同林分枯落物的最大持水量 枯落物持水量是评价森林涵养水源和保持水土能力的重要指标之一,林地枯落物的持水能力用最大持水量和最大持水率表示^[9]。由表 2 可知,枯落物层最大持水量总和处于 2.15~3.03 t/hm^2 ,枯落物最大持水量总和大小顺序为:云杉林(3.03 t/hm^2)>白桦林(2.75 t/hm^2)>山杨林(2.65 t/hm^2)>华北落叶松林(2.15 t/hm^2)。半分解层最大持水量处于 1.39~2.07 t/hm^2 ,其大小顺序为:云杉林>山杨林>白桦林>华北落叶松林,云杉林的最大持水量与其他 3 种林分之间存在显著差异性。未分解层最大持水量处于 0.76~1.21 t/hm^2 ,未分解层最大持水量大小顺序为:白桦林>云杉林>山杨林>华北落叶松林,白桦林与其他 3 种林分之间存在显著差异。枯落物未分解层和半分解层最大持水率均值最大的为山杨林(384.81%),最小的为云杉林(200.46%)。4 种林分枯落物半分解层与未分解层的最大持水率中,山杨林与白桦林和华北落叶松林之间均存在显著差异性。

2.2.2 不同林分枯落物的有效拦蓄量 有效拦蓄量代表了特定立地条件下枯落物水文功能的大小^[10]。由表 2 可知,4 种林分的有效拦蓄量均为未分解层低

于半分解层,而有效拦蓄率则不同,为针叶林的未分解层高于半分解层,阔叶林是半分解层高于未分解层,说明半分解层在拦蓄功能上起主要作用。4 种林分有效拦蓄量总和处于 1.82~2.57 t/hm^2 ,大小顺序为:云杉林(2.57 t/hm^2)>白桦林(2.33 t/hm^2)>山杨林(2.28 t/hm^2)>华北落叶松林(1.82 t/hm^2)。半分解层的有效拦蓄量处于 1.76~1.18 t/hm^2 ,大小顺序为:云杉林>山杨林>白桦林>华北落叶松林,云杉林和其他 3 种林分之间存在显著差异。未分解层有效拦蓄量处于 0.64~1.03 t/hm^2 ,大小顺序为:白桦林>云杉林>山杨林>华北落叶松林,白桦有效拦蓄量和其他 3 种林分之间存在显著差异。

2.2.3 不同林分枯落物的持水过程 枯落物持水能力与其林分类型、树龄、枯落物腐化状态、取样时自然含水率及降水情况等多种因素相关^[11]。由图 1 可知,枯落物持水量随时间延长而增加,呈正相关关系,在持水过程中未分解层和半分解层变化规律基本一致。在最初的 2 h 内,枯落物的未分解层和半分解层的持水量迅速增加,之后随时间延长枯落物持水量趋于稳定,在浸泡 12 h 时均已达到饱和状态。4 种林分半分解层与未分解层的持水量动态稍有不同,半分解层持水量大小顺序为:山杨林>白桦林>华北落叶

松>云杉林,未分解层持水量大小顺序为:白桦林>山杨林>华北落叶松林>云杉林。对 4 种林分枯落物未分解层、半分解层持水量与浸泡时间的关系进行



回归分析,得出二者之间的拟合模型为: $Q=a\ln(t)+b$ 。式中 Q 为枯落物持水量(g/kg); t 为浸水时间(h); a 为方程系数; b 为方程常数项(表 3)。

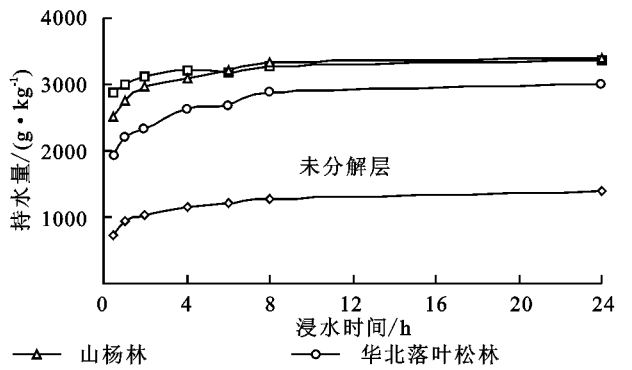


图 1 枯落物在不同浸水时间内的持水量

2.2.4 不同林分枯落物的吸水速率 枯落物吸水速率与枯落物干湿程度有关。

由图 2 可知,枯落物吸水速率在前 1 h 内较高,到 4 h 时吸水速率急剧下降,到 6 h 时吸水速率降低的幅度减缓,到 24 h 吸水速率趋于 0,此时说明枯落物吸水已基本达到饱和状态。4 种林分半分解层和未分解层的吸水速率略有不同,半分解层大小顺序

为:山杨林>白桦林>华北落叶松林>云杉林,未分解层大小顺序为:白桦林>山杨林>华北落叶松林>云杉林。对 4 种林分枯落物吸水速率与浸水时间进行拟合,关系式为:

$$V=kt^n$$

式中: V 为枯落物吸水速率 $[\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{h})]$; t 为浸水时间(h); k 为方程系数; n 为指数(表 3)。

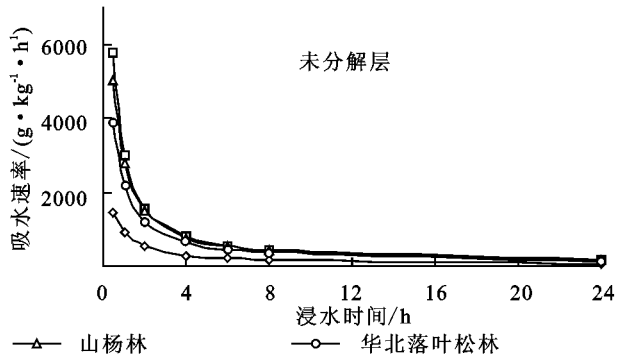
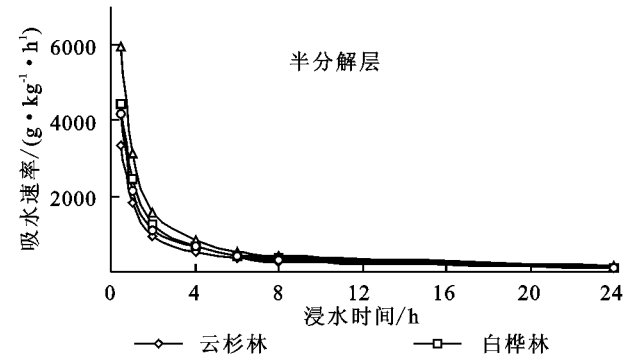


图 2 枯落物吸水速率与浸水时间的关系

表 3 枯落物持水量、吸水速率与浸水时间的关系

林分类型	枯落物层	持水量与浸水时间的关系		吸水速率与浸水时间的关系	
		关系式	相关系数 R	关系式	相关系数 R
云杉林	未分解层	$Q=170.26\ln(t)+898.11$	0.9896	$V=889.53t^{-0.8376}$	0.9989
	半分解层	$Q=159.21\ln(t)+1799.0$	0.9894	$V=1796.8t^{-0.919}$	0.9999
白桦林	未分解层	$Q=125.37\ln(t)+2991.7$	0.9882	$V=2990.5t^{-0.9598}$	0.9999
	半分解层	$Q=162.94\ln(t)+2407.3$	0.9689	$V=2403.1t^{-0.9362}$	0.9998
山杨林	未分解层	$Q=237.65\ln(t)+2756.4$	0.9766	$V=2749.5t^{-0.92}$	0.9997
	半分解层	$Q=199.65\ln(t)+3067.3$	0.9764	$V=3069.1t^{-0.9402}$	0.9997
华北落叶松林	未分解层	$Q=284.04\ln(t)+2186.1$	0.9824	$V=2177.5t^{-0.8844}$	0.9996
	半分解层	$Q=141.39\ln(t)+2194.8$	0.9676	$V=2189.5t^{-0.9353}$	0.9993

2.3 不同林分土壤的水文效应

2.3.1 不同林分的土壤容重及孔隙度 土壤容重和孔隙度是反映土壤物理性状的重要参数,土壤容重是反映森林土壤物理性质的重要指标之一,直接影响到土壤的持水能力^[12]。由表 4 可知,在 0—40 cm 深度,土层越深容重越大,4 种林分土壤容重均值大小顺序为:华北落

叶松林($1.00\text{ g}/\text{cm}^3$)>云杉林($0.91\text{ g}/\text{cm}^3$)>白桦林($0.79\text{ g}/\text{cm}^3$)>山杨林($0.67\text{ g}/\text{cm}^3$)。

土壤孔隙的组成直接影响土壤通气透水性和根系穿插的难易程度,并且对土壤水、肥、气、和微生物活性等发挥着不同的调节功能。

由表 4 可知,土壤总孔隙度和土壤毛管孔隙度随

土层深度增加而减小,而土壤非毛管孔隙度规律不明显。土壤总孔隙度均值大小顺序为:白桦林>华北落叶松林>云杉林>山杨林;毛管孔隙度均值大小为:

华北落叶松林>白桦林>云杉林>山杨林,非毛管孔隙度均值大小顺序为:山杨林>白桦林>云杉林>华北落叶松林。

表 4 不同林分土壤物理性质

林分类型	土层深度/cm	土壤容重/(g·cm ⁻³)	土壤总孔隙度/%	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)
云杉林	0—10	0.72	68.07	61.64	6.43	680.7	64.30
	10—20	0.93	59.45	48.98	10.47	594.5	104.70
	20—40	1.10	55.79	51.45	4.34	1115.8	86.80
	均值	0.91	61.10	54.02	7.08	797.0	85.27
白桦林	0—10	0.72	70.00	62.40	7.60	700.0	76.00
	10—20	0.80	67.40	60.70	6.70	674.0	67.00
	20—40	0.85	64.01	53.55	10.46	1280.2	209.20
	均值	0.79	67.14	58.88	8.25	884.7	117.40
山杨林	0—10	0.64	58.88	54.40	4.48	588.8	44.80
	10—20	0.68	63.95	50.61	13.34	639.5	133.40
	20—40	0.68	53.47	43.53	9.94	1069.4	198.80
	均值	0.67	58.77	49.51	9.25	765.9	125.67
华北落叶松林	0—10	0.94	62.58	56.72	5.86	625.8	58.60
	10—20	0.97	66.43	63.22	3.21	664.3	32.10
	20—40	1.09	61.31	58.94	2.37	1226.2	47.40
	均值	1.00	63.44	59.63	3.81	838.8	46.03

2.3.2 不同林分土壤的持水能力 林地土壤的蓄水能力是评价森林涵养水源、调节水循环的一个重要指标,其大小与土壤孔隙度状况、土壤厚度密切相关^[13]。从表 4 可知,4 种林分最大持水量均值大小顺序为:白桦林>华北落叶松林>云杉林>山杨林,有效持水量均值大小顺序为:白桦林>山杨林>云杉林>华北落叶松林。

2.4 不同林分土壤入渗

林分类型不同,土壤的渗透性能会产生一定的差异。从表 5 可知,对土壤入渗时间和速率拟合,二者存在较好的幂函数关系,关系式为: $y=at^{-b}$ 。式中: y 为入渗速率(mm/min); a , b 为常数; t 为入渗时间(min)。 R 值均在 0.95 以上。稳渗速率排序为:白桦林(2.73 mm/min)>山杨林(2.00 mm/min)>华北落叶松林(1.54 mm/min)>云杉林(0.75 mm/min)。

表 5 不同林分类型土壤渗透速率及渗透模型

林分类型	初渗速率/(mm·min ⁻¹)	稳渗速率/(mm·min ⁻¹)	回归方程	相关系数
云杉林	14.25	0.75	$y=10.292 t^{-0.7159}$	0.9716
白桦林	19.00	2.73	$y=15.559 t^{-0.4906}$	0.9569
山杨林	20.00	2.00	$y=19.520 t^{-0.6360}$	0.9689
华北落叶松林	15.00	1.54	$y=13.5000 t^{-0.6710}$	0.9768

2.5 不同林分枯落物层和土壤层的持水能力

森林持水能力一般用枯落物层和土壤层的总持水量进行评价,二者的持水能力的大小代表着整个林分的持水能力^[14]。由表 6 可知,枯落物层的最大持水量表现为云杉林>白桦林>山杨林>华北落叶松

林;土壤层的最大持水量表现为:白桦林>华北落叶松林>云杉林>山杨林;森林总持水量表现为:白桦林>华北落叶松林>云杉林>山杨林。土壤层持水量所占森林总持水量的百分比均在 99% 以上,说明土壤层的持水能力强,且占绝对主要地位。

表 6 不同林分枯落物层和土壤层的持水量

林分类型	枯落物层		土壤层		持水量总和/(t·hm ⁻²)
	最大持水量/(t·hm ⁻²)	百分比/%	最大持水量/(t·hm ⁻²)	百分比/%	
云杉林	3.03	0.38	797.0	99.62	800.03
白桦林	2.75	0.31	884.7	99.69	887.45
山杨林	2.68	0.35	765.9	99.65	768.58
华北落叶松林	2.14	0.25	838.8	99.75	840.94

3 讨论

3.1 不同林分枯落物的蓄积量

不同森林类型枯落物蓄积量和厚度受林分类型、树龄及气候条件的影响,枯落物输入量、分解速度、累计年限不同都会造成枯落物蓄积量的差异^[15]。4 种林分枯落物除白桦林外,半分解层的蓄积量均大于未分解层。4 种林分中针叶林的半分解层枯落物蓄积量明显高于阔叶林,半分解层枯落物蓄积量最大为云杉林。其原因是针叶林枯落物表面为油脂层,且细而硬,难分解^[16]。未分解层枯落物蓄积量白桦林所占比例最大,可能是因为白桦林郁闭度高,光照不足,导致枯落物不易分解。

3.2 不同林分枯落物的水文效应

枯落物的持水能力受树种、枯落物组成、蓄积量和分解速率的影响^[10]。枯落物最大持水率与最大持水量呈现出不同的变化规律,是因为最大持水率还与枯落物自身的结构和生物量有关。总体上针叶林持水量小于阔叶林,由于阔叶林枯落物叶大而软,易贮水,所以持水量较大。

枯落物半分解层有效拦蓄量高于未分解层。一方面是由于半分解层的蓄积量大于未分解层,对于有效拦蓄量有一定的影响;其次,半分解层枯落物经分解后体积较小,表面积增大,持水量增加,所以较未分解层来说,有效拦蓄量高。

枯落物的吸水速度与枯落物的干燥程度及结构有关^[11]。枯落物持水在开始时吸水较快,随时间增加而减缓吸水速度的原因是在降雨初期,枯落物拦蓄地表径流的能力较强,随着枯落物含水量的增加,吸水能力开始降低,直至枯落物达到最大饱和量。4种林分中阔叶林的持水性能大于针叶林,主要是因为针叶林油脂较多吸水较慢,与其分解程度和蓄积量都有关系。

枯落物最初处于风干状态,含水量低,枯枝落叶的死细胞或者枝叶表面水势差较大,吸水速率较高^[17]。云杉林下未分解层和半分解层的吸水速率均是最小,这可能与枯落物的组成和分解速率有关。白桦林枯落物未分解层的吸水速率要高于半分解层,是由于阔叶林半分解层枯落物较碎,吸水面积较大,使其在短时间内具有相对高的含水量,而未分解层则相反,所以未分解层的吸水速率较半分解层高。

3.3 不同林分土壤的水文效应

土壤容重是土壤紧实度的敏感性指标,它受林分土壤发育状况的影响,也是表征土壤质量的一个重要参数,反映土壤透水性、通气性和根系延展时阻力的大小^[18]。针叶林下土壤容重大于阔叶林,说明阔叶林土壤的透水性高于针叶林下的土壤。

毛管孔隙度的大小反映的是森林植被吸持水分维持自身生长发育的能力,毛管孔隙度:华北落叶松林>白桦林>云杉林>山杨林,可能是由于华北落叶松林根系发达,抗寒能力强,位于正阴坡,对土壤的适应能力强,其自身生长能力极强,因而毛管孔隙度最大。山杨林毛管孔隙度小可能是因其属于阔叶林,因其枝叶属于阔叶,叶面积较大,和针叶林相比,蒸发和吸水量都比较大,所以林下土壤的吸水能力相对就会减弱,所以毛管孔隙度会减小。

毛管孔隙中的水分可以长时间存留在土壤中,可帮助植物根系对水分的吸收,及土壤蒸发。非毛管孔隙对降水吸收较快,下渗也比较及时,对水源涵养有促进作用,不同林分类型土壤因其非毛管孔隙度不同,蓄水能力也会产生差异^[8]。有效持水量均值中白

桦林最大,原因可能是:一方面白桦林下土壤非毛管孔隙度较大,枯落物分解较快,土壤疏松,降雨容易下渗,有利于涵养水源;另一方面白桦林属于高大的乔木,根系发达,对土壤层的改造能力较强,因此出现白桦林的有效持水量最高。

土壤的渗透性是森林涵养水源的重要指标^[13]。土壤渗透性的优劣,直接关系到地表产生径流的大小,渗透性好的土壤,在一定降雨强度条件下,水分可以充分进入土壤储存起来或是转变为地下径流,使地表径流减少,土壤侵蚀量也会相应的减少,从而使林地水土流失得到很好地控制^[11]。阔叶林的初渗及稳渗速率均高于针叶林,可能是阔叶林在保持水土上强于针叶林所致。枯落物层和土壤层最大持水量最大的是白桦林,土壤有效持水量最大的是山杨林;最小的为华北落叶松林。相对而言,土壤层持水能力强于枯落物层,且阔叶林下土壤层持水强于针叶林。

4 结论

(1) 4种林分枯落物的蓄积量均为半分解层大于未分解层,蓄积量最大的为云杉林(38.46 t/hm^2),最小的为山杨林(14.98 t/hm^2)。最大持水量与最大持水率总和整体上阔叶林大于针叶林,最大持水量总和最大的是云杉林(3.03 t/hm^2),最小的是华北落叶松林(2.15 t/hm^2);各林分有效拦蓄量总和整体上阔叶林大于针叶林。

(2) 4种林分的持水过程中,持水量与浸水时间成正相关关系,阔叶林持水量整体上大于针叶林,半分解层持水量最大的是山杨林,未分解层持水量最大的是白桦林;在浸水0.5 h内枯落物吸水速率最大,阔叶林高于针叶林,半分解层吸水速率最大的是山杨林,未分解层吸水速率最大的是白桦林。

(3) 在0—40 cm土层中针叶林土壤容重大于阔叶林,土壤容重均值最大的为华北落叶松林(1.00 g/cm^3),最小的为山杨林(0.67 g/cm^3)。土壤孔隙度整体上阔叶林大于针叶林,最大的为白桦林(67.14%);毛管孔隙度均值总体上针叶林大于阔叶林;非毛管孔隙度均值阔叶林大于针叶林,非毛管孔隙度均值最大的为山杨林(9.25%)。相比较而言,阔叶林的持水能力强于针叶林。

(4) 对4种林分枯落物层和土壤层的持水综合能力进行比较,林分中土壤持水量占总持水量的比例均达到99%以上,说明土壤层对于森林涵养水源和保持水土的作用是最主要的。

土壤结构和质地受枯落物的影响,枯落物可以增强土壤的持水能力,所以通过改变林分类型和结构来调整枯落物的现状实现土壤层最大程度的持水能力,提高冬奥会赛区森林涵养水源和保持水土的能力。

参考文献:

- [1] 王士永,余新晓,贾国栋,等.北京山区主要人工林枯落物水文效应[J].水土保持学报,2011,9(5):42-47.
- [2] Gabarrón-Galeote M A, Martínez-Murillo J F, Ruiz-Sinoga J D. Relevant effects of vegetal cover and litter on the soil hydrological response of two contrasting Mediterranean hillslopes at the end of the dry season (south of Spain)[J]. Hydrological Processes, 2012,26(11):1729-1738.
- [3] Burrows C R, Appold M S. Hydrology of the Forest City basin, Mid-Continent, USA: implications for CO₂ sequestration in the St. Peter Sandstone[J]. Environmental Earth Sciences, 2015,73(4):1409-1425.
- [4] Ent R J, Coenders A M J, Nikoli R, et al. The importance of proper hydrology in the forest cover-water yield debate: commentary on Ellison et al. [J]. Global Change Biology, 2012,18(9):2677-2680.
- [5] 胡淑萍,余新晓,岳永杰.北京百花山森林枯落物层和土壤层水文效应研究[J].水土保持学报,2008,22(1):146-150.
- [6] Miriti J M, Kironchi G, Esilaba A O, et al. The effects of tillage system on soil physical properties and water conservation in a sandy loam in eastern Kenya[J]. Journal of Science and Environment Management, 2013,4(7):146-154.
- [7] Yao S R. Effects of fire disturbance on forest hydrology [J]. Journal of Forestry Research, 2003,14(4):331-334.
- [8] 罗歆,代数,何丙辉,等.缙云山不同植被类型林下土壤养分含量及物理性质研究[J].水土保持学报,2011,25(1):64-69.
- [9] 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):199-204.
- [10] 陈倩,周志立,史琛媛,等.河北太行山丘陵区不同林分类型枯落物与土壤持水效益[J].水土保持学报,2015,29(5):206-211.
- [11] 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,2005,19(3):139-143.
- [12] 吴迪,辛学兵,赵明扬,等.北京九龙山不同林分枯落物及土壤水文效应[J].林业科学研究,2014,27(3):417-422.
- [13] 陈家林,郭二辉,杨果果,等.太行山低山丘陵区不同水土保持林地土壤渗透性能及其影响因素研究[J].中南林业科技大学学报,2016,36(10):34-40.
- [14] 林代杰,郑子成,张锡洲,等.不同土地利用方式下土壤入渗特征及其影响因素[J].水土保持学报,2010,24(1):33-36.
- [15] 陈波,孟成生,杨新兵,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.
- [16] 田超,杨新兵,李军,等.冀北山地不同海拔蒙古栎林枯落物和土壤水文效应[J].水土保持学报,2011,25(4):221-226.
- [17] 周丽丽,蔡丽平,马祥庆,等.不同发育阶段杉木人工林凋落物的生态水文功能[J].水土保持学报,2012,26(5):249-253.
- [18] 苏松锦,刘金福,陈文伟,等.戴云山黄山松林土壤水分物理性质空间变异特征与格局[J].资源科学,2014,36(11):2423-2430.

(上接第303页)

- [6] 张红星.城市土地集约利用与城市经济增长关系研究[J].城市问题,2013(11):19-24.
- [7] 宋成舜,谈兵,黄莉敏,等.城市土地集约利用效益耦合协调度分析①[J].土壤,2013,45(4):746-751.
- [8] Hui E C M, Wu Y, Deng L, et al. Analysis on coupling relationship of urban scale and intensive use of land in China[J]. Cities, 2015,42:63-69.
- [9] 杜亚娟,雷国平.哈尔滨市城市土地集约利用与经济发展的协整研究[J].国土资源情报,2012(7):46-52.
- [10] 罗雄飞,周勇,聂艳,等.湖北省城市土地集约利用度时空变异分析[J].农机化研究,2008(10):13-16.
- [11] 孙宇杰,陈志刚.江苏省城市土地集约利用与城市化水平协调发展研究[J].资源科学,2012,34(5):889-895.
- [12] 刘浩,张毅,郑文升.城市土地集约利用与区域城市化的时空耦合协调发展评价:以环渤海地区城市为例[J].地理研究,2011,30(10):1805-1817.
- [13] 朱天明,杨桂山,苏伟忠,等.长三角地区城市土地集约利用与经济社会发展协调评价[J].资源科学,2009,31(7):1109-1116.
- [14] 范辉,刘卫东,等.基于结构-功能关系的城市土地集约利用评价:以武汉市中心城区为例[J].经济地理,2013,33(10):145-150.
- [15] 项锦雯,陈利根.产业转移与土地集约利用耦合机理及协调发展研究:以皖江示范区为例[J].农业经济问题,2012(6):61-65.
- [16] 李国柱.经济增长与环境协调发展的计量分析[M].北京:中国经济出版社,2007.
- [17] 聂芹,李连运. Moran's I 指数计算中空间权重文件的生成实现①[J].计算机系统应用,2009,18(11):195-197.
- [18] 刘浩,郑文升,张毅,等.城市土地集约利用度与城市化综合水平协调度分析:以环渤海地区为例[J].华中师范大学学报:自然科学版,2012,46(5):616-623.