

Medicinal Variety Selection and Efficient Cultivation of
Taxus wallichiana var. *mairei* and *Cephalotaxus fortunei*

南方红豆杉和三尖杉

药用种质选择 及 高效栽培

周志春 余能健 金国庆 等 著

中国林业出版社



责任编辑:刘家玲

封面设计:  RICH VIEW
富思视界 十一米

内 容 简 介

南方红豆杉和三尖杉是我国两种珍稀木本药用植物,用以提取紫杉醇和三尖杉双酯碱等强活性抗癌药物。本书是作者近年来在南方红豆杉和三尖杉药用种质选择及短周期高效栽培方面的最新研究成果,详细介绍了两种珍稀木本药用植物的栽培生物学、种子处理和育苗技术、种源遗传多样性和遗传保育、苗期和幼林生物收获期生长、形态和药用含量遗传变异、药用优良种源和个体选择、短周期高产高效栽培技术等内容,附件还给出了作者最新制订的国家林业行业标准《南方红豆杉药用林栽培技术规程》。本书既可作为林业科研、管理人员、大专院校师生的参考书,也可供药业公司、药材栽培基地、林业局、林场、专业合作社及生物学等专业技术人员参考或阅读。

ISBN 978-7-5038-5723-2



定价: 20.00 元

Medicinal Variety Selection and Efficient Cultivation of
Taxus wallichiana var. *mairei* and *Cephalotaxus fortunei*

南方红豆杉和三尖杉 药用种质选择 及 高效栽培

周志春 余能健 金国庆 等 著

中国林业出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

南方红豆杉和三尖杉药用种质选择及高效栽培/周志春等著. —北京: 中国林业出版社, 2009. 10

ISBN 978-7-5038-5723-2

I. 南… II. 周… III. ①红豆杉属—栽培 ②三尖杉科—栽培 IV. S567.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 183362 号

出 版 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

网 址: www.cfph.com.cn

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: (010) 83225764

发 行: 新华书店北京发行所

印 刷 中国农业出版社印刷厂

版 次: 2009 年 10 月第 1 版

印 次: 2009 年 10 月第 1 次

开 本: 880mm × 1230mm 1/32

印 张: 4.75

字 数: 150 千字

印 数: 1~2500 册

定 价: 20.00 元



南方红豆杉优质苗木培育现场（左：播种3个月；右：1年生优质壮苗，苗高在30cm以上）



南方红豆杉圃地种源试验林（左：1年生；右：2.5年生）



南方红豆杉短周期高产药用林（左：枝叶采收过的示范林；右：未进行采收）

南方红豆杉和三尖杉

药用种质选择及高效栽培



培育的三尖杉苗木现场（左：短叶类型种源；右：长叶类型种源）



三尖杉种源苗期测定



三尖杉施肥试验



三尖杉短周期高产药用林

南方红豆杉和三尖杉

药用种质选择及高效栽培

《南方红豆杉和三尖杉药用种质选择及高效栽培》

主要著作人

周志春	余能健	金国庆	张蕊
李因刚	焦月玲	潘标志	廖国华
王月生	冯建国	余琳	余明
洪桂木	王晖	储德裕	张景平

南方红豆杉
种质选择及
高效栽培
PDG

前言

从红豆杉中提取的紫杉醇是当今医学界公认的强活性抗癌药物，用于治疗晚期乳腺癌、肺癌、卵巢癌及头颈部癌、软组织癌和消化道癌，其药效确切，副作用小。1992 年底美国 FDA 正式批准紫杉醇用于临床，目前临床用药日渐扩大。据美国 NCI 预测，全球每年至少需要 1920 ~ 4800kg 紫杉醇才能满足 20% 癌症患者的需求。然而红豆杉植物体内紫杉醇含量很低（一般为 0.0001% ~ 0.069%），一个剂量（即治疗一个病人）的紫杉醇，就需要 6 棵高达 10m、树龄 100 年以上的红豆杉树皮原料。因红豆杉植物野生资源十分有限且生长非常缓慢，已受到世界各国的严格保护，现主要通过人工栽培来满足对紫杉醇的大量需求。如我国红豆杉人工栽培单位已由 1996 年的 21 家发展到 186 家。

我国红豆杉属植物有 3 种 2 变种，即东北红豆杉（*Taxus cuspidata*）、喜马拉雅密叶红豆杉（*T. fuana*）、喜马拉雅红豆杉（*T. wallichiana*）和红豆杉（*T. wallichiana* var. *chinensis*）、南方红豆杉（*T. wallichiana* var. *mairei*）。南方红豆杉分布最为广泛，主要分布于长江流域、南岭山脉山区及河南、陕西、甘肃、台湾等省。南方红豆杉紫杉醇含量（0.015% ~ 0.021%）虽然低于曼地亚红豆杉（*T. × media*）、喜马拉雅红豆杉等，但因其早期速生，生物积累量高，适宜短周期作业，利用价值高，通过人工栽植 2 ~ 3 年生即可收获。南方省区主要发展南方红豆杉原料林基地以提取紫杉醇，如福建省明溪县已建立南方红豆杉药用林基地 1.6 万亩（1 亩 = 1/15hm²，下同），江苏红豆集团 1997 年以来已人工培植红豆杉

2万多亩,浙江、湖南、江西等省也都有数千至上万亩的南方红豆杉药用林基地。

三尖杉(*Cephalotaxus fortunei*)也是重要的木本药用植物,并为我国特有的珍稀濒危树种,在浙江、安徽、福建、江西、湖南、湖北、河南、陕西、甘肃、四川、云南、贵州、广东和广西等省(自治区))呈星散广域性分布。我国首创的三尖杉酯碱和高三尖杉酯碱等抗癌药物,即来源于三尖杉和同属的粗榧(*C. sinensis*)、海南粗榧(*C. mannii*)及篦子三尖杉(*C. oliveri*)等,主要用于治疗急性白血病和恶性淋巴瘤,同时还用于治疗黑素瘤、肺癌、乳腺癌和脑肿瘤等,与阿霉素药联用治疗乳腺癌有效率达94%。我国从20世纪70年代起开发利用三尖杉双酯碱,其重要经济价值渐渐被人们认识,加大了研发的力度与进程,同时也给三尖杉野生资源带来了毁灭性的破坏。我国现存三尖杉天然资源稀少,三尖杉双酯碱的生产量也很少,目前三尖杉酯碱和高三尖杉酯碱的国际市场巨大。

人们试图通过生物和化学合成以及生物反应器等途径来生产紫杉醇和三尖杉双酯碱,但生产的紫杉醇得率低、成本昂贵,还无法进行商业化生产,生物和化学合成的三尖杉双酯碱其药理活性没有从天然植物中获取的高,合成能力较低且不稳定。当前人工种植是解决紫杉醇和三尖杉酯碱类提取原料短缺的主要途径。有关南方红豆杉和三尖杉资源分布、系统分类、基本生物学特性、紫杉醇和三尖杉双酯碱加工提纯及药理活性等已有大量的研究报道,而涉及两种木本药用植物短周期药用林经营的优良药用种质选育、遗传保育、苗木培育和高效栽培等研究较少,两树种短周期药用林基地建设缺乏有效的科技支撑。

自2000年开始,中国林业科学研究院亚热带林业研究所和福建省明溪县绿色生态研究所等单位合作,选择我国两种珍稀濒危木本药用植物——南方红豆杉和三尖杉,针对两树种种子贮藏难、发芽迟、苗木和幼林生长慢与生物收获量低、药用优良种质缺乏等主要技术瓶颈和难题,经过8年的协作研究和技术攻关,基本解决了

南方红豆杉和三尖杉短周期药用林高效经营的主要关键技术,提出了配套的高效栽培技术体系,通过部省级成果鉴定。其主要技术成果如下:

1. 在系统揭示两树种苗木和幼树生长物候特征、发育规律和栽培生物学特性的基础上,突破了种子贮藏难、发芽迟和1年生苗木生长慢的关键技术瓶颈,大面积培育的1年生南方红豆杉平均苗高从15cm提高到25cm、平均地径达到0.30cm,1年生三尖杉平均苗高从15cm提高到20cm、平均地径达到0.45cm,从而突破1年生苗木不能出圃和上山造林的技术难关。同时还解决了南方红豆杉容器育苗和三尖杉扦插繁育的技术关键。

2. 揭示了南方红豆杉和三尖杉具有丰富的遗传多样性,但南方红豆杉种源间遗传分化较小,而三尖杉种源遗传分化却很大。发现来自分布区偏东和偏北地区的南方红豆杉种源,及来自东部和中东部地区的三尖杉种源遗传多样性较高,确定为优先实施遗传保育的重点区域。研究结果为两种珍稀濒危木本药用树种的遗传保育和种质利用提供了重要的理论依据。

3. 全面开展了南方红豆杉和三尖杉全分布区地理种源试验,揭示了苗期和幼林收获期形态、生长和药用含量种源变异和地理模式,综合筛选出贵州黎平、都匀,四川峨眉山,云南石屏,安徽黄山,福建柘荣、武夷山等7个速生高紫杉醇含量的南方红豆杉优良种源和6个高含量优株,及福建武夷山、柘荣等7个三尖杉药用优良种源,为南方红豆杉和三尖杉短周期药用林基地建设实现良种化奠定了重要基础。建立南方红豆杉种源种质基因库20亩。

4. 全面攻克了利用农田设施栽培和林冠下套种南方红豆杉和三尖杉速生高效栽培关键技术,揭示了立地质量、苗木规格、栽植密度、光照条件和遮阳处理、幼林抚育、配比施肥、截干促萌等对幼林生长和生物收获量的影响,提出了配套的短周期高产高效栽培和采收利用技术体系,实现了设施栽培南方红豆杉和三尖杉药用林2~3年和3~4年、林下套种3~5年和4~6年收获利用。

5. 系统阐明了南方红豆杉不同林龄幼树、不同器官和部位、

不同生长季节的紫杉醇含量差异,以及栽植海拔和施肥处理等南方红豆杉幼树紫杉醇含量的影响,为南方红豆杉科学收获和高效经营提供了重要技术支撑。制定了我国首个南方红豆杉短周期药用林栽培技术林业行业标准。

为了更好地指导我国南方各省区南方红豆杉和三尖杉短周期药用林基地的高效经营,推进我国中药现代化,及提高林业的富民能力,项目组根据多年来的研究技术成果,撰写了《南方红豆杉和三尖杉药用种质选择及高效栽培》一书。项目研究及专著出版得到了国家林业局重点科技成果推广项目“南方红豆杉短周期药用林高产栽培示范”(〔2005〕71号)、国家林业行业标准制修订项目“南方红豆杉药用林栽培技术”(2008-LY-067)、浙江省科技厅农业面上一般项目“三尖杉药用优良种质筛选和配套种植技术”(2005C32035)、浙江省科技厅重大项目“浙江省珍稀濒危林木种质资源收集保存与利用关键技术研究及基因库建设”专题部分内容(2006C12059-4)等资助,在此一并致谢!

南方红豆杉和三尖杉药用良种选择和培育研究仍在发展进程中,一些研究结果还是阶段性的成果。因此,本书的许多方面还需进一步完善。由于我们的水平有限,难免会有不妥之处,恳请读者批评指正。

周志春
2009年8月

目 录

前言

第 1 章	地理分布和生物学特性	(1)
1.1	南方红豆杉地理分布和生物学特性	(1)
1.1.1	地理分布	(1)
1.1.2	形态特征	(1)
1.1.3	生物学特性	(2)
1.1.4	结语	(6)
1.2	三尖杉地理分布和生物学特性	(6)
1.2.1	地理分布	(6)
1.2.2	形态特征	(7)
1.2.3	生物学特性	(7)
1.2.4	结语	(10)
第 2 章	种子处理和育苗技术	(12)
2.1	种子处理技术	(12)
2.1.1	南方红豆杉制种和种子贮藏技术	(12)
2.1.2	三尖杉制种、低温解休眠技术及生理学研究	(14)
2.1.3	结语	(18)
2.2	育苗技术	(19)
2.2.1	南方红豆杉育苗技术	(19)
2.2.2	三尖杉育苗技术	(28)
2.2.3	结语	(38)

第3章 种源遗传多样性	(40)
3.1 南方红豆杉种源遗传多样性和遗传分化	(40)
3.1.1 种源遗传多样性及地理变化	(41)
3.1.2 种源间遗传分化和基因流	(44)
3.1.3 种源间遗传距离和UPGMA聚类	(45)
3.1.4 结语	(47)
3.2 三尖杉种源遗传多样性和遗传分化	(47)
3.2.1 种源及物种水平的遗传多样性	(48)
3.2.2 种源间的遗传分化	(51)
3.2.3 UPGMA聚类分析	(52)
3.2.4 结语	(53)
第4章 苗木生长和形态种源变异	(55)
4.1 南方红豆杉苗木性状种源分化和育苗环境影响	(55)
4.1.1 种源苗木生长性状遗传差异	(56)
4.1.2 育苗环境对种源苗木生长影响及互作	(59)
4.1.3 苗木性状地理变异模式	(61)
4.1.4 结语	(62)
4.2 三尖杉苗木生长和形态种源差异	(62)
4.2.1 种子形态的种源差异	(63)
4.2.2 苗木形态差异	(64)
4.2.3 苗木高径生长差异	(66)
4.2.4 三尖杉苗木性状的地理变异模式	(67)
4.2.5 结语	(68)
第5章 幼林收获期生长和药用含量遗传变异与选择	(69)
5.1 南方红豆杉生长和紫杉醇含量种源变异及药用种质选择	(69)
5.1.1 幼林生长和紫杉醇含量的种源差异	(70)
5.1.2 幼林生长的立地效应及种源与立地互作	(72)
5.1.3 种源生长和紫杉醇含量的地理变异模式	(74)
5.1.4 种源生长与紫杉醇含量的关系	(76)

5.1.5	速生高紫杉醇含量种源选择·····	(77)
5.1.6	紫杉醇含量株间差异和高紫杉醇含量优株选择 ·····	(78)
5.1.7	结语·····	(79)
5.2	三尖杉生长和双酯碱含量种源变异·····	(80)
5.2.1	幼林生长和生物收获量的种源差异·····	(80)
5.2.2	幼林叶片和枝条三尖杉酯碱、高三尖杉酯 碱含量的种源差异·····	(83)
5.2.3	种源干物质积累量和两种酯碱含量的地理 变异模式和性状间相关·····	(87)
5.2.4	速生高双酯碱含量三尖杉种源选择·····	(88)
5.2.5	结语·····	(89)
第6章	南方红豆杉和三尖杉短周期药用林高产栽培·····	(91)
6.1	南方红豆杉短周期药用林高产栽培·····	(91)
6.1.1	良种应用·····	(91)
6.1.2	立地条件·····	(91)
6.1.3	苗木类型·····	(92)
6.1.4	栽植密度·····	(96)
6.1.5	光照条件·····	(97)
6.1.6	幼林抚育·····	(99)
6.1.7	配比施肥·····	(99)
6.1.8	收获和促萌·····	(102)
6.1.9	病虫害防治·····	(105)
6.1.10	结语·····	(106)
6.2	栽培措施对南方红豆杉药用林紫杉醇含量影响·····	(107)
6.2.1	南方红豆杉不同年龄幼树枝叶的紫杉醇含量 ·····	(107)
6.2.2	不同生长季节南方红豆杉幼树紫杉醇含量 变化·····	(107)
6.2.3	幼树不同器官和部位的紫杉醇含量·····	(109)

6.2.4	栽植地海拔高度对南方红豆杉紫杉醇含量的影响	(109)
6.2.5	施肥种类对南方红豆杉紫杉醇含量的影响	(110)
6.2.6	结语	(111)
6.3	三尖杉短周期药用林高产栽培	(111)
6.3.1	良种应用	(112)
6.3.2	立地条件	(112)
6.3.3	苗木规格	(113)
6.3.4	栽植密度	(113)
6.3.5	光照条件	(114)
6.3.6	幼林抚育	(116)
6.3.7	配比施肥	(116)
6.3.8	收获和促萌	(119)
6.3.9	病虫害防治	(120)
6.3.10	结语	(121)
附件:	国家林业行业标准南方红豆杉药用林栽培技术规程	(122)
1	主题内容和适用范围	(122)
2	规范性引用文件	(122)
3	术语和定义	(123)
4	种子采收和贮藏	(123)
5	产地环境要求	(124)
6	苗木培育	(125)
7	苗木出圃	(126)
8	栽培	(127)
9	采收	(129)
10	运输和贮存	(130)
11	技术档案	(130)
参考文献		(131)

第 1 章

地理分布和生物学特性

1.1 南方红豆杉地理分布和生物学特性

1.1.1 地理分布

红豆杉属(*Taxus*)植物是一类古老的植物类群,全世界有 11 种,广泛分布于欧洲、北美洲及东亚等北半球地区。我国有 3 种 2 变种,即东北红豆杉(*T. cuspidata*)、喜马拉雅密叶红豆杉(*T. fuana*)、喜马拉雅红豆杉(*T. wallichiana*)和红豆杉(*T. wallichiana* var. *chinensis*)、南方红豆杉(*T. wallichiana* var. *mairei*)(Fu et al., 1999)。南方红豆杉是我国红豆杉属植物中分布最广泛的一种,自然分布于亚热带各省区,主要分布于安徽南部及大别山区、浙江、台湾、福建、江西、广东北部、广西北部 and 东北部、湖南、湖北西部、河南南部、山西南部、甘肃南部、四川、贵州及云南东北部,多散生于海拔 100 ~ 1 200m 的山地林中,其中福建、江西、湖南、贵州等为南方红豆杉野生资源分布最多的省份。

1.1.2 形态特征

常绿大乔木,树高 20m,最高可达 36m,胸径 100cm,最大胸径可达 200cm 以上。一年生枝条绿色,大枝开展,小枝互生,稠密。树皮赤褐色,浅纵裂。叶通常较宽较长,多呈弯镰状,长 2 ~

4.5cm, 叶宽3~5mm, 上部常渐窄, 先端渐尖, 下面中脉带上局部有成片或零星的角质乳头状突起点, 稀无角质乳头状突起点, 或与气孔带相邻的中脉带两边有一至数条角质乳头状突起点, 中脉带明晰可见, 其色泽与气孔相异, 呈淡绿色或绿色, 绿色边带亦较宽而明显。

球花单性, 雌雄异株, 异花授粉, 常生于叶腋, 雄球花圆球形, 雌球花具短柄, 基部具数对交叉对生的苞片, 顶端直生1个胚珠。种子坚果状, 着生于肉质杯状的假种皮中, 成熟时假种皮红色。种子通常较大, 长6~8mm, 径4~5mm, 微扁, 上部较宽, 呈倒卵圆形, 或柱状长圆形, 椭圆状卵形, 有钝纵脊, 种脐椭圆形或近三角形。

1.1.3 生物学特性

(1) 生长习性

南方红豆杉为浅根性树种, 主根不明显, 侧根发达。根系结构由侧根、主根、须根、根毛等组成, 须根密集生长着极细小透明状的根系, 靠根毛吸取土壤中水分和养分。南方红豆杉根系盘结力强, 枝条坚韧, 不易被风雪吹压, 喜在土层深厚疏松、腐殖质丰富、排水良好、pH值5.0~7.5的微酸性或中性土壤中生长, 也能在石灰岩山地钙质土及瘠薄的山地生长, 但在干燥的平原地区生长不良, 形成灌木状。其枝叶茂盛, 萌发力强, 耐修剪, 耐寒。

南方红豆杉为典型的阴性树种, 幼苗喜荫、忌晒, 但在过湿环境中易染立枯病。7~8年生后喜光, 在郁闭度0.5~0.6的林冠下长势好, 随郁闭度继续增加长势变弱。通过测定, 南方红豆杉1年生苗木的光饱和点为26 500lx, 3年生和6年生幼树的光饱和点分别为31 200lx和48 200lx。南方红豆杉散生于常绿阔叶林或针阔叶混交林林冠下乔木第二、三层, 基本无纯林存在, 也极少团块分布, 多为混生、散生、零星分布, 常生长在北向阴坡、沟谷溪旁、山坡中下部水湿条件好的山地。天然林条件下, 南方红豆杉初期高径生长缓慢, 5~30年生为速生期。