

泡桐苗期性状差异和相关的研究*

熊耀国 竺肇华 林镜中 曾宗泽

摘要 1983年至1985年在四川省资中县林场对泡桐属9个种的16个苗期性状进行了观测,并通过两两性状的相关分析和用逐步回归的方法进行了研究。结果表明,包括苗高和地径在内的13个性状之间存在着显著的表型相关性,各种间、各性状间的相关系数和重复力的差异显著。与苗高相关紧密的主要因子有节数、地径、维管束痕长、叶痕宽、叶宽和叶柄夹角,影响地径的主导因子为维管束痕宽、叶长和苗高。

关键词 泡桐属、苗期性状、相关、重复力

在树木改良的实践中,早期选择一直是育种家们所关注的问题。即使是杨树(*Populus* spp.)、柳树(*Salix* spp.)、白榆(*Ulmus pumila* Linn)、刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)和泡桐(*Paulownia* spp.)等速生树种,早期选择也同样重要。苗期的表型选择对于提高选种效果,缩短育种周期、加速良种选育和良种化的进程有着重要的现实意义。从1983年开始,对泡桐属9个种的无性系的苗期表型性状进行了表型相关的研究,旨在了解不同种的遗传关联及差异,同种无性系各性状间的相关关系,从众多的表型特征中寻求与生长量相关最密切、容易识别和测定的特征作为选择的基础,提高苗期选择的效果。

1 自然概况

试验地设在四川省资中县林场境内,地处四川盆地中部,29°42'N,104°42'E,海拔550 m,浅丘地区,中亚热带气候,植被系常绿阔叶和人工针叶林带,土壤质地为黄壤,pH5.0~6.5,土壤深度40~80 cm,肥力和通气性很差,年平均气温15.9℃,年均湿度81%,年平均降水量1205 mm,无霜期326 d,早霜出现在12月上旬,晚霜出现在元月中旬。泡桐属的9个种同时进行育苗和造林。

2 材料和方法

试验材料为1年生泡桐埋根苗,白花泡桐(*P. fortunei* (Seem.) Hemsl.)45株、兰考泡桐(*P. elongata* S. Y. Hu)43株,毛泡桐(*P. tomentosa* (Thund.) Steud.)41株、楸叶泡桐(*P. catalpifolia* Gong Tong)15株,由于川泡桐(*P. fargesii* Franch.)和鄂川泡桐(*P. albiphloea* Z. H. Zhu)育苗少,各取5株南方泡桐(*P. australis* Gong Tong)15株、台湾泡桐(*P. kawakamii* Ito)14株,海岛泡桐(*P. taiwaniana* Hu et Chang)11株。观测总株数为239株,每个种的观测株数是依据统计要求确定的,数量性状21个。1983~1985年连续3a埋根育苗。苗期试验设计为随机区组设计,3次重复,小区株数5株。每年调查时间为10~11月,分落叶前、后两次。

1993-07-21 收稿。

熊耀国副研究员,竺肇华,林镜中(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091);曾宗泽(四川省资中县林场)。

* 本文为国家“六五”攻关专题“泡桐属的良种选育”的内容之一。

根据数据的分析,将 21 个数量性状中无显著差异和数据不全的 5 个性状予以淘汰。对余下的 16 个性状先按种归类,分种类、性状计算其平均值、表型相关和重复力,然后按属统一计算。相关系数显著性测验按 99% 可靠性进行判别。考虑到泡桐是以无性繁殖为主的树种,在繁殖过程中,还受种根年龄和位置的影响,其广义遗传力换用重复力表示,即重复力等于无性系方差与无性系方差加上环境方差之比¹⁾。主要计算工作由微机完成,软件程序见参考文献[1]。

3 结果与分析

3.1 表型性状的相关

为省篇幅,表1仅列出全属相关关系矩阵。在16个性状中,将高径比、叶的长宽比和平均节长3个性状删去。

表1 泡桐属苗期13个性状间相关矩阵

地径 X_1	节数 X_2	皮孔数 X_3	叶柄长 X_4	叶宽 X_5	叶长 X_6	叶最宽处长 X_7
1.000 00	0.419 86**	-0.161 28**	0.397 12**	-0.438 43**	0.453 37**	0.273 06**
		0.006 21	0.446 70**	0.495 07**	0.477 96**	0.278 16**
			-0.185 27**	-0.213 14**	-0.174 30**	0.013 63
				0.826 70**	0.806 39**	0.453 74**
					0.892 53**	0.369 11**
						0.434 74**
叶痕长 X_8	叶痕宽 X_9	维管束痕长 X_{10}	维管束痕宽 X_{11}	叶柄夹角 X_{12}	苗高 X_{13}	
0.345 69**	0.402 21**	0.414 97**	0.411 15**	-0.050 21**	0.515 10**	
0.299 96**	0.478 88**	0.421 84**	0.409 18**	-0.172 83**	0.766 86**	
0.218 69**	-0.167 32**	-0.149 01**	-0.087 74	0.062 62	-0.102 76	
0.516 06**	0.541 46**	0.572 34**	-0.548 73**	-0.075 11	0.450 54**	
0.552 01**	0.594 37**	0.557 48**	0.468 98**	-0.093 79	0.479 41**	
0.476 27**	0.527 00**	0.544 93**	0.506 82**	-0.031 67	0.479 54**	
-0.192 97**	-0.073 23	0.306 80**	0.598 28**	-0.004 91	0.183 16**	
	0.861 67**	0.586 25**	0.210 16**	-0.303 33**	0.498 12**	
		0.581 73**	0.282 14**	-0.225 22**	0.612 30**	
			0.778 61**	-0.206 97**	0.602 26**	
				-0.063 94	0.485 37**	
					-0.277 80**	

注: $\gamma_{0.01} = 0.148$ 。

由表 1 可见,表中所列的 13 个特征之间大多有相关关系存在。当苗木高大时,地径粗,构成苗高的节数增多,营养面积亦增加;由于叶面积增加,叶的重量加大,叶柄的长度和粗度也随之增加,使苗木能摄取更多的光能和占据足够的同化作用的空间。当叶柄脱落之后,粗大的叶柄留下了较大的叶痕。同样的道理,叶痕内维管束痕迹的大小也随之变化。

研究结果还表明,叶柄夹角和皮孔数以及尚未列入表内的其它性状呈现出差异。究其原因,有些是生物学特性所决定,有些则可能是由于种间性状的极大差异掩盖了他们之间仅有的

1)侯治涛. 树木育种的常用田间设计及统计分析. 亚热带林业研究站, 1977.

一点点相关关系。例如,苗高和地径相关紧密,相关系数为 0.515 1;而苗高和叶柄夹角也相关紧密,相关系数为-0.277 8。地径和叶柄夹角也应相关紧密,但相关系数仅为-0.050 2,类似的情况还有。此外,平均节长、高径比和叶的长宽比 3 个性状之间的表型相关显著。为决定主要性状的选择和不同种、不同性状的选择提供了依据,为提高选种效率打下了基础,还为泡桐性状的改良提供了新的信息。各性状间存在着的显著相关意味着在改良其中某些性状的同时,其它有联系的性状也有可能得到不同程度的改良。

3.2 泡桐属苗期选择的主要性状

分别以苗高和地径为因变量,进行了 12 个自变量的逐步回归分析,并以可靠性 99%为判别依据,对苗期选择的主要性状进行了判别。回归方程式为:

$$H = -73.92 + 6.71D + 13.15NN - 1.01W + 3.99SW + 6.58VL - 0.80PA$$

式中, D :地径, NN :节数, W :叶宽, SW :叶痕宽, VL :维管束痕长, PA :叶柄夹角。

$$D = -0.199 + 0.008H + 0.042LL + 0.083VW$$

式中, H :苗高, LL :叶长, VW :维管束痕宽。

由上面两个回归方程式可以看出,除苗高和地径两个因子互为影响外,其它因子均可作为苗期选择的参考因子或辅助因子。

3.3 表型性状相关的差异性

表型性状相关的差异性主要表现在相关显著性的差异上,具体可由相关系数的大小反映出来。相关系数的大小主要受三方面因素的影响,一是性状间的关联程度,二是种间的差异,三是环境条件所造成的各性状表达的程度。这里着重讨论不同种间表型性状相关的差异性。由于泡桐属 9 个种的生物学特性和生态特性的明显差异,因此,不同种的性状之间的关联程度或称协合性上就表现出极大的差异,反映这种差异的相关系数的值也截然不同,表 2、3 中苗高和地径两个因子就说明了这种差异性。

表 2 不同种苗高与其它性状的相关系数

性 状	全 属	白花桐	毛泡桐	兰考桐	台湾桐	楸叶桐	南方桐	海岛桐	杂 交
苗 高	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
地 径	0.515 1	0.825 0	0.838 1	0.788 9	0.551 4	0.911 1	0.822 0	0.945 7	0.939 2
节 数	0.766 9	0.879 5	0.788 2	0.736 5	0.265 2	0.816 5	0.881 6	0.902 1	0.783 7
皮孔数	-0.102 8	0.036 5	-0.314 2	-0.318 6	0.354 3	0.273 6	-0.066 6	-0.069 3	0.098 4
叶柄长	0.450 5	0.579 8	0.832 1	0.594 0	0.515 7	0.101 8	0.473 0	-0.028 5	0.685 1
叶 宽	0.479 4	0.391 0	0.810 7	0.548 6	0.398 6	0.685 1	0.699 8	0.787 0	0.563 3
叶 长	0.479 5	0.488 3	0.828 5	0.671 8	0.576 2	0.487 1	0.763 5	-0.021 5	0.642 8
叶最宽处长	0.183 2	-0.189 9	-0.418 6	0.551 9	0.661 2	-0.444 4	0.197 5	0.875 6	0.799 4
叶痕长	0.498 1	0.533 4	0.780 2	0.581 4	0.223 4	0.795.9	0.557 3	0.633 6	0.141 3
叶痕宽	0.612 3	0.605 9	0.783 8	0.712 6	0.296 5	0.890 2	0.827 5	0.918 1	0.271 6
维管束长	0.602 3	0.489 4	0.703 2	0.528 6	0.299 7	0.731 9	0.462 8	0.616 5	0.599 3
维管束宽	0.485 4	0.183 2	0.650 5	0.700 1	0.597 3	0.848 1	0.537 7	0.481 7	0.771 0
叶柄夹角	-0.277 8	0.308 0	0.044 1	0.210 5	-0.091 7	0.039 5	-0.044 4	-0.163 5	-0.215 6
5%临界值	0.113 0	-0.288 0	0.304 0	0.304 0	0.497 0	0.482 0	0.482 0	0.553 0	0.288 0
1%临界值	0.148 0	0.372 0	0.393 0	0.393 0	0.623 0	0.606 0	0.606 0	0.684 0	0.372 0

表3 不同种地径与其它性状的相关系数

性状	全属	白花桐	毛泡桐	兰考桐	台湾桐	楸叶桐	南方桐	海岛桐	杂交
地径	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
苗高	0.515 1	0.825 0	0.838 1	0.788 9	0.551 4	0.911 1	0.822 0	0.945 7	0.939 2
节数	0.411 9	0.823 1	0.344 4	0.720 3	0.617 5	0.740 8	0.587 4	0.849 4	0.756 2
皮孔数	-0.161 3	0.036 1	-0.325 3	-0.443 0	0.184 6	0.214 0	-0.084 1	-0.118 1	0.098 1
叶柄长	0.397 1	0.591 2	0.773 3	0.752 1	0.773 2	0.217 0	0.789 2	-0.109 7	0.660 5
叶宽	0.438 4	0.479 1	0.807 8	0.633 8	0.871 7	0.721 4	0.857 0	0.821 8	0.528 4
叶长	0.453 4	0.450 2	0.857 0	0.753 4	0.834 1	0.539 9	0.895 9	0.132 0	0.613 6
叶最宽处长	0.273 1	-0.021 4	0.809 8	0.642 3	0.759 3	-0.342 0	0.491 9	-0.719 6	0.719 4
叶痕长	0.345 7	0.610 8	0.786 2	0.676 7	0.704 3	0.753 0	0.691 3	0.698 8	0.184 4
叶痕宽	0.400 2	0.706 4	0.748 0	0.834 6	0.809 3	0.867 1	0.750 1	0.918 7	0.317 6
维管束长	0.415 0	0.391 7	0.752 5	0.633 9	0.676 8	0.696 4	0.597 2	0.574 3	0.550 1
维管束宽	0.411 2	0.141 1	0.663 1	0.731 5	0.619 3	0.815 9	0.550 4	0.302 8	0.736 9
叶柄夹角	-0.050 2	0.222 3	-0.099 3	-0.309 3	0.476 9	-0.011 1	0.302 1	-0.085 9	-0.155 6
5%临界值	0.113 0	-0.288 0	0.304 0	0.304 0	0.497 0	0.482 0	0.482 0	0.553 0	0.288 0
1%临界值	0.148 0	0.372 0	0.393 0	0.393 0	0.623 0	0.606 0	0.606 0	0.684 0	0.372 0

表2表明不同种的各个性状与苗高的相关系数大多存在着较大的变异,苗高与地径的变异幅度从0.515 1(台湾泡桐)~0.945 7(海岛泡桐);与叶柄长的变异幅度则从0.101 8(楸叶泡桐)~0.832 1(毛泡桐)。表3中地径与其它因子间的关系与表2中的情况类同。这种不同种间表型性状相关的变异性为不同种苗期性状的进一步选择提供了依据。

除了相关系数的不同之外,这种差异还表现在各个种的不同性状对苗高和地径的回归关系方程式中(表4)。

表4 泡桐属各个种不同性状与苗高和地径的回归方程

树种	回归方程式	复相关系数
白花泡桐	$H = -71.47 + 15.01D + 11.13NN + 0.76L - 1.75W + 1.55LL - 2.36WL + 9.51VL - 5.46VW$ $D = -0.354 + 0.006H + 0.138NN + 0.036W - 0.026LL + 0.046SW$	0.944 0.889
海岛泡桐	$H = 228.46 + 73.559D - 18.35WL - 7.59SW + 5.08VL + 0.43PA$ $D = -1.473 + 0.006H + 0.16N - 0.078L + 0.014LL + 0.100WL + 0.065SL + 0.167SW$	0.996 0.950
楸叶泡桐	$H = -238.42 + 16.41NN + 5.55W - 11.48WL + 36.73SL - 19.818SW - 16.83VL$ $D = 0.823 + 0.009H + 0.023W$	0.992 0.921
毛泡桐	$H = -19.94 + 21.10D + 5.16NN - 2.15N + 1.61L + 1.01W - 4.58WL$ $D = -0.729 + 0.016H - 0.098NN + 0.072N - 0.040L - 0.042W + 0.052LL + 0.127WL + 0.094SL + 0.058SW - 0.066VW$	0.957 0.932
台湾泡桐	$H = 509.56 + 26.33D + 2.20NN + 7.68N + 10.68WL + 20.55SL - 93.83VL + 42.63VW - 6.15PA$ $D = -0.047 + 0.007H + 0.063W - 0.108WL + 0.094SL$	0.973 0.938
南方泡桐	$H = -141.49 + 11.50NN - 5.69N + 1.93W - 3.71WL + 10.77SL - 3.95VW$ $D = -7.968 - 0.007H + 0.191NN - 0.112N + 0.022L + 0.056W + 0.020LL - 0.084WL + 0.236SL + 0.34VL - 0.367VW + 0.051PA$	0.988 0.999
杂种无性系	$H = -233.52 + 27.77D + 5.35N - 1.70W - 1.31LL + 3.56WL + 6.19SL - 4.28SW + 2.92PA$ $D = -2.194 + 0.014H + 0.110NN - 0.267N + 0.018L + 0.054SW + 0.029PA$	0.976 0.957
兰考泡桐	$H = 6.63 - 1.03D - 0.23N - 0.07L + 0.22WL - 0.26VL + 0.06VW + 2.12PA$ $D = 0.065 + 0.004H + 0.121NN + 0.036L + 0.155SW - 0.109VL - 0.015PA$	0.976 0.915

注: H: 苗高, D: 地径, NN: 节数, N: 皮孔数, L: 叶柄长, W: 叶宽, LL: 叶长, WL: 叶最宽处长, SL: 叶痕长,

SW: 叶痕宽, VL: 维管束痕长, VW: 维管束痕宽, PA 叶柄夹角。

3.4 不同种苗期性状重复力的差异

重复力是根据遗传型方差与表型方差的比值的百分数来进行计算的¹⁾。由于泡桐不同种具有各自的生物学特性和生态适应性。因此,不同种在同一地点的生长情况和其它表型性状的表达程度以及同种泡桐对不同环境条件的反映和由此而表达出的性状的特点具有明显的差异^[2]。就是说,不同种的某一性状在同一地点表达程度不一样,遗传型方差和表型方差的值也随之变化。同样,同种的某一性状在不同地点的表达程度也不一样。这种基因型与环境互作的特点明显地反映在泡桐苗期不同性状的重复力上(表 5)。

表 5 部分泡桐苗期性状的重复力

(单位:%)

性 状	白花泡桐	毛泡桐	杂种无性系	兰考泡桐
苗 高	57	52	45	42
地 径	44	53	39	27
高径比	23	39	36	23
节 数	67	30	51	24
节 长	30	30	39	20
皮孔数	21	10	48	26
叶柄长	28	49	74	33
叶 宽	25	42	60	25
叶 长	28	42	53	25
叶长宽比	20	29	20	20
叶最宽处长	13	30	69	24
叶痕长	4	50	44	23
叶痕宽	48	44	61	27
维管束痕长	35	33	28	27
维管束痕宽	28	28	33	21
叶柄夹角	64	37	77	20

由表 5 可见,在白花泡桐中,重复力高的性状有节数、叶柄夹角、苗高、叶痕宽和地径。而毛泡桐则不一样,依次为:地径、苗高、叶痕长、叶柄长和叶痕宽。杂种无性系则依次为:叶柄夹角、叶柄长、叶最宽部位长、叶痕宽和叶宽。由表中还可以看出不同种间相同性状重复力的差异。兰考泡桐几乎所有性状的重复力都偏低,兰考泡桐在该试验地的生长比主要栽培区(华北中原一带)要差。这表明环境条件对兰考泡桐的表型性状影响极大,所造成的重复力的差异也非常明显。

由于性状重复力的大小直接关系到性状的选择,一般来说,选择重复力高的性状比较可靠,受环境因素影响的程度较低。所以,在考虑到不同种、不同性状的重复力差异较大的情况下,对每个种的性状选择时必须慎重。既要考虑到种类间的差异,也要考虑到不同种

的适生环境和多点试验的结果^[3],这方面的研究有必要进一步深入开展。

4 结 论

(1)泡桐属 9 个种的 13 个苗期性状存在着显著的表型相关。如果对某些性状进行遗传改良的话,与此有关联的性状也有可能得到不同程度的改良。

(2)与苗高密切相关的因子有:节数、叶痕宽、地径、维管束痕长、叶宽和叶柄夹角。与地径相关的因子有:苗高、叶长和维管束痕宽。这一结论将对泡桐属苗期性状的选择提供参考。

(3)研究发现不同种、不同性状间均存在着变异性。因此,可参照表 2、3 中的相关系数和表 5 中重复力的大小来确定不同种的苗期性状。

(4)泡桐属不同种间苗期的各个性状在相同地点的重复力有很大的差异,说明不同种的表型特征受环境条件的影响较大,这为进一步研究各个种的生态适应性和为不同种苗期选择性状的决定提供了依据。

1)顾万春. 林业试验统计. 广西南宁地区印刷厂, 1984.

参 考 文 献

- 1 唐守正. 多元统计分析方法. 北京: 中国林业出版社, 1986.
- 2 熊耀国. 泡桐无性系主要数量性状遗传的研究. 林业科学研究, 1988, 4(4): 428~431.
- 3 竺肇华. 关于泡桐属植物的分布中心及区系成分的探讨. 见: 中国林学会主编. 泡桐文集. 北京: 中国林业出版社, 1981. 1~10.

Study on the Variation and Correlation of Seedling Characteristics of *Paulownia*

Xiong Yaoguo Zhu Zhaohua Lin Jingzhong Zheng Zhongze

Abstract 16 seedling characteristics of genotype of 239 samples belonging to 9 species in *Paulownia* genus had been tested in nursery in Zhizong County, Sichuan Province from 1983 to 1985. The correlation of each two characteristics and the data are analysed through the method of stepwise regression. The results are as follows: 1. there are significant correlations between 13 characteristics including height and diameter at ground level etc. That means the other characteristics will probably be improved more or less while some characteristics are improved. 2. there are obvious differences in correlation coefficient and repeat heritability of species and characteristics so that the selection of characteristics at nursery stage would be different in species and varied characteristics. 3. in the *Paulownia* genus the major factors influencing height and diameter of roots cuttings and regression equation are indicated in this paper.

Key words *Paulownia*, characteristics, correlation, repeat heritability

Xiong Yaoguo, Associate Professor, Zhu Zhaohua, Lin Jingzhong (The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091); Zheng Zhongze (Forest Farm in Zizhong County, Sichuan Province).