

马尾松种子园 2 个无性系木材密度变异规律*

Variation Patterns of Wood Density on the Two Clonal Seed Orchard of *Pinus massoniana*

贾 婕¹, 黄永利², 杨章旗^{1**}

JIA Jie¹, HUANG Yong-li², YANG Zhang-qi¹

(1. 广西壮族自治区林业科学研究院, 国家林业局中南速生材繁育实验室, 广西优良用材林资源培育重点实验室, 广西南宁 530001; 2. 广西壮族自治区南宁市林业科学研究所, 广西南宁 530107)

(1. Guangxi Zhuang Autonomous Region Forestry Research Institute, Key Laboratory of Central South Fast-growing Timber Cultivation of Forestry Ministry of China, Guangxi Key Laboratory of Superior Timber Trees Resource Cultivation, Nanning, Guangxi, 530001, China; 2. Guangxi Zhuang Autonomous Region Nanning Forestry Division, Nanning, Guangxi, 530107, China)

摘要:在 22 年生马尾松 (*Pinus massoniana*) 初级种子园中选择 2 个无性系: 桂 GC427A 和桂 GC557A 各 3 株伐倒, 利用圆盘取样法于 1.3m、5m 和 10m 近伐根面各取厚 3cm 圆盘样品, 采用最大含水量法测定纵向 1.3m、5m、10m, 径向外层、中层、内层的木材生材密度和基本密度共 18 个密度指标, 研究其径向和纵向木材密度的变异规律。结果表明, 木材密度径向变化表现为外层 > 中层 > 内层, 纵向 5m > 1.3m > 10m; 径向中层的木材密度最接近平均密度, 径向外层的木材密度与平均密度相差最远, 不宜作为马尾松无性系的选择指标; 2 个无性系的径向和纵向均匀性均达 0.93 以上, 具有良好的木材均匀性, 幼龄材与成熟材的差异较小, 其中以桂 GC557A 为优。

关键词: 木材密度 变异 马尾松 种子园 无性系

中图法分类号: S781.31 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2012)01-0084-04

Abstract: Three trees were cut down in each of two clones (GuiGC427A and GuiGC557A) from the primary seed orchard of *Pinus massoniana* in 22 years old. Disk method of sampling was used to get the disks from a tree in different high levels, including 1.3m, 5m and 10m from the tree bottom, with the thickness of 3cm. The maximum moisture content was used to measure the green density and basic density of those disks in longitudinal and radial directions. We studied variation patterns of the radial and vertical wood density for different clones. The results showed that the radial variation patterns of wood density were very clear with inner < middle < outer, and the vertical variation patterns were 5m > 1.3m > 10m. The radial middle wood density was closest to the average density levels of families, but the radial outer wood density cannot serve as an indicator for the selection of masson pine clones. The radial and vertical uniformity of two clones was good, and exceeded 0.93. There were less differences between juvenile woods and mature woods, of which GuiGC557A was superior.

Key words: wood density, variation, *Pinus massoniana*, seed orchard, clones

马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb) 是我国南方

重要的乡土树种, 在林浆纸(板)一体化产业发展中占有十分重要的地位。马尾松的纸浆材良种选育开始于上世纪 90 年代, 研究人员在林分、种源、家系、无性系等不同层次上对木材密度、木材解剖、木材化学组分等方面进行了系统深入地研究, 取得了重要的研究成果^[1~5]。木材密度由于测定简单、稳定性强等优点成为马尾松材性育种中重要而常用的选择指标。我

收稿日期: 2011-08-19

修回日期: 2011-12-10

作者简介: 贾 婕(1982-), 女, 工程师, 主要从事林木遗传改良研究。

* 广西壮族自治区林业厅项目(林科字[2006]第 20 号)资助。

** 通讯作者: 杨章旗, 男, 教授级高级工程师, Email: yangzhangqi@163.com。

们在马尾松材性研究中发现,不同单株以及不同取样位置的木材密度均存在差异。为了探求一个准确、简便的马尾松木材密度选择指标,我们在初级种子园中选择生长性状优良的 2 个 22 年生无性系,利用圆盘取样法研究纵向和径向木材密度的变异规律,以期为马尾松的材性选择和遗传改良提供科学依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

试样取自广西南宁市林业科学研究所的 22 年生马尾松无性系嫁接种子园第 4 大区。该大区于 1986~1987 年嫁接,每亩株数 40 株,经过 1 次去劣疏伐,保存株数为 20 株。2009 年 12 月,对该测定林进行树高、胸径、冠幅和通直度等全林实测,2010 年 6 月结合种子园第 2 次去劣疏伐,在种子园中选择生长优良的桂 GC427A 和桂 GC557A 无性系,各选 3 株进行木材密度测定。

伐前用红油漆标出 1.3m 南向,将所选样株伐倒后,于 1.3m、5m 和 10m 近伐根面各取厚 3cm 的圆盘,用密封袋保湿带回室内,用于木材密度和解剖学测定。

1.2 试样处理

木材密度采用最大含水量法测定。生材密度指刚被砍伐下来木材含有水分时的木材密度,基本密度是指含水率为 0 时的木材密度。具体方法如下:过髓心沿东北 45 度左右取 2cm 宽木条,离开髓心和皮层各 1cm,用等分法分别取内、中、外 3 个 2cm×2cm 木段,去掉两头失水部分,用湿毛巾包好待测。生材密度为防止水份流失影响测定数据的准确性,所有操作步骤均需保湿,取样回来后尽快测定,本实验的生材密度测定在 7h 内完成。测完生材密度后将木块 80℃ 干燥 8h 和 103℃ 干燥 48h,测定基本密度。实验材料包括纵向 1.3m、5m、10m,径向外层、中层、内层的木材生材密度和基本密度共 18 个密度指标。

1.3 统计分析方法

按线性模型 $Y_{ijk} = u + F_i + B_j + E_{ijk}$ 测量数据,设有 i 个无性系, j 个区组,每小区 n 株,以单株观测值为统计单元,式中: Y_{ij} 为第 i 重复第 j 家系的测定值, u 表示总体平均值; F_i 表示无性系效应; B_j 为区组效应; E_{ijk} 为随机误差。

2 结果与分析

2.1 纵向木材平均密度的变化规律

表 1 和表 2 列出桂 GC427A 和桂 GC557A 不同取样高度间木材密度的差异分析结果。2 个无性系广西科学 2012 年 2 月 第 19 卷第 1 期

的生材密度在取样高度间差异均不显著,桂 GC557A 的基本密度在取样高度上存在显著差异(表 1);2 个无性系 1.3m 处的基本密度间差异达显著水平(表 2)。2 种木材密度在不同无性系间均表现为 5.0m > 1.3m > 10.0m,桂 GC557A 的纵向生材密度稍高于桂 GC427A,但是基本密度却相反(图 1)。

表 1 不同取样高度和不同径向层次间的木材密度差异分析
Table 1 Variance analysis of the different trunk heights and the wood density of different radial levels

无性系 Families	指标类型 Indicator type	来源 Source	均方 Mean square	F	Pr > F
桂 GC427A	生材密度 Greenwood density	取样高度 Wood basic density	0.018	2.91	0.076
		径向层次 Radial levels	0.017	2.7	0.090
	基本密度 Wood basic density	取样高度 Trunk height	0.001	0.340	0.715
桂 GC557A	生材密度 Greenwood density	取样高度 Trunk height	0.005	3.030	0.069
		径向层次 Radial levels	0.008	4.960	0.017*
	基本密度 Wood basic density	取样高度 Trunk height	0.036	7.040	0.004*
		径向层次 Radial levels	0.049	9.690	0.001**

*: $F < 0.05$, **: $F < 0.01$.

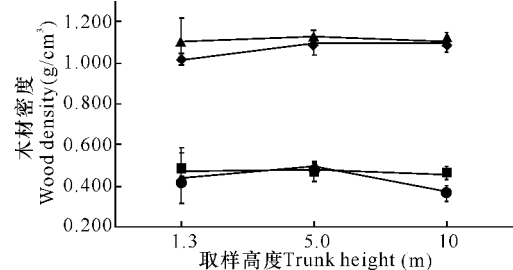


图 1 树干纵向木材密度变化

Fig. 1 Changes of the vertical wood density

◆: 桂 GC427A 生材密度, ■: 桂 GC427A 基本密度, ▲: 桂 GC557A 生材密度, ●: 桂 GC557A 基本密度。
◆: GuiGC427A Greenwood density, ■: GuiGC427A Wood basic density, ▲: GuiGC557A Greenwood density, ●: GuiGC557A Wood basic density.

2.2 径向木材平均密度的变化规律

表 1 和表 3 列出了桂 GC427A 和桂 GC557A 2 个无性系径向间木材密度的差异分析结果,2 个无性系径向间的基本密度和桂 GC557A 径向间的生材密度间差异达显著水平(表 1);桂 GC427A 中层的生材

密度和桂 GC557A 外层 2 种密度间的差异达显著水平(表 3)。图 2 结果显示, 2 种木材密度在不同无性系均表现为外层>中层>内层, 变化规律十分明显。桂 GC557A 的径向生材密度稍高于桂 GC427A, 但基本密度相反。

表 2 不同纵向木材密度差异分析

Table 2 Differences in the different vertical wood density

无性系 Families	取样高度 Trunk height(m)	指标类型 Indicator type	均方 Mean square	F	Pr > F
桂 GC427A	1.3	生材密度 Greenwood density	0.038	2.450	0.166
		基本密度 Wood basic density	0.038	7.820	0.021*
	5	生材密度 Greenwood density	0.000	2.330	0.178
		基本密度 Wood basic density	0.003	1.540	0.288
	10	生材密度 Greenwood density	0.000	1.240	0.355
		基本密度 Wood basic density	0.002	0.760	0.507
桂 GC557A	1.3	生材密度 Greenwood density	0.010	3.530	0.097
		基本密度 Wood basic density	0.0456	44.65	0.0002**
	5	生材密度 Greenwood density	0.002	1.210	0.363
		基本密度 Wood basic density	0.017	1.430	0.311
	10	生材密度 Greenwood density	0.000	4.200	0.072
		基本密度 Wood basic density	0.002	3.640	0.092

*: $F < 0.05$, **: $F < 0.01$.

2.3 不同取样位置木材密度变化规律

图 1 和图 2 分别给出了 2 个无性系纵向和径向的木材平均密度, 图 3 更清晰显示 2 个无性系木材密度在不同取样位置的变化规律。2 个无性系的生材密度变化幅度小于基本密度, 桂 GC557A 的生材密度变化最平缓, 各取样密度间相关最紧密。从图 3 可以看出, 径向中层的木材密度最接近平均密度, 或者

说中龄期的木材密度决定马尾松无性系的木材密度的整体水平, 径向外层的木材密度与无性系木材密度的平均水平相差最远, 最不适合用其代表整体密度水平, 尤其是 1.3m 外层密度不能用作马尾松无性系木

表 3 径向间木材密度差异分析结果

无性系 Families	径向层次 Radial level	指标类型 Indicator type	均方 Mean square	F	Pr > F
桂 GC427A	内层 Inner	生材密度 Greenwood density	0.038	2.470	0.165
		基本密度 Wood basic density	0.003	1.150	0.377
	中层 Middle	生材密度 Greenwood density	0.002	12.000	0.008*
		基本密度 Wood basic density	0.001	0.490	0.635
	外层 Outer	生材密度 Greenwood density	0.000	0.060	0.940
		基本密度 Wood basic density	0.013	2.800	0.138
桂 GC557A	内层 Inner	生材密度 Greenwood density	0.005	1.930	0.225
		基本密度 Wood basic density	0.009	1.010	0.419
	中层 Middle	生材密度 Greenwood density	0.002	1.020	0.416
		基本密度 Wood basic density	0.009	2.700	0.146
	外层 Outer	生材密度 Greenwood density	0.002	9.040	0.016*
		基本密度 Wood basic density	0.034	19.140	0.003*

*: $F < 0.05$, **: $F < 0.01$.

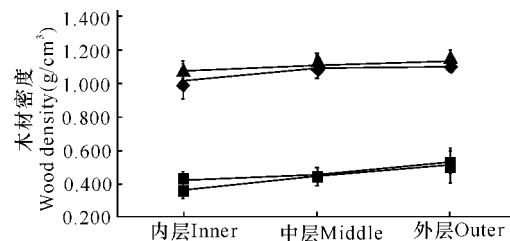


图 2 树干径向木材密度变化

Fig. 2 Changes of the radial wood density

◆: 桂 GC427A 生材密度, ■: 桂 GC427A 基本密度, ▲: 桂 GC557A 生材密度, ●: 桂 GC557A 基本密度。

◆: GuiGC427A Greenwood density, ■: GuiGC427A Wood basic density, ▲: GuiGC557A Greenwood density, ●: GuiGC557A Wood basic density.

材密度的选择指标。

2.4 不同无性系木材密度的均匀性

用径向内层密度与外层密度的比值表示木材径向均匀性,用 1.3m 木材密度与 10m 的比值表示木材纵向均匀性,分别比较 2 个无性系的木材均匀性。桂 GC557A 和桂 GC427A 的生材密度径向比分别为 0.95 和 0.93,纵向比分别为 0.99 和 0.93,桂 GC557A 不论是径向还是纵向的均匀性均优于桂 GC427A,因此,可以认为桂 GC557A 的木材均匀性较好。

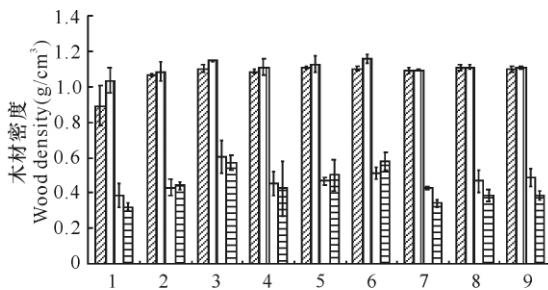


图3 不同纵向高度径向变化

Fig.3 Wood density variation in different sampling locations

▨ 桂GC427A生材密度; ▩ 桂GC557A生材密度; □ 桂GC427A基本密度; ▤ 桂GC557A基本密度。
1:1.3m 内层,2:1.3m 中层,3:1.3m 外层,4:5.0m 内层,5:5.0m 中层,6:5.0m 外层,7:10.0m 内层,8:10.0m 中层,9:10.0m 外层。
▨ GuiGC427A Greenwood density; ▩ GuiGC557A Greenwood density; □ GuiGC427A Wood basic density; ▤ GuiGC557A Wood basic density.
1:1.3m inner,2:1.3m middle,3:1.3m outer,4:5.0m inner,5:5.0m middle,6:5.0m outer,7:10.0m inner,8:10.0m middle,9:10.0m outer.

3 讨论

关于马尾松木材密度的研究较为一致的结论是不同种源间存在显著差异,这种差异受中等强度的遗传控制^[6,7];秦国峰等认为马尾松木材密度存在极显著的种源×地点效应,不同地区种源的木材相对密度具有从西南往东北增大的地理变异趋势^[8,9]。周志春等在优树半同胞家系的木材密度中的研究中发现半同胞家系的木材密度存在明显的遗传差异,受到弱至中度的遗传控制,具有较高的遗传改良潜力^[10]。为了探讨科学的马尾松木材密度的评价方法和有效的密度选择指标,我们对马尾松无性系不同纵向和径向的木材生材密度和基本密度进行研究,以明确马尾松无性系木材密度的选择指标。本研究结果表明木材密度径向变化规律十分明显,越靠近髓心密度越小,表现为外层>中层>内层,纵向变化为5m>1.3m>10m。径向中层的木材密度最接近平均密度,或者说中龄期的木材密度决定马尾松无性系的木材密度的整体水平,径向外层的木材密度与无性系木广西科学 2012年2月 第19卷第1期

材密度的平均水平相差最远,最不适合用其代表整体密度水平,尤其是 1.3m 外层不能用于马尾松无性系木材密度的选择指标。同时对木材的生材密度和基本密度的研究表明,生材密度对实验操作的要求较高且的规律性不如基本密度明显,在无性系选择中宜采用基本密度作为选择指标。

Zobel 等研究表明,木材密度的不均匀严重影响最终产品的品质和制浆造纸的成本,是木材最主要的缺陷^[11]。Rozenberg 等认为提高幼龄材密度可降低因短轮伐期经营而造成木材品质下降的负面影响^[12]。刘青华等计算了不同种源木材径向变异的均匀性,认为南部区种源的均匀性为 0.77~0.88,差于北部区种源(0.84~0.91),并认为部分南部区种源的快速生长是以降低幼龄材密度为代价的,从而致使幼龄材和成熟材生材密度差异较大^[5]。本研究中 2 个无性系的径向和纵向均匀性均达 0.93 以上,说明这两个马尾松无性系不仅具有优良的生长性能,并且具有良好的木材均匀性,幼林材与成熟材的差异较小,能够满足优良造纸木材的需求,这两个马尾松无性系中以桂 GC557A 为优良。

参考文献:

- [1] 陈天华,王章荣,徐立安. 马尾松木材性状的遗传变异及其在造纸工业中的应用[J]. 林产化学与工业,1996,16(3):1-8.
- [2] 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[J]. 林业科学研究,1993,6(5):556-564.
- [3] 周志春,秦国峰. 马尾松天然林木材化学组分和浆纸性能的地理模式[J]. 林业科学研究,1995,8(1):1-6.
- [4] 张一,储德裕,金国庆,等. 马尾松亲本遗传距离与子代生长性状相关性分析[J]. 林业科学研究,2010(2):215-220.
- [5] 刘青华,金国庆,张蕊,等. 24年生马尾松生长、形质和木材生材密度的种源变异与种源区划[J]. 林业科学,2009,45(10):55-61.
- [6] 林思京. 福建省马尾松优树子代初步评定[J]. 福建林学院学报,1997,17(3):255-258.
- [7] 荣文琛,曾志光,孙成志. 江西马尾松纸浆材种源选择[J]. 江西农业大学学报,1994,16(3):297-302.
- [8] 秦国峰,周志春,洪杏春. 马尾松生长和木材密度的种源与地点互作效应[J]. 林业科学研究,1994,7(2):81-88.
- [9] 秦国峰,周志春,李光荣,等. 马尾松造纸材最优产地的确定[J]. 林业科学研究,1995,8(3):266-271.
- [10] 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[J]. 林业科学研究,1994,7(3):323-328.
- [11] Zobel B J, van Buijtenen J P. Wood variation: its causes and control[M]. Berlin: Springer-Verlag, 1989: 157-173.
- [12] Rozenberg P, Cahalan C. Spruce and wood quality: genetic aspects (a review)[J]. Silvae Genetica, 1997, 46(5):270-279.

(责任编辑:邓大玉)