

# 西双版纳造林树种的灰色局势决策

陈爱国 邹寿青<sup>L</sup> 吴玉芳

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐腊)

**摘要** 西双版纳是我国树种资源极其丰富的地区之一。本文在木材物理、力学性质测定和小面积造林实验的基础上, 对已经成林的初步筛选出的 23 个树种, 选取年树高生长量、年胸径生长量、木材气干容量、抗压强度、抗弯强度、冲击韧性和端面硬度 7 个表征造林树种速生珍贵的指标, 应用基于灰色关联度的聚类分析方法, 对西双版纳造林树种进行了灰色局势决策。结论: 榆绿木、铁刀木、团花和山桂花四个树种应排在西双版纳营造用材林树种的首位。

**关键词:** 用材树种; 年生长量; 材性; 聚类分析; 西双版纳

西双版纳是我国著名的热带地区, 位于云南省南部, 地处北纬  $21^{\circ} 10' \sim 22^{\circ} 40'$ 、东经  $99^{\circ} 55' \sim 101^{\circ} 50'$ 。本区热量充足, 雨量充沛, 地质古老, 地貌复杂, 地理位置特殊, 因而森林茂密、林型多样, 树种资源极其丰富, 仅热带大乔树种就有 500 余种, 被誉为南方“绿色资源宝库”。

为了充分利用这一丰富的自然资源, 中国科学院西双版纳热带植物园自 70 年代开始开展西双版纳用材树种资源的调查工作, 在野外考查、民间调查和木材解剖构造、木材物理力学性质实验的基础上, 初步筛选出 43 个优良用材树种进行栽培技术的研究。本文对目前已经成林的 23 个树种, 以年生长量和木材材性为指标, 实施造林树种速生珍贵的灰色局势决策, 选择突出的优良速生珍贵用材, 丰富热区速生珍贵用材树种的种类, 供营林、绿化及有关部门参考。

## 1 实验分析方法

### 1.1 造林试验地概况

试验区位于西双版纳的勐仑地区, 勐仑地处  $N21^{\circ} 41'$ 、 $E101^{\circ} 25'$ , 年平均气温  $21.5^{\circ}\text{C}$ , 全年中月平均气温大于  $20^{\circ}\text{C}$  的时间有 8 个月,  $>10^{\circ}\text{C}$  的积温  $7500^{\circ}\text{C}$  左右, 年降雨量  $1500 \sim 1700\text{mm}$ , 雨季雨量 (5~10 月) 占全年降雨量的 82%, 年平均相对湿度 83%。试验区海拔  $570 \sim 650\text{m}$ , 土壤为砖红壤性红壤, pH 值  $5.5 \sim 6.7$ 。试验地开垦前, 为刀耕火种的灌木休闲地, 本区的原生植被为热带季节性雨林。

### 1.2 木材物理力学性质测定

均按国家标准《木材物理力学试验方法》的有关规定进行。

### 1.3 林木年平均生长量的测定

造林按常规方法进行,造林2年后实行标准地定位观测,每个树种定位观测株数20~80株,每年年底实测每木的胸径和树高,统计平均胸径、平均树高、年平均胸径和年平均树高。根据各树种的生长过程,速生树种选用4~6年生的年平均生长量,其它树种选用10~13年生的年平均生长量作为决策时的统一化值。

### 1.4 灰色局势决策

在43个造林树种中,某些树种的由于病虫害危害、干形差、造林面积太小的原因,选择了23个成林的树种作为决策对象。

优良用材树种的选择是一项复杂而又长期的工作,需要在考虑木材材质、经济价值、生态适应性的基础上,长期观测其栽培特性和生长特征。本文是在西双版纳的典型地段、相同的立地条件下、造林已成林的基础上,运用基于灰色关联度的聚类分析方法,从用材林树种年平均生长量、木材物理力学性质的角度出发,能集中反映用材树种“速生、丰产、优质”目标,对西双版纳用材林树种进行了优化决策。选用年平均树高生长量、年平均胸径生长量、木材气干容重、抗压强度、抗弯强度、冲击韧性、端面硬度7个指标为上限效果测度,即这7个指标值越大,作为用材林树种造林效果越好,这是显而易见的。23个树种7个指标的原始数据见表1。

## 2 23个树种聚类分析与决策

### 2.1 聚类基础的构成

23个树种构成分析域 $N$ ,  $N = (n_1, n_2, \dots, n_{23})$  式中 $n$ ,依次代表23个树种。对于任一待分析元素 $n_i$ ,有其特征参量集 $X_{ik}$ :

$$X_{ik} = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i7})$$

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i7}$  依次代表23个树种的上述7个指标值。

为消除各参量量纲的影响,对表1中的原始数据作同一化处理。

$$X'_{ik} = \frac{x_{ik} - \min(x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{23k})}{\max(x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{23k}) - \min(x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{23k})}$$

得分析域 $N$ 中各元素特征参数的同一化值,见表2。

由于 $N$ 中各元素均为优性参量,即 $x'_{ik}$ 越大越好,故选用树种行向量 $x_0$ 作为基准参量:

$$X_0 = (1, 1, \dots, 1)_{1,7}$$

由 $x'_{ik}$ 和 $X_0$ 值,按逼近所理想解的灰色关联度值公式:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^7 \left( \frac{0.5 \max_k |x_{0k} - x'_{ik}|}{|x_{0k} - x'_{ik}| + 0.5 \max_k |x_{0k} - x'_{ik}|} \right)$$

得各树种对最优状态 $X_0$ 的关联度值集 $R$ (表2)。关联度集 $R$ 即为聚类分析的基础。

由 $R$ 得23个树种造林速生珍贵指标的优劣顺序:

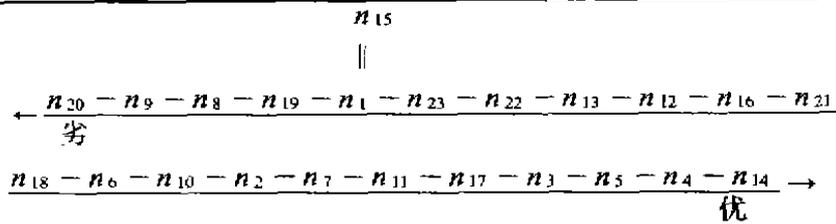


表 1 西双版纳 23 个树种的年平均生长量和木材主要物理力学性质

树 种 代 号	树种种名, 拉丁名	年平均生长量		木材物理力学性质				
		树高 (m)	胸径 (cm)	气干 容重 (g/cm <sup>3</sup> )	抗压 强度 (Kgf/cm <sup>2</sup> )	抗弯 强度 (Kgf/cm <sup>2</sup> )	冲击 韧性 (Kgf/cm <sup>2</sup> )	端面 硬度 (Kg/cm <sup>2</sup> )
n <sub>1</sub>	山果木 <i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1.37	1.24	0.600	406	834	0.391	374
n <sub>2</sub>	高阿丁枫 <i>Alingia excelsa</i>	1.37	1.50	0.811	595	1027	1.020	590
n <sub>3</sub>	团花 <i>Anthocephalus chinensis</i>	1.97	2.87	0.372	259	510	0.364	179
n <sub>4</sub>	榆绿木 <i>Anogeissus acuminata</i>	1.71	2.34	0.896	546	1229	1.385	952
n <sub>5</sub>	铁刀木 <i>Cassia siamea</i>	1.91	2.61	0.705	458	937	0.720	374
n <sub>6</sub>	毛麻楝 <i>Chukrasia tabularis var. velutana</i>	1.02	1.59	0.742	593	1101	0.960	644
n <sub>7</sub>	黑黄檀 <i>Dalbergia fusca</i>	0.66	0.69	0.930	598	1037	1.280	1310
n <sub>8</sub>	龙脑香 <i>Dipterocarpus tonkinensis</i>	0.63	0.83	0.673	553	981	0.538	587
n <sub>9</sub>	八宝树 <i>Duabanga grandiflora</i>	1.17	1.81	0.455	406	717	0.202	214
n <sub>10</sub>	云南石梓 <i>Gmelina arborea</i>	1.99	1.75	0.554	311	503	0.540	472
n <sub>11</sub>	光叶天料木 <i>Homalium laoticum</i> var. <i>glabratum</i>	1.34	1.41	0.848	616	1062	0.949	775
n <sub>12</sub>	海南坡垒 <i>Hopea hainanensis</i>	0.55	0.62	1.000	537	1055	0.246	430
n <sub>13</sub>	川樟 <i>Melia toosendan</i>	1.56	1.66	0.536	423	863	0.375	394
n <sub>14</sub>	铁力木 <i>Mesua ferrea</i>	0.24	0.41	1.132	900	1724	2.223	2030
n <sub>15</sub>	新乌檀 <i>Neonauclea griffithii</i>	0.47	0.54	0.744	530	1030	0.541	802
n <sub>16</sub>	云南红豆 <i>Ormosia yunnanensis</i>	1.05	1.73	0.702	416	905	0.940	692
n <sub>17</sub>	山桂花 <i>Paramicheha bailloni</i>	1.65	2.32	0.667	515	979	0.800	578
n <sub>18</sub>	望天树 <i>Parashorea chenensis</i>	0.53	0.66	0.791	703	1295	0.376	555
n <sub>19</sub>	绒毛番龙眼 <i>Pometia tomentosa</i>	0.72	1.06	0.640	465	855	0.440	706
n <sub>20</sub>	紫果乌桕 <i>Sapium baccatum</i>	1.16	1.95	0.425	310	634	0.240	206
n <sub>21</sub>	柚木 <i>Tectona grandis</i>	1.35	1.63	0.601	494	1053	0.466	500
n <sub>22</sub>	油榄仁 <i>Terminalia beltrea</i>	1.02	1.36	0.773	322	690	1.327	534
n <sub>23</sub>	干果榄仁 <i>Terminalia myriocarpa</i>	1.35	1.14	0.566	452	811	0.610	447

2.2 相似矩阵的建立

根据关联度集 R, 按公式:

$$e_{ij} = \frac{|r_i - r_j|}{r_j}$$

可得分析域 N 中各元素之间的关联度差异矩阵 E<sub>N</sub>:

0	0.141	0.197	...	0.077	0.043	0.021
0.164	0	0.065	...	0.075	0.114	0.140
0.245	0.069	0	...	0.149	0.191	0.219
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮
0.083	0.069	0.130	...	0	0.036	0.061
0.045	0.102	0.160	...	0.035	0	0.023
0.021	0.123	0.179	...	0.057	0.023	0

23 × 23

表 2 分析域 N 中各元素的同一化值及关联度

树种 代号	特 征 参 量							关联度 集 R
	$X_{d1}$	$X_{d2}$	$X_{d3}$	$X_{d4}$	$X_{d5}$	$X_{d6}$	$X_{d7}$	
$n_1$	0.646	0.337	0.304	0.229	0.271	0.094	0.105	0.421
$n_2$	0.646	0.443	0.585	0.524	0.429	0.405	0.222	0.490
$n_3$	0.989	1	0	0	0.006	0.080	0	0.524
$n_4$	0.840	0.785	0.699	0.448	0.595	0.585	0.418	0.588
$n_5$	0.954	0.894	0.444	0.311	0.356	0.256	0.105	0.542
$n_6$	0.446	0.480	0.493	0.521	0.490	0.375	0.251	0.473
$n_7$	0.240	0.114	0.744	0.529	0.437	0.533	0.611	0.497
$n_8$	0.223	0.171	0.401	0.459	0.392	0.166	0.220	0.417
$n_9$	0.531	0.569	0.111	0.229	0.175	0	0.019	0.408
$n_{10}$	1	0.545	0.243	0.081	0	0.167	0.158	0.479
$n_{11}$	0.629	0.407	0.635	0.557	0.458	0.370	0.322	0.498
$n_{12}$	0.177	0.085	0.837	0.434	0.452	0.022	0.136	0.448
$n_{13}$	0.754	0.508	0.219	0.256	0.295	0.086	0.116	0.442
$n_{14}$	0	0	1	1	1	1	1	0.810
$n_{15}$	0.131	0.053	0.496	0.423	0.432	0.168	0.337	0.421
$n_{16}$	0.463	0.537	0.440	0.245	0.329	0.365	0.277	0.450
$n_{17}$	0.806	0.776	0.393	0.399	0.390	0.296	0.216	0.510
$n_{18}$	0.166	0.102	0.559	0.691	0.649	0.086	0.203	0.458
$n_{19}$	0.274	0.333	0.357	0.321	0.288	0.118	0.285	0.412
$n_{20}$	0.526	0.626	0.071	0.080	0.107	0.019	0.015	0.403
$n_{21}$	0.634	0.565	0.305	0.367	0.451	0.131	0.173	0.456
$n_{22}$	0.446	0.386	0.535	0.098	0.153	0.557	0.192	0.440
$n_{23}$	0.634	0.407	0.259	0.301	0.252	0.202	0.145	0.430

根据  $E_N$  矩阵, 按公式:

$$d_{ij} = e_{ij} + e_{ji}$$



表 3 灰色相似关系矩阵  $R_3$

$G_y$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$n_5$	$n_6$	$n_7$	$n_8$	$n_9$	$n_{10}$	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{13}$	$n_{14}$	$n_{15}$	$n_{16}$	$n_{17}$	$n_{18}$	$n_{19}$	$n_{20}$	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{23}$	
$n_1$	1																							
$n_2$	0.798	1																						
$n_3$	0.708	0.911	1																					
$n_4$	0.550	0.757	0.847	1																				
$n_5$	0.663	0.867	0.956	0.892	1																			
$n_6$	0.845	0.953	0.865	0.710	0.820	1																		
$n_7$	0.779	0.982	0.931	0.777	0.885	0.935	1																	
$n_8$	0.987	0.786	0.695	0.537	0.649	0.833	0.767	1																
$n_9$	0.958	0.757	0.666	0.506	0.619	0.804	0.738	0.971	1															
$n_{10}$	0.829	0.958	0.881	0.727	0.836	0.983	0.951	0.816	0.878	1														
$n_{11}$	0.777	0.979	0.933	0.779	0.888	0.932	0.997	0.764	0.734	0.949	1													
$n_{12}$	0.918	0.881	0.792	0.636	0.747	0.928	0.863	0.906	0.876	0.911	0.860	1												
$n_{13}$	0.936	0.862	0.773	0.618	0.728	0.910	0.845	0.923	0.894	0.894	0.841	0.982	1											
$n_{14}$	0.072	0.307	0.406	0.570	0.458	0.254	0.329	0.056	0.021	0.273	0.331	0.171	0.149	1										
$n_{15}$	1	0.798	0.708	0.550	0.663	0.845	0.779	0.987	0.958	0.829	0.777	0.918	0.915	0.072	1									
$n_{16}$	0.912	0.887	0.798	0.642	0.753	0.934	0.869	0.900	0.875	0.917	0.866	0.994	0.976	0.178	0.911	1								
$n_{17}$	0.745	0.947	0.964	0.812	0.919	0.900	0.966	0.732	0.703	0.917	0.968	0.828	0.810	0.367	0.745	0.834	1							
$n_{18}$	0.888	0.911	0.822	0.6666	0.777	0.957	0.892	0.876	0.847	0.941	0.890	0.971	0.953	0.204	0.888	0.976	0.857	1						
$n_{19}$	0.972	0.770	0.679	0.520	0.633	0.817	0.751	0.984	0.987	0.800	0.748	0.890	0.907	0.037	0.972	0.884	0.716	0.860	1					
$n_{20}$	0.942	0.740	0.649	0.488	0.602	0.787	0.721	0.954	0.984	0.770	0.718	0.859	0.877	0	0.942	0.854	0.685	0.830	0.971	1				
$n_{21}$	0.894	0.905	0.816	0.660	0.770	0.952	0.886	0.881	0.853	0.935	0.884	0.976	0.958	0.198	0.894	0.983	0.852	0.995	0.865	0.836	1			
$n_{22}$	0.942	0.857	0.768	0.611	0.722	0.904	0.838	0.929	0.900	0.888	0.835	0.976	0.993	0.142	0.942	0.970	0.804	0.947	0.913	0.884	0.953	1		
$n_{23}$	0.972	0.826	0.737	0.580	0.691	0.874	0.808	0.960	0.931	0.857	0.805	0.946	0.964	0.106	0.972	0.940	0.773	0.917	0.943	0.915	0.922	0.970	1	

木→云南红豆→海南坡垒→川楝→油榄仁→千果榄仁→顶果木→新乌檀→绒毛番龙眼→龙脑香→八宝树→浆果乌桕。上述树种中,望天树和云南石梓造林,常见有毁灭性的病虫害危害,所以,此两个树种,目前不能大面积造林。

3.2 通过聚类分析,同时结合表1中的原始数据,可以看出:西双版纳造林效果最好的树种,有榆绿木、铁刀木、团花和山桂花,这四个树种生长速度奇快,木材物理、力学性质优良,作为速生珍贵用材将大有前途,应排在西双版纳造林树种选择的首位;铁力木生长速度慢,成材周期长,但木材材性指标都是最高,可以作为一个珍贵造林树种考虑。

3.3 本试验是通过长期树种调查和造林实验观测的结果,本结果除适合于西双版纳外,还可以作为与勐仑地区气候条件相似的其它滇南中山低地林区造林树种选择的参考和借鉴。

3.4 本试验造林树种选取的对象,主要是西双版纳的乡土树种,有关外来树种在西双版纳造林的适应性和表现性,有待于进一步研究。

#### 参 考 文 献

- 1 中国科学院云南热带植物研究所. 西双版纳植物名录. 昆明. 云南民族出版社, 1984
- 2 张景良等. 西双版纳主要木材(一). 北京. 中国林业出版社, 1989
- 3 罗良才. 云南主要树种木材的物理力学性质和用途. 昆明. 云南科技出版社, 1987
- 4 葛苏林. 模糊子集 模糊关系 模糊映射. 北京师范大学出版社, 1985
- 5 文剑平. 灰色系统理论在森林生态系统研究中的应用. 中南林学院学报, 1985, 5(21): 202~207

## A GREY SITUATION DECISION FOR PLANTATION TREES IN XISHUANGBANNA

Chen Aiguo Zou Shouqing Wu Yufang

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla, yunnan)

#### Summary

Xishuangbanna is one of the regions that are rich in tree resources in China. On the basis of plantation on small scale and wood property experiment on annual mean height increments, annual average diameter increments, wood weight by volume, compressive strength, flexural strength, toughness and cross section hardness, 23 species of valuable cabinet timbers in Xishuangbanna, are selected in plantation as target for grey situation decision by application of grey clustering method. The results show that *Arogeissus acuminate*, *Cassia siamea*, *Anthocephalus chinensis* and *Paramichelia baillonii* should be placed in the first position for plantation in Xishuangbanna.

**Key words:** Timber; Annual growth increments; Wood properties; Grey clustering; Xishuangbanna