

马尾松造纸材最优产地的确定*

秦国峰 周志春 李光荣 黄光霖 陈炳星 林尧珂

摘要 基于对树干材积和木材基本密度的初步筛选,选择了30个优良产地马尾松木材进行制浆造纸试验,研究表明多数木材化学组份和浆纸性能在产地间存在着较大的差异。对不同产地木材纸浆产量、质量和每吨干浆成本的综合分析,可以确认江西崇义,广西岑溪,广东罗定、韶关、英德和福建永定是马尾松造纸材的最佳产地,这些产地分布在南岭山脉东南端,云开大山两侧和武夷山脉南端。

关键词 马尾松、浆纸性能、综合评定、最佳产地

马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)是我国重要的制浆造纸原料,适合抄造新闻纸、牛皮纸等纸张。南方有很多大型和中小型纸厂都利用马尾松木材,但目前所用的木材主要来自未经遗传改良的天然次生林,材种规格不一,单位面积浆产量低,材性不均匀,致使浆纸的品位下降,每吨浆的成本提高。为了提高纸浆产量和质量,就必须采用经过遗传改良的优良种植材料,大规模地营造马尾松造纸工艺林基地。

近几年来,在马尾松造纸材生长和材质材性联合改良方面进行了系列研究,包括地理遗传变异模式,种源×地点互作及遗传稳定性,遗传控制能力和性状间遗传相关,利用选择指数选择了一批优良家系,划定了马尾松造纸材的最优种源区^[1~3]。在此基础上,本文则进一步对造纸材最优种源区内30个产地的木材进行制浆造纸测试,研究不同产地在木材化学组份和浆纸性能上的差异,最终为马尾松造纸材确定最佳产地。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

制浆造纸试验所用木材试样采自设立在福建省邵武市卫闽林场的12年生的马尾松种源试验林,该试验林包括马尾松6个种源区的90个产地,其试验设计及林分状况见参考文献[1]。1992年冬,木材试样的采集结合试验林的疏伐进行,根据作者的研究结果^[1],选择马尾松造纸材最优种源区内的30个产地取样,每个产地各伐4株平均木,用0~200cm木段作为试材。

1.2 试材处理

在室内将树皮剥去,每产地的4株样木的木段均经过同一切片机削片混合,木片经网筛及人工剔除不合格的木片后装入塑料桶内平衡水分以备用。

1994—07—14 收稿。

秦国峰研究员,周志春,(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 浙江富阳 311400);李光荣,黄光霖,陈炳星,林尧珂(福建省南平造纸营林总公司)。

* 本文属世界银行贷款国家造林项目“马尾松速生丰产林培育技术的研究与推广”和中国林业科学研究院亚热带林业研究所与福建省南平造纸营林总公司科技合作内容的一部分。由周志春、陈炳星、林尧珂测试分析、整理成文。参加研究的还有南平造纸营林总公司程传演、葛彤军、吴庆敏、罗玉仙和傅春意;福建省林科所傅玉狮;邵武市卫闽林场田林士;中国林业科学研究院亚热带林业研究所吴天林等同志。

1.3 硫酸盐法制浆

同一产地的混合木片分三锅蒸煮,每锅装绝干木片 2 kg,在同一蒸煮曲线条件下作三次平衡试验,蒸煮工艺条件及过程控制如下:

蒸煮用碱量(以 Na ₂ O 计)	17.0%(对绝干片)
液 比	1 : 3.5
室温到 80 ℃	40 min
80 ℃到 125 ℃	105 min
小放气时间	5 min
125 ℃到 172 ℃	105 min
172 ℃保温	60 min

煮后浆在湿浆分离器中疏解 5 min,然后进行充分洗涤,洗至无残碱为止,经人工挑出未蒸解部分。在 Valley 打浆机内打浆至 60° SR,所有试样都在同一打浆机内完成,并用 Weverk 抄片机抄出 60 g 的纸片,每煮一锅浆制成 8 张抄片,在温度为 20±1℃,湿度为 65%±2%的条件下测定其物理性能。纸页的制备和其物理性能的测定均按国标进行^[4]。

1.4 木材和浆的化学组份分析

按造纸工业测试方法标准¹⁾进行。

2 结果与分析

2.1 木材化学组份和浆纸性能在产地间的差异

木材化学组份和浆纸性能各性状的群体均值和变异参数列于表 1。研究发现木材苯醇抽出物、灰分含量和纸张的耐折度在产地间差异巨大,其变异系数分别高达 19.51%、11.54%和 28.16%,木材戊糖含量、浆的 Kappa 值、黑液残碱以及纸张的抗张和撕裂指数都具有适度的产地效应,其变异系数在 5.29%~9.12%之间,而木材中 α-纤维素和木素含量、制浆得率和纸张耐破指数在产地间差异较小,如粗浆得率的变异系数仅为 2.25%,然而粗浆得率最高的产

表 1 木材化学组份和浆纸性能的群体均值和变异参数

性 状	均值(标准差)	变异系数(%)	变异幅度	
木 材	苯醇抽出物(%)	1.64(0.32)	19.51	1.09~2.14
	α-纤维素(%)	39.40(1.09)	3.54	44.29~56.67
	木素(%)	29.32(1.04)	3.55	27.80~32.12
	戊糖(%)	13.06(1.11)	8.50	11.00~15.06
	灰分(%)	0.26(0.03)	11.54	0.27~0.31
浆	Kappa 值	37.37(2.37)	6.34	34.21~41.90
	粗浆得率(%)	46.21(1.04)	2.25	43.68~48.86
	细浆得率(%)	45.05(0.97)	2.15	42.93~46.99
	黑液残碱(Na ₂ O g/L)	27.19(2.35)	8.64	21.83~31.60
纸	抗张指数(N·m/g)	93.60(4.94)	5.29	85.50~102.81
	耐破指数(kPa·m ² /g)	8.52(0.33)	3.87	7.74~9.13
	撕裂指数(mN·m ² /g)	11.40(1.04)	9.12	9.92~13.44
	耐折度(双折、次)	1 399(394)	28.16	7 08~2 046

1)轻工业标准化编辑出版委员会编.造纸工业测试方法标准汇编.1990.

地(福建三明 48.86%) and 最低的产地(广东广宁 43.68%)其绝对值却相差 5%。在生产上,其实制浆得率能提高 1%~2%就可获得巨大的经济效益,这说明,马尾松多数制浆造纸特性都具有较大的选育潜力,已有的许多研究也证实了对制浆造纸性状进行选育的可能性,如 Wright^[4]认为南非的松类和桉树通过选育其制浆总得率能提高 1%~2%,而纸张的物理强度能维持不变。

2.2 造纸材最佳产地的确定

确定一个造纸材品系是否优良应从其制浆收益和制浆成本两方面进行分析和权衡,制浆收益涉及到纸浆的产量和质量,纸浆产量(以单株计)等于树干材积、基本密度和制浆得率三者之乘积,而纸张质量大多用抗张、耐破和撕裂指数三个指标来衡量;制浆成本主要用每吨干浆的木材消耗量来表示,吨干浆材耗量等于基本密度与制浆得率乘积之倒数。

在确定最佳产地时,以当地优良种源(邵武种源)作为对照。入选最佳产地其首要标准就是单株纸浆产量必须大于对照的 5%,在这一前提下再从材积生长、木材密度、纤维形态、木材化学组份、浆纸性能和吨干浆材耗量等方面综合权衡。研究发现江西崇义,广东罗定、韶关、英德和福建永定这五个产地的单株纸浆产量大于当地优良种源的 6.90%~34.94%(表 2),特别是江西崇义和广东罗定两产地非常突出,单株纸浆产量分别是对照的 134.94%和 124.62%。这五个产地的树干材积和木材基本密度分别大于对照 2.68%~33.46%和 1.18%~10.06%,纸张抗张和耐破强度分别大于对照 10.24%~19.71%和 2.20%~12.02%,如江西崇义的纸张抗张强度大于对照 19.71%,其它指标如纸张撕裂强度、制浆得率、木材中 α -纤维素含量都和对照相近(略高或略低),吨干浆材耗量都低于对照。据此将江西崇义,广东罗定、英德、韶关和福建永定确定为马尾松造纸材最优种源区内的最佳产地。另外广西岑溪的单株纸浆产量也非常突出,是当地种源的 130.86%,其它指标和对照相似或略低,我们也将之划为最佳产地之列。这些最佳产地分布于南岭山脉的东南端,云开大山的两侧和武夷山脉的南端(图 1)。在福建闽北以及类似的地区营建造纸工艺林基地时,应从这些地区调拨种子。如引进外省种源,当推江西崇义为上;应用本省种源则以永定为优。

表 2 马尾松最佳产地的材积生长、材性、木材化学组份和浆纸性能

产地	单株纸浆产量 (kg)	吨干浆材耗量 (m ³)	单株树干材积 (m ³)	木材基本密度 (g/cm ³)	管胞长度 (mm)	木材组份 (%)					浆			纸张		
						苯醇抽出物	α -纤维素	木素	戊糖	灰分	Kappa 值	粗浆得率 (%)	黑液残碱 (g/L)	抗张指数 (N·m/g)	耐破指数 (kPa·m ² /g)	撕裂指数 (mN·m ² /g)
江西崇义	16.22	6.12	0.099 3	0.349 0	3.42	1.36	40.17	29.20	12.30	0.30	38.59	46.81	22.92	102.81	9.13	11.50
广西岑溪	15.73	5.90	0.092 9	0.365 3	3.61	1.82	39.83	28.28	12.72	0.23	35.95	46.36	31.60	85.50	8.10	11.91
广东罗定	14.57	6.01	0.087 5	0.362 2	3.53	2.14	39.69	28.00	12.14	0.23	33.74	45.96	27.90	99.05	8.52	11.12
韶关	13.96	5.62	0.078 5	0.380 3	3.47	1.52	39.83	29.28	13.81	0.24	38.41	46.77	21.83	102.75	8.97	10.46
英德	12.85	5.95	0.076 4	0.361 9	3.58	1.88	39.69	28.34	14.46	0.27	37.60	46.47	28.81	97.26	8.59	12.39
福建永定	12.86	6.19	0.079 6	0.349 1	3.67	2.10	38.80	29.12	12.11	0.21	36.55	46.28	26.68	94.68	8.33	12.63
邵武(CK)	12.02	6.19	0.074 4	0.344 9	3.72	1.09	39.94	27.80	13.12	0.22	35.00	46.85	28.68	85.88	8.15	12.25

2.3 不同产地木材原材料对浆纸性能的影响

表 3 列出了单株树干材积、木材基本密度、木材化学组份与各浆纸性能的简单相关系数,发现制浆得率有随材积生长加快而降低的趋势,但材积生长仅对粗浆得率有显著的负效应,对

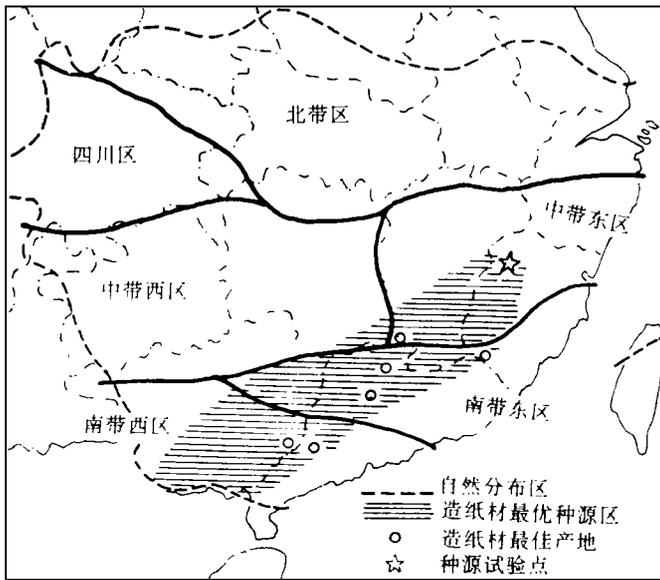


图1 马尾松造纸材最优种源区内最佳产地分布示意

细浆得率的影响不显著。未发现基本密度和浆纸性能有显著的相关性,类似于 Wright^[5]对加勒比松(*Pinus caribaea* Morelet)和卵果松(*P. oocarpa* Schiede)的研究,说明不能仅依据木材密度来预测马尾松不同产地的浆纸性能。在木材化学组份中 α -纤维素和木素含量与浆的Kappa值、制浆得率、撕裂指数的相关都达显著或极显著水平, α -纤维素含量高(也即木素含量低)的产地,在相同蒸煮条件下,浆的Kappa值较低,制浆得率和纸张撕裂指数较高。另外还发现戊糖含量与纸张撕裂指数呈显著负相关,灰分含量与Kappa值呈显著正相关。

表3 不同产地木材原材料对浆纸性能的影响

性状	单株树干材积	木材基本密度	木材化学组份					
			苯醇抽出物	α -纤维素	木素	戊糖	灰分	
Kappa值	0.038 9	-0.207 2	-0.278 7	-0.329 4 ⁺	0.528 8 ^{**}	0.267 9	0.406 9 [*]	
浆	粗浆得率	-0.366 9 [*]	0.021 5	-0.131 1	0.955 8 ^{**}	-0.503 7 ^{**}	0.048 4	-0.025 1
	细浆得率	-0.248 1	0.048 8	-0.197 1	0.857 7 ^{**}	-0.541 0 ^{**}	-0.048 4	-0.232 1
	黑液残碱	-0.000 8	-0.102 7	0.204 5	-0.122 8	-0.014 5	-0.082 8	-0.231 6
	抗张指数	0.181 9	0.256 2	-0.006 5	0.121 8	-0.092 5	0.221 9	0.238 7
纸	耐破指数	0.046 4	0.154 2	-0.136 5	0.037 9	0.124 6	0.255 8	0.174 9
	撕裂指数	-0.225 2	0.070 2	-0.165 8	0.460 6 ^{**}	-0.551 4 ^{**}	-0.404 6 [*]	-0.263 0
	耐折度	-0.297 0 ⁺	-0.183 0	-0.158 1	0.060 4	-0.085 8	-0.108 0	-0.081 9

注: +——10%显著水平; *——5%显著水平; **——1%显著水平。

3 问题与讨论

3.1 造纸材的育种目标

一个正确的林木育种方案首先应确定一组适合的目标性状,以使生产能获得最大的效益。目标性状及其相对重要性的确定应从经济学观点考虑,而不能根据其遗传特性和评估难易程度而定。如 Borralho 等^[6]在确定蓝桉(*Eucalyptus globulus* Labill)的育种目标时从生产系

统、收益和成本来源、影响收益和成本的生物性状以及每一性状的经济权重四个方面进行分析。对于纸浆生产而言,单位林地面积的纤维(浆)产量是林木生长的一个函数,因此树干材积常作为一个最主要的目标性状。木材性状特别是木材密度、纤维素含量和纤维长度等会强烈地影响制浆过程和浆纸的性质,然而当这些木材性状发生变化时,其制浆成本并不会因之发生相应的变化。Zobel, Campinhos 等^[7,8]认为影响纸浆生产最主要的因子是树干材积、木材密度和制浆得率,其它重要性状还有成活率、抗性、树皮含量、纤维形态和木材化学组份等,然而这些性状所适用的遗传学和经济学信息较少,并且对纸浆生产总的成本结构影响较弱。Wright 曾认为,对于松类而言,如果 Kappa 值和撕裂指数适宜,那么每株树木的纤维产量就是最主要的性状^[4]。

对于马尾松造纸材的遗传改良,特别是最佳种源或产地选择应首先将适应性(抗寒、抗压和抗风倒等)作为一个限制性因子来考虑,在适应性条件满足的前提下或所冒风险在经济允可范围内,将树干材积、木材密度和制浆得率作为造纸材三个最主要的育种目标性状,并按照不同成本结构的纸厂情况确定这三个性状的相对经济权重,建立选择指数,以达到品种的精确定选择和育种目标获得最大增益之目的。

3.2 确定最佳产地时进行制浆造纸试验的必要性

许多文献报道,利用木材性状(如木材密度)和木材解剖性状可以预测其制浆造纸特性。木材密度不仅影响制浆特性,更主要的是能决定林分每年每公顷的纤维生产量,因此许多林木育种方案都将这一因子包含在内。然而也有很多研究未发现木材密度与制浆造纸特性间的显著相关性,一些树种,如加勒比松和卵果松^[5,9]和巨桉^[10],对木材密度的选择并不能达到改良浆纸性能之目的。本文研究结果未发现马尾松不同产地的木材密度与化学制浆时浆纸特性间的相关性。作者曾利用树干材积和木材基本密度建立选择指数,确定了优良产地^[1],发现与本文的研究结果有较大的出入,因此最终确定一个品系是否优异,进行制浆造纸试验非常必要,特别是随着微制浆技术的发展和完善,在不破坏立木的条件下,以较少的化费精确地测定大量木材样品已成为可能。

参 考 文 献

- 1 周志春,傅玉狮,吴天林. 马尾松生长和材性的地理遗传变异及最优种源区的划定. 林业科学研究,1993,6(5):556~564.
- 2 周志春,秦国峰,洪杏春,等. 马尾松生长和木材密度的种源地点互作效应. 林业科学研究,1994,7(亚林所所庆专刊):81~88.
- 3 周志春,金国庆,周世水. 马尾松自由授粉家系生长和材质的遗传分析及联合选择. 林业科学研究,1994,7(3):323~328.
- 4 Wright J A. Impact on future fibre resources of wood quality assessments in the pulp and paper-making industry. 19th IUFRO World Congress, Canada, 1990. 46~52.
- 5 Wright J A. Provenance variation in wood characteristics of *Pinus caribaea* Morelet and *P. oocarpa* Schiede. Unpublished D. Phil. Thesis, University of Oxford, 1987. 153.
- 6 Borralho N M G, Cotterill P P, Kanowski P J. Breeding objectives for pulp production of *Eucalyptus globulus* under different industrial cost structures, Can. J. For Res., 1993, 23: 648~656.
- 7 Zobel B J, van Buijtenen J P. Wood variation: its causes and control. Springer-Verlag, Berlin, 1989. 393.
- 8 Campinhos E, Claudio-da-Silva E. Development of the eucalyptus tree of the future. In ESPRA Spring Conference, Spain: Seville, 1990.

- 9 Burley J, Palmer E R. Pulp and wood densiometric properties of *Pinus caribaea* from Fiji. 1979, Occasional Paper No. 6, Commonwealth Forestry Institute, Oxford. 66p.
- 10 Clarke C R E. The estimation of genetic parameters of pulp and paper properties in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and their implication, for tree improvement. 1990, Unpublished MSc Thesis, University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa.

Determination of Optimum Seed Sources for Paper-pulp Wood of Masson Pine

*Qin Guofeng Zhou Zhichun Li Guangrong
Huang Guangling Chen Bingxing Lin Yaoke*

Abstract Based on the preliminary selection of stem volume and wood basic density, 30 superior seed sources of 12-year-old were selected for pulping test. The results showed that there were remarkable differences for the most wood chemical components, pulp and paper-making properties among different seed sources. Through a comprehensive analysis on the profits and costs per dry tons of pulp from different seed sources, it was found that 6 seed sources including Chongyi of Jiangxi, Qinqi of Guangxi, Luoding, Yinde, and Chaoguan of Guangdong and Yongding of Fujian are the optimum ones for paper-pulp wood of masson pine. These optimum seed sources are distributed over the southeastern end of Nanling Mountains, eastern side of Yunkai Hill and southern end of Wuyi Mountains.

Key words masson pine, pulp and paper-making properties, comprehensive evaluation, optimum seed source

Qin Guofeng, Professor, Zhou Zhichun (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF Fuyang, Zhejiang 311400); Li Guangrong, Huang Guangling, Chen Bingxing, Lin Yaoke (The General Company of Forestation, Nanping Paper Mill, Fujian Province).