

人工纯林和混交林中南酸枣木材 解剖特性的比较分析

林金国¹, 陈慈禄², 林秀芳³

(1. 福建农林大学材料工程学院, 福建 福州 350002; 2. 福建省顺昌县林业局, 福建 顺昌 353200;
3. 福建省林业调查规划院, 福建 福州 350003)

摘要: 对林龄为 25 a 的南酸枣 [*Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burtt et Hill] 纯林、南酸枣 - 马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 混交林和南酸枣 - 杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 混交林中南酸枣木材的解剖特性进行了比较分析。测定结果表明, 在 25 a 的树龄内, 南酸枣 - 马尾松混交林、南酸枣 - 杉木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材纤维的长度分别为 0.843 ~ 1.401、0.858 ~ 1.489 和 0.873 ~ 1.347 mm, 宽度分别为 19.28 ~ 23.58、19.34 ~ 22.34 和 19.76 ~ 25.26 μm , 长宽比分别为 39.70 ~ 62.04、39.20 ~ 63.96 和 40.60 ~ 59.34; 随树龄的增加, 纯林和混交林中南酸枣木材纤维的长度、宽度及长宽比均逐渐增加, 且不同林分间的差异逐渐达到显著水平, 并以南酸枣 - 杉木混交林中南酸枣木材纤维的长度和长宽比最大、宽度最小。3 种林分中南酸枣木材的导管组织比量、纤维组织比量和木射线组织比量分别为 16.1% ~ 16.7%、64.7% ~ 65.2% 和 12.9% ~ 13.4%, 以南酸枣 - 杉木混交林中南酸枣木材导管组织比量和纤维组织比量最大, 但差异均不显著; 仅纯林的木材轴向薄壁组织比量 (5.8%) 显著高于混交林 (5.1% 和 5.2%)。随树龄的增加, 3 种林分中南酸枣木材微纤丝角均逐渐减小, 南酸枣 - 马尾松混交林、南酸枣 - 杉木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材微纤丝角分别为 23.33° ~ 16.82°、23.20° ~ 16.36° 和 23.34° ~ 17.41°, 且仅在树龄 16 ~ 25 a 阶段, 混交林中的南酸枣木材微纤丝角显著小于纯林, 其中又以南酸枣 - 杉木混交林中的南酸枣木材微纤丝角最小。研究结果显示, 南酸枣 - 杉木混交林中南酸枣木材的解剖特性总体上最优, 在南酸枣木材品质定向培育过程中宜选择杉木作为伴生树种。

关键词: 南酸枣; 杉木; 人工纯林; 混交林; 木材解剖特性

中图分类号: S781.29 文献标志码: A 文章编号: 1004-0978(2009)04-0046-07

Comparative analysis on wood anatomical characteristics of *Choerospondias axillaris* in artificial pure and mixed forests LIN Jin-guo¹, CHEN Ci-lu², LIN Xiu-fang³ (1. College of Material Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Forestry Bureau of Shunchang County of Fujian Province, Shunchang 353200, China; 3. Fujian Forestry and Design Institute, Fuzhou 350003, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2009, 18(4): 46-52

Abstract: Anatomical characteristics of *Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burtt et Hill wood within 25 a in *C. axillaris* pure forest, *C. axillaris*-*Pinus massoniana* Lamb. mixed forest and *C. axillaris*-*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. mixed forest were comparatively analyzed. The determination results show that in 25 a tree age, the fiber length of *C. axillaris* wood in *C. axillaris*-*P. massoniana* mixed forest, *C. axillaris*-*C. lanceolata* mixed forest and *C. axillaris* pure forest is 0.843-1.401, 0.858-1.489 and 0.873-1.347 mm, the fiber width 19.28-23.58, 19.34-22.34 and 19.76-25.26 μm , the length/width ratio 39.70-62.04, 39.20-63.96 and 40.60-59.34, respectively. As tree age increasing, the length, width and length/width ratio of *C. axillaris* wood fiber in pure and mixed forests increase gradually, and the difference among different forests reaches significant level gradually, and the length and length/width ratio of *C. axillaris* wood fiber are the highest and the width is the lowest in *C. axillaris*-*C. lanceolata* mixed forest. The proportions of vessel, fiber and wood ray of *C. axillaris*

收稿日期: 2009-02-16

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目 (B0110024); 福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划资助项目 (J0608572)

作者简介: 林金国 (1967-), 男, 福建莆田人, 博士, 教授, 主要从事木材科学方面的研究。

wood in three forests are 16.1% - 16.7%, 64.7% - 65.2% and 12.9% - 13.4%, respectively. The proportions of vessel and fiber of *C. axillaris* wood in *C. axillaris*-*C. lanceolata* mixed forest are the highest, but the difference is not significant. The axial parenchyma proportion of *C. axillaris* wood in pure forest (5.8%) is significantly higher than that in mixed forests (5.1% and 5.2%). With tree age increasing, the microfibril angle of *C. axillaris* wood in three forests decreases gradually, and that in *C. axillaris*-*P. massoniana* mixed forest, *C. axillaris*-*C. lanceolata* mixed forest and *C. axillaris* pure forest is 23.33° - 16.82°, 23.20° - 16.36° and 23.34° - 17.41°, respectively. At tree age stage of 16 - 25 a, the microfibril angle of *C. axillaris* wood in mixed forests is lower than that in pure forest, and that in *C. axillaris*-*C. lanceolata* mixed forest is the lowest. It is suggested that in general, the anatomical characteristics of *C. axillaris* wood in *C. axillaris*-*C. lanceolata* mixed forest are the best, therefore, *C. lanceolata* is suitable to be used as associated tree species in process of timber culture of *C. axillaris* wood.

Key words: *Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burt et Hill; *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; artificial pure forest; mixed forest; wood anatomical characteristics

木材资源短缺是制约木材工业和制浆造纸工业发展的主要因素之一,已成为世界各国面临的共同问题。全球木材供应的共同趋势是:木材资源从主要来自天然林向以人工林为主做结构性的转变。因而,大力发展人工林可为木材工业和制浆造纸工业发展提供重要的原料,并使日益减少的天然林和天然次生林资源得到休养和保护。新中国成立以来,我国工业人工林资源发展已取得可喜的成就,人工林面积居世界各国之首,约占全世界人工林面积的1/5。20世纪50年代以来,福建省天然林资源急剧减少,杉木〔*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.〕林和马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)林等人工针叶林面积迅速扩大,阔叶林面积呈递减趋势,这种变化不利于生物多样性保护和林地可持续经营,也无法满足人类对木材资源的多样性需求,因此,大力营造阔叶林势在必行^[1]。

南酸枣〔*Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burt et Hill〕别名酸枣,属于漆树科(Anacardiaceae)酸枣属(*Choerospondias* Burt et Hill)落叶乔木,适应性强,常见于闽北、闽西北海拔200~500 m、土壤比较湿润肥沃的山谷或山脚,为中性偏阳的深根性树种,为中国南方优良速生用材树种之一。

选择种间关系协调的伴生树种进行合理混交,不仅可以促进目的阔叶树种的生长,而且可以改善其干形。马尾松和杉木是福建乡土阔叶树种南酸枣理想的伴生树种^[1]。掌握混交林与人工纯林中南酸枣木材材性的变异规律,对通过伴生树种控制南酸枣木材材性变异、定向培育木材工业和制浆造纸工业需要的优质木材具有重要的指导意义。林型材

质变异规律是培育优质木材的理论依据,具有重要的研究价值^[2]。目前,国内外对针叶树材质变异的研究颇多,但对阔叶树材质变异的研究却较少^[3-11],且未见有关伴生树种对南酸枣人工林木材解剖特性影响的研究报道。

作者比较分析了人工纯林和混交林中南酸枣木材解剖特性(包括木材纤维形态、组织比量和微纤丝角)的差异,研究了伴生树种马尾松和杉木对南酸枣木材解剖特性的影响,以期对南酸枣人工林材质的定向培育和木材的合理高效利用提供理论依据。

1 研究地概况和研究方法

1.1 研究地概况

供调查的南酸枣人工林位于福建省中部偏西北的顺昌县洋垱乡,详细地理位置为东经117°13'~118°14'、北纬26°39'~27°13',所处山脉属武夷山系杉岭向东南延伸的支脉。该地区四季分明、夏长冬短、温暖湿润;太阳辐射充足,日照时数适中。全年平均日照时数为1 719.8 h;年平均气温18.5℃,1月份平均气温7.8℃,极端最高气温40.2℃,极端最低气温-6.8℃,全年日平均气温≥10℃的积温为5 884.4℃;全年无霜期310 d,偶有降雪,年平均降雪天数3.1 d;年均降水量1 696.9 mm,以3月份至6月份最多,占全年总降水量的60%;年均空气相对湿度82%,年均蒸发量1 374.1 mm,蒸发量小于降水量。地带性土壤为红壤,土层厚度多在1 m以上。

供试的人工南酸枣纯林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣-马尾松混交林的林龄均为 25 a, 其中南酸枣-杉木混交林和南酸枣-马尾松混交林中南酸枣与杉木和马尾松均按 1:1 的比例行间混种。林木的立地级均为 II 级, 造林密度均为 $1\ 800\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$, 造林后第 10 年实施间伐, 间伐强度为 1/3, 现存密度为 $1\ 200\ \text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$; 样地海拔 420~460 m。苗木来源和其他培育措施相同。

1.2 研究方法

1.2.1 取材方法 分别在供试的人工南酸枣纯林、南酸枣-杉木混交林及南酸枣-马尾松混交林中划定 $20\ \text{m} \times 20\ \text{m}$ 样地, 在样地内对南酸枣进行每木检测, 测定胸径和树高。每种林分分别确定 5 株南酸枣样木, 其中纯林中样木胸径 22.2~23.1 cm, 树高 22.1~23.3 m; 南酸枣-杉木混交林中样木胸径 22.7~23.5 cm, 树高 22.3~23.4 m; 南酸枣-马尾松混交林中样木胸径 23.1~24.3 cm, 树高 22.4~23.6 m。每木自胸高处向上截取 3 个 3 cm 厚的圆盘, 依次作为木材纤维形态、组织比量和微纤丝角测定的材料。

1.2.2 木材纤维形态的测定方法 在用于木材纤维形态测定的南酸枣木材圆盘的北向, 沿中心线锯 2 cm 宽木条, 在木条上从髓心向外, 沿半径方向, 按生长轮分别取样; 采用 Schultze 法进行离析, 离析液为 $V(\text{氯酸钾}):V(\text{体积分数 } 60\% \text{ 的硝酸}):V(\text{水}) = 1:2:1$; 离析后制片, 在 XSP-E/TY 型投影显微镜(北京市科仪电光仪器厂生产)下进行观察, 并测量纤维的长度和宽度, 每个生长轮随机测定 60 根完整的纤维。

1.2.3 木材组织比量的测定方法 在用于木材组织比量测定的南酸枣木材圆盘的北向, 沿中心线锯 1.5 cm 宽木条, 在木条上从髓心向外, 沿半径方向, 每隔 5 个生长轮取 1 个样, 制作成木材切片; 用装有测微尺的 XSP-8C 型光学显微镜(上海光学仪器五厂生产)进行观察, 木材横切面($\times 100$)切片移动按 45° 折线进行, 早晚材随机测量, 根据 Iju 的体视解剖学方法^[12]进行观测, 每切片随机测量 30 次。

1.2.4 木材微纤丝角的测定方法 在用于木材微纤丝角测定的南酸枣木材圆盘的北向, 沿中心线锯 2 cm 宽木条, 在木条上从髓心向外, 沿半径方向, 按生长轮分别取样, 用水煮法进行软化处理; 在软化好的木材试样上于每个生长轮的中部用木材切片机切

取 $20\ \mu\text{m}$ 厚的弦切面 5 片(弦面壁因纹孔小而微纤丝倾角变异小), 将切片放在载玻片上, 加 1~2 滴 10% 硝酸(体积分数)和 10% 铬酸(质量体积分数)的混合液, 浸渍约 10~12 min, 脱去木质素, 然后用水冲洗干净, 吸干水分; 用 XPT-7 型偏光显微镜(江南光学仪器厂生产)测量弦切面, 记录木纤维 S_2 层微纤丝角的读数, 每个生长轮各测 30 次, 结果取平均值。

1.3 数据处理

以 5 a 为 1 个龄级, 把南酸枣的 25 个生长轮划分为 5 个生长时期, 即 1~5 a、6~10 a、11~15 a、16~20 a 和 21~25 a。采用 Excel 软件及 SPSS 10.0 统计分析软件, 应用数理统计方法进行测量数据的处理和统计分析^[13], 其中, 多重比较采用 Duncan 检验法。

2 结果和分析

2.1 人工纯林和混交林中南酸枣木材纤维形态的比较

2.1.1 纤维长度的比较 不同树龄段(生长时期)人工纯林和混交林中南酸枣木材的纤维长度测量数据见表 1。由表 1 可知, 混交林和纯林中南酸枣木材纤维长度的径向变异趋势基本一致, 随着树龄的增加, 纤维长度均先逐渐增加, 然后趋于稳定。

在树龄 1~5 a 阶段, 南酸枣纯林中南酸枣木材纤维的长度大于混交林, 以南酸枣-马尾松混交林中南酸枣木材纤维的长度最短(0.843 mm)。差异显著性分析结果表明, 这一树龄段南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材纤维长度差异不显著。

在树龄 6~25 a 阶段, 混交林中南酸枣木材的纤维长度均大于纯林, 以南酸枣-杉木混交林中南酸枣木材的纤维长度最长。差异显著性分析结果表明, 在树龄 6~10 a 阶段, 南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材的纤维长度差异不显著; 在树龄 11~15 a 阶段, 南酸枣-杉木混交林与南酸枣纯林中南酸枣木材的纤维长度差异显著, 南酸枣-马尾松混交林与南酸枣-杉木混交林以及南酸枣-马尾松混交林与南酸枣纯林中南酸枣木材的纤维长度差异不显著。在树龄 16~25 a 阶段, 南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉

木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材的纤维长度均有极显著差异。

上述研究结果说明,伴生树种杉木对南酸枣木材纤维长度的显著影响表现在造林 11 a 后,而伴生树种马尾松对南酸枣木材纤维长度的显著影响表现

在造林 16 a 后。在针对南酸枣木材纤维长度这一品质进行定向培育的过程中,选择杉木作为伴生树种并采用合适的混交比例,可收获较多的纤维长度较长的南酸枣木材。

表 1 人工纯林和混交林中南酸枣木材纤维长度的比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 1 Comparison of fiber length of *Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burt et Hill wood in artificial pure and mixed forests ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

林分类型 Forest type	不同树龄段的纤维长度/mm Fiber length in different stages of tree age				
	1-5 a	6-10 a	11-15 a	16-20 a	21-25 a
I	0.843 ± 0.011 7aA	1.146 ± 0.013 1aA	1.344 ± 0.014 7abA	1.401 ± 0.015 5bB	1.401 ± 0.017 0bB
II	0.858 ± 0.012 5aA	1.173 ± 0.013 5aA	1.382 ± 0.014 5bA	1.497 ± 0.015 9cC	1.489 ± 0.017 5cC
III	0.873 ± 0.010 8aA	1.132 ± 0.012 1aA	1.312 ± 0.013 2aA	1.346 ± 0.014 5aA	1.347 ± 0.015 1aA

¹⁾ I: 南酸枣-马尾松混交林 *Choerospondias axillaris*-*Pinus massoniana* mixed forest; II: 南酸枣-杉木混交林 *C. axillaris*-*Cunninghamia lanceolata* mixed forest; III: 南酸枣纯林 *C. axillaris* pure forest. 同列中不同的大写和小写字母分别表示在 1% 和 5% 水平上差异显著 The different capitals and small letters in the same column indicate the significant differences at 1% and 5% levels, respectively.

2.1.2 纤维宽度的比较 不同树龄段人工纯林和混交林中南酸枣木材的纤维宽度见表 2。由表 2 可知,在树龄 1~25 a 阶段,南酸枣纯林中南酸枣木材的纤维宽度均略大于混交林。其中,在树龄 1~5 a 阶段,南酸枣-马尾松混交林中南酸枣木材纤维宽度最小;在树龄 6~25 a 阶段,南酸枣-杉木混交林中南酸枣木材纤维宽度最小。

差异显著性分析结果表明,在树龄 1~10 a 阶段,南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和

南酸枣纯林中南酸枣木材纤维宽度的差异不显著;在树龄 11~20 a 阶段,南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材纤维的宽度有显著或极显著差异;在树龄 21~25 a 阶段,混交林与纯林中南酸枣木材纤维的宽度有极显著差异,但南酸枣-马尾松混交林与南酸枣-杉木混交林中南酸枣木材纤维的宽度无显著差异。研究结果说明,在造林 11 a 后,伴生树种马尾松和杉木对南酸枣木材纤维宽度有显著影响。

表 2 人工纯林和混交林中南酸枣木材纤维宽度的比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 2 Comparison of fiber width of *Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burt et Hill wood in artificial pure and mixed forests ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

林分类型 Forest type	不同树龄段的纤维宽度/ μm Fiber width in different stages of tree age				
	1-5 a	6-10 a	11-15 a	16-20 a	21-25 a
I	19.28 ± 0.312aA	22.58 ± 0.302aA	23.48 ± 0.295bB	23.44 ± 0.280bA	23.58 ± 0.246aA
II	19.34 ± 0.320aA	21.96 ± 0.304aA	22.26 ± 0.299aA	22.46 ± 0.277aA	22.34 ± 0.250aA
III	19.76 ± 0.295aA	23.00 ± 0.285aA	25.04 ± 0.264cC	24.82 ± 0.268cB	25.26 ± 0.242bB

¹⁾ I: 南酸枣-马尾松混交林 *Choerospondias axillaris*-*Pinus massoniana* mixed forest; II: 南酸枣-杉木混交林 *C. axillaris*-*Cunninghamia lanceolata* mixed forest; III: 南酸枣纯林 *C. axillaris* pure forest. 同列中不同的大写和小写字母分别表示在 1% 和 5% 水平上差异显著 The different capitals and small letters in the same column indicate the significant differences at 1% and 5% levels, respectively.

2.1.3 纤维长宽比的比较 不同树龄段人工纯林和混交林中南酸枣木材纤维的长宽比测定结果见表 3。由表 3 可知,混交林和纯林中南酸枣木材纤维的长宽比均随着树龄的增加而增大,树龄到达一定年限后南酸枣木材纤维的长宽比稳定在一定的范围内,且 3 种林分中南酸枣木材纤维长宽比的变化趋势基本一致。

在树龄 1~5 a 阶段,南酸枣纯林中的南酸枣木

材纤维长宽比略大于混交林;在树龄 6~10 a 阶段,南酸枣-杉木混交林中的南酸枣木材纤维长宽比最大(51.44 ± 0.506),而南酸枣-马尾松混交林中南酸枣木材纤维长宽比最小(50.12 ± 0.512)。差异显著性分析结果表明,在树龄 1~10 a 阶段,南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林的南酸枣木材纤维长宽比无显著差异。

在树龄 11~25 a 阶段,2 种混交林中的南酸枣

木材纤维长宽比均大于纯林,其中南酸枣-杉木混交林中的南酸枣木材纤维长宽比最大。差异显著性分析结果表明,树龄处于11~15 a阶段,混交林与纯林中的南酸枣木材纤维长宽比有极显著差异,但2种混交林间南酸枣木材纤维长宽比的差异不显著;在树龄16~25 a阶段,南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林的南酸枣木材纤维长

宽比均有显著或极显著的差异。

比较结果说明,在造林11 a后,混交林中的伴生树种马尾松和杉木对南酸枣木材纤维的长宽比有显著影响。在针对南酸枣木材纤维长宽比这一品质进行定向培育的过程中,选择杉木作为伴生树种并采用合适的混交比例,可获得较多纤维长宽比较大的南酸枣木材。

表3 人工纯林和混交林中南酸枣木材纤维长宽比的比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 3 Comparison of length/width ratio of fiber of *Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burt et Hill wood in artificial pure and mixed forests ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

林分类型 Forest type	不同树龄段的纤维长宽比/mm Length/width ratio of fiber in different stages of tree age				
	1-5 a	6-10 a	11-15 a	16-20 a	21-25 a
I	39.70 ± 0.532aA	50.12 ± 0.512aA	61.02 ± 0.472bB	62.48 ± 0.544bB	62.04 ± 0.453bB
II	39.20 ± 0.587aA	51.44 ± 0.506aA	62.08 ± 0.464bB	64.16 ± 0.511cC	63.96 ± 0.482cB
III	40.60 ± 0.611aA	50.82 ± 0.473aA	56.90 ± 0.505aA	59.34 ± 0.446aA	59.34 ± 0.473aA

¹⁾ I: 南酸枣-马尾松混交林 *Choerospondias axillaris*-*Pinus massoniana* mixed forest; II: 南酸枣-杉木混交林 *C. axillaris*-*Cunninghamia lanceolata* mixed forest; III: 南酸枣纯林 *C. axillaris* pure forest. 同列中不同的大写和小写字母分别表示在1%和5%水平上差异显著 The different capitals and small letters in the same column indicate the significant differences at 1% and 5% levels, respectively.

2.2 人工纯林和混交林中南酸枣木材组织比量的比较

南酸枣人工纯林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣-马尾松混交林中南酸枣木材组织比量的测定结果见表4。由表4可见,混交林中南酸枣木材导管组织比量和纤维组织比量略大于纯林,其中南酸枣-杉木混交林中的南酸枣木材导管组织比量和纤维组织比量最高;混交林中南酸枣木材木射线组织比量和轴向薄壁组织比量略小于纯林,其中南酸枣-杉

木混交林中的南酸枣木材木射线组织比量和轴向薄壁组织比量最小。

差异显著性分析结果表明,南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材的导管组织比量、纤维组织比量和木射线组织比量差异不显著,混交林与纯林的南酸枣木材轴向薄壁组织比量有极显著差异,但2种混交林的南酸枣木材轴向薄壁组织比量无显著差异。

表4 人工纯林和混交林中南酸枣木材组织比量的比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 4 Comparison of tissue proportion of *Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burt et Hill wood in artificial pure and mixed forests ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

林分类型 Forest type	导管组织比量/% Vessel proportion	纤维组织比量/% Fiber proportion	木射线组织比量/% Wood ray proportion	轴向薄壁组织比量/% Axial parenchyma proportion
I	16.4 ± 0.225aA	64.9 ± 0.305aA	13.2 ± 0.283aA	5.2 ± 0.204aA
II	16.7 ± 0.252aA	65.2 ± 0.371aA	12.9 ± 0.239aA	5.1 ± 0.213aA
III	16.1 ± 0.223aA	64.7 ± 0.710aA	13.4 ± 0.212aA	5.8 ± 0.133bB

¹⁾ I: 南酸枣-马尾松混交林 *Choerospondias axillaris*-*Pinus massoniana* mixed forest; II: 南酸枣-杉木混交林 *C. axillaris*-*Cunninghamia lanceolata* mixed forest; III: 南酸枣纯林 *C. axillaris* pure forest. 同列中不同的大写和小写字母分别表示在1%和5%水平上差异显著 The different capitals and small letters in the same column indicate the significant differences at 1% and 5% levels, respectively.

2.3 人工纯林和混交林中南酸枣木材微纤丝角的比较

不同树龄段人工纯林和混交林中南酸枣木材微纤丝角的测定结果见表5。由表5可知,混交林和纯林中南酸枣木材微纤丝角均随树龄的增加而逐渐减

小,在树龄到达一定年限后处于一个较为稳定的状态。在树龄1~25 a内,南酸枣纯林中的南酸枣木材微纤丝角均略大于混交林,其中南酸枣-杉木混交林中的南酸枣木材微纤丝角均最小。

差异显著性分析结果表明,在树龄1~15 a阶

段,南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材微纤丝角均无显著差异;在树龄16~25 a阶段,南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材微纤丝角则有极显著差异。说明伴生树种马尾松和杉木均

在造林16 a后对南酸枣木材微纤丝角产生极显著影响。因而,在以南酸枣木材微纤丝角这一品质进行定向培育过程中,选择杉木作为伴生树种并采用合适的混交比例,可获得较多微纤丝角较小的南酸枣木材。

表5 人工纯林和混交林中南酸枣木材微纤丝角的比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 5 Comparison of microfibril angle of *Choerospondias axillaris* (Roxb.) Burtt et Hill wood in artificial pure and mixed forests ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

林分类型 Forest type	不同树龄段木材的微纤丝角/(°) Microfibril angle in different stages of tree age				
	1-5 a	6-10 a	11-15 a	16-20 a	21-25 a
I	23.33 ± 0.257aA	20.14 ± 0.258aA	17.55 ± 0.226aA	16.87 ± 0.239bB	16.82 ± 0.160bB
II	23.20 ± 0.309aA	19.94 ± 0.276aA	17.16 ± 0.240aA	16.26 ± 0.233aA	16.36 ± 0.194aA
III	23.34 ± 0.256aA	20.44 ± 0.242aA	17.81 ± 0.234aA	17.37 ± 0.219cC	17.41 ± 0.223cC

¹⁾ I: 南酸枣-马尾松混交林 *Choerospondias axillaris*-*Pinus massoniana* mixed forest; II: 南酸枣-杉木混交林 *C. axillaris*-*Cunninghamia lanceolata* mixed forest; III: 南酸枣纯林 *C. axillaris* pure forest. 同列中不同的大写和小写字母分别表示在1%和5%水平上差异显著。The different capitals and small letters in the same column indicate the significant differences at 1% and 5% levels, respectively.

3 讨论和结论

纤维形态是选择造纸原料时必须首先了解的因素之一。纤维长度与纤维间的结合力密切相关,是影响纸浆强度的重要因子,长纤维能提供较多的结合面,因而有利于提高纸张的抗拉强度、耐破度、耐折度和纤维板的强度;长宽比大的纤维有利于交织,造出的纸和纸板强度较好。木纤维是构成阔叶树木材的主要组成成分,木纤维的形态特征及其差异必然会影响到木材物理力学性质^[14]。南酸枣木材作为中国南方重要的人造板工业原料,纤维形态指标对产品质量影响很大,探明纯林和混交林中南酸枣木材纤维形态的差异可为其合理加工和利用提供科学依据。

对混交林和纯林中南酸枣木材纤维各形态指标进行测定和比较分析后可以看出,混交林和纯林中南酸枣木材纤维长度的径向变异趋势基本一致,随树龄的增加,纤维长度均先逐渐增加,然后稳定在一定的范围内。在树龄1~5 a阶段,纯林中的南酸枣木材纤维长度大于混交林;而在树龄6~25 a阶段,混交林中的南酸枣木材纤维长度均大于纯林,且以南酸枣-杉木混交林中的南酸枣木材纤维长度最大。在树龄11~15 a阶段,南酸枣-杉木混交林与南酸枣纯林中的南酸枣木材纤维长度有显著差异;而在树龄16~25 a阶段,南酸枣-马尾松混交林、南

酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材纤维长度均有显著或极显著差异。造成这一现象的原因是:在幼龄期林分尚未郁闭,混交林中的伴生树种杉木和马尾松对南酸枣的生长尚未有明显竞争;而生长至一定的时期,林分进入郁闭状态,混交林中的伴生树种在水分供应和光照条件等方面对南酸枣产生明显的竞争,促使南酸枣木材中的机械支持组织木纤维的纵向伸展,进而使混交林中的南酸枣木材纤维的长度大于纯林。就南酸枣木材纤维宽度的变化趋势而言,在树龄1~25 a内,纯林中的南酸枣木材纤维宽度均略大于混交林。混交林和纯林中南酸枣木材纤维长宽比均随树龄的增加而增大,到达一定树龄后稳定在一定范围内,且3种林分的变化趋势基本一致。在树龄1~10 a阶段,南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林中南酸枣木材纤维长宽比无显著差异。在树龄11~25 a阶段,混交林中南酸枣木材纤维长宽比均大于纯林,以南酸枣-杉木混交林中的南酸枣木材纤维长宽比最大。其中,在树龄11~15 a阶段,混交林和纯林中的南酸枣木材纤维长宽比有极显著差异;在树龄16~25 a阶段,3种林分中的南酸枣木材纤维长宽比均有极显著差异。因而,从纤维的长度及长宽比方面看,人工混交林的造林方式有利于提高南酸枣木材纤维的品质。

木材中的组织比量与木材性质及用途关系密切,木纤维是制浆、纤维板生产中最为主要和有利的

组织成分。在机械制浆和化学制浆过程中,其他成分如导管、木射线细胞、轴向薄壁组织细胞等易被破坏或随水流失,因而木材中的木纤维所占比例及形态的优劣对制浆和纤维板的质量、原料利用率、纤维得率有很大影响。混交林中南酸枣木材导管组织比量和纤维组织比量略大于纯林,其中南酸枣-杉木混交林中的南酸枣木材导管组织比量和纤维组织比量最大,这是由于混交林中的伴生树种对南酸枣生长过程中所需的水分和光照等条件产生竞争,促使南酸枣中输导组织导管和机械支持组织木纤维分裂加快而引起的。南酸枣木材纤维组织比量大也反映出南酸枣-杉木混交林中的南酸枣木材品质优于南酸枣纯林。

木纤维是构成阔叶树木材的主要分子,木纤维细胞壁的壁层结构对木材的各种性质影响较大,而细胞壁又以次生壁的 S_2 层最厚,为细胞壁的主体。微纤丝角(MFA)是次生壁 S_2 层中微纤丝与细胞主轴之间的夹角,因此, S_2 层微纤丝角的差异必然会影响到木材的物理力学性质。细胞壁 S_2 层的微纤丝角与木材横纹干缩、纤维长度、纤维相对结晶度、木素含量等有关,是评定木材质量好坏的重要材性指标。微纤丝角又直接关系到木材加工利用和良种培育,已经成为材性预报的重要内容。分析结果显示,混交林和纯林中南酸枣木材微纤丝角均随着树龄的增加而逐渐减小,到达一定树龄后趋于稳定。在树龄1~25 a阶段,纯林中的南酸枣木材微纤丝角均大于混交林,其中南酸枣-杉木混交林中的南酸枣木材微纤丝角最小,特别是在树龄16~25 a阶段,南酸枣-马尾松混交林、南酸枣-杉木混交林和南酸枣纯林中的南酸枣木材的微纤丝角有极显著差异。说明伴生树种马尾松和杉木对南酸枣木材微纤丝角的显著影响均表现在造林16 a后。这是由于林分进入郁闭期后,混交林中的伴生树种与南酸枣对所需的水分和光照等生长条件产生竞争,促进南酸枣中机械支持组织木纤维的纵向伸长,导致混交林中南酸枣木纤维微纤丝排列与细胞主轴的夹角变小,使混交林中南酸枣木材品质优于纯林。

根据测定结果综合评价后认为,南酸枣-杉木混交林中南酸枣木材的解剖特性总体上优于南酸枣-马尾松混交林和南酸枣纯林,因此,在南酸枣木材品质定向培育过程中宜选择杉木作为伴生树种。

参考文献:

- [1] 陈存及, 陈伙法, 梁一池, 等. 阔叶树种栽培[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 1-8.
- [2] 李 坚, 栾树杰, 李耀芬, 等. 生物木材学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993: 140-149.
- [3] Bendtsen B A, Senft J F. Properties in individual growth rings of plantation grown eastern cotton wood and loblolly pine[J]. Wood and Fiber Science, 1986, 18(1): 23-28.
- [4] 范志平, 姜凤岐, 林鹤鸣, 等. 农田防护林木材材质物理特性研究[J]. 应用生态学报, 1996, 7(3): 235-239.
- [5] Lindström H, Evans J W, Verrill S P. Influence of cambial age and growth conditions on microfibril angle in young Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) [J]. Holzforschung, 1998, 52(6): 573-581.
- [6] 徐魁梧, 徐永吉, 龚士淦. 不同立地指数对人工林红皮云杉管胞形态的影响[J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(1): 57-60.
- [7] 林金国, 张兴正, 翁 闲. 立地条件对米老排人工林生长和材质的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2004, 13(3): 50-54.
- [8] Molteberg D, Høibø O. Development and variation of wood density, kraft pulp yield and fibre dimensions in young Norway spruce (*Picea abies*) [J]. Wood Science and Technology, 2006, 40(3): 173-189.
- [9] Leal S, Sousa V B, Pereira H. Radial variation of vessel size and distribution in cork oak wood (*Quercus suber* L.) [J]. Wood Science and Technology, 2007, 41(4): 339-350.
- [10] 王秋玉, 曲丽娜, 贾洪柏. 白桦天然种群木材纤维性状、微纤丝角和基本密度的变异[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(2): 1-3, 6.
- [11] 林秀芳, 林金国, 王水英, 等. 纯林和混交林中拟赤杨材性的比较分析[J]. 植物资源与环境学报, 2008, 17(1): 38-42.
- [12] Ifju G. Quantitative wood anatomy certain geometrical-statistical relationships[J]. Wood and Fiber Science, 1983, 15(4): 326-355.
- [13] 陈华蒙, 丁恩统, 洪 伟, 等. 林业应用数理统计[M]. 大连: 大连海运学院出版社, 1988: 60-82, 105-110.
- [14] 刘一星, 赵广杰. 木质资源材料学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 152-158, 183-185.