

用太阳黑子和自相关因子预测杉木生长*

吴承祯 洪 伟

姜志林

(福建林学院资源与环境系, 南平 353001)

(南京林业大学, 南京 210037)

摘要 以太阳黑子和自相关因子为预测因子, 采用逐步回归分析方法, 建立杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 胸径生长的预测模型, 结果表明前 3 年和 8 年的太阳黑子相对数及前 5 年杉木胸径生长的年轮指数对杉木胸径生长存在正相关, 前 1 年和 4 年的太阳黑子相对数及前 6 年和 7 年杉木胸径生长的年轮指数对杉木胸径生长存在负相关, 该模型的模拟精度和预测精度分别为 98.95% 和 98.45%, 且可提前 5 年进行预测, 为林木生长预测提供了新的系统分析方法。
关键词 杉木; 预测; 太阳黑子; 生长

Prediction for the growth of *Cunninghamia lanceolata* by sun-pot and auto-correlated factors Wu Chengzhen, Hong Wei (Dept. of Resources and Environment, Fujian College of Forestry, Nanping 353001), Jiang Zhilin (Nanjing Forestry University, Nanjing 210037), *J. Plant Resour. & Environ.* 1999, 8(2): 18~21

The prediction model of breast diameter growth about *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. was established by stepwise regression analysis with the sun-pot and auto-correlated factors as forecast factors. The results showed that the sun-pot of three and eight years ago and the ring index of five years ago had positive effects on breast diameter growth of *Cunninghamia lanceolata*, that the sun-pot of one and four years ago and the ring index of six and seven years ago had negative effects on breast diameter growth of *Cunninghamia lanceolata*, that the simulating precision and forecasting accuracy of the model reached 98.95% and 98.45% respectively, and it could be send out the forecasting information five years ahead based on the model. This study would provide a new systematic analysis method for predicting tree growth.

Key words *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; prediction; sun-pot; growth

众所周知, 太阳辐射与活动对地球环境和生物有着直接而错综复杂的影响。太阳黑子是炽热气体的风暴, 是太阳活动的一种表现, 其变化存在着 11 年左右的周期性。国内外观察研究表明, 太阳黑子的这种周期性变化与某些昆虫灾害的发生呈伴随关系, 如 1569~1934 年菲律宾的蝗虫灾害每隔 11 年发生 1 次; 1863~1936 年印度西北部的沙漠蝗也是每隔 11 年发生 1 次; 日本西部的二化螟灾害每隔 10~15 年发生 1 次等^[1,2]。太阳黑子与林木生长之间是否也存在某种相关关系, 是一个值得探讨的问题^[3~6]。作者以太阳黑子和自相关因子为预测因子, 建立了人工杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 林胸径生长的预测模型, 旨在探讨和寻找林木生长预测预报及森林资源动态管理与监测的新方法与新途径。

* 福建省自然科学基金资助项目

吴承祯: 男, 1970 年 7 月生, 在职博士生, 讲师, 主要从事数量生态学与林业系统工程研究。

收稿日期: 1998-08-28

1 研究方法

1.1 实验材料

从全国杉木中心产区边缘的福建省尤溪县人工杉木林中选取 120 株优势木作解析木分析,以 0.01 cm 的精度测定各年度的年轮宽度(表 1)。太阳黑子数值是根据南京紫金山天文台发布的资料,整理为太阳黑子相对数的年平均值(表 1)。

表 1 太阳黑子相对数及杉木年轮指数

Tab 1 The sun-pot and ring index of *Cunninghamia lanceolata*

树龄 Age	太阳黑子 相对数 Sun-pot	年轮宽度 Ring width(cm)	年轮指数 Ring index	树龄 Age	太阳黑子 相对数 Sun-pot	年轮宽度 Ring width(cm)	年轮指数 Ring index	树龄 Age	太阳黑子 相对数 Sun-pot	年轮宽度 Ring width(cm)	年轮指数 Ring index
6	31.7	0.63	1.312 5	13	120.5	0.34	1.096 8	19	12.4	0.17	0.809 5
7	11.0	0.53	1.177 8	14	80.1	0.32	1.103 4	20	27.5	0.21	1.050 0
8	17.0	0.39	0.928 6	15	88.9	0.23	0.851 9	21	96.2	0.20	1.052 6
9	45.9	0.42	1.050 0	16	49.2	0.21	0.807 7	22	146.6	0.20	1.111 1
10	95.3	0.45	1.021 6	17	35.8	0.21	0.875 0	23	146.2	0.17	1.000 0
11	95.4	0.42	1.200 0	18	15.1	0.23	1.000 0	24	154.2	0.14	0.875 0
12	95.8	0.39	1.181 8								

1.2 分析方法

影响杉木年轮宽度的因子,除气候等生态因子外还受树龄的影响,为剔除树龄因子的作用,采用年轮指数 Y 作为杉木生长预测的因变量,计算公式如下:

$$Y = \frac{\text{该年实际年轮宽度}}{\text{树龄因子生长的年轮宽度}} \quad (1)$$

式中分母值是先建立该年实际年轮宽度(y)与树龄(x)的指数曲线方程,尔后将各树龄(x)值分别代入方程,并求出回归计算值。根据对 120 株杉木实测的年轮宽度,用 $y = ab^x$ 拟合,得 $y = 0.705 48(0.939 1)^x$, $r = 0.922$,再根据相应各年年轮宽度,按(1)式分别求出各年相应的年轮指数 Y (表 1)。

根据表 1 的太阳黑子相对数的年平均值及杉木年轮指数值,综合考虑太阳黑子存在一定的周期性(9~12 年为 1 周期)和林木各年生长存在一定的自相关作用等因素,调查杉木生长的前 1, 2, ..., 12 年的太阳黑子相对数平均值 $x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-12}$ 及杉木生长的前 1, 2, ..., 9 年的年轮指数 $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-9}$,以相关性显著的太阳黑子和自相关因子作为待选的预测因子,采用逐步回归分析方法,进一步筛选预测因子,建立预测模型。

2 结果与分析

2.1 预测模型的建立

相关性调查结果表明,太阳黑子因子 $x_{t-8}, x_{t-4}, x_{t-3}$ 和 x_{t-1} 以及自相关因子 $Y_{t-7}, Y_{t-6}, Y_{t-5}$ 和 Y_{t-4} 与 Y_t 存在一定的相关关系,将上述 8 个相关因子作为待选的预测因子,取检验因子显

著性标准 $t_{0.05}(n-p-1)$, 通过逐步回归分析, 建立了以下预测模型:

$$Y_t = 5.860705 + 0.0115895x_{t-8} - 0.00614145x_{t-4} + 0.0160221x_{t-3} - 0.0147534x_{t-1} - 5.254521Y_{t-7} - 1.079021Y_{t-6} + 1.108582Y_{t-5}$$

式中 x_{t-8} 、 x_{t-4} 、 x_{t-3} 和 x_{t-1} 分别为杉木生长的前 8、4、3 和 1 年太阳黑子相对数年平均值, Y_{t-7} 、 Y_{t-6} 和 Y_{t-5} 为杉木生长的前 7、6 和 5 年胸径生长的年轮指数值, Y_t 为当年杉木胸径生长的年轮指数值。该模型复相关系数为 0.9937, 剩余标准差为 0.026433, 预报时效达 5 年, 经方差分析, $F=22.59 > F_{0.05}$, 说明所建立模型拟合合格。各相关因子的偏相关系数及 t 检验值(表 2)表明: 7 个相关因子的偏相关系数都比较大, 而且这 7 个相关因子(自变量)的回归系数 t 检验值 $|t_i| > t_{0.05}$, 达显著水平($\alpha=0.05$), 说明这 7 个因子与杉木胸径生长存在着密切的回归关系, 从某种意义上说它们对杉木生长可能起着一定的影响作用。其中 x_{t-8} 、 x_{t-3} 和 Y_{t-5} 等 3 个因子对杉木生长存在正相关, 说明这 3 个因子量的增加有利于杉木生长; x_{t-4} 、 x_{t-1} 、 Y_{t-7} 和 Y_{t-6} 等 4 个因子对杉木生长存在负相关, 说明这 4 个因子量的增加不利于杉木生长。

表 2 杉木胸径生长预测模型偏相关系数和 t 检验值

Tab 2 Partial correlation coefficients of model on breast diameter growth of *Cunninghamia lanceolata* and their t -test value

自变量 Variable	x_{t-8}	x_{t-4}	x_{t-3}	x_{t-1}	Y_{t-7}	Y_{t-6}	Y_{t-5}
偏相关系数 Partial correlation coefficient	0.969 0	-0.962 3	0.973 4	-0.980 3	-0.977 3	-0.954 0	0.969 2
t 检验值 t -test	5.545 9	-5.002 4	6.004 7	-7.010 5	-6.524 1	-4.497 7	5.568 1

2.2 预测模型的拟合检验

杉木胸径生长预测模型的拟合检验结果列于表 3。结果表明, 用太阳黑子和自相关因子预测杉木胸径生长趋势是可行的, 其拟合精度较高。与采用气候因子建立逐步回归模型相比^[10], 其回归优度可提高 17.02 个百分点, 精度提高 12.83 个百分点, 达 98.95%, 说明本文所建立的杉木胸径生长预测模型能较好反映杉木胸径生长受太阳黑子和自相关因子影响的内在规律, 是一个较理想的预测模型, 可用于杉木胸径生长预测, 且可提前 5 年作出预报。

表 3 杉木胸径生长预测模型的拟合检验

Tab 3 Regression test of model on breast diameter growth of *Cunninghamia lanceolata*

树龄 Age	实际值 Real value	以太阳黑子等为自变量 Regarded sun-pot as variables			以气候因子为自变量 Regarded climate factors as variables		
		模拟值 Simulating value	相对误差 (%) Relative error	精度 (%) Precision	模拟值 Simulating value	相对误差 (%) Relative error	精度 (%) Precision
		15	0.851 9	0.875 6	2.78	97.22	1.055 3
16	0.907 7	0.799 2	1.05	98.95	0.894 7	10.77	89.23
17	0.875 0	0.857 5	2.00	98.00	1.144 0	30.74	69.26
18	1.000 0	1.004 7	0.47	99.53	1.146 9	14.69	85.31
19	0.809 5	0.815 8	0.78	99.22	1.091 6	34.85	65.15
20	1.050 0	1.050 1	0.01	99.99	1.116 3	6.31	93.69
21	1.052 6	1.052 0	0.06	99.94	1.108 0	5.26	94.74
22	1.111 1	1.097 9	1.19	98.81	1.055 4	5.02	94.98
23	1.000 0	1.012 9	1.29	98.71	1.000 2	0.02	99.98
24	0.875 0	0.867 0	0.91	99.09	1.021 9	16.78	83.22
平均 Mean	-	-	1.05	98.95	-	13.88	86.12

2.3 预测模型的预报检验

根据建立的模型对 25~28 年生杉木胸径生长趋势进行预报检验(表 4)。由表 4 可知,预报精度较高,误差较小。从预测步骤还可清楚地看到,在对杉木胸径生长预测建模时,这 4 年的样本没有参加建模,因此,预测精度是可信的,说明上述模型具有比较准确的预报精度,用于杉木胸径生长预测是有效的。同时也说明用太阳黑子和自相关因子预测林木生长是可行的。

表 4 杉木胸径生长预测模型的预报检验

Tab 4 Prediction test of model on breast diameter growth of *Cunninghamia lanceolata*

林龄 Age	实际值 Real value	预测值 Predicting value	相对误差 Relative error (%)	精度 Precision (%)
25	0.806 5	0.794 7	1.46	98.54
26	1.263 7	1.285 4	1.72	98.28
27	1.143 2	1.152 6	0.82	99.18
28	1.090 8	1.066 7	2.21	97.79
平均 Mean	-	-	1.55	98.45

3 讨 论

本文建立的杉木胸径生长预测预报模型可提前 5 年对林木生长的趋势作出预报,模型不仅考虑了太阳黑子对林木生长的影响,而且还考虑了林木生长自身随年序变动的内在规律,这种将他因分析与自因分析相结合的方法不仅克服了纯他因分析和纯自因分析的片面性,而且还拓宽了预测因子的范围,在一定程度上提高了模型的模拟和预报准确度。

太阳黑子相对数的年平均值有 9~14 年(平均 11 年)的周期性,其谷年或峰年的相位与林木生长的相位不一定重合,往往相差一定时期,因此本文将前 1~12 年(约一个太阳黑子周期)的太阳黑子作为预测因子是可行的。由于林木生长的周期性不明显,本文采用相关分析法和逐步回归分析法,而未采用相位分析法,由此大大改善了所建立预测模型的拟合及预报精度。

研究结果表明, x_{t-8} 、 x_{t-4} 、 x_{t-3} 、 x_{t-1} 、 Y_{t-7} 、 Y_{t-6} 和 Y_{t-5} 等因子与杉木胸径生长有一定的相关性,说明它们对杉木生长可能会产生一定的影响。依此建立的杉木生长预测模型的拟合精度和预报精度分别为 98.95% 和 98.45%,说明本文所建立的杉木生长预测模型是理想的,同时也说明用太阳黑子和自相关因子预测林木生长是可行的。本文对太阳黑子与杉木胸径生长的数量关系作了有益的探讨,并取得了一些可供借鉴的成果,但太阳黑子对林木生长的影响及作用机理是一个值得讨论和深入研究的问题。

参 考 文 献

- 徐振韬. 太阳黑子与人类. 天津:天津科技出版社,1986. 1~145.
- 陈龙稳. 太阳活动与稻飞虱数量波动关系的研究. 江西植保,1994,17(1):1~3.
- 张荷观. 时间序列的 ARIMA 模型在预测树木生长量中的应用. 林业科学,1986,22(1):94~100.
- 姚晓红. 林分生长数据的时间分析探讨. 北京林业大学学报,1990,12(4):10~16.
- 邱学清,江希钊. AR(P)模型在预测黑荆树林分月总生长量中的应用. 福建林学院学报,1989,9(1):43~49.
- 盛炜彤,王 岚,张洪英. 杉木生长区气候区划的初步研究. 林业科学,1982,17(1):50~57.
- 南方杉木科研协作组. 杉木地理分布及主要商品材生产基地规划. 林业科学,1981,17(2):50~57.
- Cox G W 著. 蒋有绪译. 普通生态学实验手册. 北京:科学出版社,1979. 53~59.
- 云南林学院主编. 气象学. 北京:农业出版社,1979. 25~145.
- 吴 敬,洪 伟. 杉木气候学研究. 气象科技,1983,(3):47~54.