

滦河上游不同密度油松林水源涵养功能研究

张建华^{1,4}, 郭宾良², 张宁³, 张春茹⁴, 张楠⁴, 谷建才³, 温亚利¹

(1. 北京林业大学, 北京 100083; 2. 保定市林木种苗管理站, 河北 保定 071000;

3. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 4. 河北木兰围场国有林场管理局, 河北 围场 068450)

摘要:为了探知不同密度油松林人工林的水源涵养功能高低,选取木兰围场8个密度油松林的枯落物与土壤进行研究,利用水源涵养指数来比较各林分的水源涵养功能的高低,结果表明:(1)枯落物重量与有效拦蓄量变化趋势是随着密度的增加而增大,而枯落物最大持水量处于自身重量的2~4倍,最大持水率在250.61%~310.66%。(2)随着密度的增加土壤的最大持水量、非毛管孔隙度与非毛管蓄水量都是先是增加后减小,而最大持水量在1800株/hm²达到了最大值为2868.0 t/hm²;毛管孔隙度、毛管蓄水量与总孔隙度都没有明显的规律可言。(3)随密度的增加油松的水源涵养指数是呈现增加趋势的,其中的最大值是最小值的1.35倍,当密度处于1500株/hm²时,指数趋于稳定,在1500~1800株/hm²时水源涵养指数较高。

关键词:油松; 水源涵养; 枯落物; 土壤

中图分类号:S791.254

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)06-0047-04

Research on Water Conservation Function of Different Densities of *Pinus Tabulaeformis* in Upper Luanhe River

ZHANG Jianhua^{1,4}, GUO Binliang², ZHANG Ning³, ZHANG Chunru⁴,

ZHANG Nan⁴, GU Jiancai³, WEN Yali¹

(1. Beijing Forestry University, Mulan-Weichang Forestry Administration of Hebei Province, Beijing 100083, China;

2. Baoding Forest Seedling Management Station, Baoding, Hebei 071000, China; 3. Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China; 4. Mulan-Weichang Forestry Administration of Hebei Province, Weichang, Hebei 068450, China)

Abstract: In order to ascertain the function of water conservation level of plantation of different densities of *Pinus tabulaeformis*, we selected 8 density of *Pinus tabulaeformis* forest litter and soil were studied by using the index of water conservation, water conservation function to compare the stand level Mulan Wei Chang. The results showed that: (1) changes in litter weight and effective retaining content trend increased along with the density increase, and the maximum water holding capacity of litter was between 2~4 times of its own weight, the maximum water holding rate ranged from 250.61% to 310.66%; (2) the maximum density increased with soil water holding capacity, non-capillary porosity and non-capillary water volume first increased and then decreased, and the maximum water holding capacity was found in 1800 plants/hm², the reached maximum value was 2868 t/hm²; capillary porosity, capillary water storage capacity and total porosity had no obvious rules; (3) with the increase of the density of *Pinus tabulaeformis*, water conservation index increased, the maximum is 1.35 times of the minimum value, when the density was 1500 plants/hm², index tended to be stable, in strain 1500~1800 plants/hm² between high water conservation index.

Keywords: *Pinus tabulaeformis*; water conservation; litter; soil

森林枯落物和土壤是森林生态系统的重要组成部分,在生态系统的功能方面具有重要作用。油松

(*Pinus tabulaeformis*)林是河北木兰围场的主要树种,但是在经营的时候因为造林技术的不合理、牲畜的

收稿日期:2014-11-13

修回日期:2014-11-24

资助项目:河北省科技厅“河北省滦河流域水源林经营关键技术与示范”(15227652D);河北省科技厅“国有林场经营管理机制存在问题及改革模式研究”(13457525)

第一作者:张建华(1975—),男,河北承德人,高级工程师,研究方向:森林可持续经营。E-mail:937962206@qq.com

通信作者:温亚利(1963—),男,北京市人,教授,研究方向:资源与环境经济。E-mail:wenyali2003@163.com

践踏和人为的干扰等因素,有些油松林表现出了生长衰退,生态功能低下等现象。本研究以不同密度的油松林的枯落物厚度、土壤持水能力、水源涵养指数,来评价木兰围场地区油松林的土壤水源涵养功能,并确定比较合理的林分密度使油松林处于较优状态,旨在为森林健康的监测和评价提供一定的理论依据^[1-2]。

1 区域概况

本次调查是在承德围场县的北沟林场进行,河北省围场县位于河北省最北部,地处滦河上游,北纬 $41^{\circ}47'—42^{\circ}06'$,东经 $116^{\circ}51'—117^{\circ}45'$,年平均气温 $-1.4\sim 4.7^{\circ}\text{C}$,极端最高气温 38.9°C ,极端最低气温 -42.9°C , $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的年积温 $2\ 180^{\circ}\text{C}$,无霜期 $67\sim 128\text{ d}$ 。年均降水量 $380\sim 560\text{ mm}$,主要集中在 $6—8$ 月。东与内蒙古赤峰市接壤,南及西南与隆化、丰宁两县连接,北与内蒙古浑善达克沙地毗邻。位于阴山山脉与大兴安岭山脉余脉的交汇处,是连接坝上高原和冀北山地的丘陵山地地带。围场县所处的地理位置决定了其必然要担负起护卫京津生态安全的生态特区这一重任,因其地处滦河上游,对下游地区的树木生长和水源涵养影响甚重;又因其卡在浑善达克沙地 and 北京中间地带,像一道天然的绿色屏障,阻挡着浑善达克沙地向北京进军的风沙。在京津地区生态环境安全方面,木兰围场起着重大的作用,因此对木兰围场的森林植被进行恢复与保护势在必行。木兰围场林管局共有十个林场,北沟林场属于其一,北沟林场自 1956 年开始建立,林场总经营面积 $5\ 730\text{ hm}^2$,森林主要乔木树种有白桦、油松、山榆、华北落叶松、山杨、蒙古栎、五角枫、榆树等;灌木种类较多,且量较大,丰富多样,以绣线菊灌丛、照山白最为常见;林分类型主要包含:天然林,常见树种有杨树、桦树、油松等;人工林,常见树种有山榆、油松、杨树等;针阔混交林,林分面积分别为 $1\ 485.6$, $1\ 180.5$, $1\ 560.9\text{ hm}^2$ 。活立木的蓄积总量和森林覆盖率分别为 $284\ 104\text{ m}^3$, 88% ,年采伐蓄积 $5\ 000\text{ m}^3$ 左右。

2 研究方法

2.1 标准地设置

本文选取的林分为河北省木兰围场最为常见油松林,选取 24 块处于半阳坡的 $25\sim 30\text{ a}$ 生的油松林,标准地的选取要尽量选取林下的植被比较相似的林分,密度分别为 $750, 900, 1\ 050, 1\ 200, 1\ 360, 1\ 500, 1\ 800, 2\ 100\text{ 株/hm}^2$,详细的调查了林内的情况,调查记录样地的地形地貌、人为干扰、土壤类型、海拔、坡向、坡位、坡度等(表 1)。根据不同的密度的划分,每个密度选取 3 块样地,标准地大小为 $30\text{ m}\times$

30 m ,在标准地内各采取 5 块大小为 $50\text{ cm}\times 50\text{ cm}$ 的样方,分布在标准地四个角及中心部位,用于枯落物和土壤含水量的调查^[3-5]。

表 1 林分概况

密度/ (株 $\cdot\text{hm}^{-2}$)	土层 厚度/cm	平均 高度/m	坡度/ ($^{\circ}$)	海拔/ m	平均 胸径/cm
750	50	9.9	10	1170	18.65
900	50	9.6	10	1230	18.20
1050	55	8.9	11	1210	17.65
1200	55	10.6	13	1220	16.78
1360	60	11.8	14	1220	17.23
1500	65	13.9	13	1210	16.88
1800	60	11.7	15	1210	16.13
2100	60	10.3	16	1210	15.09

2.2 研究方法

2.2.1 枯落物含水量测定 采用室内浸泡法测定枯落物持水量及其吸水速度,依据枯落物的分解程度,将枯落物按照半分解层与未分解层进行收集,测定 5 个小样方内枯落物总厚度、未分解层厚度和半分解层厚度,取各个样方的平均值作为样地内枯落物层厚度^[6-7]。然后带回实验室,称样品鲜质量和烘干质量,并用单位面积枯落物的烘干质量来表示蓄积量。最后将枯落物分别浸泡 $0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 24\text{ h}$,根据重量变化,测定分析枯落物的持水量、吸水速率和饱和持水率。采用以下公式计算枯落物的含水指标^[8-9],即:

$$C = (m_1 - m_2) / m_2 \times 100\% \quad (1)$$

$$S = (m_3 - m_2) / m_2 \times 100\% \quad (2)$$

$$W_m = (R_m - R_0) \times M, W = (0.85 R_m - R_0) \times M \quad (3)$$

式中: C ——枯落物自然含水量($\%$); m_1 ——样品鲜质量(g); m_2 ——样品烘干质量(g); S ——饱和持水率; m_3 ——样品浸水 24 h 后的质量(g); W_m ——枯落物的最大拦蓄量(t/hm^2); W ——枯落物的有效拦蓄量(t/hm^2); R_m ——最大持水率($\%$); R_0 ——平均自然含水量($\%$); M ——枯落物蓄积量(t/hm^2)。

2.2.2 土壤采样及含水量测定 土壤调查采用剖面法,在各标准地选取有代表性样点,分别按 $0—10, 10—20, 20—40\text{ cm}$ 取样。用烘干法测定土壤含水量,用环刀法测定土壤容重、孔隙度等物理性质,土壤持水力 $S = 10000hp$; $S_m = 10000hq$ 式中, S ——土壤持水力(t/hm^2); h ——土壤层厚度(m); p ——非毛管孔隙度($\%$); S_m ——土壤最大持水力(t/hm^2); q ——毛管总孔隙度($\%$)^[10-12]。

3 结果与分析

3.1 不同密度油松林枯落物的持水能力

枯落物是森林生态系统中的重要组成,在改良土壤、增加降水入渗性能和维持林地的生态系统养分循环

中都扮演着很重要的角色,以此同时不同密度的林分中的枯落物的理化性质也是不同的。通过对 8 种密度的枯落物持水量进行测定(见表 2)。枯落物重量在不同密度林分中的重量也是不同的,变化趋势是随着密度的增

加而增大。密度 2 100 株/hm² 的林分枯落物的重量是密度 750 株/hm² 的 1.75 倍;枯落物最大持水量处于自身重量的 2~4 倍,最大持水率在 250.61%~310.66%;有效拦蓄量也随密度的增加而增加。

表 2 不同密度林分枯落物持水能力

密度	干重/ (t·hm ⁻²)	鲜重/ (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)
750	3.78	4.55	15.44	310.66	16.92	0.77	247.14	9.34
900	4.95	6.01	16.89	255.07	17.64	1.06	199.17	9.86
1050	5.06	5.86	17.45	255.96	13.65	0.80	203.91	10.32
1200	5.06	6.07	19.86	280.23	16.64	1.01	221.56	11.21
1360	5.69	7.03	20.66	261.11	19.06	1.34	202.88	11.54
1500	5.44	5.66	21.69	290.26	3.89	0.22	242.83	13.21
1800	5.92	6.23	22.45	270.55	4.98	0.31	224.99	13.32
2100	6.62	6.98	24.01	250.61	5.16	0.36	207.86	13.76

3.2 不同密度油松林土壤持水能力

由下表(见表 3)可以看出,随着密度的增加土壤的最大持水量先是增加后减小,在 1 800 株/hm² 达到了最大值;毛管孔隙度与毛管蓄水量没有明显的规律,非毛管孔隙度与非毛管蓄水量所呈现的变化趋势与土壤的最大持水量是一样的。就总孔隙度而言,没有明显的规律可言。

3.3 不同密度林分土壤水源涵养功能综合评价

通过对土壤与枯落物的最大持水量的比较,枯落物的最大持水量只是土壤最大持水量的 0.69%~0.90%,在蓄水方面枯落物的作用比较小,但是枯落

物在减少雨滴对地面的冲刷、减少水土流失等方面作用很大。本研究采取归一法,把土壤总毛管蓄水量和枯落物有效拦蓄量两个指标记为水源涵养指数,由于枯落物在最大持水量与土壤最大持水量差的太大,当进行林分的水源涵养功能评判的时候,其中土壤非毛管蓄水量权重为 0.8,枯落物有效拦蓄量为 0.2,能够较为客观评价林分含水能力(见表 4)。随密度的增加油松的水源涵养指数是呈现增加趋势的,其中的最大值是最小值的 1.35 倍,当密度处于 1 500 株/hm² 时,指数趋于稳定,在 1 500~1 800 株/hm² 之间时水源涵养指数较高,达到 1 530 株/hm² 时达到最大。

表 3 不同密度林分土壤持水能力

密度	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/%
750	1.21	2225.0	42.1	2105.0	2.4	120.0	44.5
900	1.28	2270.0	41.9	2095.0	3.5	175.0	45.4
1050	1.36	2398.0	38.8	2134.0	4.8	264.0	43.6
1200	1.26	2458.5	39.1	2150.5	5.6	308.0	44.7
1360	1.25	2658.0	38.7	2322.0	5.6	336.0	44.3
1500	1.26	2834.0	37.9	2463.5	5.7	370.5	43.6
1800	1.37	2868.0	40.7	2442.0	7.1	426.0	47.8
2100	1.25	2670.0	38.7	2322.0	5.8	348.0	44.5

表 4 不同密度油松林水源涵养指数

密度	土壤总毛管蓄水量/ (t·hm ⁻²)	土壤总毛管 蓄水量指数	枯落物有效拦蓄量/ (t·hm ⁻²)	有效拦蓄 量指数	水源涵 养指数
750	2225.0	0.776	9.34	0.679	0.727
900	2270.0	0.791	9.86	0.717	0.754
1050	2398.0	0.836	10.32	0.750	0.793
1200	2458.5	0.857	11.21	0.815	0.836
1360	2658.0	0.927	11.54	0.839	0.883
1500	2834.0	0.988	13.21	0.960	0.974
1800	2868.0	1.000	13.32	0.968	0.984
2100	2670.0	0.931	13.76	1.000	0.965

4 结论

(1) 枯落物重量在不同密度林分中的重量也是不同的,变化趋势是随着密度的增加而增大。密度 2 100 株/hm² 的林分枯落物的重量是密度 50 株/hm² 的 1.75 倍;枯落物最大持水量处于自身重量的 2~4 倍,最大持水率在 250.61%~310.66%;有效拦蓄量也随密度的增加而增加。

(2) 随着密度的增加土壤的最大持水量先是增加后减小,在 1 800 株/hm² 达到了最大值为 2 868.0 t/hm²;毛管孔隙度与毛管蓄水量没有明显的规律,非毛管孔隙度与非毛管蓄水量所呈现的变化趋势与土壤的最大持水量是一样的。就总孔隙度而言,处于 43.6%~47.8%,没有明显的规律可言。

(3) 随密度的增加油松的水源涵养指数是呈现增加趋势的,其中的最大值是最小值的 1.35 倍,当密度处于 1 500 株/hm² 时,指数趋于稳定,在 1 500~1 800 株/hm² 时水源涵养指数较高,在 1 530 株/hm² 时达到最大值。

参考文献:

- [1] 于志明,王礼先. 水源涵养林效益研究[M]. 北京:中国林业出版社,1991.
- [2] 王雄宾,余新晓. 华北土石山区油松林生态系统健康评

价[J]. 中国水土保持科学,2009,7(1):97-102.

- [3] 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]. 水土保持报,2006,19(3):139-143.
- [4] 徐娟,余新晓. 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.
- [5] 刘世荣,温远光,王兵,等. 中国森林生态系统水文生态功能规律[M]. 北京:中国林业出版社,1996.
- [6] 韩同吉,裴胜民,张光灿,等. 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,2005,36(2):275-278.
- [7] 饶良懿,朱金兆,毕华兴. 重庆四面山森林枯落物和土壤水文效应[J]. 北京林业大学学报,2005,27(1):33-37.
- [8] 田育新,李锡泉,吴建平,等. 小流域森林生态系统林地土壤渗透性能研究[J]. 水土保持研究,2006,13(4):173-175.
- [9] 徐学华,于树峰,崔立志,等. 冀北山地华北落叶松人工林水源涵养功能分析[J]. 水土保持研究,2009,16(5):162-165.
- [10] 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.
- [11] 孙艳红,张洪江,程金花,等. 缙云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,2006,20(2):106-109.
- [12] 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):1-6.
- [15] 严俊霞,李洪建,李君剑,等. 山西高原落叶松人工林土壤呼吸的空间异质性[J]. 环境科学,2015,36(5):1793-1801.
- [16] 严俊霞,李洪建,李君剑. 庞泉沟自然保护区针阔混交林土壤呼吸的空间异质性[J]. 生态学报,2015,35(24):1-10.
- [17] Rodeghiero M, Cescatti A. Spatial variability and optimal sampling strategy of soil respiration[J]. Forest Ecology and Management,2008,255(1):106-112.
- [18] 丁文广,魏银丽,牛贺文. 西北干旱区植被恢复的土壤养分效应[J]. 生态环境学报,2010,19(11):2568-2573.
- [19] 张娜,王希华,郑泽梅,等. 浙江天童常绿阔叶林土壤的空间异质性及其与地形的关系[J]. 应用生态学报,2012,23(9):2361-2369.
- [20] 孙文义,郭胜利. 黄土丘陵沟壑区小流域土壤有机碳空间分布及其影响因素[J]. 生态学报,2011,31(6):1604-1616.

(上接第 46 页)

- [10] 董扬红,曾全超,安韶山,等. 黄土高原不同林型植被对土壤活性有机碳及腐殖质的影响[J]. 水土保持学报,2015,29(1):143-148.
- [11] 马玉红,郭胜利,杨雨林,等. 植被类型对黄土丘陵区流域土壤有机碳氮的影响[J]. 自然资源学报,2007,22(1):97-105.
- [12] 栗妍,魏玮,邱扬等. 黄土丘陵小流域植被恢复驱动下的土壤养分特征[J]. 水土保持研究,2014,21(6):115-121,128.
- [13] 邱莉萍,张兴昌. 黄土高原沟壑区小流域不同植被覆被对土壤性质的影响[J]. 水土保持研究,2010,17(3):64-68.
- [14] Fu X, Shao M, Wei X, et al. Soil Organic Carbon and Total Nitrogen as Affected by Vegetation Types in Northern Loess Plateau of China[J]. Geoderma,2010,155(1)/(2):31-35.