

初植密度、间伐对杉木林分优势高生长过程的影响*

洪玲霞

关键词 杉木 优势高 初植密度 间伐

立地质量是决定林分生长和收获的主要因素之一,在用材林经营与管理中,立地质量定义为“生长在某一地位上既定树种或林分类型林木的生产潜力”。以往的研究表明:许多树种的材积生产潜力与树高的生长成正相关;在同龄林中,根据较大林木树高生长过程所反映的材积生产潜力与树高生长之间的关系,受林分密度和间伐的影响不大;许多重要的用材树种其高生长几乎不受林分密度的影响,因而,根据林分优势高评价立地质量的方法即地位指数法是目前评定人工林生产力(立地质量)的一种通用技术^[1]。使用地位指数法的目的有两个:(1) 预估指数年龄的林分高(地位指数);(2) 确定林分整个生长过程期望遵从的树高生长模型,并由此导出林分其它因子在不同立地质量条件下的生长过程,从而估计林分的生产潜力。

自从“地位指数”这一概念提出后,人们更加关注和研究林分优势高的生长过程,以往的研究表明,影响林分优势高生长过程的因素有两个:①由地理环境的差异引起:不同地区的大气候条件使林分的优势高生长过程不同^[2],②不同立地条件下林分的优势高生长过程不同,好的立地条件下优势高生长快且到达速生期早^[2,3]。对许多树种来说,林分优势高的生长不受林分密度影响,因而,在同一地区、相同的立地条件下种植同一树种,无论密度如何,其优势高生长过程应相同。近来的研究发现,在同一地区、相同的立地条件下种植杉木

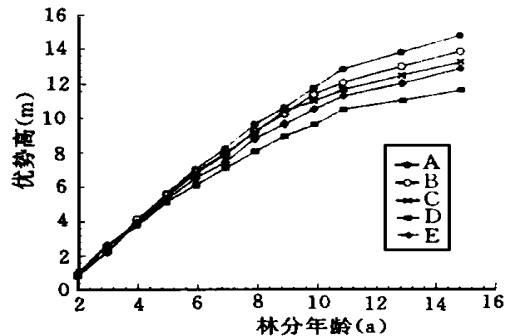


图1 不同初植密度的杉木林分优势高生长过程(实验数据见表1)

Cunninghamia lanceolata (Lamb.) Hook., 由于初植密度不同,其优势高生长过程有较大差异(见图1);单因素方差分析结果表明:年龄大于6a时,不同初植密度的优势高差异显著,因而有必要探讨初植密度以及间伐对林分优势高生长过程的影响。国外已有对这一问题的研究,例如:密度对美国黑松(*Pinus contorta* var. *latifolia* Engelm)优势高生长过程的影响,建立了与林分密度有关的优势高生长模型^[4]。

1996—11—25 收稿。

洪玲霞助理研究员(中国林业科学研究院资源信息研究所 北京 100091)。

* 本文得到1992年国家自然科学基金项目“我国主要人工用材林生长模型、经营模型及优化控制”及1996年中国林科院基金项目“密度及营林措施对优势高生长过程的影响”的资助。本文中使用的实验材料均由中国林科院林业所经营室的同志提供,在此深表感谢。

1 数学方法和原理

1.1 舒玛克优势高生长曲线

舒玛克(Schumacher)优势高生长曲线为: $H = a \exp(-b/A)$ (1)

式中, A 为林分年龄, a 、 b 为参数。 a 为林分所能达到的极限高, b 为内禀生长率。

地位指数为 L 的优势高生长曲线为: $H = L \exp(b/20 - b/A)$ (2)

其中: $L = a \exp(-b/20)$, 20 为杉木地位指数的基准年龄。

为了使曲线参数更具有可比性, 本文采用(2)式进一步分析初植密度以及间伐对林分优势高生长过程的影响。

1.2 带哑变量的普通最小二乘回归系数假设检查^[5]

对方程(2)两边取自然对数得 $\ln(H) = \ln(L) + b(1/20 - 1/A)$ (3)

根据检查目的把全部样地分成 K 组, 其中第 K 组样地共有 I_K 个时间观测点, A_{Ki} 、 H_{Ki} 分别为第 K 组第 i 时间点的年龄和优势树高, 设置 K 个哑变量: c_1, c_2, \dots, c_K , 若某个观测值属于 K 组则 $c_K = 1$, 若某个观测值不属于 K 组则 $c_K = 0$, 于是, 各样地的舒玛克地位指数曲线可统一写成

$$\ln(H_{Ki}) = \ln(L) + b(1/20 - 1/A_{Ki}) \quad (4)$$

其中 $\ln(L) = c_1 \ln(L_1) + c_2 \ln(L_2) + \dots + c_K \ln(L_K)$ (5)

$$b = c_1 b_1 + c_2 b_2 + \dots + c_K b_K \quad (6)$$

例如检查 K 个林分组的舒玛克曲线参数 b 值是否相等, 则加限制条件 $b_1 = b_2 = \dots = b_K$, 一元线性模型理论^[6]指出, 统计量 $F = [(QW - Q)/r] / [Q/(N - P)]$ 服从自由度为 $r, N - P$ 的 F 分布, 其中, QW 为限制模型的剩余离差平方, Q 为无限制模型的剩余离差平方和, N 为样本点数, P 为无限制模型的参数个数, r 为限制方程个数。根据统计量 F 值可作各种条件假设。

2 初植密度对杉木林分优势高生长过程的影响

2.1 原始数据

密度实验的原始数据取自中国林科院林业所设置在江西省内的杉木密度实验^[7]。实验地点位于 114°43' E, 27°34' N, 海拔 250 m, 母岩、土壤等自然地理条件相同的低山地带, 平均地位指数为 18 m。实验点设计 2 m × 3 m (A), 2 m × 1.5 m (B), 2 m × 1 m (C), 1 m × 1.5 m (D), 1 m × 1 m (E) 五种密度组成一个区组, 重复三次, 共 15 个小区, 每个小区面积为 600 m², 每个区组立地条件基本一致。采用随机区组排列, 并在每个小区四周各设两行同样密度的保护带。实验数据概况见表 1。

表 1 实验数据概况

序号	密度级	样地数	年龄(a)	观测次数	样地面积(m ²)	初植株数	株数/hm ²
1	A	3	2~15	12	600	100	1 667
2	B	3	2~15	12	600	200	3 333
3	C	3	2~15	12	600	300	5 000
4	D	3	2~15	12	600	400	6 667
5	E	3	2~15	12	600	600	10 000

表 2 舒互克优势高的生长曲线参数差异假设检查结果

限制条件	方程的解	点数	参数	自由度	剩余离差平方和	F 值	显著性 (0.05)
无	$L_1 = 15.958\ 63$ $L_2 = 15.029\ 28$ $L_3 = 14.585\ 09$ $L_4 = 12.679\ 67$ $L_5 = 13.599\ 05$	$N = 180$	$P = 10$	$N - P = 170$	$Q = 0.841\ 613\ 8$		$F(1,170) = 3.84$ $F(4,170) = 2.37$ $F(8,170) = 1.94$
$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5$	$b_1 = 6.827\ 58$	$N = 180$	$P = 2$		$Q_0 = 1.041\ 512$	$F(8,170) = 14.616\ 65$	*
$b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5$	$b_2 = 6.556\ 13$	$N = 180$	$P = 6$		$Q_1 = 1.359\ 468$	$F(4,170) = 26.150$	*
$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5$	$b_3 = 6.449\ 79$	$N = 180$	$P = 9$		$Q_2 = 0.869\ 849\ 9$	$F(1,170) = 5.703\ 4$	*
$L_2 = L_3$	$b_4 = 6.038\ 10$	$N = 180$	$P = 9$		$Q_3 = 0.849\ 229\ 4$	$F(1,170) = 1.538\ 3$	
$L_3 = L_4$	$b_5 = 5.987\ 17$	$N = 180$	$P = 9$		$Q_4 = 0.999\ 531\ 7$	$F(1,170) = 31.898$	*
$L_4 = L_5$		$N = 180$	$P = 9$		$Q_5 = 0.879\ 020\ 2$	$F(1,170) = 7.555\ 8$	*
$b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5$		$N = 180$	$P = 6$		$Q_6 = 1.112\ 927$	$F(4,170) = 13.700$	*
$b_1 = b_2$		$N = 180$	$P = 9$		$Q_7 = 0.861\ 325\ 8$	$F(1,170) = 3.981\ 6$	*
$b_2 = b_3$		$N = 180$	$P = 9$		$Q_8 = 0.844\ 639\ 2$	$F(1,170) = 0.611\ 1$	
$b_3 = b_4$		$N = 180$	$P = 9$		$Q_9 = 0.886\ 955\ 8$	$F(1,170) = 9.158\ 7$	*
$b_4 = b_5$		$N = 180$	$P = 9$		$Q_{10} = 0.842\ 307$	$F(1,170) = 0.140\ 1$	

2.2 统计分析

利用带哑变量的普通最小二乘回归系数假设检查方法,对舒玛克优势高生长曲线方程(2)的参数做假设检查所得的结果见表 2。假设检查的具体内容如下:

(1) 检查不同初植密度林分的优势高生长过程是否相同。零假设为不同初植密度林分的优势高生长曲线参数相同,即 $L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5$ 且 $b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5$, 统计量 F 值 $> F_{0.05}(8, 170)$, 所以拒绝假设,即不同初植密度林分的优势高生长过程不同,也就是说初植密度对林分优势高生长过程有较大影响。

(2) 检查不同初植密度林分指数年龄的优势高(地位指数 L 的估计值)是否相同。零假设为 $L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5$, 统计量 F 值 $> F_{0.05}(4, 170)$, 所以拒绝假设,即不同初植密度林分指数年龄的优势高(地位指数 L)存在着显著差异。进一步的检查结果表明: (L_1)、(L_2, L_3)、(L_4)、(L_5)间差异显著,密度在 A ~ D 范围内,地位指数值随密度的增加而减小,过密的林分(如密度 E)由于林木竞争剧烈,地位指数又有所增大。

(3) 在地位指数 L 值不同的情况下,检查不同初植密度林分优势高生长的内禀速率 b 是否相同。零假设为 $b_1 = b_2 = b_3 = b_4 = b_5$, 统计量 F 值 $> F_{0.05}(4, 170)$, 所以拒绝假设,即不同初植密度林分优势高的生长速度存在着显著差异。进一步的检查结果表明: (b_1)、(b_2, b_3)、(b_4, b_5)间差异显著, b 值随密度的增加而减小。

2.3 优势高生长过程不同对地位指数预估值的影响

由(2)式得:

$$\text{地位指数 } L = H \exp(b/20 - b/A) \quad (7)$$

此方程中只有一个参数 b , 将密度实验数据按 b 值差异的显著性分为三组, A, B 和 C, D 和 E, 分别求出的 b 值为 $b_1 = 6.827\ 573$; $b_2 = 6.502\ 962$; $b_3 = 6.012\ 635$, 不分组求出的 b 值为 $6.371\ 774$ 。将不同的 b 值代入方程(7), 所求得的各种地不同年龄的地位指数与各种地地位指数值的相对

误差见表 3。由表 3 可看出, 对于 A 密度的林分, 参数 b 分组与不分组所求得地位指数值的相对误差变化很大, 因而参数 b 应单独估计。对于 B, C, D, E 这四个密度的林分, 参数 b 分组与不分组所求得地位指数值的相对误差变化不大, 因而可用统一的参数 b 。此外, 当用统一的 b 值预估不同密度林分的地位指数值时, 小年龄误差较大, 在年龄大于 7 a 后, 所求得地位指数值的相对误差均小于 10%, 因而可用统一的舒玛克地位指数曲线参数 b 。

表 3 地位指数相对误差分析

密度	b 值 分 组					b 值 不 分 组				
	均 值	标准差	< 5%	5% ~ 10%	> 10%	均 值	标准差	< 5%	5% ~ 10%	> 10%
A	3.536 5	2.187 41	21	9	0	5.105 44	4.447 38	20	3	7
B	4.050 94	4.273 68	25	1	4	4.232 86	4.359 43	23	2	5
C	2.649 80	1.742 1	26	4	0	2.817 50	2.092 08	26	4	0
D	2.130 83	1.887 19	27	3	0	2.577 92	2.284 97	25	5	0
E	3.928 67	2.760 52	17	13	0	3.474 69	2.871 8	22	8	0
合计	3.259 35	2.795 74	116	30	4	3.641 68	3.448 73	116	22	12

3 间伐对杉木林分优势高生长过程的影响

3.1 原始数据

本数据来自中国林科院林业所设置在江西省内的密度施肥实验, 在第 12 年开始间伐, 共间伐一次。原始数据概况如表 4。

表 4 间伐实验原始数据概况

序号	株数间伐强度	样地数	观测次数	年龄(a)	面积(m ²)	株数变化(株/hm ²)	原地位指数
1	0%	4	6	12~18	500	2 560~2 089	16
2	30%	4	6	12~18	500	2 364~1 549	16
3	50%	4	6	12~18	500	2 641~1 354	16
4	60%	4	6	12~18	500	2 596~1 059	16

3.2 统计分析

用变量的普通最小二乘回归系数假设检查方法, 对方程(2)的参数做假设检查, 所得的结果见表 5。由表 5 可看出, 不同间伐强度的优势高的生长曲线参数间差异不显著, 由此可认为, 不同间伐强度的杉木林分优势高生长过程相同, 间伐不影响林分优势高的生长过程。

表 5 舒玛克地位指数曲线方程参数差异假设检查结果

限制条件	方程的解	点数	参数	自由度	剩余离差平方和	F 值	显著性(0.05)
无	$L_1 = 16.281 02$ $b_1 = 7.092 73$ $L_2 = 16.119 02$ $b_2 = 6.882 41$ $L_3 = 15.799 84$ $b_3 = 6.841 18$ $L_4 = 15.337 89$ $b_4 = 5.826 44$	$N = 96$	$P = 8$	$N - P = 88$	$Q = 0.130 25$		$F(6, 88) = 2.10$
	$L_1 = L_2 = L_3 = L_4$ $b_1 = b_2 = b_3 = b_4$	$N = 96$	$P = 2$		$Q_1 = 0.138 89$	$F(6, 88) = 0.971$	

分析结果表明:初植密度对林分优势高生长过程影响较大,而间伐对林分优势高生长过程影响不大。

就杉木而言,在同一地区、相近的立地条件下,初植密度不同,其优势高生长过程不同,且 20 a 林分优势高(地位指数)有较大差异。地位指数随初植密度的不同而变化,将来用到地位指数这一概念时,就要注明是何种初植密度范围内的地位指数。在现行的杉木种植密度范围内(3 000~5 000 株/hm²)林分优势高生长过程不受初植密度的影响。

此外,本研究仅用江西省密度实验和间伐实验的数据进行了研究和分析,在其它地区或不同的间伐情况下是否能得到同样的结论还需进一步探讨。

参 考 文 献

- 1 克拉特 J L, 弗尔森 J C, 皮纳尔 L V, 等(范济洲, 董乃钧, 于政中, 等译). 用材林经理学——定量方法. 北京: 中国林业出版社, 1987.
- 2 南方十四省(区)杉木栽培科研协作组. 全国杉木(实生林)地位指数表的编制与应用. 林业科学, 1982, 18(3): 266~276.
- 3 骆期邦, 吴志德, 蒋菊生, 等. Richards 函数拟合多型地位指数曲线模型的研究. 林业科学研究, 1989, 2(6): 534~539.
- 4 Cieszewski C J, Bella I B. Modeling density-related lodgepole pine height growth, using Czarnowski's stand dynamics theory. Can. J. For. Res., 1993, 23.
- 5 唐守正, 李希菲. 同龄纯林自稀疏方程的验证. 林业科学, 1995, 31(1): 28~34.
- 6 唐守正. 多元统计分析. 北京: 中国林业出版社, 1986.
- 7 杉木造林密度试验协作组. 杉木造林密度实验阶段报告. 林业科学, 1994, 30(5): 420~429.
- 8 郎奎健, 唐守正. IBMPC 系列程序集. 北京: 中国林业出版社, 1987.

Effect of Planting Density and Thinning on Dominant Height Growth Curve in Chinese Fir Plantation

Hong Lingxia

Abstract Based on Schumacher's dominant height growth equation, this paper studies the effects of planting density and thinning on dominant height growth in Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) stands by analyzing the changes of the curve parameters. The results show that the curve parameters are significant different among different stand density while there is no significant difference among different thinning intensity, so dominant height growth curves are much affected by stand density and little by thinning intensity.

Key words Chinese fir dominant height planting density thinning