

不同经营措施对冀北山地华北落叶松林枯落物持水性能的影响^{*}

徐学华¹, 崔立志², 王锡武², 黄选瑞¹, 于树峰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: 为了揭示不同经营措施对冀北山地华北落叶松人工林持水能力的影响, 对不同经营措施下华北落叶松枯落物储量、枯落物最大持水量、自然含水量和有效拦蓄量进行了研究。结果表明: 不同经营措施下枯落物储量及持水特性均随着时间的延长表现出增加的趋势, 枯落物储量增长率表现出带状皆伐改造> 封禁促进植被恢复> 群团状择伐改造> 人工促进更新> 未封禁, 封禁 2 a 枯落物储量增长率为 2.94%~10.21%。总体来看枯落物最大持水量、自然含水量和有效拦蓄量增长率, 表现出群团状择伐改造> 带状皆伐改造> 人工促进更新> 封禁促进植被恢复> 未封禁的趋势。封禁 2 a 后, 增长率分别为 0.48%~5.58%、0.13%~10.40%、-0.14%~5.82%, 表明封禁措施的有效性。同时表明这几种经营措施是冀北山地华北落叶松低效人工林改造的有效途径。

关键词: 华北落叶松; 经营措施; 枯落物; 持水性能

中图分类号: S727.21; S791.22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)03-0157-05

Effect of Water-holding Capacity of Litter under *Larix principis-rupprechtii* Forest in Different Mangement Measures in North Hebei Mountain Area

XU Xue-hua¹, CUI Li-zhi², WANG Xi-wu², HUANG Xuan-rui¹, YU Shu-feng²

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

Abstract: Litter storage, maximal water-holding capacity, natural moisture content, effective dammed-up of litter of *Larix principis-rupprechtii* man-made forest were studied in order to disclosure effect on water-holding capacity of litter of *Larix principis-rupprechtii* forest under different treatments. The results showed that litter storage and water-holding capacity incresed with time prolong, litter storage were that banding clear cutting> manual promote renew> gap selection cutting> closed promote vegetation> no-closed. And its rate of growth between 2.94% and 10.21% after closed 2 years. In general, the maximal water-holding capacity, natural moisture content, effective dammed-up, gap selection cutting> banding clear cutting> manual promote renew> closed promote vegetation> no-closed, which rate of growth one bye one between 0.48%, 0.13%, -0.14% and 5.58%, 10.40%, 5.82% after closed 2 years. Its approved closed measure was valued. These treatments are effectives measures for vegetation rebuild of *Larix principis-rupprechtii* forest in North Hebei mountain area.

Key words: *Larix principis-rupprechtii*; management measures; litter; water holding capacity

枯落物层由林分凋落的茎、叶、枝条、芽、鳞片、花、果实、树皮等的凋落物及动物残体组成, 它是森林结构中重要的组成部分, 是森林水文效应的第二活动层^[1]。枯落物层作为森林生态系统中独特的结

构层次, 不仅对森林土壤的发育、保护和改良具有重要意义, 而且枯落物层结构疏松, 具有良好的透水性和持水能力, 在降水过程中起缓冲的作用^[2]。研究表明, 不同营林方式下枯落物对涵养水源、营养表土

^{*} 收稿日期: 2009-11-24

基金项目: 林业公益性行业科研专项(200804027-07); 国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD03A11-5)

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

通信作者: 于树峰(1969-), 男, 河北省围场县人, 高级工程师, 主要从事森林经营管理工作。E-mail: yushuf69@163.com

等方面有着重要的作用, 增加针阔混交林或阔叶林的培育, 减少针叶林分, 以提高林分枯落物层在涵养水源中的作用^[3]。

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, 对冀北山地 20 世纪 70 年初营造的华北落叶松人工林实施不同经营措施, 探讨短期实施不同经营措施之后, 枯落物持水特性的变化规律, 分析经营改造措施的效果, 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, 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。研究区周边是一个小村庄, 由于人为干扰(修枝)强度较大, 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 不同经营措施

根据华北落叶松人工林低效的人为干扰、牲畜践踏和草根盘结等主导因素, 确定了以下改造技术措施: 封禁和封禁后实施不同措施(人工促进更新、带状皆伐改造、群团状择伐改造、封禁促进植被恢复措施)。人工促进更新措施是在林内栽植 2 a 生油松(*Pinus tabulaeformis*) 和华北落叶松, 穴状和块状播种山杏(*Armeniaca sibirica*) 和榛子(*Corylus heterophylla*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*) 等。带状皆伐改造措施是带状皆伐 20 m、25 m 和 30 m 宽的林带, 在皆伐带内栽植 2 a 生的白桦(*Betula platyphylla*)、华北落叶松和蒙古栎(*Quercus mon-*

golica), 目标形成针阔混交林。群团状择伐改造措施在林内开孔径约 15 m 的林窗, 在林窗内种植 2 a 生白桦, 穴状和块状播种山杏和榛子。封禁促进植被恢复措施在林内不实施任何措施。通过以上 5 种试验措施, 分析植被恢复和重建效果, 探讨华北落叶松低效人工林的有效经营途径。

2.2 枯落物取样

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 4–5 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。2007 年 5 月实施封禁措施, 人工促进植被恢复措施(同时栽植油松、白桦和华北落叶松幼苗)、封禁促进植被恢复措施; 2007 年 10 月实施带状皆伐和群团状择伐, 并于 2008 年 5 月在带内栽植白桦、蒙古栎、华北落叶松幼苗。在不同措施地域内, 共设置固定标准地 17 块, 面积为 20 m×30 m。于 2007 年 7–8 月, 2008 年 7–8 月和 2009 年 7–8 月对其枯落物进行调查, 在每个样地中设置 5 个 1 m×1 m 的小样方, 收集其全部枯枝落叶带回进行测定。

2.3 枯落物持水性能测定

2.3.1 枯落物最大持水量测定 枯落物最大持水量用 $W_m = W_1 - W_2$, $R_m = (W_1 - W_2) / W_2 \times 100\%$ 计算。

式中: W_m ——枯落物最大持水量; W_1 ——浸水 24 h 后的枯落物重量; W_2 ——枯落物干重; R_m ——枯落物最大持水率^[4]。

2.3.2 枯落物自然含水量测定

自然含水量计算公式为: $W_c = (W_3 - W_2)$

自然含水率: $R_0 = (W_3 - W_2) / W_2 \times 100\%$

式中: W_c ——枯落物自然含水量; W_3 ——样品鲜重(g); R_0 ——自然含水率。

2.3.3 枯落物有效拦蓄量测定 枯落物有效拦蓄量通常是计算枯落物的持水能力大小, 按下面的公式和方法来计算^[5]。

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

式中: W ——有效拦蓄量(t/hm²); R_0 ——自然含水率(%); R_m ——最大持水率(%); M ——枯落物干重(t/hm²)。

3 结果与分析

3.1 不同经营措施枯落物储量

枯落物层是雨水进入土壤的重要缓冲界面, 很大程度上减少了雨水对土壤的直接侵蚀作用, 具有

保护土层,减缓地表径流,增强水分涵养等功能,在蓄水保土中具有重要作用,枯落物对水的吸持能力与枯落物储量有着很大的关系^[6]。枯落物的储量决定于不同森林的生产力和分解能力,因林分的生长状况各异,枯落物的发育和林分的发育有直接的联系,林分的健康发育能增加枯落物的储量并促进它的健康发育,同时也受气候及人为干扰等多种因素的影响^[7]。为此对华北落叶松低效人工林进行了经营改造。从表 1 可以看出,不同经营措施随着封禁时间的延长,华北落叶松人工林枯落物储量均表现出增加的趋势。封禁 1 a 后,枯落物储量表现出,带状皆伐改造>封禁促进植被恢复>群团状择伐改造>人工促进更新>未封禁,说明封禁措施的有效性。封禁 2 a 后,与 1 a 表现出相似的趋势,增长率为 2.94%~10.21%,说明这些经营措施起到了一定的作用。带状皆伐改造措施效果最明显,原因在于调整华北落叶松的密度,逐步形成针阔(华北落叶松、蒙古栎和白桦)混交林,同时由于皆伐,20~30 m 的

林带内有了充足的光照,喜光植物迅速生长,其盖度和高度明显增加,枯落物的储量也增加。群团状择伐改造措施效果较明显,原因在于,开林窗后,形成了一个相对稳定的小生境,为林下植物的生长创造了光照条件,林下灌草生长迅速,植物种类、盖度和高度明显增加。人工促进更新措施,林下栽植了油松以及山杏、榛子、胡枝子、绣线菊等灌木,其成活率保持在 90% 以上,加之林内植物种类增加,效果比较明显。封禁促进植被恢复,因为封禁,减少了人为干扰(修枝),尤其杜绝了附近村庄放牧和牲畜的践踏,林下植物生长的限制性因素减少,另外林下出现了华北落叶松和山杨(*Populus davidiana*)更新幼苗,这为枯落物的增加创造了条件。未封禁的地段,由于继续遭受人为因素的干扰和牲畜的践踏,林下植物生长和更新仍然受到抑制。从以上几种经营措施效果来看,封禁好于未封禁,在封禁措施内,带状皆伐改造好于群团状择伐改造和人工促进更新措施。

表 1 不同经营措施对枯落物储量的影响

经营措施	枯落物储量/(t·hm ⁻²)			百分比/%	
	2007 年	2008 年	2009 年	2008/2007 年	2009/2007 年
人工促进更新	5.205	5.393	5.567	103.61	103.23
带状皆伐改造	6.174	6.853	7.553	111.00	110.21
群团状择伐改造	6.201	6.732	6.930	108.56	102.94
封禁促进植被恢复	5.393	5.961	6.541	110.53	109.73
未封禁	5.129	5.243	5.428	102.22	103.53

3.2 不同经营措施枯落物最大持水量

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^[8-10]。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,对涵养水源也有一定的作用,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之一,持水量表示枯落物实际吸持水分的大小。从表 2 中可以看出,随着封禁时间的延长,枯落物最大持水量有增加的趋势。封禁 1 a 后,封禁措施大于未封禁措施。封禁的措施里,群团状择伐改造>人工促进更新>带状皆伐改造,增长率为 0.33%~2.84%。封禁 2 a 后,表现出与封禁 1 a 相似的趋势,增长率为 0.48%~5.58%。群团状择伐改造后光照条件明显改善,林下灌草植被恢复效果显现,枯落物储量增加,并且枯落物持水量较 2007 年增加了 5.58%。带状皆伐改造 2009 年枯落物持水

量较 2007 年增加 4.26%,这是因为林地内枯落物的数量和种类都有了变化,不再是以前单一的针叶和杂草形成的枯落物,枯落物储量增加了,因此枯落物持水量也就相应增大。封禁措施最大持水量增长了 2.24%,未封禁措施增加了 0.48%,封禁比未封禁措施增加了 4.67 倍,表明封禁措施的有效性得到进一步的验证,这也充分说明了短期经营措施效果的有效性。

枯落物持水率是其在一定时段内截持的水量所占自身重量的百分数,是反映枯落物涵蓄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^[11]。从表 2 中可以看出,封禁 1 a 和 2 a 的枯落物最大持水率来看,最大持水量与最大持水率不一致的规律,这是因为最大持水率与本身的生物量和结构有关。此外,枯落物的分解程度也影响着枯落物层的持水能力,枯落物的分解程度越高,枯落物层的持水能力越强。同时枯落物持水率 1 a 和 2 a 变化不明显,这同时说明了短期封禁效果有限性的特征。

表 2 不同经营措施对枯落物最大持水量和最大持水率的影响

经营措施	最大持水量/(t·hm ⁻²)			百分比/%		最大持水率/%		
	2007 年	2008 年	2009 年	2008/2007 年	2009/2007 年	2007 年	2008 年	2009 年
人工促进更新	10.104	10.367	10.872	102.60	104.87	194.12	192.23	195.29
带状皆伐改造	10.316	10.467	10.913	101.46	104.26	167.09	152.74	144.49
群团状择伐改造	11.213	11.531	12.174	102.84	105.58	180.83	171.29	175.67
封禁促进植被恢复	11.083	11.205	11.456	101.10	102.24	205.51	187.97	175.14
未封禁	10.093	10.126	10.175	100.33	100.48	196.78	193.13	187.45

3.3 不同经营措施枯落物自然含水量

自然含水量是反映植物枯落物吸持水分能力的重要指标之一,其数值的大小,表征着枯落物吸持水分能力强弱,保水,涵养水源功效的显著与否。从表 3 中可以看出,随着封禁时间的延长,自然含水量表现出增加的趋势。封禁 1 a 后,群团状择伐改造>

带状皆伐改造> 人工促进更新> 封禁促进植被恢复> 未封禁,增长率在 0.54%~1.41%。封禁 2 a 后,表现出与封禁 1 a 相似的趋势,带状皆伐改造> 人工促进更新> 群团状择伐改造> 封禁促进植被恢复> 未封禁,增长率在 0.13%~10.40%,表现出封禁措施的有效性。

表 3 不同经营措施对枯落物自然含水量和自然含水率的影响

经营措施	最大持水量/(t·hm ⁻²)			百分比/%		最大持水率/%		
	2007 年	2008 年	2009 年	2008/2007 年	2009/2007 年	2007 年	2008 年	2009 年
人工促进更新	1.319	1.333	1.415	101.06	106.15	25.34	24.72	25.42
带状皆伐改造	1.902	1.924	2.124	101.16	110.40	30.81	28.08	28.12
群团状择伐改造	1.839	1.865	1.950	101.41	104.56	29.66	27.70	28.14
封禁促进植被恢复	1.505	1.516	1.518	100.73	100.13	27.91	25.43	23.21
未封禁	1.478	1.486	1.538	100.54	103.52	28.82	28.34	28.34

3.4 不同经营措施下的枯落物有效拦蓄量

枯落物的拦蓄量是反映枯落物蓄水能力的重要指标,主要取决于枯落物的组成、质地、结构和分解程度等^[12]。枯落物的最大持水率和最大持水量一般只能反映枯落物的持水能力大小,不能反映枯落物对实际降水的拦蓄能力;而有效拦蓄量是反映枯落物对一次降雨拦蓄的指标,枯落物的实际持水率为最大持水率的 85%左右^[13],所以一般用有效拦蓄量来计算枯落物对降水的实际拦蓄量。从表 4 中可以看出,随着封禁时间的延长,枯落物的有效拦蓄量均表现出增加的趋势,封禁 1 a 后,群团状择伐改造

> 人工促进更新> 带状皆伐改造> 封禁促进植被恢复> 未封禁,增长率为 0.28%~3.17%。封禁 2 a 后,表现出与封禁 1 a 相似的趋势,增长率在-0.14%~5.82%,表明封禁措施的有效性得以充分体现。同时也表明枯落物种类和组成在发生变化,并向着蓄水能力增加的方向发展。枯落物的有效拦蓄率与有效拦蓄量变化规律不一致,原因在于有效拦蓄率由平均自然含水率和最大持水率决定,而平均自然含水率和最大持水率也发生了变化。封禁 1 a 和 2 a 后,枯落物有效拦蓄率变化规律不明显,这同时也说明了短期封禁效果的有限性。

表 4 不同经营措施对枯落物有效拦蓄量和有效拦蓄率的影响

经营措施	有效拦蓄量/(t·hm ⁻²)			百分比/%		有效拦蓄率/%		
	2007 年	2008 年	2009 年	2008/2007 年	2009/2007 年	2007 年	2008 年	2009 年
人工促进更新	7.269	7.479	7.826	102.89	104.64	139.65	138.68	140.58
带状皆伐改造	6.867	6.973	7.152	101.54	102.57	111.22	101.75	94.69
群团状择伐改造	7.692	7.936	8.398	103.17	105.82	124.04	117.88	121.18
封禁促进植被恢复	7.916	8.008	8.220	101.16	102.65	146.78	134.34	125.67
未封禁	7.101	7.121	7.111	100.28	99.86	138.45	135.82	131.01

4 结 论

(1) 不同经营措施华北落叶松林地内枯落物储量 1 a 的增长率由大到小依次为带状皆伐改造> 封禁促进植被恢复> 群团状择伐改造> 人工促进更新> 未封禁,且华北落叶松林下枯落物储量随着时间的延

长而增加。封禁 2 a 后,增长率为 2.94%~10.21%。
(2) 不同经营措施华北落叶松林地内枯落物最大持水量增长率为群团状择伐改造> 人工促进更新> 带状皆伐改造> 封禁促进植被恢复> 未封禁,并且枯落物最大持水量随着时间的延长而增加,封禁 2 a 后,增长率为 0.48%~5.58%。

(3) 随着封禁时间的延长, 不同经营措施华北落叶松林地内枯落物的自然含水量表现出增加的趋势。封禁 1 a 后, 增长率表现为群团状择伐改造> 带状皆伐改造> 人工促进更新> 封禁促进植被恢复> 未封禁, 其值为 0.54%~ 1.41%。

(4) 随着封禁时间的延长, 不同经营措施华北落叶松林地内枯落物的有效拦蓄量表现出增加的趋势, 2 a 的增长率表现为群团状择伐改造> 人工促进更新> 封禁促进植被恢复> 带状皆伐改造> 未封禁, 最大增长率为 5.82%。

总之, 在冀北山地华北落叶松人工低效林中, 通过人工促进更新、带状皆伐改造、群团状择伐改造、封禁促进植被恢复等几种改造措施, 可增加华北落叶松林下枯落物的蓄水能力, 减少地表径流, 提高水土保持和水源涵养功能。

参考文献:

[1] 王云琦, 王玉杰, 张洪江. 重庆缙云山几种典型植被枯落物水文特性研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 41-44.

[2] 庞学勇, 包维楷, 张咏梅. 岷江上游中山区低效林改造对枯落物水文作用的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(4): 119-123.

[3] 韩同吉, 裴胜民, 张光灿. 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.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 王佑民. 中国林地枯落物持水保土作用研究概况[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 108-113.

[7] 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.

[8] 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.

[9] 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.

[10] Kavvaadias 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.

[11] 杨吉华, 张永涛, 李红云. 不同林分枯落物的持水性能及对表层土壤理化性状的影响[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 141-144.

[12] 苏宁虎. 森林植物凋落物动态的数学模型[J]. 林业科学, 1989, 25(2): 162-165.

[13] 林波, 刘庆. 川西亚高山人工针叶林枯枝落叶及苔藓层的持水性能[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(3): 234-238.

(上接第 156 页)

参考文献:

[1] Marsehner H. Mineral Nutririon of Higher Plants [M]. London: Aademic Press, 1995.

[2] 甘露, 陈伏生, 胡小飞, 等. 南昌市不同植物类群叶片氮磷浓度及其化学计量比[J]. 生态学杂志, 2008, 27(3): 344-348.

[3] 曾德慧, 陈广生. 生态化学计量学: 复杂生命系统奥秘的探索[J]. 植物生态学报, 2005, 29(6): 1007-1019.

[4] 林慧龙, 王军, 徐震, 等. 草地农业生态系统中的碳循环研究动态[J]. 草业科学, 2005, 22(4): 59-62.

[5] Chen G S, Zeng D H, Chen F S. Concentrations of foliar and surface soil in nutrients of Pinussp. plantations in relation to species and stand age in Zhangutai sandy land, northeast China[J]. Journal of Forestry Research, 2004, 15(1): 11-18.

[6] Zhang L X, Bai Y F, Han X G. Differential responses of N: P stoichiometry of Leymus chinensis and Carex korshinskyi to N additions in a steppe ecosystem in NeiMongol[J]. Acta Botanica Sinica, 2004, 46: 259-270.

[7] 李香珍, 陈佐忠. 不同放牧率对草原植物与土壤 C、N、P 含量的影响[J]. 草地学报, 1998, 6(2): 90-98.

[8] 熊汉锋, 黄世宽, 陈治平, 等. 梁子湖湿地植物的氮磷积累特征[J]. 生态学杂志, 2007, 26(4): 466-470.

[9] Elser J J, Dobberfuhl D, MacKay N A, et al. Organismsize, life history, and N: P stoichiometry: Towards a unified view of cellular and ecosystem processes[J]. BioScience, 1996, 46: 674-684.

[10] 郑淑霞, 上官周平. 黄土高原地区植物叶片养分组成的空间分布格局[J]. 自然科学进展, 2006, 16(8): 965-973.