

小青黑杨木材的解剖特征及密度的初步研究

张 立 非

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

对小青黑杨(*Populus pseudo-simonii* Kitag. x *p. nigra* L.)和它的母本小青杨(*Populus pseudo-simonii* Kitag.)对比研究表明,在环境、树龄、经营措施等条件相同情况下,小青黑杨生长速度明显超过小青杨(快50%,见表1),而解剖特征如木纤维形态、导管分子、组织比量等以及木材密度,则两者相近。生长轮增宽是细胞个数的增加。小青黑杨生长达到速生要求,但材质并未降低。

前 言

小青黑杨是中国林科院林业研究所六十年代初培育的杂种,经过在吉林西部半干旱地区十多年培育,于1976年被确认为推广良种。

近年来,国内培育了大量杨树杂种,但对它们材性研究尚少。木材解剖特征是研究木材材性的基础,也是木材利用的依据。本文对无性系杂种小青黑杨各项木材解剖特征及木材密度进行较详细的研究,为该树种的合理利用提供依据。

材料和方法

试材于1984年10月采用吉林省白城市机械林场绿水营林区的无性繁殖的小青黑杨林和小青杨林,林龄都是11年,每种各采5株。

圆盘截取的位置和编号是:0号代表树基位置,1号距地0.5米,2号代表胸径位置,以后每段相隔一米,即在2.3米、3.3米……处截取。试材气干后,在北向自树皮向内,每两个年轮制一切片,并取密度试块和离析

材料。各项的测定方法如下:

木材组织比量——采用规则点测法。

木材切片——采用浸泡法软化,制片按一般方法进行。

木材离析——采用醋酸-过氧化氢法。

木材密度——采用水银测容计测定试材体积,再用1/1000电子天平称重。

结果与讨论

一、木材构造特征比较

1. 生长轮宽度

小青黑杨、小青杨都有较明显的生长轮。宏观上两者都有轻度黑心现象,湿时更深;微观上近髓心部位木纤维内可见胶质层。

生长轮不仅反映生长速度,还可以了解各年代间生长及变化情况。

7年前小青黑杨幼龄阶段生长快,生长轮宽,8—10年生长慢,生长轮窄,11年又增宽;小青杨也有同样趋势。分析树木生长期间气象资料,没有发现异常变化。因此认

注:本文系在导师周鉴研究员指导下进行的硕士论文摘要。

表1 生长轮宽度与树龄

树龄(年)											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均
树龄(年)											
生长轮宽度 (cm)											
树 种											
小 青 黑 杨	1.03	1.00	1.10	0.99	0.71	0.55	0.27	0.26	0.35	0.44	0.67
小 青 杨	0.69	0.52	0.60	0.43	0.43	0.39	0.24	0.29	0.30	0.34	0.43

注：每种5株北向测定值。

为：生长轮宽度的变化与树木自身生长特性有关。

生长轮宽度的方差分析表明两者差异显著。即子代小青黑杨生长轮宽度大于母代小青杨，杂种子代比母代速生。一些研究^[2]表明：杨树杂交，黑杨派与青杨派亲和力和最高，杂种优势表现最强，杂种具黑杨血统越多后代生长越快，小青黑杨父本为黑杨派的欧洲黑杨，母本为青杨派的小青杨，它们的杂交组合，恰好体现小青黑杨的速生性。

为了从解剖角度了解树木速生因素，本实验查数了宽、窄生长轮内细胞个数。每树种取两株，在胸径处分别取2个切片，一个距髓心九年，即圆盘最窄处，一个距髓心五年，即圆盘最宽处。从表2看，生长轮宽度与细胞个数成正比，它与国外对杨树速生性的研究结果是一致的，即杨树速生是由于分生组织中形成层活动较快，如小青黑杨与同类非速生树种比较，如小青杨，在相同时间内，形成层分生能力得到提高。

表2 生长轮内细胞数目

树 种	树 龄	生长轮宽度 (cm)	生长轮内细胞数 (含导管)	备 注
小青黑杨	9	0.26	108	均为二株试材径向平均值
	5	0.89	341	
小 青 杨	9	0.25	94	
	5	0.43	264	

国内对人工长白落叶松、红松的研究^[5]也指出：生长轮宽度的增加是由于细胞数目的增加。针、阔叶树速生都是此种结果，这对大量培育速生材具有实用意义。

2.木纤维形态

本文对小青黑杨木材解剖特征及变异进行较详细的研究，并对母本小青杨胸径处做对比研究。

(1) 木纤维长度

木纤维是杨树木材的主要组成分子，占木材组织50%以上。杨树木纤维被确认为优良的纤维原料，有较好的利用价值，如造纸、人造纤维、纤维板等。

评定纤维材料品质的一个重要指标是纤维长度。纤维长度因树种、部位、树龄等不同而具有明显变异。按概率原理中试样次数与频率的关系，本试验从胸径处测纤维长度110次(表3)测导管80次(表7)。

表3 木纤维长度比较

树 种	树 号	长度范围 (mm)	平均长度 (mm)
小青黑杨	6	0.45—1.46	0.829
	7	0.45—1.58	0.879
	10	0.45—1.39	0.793
小 青 杨	1	0.46—1.32	0.864
	2	0.43—1.48	0.883
	3	0.41—1.38	0.878

方差分析表明，两者差异不显著。杂种小青黑杨基因重新组合，它的木纤维长度仍与母本相近。国外类似研究中^[12]，母代(*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh.)与子代(*P. deltoides* × *P. nigra* L. cultivar Volga)相比，子代生长速度明显大于母代，但木纤维长度分别为1.27mm和1.24mm，比率仅1.02。

研究中将木纤维与龄级进行一级非线性

回归。

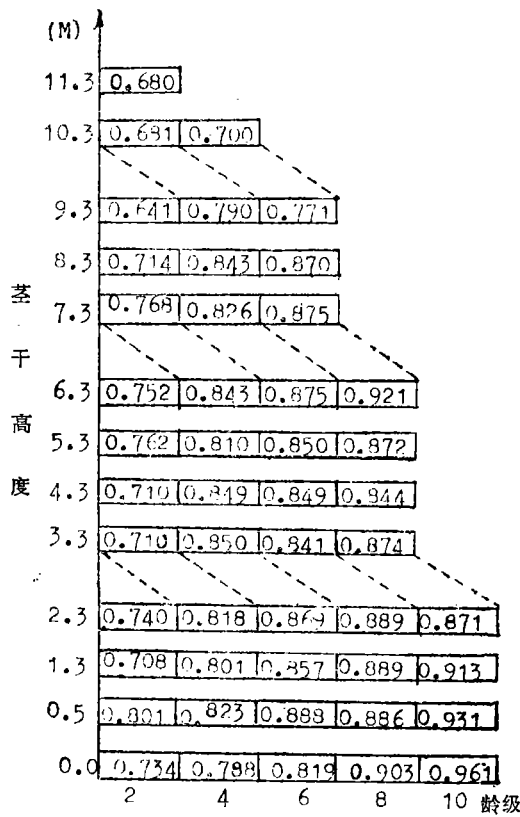
a. 小青黑杨 $r = 0.8862, n = 15, Y = 0.6385x^{0.1682}$

b. 小青杨 $r = 0.9201, n = 14, Y = 0.6934x^{0.1333}$

根据曲线分析：①两者木纤维长度仍未趋于稳定，属幼龄材，②木纤维长度与龄级关系密切。

测定小青黑杨茎干木纤维（表4）表明：在所有高度上自髓心向外，木纤维长度都随树龄增加而增加；从高度上看，自0.5米处向上，木纤维长度呈递减趋势，略有波动（1,4,7,9,13,14,15）。同一树龄内，自树基向树冠，即斜方向，木纤维同样呈递减趋势。各龄组变化趋势相似，波动比前两者为大，与国外结果^{〔13〕}相同。

表4 小青黑杨茎干木纤维长度变化



(2) 木纤维宽度

木纤维宽度指纤维直径，也称木纤维幅度，以弦向直径为准。对小青黑杨茎干木纤维

宽度研究表明：木纤维宽度变异虽不如长度明显，但仍具一定规律，髓心部位宽度较小，向外逐渐呈增加趋势；树基至中部一段宽度增加，向上又减少，至树冠部降至最窄。

木纤维长度与宽度有一定联系，有人^{〔7〕}研究它们相关系数在0.96—0.99之间。本实验中，木纤维宽度小，同时它的长度也短，这反映生物体的内在联系。

(3) 木纤维的长宽比、壁腔比、腔径比

木纤维的长宽比、壁腔比、腔径比是确定木纤维是否适于造纸的主要因子。通过对茎干测定（见表5，表6）：小青黑杨木纤维形态的长宽比、壁腔比、腔径比都符合造纸原料的基本要求，小青杨的对比部分，结论亦相同。因为杨木木纤维壁薄、腔宽，加之材色洁白，机械浆得率高等，与其它阔叶树材比，杨树均为造纸优良原料^{〔3,4,6,7,8〕}。

表5 木纤维长宽比、腔径比

树 种	树 龄	长 宽 比	腔 径 比
小青黑杨	2—3	52.9	0.65
	4—5	49.3	0.73
	6—7	60.0	0.68
	8—9	50.2	0.67
	10—11	55.5	0.68
小 青 杨	2—3	55.4	0.69
	4—5	60.0	0.66
	6—7	61.3	0.66
	8—9	56.5	0.69
	10—11	56.3	0.70

表6 木纤维壁腔比

树 种	树 号	变 化 范 围	平 均
小青黑杨	6	0.39—0.55	0.49
	7	0.39—0.58	0.48
	10	0.38—0.57	0.44
小 青 杨	1	0.38—0.54	0.46
	2	0.37—0.56	0.46
	3	0.39—0.50	0.50

三个因子在基干的轴向、径向均未表现出变异规律，而且变异很小，说明它们是木

纤维形态中较稳定的特征。

除测定上述特征外，还测定胞壁厚度及其变异。胞壁厚度不仅关系到纸张强度，也是木材重量和强度的物质基础。结果表明：小青黑杨平均两倍壁厚 $4.8\mu\text{m}$ ，小青杨 $4.9\mu\text{m}$ 。

(胸径处、弦向)，

3. 导管分子特征

导管是阔叶树材主要组成之一，在木材

的浸渍、渗透及干燥等过程中起重要通道作用。导管分子长度与龄级的关系见表7。

由表7可以看出，两者导管分子长度相近，同时看出，随年龄增加呈上升趋势。

同一生长轮内，内部的导管分子长度小于外部(见表8)与生长轮内纤维长度变化趋势相同。但导管分子长度的内外之差不如前边所测的木纤维明显。

表7 不同龄级的导管分子长度 (mm)

树种及树号	龄 级						长 度 范 围	平 均
		2—3	4—5	6—7	8—9	10—11		
小青黑杨	6	0.40	0.43	0.49	0.54	0.57	0.26—0.76	0.48
	7	0.38	0.44	0.45	0.46	0.48	0.26—0.71	0.44
	10	0.39	0.43	0.47	0.50	0.53	0.17—0.70	0.46
小 青 杨	1	0.41	0.45	0.47	0.56	0.50	0.21—0.70	0.47
	2	0.40	0.44	0.45	0.56	0.53	0.20—0.65	0.47
	3	—	0.43	0.44	0.49	0.52	0.25—0.67	0.47

表8 生长轮内导管分子长度比较 (mm)

树 龄	位 置		
		内 部	外 部
小 青 黑 杨			
2—3		0.37	0.42
4—5		0.44	0.44
6—7		0.44	0.45
8—9		0.46	0.51
10—11		0.50	0.54
小 青 杨			
2—3		0.40	0.42
4—5		0.40	0.42
6—7		0.42	0.46
8—9		0.47	0.47
10—11		0.48	0.49

对导管分子直径变化研究表明：在径向不同高度的导管分子直径随树龄增加而增大；在轴向导管分子起伏较大无明显规律。

小青黑杨导管分子平均壁厚 $2.07\mu\text{m}$ (弦壁)、平均直径 $59.3\mu\text{m}$ (弦向)；小青杨导管分子平均壁厚 $2.05\mu\text{m}$ (弦壁)，平均直径 $59.2\mu\text{m}$ (弦向)。

对小青黑杨茎干(轴向与径向)导管分

子长度、直径、壁厚详细研究表明：它们的变异规律与木纤维各特征变异规律相近，这说明它们都受树木生理规律的支配，都是树木形成层活动和分化的结果。

4. 组织比量

研究木材组织比量的变异，是深入研究木材结构内在变异的重要方面。木材组织比量与木材性质、用途有密切关系，如木纤维比量与木材的密度、强度有关，也与纸浆得率、纸的质量有关。小青黑杨与小青杨的木材组织比量见表9。

国外有人⁽¹³⁾研究三角叶杨 (*Populus deltoides* Bartr) 各组织比量的变化，与本研究结果十分接近，同时他的研究指出：纤维比量与导管比量呈负相关 $r = -0.9768$ 。国内尚未见杨树茎干不同部位组织比量变异的报道。

小青黑杨茎干各组织比量变异表明：几乎在所有高度上，自髓心向外，纤维比量随树龄增加而降低，导管比量则增加，垂直方向自基部向上，纤维比量下降，导管比量上升，有一定波动。

表9 组织比量 (%) 与龄级

组织类别 \ 龄 级	2—3	4—5	6—7	8—9	10—11	变化范围	平 均
小 青 黑 杨							
木 纤 维	53.7	50.7	50.3	52.0	50.3	40—60	51.3
导 管	24.0	29.3	27.4	31.7	32.0	19—33	28.9
木 射 线	22.3	20.0	16.3	16.3	17.7	14—25	18.5
小 青 杨							
木 纤 维	56.5	53.0	54.0	51.3	49.3	45—58	51.5
导 管	23.0	26.3	26.3	28.0	32.7	22—23	28.2
木 射 线	20.5	20.7	19.7	20.7	18.0	16—22	20.1

注：胸径处测定值。

根据导管比量变异分析：幼龄材对水分、养分需要较少，树木输导能力也低。随着树龄增大，树干增粗、增高，导管比量及直径（前边测定）也增大，这反映树木生长的生理要求。

国外研究^[13]认为：各组织比量是由它们树冠大小与活动决定的，树基近髓心处，导管百分比最低，因为它们在幼龄树冠下形成，而在具活力树冠下最近年代生成的木材，具较大的导管和较高的导管比例。本实验证实了这个论点。

二、木材密度

木材密度是反映木材强度的一项重要特征。还可据此估计其物理、力学和工艺特性。国外对密度的遗传做了大量研究，国内则极少。

本文将木材密度做为一个重点，对它的母代和子代茎干基本密度和气干密度(15%)都进行研究。

通过基本密度方差分析表明，子代与母代无明显差异，杂种的一个重要特征——木材密度仍相似于母本。

根据表 (10,11) , 小青黑杨不同高度中，自髓心向外，木材基本密度和气干密度变异不呈一定规律；而小青杨则随年龄增加呈下降趋势，自树基向上，子代与母代木材基本密度与气干密度都随高度增加而增大，在树冠部位达到最大。

杨树木材密度的变异是复杂的，如美国黑杨 (*Populus trichocarpa* Torr.)

表10 小青黑杨茎干密度的变异

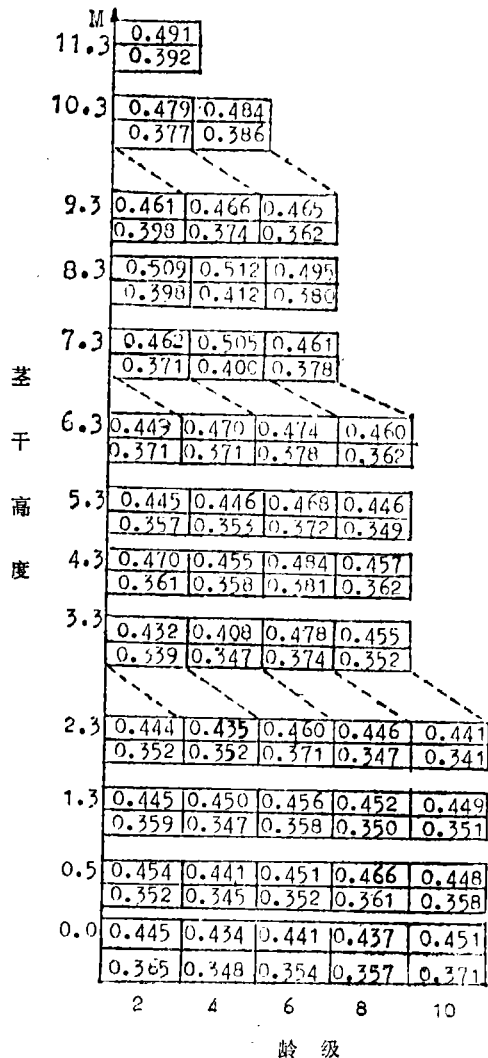


表11 小青杨茎干密度的变异

茎 干 高 度 (M)	6.3	0.449	0.434	→ 气干密度 (15%)	
		0.367	0.351	→ 基本密度	
	5.3	0.470	0.440		
		0.372	0.365		
	4.3	0.471	0.448	0.434	
		0.373	0.351	0.365	
	3.3	0.435	0.444	0.422	
		0.350	0.354	0.336	
	2.3	0.471	0.456	0.441	0.412
		0.366	0.359	0.345	0.329
	1.3	0.459	0.479	0.444	0.418
		0.371	0.365	0.354	0.341
	0.5	0.469	0.458	0.450	0.448
		0.361	0.355	0.359	0.352
	0.0	0.469	0.468	0.468	0.447
		0.369	0.358	0.363	0.350
				0.344	
		2	4	6	8
		龄 级			

表现不同的变化趋势,国外对杨树无性系木材密度研究认为:在树冠部位木材密度最高,本实验结果亦相同^[16,17]。

将小青黑杨、小青杨木材密度与解剖特征的研究相联系认为:①子代、母代胞壁厚相近,故木材密度无明显差异;②两者髓心部位纤维比量较高,木材密度较高;而树冠部位,纤维比量降低,木材密度则最高,后者又与解剖特征相矛盾,这个问题有待今后探讨。

三、结论

杂交可使遗传性不同的两个种相结合,并使一些特性或特征发生改变。通过对杂种小青黑杨的研究,证实了它的杂交优势——速生性,而它的材性并没有由于基因重新组合而降低。

因此说,材性的遗传改良是提高木材材质和产量的根本措施。本研究结果与国外研究结果一致,认为木材密度和纤维长度具较强的遗传性。随着科学的进步,通过基因工程,按人们的需要和选择,培育优质木材将为期不远。

本研究对小青黑杨茎干材各解剖特征研

究表明:纤维长度、导管长度在树干的轴向、径向表现出一定变异规律,在同一生长轮内也成一定规律。而纤维宽度、纤维长宽比、壁腔比、腔径比、纤维壁厚及导管直径、导管壁厚在树干的轴向、径向无明显变化规律,为相对稳定的解剖特征。小青杨的对比部分与小青黑杨相近。

两者都为幼龄材,木材密度相近。纤维形态各项指标符合制浆造纸要求。故小青黑杨、小青杨可早期利用做为造纸材,也可继续培育用于多种用途。

参 考 文 献

- (1) 尹思慈等, 1983, 意大利速生杨纤维形态测定及取样方法, 北京木材工业, (4): 17-25.
- (2) 马常耕译, 1962, 杨树选种工作中的几个问题, 林业科学, (1): 87-90.
- (3) 朱振文, 1978, 杨树木材性质及采伐利用, 河南农学院木材利用组.
- (4) 朱惠方等, 1962, 数种速生树种的木材纤维形态及其化学成分的研究, 林业科学 (4).
- (5) 成俊卿等, 1963, 东北林区与天然红松林木材材性的比较, 林业科学 (3).
- (6) 周峯等, 1978, 中国重要工业用材——造纸用材及树种利用的研究, 中国林科院木材工业研究所研究报告.
- (7) 杨廷斌等, 1957, 新疆五种杨树木纤维长度和幅度的测量及初步研究, 林业科学 (4).
- (8) 钱任, 1984, 发展杨木作为造纸原料的好处, 中国杨树委员会, 杨树 (2): 70-74.
- (9) 曾其蕴等, 1984, 小钻杨木材材性, 杨树, (2).
- (10) 廖品玉等, 1981, 十六种速生树种化学组成、纤维形态及制浆性能, 南京林业大学学报, (4).
- (11) Holt, D.H. and W. K. Marphey, 1978, Properties of Hybrid Poplar Juvenile Wood Affected by Silvicultural Treatments, Wood Sci., (4): 198-203.
- (12) Isebrands, J.G., 1972, Proportion of Wood Elements Within Eastern Cottonwood, Wood Sci., 5 (2): 139-146.
- (13) Bendtsen, B.A. et., 1981, Comparison of Mechanical and Anatomical Properties of Eastern Cottonwood and Populus Hybrid NE-237, Wood Sci., 14(1): 1-14.

(14) Simith, W.J., 1968, The Heritability of Fiber Characteristics and Its application to Wood Quality Improvement in Forest Trees, *Silvae Genetica* Band 16, Heft 2: 41-50.

(15) Wilcox, J.R. et., 1968, Variation in Fiber Length of Eastern Cottonwood in Mississippi Valley, *Tappi*, 51(12): 574-576.

(16) Yanchwr, A.D., B.P.Dancik, and M.

M.Micko, 1984, Variaton and Heritability of Wood Density and Fiber Length of Trembling Aspen in Alberta, Canada *Silvae Genetica*, 33 (1): 11-16.

(17) Alvin, D.Y. et., 1983, Intraclonal Variation in Wood Density of Trembling Aspen in Alberta, *Wood and Fiber Sci.*, 15 (4): 387-394.

A Preliminary Study on the Anatomical Features and Wood Density of *Populus pseudo-simonii* Kitag. x *P. nigra* L.

Zhang Lifei

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract

This paper deals with the hybrid of *Populus pseudo-simonii* Kitag. x *P. nigra* L. in comparison with its parents of *P. pseudo-simonii* Kitag. The results show that hybrid grows faster than its parents and other features are not much difference, for example, fiber characteritics, vessel element characteristics, wood density and so on. These two poplar species can be used for paper making in juvenile trees. The increase of the width of ring is due to the increase of the number of cells.

1989年《国外森林工业文摘》征订启事

即原来的《森林工业文摘》，由中国林业科学研究院科技情报研究所编辑出版，收录国外森工科技期刊、论文集、会议录、专利等270余种文献，为报道性检索刊物，有年度分类和主题词索引，是检索国外森工科技文献的工具，可供科研、教学、设计和生产部门的科技人员使用。

内容包括木材采运、木材加工和林产化学工业三部分。木材采运包括采伐、运输、贮木场、木材剩余物的利用、林业企业的经济与管理；木材加工包括木材性质与改性、木材干燥和保存、木工机械、制材、细木工和家具、人造板及其二次加工、木材胶粘剂、木材工业环境保护；林产化学包括林化产品的提炼、加工及其利用，并设有综述栏，系统介绍国外森工生产技术及设备的水平。

本刊为双月刊，16开，128页，每期24万字，单价3.50元，全年21元，公开发售。邮局代号82—129。

《国外森林工业文摘》编辑部