

文章编号: 1001-1498(2003)04-0449-04

长白落叶松林分断面积生长模型的研究

胡晓龙

(辽宁省林业调查规划设计院,辽宁 沈阳 110122)

摘要: 分析了理查德、逻辑斯蒂、单分子及冈珀斯生长方程之间的关系,以理查德方程为基础,研究了其它各方程的特点及性质。运用辽宁省长白落叶松林分观测数据,模拟了 Richards 等生长方程的林分断面积生长过程,以林分立地指数、疏密度为因变量,建立了多形长白落叶松林分断面积生长曲线模型。通过预测分析表明, Richards 生长方程具有适应性强、精度高等特点。

关键词: 林分断面积;生长模型;生长收获预测;长白落叶松

中图分类号: S758.5 **文献标识码:** A

在林分密度的多项测定指标之中,断面积不仅反映林木个体的粗度,还兼顾了林木胸径和株数的综合特征,同时也体现林木生长过程中利用林地及其营养面积的程度^[1]。另外,断面积指标在林分生长收获预估和森林资源动态估测等方面,亦具有广泛的应用价值。有关林分断面积模型的研究已有许多报道^[2~9],但多以单个模型为主,本文试图从理论上分析理查德、逻辑斯蒂、单分子及冈珀斯生长方程之间的关系,以理查德方程为基础,研究各方程的特点及性质,建立林分断面积生长模型。

1 数据来源

采用辽宁省森林资源连续清查固定样地和临时标准地资料,分别收集了 120 块各地区长白落叶松 (*Larix olgensis* Henry) 人工林样地资料。林分林龄分布为 10~50 a,立地指数分布范围为 9~21,疏密度分布范围为 0.6~0.9。

2 林分断面积生长模型

采用建立在贝尔塔兰菲方程^[10]基础上,遵从生物学特性的某种假设,用关于林龄 t 时刻的微分方程或微积方程,通过初始条件或边界条件求出方程特解的生长方程或生长曲线,来模拟各林分断面积的生长过程。

逻辑斯蒂 (Logistic) 方程:

$$G = A / (1 + be^{-kt}) \quad (1)$$

式中: G ——林分每公顷断面积,单位: $m^2 \cdot hm^{-2}$; t ——林分林龄,单位: a; A 、 b 、 k ——生长方程的待定参数。

收稿日期: 2003-03-10

作者简介: 胡晓龙(1961—),男,辽宁新宾人,高级工程师。

单分子(Mitscherlich)方程:

$$G = A(1 + be^{-kt}) \quad (2)$$

式中: G 、 t 、 A 、 b 、 k 意义同上。

冈珀斯(Gompertz)方程:

$$G = Ae^{-be^{-kt}} \quad (3)$$

式中: G 、 t 、 A 、 b 、 k 意义同上。

理查德(Richards)方程:

$$G = A(1 - e^{-kt})^c \quad (4)$$

式中: G 、 t 、 A 、 k 意义同上, c ——生长方程的待定参数, $c = 1/(1 - m)$ 。

试以辽宁省长白落叶松人工林资料为例,按林龄、林分平均高和蓄积量查辽宁省长白落叶松人工林生长收获预测表^[11],确定现实林分的立地指数和疏密度,利用迭代法拟合上述生长曲线。如立地指数 17、疏密度 0.6 的林分类型,其参数和检验统计指标详见表 1。

表 1 林分断面积生长曲线参数汇总

方 程	参 数				
	A	b 或 c	k	R	S
(1)	25.800 000	4.293 527	0.094 474	- 0.990 133	0.094 474
(2)	26.350 000	1.255 569	0.060 980	- 0.991 583	0.417 555
(3)	25.850 000	2.450 615	0.082 160	- 0.994 123	0.148 363
(4)	25.802 378	2.064 299	0.080 000	0.999 080	0.016 387

3 参数性质特征

在上述生长方程或生长模型中,经原始数据拟合表明,各模型均适合于林分每公顷断面积的生长过程。现以理查德生长方程为例,分析各参数的功能及其生物学意义。

$$G^{1-m} = A^{1-m}(1 \pm be^{-kt}) \quad (5)$$

式中: A 、 k 、 b 、 m ——方程待定参数, $b > 0$, 在 $m < 1$ 时 b 前为 + 号, $m > 1$ 时 b 前面为 - 号。

参数 A 给出了生长模型的渐近值,即林木生长要素的最终可达量或生长上限值;参数 m 规定了生长方程的类型,将生长方程按 m 值域范围划分为:当 $0 < m < 1$ 时为单分子生长曲线型, $m > 1$ 时为逻辑斯蒂生长曲线型,并由冈珀斯生长方程决定上述两种类型的界线。在生长方程为 Y_1 时则:

$$Y_1/A = m^{1/(1-m)} \quad (6)$$

可见 m 值是唯一确定相对于最后可达量的拐点位置参数,即当 $m = 0$ 时,生长方程为单分子方程, $m = 2$ 时为逻辑斯蒂方程, m 趋近于 1 时向冈珀斯方程趋近;参数 b (理查德方程除外)决定了 $t = 0$ 时 Y 的值,若为单分子方程时 $0 < b < 1$,但在 $b = 1$ 时 $Y_0 = 0$ 生长方程通过原点;参数 k 同生长速度有关,因树种及其林分立地质量的不同而有所差异。

4 多形林分断面积生长曲线模型的确定

通过计算样本拟合结果的分析,决定采用多型 Richards 生长方程来描述各立地指数及不同疏密度的林分断面积生长过程。

$$G = f(B, t) = B_0(1 - e^{-B_1 t})^{B_2} \tag{7}$$

式中: G ——林分断面积, $B = (B_0, B_1, B_2)$ 为待定参数, t ——林分林龄

林分断面积生长过程中除随林龄的增加而增长外,林分的立地质量和株数密度也是重要的制约因素。因此,不同的立地指数和疏密度,决定着林分的断面积生长曲线。参数 B 可用下式表示:

$$B = B(S_i, p_i) = [B_i(S_i, p_i)] \quad i = 0, 1, 2 \tag{8}$$

式中: S_i ——林分立地指数; p_i ——林分疏密度; $p_i = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$

将(8)式代入(7)得:

$$G = f[B(S_i, p_i), t] = B_0(S_i, p_i) [1 - e^{-B_1(S_i, p_i) t}]^{B_2(S_i, p_i)} \tag{9}$$

参数 B 同立地指数、疏密度的关系,经样本资料分析为非线性相关:

$$B_0(S_i, p_i) = C_0 S_i^{c_1} p_i^{c_2} \tag{10}$$

$$B_1(S_i, p_i) = C_3 + C_4 \ln(S_i) + C_5 \ln(S_i \times p_i) \tag{11}$$

$$B_2(S_i, p_i) = C_6 + C_7 S_i + C_8 (S_i / p_i) \tag{12}$$

故将(10)、(11)和(12)式代入(7)式可得:

$$G = f[C, S_i, p_i, t] = C_0 S_i^{c_1} p_i^{c_2} [1 - e^{-(C_3 + C_4 \ln S_i + C_5 \ln(S_i \times p_i)) t}]^{C_6 + C_7 S_i + C_8 (S_i / p_i)} \tag{13}$$

其中 $C = (C_0, C_1, \dots, C_8)$ 为待定参数,通过迭代法求解 C 代入(13)式,即可得到各立地指数和疏密度的相应林分断面积生长曲线。

5 结果分析

利用(7)式的一阶和二阶导数求解曲线拐点,即令二阶导数 $y'' = 0$ 时,求得 t 就是拐点林龄。

$$t = - \ln(1 / B_2(S_i, p_i)) / B_1(S_i, p_i) \tag{14}$$

依据(14)式可知,不同立地指数和疏密度具有各自的拐点林龄,充分体现了生长曲线的多形性特征。例如辽宁省长白落叶松人工林多形林分断面积生长模型为:

$C_0 = 4.196\ 558\ 442$	$C_1 = 0.798\ 132\ 681$	$C_2 = 1.252\ 091\ 827$
$C_3 = 0.118\ 971\ 542$	$C_4 = 0.019\ 736\ 465$	$C_5 = -0.041\ 955\ 936$
$C_6 = 6.730\ 841\ 326$	$C_7 = -0.403\ 650\ 445$	$C_8 = 0.094\ 304\ 024$
$R = 0.955\ 077\ 031$	$S = 0.064\ 338\ 414$	

通过计算多形林分断面积生长曲线,比较分析了参数的变化规律,得出模型特点如下:

(1) 参数 B_0 作为林分生长要素的生长极限值,无论是在立地指数级内还是立地指数级间均呈现递增趋势。

(2) 因林分断面积是平均胸径和株数的综合反映,故参数 k 随立地指数增加而减少。同其它生长要素的趋势不尽相同,这种差异亦证明了 Richards 生长方程的灵活适应性。

(3) 在立地指数 9~13 范围内,立地指数级内拐点林龄递增,立地指数级间拐点林龄递减,其变化速度也在同步衰弱;对于 15~19 立地指数级来说,林分拐点无论在立地指数级内还是

在立地指数级间均呈现递减趋势,并且递减速度也随之增强。此种拐点林龄的变化规律,客观地说明了林分断面积生长的实际情况,其速生期也将随立地指数的增加而缩短。

综上所述, Richards 生长模型不但可以表示同形曲线,还可以描述多形曲线。应用(13)式来模拟林分断面积生长曲线,充分体现其科学性和适应性。

参考文献:

- [1] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京:中国林业出版社,1996
- [2] 王明亮,李希菲. 杉木种源对断面积模型参数影响的验证[J]. 林业科学研究,2001,14(10):50~53
- [3] 杜纪山,唐守正. 林分断面积生长模型研究评述[J]. 林业科学研究,1997,10(6):599~606
- [4] 孙晓梅,李凤日,牛,等. 长白落叶松人工林生长模型的研究[J]. 林业科学研究,1998,11(3):306~312
- [5] 李希菲,洪玲霞. 杉木、落叶松断面积模型参数比较[J]. 林业科学研究,1997,10(5):500~505
- [6] 孙晓梅. 长白落叶松人工林间伐林分的生长模拟[J]. 林业科学研究,1999,12(5):500~504
- [7] 王明亮,孙德宙. Logistic 分布预测林分直径结构研究[J]. 林业科学研究,1998,11(5):537~541
- [8] 杜纪山. 用二类调查样地建立落叶松单木直径生长模型[J]. 林业科学研究,1999,12(2):160~164
- [9] 李希菲,王明亮. 全林蓄积模型的研究[J]. 林业科学研究,2001,14(3):265~270
- [10] 郑一兵,李炳铁,陈建成,等. 森林生长论[M]. 北京:中国林业出版社,1994
- [11] 胡晓龙. 日落、长落和柞树生长收获表的编制[J]. 辽宁林业规划设计,1988(4):3~7

Studies on Basal Area Growth Models of *Larix olgensis* Stands

HU Xiaolong

(Liaoning Institute of Forestry Survey and Planning, Shenyang 110122, Liaoning, China)

Abstracts: The growth processes of basal area regarding such growth equations as Richards were simulated by making use of observation data of *Larix olgensis* stands, and the multi-type curve models of basal area growth were established. The results of prediction analysis indicated that Richards growth equation was of such characteristics as strong adaptability and high accuracy.

Key words: basal area of forest stands; growth model; *Larix olgensis*; prediction of yield