

《云南林产业主要造林树种培育技术丛书》

西南桦

Betula alnoides Buch.-Ham.ex D.Don
桦木科 Betulaceae

一、形态特征

西南桦别称：化桃树、野樱桃、蒙自桦、西桦、直杠（爱尼语），为落叶大乔木，在有些生长地会短期换叶。树高可达 30m，直径达 1m，树冠塔形或正圆球形，枝条细软下垂。树干端直，圆正。树皮褐色至红褐色，环形纸状剥落，并生有明显的横生皮孔。叶卵状矩圆形，长 4~12 cm，宽 3~5 cm，边缘有不规则的刺毛状疏锯齿，叶上面无毛，下面疏生长柔毛，并有腺点，侧脉 10~13 对；叶柄长 1.5~2.5 cm。花单性，雌雄同株；雄花序长 12 cm，细长下垂，2 个花序簇生于枝顶或侧生；雌花总状花序 3~5 个着生于叶腋。雌花由苞鳞及无花被的小花组成，每苞鳞内有 3 朵小花。发育成果时的雌花序呈长圆柱形，长 7~10 cm，直径 4~5 mm，总梗长 5~10 mm，小序梗长 3~10 mm，均密被黄柔毛。由花苞鳞发育而成的果苞，长 3 mm，果倒卵形，长 1.5 mm，顶部具两个宿存的柱头，果翅膜质，着生于坚果两侧，宽为果的 2 倍，大部分露于果苞之外。

二、分布与生长特性

1、分布特性

西南桦主要天然分布于云南省的滇中高原以南和横断山脉南部地区，以泸水、保山、南涧、双柏、新平、砚山、广南、富宁为其分布区的北界，在此以南的腾冲、龙陵、梁河、盈江、陇川、瑞丽、潞西、施甸、昌宁、凤庆、云县、永德、镇康、临沧、耿马、沧源、双江、景东、镇源、景谷、墨江、宁洱、普洱、澜沧、西盟、孟连、江城、景洪、勐海、勐腊、元江、新平、石屏、红河、建水、元阳、绿春、蒙自、屏边、金平、河口、马关、麻栗坡、文山、西畴等 53 个县市有分布，占云南全省 127 个县市数的 42%。

国内广西区桂西、桂西南的那坡、德保、靖西、百色、平果、凌云、乐业、田林、田阳、东兰、龙胜、资源、临桂、灵川、兴安、凭祥（友谊关）等 16 个县市有分布。此外，海南省的尖峰岭，四川省西南部和浙江省也有少量分布。

国外，与滇桂接壤的越南、老挝、缅甸等国均有西南桦分布。在东南亚其分布区的南界可达泰国北部，在喜马拉雅山区的尼泊尔也有间断分布。

而西南桦最为密集的分布地是位于云南省的德宏、临沧、普洱、西双版纳、红河、文山等地州市的高黎贡山南段，无量山、哀牢山及其间的澜沧江、红河流域，并与毗邻的越、老、缅、泰分布区连成一片，这一地区可视为西南桦的现代

分布中心区，其地理位置为北纬 $17^{\circ} \sim 23^{\circ} 30'$ ，东经 $97^{\circ} \sim 109^{\circ}$ 。

在这一区域内，西南桦的垂直分布范围为海拔高度 200m（云南富宁及广西西部）至 2600 m（云南金平县分水岭）。其在各地的垂直分布为：

在文山州为海拔高度 200~2150 m；在红河州为海拔高度 500~2600 m；在西双版纳州为海拔高度 800~1800 m；在普洱市为海拔高度 1000~2500 m；在北界的新平县（哀牢山）为海拔高度 1000~2160 m；在临沧地区为海拔高度 900~2300 m；在滇西的高黎贡山为海拔高度 1000~2300 m；在广西区为海拔高度 700~2000 m。

西南桦分布区的植被类型有：山地雨林，季风常绿阔叶林，山地苔藓常绿阔叶林，山顶苔藓矮林，暖热性针叶林的思茅松 (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) 林、暖温性针叶林的云南松 (*Pinus yunnanensis*) 林、秃杉 (*Taiwania flousiana*) 林。在南亚热带的常绿阔叶林次生林中，西南桦也为常见种。

从其天然分布状况，可归纳出西南桦具有以下分布特点：

①、分布区下限（或南界）为北热带北界，不见在热带气候区内分布。②、干热河谷区不见分布。③、石灰岩山地，特别是岩溶山地不见西南桦分布（偶有个别植株出现在 pH 值 < 6.5 的酸性土的石灰岩峰林区）。④、西南桦的密集分布区，处亚热带湿润及半湿润气候区，在此区中西南桦林木常组成小片次生单优林。在湿润气候区（苔藓林型）其分布区上升到中亚热带，甚至可达北亚热带，但仅在其林中零星生长。

依据西南桦天然分布区的自然环境条件及其多点种植的试验结果，可概括出西南桦是典型的亚热带喜湿阳性树种，限于酸性土壤上生长。其主要适生区的气候指标是：年均气温 $18 \sim 21^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $6500 \sim 7500^{\circ}\text{C}$ ，最冷月均温 $8 \sim 12^{\circ}\text{C}$ ，年平均极端低温 $-2 \sim 4^{\circ}\text{C}$ ，绝对最高温 $< 36^{\circ}\text{C}$ ，年降雨量 1200 mm 以上，干燥度 < 1.5 。

西南桦不耐高温，当气温达 35°C 以上，加上地面热反射可造成西南桦植株的灼伤，以及弯梢或主干蛇形生长。

需全光照，而不耐荫蔽，是西南桦的又一特性。因此，西南桦不能在林下更新，而需在裸露地生长。幼苗、幼树也会因受荫蔽而死亡。

西南桦以换叶或落叶度过旱季，在热带树种中属有较强耐寒性和适应季雨区气候的树种。

2、生长特性

西南桦是速生而长寿的树种。其初期的速生特性尤显突出，因此，在西南桦的林分更新过程中常能抑制林分中其他树种的生长，形成成片纯林。

产自西双版纳普文，海拔高度 950m 处的西南桦天然林的西南桦解析木，40 年生，胸径 44.8cm，树高 29.7m，单株材积 1.9304m^3 。在其生长过程中，林木径生长在 20 年生以前较快，延至 40 年生其径生长尚保持年生长 1cm 的速度，径生长的峰值出现在 5 年生以前，林木年径生长量最大值超过 1.26cm。林木树高生长 10 年前较快，树高年生长量均在 1.0m 以上，其峰值出现在 10 年前，林木树高生长最大值为 1.47m。至 40 年生时，林木生长尚处于旺盛时期，其材积年生长量达 $0.08\text{m}^3/\text{株} \cdot \text{年}$ ，材积生长率此时为 5.48%，林木材积的连年生长量与平均生长量曲线还远不相交，40 年生树（带皮）形数为 0.41。干形直，出材率很高。

产自屏边大围山的西南桦解析木，7 年生，树高 8.21m，胸径 6.5cm，与上述产自西双版纳普文的西南桦解析木 10 年生前的生长速度相近。

西南桦人工林，林木初期的速生特性更加突出，表 1-1，列举了西双版纳普文和德宏盈江的西南桦人工林测定结果。从中可看出，在西南桦人工林的幼林期，其林木的平均树高年生长量可达 2.9m，平均胸径年生长量可达 3.2cm，9 年生时已长成林木，平均高为 20m，平均胸径为 14cm，单位面积林木蓄积量达 184m³/hm² 的高大茂密的西南桦人工林。另在西双版纳，17 年生的西南桦人工林，其林分中的林木平均胸径可达 26cm 的大径材标准；而在生长更快的德宏盈江县，14 年生的西南桦人工林便可达此标准，均可进入世界最速生树种的行列。

表 1-1 西南桦人工林幼林期林木的生长量测定结果

地点	样地号	北纬	海拔高度/m	坡度	林分年龄/年	林分密度/株·hm ⁻²	平均树高/m	平均胸径/cm	形数	单位面积林木蓄积量/m ³ ·hm ⁻²
西双版纳普文	西-1	22°25'	850	20	9	1419	15.6	11.1	0.500	106.0
西双版纳普文	西-2	22°25'	900	18	9	1170	20.6	13.9	0.497	183.9
德宏盈江龙盈村	西-3	22°25'	1250	18	3	1450	8.8	9.6	0.450	41.9

注：调查样地面积均为 400m²。

经对 9 年生西南桦人工林的标准木作掘根测定，9 年生西南桦林木的单株根幅在 2.0cm×2.3m~3.1cm×5.9m 之间，平均 10.18m²/株，超出其冠幅；根深 0.7~1.5m，平均 1.1m。根系分布呈倒圆锥体形，土壤表层根系密集，向下迅速减少，其根系圆锥体的平均体积 3.73m³/株，林分内株间根系互相穿插，一般每株有大的主根、侧根 8~16 条。总评西南桦为较浅根系树种，根量中等，根幅较宽，超出冠幅。

三、经济与生态价值

1、经济价值评价

西南桦由于生长迅速，树体高大，树冠较小，能密植，材质好，轮伐期短，而营林经济效益好。以西双版纳普文林场西南桦试验林为例，对其人工林的经济价值进行财务分析（2000 年）。该西南桦人工林的主伐林龄为 17 年，林木蓄积量为 241.8 m³/hm²（16.12 m³/亩），以出材率 70%计，其经济材产量 169.3 m³/hm²（11.29 m³/亩），西南桦经济材的出场价格按 700 元/m³计，其木材主伐产值 118510 元/hm²（7900 元/亩），而营林成本为 2136.9 元/hm²（248 元/亩），投入产出比 1:55。其财务内部收益率达 23.6%，投资利润率达 322.49%。

西南桦林木干形通直高大，出材率高，木材具悦目的淡红至红褐色泽和美丽的花纹，其结构细致，强度及硬度适中，易于加工，锯切面光滑，油漆及胶粘性良好。西南桦的木材具有三个特点：一是木材的弦径向干缩比小，仅为 1.056，为云南省已检测的 400 余种主要用材树种木材的最低值，因此，其木材干缩均匀，不易翘曲，不易变形；二是西南桦林木的干形挺直圆正，分枝高，故木材缺陷少，干材中无死节活节，优等材比例高；三是木材具有特殊的成分及结构，能适应制作高压电器等特殊用途的需要。这些特点，使西南桦成为地板条、装饰面板、室内装修、家具及高压电器用材等的高价值热门用材。历经 30 余年，其木材市场不衰，价格不断提高。全西南桦地板条的毛坯价已上升到 3000 元/m³ 以上，电用胶合木价达 8500 元/m³，原木价比松杉木价高 2~5 倍。西南桦的木材主要物理力学指标如表 1-2。

表 1-2 西南桦的木材物理力学指标

试材采集地	密度g/cm ³		干缩系数/%			抗弯强度 /kg·cm ⁻²	弹性模量 /t·cm ⁻²	顺纹挤压强度 /kg·cm ⁻²	冲击韧性 /kg·m·cm ⁻²	硬度/kg·cm ⁻²		
	基本	气干	径向	弦向	体积					径面	弦向	端面
版纳	0.504	0.617	0.231	0.244	0.496	1021	132	493	0.672	363	411	504
红河	0.530	0.666	0.243	0.274	0.545	1079	129	531	0.578	473	501	640

传统上西南桦木材多用做木梭、线轴、纱管等纺织用器具和网球拍、烟斗。其胶压木可做飞机螺旋桨。此外，与其他桦木的木材一样，西南桦的木材也是优良的造纸和纤维用材，其木纤维长度为 1000~2800 μm。树皮含单宁 6.96%，纯度 57.66%，可制栲胶。又含芳香物质，可提取水杨酸，还可经干馏提取桦皮油、桦皮焦油等物质。

西南桦林的轮伐期比思茅松林可缩短 20 年，比杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 林可缩短 3~6 年，其综合营林经济效益可比当地松杉林高出许多。

2、生态效益评价

西南桦为云南南亚热带地区的乡土阔叶树种，对热区季风气候和山地环境具有广泛的适应性，能耐旱季，病虫害少，能与多种树种共生共荣。西南桦人工林具有良好的生态效益。

(1) 林分可形成多层多种的群落结构。西南桦林的林下透光度较高，而具繁茂的下木层，其灌木、草本层等的林下植被种类丰富。据样地测定材料，西南桦 9 年生人工林，乔木层（西南桦）高 17~26 m，郁闭度 65%；下木层高 5~10 m，盖度 15%；灌、草层高度 2 m，盖度 80%；死地被物层厚 5~10 cm，盖度 100%。说明这些西南桦人工林已经形成了高大茂密，多层次多植物物种的森林群落。

(2) 林分可保持丰富的生物多样性。据西双版纳普文林场的样地统计资料，西南桦人工林其林下植物 103 种，其中，乔木 36 种，灌木 23 种，草本 18 种，藤本 26 种，与该林场内同区的热带山地雨林和季风常绿阔叶林天然林的林下植物种数非常接近，且当地的山桂花 (*Paramichelia baillonii*)、糖胶树 (*Alstonia scholaris*)、长节珠 (*Parameria laerigata*)、假广子 (*Knema erratica*)、原始观音座莲 (*Archangiopteris* sp.) 等珍稀植物也在林下出现。林内鸟类，昆虫种类丰富，大型鸟类如原鸡 (*Gallus gallus*)、白鹇 (*Lophura nycthemera*)、环颈山鹧鸪 (*Arborophila torqueola*) 等已较常见。兽类也多有出没，包括赤鹿 (*Muntiacus muntiak*)、巨松鼠 (*Ratufa bicolor*) 等。

(3) 林分保土涵水能力强。由于西南桦林分为多层多种的群落结构，林分每年均产生大量的枯落物，而林地受荫蔽，地表土壤不裸露，没有地表径流产生。且由于组成林分的植物株数多，根系量较大，通过新陈代谢，土层中死亡的植物根系形成许多孔隙，其林地土壤的总孔隙度为 50% 左右。西南桦林地土壤（土层深 1m 内）的最大持水量达 5758t /m²。人工林内能够常年保持湿润，林区小溪能够常年清流不断，水质清沏，降雨之后也无浊流产生。根据掘根测定，西南桦 9 年生人工林林木的平均单株根系固土体积为 2.6 m³，单位面积林分林木的根系固土体积为 2340 m³ / hm²。由此可以认定在西南桦人工林区其林地的地表径流和土壤冲刷可得到有效地控制。

(4) 林分具有维持林地土壤肥力的能力。通过造林后 5 年的定位取样测定资料，西南桦人工林林地的土壤肥力指标在其造林后的第 2 年为最低，以后林地土壤肥力逐年回升，至 5 年生时，林地土壤中的营养物质除有效钾含量较低外，其余物质的含量指标均已恢复或超过造林前的水平，并与当地的热带山地雨林和季风常绿阔叶林天然林林地土壤的肥力相当。5 年生西南桦人工林林地土壤的有机

质含量为 26.03g/kg, 为当地季风常绿阔叶林林地土壤有机质含量的 111.4%。因此, 可以认为, 西南桦人工林对钾肥需求量较高, 适当施用钾肥, 就可以维持林地土壤的肥力。

(5) 林分具有较高的固定碳素能力。对减少 CO₂ 等温室气体的含量, 减缓地球变暖具有重大意义。按林分中林木每生长 1 m³ 的木材需吸收空气中的 850 kg CO₂ 计, 或以森林生物量中碳含量约占 50%计, 7 年生西南桦人工林的碳密度已达 34.6 t /hm², 已超过当地热带山地雨林天然林的碳密度。因此, 在以人工造林替代温室气体减排的 CDMA 项目中, 西南桦也入选为造林树种。

总括西南桦人工林所具有的经济与生态效益, 可以说西南桦是一个生态, 经济效益兼优的速生优良造林树种, 云南省已将它列入“短周期工业原料林”, “用材林基地”、“珍贵用材林建设”及温室气体减排替代机制造林项目的造林树种。西南桦又可作为退化地恢复的先锋造林树种而加以利用。近 20 年来, 西南桦人工造林在云南、广西、广东等省区获得了迅速地发展, 已成为我国热区造林面积最大的乡土阔叶树种。据不完全统计, 云南省西南桦人工林面积已达 100 万亩以上, 仅云南省德宏州在“十一·五”期间就营造了西南桦人工林 50 万亩(3.3 万 hm²) 以上。西南桦造林在速生用材林基地建设、工业人工林、热区生态恢复和固碳造林等多方面的发展前景十分广阔。规模化地营造西南桦速生丰产林一定能够成为热区木材生产, 及兼备良好生态、固碳性能的一个大的林产业。

四、良种选育技术

1、优树选择

(1) 优树标准

以多点的样地调查资料作依据, 而制定衡量西南桦优树的生长量指标。在同一个西南桦种源区的林分群体中按照胸径大于林分林木平均值的 40%, 树高大于林分林木平均值的 20%, 材积大于林分林木平均值的 100%, 作为该林分群体中的西南桦优树标准, 其各林龄的具体指标, 可以林木的年均树高、胸径、材积生长量为其优树生长性状的评选指标(表 4-1)。

表 4-1 西南桦优树生长量指标

树龄	树高年均生长量/cm	胸径年均生长量/cm	材积年均生长量 m ³ /株·年	形数
5	≥250	≥2.4	≥0.00776	0.47
10	≥230	≥2.2	≥0.02357	0.49
17	≥190	≥2.1	≥0.08382	0.48

在西南桦优树的评选上, 除将树高、胸径、材积的年平均生长量作为评定因子外, 还应考虑林木的树形、木材品质及抗病虫害性能等因素。所入选的西南桦优树除达上述生长量指标外, 还应具有: ①树干通直、圆满, 单干直立, 树干自然整枝良好, 分枝高, 侧枝细; 顶端优势明显, 树皮薄, 树冠面积较小。②木材为红至红褐色, 纹理直而不扭曲, 木材密度较高, 纤维长, 纤维产出率高。③无严重病虫害。

(2) 优树评选方法

常用的西南桦优树评选法有 3 种。

①绝对值评选法 按表 4-1 所示的生长量标准, 及上述的林木树形、木材品质、及抗病虫害性能标准, 直接评选出各种源区林分中的西南桦优树。

②优势树对比法 先按上述各项指标, 以目测法从其林分中选出西南桦优树的候选树, 在与候选树立地条件相对一致的 10~25m 半径范围内, 从其至少包括 30 株以上的树木中, 选出仅次于候选树的 3~5 株优势木, 实测并计算其平均树高、胸径和材积, 如候选树超过优势木平均材积的 50%、平均树高的 5%、平均胸径的 20%。就认为候选树生长量显著而稳定地大于平均值, 而可以入选为优树。

③小标准地法 在候选树所生长的林分中, 以候选树为中心, 逐步向四周展开, 实测 30 株以上树木的胸径、树高, 求出材积, 再计算各指标的平均值。用候选树与此 30 株林木的树高、胸径、材积平均值相比较, 达到树高超过 5%、胸径超过 20%、材积超过 50%标准的, 即可入选。

2、种子园的营建

采集评选出的西南桦优树种子, 培育出苗木种植于已规划的良种繁育基地, 而成为西南桦优树的汇集区, 称之为西南桦的初级种子园。以后经过子代测定和去劣留优疏伐后, 成为西南桦的改建种子园或称去劣种子园。用经过鉴定的优良无性系重建的西南桦新种子园, 称重建种子园, 又称第一代种子园。以后还可不断地进行选优汰劣, 建立更高级的西南桦种子园。用西南桦初级种子园的种子育苗造林, 所营造的西南桦人工林, 其成林期林木的材积增益为 2%~12%, 加之干形好, 材质好, 价格高等因素, 其林分经营的实际增益可达 20%, 而经营种子园的造林总体投入产出比为 1:20。

西南桦种子培育实生苗造林后林木分化很大。为了能充分发挥其优树的增效作用。培育优树的无性系后代是解决问题的主要方法。西南桦的扦插、嫁接、组织培养等无性育苗技术, 现都已研究成功, 为西南桦无性系种子园的营建创造了有利条件。

西南桦的扦插技术的要点是: (1) 以半年生至定植后 8 个月内的西南桦植株的幼枝为插穗; (2) 利用 ABT 生根粉处理插穗; (3) 插后管理好水分和温度。其插穗的生根率可达 70%以上, 最高达 97.56%。

西南桦的嫁接繁殖难度比较大。最佳嫁接时间为 9 月中旬, 可采用枝接, 或芽接方法进行嫁接。不同无性系间嫁接成活率差异很大 (16.7%~100%)。

西南桦的组织培养, 以芽繁芽更为实用, 增殖倍数达 4 倍以上。

今后可以利用已研究成功的西南桦无性繁殖方法, 营建其的无性系种子园, 还可通过大量繁殖西南桦优树无性系苗木, 直接用于造林。

五、采种育苗技术

1、种子采收与处理

(1) 采种期与种实成熟特征

据自 1978 年以来云南各西南桦产地的采种记录, 西南桦的采种期为 2 月 20 日~3 月 16 日。在其中心分布区的西双版纳州、普洱市及德宏州, 西南桦的适宜采种期为 2 月下旬至 3 月上旬。在西南桦分布区随气温及海拔高度的不同有所不同。气温高的地区西南桦的种子成熟较早, 随海拔高度的升高气温降低则采种期推后。在西南桦分布区最南端的勐腊县, 其采种期可提前到 2 月中旬, 而在普洱市北部的墨江县海拔高度 1400 处, 西南桦的采种期可延迟至 3 月中旬。在德宏州的一些地区西南桦种子可提前到 1 月下旬成熟而开始采种。

西南桦种子从成熟到飞落仅一周左右的时间。所以，在其适宜的采种期中，还需掌握西南桦种实的成熟特征，加密观察，才能做到适时采种。经观察及相关的种子发芽试验证实，当西南桦的果序由绿色转变为金黄色，即标示种子成熟；若果序转为黄褐色，种子（带翅小坚果）即开始飞落，野外鉴别方法是将西南桦种子少许置于白纸上，用指甲压碎其种子，若白纸上出现油渍印，则说明种子已经成熟。

西南桦的采种工作最好在早晨进行，这时空气湿度大，多半还有雾，其种翅及苞片较湿软，不易脱落，及至中午，受阳光照射，种翅、苞片会变硬张开，受振动时，较易抖落飞散，而难以收集。

（2）种子调制与贮存

所采到的西南桦果穗，需当日及时摊晾晒干。在热区晴天的阳光下（气温24℃以上）晒约2小时，果穗轴干脆，用手搓揉，种子容易分离时，即可以筛簸方式，除去杂质而获纯净的种子，再摊晾至午后，即可将种子装入透气布袋或竹箩内，便可用于播种育苗或作种子贮存。

在西双版纳北部的普文，室温下（15~32℃）布袋贮存4个月后的西南桦种子发芽率即降低一半，布袋贮存5~6个月后发芽率降到10%以下，经过雨季和高温季节，在室温下贮存7个月的西南桦种子，就会完全丧失发芽力。

在低温（4~8℃）条件下，用干燥布袋贮存的西南桦种子，则可以长期保持高的发芽力。其试验结果表明，用此法贮存半年的西南桦种子可保持原发芽率的97%~98.5%，低温干燥贮存一年可保持原发芽率的81.5%；贮存一年半可保持原发芽率的67.5%。中国林科院热带林业研究所则报道了西南桦种子经低温干燥贮存3年以上，还保持有较高的发芽率。

西南桦种子若冷冻（-15℃）贮存，经4个月后，仅可保持原种子发芽率的34.5%~88.4%。其效果不及低温贮存，而成本则大幅提高。

值得说明的是西南桦种子并无后熟期，可随采随播。随采随播，发芽率高，而且也可减去贮存的耗损，是西南桦采种育苗的首选方法。只有在西南桦种子的播种期安排在冬、旱季或需进行调运时，才需对其种子进行长时间的贮存。

（3）种子检验

西南桦的种子检验包含千粒重，种子净度，室内发芽率，场圃发芽率、发芽温度，种子尺寸，共6项指标。

①千粒重 根据多年多批次的西南桦种子测定材料，西南桦种子千粒重的平均值为0.084g。范围值为0.066~0.107g。即每克种子平均11905粒。

千粒重如此之低，表明西南桦种子属细小的种子。西南桦树体巨大，产种量高，一株树能采集到的种子量往往在1至数公斤，种源充足。

②出种率与种子净度 用手工方法采集调制的西南桦鲜果的出种率平均为84.07%，还含有果实碎片等杂质。

经果序晒干尽量除去果序轴等杂物后，测得的种子平均净度为51.45%，其净度范围为51.0%~54.5%。而不易筛弃的苞片及果序轴对播种无碍。

③室内发芽率 种子室内发芽率是指种子在室内的发芽皿中，满足水热供氧的条件下所测得的种子发芽率。种子的室内发芽率是相对于种子在苗圃苗床上测定到的场圃发芽率而设立的一项检验种子最大发芽能力的指标。

以新采的西南桦种子作为室内发芽率测定的供试种子，其一个月内44批次的室内发芽率测定均值为40.5%，变动范围为4.0%~70.0%。西南桦种子室内发芽率变动范围大的原因是：一方面因采摘期或调制贮存条件不同等原因而使种子

质量不一所致；另一方面是因西南桦种子细小，室内发芽操作不易而引起。

西南桦种子的室内发芽率与其千粒重密切相关，为正相关，即千粒重愈大，种子发芽率愈高。根据多个单株采种检测的种子千粒重与室内发芽率的相关分析，其相关系数 $r=0.8963$ ，回归方程为 y （室内发芽率） $=-80.1602+1426.67x$ （千粒重）。为方便西南桦育苗造林中应用，将其种子千粒重与其相关的种子室内发芽率预测值制成表 5-1。

表 5-1 西南桦种子千粒重与其相关的室内发芽率预测值

种子千粒重/g	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11
种子室内发芽率/%	5.44	19.71	33.97	48.24	62.50	76.77

④场圃发芽率 种子的场圃发芽率是种子在实用苗床上播种所测得的发芽率。

用采后 15 天内，千粒重平均值为 0.084g 的西南桦种子，经土床播种，获得的场圃发芽率为 32.70%，与室内发芽率相比为 0.8：1，即西南桦种子的场圃发芽率达其室内发芽率的 80%。

⑤发芽温度，发芽天数 西南桦种子的发芽试验结果表明：西南桦种子在温度 11.5~34.0℃，日温差 13~17℃的条件下能够正常发芽。温度低于 10℃，则未见萌动，不能发芽。

在适宜的温度条件下，西南桦种子置入发芽皿后 8~9 天开始发芽，以第 9 天为开始发芽天数。气温在 15℃ 以上时经 18 天发芽结束。而气温为 10~15℃ 时，西南桦种子的始芽期则延迟至第 14 天，发芽天数延长至 23 天。

⑥种子尺寸 生产上播种用的西南桦种子，实为一双侧有翅的小坚果。其带翅坚果长 1.2~1.5 mm，宽 3.2~3.5 mm，厚 0.2~0.3 mm；去翅坚果长 1.2~1.5 mm，宽 0.7~1.0 mm，厚 0.2~0.3 mm。

2、种苗形态与发芽成苗过程

西南桦的种子（带翅小坚果）呈扁平卵形，两侧具对称的膜质透明宽翅，顶端具两根分开而宿存的花柱。苗床播种发芽时，子叶带着种皮自果壳中生出，子叶对生，长期宿存。在子叶期，苗木微小，生长缓慢，20 天龄苗高仅 1 cm 左右。此后长出真叶，也很小，至 45 天龄时苗木仅有互生真叶 3 片，苗高 2 cm。需 2.0~2.5 个月才能长成高 4 cm 左右，有真叶 5 片，茎干木质化的小苗，这时才适宜移植入容器中作容器苗培育。移植培育的容器苗初为单顶生长期，不发侧枝，生长较慢，待开始发侧枝时，根系也迅速增多，便进入速生期，再经 1 个月就可以出圃上山造林定植了。

3、田间育苗技术

西南桦幼苗虽根系发达，但叶质薄软，容易失水萎蔫，用裸根苗植苗造林成活率不高，因此，以采用容器苗造林为好。又因其初期速生的特性，现生产上均采用苗龄在半年生内的小袋苗造林，故西南桦的田间育苗以其培育小袋容器苗为主。

（1）苗圃的设置及苗床的准备

宜在光照充足，排水良好，有充足水源及方便灌溉的平缓地上，设置西南桦育苗用的苗圃，苗圃地土壤需疏松，土壤粘重会遭水淹或环境过于荫蔽的地方，不宜选作苗圃。

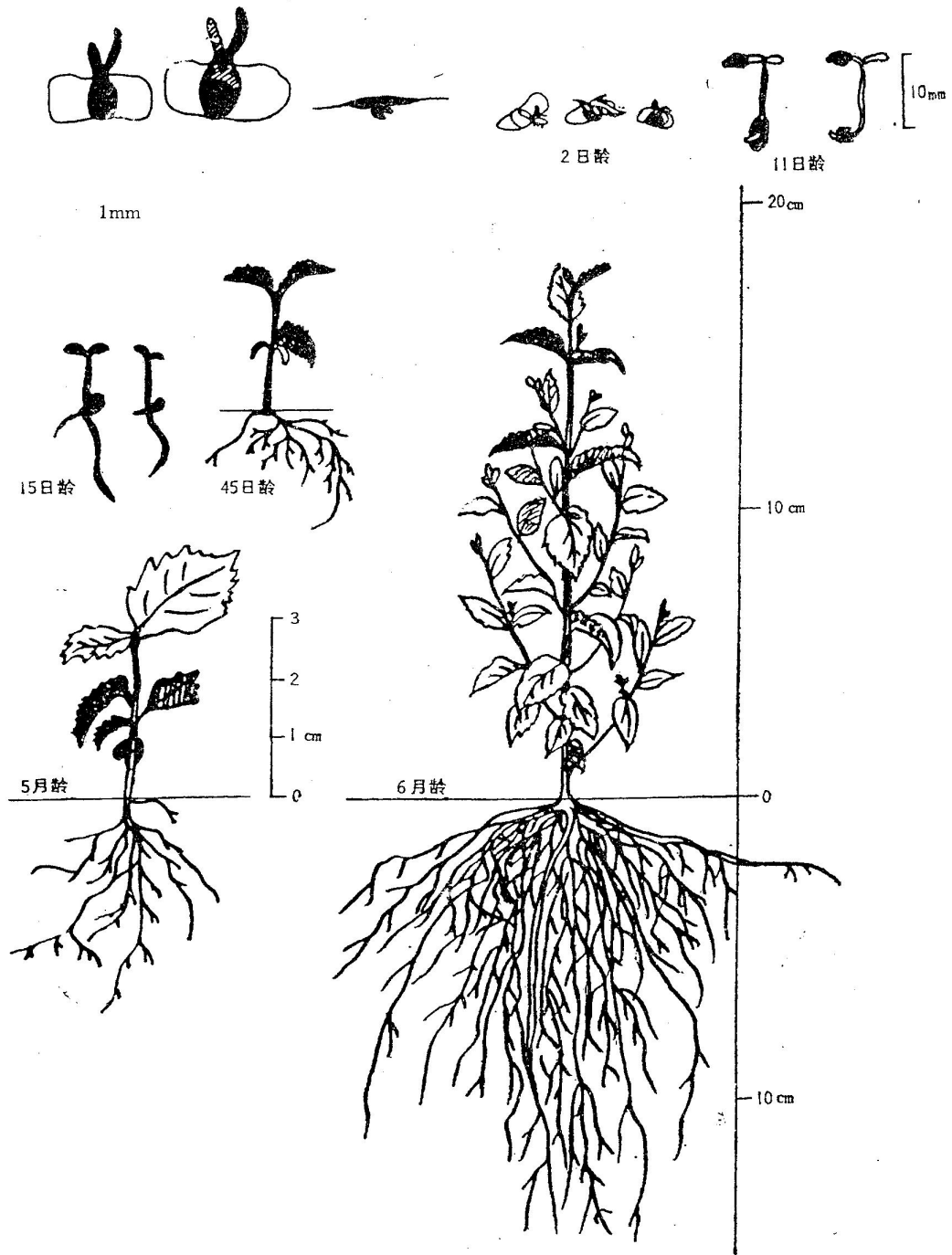


图 1、西南桦种子及苗木成长过程形态图（初期的培育日程）

在苗圃内按照一般要求构建苗床。苗床土面要平整细致，需经用木板拍细拍平，宽度不超过 1m，以便管理。播种育苗前一周，苗床的土壤要进行严格消毒。一般用 5%的甲醛（福尔马林）及多菌灵，或 0.2%的高锰酸钾溶液进行喷洒消毒，以苗床深 15~20 cm的土层充分湿透为宜。

育苗量不大时也可用木箱培育小苗。每 m² 可育出供移植的小苗 0.4~1 万株。

(2) 育苗时间

西南桦播种育苗的时间要与其植苗造林时间相配合。在西南桦的宜林区，依其气候特点可分为干雨季分明春旱突出及全年湿润无明显春旱的两种气候。在前一气候区西南桦最佳的植苗造林时间，为雨季开始，林地土层湿透后的 6~7 月。

供这一气候区的西南桦造林用苗最好是2月采种，随采随播，至6~7月，所培育的西南桦苗木苗龄达3.5~4.5个月可出圃定植造林。这种育苗时间安排，种子无需贮存，育苗成本低，效果好。

供全年气候湿润，无明显春旱气候区的西南桦造林用苗，可采用两种育苗时间与造林相连接的方案。一是春季播种育苗，至苗龄10个月生左右时供冬季植苗造林；二是夏季播种育苗，用半年生内的小苗供冬季定植造林。

但西南桦以春播育苗较为有利，这时气温不高，湿度不大，苗床病虫害少。夏播育苗面临高温高湿，优点是苗木生长快而整齐，但需加强对苗木病虫害的控制。

(3) 两段式育苗

两段式育苗用的西南桦种子，播种前可不进行催芽，采取干种撒播。为播种均匀，可将种子与2倍的细土（砂）拌匀，再行播种。

第一段，在苗床上密播培育小苗。待苗床培育的小苗苗高达4 cm左右，苗木主干开始木质化，有5片真叶时移入容器作第二段培育。此一段的育苗时间一般为2.5~3个月。

其播种前，先将苗床浇透水，待其土壤用手捏易碎，而有潮湿感时，即可播种。将混合好土（砂）的西南桦种子均匀撒于苗床床面。因西南桦种子细小，播后不宜盖土，只需及时用喷雾器浇水至种子湿透即可。在苗床上方搭盖塑料拱棚及遮光网，以免雨水直接击打床面及晒干种子，为了保持湿润，塑料拱棚可以密封，待种子发芽出齐后，再掀开。

在种子发芽阶段（9~18天），务必精心管理，苗床不能过干，也不能过湿，或遭雨水淋击。并以喷雾浇水，以免冲动种子，或形成“泥脚苗”也要防止阳光曝晒造成幼苗死亡。

苗木出齐后，每半个月用0.2%的高锰酸钾和多菌灵溶液交替喷施苗床，以防病害。若发现苔藓，地衣生长，要及时用刀尖挑除，并适当降低湿度，防止过湿。

第二段，将第一段苗床培育的2.5~3个月苗龄的西南桦小苗移植入容器，培育定植造林用的容器苗。这一容器苗育苗段，少则一个月，多则3~4个月。移植的小苗高4 cm左右，而出圃容器苗的苗高达15~25 cm。其育苗容器一般用薄膜袋（直径4 cm，高8~10 cm或较大规格）。近年来，也开始采用不同规格的育苗盘（每格容器口径3 cm×3 cm~3 cm×4 cm，深6~7 cm）育苗，作为西南桦的第二段育苗。薄膜袋多以营养土（森林土+1%复合化肥）为基质；育苗盘或以进口的基质（以泥炭为主）加珍珠岩，或以自配的树皮粒、珍珠岩、腐殖土、肥料混合作基质，都能获得良好的育苗效果。

(4) 容器苗苗圃管理

在西南桦容器苗的培育初期（床苗移至容器的初植阶段），苗圃的管理关键，一是搭建遮光网，当容器苗成活稳定后苗木进入速生期，视天气情况可逐步增加光照，出圃前一个月至半个月可拆除遮光网进行炼苗。二是从床苗移植入袋后的第二天开始给容器袋加土至满，要逐袋检查，以保证袋内土满口开，以利浇水施肥。三是浇水施肥，由于用小型容器育苗，容器中的基质少，需经常浇水保湿，并要施加追肥，追肥用沼气肥，农家肥或复合化肥均可。一般在西南桦容器苗成活稳定后一个月内要施追肥一次。复合化肥以1% N、P、K三元复合肥+0.5%尿素施用效果最好。四是除草，热区杂草多而生长快，要除早除小，不能让其长大伤苗。

(5) 苗圃病虫害防治

在西南桦田间育苗期间病虫害很少。自 1985 年开始育苗至今，仅个别年份有少数苗木出现烟煤病 (*Capnodium* sp.)。其苗木叶片，枝皮滋生烟煤状粉屑，未经防治，出栽造林后，脱离原圃地环境，受雨水淋洗后，即逐渐消失。

苗圃中常见的蛴螬 (土蚕、金龟子 *Autoserica japonica*) 幼虫、地老虎 (*Agrotis ypsilon*)、蝼蛄 (土狗 *Grylotalpa orientalis*) 等地下害虫，也时有出现，但不专危害西南桦苗木。控制的办法是，在选择苗圃地时要充分了解前作情况，多虫的菜园，老苗圃等，尽量避开；苗圃整地时深翻土壤，引入家禽、鸟类啄食其虫卵、幼虫；再者圃地深翻后曝晒土袋，并铺上柴草炼地。夏季如有虫害发生时，也尽量用灯光诱捕，引入禽鸟等捕食。虫口密度大时可置毒饵诱杀。尽量不要遍撒药物，以免污染环境。

(6) 苗木分级及出圃

西南桦 4.5 月龄袋苗苗木的分级标准为：

I 级苗，苗高 ≥ 25 cm，地径 ≥ 0.25 cm，具多侧枝的苗冠，根系发达；

II 级苗，苗高 15.1~24.9 cm，地径 0.16~0.24 cm，开始分枝，根系不发达；

III 级苗，苗高 ≤ 15.0 cm，地径 ≤ 0.15 cm，未分枝，根系不发达。

I、II 级苗为合格苗，III 级苗为不合格苗，可留圃继续培育达标后出圃，生长不良的袋苗，则应淘汰不用。

生产上也有用 3.5 月龄的西南桦袋苗出圃造林的，其袋苗的生长指标的标准，就应相应降低一些。

目前，在德宏州等地，多由苗圃及专业户集中培育西南桦袋苗出圃时造林，将袋苗装入方形竹筐（如运水果的竹筐），筐中装入袋苗 2~3 层，装满塞紧，然后再将装满袋苗的竹筐装在汽车或拖拉机上运至造林地。经多年实践这种方式保苗效果很好，可以保证苗木不受损害，使其造林成活率保持在很高的水平。

六、植苗造林技术

1、造林地的选择

适地适树是造林的首要原则。西南桦在云南的宜林地为宜南亚热带湿润和半湿润气候区。在滇东南其宜林地的海拔高度为 400~1300m，滇南为海拔高度 700~1400 m 的地带，而滇西南为海拔高度 800~1600 m 的地带。比此海拔高度更低的地方，则为北热带气候区，对西南桦已经过热；更高的地方则气候偏凉，西南桦林木的生长量会显著下降，达不到速生丰产的目的。

西南桦在热区生长的树种中是较耐干旱、瘠薄的树种，可以作为热区各种退化地造林的先锋树种。也可在低质林改造，退耕还林工程中作为主要造林树种。其造林地一般要求土层厚度在 50cm 以上。在生长有飞机草 (*Eupatorium odoratum*)、杂草灌丛及热带各种次生林植被的地方均为其宜林地。

干热河谷，半干旱气候及石灰岩岩溶区为西南桦不宜造林的立地环境。

2、种植技术

(1) 初植密度的确定

西南桦容器苗植苗造林的初植密度由其林分的培育目的，林分的立地条件及幼林郁闭时间，抚育间伐安排等因素而确定。

若培育纸浆纤维用材林，初植密度可大些，而培育大径级原木锯材林，初植密度就要小些。

西南桦的植苗造林均在热区进行,要求幼林及早郁闭,以压制林地杂草灌木的竞争生长,减少抚育用工量,故其造林的初植密度宜大。

再则,造林地的立地条件好,林木生长快,其造林的初植密度可小些,反之,初植密度则应大些。

目前,云南省的西南桦植苗造林通常是营造西南桦纯林,采用的初植密度是 $3\text{m}\times 3\text{m}$,以培育大径材为目的,计划进行2次间伐。其初植密度也有采用 $2\text{m}\times 3\text{m}$ 的。这种初植密度的西南桦林分2年生就基本郁闭,人工幼林抚育也持续2年,造林后第3年就不需抚育了。西南桦的植苗造林还实行过 $2\text{m}\times 4\text{m}$ 的初植密度。一是根据其9年生幼林,以 $2\text{m}\times 4\text{m}$ 株行距林木的生长量最大,蓄积量最高;二是若与肉桂(*Cinnamomun cassia*)作行状混交,此初植密度使西南桦林木处于上层,而肉桂在其行间种植,林分5~8年时可先采伐肉桂利用。若营造西南桦、马尖相思(*Acacia mangium*)混交林,可采用 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 的初植密度行隔行混交,马尖相思林木4年生时被采伐利用,留下西南桦林木继续生长。

用做纸浆,纤维用材的西南桦人工林还未出现,因其木材价格高,而木材纤维的长度又不如思茅松,因此在云南不以此为西南桦人工林的经营目标。但作为一种经营模式,西南桦纸浆纤维用材林的初植密度可为 $2\text{m}\times 2\text{m}$,在土壤深厚肥沃的林地,初植密度可采用 $2\text{m}\times 2.5\text{m}$ 。用此初植密度营造的西南桦纸浆纤维用材林不需进行抚育间伐,至8~10年生时可一次性主伐利用。

(2) 定植时间

西南桦容器苗造林的定植时间,依种植地的气候类型不同而不同。在干湿季分明,春旱显著的气候区内,以雨季初期,土层湿透后尽早种植为佳,一般均在6~7月进行,最迟到8月底。西南桦容器苗定植的时间越早,当年苗木的生长量越高,也有利于度过来年春旱。在西双版纳普文,6月定植的西南桦容器苗,当年12月林木的平均高可达100~110 cm,造林成活率、保存率均高,第二年林木生长也快。在可实行冬春造林的湿润气候区,西南桦植苗造林的时间以不超过立春节气为佳。西南桦幼苗一般不落叶,但仍有休眠期,定植后的苗木,也以处在其休眠末期即将萌动为佳。

(3) 整地与苗木定植

西南桦植苗造林的整地包括砍坝、挖穴、回坑等项。

在热区,其造林地上高草、灌木及杂树丛生。植被盖度很大,造林前需将其全部砍倒,当地称为砍坝。砍坝后采不采用火烧炼山,目前争议较大。现代的林学学者认为炼山烧坝对林地水土保持及维持土壤肥力不利,主张堆腐砍下的灌草植体。但此法用工量大,且操作困难。火烧炼山省工,可全部干净地烧毁砍坝留下的植体,便于实际操作。至于两种清理林地的方式对所造西南桦人工林生物多样性的影响,经多年观察,其的影响力并无显著差别,只是炼山当年林地景观迥异。因此,西南桦造林地的整地中,可因地制宜选用炼山或堆腐的方式进行林地清理。

用西南桦半年生内的小袋苗造林,其定植穴的规格应为 $40\text{ cm}\times 40\text{ cm}$ 宽、 $30\sim 40\text{ cm}$ 深。过小不利幼苗的迅速生长。挖定植穴最好在造林前4个月以上的冬春季进行,这有利于穴内心土层的土壤熟化。苗木定植前,先将松土回填入穴,称之为回塘,回塘时应将肥沃的表土层先回填入穴底,并再加宽剥取穴边的表土填入穴内,使回填入种植穴的土壤呈馒头状高出穴面,将多余的土在山坡下方沿穴边围筑成土埂,以利拦截降雨及地表径流。

苗木定植时,在定植穴中心挖成植苗深穴,放入撕去袋膜而带营养土体的苗

木，调整好深度，扶正踩实土壤。再在穴面加盖一些松土至营养土体稍高部位，并做好种植穴下坡方向的土埂即可。雨季植苗造林，选择好雨后的时机，就可不用浇水。

(4) 成活率、保存率调查与补植

西南桦植苗造林的成活率调查应在定植后 20~30 天内进行。20 天后定植的苗木是否成活已可确定，死亡者枝叶枯萎，成活者已发芽生长。及时进行植苗造林成活率调查，有利于及早补植，使补植苗木成活率较高且生长量能赶上去。调查方法可采取机械抽样、随机抽样等方法，以客观真实地进行评价其植苗造林的成活效果。

西南桦植苗造林的保存率调查在造林后的第二年旱季结束至雨季开始前进行。如达不到保存率标准还可进行补植，其补植苗木有望成长入林。第 3 年才行补植，苗木生长落后太多已不能成长为有效林木。

3、混交林及混农林的营造

(1) 混交林

天然的西南桦林多为多树种多层的混交林，说明西南桦能与之共生的树种很多。营造西南桦人工林，可以营造西南桦纯林，也可营造西南桦与其他一些树种的混交林。进行过混交试验的有西南桦+山桂花(*Paramichelia ballonii*)、西南桦+高阿丁枫(*Altingea excelsa*)、西南桦+马尖相思(*Acacia mangium*)、西南桦+肉桂(*Cinnammum cassia*)混交林，均可称为成功。

①西南桦+山桂花混交林 营造此种混交林可形成西南桦为上层，山桂花为下层双层结构的乔木林，在此混交林中山桂花林木生长稍慢，有耐荫蔽的特性，其 10 年生混交林林木的蓄积量比同龄西南桦纯林大 10%左右。林下植物种类则较西南桦纯林少 29%，主要原因是西南桦纯林林下透光度较大，林内入侵的适生植物种类较多。

②西南桦+高阿丁枫混交林 营造此种混交林有林木生物量较西南桦、高阿丁枫纯林大 48%~3%的优点。高阿丁枫林木全体含芳香物质，小枝叶，树皮等可提取芳香油，含油率达 0.3%。此种混交林可产多种产品，提高经济效益。

③西南桦+马尖相思混交林 营造此种混交林计划 4 年生时伐除混交林中的马尖相思木，以利用其木材造纸，树皮提取栲胶，叶片作饲料，马尖相思林木根系可固氮，又是蜜源植物，是经济价值高，生态效益好的多用途树种，与西南桦混交可提高地力，并增加育林经济效益。

④西南桦+肉桂混交林 营造此种混交林计划在林分 5~8 年生时采伐利用混交林林中的肉桂植株，以代替林分的抚育间伐，留下西南桦继续生长培育为大径材，以提高整体营林效益。

混交林培育的不利方面，是会增加经营成本，特别是当混交树种的采伐年龄不一致时。因此，一般只培育采伐期一致的混交林。

西南桦混交林培育发展潜力很大。目前，实践经验正在积累中，还需进行探索，扩大混交树种。

(2) 混农林

在热区环境条件下，营造西南桦混农林，潜力很大，已经过试验的有下列 2 种植模式：

①早稻-西南桦混农林 在营造西南桦纯林或是西南桦+肉桂等混交林时于造林当年混种早稻，以耕代抚，可以收获早稻。在普洱、西双版纳，每亩早稻约可产 200kg，稻草可做牛饲料，多余的可做林地覆盖物，对增进林地土壤肥力和减

少旱季蒸发,保持土壤湿度,均有好处。这一模式,简单易行,并建立在当地传统生产方式的基础上,减少了幼林抚育费用,又有农牧业的产出,因此,已得到普遍推广。西南桦造林的当年除混种旱稻外,还可混种花生,豆类等。

由于热区土壤在失去植被后会迅速贫瘠化,使西南桦林地到造林的第二年时土壤肥力严重下降,若在其林地上再种旱稻,产量则大幅下降,而此时林地杂草增生,花工量大,已不宜再种。若有施肥条件,则可继续在其林间混农,除混种农作物外,还可混种中药材,如穿心莲(*Andrographis paniculata*)、肾茶(*Clerodendranthus spicatus*)、保健食品玫瑰茄(*Hibiscus sabdarifa*)等,都能获得成功。

②西南桦林下种植的混农林业 实践过的,有在西南桦林下种植药材:千年健(*Homalomena occulta*),以及砂仁(*Amomum villosum*),棕榈藤植物如多穗白藤(*Calamus bonianus*)、云南藤(*C. yunnanensis*)。对于提高其营林管理水平及增加效益都有显著好处。西南桦以2m×4m株行距行宽种植,林下种植的药材藤蔑可从第1年起造林后即种入,也可在造林后第2、3年幼林初步形成郁闭后种入林下,以小穴状整地,株行距视不同作物而定,如千年健为0.5m×0.5m,多穗白藤为5m×5m,砂仁为0.5m×1.0m等,一般在雨季初期需要土壤已经雨水湿透后定植,定植后一个月要铲草护苗,并对缺塘进行补植。除砂仁要每年砍草护苗外,千年健、棕榈藤等都可自行生长,3~5年后,可有收获。千年健收获时挖取肉质根茎,同时将有芽的茎尖又埋入林地土壤中即可更新,其为当地林下乡土植物,与杂草竞争力很强。棕榈藤的小白藤和云南藤在5年生后已有藤条形成,可有少量收获,但要到8年以后才进入多产期,同时5年生开花结实,其种子也有经济收益,可以利用培育苗木等。

砂仁种植地要求最低气温>2℃,荫蔽度要求50%以上,多以分株繁殖,分株苗不需苗圃培育,可直接进行林下定植,定植季节以雨季初期水透湿土层时为宜,苗高0.6m,健壮者为合格。穴状整地,规格为0.4m×0.4m×0.4m,栽植时将分株苗匍匐茎埋入土中深6~9cm,踩实。每穴栽1株。林下定植后1~2年内,每年需除草2~3次。3年后进入结实期。抚育可在花前果后,每年2次实施。为要高产最好施肥。最佳施肥配方为每亩2000kg圈肥+25kg过磷酸钙+2.5kg尿素。保护好传粉昆虫,是保持砂仁高产的关键技术之一。需要特别予以注意。

七、育林期的营林技术

1、林地管理

(1) 土壤管理 西南桦苗木定植后,在其育林期除定植后的1~2年为铲除种植穴,以及穴边的杂灌木而有限地翻动土壤外,在其整个育林期进行林地土壤管理时均不再翻动土壤。土壤管理的重点是给林地土壤施肥。适当施肥能显著提高西南桦人工林林木的生长量,施肥种类及施肥量要根据林地的土壤类型而定,以西南桦主要造林区的南亚热带赤红壤而言,土壤一般缺氮(N),缺磷(P),而钾(K)较丰富。对此类型的林地土壤施肥应以施N、P肥为主。经试验,对所营造的西南桦人工林给每年每株林木施100gN/P比为1:1的混合肥,与不施肥的林木相比,能使林木的生长量提高20%~30%。

(2) 植被管理 ①在1~2年生幼林期,西南桦幼树易受杂草灌木压抑至死,需每年进行1~2次清除草灌木的植物管理,使西南桦幼树有充分的生长空间;②3年生后西南桦人工林林木高度已超过杂草灌木,此期间的植被管理转为保护培养

林下植物，只清除对西南桦林木生长有危害的如金毛榕(*Ficns chrysocarpa*)、山黄麻(*Trema orientalis*)、山鸡椒(*Litsea cubeba*)和会缠绕其幼树的多种藤本植物为主，使其林下形成多层次多种植物组成的植被。以尽量促成林下植物的多样性。此间对林中所出现的珍稀植物物种等要特加保护。

2、林木的抚育间伐

人工用材林抚育间伐的目的，主要是调整林分中林木的密度，并清除病虫害及枯死木，以获得其林木群体的最大的有效生长，而增加目的树种的林木蓄积量。

(1) 林分生长过程与林木分化情况 以初植密度 1667 株/hm²，株行距 2m×3m 的西南桦实测林分资料为例：5 年生，西南桦林木的平均树高为 15.7m，极差 5.0m，平均胸径为 9.2cm 极差 9.0cm，林分蓄积量 64.5m³/hm² (4.3m³/亩)，林木的年均蓄积生长量 12.9m³/hm² (0.86 m³/亩)，此时林分的林木密度为 1417 株/hm² (94 株/亩)，平均株距 2.66m，林木分化现象已很突出。

9 年生时已成长高大茂密的林分。西南桦林木的平均树高 20.6 m，极差 10.5 m；平均胸径 13.9cm，极差 16.0cm，林分蓄积量 183.9m³/hm² (12.3 m³/亩)，林木的平均蓄积生长量 20.4 m³/hm² (1.36 m³/亩·年)。此时林分的林木密度 1170 株/hm² (78 株/亩)，平均株距 2.92 m，林木分化更加剧烈。其优势木树高 25.6 m，胸径 23.0 cm，单株材积 0.5318 m³，比平均木蓄积大 3.38 倍。

对西南桦人工纯林的林分生长过程的研究结果表明：林分的林木胸径生长的分化，在 2~3 年生即开始，5 年生已十分显著，5 年生以后差别更加增大；而林分中林木树高生长的分化则在 9 年生左右才能定局。

(2) 抚育间伐的林龄、强度及最终保留密度 根据实测的西南桦林分生长过程中所表现的林木分化情况，提出如下抚育间伐方案：对初植密度为 1667 株/hm² (株行距 2m×3 m) 的西南桦人工纯林，5 年生时行第 1 次间伐，间伐量 500 株/hm²，占其林分初植株数的 30%，保留 1167 株/hm² (78 株/亩)，使林分中林木的平均株行距达 2.93m。

8~10 年生时行第 2 次间伐，间伐量 300 株/hm²，占林分第一次间伐保留林木株数的 25%，保留 867 株/hm² (58 株/亩)，使林分中林木的平均株行距达 3.40m。

此林分 867 株/hm² 的林木密度可保留至 17 年生主伐时。其林分林木蓄积量回归预测以林木平均胸径 26 cm，平均树高 27 m，形数 0.497 计算，每公顷蓄积量为 617.6970 m³/hm² (41.1780 m³/亩)，蓄积量的年均生长量为 36.34 m³/hm²·年 (2.42 m³/亩·年)。如果西南桦人工纯林的初植密度为 1111 株/hm²，3m×3m 株行距，就可只在 8~10 年生时进行 1 次间伐，使林分的林木密度一次调整到位。

(3) 抚育间伐的实施 在实施西南桦人工林的抚育间伐时，是先由有经验的营林工作者，将其林分中的林木分为 5 级。1 级木：优势木，树冠突出于主林层之上；2 级木：主林层中的上层林木；3 级木：平均木，树冠居于主林层中下层；4 级木：落后木，树冠达不到主林层；5 级木：濒死木。正常的西南桦人工林，林分中不同胸径，树高级的林木株数分布都遵从于正态分布，故林分中以 3 级木的数量为最多，约占林分中林木株数的 30%~40%。其抚育间伐实施中要决定的，实际上就是对 3 级木如何间伐，砍多少的问题。实践中可将被压，已无可能发展进入主林层的林木作为间伐对象。在此前提下再考虑林分中林木分布的均匀度，而不使间伐后出现大的林窗和空地。

3、病虫害控制

在西南桦天然分布区内，西南桦是少发生病虫害的树种。各地培育西南桦人工林近 25 年来，还未发生过严重的病虫害。西南桦人工林的少病虫害还得益于

贯彻“生态系统病虫害控制与管理”的理论，特别是得益于采取保护其生态系统的生物多样性，保护病虫害天敌的措施，使之形成为有多层结构及多植物物种组成的林分，在其林分的森林生态系统中各个物种都保持着互为依存，互相制约的平衡关系，故此在西南桦人工林中虽有很多种类的食叶、蛀干昆虫以及真菌，细菌，但并未形成灾害。

其林分中比较常见的害虫种类是一种绒刺蛾（*Phocoderma* sp.）、食林木之叶，2种天牛（*Trichoferus* sp.）及吉丁虫（*Chrysochroa* sp.）会蛀食树干，但其虫口密度均不大。

八、主伐与更新技术

（1）主伐年龄的确定

大径材工业林的主伐年龄：依实测林分生长过程的回归计算，西南桦达到大径材林分标准：平均胸径 26cm 时的林龄为 17 年生。这时林木平均胸径 26cm，平均树高 27m，林木密度 867 株/hm²（58 株/亩），形数 0.497，林分蓄积量 617.7 m³/hm²（41m³/亩）。林分蓄积量年平均生长量为 36.34m³/hm²·年（2.42m³/亩·年）。

如果培育目标是更大径级的用材，则主伐年龄可大致按胸径平均生长量 1.3~1.8cm/年（视立地条件而下）来定。

西南桦也是很好的造纸材及纤维用材，如以造纸纤维材为经营目标，则可在 9 年生主伐，经实测，林分这时平均胸径 13.9cm，平均树高 20.6m，林木密度 1170 株/hm²（78 株/亩）。林分蓄积量为 184m³/hm²（12.3m³/亩）。只是因为目前西南桦大径材价格高，因此多不以纤维材为营林目标。

（2）主伐方式

西南桦短周期工业人工林及培养大径材的工业人工林的主伐，均宜采用皆伐方式。采伐小班应按地形划分，以方便集材。如道路条件允许，可采用原条集材、运材，将剥皮、造材、制材几道工序集中于贮木场一次完成，这样，可提高效率和产品利用率。道路条件不允许时，则就地造材，以拖拉机或汽车运出。

根据热区的气候特点，西南桦人工林的采伐时间选在 10 月底至来年 4 月之间的旱季进行。在采伐主林木前，应先将林下的下木及灌木砍倒，特别应砍去缠绕牵挂主林木的藤本植物，以免采伐时影响操作及倒向控制，引发不安全事故，也可提高采伐的工效。采伐时自坡下向坡上循等高带伐木，造材则自坡上向坡下进行，尽量利用倒木树干做衬垫，从上坡向下坡集材。留在林地上的采伐木梢头，要砍断其枝干，清理成堆或散铺于林地。

（3）更新方法

主伐后的西南桦林木伐桩并无萌发能力。因此，采伐迹地的更新，应是人工造林更新。其采伐迹地的西南桦人工林的更新技术同于其的植苗造林技术。西南桦人工林采伐迹地的更新是连作西南桦人工林，还是休闲轮作，或换种其他树种、作物等，则依林场的营林计划而定。

九、西南桦产业化规模经营前景

西南桦现已成为我国热区主要造林树种，被广泛应用于速生珍贵用材林基地建设、退耕还林工程、生态公益林等多种项目建设中。据不完全统计，其在两广及云南省的造林面积已经超过 10 万 hm²（150 万亩）。国家林业局已为其制订了林

业行业标准《西南桦用材林培育技术规程》(LY/T0000-2007)。

1、西南桦产业化规模经营的目标

西南桦既可以做为一个速生珍贵用材树种，适于培育大径材用于实木家具制作，室内装修及人造板制造等用途，也可作为造纸、纤维材进行小径材培育。西南桦即可作为工业人工林，进行林厂一体化经营，也可在热区退化地植被恢复、荒山绿化中作为先锋树种用于造林。在云南省热区，可与思茅松等主要工业用材树种，按地形，选择阴坡缓坡及土壤较深厚的地段种植西南桦。形成块状混交林区，一方面可以提高整体的土地利用率及提高经济效益；另一方面，形成针阔混交林区，也可大大改善林区整体的生态效益及生物多样性。

在论述西南桦人工林的产业化规模经营前景时有必要对西南桦人工林可持续经营的效益进行评估。

云南省林业科学院曾对在西双版纳普文林场培育的3种西南桦人工林，进行了林分水平的有关可持续经营指标的定量测定，并通过与当地3种天然林比较，而对西南桦人工林的可持续经营效益进行了研究。其研究结果，概括总结为如下几点。

(1) 木材的产出效应

通过林分生长过程及回归分析，预测达到西南桦大径材林分(林分中林木的平均胸径达26cm)时的年龄为17年。其林分与当地天然的山地雨林，季风常绿阔叶林和思茅松林(40年生)成熟林的木材产量与产值比较如表9-1。

表9-1 几种西南桦人工林与3种天然林的木材产量与产值比较

森林类型	工艺成熟(主伐龄)/a	单位面积蓄积量/ $m^3 \cdot hm^{-2}$	经济材出材率/%	单位面积经济材产量/ $m^3 \cdot hm^{-2}$	出场价/元· m^{-3}	单位面积木材产值/元· hm^{-2}	比较	备注
西南桦纯林	17	241.8	70	169.3	700	118510	132.4	实测数据
西南桦+山桂花混交林	27	281.0	70	196.7	850	167195	186.8	实测数据
西南桦+马尖相思混交林	17	371.1	65	241.2	500	120600	134.7	实测数据
山地雨林	成熟(40以上)	397.9	30	119.4	300	35811	40.0	实测数据
季风常绿阔叶林	成熟(40以上)	254.4	30	76.3	300	22896	25.6	实测数据
思茅松天然林	40	373.0	60	223.8	400	89520	100	《云南森林》资料

注：以思茅松天然林的木材产值为100%计，计算各林分的木材产值的价值比。

通过比较得出，西南桦人工用材林的木材生产力比天然的思茅松林及阔叶林都要高很多，再加上主伐龄短，木材价格高等因素，经济效益就更好了。经计算培育西南桦人工林的营林投入产出比在1:55以上；考虑到贷款利息额，其财务内部收益率可达23.6%，投资利润额达322.49%。而两种西南桦混交林的木材产量和产值则超过西南桦纯林，说明其混交林的树种配置和混交方式是合理的，产生了比纯林更高的生产力。

(2) 生物量产出效益

人工林所产出的生物量是指一定经营期内，全林分植物的总量，以每公顷的重量表示。林分的生物量不但用以衡量人工林生态系统的总体生产力，而且也是研究其生态系统功能平衡、能量流动、循环和空间分配等的基础资料。

西南桦人工林不同层次的生物量及与当地天然林比较如表9-2。

表 9-2 几种西南桦人工林与 3 种天然林的林分生物量比较

单位: t/hm²

林分类型	乔木层		灌木层		草本层		凋落物层		总计		林龄 a
	生物量	所占比例/%	生物量	所占比例/%	生物量	所占比例/%	生物量	所占比例/%	生物量	所占比例/%	
西南桦纯林	53.27	75.7	2.68	3.9	3.40	4.9	10.74	15.5	69.19	100	7
西南桦+高阿丁枫混交林	82.65	80.81	4.21	4.1	6.90	6.7	8.48	8.0	102.24	100	7
西南桦+山桂花混交林	64.14	73.4	16.51	18.9	1.48	1.7	5.21	6.0	87.34	100	7
热带次生林	37.73	73.1	8.44	16.4	0.73	1.4	4.69	9.1	51.59	100	7
山地雨林	310.35	81.6	65.31	17.2	0.25	0.1	4.49	1.2	380.40	100	成熟
季风常绿阔叶林	198.45	75.1	62.10	23.5	0.31	0.1	3.48	1.3	264.34	100	成熟

从表 9-2 的数据可以看出, ①西南桦人工纯林 7 年生时的生物量, 已超过热带次生林 7 年生时的生物量。说明西南桦人工林能显著提高生产力。②两种西南桦混交林的生物量均高于西南桦纯林, 说明其混交林中混交树种的配置是合理的。③从林分各层次生物量的分配看, 西南桦人工林灌木层生物量远低于天然林。林木密度大和经过下层砍灌抚育是造成其灌木层生物量低的原因。而西南桦+山桂花混交林灌木层生物量显著较高, 很值得注意。所出现的西南桦人工林草本层生物量大于各天然林的现象, 表明其林分中的草本层植物恢复较快, 灌木层植物种类的恢复则在其后。各种林分地面凋落物层的生物量从其组成成分看主要来自林冠层林木的枯枝落叶。西南桦人工林地面凋落物层的生物量远大于天然林, 表明西南桦人工林的物质循环速度大于天然林。这是西南桦人工林具备较高生产力的证据之一。

西南桦人工纯林其乔木层的林木按部位分计的生物量为: 干材占 76.76%, 枝占 5.02%, 叶占 3.19%, 根占 15.03%。林分中乔灌草层植物的生物量比例为: 地上部分占 81.63%, 地下部分占 18.37%。

(3) 群落结构及物种多样性特征

①群落结构 现今经营的西南桦人工林, 可分为 2 种森林群落结构。

I. 独种单一乔木层复层群落结构。这是西南桦纯林的群落结构形式, 其林分的乔木层仅 1 层 1 种, 乔木层之下, 有由复杂多种类组成的灌木层及草木层。在林分抚育过程中保留下来的一些珍贵优良树种的幼树, 经数年的生长, 高度已经超出灌木层, 形成一个愈来愈明显的下木层。再经过数年, 就能在其主林层之下, 形成一个多种类的次乔木层。

II. 混交复层群落结构。西南桦的混交林由两种树种组成其乔木层。在西南桦+山桂花混交林中, 西南桦林木生长快, 居乔木层上层, 山桂花林木生长较慢居下层; 而西南桦+马尖相思、西南桦+高阿丁枫两种混交林, 则形成两树种高度相近的林冠层。这些混交林, 由于组成乔木层林木的树冠有相当的透光度, 或者具有落叶季节, 因此林下灌草层的发育也很好。表 9-3 的表述了上述群落结构的测定数据。

表 9-3 西南桦人工林与天然林的群落结构比较

项目	西南桦 纯林	西南桦+马尖 相思混交林	西南桦+山桂 花混交林	山地雨林	季风常绿 阔叶林
林龄/a	13	11	11	成熟	成熟
乔木层 高度/m	20~25	15~22	24	25~33	22.5~25
盖度/%	85~95	80~99	70~75	44~80	50~70
植物种数	1	2	3	8	10
乔木下层 高度/m				6~20	10~19
盖度/%	无	无	无	49~93	58~80
植物种数				17	9
下木层 高度/m	5~8	4~6	12	5~10	4~10
盖度/%	0.25	5	5	25~35	5~60
植物种数	41	45	29	7	12
灌木层 高度/m	1~4	1~3	0.5~3.0	4~5	1~4
盖度/%	20	60	40~45	20~60	50~60
植物种数	56	53	38	45	43
草本层 高度/m	0.1~0.8	0.3~0.5	0.2~1.5	0.1~1.0	0.2~0.3
盖度/%	30	20	4~5	5~35	5~10
植物种数	30	23	14	15	10
层间植物 种数	18	22	18	16	7

②物种多样性 西南桦人工林至 10 年生左右，林内植物种类已经十分丰富，就其植物物种种数而言，已多于天然林，这是因为其主要为中生环境，不像成熟的山地雨林和季风常绿阔叶林具偏荫环境，再则，受到干扰的群落，有新的物种侵入等原因，促成了西南桦人工林的植物物种的增加。表 9-4 列出了西南桦人工林与天然林的植物种类的统计数据。

表 9-4 几种西南桦人工林与 3 种天然林的分层植物种类统计

林分类型	乔木 上层	乔木 下层	下木 层	灌木 层	草本 层	层间 植物	减去重复后的 总种数
西南桦纯林	1	-	41	56	30	18	110
西南桦+马尖 相思混交林	2	-	45	53	23	22	119
西南桦+山桂 花混交林	3	1	29	38	14	18	78
山地雨林	8	17	7	45	15	16	84
季风常绿 阔叶林	10	9	12	43	10	7	74
热带次生林	3	5	14	20	23	9	58

在 10 年生左右的西南桦人工林中已稳定地生长起一批组成热带天然林的标志性树种和重要树种。如壳斗科的红椎 (*Castanopsis hystrix*)、夹竹桃科的糖

胶树 (*Alstonia scholaris*)、樟科的普文楠 (*Phoebe puwenensis*)、楝科的红果葱臭木 (*Dysoxylum binectariferum*)、山榄科的绒毛肉实树 (*Sarcosperma kachinensis*)、木兰科的滇缅木莲 (*Manglietia forrestii*)、藤黄科的云树 (*Garcinia cowa*)、桃金娘科的思茅蒲桃 (*Syzygium szemaoense*) 等。还有一些大型木质藤本植物虽几经清除,但依旧顽强地在其林分中生长。如翅子藤科的橙果五层龙 (*Salacia aurantiaca*)、番荔枝科的多脉瓜馥木 (*Fissistigma balansae*)、茜草科的双钩藤 (*Uncaria laerigata*)、夹竹桃科的鹿角藤 (*Chonemorpha ariostylis*)、牛栓藤科的红叶藤 (*Rourea minor*) 等。都明显地表现出雨林和季风常绿阔叶林的环境恢复特征。

在西南桦人工林中森林动物、昆虫,以及真菌,苔藓等也都有很多种类出现,更增加了林分的生物多样性。

(4) 保土、涵水、固碳效应

①保土效应。包括对地表径流的控制及植物根系对土壤的固定。由于西南桦人工林乔木层能形成郁闭的林冠层,还具有茂密的灌木层、草本层和死地被物层,整个林分为复层多种结构,林地的土壤不裸露。所在小流域的山间溪流能保持常年流水,水体十分清澈,雨后也无浊流产生,可以认为地表径流和表土径流失在西南桦人工林中已得到了有效地控制。

通过对9年生西南桦人工林分径阶选取的7株标准木的掘根测量,根据根幅、根深、根系分布形状,求算出西南桦林木的根系固土量,见表9-5。

表9-5 9年生西南桦人工纯林的林木单株平均根系生长状况及其固土量

平均根幅面积 /m ²	平均根深/m	根系圆锥体体积/m ³	株行距 /m×m	根系交错幅度/m	根率交错率/%	平均单株林木固土体积 /m ³	根系中林分固土实际体积 /m ³ ·hm ²
10.18	1.1	3.73	2×4	1.14	30.56	2.59	3240

西南桦属于浅根系树种,无明显主根,其林木的根系分布呈倒圆锥体型,平均深度为1.1 m。根系分布不受株行距限制,可以互相穿插,在表层土壤内形成细密的根系网。再加上林分中灌草层植物根系的联合作用,有很好的固土能力。

②涵水效应 经测定,9年生西南桦人工纯林林地1.1 m深土层的土壤最大持水量为5758 t/hm²,枯落物层的最大持水量为15 t/hm²,林分植物体含水量41 t/hm²,全林合计的涵水量为5814 t/hm²,与山地雨林比较为其全林含水量的37.8%。另据测定,西南桦人工纯林(9年生)全林的降水截流量为10.8 t/hm²。全林含水量换算为降雨量,可达582mm。虽因是幼林,林木生长量尚处较小阶段,其根系深及根系量均不算多,但涵水作用已经较强。

③固碳效应 森林每生长1 m³木材,能吸收850kgCO₂,森林植物中碳的含量约占其干重的50%。以此比例计算西南桦人工林的碳含量,并与世界热带森林,温带森林作比较如表9-6。

西南桦人工林仅7年生,林分的碳含量就能超过当地的热带次生林,而达到世界热带森林的52%~77%,说明西南桦人工林作为固碳林显著有效。人工用材林以后虽要采伐利用,但存于木材中的碳,却会随木制品长期固定,起到碳储库的作用,因此,西南桦人工林对于减少温室气体,减缓地球气温升高,具有良好的效应。

表 9-6 几种西南桦人工林及与世界热带及温带森林的碳含量比较

林分类型	林龄 /a	生物量 /t·hm ²	碳含量 /t·hm ²	与世界热带 森林相比/%
西南桦纯林	7	69.19	34.60	52.4
西南桦+高阿 丁枫混交林	7	102.24	51.12	77.5
西南桦+山桂 花混交林	7	87.34	43.67	66.2
当地热带次生林	10	51.59	25.80	39.1
世界温带森林			71	107.6
世界热带森林			66	100

(5) 林地土壤的肥力状况

在西双版纳普文林场西南桦人工林均种植在海拔高度 850~900m 的低山坡地，土壤为发育在紫色砂岩上的赤红壤，土层深厚，一般均在 2m 以上，最深剖面见到 4.2m。通过每隔 1 年 1 次的林地土壤定位取样测定分析，并与造林前的本底值相比较，得出如下规律：

①林地土壤中的有机质、全氮、有效氮、有效磷含量，在造林后的 3~5 年内下降，以后逐渐回升，7 年生时已基本恢复到造林前水平，与天然林相接近（表 9-7）

表 9-7 几种西南桦人工林各年的土壤肥力状况及与天然林的比较

林分类型	林龄 /a	有机质含量/ g·kg ⁻¹	全氮含量/ g·kg ⁻¹	有效氮含量/ mg·kg ⁻¹	有效磷含量/ mg·kg ⁻¹	有效钾含量/ mg·kg ⁻¹	pH 值	阳离子交换量/ cmol·kg ⁻¹
西南桦纯林	3	24.98	1.08	94.52	1.61	120.74	4.73	11.77
西南桦+马尖 相思混交林	4	23.09	1.22	94.30	1.33	164.30	4.95	10.08
西南桦+山桂 花混交林	5	23.84	1.20	105.94	1.86	104.44	4.71	8.82
西南桦纯林	5	23.84	1.08	89.27	1.44	76.89	4.90	14.92
西南桦+马尖 相思混交林	6	18.16	0.93	82.31	1.04	125.26	5.13	13.85
西南桦+山桂 花混交林	7	21.18	0.97	84.36	1.42	78.45	4.95	13.29
西南桦纯林	7	25.03	1.27	96.81	1.87	67.11	4.94	19.03
西南桦+马尖 相思混交林	8	21.64	1.06	84.07	1.38	85.77	4.83	17.08
西南桦+山桂 花混交林	9	23.00	1.16	95.08	1.80	67.08	5.01	14.87
山地雨林	成熟	22.09	1.02	95.93	1.09	70.33	4.81	16.67
季风常绿阔 叶林	成熟	25.64	1.14	100.52	1.97	75.99	4.85	17.34
次生林	成熟	25.52	1.40	100.75	1.60	83.02	5.10	16.68
	成熟							

②林地土壤中的有效钾含量一直处下降趋势，说明林地土壤中钾的流失较明显。

③林地土壤 pH 值和阳离子交换量在西南桦人工林造林后均呈上升趋势，说明西南桦人工林林地土壤的酸度降低，物质能量循环逐步加强。而林地土壤容重呈小幅上升趋势，总孔隙度与毛管孔隙度则呈小幅下降趋势，说明造林的炼山清除植被及整地使林地土壤中的根系量减少，根系新陈代谢形成的孔隙也减少，此还未恢复到造林前的原有水平。

7~9 年生的西南桦人工林，林地土壤各项肥力指标除有效钾含量外，均恢复到接近天然林林地土壤的肥力水平。表明西南桦人工林对林地土壤的肥力具有明显的保持作用。

(6) 林分的稳定与安全

西南桦人工林营造近 10 多年来，林分未发生严重的病虫害灾害，未采取过任何的药剂防治措施，也未发生过森林火灾。林内植物，在造林后每年都发生很大变化，总的趋势是喜光的阳性植物，逐步为喜荫喜湿的植物所替代。且林分的植物种类愈来愈多；而林内昆虫、动物、鸟类的种类与数量亦逐年增多。在 10 年生左右，已形成稳固的具有复层多种的群落结构特征及蕴含丰富的生物多样性的人工林生态系统。在其系统中各种类间表现出共生共荣的关系。致使西南桦人工林整体趋于稳定与安全状态。

综上所述，对西南桦人工林的产业化规模可持续经营效应，获得了如下几点结论：

①大面积人工造林的生产实践，证实了西南桦具备了“无严重病虫害”和“具有良好的广泛的生态适应性”这样的特性，是热区人工林产业化规模经营的优良乡土阔叶树种。

②西南桦人工林速生高产，所生产的干材质高量优，经济效益好。

③能迅速恢复和保持人工林生态系统生物的多样性及其林分的安全与稳定性能。

④能迅速形成森林的生态保障功能，保土、涵水、固碳效应均好。

⑤在所营造的几种西南桦人工林中，山桂花、马尖相思、高阿丁枫与西南桦的混交林，生长均好，其产量超过纯林。

故此，从林分水平上看，西南桦人工林能够实现产业化规模可持续经营的目的。

表 9-8 云南省西南桦种植区划

分区	气候指标					气候带	西南桦林木的生长量指标		
	年均气温 /°C	日平均气温 ≥10°C 积温/°C	最冷月平均气温 /°C	年降水量 /mm	干燥度		最大生长量		年均材积生长量 /m ³ ·hm ⁻²
							树高 /m	胸径 /cm	
最适宜区	19~20	6500~7500	12~15	≥1300	≤1.0	南亚热带南部	4.0	3.0	≥30
适宜区	17~19	6000~6500	10~12	≥1100	≤1.5	南亚热带北部	2.5	2.0	≥20
次适宜区	16~18	5000~6000	8~10	≥1000	≤1.5	中亚热带	1.0	1.0	≥15
不适宜区	上述区域以外的地区								

2、云南省西南桦产业化规模种植区划

其区划的目的，是为了西南桦人工林的稳定发展与合理布局，并避免在不适宜的地区盲目种植，造成损失。

西南桦产业化规模种植区划是根据现有人工林生长状况并参考其天然林分布区来进行的。全省按最适生区（高产速生区），适生区、次适生区、不适生区共4个区进行划分（见表9-8）。

根据产业化规模种植发展的其他条件，主要考虑林地资源、产业结构等条件。提出云南省的西南桦产业化规模种植发展区划（表9-9）以供参考。

表9-9 云南省西南桦产业化种植区划

种植气候区划	发展区域
最适宜区	德宏州全区，临沧全区，西双版纳全区，江城、绿春、金平、屏边、河口、龙陵等县。
适宜区	泸水、六库、福贡、腾冲、普洱市全区、南涧、保山、昌宁、施甸、新平、石屏等县。
次适宜区	文山州南部，红河州南部，滇南雨林山区，高黎贡山的中亚热带湿润气候区，峨山、双柏等县。

现在有各种有关云南热区的林业和产业规划都将西南桦造林纳入其中。但似乎缺少一个西南桦等珍贵用材树种产业带的发展规划。把我国相同气候区联合起来组成一个西南桦种植与加工业相结合的产业带，对全国的林业及地方经济的发展将会带来更快的推动。我国有的林学家建议在南方7省区的丘陵区发展工业人工林，以在不长的时间内，集中解决我国的木材供给缺口，摆脱每年千亿美元以上的大额木材及纸制品的进口。但这一建议，并未将云南划入其中。有了西南桦人工林的产业化规模发展，是促成云南加入到南方工业人工林发展行列的一理由。

3、西南桦工业人工林产业化规模经营的关键技术

(1) 良种选育与推广 一般认为通过选优培育的第一代良种，在相同营林条件下，就可以获得15%~20%的增益。

西南桦林木生长量分化大，通过选优可以获得较大的增益。而且，西南桦结实早，种子细小，结实量大，小面积的种子园所产种子，就可供给大面积造林使用。因此，可以选择精英树，建设实生的和其无性系种子园，可以尽早地提高现有造林的良种率。同时并不断进行后代鉴定筛选，提高其生长量、木材品质和遗传力，以把西南桦培育成我国热区的优秀速生珍贵高产树种，从而促进其产业化发展。

(2) 西南桦人工林木材材性及利用研究 要通过不同年龄人工林的木材材性研究，为确定最佳采伐年龄提供依据，并与提高木材品质的良种培育工作相结合，不断培育出速生良材的西南桦品种。

要通过研究试验与产品开发，不断提高西南桦人工林木材的利用水平，这也是西南桦木材产业发展的重要任务。

(3) 病虫害控制 西南桦是少病虫害树种，经20余年试验造林，尚未出现严重病虫害，但随着种植规模的日益扩大，特别是单一树种纯林，对于病虫害的管理控制应有足够的重视，不能掉以轻心。首先要研究通过保护生物多样性及营

造多层多种混交林等预防和控制病虫害的技术,要重视病虫害监测及预测预报方法;要进行利用生物、生态技术控制病虫害的研究。还要针对已发现的白蚁(*Lobitermes* spp.;*Glyptotermes* spp.)、木蠹蛾(*Zeuzera* spp.)、吉丁虫(*Coraebus* spp.)、天牛(*Dorysthenes* spp.)等蛀干害虫,开展必要的研究。

(4) 继续其可持续经营研究,并开展森林认证工作 西南桦人工林作为我国热区主要工业人工林,应遵照国际热带木材组织(ITT0)“关于所有引进国际贸易的木材应均来自于可持续经营的森林”的规则,继续进行各个区多种条件下,可持续经营技术及管理的研究,并通过“森林认证”制度评审,以确证达到标准,以此与国际接轨,并促进自身产业的不断前进发展。

(王达明编写)

2009年3月4日初稿

(5) 幼林抚育

西南桦幼苗容易被灌草压柳至死，一定要注意清除定植穴边的杂灌高草，要保持苗木有充足的光照和生长空间。在杂草生长快的地方，定植后一个月就需进行幼林抚育，最好在定植当年 10 月间，对西南桦进行抚育两次。尤其要注意铲除长入植树塘内压柳西南桦幼苗的杂草。

第二年应在雨季中至少进行一次幼林抚育，如杂草灌木盖度过大，影响幼苗生长严重，还需增加一次抚育，时间可选择在杂草生长旺盛期结束的 10 月左右。

西南桦幼林若成长须利，第二年底林木高可达 2.0 m 或 3.0 m 以上，已可超出灌草之上，林冠幅度也可达到 $2 \times 2\text{m}$ 以上。第三年经春夏生长林冠就基本郁闭，可以压制灌草的生长了。由此，第三年的幼林抚育就转入砍除非目的次生速树种，如金毛榕 (*Ficus chrysocarpa*)、山黄麻 (*Trema orientalis*)、山鸡椒 (*Litsea cubeba*) 等，还需砍除需缠绕林木的各种藤本植物了。每年一次，在旱季进行，比较方便操作。

(6) 幼林土壤管理与施肥

土壤管理的重点转入保护培育林下植被，这一措施对土壤而言，一可减少水土养分流失，二可增加土壤有机质积累和生物小循环，三可增加植物根系，增加土壤总孔隙度，有利改善土壤的理化性质。通过定位测定研究西南桦林造林第二年肥力指标最低，以后逐年上升，到第五年已恢复至造林前水平。其中土壤容重下降，为 $1.16\text{g}/\text{cm}^3$ (当地次生林为 $1.288/\text{cm}^3$)；土壤总孔隙度上升为 53.83% (当地次生林为 49.23%)；有机质含量上升为 $24.988\text{g}/\text{kg}$ ，(当地次生林为 21.54%)。

作为速生丰产林或工业原料林，西南桦应选择优良的立地造林，不施肥可以达到 $26.87\text{m}^3/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ($1.17\text{m}^3/\text{亩} \cdot \text{年}$) 的高生长量。

西南桦在幼林期的施肥有显著促进生长的效果，施肥的数量，应根据具体地块的情况而定。从西南桦适生区土壤类型为南亚热带赤红壤的总体情况而言，赤红壤为酸性土壤，PH 值多在 4.0~6.5 之间，对作物种植说，土壤一般缺氮 (N)、缺磷 (P)、根据在普洱市海拔 1300 m 的西南桦幼林的施肥试验，以施用 NP 复合肥最好，又以 N:P 比 1:1 最佳，每年每株施 100g 年均高生长量比对照区提高 29.0%。用常用的氮磷钾复合肥或单施氮肥也能显著提高生长量 (20~22%)。一般西南桦林地不需施用钾肥。

西南桦现已成为我国热区主要造林树种，被广泛地用于速生珍贵用材林基地建设，荒山绿化、退耕还林工程、低效林分改造和生态公益林建设中。据不完全统计，其造林面积已超过 10 万 hm^2 (150 万亩)，而且很快就要进入采伐收获期。作为一个产业化规模经营的树种，针对其产业化规模种植的可持续经营的需求，应注意其的种植区划问题，通过其的产业化规模种植区划可以指导西南桦人工林的稳定发展，而避免在不适宜的地区种植，造成损失。

云南省西南桦的种植区划，按最适生区 (高产速生区)、适生区、次适生区、不适生区，共 4 个区进行划分 (见表 9-8)。

西南桦是典型的南亚热带树种，其的适生区可以南亚热带的湿润、半湿润气候区界定，其中南亚热带南部湿润气候区是其实产业化规模种植的速生高产产区，也就是西南桦的最适生区。西南桦的次适生区是热带山地、滇南雨林山区、滇西高黎贡山中亚热带湿润气候区。在此次适生区内种植西南桦也能良好生长，但因气候趋于温凉，此区域内种植西南桦其速生性已大减于南亚热带气候区。其

余过热、偏凉、偏干的地方，即北热带气候区、干热河谷、滇中高原的中亚热带及北亚热带气候区等地区为西南桦的不适生区，在这些区域不宜进行西南桦产业化规模种植。以土壤类型说，西南桦适宜于酸性土壤，赤红壤为其适生区的主要土壤类型。石灰岩岩溶区不宜作为造林区。

(1) 进行合理的西南桦人工林群落结构的设计，通过其的高产性培育，使其人工林生态系统具有充分的安全与健康性。

(2) 做好生物多样性保护，包括林分、林区、区域性各个层面的生物多样性保护。其涵预留的保护区，生物走廊通道及林下植被，珍稀物种的保护等。