

北京九龙山油松人工林地位指数表的编制 及油松林生长与立地因子的关系*

兰再平

(中国林业科学研究院林业研究所)

关键词 油松; 地位指数表; 多元线性逐步回归分析

北京地处暖温带半湿润季风气候区^[1], 地带性植被是暖温带落叶阔叶林^[2]。由于长期受人为干扰, 京郊山地的浅山区和低山(海拔低于900 m)区, 天然植被完全退化为灌丛和灌草丛。为使其尽快恢复森林植被, 解放后营造了大面积的油松(*Pinus tabulaeformis*)人工林。为探讨京郊低山地区油松人工林的生长规律及其与环境因子的关系, 给合理营造和管理油松人工林提供科学依据, 笔者于1984年秋季对北京门头沟区九龙山林场的油松人工林进行了全面调查和分析, 落成本文。

一、九龙山的自然条件概述

九龙山位于北京市门头沟区东南部, 约在北纬39°54'—39°59'、东经115°59'—116°07'之间, 是东北—西南走向的铁陀山—九龙山—香峪梁向斜岭脊系列之一段。九龙山主脉海拔高300—900 m, 属于低山区, 最高峰刺玫花坨海拔997 m。主脉山坡表面形成大小冲沟, 坡度多在30°左右。根据20多年的气象观测资料, 九龙山地区年平均温度11.7℃, 年降水量650.4 mm, 年蒸发量1890.7 mm, 全年大于0℃的积温为4582.7℃, 属典型的大陆性季风气候。九龙山的成土母质主要是砂岩和页岩, 小部分地段保留着马兰黄土。土壤类型为山地褐土, 随海拔高度变化又分为山地淋溶褐土(海拔500 m以上地段)、山地幼年粗骨褐土(海拔500 m以下的大部分地段)和山地典型褐土(海拔500 m以下黄土和冲积土地段)。总的看来, 土壤侵蚀比较严重, 大约80%的土壤厚度在60 cm以下, 土壤含石量也较高。

九龙山的天然植被主要以次生灌丛和灌草丛为主, 植物种组成和群落结构都比较简单, 而且阳坡和阴坡的植物群落差异显著。在阳坡主要分布着荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)、酸枣(*Zizyphus jujuba*)、河朔莢花(*Wikstraemia chamaedaphne*)、小叶鼠李(*Rhamnus caespitosa*)等灌木和白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、丛生隐子草(*Cleistogenes caespitosa*)、黄草(*Themeda japonica*)、荩草(*Arthraxon hispidus*)等草本植物为主的群落; 阴坡主要分布着以三桠绣线菊(*Spiraea trilobata*)、绒毛绣线菊(*Spiraea dasyantha*)、蚂蚱腿子(*Myriopholis dioica*)、橐子稍(*Compilotropis macrocarpa*)、大花溲疏(*Deutzia grandiflora*)、雀儿舌

本文于1988年9月收到。

* 本文是作者的硕士研究生毕业论文的一部分, 指导老师是吴中伦、蒋有绪先生。

(*Leptopus chinensis*)等灌木和羊胡子草(*Carex lanceolata*)、湖北野青茅(*Deyeuxia hupehensis*)等草本植物为主的群落。在海拔700 m以上的阴坡沟洼地段,还分布着小面积的次生乔木疏林。

二、调查方法及内容

以海拔高度、坡向和地表形态为指标,将整个九龙山的自然环境划分为若干类型,在各环境类型地段设置调查样点,样点面积为 $10 \times 10 \text{ m}^2$,尽可能选择在油松比较集中的地点。在每个样点选取5株优势木,测量其树高的年生长量,并挖一个土壤剖面,记载土壤各层厚度、质地、松紧度、含石量、潮湿程度等性状。环境类型的划分方法和样点分布情况见表1。

表1 环境类型划分及调查样点的分布

(单位:个)

海 拔(m)	240 0			400—600			>600			合 计
	平 坡	洼 坡	脊 坡	平 坡	洼 坡	脊 坡	平 坡	洼 坡	脊 坡	
阳 坡 (西南、南坡)	4	4	1	3	0	0	2	0	0	14
半 阳 坡 (东南、西坡)	1	0	0	2	1	0	2	0	0	6
半 阴 坡 (东、西北坡)	1	3	2	1	2	0	3	1	0	13
阴 坡 (北、东北坡)	2	5	1	2	1	2	6	1	0	20
小 计	8	12	4	8	4	2	13	2	0	53
合 计	24			14			15			

注:地表形态是根据山坡表面在与坡向垂直方向上的隆起(脊坡)、平坦(平坡)或下凹(洼坡)而划分的。

这次共调查了53个样点、265株优势木,包括了在好、中、差立地上的林分。

三、九龙山油松人工林地位指数表的编制和检验

(一) 地位指数表的编制

九龙山的油松人工林年龄在13—28 a,根据连年高生长量,计算每株树在各龄级的树高值。考虑到油松在幼年时期高生长受造林影响较大,取8龄级以上各龄级的树高值为编制地位指数表的原始材料。

有关编表的几个问题说明如下:

1. 导向曲线是参考前人常用的几种数学模型进行拟合计算,最终选定的公式为:

$$\lg H = a + b \frac{1}{A}$$

其中 H 为树高, A 为年龄, a 、 b 为参数。经过回归计算, 得出油松优势木平均高一年龄相关曲线方程:

$$\lg H = 2.9028 - 5.2722 \frac{1}{A}$$

$\lg H$ 与 $\frac{1}{A}$ 的相关系数 $r = -0.9958$, 回归标准差 $S_Q = 0.105$, 可见, 导向曲线精度较高。

2. 标准年龄确定为 20 a。根据前人对油松生长特性的研究结果^[3]及本次调查的数据表明, 油松高生长最快时期一般在 10—20 a。图 1 显示了九龙山立地条件最好林分优势木连年高生长曲线与平均高生长曲线及其相交位置。

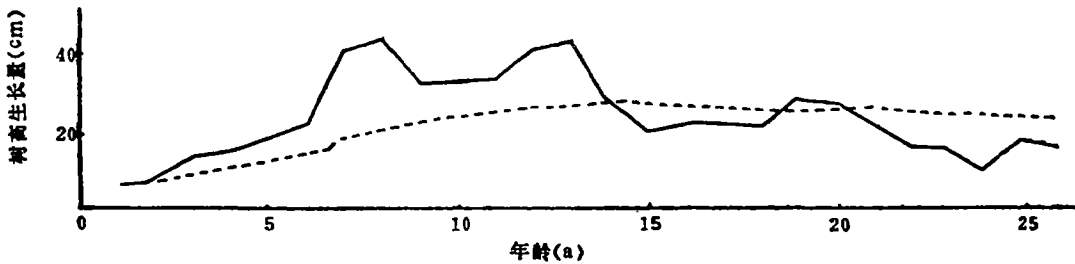


图 1 拉拉湖油松林优势木树高生长曲线
——连年生长曲线 平均生长曲线

3. 指数级距决定选用 1 m, 各指数级为 3 m、4 m、5 m、6 m、7 m。各指数级树高一年龄曲线的导出采用树高相对值法^[4], 计算公式为:

$$H_{ii} = \frac{H_{oi}}{H_{ok}} H_{ik}$$

其中 H_{ii} ——各指数级各年龄级的树高值, H_{oi} ——导向曲线上各年龄级的树高值, H_{ok} ——导向曲线上标准年龄时的树高值, H_{ik} ——各指数级的指数值。

由于调查范围内油松最大的年龄为 26 a, 该地位指数表树高理论值预测到 30 a。地位指数表见表 2。

(二) 地位指数表的精度检验

1. 标准差检验 利用同年龄级各指数级的树高实际值与指数表中相应的理论值之间的标准差, 可以反映指数表中该年龄级理论树高值的精度。标准差的计算公式为

$$S_i = \sqrt{\sum(H_i - H_{ii})^2 / (n - 2)}$$

S_i ——第 i 龄级的标准差, H_i ——第 i 龄级各指数级的实际树高值, H_{ii} ——第 i 龄级各指数级的理论树高值, n ——参加检验的样株数, 检验结果见表 3。标准差检验表明, 各年龄级的标准差绝大多数小于同龄级距的 1/2, 只有 8 龄级将近相等, 这说明指数表精度较高。

2. 不同龄级的地位指数检验 利用属于同一指数级的样株在各龄级的树高平均值查地位指数表, 看各龄级的树高平均值是否都在同一个指数级范围内, 从而检验由导向曲线推算出的各指数级的树高一年龄曲线是否正确。由此来反映地位指数表与实际情况的吻合程度, 检验结果(表 4)表明, 只有 7 指数级 9 龄级的树高平均值产生了跳跃现象, 其它都符合。由此可见, 该地位指数表是能反映实际情况的。

表 2 北京九龙山油松人工林地位指数表

树高(m) 年 龄 级	指 数 级					
	3	4	5	6	7	
8	1.01	1.41	1.81	2.21	2.62	3.02
9	1.19	1.67	2.14	2.62	3.09	3.57
10	1.36	1.91	2.45	3.00	3.54	4.09
11	1.52	2.13	2.74	3.35	3.96	4.57
12	1.67	2.34	3.00	3.67	4.34	5.00
13	1.80	2.52	3.25	3.97	4.69	5.47
14	1.92	2.70	3.47	4.24	5.01	5.78
15	2.04	2.86	3.68	4.49	5.31	6.13
16	2.15	3.01	3.87	4.73	5.58	6.44
17	2.25	3.14	4.04	4.94	5.84	6.74
18	2.34	3.27	4.21	5.14	6.08	7.01
19	2.42	3.39	4.36	5.33	6.30	7.27
20	2.50	3.50	4.50	5.50	6.50	7.50
21	2.57	3.60	4.63	5.66	6.69	7.72
22	2.64	3.70	4.76	5.81	6.87	7.93
23	2.71	3.79	4.87	5.95	7.04	8.12
24	2.77	3.87	4.98	6.09	7.19	8.30
25	2.82	3.95	5.08	6.21	7.34	8.47
26	2.88	4.03	5.18	6.33	7.48	8.63
27	2.93	4.10	5.27	6.44	7.61	8.78
28	2.97	4.16	5.35	6.54	7.73	8.92
29	3.02	4.23	5.43	6.64	7.85	9.06
30	3.06	4.29	5.51	6.73	7.96	9.18
有关参数	$\lg H = 2.9028 - 5.2722 \frac{1}{A}$ $r = 0.9958$ $S_D = 0.105$					

注：采用上限排外确定指数级，标准年龄为20 a。

表 3 地位指数表的标准差检验结果

龄级	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
S_i	0.206	0.211	0.250	0.284	0.284	0.293	0.284	0.289	0.289	0.292	0.292	0.298	0.296	0.313	0.337	0.347	0.336	0.354	0.360
样株数 (n)	211	211	211	211	211	211	207	202	187	135	58	58	49	47	42	38	29	21	10

注：实际材料中没有大于26 a的树木，故检验只能从8—26 a。

表 4 不同龄级的地位指数检验结果

理论指数	实际数值	龄 级 (a)																		
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
3	实际树高(m)	1.36	1.51	1.71	1.91	2.11	2.28	2.38	2.48	2.59	2.66	2.55	2.60							
	实际指数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
	样木株数(株)	23	23	23	23	23	23	23	23	18	14	5	3							
4	实际树高(m)	1.65	1.87	2.13	2.42	2.68	2.89	3.05	3.20	3.36	3.52	3.70	3.81	4.01	4.19	4.33	4.49	4.56	4.64	4.37
	实际指数	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	样木株数(株)	114	114	114	114	114	114	110	110	106	73	55	35	31	30	25	22	13	14	
5	实际树高(m)	1.97	2.26	2.61	2.96	3.29	3.53	3.73	3.93	4.12	4.28	4.43	4.59	4.80	4.97	5.09	5.27	5.47	5.67	
	实际指数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	样木株数(株)	59	59	59	59	59	59	59	59	53	37	21	14	11	11	11	10	6	3	
6	实际树高(m)	2.40	2.78	3.18	3.68	4.09	4.39	4.58	4.83	5.08	5.27	5.56	5.79	6.01	6.19	6.35	6.47	6.62	6.79	6.88
	实际指数	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	样木株数(株)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6	6	6	4	4	1
7	实际树高(m)	2.99	3.60	4.05	4.31	4.60	5.00	5.26												
	实际指数	7	8	7	7	7	7	7												
	样木株数(株)	5	5	5	5	5	5	5												

四、油松高生长与立地因子关系的多元回归分析

1. 回归变量的选取 选择作为自变量的主要立地因子有海拔高度(X_1)、坡向(半阳 X_8 、半阴 X_9 、阴 X_{10})、坡度(X_2)、地表形态(平坡 X_{11} 、脊坡 X_{12})、土壤剖面性状(A_1 层厚 X_3 、 A 层厚 X_4 、 B_1 层含石率 X_5 、 B_2 层含石率 X_6 、土层厚 X_7)。对于定量因子，直接采用实测值参加回归；对于定性因子，先根据数量化理论将其进行数量化变换，建立项目、类目反应表^[6]。每个样点在坡向和地表形态上都只属于一个类目，将该类目赋值为 1，其它类目赋值为 0。这样，将每个类目就变成了有一定数值(1 或 0)的变量。然后，将各项目中的类目变量剔除一个，作为比较变量，其余的类目变量之间相互独立。于是，就可以把这些类目变量同定量因子一起作为自变量参加回归。基准变量(因变量)采用每个样点的地位指数，这可以使年龄不同的 53 个取样地点的油松高生长具有共同的比较指标。

2. 回归计算及结果分析 回归计算表明， $F(x)$ 值(筛选水平)由低到高，可以得到一系列回归方程。在 $F(x) = 4$ 的极显著水平下，回归计算结果见表 5。从表 5 可知，影响油松高生长的立地因子主要有如下三个：

(1) 土层厚度 作为第一相关因子引入回归方程，说明土层越厚，油松生长越好。这是由于九龙山土壤普遍薄，所以土层厚度成了影响油松生长的主要限制因子。

(2) 地表形态 脊坡变量被作为第二相

表 5 逐步回归分析结果

选 入 自 变 量	单相关系数 (r_{iy})	回归系数 (B_i)	偏相关系数 (R_{iy})
x_7 (土层厚)	0.697 0	0.012 76	0.498
x_{12} (脊坡)	-0.582 8	-0.894 31	-0.435
x_1 (海拔)	0.456 2	0.001 00	0.299
c		2.781 51	复相关系数 0.780

关因子引入回归方程,这说明在从洼坡、平坡到脊坡的地表形态变化系列中,脊坡上的油松生长最差,与洼坡(比较变量)地段油松生长相比差异显著。

(3) 海拔高度 是引入回归方程的第三相关因子,这表明在低山(海拔 <900 m)范围内,油松生长随海拔升高而逐渐变好。这是由于空气和土壤湿度随海拔升高而有所增加所致。

五、讨论和建议

1. 九龙山的油松人工林普遍生长不良,主要原因是立地质量较差。将调查的53个样点油松林的平均优势高查地位指数表,可得各样点处油松林的地位指数(表6)。可见,九龙山

表6 53个油松林样点的地位指数分布

地位指数	3	4	5	6	7	合计
样点数(个)	6	27	16	3	1	53
(%)	11	51	30	6	2	100

的油松林有62%生长极差(地位指数在4以下),30%生长较差(地位指数为5)。多元回归分析表明,土层厚度和土壤水分条件的限制,是造成油松林生产力较低的主要原因。只有当这两者得到改善,才能提高立地质量。

2. 多元线性回归分析在极显著水平下

得到回归方程:

$$y = 2.78151 + 0.01276x_1 - 0.89431x_2 + 0.00100x_3$$

其中, y 为油松林的地位指数; x_1 为土层厚度(cm); x_2 为地表形态,脊坡取值为1,平坡、洼坡取值为0; x_3 为海拔高度(m)。该回归方程的复相关系数为0.780,可用于无林地油松地位指数的预测,初步判断立地对营造油松人工林是否适宜。

3. 象九龙山这样的京郊低山地区,由于土层较薄,土壤保持养分和水分的能力较差,从目前来看,油松不是理想的造林树种。这类低山区的天然植被都是灌丛和灌草丛。因此,过早地人工恢复其顶极森林植被是很困难的。从现有的环境条件出发,应当首先选择耐旱、耐瘠薄的树种在这类低山地区造林,改造和恢复山地土壤条件,然后再逐步以中性树种取代之。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院《中国自然地理》编写委员会,1983,中国自然地理——植物地理(上册),科学出版社。
- [2] 中国植被编辑委员会,1980,中国植被,科学出版社。
- [3] 林业部林业科学研究所造林系,1955,油松、华北落叶松生物学特性的研究,林业科学,(1),1—36。
- [4] 南方十四省(区)杉木栽培科技协作组,1982,全国杉木(实生林)地位指数表的编制与应用,林业科学,18(3): 266—278。
- [5] 董文泉等,1979,数量化理论及其应用,吉林人民出版社。

ESTABLISHMENT OF THE SITE-INDEX TABLE FOR *PINUS TABULAEFORMIS* PLANTATION AND THE RELATIONS BETWEEN THE GROWTH OF *P.* *TABULAEFORMIS* STANDS AND THEIR SITE FACTORS IN JIULONG MOUNTAIN AREA, BEIJING

Lan Zaiping

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract Jiulong Mountain is a part of the low mountainous area in the western suburb of Beijing. A comprehensive investigation was made on the growth of dominant trees of *Pinus tabulaeformis* plantation stands distributed in various site in Jiulong Mountain area. The site-index table for *P. tabulaeformis* plantation in this area was made. Meanwhile, the relations between the growth of the *P. tabulaeformis* dominant trees and their site factors such as altitude, aspect, slope, form of slope surface, characteristics of soil etc. were analyzed with the multiple linear progressive regression. It was pointed out that the thickness of soil layer and the soil moisture were the limiting factors that affect upon the growth of *P. tabulaeformis* plantation in Jiulong Mountain area. Suggestions were made that how to manage the *P. tabulaeformis* plantation scientifically and how to use the deforested land appropriately, which has the site conditions of thinner soil layer and less nutrient and moisture capacities like Jiulong Mountain and in the low mountainous area in the suburb of Beijing.

Key words *Pinus tabulaeformis*; site-index table; multiple linear progressive regression

澳、美农用林考察团来华访问

根据国际树作物研究所 (ITCI) 中国办事处主席王世绩研究员与澳、美两国办事处主席 Ceoff Wilson 和 Miles L. Merwin 先生的协议, 经林业部批准, 以墨尔本大学的 Andrew Campbell 先生为首的澳大利亚农用林业专家一行 8 人, 于 5 月 20 日—6 月 2 日, 及以加利福尼亚州林业局 Laurie Lippitt 女士为首的美国农用林业专家一行 5 人于 5 月 23 日—6 月 7 日访问了我国。两团分别由中国林科院林研所的高级工程师徐梅卿和副研究员熊耀国陪同并兼翻译。在北京、沧州、黄山市、禹城、泰安、兖州、成武、商丘、民权、徐州等地进行访问活动。考察了我国平原和山地多种形式的农用林业、立体林业和人工造林、紫穗槐基地和盐碱地改造、树木园等。外国专家高度评价了我国发展林业的成绩, 对局部地区的水土流失也提出了建议。在考察过程中, 得到了各地政府部门的大力支持, 顺利地完成了接待任务。

(林 讯)