

我国西南桦研究的回顾与展望

曾杰¹, 郭文福², 赵志刚¹, 翁启杰¹, 尹光天¹, 郑海水¹

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520 2 中国林业科学研究院热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600)

摘要: 西南桦是我国热带、南亚热带地区的一个优良乡土阔叶树种, 具有重要的生态和经济价值, 目前推广面积已逾 5 万 hm^2 , 且仍呈良好的发展势头, 已成为该地区造林面积最大的乡土阔叶树种。本文从生物学生态学特性, 栽培技术, 种质资源的收集、保存与应用以及人工林生态效益等方面回顾了我国以往西南桦的研究工作, 评述了西南桦人工林大规模发展过程中出现的问题, 并就其解决办法提出建议, 据此提出了未来优先研究方向。

关键词: 西南桦; 驯化; 良种选育; 栽培技术

中图分类号: S796 文献标识码: A

Domestication of *Betula alnoides* in China: Current Status and Perspectives

ZENG Jie¹, GUO Wenfu², ZHAO Zhigang¹, WENG Qijie¹, YIN Guangtian¹, ZHENG Haishui¹

(1 Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong China)

2 Experimental Centre of Tropical Forestry, CAF, Pingxiang 532600, Guangxi China)

Abstract *Betula alnoides* Buch-Ham. ex D. Don is an indigenous hardwood species in tropical and warm subtropical zones in China. It is of great ecological and economic value and is the most popular native hardwood species in these zones with plantation area more than fifty thousand hectare up to date. Here previous studies on *B. alnoides* are reviewed at aspects of biological and ecological properties, cultivation techniques, collection, conservation and utilization of genetic resources, and ecological benefits of plantations of this species. The common problems in the proceeding of its plantation development are also assessed. Priority is pointed out for further researches on this species. The aim is to accelerate researches on *B. alnoides* for sustainable development of its plantations.

Key words *Betula alnoides*; domestication; genetic improvement; cultivation techniques

西南桦 (*Betula alnoides* Buch-Ham. ex D. Don) 是我国热带、南亚热带地区的优良用材树种和生态公益林树种, 其树干通直圆满, 木材具有密度适中, 纹理优美, 不翘不裂, 易于加工等优良特性, 被应用于制作木地板、高档家具, 也是室内装饰、单板贴面的理想材料, 具有较高的经济价值^[1]; 且西南桦的生态价值亦日益为人们所认识, 西南桦人工林具有维持生物多样性、涵养水源、保持地力以及固定碳素

等优良生态特性^[2-5]。因此, 西南桦在该地区被广泛应用于荒山绿化、低产低效林分改造、生态公益林营建以及优良速生用材林基地建设。据不完全统计, 其造林面积已逾 5 万 hm^2 , 且仍呈良好的发展势头, 成为我国热带、南亚热带地区造林面积最大的乡土阔叶树种。

与其它树种一样, 西南桦在其大规模人工林发展过程中, 亦出现了诸如蛀干害虫危害、林木严重分

收稿日期: 2005-11-01

基金项目: 国家自然科学基金项目: “异质景观中西南桦天然居群遗传变异的时空格局” (30400345)、国家“十五”科技攻关专题“南方主要速生阔叶树种新品种选育及培育技术”子专题“西南桦良种选育与高效栽培” (2002BA515B0204) 以及中央级科研院所基础性工作专项资金项目“森林植物种质资源收集、保存与编目”子课题“热带雨林、季雨林种植资源收集、保存与编目” (2002DEA10009-04) 的一部分

作者简介: 曾杰 (1969-), 男, 湖南邵东人, 博士, 副研究员。

化、立地不适而致生长不良等问题。本文系统地回顾西南桦研究现状,评述目前西南桦人工林规模发展过程中存在的问题及其解决办法,并提出未来优先研究方向,旨在为西南桦的研究与推广提供参考。

1 国内外西南桦研究的历史回顾

西南桦天然分布于印度半岛北部、缅甸、印支半岛各国以及中国。印度在 20 世纪 50 年代即利用西南桦适应性强,适于不良立地生长的生物学特性,选择它作为严重侵蚀地治理及河川、沟谷护坡固岸的防护林树种^[6];泰国从 20 世纪 70 年代开始开展种源选择以及栽培试验^[7],其它一些国家的西南桦研究大多尚停留在资源调查阶段。

我国西南桦的研究始于 1978 年,从历史进程上看大致可划分为两个阶段:

第 1 阶段:1978—1996 年。广西大青山林场(中国林业科学研究院热带林业实验中心的前身)黄镜光先生于 1978 年选择了一批优良的乡土阔叶树种开展驯化研究,发现西南桦生长迅速,而且适应性较强,便专门针对西南桦进行栽培研究;云南省林业科学院自 1986 年开始进行西南桦的天然林调查以及栽培技术研究;部分生产单位也进行了一些零星研究,如广西高峰林场的黄芬林^[8]开展了西南桦的种子贮藏试验,云南省德宏州也有人开展过西南桦裸根苗培育试验。该阶段主要是开展栽培技术研究以及一些生物生态学特性的调查。

第 2 阶段:1996 年以后。1996 年西南桦研究开始列入国家科技攻关计划,“九五”期间,中国林业科学研究院热带林业研究所承担了“西南桦地理种源筛选与培育技术研究”项目,开展种源选择与栽培技术研究;“十五”期间承担“西南桦良种选育与高效栽培”项目,并得到 IFTO 项目、农业成果转化项目以及天然林保护工程科技支撑项目等的部分资助,大量收集种质资源,开展遗传现状评价,同时营建种源家系联合筛选试验林,开展良种繁育研究,进一步完善栽培技术。福建省林业厅与中国林业科学研究院热带林业研究所合作开展了西南桦在福建的引种研究,云南省林业科学院则系统地开展了西南桦人工林的生态效益研究,并着手单株选优工作,开展家系选择试验。该阶段的主要特点是,开始进行遗传改良研究,良种繁育取得显著进展,栽培技术得到进一步完善。

我国的西南桦研究起步虽晚,但通过 20 余年的

努力,在生物生态学特性、栽培技术、种质资源收集、保存与利用以及生态效益研究等方面已取得长足进展。

2 我国西南桦研究现状

2.1 生物生态学特性研究

2.1.1 地理分布 我国西南桦天然林的水平分布范围和垂直分布规律已有较详细的报道^[9],需补充的是,2005 年作者在贵州省册亨县南盘江沿岸地区亦发现西南桦;且多年来作者在广西田林老山、云南西畴、腾冲等地发现西南桦与光皮桦(*Betula lumirifera* H. Winkl)在一定海拔范围内分布有重叠的现象,比如在田林老山,西南桦分布于海拔约 1 000 m 以下,在 700~1 000 m 范围内 2 种桦木天然混生。2005 年作者调查光皮桦种质资源时,在福建、广西、云南等省区发现个别光皮桦母树亦存在果序多穗的现象,发现一个果序最多达 6 条果穗排成总状,但整个单株仍以单穗为主,这或许是以前将光皮桦标本错误鉴定为西南桦,从而导致一些西南桦天然分布错误报道的主要原因之一。

2.1.2 适生条件 西南桦是一个先锋树种,喜光,喜温凉的气候。王献溥等^[10]通过对西南桦天然林群落调查,揭示了其向常绿阔叶林演替的趋势;陈志刚等^[11]的研究表明,不同种源西南桦苗在高温胁迫下的生理生化反应差异显著,初步确定广西凌云种源的耐热性最强;陈国彪等^[12]研究了温度对不同种源西南桦种子萌发与芽苗生长的影响,发现不同种源在发芽速度、芽苗根、茎生长以及子叶出现期均差异显著,认为西南桦为典型的南亚热带树种。

在以往的报道中,均认为西南桦在石灰岩山地没有天然分布^[9,13,14],然而自 2000 年以来,作者在广西土石山生态交错区发现西南桦生长于石灰岩母质发育的土壤上,土样分析显示其 pH 值 < 6.5 土壤偏酸性。西南桦具有外生菌根和内生菌根,是一个典型的菌根营养型树种,即具有较强的菌根依赖性^[15],而菌根能提高树种的抗逆性,这或许是西南桦对于土壤适应较广的原因之一。

2.1.3 生长规律 黄镜光等^[13]在广西大青山对几株天然西南桦林木的树干解析结果表明:15 a 以前西南桦直径、树高生长迅速,胸径年均生长量在 1.0 cm 以上,树高年均生长量超过 1.0 m;15~20 a 后直径和树高生长减缓,但材积生长仍然迅速,优势木平均材积生长曲线与连年材积生长曲线在 40 年生时尚未相

交;他们对人工幼林的观测结果亦说明西南桦速生,且速生期长,适合培养大径材。王达明等^[16]在普文林场分析了 9 年生西南桦人工林的树干解析,亦发现西南桦早期生长十分迅速,高峰期胸径年生长量高达 3.0 cm,树高年生长量高达 4.0 m; 5~6 a 后胸径与树高生长逐渐减缓,但材积生长仍然迅速。两地对人工幼林的生长变化趋势基本一致。

黄镜光等^[13]对西南桦人工幼林的生长节律进行了连续 5 a 的观测,发现西南桦胸径与树高生长在 4—5 月份和 8—9 月份出现 2 次生长高峰期,即在 6—7 月份出现生长减缓,可能与高温胁迫影响西南桦的生长有关。

2.2 栽培技术研究

2.2.1 实生苗培育 曾杰等^[11]通过多年的调查采种,已基本掌握了各地西南桦种子的成熟期:云南、广西主要在 1—3 月份,海南在 3—5 月份。种子采用低温贮藏,其温度以不高于 10℃为宜;常温干燥贮藏亦是有效方法^[17]。

早期西南桦造林以裸根苗为主,现在大多使用容器苗,因此郑海水等^[18]、蒋云东等^[19]分别进行了育苗基质筛选试验和容器规格试验;翁启杰等^[20]对西南桦实生苗培育技术作了详细的论述;也有学者应用菌根菌^[15]、生长促进剂^[21]以及采用施肥^[22]等措施促进苗木生长,提高苗木抗性;杨斌等^[23]尝试了以苗高为主要指标进行容器苗苗木分级,若结合各级苗木的造林效果进行分析,似乎更具实用性。

2.2.2 造林技术 西南桦造林一般采用带垦或穴垦整地方式。初植密度可采用 2 m × 3 m 或 3 m × 3 m 2 种株行距^[13],条件较差立地宜采用 2 m × 3 m 株行距,条件较好立地宜采用 3 m × 3 m 株行距^[24,25]。

对于混交研究尚较少报道,杨绍增等^[26]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是一个合适的混交组合,但应适当加大西南桦的比例。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) 等的树种混交^[9,13,14],但混交方式和混交比例有待进一步研究。一些单位曾采用西南桦与马尾松 1:1 比例混交,导致马尾松严重被压而使混交造林失败,这与混交比例不当有关。西南桦与松类强阳性树种混交,宜采用 1:4~6 比例,与中性或偏阴树种混交宜采用 1:2~4^[13]。

2.2.3 抚育管理 目前西南桦的幼林抚育通常采

用常规的全面抚育。事实上,由于高温与强光对西南桦幼林生长不利,因此不宜采用全面抚育,以免抑制幼树生长,强光造成幼树灼伤;而采用带状或穴状抚育,保留部分地被覆盖,似乎对西南桦生长更有利^[27]。

2.3 种质资源收集、保存与利用

2.3.1 种质资源收集、保存与评价 “九五”期间西南桦种质资源的收集工作规模较小,主要在种源水平上进行,收集到云南、广西和海南 14 个种源;“十五”以来种质资源收集工作得到显著加强。2000 年中国林业科学研究院热带林业研究所收集了 11 个广西种源,约 190 个家系的种子;2001 年收集了 14 个云南种源,约 260 个家系的种子,收集的种质资源除了以种子形式贮藏于冰箱外,在云南勐腊、广西凭祥结合良种选育试验进行了保存;2004 年对海南岛的西南桦种质资源进行了调查^[28],由于结实母树较少,4 个种源仅收集到 10 余个家系的种子;2005 年新增采种 5 个种源,并对以前的部分种源进行了家系扩大采种,从而使目前收集到的西南桦种质资源达到 30 个种源,约 700 个家系;并且应用前期收集到的广西种源,在表型、等位酶和 DNA 水平上系统揭示了西南桦居群的遗传多样性和遗传结构,分析了西南桦种质资源的遗传现状,初步提出西南桦种质资源的收集、保存和应用策略^[29~33]。

2.3.2 良种选育 “九五”以来,中国林业科学研究院热带林业研究所与一些单位合作,相继开展了西南桦种源选择试验和种源家系联合筛选试验。“九五”期间在广州帽峰山、广西凭祥、云南景东以及云南普文林场开展种源选择试验,已对苗期和幼林早期试验结果进行了初步总结^[25,27,34];“十五”期间在云南勐腊、广西凭祥以及福建华安建立了种源家系联合筛选试验林,目前广西凭祥与福建华安试点的苗期结果已经总结发表^[35,36];云南省林业科学院亦报道了优良家系苗期选择试验结果^[37,38]。由于这些结果只是苗期试验结果或幼龄早期测定结果,尚需进一步开展选择研究。

2.3.3 良种繁育 西南桦的无性繁殖技术研究较多,陈伟等^[39]从造林后 8 个月生幼树上采集枝条应用 ABT 生根粉进行扦插试验,发现不同生根促进剂和插穗木质化程度处理下,西南桦的生根率都在 74.00% 以上,最高达 97.56%;他们还利用初选出的 7 个优良单株材料开展扦插效果试验,发现不同无性系间扦插生根能力存在显著差异。曾杰亦曾采用

半年生苗木上采集的枝条开展过扦插试验,发现不用任何生根促进剂的条件下生根率为 28%,应用本所研制的 BD-2# 生根粉,生根率为 80% (材料尚未发表);对于西南桦幼嫩材料,扦插生根较为容易,关键是抓好扦插后的水分与温度管理。

西南桦的嫁接难度比较大,要求严格,接穗的采集、嫁接时间、砧木的生长状况、接穗与砧木的亲合力、嫁接工的熟练程度以及嫁接后的管理均要掌握恰当,任何环节的疏漏都可能导致嫁接失败。赵志刚等^[40]通过多年的枝接试验发现:西南桦嫁接的最佳时间一般为 9 月中旬左右,即新芽生长饱满而未萌发之前;21 个优良无性系间嫁接成活率存在明显差异(16.7%~100.0%),砧木直径以大于 0.5 cm 为宜。黎明等^[41]采用芽接亦获得成功。

西南桦的组织培养研究已从愈伤组织^[42]和以芽繁殖^[43,44]两条途径进行,但大多采用以芽繁殖途径,其组培成功的关键在于外植体消毒和增殖培养,以后的继代培养以及生根培养相对容易得多。韩美丽等^[43]以改良 MS 为基本培养基,附加 1~3 mg·L⁻¹ BA,成功地诱导西南桦侧芽再生不定芽,添加 1.0 mg·L⁻¹ KT 可明显提高不定芽发生率。刘英等^[44]则以 MS 为基本培养基,用低浓度(0.2 mg·L⁻¹)的 IBA 或 NAA,通过调整大量元素配比突破了侧芽增殖诱导,增殖倍数达 4 倍以上,达到工厂化生产的要求。

2.4 西南桦人工林生态效益研究

2.4.1 保持生物多样性 西南桦枝条细、树冠大而疏,落叶期较短,林下透光度较高,其人工林下植被丰富,可形成多层次的群落结构。据云南省林业科学院对云南景洪普文林场 10 年生西南桦人工纯林及混交林下层植被生物多样性的样地调查结果,林下植物共 103 种,包括乔木 36 种,灌木 23 种,草本 18 种,藤本 26 种,与邻近天然次生林的林下植物种数非常接近,而且山桂花(*Paranichelia baillonii* (Prerre) Hu)、糖胶树(*Alstonia scholaris* (L.) R. Br.)、长节珠(*Paraneria laevigata* (Juss.) Moench)、假广子(*Knema erratica* (Hook. f. et Thoms.) J. Sincl.)、原始观音座莲(*Archangiopsis* sp.)等珍稀植物也在林下出现,林下鸟类、昆虫亦丰富,且多有兽类出没^[45]。陈宏伟等^[2]对普文林场的各种类型西南桦人工林的下层植被生物多样性进行了比较研究,发现各种类型西南桦人工林均具有丰富的层间藤本植物,体现出一定的山地雨林特征,其灌木层和

藤本植物的生物多样性指数均高于草本层;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均显著高于西南桦+山桂花混交林,而接近邻近山地雨林,可见合适的西南桦人工林能够维持生物多样性。

2.4.2 涵养水源 西南桦旱季落叶,每年产生大量的枯落物,而且林下植被丰富,使林地完全覆盖而不致裸露产生土壤侵蚀,因此西南桦人工林具有很强的涵养水源、保持水土的能力。西南桦也是我国云南、广西等省区水源涵养林区的主要树种之一。孟梦等^[3]在普文林场研究了 14 年生的西南桦人工纯林涵养水源效能,植被层、枯落物层以及土壤层的最大持水量分别为 0.62、0.81、61.50 mm,全林分最大持水量可达 62.93 mm。土壤层的最大持水量最为重要,而现实的土壤持水量与地被物以及土壤的水物理性质有关。

2.4.3 维持地力 蒋云东等^[4]对西南桦人工纯林造林 2 a 后进行连续 5 a 的研究,发现西南桦在幼林期尽管有效 K 含量下降明显,但不会导致土壤有机质、N 素以及有效 P 含量下降。造林 5 a 后适当施用 K 肥,可防止林地土壤有效 K 含量的降低。

2.4.4 固定 C 素 李江等^[5]比较了普文林场 9 年生西南桦人工纯林及其与山桂花、高阿丁枫(*Altingia excelsa* Nonoha)混交林的 C 储量,3 种人工林的 C 密度分别为 122.44、115.71、112.37 t·hm⁻²,比当地天然次生林略高或略低;因此西南桦是以固定温室气体 CO₂ 为目标的生态造林项目的一个适宜树种。

2.4.5 绿化美化环境 西南桦树冠舒展,枝条细而伸展,随风摇曳,树形优美,而且西南桦在热带、南亚热带地区具有独特的季相变化,一般旱季落叶,10 余天后即发新叶,嫩绿的树冠在秋末至春初格外引人注目^[46]。可见,西南桦也是城郊、森林公园的道路绿化以及大型斑块造景的适宜树种。

3 存在问题与建议

3.1 存在问题

在西南桦的大规模推广过程中,出现了诸多原来小面积试验和种植尚未发现的问题,诸如种名混乱而致错误调种、盲目造林、蛀干害虫危害以及林木严重分化等问题,在局部地区已经影响到西南桦人工林的进一步发展。

(1)西南桦与光皮桦等树种相混淆 一些地区存在将光皮桦误作为西南桦的现象,从而将高海拔

或偏冷地区的光皮桦作为西南桦种植于低海拔或偏热地区,这种错误调种所导致的后果往往要在几年后才能显现。据作者在广州帽峰山的观察,光皮桦在偏热地区,造林 2~3 a 以后出现生长不良,主干不明显,甚至封顶,而西南桦生长良好。

(2)盲目造林而致林分生长不良 偏低海拔造林,在高温多雨的夏季往往因高温胁迫而致林木生长势减弱,容易发生病害;而在偏高海拔或偏北地区造林,则容易产生霜冻危害。

(3)蛀干害虫危害 许多种植地点都发现西南桦受蛀干害虫危害,但是各地受害程度不一,可能害虫种类也不相同。云南省林业科学院在普文林场一带收集蛀干幼虫培养,发现是一种刺蛾^[47]。德宏州亦曾组织过西南桦主要病虫害调查,发现幼林蛀干害虫危害严重,可能是一种天牛,一般在种植后第 2 年开始危害。作者在广州帽峰山、广西凭祥以及云南勐腊等地亦观察到蛀干害虫危害,据作者在云南勐腊数年的观察,蛀干害虫危害主要发生在造林后第 2 年。

(4)人工林内林木分化严重 目前生产上发展西南桦,其种子均来自天然林。一些单位发动群众采种,然后收购,西南桦优良母树高大通直,爬树采种十分困难,如果采种过程缺乏监管,种子质量难以保障,容易出现“有种就采、有种就播”的现象,其后果必然是林木分化十分严重,林分生产力低。

3.2 建议

加大宣传力度,在适生省区召开西南桦生产会议或进行技术培训,让各地技术人员了解、掌握西南桦生物学生态学特性、栽培技术、遗传改良等一般知识。在良种尚未进入生产之前,建议生产部门在当地选择优树采种育苗。另一方面进一步加强西南桦的研究工作,如开展区域化栽培试验,对西南桦的适生立地进行细致研究,针对蛀干害虫危害等突出问题开展专门调查研究,同时加强遗传改良研究,加快良种开发速度,使良种能够尽快应用到生产实践中。

4 未来拟优先开展的研究工作

(1)防治蛀干害虫的营林与育种措施研究 对现有西南桦人工林的蛀干害虫危害现状进行全面调查,了解虫害发生与生境条件的关系,初步选择抗虫单株;确定害虫种类,了解害虫生活习性;选择虫害易发立地,从林地清理、混交树种与混交方式以及幼

林抚育等方面,开展抗虫栽培技术研究。

(2)强化育种 芬兰等国对欧洲白桦的强化育种是世界上成功的育种范例之一,杨传平等^[48]将之引入中国,成功地应用到白桦的强化育种工作中,将初始结实龄从 17~20 a 缩短至 2~3 a。由于西南桦开始结实的年龄一般在 15 a 乃至 20 a 以上,借鉴白桦等树种的经验,摸索西南桦强化育种的技术体系,可缩短育种周期,加快良种研究速度。

(3)区域化栽培试验与示范 选择若干典型区域设置试验基点,利用初步选优的种源/家系/无性系开展扩大栽培试验与示范,研究土壤条件、海拔以及坡位、坡向、微地形等立地因子对西南桦生长的影响,了解西南桦优良种质生长性状、适应性的表型可塑性;同时针对不同造林区域进行高效栽培与经营模式研究,探讨生态稳定性强、经济效益高的人工林培育模式及其关键技术。

(4)西南桦天然更新调查 西南桦是我国热带亚热带地区次生植被的重要组成部分,其天然更新研究对于提高该区域,尤其是保护区周边地区次生植被的经营管理水平十分重要。研究不同生境条件下各种类型群落内西南桦的空间分布与年龄结构,探讨西南桦天然更新的群落学基础;调查西南桦林分种子散布规律及其与更新间的关系,同时运用分子标记确定亲本与子代组合,研究单株母树西南桦种子的散布范围;通过固定样地调查,研究西南桦种子入侵、成苗定居及稀疏过程,了解西南桦天然更新的时间动态。

(5)繁殖生物学研究 目前对于西南桦的繁殖生物学特性知之甚少,而这些对于西南桦人工授粉等良种培育研究至关重要。调查其生殖构件的数量、空间分布及其与树龄间的关系,了解其花芽分化、花序成熟过程、胚胎发育过程,研究群体、个体间花的形态变异,揭示个体间花粉形态、萌发特性变异及其与种子、苗木性状间的关系,运用分子标记揭示花粉散布规律。

(6)生理生化特征研究 在种源家系联合筛选试验的基础上,选择优良种源/家系/无性系,研究西南桦在低温、高温与干旱等胁迫下的生理生化反应。一方面了解西南桦对于温度或土壤水分条件的适应范围及其在群体或个体间的差异,另一方面初步筛选出适应低温、高温或干旱能力强的种质,通过大田试验进一步选优而应用于生产实践。

参考文献:

- [1] Zeng Ji, Zheng Haishui, Weng Qijie. *Betula alnoides*——a valuable tree species for tropical and warm-subtropical areas [J]. Forest Fam and Community Tree Research Reports, 1999, 4: 60~63
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 蒋云东, 周凤林, 周云, 等. 西南桦人工林土壤养分含量变化规律研究 [J]. 云南林业科技, 1999 (2): 27~31
- [5] 李江, 陈宏伟, 冯弦. 云南热区几种阔叶人工林 C 储量的研究 [J]. 广西植物, 2003, 23 (4): 294~298
- [6] Luna P K. Plantation trees [M]. Dehra Dun International Book Distributors India 1996
- [7] Chuasawan W. Plantation establishment methods and techniques in Thailand [A]. in Aho T Te Hosking M R. Proceedings of workshop on nursery and plantation practices in ASEAN [C]. Jakarta Indonesia 1983
- [8] 黄芬林. 西桦种子贮藏发芽试验初报 [J]. 广西林业科学, 1995, 24 (4): 215~217
- [9] 曾杰, 郑海水, 翁启杰. 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
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 陈国彪, 曾杰, 翁启杰, 等. 温度对西南桦种子萌发的影响研究初报 [J]. 广东林业科技, 2005, 21 (1): 19~21
- [13] 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
- [14] 王达明. 西南桦的分布与生态环境 [A]. 见: 云南省林业科学院. 热区造林树种研究论文集 [C]. 昆明: 云南科技出版社, 1996, 99~105
- [15] 弓明钦, 王凤珍, 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
- [16] 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
- [17] 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
- [18] 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
- [19] 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, 28
- [20] 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
- [21] 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
- [22] 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): 11~16
- [23] 杨斌, 赵文书, 陈建文, 等. 西南桦容器苗木分级研究 [J]. 云南林业科技, 2003 (2): 17~21
- [24] 郑海水, 黎明, 汪炳根, 等. 西南桦造林密度与林木生长的关系 [J]. 林业科学研究, 2003, 16 (1): 81~86
- [25] 郑海水, 曾杰. 西南桦的特性及其在福建的发展潜力 [J]. 福建林业科技, 2004, 31 (1): 85~89
- [26] 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
- [27] 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
- [28] 施国政, 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
- [29] 曾杰, 郑海水, 甘四明, 等. 广西区西南桦天然居群的表型变异 [J]. 林业科学, 2005, 41 (2): 59~65
- [30] 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
- [31] Zeng Ji, Wang Zhongren, Zhou Shiliang, et al. Allozyme variation and population genetic structure of *Betula alnoides* from Guangxi China [J]. Biochemical Genetics, 2003, 41 (3/4): 61~76
- [32] Zeng Ji, Zou Yuping, Bai Jiayu, et al. Preparation of Total DNA from "Recalcitrant Plant Taxa" [J]. Acta Botanica Sinica, 2002, 44 (6): 694~697
- [33] Zeng Ji, Zou Yuping, Bai Jiayu, et al. RAPD analysis of genetic variation in natural populations of *Betula alnoides* from Guangxi China [J]. Euphytica, 2003, 134 (1): 33~41
- [34] 王庆华, 陈玉培, 郑海水, 等. 不同西南桦种源的苗期变异性研究 [J]. 云南林业科技, 1999 (1): 41~48
- [35] 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
- [36] 郭文福, 黎明, 曾杰. 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
- [37] 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
- [38] 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
- [39] 陈伟, 施季森, 方镇坤, 等. 西南桦不同种源扦插生根能力比较 [J]. 南京林业大学学报, 2004, 28 (4): 29~33
- [40] 赵志刚, 曾杰, 郭丽云, 等. 西南桦嫁接试验初报 [J]. 林业科技, 2006, 31 (1): 18~19
- [41] 黎明, 卢志芳. 西南桦嫁接培育技术 [J]. 林业实用技术, 2005 (6): 25
- [42] 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
- [43] 韩美丽, 李雪生, 陆荣生. 西南桦离体培养再生系统研究 [J]. 广西农业科学, 2002 (3): 122~123
- [44] 刘英, 曾炳山, 裴珍飞, 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
- [45] 王达明. 生态、经济效益兼优的造林树种——西南桦 [J]. 云南林业, 2004 (6): 19
- [46] 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
- [47] 苏俊武, 王达明, 李莲芳, 等. 西南桦育苗造林技术及丰产管理技术 [J]. 林业科技开发, 2002, 16 (6): 24~26
- [48] 杨传平, 刘桂丰, 魏志刚, 等. 白桦强化促进提早开花结实技术的研究 [J]. 林业科学, 2004, 40 (6): 75~78