

黑杨派南方型无性系立地质量数量化评价

陶吉兴

杨雄鹰

(浙江省林业勘察设计院, 杭州 310004)

(浙江省宁波市林业科学研究所)

摘要 在黑杨派南方型无性系的主要引种区, 设立112个标准地进行调查, 并采集土样作理化性状分析。利用数量化理论 I 方法作数据处理, 编制 I-63 杨、I-69 杨和 I-72 杨 3 个无性系的数量化地位指数得分表。根据土壤有效层厚度、含盐量、全氮量 3 个主导立地因子的分级组合, 划分出 27 个立地类型, 并对每一立地类型质量作数量化评价。

关键词 黑杨派, 杨属, 立地条件类型, 质量评价

中图分类号 S758.57

1972年, 我国参加第7届世界林业会议的代表团从意大利卡萨尔杨树研究所带回了一些亲本起源纬度较低的黑杨派无性系。首先由南京林业大学报道在江苏省泗阳县引种成功^[1], 并经过区域化试验, 从中筛选出美洲黑杨 I-63 杨 [*Populus deltoides* Bartr. cv. 'Harvard' (I-63/51)] 和 I-69 杨 [*P. deltoides* Bartr. cv. 'Lux' (I-69/55)] 以及欧美杨 I-72 杨 [*P. xcuramericana* (Dode) Guinier cv. 'San Martino' (I-72/58)] 3 个表现优良的无性系。I-63 杨和 I-69 杨是卡萨尔杨树研究所从美洲黑杨南方种源中选育出^[2], I-72 杨则是从成年杂种的欧美杨自由授粉种子中选育出^[3]。

由于这些杨树无性系保持了原产地速生丰产和抗病特性, 经济效益十分显著, 很快在我国得到大范围的引种推广, 向南已推移到北纬 24° (广西柳州), 向北则推移到北纬 37° (山东邹平), 成为深受当地群众欢迎的重要用材树种之一。为了使引种推广建立在科学的基础上, 减少盲目推广造成的损失, 以期充分发挥这些无性系的生产潜力, 迫切需要对南方型杨树引种区内的立地质量进行评价研究。

本文采用数量化理论 I 方法对南方型杨树立地质量作评价研究, 编制出每一无性系的数量化地位指数得分表。为了能有统一的评价指标, 需先编制每个无性系的立地指数表, 以基准年龄时(确定为 6 a)的林分平均优势高, 即立地指数值作为评价立地质量的指标。有关“黑杨派南方型无性系立地指数表编制”的研究成果作者已发表于《林业科技通讯》1991 年第 11 期^[4]。本研究所用的是同一套标准地材料。

1 材料与方法

1.1 资料收集

收稿日期: 1995-09-06; 修回日期: 1996-03-02

在南方型杨树的主要引种区域湘、鄂、苏、鲁、皖、豫 6 省 17 县的 40 余个引种推广点, 设立 112 个标准地。标准地面积约 0.67 hm^2 。绝大多数标准地内同时生长有 3 个杨树无性系, 3~10 年生不等。

标准地调查内容包括树木因子和立地条件因子, 并采集土样作室内理化性状分析。树木因子调查是每一无性系选取 5 株优势木。根据杨树的侧枝轮生特性, 用罗盘测高仪测量其各年生的树高值, 然后计算出各年生的平均优势高。树木因子调查主要用于立地指数表的编制^[4]。

在标准地中央位置挖掘深及地下水位或 2 m 的土壤剖面, 进行立地因子调查。剖面分成 0~20 cm, 21~40 cm, 41~70 cm, 71~100 cm, 100 cm 以上 5 个层次, 野外观察记录地下水深度、有效层厚度和每一土层的结构、质地、松紧度等, 并采集前 4 层的土样。

1.2 土壤理化性状分析方法

土壤分析在实验室内完成。用密度计法测定机械组成, 电位法测定 pH 值, 重铬酸钾法测定有机质含量, 重铬酸钾-硫酸硝化法测定全氮量, 碳酸氢钠法比色测定速效磷含量, 四苯硼钠法比浊测定速效钾含量, 电导法测定可溶性盐分含量。

1.3 编制数量化地位指数得分表的数学模型

预测方程采用数量化理论 I 中不带交互作用项的模型:

$$Y = C_0 + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{j_i} C_{jk} \sigma_i(jk) \quad (1)$$

式中: Y 为因变量, C_0 为常数项, C_{jk} 为第 j 个项目中第 k 个类目的得分值, $\sigma_i(jk)$ 为第 i 个样本在第 j 个项目中第 k 个类目的反应。

预测模型的检验采用以下两种方法。

1.3.1 剩余标准差(S_Y)法

$$S_Y = \sqrt{\frac{Q}{n-m-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-m-1}} \quad (2)$$

式中: Q 为剩余平方和, Y_i 为实测值, \hat{Y}_i 为估计值, n 为样本数, m 为项目数。

剩余标准差是衡量对 Y_i 估计效果的一个重要指标, 其值越小, 估计精度越高。

1.3.2 复相关系数(R_{ym})及 t 检验

$$R_{y,n} = \sqrt{1 - \frac{Q}{L_{YY}}} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}} \quad (3)$$

$$t = \frac{R_{ym} \sqrt{n - (m+1) - 1}}{\sqrt{1 - R_{ym}}} \quad (4)$$

复相关系数是衡量地位指数估计值与立地因子自变量之间线性关系程度的重要指标, 对其有效性可采用 t 检验。

2 结果与分析

2.1 数量化地位指数得分表的编制

2.1.1 立地因子项目的选择 由于标准地来源范围较广,林地的管抚水平差异较大,为消除由此而带来的误差,应把引种区类型和林地管抚水平两个因子考虑在内。根据徐锡增等的研究^[5],湘、鄂两省属于最适宜引种区(I)范围,苏北平原(包括皖北、豫西)处于适宜引种区的较优区域(II),鲁南平原则处于适宜引种区的较次区域(III)。管抚水平分上(施肥或间作达5 a以上)、中(施肥或间作2~4 a)和下(造林后自然生长的林分)3等。

野外调查和室内土壤分析获得的立地因子项目较多,需对这些初选项目进行筛选,挑选其中的若干个项目用于编制数量化地位指数得分表。初选项目的类目划分见表1。

表1 初选项目的类目等级划分表

Table 1 Grade of category_of_the preliminary items

项 目	类 目			
	1	2	3	4
引种区	I	II	III	
管抚	上	中	下	
有效层厚度/cm	<75	75~150	>150	
地下水位/cm	<100	100~150	151~250	>250
土壤容重/g·cm ⁻³	<1.25	1.25~1.40	>1.40	
有机质含量/%	<0.4	0.4~0.8	>0.8	
全氮量/%	<0.03	0.03~0.06	>0.06	
速效磷含量/mg·kg ⁻¹	<15	15~25	>25	
速效钾含量/mg·kg ⁻¹	<75	75~125	>125	
盐分含量/%	<0.03	0.03~0.06	>0.06	
pH值	<7.0	7.0~8.5	>8.5	
土壤结构	单粒	团粒,碎块	块状	
土壤质地	砂土	砂壤,轻壤,中壤	重壤,粘土	
土壤松紧度	松	中	紧	

分别3个无性系,对这14个项目利用数量化理论I进行筛选。当选定7个项目时,3个无性系表现出相同的入选项目,只是在每一无性系预测方程中的项目重要性排列顺序稍有不同而已。这7个入选项目为:管抚、引种区、有效层厚度、地下水位、可溶性盐分含量、全氮量和pH值。

2.1.2 地位指数得分表的编制 从各无性系立地指数表^[4]中查得每一标准地的立地指数值,作为因变量。入选的立地因子作为自变量。根据表1的类目划分等级,取土壤有效层范围内的各立地因子平均值,整理出调查原始数据反应表。利用式(1)模型,经计算机运算,求出各类目的得分值和各项目的得分范围,编制成数量化地位指数得分表(表2,限于篇幅,I=69杨和I=72杨的数量化地位指数得分表从略)。

以数量化地位指数得分表中每一项目的得分范围占各项目得分范围总和的比例,作为衡量该项目对因变量的贡献大小。某项目的比例越大,说明该项目对因变量的影响作用越大。

表 2 I-63 杨数量化地位指数得分表
Table 2 Objective mark table of the quantitative site-index of I-62 poplar

项目	类别	得分值						
		1	2	3	4	5	6	7
管 抚	下	-3.26	-3.27	-3.25	-3.51	-3.58	-3.53	-3.19
	X_1	$\frac{3.26}{0.6039}$	$\frac{3.27}{0.5969}$	$\frac{3.25}{0.5857}$	$\frac{3.51}{0.6239}$	$\frac{3.58}{0.6114}$	$\frac{3.53}{0.5693}$	$\frac{3.19}{0.4814}$
引种区	上	0	0	0	0	0	0	0
	III	-2.48	-2.42	-2.49	-2.93	-2.96	-2.57	0
X_2	II	-0.64	-0.49	-0.53	-0.90	-1.18	-0.55	0
	I	0	0	0	0	0	0	0
有效层厚度	<75	-2.64	-2.29	-2.51	-2.48	-2.39	0	0
	X_3	$\frac{2.64}{0.4550}$	$\frac{2.35}{0.3975}$	$\frac{2.49}{0.5473}$	$\frac{2.83}{0.4750}$	$\frac{2.69}{0.4558}$	$\frac{2.66}{0.4291}$	0
含盐量	>150	0	0	0	0	0	0	0
	<0.03	2.89	2.86	3.13	2.88	2.88	2.88	2.88
X_4	0.03~0.06	2.68	2.46	2.62	2.52	2.52	2.52	2.52
	>0.06	0	0	0	0	0	0	0
全氮量	<0.03	-1.17	-1.03	-0.83	-0.83	-0.83	-0.83	-0.83
	X_5	$\frac{1.17}{0.2805}$	$\frac{1.03}{0.2503}$	$\frac{1.03}{0.2503}$	$\frac{0.83}{0.2242}$	$\frac{0.83}{0.2242}$	$\frac{0.83}{0.2242}$	$\frac{0.83}{0.2242}$
地下水	>0.06	0	0	0	0	0	0	0
	<100	0.27	-0.26	0	0	0	0	0
X_6	100~150	1.17	0.75	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
	150~250	0.29	0.15	0	0	0	0	0
pH 值	>250	0	0	0	0	0	0	0
	<7.0	1.71	0	0	0	0	0	0
X_7	7.0~8.5	0.44	0	0	0	0	0	0
	>8.5	0	0	0	0	0	0	0
常数项	C_0	19.91	19.70	13.43	19.75	22.54	22.07	20.64
复相关系数	R_{pm}	0.7952	0.7832	0.7733	0.7610	0.7269	0.6561	0.4814

2.1.3 数量化地位指数得分表的检验

2.1.3.1 剩余标准差(S_Y)检验 利用式(2), 求出各个项目的剩余标准差值(表3)。

表3 不同项目个数时的剩余标准差(S_Y)值
Table 3 S_Y value in different numbers of item

无性系	项 目						
	7	6	5	4	3	2	1
	剩 余 标 准 差 (S_Y)						
I-63	1.43	1.47	1.50	1.53	1.62	1.78	2.07
I-69	1.58	1.62	1.65	1.70	1.85	1.98	2.15
I-72	1.47	1.50	1.57	1.62	1.75	1.92	2.14

S_Y 值是衡量因变量的实测值与理论值之间差距的重要指标, 其值越小, 理论估计效果越好。陶吉兴编制立地指数表时, 确定立地指数间距为 $2 m^{[4]}$ 。由表2可知, 除1个项目时外, 选用7~2个项目时, 每一无性系的 S_Y 值均在一个指数级 $2 m$ 内。说明数量化地位指数得分表具有较好的预估效果。

2.1.3.2 复相关系数(R_{ym})及 t 检验 复相关系数是衡量因变量估计值与入选自变量之间线性关系程度的一个重要指标。利用式(3), 求出选用7~1个项目时的 R_{ym} 值; 并利用式(4)求出相关的 t 值, 对 R_{ym} 作 t 检验(表4)。

表4 不同项目个数时的 R_{ym} 值和 t 值
Table 4 R_{ym} value and t value in different numbers of item

无性系	R_{ym} 或 t 值	项 目						
		7	6	5	4	3	2	1
I-63	$\frac{R_{ym}}{t}$	0.795 2	0.783 2	0.773 3	0.761 0	0.726 9	0.656 1	0.481 4
	$\frac{R_{ym}}{t}$	17.92	17.23	16.72	16.10	14.46	11.68	7.01
I-69	$\frac{R_{ym}}{t}$	0.765 7	0.754 2	0.743 1	0.721 3	0.658 9	0.592 6	0.487 4
	$\frac{R_{ym}}{t}$	16.13	15.59	15.09	14.13	11.72	9.69	7.14
I-72	$\frac{R_{ym}}{t}$	0.786 1	0.777 5	0.752 3	0.732 9	0.678 0	0.591 9	0.438 9
	$\frac{R_{ym}}{t}$	17.34	16.89	15.56	14.67	12.42	9.67	6.15
$t_{0.01}$		2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62

根据数理统计原理, R_{ym} 值越大, 说明模型对 Y_i 的预估效果越好。由表4可知, I-63杨选用3个以上项目, I-69杨和 I-72杨选用4个以上项目时, R_{ym} 值均大于0.7, 预估精度较好。对复相关系数 t 检验表明, 各 t 值均大于 $t_{0.01}$ 值, 说明回归预测方程在1%水平上有显著意义。

2.1.4 数量化地位指数得分表的应用 根据得分表, 可以预估现有林地或规划造林地块的地位指数值, 为有林地质量和无林地质量的统一评价提供了一个客观的数值指标。利用得分表时, 最多可选用7个项目, 最少可选用1个项目, 选用1~7个项目都可进行造林地块的地位指数值预估。如果要求预估方程的复相关系数大于0.7, I-63杨选用3个项目, I-69杨和 I-72杨选用4个项目, 即可达到这一要求。此时的剩余标准差值均小于1.70。

例如, 湖南省某一造林规划地块, 其基础数据是: I 引种区, 中等管抚水平, 有效层厚度 1.70m, 含盐量 0.025%, 全氮量 0.043%, 地下水位 1.88m, pH 值 7.7。应用 7 个项目的预估模型进行查阅, 将各项目的得分值累加后再加上常数项 C_0 , 即为该造林地块营造某一无性系时到达基准年龄时所能达到的树高值。

$$Y_{I-63} = C_{1.2} + C_{2.3} + C_{3.3} + C_{4.1} + C_{5.2} + C_{6.3} + C_{7.2} + C_0$$

$$= -1.06 + 0 + 0 + 2.89 - 0.22 + 0.29 + 0.44 + 19.91 = 22.25$$

同理可得:

$$Y_{I-69} = 22.84, Y_{I-72} = 22.20$$

2.2 结果分析

根据前述计算方法, 分别计算出各项目对每一无性系的贡献率(表 5), 以比较对树高生长的影响大小。

表 5 各项目对树高生长的贡献率

Table 5 Contribution percentage of each item on the high growth of trees

无性系	贡献率及 排 序	项 目						
		管 抚	引 种 区	含 盐 量	有 效 层 厚 度	全 氮 量	地 下 水 位	pH 值
I-63	贡献率	21.28	16.19	18.86	17.23	7.64	7.63	11.17
	次 序	1	4	2	3	6	7	5
I-69	贡献率	19.70	11.82	24.75	15.09	8.13	0.71	13.80
	次 序	2	5	1	3	6	7	4
I-72	贡献率	18.73	14.42	23.99	14.22	10.25	11.42	6.97
	次 序	2	3	1	4	6	5	7

由表 5 可知, 林分管抚的好坏对 3 个南方型无性系生长都起着重要作用, 引种区的不同也有着重要的影响。因此, 编制数量化地位指数得分表时, 把这两个因子包括在内, 消除了由此而可能带来的重大误差, 使得分表更具可靠性和应用价值。

在诸立地因子中, 以可溶性盐分含量和根系所能深及范围的有效层厚度作用最显著, 其贡献率均超过 10% 甚至 20%。全氮量的贡献率较稳定, 3 个无性系中均名列第 6。pH 值的贡献率在 I-63 杨, I-69 杨和 I-72 杨中分别名列第 5 位、第 4 位和第 7 位, 但其影响作用与含盐量有联动效应, 地下水的作用也在有效层厚度中得到重大体现。因此, 土壤盐分含量、有效层厚度和全氮量可视为这 3 个南方型无性系的主导立地因子。

2.3 立地质量评价

前已所述, 影响 I-63 杨, I-69 杨和 I-72 杨生长的主导立地因子是有效层厚度、含盐量和全氮量。根据这 3 个立地因子的类目组合, 可以划分出 27 个立地类型。采用包含 5 个项目(管抚、引种区、有效层厚度、含盐量和全氮量)的预估模型, 在中等管抚条件下, 分别 3 个无性系和 3 个引种区, 对这 27 个立地类型作数量化评定(表 6)。

以 I 引种区为例, 由表 6 可知, 11 号、12 号、14 号、15 号、20 号和 21 号立地类型上 3 个无性系的地位指数值均大于 21m。这 6 个立地类型的立地质量最佳。其立地状况表现是: 有效层厚度大于 75 cm, 含盐量小于 0.06%, 且全氮量大于 0.03%。次优是 10 号、13 号、19 号、

表6 各立地类型在不同引种区的地位指数值

Table 6 Site-index value of each site type in the different introductory regions

号 志	立地类型			引种区								
	有效层 厚度 /cm	含盐量 /%	全氮量 /%	I			II			III		
				无性系地位指数								
				I-63	I-69	I-72	I-63	I-69	I-72	I-63	I-69	I-72
1	<75	<0.03	<0.03	18.09	18.36	18.03	17.56	18.07	17.79	15.60	16.49	16.02
2	<75	<0.03	0.03~0.06	18.89	19.47	19.03	18.36	19.18	18.79	16.40	17.60	17.02
3	<75	<0.03	>0.06	18.92	19.38	19.04	18.39	19.09	18.80	16.43	17.51	17.03
4	<75	0.03~0.06	<0.03	17.58	17.78	17.44	17.05	17.49	17.20	15.09	15.91	15.43
5	<75	0.03~0.06	0.03~0.06	18.38	18.89	18.44	17.85	18.60	18.20	15.89	17.02	16.43
6	<75	0.03~0.06	>0.06	18.41	18.80	18.45	17.88	18.51	18.21	15.92	16.93	16.44
7	<75	>0.06	<0.03	14.96	14.08	14.11	14.43	13.79	13.87	12.47	12.21	12.10
8	<75	>0.06	0.03~0.06	15.76	15.19	15.11	15.23	14.90	14.87	13.27	13.32	13.10
9	<75	>0.06	>0.06	15.79	15.10	15.12	15.26	14.81	14.88	13.30	13.23	13.11
10	75~150	<0.03	<0.03	20.92	20.99	20.82	20.39	20.70	20.58	18.43	19.12	18.81
11	75~150	<0.03	0.03~0.06	21.72	22.10	21.82	21.19	21.81	21.58	19.23	20.33	19.81
12	75~150	<0.03	>0.06	21.75	22.01	21.83	21.22	21.72	21.59	19.26	20.14	19.82
13	75~150	0.03~0.06	<0.03	20.41	20.41	20.23	19.88	20.12	19.99	17.92	18.54	18.22
14	75~150	0.03~0.06	0.03~0.06	21.21	21.52	21.23	20.68	21.23	20.99	18.72	19.65	19.22
15	75~150	0.03~0.06	>0.06	21.24	21.43	21.24	20.71	21.14	21.00	18.75	19.56	19.23
16	75~150	>0.06	<0.03	17.79	16.71	16.90	17.26	16.42	16.66	15.30	14.84	14.89
17	75~150	>0.06	0.03~0.06	18.59	17.82	17.90	18.06	17.53	17.66	16.10	15.95	15.89
18	75~150	>0.06	>0.06	18.69	17.73	17.91	18.11	17.44	17.67	16.13	15.86	15.90
19	>150	<0.03	<0.03	20.60	21.06	20.27	20.07	20.77	20.03	18.11	19.19	18.26
20	>150	<0.03	0.03~0.06	21.40	22.17	21.27	20.87	21.88	21.03	18.91	20.30	19.26
21	>150	<0.03	>0.06	21.43	22.08	21.28	20.90	21.79	21.04	18.94	20.21	19.27
22	>150	0.03~0.06	<0.03	20.09	20.48	19.68	19.56	20.19	19.44	17.60	18.61	17.67
23	>150	0.03~0.06	0.03~0.06	20.89	21.59	20.68	20.36	21.30	20.44	18.40	19.72	18.67
24	>150	0.03~0.06	>0.06	20.92	21.50	20.69	20.39	21.21	20.45	18.43	19.63	18.68
25	>150	>0.06	<0.03	17.47	16.78	16.32	16.94	16.49	16.08	14.98	14.91	14.31
26	>150	>0.06	0.03~0.06	18.27	17.89	17.32	17.74	17.60	17.08	15.78	16.02	15.31
27	>150	>0.06	>0.06	18.30	17.80	17.33	17.77	17.51	17.09	15.81	15.93	15.32

22号、23号和24号立地类型,地位指数值在20~21m之间(除22号中的I-72杨为19.68m外)。其立地条件状况是:有效层厚度大于75cm,且含盐量小于0.06%。立地质量最差的是7号、8号和9号立地类型,地位指数值均小于16m。它们的立地状况是:有效层厚度小于75cm,且含盐量大于0.06%。其余立地类型则属于中等立地质量,且因无性系的不同地位指数值有较大的差异。

3 结论

3.1 使用数量化地位指数得分表时,选用的项目数以不少于5个为好。此时实际上只包含3个立地条件因子。

3.2 林分经营管理水平的好坏对林木的生长有重大影响。因此,在营林实践中,加强对林分

的抚育管理总是最经济的。同时,出于减少误差考虑,在编制得分表时把这一因子包括在内是正确的。

3.3 在不同的引种区,3个无性系的地位指数值均有较大的差异。以Ⅰ引种区(湘、鄂)表现最佳,明显优于Ⅱ引种区(苏北)和Ⅲ(鲁南)引种区。Ⅱ引种区又要优于Ⅲ引种区,但差距不大。这可能是由于Ⅲ引种区的热量条件相对较差的缘故。

3.4 有效层厚度、含盐量、全氮量、pH值和地下水位均是3个无性系的入选立地因子,特别是前3个因子,其贡献率稳定高于其他立地因子。

3.5 有效层厚度大于75 cm,含盐量小于0.06%。且全氮量大于0.03%,是3个无性系的最佳立地条件;有效层厚度大于75 cm,且含盐量小于0.06%,是次佳立地条件;而有效层厚度小于75 cm,且含盐量大于0.06%,则为最差立地条件。

致谢 本文承蒙南京林业大学吕士行教授指导,谨此致谢。

参 考 文 献

- 1 南京林产工业学院. 杨树新品种生育规律的初步研究. 林业科技资料, 1977, (3): 44~50
- 2 Maisenhelder L C. Eastern cottonwood selections outyrow hybrids on southern sites. *J For*, 1970, 68: 300~301
- 3 梁彦, 黄东森. 4个意大利杨树新品种区域试验小结. 林业科技通讯, 1983, (7): 1~4
- 4 陶吉兴. 黑杨派南方型无性系立地指数表的编制. 林业科技通讯, 1991, (11): 18~20
- 5 徐锡增, 吕士行. 南方型无性系引种区划的研究. 南京林学院学报, 1984, (4): 18~28

Tao Jixing (Zhejiang Surveying and Designing Institute of Forestry, Hangzhou 310004, PRC) and Yang Xiongying. **Quantitative Evaluation of Site Quality for the Southern Type Clone of Algeiros Sections.** *J Zhejiang For Coll*, 1996, 13(4): 384~391

Abstract: The authors investigated 112 sample plots located on the main introductory region of the southern types populars in China, and collected soil samples, then measured the physical and chemical properties. The objective marks of three of the quantitative site-indexes of three clones were worked by adapting the quantitative theory I. According to the classification and combination of three leading site factors, i. e. efficient depth of soil, soluble salt content and total nitrogen content, the introductory region was divided into 27 site types, and the site quality of each site type was quantitatively evaluated.

Key words: Algeiros sections; *Populus*; site-type; quality evaluation