

北京地区 I - 214 杨树木材解剖特性与基本密度的株内变异及其预测模型*

姜笑梅 殷亚方

浦上弘幸

(中国林业科学研究院木材工业研究所 北京 100091)

(日本国际协力事业团 北京 100091)

摘 要: 对北京地区 I - 214 杨的纤维和导管分子长及宽度、纤维壁厚、组织比量、胞壁率与基本密度和生长轮宽度在株内不同高度上的变异模式及其之间的相关关系进行了全面的测定与分析。结果表明:纤维长、宽及壁厚,导管分子长、弦径和导管比量径向变异由髓心向外迅速递增,而后趋于平缓;而导管个数、纤维与射线比量、胞壁率的径向变异由髓心向外逐渐递减,再趋于稳定。不同高度间的解剖参数(胞壁率除外)差异不显著。基本密度的径向变化是髓心处较大,往外先略减而后快速递增,然后趋于平缓。木材幼龄期为 10~12 a,幼龄材比成熟材的基本密度低,纤维和导管分子均短与窄、壁薄,纤维和射线比量大、导管个数多、导管比量小,生长轮宽度窄,且两者间的基本密度、纤维和导管分子长度、导管弦径、导管和射线比量差异均达显著水平。生长速度对解剖性质影响不显著,但与木材基本密度呈显著负相关,解剖参数与基本密度关系密切。基本密度和各项解剖参数均与生长轮年龄为极显著相关,可建立模型预测。

关键词: 株内变异, I - 214 杨, 木材解剖特性, 基本密度, 相关关系模型

VARIATION WITHIN TREE OF WOOD ANATOMICAL PROPERTIES AND BASIC DENSITY OF I - 214 POPLAR IN BEIJING AREA AND THEIR RELATIONSHIP MODELLING EQUATIONS

Jiang Xiaomei Yin Yafang

(Research Institute of Wood Industry, CAF Beijing 100091)

Hiroyuki Urakami

(Japan International Cooperation Agency Beijing 100091)

Abstract: A comprehensive determination and deep analysis on the variation mode of fiber and vessel morphological parameters along tree (*Populus × canadensis* cv. "I - 214") height, including length and width, fiber wall thickness, tissue ratio, fiber wall ratio, basic density, width of growth rings, and on the relationship among them were conducted. The present results indicated an initially rapid and then gentle increase of fiber length and width, fiber wall thickness, vessel length and tangential diameter and vessel ratio from pith to outward, while vessel numbers, tissue ratio of fibers and rays, fiber wall ratios gradually decreased and then tended to stable. The variation of all the anatomical parameters but cell wall ratio showed no significance along tree height. The radial variation mode of basic density was characterized with initially slight decrease followed immediately by a rapid and then much more gentle increase from pith to outward. The delimitation age between juvenile and mature wood was 10~12 years. Compared with mature wood, juvenile wood owned lower basic density, shorter and narrower fibers and vessels, thinner cell wall, higher fiber and ray ratio, more vessels, lower vessel ratio and narrower width of growth rings, and there was significant difference in basic density, fiber and vessel length and tangential diameter, tissue ratio of vessels and rays between juvenile and mature wood. Growth rate imposed no significant impact on anatomical properties, but showed significant negative correlation with the basic density of wood, which was in turn closely related to anatomical parameters. There existed highly significant correlation between the age of growth rings

收稿日期:2002 - 04 - 08。

基金项目:“九五”国家科技攻关“工业用材林材质材性和功能性改良技术研究”(96 - 011 - 03 - 05)专题和 JICA 项目“中国人工林木材研究”的部分内容。

* 中国林业科学研究院木材工业研究所吴荷英、许明坤、徐飞丽等参加实验工作,在此一并致谢。

and basic density as well as all the anatomical parameters, so the predictive models could be established.

Key words: Variation within tree, *Populus × canadensis* cv. “I-214”, Wood anatomical properties, Basic density, Correlation model

I-214 杨 (*Populus × canadensis* cv. “I-214”) 属黑杨派欧美杨,我国于 20 世纪 60 年代开始从意大利、罗马尼亚引种。由于该树种速生,树冠开阔,生活力很强,有一定的耐盐能力且木材材质良好,故在华北、东北、西北和华东等地区都营造了大片人工林或防护林。对该树种曾先后进行了区域性适应试验及种植密度和立地条件对树木生长量的影响研究(赵天锡等,1994),但对木材性质方面的研究较少,而对其变异规律特别是木材解剖各项参数的详细报道更为少见。本文对 I-214 杨纤维和导管分子长及宽度、纤维壁厚、组织比量、胞壁率与基本密度和生长轮宽度在株内不同高度上的变异模式及其变异进行了较全面的研究,并对木材密度、生长轮宽度及生长轮年轮和解剖特性的相关关系进行了分析,从而了解杨树材性的变异,并通过对其进行预测,为杨树遗传改良、加工利用提供基础依据。

1 材料和方法

试验林位于北京市顺义区共青林场王家场工区 7 小班,40°1′ ~ 40°16′ N, 116°40′ ~ 116°46′ E, 海拔 26.5 m。1977 年用 1 a 生幼苗种植,株行距 4 m × 6 m。土壤为洪积母质通体沙,局部地区有壤质夹层。通气性良好,保肥保水性较差,pH 值 7.3 ~ 8.0。

5 株 I-214 杨树于 1999 年采于上述试验林,树高范围 23.7 ~ 24.3 m,胸径范围 29.2 ~ 22.5 cm。试验材料为 5 株杨树主干的 4 个不同高度(1.3 m, 3.3 m, 5.3 m, 7.3 m)的 20 个圆盘。将圆盘按南北方向过髓心取 1 cm 宽的中心木条 2 根,1 根供测基本密度,其方法参照国标 GB1927 ~ 1943 - 91;另 1 根供测解剖参数,沿北方向从髓心向树皮方向隔年切取木样,利用常规方法切片、离析与测定(姜笑梅,1994)。

采用 Excel 软件与 IBM 程序集中的有关程序(郎奎建等,1989)进行数据处理和模型的建立。

2 结果和讨论

2.1 解剖特性株内径向变异模式和变异

2.1.1 纤维形态的径向变异模式和变异 不同高度的纤维长、宽及壁厚平均值列入表 1,其径向变异曲线如图 1 ~ 3 所示。纤维长度曲线在不同高度的变化趋势基本一致,从髓心至第 10 个生长轮迅速上升,由 911 μm 增到 1 447 μm,变异曲线从第 12 轮发生转折,趋于平缓,表明纤维长度进入成熟期(图 1)。与 Pashin 等(1980)关于阔叶树纤维长度的径向变化曲线的论述一致。纤维宽及壁厚的曲线与纤维长度的相近。在髓心附近纤维最窄、壁最薄,2 ~ 8 a 增宽增厚迅速,10 a 后平缓(图 2、3),只是纤维壁厚的曲线波动较大。纤维长及壁厚的平均值随高度的增加,有略增长与略增厚的趋势,纤维宽无明显变化,但方差分析(表 2)表明不同高度间的纤维长、宽及壁厚差异均不明显。

2.1.2 导管分子形态的径向变异模式和变异 不同高度导管分子长度、弦径及每平方毫米个数(分布频率)的平均值列入表 1,其径向变异曲线如图 4 ~ 6 所示。导管分子长度曲线在不同高度的变化趋势基本一致。从髓心至第 10 个生长轮迅速上升,由 590 μm 增到 784 μm,曲线从第 12 轮发生转折,趋于平缓,表明导管分子长度进入成熟期(图 4)。导管弦径曲线与其长度的变化相近(图 5),但其曲线波动幅度较大。导管个数的曲线与上述解剖参数的趋势相反,随生长轮年龄增长而下降(图 6)。在髓心附近 76 mm⁻²导管,至第 8 个生长轮下降为 61 mm⁻²,然后略有增加,从 10 轮至 20 轮基本平稳。导管个数的径向变异与对浅红娑罗双(*Shorea dipterocarpaceae*)的研究结果一致(Bosman et al., 1994)。导管分子长度及个数随高度的升高有增长和增多的趋势,导管弦径差异不明显。经方差分析(表 2)表明不同高度间的导管分子长度、弦径及个数差异不明显。

2.1.3 组织比量与胞壁率的径向变异模式和变异 不同高度组织比量的平均值列入表 1,其径向变异曲线如图 7 ~ 9 所示。纤维比量曲线在不同高度的变化趋势基本一致,整体变化较小,曲线较平缓。髓心往外至 10 轮略有下降,变化幅度为 68.7% ~ 60.5%,10 轮至 20 轮曲线基本平缓。射线比量的径向变

化与纤维的都呈下降趋势(图8)。导管比量曲线与前两者相反,随生长轮年龄的增加而增大。在髓心附近导管比量是21.7%,到第10轮增加为27.1%。10轮至20轮曲线转平缓,但略有波动(图9)。在木材形成过程中,纤维与射线比量逐渐减少,导管比量逐渐增加,反映出树木水分与无机盐的输导能力有增大的趋势。不同高度间的纤维、射线和导管比量差异均不明显(表2)。

胞壁率曲线从髓心向外逐渐下降,髓心附近为41.6%,到10轮降至37.7%。然后略有上升,至18轮后仍然下降(图10)。胞壁率曲线变化趋势与射线比量的相似。胞壁率随高度的增加略有增高的趋势,表2方差分析表明,不同高度间胞壁率的差异达显著水平。

表1 I-214 杨木材不同高度基本密度与解剖各项参数平均测定结果

Tab. 1 Averages of wood basic density and anatomical parameters of I-214 Poplar at different heights

项目 Item	1.3 m		3.3 m		5.3 m		7.3 m	
	\bar{x}	δ_n	\bar{x}	δ_n	\bar{x}	δ_n	\bar{x}	δ_n
基本密度 Basic density/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	0.307	0.016	0.319	0.018	0.312	0.019	0.308	0.017
生长轮宽度 Growth ring width/mm	8	3.19	8	4.11	8	4.24	8	3.58
纤维长度 Fiber length/ μm	1 256	212	1 369	196	1 345	220	1 398	209
纤维宽度 Fiber width/ μm	28.29	2.242	27.0	2.426	26.6	2.08	28	1.898
纤维壁厚 Fiber wall thickness/ μm	6.30	0.508	6.47	0.381	6.46	0.371	6.71	0.484
导管分子长度 Vessel element length/ μm	717	106	723	106	730	91	775	88
导管弦径 Vessel diameter (T)/ μm	68.42	5.851	69.27	5.467	67.15	5.186	66.70	5.527
导管个数 Vessel number/ mm^{-2}	61	8.763	62	8.630	65	4.762	69.8	4.994
纤维比量 Area percentage of fiber/%	62.73	1.647	61.99	1.23	62.93	1.55	62.28	3.584
导管比量 Area percentage of vessel/%	26.47	2.858	27.44	3.522	26.44	3.531	26.51	3.918
木射线比量 Area percentage of ray/%	10.80	1.355	10.57	1.637	10.63	1.391	11.21	1.087
胞壁率 Cell wall percentage/%	45.60	1.996	44.73	2.849	46.58	2.24	49.06	2.664

表2 I-214 杨木材基本密度和解剖参数不同高度间方差分析^①

Tab. 2 Variance analysis wood basic density and anatomical parameters of I-214 Poplar at different heights

项目 Item	基本密度 Basic density	生长轮宽度 Growth ring width	纤维长度 Fiber length	纤维宽度 Fiber width	纤维壁厚 Fiber wall thickness	导管分子长度 Vessel element length
方差 F	1.141 (NS)	0.013 (NS)	0.192 (NS)	1.191 (NS)	1.306 (NS)	0.637 (NS)
项目 Item	导管弦径 Vessel diameter(T)	导管个数 Vessel number	纤维比量 Area percentage of fiber	导管比量 Area percentage of vessel	木射线比量 Area percentage of fiber	胞壁率 Cell wall percentage
方差 F	0.387 (NS)	2.526 (NS)	0.361 (NS)	0.018 (NS)	1.306 (NS)	4.924**

①NS:差异不显著 No significant difference, **:差异显著 Significant difference.

2.2 基本密度与生长轮宽度株内径向变异模式和变异

2.2.1 基本密度径向变异模式和变异 从图11可以看出,木材基本密度在不同高度的径向变异曲线基本一致。髓心附近稍大,其平均值为 $0.297 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,第4轮略微降低,为 $0.284 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,随后基本密度较快增加至第10轮为 $0.318 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。第12~20轮基本密度值在 $0.317 \sim 0.342 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 范围波动。与徐有明等(2001)对樟树(*Cinnamomum camphora*)的研究结果相近,与Pashin等(1980)关于密度的径向变化曲线的描述一致。基本密度随高度的增加略有增高的趋势,但到7.3 m又降至1.3 m水平,方差分析(表2)表明不同高度间基本密度的差异不显著。

2.2.2 不同高度生长轮宽度径向变异模式和变异 生长轮宽度表明树木在每个生长周期的径向生长速度。生长轮宽度径向变异模式(图12)与上述解剖参数和基本密度的相反。髓心附近0.7 cm,到第4和6轮时迅速增宽1.4~1.8 cm。然后从8~12轮逐年下降为0.5 cm,从12~20轮生长轮宽度基本稳定在0.5 cm左右。图12表明杨树的胸径速生期在前12 a,年生长量在0.5~1.8 cm之间,20 a的年均生长量0.8 cm。生长轮宽度变异在不同高度上无明显变化,方差分析(表2)表明不同高度间其差异不显著。

2.3 幼龄材的界定及幼龄材与成熟材材性的差异

2.3.1 幼龄材的界定 树木从髓心向外生长时,在形成层年龄较小时生成的木材称为幼龄材,到一定年龄逐渐过渡到成熟期生成成熟材(管宁等,2001)。幼龄材的材性变化较大,成熟材材性基本稳定。对幼龄材的界定,本研究采用国内外学者常用的胸高部位管胞/纤维长度和基本密度径向变化规律划分木材幼龄期(姜笑梅,1994),为10~12 a。从解剖其它参数和生长轮宽度的径向变化曲线也基本符合上述结论(图1~12),与中林三北1号杨(*Populus nigra* × *P. simonii*)幼龄材的界定相近(张立非,1994)。

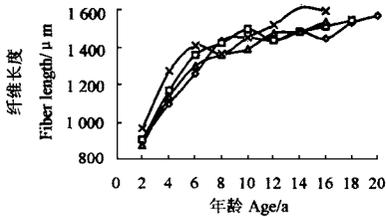


图1 纤维长度径向变异

Fig. 1 The radial variation of fiber length

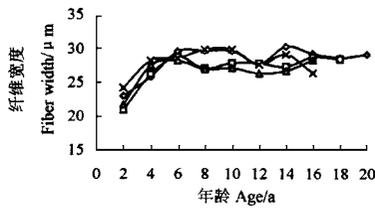


图2 纤维宽度径向变异

Fig. 2 The radial variation of fiber width

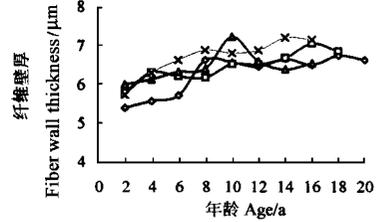


图3 纤维壁厚径向变异

Fig. 3 The radial variation of fiber wall thickness

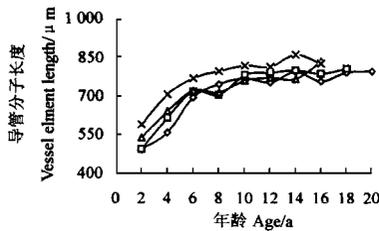


图4 导管长度径向变异

Fig. 4 The radial variation of vessel element length

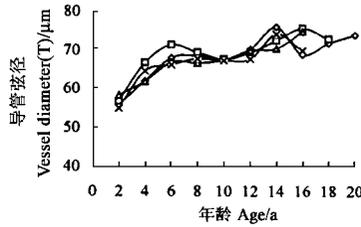


图5 导管弦径径向变异

Fig. 5 The radial variation of vessel diameter

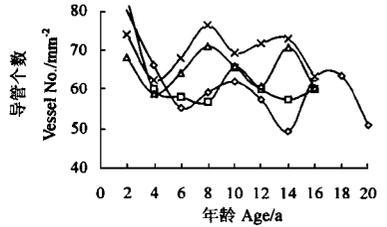


图6 导管个数径向变异

Fig. 6 The radial variation of vessel number

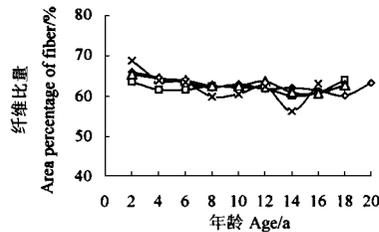


图7 纤维比量径向变异

Fig. 7 The radial variation of area percentage of fiber

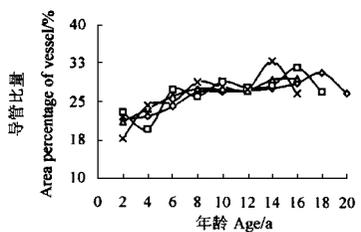


图8 导管比量径向变异

Fig. 8 The radial variation of area percentage of vessel

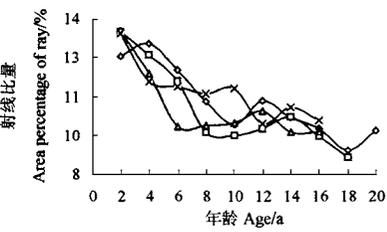


图9 射线比量径向变异

Fig. 9 The radial variation of area percentage of ray

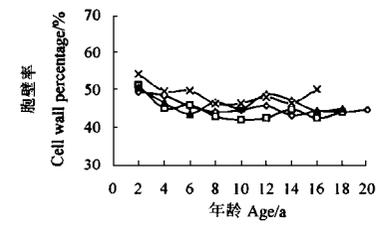


图10 胞壁率径向变异

Fig. 10 The radial variation of cell wall percentage

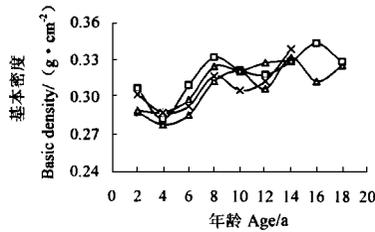


图11 基本密度径向变异

Fig. 11 The radial variation of basic density

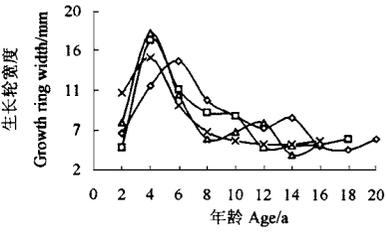


图12 生长轮宽度径向变异

Fig. 12 The radial variation of growth ring width

不同高度的标记 Markers of different height: ◇—1.3 m, □—3.3 m, △—5.3 m, ×—7.3 m.

2.3.2 幼龄材与成熟材材性的差异 表3是幼龄材和成熟材不同高度的基本密度与解剖各项参数测定平均值。从表中可以看出幼龄材比成熟材的基本密度低,且前者比后者的纤维和导管分子均短与窄、壁薄,纤维和射线比量大、导管个数多、导管比量小,生长轮宽度窄。方差分析(表4)表明在不同高度幼龄材与成熟材间的基本密度、纤维和导管分子长度、导管弦径、导管和射线比量差异均达显著水平。本研究关于中林三北1号杨和兰考泡桐(*Paulownia elongata*)的报道(张立非,1994;刘鹏,1994)基本一致。

表3 I-214 杨幼龄材和成熟材不同高度基本密度与解剖各项参数平均测定结果

Tab. 3 Averages of basic density and anatomical parameters of juvenile and mature wood of Italy I-214 Poplar at different heights

项目 Item		1.3 m		3.3 m		5.3 m		7.3 m	
		\bar{x}	δ_n	\bar{x}	δ_n	\bar{x}	δ_n	\bar{x}	δ_n
基本密度 Basic density/(g·cm ⁻³)	J	0.297	0.023	0.311	0.024	0.305	0.024	0.301	0.014
	M	0.311	0.028	0.334	0.028	0.331	0.018	0.326	0.017
生长轮宽度 Growth ring width/mm	J	10.08	4.33	9.88	4.58	9.52	5.21	9.36	4.15
	M	5.92	2.29	5.00	1.49	5.26	2.13	8.00	3.58
纤维长度 Fiber length/ μ m	J	1 228	230.0	1 269	225.4	1 211	206.8	1 293	210.3
	M	1 492	69.71	1 494	79.26	1 505	114.2	1 540	127.2
纤维宽度 Fiber width/ μ m	J	27.58	3.387	26.17	3.513	27.4	3.223	28.17	3.754
	M	29.00	2.471	28.05	1.501	27.14	1.988	27.81	3.529
纤维壁厚 Fiber wall thickness/ μ m	J	5.99	0.616	6.22	0.479	6.43	0.791	6.47	0.657
	M	6.60	0.420	6.79	0.402	6.56	0.254	7.15	0.356
导管分子长度 Vessel element length/ μ m	J	653	35.48	663	107.15	676	85.07	737	105.6
	M	781	35.48	798	29.39	796	50.95	837	52.89
导管弦径 Vessel diameter (T)/ μ m	J	64.50	7.062	66.48	6.365	64.31	5.801	64.26	6.252
	M	72.27	4.723	72.76	4.790	71.99	3.196	70.84	4.206
导管个数 Vessel number/mm ²	J	65	13.22	65	13.071	66	9.205	70	7.162
	M	57	9.675	58	6.697	63	8.280	69	7.738
纤维比量 Area percentage of fiber/ %	J	63.76	2.499	62.27	2.308	63.73	3.280	63.30	3.889
	M	61.71	3.277	61.52	2.872	61.90	3.486	60.64	4.058
导管比 Area percentage of vessel/ %	J	24.54	3.393	26.34	5.951	25.22	3.790	24.90	4.602
	M	28.38	3.457	29.20	2.535	28.36	2.946	29.13	4.191
木射线比量 Area percentage of ray/ %	J	11.70	1.641	11.39	1.968	11.05	1.859	11.80	1.555
	M	9.91	1.348	9.55	1.162	9.74	1.241	10.23	0.948
胞壁率 Cell wall percentage/ %	J	46.61	3.435	45.62	4.135	46.64	4.173	49.46	4.515
	M	44.59	3.625	43.62	2.541	46.58	4.046	48.86	3.870

表4 I-214 杨幼龄材和成熟材在不同高度基本密度与解剖各项参数的方差分析^①

Tab. 4 Variance analysis wood basic density and anatomical parameters between juvenile and mature wood of I-214 Poplar at different heights

项目 Item	1.3 m	3.3 m	5.3 m	7.3 m
基本密度 Basic density	8.834**	8.991**	10.776**	19.123**
生长轮宽度 Growth ring width	18.037**	20.891**	11.225**	14.096**
纤维长度 Fiber length	30.262**	17.927**	28.370**	18.784**
纤维宽度 Fiber width	2.884 ^{NS}	4.993*	0.429 ^{NS}	0.083 ^{NS}
纤维壁厚 Fiber wall thickness	15.883**	18.821**	0.509 ^{NS}	14.518**
导管分子长度 Vessel element length	27.488**	29.745**	30.309**	10.768**
导管弦径 Vessel diameter (T)	20.321**	13.364**	26.981**	14.999**
导管个数 Vessel number	4.524*	4.657*	0.749 ^{NS}	0.389 ^{NS}
纤维比量 Area Percentage of fiber	6.172*	0.904 ^{NS}	3.189 ^{NS}	4.573*
导管比量 Area percentage of vessel	15.819**	6.757*	9.799**	8.652**?
木射线比量 Area percentage of ray	17.687**	13.668**	7.148**	13.728**
胞壁率 Cell wall percentage	4.074*	3.589 ^{NS}	0.003 ^{NS}	0.201 ^{NS}

①** 在 0.01 水平差异显著 The significance at the level of 0.01; * 在 0.05 水平差异显著 The significance at the level of 0.05; NS 差异不显著 No significance.

2.4 生长速度、生长轮年龄与基本密度和解剖参数间相关分析

2.4.1 生长速度与基本密度和解剖参数间相关分析 用材林培育的一个重要目标是生长与材性兼优,而材性与生长速度的关系又相当复杂,因此此关系一直受到关注(管宁等,2001;Zobel *et al.*,1989)。Zobel 在概括前人的研究结果后指出,环孔材阔叶树,大部分情况下,木材密度与生长速度呈正相关;环孔材阔叶树,木材密度与生长速度相关不显著。纤维长度与生长速度的关系研究较少,各种结果都有,负相关和相关不显著的结果较多。从表 5 可以看出杨树木材基本密度与生长速度呈显著负相关,表明与 Zobel 等(1989)的报道不同。纤维长度与生长速度负相关且相关不显著,与 Zobel 的报道相同。其它解剖参数多数与生长速度负相关,纤维和射线比量及胞壁率呈微弱正相关,只有射线比量达显著水平,说明生长速度对解剖性质没有显著影响。有关其它解剖参数与生长速度的关系还需进一步研究。

2.4.2 生长轮年龄与基本密度和解剖参数间相关分析 木材性质受遗传、环境和年龄 3 方面的影响(管宁等,2001),其中树木株内材性径向变异受生长轮年龄(即形成层年龄,简称年龄)影响最为显著。从表 5 可以看出基本密度和各项解剖参数均与生长轮年龄极显著相关,除纤维宽度和导管个数与生长轮年龄显著相关。与对杉木(*Cunninghamia lanceolata*)管胞形态的变异的报道一致(姜笑梅等,1997)。

表 5 I-214 杨树生长轮宽度和年龄与基本密度和解剖参数间相关分析^①

Tab. 5 Linear correlation of the width and age of growth ring with wood basic density and anatomical parameters of I-214 Poplar

项目 Item	与生长速度 With growth	与生长轮年龄 With age of growth ring	与基本密度 With basic density
基本密度 Basic density	- 0.850 1**	0.912 9**	—
纤维长度 Fiber length	- 0.517 2	0.881 0**	0.796 3**
纤维宽度 Fiber width	- 0.099 8	0.625 2*	0.477 9
纤维壁厚 Fiber wall thickness	- 0.604 8*	0.829 5**	0.852 5**
导管分子长度 Vessel element length	- 0.532 9	0.837 4**	0.785 7**
导管弦径 Vessel diameter (T)	- 0.464 7	0.888 8**	0.766 2**
导管个数 Vessel number	- 0.017 0	- 0.654 3*	- 0.188 6
纤维比量 Area percentage of fiber	0.578 6	- 0.758 1**	- 0.876 9**
导管比量 Area percentage of vessel	- 0.730 8*	0.850 5**	- 0.948 7**
木射线比量 Area percentage of ray	0.746 1**	- 0.897 2**	0.945 6**
胞壁率 Cell wall percentage	0.586 4	- 0.743 4**	- 0.848 9**
生长轮宽度 Growth ring width	—	- 0.681 1*	- 0.850 1**

①** 在 0.01 水平显著相关 The significant correlation at the level of 0.01; * 0.05 水平显著相关 The significant correlation at the level of 0.05.

2.4.3 基本密度与解剖参数间相关分析 基本密度与木材力学性质密切正相关,是木材性质的一个重要的指标,影响其大小的木材解剖特性与化学成分及它们间的相互关系也是学者们关注的问题(成俊卿,1985)。表 5 表明基本密度与纤维长度、纤维壁厚、导管分子长度、导管弦径和木射线比量呈显著正相关,与纤维比量、导管比量、胞壁率及生长轮宽度呈显著负相关。说明基本密度与解剖参数间关系密切,但影响基本密度的主要因子除了解剖特性外,还有木材细胞壁的化学组成,是一个十分复杂的问题,它们间的关系必须做深入的研究。

2.5 基本密度与解剖参数变异模型的建立与预测

木材性质变异模型的建立对预测树木生长过程中木材性质的变化、评估林木遗传改良效果及比较不同地点间木材性状值和评价营林措施对木材性质的影响都具有重要意义。国内在此方面已有些报道,主要是针对针叶树材,阔叶树材较少(李坚等,1994;徐有明等,2001)。

本研究对我国成功引种的 I-214 杨树人工林的材性进行了测定、分析与建模,采用了不同高度上的数据,这些模型是经过不同类型的数学方程模拟比较后才建立的。模型采用指数(大多数的解剖参数:纤维和导管长、宽、壁厚及组织比量)、对数(基本密度)及多项式(生长轮宽度、导管个数和胞壁率)回归方程(表 6),其相关系数均在 0.82 (0.01 水平)以上,标准误差在 0.42%~7.28%,可以较好地评价和预测 I-214 杨树材性。不同立地条件的同品系的样树正在进行实验,以后将进行比较和报道。

表6 I-214 杨木材基本密度与解剖参数与年龄相关模型

Tab. 6 Relationship modelling equations of wood basic density and anatomical parameters of I-214 Poplar

材性指标 Item	相关模型 Relationship modelling equation	相关系数 Relationship coefficient
基本密度 Basic density	$y = 0.2845e^{0.0101}$	0.8253
生长轮宽度 Growth ring width	$y = 0.0004x^5 - 0.023x^4 + 0.5193x^3 - 5.3578x^2 + 23.636x - 22.17$	0.9641
纤维长度 Fiber length	$y = 274.471\ln x + 780.99$	0.9650
纤维宽度 Fiber width	$y = 1.5718\ln x + 24.212$	0.9057
纤维壁厚 Fiber wall thickness	$y = 0.4621\ln x + 5.4813$	0.8824
导管分子长度 Vessel element length	$y = 100.021\ln x + 520.12$	0.9057
导管弦径 Vessel diameter(T)	$y = 6.1525\ln x + 55.029$	0.9057
导管个数 Vessel number	$y = -2E-05x^6 + 0.0007x^5 + 0.0117x^4 - 0.5954x^3 + 7.5298x^2 - 0.63x + 126.19$	0.9896
纤维比量 Area percentage of fiber	$y = -1.1241\ln x + 65.018$	0.9057
导管比量 Area percentage of vessel	$y = 2.9276\ln x + 20.257$	0.9057
木射线比量 Area percentage of ray	$y = -1.7331\ln x + 14.435$	0.9305
胞壁率 Cell wall percentage	$y = -0.005x^4 - 0.011x^3 + 0.0358x^2 - 1.5674x + 44.401$	0.9785

3 结论

纤维长、宽及壁厚,导管分子长、弦径和导管比量径向变异由髓心向外迅速递增,而后趋于平缓;而导管个数、纤维与射线比量、胞壁率的径向变异由髓心向外逐渐递减,再趋于稳定。不同高度间的解剖参数(胞壁率除外)差异不显著。

木材基本密度的径向变化是髓心处较大,往外先略减而后快速递增,然后趋于平缓;生长轮宽度由髓心迅速增加,而后快速递减,在逐渐趋于稳定。杨树的胸径速生期在前12a,年生长量在0.5~1.8cm之间,全树年均生长量0.8cm。生长轮宽度变异在不同高度上差异不显著。

I-214杨木材幼龄期为10~12a,幼龄材比成熟材的基本密度低,纤维和导管分子均短与窄、壁薄,纤维和射线比量大、导管个数多、导管比量小,生长轮宽度窄。方差分析表明在不同高度幼龄材与成熟材间的基本密度、纤维和导管分子长度、导管弦径、导管和射线比量差异均达显著水平。

生长速度对解剖性质影响不显著,但与木材基本密度呈显著负相关。基本密度与纤维长度、纤维壁厚、导管分子长度、导管弦径和木射线比量呈显著正相关,与纤维比量、导管比量、胞壁率呈显著负相关;说明解剖参数与基本密度关系密切。

基本密度和各项解剖参数均与生长轮年龄极显著相关,除纤维宽度和导管个数与生长轮年龄显著相关。为了较好地评价和预测I-214杨树材性,建立了多项式回归方程的模型,其相关系数均在0.93(0.001水平)以上,1个除外,标准误差在0.42%~7.28%。

参 考 文 献

- 鲍甫成,江泽慧主编. 中国人工林主要树种木材性质. 北京: 中国林业出版社, 1997
- 成俊卿. 木材学. 北京: 中国林业出版社, 1985
- 管宁,姜笑梅,骆秀琴编著. 木材及材性变异. 北京: 中国科学技术出版社, 2001
- 姜笑梅,骆秀琴,陈益泰等. 杉木材性株内的变异 II 管胞形态的变异. 林业科学, 1997, 33(5): 441-446
- 姜笑梅. 人工林与天然林杉木幼龄材和成熟材解剖性质差异及其在径向上变异的比较研究. 世界林业研究(专集), 1994, 7:1-13
- 郎奎建,唐守正. IBMPC 系列程序集—数理统计、调查规划经营管理. 北京: 中国林业出版社, 1989
- 李坚,陆文达,刘一星等. 木材科学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994
- 刘鹏. 人工林兰考泡桐幼龄材与成熟材解剖性质比较研究. 世界林业研究(专集), 1994, 7:24-34
- 徐有明,林汉,江泽慧等. 樟树人工林株间材性变异及其材性预测的研究. 林业科学, 2001, 37(4): 92-98
- 张立非. 人工林中林“三北1号”杨树幼龄材与成熟材解剖性质研究. 世界林业研究(专集), 1994, 7:14-23
- 赵天锡,陈章水主编. 中国杨树集约栽培. 北京: 中国科学技术出版社, 1994
- Bosman M T M, Kort I D *et al.* Radial variation in wood properties of naturally and plantation grown light red meranti (*Shorea dipterocarpaceae*), IAWA Journal, 1994, 15 (2): 111-120
- Pashin A J, De Zeeuw C. Textbook of wood technology. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980
- Zobel B J, Van Buijtenen J P. Wood variation—its cause and control. Springer Verlag, 1989