



珠江流域

生态公益林营造和生态效益研究

Studies on Forestation and Ecological Effects of
Ecological Forests in
The Pearl River Basin

薛立◎主编

中国林业出版社

珠江流域

生态公益林营造和生态效益研究

Studies on Forestation and Ecological Effects of
Ecological Forests in The Pearl River Basin

薛 立 主编

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

珠江流域生态公益林营造和生态效益研究/薛立主编.

北京: 中国林业出版社, 2008.4

ISBN 978-7-5038-5190-2

I. 珠…

II. 薛…

III. ①珠海流域-生态型-森林-造林②珠江流域-生态型-森林-生态效益

IV. S718.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 027326 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) 66184477

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: 2008 年 4 月第 1 版

印 次: 2008 年 4 月第 1 次

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 25

字 数: 630 千字

印 数: 1 ~ 1800 册

定 价: 60.00 元

前言

森林是陆地生态系统中最复杂和最重要的生态系统,是自然界最丰富的有机碳储库,在维护生物圈的生态平衡中具有重要作用,也是人类诞生的摇篮和经济社会发展的基础。多年来我国的林业结构以木材生产为主,导致了森林过伐,使森林的公益效能显著减退,人与自然的和谐失衡。随着人们生活水平的提高和环境的恶化,要求发挥森林生态效益的呼声越来越高。生态公益林是指以保护和改善人类生态环境、保护生态平衡、保存物种资源和满足科学实验、森林旅游、国土保安等需要为主要经营目标的森林和灌木林,是以发挥生态效益、改善生态环境为主要目的的森林类型。

1985年以来,广东省进行了大规模的造林绿化活动。到2003年,全省界定的生态公益林344.98万 hm^2 ,占全省林地总面积的32%。广东省的有关学者对生态公益林改善小气候、涵养水源、保持水土、改良土壤、净化大气的生态功能,生态公益林的群落结构、树种选择和经营管理开展了一定的研究,促进了生态公益林的理论 and 实践的发展。

作者对近年来发表的54篇生态公益林的论文进行总结并编辑整理成书,分为种苗生理与造林(14篇),林分密度与生长分析(6篇),林木养分(5篇),水源涵养(7篇),土壤肥力(16篇),城市森林与景观(6篇)6个部分。内容涉及种子、育苗技术、适地适树、树种选择、混交林研究、稀土的生物效应、树木抗旱、抗寒、盐胁迫;密度竞争效应——密度与竞争的关系、根系间的相互作用和林分的自然稀疏;幼林叶片的叶绿素和养分特征,各器官养分含量、贮量与分配规律;南方主要生态公益林的凋落物持水特性和土壤贮水性能;珠江流域主要生态公益林的土壤物理性质、土壤养分、微生物数量及酶活性;生态园林和城市森林、生态风景林的主要功能和建设、园林植物造景、森林景观评价、旅游和森林景观的关系。

由于生态公益林种类繁多,其生长的立地类型差异大,研究内容涉及的学科多,加上研究经费有限和研究时间较短,对于生态公益林的研究还不够系统和深入,敬请读者提出宝贵意见。在生态公益林研究过程中得到广东省林业局科研项目“城郊生态风景林营造模式的研究”、“乡土阔叶树种的生长和生态效益的研究”、“乡土阔叶树种造林技术研究”、“东江水源涵养林林分改造的研究”、“林分改造优良乡土阔叶树种筛选”的资助,特此致谢!

薛 立

2008年1月于广州

珠 江 流 域

生态公益林营造和生态效益研究

编 委 会

主 编 >>>

薛 立

副主编 >>>

彭耀强 许松葵

编 委 (按姓氏拼音排序)

陈红跃 林义辉 彭耀强

王华南 许松葵 薛 立

杨清云 曾 锋 张苏峻

目 录

第 1 篇 种苗生理与造林

林木育苗技术研究综述	韦如萍, 薛立, 邝立刚 (2)
混交林研究进展	韦如萍, 薛立 (11)
适地适树研究进展综述	杨鹏, 陈红跃, 薛立 (18)
种子吸湿一回干处理研究综述	吴敏, 薛立, 李燕 (23)
叶面喷施稀土对千年桐幼苗生长和生理的影响	韦如萍, 薛立, 陈红跃, 等 (29)
树木抗旱生理及造林技术研究进展	李燕, 薛立, 吴敏 (36)
东源县东江水源林树种选择	陈卫, 康敏明, 杨鹏, 等 (43)
马占相思林分改造混交树种选择	薛立, 李燕, 吴敏, 等 (49)
稀土元素对植物的生物效应及其作用机理	何跃君, 薛立 (56)
34 种阔叶树种早期生长比较	康敏明, 杨海燕, 陈红跃, 等 (69)
4 种热带亚热带苗木抗寒性的研究	田雪琴, 彭剑华, 徐燕, 等 (76)
植物抗寒性的生理生态学机制研究进展	徐燕, 薛立, 屈明 (82)
植物盐胁迫适应机制研究进展	吴敏, 薛立, 李燕 (92)
树木抗旱机理研究进展	李燕, 薛立, 吴敏 (102)

第 2 篇 林分密度与生长分析

Growth Analysis on the Competition - density Effect in Chinese Fir and Masson Pine Stands ...	 Xue Li, Akio Hagihara (117)
Growth Analysis on the C - D Effect in Self - thinning Masson Pine Stands	 Xue Li, Akio Hagihara (126)
The Competition - density Effect in <i>Populus</i> $\times$ <i>Euramericana</i> Plantations...	Xue Li, Akio Hagihara (136)
纯林自然稀疏研究综述	薛立, 萩原秋男 (145)
杉木竞争密度效果分析	薛立, 萩原秋男 (152)
根系间的相互作用——竞争与互利	陈伟, 薛立 (159)

第 3 篇 林木养分

华南阔叶树种幼苗叶片的养分特征	薛立, 韦如萍, 谭天泳, 等 (173)
马占相思等 5 个树种叶中养分含量和养分利用效率的研究	许松葵, 薛立, 杨鹏, 等 (180)
3 种阔叶树种幼苗的养分分布格局	杨青云, 向文静, 许松葵, 等 (185)
5 种阔叶树幼苗的养分积累和分配规律	梁瑞友, 许松葵, 梁丽丽, 等 (191)

3 种幼林叶片的叶绿素和养分特征	杨清云, 晏姝, 徐燕, 等 (197)
------------------------	----------------------

第4篇 水源涵养

水源涵养林的功能和效益	陈伟, 李山东, 薛立 (204)
不同人工林枯落物和土壤持水能力研究	周永文, 黄文辉, 陈红跃, 等 (210)
华南典型人工林凋落物的持水特性	薛立, 何跃君, 屈明, 等 (215)
3 种阔叶林凋落物的持水特性	彭耀强, 薛立, 曹鹤, 等 (224)
3 种人工林的土壤物理性质及其水源涵养功能	薛立, 曹鹤, 屈明, 等 (230)
几种生态公益林的土壤物理性质及其水源涵养功能	梁永强, 薛立, 曹鹤, 等 (236)
华南典型人工林的土壤物理性质及其水源涵养功能	薛立, 梁丽丽, 任向荣, 等 (242)

第5篇 土壤肥力

深圳宝安区生态风景林典型造林地土壤养分、微生物和酶活性的研究	薛立, 赖日石, 陈红跃, 等 (249)
深圳宝安生态风景林不同类型造林地土壤特性的研究	薛立, 赖日石, 陈红跃, 等 (254)
不同坡位造林地酶活性与土壤养分的关系	薛立, 赖日石, 陈红跃, 等 (258)
不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究	薛立, 邝立刚, 陈红跃 (262)
不同阔叶树种的生长及其对赤红壤肥力的影响	薛立, 赖日石, 陈红跃, 等 (269)
湿地松混交林地土壤养分、微生物和酶活性的研究	薛立, 陈红跃, 邝立刚 (277)
东江流域阔叶混交幼林土壤养分变化分析	彭耀强, 薛立, 陈红跃, 等 (282)
混交林的土壤物理性质与微生物数量及酶活性的研究	薛立, 陈红跃, 徐英宝, 等 (288)
马占相思等5种纯林林地土壤理化性质分析	许松葵, 薛立, 杨鹏, 等 (295)
不同林地清理方式对杉木林土壤肥力的影响	薛立, 向文静, 何跃君, 等 (300)
火力楠、荷木和黛萼林的土壤特性及涵养水源的研究	薛立, 李燕, 屈明, 等 (308)
几个典型华南人工林土壤的养分状况和微生物特性研究	薛立, 吴敏, 徐燕, 等 (316)
广州南沙典型林地土壤理化性质的研究	许松葵, 薛立, 陈红跃, 等 (323)
佛山云勇林场3种人工幼林的生长和土壤养分特征	冼干标, 薛立, 梁丽丽, 等 (332)
阔叶幼林取代杉木林后的土壤肥力研究	李国平, 薛立, 冼干标, 等 (337)
不同密度大叶相思幼林对土壤肥力的影响	许松葵, 王相娥, 谢腾芳, 等 (344)

第6篇 城市森林与景观

园林、城市森林与城市生态环境	薛达, 薛立, 罗山 (351)
论生态风景林在我国城市发展中的作用	薛达, 罗山, 薛立 (356)
森林景观评价方法	杨鹏, 薛立, 陈红跃 (361)
论生态园林和生态风景林的功能与建设	杨鹏, 薛立, 陈红跃 (365)
园林植物与造景	徐燕, 薛立, 陈锡沐 (372)
旅游开发及其对生态系统和景观的影响	屈明, 薛立, 徐燕 (378)

Contents

Chapter One Physiologies of seed and seedling and forestation

Summary of Research on Seedling – raising of Tree	
..... Wei Ru-ping, Xue Li, Kuang Li-gang, <i>et al.</i> (10)	
Advances in Research of Mixed Forests	Wei Ru-ping, Xue Li (17)
Summary on Development of Matching Species with the Site	
..... Yang Peng, Chen Hong-yue, Xue Li (22)	
Summary and Evaluation of the Researches on Hydration – dehydration Treatment to Seeds	
..... Wu Min, Xue Li, Li Yan (28)	
Growth and Physiological Effects of Foliage Spraying with Rare Earth on Seedlings of <i>Vernicia montana</i>	Wei Ru-ping, Xue Li, Chen Hong-yue, <i>et al.</i> (35)
Advances in Studies of the Physiology of Drought Resistance of Tree Species and Forestation Technology of Drought Resistant	Li Yan, Xue Li, Wu Min (42)
The Tree Species Selection of Water – Conserved Forests in Dongjiang Drainage Area of Dongyuan County	Chen Wei, Kang Min-ming, Yang Peng, <i>et al.</i> (48)
Tree Species Selection on Remaking of <i>Acacia Mangium</i> Stands	
..... Xue Li, Li Yan, Wu Min, <i>et al.</i> (55)	
Effect of Rare Earth Elements on Biological and Physiological Mechanism of Plant	
..... He Yue-jun, Xue Li (67)	
Comparison of the Early Growth of 34 Broad – leaved Tree Species	
..... Kang Min-ming, Yang Hai-yan, Chen Hong-yue, <i>et al.</i> (75)	
Study on Cold Resistance of Four Seedlings of Tropics and Subtropics	
..... Tian Xue-qin, Peng Jian-hua, Xu Yan, <i>et al.</i> (81)	
Physiological and Ecological Mechanisms of Plant Adaptation to Low Temperature	
..... Xu Yan, Xue Li, Qu Ming (90)	
A Review of Studies on Adaptation Mechanism of Plants to Salt Stress	
..... Wu Min, Xue Li, Li Yan (101)	
Advances on Mechanism of Drought Resistance in Tree Species	
..... Li Yan, Xue Li, Wu Min (115)	

Chapter Two Stand density and growth analysis

Growth analysis on the Competition – density Effect in Chinese Fir and Masson Pine Stands ...	
..... Xue Li , Akio Hagiharab (117)	

Growth Analysis on the C – D Effect in Self – thinning Masson Pine Stands	Xue Li, Akio Hagihara (126)
The Competition – density Effect in <i>Populus</i> × <i>Euramericana</i> Plantations	Xue Li, Akio Hagihara (136)
Summary and Evaluation on the Researches about Self – thinning Pure Stands	Xue Li, Akio Hagihara (151)
Growth Analysis on the Competition – density Effect in <i>Cunninghamia lanceolata</i> Stands	Xue Li, Akio Hagihara (158)
Root Interactions – Competition and Facilitation	Chen Wei, Xue Li (170)

Chapter Three Tree Nutrient

Nutrient Characteristics in Leaves of Broadleaved Seedlings in South China	Xue Li, Wei Ru-ping, Tan Tian-yong, <i>et al.</i> (179)
Researches on the Nutrient Concentrations in Leaves and Nutrient Use Efficiency of Several Tree Species	Xu Song-kui, Xue Li, Yang Peng, <i>et al.</i> (184)
Distribution Patterns of Nutrients in Seedlings of Three Broad – leaved Tree Species	Yang Qing-yun, Xiang Wen-jing, Xu Song-kui, <i>et al.</i> (189)
Accumulation and Distribution of Nutrients in Seedlings of Five Broad – leaved Tree Species	Liang Rui-you, Xu Song-kui, Liang Li-li, <i>et al.</i> (196)
Chlorophyll and Nutrient Characteristics in Leaves of Three Young Stands	Yang Qing-yun, Yan Shu, Xu Yan <i>et al.</i> (201)

Chapter Four Water Conservation

Functions and Benefits of Water – conserved Forests	Chen Wei, Li Shandong, Xue Li (209)
Studying on Water – holding Ability of Litter and Soil in Different Plantations	Zhou Yong-wen, Huang Wen-hui, Chen Hong-yue, <i>et al.</i> (214)
Water Holding Characteristics in Model Plantations in South China	Xue Li, He Yue-jun, Qu Ming, <i>et al.</i> (222)
Water Holding Characteristics in Three Broadleaved Forests	Peng Yao-qiang, Xue Li, Cao He, <i>et al.</i> (228)
Soil Physical Properties and Water Conservation Function of Three Artificial Stands	Xue Li, Cao He, Qu Ming, <i>et al.</i> (234)
Soil Physical Properties and Water Conservation Function of Several Ecological Forests	Liang Yong-qiang, Xue Li, Cao He, <i>et al.</i> (240)
Soil Physical Properties and Water Conservation Function of Model Plantations in South China	Xue Li, Liang Li-li, Ren Xiang-rong, <i>et al.</i> (247)

Chapter Five Soil Fertility

Soil Nutrients, Microorganisms and Enzyme Activities of Model Afforestation Land of Ecological Scenic Forests in Baoan, Shenzhen	··· Xue Li, Lai Ri-shi, Chen Hong-yue, <i>et al.</i> (253)
Soil Characteristics of Afforestation Land of Ecological Scenic Forests in Baoan, Shenzhen	····· Xue Li, Lai Ri-shi, Chen Hong-yue, <i>et al.</i> (257)
Soil Characteristics of Afforestation Land of Different Slope Positions	····· Xue Li, Lai Ri-shi, Chen Hong-yue, <i>et al.</i> (261)
Soil Nutrients, Microorganisms and Enzyme Activities of Different Stands	····· Xue Li, Kuang Li-gang, Chen Hong-yue (268)
Growth of Different Broadleaved Trees and Effects of Trees on Latosolic Soil Fertility	····· Xue Li, Lai Ri-shi, Chen Hong-yue, <i>et al.</i> (276)
A Study on the Soil Nutrient, Microorganism and Enzyme Activity in <i>Pinus elliottii</i> Mixed Stands	····· Xue Li, Chen Hong-yue, Kuang Li-gang (281)
Effects of Different Mixed Stands on Soil Nutrients	····· Peng Yao-qiang, Xue Li, Chen Hong-yue <i>et al.</i> (287)
Soil Physical Character, Microorganism Amount and Enzyme Activity in Mixed Stands	····· Xue Li, Chen Hong-yue, Xu Ying-bao, <i>et al.</i> (293)
Soil Physical and Chemical Characters of Several Pure Stands	····· Xu Song-kui, Xue Li, Yang Peng, <i>et al.</i> (299)
Effect of Different Ground Clearance on Soil Fertility of Chinese Fir Stands	····· Xue Li, Xiang Wen-jing, He Yue-jun, <i>et al.</i> (307)
Studies on Water Conservation and Soil Characteristics in Stands of <i>Michelia macclurei</i> , <i>Schima superba</i> and <i>Castanopsis fissa</i>	····· Xue Li, Li Yan, Qu Ming (314)
Soil Nutrients and Microorganisms in Soils of Typical Plantations in South China	····· Xue Li, Wu Min, Xu Yan, <i>et al.</i> (322)
Physical and Chemical Properties of Soils of Model Woodlands in Nansha, Guangzhou	····· Xu Song-kui, Xue Li, Chen Hong-yue, <i>et al.</i> (330)
Growth and Soil Nutrient Characteristics of Three Young Plantation Types in Yuyong Forest Farm, Foshan	····· Xian Gan-biao, Xue Li, Liang Li-li, <i>et al.</i> (335)
Soil Fertility of <i>Cunninghamia lanceolata</i> Plantation Replaced by Young Broadleaf Mixed Plantations	····· Li Guo-ping, Xue Li, Xian Gan-biao, <i>et al.</i> (343)
Soil Fertility of Young <i>Acacia auriculiformis</i> Stands with Different Densities	····· Xu Song-kui, Wang Xiang-è, Xie Teng-fang <i>et al.</i> (348)

Chapter Six Urban Forest and Landscape

Garden, Urban Forest and Urban Ecology and Environment	····· Xue Da, Xue Li, Luo Shan (355)
--	--------------------------------------

Discussion on the Role of Eco – landscape Forest in City Development	
.....	Xue Da, Luo Shan, Xue Li (360)
Evaluation Methods of Forest Landscape	Yang Peng, Xue Li, Chen Hong-yue (364)
The Function and Construction of Ecological Garden and Ecological Landscape Forest	
.....	Yang Peng, Xue Li, Chen Hong-yue (371)
Garden Plants and Landscape Design	Xu Yan, Xue Li, Chen Xi-mu (377)
Tourist Development and its in Fluences on Ecosystem and Landscape	
.....	Qu Ming, Xue Li, Xu Yan (385)

第 1 篇 种苗生理与造林

Chapter One Physiologies of Seed and Seedling and Forestation

本篇内容涉及种子、育苗技术、适地适树、树种选择、混交林研究、稀土的生物效应、树木抗旱、抗寒、盐胁迫等。良种壮苗、适地适树、树种选择和混交是重要的森林培育措施。对种子在吸湿一回干提高种子的活力和种子在发芽过程中的抗逆性，林木育苗技术、适地适树和混交林研究进行了综述，对东江水源林树种选择、马占相思林分改造混交树种选择、34 种阔叶树种早期生长进行了研究，可以为生态公益林营造提供依据。稀土具有调节植物生理活动的功能。用稀土对千年桐种子及幼苗进行处理，促进其生根、发芽和酶活性，加速营养生长、提高产量品质等，通过该研究和就稀土对植物的生物效应及其作用机理进行综述可以为提高苗木质量提供依据。干旱胁迫、寒害和盐害是构成树木环境胁迫的主要生态因子，严重影响林木生长和分布。对树木抗旱机理、树木抗寒性的生理和生态学机制、盐胁迫的适应机制进行了综述，以及对 4 种热带亚热带苗木抗寒性的研究，可以为生态公益林在干旱、低温和盐害下生存提供参考。

林木育苗技术研究综述^{*}

韦如萍¹ 薛立¹ 邝立刚²

(1. 华南农业大学林学院, 广州 510642; 2. 山西省林业科学研究院, 太原 030012)

摘 要: 从播种育苗、无性繁殖、容器育苗、生物制剂、密度、施肥和菌根对苗木生长的影响出发, 对苗木培育理论和生产技术的研究现状进行了综述。

关键词: 育苗; 技术; 综述

苗木是林木栽培的物质基础, 健壮苗木的培育是一项重要的造林基本措施 (邢世岩等, 1995)。随着现代科学技术的迅速发展, 许多新技术应用于苗木生产, 为造林需要培育出了各种类型的合格苗木, 同时苗木培育各项技术的研究也得到了加强深化, 各种苗木类型均建立了一整套相应的育苗技术, 为科学育苗提供了依据 (刘勇, 2000)。

1 播种育苗

播种育苗是传统育苗方式。播种育苗主要受种子品质、播种期、立地条件、播种季节及气候等环境因子的影响。目前对主要造林树种播种前均进行了种子处理 (邢世岩等, 1995)。例如用各种植物激素 (赤霉素、吲哚乙酸、萘乙酸、吲哚丁酸) 浸种处理, 保水剂、生根粉浸种处理, 不同温度的水浸及湿沙层积催芽处理等。层积法处理是最经济、有效的方法, 尤其对生理休眠的种子, 层积处理可增加种子活力、发芽率、初期生长量, 使不同种粒间的生理差异降到最低程度 (邢世岩等, 1995)。但由于某些树种的特性, 还采用适于自身的处理方法对种子进行处理, 如柚木在播前用石灰沤种或曝晒种子进行催芽, 使发芽率分别达到 50% ~ 80% 和 70% 左右, 成苗率分别为 70% ~ 90% 和 90% 以上 (吴同兴, 1999)。

2 无性繁殖育苗

林木的无性繁殖技术始于 18 世纪初, 我国从 20 世纪 70 年代开始, 开展了对杨树、白榆、桉树、刺槐、杉木、木麻黄、桃树、池杉、水杉、湿地松、油桐、油茶、泡桐和柳树等树种的无性系选育研究 (施季森等, 1994)。

林木无性繁殖在林业科研和生产中占有极为重要的地位, 其作用主要有: 保持树种或品种的遗传特性; 拓宽繁殖渠道; 最大限度地提高林木的繁殖系数; 快速、高质、高效繁殖苗木; 调节和利用树木的阶段发育规律 (赵勇刚等, 1996)。

2.1 扦插繁殖

根据所采用器官不同可区分为枝插、根插、叶插和果实插 (赵勇刚等, 1996)。以前

^{*} 发表于《山西林业科技》, 2002, (3): 10 - 17

三种较为常用。扦插母树年龄、扦插基质、生长激素及穗条幼化等因素对扦插成活率有很大影响(任建茹等, 1996; 独军等, 1998)。穗条幼化对插穗生根率有促进作用, 独军等(1998)的研究表明, 在其他处理相同的情况下, 选择20龄以下母树修剪后基部萌条扦插生根率可达90%, 比普通插穗提高10%, 且当年越冬时有70%插穗生根, 最长根达3cm。对樟子松老龄优树进行幼化——即将16年生老龄母树的中部侧枝去梢, 利用萌发新侧枝扦插, 其硬枝扦插生根率为25%, 嫩枝为35%。而原母树侧枝扦插, 硬枝和嫩枝生根率仅分别为2%和5%(任建茹等, 1996)。

2.1.1 枝插

可分为嫩枝扦插和休眠枝插(硬枝扦插), 对于扦插难生根树种, 嫩枝扦插比硬枝扦插成活率高很多。如毛白杨硬枝扦插(赵勇刚等, 1996), 采用各种生根激素处理插条, 只能获得30%~40%的扦插成活率, 而用嫩枝扦插, 无需任何激素处理即可使成活率达80%以上。硬枝扦插在阔叶树中常用到, 从林木枝插生根机理来看, 像黑杨派树种如欧美杨、大观杨、群众杨等因为同时具有愈伤组织生根及皮部不定根生根两种生根型机理, 生产上都采用硬枝扦插, 而针叶树种及白杨派树种, 大都是愈合组织生根型树种, 需要对插条进行生长激素处理, 才能提高扦插成活率, 甚至有的还需要改用其他繁殖方法(赵勇刚等, 1996)。

2.1.2 根插和叶插

对枝插难生根的树种常采用根插, 其中常用的树种有: 泡桐、柿树、雪柳、毛白杨、梨、核桃等。根插的关键技术是根段保湿, 因此保持扦插土壤湿度对提高插根成活率十分有效。叶插分叶片插、叶芽插和鳞片插3种, 主要用于茶树、柑橘类、印度橡胶树及草本植物和花卉繁殖(赵勇刚等, 1996)。

2.2 嫁接繁殖

其方法可分4大类: 枝接、芽接、种胚嫁接和胚乳注射。林业上常用前两种方法。对于扦插难以生根的树种, 嫁接繁殖无疑是一条简单经济的途径。嫁接繁殖最重要的特点就是能充分利用林木的成熟效应, 使嫁接成活的植株当年就能开花结实, 如核桃树的高枝换头、枣树嫁接、杉木无性系种子园等(赵勇刚等, 1996)。

2.3 组织培养

组织培养是用植物的一部分或器官在无菌的人工培养基上进行离体培养, 以获得完整植物的无性繁殖方法。该技术对林木的遗传改良、新品种培育、种质资源保存、脱毒复壮、大规模无性系造林苗木的培育等方面有重要的作用。20世纪70年代以来, 我国开展了组织培养方面的研究, 并先后有杨属、杉木、马尾松、泡桐、桉树、落叶松、湿地松、马褂木、柚木、桑树、刺槐和红豆杉等树种从器官、茎尖、茎段、形成层、成熟胚、花药和愈伤组织诱导成苗(施季森, 2000)。目前, 林木组织培养育苗已形成工厂化育苗技术, 在华南和东北地区都建立了具有国际先进水平, 全自动控制的大型育苗工厂。而且在组织培养基础上还发展出一系列基因转移、DNA直接导入技术, 这些都使组织培养成为现代林木育苗的核心技术(施季森, 2000)。

2.4 生物技术与林木基因工程在林木育苗上的应用

生物技术与林木育种的结合是林业育苗上的一个新领域, 目前较常用的技术有林木体

细胞胚胎发生、植株再生、原生质体培养、细胞杂交和体细胞突变的筛选和利用及人工种子等。这些技术为林木的遗传改良提供了重要的选择来源。林木体细胞发生和植株再生技术研究涉及的树种有云杉属、火炬松、马尾松、黑穗醋栗、桉树、桃树等树种。南京林业大学等单位正在进行枫香、鹅掌楸、杉木和马尾松等树种的研究（施季森，2000）。

林木基因工程是通过适合的基因转移技术，导入有用的外源基因，获得转基因植株，进行林木遗传改良或有关研究，方法有基因克隆、基因转移和 DNA 重组等。世界上林木的基因工程主要集中在抗病基因工程、抗虫基因工程、抗除草剂基因工程、抗逆基因工程、品质改良基因工程等方面（沈惠娟，1996；施季森，2000）。

3 容器育苗

林木容器育苗是当今世界林业的一项先进育苗技术。容器苗与普通裸根苗相比，具有育苗期短，苗木规格和质量易于控制，苗木出圃率高，节约种子，起苗、运苗过程中根系不易损伤和苗木失水少，造林成活率高，造林季节长，无缓苗期，便于育苗造林机械化等优点（高建忠等，2000；秦国峰等，2000）。容器育苗最重要的技术是育苗容器的选择和育苗基质的配比。

3.1 育苗容器

容器的种类和规格直接影响容器苗的生长发育（翟永生等，1999）。容器规格的选择应本着“节省资金，苗木易于形成根系团，适合造林立地条件”的原则。目前常用的容器种类有：纸质容器、薄膜容器、舒根型容器、塑料袋、硬塑杯、泥炭杯等。

3.2 育苗基质

容器基质是培育容器苗的关键，基质的选择应遵循“因地制宜，就近取材，理化性质良好，有较好的保湿、保肥、通气、排水性能，成本低，无病虫害”的原则（翟永生等，1999）。按照基质的配制材料不同，可分为以下 3 种：一是主要以各种营养土为材料，质地紧密的重型基质；二是以各种有机质为原料，质地疏松的轻型基质；三是以营养土和各种有机质各占一定比例，质地重量介于前两者之间的半轻基质（秦国峰等，2000）。目前后两种基质广为应用。容器基质的物理化学性质对苗木生长具有决定性作用。秦国峰等（2000）对马尾松容器苗基质的研究表明，基质有机质、N 和 P 含量高、容重低、疏松通气，有利于苗木生长与根系发育，反之，苗木生长与根系发育就会受到影响。陈连庆等（1997）的研究也说明，容器基质的容重和孔隙度对苗木生长影响最大。如以竹叶和松针为基质，表现了良好的理化性质，比纯黄心土基质培育的马尾松百日苗干物质重增加 93.2%，与蛭石基质相比增加 43.9%，与松树皮基质相比增加 25.0%，而且还促进了马尾松苗木早期菌根化，百日苗菌根感染率分别比黄心土基质的百日苗提高 12.9% 和 17.0%，加快了苗木生长。对桉树扦插育苗基质试验说明，基质组合间干、湿重达极显著差异，扦插生根率和杯期苗木高生长达显著或极显著差异，各种基质中扦插平均生根率最高的为 85.9%，而最低的仅为 6.7%，最优基质配方是容积比为 2:1:1 的木糠 + 黄黏土 + 黄心土基质（龙腾等，2000）。

4 生物制剂在林木育苗上的应用

4.1 植物激素

目前林业育苗上常用的生长激素大致为：ABT 生根粉，赤霉素（GA），吲哚乙酸

(IAA), 萘乙酸 (NAA), 吲哚丁酸 (IBA), 抽枝宝, 激素类叶面肥和生物助长剂等。主要应用于扦插育苗或苗木移栽等方面。

适宜的激素浓度对苗木生长有着极大的促进作用, 但不同的植物激素种类及浓度对林木种子的发芽势、发芽率、出苗数及苗木品质等指标的影响不一样。张武兆等 (1996) 等研究发现用 GA、IAA 和 NAA 处理杉木种子, 对种子发芽势、发芽率、田间出苗数、幼苗生长及苗木出圃合格率有显著的促进作用, 以赤霉素浓度为 25×10^{-6} 效果最佳。激素类叶面肥能大大提高茶条槭的苗高、地径、叶的生长量, 并且量少高效, 以 AC4、AC5 两种激素类叶面肥的表现最突出, 能使苗高、地径、干叶产量分别比对照提高 70%, 90%, 70% 左右 (祁永会等, 2001)。

激素能显著地提高插穗生根能力, 而且对提早生根有一定的作用, 但不同激素种类、浓度的处理之间生根率差异极显著 (刘淑艳等, 1997)。用生根激素对促进沙松嫩枝生根效果明显, 以 ABT 效果最好, NAA, IBA 次之, ABT 以 100×10^{-6} 的浓度最好, 生根率达 61.3%, 且还有 1/4 左右的插条产生愈伤组织 (孙岳胤等, 1999)。对日本落叶松嫩枝插穗用 ABT1 号和 5 号 200mg/kg 浓度处理, 生根率分别达到了 90.3% 和 94%, 这可能是因为适当地增加生长素含量可以加强淀粉和脂肪水解, 增强代谢作用, 提高吸收水分能力, 促进可溶性化合物向枝条下部输送和积累, 结果促进了苗木生根 (祁永会等, 2001)。油杉插穗经 24 小时的吲哚丁酸和 100mg/kg 的萘乙酸以 1:1 混合处理, 生根率和平均根数优于任何单一激素。激素浓度过高对插穗生根的促进作用较差。慢浸处理以 50 ~ 100mg/kg 的浓度为宜, 200mg/kg 以上的浓度处理效果反而较差 (郭志新等, 1995)。

此外, 有研究表明, 各激素配合使用对苗木生长效果更为显著 (闫朝福等, 1996)。

4.2 保水剂

保水剂是一种高吸水性树脂, 这类物质含有大量结构特异的强吸水基因, 在树脂内部可产生高渗透缔合作用, 并通过其网孔结构吸水, 具有很强的保水性、吸水性、保持水分有效性和反复吸水性。在农业抗旱和节水植物栽培技术中得到广泛应用。目前保水剂在生产中常使用的方法有: 种子表面涂层, 种子造粒, 沟 (穴) 施法, 蘸根移栽, 根部涂层, 地面喷施和地面撒施等 (李晓, 1995)。

用保水剂处理种子, 对出苗率、出苗速度、单位面积成苗量及苗高、地径生长、苗木存活率, 根系生长等各项指标都有显著作用, 但不同类型及浓度间有不同影响。如童成金等 (2001) 用绿宝、TC 和 KD-1 这 3 种保水剂对柠条进行处理可知, 处理后的种子出苗速度和出苗率有很大提高, 并在一定浓度内表现为出苗快, 出苗整齐, 但不同浓度间对出苗率有显著差异。在 $3 \sim 10\text{g/m}^2$ 范围内随着施用量增加, 出苗率也增加, 当增加到 15g/m^2 时出苗率反而降低。那平山等 (1994) 用 SA 型和 P 型保水剂对油松种子进行处理以 2% 浓度处理的种子出苗率最好, 较其他的保水剂高出 10.41% ~ 14.44%。苗木保存率以 2% 和 3% 浓度处理的较好。用两种保水剂对油松和侧柏种子进行处理, 使两者的出苗率和苗木保存率间有极显著差异, 但在同一树种内这两种类型保水剂处理种子间的出苗率及苗木保存率均没有显著差异。左永忠等 (1994) 的研究表明, 用 0.62% 的保水剂蘸根晒苗 6h, 油松、侧柏、花椒 3 个树种苗木成活率达 72.5%, 而清水处理的仅为 51.9%, 不浸的为 41.7%, 差异分别达到显著和极显著水平。

保水剂处理种子, 还能对植物根系生长和生物量有较大促进作用, 主根长、侧根数和

生物量等指标均显著大于对照,在一定浓度下(如柠条苗为 $10\text{g}/\text{m}^2$)随着浓度的增加,各项指标呈增加趋势,超过限制浓度,增加速度明显减慢(童成金等,2001)。利用保水剂对马尾松种子处理育苗,可大幅度地提高单位面积成苗产量,有效地促进苗木的高生长与地径生长,与对照区相比,其株数可增加24.77%,苗高与地径可分别提高11.32%,10.53%(朱跃贤等,2000)。

4.3 稀土

稀土是镧系元素加上化学性质相似的钪(Sc)和钇(Y)共17种元素的总称(蔡秀真等,1997)。农业使用的稀土是以镧、铈、镨等为主的轻稀土。目前林用稀土常用的方法有:浸种、拌种、叶面喷施、土壤淋施、剖面涂布等。稀土在林业苗圃上使用的主要有以下几方面(谢寅峰等,2000)。

4.3.1 促进林木种子萌发

研究表明,用稀土溶液浸种处理可明显提高油松、云杉、香椿、泡桐、杉木、柠条、马尾松、刺槐、白皮松、南洋楹等林木种子的发芽率(蔡秀真等,1997)。汪明润等(2000)的研究表明,不同浓度的稀土溶液均能有效地增进白皮松种子的萌发进程,使场圃发芽率比对照增加25.6%~89.7%,出苗期提前6~11天,出苗整齐,抗性强,生长势旺盛,苗高年生长量达到30.3~35.4cm,比对照增加了42.1%~65.7%,其中以 $100\text{mg}/\text{kg}$ 的稀土溶液浸种效果最好。闰德仁等(1996)的研究表明,用稀土浸油松种子能明显提高种子发芽率,发芽势和种子活力,促进幼苗生长,使幼苗鲜重增加45%,茎根比提高65%,根长增加43%,幼苗高增加38%,出苗高峰期提前2~3天。同时稀土浸种还能提高萌发种子的呼吸速率,脱氢酶活性和过氧化氢酶活性,促进种子可溶性糖的转化,提高种子中氨基酸的含量,使种子生长得到加快(闰德仁等,1996;蔡秀真等,1997;谢寅峰等,2000)。

4.3.2 提高插条的成活率和生根率

据赵兰勇等(1996)的研究表明,用 $500\mu\text{g}/\text{g}$ 的稀土溶液浸泡刺槐插穗24h,扦插成活率比对照增加12.2%,但超过此浓度扦插成活率开始下降。此外,稀土和激素在木本植物无性繁殖中配合使用,可明显提高插条生根率。用黄杨、月季、圆柏、落叶松作扦插试验,其插条生根率达85%~90%,龙眼、高山含笑、板栗等难生根树种的插条生根率也可达35%~60%(谢寅峰等,2000)。

4.3.3 促进苗木生长,提高苗木质量

赵兰勇等(1996)在苗木速生期用 $700\mu\text{g}/\text{g}$ 的稀土溶液喷施刺槐叶面3次,对其1年生苗木(播种苗、插条苗、插根苗)的形态指标影响显著。其中,叶面积增加44.8%~50.8%,苗高增加25.6%~31.5%,地径增加22.2%~42.7%,植株干重增加33.2%~34.2%,大大提高了苗木的质量。据对杉木、木荷、银杏、马尾松、泡桐、杨树、板栗、刺槐等树种的试验表明,适当浓度的稀土处理可使苗木生长及质量得到显著提高,用100~200mg/L稀土处理,使杉木苗苗高和地径比对照分别增加了16%~35%和3%~5%;用200~300mg/L的稀土处理,使木荷、板栗苗高和地径增加了15%,30%和6%,10.4%,并使板栗I、II级苗达到总产量的90%~95%,木荷全部达到I级苗(谢寅峰等,2000)。林书蓉等(1995)的研究也表明,稀土施用可提高杉苗质量。经浸种、淋施、喷施处理的I、II级苗占总苗数的百分率分别比对照增加50.0%、38.7%、47.6%。

稀土林用是一项低成本、高效益的增产新技术,其经济效益显著,用于林苗其投入产