

马尾松造纸材种源选择

荣文琛 吴天林 岳水林

孙成志 谢国恩

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)

(中国林业科学研究院林产化学工业研究所)

摘要 在南、中、北亚热带地区三片九年生马尾松种源试验林中(广西南宁、江西安福、浙江鄞县),采集9个代表性种源试样,测试28项包括木材构造、物理和化学的性状,进行种源间比较选择,结果是:①经试验点内及多点方差分析,各性状种源间差异远大于种源内个体间差异,且种源与试验点间存在互作。②主要造纸经济性状(管胞宽、长宽比、双壁厚、腔径和壁腔比等)遗传力估值均大于0.6,受强度的遗传控制。③材性与生长性状间相关分析表明,在马尾松速生地区作高、径性状的正向选择会导致种源或个体的管胞长宽比、晚材率和壁腔比下降,管胞宽度及腔径增大,这为间接选择提供依据。④取与造纸性能关系紧密的11项木材性状,综合选择出高州、宁明、吉安和德江等优良种源。

关键词 马尾松;造纸材;遗传变异;性状相关;种源选择

木材是森林经营中最重要的终极产品,提高木材的产量和质量是育种系统的共同目标。当前多数林木育种计划均侧重于对林木生长、干形、适应性和抗性的改良,相对忽视了材性改良。事实上许多研究已证明多数材性性状具较强遗传性^[1,2],通过遗传改良可迅速取得巨大的经济增益。

马尾松是我国南方重要的工业用材树种,分布广,生长快,适宜用作制浆造纸原料。近年来对其材性改良亦有初步研究,但多为单点试验,分析性状亦不多^[3,4]。本研究试图利用全国马尾松种源试验多点材料,广泛了解木材构造、物理性质和化学组分等多性状变异幅度,揭示其遗传控制程度,分析材性与生长性状间相关,以了解间接选择的可行性,为材性改良提供依据,并初步评选造纸材优良种源供生产上推广。

1 材料和方法

1989年10月在南、中、北亚热带地区选择代表性试验点(广西南宁、江西安福和浙江鄞县),在1981年营造的种源试验林中统一采集浙江仙居、陕西城固、河南固始、安徽潜山、四川蒲江、江西吉安、广东高州、广西南明和贵州德江9个代表性种源,在不同立地条件下各选取5个重复,每重复(区组)选1株平均木单株,取含胸径在内1 m长主干作试材,并现场实测样株全高和带皮胸径。

分析性状有:木材构造8项(晚材率,管胞长、宽度,长宽比,腔径,双壁厚,壁腔比,柔性系数);物理性质9项(弦向、径向和体积的干缩率及干缩系数,差异干缩,气干密度和

50天吸水(性), 化学组分9项(灰分, 冷水、热水, 1%NaOH和苯醇抽提物, 硝酸乙醇纤维素, 多戊糖, 木素, 综纤维素含量)和高、径生长量2项。

分析方法包括: 各性状单点和多点种源和种源内个体水平的方差分析(据 χ^2 测定, 多数性状机误变量试验点间差异不显著, 可据平均机误变量作多点方差分析); 种源与试验点交互作用分析; 各性状遗传力估测; 材性与生长性状相关分析; 用综合指数法为各代表性地区初步选择造纸材优良种源。

2 结果和分析

2.1 性状变异

(1) 木材构造和物理性状的单点方差分析表明, 种源间变异程度远大于种源内个体间变异。分析的19项性状中, 有13项性状至少2个试验点种源间差异显著(表1), 其中晚材率、管胞长度、双壁厚、壁腔比和柔性系数等性状在3个试验点均差异显著。而种源内个体间仅晚材率差异显著, 说明材性性状的种源选择具有较大的改良潜力。

(2) 木材构造和物理性状多点方差分析表明, 在分析的17项性状中, 除管胞长、弦向干缩系数、气干密度和50天吸水性外, 种源间差异显著(表2)。交互作用分析表明, 除干缩率、干缩系数、差异干缩和50天吸水性外, 种源与试验点交互作用明显。这为材性优良种源选择提供依据, 也体现出生长环境对材性的一定影响。

(3) 木材化学组分多点方差分析表明, 冷水、1%NaOH和苯醇抽提物、木素、多戊糖、综纤维素和硝酸乙醇纤维素含量在种源和试验点间差异显著, 灰分在试验点间差异显著, 热水抽提物在种源间差异显著。

2.2 遗传控制程度

所有分析性状单点与多点遗传力估值汇总于表3。从表中可见, 凡与木材造纸性能关系密切的重要经济性状, 种源间遗传力均达中强程度, 其中晚材率、双壁厚和综纤维素含量等性状在各点多达0.8以上, 管胞宽、腔径、壁腔比、胸径等多达0.6~0.7, 说明上述性状均受强度的加性遗传控制, 为材性的种源选育提供了可靠依据。

2.3 材性与生长性状间相关分析

(1) 在江西和广西试验点, 晚材率在种源及种源内个体水平上均与高径生长呈极显著的负相关(见表4), 说明在马尾松适生地区选择速生种源和个体均可能导致晚材率下降。

(2) 管胞宽度和腔径在江西试验点与个体高径生长呈相关, 在广西则与种源、个体的高径生长呈极显著正相关, 说明在中、南带(尤其南带), 高径生长对管胞宽度及腔径具有显著正效应。

(3) 管胞长宽比在广西试验点与种源及个体的高径生长均呈显著负相关, 提示在分布区南部选择速生种源和个体可降低管胞长宽比。壁腔比则在江西、广西试验点与个体高径生长呈显著负相关, 说明在中南部选择速生个体相对降低壁腔比。

(4) 径向干缩率及干缩系数在浙江、江西试验点与高径生长负相关紧密, 亦即在中、北带高径正向选择对径向干缩有显著负效应。

(5) 气干密度、柔性系数在各点均与高径生长不相关, 但气干密度有随高径生长增大而

表1 试验点内方差分析

变 因	浙江鄞县	江西安福	广西南宁	变 因	浙江鄞县	江西安福	广西南宁
晚 材 率	3.69*	2.98*	0.70	差异干缩	2.74*	1.15	1.11
	5.23**	7.10**	6.03**		1.00	2.66*	2.05
管胞长度	3.43*	2.16	0.59	气干密度	1.32	0.44	0.81
	2.55*	3.36**	2.69*		1.00	1.64	1.90
管胞宽度	1.65	0.97	2.27	50天吸水性	0.25	1.46	2.46
	7.11**	1.94	5.22**		0.77	1.41	2.34*
腔 径	1.09	0.98	2.34	灰 分	2.25	0.40	0.01
	5.91**	2.02	5.26**		5.64**	2.47	6.57**
双 壁 厚	1.92	0.56	2.17	冷 水 抽	0.08	0.08	5.57**
	18.03**	6.09**	2.31*		10.93**	12.91**	6.09**
长 宽 比	0.22	1.77	1.82	热 水	2.31	2.13	0.96
	3.46**	1.17	4.35**		30.1**	4.37**	2.42
壁 腔 比	0.09	0.58	2.42	提 1%NaOH	0.39	14.34**	1.62
	9.86**	3.68**	3.98**		35.34**	46.37**	13.57**
柔性系数	0.37	0.79	2.31	物 苯 醇	0.86	0.14	1.71
	7.33*	2.48*	3.04*		0.54	55.86**	106.34**
弦 向	0.72	0.69	2.70*	木 素	1.49	0.29	0.97
	1.80	1.43	1.37		186.97**	81.53**	1.27
径 向	3.65**	1.46	2.22	多 戊 糖	2.86	1.94	1.01
	4.11**	4.69**	2.16		1.78	6.49**	2.36
体 积	0.95	1.06	1.74	硝酸乙醇纤维素	0.33	0.73	0.53
	3.87**	2.97*	1.94		26.18**	9.24**	16.71**
弦 向	0.57	0.80	2.35	综纤维素	2.81	1.18	0.83
	1.23	0.97	0.93		110.65**	2.68	58.77**
径 向	3.56*	1.35	1.18	树 高	3.01*	0.36	0.90
	2.99*	3.35**	1.33		0.66	11.16**	16.23**
体 积	0.46	1.11	1.80	胸 径	11.76**	0.26	0.72
	2.34*	2.08	1.45		0.71	10.31**	15.90**

注: 每项内数字分别示个体(上)、种源(下)方差分析 F 值。

表2 材性多点方差 F 值汇总

变 因	树 高	胸 径	晚材率	管胞长	管胞宽	腔 径	双壁厚	长宽比	壁腔比	柔性系数
种 源	20.15**	17.37**	11.9**	1.18	2.93**	3.14**	6.20**	2.53**	5.84**	4.51**
试 验 点	103.82**	19.97**	8.5**	1.73	11.13**	8.44**	64.33**	4.57**	30.02**	27.65**
种源×试验点	5.39**	5.69**	2.31**	2.93**	5.27**	4.09**	12.08**	3.30**	6.39**	5.49**

续表 2

变 因	干 缩 率			干 缩 系 数			气干密度	差异干缩	50天 吸水性
	弦 向	径 向	体 积	弦 向	径 向	体 积			
种 源	2.61*	4.44**	5.61**	1.40	2.88**	2.99**	1.13	2.70*	1.80
试 验 点	63.44**	86.21**	152.88**	13.31**	6.30**	9.96**	60.92**	15.31**	7.64**
种源×试验点	0.98	1.52	1.21	0.72	1.23	1.02	1.91*	0.98	1.41

变 因	灰 分	抽 提 物				木 素	多 戊 糖	综 纤 维 素	硝 酸 乙 醇 纤 维 素
		冷 水	热 水	1%NaOH	苯 醇				
种 源	2.18	10.97**	2.68**	78.77**	9.44**	2.76**	4.14**	14.03**	27.22**
试 验 点	104.52**	30.48**	0.46	103.57**	36.54**	4.60**	10.93**	5.93**	89.58**
种源×试验点	5.04**	8.38**	8.39**	20.41**	4.32**	1.03	2.24**	4.78**	13.95**

表 3 参试种源材性遗传力估值

试 验 点	树 高	胸 径	晚 材 率	管 胞			腔 径	双 壁 厚	壁 腔 比	柔 性 系 数
				长 度	宽 度	长 宽 比				
浙 江	0.6678	0.6254	0.8088	0.6078	0.8594	0.7110	0.8308	0.9445	0.8986	0.8630
江 西	0.8104	0.8344	0.8592	0.7024	0.4845	0.1453	0.5050	0.8358	0.7283	0.5968
广 西	0.7384	0.5258	0.8342	0.6253	0.8084	0.7701	0.8099	0.5671	0.7487	0.6711
多 点	0.9504	0.9424	0.9160	0.1525	0.6587	0.6047	0.6815	0.8387	0.8288	0.7783

试 验 点	干 缩 率			干 缩 系 数			差 异 干 缩	气 干 密 度	50天吸水性
	弦 向	径 向	体 积	弦 向	径 向	体 积			
浙 江	0.4444	0.7567	0.7416	0.1870	0.6656	0.5726	—	—	—
江 西	0.3007	0.7868	0.7868	—	0.7015	0.5192	0.6241	0.3902	0.2958
广 西	0.2701	0.5370	0.5870	—	0.2481	0.3103	0.5122	0.4737	0.5726
多 点	0.6169	0.7748	0.7748	0.2857	0.6528	0.6656	0.6377	0.1150	0.2903

试 验 点	灰 分	抽 提 物				木 素	多 戊 糖	硝 酸 乙 醇 纤 维 素	综 纤 维 素
		冷 水	热 水	1%NaOH	苯 醇				
浙 江	0.8227	0.9085	0.9663	0.9717	0.8519	0.9947	0.4382	0.9618	0.9910
江 西	0.5951	0.9225	0.7712	0.9784	0.9821	0.9877	0.8459	0.9402	0.9830
广 西	0.8478	0.8358	0.5868	0.9893	0.9906	0.2126	0.5763	0.9402	0.9830
多 点	0.5413	0.9088	0.6269	0.9873	0.8941	0.6377	0.7585	0.9633	0.9287

下降的趋势，柔性系数则相反。这与马尾松种源间木材密度与高径选择相互独立的研究结论相吻合^[4]。

(6) 综观性状的相关分析，可见种源或种源内个体的变化趋势均大体一致，为间接选择提供了深入研究的线索和可能。

2.4 综合选择

从化学组分看，希望木材综纤维素含量高，木素及抽提物含量低，据此仙居和城固种源在南带造林区最优，吉安和潜山种源在中带造林区最优，固始和潜山种源在北带造林区最优，均属造林区所属气候带或以北种源。

表 4 材性与生长性状相关分析

试验点	浙江鄞县		江西安福		广西南宁	
	树高	胸径	树高	胸径	树高	胸径
晚材率	-0.220 -0.046	-0.304 -0.144	-0.887** -0.655**	-0.893** -0.697**	-0.939** -0.701**	-0.960** -0.728**
管长	0.067 0.160	0.185 0.344*	0.548 0.298*	0.4173 0.2502	-0.326 -0.172	-0.525 -0.227
	0.716* 0.273	0.293 0.244	0.632 0.350*	0.548 0.368*	0.853 0.482**	0.905** 0.581**
胞长宽比	-0.854** -0.181	-0.236 -0.051	0.024 -0.036	-0.054 -0.091	-0.670* -0.344*	-0.760* -0.439**
	0.722* 0.253	0.255 0.207	0.607 0.349*	0.524 0.367*	0.860** 0.493**	0.896** 0.564**
腔径	0.187 0.144	0.231 0.214	0.177 0.043	0.181 0.039	-0.017 -0.052	0.143 0.151
	-0.148 0.011	0.117 0.094	-0.348 -0.294*	-0.282 -0.308*	-0.698* -0.377**	-0.625 -0.289*
柔性系数	0.194 0.017	-0.093 -0.097	0.268 0.249	0.209 0.246	0.601 0.301*	0.512 0.207
	弦向	-0.149 0.219	0.575 0.315*	-0.539 -0.256	-0.526 -0.100	-0.070 0.006
干缩率		-0.252 -0.445**	0.090 -0.365*	-0.770* -0.505**	-0.706** -0.363*	-0.446 -0.218
	体积	-0.217 -0.082	0.378 -0.028	-0.676* -0.409**	-0.624 -0.250	-0.412 -0.171
弦向		-0.194 0.253	0.738* 0.366*	-0.321 -0.092	-0.381 0.018	0.092 0.057
	干缩系数	-0.392 -0.507**	0.131 -0.466**	-0.803 -0.444**	-0.761* -0.365*	-0.378 -0.177
体积		-0.309 -0.069	0.524 0.001	-0.610 -0.279	-0.606 -0.161	-0.325 -0.120
	气干密度	0.095 -0.156	-0.210 0.073	-0.351 -0.207	-0.290 -0.162	-0.043 -0.002
差异干缩		0.194 0.543**	0.207 0.555**	0.668* 0.371*	0.581 0.309*	0.483 0.295*
	50天吸水性	-0.287 -0.154	-0.205 -0.030	-0.076 -0.022	-0.108 -0.019	0.162 0.128

注: 表内各栏两行数字, 上、下行分别示种源、种源内个体的相关系数值。种源数为 9, 种源内个体数为 45。

据综合座标法, 取与木材造纸性能关系密切的 11 项性状作为评定因子(括号内为权重, 其确定主要依据各性状对造纸性能的相对重要性及遗传力估值): 树高, 胸径, 气干密度(各 0.15); 管胞长、宽, 柔性系数(各 0.1); 腔径, 双壁厚, 管胞长宽比, 壁腔比, 晚材率(各

0.05)。各点及多点综合评定结果见表5。综观种源比较结果,高州、宁明、吉安和德江种源表现普遍较好,建议作为造纸材优良种源进行推广。

表5 造纸材优良种源得分排序

试验点	种					源			
	仙居	城团	固始	潜山	蒲江	吉安	高州	宁明	德江
浙江鄞县	27	23	15	19	16	13	14	20	21
江西安福	11	18	17	22	8	6	2	4	5
广西南宁	10	26	25	24	12	9	1	3	7
多点总评	7	9	8	6	5	3	1	2	4

3 讨论

(1) 基因型与环境的交互作用及地理变异趋势,是数量遗传学的重要内容之一,但在木材性状来说研究不多。据报道,花旗松木材密度与年轮宽度存在基因型与种植点显著互作^[1],短叶松比重与管胞长度也观测到相似结果,且两性状呈一致的地理变化趋势^[5]。本研究中,除经济重要性相对较小的干缩率、干缩系数和差异干缩外,几乎所有分析性状上均存在基因型与环境的交互作用,这反映自然选择对遗传变异多维结构的巨大影响,即各材性性状对环境差异的不同反应。此外,在气干密度等性状上,亦观察到各种源均出现极为一致的西南—东北变异趋势,这说明影响某些木材性状的主导因子恰与种源的遗传控制有一致之处。

(2) 同一树种各木材性状相关研究至关重要,因为从中可确定切实可行的主要选择性状,但迄今为止尚无该方面研究。本研究所分析的29项性状相关分析,发现晚材率,管胞长度、宽度,腔径和气干密度5项性状与其它性状的相关系数中,达5%显著水准的超过1/3,这说明上述性状与其它性状间存在较密切的相关。此外它们均为重要的木材经济性状且具有高度的遗传性,加之晚材率、木材密度、管胞长、宽度较易测定,因而在马尾松材性定向选育中,应优先考虑用晚材率、纤维长、宽度、腔径和气干密度等性状作为实用的选择指标。

参 考 文 献

- [1] McKimmy, M. D. et al., 1982, Genetic variation in the wood density and ring width trend in Coastal Douglas-Fir, *Silvae Genetica*, 31:2~3, 43~51.
- [2] S. B. Land, Jr. et al., 1982, Genetic, site, and within-tree variation in specific gravity and moisture of young sycamore trees, 1982, *TAPPI Research and Development Division Conference*, 139~145.
- [3] 王章荣等, 1988, 马尾松木材性状在林分间和林分内个体间的变异, *南京林业大学学报*, (2):38~42.
- [4] 周志春等, 1990, 马尾松幼龄材密度、管胞长度的地理变异及性状相关, *林业科学研究*, (4):393~397.
- [5] Wiselugel, A. E. et al., 1982, Genetic variation of wood gravity and tracheid length in Shortleaf Pine, 1982, *TAPPI Research and development Division Conference*, 169~178.

Provenance Selection for Pulpwood of Masson's Pine

Rong Wenchen Wu Tianlin Yue Shuilin

(The Research Institute of Subtropical Forestry CAF)

Sun Chengzhi Xie Guoen

(The Research Institute of Chemical Processing and Utilization of Forest Products CAF)

Abstract The samples of 9 provenances were collected from 9-year-old test stands of Masson's Pine located on 3 plantations representative of the northern, central and southern subtropical zones to analyse wood traits including timber structure, physical properties and chemical components. The results are as follows: ① The variance analyses among and within plantations show that differences between provenances outweighed those between individuals within provenances, and there were significant interactions between provenances and plantations. ② Main economic traits, such as fibre width, the rate of fibre length to width, dipwall thickness, lumen diameter and their rate etc., were controlled by strong heredity effects, since these traits' hereditary values were all over 0.6. ③ Correlative analyses between wood properties and growth traits suggested that positive selection of growth traits in fast-growing regions tended to decrease the rate of summerwood, rate of fibre length to width, and rate of dipwall thickness to lumen diameter, or increase fibre width and lumen diameter, which provided evidences for indirect selection of timber properties. ④ After selection by 11 traits in close relation to pulp characters, some fine provenances as Gaozhou, Ningming, Ji-an and Dejiang were selected for representative regions.

Key words Masson Pine; pulpwood; genetic variation; traits correlation; provenance selection