

福建省火炬松生长与环境因子的典型相关分析

潘辉¹, 朱炜¹, 林德根², 涂传进³, 李宝福¹, 赖彦斌¹

(1. 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012; 2. 福建省林业厅, 福建 福州 350003; 3. 延平区林业局, 福建 南平 353001)

摘要: 运用典型相关分析等多元统计方法对福建省火炬松(*Pinus taeda* Linn.)人工林的生长与环境因子间的相互关系进行了分析。结果表明, 对地处亚热带的福建省而言, 火炬松的生长性状除了与年龄、密度有关外, 与年均温、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温呈正相关, 与年降水量呈负相关, 从而为火炬松的栽培区划和生产力评价提供科学依据。

关键词: 火炬松; 生长; 环境因子; 典型相关分析

中图分类号: S791.255 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2001)01-0035-03

Analysis on typical correlation between the growth and its environment factors of *Pinus taeda* Linn. in Fujian Province PAN Hui¹, ZHU Wei¹, LIN De-gen², TU Chuan-jin³, LI Bao-fu¹, LAI Yan-bin¹ (1. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou 350012, China; 2. Fujian Forestry Department, Fuzhou 350003, China; 3. Forestry Bureau of Yanping, Nanping 353001, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(1): 35-37

Abstract: This paper deals with the typical correlation between to growth of *Pinus taeda* Linn. plantations in Fujian Province and its environment factors by using multi-factor statistic methods. It showed that annual average air temperature, $\geq 10^\circ\text{C}$ accumulative temperature and annual rainfall besides age and density related to the growth state of *P. taeda* in Fujian Province. The result provided a scientific basis for cultivation division and growth evaluation,

Key words: *Pinus taeda* Linn.; growth; environmental factors; typical correlation analysis

火炬松(*Pinus taeda* Linn.)原产美国东南部, 是美国南方松中分布最广的树种, 20世纪40年代引入我国, 并以其生长迅速、抗逆性强等特性, 成为亚热带地区广为种植的外来树种之一。据报道, 火炬松引种区的年平均温度为 $13\sim 19^\circ\text{C}$, 年降雨量 $900\sim 2\,000\text{mm}$ ^[1]。可见, 火炬松在我国栽培的范围可以从雷州半岛到山东半岛, 福建显然也是适宜栽培区, 火炬松在福建省是很有潜力的优良用材树种。但在推广种植火炬松人工林时, 其栽培区域划分的依据以及不同环境条件对火炬松林分生长的影响尚不清楚, 本文用典型相关分析^[2-4], 探讨环境因子对火炬松人工林生长的影响, 揭示火炬松生长与立地、气候等环境因子间的内在联系, 为福建省火炬松引种区的栽培区划、生产力评价和“适地适树”提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 数据资料

在全省布设的31块临时标准地调查资料中, 抽取20块标准地作典型相关分析。火炬松的生长性

状选取了胸径 y_1 、树高 y_2 和立木蓄积 y_3 。自变量包括纬度 x_1 、坡位 x_2 、海拔 x_3 、年均温 x_4 、年降雨量 x_5 、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 x_6 、1月均温 x_7 、7月均温 x_8 、年龄 x_9 、立地 x_{10} 和密度 x_{11} 。具体数据见表1。

1.2 典型相关分析

为研究自变量 x_1, \dots, x_p 和因变量 y_1, \dots, y_q 间的相关关系, 构造两个“综合变量”:

$$u = m_1 x_1 + \dots + m_p x_p, v = l_1 y_1 + \dots + l_q y_q, \quad (1)$$

其中 m_1, \dots, m_p 和 l_1, \dots, l_q 是待定的系数, 选取变量 (u, v) 的若干最优组合 $(u_i, v_i), i=1, \dots, r$, 使得同类变量 u_i 及 v_i 间均互不相关, 同组的变量 u_i, v_i 相关且可能最大的相关, 不同组的变量 u_i 与 $v_j (i \neq j)$ 也不相关。这样的综合变量称为典型变量。 u_i, v_i 间的相关系数 λ_i 称为典型相关系数^[2]。

收稿日期: 2000-07-11

基金项目: 福建省世界银行造林项目资助重点科研项目(闽林科1993-15)

作者简介: 潘辉(1968-), 男, 福建福州人, 硕士, 高级工程师, 主要从事森林培育和管理研究。

系数 m_i 及 I_j 分别为原始变量 x_i, y_j 在典型变量 u, v 上的载荷。对于样本在变量 x_1, \dots, x_p 和 y_1, \dots, y_q 上的观测值, 由(1)式算出来的典型变量称为该样本的典型变量得分。在 u, v 坐标系上各样本典型变量得分的排序可直观地显示 u, v 间的相关关

系以及样本在该典型变量的聚类特征, 进一步计算出典型变量 u, v 与构成它们的原始变量 x_i, y_j 间的相关系数 r_{ui}, r_{vj} , 用 Bartlett 关于大样本的 χ^2 检验判断 r 对典型变量的显著性^[5]。

表1 典型相关分析的标准地调查数据¹⁾

Table 1 The investigated data in standard spots of typical correlation analysis¹⁾

生长量 Growth			地理位置 Position			气候条件 Climatic condition				年龄 Age	立地 Site	密度 Density	
y_1 (cm)	y_2 (m)	y_3 (m ³ /株)	x_1 (°)	x_2	x_3 (m)	x_4 (°C)	x_5 (mm)	x_6 (°C)	x_7 (°C)	x_8 (°C)	x_9 (a)	x_{10}	x_{11} (plants/hm ²)
11.2	6.7	0.0367	27.1	上	300	18.0	1630	5236.1	6.5	25.2	9	I	3300
24.1	11.1	0.1295	26.8	中下	150	18.5	1880	5500.0	6.7	26.6	21	II	840
13.8	12.7	0.1139	27.2	中下	200	16.5	1737	5125.0	6.8	27.5	20	III	1500
6.8	3.3	0.0069	28.0	中	260	17.4	1780	5251.8	6.4	27.7	6	III	2700
15.4	11.1	0.1629	25.7	中上	1150	16.8	1770	4688.0	6.3	24.5	21	III	1350
16.4	11.7	0.1204	25.7	中上	830	18.6	1770	4688.0	6.3	24.5	21	III	1200
20.8	11.4	0.0200	25.9	中下	240	19.1	1569	4844.0	6.5	25.5	23	II	1200
13.5	6.4	0.0580	26.3	中	380	17.6	1785	5200.0	6.0	24.2	19	III	1155
27.0	15.9	0.4765	24.4	中下	200	19.4	1801	6462.0	11.2	27.5	22	II	1500
15.0	10.5	0.1521	24.9	中下	250	19.1	1750	5850.0	6.2	25.6	18	III	2280
25.0	19.5	0.1875	25.4	中	410	20.0	1536	6000.0	9.0	26.0	24	II	1200
11.0	8.5	0.0452	25.4	中	480	20.0	1536	6000.0	9.0	26.0	13	II	2790
17.0	11.0	0.1521	26.0	中下	150	19.5	1370	6352.9	8.7	26.4	15	II	900
30.0	18.0	0.8800	26.0	下	100	19.5	1370	6352.9	8.7	26.4	32	II	600
13.0	8.0	0.0520	25.9	中	150	19.5	1546	5181.0	8.2	26.0	12	II	1650
6.6	5.0	0.0111	25.7	中下	550	18.3	1706	5519.0	7.5	27.1	5	II	1950
20.0	10.0	0.1333	24.6	中	750	19.7	1424	4475.0	10.6	27.0	20	III	900
13.7	6.2	0.0533	24.8	下	300	20.1	1710	4475.0	10.6	27.0	8	II	1500
7.6	6.3	0.0173	25.1	下	210	18.0	1825	4250.0	8.5	26.8	5	II	2555
9.8	6.5	0.0216	26.8	上	420	18.0	1474	4756.0	8.0	27.0	6	III	1110

1) 气候资料引自《福建省农业综合区划(县级卷)》climate data quoted from Agricultural Unified Division of Fujian Province 2) x_1 : 纬度 latitude, x_2 : 坡位 site of a mountain slope, x_3 : 海拔 elevation, x_4 : 年均温 annual average temperature, x_5 : 年降雨量 annual rainfall, x_6 : $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 $\geq 10^\circ\text{C}$ accumulated temperature, x_7 : 1月均温 average temperature in January, x_8 : 7月均温 average temperature in July, x_9 : 年龄 age, x_{10} : 立地 site, x_{11} : 密度 density; y_1 : 胸径 diameter breast high, y_2 : 树高 tree height, y_3 : 立木材积 volume of timber.

2 结果与分析

20个标准地的11个环境因子与3个生长性状典型相关分析的结果见表2。可以看出,第I典型相关系数达极显著水平,第II典型相关系数为显著水平,第III典型相关系数不显著,即第I、第II典型变量是有用的,故对其进行重点分析。环境因子(u_1)与生长性状(v_1)的第I典型变量为:

$$u_1 = 0.053x_1 + 0.269x_2 + 0.158x_3 - 0.271x_4 - 0.199x_5 + 0.011x_6 + 0.016x_7 - 0.329x_8 - 0.920x_9 + 0.173x_{10} + 0.201x_{11}$$

$$v_1 = -0.882y_1 - 0.191y_2 + 0.072y_3$$

从上式及表2中看到,第I典型相关系数最大,表明环境因子与火炬松生长关系密切。在 u_1 环境因子变量的线性组合中, u_1 与林分年龄 x_9 、年均温 x_4 、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 x_6 有较高的负相关;与密度 x_{11} 有较高的正相关,在相对应 v_1 的生长性状线性组合中, v_1 与胸径 y_1 、树高 y_2 有较高的负相关,说明火炬松林分的胸径和树高生长同年龄、年均温和 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温有明显的正相关,同密度呈负相关。

第II典型变量(u_2, v_2)的相关系数 $\lambda_2 = 0.722$ 也达到了显著水准,但其相关性低于第I典型变量。在 u_2 的环境因子变量的线性组合中, u_2 除了与 \geq

10℃积温、密度的相关性较大外,还与年降雨量 x_5 有较大的负相关,在相对应的 v_2 生长性状线性组合中, v_2 与单株材积 y_3 有较高的相关,说明 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温和密度同火炬松材积呈正相关(该结论同所调查的标准地的密度均较小有关)。与年降水量呈负相关。

表2 典型变量及其显著性和与典型变量有关性状的相关系数
Table 2 Correlated coefficient of distinctivity and correlated status of typical variable

因子 ¹⁾ Factors ¹⁾	典型变量 I Typical variable I $\lambda_1 = 0.989^{**}$		典型变量 II Typical variable II $\lambda_2 = 0.722^*$		典型变量 III Typical variable III $\lambda_3 = 0.419$	
	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}	m_i	r_{ui}
x_1	0.053	0.269	-0.505	-0.030	1.528	0.116
x_2	0.269	-0.262	0.523	0.145	1.091	0.563
x_3	0.158	0.133	0.582	-0.013	-0.097	-0.554
x_4	-0.271	-0.481	-1.401	-0.161	0.012	0.098
x_5	-0.199	0.246	-0.826	-0.244	0.158	-0.082
x_6	0.011	-0.480	0.798	0.483	-0.055	0.157
x_7	0.016	-0.317	0.372	0.071	1.697	0.387
x_8	-0.329	0.072	-0.268	0.151	-1.085	0.432
x_9	-0.920	-0.903	0.131	0.143	-0.334	-0.113
x_{10}	0.173	0.149	0.013	0.080	0.254	-0.219
x_{11}	0.201	0.653	0.554	0.164	0.159	0.037
	I_j	r_{vj}	I_j	r_{vj}	I_j	r_{vj}
y_1	-0.882	0.996	-1.904	-0.018	0.943	0.093
y_2	-0.191	-0.917	1.126	0.290	-1.828	-0.273
y_3	0.072	-0.733	1.178	0.543	1.007	0.411

¹⁾ x_1 : 纬度 latitude, x_2 : 坡位 site of a mountain slope, x_3 : 海拔 elevation, x_4 : 年均温 annual average temperature, x_5 : 年降雨量 annual rainfall, x_6 : $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 $\geq 10^\circ\text{C}$ accumulated temperature, x_7 : 1月均温 average temperature in January, x_8 : 7月均温 average temperature in July, x_9 : 年龄 age, x_{10} : 立地 site, x_{11} : 密度 density; y_1 : 胸径 diameter breast high, y_2 : 树高 tree height, y_3 : 立木材积 volume of timber.

为了进一步证实年均温、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温、年降雨量、密度和年龄是影响福建火炬松生长的主要因子,进行了主成分分析,主成分因子负荷量值见表3。

由表3可见,第1~5个主成分累积贡献率为84.8%,第1主成分的负荷量以年均温和1月均温值较大,第2主成分以海拔和7月均温较大,第3主成分以 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温和年龄较大,第4主成分以坡位和年降雨量较大,第5主成分以7月均温和立地较大。

3 结论与讨论

(1) 典型相关分析结果表明,火炬松的生长除了受年龄和密度的制约外,同年均温、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温呈正相关,与降水量呈负相关。

(2) 主成分分析结果表明,除了年均温、1月均温、7月均温、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温和年降雨量的负荷量值较大外,海拔、坡位、立地条件与火炬松生长也有一定关系。

(3) 气候条件是火炬松引种分布及栽培区划的重要依据,年均温、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温和年降雨量对火炬松分布起主要作用。这同有关文献报道“限制火炬松向北分布的主要因子是温度,而限制其向西扩展的主要因子则是降水量”^[1]是一致的。

表3 主成分因子负荷量值
Table 3 Load of principal component factors

因子 ¹⁾ Factor ¹⁾	主成分 Principal component				
	1	2	3	4	5
x_1	-0.631 0	0.312 4	-0.545 1	-0.201 7	0.294 6
x_2	0.568 4	0.320 6	-0.011 9	0.655 3	-0.125 9
x_3	-0.342 9	-0.714 1	0.428 9	-0.148 2	0.015 3
x_4	0.810 1	-0.291 7	0.173 1	-0.280 5	-0.189 5
x_5	-0.504 7	0.163 2	0.183 0	0.575 9	-0.468 3
x_6	0.500 9	0.167 4	-0.621 7	-0.126 9	-0.113 3
x_7	0.806 5	0.103 4	0.438 6	-0.071 6	0.222 0
x_8	0.290 2	0.710 3	0.215 5	0.154 2	0.508 6
x_9	0.354 3	-0.583 2	-0.562 9	0.292 4	0.002 2
x_{10}	-0.450 0	-0.413 7	0.116 6	0.405 9	0.490 3
x_{11}	-0.435 7	0.606 3	0.208 8	-0.282 3	-0.298 1
a	3.253 2	2.244 3	1.544 2	1.277 4	1.008 2
b (%)	29.6	50.0	64.0	75.6	84.8

¹⁾ x_1 : 纬度 latitude, x_2 : 坡位 site of a mountain slope, x_3 : 海拔 elevation, x_4 : 年均温 annual average temperature, x_5 : 年降雨量 annual rainfall, x_6 : $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 $\geq 10^\circ\text{C}$ accumulated temperature, x_7 : 1月均温 average temperature in January, x_8 : 7月均温 average temperature in July, x_9 : 年龄 age, x_{10} : 立地 site, x_{11} : 密度 density; y_1 : 胸径 diameter breast high, y_2 : 树高 tree height, y_3 : 立木材积 volume of timber; a: 特征根 eigenvalue, b: 累积贡献率 accumulated contributive rate (%).

参考文献

- [1] 潘志刚,游应天编著. 湿地松、火炬松、加勒比松引种栽培[M]. 北京:北京科学技术出版社,1991. 42-70.
- [2] 唐守正编著. 多元统计分析方法[M]. 北京:中国林业出版社,1986.
- [3] 刘来福,马军英,尤作亮. 济南千佛山侧柏林生长性状与环境因子间的典型相关分析[J]. 林业科学,1994,30(2):181-187.
- [4] 高智慧,康志雄,蒋妙定,等. 沿海岩质海岸树种生长因子与立地条件间典型相关研究[A]. 见:林业部科学技术司编. 林业部青年学术讨论会论文集[C]. 北京:中国林业出版社,1998. 240-245.
- [5] 罗积玉编著. 经济统计分析方法及预测[M]. 北京:清华大学出版社,1987. 290-314.

(责任编辑:宗世贤)