落叶松人工林密度对林木生长的影响

梁文俊, 丁国栋, 韦立伟, 郭 跃, 高广磊
(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘 要: 以河北省木兰林业管理局的北沟林场作为试验基地, 通过实地调查, 对不同密度的落叶松林地进行了详细的测量, 分析了不同落叶松人工林密度对落叶松林个体生长状况等因子的影响。结果表明, 在一定林分密度范围内, 随着林分密度的增加, 林分胸径、冠幅呈减小趋势, 二者呈幂指数函数关系; 单株材积呈递减趋势, 蓄积量呈递增趋势, 单株材积和蓄积量与密度也符合函数关系规律。

关键词: 林分密度; 落叶松; 生长量
文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2010)04-0078-03 中图分类号: S759.52, S725.6

Influences of Density of *Larix Principis* on Tree Growth

LIANG Wen-jun, DING Guo-dong, WEI Li-wei, GUO Yue, GAO Guang-lei
(*College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: This study was conducted in the Beigou forest farm of Mulan Forestry Authority in Hebei Province. In a field investigation, detailed measurements were made for the different densities of *Larix principis*. Results show that as the stand density increases, both stand diameter at chest height and crown width decrease, which have an exponential relation to the density. Single-tree volume decreases progressively, while stock volume increases progressively. The single timber volume and store are also related to the density.

Keywords: stand density; *Larix principis*; growth

造林密度是形成人工林群落结构的数量指标, 而林分密度则是制约林木群体生长发育过程的关键因素, 对人工林生态系统的稳定性及生物生产力具有重要影响[1]。森林的复杂性主要体现在它的密度、种类组成、水平和垂直结构等方面, 因此林分密度和林木分布格局成为群落生态学中最为基本的研究内容[2]。国内许多学者[3-5]就人工林的林分密度与林分生长的关系已进行了深入系统的探讨。本研究以不同密度的多年生落叶松(*Larix principis*)人工林为研究对象, 分析了目前林地内群落特征, 落叶松林个体生长状况以及不同密度条件下落叶松人工林的生长状况、林地更新状况、群落土壤养分及群落物种多样性差异, 旨在阐明在何种密度下落叶松人工林能够实现其最大的生态经济效益, 为当地的林业经营管理提供参考。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域

木兰国营林场管理局位于滦河上游地区, 地处河北省围场满族蒙古族自治县境内, 地理坐标为 116°32′—118°14′ E, 41°35′—42°40′ N, 东西长 128 km, 南北宽 96 km, 总经营面积 102 666.7 hm^2。木兰林管局南临京津地区, 北接内蒙古浑善达克沙地, 不仅是下游"潘家口水库"的水源涵养地和滦河主要发源地, 同时也是北京地区的上风区和影响北京生态环境质量重要的风沙通道。植物区系为东北区系、内蒙古区系和华北区系的交汇带, 分为 7 个植被类型 53 个群系, 有维管植物科 382 属 693 种。乔木树种主要有落叶松、油松、云杉、白桦、山杨、柞、榆等; 灌木主要有山杏、沙棘、胡枝子、绣线菊等; 草本植物主要有披碱草、羊胡子草、篙类等[6]。

1.2 样地的调查

为了确保研究样地的土壤性质、坡度和坡向一致, 通过实地考察和林业人员的介绍, 按照样地选取原则, 结合林场造林资料, 完成样地选择工作。在不同密度处理的落叶松人工林内, 设置 50 m × 50 m 样地调查。调查内容包括: (1) 群落学特征。记录每株

收稿日期: 2010-01-12 修回日期: 2010-04-09
资助项目: 国家林业局林业公益性行业科研专项"典型区域森林生态系统健康维护与经营技术研究"(200804022)
作者简介: 梁文俊(1983—), 男(汉族), 山西省朔州市人, 硕士研究生, 主要研究方向为水土保持与荒漠化。E-mail: liangwenjun123@163.com。
通信作者: 丁国栋(1963—), 男(满族), 内蒙古自治区赤峰市人, 博士, 教授, 主要研究方向为水土保持。E-mail: Dch1999@263.net。

乔木的树高、胸径、冠幅、冠高、分物种调查灌木、草本的名称、高度、盖度和频度。(2) 竞争导致落叶松个体枯死的调查。在样地内统计枯死个体数量和年龄[7]。(3) 群落更新调查。在灌木样方中, 详细寻找每一落叶松幼苗(树), 并记录树高, 并由此推算整个样地内幼苗(树)密度和生长状况。

1.3　每木检尺

样地内进行每木检尺, 获得林木胸径、树高、冠幅、枝下高等林分因子。在每木检尺的基础上, 计算出林分平均胸径和平均树高, 各样地选取标准木 4~ 5 株, 用于树干解析、生物量测定, 用生长锥取生长锥木芯样品, 确定树木年龄。在以上调查的基础上, 确定几块立地条件和林龄相同的标准地, 以便做进一步研究。

2　结果分析

2.1　不同密度落叶松人工林的胸径分布

林分密度是指单位面积林地上的立木株数。研究林分密度的意义就在于充分了解群体与个体之间的相互作用规律, 从而在林分生长发育过程中设法通过抚育间伐等人为措施, 调控林分密度, 使之始终处于一个具有合理密度的群体之中。林分密度既是林分的数量指标, 同时又是林分质量的指标。它直接影响着林分的生长量、干形和出材率, 是影响林分生长发育的主要因子[8]。Harper 和 Drew 等[9-10] 研究认为, 林木的冠幅和胸径随着密度的增加而减小。落叶松的林分密度和平均胸径, 平均冠幅之间可用负幂函数进行较好地拟合(R^2 = 0.975 1), 即在林龄相同条件下, 林分密度越大, 则林分平均直径越小; 反之, 林分密度越小, 林分平均直径就越大。

2.2　不同林分密度对冠幅的影响

同样, 通过拟合可以得出, 林分密度与冠幅呈负相关关系(R^2 = 0.978 0) ; 有关研究表明[11-12] 不同密度间的生长差异主要由林木个体营养空间的差异造成, 而营养空间的大小首先影响到树冠的发育。这是因为随着林分密度的减小, 林分及林地的光照条件得到改善, 增加了林木的个体营养空间, 树冠得到迅速发展, 使得树冠的体积增大, 枝叶量增加, 大幅度的提高了林木制造有机物的同化“工厂”的能力; 同时地表温度升高, 促进了土壤微生物的活动, 加速了死地被物的分解, 提高了土壤肥力, 使树木生长可以得到更多的营养供给的缘故。在林龄和立地条件相同条件下, 密度越大, 林木之间竞争越激烈, 生长空间越小, 冠幅就小; 反之密度越小, 冠幅越大[13]。

2.3　不同林分密度对单株材积的影响

通过负幂指数函数对林分密度和单株材积进行较好的拟合(R^2 = 0.896 5) ; 说明林分密度对单株材积生长的影响和它对胸径生长的影响是一致的, 林分密度与平均单株材积呈明显的负相关关系。即在年龄和立地条件相同条件下, 林分密度越大, 林分平均单株材积越小; 反之, 林分密度越小, 则林分平均单株材积大, 负相关达极显著水平。

2.4　不同林分密度和高径比的关系

高径比是林分平均高和平均直径的比值 d_h = H/D, 它反映了树干的通直度和圆满度状况, 直接影响到木材的出材率和经济价值。通过幂指数函数对林分密度和高径比进行较好的拟合(R^2 = 0.945 7) ; 说明林木的高径比和林分密度呈正相关关系。即在林龄和立地条件相同条件下, 林分密度越大, 高径比越大; 反之 , 密度越小, 高径比也越小。

2.5　不同林分密度与蓄积量的关系

同样可以用幂函数对林分密度和蓄积量进行拟合(R^2 = 0.957 6) ; 说明密度对蓄积量的影响和它对高径比的影响是一致的, 林分密度与蓄积量呈明显的正相关关系。即在年龄和立地条件相同条件下, 林分密度越大, 林分蓄积量就越大; 反之, 林分密度越小, 则林分蓄积量就越小, 正相关关系达极显著水平。

2.6　林分最适密度的探讨

林分到达成熟期时, 在各样地保留树木的总蓄积量之间差异很小的情况下, 林地内保留木平均胸径的总体趋势是随着经营密度指数的逐渐减小而增大, 经营密度指数越小, 间伐强度越大, 样地的平均胸径越大, 由此要求对林分的最适密度进行研究。

林分的最适密度首先要求林分中每株林木都具有一个最适宜的生长空间和一个较好的林分整体结构, 而且林分中优势木和亚优势木的树冠面积大小就直接代表了此株林木对营养空间的客观要求, 所以用优势木的树冠面积来确定适宜的林分密度[15]。其主要原因为: 优势木的树冠面积是在林分竞争状态下充分发育而成的最经济、最适宜的树冠面积, 而具备这样树冠面积的林木会形成较好的干形, 具有较高的出材率。它比在不受自然稀疏规律控制下生长的孤立木的树冠要小, 比处在林下受压地位生长的被压木树冠要大。后两者林木都不会形成一个良好的干形[8]。

生态学中, Logistic 方程是最常用的模拟种群动态的模型。

$$Y = \frac{A}{1 + m\mathrm{e}^{-ry}} \quad (A, m, r > 0)$$

式中: A ——林木生长的最大值参数, 其中 $A = Y_{max}$; m ——与初始值有关的参数; r ——内禀增长率(最大生长速率) 参数。

由于林分中林木生长的营养空间有限, 林木生长过程必然受到林木竞争的限制, 而随着林分大小 y 的增加, 竞争加剧, 使得树木生长率($\frac{1}{y}\frac{dy}{dt}$) 是关于 $y(t)$ 的线性递减函数。

Logistic 曲线是具有初始值的典型的对称型“S”形生长曲线。但是, 该方程拐点在 y 最大值的一半 $(A/2)$ 处, 方程的生长率随其大小呈线性下降。一切研究均表明, 用 Logistic 方程比较适合于描述慢生树种的树木生长, 由此提出林分竞争指数, 也就是林木相互直接的竞争强度系数。对冠幅、胸径和林分竞争指数的关系拟合后, 得到方程:

$$C_r = 0.8D^{0.55(1-C_i)}$$

式中: C_r ——冠幅; D ——胸径; C_i ——冠幅竞争指数。

然后代入胸径和冠幅竞争指数回算冠幅, 对实测值和预测值进行方差分析和相关性检验。方差分析及相关性检验见表 1—2。

表 1 冠幅竞争指数方差分析

项 目	离差平方和	自由度	均方	F	显著相关 Sig
回归分析	8.835	1	8.835	724.707	0.000
残 差	0.207	17	0.012		
总 计	9.042	18			

表 2 相关性检验

项 目	非标准化系数		标准化系数	检验值 T	显著相关 Sig	相关性系数
	B	标准误	Beta			
常 数	0.058	0.045		1.296	0.212	0.928
预 测	0.967	0.015	0.998	65.613	0.000	

表 1—2 的方差分析, 回归性检验都说明拟合符合条件, 具有明显的显著性。设定林分竞争指数为某一值(不同立地条件数值不同) , 这里根据当地情况设定为 $C_i = 0.2$, 把树冠的控制面积用圆面积来计算, 根据公式, 求得树冠面积, 用 10 000 去除, 就得到每公顷的预测株数, 即某林分密度指数下的林分经营密度 (表 3) 。利用表 3 可以判断出现有林分是否应进行抚育间伐及间伐强度应多大, 为林业工作者提供一些参考。合理地确定间伐时间和强度, 有利于形成一个合理的群体结构, 既能使个体有充分发育的营养条件, 又能最大限度地利用空间. 有利于使林分达到速生、丰产、优质的目的。[16]

3 结 论

研究表明, 林分密度对林场的落叶松林生长因子的影响具有明显的规律性, 在林龄和立地条件相同条件下, 林分密度与平均胸径、平均冠幅和单株材积具有极显著的负相关性, 与林分蓄积量、林木高径比具有显著的正相关性, 与平均树高相关性较小, 即随着林分密度的增大, 直径、冠幅、单株材积逐渐降低, 林分蓄积量、林木高径比逐渐增大, 树高虽然有逐渐增大的趋势, 但不明显。通过胸径、冠幅、单株材积、蓄积量这 4 者和林分密度的关系确定林分的优势木, 从而提出林分的最适密度。

从调查和数据分析可以得出, 北沟林场部分落叶松人工林密度较大, 为了达到林分的最适密度, 需要采取适当间伐的措施, 调整林分密度, 以便最终既可以获得高质量的林木, 有利于培育大径材, 又可以在森林经营过程中获得间伐材, 提高森林利用效率, 增加经济效益, 实现生态经济的双赢。

表 3 落叶松人工林单位面积最适株数统计

径阶/cm	调查株树	平均胸径/cm	平均冠幅/m	最适密度/(株·hm^{-2})
6	16	6.30	1.73	4 569
7	15	6.84	1.79	3 923
8	16	8.13	2.08	3 412
9	18	8.88	2.15	2 952
10	17	10.00	2.26	2 456
11	19	11.22	2.40	2 195
12	20	11.98	2.56	1 990
13	21	12.79	2.69	1 836
14	24	14.32	2.87	1 650
15	28	15.04	2.98	1 506
16	15	16.15	3.09	1 400
17	12	16.54	3.18	1 289
18	14	18.15	3.19	1 186
19	10	19.04	3.33	1 102
20	12	19.84	3.56	1 005
21	13	21.18	3.64	950
22	13	22.06	3.75	900
23	10	23.58	3.95	865
24	9	24.07	3.99	826

(下转第 86 页)

[参 考 文 献]

[1] 傅伯杰, 杨志坚, 王仰麟, 等. 黄土丘陵地区土壤水分空间分布数学模型[J]. 中国科学(D 辑), 2001, 31(3): 185-191.

[2] 王政权, 王庆成. 森林土壤物理性质的空间异质性研究[J]. 生态学报, 2000, 20(6): 945-950.

[3] Webster R. Quantitative spatial analysis of soil in the field[J]. Adv. Soil Sci., 1985, 3: 1-7.

[4] Martinez M M, Williams A G, Ternan J L, et al. Role of antecedent soil water content on aggregates stability in a semi-arid environment[J]. Soil & Till. Res., 1998, 48: 71-80.

[5] Keck T J, Quimby W F, Nielsen G A. Spatial distribution of soil attributes on reconstructed mine soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1993, 57: 782-786.

[6] 王金叶, 田大伦, 王彦辉, 等. 祁连山林草复合流域土壤水文效应[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 144-147.

[7] 程金花, 张洪江, 余新晓, 等. 贡嘎山冷杉纯林地被物及土壤持水特性[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(3): 45-49.

[8] 党坤良. 秦岭火地塘林区不同林地土壤水分动态特征的研究[J]. 西北林学院学报, 1995, 10(1): 1-8.

[9] 张志强, 王礼先. 水力侵蚀与植被变化关系研究途径与展望[J]. 北京林业大学学报, 1997, 19(S): 177-180.

[10] 张学龙, 车克钧, 王金叶, 等. 祁连山寺大隆林区土壤水分动态研究[J]. 西北林学院学报, 1998, 13(1): 1-9.

[11] 车克钧. 傅辉恩. 祁连山北坡水文效应的多层次 Fuzzy 综合评判[J]. 生态学杂志, 1993, 12(3): 31-35.

[12] 金铭, 张学龙, 刘贤德, 等. 祁连山林草复合流域灌木林土壤水文效应研究[J]. 水土保持学报, 2009, 36(1): 169-172.

[13] 成彩霞, 张学龙, 刘占波, 等, 祁连山西水林区土壤水分物理性质特征分析[J]. 内蒙古农业大学学报, 2008, 28(4): 33-38.

[14] 庞学勇. 包维楷. 张咏梅, 等. 岷江柏林下土壤物理性质及其地理空间差异[J]. 应用与环境生物学报 2004, 10(5): 596-601.

[15] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986. 17-55.

[16] 马雪华. 森林生态系统定位研究方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 84-166.

[17] 田大伦. 杉木林生态系统定位研究方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2004: 103-156.

(上接第 80 页)

[参 考 文 献]

[1] Evans J. Plantation forestry in the tropics[M]. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press, 1997.

[2] 李丽, 惠刚盈, 惠淑荣, 等. 不同样地大小对天然林林分的密度估计和格局分析影响研究[J]. 科技导报, 2007, 25(9): 40-41.

[3] 童书振, 盛炜彤, 张建国. 杉木林分密度效应研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(1): 66-75.

[4] 林建华. 马尾松造林密度与林分生长效应试验[J]. 福建林业科技, 2005, 32(13): 137-139.

[5] 叶功富, 林武性, 张水松, 等. 不同密度管理措施对杉木林分的生长、生态效应的研究[J]. 福建林业科技, 1995, 22(3): 1-8.

[6] 鲁少波, 徐成立, 李春强, 等. 孟滦林管局森林生态系统服务功能价值研究[J]. 林业经济, 2009(4): 65-66.

[7] 王梅, 张文辉. 不同密度油松人工林生长更新状况及群落结构[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(7): 76-77.

[8] 沈红莉, 崔长占, 毕士忠, 等. 落叶松人工林最适密度的探讨[J]. 高师理科学刊, 1999, 19(2): 41.

[9] Harper J L. Population biology of plants [M]. London: Academic Press, 1977: 42.

[10] Drew T J, Flewelling J W. Stand density management: an alternative approach and its application to Douglas-fir plantation [J]. Forest Science, 1979, 25: 518-532.

[11] 李桂君, 吴燕, 左焕发. 红松阔叶人工天然混交林主要树种胸径与冠幅的相关分析[J]. 林业勘察设计, 2005(1): 68-70.

[12] 罗玲, 廖超英. 榆林沙区樟子松冠幅与胸径的相关关系分析[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(24): 92-97.

[13] 韩照日格图, 白静, 田有亮, 等. 大青山区油松人工林密度对林木生长影响的研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(4): 68-69.

[14] 阎海平, 谭笑, 孙向阳, 等. 北京西山人工林群落物种多样性的研究[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(2): 16-19.

[15] 唐守正, 杜纪山. 利用树冠竞争因子确定同龄间伐林分的断面积生长过程[J]. 林业科学, 1999, 35(6): 35-41.

[16] 韩俊仪. 关于落叶松人工林抚育间伐的探讨[J]. 内蒙古林业调查设计, 2000(3): 60-62.