

青海高寒山区5种林分的土壤特性及其水源涵养功能

刘凯, 贺康宁, 田赞, 王先棒, 董喆

(北京林业大学水土保持学院, 水土保持国家林业局重点实验室, 北京市水土保持工程技术研究中心,
林业生态工程教育部工程研究中心, 北京 100083)

摘要: 为定量评价青海省大通县高寒山区不同森林的土壤特性和水源涵养功能, 从而为森林的合理空间配置提供理论依据, 采用浸水法、环刀法、定水头法、硫酸重铬酸钾法, 分别测定5种林分的枯落物性质和0—40 cm土层的孔隙度、渗透性及养分状况等。结果表明: (1) 枯落物总储量及最大持水量依次为云杉白桦混交林>云杉落叶松混交林>青海云杉林>华北落叶松林>白桦林。 (2) 0—40 cm土层的土壤有机质含量平均值依次为云杉落叶松混交林>云杉白桦混交林>白桦林>青海云杉林>华北落叶松林。 (3) 土壤容重随着深度增加而增大, 0—40 cm土层均值依次为白桦林>华北落叶松林>云杉白桦混交林>青海云杉林>云杉落叶松混交林。 (4) 土壤总孔隙度随土层加深而降低, 0—40 cm土层均值依次为云杉落叶松混交林>青海云杉林>云杉白桦混交林>华北落叶松林>白桦林。 (5) 0—40 cm土层的土壤平均初渗速率和稳渗速率大小依次为白桦林>云杉白桦混交林>云杉落叶松混交林>华北落叶松林>青海云杉林。 (6) 依林地总贮水量评价的水源涵养功能依次为云杉落叶松混交林(4 427.40 t/hm²)>青海云杉林(4 365.33 t/hm²)>云杉白桦混交林(4 055.04 t/hm²)>华北落叶松林(3 729.64 t/hm²)>白桦林(2 650.31 t/hm²)。

关键词: 林地类型; 土壤孔隙度; 水源涵养; 枯落物; 土壤渗透性

中图分类号: S714.7

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)03-0141-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.03.025

Soil Characteristics and Water Conservation Function of Five Forest Types in Qinghai Alpine Region

LIU Kai, HE Kangning, TIAN Yun, WANG Xianbang, DONG Zhe

(Faculty of soil and water conservation, Key Laboratory of State Forestry Administration on

Soil and Water Conservation, Beijing Engineering Research Center of Soil and Water Conservation, Engineering
Research Center of Forestry Ecological Engineering of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: In order to quantitatively evaluate the soil characteristics and water conservation function of different forests in the alpine mountainous areas of Datong County of Qinghai Province and to provide a theoretical basis for reasonable spatial allocation of forests, immersion method, cutting ring method, fixed head method and sulfuric acid potassium dichromate method were used to determine litter properties, soil porosity, soil permeability and soil nutrient status of the 0—40 cm soil layers of five kinds of forest. The results showed that. (1) The litter size and the maximum water holding capacity of the litter in the five forest types were in the order of *Picea crassifolia*-*Betula platyphylla* > *P. crassifolia*-*Larix principis-rupprechtii* > *P. crassifolia* forest > *L. principis-rupprechtii* forest > *Betula platyphylla* forest. (2) In the 0—40 cm soil layer, the average soil organic matter content was in the order of *P. crassifolia*-*L. principis-rupprechtii* > *P. crassifolia*-*B. platyphylla* > *B. platyphylla* forest > *P. crassifolia* forest > *L. principis-rupprechtii* forest. (3) In the 0—40 cm soil layer, soil bulk density of five kinds of forest types increased with the increment of soil depth, and followed the order of *B. platyphylla* forest > *L. principis-rupprechtii* forest > *P. crassifolia*-*B. platyphylla* > *P. crassifolia* forest > *P. crassifolia*-*L. principis-rupprechtii*. (4) In the 0—40 cm soil layer, total porosity of the soil under five forest types decreased with the increment of soil depth. The mean value of soil total porosity was in the order of *P. crassifolia*-*L. principis-rupprechtii* >

收稿日期: 2016-12-15

资助项目: 国家科技支撑计划“西北高寒山区防护林体系定向调控技术与示范”(2015BAD07B030302)

第一作者: 刘凯(1990—), 男, 硕士研究生, 主要从事水土保持、林业生态工程研究。E-mail: junminxianghuan@163.com

通信作者: 贺康宁(1962—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事水土保持、林业生态工程研究。E-mail: hkn@bjfu.edu.cn

P. crassifolia forest > *P. crassifolia*-*B. platyphylla* > *L. principis-rupprechtii* forest > *B. platyphylla* forest. (5) In the 0—40 cm soil layer, soil average infiltration rate of the five types of forests was in the order of *B. platyphylla* forest > *P. crassifolia*-*B. platyphylla* > *P. crassifolia*-*L. principis-rupprechtii* > *L. principis-rupprechtii* forest > *P. crassifolia* forest. (6) Based on the total water-holding capacity of litter and soil, water conservation function of the five types of forests followed the order of *P. crassifolia*-*L. principis-rupprechtii* (4 427.40 t/hm²) > *P. crassifolia* forest (4 365.33 t/hm²) > *P. crassifolia*-*B. platyphylla* (4 055.04 t/hm²) > *L. principis-rupprechtii* forest (3 729.64 t/hm²) > *B. platyphylla* forest (2 650.31 t/hm²).

Keywords: forest types; soil porosity; water conservation; litter; soil permeability

水源涵养功能是森林生态系统的主要服务功能之一,不同森林的结构与树种生物学特性不同造成了其林分水源涵养效应存在差异^[1]。深入认识和定量评价不同类型林地的涵养水源功能,对森林合理经营、改善水环境、实现水资源科学管理有重大意义^[2]。目前,我国学者对森林土壤特性与水源涵养功能研究较多,但对青海高寒山区不同类型森林的研究还较少。因此,本文以青海大通高寒山区 5 种主要林分类型为对象,测定和评价其土壤特性与水源涵养功能,以期为该区森林经营和森林水源涵养功能管理提供科学依据。

研究地点位于西宁市大通县的北川河流域,这是青海省西宁市的重要水源地,每年向西宁市供水约 $1.35\times10^8\text{ m}^3$,占西宁市总供水量的 70%,在保障西宁地区生态安全和水安全上有重要作用。因此,保护大通县森林植被,提高森林的水土保持和水源涵养等生态功能,显得尤为重要。本文测定了大通县 5 种主要森林类型的土壤理化性质和持水能力及枯落物层的持水能力,旨在为提高大通县的森林生态效能和森林经营水平提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

青海省西宁市大通县的地理坐标为 100°51′—101°55′ E,36°43′—37°33′ N,县域面积 3 090 km²,属大陆性高原气候。年均气温 2.8℃,极端高温和低温分别为 30.9℃和-33.1℃。多年平均降水量 510 mm,无霜期 70~120 d,年气温日较差平均为 14.7℃,年较差为 25.7℃。年湿润指数为 0.56~1.32。

土壤主要为山地棕褐土、栗钙土、黑钙土。

1.2 研究方法

1.2.1 标准地设置与调查 2016 年 6—8 月份,在青海大通县三趟沟进行采样和调查。在全面实地调查的基础上,每种林分类型选择 3 块标准地,面积为 400 m²(20 m×20 m)。调查林分包括当地 5 种典型的人工林:青海云杉(*Picea crassifolia*)林、白桦(*Betula platyphylla*)林、华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)林、云杉落叶松混交林(*Picea crassifolia*-*Larix principis-rupprechtii*)、云杉白桦混交林(*Picea crassifolia*-*Betula platyphylla*),5 种人工林林龄均为 32~34 a,对标准地进行每木检尺,并测量海拔、坡度等地形特征和密度、郁闭度等林分特征。各森林类型的标准地情况见表 1。

1.2.2 枯落物蓄积量及持水率测定 在每个标准地内,沿对角线设置 3 个 30 cm×30 cm 的小样方,在小样方内调查枯落物的厚度,按未分解层、半分解层和全分解层进行取样,然后拿回室内,测定枯落物的蓄积量、最大持水率和最大持水量。首先,将取回的枯落物样品精确称重后,置于烘箱中,在 80℃下烘至恒重后称干重,计算枯落物蓄积量和自然含水率;其次将烘干后的枯落物样品装入尼龙网袋中后浸入水盆中,浸水 24 h 后取出,将其空干后立刻称饱和湿重,从而计算枯落物最大持水率和最大持水量,计算公式为:

$$C=(W_1-W_0)/W_0\times100\% \tag{1}$$

式中: C 为枯落物最大持水率(%); W_1 为枯落物饱和湿重(kg); W_0 为枯落物干重(kg)。

表 1 样地概况

林分 类型	树种	郁闭度	海拔/ m	坡度/ (°)	密度/ (株·hm ⁻²)	平均 树高/m	平均 胸径/cm	平均冠幅/m	
								东西	南北
纯林	青海云杉	0.60	2855	20	2100	7.23	9.00	2.69	2.50
	白桦	0.63	2854	32	700	8.65	14.60	3.19	2.81
	落叶松	0.59	2850	14	1050	12.10	16.00	2.42	2.45
混交林	云杉×落叶松	0.68	2875	36	4000×800	5.50×8.60	7.13×13.25	1.54×2.23	1.31×2.06
	云杉×白桦	0.62	2858	23	1777×900	5.40×11.10	6.64×18.66	1.65×2.32	1.56×2.20

$$V=L \cdot C \tag{2}$$

式中:V 为枯落物最大持水量(t/hm²);L 为枯落物蓄积量(t/hm²)。

1.2.3 土壤持水量测定与土壤养分分析 在每种林分的标准地中心位置,挖 3 个土壤剖面,用环刀分层(0—20,20—40 cm)取样,每层 3 次重复,每种林地每层的总重复次数为 9 次,带回实验室采用环刀法^[3]测定土壤容重和孔隙度。采用 TWS—55 型渗透仪和自制的马里奥特瓶,用定水头法测定土壤渗透性。采用下式计算土壤的最大持水量与非毛管持水量,作为土壤蓄水性能指标。

$$W_t=10000 \cdot P_t \cdot h \tag{3}$$

$$W_a=10000 \cdot P_o \cdot h \tag{4}$$

$$W_c=10000 \cdot P_c \cdot h \tag{5}$$

式中:W_t 为土壤最大持水量(t/hm²);W_a 为土壤非毛管持水量(t/hm²);W_c 为土壤毛管持水量(t/hm²);P_o 为土壤非毛管孔隙度(%);P_c 为土壤毛管孔隙度(%);P_t 为

土壤总孔隙度(%);h 为土层厚度(m)^[4]。

土壤有机质含量测定采用硫酸重铬酸钾法;全氮含量测定采用凯氏定氮法;速效钾含量测定采用火焰光度计法^[5]。

2 结果与分析

2.1 不同林分类型的土壤性质

2.1.1 土壤养分状况 有机质含量通常被作为衡量土壤肥力水平高低的关键指标^[6],其值越大越利于形成良好的土壤团聚体^[2]。由表 2 可知,在 0—40 cm 土层范围内,5 种林分类型土壤的有机质含量均表现为随土层加深而减小,主要是由于枯落物分解后增加土壤有机质含量是从土壤表层开始的。在 0—40 cm 土层,土壤有机质含量平均值大小依次为云杉落叶松混交林(151.33 g/kg)>云杉白桦混交林(144.74 g/kg)>白桦林(139.30 g/kg)>青海云杉林(127.26 g/kg)>华北落叶松林(120.38 g/kg),2 种混交林的有机质含量较高。

表 2 不同林分类型的土壤理化性质

林分 类型	土层 深度/cm	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	非毛管 孔隙度/%	总孔 隙度/%
青海云杉	0—20	149.04	1.68	3.00	62.21	0.64	0.79	74.79
	20—40	105.47	1.69	3.02	62.62	0.67	0.56	66.08
白桦	0—20	142.16	1.23	1.39	24.11	1.11	2.89	45.39
	20—40	136.43	1.09	1.23	21.46	1.31	5.04	39.21
落叶松	0—20	134.14	1.54	3.72	40.59	0.94	1.36	62.06
	20—40	106.62	1.41	3.41	37.12	0.95	1.29	58.53
云杉×落叶松	0—20	170.82	1.01	2.56	21.73	0.61	1.53	73.88
	20—40	131.84	0.82	2.40	17.81	0.62	1.36	70.79
云杉×白桦	0—20	150.57	0.98	2.55	12.94	0.67	1.77	66.84
	20—40	138.91	0.88	2.29	11.63	0.69	2.11	64.29

全氮、速效磷、速效钾含量均随土层加深有减小趋势,但青海云杉林除外。5 种林地 0—40 cm 土层的全氮含量均值大小依次为青海云杉林(1.69 g/kg)>华北落叶松林(1.48 g/kg)>白桦林(1.16 g/kg)>云杉白桦混交林(0.93 g/kg)>云杉落叶松混交林(0.92 g/kg),这与青海云杉林地表凋落物中的氨态氮、硝态氮含量较其他 4 种林分类型高有关^[7]。速效磷含量均值大小依次为华北落叶松林(3.57 mg/kg)>青海云杉林(3.01 mg/kg)>云杉落叶松混交林(2.48 mg/kg)>云杉白桦混交林(2.42 mg/kg)>白桦林(1.31 mg/kg),主要原因是针叶林与针叶混交林地表枯落物中的磷含量均明显高于阔叶林及针阔混交林^[7]。速效钾含量均值大小依次为青海云杉林(62.42 mg/kg)>华北落叶松林(38.86 mg/kg)>白桦林(22.79 mg/kg)>云杉落叶松混交林(19.77 mg/kg)>云杉白桦混交林(12.29 mg/kg)。

2.1.2 土壤容重与孔隙度 土壤容重和孔隙度均是影响土壤水源涵养功能的重要参数。土壤容重越低,说明土壤越疏松、孔隙越多,水土保持和水源涵养能力越高;土壤孔隙度则直接影响土壤的通气性和透水性,并且调节土壤中水、肥、气、热和微生物活性^[8]。

由表 2 可知,5 种林分类型土壤容重均随着土壤深度增加而增加,其 0—40 cm 土层的均值大小依次为白桦林>华北落叶松林>云杉白桦混交林>青海云杉林>云杉落叶松混交林,变化范围为 0.62~1.21 g/cm³;非毛管孔隙度均值大小依次为白桦林>云杉白桦混交林>云杉落叶松混交林>华北落叶松林>青海云杉林,变化范围为 0.68%~3.97%;土壤总孔隙度均随土层加深而降低,均值大小依次为云杉落叶松混交林>青海云杉林>云杉白桦混交林>华北落叶松林>白桦林,变化范围为 42.30%~72.34%。综上可知,云杉落叶松混交林更利于涵养水源,其次是青

海云杉林和云杉白桦混交林,白桦林最差。

2.2 枯落物层水源涵养功能

森林枯落物层在保持水土、涵养水源、调节洪枯径流及地表和地下径流比例、改善土壤理化性质、延长洪水历时、提高土壤渗透性能等方面发挥着极其重要的价值^[9-10]。其蓄积量受林型、林龄、人为活动、生长季节、枯落物的输入量和分解速度等影响^[11]。由表 3 可知,5 种林分的枯落物总储量大小依次排序为云杉白桦混交林>云杉落叶松混交林>青海云杉林>华北落叶松林>白桦林。云杉白桦混交林的枯落物储量是白桦林的 3.7 倍。

表 3 不同林分类型的枯落物层特性

林分 类型	总储量/ (t·hm ⁻²)	自然 含水率/%	最大持水量/ (t·hm ⁻²)	最大 持水率/%
青海云杉	35.48	56.90	106.13	299.13
白桦	11.25	61.77	34.26	304.57
华北落叶松	27.30	58.10	67.32	246.60
云杉×落叶松	39.28	57.40	118.42	301.47
云杉×白桦	41.52	64.42	146.77	353.50

枯落物层的持水能力多用其最大持水率和最大持水量表示,其值大小与林龄、林分类型、枯落物分解状况和组成等有关^[12]。由表 3 可知,5 种林型的枯落物最大持水率变化范围为 246.60%~353.50%,大小依次为云杉白桦混交林>白桦林>云杉落叶松混交林>青海云杉林>华北落叶松林,云杉白桦混交林是白桦纯林的 1.16 倍,云杉落叶松混交林是落叶松纯林的 1.22 倍,即针阔混交林优于阔叶林,阔叶林优于针叶林。枯落物层的最大持水量变动范围是 34.26~146.77 t/hm²,大小依次为云杉白桦混交林>云杉落叶松混交林>青海云杉林>华北落叶松林>白桦林,云杉白桦混交林是白桦纯林的 4.28 倍,云杉落叶松混交林是落叶松纯林的 1.76 倍。从枯落物层的蓄积量和最大持水量来看,云杉白桦混交林最好,其次是云杉落叶松混交林,最差的是白桦林。

2.3 土壤水源涵养功能

林地土壤对降水的涵养调节功能,主要体现在林地土壤对水分的静态涵养能力(蓄水能力)和动态调节能力(渗透性能)上^[13]。这 2 个方面功能的强弱直接影响着降水经过森林群落再分配后的时空分布状况,尤其对地表径流、地下径流、土壤潜流以及地下水的补给有重要影响^[14]。

2.3.1 土壤入渗特性 土壤入渗特性影响着土壤将地表径流转化为壤中流和地下径流的能力,对森林水源涵养功能有重要影响^[15],受土壤质地、孔隙度、有机质、土壤结构等多方面因素的影响,其值越大,表示增加入渗、减少侵蚀、理水调洪功能越强。

由表 4 可知,5 种林分的 0—40 cm 土层的平均土壤初渗速率大小依次为白桦林(4.97 mm/min)>云杉白桦混交林(3.71 mm/min)>云杉落叶松混交林(3.41 mm/min)>华北落叶松林(2.18 mm/min)>青海云杉林(1.57 mm/min),平均稳渗速率大小依次为白桦林(1.11 mm/min)>云杉白桦混交林(0.75 mm/min)>云杉落叶松混交林(0.50 mm/min)>华北落叶松林(0.35 mm/min)>青海云杉林(0.30 mm/min)。不同林分类型的土壤渗透性差异明显,主要是土壤毛管孔隙度大小和组成所影响。

表 4 不同林分类型的土壤水分入渗特性

林分类型	初渗速率/(mm·min ⁻¹)		稳渗速率/(mm·min ⁻¹)	
	0—20 cm	20—40 cm	0—20 cm	20—40 cm
青海云杉	1.79	1.34	0.30	0.30
白桦	5.08	4.85	0.92	1.30
落叶松	2.12	2.23	0.10	0.60
云杉×落叶松	1.40	5.42	0.60	0.40
云杉×白桦	6.12	1.30	1.00	0.50

2.3.2 土壤贮水特性 土壤水分直接影响树木生长和土壤中各种物质的转化过程^[16],土壤受森林生态系统结构的影响而在林地上表现为变化复杂^[17]。土壤最大持水量反应了土壤贮存和调节水分的潜在能力^[18],其在 5 种林分类型中均随土层加深而增加。由表 5 可知,5 种林分类型的土壤最大持水量大小为云杉落叶松混交林(4 308.98 t/hm²)>青海云杉林(4 259.20 t/hm²)>云杉白桦混交林(3 908.27 t/hm²)>落叶松林(3 662.32 t/hm²)>白桦林(2 616.05 t/hm²)。土壤毛管孔隙中的水分能较长时间保持在土壤中,主要用于土壤蒸发和植物根系吸收^[16]。土壤毛管持水量大小依次为云杉落叶松混交林(4224.06 t/hm²)>青海云杉林(4 220.80 t/hm²)>云杉白桦混交林(3 789.00 t/hm²)>落叶松林(3 583.38 t/hm²)>白桦林(2 356.59 t/hm²)。土壤非毛管蓄水量是森林土壤水文调节功能的重要评价指标^[19],在不同林分类型中差别较大,大小依次为白桦林(259.46 t/hm²)>云杉白桦混交林(119.28 t/hm²)>云杉落叶松混交林(84.91 t/hm²)>落叶松林(78.94 t/hm²)>青海云杉林(38.40 t/hm²)。

3 讨论

土壤有机质含量是影响土壤水分涵养特性的关键因素^[20],在 0—40 cm 土层范围内,其随土层加深而下降,在混交林下高于纯林,阔叶林高于针叶林,主要是因为混交林和阔叶林下利于更多植物生长,每年新增枯落物较多。全氮、速效磷、速效钾均随着土层深度增加有减小的趋势,但青海云杉林除外,这可能是青海云杉枯落物的分解机制、云杉对土壤中养分的

吸收与其他 4 种林分类型不同所导致的。

云杉落叶松混交林、青海云杉林、云杉白桦混交林的土壤容重较小,总孔隙度较大,说明其林下土壤的通气性较好。此外,枯落物特性、土壤种类和植物根系分布不同导致了不同林分类型土壤容重差异的

产生。在非毛管孔隙度方面,不同林分类型土壤非毛管孔隙度随土壤深度的增加无统一变化规律,青海云杉、华北落叶松、云杉落叶松混交林随着土层深度的增加而减小,但白桦、云杉白桦混交林随着土层深度增加而增加,这与曹恒^[21]研究结果一致。

表 5 不同林分类型的土壤贮水性能

林分类型	土层深度/cm	最大持水量/ (t·hm ⁻²)	毛管持水量/ (t·hm ⁻²)	非毛管持水量/ (t·hm ⁻²)	非毛管持水深/mm
青海云杉	0—20	1375.87	1360.00	15.87	1.59
	20—40	2883.33	2860.80	22.53	2.25
	合计	4259.20	4220.80	38.40	3.84
白桦	0—20	767.90	710.18	57.72	5.77
	20—40	1848.15	1646.41	201.74	20.17
	合计	2616.05	2356.59	259.46	25.94
落叶松	0—20	1161.28	1134.02	27.26	2.73
	20—40	2501.04	2449.36	51.68	5.17
	合计	3662.32	3583.38	78.94	7.90
云杉×落叶松	0—20	1477.56	1446.96	30.60	3.06
	20—40	2831.42	2777.10	54.31	5.43
	合计	4308.98	4224.06	84.91	8.49
云杉×白桦	0—20	1336.78	1301.41	35.38	3.54
	20—40	2571.49	2487.59	83.90	8.39
	合计	3908.27	3789.00	119.28	11.93

云杉白桦混交林下的枯落物储量最高,白桦林下的最小,前者是后者的 3.7 倍,主要是林型、枯落物性质与分解速率不同所致。云杉白桦混交林的枯落物最大持水量最高(146.77 t/hm²);白桦林的最低(34.26 t/hm²),主要是因不同林分类型的枯落物蓄积量及最大持水率不同所致。从最大持水率可以看出,针阔混交林的枯落物水源涵养功能要高于阔叶林,阔叶林高于针叶林,主要原因是针阔混交林下的枯落物特性、枯落物分解速率及叶片大小对吸水更加有利。

初渗速率和稳渗速率的表现规律均与土壤非毛管孔隙度一致,说明土壤渗透性能主要取决于土壤非毛管孔隙度。5 种林分中,白桦林的土壤入渗性能最好,青海云杉林最差,这可能与土壤容重有很大关系,刘广路等^[22]研究表明,土壤容重与土壤入渗性能呈显著负相关。5 种林分类型最大持水量的排序与土壤总孔隙度一致,是因在土层厚度相同条件下,土壤总孔隙度是决定最大持水量的唯一因素。依据林地总贮水量大小,云杉落叶松混交林最大,青海云杉次之,白桦林最小。而白桦的非毛管持水量却最大,主要原因是其林下土壤的非毛管孔隙度较大所致。建议今后多营造混交林和青海云杉林,适当减小白桦林,并加强保护地表枯落物,以更好发挥青海高寒山区森林的涵养水源效益。从 5 种林分土壤的最大持

水量和枯落物的最大持水量可以看出,5 种林分的土壤的贮水量均大于 96%,说明土壤是森林水源涵养的主要贮水库,这与王甜等^[23]研究结果一致。

本文只是选择立地条件基本相同的 5 种林分进行比较,从土壤理化性质、养分状况、枯落物性质、贮水特性入手,比较不同林分的水源涵养功能强弱,对当地植树造林和森林管理具有一定指导意义。但未对同种林分下不同密度、不同坡向、不同土壤厚度等条件下的林分进行对比,需进一步研究和评价密度、坡向、土层厚度等对森林贮水性能的影响;此外,森林的水源涵养功能如何随林龄而变,也需未来深入探究。

4 结 论

(1)0—40 cm 土层,5 种林分类型土壤有机质的含量均表现为随着土层深度增加而减小,云杉落叶松混交林下的土壤有机质含量最高(151.33 g/kg),分别是云杉白桦混交林,白桦林,青海云杉林,华北落叶松林的1.05, 1.09,1.19,1.26 倍,全氮、速效磷、速效钾均随着土层深度增加有减小的趋势,但青海云杉林除外。

(2)土壤容重均值最大的为白桦林,最小的为云杉落叶松混交林,在 0—40 cm 土层范围内,呈现出随着土壤深度增加,土壤容重增大的趋势。5 种林分土壤总孔隙度变化趋势与土壤容重趋势相反,总孔隙度均值大小依次为云杉落叶松混交林>青海云杉林>

云杉白桦混交林>华北落叶松林>白桦林。

(3)5 种林分枯落物层持水量的研究表明,云杉白桦混交林的最大持水量最大,为 146.77 t/hm²,相当于 14.68 mm 水深。白桦林的最大持水量最小,为 34.26 t/hm²,相当于 3.43 mm 水深。

(4)5 种林分的土壤平均初渗速率和稳渗速率大小均表现为白桦林>云杉白桦混交林>云杉落叶松混交林>华北落叶松林>青海云杉林。云杉落叶松混交林土壤的最大持水量最大,为 4 308.98 t/hm²,相当于 430.90 mm 水深,青海云杉林次之,为 4 259.20 t/hm²,白桦林最小,为 2 616.05 t/hm²,相当于 261.60 mm 水深。

(5)依据林地总贮水量大小,5 种林分类型水源涵养能力大小为云杉落叶松混交林(4 427.40 t/hm²)>青海云杉(4 365.33 t/hm²)>云杉白桦混交林(4 055.04 t/hm²)>华北落叶松(3 729.64 t/hm²)>白桦(2 650.31 t/hm²)。

参考文献:

- [1] 贺淑霞,李叙勇,莫菲,等. 中国东部森林样带典型森林水源涵养功能[J]. 生态学报,2011,31(12):3285-3295.
- [2] 肖洋,满秀玲,范金凤. 公别拉河流域主要森林类型的土壤肥力与涵养水源功能[J]. 东北林业大学学报,2006,34(1):28-30.
- [3] 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.
- [4] 韩雪成,赵雨森,辛颖,等. 大兴安岭北部火烧迹地兴安落叶松人工林土壤水文效应[J]. 水土保持学报,2012,26(4):183-188.
- [5] 郑必昭. 土壤分析技术指南[M]. 北京:中国农业出版社,2013:206-214.
- [6] 陈立新. 东北山地人工林生态系统土壤肥力的研究[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,2000:38-42.
- [7] 左巍,贺康宁,田赞,等. 青海高寒区不同林分类型凋落物养分状况及化学计量特征[J]. 生态学杂志,2016,35(9):2271-2278.
- [8] 游秀花. 马尾松天然林不同演替阶段土壤理化性质的变化[J]. 福建林学院学报,2005,25(2):121-124.
- [9] Dunkerley D. Percolation through leaf litter: What happens during rainfall events of varying intensity? [J]. Journal of Hydrology, 2015, 525(6): 737-746.
- [10] 龚伟,胡庭兴,王景燕,等. 川南天然常绿阔叶林人工更新后枯落物层持水特性研究[J]. 水土保持学报,2006,20(3):51-55.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 胡阳,邓艳,蒋忠诚,等. 岩溶坡地不同植被类型土壤水分入渗特征及其影响因素[J]. 生态学杂志,2016,35(3):597-604.
- [14] 刘宇,郭建斌,邓秀秀,等. 秦岭火地塘林区 3 种土地利用类型的土壤潜在水源涵养功能评价[J]. 北京林业大学学报,2016,38(3):73-80.
- [15] 徐萍,刘霞,张光灿,等. 鲁中山区小流域不同土地利用类型的土壤分形及水分入渗特征[J]. 中国水土保持科学,2013,11(5):89-95.
- [16] 林大仪. 土壤学[M]. 北京:中国林业出版社,2002:244-245.
- [17] Shi J Y, Yuan X F, Lin H R, et al. Differences in soil properties and bacterial communities between the rhizosphere and bulk soil and among different production areas of the medicinal plant fritillaria thunbergii[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2011, 12(6): 3770-3785.
- [18] 张远东,刘世荣,罗传文,等. 川西亚高山林区不同土地利用与土地覆盖的地被物及土壤持水特征[J]. 生态学报,2009,29(2):627-635.
- [19] 马雪华. 森林水文学[M]. 北京:中国林业出版社,1993:124-126.
- [20] 杨继松,刘景双,孙丽娜. 温度、水分对湿地土壤有机碳矿化的影响[J]. 生态学杂志,2008,27(1):38-42.
- [21] 曹恒. 青海高寒区不同人工林地土壤和枯落物的水文功能研究[D]. 北京:北京林业大学,2014.
- [22] 刘广路,范少辉,漆良华,等. 不同类型毛竹林土壤渗透性研究[J]. 水土保持学报,2008,22(6):44-47.
- [23] 王甜,康峰峰,韩海荣,等. 山西太岳山油松人工幼龄林水源涵养能力对密度调控的响应[J]. 水土保持学报,2015,29(2):133-138.