

紫色土造林树种苗期生态条件的研究Ⅰ*

邓廷秀

(中国科学院成都分院土壤研究室)

摘 要

本文讨论了19种树苗在几种不同性质和肥力水平紫色土上的生态反应和适应性,利用方差分析的方法阐明了不同土壤条件幼苗生长差异的显著性,利用簇群分析揭示了不同树种的生态相似性,根据幼苗的相对高度评价了土壤的肥力。

1981年我们曾以4种不同性质和肥力水平的紫色土为培养基质,探讨了9种常见造林树种的生育状况和生态特性的反应,阐明了树苗生长受土壤条件的显著性影响(邓廷秀,1982)。1982—1983年又选择了19个树种在几种不同紫色土上进行盆栽试验,进一步阐明这些树种对不同土壤的适宜性;探讨树种之间生态特性的相似性,从而对树种进行生态类群的划分,这也是数量分类的尝试;并根据树种生长相对高度,对土壤肥力进行初步的生物学评定。这些有助于加深对树木与土壤关系的认识,更好地为“适地适树”提供科学依据。

一、材料和方法

1. 土壤

土壤采自四川盆地宜林山坡之表层土(0—30厘米),经打碎过筛(0.3—0.5毫米孔径)装盆,陶瓷盆内径和高皆15厘米,每盆装土2.5—3.0公斤。每个树种的每种土壤均4次重复。

几种紫色土的理化性状有显著差别(见表1),在四川盆地具有广泛的代表性¹⁾。1982年试验用A、B、C、F、G土,1983年用A、B、C、D、E土。土壤基本性质说明:A土酸性,养分含量较低;B土微酸,养分与A土相近;C土中性且较肥沃,D和F土的母质与质地相同,含钙量较高,而D土比F土稍肥沃;E和G土的理化性状也颇为接近,含钙量皆很高,而G土比E土更为贫瘠。

* 兰凌同志参加部分工作。

1) 四川省农业土壤区划(草案),1981。

表 1 土壤基本性质*

Table 1 Basic chemical characteristics of the purplish soils

土 壤 soil	代号 soil No.	pH	CaCO ₃ (%)	有机质 (%) organic matter	全氮 (%) total N	全磷 (%) total P ₂ O ₅	全钾 (%) total K ₂ O	呼吸强度 (CO ₂ mg/g) respiratory intensity
夹关组酸性中壤土 jiaguan acid medium loam	A	4.6	0	1.35	0.066	0.020	2.36	0.19
沙溪庙组微酸性沙壤土 shaqim'ao weak acid sand loam	B	5.8	0	1.31	0.061	0.047	1.70	0.15
沙溪庙组中性中壤土 shaqimiao neutral medium loam	C	7.5	0.7	2.25	0.138	0.110	1.63	0.64
蓬莱镇组钙质轻壤土 penglaizheng calcium light loam	D	8.1	7.8	2.18	0.119	0.051	1.48	0.30
城壩岩群钙质粘壤土 chengqiangyan calcium clay loam	E	8.2	14.7	1.37	0.093	0.058	2.57	0.27
蓬莱镇组钙质轻壤土 penglaizheng calcium light loam	F	7.9	8.0	0.99	0.054	0.049	1.26	0.13
蓬莱镇组钙质重壤土 penglaizheng calcium heavy loam	G	8.1	13.3	0.34	0.028	0.058	2.04	0.09

* 罗有芳、毛建华同志协助分析。

2. 树种

1982年: 赤桉 (*Eucalyptus camaldulensis*)、白榆 (*Ulmus pumila*)、黑荆树 (*Acacia mearnsii*)、栎树 (*Koelreuteria paniculata*)、川楝 (*Melia tocsendan*)、紫穗槐 (*Amorpha fruticosa*)、马桑 (*Coriaria sinica*)、臭椿 (*Ailanthus altissima*) 和柳杉 (*Cryptomeria fortunei*); 1983年: 枫杨 (*Pterocarya stenoptera*)、油樟 (*Cinnamomum longepaniculatum*)、马尾松 (*Pinus massoniana*)、酸枣 (*Choerospondias axillaris*)、白花泡桐 (*Paulownia fortunei*)、棕树 (*Sassafras tzumu*)、木麻黄 (*Casuarina equisetifolia*)、桤木 (*Alnus cremastogyne*)、夜合树 (*Albizia kalkora*)、木豆 (*Cajanus cajan*)。皆常见造林树种, 具速生和多用途特点。

盆栽试验布置在成都科分院露天场地。管理除正常浇水保湿外, 没有施肥等措施。随着幼苗生长分 2—3 次间苗, 每盆定苗一株 (少数苗小者 2—4 株)。

二、结果和讨论

1. 不同土壤苗高生长的方差分析

不同树种的生长速度和生长量既受遗传基因的控制, 同时也受生境特别是土壤生态条件的影响, 而这两类因素又常常混杂在一起难以分辨。方差分析是对试验结果作出正确判断的有力手段, 弄清土壤条件对生长影响的重要方法。

根据当年秋季生长调查的资料, 进行了方差分析 (见表 2)。从 F 检验的结果看出, 绝大多数树种的土壤之间都有极显著的差异, 即由于土壤不同所引起的在高生长量上的差异要比

个体所引起的差异大。而不同树种间平均生长量的差异,例如木豆、赤桉等生长量大,马尾松、柳杉生长量小,则是树种的遗传性决定的。究竟各种树种在哪些土壤间差异显著,必须进一步进行“多重比较”的 Q 检验。整理出来的大量数据,具体说明了大多数树种在不同土壤间,生长的差异都达到了显著和极显著的水准。这就反映了相同土壤对不同树种,以及同一树种在不同土壤上生产潜力的巨大差异。表现了土壤的宜种性。

表 2 不同树种苗高的土间差异显著性检验*

Table 2 Significance test of different soils for height of seedlings of various species of trees

树 种 tree species	土号 soil No.	平均高 (H) mean height	F值 value	Q 检验 Test				显著水准 significance level
				$H-h_5$	$H-h_4$	$H-h_3$	$H-h_2$	
木 豆 <i>Cajanus cajan</i>	D	110.6	152.94	65.7**	50.7**	24.7**	58	$Q_{0.05}$ = 10.02
	C	104.8		59.9**	44.9**	18.9**		
	B	85.9		41.0**	26.0**			
	A	59.9		15.0**				$Q_{0.01}$ = 12.73
	E	44.9						
白 榆 <i>Ulmus pumila</i>	C	62.5	78.89	45.7**	41.3**	27.6**	27.5**	$Q_{0.05}$ = 8.78
	B	35.0		18.2**	13.8**	0.1		
	F	34.9		18.1**	13.7**			
	A	21.2		4.4				$Q_{0.01}$ = 11.18
	G	16.8						
黑 荆 树 <i>Acacia mearnsii</i>	A	19.4	76.68	18.0**	17.4**	1.8	0.9	$Q_{0.05}$ = 4.60
	B	18.5		17.1**	16.5**	0.9		
	C	17.6		16.2**	15.6**			
	G	2.0		0.6				$Q_{0.01}$ = 5.84
	F	1.4						
擦 树 <i>Sassafras tzumu</i>	B	20.1	58.08	16.0**	15.4**	3.7	0.1	$Q_{0.05}$ = 4.59
	C	20.0		15.9**	15.3**	3.6		
	A	16.4		12.3**	11.6**			
	E	4.8		0.7				$Q_{0.01}$ = 5.84
	D	4.1						
赤 桉 <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	C	96.9	40.89	61.0**	41.6**	27.0**	19.0**	$Q_{0.05}$ = 15.75
	B	77.9		42.0**	22.6**	8.0		
	F	69.9		34.0**	14.6			
	A	55.3		19.4**				$Q_{0.01}$ = 16.68
	G	35.9						
栎 树 <i>Koelreuteria paniculata</i>	C	28.6	32.99	13.9**	12.2**	9.6**	7.6**	$Q_{0.05}$ = 4.1
	F	21.0		6.3**	4.6*	2.0		
	B	19.0		4.3*	2.6			
	A	16.4		1.7				$Q_{0.01}$ = 5.2
	G	14.7						

桤 木 <i>Alnus cremastogyne</i>	B	38.9	32.61	29.0**	24.7**	4.9	0.5	$Q_{0.05}$ = 10.66
	C	38.4		28.5**	24.2**	4.4		
	D	34.0		24.1**	19.8**			
	A	14.2		4.3				$Q_{0.01}$ = 13.57
	E	9.9						
川 楝 <i>Melia toosendan</i>	C	36.8	29.27	21.1**	18.9**	18.5**	18.0**	$Q_{0.05}$ = 6.31
	F	18.8		3.1	0.9	0.5		
	B	18.3		2.6	0.4			
	A	17.9		2.2				$Q_{0.01}$ = 8.05
	G	15.7						
紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>	C	60.4	28.52	38.8**	35.7**	31.1**	11.8	$Q_{0.05}$ = 13.75
	F	48.6		27.0**	23.9**	19.3**		
	B	29.3		7.7	4.6			
	G	24.7		3.1				$Q_{0.01}$ = 17.49
	A	21.6						
枫 杨 <i>Pterocarya stenoptera</i>	D	29.2	23.92	17.4**	14.7**	3.3	0.1	$Q_{0.05}$ = 7.44
	C	29.1		17.3**	14.6**	3.2		
	B	25.9		14.1**	11.4**			
	A	14.5		2.7				$Q_{0.01}$ = 9.45
	E	11.8						
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	A	12.1	21.39	6.9**	6.3**	6.1**	5.6**	$Q_{0.05}$ = 2.67
	B	6.5		1.3	0.7	0.5		
	E	6.0		0.8	0.2			
	D	5.8		0.6				$Q_{0.01}$ = 3.39
	C	5.2						
油 樟 <i>Cinnamomum longepan- iculatum</i>	C	24.4	20.43	17.5**	7.0*	5.9	0.8	$Q_{0.05}$ = 6.78
	B	23.6		16.7**	6.2	5.1		
	A	18.5		11.6**	1.1			
	D	17.4		10.5**				$Q_{0.01}$ = 8.62
	E	6.9						
马 桑 <i>Coriaria sinica</i>	C	47.7	18.48	45.3**	22.7**	22.1*	8.2	$Q_{0.05}$ = 17.54
	F	39.5		37.1**	14.5	13.9		
	G	25.6		23.2**	0.6			
	B	25.0		22.6**				$Q_{0.01}$ = 22.29
	A	2.4						
木 麻 黄 <i>Casuarina equisetifolia</i>	C	47.5	17.12	19.0**	17.9**	4.4	2.7	$Q_{0.05}$ = 9.46
	D	44.8		16.3**	15.2**	1.7		
	B	43.1		14.6**	13.5**			
	A	29.6		1.1				$Q_{0.01}$ = 12.01
	E	28.5						
白花泡桐 <i>Paulownia fortunei</i>	C	21.4	14.32	11.5**	8.2**	5.1*	3.3	$Q_{0.05}$ = 5.11
	D	18.1		8.2**	4.9	1.8		
	B	16.3		6.4*	3.1			
	A	13.2		3.3				$Q_{0.01}$ = 6.50
	E	9.9						

柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i>	B	11.4	13.71	5.9**	4.2**	1.1	1.1	$Q_{0.05}$ = 2.93
	C	10.3		4.8**	3.1*	0		
	F	10.3		4.8**	3.1*			
	A	7.2		1.7				$Q_{0.01}$ = 3.73
	G	5.5						
夜合树 <i>Albizia kalkora</i>	C	23.2	9.18	15.3**	13.2**	6.1	1.2	$Q_{0.05}$ = 9.96
	D	22.0		14.1**	12.0*	4.9		
	B	17.1		9.2	7.1			
	E	10.0		2.1				$Q_{0.01}$ = 12.68
	A	7.9						
臭椿 <i>Ailanthus altissima</i> (因受湿害对生长有影响)	C	11.2	6.08	3.8*	3.8*	2.2	0.7	$Q_{0.05}$ = 3.09
	F	10.5		3.1*	3.1*	1.5		
	B	9.0		1.6	1.6			
	G	7.4		0				$Q_{0.01}$ = 3.93
	A	7.4						
酸枣 <i>Choerospodnias axillaris</i>	C	23.7	3.70	5.5*	3.0	2.5	1.4	$Q_{0.05}$ = 4.76
	D	22.3		4.1	1.6	1.1		
	B	21.2		3.0	0.5			
	E	20.7		2.5				$Q_{0.01}$ = 6.13
	A	18.2						

* h_1-h_5 分别代表苗高 (厘米) 从大到小的土壤顺序 (对不同树种, 各符号代表的土壤不同); ** 示极显著, * 示显著;

$F_{0.05}(4,15) = 3.06, F_{0.01}(4,15) = 4.89$

2. 不同树种的土壤生态特性簇群分析

诸多树种在不同土壤上生长量的差异是树种生态特性的表现。各种树种之间生态特性相近程度如何? 能否定量地表达它们的关系? 簇群分析正是确定样品之间亲疏程度的一种多元统计分类方法。该法已为地质、生态等学科采用 (陈天与等, 1980; 阳含照等, 1981)。用于树种生态分类是很适宜的。其步骤是:

(1) 数据的标准化

按公式

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{\sigma_j} \quad \left(\begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, n \text{ 树种序号} \\ j = 1, 2, \dots, m \text{ 株数序号} \end{array} \right)$$

X_{ij} —— 第 i 个树种, 第 j 株树的实测值

$\bar{X}_j$ —— 变量平均数

σ_j —— 变量标准差

X'_{ij} —— 变换后数值

(2) 根据标准化数据, 计算各树种间的相关系数, 以此为衡量树种生态特性近似程度的指标, 并建立相关矩阵。

(3) 选出最大的相关系数, 将两树种连结起来 (作图), 并按加权平均, 计算出新的修正数据 $\Sigma X'_{ij}$ 。如此类推。

按簇群分析法将各树种依次连结起来 (见图 1 和图 2)。如果以相关系数 0.8 为限, 则

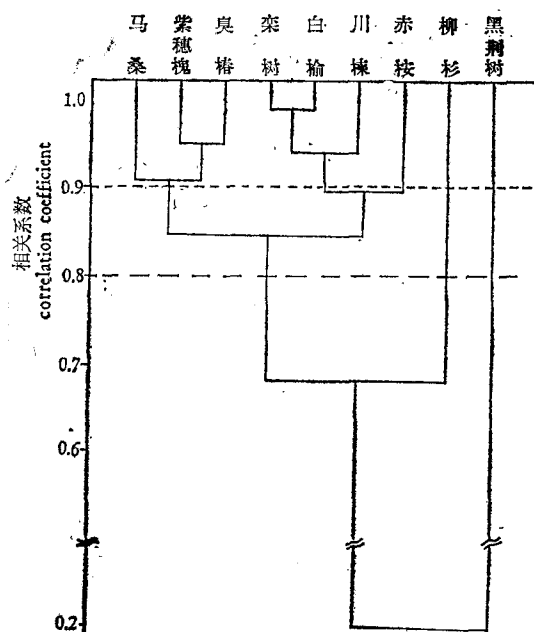


图 1 树种簇群分析图式 (1982)
Fig.1 Cluster analysis of the tree species(1982)

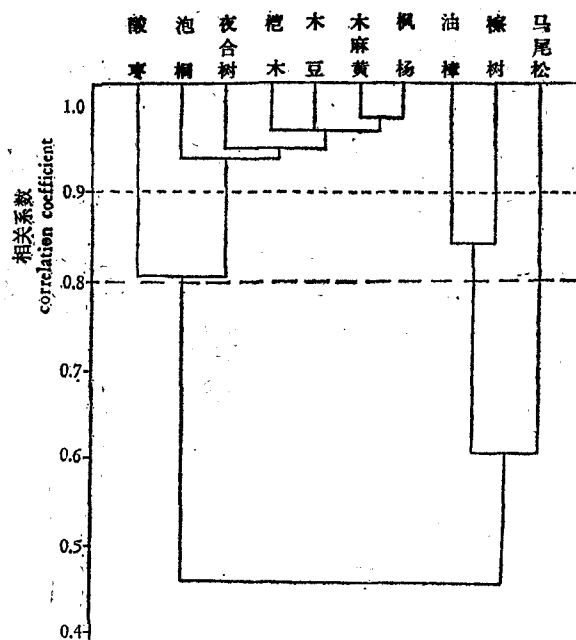


图 2 树种簇群分析图式 (1983)
Fig.2 Cluster analysis of the tree species

两年的树种皆可分别划分为 3 个生态相似的簇群。如果将相关系数提高到 0.9 为限, 则 1982 年树种的 I 群和 1983 年树种的 I、II 群皆可再细分为两个亚群 (见表 3)。

表 3 树种的土壤生态簇群

Table 3 Cluster of edaphic ecotype for different species of trees

年 year	相关系数 r 群 cluster	≥ 0.9
1982	I ₁	白榆(<i>Ulmus pumila</i>)、栎树(<i>Koelreuteria paniculata</i>)、川楝(<i>Melia toosendan</i>)、赤桉(<i>Eucalyptus camaldulensis</i>)
	I ₂	马桑(<i>Coriaria sinica</i>)、紫穗槐(<i>Amorpha fruticosa</i>)、臭椿(<i>Ailanthus altissima</i>)
	I	柳杉(<i>Gryptomeria fortunei</i>)
	II	黑荆树(<i>Acacia mearnsii</i>)
1983	I ₁	枫杨(<i>Pterocarya stenoptera</i>)、木麻黄(<i>Casuarina equisetifolia</i>)、木豆(<i>Cajanus cajan</i>)、桤木(<i>Alnus cremastogyne</i>)、夜合树(<i>Albizia kalkora</i>)泡桐(<i>Paulownia fortunei</i>)
	I ₂	酸枣(<i>Choerospondias axillaris</i>)
	I ₁ I ₂	油樟(<i>Cinnamomum longepaniculatum</i>)、樟树(<i>Sassafras tzumu</i>)
	II	马尾松(<i>Pinus massoniana</i>)

将树种簇群的划分与土壤基本性质(表1)和方差分析结果(表2)联系起来,不难看出: I₁群树种以C土及其相近的B、D(F)土生长最佳,属喜中性肥沃类型; I₂群树种以C、D(F)土最佳,相近的B、E(G)土亦良好,属喜中性肥沃偏爱钙质土类型; II群树种以C、B土最佳,相近的D(F)、A土亦良好,属喜中性肥沃偏爱酸性土类型; III群树种以A土最佳, D(F)、E(G)土极劣,属喜酸性肥沃土类型。这些类群的划分,与田间调查的定性描述是一致的,反映了一定的规律性。

3. 苗高生长指数对土壤肥力的评定

土壤的本质属性是土壤肥力。土壤肥力的高低通过植物生长的好坏而反映出来。反过来说,植物生长情况可以作为评定土壤肥力的重要依据。

由于各树种生长的量级和数值变动范围的差异较大,需要将各变量变换为量度一致的对数值才能进行比较,因此将数据进行正规化的变换。其方法是:

按公式

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{j(\min)}}{X_{i(\max)} - X_{j(\min)}} \quad \begin{matrix} (i=1,2,\dots,n \text{ 树种序号}) \\ (j=1,2,\dots,m \text{ 株数序号}) \end{matrix}$$

X_{ij} ——第*i*个树种,第*j*株树的实测值

$X_{i(\max)}$ ——第*i*个树种, *j*变量中的最大值

$X_{j(\min)}$ ——第*i*个树种, *j*变量中的最小值

因此正规化的数据变化范围是0到1之间,每个变量内部数值的相对关系并未改变,只是使各变量处于相同量级。现以19种树种苗高资料进行变换(见表4),变换后的数值称为高生长指数,以此作为土壤肥力评定的指标。

根据高生长指数作图(见图3),说明不同土壤的肥力特性。

1) 土壤肥力的生产性 土壤肥力的生产性主要表现在土壤生产力的高低和宜种广度。试验表明,不同土壤的生产性有显著差别。沙溪庙中性中壤土(C土)的高生长指数区段,集

表 4 不同树种的高生长指数*

Table 4 The height growth index of seedlings of tree species

树 种 tree species	A± soil	B± soil	C± soil	F± soil	G± soil	树 种 tree species	A± soil	B± soil	C± soil	D± soil	E± soil
白 榆 <i>Ulmus pumila</i>	0.10	0.40	1.00	0.40	0	枫 杨 <i>Pterocarya stenoptera</i>	0.16	0.81	0.99	1.00	0
栎 树 <i>Koelreuteria paniculata</i>	0.12	0.31	1.00	0.45	0	木 麻 黄 <i>Casuarina equisetifolia</i>	0.06	0.77	1.00	0.86	0
川 楝 <i>Melia toosendan</i>	0.10	0.12	1.00	0.15	0	木 豆 <i>Cajanus cajan</i>	0.23	0.62	0.91	1.00	0
赤 桉 <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0.32	0.69	1.00	0.56	0	桤 木 <i>Alnus Cremastogyne</i>	0.15	1.00	0.98	0.83	0
臭 椿 <i>Ailanthus altissima</i>	0	0.42	1.00	0.82	0	夜 合 树 <i>Albizia kalkora</i>	0	0.60	1.00	0.92	0.14
紫 穗 槐 <i>Amorpha fruticosa</i>	0	0.20	1.00	0.70	0.16	泡 桐 <i>Paulownia fortunei</i>	0.29	0.56	1.00	0.71	0
马 桑 <i>Coriaria sinica</i>	0	0.50	1.00	0.82	0.51	酸 枣 <i>Choerospondias axillaris</i>	0	0.55	1.00	0.75	0.46
柳 杉 <i>Cryptomeria fortunei</i>	0.29	1.00	0.81	0.81	0	油 樟 <i>Cinnamomum longepaniculatum</i>	0.66	0.95	1.00	0.60	0
黑 荆 树 <i>Acacia mearnsii</i>	1.00	0.95	0.90	0	0.03	擦 树 <i>Sassafras tzumu</i>	0.77	1.00	0.99	0	0.04
						马 尾 松 <i>Pinus massoniana</i>	1.00	0.19	0	0.09	0.12

* 实测数值参看表 2 的平均高 (H)

中了绝大多数的树种,说明这类土壤的生产力最高,宜种树种范围最广。而城墙岩群强钙质粘壤土(E土)和蓬莱镇强钙质重壤土(G土)则相反,大多数树种集中处在低生长指数区段,表明这两类土壤的生产力皆最低,宜种树种最少。其余土壤居中。可见,诸多树种的生长量大小,明显地表达了不同土壤种类之间肥力的差异。

2) 土壤肥力的相对性 土壤肥力既然是针对植物而言,某种土壤肥力的高低就不能认为是绝对的,因为不同植物的生态特性和要求很不相同。图 3 表明,在相同的土壤上,不同树种的生长指数分布悬殊。夹关组酸性紫色土(A土)存在两极分化的趋势,相当一部分树种的苗高位于低指数区段,另一部分树种则位于高指数区段,说明这类土壤对一些树种生产力高,而对另一些树种则低;沙溪庙中性中壤土(C土)绝大多数树种都集中在高生长指数区段,但也有个别树种处于最低区段;沙溪庙微酸性沙壤土(B土)树种分布分散等等。这些分配格局表明,土壤生产力高低对不同树种而言,显然具有相对的概念。土壤肥力的相对性,主要表现在土壤与植物生态类型的一致性。

此外,由于土壤与植物不同生长发育阶段供求关系的变化,土壤肥力又具有阶段性的特点;土壤肥力诸因素对植物的作用具有综合性,又存在互相补偿或抑制的现象等等,尚待进一步研究阐明。

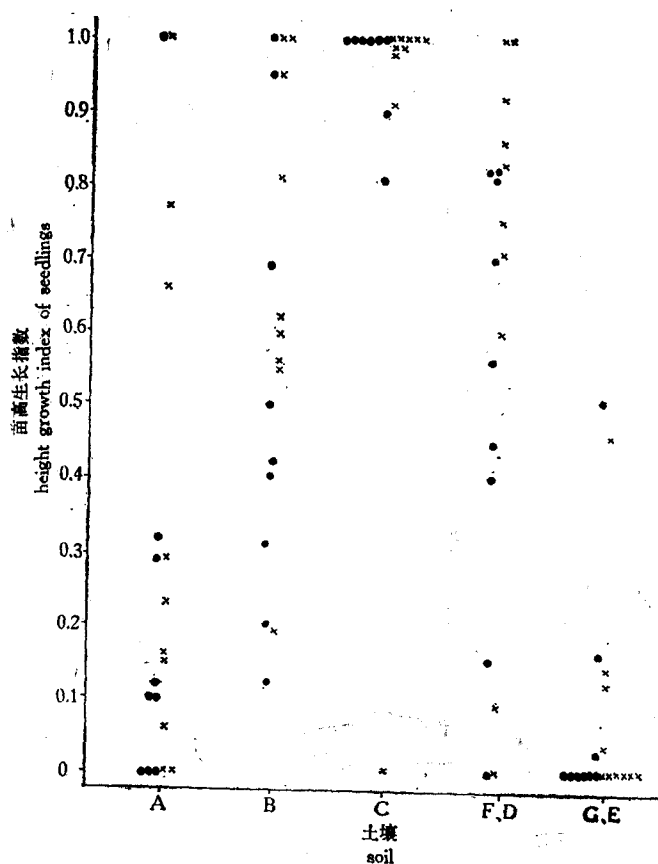


图 3 不同土壤上各种树种苗高生长指数分布图式
 • 1982年实验树种 × 1983年实验树种
 Fig.3 Distribution of height growth index of seedlings for the various tree species in seven types of soil
 • 1982 Experiment species × 1983 Experiment species

三、小 结

1. 方差分析表明, 19种树种在不同种类的紫色土上, 苗高生长量的土间差异有18种极显著, 1种亦属显著。进一步“多重比较” Q 检验, 具体阐明了不同土壤对各树种生长的影响和生产潜力。

2. 簇群分析表明19种树种对不同土壤生态反应的相似性, 据此将诸多树种分别划分为4种生态类型。

3. 以苗高生长指数作为评定土壤肥力的指标, 阐明了几种紫色土肥力的生产性和相对性特点。

参 考 文 献

- 邓廷秀 1982 紫色土造林树种苗期生态条件的研究 I. 生态学报 2(4):353—361.
陈天与、吴锡生编著 1980 数学地质方法。第129—144。吉林人民出版社。
阳含熙、卢泽恩著 1981 数学分类方法。第19—32。科学出版社。

A STUDY ON THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE SEEDLINGS OF SEVERAL TREE SPECIES ON THE PURPLISH SOILS OF THE SHICHUAN RED BASIN II.

Deng Tingshou

(Department of Pedology, Chengdu Branch, Academia Sinica)

The present report discussed the ecological reaction and adaptabilities of seedlings of nineteen tree species grown on several purplish soils with different properties and fertilities. The significance of growth difference of seedlings in different soil conditions was explained by using variance analysis method. And using cluster analysis method, the author revealed the ecological similarities of different tree species. Based on the relative heights of the seedlings the soil fertilities were evaluated.