

吕士行 方升佐 徐锡增 主编

杨树定向 培育技术

RESEARCH AND PRACTICE ON
POPLAR INDUSTRIAL PLANTATIONS



中国林业出版社



杨树定向培育技术

吕士行

方升佐 主编

徐锡增

中国林业出版社

RESEARCH AND PRACTICE ON POPLAR INDUSTRIAL PLANTATIONS

Lu Shixing
Edited by Fang Shengzuo
Xu Xizeng

China Forestry Publishing House

图书在版编目(CIP)数据

杨树定向培育技术/吕士行等主编. —北京:中国林业出版社,1997. 6
ISBN 7-5038-1833-6

I. 杨… II. 吕… III. 杨属-定向培育-技术 IV. S792.110.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 11199 号

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京地质印刷厂印刷

1997 年 6 月第 1 版 1997 年 6 月第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:12.75

字数:300 千字 印数:1~1500 册

定价:30.00 元

《杨树定向培育技术》

编纂委员会

主 编 吕士行 方升佐 徐锡增

编 委 (按姓氏笔划为序)

方升佐 吕士行 郑勇平 金志农

徐锡增 唐罗忠 梁 军 曹福亮

主 审 黄宝龙

英文审校 曹福亮 方升佐

前 言

随着工业技术的不断发展,工业生产对木材和其它林产品,提出了新的要求,尤其是培育的人工林产量要高,轮伐期要短,各类用材定向培育,这是世界人工林发展出现的战略变化。

杨树是世界中纬度平原地区栽培面积最大、木材产量最高的速生用材树种之一。它具有生长快、成材早、产量高、易于更新的特点,是最适合的短轮伐期工业用材经营树种。我国从70年代初引入的黑杨派南方型无性系,经过区域化栽培试验证明,它不仅适合于黄淮海、长江中下游平原栽植,而且是洞庭湖、鄱阳湖、成都平原等地区有发展前途的适栽树种。目前,黑杨派南方型无性系已大面积推广,很多县、市的杨树木材产量已达到工业利用的规模。但由于当时培育的目的不明确,没有按工业用材的要求实行定向培育,因此其经济、生态和社会效益未能充分发挥。

所谓定向培育,是指按最终用途所确定的对木材原料的要求,采用集约经营等科学管理措施,生产出种类、质量、规格都大致相同,价格具竞争力的木材原料。“八五”期间,国家下达了“短周期工业用材定向培育技术研究”的攻关项目,我们围绕这个项目,根据胶合板材和纸浆材对杨树木材的要求,对杨树短伐期经营、纸浆材定向培育、胶合板材定向培育和杨树胶合板材优化栽培模式等方面进行了大量的试验研究工作,并取得了一系列成果。模式化工业用材林的定向培育是一项复杂的系统工程,为了开展学术交流,促进我国杨树科研和工业用材林定向培育的进一步发展,兹将这些已取得的研究成果汇编成文集出版,供同行参考。

吕士行 方升佐 徐锡增

1997.1

目 录

杨树短轮伐期经营

- 杨树短轮伐期栽培 徐锡增、方升佐(1)
- 杨树短轮伐期栽培的现状和前景 方升佐、曹福亮、朱义君(10)
- 人工林经营模拟模型的研究方法 梁军、吕士行、徐锡增(16)

杨树纸浆材定向培育

- 杨树超短轮伐期经营的生产力及材性的研究 方升佐、徐锡增、单兴寿、曹福亮等(22)
- 中短轮伐期杨树纸浆林 LAI 及生物生产力的研究
..... 方升佐、徐锡增、吕士行、唐罗忠等(31)
- 杨树中短轮伐期纸浆林生长及生物量的研究 吕士行、唐罗忠、方升佐、徐锡增等(39)
- 杨树纸浆林定向培育研究初报 郑勇平、童再康、罗士元、应钟全(46)
- 杨树短轮伐期经营生物生产力的研究 吕士行、徐锡增、曹福亮、方升佐等(58)
- 杨树短轮伐期经营木材制浆性能的研究 曹福亮、吕士行、徐锡增、方升佐等(64)
- 杨树纸浆材林萌芽更新技术 吕士行、徐锡增、方升佐、唐罗忠(73)
- I - 69/55 杨纸浆用材林萌芽更新的研究 汪业勋、徐锡增、丁学富、宋兆元(81)
- I - 69 杨施肥效应研究初报 唐罗忠、方升佐、吕士行、徐锡增(86)

杨树胶合板材定向培育

- 杨树胶合板材的培育技术 吕士行、方升佐、徐锡增、唐罗忠等(92)
- 杨树生长的边行优势及其在胶合板材培育中的应用 方升佐、蔡顺章、余洪林(105)
- 杨树工业用材林适生无性系的筛选 童再康、郑勇平、张立钦、罗士元等(111)
- 杨树人工林生态系统立地质量因子的定量排序与评价 金志农(122)
- I - 69 杨胶合板用材林密度及立地效应研究 梁军、吕士行、徐锡增、方升佐等(129)
- 杨粮间作的生产力及其经济效益 徐锡增、吕士行、曹福亮、方升佐等(135)
- 杨粮间作新模式的生产力及其经济效益的研究 方升佐、余相、吕士行、徐锡增等(141)
- 林分密度对南方型杨树木材性质的影响 曹福亮(148)
- 造林密度对 I - 63 杨木材密度的影响 李大纲、徐永吉(152)
- 杨树木材 pH 值及其对脲醛树脂胶固化时间的影响 李大纲、吴羽飞、徐永吉(156)

杨树胶合板材优化栽培模式

- I - 69 杨工业用材林直径分布及产量模型系统的研究
..... 梁军、方升佐、徐锡增、黄宝强(160)
- I - 69 杨胶合板材用材林栽培动态经济效益评价 梁军、徐锡增、吕士行(166)
- I - 69 杨胶合板材用材林优化栽培模式 梁军、方升佐、徐锡增、吕士行等(172)

PMOES 经营系统

南方型杨树工业用材林经营模型系统 PMOES

- 的建立 梁军、吕士行、徐锡增、方升佐等(181)
- 南方型杨树工业用材林经营模型系统 PMOES 使用说明 梁军、吕士行、徐锡增(188)

Table of Contents

POPLAR SHORT ROTATION MANAGEMENT

A review of short-rotation cultivation for poplar clones	<i>Xu Xizeng, Fang Shengzuo</i> (1)
The present situation and prospect of short-rotation management system in poplar	<i>Fang Shengzuo, Cao Fuliang, Zhu Yijun</i> (10)
Studies on management models of the plantation	<i>Liang Jun, Lu Shixing, Xu Xizeng</i> (16)

POPLAR CULTIVATION FOR PULP TIMBER

Studies on the biomass productivity and wood quality characteristics of eastern cottonwood in mini-rotation management systems	<i>Fang Shengzuo, Xu Xizeng, San Xinshou, Cao Fuliang etc</i> (22)
Studies on the LAI and biomass productivity of poplar plantations for pulp timber in midi-rotation management system	<i>Fang Shengzuo, Xu Xizeng, Liu Shixing etc</i> (31)
Studies on the growth and bioass of pulp-making timber for poplar clones in midi-rotation management system	<i>Lu Shixing, Tang Luozhong, Fang Shengzuo, Xu Xizeng etc</i> (39)
A preliminary study on directive silviculture for poplar pulp timbers	<i>Zhen Yongpin, Tong Zaikang etc</i> (46)
A study on the biomass productivity for short-rotation management of poplar clones	<i>Lu Shixing, Xu Xizeng, Cao Fuliang, Fang Shengzuo etc</i> (58)
A study on the wood characters of the poplar clones for pulp-making timber	<i>Cao Fuliang, Lu Shixing, Xu Xizeng, Fang Shengzuo etc</i> (64)
Techniques of sprout regeneration of poplars for pulp timber production	<i>Lu Shixing, Xu Xizeng, Fang Shengzuo, Tang Luozhong</i> (73)
A study on coppice with poplar clone I - 69/55 for pulp-producing forest	<i>Wang Yixuan, Xu Xizeng etc</i> (81)
The effects of fertilization on the growth of poplar clone I - 69	<i>Tang Luozhong, Fang Shengzuo, Lu Shixing, Xu Xizeng</i> (86)

POPLAR CULTIVATION FOR PLYWOOD TIMBER

Several key techniques for poplar plywood cultivation	<i>Lu Shixing, Fang Shengzuo, Xu Xizeng, Tang Luozhong etc</i> (92)
--	---

The edge growth effect of poplar and its application on silvicultural practice of plywood plantations	<i>Fang Shengzuo, Cai Xunzhang etc</i> (105)
The selection of clones for industrial timber plantations in Zhejiang province	<i>Tong Zaikang, Zhen Yongpin, Zhang Liqing etc</i> (111)
Quantitative ordination and evaluation of site quality factors of poplar artificial forest ecosystem	<i>Jin Zhinong</i> (122)
Studies on the stand density and site effect of I - 69 poplar plantation for plywood	<i>Liang Jun, Lu Shixing, Xu Xizeng, Fang Shengzuo etc</i> (129)
A study on the productive capacity and economic effect of agroforestry complex	<i>Xu Xizeng, Lu Shixing, Cao Fuliang, Fang Shengzuo etc</i> (135)
A case study on agroforestry management systems	<i>Fang Shengzuo, Yu Xiang etc</i> (141)
Effects of planting density on wood properties	<i>Cao Fuliang</i> (148)
Effect of planting density on timber density in populus deltoides cv. 'Harvard'	<i>Li Dagang Xu Yongji</i> (152)
Poplar wood pH and its influence on curing time of UF resin	<i>Li Dagang, Wu Yufei, Xu Yongji</i> (156)

DEVELOPMENT OF POPLAR OPTIMUM CULTIVATION PATTERNS

Studies on diameter distribution and yield model systems for poplar clone I - 69 industrial plantations	<i>Liang Jun, Fang Shengzuo, Xu Xizeng, Huang Baoqiang</i> (160)
A dynamic economic evaluation on poplar clone I - 69 plywood plantation cultivation	<i>Liang Jun, Xu Xizeng, Lu Shixing</i> (166)
A study on optimum cultivation patterns of poplar clone I - 69 plantation for plywood	<i>Liang Jun, Fang Shengzuo, Xu Xizeng, Lu Shixing etc</i> (172)

ESTABLISHMENT AND APPLICATION OF PMOES SYSTEM

Establishment of a management model for southern type poplar industrial plantations	<i>Liang Jun, Lu Shixing, Xu Xizeng, Fang Shengzuo etc</i> (181)
Guide for PMOES application	<i>Liang Jun, Lu Shixing etc</i> (188)

1
立
木
书

杨树短轮伐期经营

杨树短轮伐期栽培

徐锡增 方升佐

(南京林业大学)

【摘要】 本文首先叙述了世界各国短轮伐期栽培的概况,分析了短轮伐期应用于林木定向培育的原因和前景,详细介绍了杨树短轮伐期的栽培技术和木材特性,并对其经济效益进行了分析。

关键词 杨树 栽培技术 木材特性 经济效益

A review of short - rotation cultivation for poplar clones. Xu Xizeng, Fang Shengzuo (Nanjing Forestry University).

In this paper, firstly the general information about short - rotation cultivation of poplar clones was presented and the prospects of short - rotation management was also analysed in tree oriented cultivation with various industrial timbers. Then the authors described the cultivation techniques and wood characteristics in short - rotation management systems of poplar clones and evaluated economic benefits for the systems.

Key words Poplar clones Cultivation techniques Wood characteristics Economic benefits

短轮伐期栽培原指对速生阔叶树种采用高密度栽植和集约栽培,力求在短期内获得最高的生物量,以提供纤维、燃料和饲料为目的的一种集约栽培方式。随着科学技术的发展,短轮伐期栽培的含义也在扩大,如在树种方面扩大到了南方松类,材种也包含着培育人造板材料,轮伐期可延长至 10~15 年,栽植密度除采用高密度外,也包括种植园式的稀植。

短轮伐期集约栽培是林木定向培育的一个重要方式,其特点是选用较好的立地,利用优良无性系,适当密植,实行林农间作,采用配套的农业技术措施,在较短的伐期内获得较高的生物产量。这种栽培方式主要着力于提高单位面积的木材产量,是林业生产经营上的重大革新,形成了它自身的一些新概念和栽培体制,与传统的长轮伐期粗放经营有很大区别。这种方法对土地增加投入,在短期内换取最高的产出,其巨大的生产潜力在我国林业生产上应给予高度的重视。

自从 1966 年美国的 Mealpine 提出短轮伐期的可能性和优越性以来,其科学研究和生产性试验在很多国家开展起来。

1 短轮伐期栽培的发展概况

短轮伐期栽培的研究工作首先是在美国兴起的。1964 年美国的 Young 首先提出短轮

伐期和全树利用的概念,1966年美国的 Mealpine 提出了短轮伐期的可能性。1970年美国在 Rhinelander 和 Wisconsin 两地开始了杨树短轮伐期栽培的试验研究,加拿大也于1970年在安大略开始了超短轮伐期的试验,并从1975年开始扩大试验范围和规模。在70年代中、后期,法国和前西德也开始了短轮伐期的栽培试验,法国森林纤维公司在全国范围内开展了庞大的超短轮伐期高密度矮林作业试验。前西德利用废弃农田进行大叶钻天杨(*Populus balsamifera*)和欧洲黑杨(*P. nigra*)短轮伐期试验。捷克斯洛伐克利用 I-214、健杨、马里兰德杨、格格里杨等进行了短轮期栽培品种选择和立地条件的试验研究。巴西、南非、刚果、印度等国进行了桉树短轮伐期能源林及其栽培技术的研究。巴基斯坦和阿根廷在杨树短轮伐期密度试验中做了较为全面的工作,日本也对银白杨超短轮伐期栽培密度进行了研究。总之,目前国外短轮伐期栽培研究已广泛开展起来,并以美国和加拿大处于领先地位。

近10多年,北美、欧洲、南美一些国家对短轮伐期的适生树种和无性系的选择方面进行了研究。研究的树种有20多个,主要是杨树、桉树、美国梧桐等,而研究的无性系则更多了。前苏联就有200多家工厂在用树叶为原料生产维生素,日本也在研究利用桦木、桉树的枝、叶生产奶牛用的饲料。

我国的短轮伐期栽培研究起步较晚,至70年代中后期,南京林业大学在黄淮海平原和长江中、下游引种成功了黑杨派3个新无性系(I-69/55, I-63/51和I-72/58杨)后,短轮伐期栽培才逐步开展起来。中国林业科学研究院进行了I-214杨、沙兰杨、北京杨、山海关杨4个品种的短轮伐期的生物量对比试验。

综上所述,短轮伐期定向培育之所以引起世界各国的重视,其原因有三个:

(1) 与长轮伐期比较,提高了单位面积的生物产量 试验材料证明,进行短轮伐期的2年生杨树人工林,每公顷年产干物质13t,而天然林的杨树林仅产3t。

(2) 应用高密度造林 密集的树冠能充分利用太阳能,使更多的太阳辐射能转变成成为有用的木材生物产量。据美国研究,天然杨树林仅利用太阳能的0.1%~1.0%,而杨树短轮伐期太阳能利用率为1.7%~3.7%,提高了光能利用率。把短轮伐期人工林的单位面积上的年生物产量换算成能量,并与该地入射的太阳辐射能进行光能利用率的计算而得出的。如4年生杨树人工林,其干材和枝材的连年生长量为27.5t/hm²,叶量为6t/hm²,根的估测量为5t/hm²,三者总量为38.5t/hm²/年,根据生物量平均能量为4.86Cal/g,38.5t为1.87×10⁸Cal,该试验地入射的太阳能总量在1.08×10¹⁰至0.51×10¹⁰Cal/hm²,则对应的光能利用率为1.7%和3.7%。

(3) 采用了多代萌芽更新作业,既降低了成本,又提高了产量 据意大利研究,萌芽更新的短轮伐期杨树林,第二次采伐量比第一次增加40%。

2 短轮伐期栽培技术

国内外短轮伐期栽培研究主要包括产量生理、立地选择、良种选择、栽植密度、轮伐期以及农林间作、施肥灌溉、病虫害防治等配套农业技术措施,并对经济效益和木材特性给予高度重视,以便在一个相当短的伐期内获得较高的生物产量。

2.1 立地选择

在各地区选好适应本地区气候条件的杨树无性系后,认真做好杨树造林地立地条件的选择是十分重要的。因为在一个地区范围内的土壤条件差异很大,某些土壤适合于杨树生长,某些土壤则根本不宜栽植杨树,某些土壤经过改良才能栽植杨树。因此必须根据杨树对

土壤条件的要求,选择适宜栽植杨树的立地条件,杨树造林才能取得应有的效果。影响杨树生长的立地因子很多,加之由于杨树速生、伐期又短,因此它对土壤条件要求较高,所以我们认为以下几个土壤因子在选择杨树适生立地条件时应认真考虑:①有良好的土壤物理性状;②在生长季节期间,土壤有足够的有效水分;③要有较高的土壤肥力;④土壤通气性能好。

以上四个影响杨树生长的因子之中,尤以土壤物理性状及土壤有效水分最为重要,在生产实践中也易于掌握,应该给予充分的注意。

土壤物理性状对杨树生长的影响极大,在某些情况下,它对林木生长的影响超过土壤肥力及其它土壤因子。因为土壤化学肥力和水分的有效性是常受土壤物理性状所制约,然而影响土壤物理性状的土壤特性是很多的,也是极复杂的。根据大量调查,我们认为土壤有效层次的厚度是影响土壤物理性状的主要因素。所谓土壤有效层次按林学观点就是指根系能够正常生长发育的层次。这种土层,一般来说必有一定的结构和孔隙度,质地不会十分粘重,容重不会过大,总之土壤的特性不致很差。由此可见,土壤有效层次的深度在影响土壤物理性状的诸因素中是首要的,因而对杨树生长的影响也最突出,它是决定杨树生长的重要土壤属性。大量调查材料完全证实了这点(表1)。

表1 土壤有效层深度与杨树生长的关系

Table 1 The relationship between soil valid depth and poplar growth

地 点 Location	土壤有效 层深度 Depth of soil valid layer(cm)	生长情况 * Poplar growth	
		树 高 Height(m)	胸 径 DBH(cm)
泗阳林苗圃 SYLMP	70~100	13.90	19.48
泗阳林柴场 SYLCC	70~80	12.23	18.10
泗阳黄圩 SYHW	40~50	11.40	14.50
雪垅桥林场 XLQLC	20	10.03	13.20

* I - 72 杨, 3 年生

Poplar clone I - 72, 3 years old

分析产生以上生长显著差异的原因,显然是由于土壤有效层深度的不同,从而极大地影响到林木根系的生长发育。我们认为,最适宜杨树生长的立地条件是疏松土层的厚度在 80~100cm 以上;其次是 60~80cm;尚能栽植的立地条件为 40~60cm;40cm 以下则不宜栽植杨树了。

土壤水分对杨树的生长影响是十分明显的,特别要指出的是地下水位的高低往往对土壤水分的有效作用有很大影响,从而关系到杨树根系和地上部分的生长量。

土壤根系层的水分来源主要是降水、河水的泛滥及地下水位补充三个方面。降水是不甚稳定的水源,它来得快,去得也快,在降水少或不正常的情况下,就不易保证根系层水分的供应。地下水位相对而言是比较稳定的水源,它所处位置的高低对土壤中水分状况有很大作用。地下水位过高,使根系层充满了水分,会抑制根系的生长,不经排水措施不能栽植杨树。地下水位过低,则水分通过毛细管运动也不能达到根系层,这种立地条件就必须考虑增加栽植穴的深度。因此从土壤水分这个角度来说,地下水位的高低决定着杨树造林的立地条件的选择。杨树生长适宜的地下水位应该是在 1~2m 之间,最佳的是 1~1.5m。如果地下水位在 50cm 以上,则不宜栽植杨树。假如地下水位较深,一方面就应该选择土壤深厚,结构较好的土壤,因为这种土壤有较好的保水特性;另一方面,可通过深栽使杨树根系从深

层的地下水中吸取水分供生长所需。

2.2 良种选择及其效益

选好各地适生的优良树种及无性系是短轮伐期栽培能否成功的关键问题之一。

良种选择包括树种和优良无性系的选择,它是提高短轮伐期人工林产量的重要措施,不同树种和无性系之间生物产量可以相差40%左右。目前,良种选择主要以树种和无性系的生长特性、抗逆性能、对环境的适应性能及其重要材性等指标为依据。我国短轮伐期树种选择中,杨树方面经过我们20多年的试验研究和生产实践,在长江中、下游平原地区,以美洲黑杨南方型无性系I-69杨、I-72杨、I-63杨以及南京林业大学已鉴定的NL-80303杨、NL-80351杨生产力较高,是目前该地区的主栽无性系。在黄淮海平原地区,以美洲黑杨×小叶杨新无性系NL-80105、NL-80106和NL-80121三个无性系,欧美杨NL-80205和NL-80213二个无性系。其生长迅速,抗逆性强,完全适合于短轮伐期栽培。

无性系育种和无性系造林,可使遗传增益和经济效益大大提高。如刚果采用桉树优良无性系造林,使7年生林分每公顷年生长量由原来的10~20m³提高到40m³。

另外,我们还根据日本林学家吉良龙夫提出的关于温暖指数是判断适地适树、判断某个树种在某一地区能否成林的理论,计算了三派杨树中比较有代表性的种适生范围的温暖指数,和有关几省范围内的温暖指数,使之在同一条中轴线上所表示的温暖指数相对应(图1)。

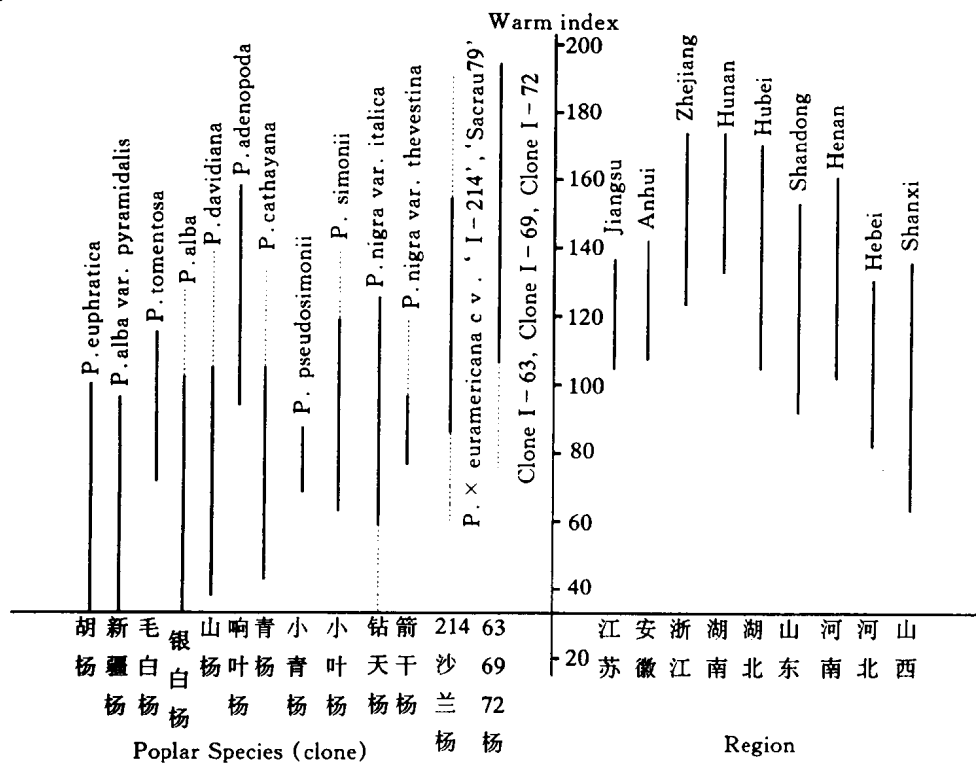


图1 杨树的分布与温暖指数的关系

Fig 1 The relationship between poplar range and warm Index

从图1可以看到,由于各省范围内的最高、最低温暖指数有很大的差别,因而各省的适

生杨树品种也就很不相同。如江苏地处北纬 $31 \sim 35^\circ$, 全省范围内的温暖指数为 $110 \sim 130^\circ\text{C}$, 与之相对应的 I-63/51、I-69/55 及性状类似于上述无性系的欧美杨杂种 I-72/58、I-214, 响叶杨、毛白杨和小叶杨也能选用, 但只能在江苏较北地区, 不宜在温暖指数较高的苏南地区栽植; 而纬度低的湖南省(北纬 $24 \sim 30^\circ$), 全省范围内的温暖指数较高, 为 $140 \sim 160^\circ\text{C}$, 与之相对应的杨树品种只有美洲黑杨的南方型无性系及部分欧美杨杂种(I-63、I-69 和 I-72), 响叶杨只局限于山区。目前湖南发展杨树的实际情况, 完全证明以上判断是正确的(表 2)。

表 2 湖南汉寿县不同杨树无性系的生长情况(4 年生)

Tabl 2 The growth of different poplar clones in Hanshou County at 4 years

无性系 Clone	原产地的温暖指数 Warm index of original location	生长情况 Growth	
		平均高 Average height (m)	平均胸径 Average DBH (cm)
加龙杨 Jialong		10.75	18.00
I-45/51	125	10.65	19.20
I-214	125	11.63	20.00
I-72/58	100~200	16.15	26.27
I-63/51	100~200	16.41	25.10
I-69/55	100~200	16.20	25.68

2.3 短轮伐期栽植密度

短轮伐期的栽植密度的作用规律, 基本上符合用材林造林密度的作用规律。

短轮伐期的栽植密度一般都比较小, 但由于地区不同、自然条件、栽培树种或无性系、培育目的和经济因素的不同, 其栽培密度也存在着很大的差异。这里仅就经营目的, 具体反映在林种上的差异作较为详细的论述。

2.3.1 短轮伐期的纤维纸浆林 加拿大培育超短轮伐期的纤维纸浆林, 采用 $0.3\text{m} \times 0.9\text{m}$ 、 $0.3\text{m} \times 1.2\text{m}$ 、 $0.6\text{m} \times 1.2\text{m}$ 和 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 等不同株行距造林。巴基斯坦培育中、小径材的短轮伐期, 用 $1.9\text{m} \times 1.9\text{m}$ 、 $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ 、 $3.0\text{m} \times 3.0\text{m}$ 、 $3.7\text{m} \times 3.7\text{m}$ 、 $4.3\text{m} \times 4.3\text{m}$ 和 $5.0\text{m} \times 5.0\text{m}$ 等不同株行距。中国林业科学研究院曾以 $2\text{m} \times 3\text{m}$ 、 $3\text{m} \times 3\text{m}$ 、 $3\text{m} \times 4\text{m}$ 、 $6\text{m} \times 6\text{m}$ 等不同株行距进行杨树短轮伐期试验, 试验结果认为, 与其它密度相比, $2\text{m} \times 3\text{m}$ 的轮伐期短(4 年), 年材积生长量高, 且生产的小径材适合于造纸, I-69 杨平均胸径达到 13cm。与 I-214 杨相比, 前三年, I-69 杨的材积连年生长量为 $15 \sim 40.5\text{m}^3/\text{hm}^2$, 超过 I-214 杨的生长量, 充分发挥了它的速生特性。但从第三年起, I-214 杨的材积连年生长量迅速增加, 接近 I-69 杨。至第四年材积连年生长量达到 $68.25\text{m}^3/\text{hm}^2$, 已超过 I-69 杨。这是由于 I-69 杨的树冠幅度比 I-214 杨大, 分枝角度大, 在第三年后冠幅大的 I-69 杨对密植的适应能力不如树冠较窄的 I-214 杨强, 而且树冠下层枯枝较多, 较早出现自然整枝现象。因此, 根据生长量和生物学特性的分析比较认为, I-214 杨较适合于密植集约栽培, I-69 杨对密植适应性较差。最近我校选育的 NL-80213 等新无性系, 树冠较窄, 更适合于短轮伐期的密植栽培。

2.3.2 短轮伐期的大径材的栽植密度 短轮伐期栽培一般不主张进行间疏伐, 因而普遍要

求稀植,施行农林间作,以保证每株树有充分的受光条件。以杨树为例,10~12年轮伐期,胸径达40~50cm,拟采用7m×7m、8m×8m的株行距,可间作5年左右;或者采用4m×10m、5m×10m的株行距,可间作农作物6~7年。这两种密度到主伐时其蓄积量达到150~180m³/hm²是完全有把握的。

2.4 轮伐期

轮伐期是表示林业生产期间或生产周期的一种方式。这表示林木经过正常的生长发育到达可以采伐利用为止所需的时间。

各学者对轮伐期的概念曾有不同的见解,其中美国林业工作者学会对轮伐期作出的含义较为适合于短轮伐期栽培中关于轮伐期的概念。它对轮伐期的定义为“从林分建立起,生长到某种材种成熟状态时的年限”。

2.4.1 轮伐期的确定

(1) 森林成熟龄是主要依据 该定义的焦点是某材种的成熟龄问题,即采用数量成熟龄,抑或工艺成熟龄来确定短轮伐期的轮伐期问题。

数量成熟龄旨在取得尽可能多的木材,但对于具有特种用途材种规格的短轮伐期栽培来说,在一定的伐期范围内,不仅要求木材产量高,而更重要的是要求合乎一定的长度、粗度和质量的材种规格标准。由于定向培育大量符合要求的材种是短轮伐期经营的首要任务,因此以工艺成熟龄为主确定轮伐期较合适。我们知道,工艺成熟龄是指当林分通过皆伐能提供某种材种的材积最多时的年龄,也就是林分在发育过程中目的材种平均生长量(绝对值)最高定义为工艺成熟龄,因这个时期既增加某种材种的蓄积量,又可增加某种材种的出材率,即在最短期内培育出量多质好的木材。在平均生长量最高时采伐利用,并及时更新造林,那么该林地在这期间内单位面积产量将是最高。所以林业生产上是把平均生长量作为确定工艺成熟龄的基础。

(2) 自然因素 自然因素在确定轮伐期时是不可忽视的一个重要因素,包括木材生长率(生长量),土壤和经营水平等等。

数量成熟是森林生产力达到最高的标志,一般可作为确定轮伐期的最低限度。因为低于数量成熟时,平均生长量尚未达到高峰,不能充分利用林木生产率和林地生产潜力。当然最好是把数量成熟和工艺成熟结合起来考虑轮伐期,既可获得所需的材种,又可以充分利用林地生产力。

同一林地上经过几代轮伐后,尤其是萌芽更新的纯林,林地生产力普遍会衰退,在确定轮伐期时也要考虑土壤因素和维持、恢复地力的肥培等集约经营水平。

在经营集约的短轮伐期人工林时,由于经营水平较高,更新期等于零,从而缩短了生产周期。轮伐期是生产周期的概念,其涵义除包括合理采伐期(主伐年龄)外,还包含有森林更新期限的内容,用公式表示则:

$$u = a \pm v$$

式中:u——轮伐期; a——主伐年龄;

v——更新期(“-v”是伐前更新,“+v”伐后更新)。

在采用萌芽更新,或者采伐后能及时造林,则无更新期,那么, $u = a$ 。由此可见,轮伐期和主伐年龄是两个不同概念,前者是周期的概念,后者是指年龄。但我们在讨论短轮伐期作业时,这两个概念的差异并不十分明显,故常混用。

2.4.2 短轮伐期的伐期类型

一般可根据培育目的分为3种不同的伐期类型。

(1) 超短轮伐期——伐期1~3年

1~3年收获,进行高密度和萌芽更新,生产纸浆材和纤维板材。

加拿大对杨树采用 $0.3\text{m} \times 0.9\text{m}$ 、 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 及 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ 的不同株行距生产纸浆材,2~3年采伐,其林木平均高 $3.4\text{m} \sim 4.5\text{m}$,胸径 $1.8\text{cm} \sim 3.3\text{cm}$ 。

新西兰对柳树采用 $0.3\text{m} \times 0.3\text{m}$ 、 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 的不同株行距,1~2年收获,生产薪炭材,每公顷年产干物质 20t 。

(2) 中短轮伐期——伐期4~10年

加拿大栽植杨树株行距 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$,5年生收获时平均高 $9.4\text{m} \sim 12.7\text{m}$,平均胸径为 $9.4 \sim 12.7\text{cm}$,以做高级纤维材。

巴西栽植的桉树,7~10年采伐,年生物量为 $20 \sim 25\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

菲律宾栽植的银合欢,4~6年采伐,株行距为 $0.3\text{m} \times 0.3\text{m}$,每公顷年产干物质 $20 \sim 25\text{t}$ 。

(3) 短轮伐期——伐期10~15年

培育目的是工业用材,主要是胶合板材。加拿大和美国对杨树采用 $3\text{m} \sim 6\text{m}$ 的株行距,10年采伐,主要培育平均胸径在 18cm 以上,平均树高 20m 的中径级胶合板材。

我校引种的美洲黑杨无性系I-63杨和I-69杨,10年生单位面积蓄积量是 $255\text{m}^3/\text{hm}^2$ 和 $261\text{m}^3/\text{hm}^2$,年平均材积生长量达 $25\text{m}^3/\text{hm}^2$ 和 $26\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。美国南部地区经营水平很高的美洲黑杨人工林,10~20年生年平均高生长 $0.8 \sim 2.0\text{m}$,年平均胸径生长量 $1 \sim 2.5\text{cm}$,年平均材积生长量 $7 \sim 25\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。由此可见,我国各地引种的美洲黑杨南方型无性系的生长量和产量均达到和超过了美国南部地区经营水平很高的杨树人工林,作为短轮伐期经营的人工林,在国内是最高水平。

表3 短轮伐期杨树生长量和产量

Table 3 The growth and yield of poplar clones in short-rotation management system

地区 Location	无性系 Clone	林龄 (年) Stand age	生 长 量 Growth		立木材积 Standing volume (m^3)		年材积生长量 Annual increment of volume (m^3/hm^2)	栽植株行 距 Spacing (m)
			树高 Height (m)	胸径 DBH (cm)	单株 Single tree	公顷 Per hm^2		
江苏 泗阳 Siyang County	I-63	10	28.96	43.84	1.6401	255.85	25.58	8×8
	I-69	10	30.99	42.91	1.6757	261.41	26.14	
	I-72	10	28.85	48.22	1.9773	308.46	30.85	
	I-214	10	26.50	41.51	1.3572	211.72	21.17	
江苏 睢宁 Suiling County	I-63	8	27.50	44.50	1.6126	251.57	31.45	8×8
	I-69	8	26.40	38.30	1.1515	179.63	22.45	
	I-72	8	26.30	44.90	1.5771	246.03	30.75	
	I-214	8	23.00	39.80	1.0996	171.54	21.44	

2.5 其它措施

对超短轮伐期的栽培类型,一般采用矮林萌芽更新作业。许多试验结果都表明,第二次轮伐和第三次轮伐的材积比第一次轮伐多50%以上。随着萌芽代数的增加,产量会逐渐下

降, 萌芽更新的代数, 取决于林地的立地条件情况和集约经营的强度。

对短轮伐期培育胶合板材, 要求采用 2 年生的大苗造林, 造林时苗高可达 6~8m, 剪去下部侧枝, 则第一轮侧枝将在 7~8m 处, 就可以培育出主干圆满通直, 无节良材, 作胶合板材用是十分理想的。

短轮伐期栽培以充足的土壤养分和水分供应为基础, 在某些土壤养分和水分不足的立地中, 施肥和灌溉是十分必要的。

要掌握施肥和灌溉的时间和数量, 以及它们的经济效益, 各国都建立了这方面的试验林分, 结论是肯定的。

3 短轮伐期的木材特性

(1) 材质幼嫩, 纤维短, 细胞壁薄 美国的 J·E·Phelps 等人的研究表明, 3 年生杂交杨无性系在第一个轮伐期内, 其木纤维长为 0.75mm 左右, 这种纤维长度所造的纸质量较差。一般情况下纤维长度是随着树木年龄的增加而增长。据我们对一些杂交杨的新无性系研究, 1~2 年时胸高处的纤维长度在 0.7~0.9mm 之间, 至 6 年生时, 其平均纤维长度达到国际木材解剖学会规定的中级长度纤维(0.91~1.6mm)的标准。

Sirem et al 等人认为短轮伐期的木材细胞壁薄, 它有利于细胞破碎形成相互交接的被状物, 可提高纸张的撕裂强度。

我国广东造纸研究所等单位对桉树短轮伐期木材的研究表明, 6~8 年生的桉树其纤维的质量最适合于造纸。

(2) 晚材比率小, 木材比重小 这说明木材细胞的胞腔大壁薄, 对造纸来说是良材, 但不适于作硬木使用。

(3) 对某些发火力强的树种, 因产量高, 可生产大量的薪炭材 对一些固氮能力强的树种, 短轮伐期产品是良好的饲料和高蛋白原料。

(4) 枝条、树皮的杂细胞含量高, 纤维含量较低 加拿大魁北克造纸研究所的试验证明, 欧美杨无性系 1 年生矮林年浆得率为 44.3% (去皮) 和 37.7% (带皮), 阔叶材去皮标准得率为 46.9%, 略低一些。

4 经济效益的分析

短轮伐期栽培虽然投资很大, 但产量高、收益早, 经济效益还是十分显著的。

如加拿大安大略经营杨树短轮伐期纸浆林, 每公顷每年投资 80 美元, 10 年收获, 每年平均收入 750 美元, 投入产出比为 1:9.5。

南京林业大学在大面积推广黑杨派南方型无性系的试验中, 短轮伐期的经济效益十分显著。如平均每公顷投资 1200 元, 按复息计算每公顷成本为 1495.05 元(复息计算公式: $S = P(1 + E)^{n-1}$)。10 年内平均每公顷产值 32220 元。以 10~12 年为一个轮伐期, 立木蓄积平均每公顷 180m³。林价按市场售价每立方米 250 元, 折算成立木单价 179 元(按出材率 70% 计算)。扣除成本, 每公顷杨树人工林 10 年纯收入 30724.95 元, 年纯收入 3072.50 元, 成本盈利率 2055%, 即投入产出比等于 1:20.5, 大大超过农业的盈利水平。

5 短轮伐期林业的展望

短轮伐期栽培的研究, 在产量生理和良种选育方面进展较大, 在栽培技术和木材特性等方面也做了一定的试验研究, 已经显示出短轮伐期栽培的显著经济效益。但目前的研究还