

# 我国西南桦研究进展\*

## The Study Progress of *Betula alnoides* in China

庞正轰  
PANG Zheng-hong

(广西生态工程职业技术学院, 广西柳州 545004)  
(Guangxi Ecological Engineering College, Liuzhou, Guangxi, 545004, China)

**摘要:** 总结我国近 30 年来西南桦 (*Betula alnoides*) 在生物生态学、种质资源收集保存、育苗技术、造林技术、良种选育技术、病虫害防治技术、生长适应性、生态功能及木材利用技术等方面的研究成果, 分析目前我国西南桦研究上主要存在问题, 提出了今后主要研究方向, 以促进我国西南桦人工林发展。

**关键词:** 西南桦 生物学 生态学 种质资源 育苗 造林 病虫害 木材

**中图分类号:** Q949.736.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7378(2011)03-0243-08

**Abstract:** The previous studies on the aspects of biological and ecological properties, cultivation techniques, collection, conservation and utilization of *Betula alnoides* in China are reviewed. The common problems and the further research trends in the proceeding of the *Betula alnoides* plantation development are assessed to improve the plantation of *Betula alnoides* in China.

**Key words:** *Betula alnoides*, biology, ecology, germ plasm resource, seedling, silviculture, diseases and insect pests, wood

西南桦 (*Betula alnoides* Buch. -Ham. ex D. Don) 是我国热带、亚热带地区优良速生乡土用材林树种和高效的生态公益林树种, 它生长快, 抗性强, 材质优, 价值高, 是制作高档家具和木地板的理想材料, 其林分具有维持生物多样性、涵养水源、保持地力和固定碳素等优良生态特性。2010 年我国西南桦人工林面积已经达到 90000hm<sup>2</sup>。1990 年以前, 我国对西南桦主要开展种源调查和生物生态学特性研究<sup>[1]</sup>。1990 年以来, 我国对西南桦开展了比较系统的研究, 曾杰<sup>[1]</sup>于 2006 年对我国西南桦研究情况进行了回顾。2007 年以来, 我国西南桦研究进一步深入, 取得了一批重大科研成果, 发表了一批重要的科研论文。为了系统地总结我国西南桦研究成果, 分析存在问题, 提升西南桦研究水平, 促进西南桦产业化发展, 现将我国西南桦的研究进展情况

概述如下。

### 1 生物学和生态学特性研究

#### 1.1 地理分布

据曾杰<sup>[1]</sup>、王达明<sup>[2]</sup>等报道, 在我国西南桦主要分布于云南、广西、海南、四川、西藏(墨脱)、贵州等 6 个省(区), 在国外西南桦主要分布在越南、老挝、缅甸、泰国、印度、尼泊尔等 6 个国家; 我国西南桦天然分布最低海拔 200m(广西百色和云南富宁)、最高海拔 2800m; 国外(印度)西南桦天然分布最高海拔 3350m。

#### 1.2 适生条件

据曾杰<sup>[3]</sup>、王献溥<sup>[4]</sup>、王达明<sup>[2]</sup>等研究, 西南桦适合在 pH 值 4.2~6.5 的土壤中生长, 土层厚度 100cm 以上, 年均气温 13.5~21℃, 最适温度 16.3~19.3℃, 极端温度 41.3~-5.7℃; ≥10℃ 的活动积温 3824~7235℃; 年均降雨量 1000~600mm。西南桦具有外生菌根和内生菌根, 是典型的菌根营养型树种, 具有较强的菌根依赖性。菌根能提高树种的抗逆性, 这可能是西南桦适应能力较强的原因

收稿日期: 2011-03-16

作者简介: 庞正轰(1957-), 广西生态工程职业技术学院教授、博士, 主要从事森林培育和林业有害生物控制技术研究。Email: pang-zhenghong21@163.com。

\* 广西林业“十五”科技项目(桂林科字(2001)第 80 号)资助。

之一。

### 1.3 生长规律

黄镜光<sup>[5]</sup>等在广西凭祥市的研究结果表明,西南桦天然林在 15a 以前,年均胸径和树高生长分别超过 1.57cm 和 1.97m,15a 以后,胸径和树高生长减缓,但是材积生长仍然迅速,优势木平均材积生长曲线与连年生长曲线在 40a 生时还未相交。黄镜光等<sup>[5]</sup>对西南桦人工幼林生长节律的结果表明,西南桦分别在 4~5 月、8~9 月出现 2 次生长高峰期,而 6~7 月生长减缓,这可能与高温胁迫有关。王达明等<sup>[6]</sup>在云南省普文林场研究结果表明,1~4a 生西南桦人工林生长十分迅速,胸径生长量最大可达 3.0cm,树高最大可达 4.0m,5a 以后胸径与树高生长减缓,但是材积生长量仍然迅速,研究结论与黄镜光的十分相近。

### 1.4 演替规律

王献溥<sup>[4]</sup>认为在亚热带地区,当常绿阔叶林被砍伐后,桦木常常迅速地侵入发展成林,构成亚热带落叶林的一种重要类型,在自然发展过程中,它们又将向原来的森林类型恢复和演替。

## 2 种质资源调查、种源试验与良种选育

### 2.1 种质资源调查

中国林科院热林所在“九五”期间收集到云南、广西和海南的种源 14 个,“十五”期间收集到种源 30 个、家系 300 个,在表型、等位酶和 DNA 水平上系统地研究了西南桦居群的遗传多样性和遗传结构<sup>[7~10]</sup>。施国政等<sup>[10]</sup>对海南岛西南桦种质资源进行了调查。陈志刚<sup>[9]</sup>等对不同地理种源西南桦苗木耐热性进行了研究。

### 2.2 种源试验

“九五”和“十五”期间,中国林科院热林所与一些单位合作,先后在广州帽峰山、广西凭祥、云南省的景东、普文林场和勐腊、福建的建化和华安等地开展种源选择试验<sup>[5,11~13]</sup>。陈国彪<sup>[14]</sup>2002 年引进云南、广西 25 个种源在福建漳州等地开展了西南桦种源家系试验,1 年生平均树高 1.98m,最高单株达到 3.82m,初步选择出一批优良的种源、家系和单株。郭文福等<sup>[15]</sup>应用 25 个地理种源 400 个家系在广西凭祥开展了西南桦种源家系选择试验,对 1~4a 幼林进行生长性状遗传变异分析,以 4a 生时生长性状作为早期评价,发现大多数优良种源来自广西,认为西南桦种源选择以就近种源为好。郭文福<sup>[16]</sup>对 13 个种源 350 个家系育苗数据进行聚类分析表明,不

同种源及不同家系苗高生长差异显著,在广西凭祥试验点,表现较好的有广西靖西、广西田林等种源,云南种源表现较差,认为在中心分布区内家系选择比种源选择意义更大。黄林青等<sup>[17]</sup>2006 年引进西南桦 25 个家系种源在福建南安五台山开展对比试验,初步显示 25 个种源中,有 8 个种源表现良好,7 个种源生长较差,10 个种源表现中等;郑海水<sup>[12]</sup>选择了 13 个种源在云南景东地区开展西南桦种源试验,结果表明,潞西、屏边、镇源 3 个种源生长表现优良,西马、龙陵和百色 3 个种源表现良好,平果、凭祥、靖西、景洪和田林 5 个种源表现一般。王庆华<sup>[13]</sup>选择了 13 个种源在云南普宁开展西南桦种源试验,结果表明,种源间在种子千粒重、苗高生长、地径生长和全株生物量等方面遗传差异显著,确定云南西畴新马街、莲花塘、腾冲、潞西为苗期生长快种源,云南镇源、屏边、广西田林为苗期生长中等种源,云南龙陵、景洪、广西平果、凭祥、百色、靖西为苗期生长慢的种源。林文锋<sup>[18]</sup>、林玉清<sup>[19]</sup>在福建也开展了西南桦种源试验。

### 2.3 优良种源及优良家系选择

陈强等<sup>[20]</sup>开展了西南桦天然林优树选择试验;通过对西南桦分布区的调查,实测了 25 个县 261 株西南桦候选优树的数量性状、质量性状及环境因子,对候选优树 9 个性状进行相关分析后选择出材积和通直度作为西南桦选优的主要性状;采用数量化回归的方法来制定优树选择的指标,建立了各立地因子、林分类型和树龄与材积的多元数量化模型,复相关系数 0.92。庞正轰等 2001~2010 年在广西百色凌云等地开展了西南桦天然优质林分和优良单株选择研究(待发表),选出了天然林优质林分 100hm<sup>2</sup>,优良单株 9 株,并从优良单株上采种造林,在海拔 400~950m 范围内表现良好,其中 6 年生林分平均树高 14.4m,平均胸径生长 14.2cm。周凤林等<sup>[21]</sup>以广西、云南 407 个西南桦家系为材料,开展了优良种源选择、苗期优良家系选择、2 年人工林生优良家系选择试验,表现最好的家系,实际增益 112.58%。郭文福<sup>[16]</sup>、毕波<sup>[22]</sup>、王庆华等<sup>[14]</sup>也开展了西南桦优良种源、优良家系选择试验研究。

庞正轰等 2010 年在百色市右江区和田林县 4 个年龄组的西南桦试验林中选出优质林分 6 片、选出材积比平均木大 100% 以上的优树 15 株(待发表),其中,4.5a 生优树树高 11.8m,胸径 13.5cm,5.5a 生优树树高 13.2m,胸径 16.3cm;6a 生优树树高 14.8m,胸径 20.4cm;6.5a 生优树树高 15.2m,胸

径 21.7cm。

### 3 育苗技术研究

#### 3.1 种子采收

据翁启杰等<sup>[23]</sup>2004年报道,种子采收时间,广西1~3月,云南2~3月,滇西北高海拔地区以及海南岛3~4月。采收方法,大多采用人工爬树法进行采集。

#### 3.2 种子贮藏

黄芬林<sup>[24]</sup>1995年采用不同贮藏方法和不同发芽条件下对西南桦种子发芽率进行试验,结果表明,西南桦种子宜采用低温(8~12℃)密封贮藏或暗藏方法,这两种方法可较长时间(90d以上)保持西南桦种子发芽能力。曾杰等<sup>[25]</sup>2001年对西南桦种子贮藏设置了干燥、布袋、保鲜袋以及系列温度处理对比试验,结果表明,布袋与保鲜袋处理对种子贮藏影响极不显著,在常温常规条件下,种子贮藏3个月即失去发芽力;在常温干燥条件下,贮藏10个月种子发芽率未显著下降;在15℃条件下,贮藏10个月几乎失去发芽力;在10℃、5℃、0℃、-5℃条件下,贮藏3年,种子发芽率仍然达到80%,效果十分理想。

#### 3.3 种子发芽

陈国彪等<sup>[26]</sup>2005年对采自广西和云南9个西南桦种源种子,设置了15℃、20℃、25℃、30℃温度处理,结果表明,在不同温度条件下种源间的发芽率差异不显著,而发芽速度、芽苗根生长、茎生长、发芽始期、子叶出现期等差异显著。龙州种源种子发芽最快,生长最好,25℃是芽苗茎生长最适温度,根生长最适温度20~25℃。程伟等<sup>[27]</sup>2007年应用各种浓度蔗糖、蔗糖+硼酸培养基于系列温度下开展西南桦花粉萌发对比试验,结果表明,蔗糖基本培养基上添加硼酸能够显著促进西南桦花粉萌发,花粉体萌发的合适培养基为15%蔗糖+200mg/kg硼酸,适宜温度为30℃,在此条件下培养3h,花粉萌发基本稳定,培养7h,花粉管长度趋于稳定。刘宝等<sup>[28]</sup>2008年以离体培养为参照,从TTC、I-KI、醋酸洋红3种方法中筛选出适宜西南桦花粉活力的快速检测方法,结果表明,TTC法检测结果与萌发检测法一致,这说明可采用TTC法在野外条件下快速检测西南桦花粉活力。

#### 3.4 实生苗培育技术

2000年以前,人工造林以培育裸根苗为主,2000年以后以培育容器苗为主,2006年以来开展轻基质容器育苗。郑海水等<sup>[29]</sup>1998年开展了育苗

基质选择试验,结果表明,以黄心土1:火烧土3、黄心土2:河沙2的效果最好,苗木地径粗壮,高径比小,苗木重量大,根系发达;纯黄心土育苗效果最差,黄心土+泥炭基质雨季育苗效果也不好。黎明<sup>[30]</sup>、蒙彩兰<sup>[31]</sup>等2007年开展了轻基质育苗试验,每年8~9月播种,待芽苗具4~6片真叶时,移入网袋,基质以松皮粉35%+沤制锯末50%+碳化锯末15%,翌年2~3月,大部分苗木地径大于0.25cm,苗高大于0.20m,实践证明,轻基质网袋育苗技术可以应用于工厂化育苗。蒋云东<sup>[32]</sup>对育苗容器规格进行研究,认为应使用7×8cm的容器。王凌晖等<sup>[33]</sup>应用ABT6、GA3对西南桦苗木进行叶面喷施试验,结果表明,这两种植物生长调节剂对苗木高生长、地径生长、根系生长和苗木重量都有明显的促进作用。杨斌等<sup>[34]</sup>2003年采用逐步聚类分析方法,对西南桦容器苗苗木分级进行了探讨,提出了以苗高和地径作为分级的质量指标,1级苗:苗高≥25.2cm,地径≥0.26cm;2级苗:25.2cm<苗高≥19.9cm,0.26cm<地径≥0.21cm。尹加笔等<sup>[35]</sup>2007年在云南保山采用塑料大棚育苗方法,用100d左右时间培育出符合出圃标准的苗木,做到当年采种(3~4月)、育苗(3~4月)与造林(8月)相衔接,减少长时间低温贮藏种子环节,缩短了育苗时间,降低了育苗成本。周志美等<sup>[36]</sup>2007年在云南德宏州采用双层膜育苗技术,在播种出苗期采取在育苗大棚内又盖小棚的方法,提高了种子发芽率和幼苗生长速度,较常规育苗方法缩短了育苗时间,降低了育苗成本,提高了育苗质量。蒋云东等<sup>[37]</sup>2003年在云南普文对西南桦进行苗木施肥试验,结果表明,复合肥能明显提高苗木的高生长、地径生长和生物量,施肥量一般以0.5%~1.0%为宜,尿素对苗木生长也有明显的促进作用,钙镁磷肥在育苗生产中不宜采用,合理施肥能够缩短苗木出圃时间1~2个月。弓明钦等<sup>[38]</sup>2000年分别对西南桦幼苗实施VA菌根和ECA菌根接种试验,结果表明,西南桦幼苗对两个类型的菌根均可受感染,对菌根均有较强的依赖性,对外生菌根依赖性较强,接种菌根的苗木可在150~180d后出圃造林,与对照苗木相比,可以提前5个月出圃造林。

#### 3.5 扦插育苗技术

陈伟等<sup>[39]</sup>2004年对西南桦不同种源扦插生根能力进行了研究,试验结果表明,从幼树上采集枝条经过ABT生根粉处理,生根率74%以上,最高达97.56%。曾杰等<sup>[40]</sup>的研究表明,西南桦在不采用

任何生根促进剂条件下,生根率为28%,采用生根促进剂的生根率达到80%。湛红辉等<sup>[39]</sup>2009年开展了西南桦嫩枝扦插技术研究,以西南桦优良无性系组培苗作为采穗母树,从母树生长状况与产穗量方面考虑,母树截干高度20~30cm为宜;采穗母树应筛选萌芽力强、侧枝粗壮发达的无性系培育;西南桦扦插生根制剂吲哚丁酸(IBA)的合理使用浓度为0.08%;不同无性系插穗生根数量差异较大;截干高度越低,萌芽条的生根成活率越高。西南桦嫩枝扦插育苗对于快速繁殖优良无性系苗木是一个有效的途径。但是,至2010年西南桦扦插育苗还没有大规模地开展。

### 3.6 组织培养技术

西南桦组织培养是以芽繁芽的方式为主。樊国盛等<sup>[41]</sup>2000年开展了西南桦组织培养研究。韩美丽等<sup>[42]</sup>2002年以MS为基本培养基,在MS改良培养基上开展诱导试验,附加1~3mg/LBA,可诱导西南桦侧芽再生不定芽,添加1.0mg/LKT可以明显提高不定芽发生率,组培苗所需要的生根条件为1/2MS+IBA0.5~1.0mg/L。刘英等<sup>[43]</sup>2003年以MS为基本培养基,以8个月生苗木采集的枝条作为外植体,通过调整大量元素配比突破了侧芽增殖诱导,成功地研发出一套西南桦以芽繁芽组培快繁技术体系,增殖倍数达4倍以上,生根率可达97.9%。陈伟等<sup>[44]</sup>对西南桦不同种源外植体组织培养中的启动培养、增殖培养、生根培养进行研究,用优良单株近基部枝条的第2个、第3个腋芽,以B5为启动培养基,0.05 mg/L的NAA处理下,启动萌动率最高;以改良MS1为增殖培养基,激素配比ZT(2 mg/L)+NAA(0.2 mg/L)时,增殖效果最好;以1/3MS为生根培养基,激素配比为IBA(1.0mg/L)+NAA(0.2 mg/L)+ABT1=(0.2 mg/L)时,生根效果最好,在不同种源的各项试验中,以种源M16表现最好。汪长水<sup>[45]</sup>对西南桦不同种源优选株系萌芽条离体快繁技术的初代培养、增殖培养、生根培养和移栽等方面进行研究,初代培养最适培养基为改良MS+6-BA 3.0mg/L+NA A 0.25 mg/L+光照14h/d,芽体分化率最高达57.8%;最适增殖培养基为改良MS+6-BA 2.5mg/L+NAA0.25mg/L+糖35g/L;生根培养基为1/2改良MS+IBA1.0mg/L+NAA0.1mg/L+IAA 0.10mg/L;组培苗移栽基质为70%泥炭土+30%红心土。中国林科院热林中心湛红辉等<sup>[46]</sup>对西南桦的叶芽组培技术进行研究,发现在外植体

诱导培养基中加入少量抗氧化剂以及多次转接可以诱导分化并有效防止褐化;最适宜的增殖培养基为MS+6-BA1.0 mg/L+KT0.5 mg/L+NAA0.1 mg/L,增殖系数可达3.4,生根培养基经正交试验筛选为1/2MS+NAA1;他们于2007年成功地培育出了西南桦组培苗,并于2008年在广西天峨县林朵林场、百色老山林场等地开展造林试验。

### 3.7 嫁接技术

黎明、赵志刚等开展了西南桦幼苗嫁接试验。黎明等<sup>[47]</sup>认为西南桦嫁接时间可在2~3月或9~10月进行,以9~10月为佳,采用芽接法,成活率可达80%以上。赵志刚等<sup>[38]</sup>认为嫁接的最佳时期应是9月下旬,砧木直径应以大于0.5cm为宜。

## 4 造林技术研究

### 4.1 整地造林技术

黄镜光<sup>[5]</sup>、赵子庄<sup>[48]</sup>、郑海水<sup>[11]</sup>等从1991年至2001年分别在广西凭祥、云南和海南等地开展了造林技术研究,整地方式一般采用带垦或穴垦方式。挖种植穴,规格40cm×40cm×35cm或50cm×50cm×40cm,初植密度一般为2m×3m或3m×3m。春季造林或雨季造林成活率较高。郑海水等<sup>[11]</sup>2003年在广西凭祥研究了西南桦造林密度与林木生长的关系,6a生幼林试验结果:密度对树高生长有影响但不显著,密度与胸径生长呈显著负相关关系;3m×3m林分的平均胸径分别比1.5m×2m、2m×2m、2m×3m高32.3%、28.4%、11.6%。单株材积生长与密度呈负相关关系,林分蓄积与密度呈正相关关系;培育中大径材,建议采用2m×2m、3m×3m的株行距。李跟前等<sup>[49]</sup>2001年根据样地调查资料,分析了西南桦人工幼林生长与立地条件的关系,结果表明,林分上层高和平均高与立地腐殖质层厚度、坡位(从山顶到山脚)呈正相关关系,与土壤紧实度和石砾含量呈负相关关系,建立了回归模型,为西南桦人工林立地选择和立地质量评价提供了依据。

### 4.2 混交林造林技术

杨绍增等<sup>[50]</sup>1996年研究了西南桦与马占相思(*Acacia mangium* Willd)的行间混交,认为西南桦与马占相思混交是可以的,西南桦2:马占相思1的混交比例优于西南桦2:马占相思2、西南桦1:马占相思1。一些天然林调查结果表明,西南桦可与壳斗科(Fagaceae)、樟科(Lauraceae)、山茶科(Theaceae)、松科(Pinaceae)、杉科(Taxodiaceae)等

的一些树种混交<sup>[2,3,51]</sup>。于是,有人采用西南桦 1:马尾松 1 进行混交,结果造成马尾松严重受压<sup>[5]</sup>。

### 4.3 抚育和施肥技术

高温与强光对西南桦幼林生长不利,因此,在造林当年不宜采用全面抚育,而采用带状或扩穴抚育,以免造成幼树灼伤。造林第 2a 可以全面抚育。

蒋云东等<sup>[37]</sup>2003 年在云南开展了西南桦苗木施肥试验。庞正轰等 2005~2008 年在广西田林县开展了西南桦人工幼林施肥试验(待发表)。周燕萍等 2008~2010 年在广西天峨县林朵林场开展了西南桦人工幼林施肥试验(待发表),这些研究结果表明,适当施用复合肥对西南桦幼林生长有较明显的促进作用。

## 5 生长适应性和丰产性研究

庞正轰等于 2001~2010 年在广西百色市田林县老山林场海拔 400~1450m 范围内开展 7 个不同海拔高度的西南桦生长适应性和丰产性试验研究(待发表),结果表明,西南桦最适海拔高度为 400~950m,适生年均气温 15.6~21.1℃,年均降雨量 1000~1350mm;海拔过低或过高对西南桦生长都不利,海拔 400m 以下,气温较高、湿度较低,西南桦生长较低;海拔 1250m 以上,气温低、湿度大,西南桦容易遭受低温雨雪灾害;在海拔 400~950m 范围内,6a 生试验林,平均树高 14.0m,平均胸径 14.0cm,平均蓄积量 133.96 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,超过了我国阔叶人工林丰产技术标准。

## 6 有害生物控制技术研究

### 6.1 病虫种类及危害情况

西南桦苗圃病虫害与松杉病虫害非常接近。幼林病虫害种类目前发现不多,局部危害严重。苏俊武等<sup>[52]</sup>2002 年在云南普文林场发现刺蛾危害、德宏州林业局发现天牛危害。庞正轰等 2005~2010 年在广西凭祥、百色、河池、贺州等地发现木蠹蛾、灯蛾、舟蛾、溃疡病、桑寄生等病虫害西南桦人工林(待发表),2005 年中国林科院热林中心(凭祥)20hm<sup>2</sup>西南桦人工林被木蠹蛾危害严重,有虫株率 90%、平均每株有虫 2 条以上,最多达到 8 条;2008 年百色老山林场试验林 60 hm<sup>2</sup>在 9~10 月间,叶子几乎全被吃光,形如火烧。陈尚文等<sup>[53,54]</sup>2005 年调查了广西乐业县西南桦人工林有害生物种类,共发现有有害生物 23 种。刘建波等<sup>[55]</sup>2008 年研究了西南桦星天牛幼虫种群空间分布格局,应用聚集度指

标法、回归分析法对危害桦树的星天牛幼虫种群空间分布格局进行研究,结果表明,星天牛幼虫在桦树林内呈聚集型分布状态,分布的基本成分为个体群,个体之间相互吸引又保持一定的排斥距离;星天牛幼虫的种群类型归属于“聚集度逆密度制约型”。

### 6.2 防治技术

对西南桦苗圃病虫害防治技术研究较多,一般采用化学防治方法控制病虫害。对幼林食叶害虫采用了喷施敌百虫、敌敌畏等化学药液进行防治,效果良好。对蛀干害虫几乎没有开展防治试验。

## 7 生态效益研究

### 7.1 生物多样性

陈宏伟等<sup>[7]</sup>分别于 1999 年、2002 年对云南西双版纳西南桦人工林群落结构进行了研究,结果表明,西南桦人工纯林或混交林的群落种类组成与其造林前的成分大致相同,各种类型西南桦人工林均具有丰富的层间藤本植物,体现出山地雨林特征,西南桦+马占相思混交林、西南桦纯林的下层植被生物多样性指数高,接近邻近的山地雨林,林下鸟类、昆虫种类丰富,且有兽类出没,可见西南桦人工林能够保持生物多样性。

### 7.2 涵养水源

孟梦等<sup>[56]</sup>利用蘸水法研究了云南普文林场 14a 西南桦人工纯林的乔、灌、草、枯落物等 4 个层次的最大持水能力和土壤蓄水能力,得出西南桦全林分最大持水量为 62.93mm,其中植被层、枯枝落叶层、土壤层的最大持水量分别为 0.62mm、0.81mm、61.50mm。可见,西南桦林分具有良好的水源涵养功能。西南桦林地持水量占全林持水量的 97%以上,枯枝落叶层最大持水量一般为自身重量的 1 倍以上,因而改善土壤的物理性质,保留林内枯落物层,对提高整个森林系统蓄水能力将起到非常重要的作用。

### 7.3 维持地力

蒋云东等<sup>[37]</sup>1993~1998 年在云南普文研究了西南桦人工纯林地力变化情况。通过对西南桦人工幼林土壤肥力 6a 的定位监测,结果表明,西南桦人工幼林期基本不会导致土壤有机质、氮素、有效 P 含量下降,但是会导致土壤有效 K 含量下降;采用 GM(1,1)模型预测今后 5 年,西南桦人工幼林的土壤有机质和有效 P 含量总趋势为上升;土壤全 N 和有效 N 含量变化不大;土壤有效 K 含量则明显下降。在营林生产中适当施用钾肥,可防止林地有效

K 含量下降。

#### 7.4 固定碳素

李江等<sup>[57]</sup>利用实际测定生物量的方法对西双版纳的几种阔叶人工林生态系统的碳储量进行了研究。7a 生西南桦人工林、山桂花纯林、西南桦+山桂花混交林、西南桦+高阿丁枫混交林的碳密度分别为:122.44t/hm<sup>2</sup>、109.37 t/hm<sup>2</sup>、115.71 t/hm<sup>2</sup>、112.37 t/hm<sup>2</sup>,明显高于油松、马尾松、杉木、柳杉、水杉和桉树。年固碳量,西南桦纯林为 4.17 t/hm<sup>2</sup>·a,山桂花纯林为 3.97t/hm<sup>2</sup>·a,这与国际大气变化组织 IPCC 温室气体调查中使用的热带人工林年固碳量估计值(3.4~7.5 t/hm<sup>2</sup>·a)是一致的。每年吸收固定的碳量明显高于当地的热带次生林(2.33/hm<sup>2</sup>·a),暖温带落叶阔叶林(2.19 t/hm<sup>2</sup>·a),表明西南桦是固碳的优良树种。

#### 7.5 绿化美化环境

陈朝飞等<sup>[58]</sup>认为,西南桦树冠舒展,枝条细长,树形优美,季相变化明显,一般旱季落叶,嫩绿的树冠在秋末到春初格外引人注目,可以作为森林公园、城市道路两旁绿化造林树种。

### 8 木材利用技术研究

西南桦木材气干容重 0.62~0.67g/cm<sup>3</sup>,纹理通直,颜色较浅。刘元等<sup>[59]</sup>采用百度试验法研究了西南桦木材干燥技术,认为采用蒸煮预处理的常规干燥法是西南桦较为适用的干燥法。吕文华等<sup>[60]</sup>通过显微切片观察化学成分和 FTIR 图谱分析,研究了西南桦木材蓝变、黄变或黄褐变,研究了西南桦木材变色的主要原因。吕建雄等<sup>[61]</sup>通过对西南桦人工林木材南北向、近髓心和近树皮 2 个不同径向位置的力学性质以及气干密度进行了研究,结果表明,南北向的不同对西南桦人工林木材的大多数力学性质测定项目和气干密度无显著影响。

### 9 主要存在问题和态势

#### 9.1 主要存在问题

近 30 年来,我国在西南桦研究中取得了重大进展,但是,仍然存在着三大问题。一是研究内容比较分散,重点不够突出。目前,我国西南桦没有像桉树、松树、杉木那样形成产业化的主要原因是良种选育技术、苗木快繁技术没有完全过关。这与研究内容过于分散、研究重点不够突出有关。长期以来,研究重点主要放在种源试验和育苗技术方面,但是至今为止,还没有从根本上解决西南桦良种问题,此

外,人工林栽培技术规范以及木材开发利用等问题也没有得到很好解决。二是研究方法比较落后。到目前为止,我国西南桦几乎都是采用传统研究方法,在宏观上没有应用 RS、GIS、GPS 技术,在微观上没有应用电镜技术、生物化学技术、生物分子学技术等,研究方法上没有创新、突破,其研究水平和研究成果比较平淡。三是研究成果没有及时推广应用。由于重视程度不够以及林业行业发展相对滞后等原因,我国西南桦研究成果大多数都没有得到推广应用,致使研究缺乏后劲。有些地方,将西南桦(适合在海拔 400~1000m)误认为光皮桦(适合在海拔 1000~2500m),没有按照适地适树原则造林,在海拔较高地区(1000m 以上)种植了西南桦,结果在 2008 年春季冰灾中,造成了大量西南桦幼林受灾;在海拔较低地区(200m 以下)种植光皮桦,致使林分生长很差,严重遭受各种病虫害危害。

#### 9.2 发展态势

##### 9.2.1 良种选育技术从种质资源调查和种源试验向规模化系统化选育方向发展

经过近 30 年的种质资源调查,对全国西南桦种源已经有了比较全面的了解。因此,种质资源调查已经不是当前的研究重点。近年来,开展较大规模种源对比试验和家系试验,得出了一些初步结果,开展了苗期和幼林期优树选择试验,但是试验结果还需进一步验证。今后将开展人工林中龄林和成熟林期的优树选择试验、优良家系选择试验、优良无性系选择试验等,还可能开展杂交育种试验和太空育种试验等,将良种选育研究工作推向新的高度,选择出真正适应于各地推广应用的优良无性系。

##### 9.2.2 育苗技术从实生苗繁育为主向无性繁育为主方向发展

实生苗的西南桦人工林分化比较严重,而组培苗的人工林分化较小。发展组培苗的西南桦人工林应当是今后的重要发展方向。要实现这个目标,首先,要解决西南桦无性繁殖技术问题。然后,解决无性苗的工厂化生产问题。虽然西南桦组织培养已经获得成功,但如何降低育苗成本,提高苗木质量还有待深入研究;扦插繁育技术还没有成功,还有待研究。因此,今后的研究重点应当是在优良无性系选择成功基础上,积极推进良种工厂化配套育苗技术研究。

##### 9.2.3 栽培技术从单一技术向综合技术(标准化)方向发展

如何解决西南桦人工林适地适树和优质高产问

题,应是今后一个时期的研究重点。采用系统的、规范化的技术是解决这个问题的关键。2006年以前,中国林科院热林所、中国林科院热林中心以及云南省有关单位对西南桦栽培技术进行了研究和总结,2010年云南德宏州拟定了《西南桦栽培技术》,2011年3月广西生态工程职业技术学院拟定了《广西西南桦丰产技术标准》,但是,这些标准都是地方标准,仅适合云南德宏州和广西,不一定适合其它省市,从全国范围来看,应当使用国家标准或行业标准。因此,应当在深入系统研究基础上,将育苗技术、栽培技术、抚育施肥技术、病虫害防治技术、密度控制技术等进行组装配套,形成综合技术,制订行业标准或国家标准。只有这样,西南桦才能走向科学化、规范化和标准化发展道路。

#### 9.2.4 利用技术从木材利用向综合利用方向发展

西南桦木材高效利用技术是引领西南桦产业化发展的技术关键。西南桦生态效益显著,是很好的生态型树种,同时,西南桦的经济效益很高,又是重要的经济型树种。发展西南桦人工林,以获取它的经济效益为主。2009年以前,对西南桦生物学生态学特性以及木材利用等进行了一些研究。但是,这些研究不够系统深入。随着西南桦人工林面积的不断扩大,对西南桦木材开发利用的研究势必不断深入。今后,对西南桦木材利用研究不会只停留在粗加工方面,更重要的是向深加工、精细加工和综合利用方向发展,充分挖掘其经济潜力。

#### 参考文献:

- [1] 曾杰,郭文福,赵志刚,等.我国西南桦研究的回顾与展望[J].林业科学研究,2006,19(3):379-384.
- [2] 王达明.西南桦的分布与生态环境[C].热区造林树种研究论文集,昆明:云南科技出版社,1996:99-105.
- [3] 曾杰,郑海水,翁启杰,等.我国西南桦的地理分布与适生条件[J].林业科学研究,1999,12(5):479-484.
- [4] 王献溥,李俊清.广西的南桦林和西桦林及其演替趋向[J].武汉植物学研究,1998,16(4):325-334.
- [5] 黄镜光,冯益谦.西南桦人工栽培试验初报[J].林业科学研究,1991,4(增刊):99-103.
- [6] 王达明,冯弦,王庆华,等.西南桦人工林生长过程研究[J].广西林业科学,2003,32(1):17-19.
- [7] 陈宏伟,刘永刚,冯弦,等.西南桦人工林群落物种多样性特征研究[J].广西林业科学,2002,31(1):5-11.
- [8] 陈宏伟,刘永刚,冯弦,等.云南西双版纳西南桦人工林群落结构初步研究[J].广西林业科学,1999,28(3):99-105.
- [9] 陈志刚,谢宗强,郑海水.不同地理种源西南桦苗木的耐热性研究[J].生态学报,2003,23(11):2327-2332.
- [10] 施政国,周铁烽,曾杰,等.海南岛西南桦的地理分布及其种质资源现状[J].热带林业,2004,32(3):45-47.
- [11] 郑海水,曾杰,翁启杰,等.西南桦的栽培技术[J].林业科学研究,2001,14(6):668-673.
- [12] 郑海水.不同种源西南桦在云南景东地区的生长差异[J].林业科学研究,2005,18(6):657-661.
- [13] 王庆华,陈玉培,郑海水,等.不同西南桦种源的苗木变异性研究[J].云南林业科技,1999(1):41-48.
- [14] 陈国彪.福建漳州西南桦种源家系试验初报[J].福建林业科技,2005,32(3):78-81.
- [15] 郭文福,曾杰,黎明.广西凭祥西南桦种源家系选择试验:幼林生长性状的变异[J].林业科学研究,2008,21(5):652-656.
- [16] 郭文福.西南桦种源(家系)联合试验苗木生长观察[J].广西林业科学,2005,34(2):63-68.
- [17] 黄林青.福建南安五台山西南桦不同种源生长差异比较[J].福建林业科技,2006,33(4):146-151.
- [18] 林文锋.福建南安五台山西南桦种源家系试验初报[J].广东林业科技,2008,24(1):16-21.
- [19] 林玉清,黄伟强,陈国彪,等.立地对西南桦不同种源生长的影响[J].福建林业科技,2007,34(2):5-9.
- [20] 陈强,周跃华,常恩福,等.西南桦优树选择的研究[J].浙江林学院学报,2005,22(3):291-295.
- [21] 周凤林,史富强.西南桦优良家系的早期选择[J].云南农业大学学报,2005,20(5):627-631.
- [22] 毕波,陈强,周跃华,等.西南桦优良家系苗期选择的研究[J].广西林业科学,2005,34(2):58-62.
- [23] 翁启杰,曾杰,郑海水.西南桦育苗技术研究[J].林业实用技术,2004(5):20-22.
- [24] 黄芬林.西南桦种子贮藏发芽初报[J].广西林业科学,1995,24(4):215-217.
- [25] 曾杰,翁启杰,郑海水.西南桦种子贮藏试验[J].林业科学研究,2001,14(4):430-434.
- [26] 陈国彪,曾杰,翁启杰,等.温度对西南桦种子的萌发的影响研究初报[J].广东林业科技,2005,21(1):19-21.
- [27] 程伟,赵志刚,曾杰,等.西南桦花粉离体萌发的适宜条件与萌发特性[J].林业科学研究,2007,20(2):209-212.
- [28] 刘宝,程伟,赵志刚,等.西南桦花粉活力的快速检测[J].林业科技,2008(1):13-14.
- [29] 郑海水,曾杰,翁启杰.西南桦育苗基质选择试验初报[J].林业科技通讯,1998(10):23-25.
- [30] 黎明,郭文福,蔡道雄,等.以松树皮为基质的西南桦容器苗培育技术[J].福建林业科技,2007,34(1):43-45.

- [31] 蒙彩兰,黎明,郭文福.西南桦轻基质网袋容器育苗技术[J].林业科技开发,2007,21(6):104-105.
- [32] 蒋云东,王达明,杨德军,等.热区几种阔叶树种的育苗基质和容器规格研究[J].云南林业科技,2003(4):19-23.
- [33] 王凌晖,韦原莲,丁允辉,等.植物生长调节剂对西南桦苗木生长的影响[J].广西植物,2002,22(5):458-462.
- [34] 杨斌,赵文书,陈建文,等.西南桦容器苗苗木分级研究[J].云南林业科技,2003(2):17-21.
- [35] 尹加笔.德宏州西南桦双层膜育苗技术研究[J].林业调查规划,2007,32(3):160-163.
- [36] 周志美.西南桦百日苗培育技术[J].林业实用技术,2007(3):23-24.
- [37] 蒋云东,王达明,邱琼,等.7种热带阔叶树种的苗木施肥试验[J].云南林业科技,2003(2):17-21.
- [38] 弓明钦,王风珍,陈羽,等.西南桦对菌根的依赖性及其接种效应研究[J].林业科学研究,2001,13(1):8-14.
- [39] 湛红辉,蒙彩兰,农淑霞,等.西南桦嫩枝扦插育苗技术研究[J].林业实用技术,2009(12):20-21.
- [40] 曾杰,王中仁,周世良,等.广西区西南桦天然居群遗传多样性的研究[J].植物生态学报,2003,27(1):66-72.
- [41] 樊国盛,邓莉兰.西南桦组织培养研究[J].西南林学院学报,2000,20(3):147-151.
- [42] 韩美丽,李雪生,陆荣生.西南桦离体再生系统研究[J].广西农业科学,2002(3):122-123.
- [43] 刘英,曾炳山,裘珍飞,等.西南桦以芽繁芽组培快繁研究[J].林业科学研究,2003,16(6):715-719.
- [44] 陈伟,施季森,陈金慧,等.西南桦不同种源外植体组织培养技术[J].南京林业大学学报,2007,31(1):27-30.
- [45] 汪长水.西南桦优选株系组培快繁技术研究[J].林业勘察设计,2009(1):69-73.
- [46] 湛红辉,曾杰,贾宏炎.西南桦离体培养再生植株技术[J].林业实用技术,2001(10):21-22.
- [47] 黎明,卢志芳.西南桦嫁接培育技术[J].林业实用技术,2005(6):25.
- [48] 赵子庄.西南桦造林技术[J].农村实用技术,2000(4):16-17.
- [49] 李跟前,王波,聂新军,等.西南桦人工幼林与立地条件的关系[J].西南林学院学报,2001,21(3):129-132.
- [50] 杨绍增,王瑞荣,王达明.马尖相思人工混交林试验初报[J].云南林业科技,1996(2):31-39.
- [51] 曾杰,郑海水,甘四明,等.广西西南桦天然居群的表型变异[J].林业科学,2005,41(2):59-65.
- [52] 苏俊武,王达明,李莲芳,等.西南桦育苗造林及丰产管理技术[J].林业科技开发,2002,16(6):24-26.
- [53] 陈尚文.西南桦扩种后昆虫演化的初步研究[J].现代教育教学探索,2007,3(6):48-49.
- [54] 陈尚文.广西乐业县主要林木有害生物发生对生态的影响及监测治理[J].现代教育教学探索,2010,6(9):62-63.
- [55] 刘建波.桦树星天牛幼虫种群空间分布格局分析[J].福建林业科技,2008,35(2):91-95.
- [56] 孟梦,陈宏伟,刘永刚,等.西双版纳西南桦山桂花人工林水源涵养效能研究[J].云南林业科技,2002(3):46-49.
- [57] 李江,陈宏伟,冯弦,等.云南热区几种阔叶林C储量的研究[J].广西植物,2003,23(4):294-298.
- [58] 陈朝飞,陈安.西南桦的生物学生态学特性及其在我省的引种现状[J].广东林业科技,2003,19(1):15-17.
- [59] 刘元,胡进波,长姗姗,等.西南桦木材干燥特性与干燥方法及其工艺[J].中南林学院学报,2005,25(2):15-20.
- [60] 吕文华,肖绍琼,木乔英.西南桦木材变色的主要原因[J].北京林业大学学报,2002,24(4):107-110.
- [61] 吕建雄,骆秀琴,蒋佳荔,等.红椎和西南桦人工林木材力学性质研究[J].北京林业大学学报,2006,28(2):118-122.

(责任编辑:邓大玉)