

冀北山地华北落叶松人工林水源涵养功能分析^{*}

徐学华¹, 于树峰², 崔立志², 黄选瑞¹, 盖力岩²

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省木兰林管局, 河北 围场 068450)

摘 要:以混交林为对照,对冀北山地 35 a 生的华北落叶松人工林枯落物持水量、土壤水分物理特性和土壤入渗特性进行研究。结果表明:与混交林相比,不同郁闭度林分枯落物有效拦蓄量、土壤总孔隙度、毛管蓄水量、非毛管蓄水量、总蓄水量、初渗速率和稳渗速率均小于混交林,并随林分郁闭度的降低有下降的趋势。林地枯落物最大持水量和有效持水量分别为 4.45 ~ 48.02 t/hm² 和 3.19 ~ 35.97 t/hm²。林地总蓄水量随着郁闭度的增加呈现增加趋势,混交林最大,为 1 262.08 t/hm²,土壤的贮水量占总蓄水量的 96 % 以上,水源涵养功能以土壤层为主,表明华北落叶松人工林水源涵养功能低下。

关键词:华北落叶松; 土壤入渗; 水源涵养; 枯落物; 持水能力

中图分类号:S727.21;S791.22

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)05-0162-05

Analysis on Water Conservation Function of *Larix Principis-rupprechtii* Man-made Forest in North Mountain of Hebei Province

XU Xue-hua¹, YU Shu-feng², CUI Li-zhi², HUANG Xuan-rui¹, GE Li-yan²

(1. College of Forestry, Agriculture University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China; 2. Mulan Forest Administration Bureau of Hebei, Weichang, Hebei 068450, China)

Abstract: Compared with mixed forest, moisture retention power of litter, characteristics of soil hydrologic-physical properties and soil infiltration of 35-year different canopy density *Larix Principis-rupprechtii* man-made forest in north mountain of Hebei province are studied. The results showed that available impoundage of litter, total porosity, capillary impoundage, non-capillary impoundage, total impoundage, start infiltration speed rate and stable infiltration speed rate of soil in mixed forest are better effect than man-made forest. These are reduced with canopy density lowering. Maximum moisture holding capacity and available moisture holding capacity of litter was 4.45 ~ 48.02 t/hm² and 3.19 ~ 35.97 t/hm². Total impoundage of forest land increased with canopy density raised. Total impoundage of woodland in mixed forest was maximal (1 262.08 t/hm²). The soil water storage quantity accounts for the total water-holding capacity above 95 %, water conservation function by soil level primarily. The results showed that water conservation function was low in *Larix Principis-rupprechtii* man-made forest.

Key words: *Larix Principis-rupprechtii*; soil infiltration; water conservation; litter; moisture retention power

森林的水源涵养功能是森林生态系统的重要生态功能之一,不同森林类型由于其树种的生物学特性和生态学特性以及森林结构的差异,其林分整体水源涵养效应存在一定的差异^[1-2]。华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)林是冀北山地重要

的人工林类型,但由于受不合理造林技术以及人为干扰和牲畜践踏的影响,较多林分开始出现生长衰退、水源涵养功能降低的现象。针对这些突出问题,为改善华北落叶松林分状况,增加林分的水源涵养能力,从改善不同郁闭度林分水源涵养功能入手,为

^{*} 收稿日期:2009-04-10

基金项目:国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD03A11-5);国家林业局森林认证项目(S2006007)

作者简介:徐学华(1976-),男,宁夏中卫人,博士生,讲师,主要从事生态学教学和科研工作。E-mail:xuehuaxu2001@163.com

通信作者:盖力岩(1972-),女,河北围场人,林业工程师,现从事造林工作。E-mail:geliyan@yeah.net

造林树种选择和改造措施奠定基础,以利于发挥华北落叶松林的水源涵养功能。为此,对冀北山地20世纪70年代初营造的华北落叶松人工林进行研究,从不同郁闭度人工林和混交林的枯落物层持水特性、土壤入渗性能和土壤水分物理性质3个方面分析水源涵养能力,旨在冀北山地华北落叶松人工林植被的可持续经营提供理论依据和技术指导。

1 研究区概况

研究地区位于河北省面积最大的木兰围场国有林场管理局(41°35′ - 42°37′ N, 116°48′ - 118°20′ E)。海拔1 011 ~ 1 230 m。该地区具有水热同季,冬长夏短、四季分明、昼夜温差大的特征;无霜期67 ~ 128 d;年平均气温-1.4 ~ 4.7℃;年均降水量380 ~ 560 mm,主要集中在7 - 9月三个月,占全年降水量的78%;年均蒸发量1 462.9 ~ 1 556.8 mm,平均相对湿度63%;土壤为棕壤。观测的落叶松人工林为1972年建造,平均密度为750株/hm²;林分为纯林,平均高10.5 m,平均胸径13.5 cm,平均郁闭度0.35。林下灌木零星分布,主要有柔毛绣线菊(*Spiraea pubescens*)、美丽胡枝子(*Lespedeza formosa*)等。草本植物主要有苔草(*Carex plantaginea*)、小红菊(*Dendranthema chianetii*)、猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)、鹅绒萎陵菜(*Potentilla anserina*)、长茎飞蓬(*Erigeron acer*)、裂叶荆芥(*Schizonepeta tenuifolia*)、蒲公英(*Herba Taraxaci*)、费菜(*Sedum aizoon*)、石沙参(*Adenophora polyantha*)、草地老鹳草(*Geanium daharicum*)等。研究区周边是一个小村庄,由于人为干扰(修枝)强度较大,林分郁闭度较低,为0.2 ~ 0.6;另外牲畜践踏较为严重,因此对华北落叶松人工林产生了较大的影响。

2 研究方法

2.1 样地调查

华北落叶松在冀北山地的半阳坡和半阴坡有着大量的分布,2007年7月经过充分踏查后,在木兰围场选取35龄的半阳坡华北落叶松人工林作为研究对象,此林分受到了一定的人为干扰,林下灌草层植物类型相似,但林分的郁闭度不同,郁闭度为0.2 ~ 0.6。该文选择郁闭度分别为0.25, 0.35, 0.45, 0.55, 0.60的林分作为研究对象,林分状况见表1。每种郁闭度林分共设样地3块,面积为20 m × 30 m,样地共15块。由于样地内灌木种类少,并且盖度不高,故采取灌木、草本在同一样方中调查,灌木样方面积为5 m × 5 m,每样地内设5个样方,草本样方1 m × 1 m。同时,选择有相似人为干扰的同年

龄的华北落叶松林混交林作为对照,郁闭度为0.60,设置3块样地,方法同上。调查内容包括:地形地貌、人为干扰、土壤类型、海拔、坡向、坡位、坡度等;群落学特征包括:样方内灌、草层物种的个体数量、高度、盖度、基径等;在每个样地中设置5个50 cm × 50 cm的小样方,收集其全部枯枝落叶带回进行测定。

2.2 枯落物持水能力测定

枯落物持水性能是反映枯落物涵养水分能力的重要指标,主要取决于枯落物的组成、质地、结构和分解程度等。按照森林土壤定位研究法进行最大持水率、有效拦蓄率、自然含水量等指标的测定。并由此计算最大持水量、有效拦蓄率和有效拦蓄量等^[3-4]。

2.3 土壤水分物理性质的测定

在每个标准地内随机设置3个土壤剖面,利用环刀法取原状土样,测定土壤容重、毛管孔隙度、毛管蓄水量、非毛管孔隙度、非毛管蓄水量、总孔隙度、总蓄水量、渗透性能等,测定方法参考文献[5]。

3 结果与分析

3.1 不同郁闭度林分枯落物持水能力

枯落物层在森林生态系统中具有非常重要的水文功能,枯落物层的蓄水量取决于其在林地上的积累量和它本身的持水能力,而这些又与森林的树种构成、林分发育、林分的水平及垂直结构、枯落物的分解状况等多种因素有关^[6-8]。枯落物除了防止降雨对土壤表面的击溅,增加土壤有机质外,具有很大的吸水能力和透水性,对涵养水源有一定的作用,因而枯落物持水量是评价植被水源涵养功能的一个重要指标。

对不同郁闭度的枯落物持水量特征进行研究(表2),结果表明,枯落物重量随着郁闭度的增加,有增大的趋势,但总体上来讲,均较小。郁闭度0.60的林分是郁闭度0.25的3.57倍,对照地枯落物干重是郁闭度0.25的10.19倍。对于研究的6种林分,枯落物最大持水量是自身重量的2.5 ~ 4.1倍,最大持水率在257.44% ~ 405.80%。随着郁闭度的增加,最大持水量呈现增加的趋势,混交林最大持水量48.015 t/hm²,是相同郁闭度人工林最大持水量的2.38倍。有效拦蓄量也随郁闭度的增加而增加。同年齡的华北落叶松混交林有效拦蓄量为35.968 t/hm²,是相同郁闭度人工林有效拦蓄量的2.35倍。说明华北落叶松混交林枯落物具有较强的水源涵养能力,但人工林水源涵养能力不强。

表 1 调查林分状况

郁闭度	林层结构	主要植物种类	土层厚度/ cm	平均高度/ m	坡度/ (°)	海拔/ m	平均盖度/ %	平均胸径(基径)/ cm
0.25	乔木层	华北落叶松		10.60			-	16.2
	灌木层	柔毛绣线菊、美丽胡枝子等	60	0.18	12	1180	0.5	0.25
	草本层	苔草、石沙参、小红菊、柔毛萎陵菜等		0.11			30	-
0.35	乔木层	华北落叶松		10.40			-	15.7
	灌木层	柔毛绣线菊、美丽胡枝子等	60	0.17	11	1190	0.5	0.20
	草本层	苔草、小红菊、柔毛萎陵菜、长茎飞蓬等		0.10			35	-
0.45	乔木层	华北落叶松		10.30			-	15.5
	灌木层	柔毛绣线菊、美丽胡枝子等	65	0.14	12	1200	0.5	0.30
	草本层	苔草、小红菊、大丁草、大花旋覆花等		0.09			35	-
0.55	乔木层	华北落叶松		9.80			-	15.1
	灌木层	柔毛绣线菊、美丽胡枝子等	65	0.13	12	1210	0.5	0.25
	草本层	苔草、绒蒿、草地老鹳草、柔毛萎陵菜等		0.08			35	-
0.60	乔木层	华北落叶松		9.60			-	14.9
	灌木层	苔草、猪毛蒿、苦蕒菜、狗尾草等	65	0.13	12	1220	0.5	0.20
	草本层	柔毛绣线菊、美丽胡枝子等		0.08			40	-
对照	乔木层	华北落叶松、白桦、蒙古栎等		14.30			-	19.3
	灌木层	柔毛绣线菊、平榛、山刺梅等	70	3.50	15	1210	30	4.5
	草本层	苔草、大丁草、小红菊、费菜、石沙参等		0.15			15	-

表 2 不同郁闭度林分枯落物持水能力指标

郁闭度	干重/ (t · hm ⁻²)	最大持水量/ (t · hm ⁻²)	最大持水率/ %	自然持水率/ %	自然持水量/ (t · hm ⁻²)	有效拦蓄率/ %	有效拦蓄量/ (t · hm ⁻²)
0.25	1.729	4.451	257.44	33.97	0.587	184.85	3.196
0.35	3.229	13.104	405.80	12.35	0.398	332.58	8.005
0.45	4.205	11.023	262.13	32.17	1.352	190.64	8.017
0.55	3.393	10.934	322.24	25.73	0.873	248.17	8.421
0.60	6.174	20.179	326.82	30.21	1.865	247.59	15.286
对照	17.614	48.015	272.59	27.5	4.844	204.19	35.968

3.2 不同郁闭度林分土壤持水能力

土壤容重的大小反映了森林植被对土壤物理性质的改善程度,土壤容重和孔隙度直接影响到土壤的通气性和透水性,是决定森林土壤水源涵养功能的重要指标^[9]。由表 3 可知,随着华北落叶松林分郁闭度的增加,土壤容重均值有减少的趋势,并且混交林土壤容重 1.27 g/cm³,低于各郁闭度的人工林。各郁闭度人工林土壤容重呈现 40 - 60 cm > 0 - 20 cm > 20 - 40 cm 的趋势,原因在于有人为干扰和动物的践踏,另一方面是草本植物层种类稀少;但混交林呈现 0 - 20 cm > 20 - 40 cm > 40 - 60 cm 的趋势。对森林生态系统而言,毛管空隙度的大小反映了森林植被吸持水份用于维持自身生长发育的能力,而非毛管空隙度的大小反映了森林植被滞留水分、发挥涵养水源和消减洪水的能力^[10]。由表 3 中可以看出,随着郁闭度的增加,毛管空隙度均值大小

呈现逐步增加的趋势,表明较大郁闭度林分土壤中有效水贮存量较大,利于植物根系对水分的吸收。同时随着郁闭度的增加,非毛管空隙度有增加的趋势,说明郁闭度较大的林分水源涵养能力较强。与相同郁闭度的林分相比,混交林 0 - 60 cm 土壤非毛管孔隙度增加了 12.7%,总孔隙度增加了 3.6%。表明混交林土壤结构较好,有利于林地蓄水保土。

土壤的蓄水能力是林分土壤水源涵养功能的一个重要指标,林地土壤是森林生态系统贮存水分的主要容库,在土层厚度一致的条件下,林地土壤的蓄水性能取决于土壤孔隙度的大小和组成,评价林地土壤的蓄水能力一般以最大蓄水量、毛管蓄水量、非毛管蓄水量为指标^[11]。土壤总蓄水量是毛管和非毛管蓄水量的总和,反映了土壤贮藏和调节水分的潜在能力^[12]。由表 3 可知,随着郁闭度的增加,土壤总蓄水量均值逐步增加,混交林为 1 073.67

t/hm²,大于人工林,是郁闭度 0.25 的 1.24 倍,表明华北落叶松混交林具有较强的蓄水能力。

3.3 不同郁闭度林分土壤渗透性能

土壤的渗透性能也是林分水源涵养功能的重要指标。它与土壤质地、结构、孔隙度、有机质、土壤湿度有关,渗透性能良好的土壤,在一定的降雨强度条件下,水分可以充分地进入土壤贮存起来或转变为地下径流,不易形成地表径流,使林地水土流失得到有效控制^[13]。不同林分的土壤渗透性不一样(表 4)。随着郁闭度的增加,林分的初渗速率和稳渗速率呈现增加的趋势。相同郁闭度的人工林和混交林相比较,人工林 0-20 cm、20-40 cm、40-60 cm 的初渗速率和稳渗速率是混交林的 87.2%,89.4%和 78.8%;79.6%,81.8%和 87.5%。郁闭度 0.60 的林分的初渗速率和稳渗速率分别是郁闭度 0.25 林分的 134.9%,134.2%,130.9%,159.3%,163.6%,175.0%。同一林分随着土层深度的增加,初渗速率和稳渗速率呈现逐步降低的趋势,表明表

层土壤的渗透能力较大,这主要是地表枯落物的分解,增加了土壤的孔隙度和土壤的入渗能力。由此可见,不同郁闭度的林分土壤渗透性能差别明显,郁闭度较大的林分蓄水能力大于郁闭度较小的林分,并且混交林高于人工林。

3.4 不同郁闭度林分土壤水源涵养功能综合评价

综合分析枯落物持水量、土壤水分物理特性和土壤入渗特性,依据林地总蓄水量(土壤最大持水量和枯落物饱和持水量)的大小评价不同郁闭度林分水源涵养功能。0.25 的林分林地总蓄水量为 876.19 t/hm²,0.35 的林分林地总蓄水量 962.67 t/hm²,0.45 林分林地总蓄水量 984.08 t/hm²,0.55 的林分林地总蓄水量 986.55 t/hm²,0.60 的林分 1 013.26 t/hm²,对照林地总蓄水量为 1 262.08 t/hm²,土壤的贮水量占总蓄水量的 96%以上,水源涵养功能以土壤层为主。枯落物贮水量不到 4%,表明枯落物贮水方面的作用较小,也验证了人工林易引起水土流失。

表 3 不同郁闭度林分土壤持水能力

郁闭度	土壤 厚度/cm	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	最大持水量/ (t·hm ⁻²)	毛管孔 隙度/%	毛管蓄水量/ (t·hm ⁻²)	非毛管 孔隙度/%	非毛管蓄水量/ (t·hm ⁻²)	总孔 隙度/%	总蓄水量/ (t·hm ⁻²)
0.25	0-20	1.40	866.06	41.62	832.34	1.60	32.00	43.22	864.34
	20-40	1.35	897.90	43.31	866.21	1.25	25.00	44.56	891.21
	40-60	1.42	848.77	40.86	817.12	1.65	33.00	42.51	850.12
	平均每 10 cm	1.39	871.74	41.93	838.56	1.50	30.00	43.43	868.56
0.35	0-20	1.29	937.08	45.56	911.10	1.15	23.00	46.71	934.10
	20-40	1.24	969.50	47.65	952.90	0.70	14.00	48.35	966.90
	40-60	1.32	938.99	45.72	914.30	1.10	22.00	46.82	936.30
	平均每 10 cm	1.28	949.57	46.31	926.10	0.98	19.67	47.29	945.77
0.45	0-20	1.29	981.49	46.47	929.45	2.55	51.00	49.02	980.45
	20-40	1.23	1011.99	47.09	941.76	3.00	60.00	50.09	1001.76
	40-60	1.34	918.54	42.19	843.72	3.10	62.00	45.29	905.72
	平均每 10 cm	1.29	973.06	45.25	904.98	2.88	57.67	48.13	962.64
0.55	0-20	1.27	983.89	45.56	911.29	2.79	55.80	48.35	967.09
	20-40	1.14	1101.85	51.09	1021.77	3.80	76.00	54.89	1097.77
	40-60	1.38	918.10	41.92	838.47	3.85	77.00	45.77	915.47
	平均每 10 cm	1.28	975.62	46.19	923.84	2.36	69.60	49.67	993.44
0.60	0-20	1.14	1001.02	46.31	926.24	3.75	75.00	50.06	1001.24
	20-40	1.06	1119.74	51.84	1036.75	4.05	81.00	55.89	1117.75
	40-60	1.14	990.32	46.14	922.72	3.30	66.00	49.44	988.72
	平均每 10 cm	1.25	993.08	48.10	961.90	3.70	74.00	51.80	1035.90
对照	0-20	1.13	1045.84	47.76	955.21	4.50	90.00	52.26	1045.21
	20-40	1.26	1219.86	53.96	1079.20	4.20	84.00	58.16	1163.20
	40-60	1.42	1383.10	46.83	936.60	3.80	76.00	50.63	1012.60
	平均每 10 cm	1.27	1214.06	49.52	990.34	4.17	83.33	53.68	1073.67

表 4 不同郁闭度林分土壤渗透性能

郁闭度	初渗速率/(mm·min ⁻¹)			稳渗速率/(mm·min ⁻¹)		
	0 - 20 cm	20 - 40 cm	40 - 60 cm	0 - 20 cm	20 - 40 cm	40 - 60 cm
0.25	22.3	18.4	13.6	2.7	2.2	1.6
0.35	23.7	19.2	14.2	3.1	2.5	1.9
0.45	25.6	21.5	15.3	3.2	2.9	2.1
0.55	27.8	23.4	16.7	3.8	3.3	2.2
0.60	30.1	24.7	17.8	4.3	3.6	2.8
对照	34.5	27.6	22.6	5.4	4.4	3.2

4 结 论

(1) 受枯落物自重和自然含水量的影响,对于研究的 6 种华北落叶松林分,枯落物最大持水量是自身重量的 2.5 ~ 4.1 倍,最大持水率为 257.44 % ~ 405.80 %,持水能力混交林大于人工林,人工林郁闭度越小,持水量能力越小。

(2) 土壤总孔隙度为 43.43 % ~ 53.68 %,混交林总孔隙度大于人工林。土壤的总蓄水能力为 868.56 ~ 1 073.67 t/hm²,郁闭度越大,土壤蓄水能力越强;混交林大于人工林。

(3) 土壤表层的初渗速率稳渗速率大于下层,分别为 22.3 ~ 34.5 mm/min 和 2.7 ~ 5.4 mm/min;郁闭度较大的林分土壤渗透能力大于郁闭度较低的林分,并且混交林高于人工林。随着土层厚度的增加,土壤的初渗速率和稳渗速率呈现下降的趋势。

(4) 林地总蓄水量也以混交林为最大,是 1 262.08 t/hm²,土壤的贮水量占总蓄水量的 96 % 以上。以上充分说明相似的林地状况(立地条件、人为干扰、林层结构和密度等),较大的郁闭度人工林和混交林具有较强的水源涵养功能,这为冀北山地华北落叶松人工林的恢复和可持续经营提供了一条途径。

参考文献:

[1] 黄进,张金池,淘宝先. 江宁小流域主要森林类型水源涵养功能研究[J]. 水土保持学报,2009,23(1):182-186.

[2] 王金叶,车克钧. 干旱半干旱山地森林的水分调节功能[J]. 林业科学,2001,37(5):120-125.

[3] 方海东,纪中华,杨艳鲜,等. 金沙江干热河谷新银合欢人工林枯落物层持水特性研究[J]. 水土保持学报,2005,19(5):52-55.

[4] 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.

[5] 罗洪义,丁方军. 土壤学实验[M]. 成都:成都科技大学出版社,1995:35-39.

[6] 李红云,杨吉华,鲍玉海,等. 山东省石灰岩山区灌木林枯落物持水性能研究[J]. 水土保持学报,2005,19(1):44-46.

[7] 林波,刘庆,吴彦,等. 亚高山针叶林人工恢复过程中凋落物动态分析[J]. 应用生态学报,2004,15(9):1491-1496.

[8] Kavvadias V A, Alifragis D, Tsiontsis A, et al. Litter fall litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece[J]. Forest Ecology Management,2001,144(1/3):113-117.

[9] 魏强,张秋良,代海燕,等. 大青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,2008,22(2):111-115.

[10] 刘霞,张光灿,李雪蕾,等. 小流域生态修复过程中不同森林植被土壤入渗与贮水特征[J]. 水土保持学报,2004,22(2):1-5.

[11] 黄进,张金池,淘宝先. 江宁小流域主要森林类型水源涵养功能研究[J]. 水土保持学报,2009,29(1):182-186.

[12] 徐小牛,邓文鑫,张贇齐. 安徽老山亚热带常绿阔叶林不同林龄阶段土壤特性及其水源涵养功能的变化[J]. 水土保持学报,2009,29(1):177-181.

[13] 高人,周广柱. 辽宁东部山区几种主要森林植被类型土壤渗透性能研究[J]. 农村生态环境,2002,18(4):1-4.