

北京山区不同密度油松结构与功能研究*

鲁绍伟^{1,2,3}, 刘凤芹¹, 余新晓³, 樊金桂⁴, 杨新兵³, 李春平²

(1. 石家庄经济学院, 石家庄 050031; 2. 河北省生态环境监测实验室, 石家庄 050021; 3. 北京林业大学, 北京 100083; 4. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 对北京八达岭林场 32 a 生 5 种造林密度阳坡油松林生物多样性、蓄积量、碳密度、水源涵养等功能进行调查与实验, 结果表明: 随着林分密度的减小, 林木生长状况良好, 林下植被层各种生物多样性指数较其它林分高, 并伴随着出现辽东栎等其它栎类更树种的生长; 1 200 株/ hm² 的油松林蓄积最大为 95. 53 m³/hm², 但从单株蓄积量来看, 不同密度的油松林单株蓄积随着油松林密度的减小而增大, 油松 800 株/ hm² 的单株蓄积为 0. 101 7 m³/hm², 是 2 000 株/ hm² 单株蓄积的 3. 17 倍。不同密度油松林生态系统碳密度范围为 78. 87~ 142. 13 t/ hm², 平均碳密度为 119. 14 t/ hm², 且随着密度增大而减小。油松林碳密度主要有 3 个部分组成: 植被层、枯落物层和土壤层, 其空间部分为土壤层> 植被层> 枯落物层, 林地土壤的碳密度平均为 79 t/ hm² 以上, 地上部分碳密度与地下 (包括土壤、树根和死地被物) 碳密度之比平均为 1/3. 30; 油松林地的稳渗速率、产流量随林分密度的增大而减小, 这对增加当地的径流量、涵养水源能力具有重要意义。产沙量也随密度的增加而减少, 这对选择油松 800 株/ hm² 作为最优林分密度是不利因素, 但从北京的多年降雨来看, 这种影响对选取油松在 800 株/ hm² 作为首选经营密度还是较小。

关键词: 北京山区; 油松; 密度效应; 结构功能

中图分类号: S791. 254; S718. 45 文献标识码: A 文章编号: 1005 3409(2008) 01- 0117- 05

Studies on the Configuration and Function of Different Density Pine in Rocky Mountain Area of Beijing

LU Shao-wei^{1,2,3}, LIU Feng-qin¹, YU Xin-xiao³, FAN Jin-gui⁴, YANG Xin-bing³, LI Chun-ping²

(1. Shijiazhuang University of Economic, Shijiazhuang 050031, China; 2. Monitoring Laboratory of Environment in Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China; 3. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 4. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The species diversity, carbon densities, water conservation and so on of thirty two old pine of the south slope's five planting density were observed and determined at Badaling in Beijing. Studies were conducted on the different density, with smaller density of forests, the growth of pine have been becoming better and better, which the species diversity of vegetation under forests was higher than that of other forests and had *Quercus liaotungensis* and others trees; The biggest cumulation is 95. 53 m³/hm² of 1 200 trees/ hm² pine forest, but individual cumulation of 800 trees/ hm² is 0. 101 7 m³/hm², and is 3. 17 times of cumulation of 2 000 trees/ hm², which individual cumulation increases with the lessen of pine density. The range of carbon densities of different pine was 78. 87~ 142. 13 t/ hm² and the average carbon density was 119. 14 t/ hm², which reduced with the augmentation of density. The carbon densities of pine were made of vegetation, litter and soil layer, the spatial distribution sequence of carbon storage ranked as soil layer> vegetation layer> litter layer, and the carbon density of soil was magnitude, which the carbon density was above of 90. 34 t/ hm². The ratio of carbon density of above ground and under ground (soil, root and litter) was average 1/3. 30; The permeating rate and runoff reduced with increasing densities, which is magnitude signification of adding runoff and water conservation. The stands reduced with increasing densities, which is disadvantage factor for choosing the furthest density of 800 trees/ hm², but its effect is small for rainfall of many year in Beijing.

Key words: rocky mountain area of Beijing; pine; density effects; configuration and function

水是生命之源泉, 是生态系统不可缺少的要素, 是人类要饮用水源, 为北京市提供 70% 以上的生活用水, 为了保证经济与社会发展的基本条件。北京密云水库是北京市的重首都人民正常生活用水问题, 北京市水源保护林建设, 就成

* 收稿日期: 2006 12 26
基金项目: 北京市科委重大项目(D0706001000091); 国家“ 十一五” 科技攻关项目(2006BAD-03 A11-4); 河北省生态环境监测研究开放基金(M-0610)
作者简介: 鲁绍伟(1972-), 男, 河北秦皇岛人, 高级工程师, 博士, 硕士生导师, 主要从事生态系统健康、林业生态工程、水土保持、流域治理、森林水文研究
通信作者: 余新晓, 教授, 博士。

了一项十分重要的任务^[1]。近代由于人类活动对环境的破坏,大气中 CO₂ 浓度剧增,产生温室效应^[2]。由于森林植被是大气 CO₂ 的重要吸收和贮存库,对地球碳平衡的作用越来越巨大。生物多样性的研究已成为当前群落生态学研究 中十分重要的内容和热点之一,长期的人为干扰和旅游开 发,使八达岭地区森林面积急剧减少,森林资源濒临枯竭。研究该地区森林群落植物物种多样性的特征,认识该地区植 物群落稳定性以及演替趋向,为八达岭地区景观建设、森林 恢复和抚育更新提供依据。为此,在目前北京市所进行的森 林健康经营中如何使森林具有较高的生物多样性、较高的水 源涵养功能与碳贮量成为众多学者所关心的问题。

1 研究区概况

八达岭林区位于北京延庆县东南部,地理坐标位置为东 经 115°55′,北纬 48°17′,总面积 2 940 hm²。海拔高度为 400 ~ 1 250 m。山地基岩以花岗岩为主,在西部石匣沟有石灰 岩分布。年平均气温 10.8℃,平均降水量 454 mm。该林区 从 20 世纪 50 年代起实施封山育林与人工造林,到目前已形 成较好的恢复生态系统。森林覆盖率已达 60.7%。天然植 被保存较好的有黑桦(*Betula dahurica*)林、糠 榎(*Tilia mandshurica*)林、核桃楸(*Juglans mandshurica*)林、白梨 (*Pyrus bretschneideri*)、山丁子(*Malus baccata*)林、暴马丁 香(*Syringa reticulata*)林等。人工林有油松(*Pinus tabulae- pormis*)林、华北落叶松(*Larix principisrupprechtii*)林、侧 柏(*Platycladus orientalis*)林、刺槐(*Robinia pseudoacacia*) 林、华山松(*Pinus armandii*)林等。山地阳坡有大面积的山 杏(*Prunus sibirica*)、绣线菊(*Spiraea* spp.)、荆条(*Vitex ne- gundo* var. *heterophylla*)、黄栌(*Cotinus coggygria* var. *pu- rescens*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等灌丛。

2 研究方法

采用典型样地法。样地法即选择代表性地段建立 5 块 阳坡标准油松地,标准地大小为 60 m×60 m。随机设置 2 m ×2 m 的灌木样方,1 m×1 m 的草本样方各 3 个。各标准 地基本情况详见表 1(阳 1、阳 2、阳 3、阳 4、阳 5 分别代表密 度为 2 000,1 500,1 200,1 000,800 株/hm² 的油松林分),进 行观测与实验研究。观测与实验时间为 2004 年、2005 年、 2006 年 5–10 月。

表 1 油松林林分结构现状

样地	密度/ (株·hm ⁻²)	海拔/ mm	坡向/ (°)	坡度/ (°)	郁闭度/ %	胸径/ cm	树高/ m	蓄积/ (m ³ ·hm ⁻²)	单株蓄积/ (m ³ ·hm ⁻²)
阳 1	2000	600	南	25	85	12.65	6.23	64.17	0.0321
阳 2	1500	630	南偏东 10	25	80	14.53	6.59	71.64	0.0478
阳 3	1200	715	北	22	75	16.74	8.83	95.53	0.0796
阳 4	1000	700	北	24	70	17.35	8.90	86.23	0.0862
阳 5	800	620	北偏西 20	23	65	19.15	8.61	81.32	0.1017

注:林龄为 32 a。

3 研究结果

3.1 不同密度下生物多样性分析

各林分由于密度和郁闭度不同,林下小环境差异较大, 林下各植被层的生长情况也就显著不同(表 2)。通过调查 得知,在林分密度为 2 000,1 500 株/hm² 的林分内,由于林 分密度大,林地土壤水分和光照条件受到严重影响,植物体

2.1 植被生物多样性、植被类型调查

标准地调查内容有样地总面积、海拔、坡度、坡向、坡位、 乔灌木样方面积、草本样方面积。植物多样性调查采用样方 调查,其中乔木调查涉及乔木的种类、胸径、高、枝下高及冠 幅;灌木调查涉及灌木的种类、地径、高、冠幅及数量;草本调 查涉及草本植物的种类、高及盖度。

生物多样性测度方法:^[3-4]

(1) Shannon Wiener 指数(*SW*): $SW = - \sum_{i=1}^n (P_i \ln P_i)$

式中: *P_i* ——第 *i* 个种的相对多度(个体总数的百分率)。

(2) Pielou 均匀度指数(*J_{sw}*): $J_{sw} = SW / \ln S$

式中: *S* ——种的丰富度(种数)。

2.2 碳密度调查与实验

碳密度是根据单位面积林分干物质质量(生物量)乘以 碳含量而求得。土壤碳密度则是根据单位面积土层质量与 相应土层碳含量的乘积。

(1) 林分生物量的测定和生产力的估算采用标准地— 标准木— 分级分层切割法^[5]。

(2) 分析样品采样。在测定生物量的同时,按层次分干、 枝、叶、根(分为<0.2 cm,0.2~0.5 cm,>0.5 cm 和根头) 采集标准木的分析样品,对样品逐一进行化学分析,以标准 木分析结果的平均值作为最终测定结果。在 5 种密度样地 内各随机设置 5 个 1 m×1 m 的小样方,按未分解、半分解 2 个层次,测定现存枯落物的干质量。在 5 种密度样地内各随 机设置 3 个 1 m×1 m 的小样方,测定灌木、草本的干质量。 在不同密度样地内,各按 0–5,5–15,15–25,25–45 cm 分 层随机取土样 3~4 次,同时测定其容重,根据容重估算单位 面积土层的质量。

(3) 分析样品中碳含量的测定方法与碳贮量的计算。植 物、土壤样品中碳含量采用重铬酸钾—水合加热法测定^[6]。

2.3 水源涵养功能试验

采用双环法进行土壤入渗速率的测定;应用中型人工降 雨机(喷摆式)模拟暴雨条件下,在只考虑枯枝落叶拦截而不 考虑树冠截流的情况下,降雨量控制在 70 mm,平均降雨强 度控制在 2.56 mm/min 左右,降雨下落高度为 1 m。研究不 同密度油松林的产沙和产流情况。

争夺土壤营养物质激烈。低密度的林分内,生物多样性明显 高于高密度林分。其中,油松林草本层、灌木层的均匀度指 数、物种丰富度指数呈现由高密度向低密度油松林增大的趋 势。不难看出,林分密度通过改变林分内温湿度、光照强度 及其改变林内土壤营养元素分配等小环境条件,来限制林下 植物种类、数量等;另一方面,林下植被层植物及其生长情

况,能直接反映林内光照、土壤水分、土壤营养状况等环境条件的优劣,对不同密度的环境条件,起着很好的指示作用。

在密度为 800 株/hm² 的阴坡和阳坡油松林地内,林木生长状况良好,林下植被层各种生物多样性指数较其它林分高,并伴随着出现辽东栎等其它栎类树种的生长,这说明该林分土壤、光照、水分、温湿度等各种环境条件较为适宜,已经能够满足阔叶林树种的生长。

表 2 不同密度油松林分植物多样性

样地	密度/ (株·hm ⁻²)	草本层			灌木层		
		种数	<i>S</i> <i>W</i>	<i>J</i> <i>sw</i>	种数	<i>S</i> <i>W</i>	<i>J</i> <i>sw</i>
阳 1	2000	9	1.46	0.46	3	0.81	0.51
阳 2	1500	11	1.85	0.54	4	1.17	0.58
阳 3	1200	12	1.91	0.53	4	1.28	0.64
阳 4	1000	14	2.11	0.55	5	1.35	0.58
阳 5	800	15	2.31	0.59	5	1.56	0.67

通过相关分析表明,油松林下植被多样性与林分密度有关(表 3)。油松林下草本植被种数与林分密度最为密切,呈极显著(*P*= 0.01)负相关;油松林下草本层物种多样性、灌木层种数与灌木层物种多样性与林分密度呈显著(*P*= 0.05)负相关。

表 3 林分密度与林下植物不同层次多样性相关关系矩阵

密度	草本层			灌木层		
	种数	<i>S</i> <i>W</i>	<i>J</i> <i>sw</i>	种数	<i>S</i> <i>W</i>	<i>J</i> <i>sw</i>
1	- 0.815**	- 0.716*	- 0.475	- 0.658*	- 0.669*	- 0.464
	1	0.928**	0.726*	0.966**	0.912**	0.58
		1	0.926**	0.940**	0.995**	0.810**
			1	0.793**	0.934**	0.916**
				1	0.941**	0.604
					1	0.828**
						1

* * 代表 0.01 水平显著; * 代表 0.05 水平显著。

3.2 不同密度下蓄积量分析

从整个林分蓄积量变动幅度来看(表 1),不同密度的油松林蓄积量变动幅度为 64.17~ 95.53 m³/hm²。当林分密度由 1 200~ 2 000 株/hm² 变化时,随着林分对土壤水分、养分、光照等竞争能力的减弱,整体林分的蓄积量逐渐增大,油松林 1 200 株/hm² 时林分蓄积量最大为 95.53 m³/hm²。随着林分密度继续减小,整体油松林分蓄积量呈现减小趋势,但减小幅度不大,密度为 1 000 株/hm² 时蓄积为 86.23 m³/hm²,密度为 800 株/hm² 时蓄积为 81.32 m³/hm²,其减小幅度小于油松林由 1 200 株/hm² 过渡到 2 000 株/hm² 蓄积量的减小幅度。从单株蓄积量来看,不同密度的油松林单株蓄积量变动范围在 0.032 1~ 0.101 7 m³/hm²,且随着油松林密度的减小而增大,油松 800 株/hm² 的单株蓄积是 2 000 株/hm² 单株蓄积的 3.17 倍。可见,在一定范围内,低密度林分对促进林分生长所起的作用之大,这种现象在北京西山林场等其他林场调查时也同样出现。

3.3 不同密度下碳密度分析

森林是生物圈的主体,拥有的碳库占全球总碳库的 46.3%,森林植被维持的碳库占全球植被碳库的 77.1%^[7]。不同林分碳储量的大小,年碳储量的变化从一个侧面反映不同林分固碳能力,反映森林生态功能的强弱和群落的活力和

健康程度。包括植被本身、枯落物和土壤森林的碳汇能力高低,是衡量森林生态系统健康程度的重要指标。

3.3.1 植被有机碳

(1)林分碳密度。森林碳贮量主要来源于森林植物吸收固定大气 CO₂ 形成的有机物。从表 4 以看出,随着密度的增加,油松地上及其根系的碳密度呈现逐渐较少的趋势。不同密度油松林的碳密度为 19.13~ 29.86 t/hm²,无论哪一种密度的油松,碳在各组分中的分配,均为树干> 树枝> 树叶> 树根。碳密度树上/地下之比为 12.61~ 13.57,且随着密度的增大而下降。

表 4 不同密度油松林碳密度及分配

样地	密度/ (株·hm ⁻²)	地上部分(a) /			树根(b)/ (t·hm ⁻²)	合计/ (t·hm ⁻²)	a/ b
		(t·hm ⁻²)					
		树干	树枝	树叶			
阳 1	2000	9.63	6.06	2.03	1.41	19.13	12.61
阳 2	1500	10.89	7.00	2.42	1.58	21.89	12.86
阳 3	1200	15.57	10.12	3.58	2.26	31.53	12.97
阳 4	1000	14.57	9.49	3.44	2.08	29.58	13.20
阳 5	800	14.64	9.66	3.51	2.05	29.86	13.57

(2)枯枝落叶碳密度。枯枝落叶是林木新陈代谢的产物,它对森林生态系统中的物质循环、维持土壤肥力和涵养水源具有重要的作用,而且枯落物的分解状况反映了森林生态系统物质循环快慢和结构的合理性。表 5 表明,林分密度越大,林分空间竞争越激烈,枯落物现存量也越大。当密度由 800 株/hm² 增加到 2 000 株/hm² 时,其凋落物碳密度增大 1.29 倍。这说明低密度油松林内光照和湿度有利于微生物活动,物质循环稳定,加快枯枝落叶的分解。密度过大的林分不利于微生物活动,阻碍了物质循环进程。

表 5 枯枝落叶层碳密度 t/hm²

阳坡 油松	密度/(株·hm ⁻²)				
	2000	1500	1200	1000	800
未分 解层	5.07	4.71	4.08	3.84	3.58
半分 解层	6.06	5.46	5.18	5.06	5.05
合 计	11.12	10.17	9.26	8.90	8.63

(3)灌草碳密度。由于低密度油松林林下灌草有较多的物种、较高的生物多样性和数量,所以其碳密度也同样伴随着增大。800 株/hm² 的林下灌草碳密度为 3.43 t/hm²,是 2 000 株/hm² 灌草碳密度的 1.23 倍(表 6)。

表 6 不同群落灌草地上部分碳密度 t/hm²

样地	密度/(株·hm ⁻²)	灌木	草本	合计
阳 1	2000	2.57	0.21	2.78
阳 2	1500	2.73	0.24	2.97
阳 3	1200	3.00	0.27	3.27
阳 4	1000	3.11	0.29	3.39
阳 5	800	3.22	0.21	3.43

3.3.2 土壤有机碳库

不同密度的油松林土壤容重基本上随土层深度增加而增加,且同一土层,不同密度的油松林之间的土壤容重差异不显著。从表 7 可以看出,不同密度油松林各土层碳含量分布尽管不尽相同,但基本上呈随着土层深度的增加而下降趋势。其原因在于上部土层的生物归还量大,有机碳较多积累

在土壤上层的缘故。但是,在有机碳含量方面,决定有机碳含量大小的因子是 5– 45 cm 土层深度的有机碳含量,这与王树森的研究基本一致^[8]。从表 8 还可以看出,随着油松林密度的减小,碳密度逐渐增大,这种变化主要集中表现在 0– 5 cm 的土层,这首先说明密度小的林分灌草量等营养物质积累较多,其次是林分光照、水分等条件有利于植物提前分解的缘故。

表 7 不同密度油松土壤含碳量 %					
土层深度/ cm	油松密度/(株·hm ⁻²)				
	2000	1500	1200	1000	800
0– 5	2.34	2.49	2.70	3.10	3.36
5– 15	1.23	1.46	2.48	2.50	2.67
15– 25	1.13	1.28	2.28	2.32	2.41
25– 45	0.91	1.99	2.02	2.10	2.32

3.3.3 不同密度油松林生态系统碳密度空间分布

由表 9 可以看出,不同密度油松林生态系统碳密度范围

表 9 不同密度油松生态系统碳密度的空间分布 t/hm ²						
组成	阳坡油松密度/(株·hm ⁻²)					平均
	2000	1500	1200	1000	800	
植被层	21.91(27.78)	24.86(23.37)	34.80(26.12)	32.97(24.49)	33.29(23.42)	29.57(24.82)
枯落物	11.12(14.10)	10.17(9.51)	9.25(6.95)	8.90(6.61)	8.63(6.07)	9.61(8.07)
土壤层	45.84(58.12)	71.83(67.22)	89.18(66.93)	92.78(68.91)	100.21(70.51)	79.97(67.12)
合 计	78.87(100)	106.85(100)	133.23(100)	134.64(100)	142.13(100)	119.14(100)
地上部分/						
地下部分	1/2.85	1/3.59	1/3.09	1/3.36	1/3.55	1/3.30

注:括号内数字为所占百分数。

3.4 不同密度下涵养水源能力分析

油松林合理密度,决定着水源保护功能的持续发展。采用多大的林分密度保证最大限度发挥水源涵养保护功能,同时具有较高的生物多样性和碳密度是目前国内外研究的热点问题。

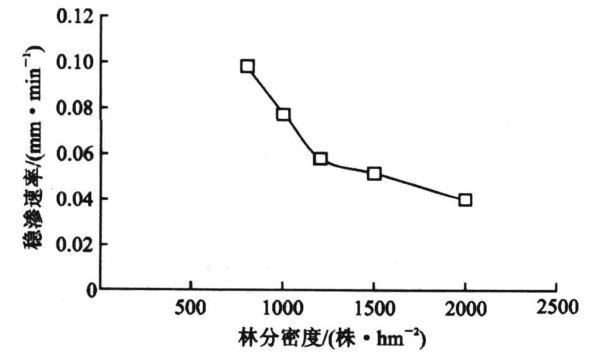


图 1 林分密度与稳渗速率的关系

3.4.1 不同密度林地的入渗性能分析

入渗是指水分进入土壤形成土壤水的过程,它是降水、地面水、土壤水和地下水相互转化的一个重要环节。研究这一问题对于减少地表径流、增加土壤入渗、防止土壤侵蚀和搞好生态环境建设等方面具有重要的理论意义和现实意义。稳渗速率是反映土壤渗透性能常用的指标,它与土壤达到饱和时的渗透能力,与土壤的孔隙状况有着密切的关系。通过对不同密度的油松林双环试验,得到稳渗速率(图 1)。可以

为 78.87~ 142.13 t/hm²,平均碳密度为 119.14 t/hm²,且随着密度增大而减小。油松林碳密度主要有 3 个部分组成:植被层、枯落物层和土壤层,其空间分布为土壤层> 植被层> 枯落物层。不同密度林分植被层碳密度平均为 29.57 t/hm²,占总碳密度的 24.82%;枯落物的变动 8.63~ 11.12 t/hm²,占 6.07%~ 14.10%;林地土壤的碳密度是相当大,碳密度平均为 79 t/hm² 以上,地上部分碳密度与地下(包括土壤、树根和死地被物)碳密度之比为 1/3.30。

表 8 不同密度油松碳密度 t/hm ²					
土层深度/ cm	油松密度/(株·hm ⁻²)				
	2000	1500	1200	1000	800
0– 5	8.28	8.81	9.55	10.96	11.88
5– 15	7.45	8.84	15.01	15.13	16.16
15– 25	11.08	12.55	22.35	22.75	23.63
25– 45	19.04	41.63	42.26	43.93	48.54
小 计	45.84	71.83	89.18	92.78	100.21

表 9 不同密度油松生态系统碳密度的空间分布 t/hm²

看出,油松林地的稳渗速率随林分密度的增大而减小,油松林密度为 800 株/hm² 时稳渗速率为 0.098 mm/min,是密度为 2 000 株/hm² 时稳渗速率 2.45 倍。为此,从改良土壤渗透性能、增加该地区森林水源涵养能力的角度来说,32 a 油松林的林分密度应在 800 株/hm² 为宜。

3.4.2 不同密度林地产流性能分析

森林改善了地表界面的入渗性能,地表径流大部分经表层而转化成地下径流,快速径流减少,慢速径流增多,并可将部分壤中流转化为地下径流。在降水和太阳辐射变化不大的情况下,森林具有较高的蒸发散和较强的疏松土壤能力,因而可减少径流量。而且,还通过对土壤通透性的改善使较多的降水转为壤中流和地下水。从表 10 可以看出,油松林地的产流量随着林分密度的增大而减小,当油松密度为 800 株/hm² 时其产流量最大为 24.11 mm。可见,当阴坡和阳坡密度为 800 株/hm² 对增加当地的径流量具有重要意义。

3.4.3 不同密度林地产沙量分析

从表 10 可以看出,油松林分产沙量也随密度的增加而减少。当油松密度为 800 株/hm² 时产沙量最大为 55.36 t/km²。随着密度的增大,当密度达到 2 000 株/hm² 时产沙量最小为 11.23 t/km²。这对选择油松 800 株/hm² 作为最优林分密度是不利因素,但从北京市近年来的降水来看:雨量为 70 mm,持续降雨强度在 2.5 mm/min 的降雨还是罕见的,这种影响对选取油松在 800 株/hm² 作为首选经营密度还是较小。

表 10 不同密度油松林产流量和产沙量				
样地号	林分密度/ (株·hm ⁻²)	降雨强度/ (mm·min ⁻¹)	产流量/ mm	产沙量/ (t·km ⁻²)
阳 1	800	2.55	24.11	55.36
阳 2	1000	2.54	21.56	42.35
阳 3	1200	2.57	19.51	31.75
阳 4	1500	2.47	16.33	20.78
阳 5	2000	2.50	12.57	11.23

4 讨 论

在密度为 800 株/hm² 的阳坡油松林地内, 林分密度通过改变林分内土壤、林分内温湿度、光照强度及其改变林内土壤营养元素分配等小环境条件, 来限制林下植物种类、数量等。林木生长状况良好, 林下植被层各种生物多样性指数较其它林分高, 并伴随着出现辽东栎等其它栎类更树种的生长, 这说明该林分土壤、光照、水分、温湿度等各种环境条件较为适宜, 已经能够满足阔叶林树种的生长。

油松林 1 200 株/hm² 时林分蓄积量最大为 95.53 m³/hm²。但从单株蓄积量来看, 不同密度的油松林单株蓄积量变动范围在 0.032 1~ 0.1017 m³/hm², 且随着油松林密度的减小而增大, 油松 800 株/hm² 的单株蓄积是 2 000 株/hm²单株蓄积的 3.17 倍, 可见, 低密度林分促进了林木个体的生长发育。

不同密度油松林生态系统碳密度范围为 78.87~142.13 t/hm², 平均碳密度为 119.14 t/hm², 且随着密度增大而减小。油松林碳密度主要有 3 个部分组成: 植被层、枯落物层和土壤层, 其空间分布为土壤层> 植被层> 枯落物层。植被层碳密度平均为 29.57 t/hm², 占总碳密度的 24.82%; 枯落物的变动在 8.63~ 11.12 t/hm², 占 6.07%~14.10%; 林地土壤的碳密度平均为 79 t/hm² 以上, 地上部分碳密度与地下(包括土壤、树根和死地被物)碳密度之比平均为 1/3.30。

稳渗速率为 0.098 mm/min, 是密度为 2 000 株/hm² 时

稳渗速率的 2.51 倍; 产流量随着林分密度的增大而减小, 当阳坡油松密度为 800 株/hm² 时, 其产流量最大为 24.11 mm。可见, 当密度为 800 株/hm² 对增加当地区的径流量具有重大意义。产沙量也随密度的增加而减少, 当油松密度为 800 株/hm² 时产沙量最大为 55.36 t/km²。从改良土壤渗透性能、增加该地区森林水源涵养能力的角度来说, 32 a 油松林的林分密度应在 800 株/hm² 为宜。

总体来说, 32 a 油松林密度为 800 株/hm² 时, 生物多样性、碳密度、单株蓄积量、水源涵养功能最大。为此, 对于 32 a阳坡油松健康经营的角度来说, 间伐后 800 株/hm² 为首选密度。

参考文献:

[1] 余新晓, 于志民. 水源保护林培育、经营、管理、评价[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.

[2] 刘国华, 傅伯杰, 方精云. 中国森林动态及其对全球碳平衡的贡献[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 734-739.

[3] 廖福霖, 陈光水, 谢锦升, 等. 裁杉留阔模式群落结构及其多样性研究[J]. 福建林学院学报, 2000, 20(4): 329-333.

[4] 邹双全, 何宗明, 陈光水, 等. 老杉木人工林与松阔混交林群落多样性比较[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(2): 124-128.

[5] 项文化, 湛小勇, 蔡宝玉. 湿地松人工林生产量的时空特征[C]//刘焯章. 森林生态系统定位研究. 北京: 中国林业出版社, 1993.

[6] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1984.

[7] Brown S. Present and potential roles of forests in the global climate change debate[J]. Unsylva, 1996, 185: 3-10.

[8] 王树森. 华北土石山区基于森林植被演替规律的森林健康研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.

(上接第 116 页)

[3] 姜青香, 刘慧平. 利用纹理分析方法提取 TM 图像信息[J]. 遥感学报, 2004, 9(5): 458-464.

[4] Huete A, Didan K, Miura T, et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation index[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 83: 195-213.

[5] 陈华丽, 陈植华, 丁国平. 用基于知识的决策树方法分层提取矿区土地类型: 以湖北大冶为例[J]. 国土资源遥感, 2004, 9(3): 49-53.

[6] John D, 蔡竟峰, 蔡自兴. 决策树技术及其当前研究方向[J]. 控制工程, 2005, 12(1): 15-8.

[7] 李爽, 张二勋. 基于决策树的遥感影像分类方法研究[J]. 地域研究与开发, 2003, 2(1): 17-21.

[8] Fried M A, Brodeley C E. Decision tree classification

land cover from remotely sensed data [J]. Remote Sensing & Environ., 1997, 61: 399-409.

[9] 孙家丙, 舒宁, 关泽群. 遥感原理、方法和应用[M]. 北京: 测绘出版社, 1997.

[10] 史培军, 宫鹏, 李晓冰, 等. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[11] Clawson M, Stewart C L. Land use information, a critical survey of US statistics including possibilities for greater uniformity, resource for the future[M]. Baltimore: John Hopkins University Press, 1965.

[12] 钱乐祥. 遥感数字影像处理与地理特征提取[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[13] 王周龙, 冯学智, 刘晓玫, 等. 秦淮河丘陵地区土地利用遥感信息提取及制图[J]. 遥感学报, 2003, 7(2): 131-135.