

密云水库油松人工林的林分密度与生长因子

李晓宏, 高甲荣, 张金瑞, 杨麒麟

(北京林业大学 水土保持学院 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083)

摘要: 林分密度是林分生长特征因子的主要控制因素。研究其影响规律及确定适宜密度, 对培育和管理林分都具有重要意义。2007年, 选择林龄 10, 15, 20, 25 a 且立地条件相似的 6 种林分密度(1 050, 1 850, 2 355, 3 825, 5 133, 5 533 株·hm⁻²)下的油松 *Pinus tabulaeformis* 人工林为研究对象, 采用样地调查方法, 对不同密度下油松人工林的生长指标进行调查。结果表明: ①林分密度与平均胸径和材积具有极显著的负相关性, 与树高呈显著的负相关性, 与林分蓄积量呈不显著的负相关; ②从整体看, 林龄对林分各生长指标都存在正相关, 但不影响林分生长指标的总趋势; ③从林木的长势情况和林地生产力方面考虑, 林分合理密度应控制在 1 800 ~ 2 300 株·hm⁻²。图 4 表 2 参 12

关键词: 森林经理学; 林分密度; 生长指标; 材积; 蓄积量; 密云水库

中图分类号: S757.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2010)06-0821-05

Determining stand density from growth indicators for young *Pinus tabulaeformis* in the Miyun Reservoir, Beijing

LI Xiao-hong, GAO Jia-rong, ZHANG Jin-rui, YANG Qi-lin

(The Key Laboratory of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: To determine a reasonable density for cultivating and managing forests, stand density, an important element for controlling growth characteristics and for determining the impact on growth laws, was studied. Young *Pinus tabulaeformis* with six stand densities (1 050, 1 850, 2 355, 3 825, 5 133, and 5 533 stems·hm⁻²) and stand ages of 10, 15, 20, and 25 years with the same growing conditions in the Miyun Reservoir of Beijing were measured. Results showed that density had a strong negative relationship to diameter at breast height (DBH) ($r = -0.757, P < 0.01$) and volume of timber ($r = -0.618, P < 0.01$), had a negative relationship to height ($r = -0.479, P < 0.05$), and had no negative relationship to stock volume. Overall, there were positive relationships between forest age and growth indicators ($P < 0.01$). According to growth indicators and plant production, a stand density of 1 800 - 2 300 stems·hm⁻² was suggested. [Ch, 4 fig. 2 tab. 12 ref.]

Key words: forest management; stand density; growth indicators; volume of timber; stock volume; Miyun Reservoir

密云水库森林资源对北京市的水源保护和生态环境的恢复起着十分重要的意义。从整个森林区域看, 目前有数据显示, 人工林所占的比例逐渐增高, 油松 *Pinus tabulaeformis* 人工林的面积最大^[1]。油松是中国北方, 特别是干旱、半干旱及半湿润地区重要的造林树种。油松耐干旱贫瘠, 生长迅速, 在保持水土、涵养水源等方面有着重要的作用。对密云区人工林成活率普查显示, 人工林的树种结构存在诸多问题, 比如林分结构不完整, 树种组成结构单一等。林分密度是形成林木合理空间结构的基

收稿日期: 2009-11-30; 修回日期: 2010-05-06

基金项目: “十一五”国家科学技术支撑计划项目(2006BAD03A02)

作者简介: 李晓宏, 从事水土保持等研究。E-mail: xiaoxiao_0476@126.com。通信作者: 高甲荣, 副教授, 从事流域管理及生态环境建设等研究。E-mail: jiaronggao@sohu.com

础,也是林木个体生长发育空间大小的决定性因子^[2],显著影响林分的各项生长指标。同树种在不同适宜的密度下,各生长指标有很大差异。通过开展密度试验,研究探讨各项指标最优情况下的合理密度,可为人工林获得良好的生态、经济和社会效益提供参考^[3]。本研究以不同林分密度的油松人工林的生长指标来评价目前人工林生长状况,可为采取有效经营和管护措施提供一定的理论依据,并为以后油松林分栽植提供一定的理论指导。

1 研究区概况

密云水库位于北京的东北方向约 90 km, 40°23'N, 116°50'E。密云区气候类型属于暖温带半湿润季风型气候,年平均气温为 10.0 ~ 15.0 °C, 平均最低气温-18.0 °C, 平均最高气温 38.0 °C, 无霜期 176 d, 多年平均降水量 669.0 mm, 主要集中在 6 - 8 月, 雨热同期。密云区主要人工植被为油松林和刺槐 *Robinia pseudoacacia* 林。油松人工林均分布在海拔 800 m 以下的低山阴坡和半阴坡, 坡度一般为 20° ~ 30°, 土层厚度为 10 ~ 15 cm。调查区油松以中幼林为主, 林地地被物以灌木为主, 主要有荆条 *Vitex negundo* var. *heterophylla*, 胡枝子 *Lespedeza bicolor*, 酸枣 *Ziziphus jujuba* var. *spinosa*, 绣线菊 *Spiraea trilobata* 等, 林地凋落物层较厚。

2 研究方法

2.1 样地调查

在全面踏查密云水库集水区的基础上, 选择林龄 10, 15, 20 和 25 a 且立地条件相似并具有代表性的 6 种林分密度(1 050, 1 850, 2 355, 3 825, 5 133 和 5 533 株·hm⁻²)下的油松人工林, 在 6 种林分密度下设置标准样地 4 块, 规格为 20 m × 20 m, 共 24 个样地。在样地内对所有油松进行每木检尺, 详细记录每株树的树高、胸径、郁闭度及立地条件。主要调查区选在 15 个标号区内, 2007 年完成数据采集工作。立地条件见表 1。

表 1 油松人工林分生长现状

Table 1 Growing indexes of artificial stands of *Pinus tabulaeformis*

标准地号	立地类型	林龄/a	郁闭度	密度/(株·hm ⁻²)	林分生长量指标	
					平均树高/m	平均胸径/cm
Y01	低阴中松	32	0.83	1 850	7.20	11.83
Y02	低阴中松	32	0.86	2 025	7.90	11.51
Y03	低阴薄坚	25	0.68	1 125	6.40	12.59
Y04	低阴薄坚	30	0.68	1 175	6.30	12.46
Y05	低阴中松	26	0.90	2 355	5.80	10.07
Y06	低阴薄坚	20	0.90	5 133	5.10	6.16
Y07	低阴中坚	28	0.82	1 700	7.10	10.92
Y08	低阴中坚	30	0.70	1 050	7.15	12.64
Y09	低阴薄坚	20	0.85	3 250	5.05	6.81
Y10	低阴中松	20	0.73	3 825	4.70	7.01
Y11	低阴厚松	30	0.95	1 050	9.25	15.22
Y12	低阴中坚	30	0.60	1 400	8.05	14.01
Y13	低阴薄坚	35	0.73	1 350	8.05	12.30
Y14	低阴中松	20	0.85	5 533	4.10	4.84
Y15	低阴厚松	28	0.85	2 000	7.60	9.18

2.2 数据处理与分析方法

林木材积利用中央断面积近似求积式计算，蓄积量则选用材积量的叠加计算^[4]。运用 SPSS 13.0 数据处理软件对林分密度与林分生长因子进行 Pearson 相关分析。

3 结果与分析

本研究分析表明：林分密度与平均胸径、材积具有极显著的负相关性；密度与蓄积量的负相关不是很显著。有研究表明，除林分密度外，立地条件也对林分生长因子的生长产生很大的影响^[5-6]。相比于其他因子，树龄是控制树高的主要因子^[7-8]，并随着树龄的递增，各项生长指标均正向增长。

3.1 不同密度与不同树龄油松林树高生长比较

林分密度对树高的影响比较复杂，结论不一。有研究表明，密度对树高有影响，但影响较弱，在相当宽的一个中等密度范围内无显著影响^[9-10]。有的研究结果说明，树高生长随林分密度增大而增高^[11]。图 1 显示，密度与树高呈显著负相关。随着林分密度的增加，树高呈减小趋势，当林分密度大于 2 355 株·hm⁻² 之后，树高沉降幅度加大。

由表 2 得知，树龄与各项生长因子呈正相关，并且对树高影响尤为显著。有研究指出，树龄是影响树高的重要因子。图 1 中，不同树龄间，树高随密度递减的趋势相一致，无明显下降，幼龄林的下降值远远小于中龄林。林木高生长的递减，除受密度因子导致的林木营养面积减小外，仍受其他立地因子及林龄的影响。

3.2 不同密度与不同树龄油松林胸径生长比较

林分密度与胸径呈负相关，即在树龄相同条件下，林分密度越大，胸径越小，其负相关达极显著程度。说明不同林分密度，树木胸径的下降幅度随树龄的增大而增大，这与很多学者研究相一致^[12]。图 2 显示，胸径递减幅度的转折点位于林分密度 1 850 ~ 2 355 株·hm⁻²。不同树龄间，胸径随密度递减的趋势一致，但其递减幅度完全高于树高。可能由于林分空间的减小直接影响林木营养物质的吸收，从而胸径急剧降低。

林分密度越大，林分所需的营养空间减小，林内竞争加剧，胸径生长越小。可以认为，通过调整林分密度可以改善林分的营养空间，减少林分竞争，从而提高林分的生长产量。调查区油松林分产生竞争作用的密度幼龄林约为 2 000 株·hm⁻²，中龄林为 1 850 株·hm⁻²。

3.3 不同密度与不同树龄油松单株材积比较

众多研究指出，密度与材积量呈负相关。图 3 明显表明，林分密度越大，平均单株材积越小；不同密度条件下，平均单株材积的沉降幅度随树龄的增大而增大。单株材积沉降幅度存在明显的密度转折点，幼龄林约为 2 355 株·hm⁻²，中龄林约为 1 850 株·hm⁻²。本研究材积的计算是通过近似求积法得到的，所以材积的变化趋势与胸径变化趋势一致。从树龄的角度讲，中龄林材积的下降值大于幼龄林。林分密度大，其林分竞争比较明显，导致单株材积趋于减小。可见，适宜的林分密度对培养成材林有重要意义。从这个角度出发，建议对当地人工油松林的密度实施控制，幼龄林可控制在 2 500 株·hm⁻² 以下，中龄林控制在 1 800 株·hm⁻² 以下。

表 2 林分密度与生长因子的相关系数矩阵

Table 2 Correlations coefficient matrix of stand density and growth factors

		密度	树龄	树高	胸径	材积
水平数值 Sig. (2-tailed)						
树龄	相关系数	0.000				
	水平数值 Sig. (2-tailed)	1.000				
树高	相关系数	- 0.479*	0.840**			
	水平数值 Sig. (2-tailed)	0.018	0.000			
胸径	相关系数	- 0.757**	0.575**	0.874**		
	水平数值 Sig. (2-tailed)	0.000	0.003	0.000		
材积	相关系数	- 0.618**	0.595**	0.849**	0.953**	
	水平数值 Sig. (2-tailed)	0.001	0.002	0.000	0.000	
蓄积量	相关系数	- 0.389	0.754**	0.892**	0.850**	0.870**
	水平数值 Sig. (2-tailed)	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000

说明：* 相关系数在 0.05 水平上显著；** 相关系数在 0.01 水平上显著。

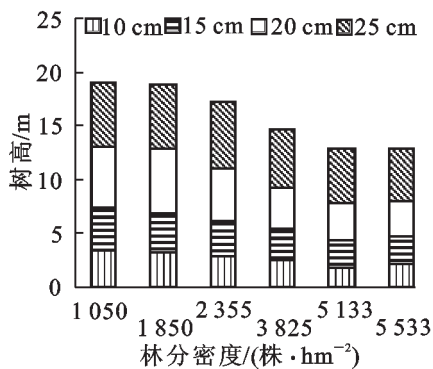


图1 林分密度与树高的关系

Figure 1 Relationship between density and height

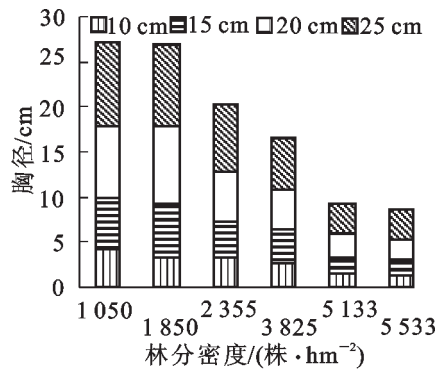


图2 林分密度与胸径的关系

Figure 2 Relationship between density and growth in chest-diameter

3.4 不同密度与不同树龄油松林蓄积量比较

已有研究表明,蓄积量与密度呈正相关关系。高密度林分虽然单株材积小,但株树多,因而蓄积量较高^[2]。本研究中,总体上密度与蓄积量呈负相关,但未达显著水平。图4显示,随着林分密度的增加,蓄积量呈现先增大后减小的趋势。蓄积是个长期积累的过程,因此中龄林的蓄积量大于幼龄林。从树龄的角度讲,随密度的增加蓄积量先增大后减小。密度1850株·hm⁻²是第1个转折点,当密度小于1850株·hm⁻²时,蓄积量随密度的增大而增大,这时平均材积呈增大的趋势;当密度超出1850株·hm⁻²后,材积开始逐步减小,高密度林分内部营养空间竞争加剧,从而蓄积量减少。

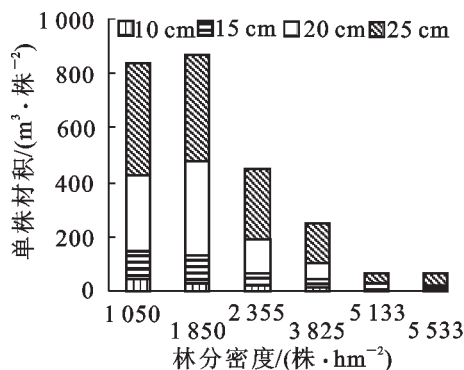


图3 林分密度与材积生长的关系

Figure 3 Relationship between density and growth in volume

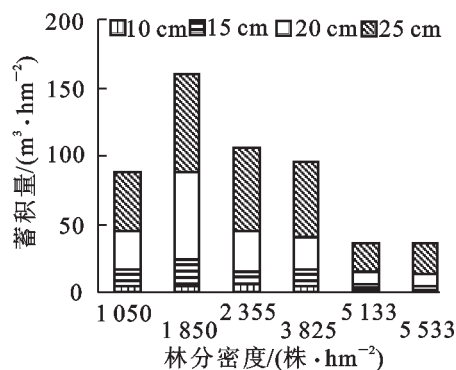


图4 林分密度与蓄积量的关系

Figure 4 Relationship between density and growing stock

表2表明,树龄对蓄积量有明显正相关关系。图4显示,对10~15a幼龄林来说,密度对蓄积量起到较为关键的作用,但总蓄积量变化幅度很小;而从20a幼龄林和25a中龄林来看,密度对蓄积量的贡献显著减小,即随林分密度的增加,蓄积量的变化幅度明显减小。从图4中还可以看出,对幼龄林阶段而言,其蓄积量随密度变化的转折点在2355株·hm⁻²左右,对中龄林阶段来说,蓄积量在1850株·hm⁻²左右最大。同时,林分密度5000株·hm⁻²及以上时,蓄积量几乎不受林分密度的影响。

4 结论与建议

通过研究林分密度对林木各生长因子的影响得出,林分密度与平均胸径和材积具有极显著($P < 0.01$)负相关性,与林分蓄积量、树高没有明显的负相关性。即随着林分密度的增大,胸径和材积逐渐降低,林分蓄积量、树高虽然有逐渐减小的趋势,但不明显。

从整体看,林龄与林分生长指标的总变化趋势都存在正相关,不影响林分生长指标的总趋势,其中胸径的变异性明显大于树高;林分蓄积量的变异在幼龄和中龄阶段较为明显,中龄后期变异减小。

6种油松林林分密度中,从林木的长势情况和林地生产力来说,建议人工林的密度控制在1800

~ 2 300 株·hm⁻²。其中, 对 10 ~ 20 a 的幼龄林其合理密度为 1 800 ~ 2300 株·hm⁻² 以下, 对 20 a 以上的中龄林为 1500 ~ 1 800 株·hm⁻²。可根据不同的生产要求对相应的林木进行管理和采伐。

示范区内, 油松幼龄林占标准地总数的 27.78%, 中龄林占 52.78%, 近熟林占 19.44%。总体林相整齐, 人为干扰少, 并有天然幼苗更新。但整个密云资源林中, 人工树种相对较单一, 林分结构不完整, 这些问题都会影响林分的生态功能充分发挥。因此, 建议在保持人工林优势树种生长优势上, 提倡多层次林分结构的发展; 在密云森林资源的整体结构上, 提倡由人工纯林向混交林的发展过渡。

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] 刘伟伟, 刘利民, 刘继文, 等. 华北落叶松人工林密度对林木生长因子影响的研究[J]. 安徽农业科学, 2008, **36** (28): 12259 - 12260.
LIU Weiwei, LIU Limin, LIU Jiwen, *et al.* Study on the effects of plantation density of *Larix principis-rupprechtii* on forest growth factors [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2008, **36** (28): 12259 - 12260.
- [3] 乌吉斯古楞, 陆玉宝, 田有亮, 等. 大青山油松人工林生长与林分密度关系的研究[J]. 内蒙古科技与经济, 2006 (12): 18 - 21.
WU Jilengsileng, LU Yubao, TIAN Yuoliang, *et al.* Study on the relationship between the growth of *Pinus tabulaeformis* Carr. in Daqing Mountain and plant density [J]. *Inner Mongolia Sci Technol Econ*, 2006 (12): 18 - 21
- [4] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996: 45 - 64.
- [5] 郭玉永. 关帝山林区油松天然林生长规律的研究[J]. 科技情报开发与经济, 2005, **15** (1): 136 - 137.
GUO Yuyong. Research on the growing regularity of natural forests of *Pinus tabulaeformis* Carr. in Guandi Mountain [J]. *Sci / tech Inform Develop Econ*, 2005, **15** (1): 136 - 137.
- [6] 张宝忠, 孙德学, 金有林. 辽西地区华北落叶松造林立地条件选择的研究[J]. 防护林科技, 2005 (6): 19 - 20.
ZHANG Baozhong, SUN Dexue, JIN Youlin. Site condition selection of *Larix principis-rupprechtii* in western part of Liaoning Province [J]. *Prot For Sci Technol*, 2005 (6): 19 - 20.
- [7] 靳天恩, 马彦红, 李善文. 影响人工油松林生长的相关因子的研究[J]. 防护林科技, 1999 (3): 12 - 15.
LAI Tianen, MA Yanhong, LI Shanwen. The research on the relation factors of effects on growth of *Pinus Tabulaeformis* Carr [J]. *Prot For Sci Technol*, 1999 (3): 12 - 15.
- [8] 谢天时. 不同林龄和坡位水杉人工林生长状况的比较[J]. 亚热带农业研究, 2007 (3): 184 - 189.
XIE Tianshi. Comparison of the growth of *Metasequoia glyptostroboides* plantations with different ages and slopes [J]. *Subtrop Agric Res*, 2007 (3): 184 - 189.
- [9] 丁贵杰, 周政贤. 马尾松不同造林密度和不同利用方式经济效果分析[J]. 南京林业大学学报, 1996, **20** (2): 24 - 29.
DING Guijie, ZHOU Zhengxian. The economic results analysis on masson pine at various planting density and utilization ways [J]. *J Nanjing For Univ*, 1996, **20** (2): 24 - 29.
- [10] 丁贵杰, 周政贤, 严仁发, 等. 造林密度对杉木生长进程及经济效果影响的研究[J]. 林业科学, 1997, **33** (1): 67 - 75.
DING Guijie, ZHOU Zhengxian, YAN Renfa, *et al.* Study on effects of economic results and the growth progress at various planting density [J]. *Sci Silv Sin*, 1997, **33** (1): 67 - 75.
- [11] 徐勃, 张仕清. 同仁地区青杨速生丰产林几种常用造林密度对生长的影响[J]. 青海大学学报: 自然科学版, 2002, **20** (2): 8 - 10.
XU Bo, ZHANG Shiqing. Effect of several afforestation densities of cathay poplar fast-growing and heavy bearing to their growing in Tongren region [J]. *J Qinghai Univ Nat Sci Ed*, 2002, **20** (2): 8 - 10.
- [12] 段爱国, 张建国. 杉木人工林林分直径结构动态变化及其密度效应的研究[J]. 林业科学研究, 2004, **17** (2): 178 - 184.
DUAN Aiguo, ZHANG Jianguo. Studies on dynamics of diameter structure of Chinese fir plantations and affection of density on it [J]. *For Res*, 2004, **17** (2): 178 - 184.