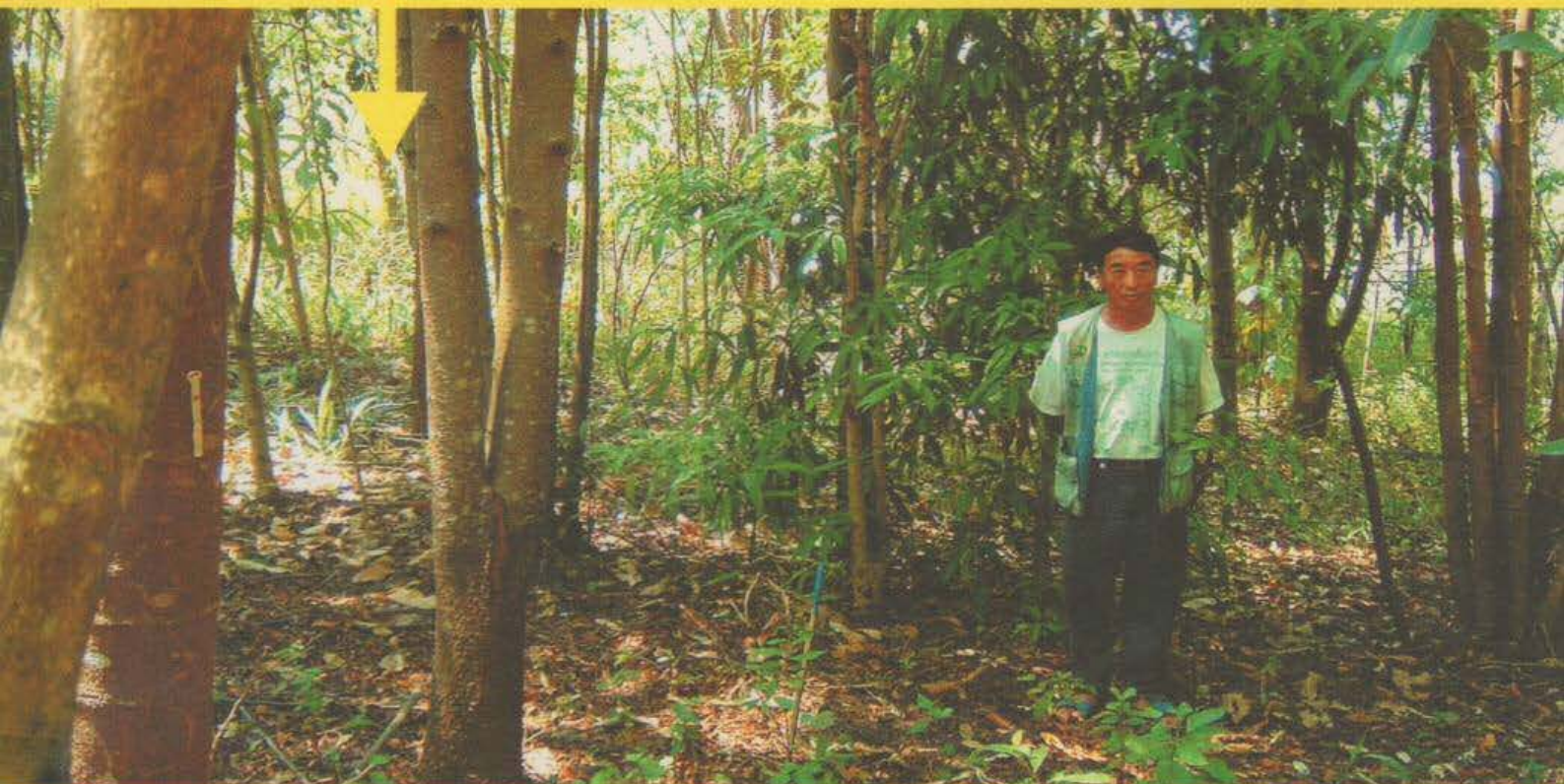




# 如何种树

## 恢复热带林的原则与实践

吴训锋 孙 维 任万竹 主编  
张 群 韩 杭 翻译



云南出版集团公司  
云南科技出版社



责任编辑：赵 敏  
责任校对：叶水金  
责任印制：翟 苑



ISBN 978-7-5416-2631-9



9 787541 626319 >

ISBN 978-7-5416-2631-9 / S · 458

定价：36.00元

# 如何种树

——恢复热带林的原则与实践

主编 吴训锋 孙 维 任万竹

翻译 张 群 韩 杭

原著 Stephen Elliott, David Blakesley, J.E. Maxwell,  
Susan Doust and Sutthathorn Suwannaratana



云南出版集团公司  
云南科技出版社  
·昆明·



图书在版编目 (CIP) 数据

如何种树：恢复热带林的原则与实践 / 吴训锋，孙维，任万竹主编. —昆明：云南科技出版社，2007.6

ISBN 978-7-5416-2631-9

I. 如… II. ①吴…②孙…③任… III. 热带林：雨林—森林植被—培育 IV. S718.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 092577 号

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码：650034)

昆明理工大学印务包装有限公司印刷 全国新华书店经销

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：12.5 字数：260 千字

2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

印数：1~2000 定价：36.00 元



## 序言

中国的天然林和自然保护区正面临着来自内部甚至更多是来自外部的各种压力。人们对于针叶树和阔叶树的木材需求的持续增长，也带来了对于土地利用的压力，而有限的资源需要满足越来越多的人的需求。

健康的和生物多样性丰富的森林以及其中的非木材林产品对于周边社区也是极为有价值的收入来源，对于他们的生计的必需品。在中国，越来越多的人也在不断地认识到森林对于生态系统功能的重要性，例如森林提供更洁净的水，并且有净化空气的功能，以及森林能防止山体滑坡和避免水土流失等等。森林生态服务功能经常在文献中被提及，也常常与长期可持续性相联系。对于政府和土地所有者来说，森林常常扮演着银行的角色，因为对它进行保护和价值提升能够在需要时获得高的回报。过去，因为这个银行的运转较慢，而且木材的需求量较高，很多森林都被砍伐殆尽。为了对以上行为造成的恶果进行补偿，中国政府启动了大面积植树造林的计划，以增加森林覆盖率。总的来看，这一努力产生了可喜的结果，整个中国的森林覆盖率在过去的十年内得到了提高，但进一步来看，树木种植的过于单一带来了各种问题和负面影响，从而基本达不到预期的经济收益。森林病虫害和人类导致的火灾每年都会毁坏大面积的森林。渐渐的社区和林业工作者开始认识到必须选择其他方式来恢复森林或者保护现存森林。

为了解决以上问题，中国西南地区的林业工作者和研究人员正在尝试一条不同以往的途径，并与泰国清迈大学森林恢复研究中心进行了合作。在泰国，森林恢复研究中心取得了很大成就，并在将他们的工作向整个东南亚推广。许多国家的研究点都与其进行了相互联系与合作，中国的相关工作人员还到清迈进行了实地培训，同时在一次国际森林恢复研讨会上，森林恢复研究中心的工作人员还有机会到中国实地考察了由腾冲高黎贡山自然保护区、云南林业职业技术学院和世界混农林业中心中国办公室共同开展的育苗和种植工作。

森林恢复研究中心与中国的合作包含了众多合作伙伴的参与，在这里不仅仅是实践了各合作伙伴在泰国看到和学习的经验，而且进行了更深一步的工作。高黎贡山自然保护区投入大量时间和人力资源，在腾冲项目点的工作取得了很好的成效。基于森





林恢复研究中心的原始资料和书籍,在该基地还建立了苗圃和物候观测线路。标本室和育种实验室的运行现状非常让人满意,而且工作成果已初步显现,去年已有 35 种树种在该自然保护区的缓冲区成功种植。

这些实地运用的成果,并结合在云南林业职业技术学院开发的森林恢复研究的课程构建了其科学的严谨性和必要的科学支撑,以此产生了一系列的出版物以及本书的中文版本。

自然林和近自然林是“未来的森林”。它们拥有单一种植的树种所无法比拟的丰富资源和生物多样性,因此它们也有着很强的自我恢复能力,能够抵御病虫害和火灾,不需要人类进行太多管理就能够自我生长并保持生物多样性。

腾冲的林业工作者和云南林业职业技术学院的专家有着非常独到的见解,我在此对他们所做出的成就和他们能够出版的这本非常有意义的书籍表示祝贺。我们希望更多的人,包括林业工作者以及社区,都能很好地应用这本书,并为我们的未来创造出健康和可持续的森林。

Horst Weyerhaeuser (万豪森)  
中国区首席代表  
世界混农林业中心中国办公室



## 前 言

中国陆地面积 960 万 km<sup>2</sup>, 约占地球绿地面积的 6.42%, 森林占土地面积的 16.55%(其中 10% 为天然林)、草原占 41.7%、内陆水域占 1.8%、农用土地占 13.5%, 沙漠及其他陆地占 26.4%。跨多个气候带, 从湿润带(32%)和半湿润带(15%)到半干旱带(22%) 和干旱带(31%)。从生物多样性的角度看, 中国是世界上第三大富饶的国家。

在最近半个世纪, 由于中国的人口膨胀和高速发展, 导致森林被砍伐、放牧过度、天然植被被开垦为耕地的现象日益增加, 产生了很多严重的生态问题, 如降水量的减少、水灾、旱灾等增加, 湖泊和排水道淤塞, 经过 1998 年的洪灾, 严重的环境灾害引起人们对植被退化越来越多的关注。因此, 人们把植树造林作为遏制生态环境退化的重要手段, 至 20 世纪 90 年代后期, 政府已批准实施的有关植被恢复的六大工程有天然林保护工程、“三北”和长江中上游地区重点防护林体系建设工程、退耕还林工程、环北京地区防沙治沙工程、野生动植物保护及自然保护区建设工程、重点地区以速生丰产用材林为主的林业产业基地建设工程。

随着各种造林工程的实施, 目前中国已成为世界上人工林最多的国家, 被誉为“世界最伟大的森林恢复者”, 森林覆盖率已由 50 年前的 8.6% 上升到 16.5%。然而, 大部分恢复林区由人工林组成, 提倡的是生态“建设”而非生态恢复。所以, 生态环境恶化的势头并没有因森林覆盖率的提高得到根本性的改善。

虽然已经造林, 从表面上看, 森林已经恢复, 但真正的森林的功能没有恢复。为什么会出现这样的问题呢? 长期以来, 国家的林业政策体系都以围绕“木材生产”为核心而开展的, 如林业教育、科研等工作是以培育和经营速生丰产用材林为重点, 而生态恢复、生物多样性的保护及天然林的经营管理等方面的研究及实践相对薄弱。

本书的原著《如何种树——恢复热带林的原则与实践》由泰国清迈大学森林恢复研究中心结合近 10 年的研究成果编写而成, 在此基础上, 我们结合中国的林情进行编译, 以作为高等林业职业技术学院相关专业学生的教材使用, 并以此逐步推广和普及森林恢复的理念与实践。

本书由世界混农林业研究中心 (ICRAF) 资助, 在编译过程中, 得到 Horst Weyerhaeuser(万豪森)先生的大力支持, 同时何俊、陈华芳等也给予很多关心和支持。此外, 中国科学院动物研究所解焱教授对本书的出版, 也给予极大的支持。在此, 对所有关心和支持本书出版的所有同仁均一并致谢!

编 者

2007 年 6 月



# 目 录

第一章 森林恢复——是白日梦还是现实? .....	(1)
第一节 毁林——对地球上生命的威胁 .....	(3)
第二节 森林恢复——对抗危机 .....	(5)
第三节 森林恢复研究中心 .....	(7)
第四节 热带林生物多样性恢复教育与培训 .....	(10)
第二章 森林类型识别 .....	(11)
第一节 常绿林与落叶林类型 .....	(14)
第二节 识别常绿林类型 .....	(15)
第三节 识别落叶林类型 .....	(17)
第四节 森林类型与恢复策略 .....	(19)
第三章 理解森林更新——向自然学习 .....	(23)
第一节 森林演替的理论 .....	(25)
第二节 更新的来源 .....	(27)
第三节 种子传播的重要性 .....	(30)
第四节 种子掠夺 .....	(32)
第五节 萌 芽 .....	(36)
第六节 幼苗生长 .....	(38)
第七节 火生态 .....	(41)
第八节 幸存树 .....	(42)
第四章 帮助森林自助——促进天然更新 .....	(43)
第一节 什么是ANR? .....	(45)
第二节 管护已有的树种 .....	(47)
第三节 增加种子雨 .....	(49)
第五章 森林恢复的骨架树种方法 .....	(55)
第一节 什么是骨架树种方法 .....	(57)



第二节	骨架树种的筛选 .....	(60)
第三节	测试骨架树种 .....	(62)
<b>第六章</b>	<b>种自己的树 .....</b>	<b>(67)</b>
第一节	苗圃的设计与建立 .....	(70)
第二节	采集种子 .....	(72)
第三节	果实和种子的处理 .....	(75)
第四节	种子萌芽 .....	(78)
第五节	容器苗 .....	(79)
第六节	苗圃幼苗的管护 .....	(82)
第七节	质量控制 .....	(86)
<b>第七章</b>	<b>种 植 .....</b>	<b>(91)</b>
第一节	选 点 .....	(93)
第二节	准备种植 .....	(99)
第三节	种树活动 .....	(104)
第四节	树木的管护 .....	(108)
第五节	监测森林恢复 .....	(109)
<b>第八章</b>	<b>与社区一起规划和实施森林恢复项目 .....</b>	<b>(113)</b>
第一节	积极性是根本 .....	(115)
第二节	合作是关键 .....	(117)
第三节	规划是必需 .....	(118)
<b>第九章</b>	<b>云南的森林类型 .....</b>	<b>(125)</b>
第一节	云南森林分类系统 .....	(127)
第二节	云南森林类型的特征 .....	(130)
<b>第十章</b>	<b>恢复中国的天然植被 .....</b>	<b>(143)</b>
第一节	中国天然植被的功能、效益和价值 .....	(145)
第二节	恢复植被的基本原则 .....	(161)
第三节	植被恢复的误区分析 .....	(180)
第四节	天然植被恢复技术 .....	(190)



# 第一章 森林恢复——是白日梦还是现实？

\*\*\*\*\*

毁林——对地球上生命的威胁

森林恢复——对抗危机

森林恢复研究中心(FORRU - CMU)

热带林生物多样性恢复教育与培训

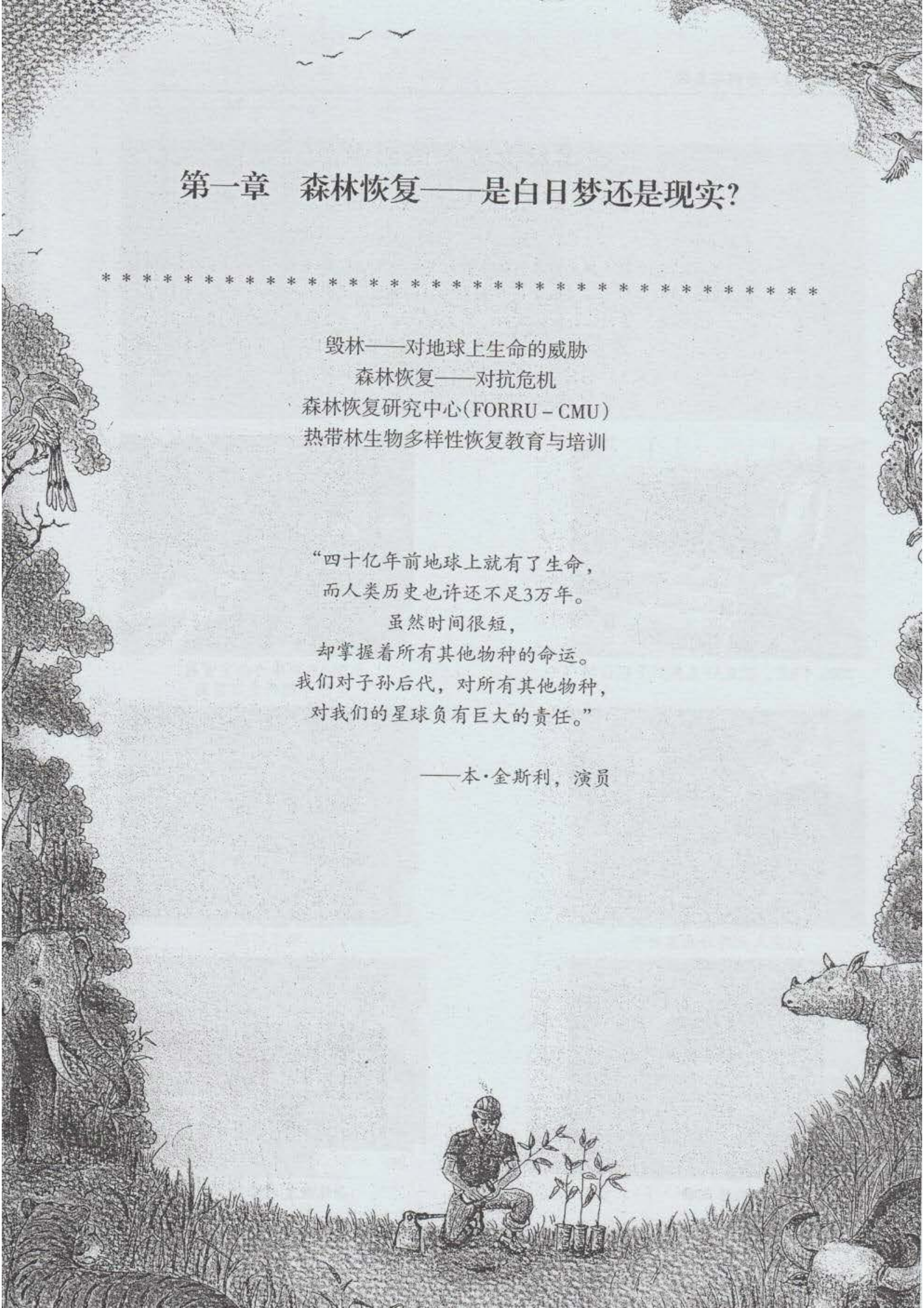
“四十亿年前地球上就有了生命，  
而人类历史也许还不足3万年。

虽然时间很短，

却掌握着所有其他物种的命运。

我们对子孙后代，对所有其他物种，  
对我们的星球负有巨大的责任。”

——本·金斯利，演员





## 云南森林恢复研究中心 “森林恢复研究与培训项目”

云南林业职业技术学院关于森林恢复的研究工作起步较晚，始于2004年9月世界混农林业研究中心和达尔文行动项目资助的“森林恢复课程开发与育苗试验项目”，2005年6月，又在高黎贡山国家级自然保护区实施了该机构资助的“森林恢复研究与试验项目”。自项目实施以来，对森林恢复的骨架树种物候观测、种子采集及处理、育苗和造林试验等方面取得了一定的经验，在此基础上，2007年3月召开了“森林恢复国际研讨会”，随后在云南林业职业技术学院成立了“云南森林恢复研究中心”，标志着云南森林恢复的研究与培训工作逐渐步入正轨。



2004年8月，ICRAF总裁到学院访问



ICRAF中国办公室官员  
考察学院的实习苗圃



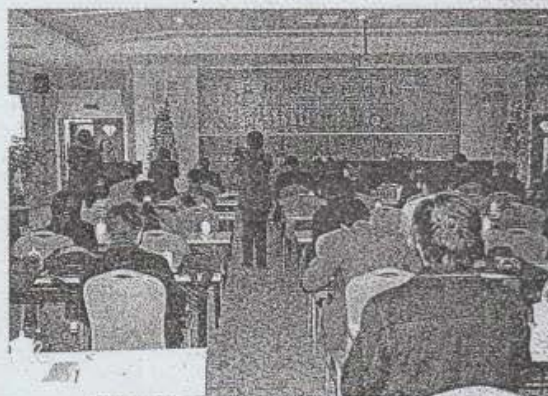
研究人员野外采集种子



研究苗圃



造林试验



森林恢复国际研讨会



## 第一节 毁林——对地球上生命的威胁

### 为什么要关心对森林的破坏?

如果我们继续以目前的速度砍伐森林，毁坏主要的生态系统，如森林和珊瑚礁是生物多样性最集中的地方，那么到21世纪末我们肯定会失去地球上半以上的动物与物种。

——威尔森，推广“生物多样性”一词的著名生物学家。

自从人类锻造出金属斧头以来，森林就被大面积地清除以用于农业、城镇建设、木材生产、薪材和其他的产品生产。在古代，树木的砍伐不会超过森林的更新能力。然而在，随着人口的不断膨胀，对森林产品的需求量也就随之增加，需求量已经超出了物种丰富度和森林恢复的能力。

这个问题对于热带地区是极其严重的一个问题。热带和亚热带森林仅占地球面积的16.8% (FAO, 2001)，而且还是地球上半数以上动物和植物的家园 (Wilson, 1998)。由于不断的采伐森林，大面积的森林逐渐减小、生境破碎，影响到动植物物种的繁衍，尤其是一些大型兽类和鸟类受到了极大的影响。有些物种开始消失、物种内部联系网以及一些对于维持热带林生物多样性的关键因素也开始丧失。植物失去了授粉媒介或种子传播者，导致了植物无法繁殖。由于天敌的减少，食草动物种群数量的扩大，作为食物的植物也受到了威胁。由于关键物种的死亡，物种层叠的灭绝导致了热带林丰富的生物多样性的减少，出现了杂草普遍入侵的现象。因此，地球上热带林的破坏导致物种消亡远比人类历史上任何时段都要严重 (Wilson, 1992)。

热带林生物多样性为人们提供了丰富的产品，如药材、食用植物、蜂蜜、竹类、蘑菇等 (图1-1)，可以为人们提供源源不断的林产品、林副产品以满足人们的生活需要。但是往往这些产品如果只是自用而没有拿到市场上出售的话，也就不能体现出它们的经济价值。因此，政策制定者也就忽视了它们的重要性。

热带林还具有重要的生态补偿功能，可以保持环境的稳定性 (图1-2)。林中天敌可以控制周围农地中的虫害，同时也可以起到控制蝙蝠和昆虫对作物的授粉，尤其是果树。林中大量的腐叶也为土壤提供了丰富的有机质，也储存了大量的水分。土壤在雨季时吸收水分，防止洪涝。在干

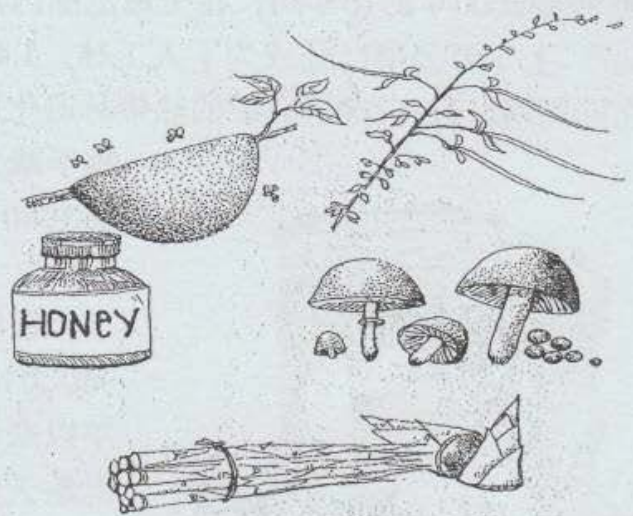


图1-1 森林提供的多种产品





图1-2 森林砍伐引起的土壤流失、洪水和滑坡

季，水就会从森林土壤中慢慢渗出以防止干旱。另外，森林还具有减少全球变暖的现象，还可以吸收大量的二氧化碳并把这些物质转化到木头中。

所有这些产品和生态补偿为人们的生活质量做出了很大的贡献，但是却受到了森林采伐的威胁。

#### 热带林消失的速度有多快？

联合国粮农组织运用卫星影像对热带林的覆被做了综合的评估。数据表明，从1990年到2000年的10年间，在全球范围内热带天然林面积从19.45亿 $\text{hm}^2$ 下降到18.03亿 $\text{hm}^2$ 。上千万公顷已经成为了人工林，1.42亿 $\text{hm}^2$ 变成了其他用途的土地（图1-3）。而在同期内，只有1000万 $\text{hm}^2$ 的热带林退化地得到更新。也就是说，热带林覆被平均每年减少1420万 $\text{hm}^2$ （约每年减少0.7%），下降率与1980~1990年间的同期下降率一致（FAO, 2001）

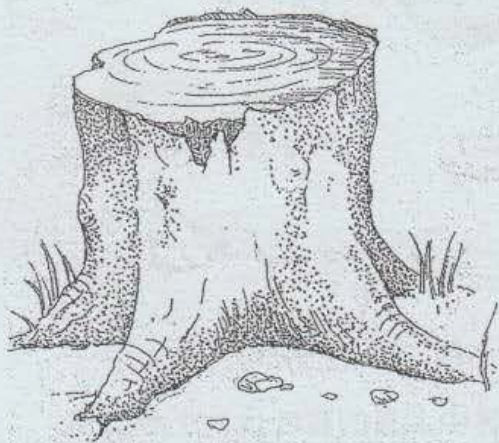


图1-3 毁林后剩下的伐桩

根据2000年统计数据，泰国天然林面积约980万 $\text{hm}^2$ （占国土面积的19.3%）。尽管自1989年以来泰国实行了禁止商业性采伐森林的措施，但是天然林的下降率（1995~2000）平均仍然保持在每年26万 $\text{hm}^2$ 的水平（2.3%，1995）（FAO, 1997, 2001）。总体上，自1961年以来，泰国就已经失去了近2/3的热带林（Bhumibamon, 1986）。



## 第二节 森林恢复——对抗危机

对热带林的破坏和与之相关的生物多样性的灾难性丧失能否被完全改变？或自然保护主义者能现实地、希望最好是降低破坏的速度？幸运的是，森林自身有惊人的自我恢复能力。在自然状况下，恢复可能需要几个世纪，但是一旦了解和认识了森林更新、恢复的机理，那么通过人工辅助也可以增进天然更新的进程，也许只要几年时间就可以完成。本书描述的简单说明了这是怎样做到的。

重新造林与森林恢复之间的区别是什么？

“重新造林”意指在采伐迹地上重新营造树木以恢复森林植被。林业上泛指以各种目的和各种形式的造林活动，如人工林、混农林业、社区林业等。在热带地区，以商业性为目的的人工林是造林中最普遍的形式。这样的造林类型，亚洲是世界的先锋，到2000年止，世界62%的人工林是在亚洲，这些人工林在亚洲的森林总覆盖率中占了20%，泰国的人工林比率在世界位居第8。近500万 $\text{hm}^2$ 为松林、桉树和橡胶人工林，占泰国总森林覆被的1/3 (FAO, 2001)。

人工林是需要的，为了满足人们日益增长的对木材及纸浆原料的需求，同时也可以减轻对天然林的采伐。但是这样的人工林不能够提供动植物物种所需要的栖息环境，而且这些动植物栖息所需的生态系统是人工林取代不了的。

环境保护和生物多样性的保育，采取“森林恢复”的措施是比较恰当的做法。“森林恢复重建”意指“原森林生态系统的重建，让其保持采伐以前的面貌或状态”。

森林恢复不可能一步就恢复原生森林的所有动植物物种。在大多数地区，人们对整个动植物区系的了解和认识不足。进行森林恢复，可以通过种植一些关键树种用以恢复从前的生态系统结构和功能，关键树种在原森林生态中起到重要的作用。森林恢复的成功与否可以根据多层林冠的恢复情况进行衡量。增加物种数量（特别是一些稀有的或建群种）、改良土壤等。森林恢复重建是营林的一种专门形式(Elliott, 2000)。

什么地方适合森林恢复？

在那些把生物多样性当作营林目标之一（如野生动



图1-4 伐桩上萌发的幼苗





图1-5 任何人都可享受种树的乐趣

### 恢复森林生态系统必须种树吗？

通过对森林是如何更新进行研究（见第3章），那么许多目的是可以达到的。对于影响森林更新的许多限制因子是可以被确定出来的，而且还可以采取一些人工干预方式予以克服这些问题，如可以对一些天然林幼苗进行除草、施肥、防火、防止牲畜等。

被称为“促进天然更新”或简称ANR（见第4章）的方法，是一种既简单又经济，通常是利用现有的树种进行恢复森林的方法。这些树种通常只是构成成熟热带林组成树种的少部分。因此，为了完全恢复生物多样性，通常有必要种一些树。在进行森林植被的恢复工作中，我们不可能把过去原有的成千上万的树种全部种上，因为这是我们做不到的，而且幸好也没有必要。

### 什么是森林恢复的骨架树种方法？

认真挑选一些树种进行种植能够快速重建生物多样性丰富的森林生态系统。骨架树种方法首先在澳大利亚的昆士兰进行试验（Goosem and Tucker,

物保护、环境保护、生态旅游或为当地人提供各种各样的森林产品）的地方进行森林的恢复重建工作是适宜的，而且这种方法特别适用于保护区退化地的恢复。自20世纪60年代以来，泰国皇家林业部就宣布了138个国家公园（占国土面积的15%以上）或野生动物的避难所（Elliot & Cubitt, 2001）。

然而即使是在这些受到保护的地区，也存在着大量的采伐迹地，这些采伐迹地是过去由于当地居民砍伐森林进行农田开垦导致的。如果要让这些区域起到为泰国野生动物提供避难所的作用，那么就亟需采取如以上所提及的森林恢复的措施。



图1-6 长期监测总结经验



1995; Lamb等1997; Tucker and Murphy, 1997; Tucker, 2000), 把20~30种乡土森林树种混合种植, 快速恢复森林的结构和生态系统的功能。野生动物被所种植的树木、森林吸引, 它们到林中活动并将一些其他树种的种子带到这些需要进行恢复的退化迹地中, 由于林中树种的增加, 温度也较凉爽、湿度也增大、没有杂草, 因此这些条件也就为种子的萌芽和幼苗的生长提供适宜环境。

在澳大利亚开展的此项工作取得了很好的效果 (Tucker and Murphy, 1997), 但是该项经验方法在泰国是否能获得成功呢? 泰国清迈大学森林恢复研究中心于1994年成立, 致力于研究这个问题。

### 第三节 森林恢复研究中心

1994年, 清迈大学 (CMU) 科学院生物系的几名人员和学生开始对恢复重建泰国北部退化森林迹地的可能性开展了调查, 根据当地情况采用了骨架树种的方法。他们的工作得到了曼谷一家有限公司 (Riche Monde) 的资金资助, 技术上得到了英国一所大学的援助 (Bath 大学), 与Doi Suthep-Pui 国家公园 (隶属于RFD) 合作建立了一个研究实体, 起名为森林恢复研究中心 (FORRU)。该中心在公园总部设有一个办公室和实验苗圃, 在Ban Mae Sa Mai有一个社区苗圃和野外试验点, 在清迈大学生物系的植物标本楼有一个教育中心。

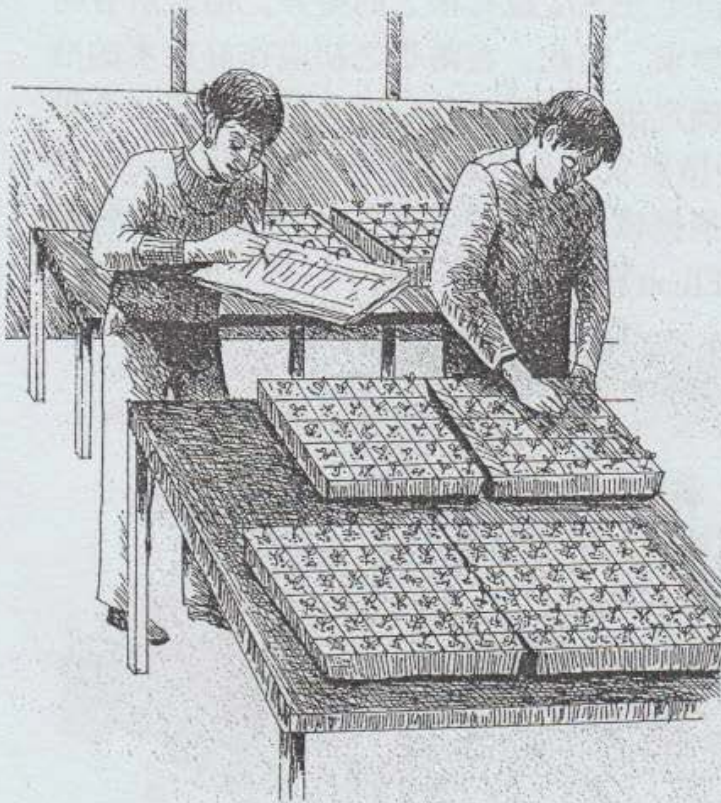


图1-7 育苗研究

(在FORRU的研究苗圃测定了光和遮阴对400多种森林种子的休眠和发芽的影响)

FORRU 开展一些什么样的研究呢?

本手册中介绍的技术和提出的一些建议是FORRU员工和清迈大学生物系的研究生根据10年的研究工作经验得到的。

FORRU 的首要任务是对660多种树种进行筛选, 筛选出适合该国家公园进行种植的骨架乡土树种 (Maxwell and Elliott, 2001)。森林恢复首先是进行种子采集, 因此FORRU的研究人员给研究站周边森林中的100多种树挂了牌, 并每3周进行1次观测记录, 用了4年多的时间对这些树的开花和结实情况进行了观察研究。该项研究结果反映的是结实季节性, 根据这一情况可





图1-8 FORRU研究人员对育苗过程进行跟踪

以制定出采集种子的时间表。

任何森林恢复项目的成功都取决于高质量定植苗的生产。因此，在苗圃试验研究工作中，开展了一些实践，对种子发芽和幼苗生长以及健康状况进行了优化 (Blakesley等, 2000)。对400多种乡土森林树种进行了发芽试验研究 (Blakesley等, 2000)。实验结果显示，有些树种容易发芽，而有些树种发芽困难。因此，针对种子发芽困难的情况，也开展了许多打破种子休眠的处理及试验研究，包括松土、加热处理、水浸泡、酸处理 (Kopachon, 1995; Singpetch, 2001; Vongkamjan, 2003)。根据研究结果，对于那些证明是难以用种子进行繁殖的，开展了扦插和无性繁殖和对幼苗补充营养的调查研究 (Kuarak, 2002)。

研究中心人员还开展了容器类型和基质对幼苗生长和成活率影响的测试实验 (Zangkum, 1998; Jitlam, 2001)，并进行了各种方法的施肥和修剪的测试试验。

各种树的结实时间是不同的，而且幼苗生长速度也有很大的差异，但是所有树种的幼苗在种植时都必须达到种植的苗木要求，因此，在雨季之初应作好苗木的准备工作。苗圃研究，其中一个主要目的是确定出在种子采收后适宜第一或第二个种植季节种植的树的大小和质量必须达到种植要求 (见第六章)。这就必须做出各种苗木的生产计划表，苗圃管理人员就可以根据该时间表编制出有效的各种骨架树种的混合苗圃生产计划 (Kuarak等, 2000; Elliott等, 2002b; Blakesley等, 2000)。

然后把树苗种植到林地中进行试验，以便对各种树的长势情况进行评估，看其相对而言是否具有作为骨架树种的“潜力”(Elliott等, 2003)。对各种树的成活率和生长情况、遮阴抵御杂草以及抗火能力进行监测。还采取了各种营林技术措施对所种植的各树种的生长情况进行测试，包括各种除草方法、使用各种覆盖方法以及施肥 (Elliott等, 2000) (见第七

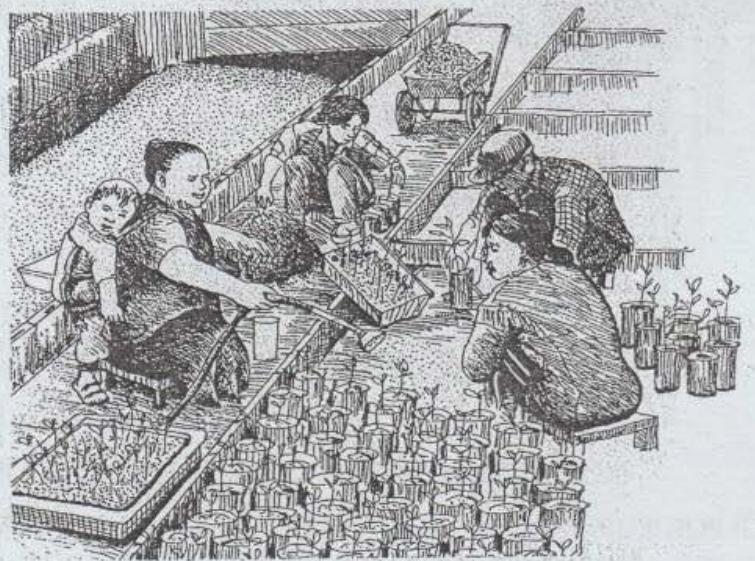


图1-9 社区苗圃



章)。

骨架树种最重要的特点是对传播种子的野生动物具有很大的吸引力和诱惑力。因此在树种植后要进行常规的检查，以便观察所种的树是花还是果，对哪些兽类动物、鸟类有吸引力。还开展了物种丰富度、地上植物组成以及鸟类和兽类群落情况的调查。根据FORRU的调查和研究，得到的一项重要成果是确定出可以用于快速恢复森林结构和功能以增强森林更新和生物多样性恢复的树种。

### FORRU 与当地社区一起工作吗？

FORRU 最终的试验研究工作是当地社区能否接受和使用项目开发的新技术以及成熟的技术。这些技术是在科学研究的基础上得到的，森林恢复还需要时间加以检验，同时也还需要有劳力和资金的投入。只有当地主管部门和当地社区了解认识了生态系统恢复的好处，并能调动当地人民群众和得到他们能够维持多年的积极性是森林恢复工作成功的关键。

在开展森林恢复各方面的调查工作中，FORRU与当地社区紧密合作，Ban Mae Sa Mai 是泰国北部Hmong山地民族中最大的一个社区。FORRU与当地社区村民合作，在村社上游地区建立了试验基地。有关FORRU在开展研究工作中是如何与Ban Mae Sa Mai 当地社区的需求进行结合的将在第八章中进行介绍。

FORRU 帮助指导村民建立和管理他们自己的苗圃，在Mae Sa河谷地带进行苗木生产，为森林恢复提供所需要树的苗木种，这些苗圃也可供FORRU作为试验基地，对新的繁殖技术进行研究。

通过与当地社区建立这种合作模式，FORRU已经获得了许多有利于实施森林恢

复项目的后勤保障。有关这方面的情况在第八章中进行了介绍。

此外，Ban Mae Sa Mai的苗圃和样地也为培训和教育提供了有价值的示范作用。随着项目经验的推广，不断地有来访者进行学习参观。由于来自于培训和教育方面的需求急速增加，应接不暇，因此为了提供更多的服务、实施综合性的培训教育项目，项目成立了新的分支机构。



图1-10 2001年，FORRU的试验样地获皇家林业部的奖励



## 第四节 热带林生物多样性恢复教育与培训

2002年，FORRU和英国的合作伙伴——“园艺研究国际”得到了英国达尔文基金资助，实施了3年期的“热带林生物多样性恢复教育与培训”项目。这就可以以一种全日制的教育小组形式在学校实施教育培训计划、开展技术研讨会和进行推广服务工作。本书也是该项目的成果之一。

该教育培训项目可以为所有致力于热带林生态系统恢复，对FORRU研究和与社区进行合作实践所取得的技术成果感兴趣的人员提供服务。本书是通过NGO、政府部门、学校教员和社区以及多次研讨会、多次讨论后得到完善的。

编制本书的目的是什么？

本书形式简单，容易理解，为所有致力于热带林生态系统恢复的组织提供森林恢复的基本原则和技术，特别是对泰国北部开展的骨架树种方法的探索，并对该地区确定的骨架树种进行了描述。但是，该书不仅供泰国从事森林恢复的组织部门所有，由FORRU研究得到的方法和成果也能够应用于其他的一些区域。

虽然市面上也出版了各类有关经济林业方面的书籍，但是这些书刊常常忽视了森林可以作为生物多样性的仓库并能够提供生态服务的作用和功能。本书的目的是补偿这种不足，中心主题是天然林生态系统的恢复，主要是为了生物多样性和环境的保护。但是在重视保护的同时也没有忽视森林资源的经济价值。许多工作也与社区需求结合，发展社区林业、混农林业等。第六章和七章中的介绍提倡更加有效的各种形式的树木养殖林业。第十章中介绍的许多骨架树种已经在混农林业和社区林业中得到应用。对于一些有所期望的树种，应该进一步进行调查研究以其作为人工林种植树种的潜力，甚至也可以研究这些树具有的商业价值。本书为把生物多样性保护纳入到管理计划提供了方法。

人们对森林破坏的普遍看法是由于人口增长和经济发展导致的恶果，我们根本不同意这种悲观的观点。应用更好的技术、知识，更好地理解森林的价值，采取更多的激励机制来鼓励森林恢复是可以使这样的现象得到逆转的。因此，我们希望通过本书对有关问题的介绍，能让我们对世界热带林持有更乐观的态度。



图1-11 FORRU的研究苗圃还可以作教室



## 第二章 森林类型识别

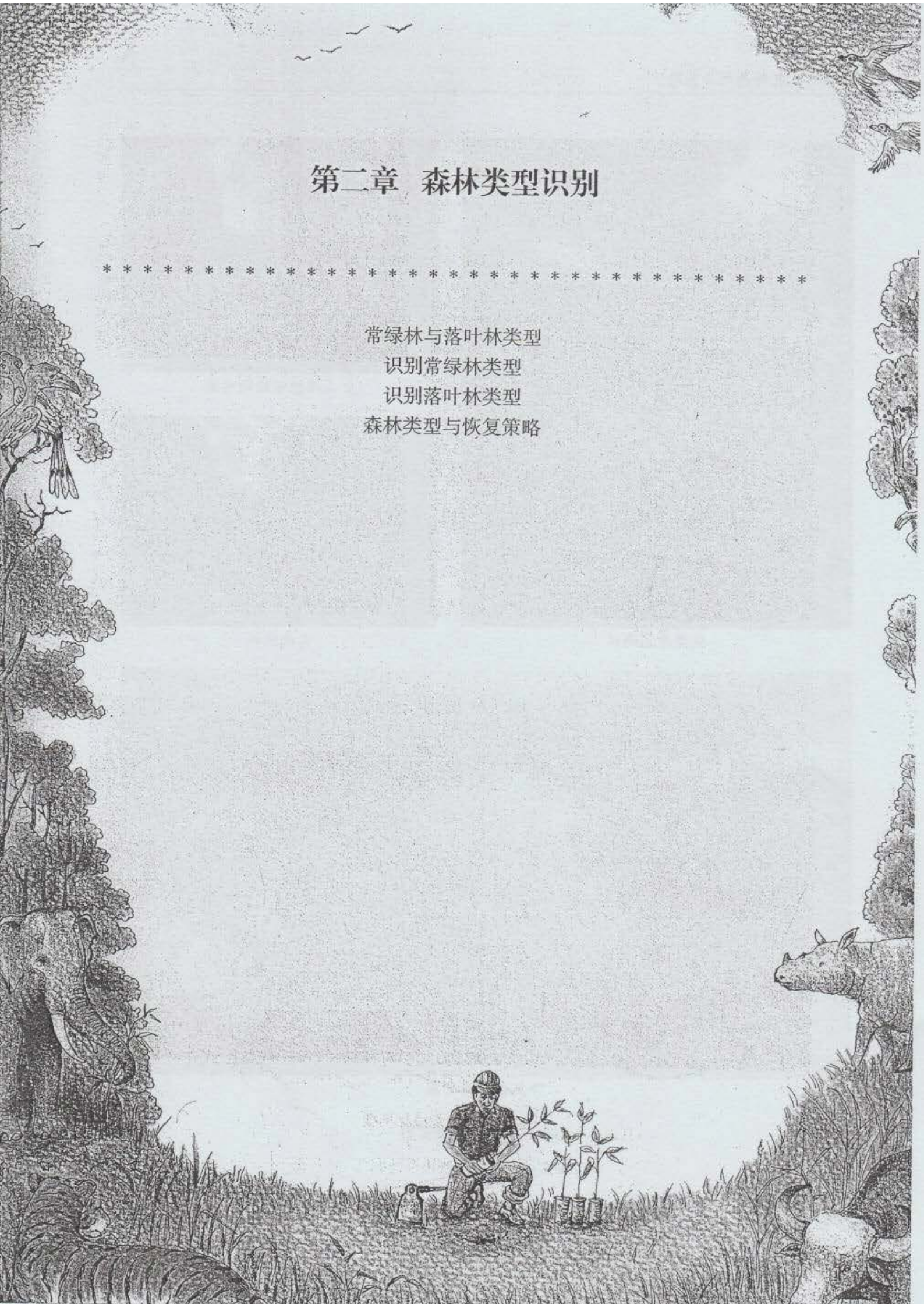
\*\*\*\*\*

常绿林与落叶林类型

识别常绿林类型

识别落叶林类型

森林类型与恢复策略







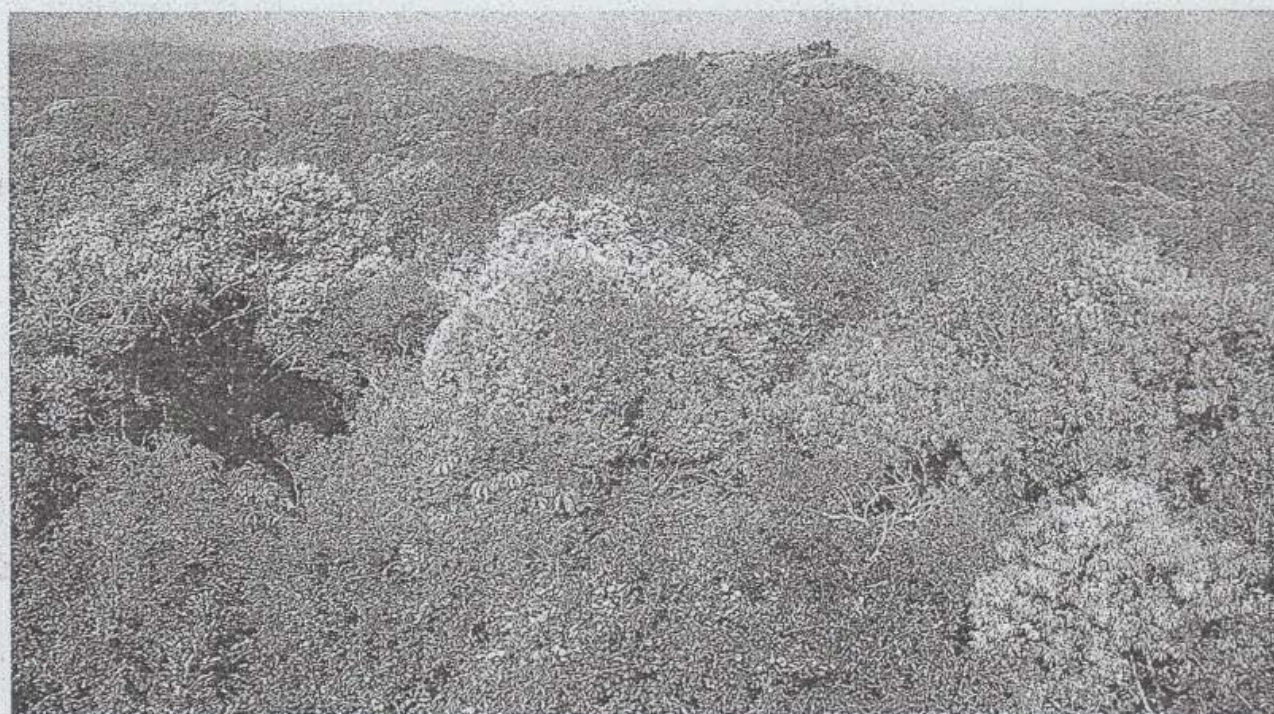
热带沟谷雨林



中山湿性常绿阔叶林



云南松林



季风常绿阔叶林

云南的部分常绿林类型



## 识别森林类型

大约在5000万年前，由于地球板块运动挤压喜马拉雅山脉，一些小山脉的尾部也形成了东南走向的旋涡。这一地质运动就使泰国北部形成了如此的地理特征：宽阔的山谷与陡峭的山脉交错，海拔从最低300m到泰国茵他依山脉的最高峰2565m，复杂的地形为泰国提供了优越的自然条件，因此北部地区就有各种森林类型，丰富的森林类型为野生动植物的栖息提供了场所并孕育了丰富的生物多样性。泰国北部的山脉是兽类（至少150种）和鸟类（383种）等野生动物的家园。根据清迈大学的记录，北部山脉中有3500种维管束植物，其中1120种为乔木树种。虽然周边森林类型也有许多常见种，但是都各具独特性，因此在制定森林恢复方法的计划时要进行考虑。

### 识别森林类型有何重要性？

为了使重建的森林生态系统能够尽可能地接近原始状态，采用了直接进行森林恢复和促进森林演替的方法。在森林生态系统恢复重建工作中，原生林类型就作为实施该项活动的一个目标。在制定森林恢复计划时，原生林类型的确定无疑就成为该项目工作的重点（图2-1）。要对苗圃树种进行测试，同时也要对哪些树种适合恢复地的种植进行试验。因此，在该项工作中，生物多样性的保护就是一个管理的重点，原生林类型也就具有十分重要的意义。

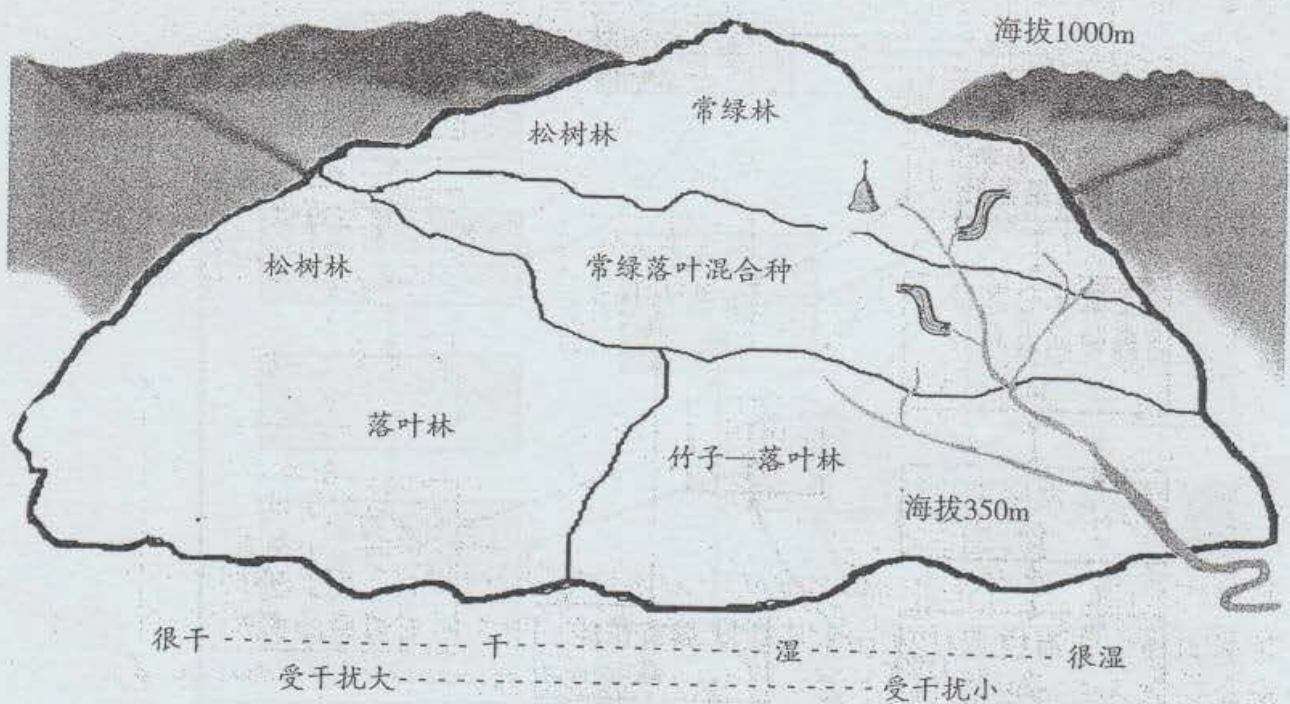


图2-1 泰国北部山地的主要森林类型分布



## 第一节 常绿林与落叶林类型

总体上泰国北部的森林大致可以分为常绿林和落叶林类型。影响这两类阔叶林分布的因素是土壤湿度。常绿林通常是分布于全年土壤湿度都比较大的地方，而落叶林是分布在一些旱季期间土壤干燥的地方。

在季节性干旱热带环境中，树木的叶片落下以保持在季节性干旱中能够存活。所有的植物都有内部的水分输送机制，可以把营养物质从根部输送到叶片。这个过程是从树叶内的细胞中将水分蒸发出来并通过叶片表面的气孔把水分扩散到大气中。当土壤中的水分湿度低于维持这个过程的水平时，树叶就会落下以防止过多水分的丧失以保持充足的水分来维持树木基本的新陈代谢，直到雨水为土壤重新补充了充裕的水分。

在泰国北部，土壤的水分含量是影响森林类型分布的主要因素，在较高的海拔（大约1000m）有常绿林分布，落叶林分布的海拔要低一些。降雨量随海拔高度的增高而增加。当暖空气（可以保持大量的水蒸气）穿过高山与冷空气相遇，由于冷空气中的水蒸气含量比暖空气中的少，过多的水蒸气就会凝结变成雨水（这在术语中称为降雨）。与此相反，气温是随着海拔的增高而下降（海拔上升每100m气温下降 $0.6^{\circ}\text{C}$ ），土壤中的水分含量也不断地丧失，植被蒸发量也不断下降。因此在海拔较高的地方，更多的水分进入到了土壤中，少量的被水蒸气带走了。在季风季节末期，由于土壤已经有了充足的水分能够保证树木在干旱季节所需的水分供给，因此树木也就不会出现落叶的现象（图2-2）。

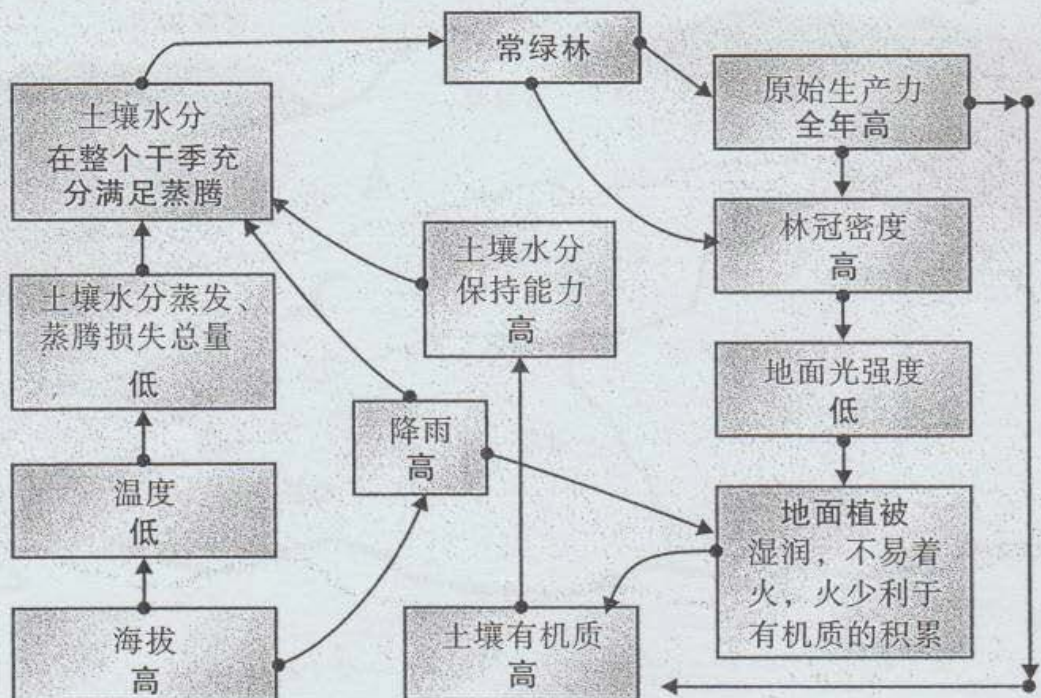


图2-2 常绿树林的特征



在人口密度较大的地区，如在泰国的北部地区，人为干扰是影响森林类型分布的主要因素。由于人口压力和人为干扰影响，改变了土壤的水湿状况。树木砍伐、用火和农田耕作使林冠变得稀疏，导致土壤无水并造成水土流失和植物生长下降。火烧掉了土壤中的有机质，因此也就影响土壤对有机质的吸收。由于有机质是决定土壤水分承载能力的最重要的因素，土壤中有机质含量的减少就造成土壤水分湿气承载能力的降低。由于环境条件的变化，土壤水分湿度降低也就为落叶树种的入侵开了路，原先是常绿林的地方也就成为了落叶林（图2-3）。因此，在一些退化地区常常也可以看到，在海拔较高的地区落叶林的分布比未受到干扰的地区要多。除此之外，还有一些其他的影响因素，如地理因素、坡度、坡向等，这些因素也会对森林类型的分布造成影响，但是这些因素都不如土壤湿度的影响大。

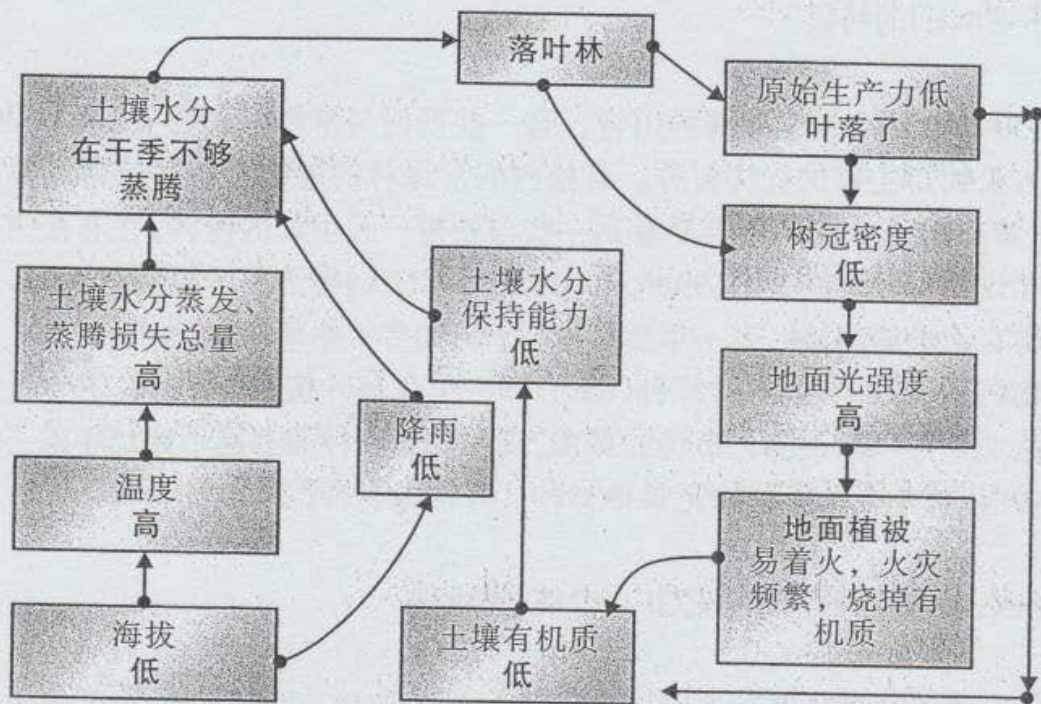


图2-3 落叶林的特征

## 第二节 识别常绿林类型

### 常绿林(EGF)的特征

混交常绿林的上部分+落叶林通常与常绿林(900~950m)低地合在一起,常绿林维管束植物容易辨认,常绿林的主要冠幅较高而且也比其他森林类型茂密,高度通常超过30m。突生树有时会有而且通常是在下层林,一些小树、灌木和木本攀缘植物也很常见。常绿林中附生植物的现象很普遍,尤其是在暴露的山坡和靠近山顶的



地方，同时也还有许多的维管束植物、苔藓植物和地衣等，几乎没有高大的竹子。地上的植被通常比较茂密，主要物种组成为小树、草本植物等，杂草只是在火烧迹地和受到干扰的地方出现有入侵的现象。发生火灾的现象也比落叶林少见，但是常绿林却没有落叶林耐火，尤其是地上的灌木和地被物一旦被烧后需要许多年才能恢复。

常绿林中的树种比其他的森林类型中的树种都要多，在250种记录中只有67种为落叶林(27%)。尽管在常绿林中没有一个优势树种和优势属，但是有几个科却是该森林类型中的代表树种，如樟科(*Lauraceae*)、壳斗科(*Fagaceae*)、茶科(*Theaceae*)、木兰科(*Magnoliaceae*)等。

### 松树林(EGF-PINE)的特征

在海拔950~1800m火烧或暴露的山脊，有一些松树与常绿林树种生长在一起，而且在有些地方松树是主要的优势树种。有松树的常绿林的冠幅要比一般常绿林的冠幅稀疏。在土壤pH值低的地方很容易看到一些与松树一起生长的树种。在有松树的常绿林(EGF-PINE)中记录的树种有99种，其中只有27(27%)种为落叶树种。

地被植物有记录的263种，有一年生草本(32%)和多年生草本(68%)。

附生植物(记录种86种)，有常绿种(68%)和一年生落叶植物(32%)。附生兰科植物已经被广泛地采集以满足园艺市场的需求，现在数量和种类都远不如25年前了。

在EGF-PINE林中有藤蔓植物记录种35种，有常绿物种也有落叶物种。

### 恢复常绿林(EGF)和常绿林松树(EGF-PINE)的挑战

因为EGF支撑的树种比其他森林类型多，种树时应该要尽可能包括更多的树种并结合实际“启动”生物多样性恢复。大量的常绿林树有很大的种子并通过一些大型动物如犀牛、大象、野牛等进行传播。但在泰国北部，多数这类的大型动物都已经消亡或者即使有的话也仅仅是小而孤立的种群。因此，在被种植的树种中那些包括有大型肉果的树种能有助于保存如此的树种，这些树种现在靠天然传播的机会已经是非常有限了。

种植后常绿林中的落叶树种通常是加速生物多样性恢复最好的骨架树种(如：*Acrocarpus fraxiifolius*, *Erythrina subumbrans*, *Gmelina arborea dulcis*, *Melia toosendan*, *Spondias axillaris*)。落叶树种的落叶习性使得他们可以抵御种植后的第一个干热季节的干旱和胁迫，因此这些树种的成活率就很高。

常绿林地中的土壤比落叶林土壤更富有营养，因此在种植后只需要少量施肥。根据对照，杂草生长比较迅速，因此在常绿林中种植后就需要比落叶林中除草多，也就增加了劳动力成本。在海拔较高的常绿林如在泉水线以上一带进行种植的话，



浇水很困难，因为带水箱进入海拔高的种植地很难，因此种植最好在雨季进行。

为了恢复EGF松林，种植点的中骨架树种还应该包括向橡树和栗树一类的树种，因为这些树种具有该森林类型的特点。由于EGF松林是处于火的下风位，因此就必须特别重视防火。

### 第三节 识别落叶林类型

泰国北部常绿林几乎是一致的，但落叶林至少可以分为3类，由于篇幅有限，在此不做详细介绍，有关几种落叶林类型的介绍请参看由Maxwell和Elliot (2001) 撰写的材料。

本节的描述主要是侧重于树种的生态特征和少量的树木名称清单——首先介绍柚木林，其他的一些还需要修编。

#### 常绿-落叶混交林(MXF)的特征

在海拔800~1000m为常绿-落叶混交林(MXF)的分布区域，常绿-落叶混交林是常绿和落叶林类型之间的过渡林类型，但是在这种森林类型中却有许多在其他森林类型中没有的物种。在这种森林类型中，高大乔木树种很丰富，每公顷中约有90多株胸径为10cm或更大的乔木树。总体而言，树冠高在20~30m不等，但是超过30m的树是很常见的。尽管没有常绿林茂密，但是树冠都是很完整的。附生植物也很常见，也有竹类生长，但是没有竹类-落叶林中多。通常在这种森林类型中，草本层植物和幼树特别多，在火烧迹地偶尔也有草类占主导的现象。

在常绿-落叶混交林中有记录的树种为217种，其中43%为落叶树种。常绿-落叶林混交和竹类-落叶林之间的植物区系极其相似。在38种树种中，前面一些都是比较常见和丰富的，21种(55%)是具有共性的。识别常绿林最容易的方法是树木高大、常绿、落叶，树干呈灰色、叶小、稀疏、树冠大等。

地被植物区系多样而且还有一年生、多年生、落叶和常绿的种类。在常绿-落叶混交林(MXF)森林类型中有278中草本植物，25%为一年生的，常绿草本植物物种也非常普遍。

#### 竹类-落叶林(BB-DF)的特征

19世纪末期以前，泰国北部的大部分低海拔地区都被茂密的森林覆盖，主要为柚木树(*Tectona grandis* L.f. (Verbeceae))从河谷地带到海拔900 m的区域。但是由于该树是具有较高经济价值的用材树种，因此受到大量的采伐和国际贸易，首先是外



国的采伐，后来是泰国本国的采伐，从此就改变了这些森林类型的特征。或许现在还能在Mae Yom 和Mae Wong 国家公园中找到残余最好的柚木林，但是无论是在什么地方，野生的柚木树都是很稀少了，而且曾经是柚木树为优势树种的地方如今已被其他的树种入侵了，尤其是竹林。由于竹类-落叶林(BB-DF)是退化柚木林的一种形式，因此在这些地方多数森林的树种组成都是一样的。

认识了解这些森林类型，寻找一些生长在海拔300~900m沃土上的高大树木。在旱季林冠冠幅稀疏，因为多数的树木都落叶。残留的柚木树就可以作为指示物种，柚木树高大、叶圆形、树皮为浅棕色并有密直的纹理，很容易辨认。在下层林中，通常以茂密的竹林为主，这也是该森林类型具有的一个显著特征。通常都有茂密的灌木丛林，丰富的木本攀缘植物以及附生在大树上的兰科植物和蕨类植物较为常见。地被植物主要是一些草本植物和杂草，尤其是在被火烧过的地方。

在这类森林类型中，主要的大冠幅树种长到20~30m高，这样的森林树种至少有180种，占落叶树种的70%，但是却没有一种是优势树种，唯有柚木树。常见种约30多种，其中也包括了一些具有明显特征的有商业价值的树种在内，如木荚豆、黑黄檀、大果紫檀、缅茄、紫薇、柯子、久树等。

木本攀缘植物通常都很大，是这一类森林的特征，在55种有木本攀缘植物中，65%的种类是落叶的。典型种有鸡血藤属的*Millettia cinerea* Bth. 和 *M. extensa* (Bth.), ex Bak(蝶形花科)，风车藤属的*Combretum latifolium* Bl. (使君子科)和 *Congea tomentosa* Roxb. var. *tomentosa* (马鞭草科)。有30种灌木，其中63%落叶灌木。灌木主要以竹子和落叶树种为代表。

竹类-落叶林支撑着38种附生植物，多数是多年生植物，并且有58%的种类是常绿的。这些附生植物大约可以分为3类：桑科植物(许多是以附生保持生命)、兰科植物(兰花)和蕨类植物。有些还附生在岩石上和生长在溪流边。

在旱季(11月至次年4月)地上几乎是光的，首先出现的草本植物为姜科植物、兰科植物和天南星科植物，所有的这些物种都在叶子长出前开花。在5月的第一次雨季中，就会出现更多的物种和花。大约7月份，许多的草本植物都成熟了，包括一些蕨类。8月份，地上就长满了多种在旱季死去后又在原地长出的草本植物。

有些长在竹类-落叶林中的草对森林的恢复是个严重的问题，因为这些草都非常持久，在这样的森林中，人为放火进行地上植被清除，采集蘑菇和打猎也是很普遍的现象。在竹类-落叶林的森林类型中共计有316种草本植物，其中294种为地被草本植物，65%为多年生草本。

总之，竹类是一种巨大的草，就像多数的草一样，是一种极具攻击性的竞争者。



### 羯布罗香-栎类落叶林(DOF)的特征

在干旱或退化地区,从低地到海拔为800~900m的地方,落叶栎类林取代了竹类-落叶林。次生林为火烧迹地林与竹类-落叶林交汇在一起,但是从来不会被常绿-落叶林混交所取代,这些也是在泰国经过试验后得到证明的。

在DOF林中,多数树种是有记录的(82%),完全是落叶树种,在旱季落叶雨季又重新长出,而且这些树也比较矮小(很少超过20m),这就为地上的草类生长提供了条件。在这种森林类型中,木本攀缘植物很罕见,灌木层也是一些很普通的树种,几乎没有竹类。只有100种树种,其中24种都是很普通的,羯布罗香-栎类林中的树种比起其他森林类型中的树种要少得多。一些矮小,抗火的树种是识别这种森林类型的指示物种。

## 第四节 森林类型与恢复策略

### 如何确定原生林类型?

对原生林的判定可以把当地人的传统知识和科学知识结合起来,可以到当地向一些老者请教,请他们回忆,他们能否还记起这些退化地或现在需要进行恢复的地带过去有些什么样的原生树种生长,请他们作为向导带你到现场进行查看,以找到一些残余树和树桩。收集树叶和花的标本请植物学家进行鉴定。在地形图上进行标注,在靠近需要恢复的地带有些什么样的原生林,收集标本并进行鉴定。

通过访谈当地老百姓查找已经鉴定出来的树种或进行野外现场调查,并查阅相关文献资料以便更好地了解这些地带通常是属于哪一类的森林类型。在泰国泰帖普山国家公园的数据库中有许多有关植物与生境情况的描述,可以提供有关森林类型和泰国海拔低于1700m的泰国北部山区的情况介绍,并附有树种名录。针对其他地区的类似的出版物和信息是必需的,一旦对要恢复地的森林类型的乡土树种进行评估后,下一步就是要确定出要用于森林恢复的骨架树种。

### 在进行恢复过程中是否需要进行优先森林类型的考虑?

由于森林恢复是保护生物多样性的初始工具,因此在进行森林恢复时,就应该对那些生物多样性高的森林类型和能够支撑珍稀濒危物种生存的森林类型予以优先考虑。根据图2-4中的分析,可以明确常绿林具有很高的保护价值,在进行恢复时,无论是物种的丰富度和珍稀濒危物种以及生境都应该给予最优先的考虑。此



外，常绿林是属于相对稀少的森林类型，特别是在海拔较高的地区。因此对生物多样性的影响，恢复常绿林应该给予优先的考虑。

但是也不能忽视了其他的森林类型，混交林也是一种稀有的生境，也能够支撑丰富的生物多样性。通常这种森林类型是在一些狭长的生物走廊带，尤其是在中海拔地区，由于旅游开发和基础设施建设使其受到了很大的影响。大坝建设、民房修建、旅游度假区和高尔夫球场这些活动都需要水和路，因此这些建筑都是依着水畔、河谷建盖的。由于受到巨大的干扰和影响，混交林也是从景观中消失得很快的一种森林类型。

虽然落叶林支撑的生物多样性较少，但是这种林型具有很高的独特性，有28%的植物物种不能生长在其他的森林中，却可以在该森林类型中生长。在低海拔地区，有许多的人居住，因此这种森林类型受到了牲畜、火、薪材采集等干扰。即使这种森林类型的物种比其他森林类型的物种少，也是值得恢复的。

有930种树种，根据物种丰富度来看常绿林是最有价值的森林类型。落叶阔叶林和混交林也具有很高的多样性生境，分别有740种和755种是类似的。受到干扰的

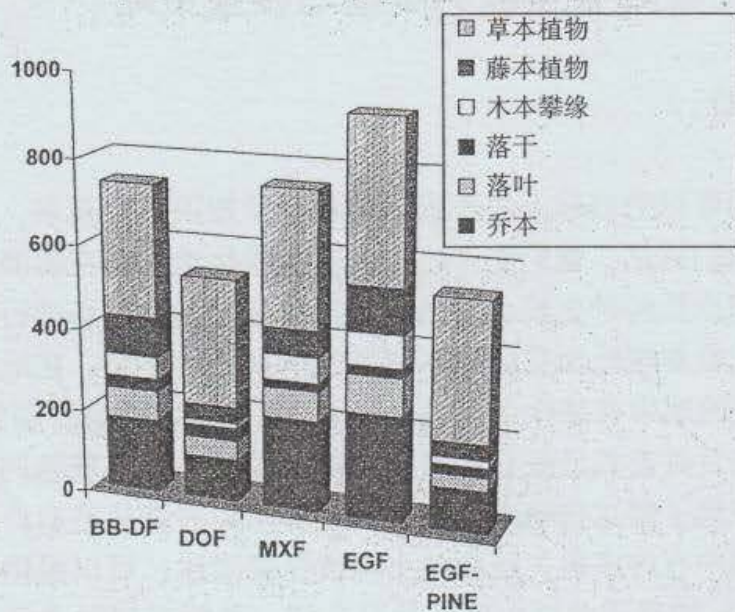


图2-4 森林类型与生物多样性

退化地带的生境，总体上植物物种都比较少，落叶林和常绿林-松树分别仅有533种，540种植物物种。

常绿林中有更多的维管束植物物种，相反混交林中的物种较少。数据也表明落叶林是这些森林类型中最容易区分的林型，有28%以上的物种是在山上。常绿林具有较高的保护价值，因为在这种森林类型中有许多的珍稀濒危物种或受到威胁的物种。



## 恢复每一种森林类型是否会涉及一些独特的问题？

虽然森林恢复的总体原则在本书中介绍的是适用于所有森林类型的，但是每种森林类型都是有差异的。

柚木（常绿-落叶混交林）——极具攻击性的竞争者竹类必须要剔除。柚木幼苗很容易得到，在苗圃中现在已经有属于半驯化的。在常绿阔叶林中大多数硬木生长很慢，林冠郁闭需要一段时间，因此为杂草生长提供了条件。

落叶林——易引起火灾；人为影响大。使用林地覆盖物和聚合体。

混交林——主要在陡坡；竹类是这种森林类型中的问题。

常绿林——物种多样性高，要求终止的树种要多、不耐火。

表2-1 各森林类型中维管束植物和珍稀濒危物种的数量

森林类型	各森林类型的物种数量 (生境物种丰富度%)	珍稀濒危物种数量 (生境物种丰富度%)
常绿林 (EGF)	230 (25%)	314 (34%)
常绿-松树 (EGF-PIN)	120 (22%)	141 (26%)
常绿-落叶混交林 (MXF)	58 (8%)	147 (19%)
竹子-落叶林 (BB-DF)	141 (19%)	153 (21%)
落叶林 (DOF)	150 (28%)	121 (23%)



### 第三章 理解森林更新——向自然学习

\*\*\*\*\*

森林演替的理论  
更新的来源  
种子传播的重要性  
种子掠夺  
萌芽  
幼苗生长  
火生态  
幸存树

生态教育的处罚之一是让人生活在一个伤痕累累的世界。

——奥尔多·莱普尔德







森林更新的过程

在完整森林里，树木倒下后，演替过程迅速发生，附近的：结实的树A，提供密集的种子雨B，为森林周围传播种子的动物C提供栖息地，受损的树D和伐桩E重新萌发，幼苗F和幼树G，以前被密集树冠抑制的现在迅速生长。土壤种子库中的种子发芽H。在人类造成的大面积采伐地，森林恢复的这些自然机制，大部分已被破坏。



有些人持有的观点：退化林地应该让其自然恢复，没有必要进行人工干预以促进恢复。持有这样观点的人往往是对大面积退化林地的情况缺乏了解。

## 人类不仅毁坏了森林， 还毁坏了森林更新的自然机制

由于大量可以进行种子传播的动物受到猎杀，要让复杂的森林通过自然的方式进行自然恢复几乎是不可能的；甚至有时还有野火的发生，烧掉了那些原本是可以用来进行更新的幼苗。因此，在这样的情况下，只有采取人工促进森林更新予以恢复。在热带林中，大面积退化地都有一些优势的草本，还有频繁的林火。森林更新并不是企图更改大面积退化林地的“非自然”情况。森林恢复的成功与否取决于对森林更新自然机制的了解，并制定出可行的方法。因此在这部分，我们将对季节性干旱地区的热带林生态系统的天然更新作一个总体的介绍，经验主要是根据FORRU在泰国北部泰贴普国家公园开展研究的结果。

### 第一节 森林演替的理论

生态学家把森林更新视为一个特别的“演替”的例子——一系列可预测的生态系统结构和组成随时间的变化，如果演替正常的话，那么最终就可以得到稳定的生态系统、称为“顶级”生态系统。顶级生态系统对于任何一个特定的地方而言，都取决于土壤类型和气候条件。

在东南亚，年降雨量超过1000mm的地区，顶级生态系统是一些原始林类型。干扰原始森林的行为，如砍伐、用火等都会导致生态系统的变化，临时性生态系统是演替的一个阶段。一旦受到干扰，由于植物和动物与周围环境之间的相互作用导致物种组成发生变化。灌木遮挡了草本植物的阳光，树木遮挡了灌木的光线，先锋树种最终被一些耐阴树种遮住了光线。

这样，一些退化的草地变成了森林，而且越来越茂密，结构也越来越复杂，物种也越多，演替过程中也需要复杂的条件。

先锋树种和顶级树种的区别是什么？

树种可以分为两大类，这取决于他们在演替过程中出现的先后顺序。先锋树种是首先占据退化地的，经过许多年的演替，它们逐渐被其他树种所取代，称为顶级



树种。

先锋树种和顶级树种的主要区别是先锋树种的种子只有在阳光充足的地方才能够发芽，而且幼苗在阴暗的地方也不能生长，而顶级树种的种子在阴暗的地方也能发芽，而且幼苗也能耐阴。

先锋树种在幼林时会有许多小的、风传媒的种子，这些种子传播距离也很远，在萌芽以前可以在土壤中休眠，生长迅速，但是一旦林中树冠郁闭，就没有先锋树种的幼苗能够生长至成熟。

顶级树种生长了许多年后，在开花和结实以前不断在森林生态系统中巩固其地位。这些树种的果实大、动物传播、非休眠种子，能为动物提供大量的食物源，幼苗可以在阴暗的地方慢慢生长。因此顶级树种可以在阴暗的地方进行更新，这也就为顶级森林提供了相对稳定的物种组成。

在实际中，先锋树种和顶级树种之间的区别并不太大，有些树种还具有先锋树种和顶级树种的两性特征。例如，红木荷(*Schima wallicbii*)是一种风力传播种子的常绿树种，在海拔950~1400m的地区，这种树便占据了丢荒的农田，而且在没有受到干扰的常绿林中也很常见。还有许多顶级树种生长性状很像先锋树种，当把他们种植在干旱、热和阳光条件好的退化地上时也能生长，但是由于缺乏种子传播媒介，他们通常需要大型动物进行种子传播。

这就意味着植树不一定要局限于先锋树种，但是要进行认真的筛选，顶级树种可以同时与先锋树种种在一起以缩短演替时间和营建一个比天然更新更快的原始林。

### 为什么森林不能重返自然状态?

如果自然有回天之力，那么为什么还有必要进行森林恢复呢？当一棵死树倒在地上后，在林中的树冠中就出现了一个窟窿——林窗。在几十年中的第一次，林地被阳光沐浴，同时也就有许多的树苗互相争夺以弥补林中的空缺地。只有生长速度快的树才能够成为赢家，其他的所有树都会成为竞争的牺牲品。在几年的时间里，死掉的树将会被一些真菌吞噬，吸取营养并将其分解并把营养物质返回土壤中。在这些地方，另一棵树又长出来了，也许需要上百年或更长的时间，直到有一天遇到了狂风暴雨的摧残又被打入了地狱，然后又周而复始地像他们的祖先一样地循环。

在退化林面积小的热带林内，树木自我更新的进程会更有效。相反，在退化林面积大的地方，森林更新很慢甚至还不可能实现。

大面积退化林地可能是由于自然灾害等原因导致的，如火山喷发或飓风，但是发生这样的情况是很少的。当今，大面积的退化现象是由于人为活动导致的，如采伐、刀耕火种、基础设施建设。哪里人为活动频繁，天然演替就难，同时也就导致了持久的预顶级生态系统。在这种情况下，演替的自然机制就难以实现原生生态系



统的恢复。

退化周期打乱了树木的生长，而且在这些退化地带种子也是非常有限的，因此只有通过人工种植树木才能恢复。

在大面积退化林地区，是什么因素影响了森林更新？

在大面积、空旷稀疏的退化林地带，在采伐或耕种后，森林树木的营建要取决于种子的传播情况，种子落地后还要在条件适合的地方才能发芽，而且还要躲避不受到动物啃食，这些动物被称为种子的天敌。在种子萌芽后，幼苗还必须在与杂草竞争的过程中取胜，争夺阳光和土壤、湿度和营养，而且成长中的树木还不能受到野火的侵袭或被牲畜吃掉。

因此，影响或限制森林更新的因素是：

- 缺乏种源；
- 缺乏种子传播媒介；
- 好种子掠夺；
- 不适宜种子萌芽和幼苗生长的土壤和小气候条件；
- 被杂草侵扰；
- 火；
- 被家畜干扰。

## 第二节 更新的来源

所有的树木都是从种子开始才有了生命的，因此森林演替最终取决于附近树木的结实情况。在大面积退化地带，有些树种是以一些为数甚少的、零星的、孤立的单株树木为代表的，这些树可能是在人们采伐时逃脱了斧头、锯子或是一些残余树木结出的种子而生长的。种源的距离对森林恢复和树木种类多样性的影响是至关重要的。结实的树木不仅提供了森林恢复的种子，而且也对一些鸟类、种子传播动物具有吸引力。因此对退化林地中结实树木的保护将会对森林的天然更新有极大的促进作用。

森林中的树木何时结实？

在热带林中，不同物种、不同地点、年复一年结实的差异很大。多数树种一年结实一次，但有些树种一年结实两次，还有一些如棕榈，在死之前会结很多果（叫做“结一次果”的结实模式）。另一种结实模式普遍存在于栎类坚果和龙脑香科植物，叫做“种子年”，每隔8年整个种群大量地同时结实。



各种树木的开花和结实时间都不同，但是在群落一级，季节性的结实周期和种子传播是明显的，尤其是季节性干旱热带林中，对这些季节性周期的研究称为森林物候。

在泰国泰贴普国家公园，风传媒的树种多数是在旱季发育果实和种子，少量的树种是在雨季结实。种子在4月份旱季时达到顶峰，43%的风媒树种种子就散落了，这并不奇怪，因为这段时间是季风风暴出现前风力最强的时候 (Elliott al.1994)。相反，动物传媒的树种在雨季期间果实逐渐增加，到雨季末果实达到顶峰(图3-1)。

结果的树种数

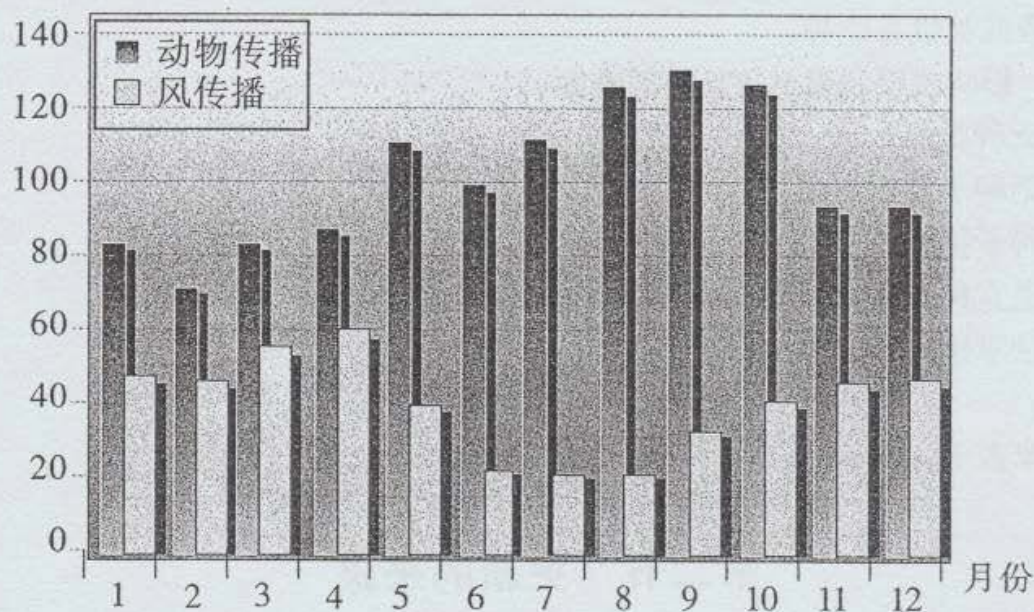


图3-1 结果树种按月份分布图

(动物传播的283种，风传播的136种，来源：清迈大学植物标本数据库)

### 什么是土壤种子库?

土壤种子库通常是指土壤中有繁殖力的种子的保有量，通常是通过土壤取样(深度)，把土放于萌芽容器中，浇水然后数出先后发芽种子的数量，采用每立方米种子的数量表示。研究森林更新，土壤种子库可以把种子大体分为来自原生林的种子和从其他地方被传播到退化地的种子。

砍伐后被长期反复干扰的地方，原生林的种子不可能在更新中起主要作用。虽然有少量的种子可以存活在土壤中休眠2~3年，但是热带林树种中大量的种子在几周或几个月后就会失去生命力。

在泰国北部FORRU对262种种子植物进行了苗圃测试研究，结果表明只有5.3%的种子最长休眠期是1年左右(图3-2)。



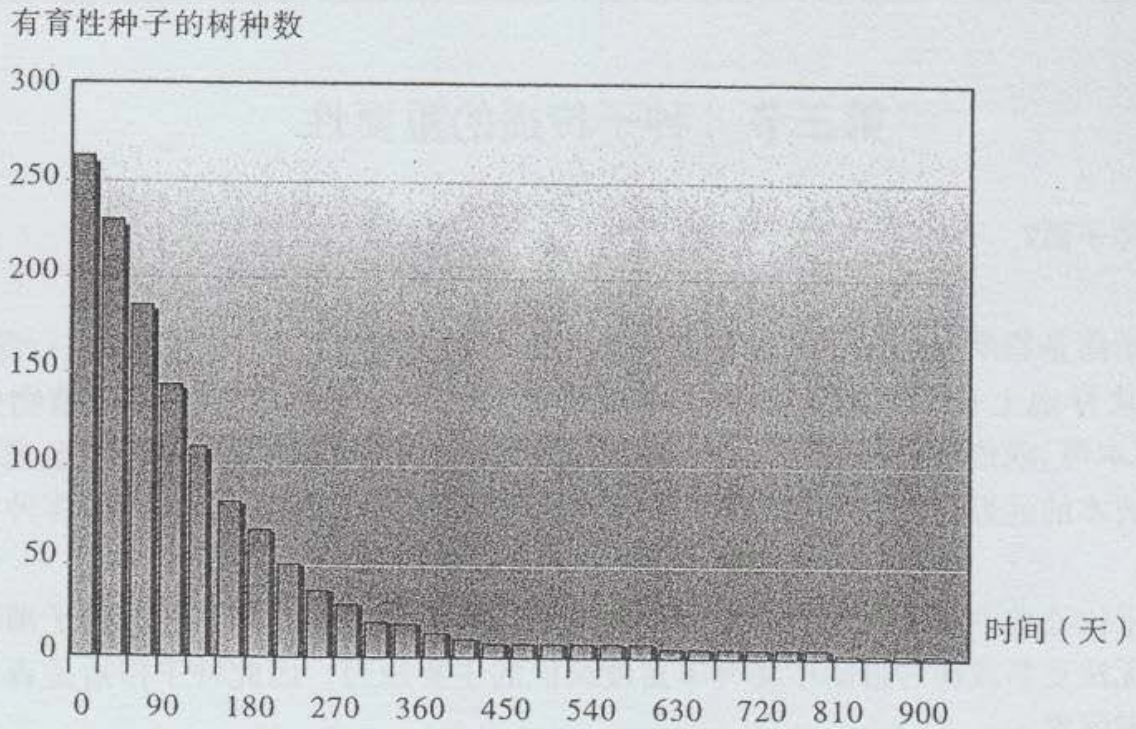


图3-2 土壤种子库种子存活数随时间的变化

森林破坏后，原森林树种数随时间呈指数下降，用土壤种子可育性种子表示

许多退化地区的土壤种子库是由从临近森林中传播来的有生命力的种子组成的，因此从临近森林传播到退化地的种子对于森林的更新具有非常重要的意义。

除了种子外是否还有其他森林更新的来源？

有些树在原生树被砍伐后还会从其根部和伐桩上重新长出新枝来 (Hardwick et al., 2000)。在伐桩根茎周围的休眠芽会逐渐萌发，常常会有几株新梢长出，这就是萌生。无论是顶级树种还是先锋树种都会以这样的方式重新长出 (de Rouw, 1993)。萌生的树桩比幼苗耐火。因为有营养物质储存在根部，他们可以不断地迅速的长出来，这样的更新可以极大地促进树木的重建。保护树桩可以为森林的更新提供开端，如果毁坏了他们也就延缓了森林的更新。

各种树种的萌发力都有很大的差异 (Miller & Kauffman 1998)，而且目前还没有找到可以预测哪些树种可以萌发、哪些不能萌发的方法。大的树桩会有更多的新梢萌发。高树桩不容易在火中丧生而且与杂草竞争的能力也比小树桩强。

在采伐迹地上，从树木伐桩上萌发进行更新的原生林生态系统中，原生树种只占了很小的比例，虽然这样的树可以加速森林结构的恢复，但是种子传播对于丰富原始林森林树种是至关重要的。



### 第三节 种子传播的重要性

#### 什么是种子雨?

种子雨是指所有的种子掉落到某一地块上,通常可以采用一些器皿进行测量,在一小块样地上每月每平方米所获得的种子量,可以通过植物物种、植物生境(树、草本等)或传播机制进行划分。在采伐迹地上的种子雨的密度和物种组成取决于结实树木的远近程度和传播机制的有效性。种子雨是最密集的而且含有多种树种的种子。

在采伐迹地中多数幼苗是通过风、动物和鸟类传播的种子繁殖的。种子雨耗尽森林无法更新或树种群落中物种丰富度高低的主要原因,因此种子传播是森林恢复的关键元素。

#### 风对种子传播的重要性?

在泰国北部的森林中,树木的种子通过动物传播比风传播普遍。在泰普帖国家公园有记录的475种树种,只有29%是属于风传媒的。在落叶龙脑-栎类林中,44%的树种(大约单株树的62%)是依靠风进行传播的。相反,在常绿林中,只有21%(单株的11%)是风传播的。

靠风进行传播的种子通常比较小而轻、而且还有翅膀,在降落时比较慢,在落到地面之前还会漂移一段距离。因此风传播的种子通常会主宰采伐迹地,如果条件适宜,那么这些物种就会自然生长,也就没有必要把这些树种纳入到人工造林植树的工程中。

#### 哪些动物是种子的传播者?

许多树的种子是靠动物进行传播的,有些种子附着在动物毛发上或羽毛上就随动物的迁移而运输到其他的地方。比较普遍的情况是,动物吃食果实和吞食种子会把它搬到离母树很远的地方。动物传媒的种子,其果实通常颜色都比较明亮,能够吸引动物,而且是果肉多的。

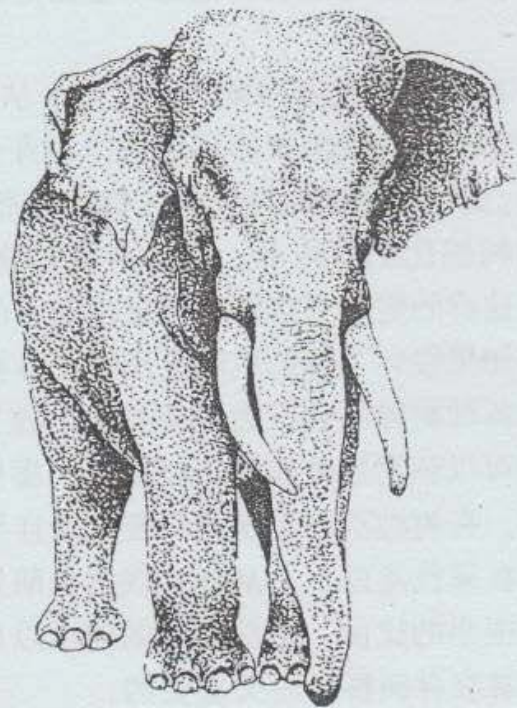


图3-3 大象传播种子

大象可以把种子从森林传播到采伐迹地



从森林传播到采伐迹地的种子取决于动物在两个生境之间来回游动的情况。不幸的是只有极少的动物会在一些疏林地中冒险，敢与他们的天敌作对。与风传播的种子相比，通过动物传播的种子，除了鸟和蝙蝠传播的种子外，效果都不好，只有很少的动物在吃食地和排泄地之间跑很远的距离。此外，许多种子在动物吃食时被牙齿咬碎或被消化液毁坏。

动物传播的种子大小取决于动物的嘴巴大小。小动物还比较常见，而大动物主要是吞食大种子而且很大一部分都被消化了，这类动物已被大量猎杀。因此，小种子更容易被动物传播到采伐迹地。

在过去，大型食草动物毫无疑问是种子的重要传播者，如大象、犀牛和野牛常常在森林中吃食果实然后在夜晚又游回到一些疏林地。由于这些动物的嘴巴都比较大，游动的距离也远，它们能够吞食很大的种子，并能把种子搬运到很远的地方。

鸟类和蝙蝠都能够飞翔，因而能把种子传播到很远的地方，在这些鸟中，夜莺是特别重要的鸟类。在常绿林中，这种鸟是很普通的、常见的，而且也常常光顾离天然林几千米远的采伐迹地。它们传播种子的植物物种很广，大到直径14mm，传播距离很远，因为它们把种子留在消化道中的时间长达41分钟。其他的普通鸟类可能会以种子雨的方式进行传播，如鹌鹑、松鸦、麻雀等。这些鸟有许多是吃食昆虫的，果实也是他们食物的一部分，在靠近未受到破坏的森林，绿鸽子、犀鸟是栖息在海拔较高的地方，斑尾林鸽(wood pigeons)在种子传播中起到很大的作用。

蝙蝠也是重要的种子传播者，他们飞行的距离很远，且在飞的过程中，种子就会洒落到地上。但是蝙蝠和其他的鸟不一样，蝙蝠视觉功能差，不能用双目识别方向。对蝙蝠在森林更新中所起到的作用开展了一些小型研究，结果表明：蝙蝠对于促进森林更新是很重要的。

不会飞的兽类在森林和退化林地之间进行种子的传播常见的是野猪、鹿、狸猫和刺猬等，但又是由于这些动物都是在夜间活动，因此有关这些动物传播种子能力的信息非常少。

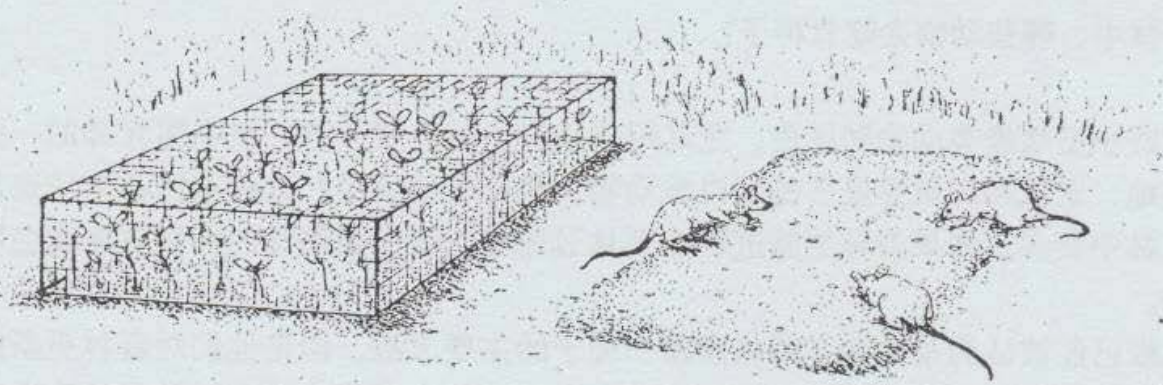


图3-4 对比试验证明老鼠对种子存活的影响

在泰国北部的砍伐地，鼠是主要的种子掠夺者，对比试验测定它们对种子存活的影响



## 种子能够被传播多远？

多数种子掉落到地上都会离母树有几米远。单株树的“种子影”的密度随与母树的距离而急剧下降。但是根据研究，大约10%的种子可以传播到1~10km不等的距离。对这样长距离的种子雨的组成还不清楚，因为很难进行测量。但这是设计森林恢复项目时需要重点考虑的，特别是考虑从完整的森林到森林恢复地的距离以及这将如何影响恢复的树种丰富度。这对于地处一些孤岛状、与外界隔离的地带的森林更新是非常关键的。

## 第四节 种子掠夺

如果存留在采伐迹地的种子要萌芽，就必须避免被动物吃掉。一株树在有生之年会产生大量的种子，如果是为了自我更替，它只需要一粒种子，只要这粒种子最终能长成一棵可以再生产的树。需要这么多的种子是因为多数种子要么掉落在不适宜发芽的环境里，要么被动物毁坏。因为许多种子含有丰富的油脂和碳水化合物，结果经常是变成动物的一顿美餐。虽然有些种子可以通过动物的消化道，但很多被动物的牙齿咬碎并消化。

### 什么是种子掠夺？

种子掠夺是指动物吃食种子时对种子发芽潜力造成的破坏。它可以发生在种子附着在母树上的时候(传播前掠夺)，不过，种子的天敌对森林更新有更大的影响，动物在侵袭种子时已经把种子传播到了采伐迹地中(传播后掠夺)。

### 在更新林中，哪些动物会吃食种子？

一些小型啮齿类动物和昆虫，尤其蚂蚁是种子的主要天敌。在泰国北部的一些采伐迹地，老鼠和田鼠是最多的啮齿类动物，是种子的天敌，这些动物在采伐迹地中比森林中要多。如果森林更新进程达到林冠郁闭，啮齿类动物的种群数量就会明显下降。

蚂蚁已经被认为是中美和南美国家中种子的主要天敌，但是他们对森林更新的潜在影响在亚洲才被刚刚认识到。在亚洲，有关蚂蚁在采伐迹地中对种子的取食生境还需要做进一步的研究。



## 在采伐迹地中，种子掠夺的程度如何？

在热带，有90%以上的树种被动物损害，而被真菌感染损坏的种子超过了50%。种子掠夺对树种的分布和多度有很大的影响，种子为了抵御动物的侵害也在不断地被迫进化或产生一些具有毒素的物质。

种子掠夺的情况非常严重，而且是难以预料到的，从0到100%，这还取决于树种、植被、地点和季节等。总体而言，种子掠夺在采伐迹地中是极其严重的现象，并对多数树种的种子成活产生了巨大的影响。

## 如何确定种子掠夺的敏感性？

根据生态学理论，任何一个树种的种子掠夺敏感性主要取决于种子的食物价值，动物均喜欢吃对它们来说是富含营养物质的种子，而且不需要太费劲就能找到的食物。种子大小对掠夺的脆弱性影响是很大的，大的种子可以为动物提供更多的食物，动物也很容易发现和找到，因为大的果实比小的容易看见，但是对于小型啮齿动物就很难处理这些大的种子了。相反，小种子的食物价值低。根据研究测试表明，小种子(<0.01g)的掠夺率几乎为0；50%~91%为中等大小的种子(0.01~0.2g；其他的搬运率小于1%)，63%~100%为大型种子(0.2~6.2g，其他小于2%)。

种子发芽前在地上的时间越长，就更容易被捕食天敌动物所获。迅速发芽可以减少被掠夺的时间。Hardwick(1999)的研究报告显示，种子休眠时间的长短和种子掠夺率在常绿林中是正比的关系。

种子外壳是保护种子免受动物掠夺的重要保护层，厚实和光滑的外层对于啮齿动物而言是很难获取这种种子的营养物质的，具有坚厚外壳的种子很不容易受到动物掠夺。但是种子外壳的厚度也是种子休眠时间长的原因，再厚的外壳在萌芽前也需要软化，这同样也为动物取食打开了一个天窗，许多厚壳种子通常是在这个脆弱阶段被天敌掠夺的。

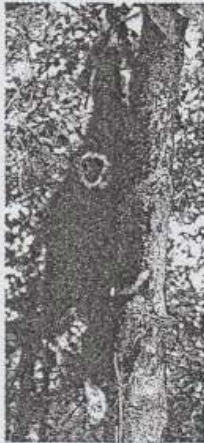
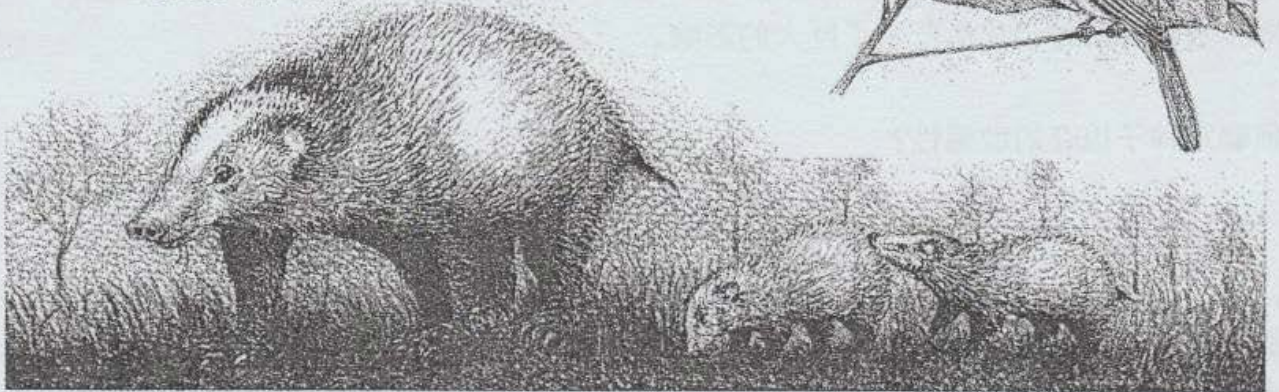
种子传播的方式也会影响掠夺，种子零星分散在较大面积的地上（通常为风传播）很不容易被动物发现，如果是靠动物传播的种子，一旦被发现就会被动物掠夺。种子天敌也不可能吃食完所有的种子。因此，许多种子也可以躲过被掠夺。毫无疑问，种子掠夺取决于各物种之间的相互作用，包括环境特征、替代食物源的保有率、食物喜好和天敌对种子的处理能力。





中小型种子的传播动物，如野猪、獾、灵猫等，即使在极其破碎的森林斑块，它们能长距离地传播种子，因而成为森林恢复项目的重要组成部分。

们能长距离地传播种子，因而成为森林恢复项目的重要组成部分。



鼠类很少传播种子，还常常破坏种子，它们在采伐迹地中较为常见。



其他的种子传播，如长臂猿和印度的一种犀鸟，它们很少离开密林，因而对采伐迹地的种子传播不可能有很大的贡献。



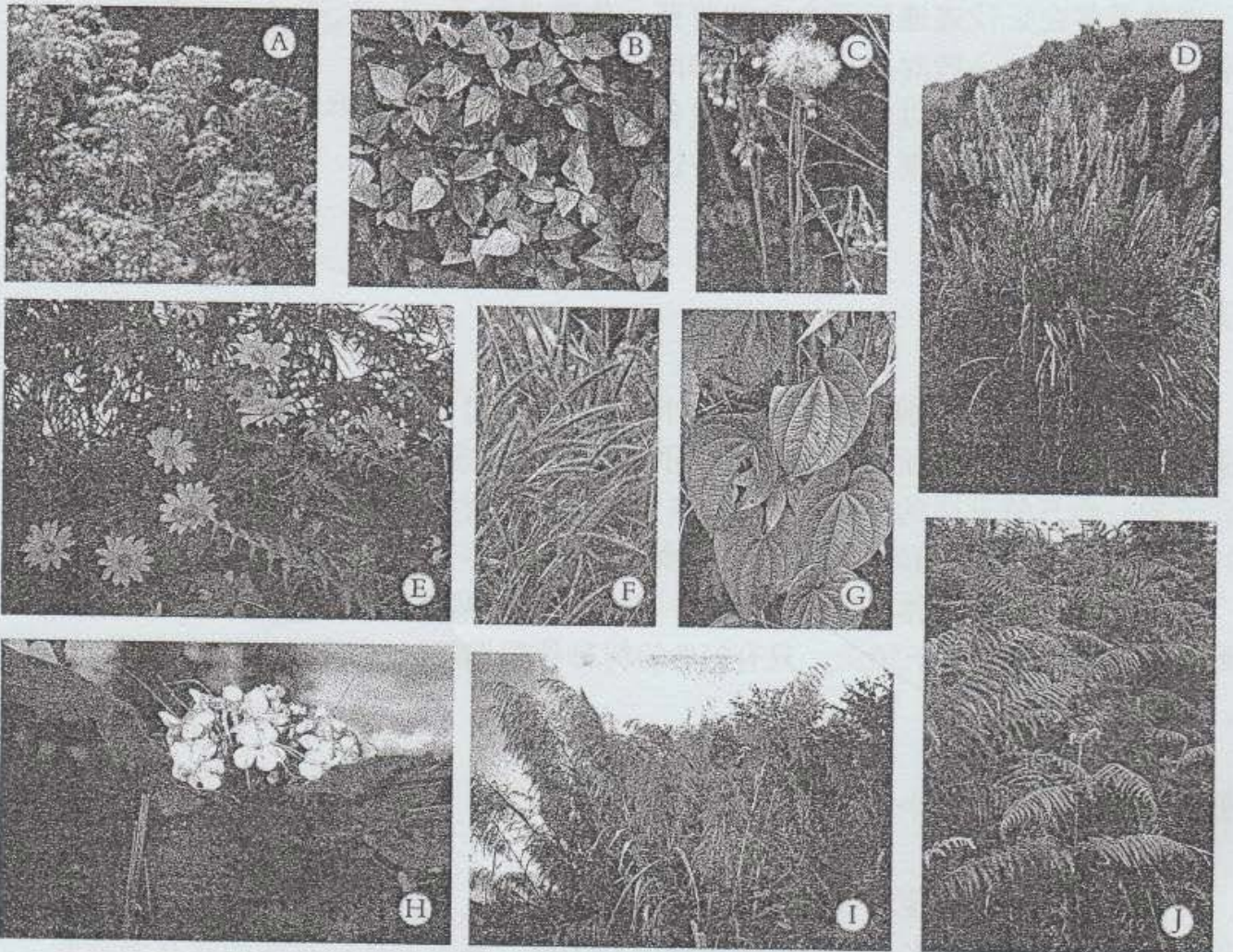
白天经常在森林里吃落下的果实，夜间穿梭到空旷地带，苏门答腊犀牛是森林更新最理想的种子传播者，可悲的是这个物种及其他少数大型动物在泰国北部已经灭绝，如大象、野牛的种群已相当少，它们已不再扮演传播种子的重大作用。

### 种子传播与种子毁坏





泰国北部的采伐迹地，通常以火烧后长出的杂草占优势，其高度常常超过头顶(左图)，多数是外来的杂草，能持续侵袭退化地。这些生长极快的植物阻碍了幼苗的生长，甚至让树苗窒息死亡，它们吸收了大部分的土壤水分和营养物。此外，树木生长的有机物质也被野火烧尽。



### 竞争

退化地的杂草一般包括几个外来种如(A)飞机草(*Eupatorium odoratum*)、(B)紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)、(C)革命菜(*Grassocephalum crepidioides*)和(E)肿柄菊(*Tithonia diversifolia*) (墨西哥向日葵),本地的优势种如(D)斑茅(*Saccharum arundinaceum*)、(F)狼尾草(*Pennisetum polystachyon*)和(I)芦苇(*Phragmites vallatoria*),攀缘植物如(G)薯蓣(*Dioscorea bulbifera*)和(H)臭牡丹(*Clerodendrum fragrans*)灌丛从上方遮蔽了光线,使树木种子窒息。欧洲的蕨类植物(J)蕨菜(*Pteridium aquilinum*)分布于世界各地。



## 第五节 萌 芽

从种子过渡到幼苗是树木生命中一段很危险的时期，种子休眠期结束时，需要有适当的水分和光照才能促使发芽。因为种子小而且能量低，幼苗对环境变化的适应性是很脆弱的，还要与其他植物竞争，会受到草食动物的侵袭。一个毛毛虫在几分钟里就可以把一棵小树苗完全损坏掉，大一些的植物就更耐侵袭。

### 什么是种子休眠？

当种子落在采伐迹地后不会立刻萌芽，休眠是种子传播和萌芽之间的一段时期，在休眠期间，有些种子逐渐成熟或发生化学改变以作好发芽的准备。休眠可以使种子在传播和萌芽前逐渐成熟，当条件适合的时候就发芽长出小苗。

### 种子休眠需要多长时间？

在一批种子中，单粒种子的休眠时间也各不相同，测量种子休眠时间最简便的方法是在种子播种后至能发芽种子的一半开始发芽的时间（天数）称为休眠期。例如，在播种了100粒种子后，有9粒最终发芽，休眠期就为种子播种到第5粒种子发芽这一期间的天数。

多数的热带林树种休眠期都比较短，根据泰国泰帖普国家公园262种树种测试结果，43%的休眠期小于30天，只有21%的树种休眠期超过100天。最短的休眠期7天，最长的有787天。

### 种子萌芽的最佳时间是什么时候？

有许多因素可以决定种子的最佳萌芽时间（如气温、避免天敌侵扰等），但是在季节性热带林，土壤中水分含量是个很重要的因素，种子最佳萌芽时间是在雨季开始时。幼苗出土后就会在很长一段时期里得到雨水滋润以便进行根系的发育以储存能量，以备渡过旱季，深根根系可以让幼苗在土壤中吸取水分。在雨季发芽的另外一个原因是地面腐殖土在这时进行营养释放。种子传播最佳时间也各不相同。从开花到结实所需的时间和传播媒介的保有量，它是测定最佳种子传播时间的两个具体特征。种子休眠时间的长短也影响种子的传播时间，雨季开始是种子萌芽的高峰期（图3-6）。



图3-5 植物幼苗



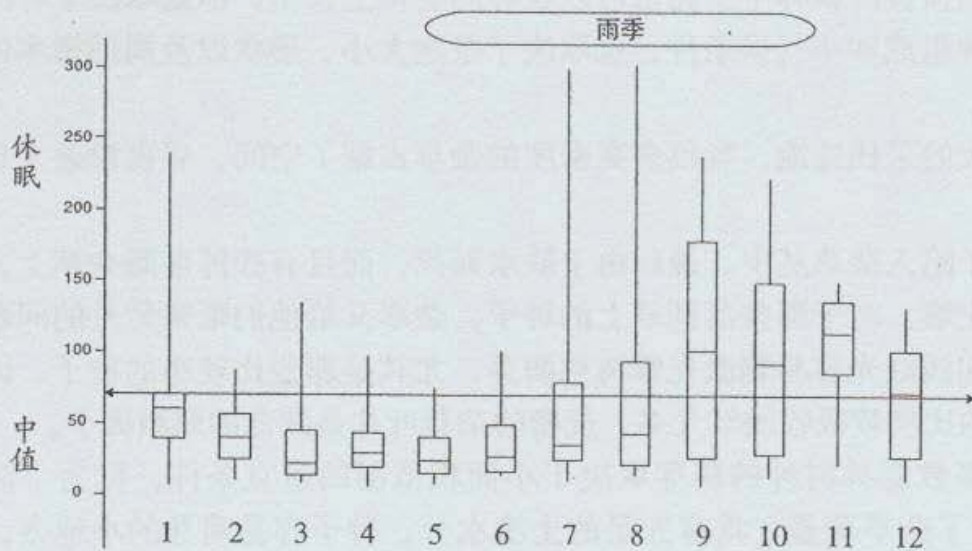


图3-6 种子休眠与最佳传播、最佳萌芽时间的联系

在一年中各种森林树种的结实时间也各不相同，但是不同的种子休眠的长短都能确保多数种子在雨季开始时萌芽。FORRU对在泰国泰帖普国家公园采集到262种树种的种子传播和萌芽进行了研究，结果发现，在干旱季节晚期和雨季早期采集到的种子很快萌芽(>90%的种子休眠时间<71天)，其他还处于继续休眠的状态。相反，在雨季晚期和旱季早期采集的种子只有48.5%，另外54.8%的种子也分别迅速萌芽(休眠期<71天)。结果有75.8%的种子包括在干旱季节晚期和雨季早期萌芽的种子在内，这就表明了多数的种子在第一个旱季来临以前幼苗发育，种子的休眠期也短，避免了受到天敌的危害。

可以根据传播时间和休眠长短把树种进行分类，快速-湿润组为171种，在旱季晚期和雨季传播，在雨水伴随下迅速发芽。相反，另外的一组是62种“延期-湿润组”，在雨季晚期和旱季早期传播并且休眠时间长，发芽也晚。还有另外的一组“快速-干旱组”，有34种，在旱季早期传播并在同一季节就萌芽。最后这一组的成活策略还有待于继续研究。

### 种子萌芽需要什么条件？

种子萌芽取决于许多因素，其中最重要的因素是充足的土壤水分和光照条件，不仅是日照水平总量，还包括光照的质量，尤其是红光和浅红光的比例。

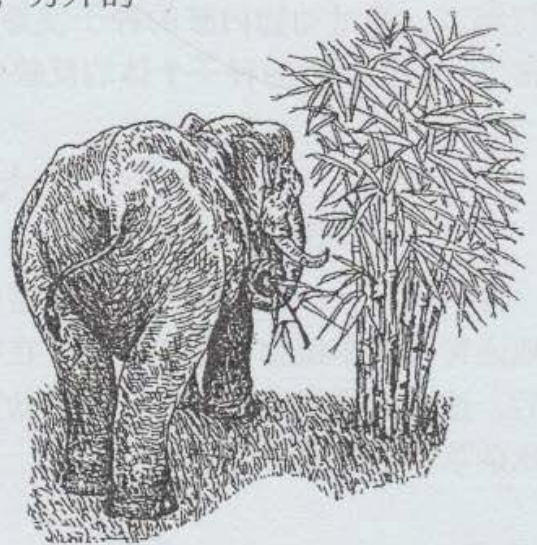


图3-7 大象不仅传播种子，还可以促进发芽



在未受到损害的森林中，树苗可以在林间空地上长出，但是取决于林间空地上种子雨的物种组成和小气候条件；也取决于空地大小、形状以及周围树木的高度和密度。

在一些大的采伐迹地，有很多高密度的杂草占据了空间，昼夜温差大且湿度也比较低。

许多种子陷入杂草丛中，最后由于缺水而死，而且有些掉落到杂草上，甚至从来没有碰到土壤。对于那些落到草上的种子，杂草又给他们带来另外的问题。高比例的红光比起浅红光容易刺激先锋树种萌芽，尤其是那些比较小的种子，因为小种子吸收红光的比例较吸收浅红光多，茂密的杂草叶片是致命的刺激因子。

因此大多数森林树种的萌芽取决于小面积范围的适宜条件，称为“萌芽小生境”，它减少了杂草覆盖、具有充足的土壤水分、种子容易萌芽的小地方，包括废弃的蚁堆、长满苔藓的岩石，特别是腐木为种子萌芽提供了湿润的、营养丰富的基质，而且一般没有杂草。

### 动物会促进萌芽吗？

通过动物肠道的种子萌芽的总百分比和萌芽率都会受到影响，在许多的热带林中，通过动物肠道的种子总体上萌芽没有受到影响，似乎还增强了萌芽。根据Travaset(1998)研究报告，被动物咽下的种子发芽率增加了，达到36%，只有7%发芽率减少。通过对35%的树种进行测试，经过动物内脏的种子发芽迅速，经过对比，只有13%的萌芽推迟。同属的种子、甚至同种的种子个体的反映也有差异。

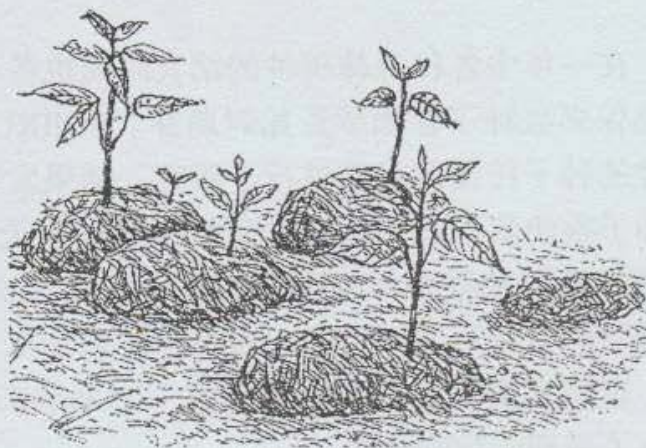


图3-8 动物粪便上长出的幼苗

## 第六节 幼苗生长

种子萌芽后，在采伐迹地上幼苗成活最大的威胁是林火和与杂草的竞争，采伐迹地通常被草本植物和杂草占领。在得到阳光和吸收到土壤中充足的水分和营养物质后，这些杂草就迅速生长，但是幼苗也得益于一些真菌释放的营养而得以存活并会比杂草长得还高。

### 采伐迹地中最常见的杂草是什么？

在泰国北部山区，有些杂草可以长到4~5m高，通常情况下，采伐迹地就被这些



杂草占领了。这些杂草多是在火烧后在火烧点上长出的，看上去这些杂草的样子与一些杂草相似。

但是也有一些杂草是属于外来的物种，如紫茎泽兰、飞机草等，在采伐迹地中这一科的植物非常普遍，这种杂草遍布世界各地。除此之外，还有一些小灌木和攀缘植物。



图3-9 腐木为树种发芽提供了良好的地方，避免了与草的竞争

### 杂草是如何阻止森林更新的？

光照需求，草本植物迅速进入土壤中并发育成茂密的草冠，几乎吸收了所有的光线用于光合作用。在这些速生的植物中，小树苗渴望阳光、水分和营养。由于树木进化后要长高，他们必须要有一定的能量和碳物质以提供木质部生长的需要。草本植物生长要比树木的生长快，只有当树的树冠高于杂草和根部深入土壤中，树木的生长才能获得优势。不幸的是，多数的幼苗没有能够在与杂草的竞争中取胜。

杂草还可以在旱季中为火提供碳物质而阻止森林更新，多数的草本植物在火中存活，种子掉入地上进入土壤中，在火烧灭后重新又从土壤中长出新芽，而树苗在火中就几乎会完全丧生于火海中。

### 杂草群落的结构会对树木的生长有影响吗？

有些优势杂草似乎比其他的杂草更喜欢森林更新，例如在泰国泰帖普国家公园对各种优势杂草群落的研究结果表明，在以灌木草本为优势种的地带，树种幼苗茂密而且多样性高，树苗生长率也比在草占优势的地带要高。

### 缺少菌根会影响森林更新吗？

几乎所有的热带林都与真菌有共生的现象，真菌影响着他们要用于形成菌根的根。这样的关系为寄主树提供了便利，特别是影响幼苗和小树与杂草的竞争。

菌根主要有两种类型，生态菌根(EM)，这种菌根在树根周围有一兜真菌组织，而



维管束真菌(VAM)没有。几乎所有的热带林树种都会形成VAM，而EM只是局限于很少的科中，如龙脑香科、松等，EM比较适宜于季节性干旱条件的环境。

形成根菌最重要的优势是矿营养物质的增加，特别是磷，这种物质在热带土壤中是十分缺乏的。真菌团要比根好，因为真菌团可以深入土壤中并分成许多小叉以吸收更多的营养物质，而这是单独的树根力所不能及的。菌根可以促进热带树木的生长和成活，从抗旱、抗病和寄主树的情况中就可以看出，菌根的好处就是可以使树木在采伐迹地恶劣的环境条件中也能生长。

但是在一些茂密的森林里，VAM直接在树根之间，真菌孢子集中在土壤中的现象很少，一些真菌物种长出的真菌孢子通过风进行传播，但是对于那些长在地中的真菌孢子就只有依靠小啮齿动物和其他的动物进行传播。

### 幼苗会被哪些动物吃掉？

在许多地方，大型食草动物，如大象和野牛，这类动物一口就会毁坏掉一棵树苗。一些家养的牲口也是影响天然林更新的主要因素。

在大多数国家，在一些退化林地中，经常可以看到一些牛和水牛在地上自由游动，家畜对天然林更新的影响取决于种群密度。

在一些地带，数量少的家畜可能对天然林的更新影响不会太大，但是在有些地方，家畜的数量密度很大，那么就对森林更新带来很大的影响。

其中牲口对森林更新的好处是吃食杂草，通过放牧，家畜把一些草本植物吃掉，减轻了杂草对树木幼苗生长的竞争力和影响。此外，这些家畜还可以起到种子传播者的作用，同样野牛也能进行种子的传播。还有，他们的蹄印也可以为种子萌芽提供场地，这里积累水分和一些营养物质。

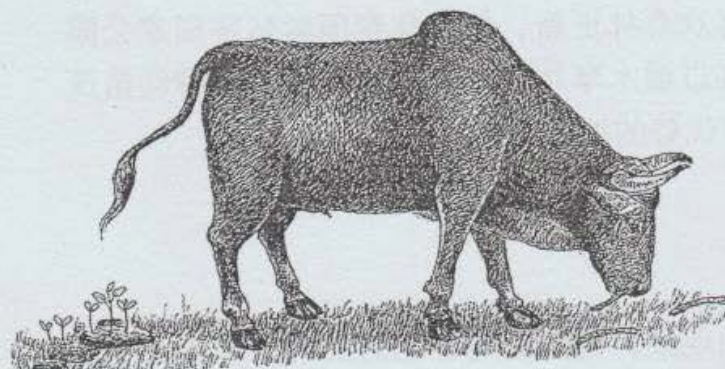


图3-11 家畜对森林恢复的好处  
帮助啃食杂草，传播种子

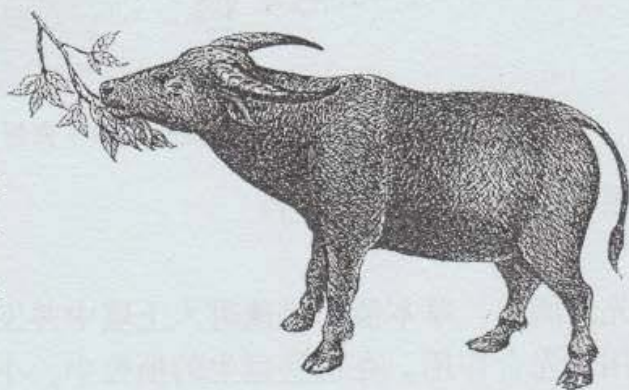


图3-10 水牛对森林恢复的影响  
家畜吃掉幼苗，践踏小树

家畜最明显的优势是它们在吃食时是具有选择性的，通常是选择吃食一些可口的树种，那些味道不好的树苗，几乎不被光顾。因此一些有刺或是对它们有害的树种也就逐渐成了林中的优势树种，牛吃掉了一些小树苗，一些大型动物又顺着它们的足迹去找食，这样也会对土壤产生很大的破坏作用。

动物对森林更新的正负面影响



和与密度的关系还不是十分清楚，此外家畜对森林更新的影响也是有很大差异的，与现场条件和植被类型有关。因此，还有待于进一步的研究。

## 第七节 火生态

在季节性干旱的热带，火是炎热季节里抑制森林更新的主要因素。在雨季末，草本植被通常高过人头，难以穿行，在炎热季节，这种植被干枯死了，极度易燃。每一次只要它着火了，在草丛中扎根的小树苗常常不能幸免于难，而杂草却能够重新生长出来。所以，这样的植被创造了导火的条件，而且还阻止了会荫蔽杂草的树木的生长。打破这种循环是恢复季节性干旱热带森林的关键。

在季节性干旱热带林中会发生自然起火的现象吗？

雷电会引起自然林火的发生，但是这样的现象通常是几年或是几十年才会遇到。在这些时间里，树木就可以生长发育。但是最多的林火还是人为导致的，例如在靠近农地的森林，在耕种季节，农民烧地也会殃及周边的林地，幼苗也会被烧死，这也就妨碍了森林更新。在许多例子里，起火是故意的，好让地上的蘑菇很容易被发现，同时火烧也促进了草的生长，利于放牧，还会吸引许多的野生动物来取食。

火是如何妨碍森林更新的？

研究比较了经常被火烧的地方和那些受到保护而没被火烧的地方，表明防火可以加速森林的更新。在龙脑香-落叶-栎类林里，27~28年没有受到火烧。在受到火烧的地带，幼苗群落物种的丰富度减少，种子雨也少，在土壤种子库中有生命力的种子也少。

火烧掉了一些土壤中的有机物质，导致土壤含水能力降低。土壤越干，树木种子萌芽的几率就越小。火也会烧掉一些营养物质，如钙、镁、钾、氮、磷、硫等。植被遭到破坏，火能够使水土流失增加3~32倍，而且还会杀死土壤中的微生物，特别是有助于死掉的有机质腐烂和菌根循环的真菌物质。

难道不是火促进了种子萌芽吗？

在一些生态系统中，火可以促进种子的释放和萌芽，但是这个结果在泰国北部季节性干旱热带林中还没有发现。Hardwick对12个落叶树种火对萌芽的影响进行了测试，在类似气温下燃烧报纸和用小、中火烧。7个树种的种子都死掉了，其他的几个树种的萌芽率也减少了。



## 火会致树死亡吗?

大多数小树和幼苗都会被火烧死,但是较大的幼树可能会得以存活。大树树皮厚、维管束系统发达可以耐火,储存在树根中的食物可以让大树迅速生长,即使是树的上部被火烧掉。树的大小能在火烧后存活的情况各种树种也存在很大的差异。但是总体而言,根径约在10cm或大于10cm的树,大多数能在被中度火烧后存活。

## 第八节 幸存树

根据经验总结,对于大多数树种而言,要重新占据被杂草占领了的采伐迹地是很困难的,因为这些地带人为的干扰也很大。火会导致传播种子的动物消失,而且这些树苗还需要常常与杂草、外来物种进行竞争。但是有少部分的树种也能够克服这些困难并能主宰大面积的采伐迹地(表3-1)。这些树种的种子多数是小种子,容易被鸟类和风传播,有许多是落叶树种,而且生长的海拔范围也比较宽广。

表3-1 泰国北部海拔1300m采伐迹地中进行测试研究的结果(FORRU原始数据,2003)

种名	科名	海拔(m)	林型 <sup>1</sup>	种子大小 <sup>2</sup>	传播媒介 <sup>3</sup>
<i>Albizia odoratissima</i> (L. f.) Bth.	Leguminosae, Mimosoideae	350~1525	D	M	W
<i>Alstonia scholaris</i> (L.) R.Br.var. <i>scholaris</i>	Apocynaceae	350~1150	D	M	W
<i>Antidesma acidum</i> Reta.	Euphorbiaceae	400~1525	D	M	A
<i>Aporosa dioica</i> (Roxb.) M.-A.	Euphorbiaceae	475~900	D	M	A
<i>Aporosa villosa</i> (Lindl.) Baill.	Euphorbiaceae	500~1500	D	M	A
<i>Aporosa wallichii</i> Hk.f.	Euphorbiaceae	500~1400	D	M	A
<i>Dalbergia cultrata</i> Grah.ex Bth.	Leguminosae, Papilionoideae	350~700	D	L	W
<i>Dalbergia stipulacea</i> Roxb.	Leguminosae, Papilionoideae	500~1400	D	L	W
<i>Debregeasia longifolia</i> (Burm.f.) Wedd.	Urticaceae	525~1685	E	S	A
<i>Dillenia parviflora</i> Griff.var. <i>kerrii</i> (Craib)Hoogl.	Dilleniaceae	375~1000	D	M	A
<i>Engelhardia spicata</i> Lechen.ex Bl.	Juglandaceae	850~1650	D	M	W
<i>Eugenia albiflora</i> Duth.ex Kurz	Myrtaceae	800~1525	E	L	A
<i>Ficus hirta</i> Vahl var. <i>hirta</i>	Moraceae	350~1150	E	S	A
<i>Ficus hispida</i> L. f. var. <i>hispida</i>	Moraceae	350~1525	ED	S	A
<i>Glochidion sphaerogynum</i> (M.-A.) Kurz	Euphorbiaceae	600~1100	D	S	A
<i>Litsea cubeba</i> (Lour.) pers.	Lauraceae	1100~1685	E	M	A
<i>Markhamia stipulata</i> (Wall.) Seem.ex K.Sch.	Bignoniaceae	950~1550	D	M	W
<i>Myrica esculenta</i> B. -H. ex D.Don	Myricaceae	1300~1500	E	S	A
<i>Phoebe lanceolata</i> (Wall.ex Nees) Nees	Lauraceae	550~1550	E	L	A
<i>Phyllanthus emblica</i> L.	Euphorbiaceae	600~1620	D	M	A
<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	Leguminosae, Papilionoideae	350~900	D	M	W
<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	Theaceae	600~1620	E	M	W
<i>Sterculia villosa</i> Roxb	Sterculiaceae	600~1575	D	M	W
<i>Stereospermum colais</i> (B.-H.ex Dillw.) Mabb.	Bignoniaceae	900~1275	D	S	W
<i>Styrax benzoides</i> Craub	Styracaceae	600~1650	E	L	A
<i>Trema orientalis</i> (L.) Bl.	Ulmaceae	1050~1500	ED	M	A

注: <sup>1</sup>E=常绿; D=落叶; ED=常绿/落叶

<sup>2</sup>S=小于0.01g(干重); M=中等0.1~0.2g和L=大于0.2g

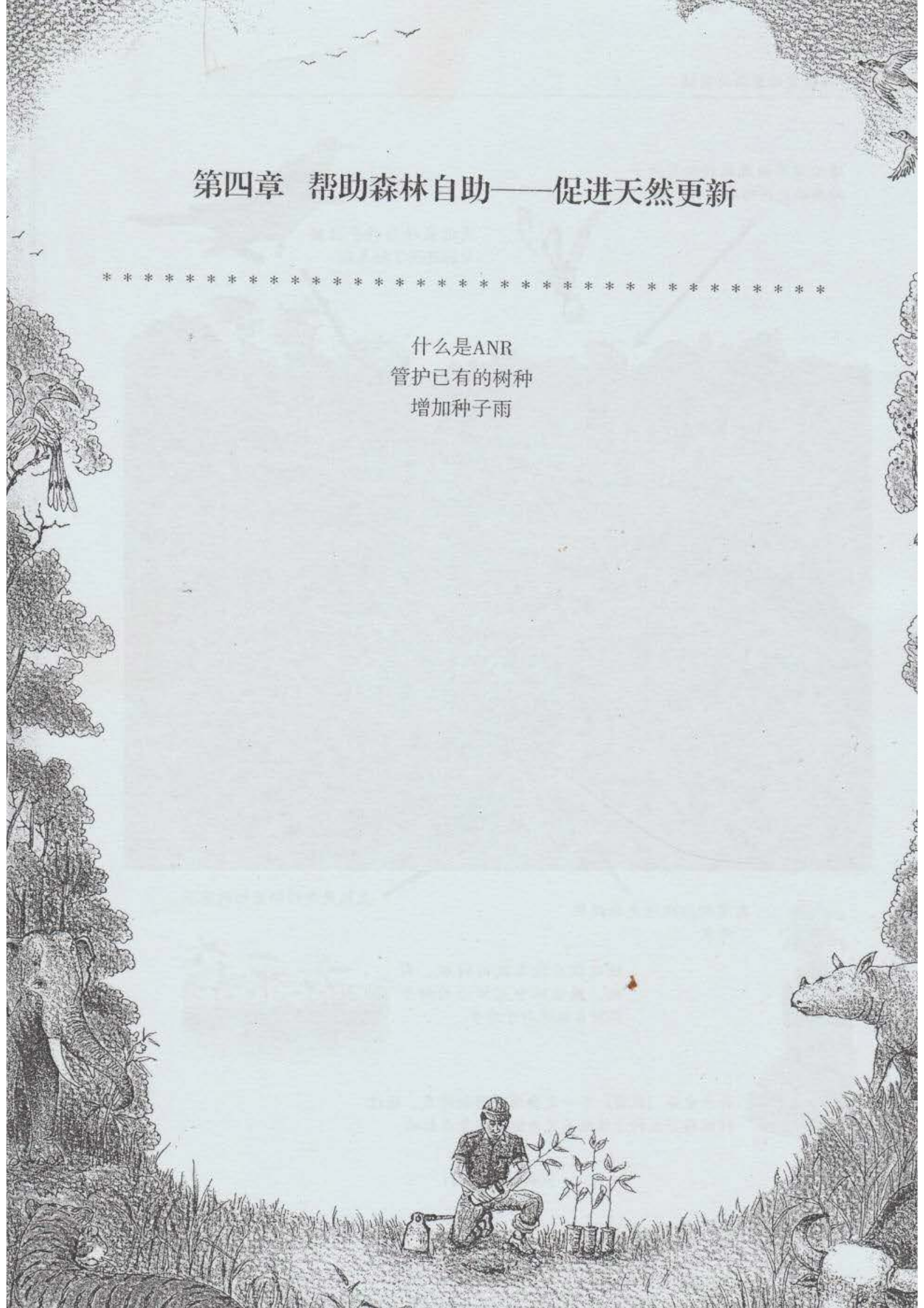
<sup>3</sup>W=多数是风传播的干果; A=多数是动物传播的肉果,尤其是鸟类传播



# 第四章 帮助森林自助——促进天然更新

\*\*\*\*\*

什么是ANR  
管护已有的树种  
增加种子雨







缝隙周围被成熟的结有种子的雨林包围形成了种子雨



附近森林为种子传播动物提供了栖息地

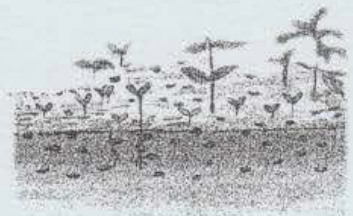


发芽树为快速更新提供了源泉



天然更新的幼苗幼树很多

被砍伐后没有及时种植，因此，原始林中有活力的种子保持在地壤种子库中



林中空地（林窗）不一定要通过种树恢复，通过伐桩萌芽或种子传播是完全能够恢复森林的

无种植必要吗？



“了解树，我理解了什么是坚韧。

了解草，我学会了欣赏坚持。”

——艾伦

第三章中介绍了影响大面积采伐迹地天然更新的因素，下一步是确定适当的技术以克服这些限制性因子，特别是在一些特别的地方，需要几种技术方法结合起来，这些技术称为“促进天然更新”，或简称ANR(Accelerated Natural Regeneration)。

## 第一节 什么是ANR?

ANR 是包含任何一系列用以增强森林更新的自然过程的活动，包括促进乡土森林树种的生长和营造天然林，防止杂草对树木的损害，如杂草、牲畜和火等。

因为ANR是依靠现有的天然过程，只需要投入少量的劳动力(与种树相比)，是一种投入较少的用以恢复森林生态系统的方法。但是不能把ANR和种树作为两个互不相干的替代森林恢复的方法，通常森林恢复取决于种树与ANR的合理结合，在某些情况下，单独使用ANR即可起到恢复森林生态系统的作用，但是在适当的时候也需要采取种树的方法以进行结合和弥补。

### 哪里适合ANR?

在出现天然更新过程时就可以采用ANR，例如在需要恢复的林地附近，至少要有少量的种子树(母树)存在，而且还需要有传播种子的动物。在一些幼树很多或萌生树桩很多的地带也适合采取ANR的方法。

要采取ANR技术方法，对现场地点进行详细的评估是很有必要的，根据具体评估情况选择出最恰当的技术方法。

现场评估应该：

- (1)确定天然林更新的现有潜力；
- (2)确定影响和限制天然林更新的因素。

对现场条件进行观察、调查应该要与访谈当地老百姓结合起来，并且还要注意以下一些重要问题：

- 现地中的幼树密度、幼苗和树桩的情况？他们是均匀分布还是杂乱分布？
- 采伐迹地近期的情况如何？向当地老百姓了解现地土地利用的历史情况？
- 是否有过火灾烧黑的树桩等？向老百姓了解该地带火灾发生的频率情况？
- 是否有放牧的情况？向当地老百姓了解？



- 该地距离森林树种种源最近有多远?
- 周边附近鸟类和动物传播种子的情况?

根据林中幼树、幼苗或树桩的密度和数量,可以预测是否能够满足天然更新的需要、依靠自然力能否恢复森林。但是也要考虑现地的幼树、幼苗和树桩的大小,高大的幼苗、幼树比小的容易成活,当幼树长至成熟或超过杂草的高度时就很容易

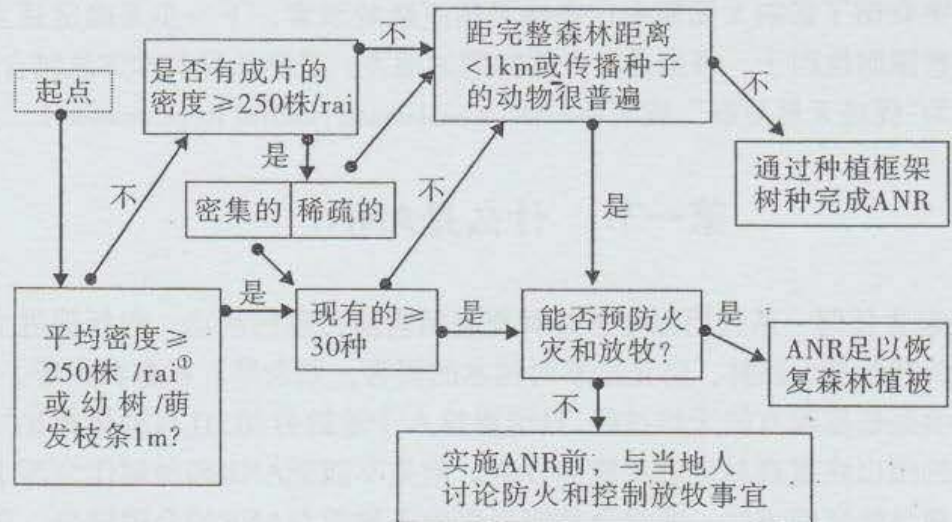


图4-1 促进天然更新程序图

成活了。因此,在调查时还要记录幼树、幼苗超过草冠的相对高度,如是高于或是低于,高或是矮。

该指南是一个粗放性指南草案,幼树密度-树桩,超过1m高,每rai超过250棵桩(每公顷1562棵相当于平均间距2.5m),单独采用ANR用5年的时间就能足以恢复森林结构,在恢复过程中要防止火灾、放牧和其它一些因素的影响。

如果幼树+树桩的密度低,单独采用ANR可能不会成功,除非该地带靠原始林非常近,动物传播种子的情况非常频繁。如果不具备这样的条件,ANR就需要与种树结合起来。由于幼树和伐桩的分布各个地点也不均匀,因此种树也没有固定的规律模式。对于那些处于林缘或啮齿动物活动频繁的地带,种树或许是资源的浪费。在采伐迹地的中心地带,又受到了离种源远的影响,因此,这种情况就需要考虑种树与ANR结合的技术方法。

① 1hm<sup>2</sup>=6.25rai, 1rai=2.5亩。



## ANR 有哪些局限性?

ANR 多数情况是在采伐迹地中已经有了一些树, 但是不幸的是大多数能够主宰这些地带的树种是一些需求不高的通过风传播和小鸟传播的先锋树种(见第3章第1节), 这些树种是顶级森林树种丰富度中的一小部分。因此当ANR能够足以恢复林木覆盖度和某种程度的森林结构时, 生物多样性的完全恢复还需要采取额外的一些措施。传播大型种子的动物是非常重要的, 种植大型种子的顶级森林树种也是改变次生林的唯一方法, 通过ANR回复到原始林的状态。

## 第二节 管护已有的树种

采用ANR技术是为了提高林地中现有木本植物的成活率和生长, 可以采用各种有利于幼苗成活、幼树生长和树桩萌发的方法技术来促进木本植物的生长和防止他们免受伤害。

### 能促进伐桩的萌发吗?

树桩萌发是热带季节性森林中用以恢复森林覆盖度最快捷的方法, 只要有树桩, 那么就可以作为ANR的起步。萌生的枝梢要比树苗生长的速度快得多, 因为这些新梢可以从树桩中和树桩的根中吸收到许多的营养物质, 很不容易受到干旱和杂草的侵扰, 也不容易受到火烧的影响, 即使被火烧也很容易恢复。

但是, 在采用ANR技术时, 还需要做一些实际的测试研究工作, 因为目前还没有更多的经验, 除了只能提出一些总体的建议如防止采伐、火烧或放牧等。植物生长调节剂的应用是否能够促进萌生? 是否可以采用化学制剂防止真菌对树木的侵害? 是否可以采取与树苗一样的方法使用化肥进行树桩施肥? 一棵树桩能发出许多新枝吗? 是弱枝、小枝、还是健壮的新枝? 这些问题都需要进一步研究, 还需要进一步的试验。

### 如何减轻与杂草竞争?

锄草以减轻树木与草的竞争, 尤其是在雨季时锄草有利于幼树和幼苗与杂草的竞争, 在旱季杂草的草冠可以为小树苗遮阴, 但是有时杂草也会有助于火的燃烧。树桩周围进行锄草似乎不像给小树苗锄草一样的有利, 因为树桩已经有很深的根系。

在锄草前, 要给这些幼树和幼苗打上明显的标牌, 这可以避免在锄草时误将幼苗、小树除掉, 锄草要集中在挂了标牌的小树周围, 在靠近小树的地方最好是把杂



草拔掉以免伤害到小树，锄草工具也会伤害到树苗的根系。

有一种似乎特别适合ANR的锄草方法是“压草”(图4-2)，即用一块板子把草压平，而不是把草砍掉或挖出来。这种方法不会使草立即死掉，每次草都会重新长起来，这些草还会继续从根部吸取营养物质，如果反复使用此法，储存在草根中的营养也会逐渐枯竭最终导致草死去。使用该方法锄草不会影响土壤的表层，通过把草压平挡住光线阻止草籽的发芽，以防止新草的长出，该方法对防止草和蕨类植物与幼苗、幼树的竞争特别有效。

用很硬而轻的宽板(约5cm × 15cm × 130cm)。把板子的两端截成半圆形，用来压平长在幼树旁边的草，在板子的两端系一根绳子，形成一个绳圈，足够长，足以套过肩膀，把木板拿起放在草上，将绳子套在肩上，用全部的身体重量踩踏，并小步地向前移动，重复此动作，将草打平。该方法在菲律宾促进刀耕火种的丢荒地森林更新中非常有效。



图4-2 除草方法——“压草”

菌根能促进树木生长吗？

热带林对菌根的共生关系在第3章第6节中已经介绍过了。根据这个共生关系这里又提出了问题：进行自然的真菌菌根接种是否会有利于树木的生长？

目前已经有了一些菌根孢子，使用这样的菌根进行水生植物接种已经作过，但是在ANR试验地中使用该产品进行测试还没有作过任何的研究，这还需要做进一步的研究工作。

是否应该阻止放牧？

要减少牲畜和阻止牲畜对幼树的侵扰，最终要取决于该林地对社区的经济价值。在尼泊尔，社区村民不允许牲畜进入他们的集体林，为了保护树木，他们把牲畜圈养起来，他们从森林中采集饲料来喂养他们的牛羊牲畜，这样的做法不仅有利于树木的生长，同时也有利于把杂草除掉。在中美洲，牲畜在早期阶段是森林恢复的主要工具，他们把牲畜视为“活的割草机”，能减轻杂草与树木的竞争并为种子的传播提供了条件。



### 传播种子的大型动物会重新回来吗？

在第三章中介绍过，大型的种子传播动物如大象、犀牛和野牛在种子传播中起着十分重要的作用，但是这些动物的种群数量在不断的减少。那么，这些动物还会再出现和再回来吗？因此，人类要重视植树的问题，但是这些动物不仅只是为它们提供树木种子，而且也要慎重使用化肥！

不幸的是，要重新引进这些大型动物并不是一件容易的事情，而且也是十分昂贵的。只有当在原生地解决这些物种绝灭的问题时，才值得去引进这些大型动物物种，而且还要防止当地人猎捕这些被重新引进的动物。

重新把捕获的动物放回自然环境中也是很困难的事情，因为被捕获后的动物在笼子里生活后就会失去自然的野性，放归自然环境中他们也就失去了生存的能力。需一定的时间，其野性生存技能才能得以恢复，但是要把一些保护地的动物捕获重新放到这些地带去也是很难的。在捕获时，动物死亡和受伤的风险也很高，而且也严重破坏和干扰了原种群。因此，在重新引进动物时，实施的计划必须慎重考虑，如在动物释放后基因多样性的保持、对动物的监测、防止捕猎都是至关重要的。

此外有关技术方面的问题，当地老百姓可能反对把大型动物引回来，因为这些动物会破坏庄稼，会伤害家畜甚至人的生命。在引进动物的同时也应该慎重考虑。

### 人是否能传播种子？

森林恢复的一种方法就是从附近的森林树种中收集种子，然后把这些种子播撒到采伐迹地中，这种方法叫做“直接播种”。这种方法可以迅速增加树的密度以及树种的丰富度，但是也存在一些缺点。在炎热干旱的条件下，大多数采伐迹地中种子能迅速暴露到地表，此外种子的传播者如啮齿动物和蚂蚁在种子播种几天后会对种子产生很大的危害。

把种子埋到土壤中可以减轻暴露和被动物掠夺，但是这也就增加了劳动力的投入。因此在选择树种时可以选择那些具有抗掠夺特点的种子(如小而粗糙的外壳等，参见第三章第四节介绍)，这样可以增加直接播种的成功性。采用化学药剂对种子进行处理也需要进行探索，还有待于做进一步的研究以确定哪些化学物能够抵御动物对种子的破坏而又不伤及种子。由于种子休眠期长，使动物猎食者更有机会发现

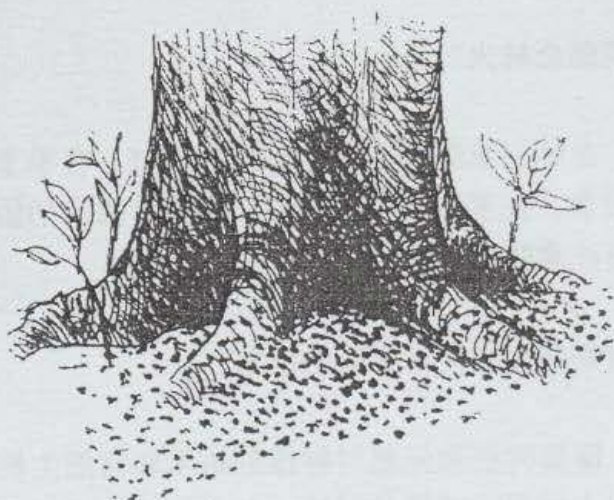


图4-4 蝙蝠传播的种子生长幼苗



### 传播种子的大型动物会重新回来吗？

在第三章中介绍过，大型的种子传播动物如大象、犀牛和野牛在种子传播中起着十分重要的作用，但是这些动物的种群数量在不断的减少。那么，这些动物还会再出现和再回来吗？因此，人类要重视植树的问题，但是这些动物不仅只是为它们提供树木种子，而且也要慎重使用化肥！

不幸的是，要重新引进这些大型动物并不是一件容易的事情，而且也是十分昂贵的。只有当在原生地解决这些物种绝灭的问题时，才值得去引进这些大型动物物种，而且还要防止当地人猎捕这些被重新引进的动物。

重新把捕获的动物放回自然环境中也是很困难的事情，因为被捕获后的动物在笼子里生活后就会失去自然的野性，放归自然环境中他们也就失去了生存的能力。需一定的时间，其野性生存技能才能得以恢复，但是要把一些保护地的动物捕获重新放到这些地带去也是很难的。在捕获时，动物死亡和受伤的风险也很高，而且也严重破坏和干扰了原种群。因此，在重新引进动物时，实施的计划必须慎重考虑，如在动物释放后基因多样性的保持、对动物的监测、防止捕猎都是至关重要的。

此外有关技术方面的问题，当地老百姓可能反对把大型动物引回来，因为这些动物会破坏庄稼，会伤害家畜甚至人的生命。在引进动物的同时也应该慎重考虑。

### 人是否能传播种子？

森林恢复的一种方法就是从附近的森林树种中收集种子，然后把这些种子播撒到采伐迹地中，这种方法叫做“直接播种”。这种方法可以迅速增加树的密度以及树种的丰富度，但是也存在一些缺点。在炎热干旱的条件下，大多数采伐迹地中种子能迅速暴露到地表，此外种子的传播者如啮齿动物和蚂蚁在种子播种几天后会对种子产生很大的危害。

把种子埋到土壤中可以减轻暴露和被动物掠夺，但是这也就增加了劳动力的投入。因此在选择树种时可以选择那些具有抗掠夺特点的种子(如小而粗糙的外壳等，参见第三章第四节介绍)，这样可以增加直接播种的成功性。采用化学药剂对种子进行处理也需要进行探索，还有待于做进一步的研究以确定哪些化学物能够抵御动物对种子的破坏而又不伤及种子。由于种子休眠期长，使动物猎食者更有机会发现

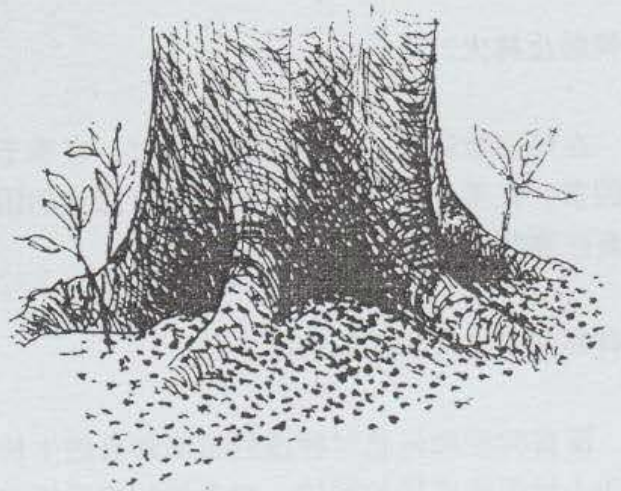


图4-4 蝙蝠传播的种子生长幼苗



种子，在直接播种前对种子进行处理，打破休眠可以减少种子被掠夺的几率。但是，有时这样的处理可能也会存在一定的风险。

在采用ANR技术时必须开展试验，以确定出能够用于具体地点的最成功的技术。在自然界中，任何可以猎捕啮齿动物、鸟类和野猫等都应该进行评估，要防止猎捕这些动物以控制啮齿动物的种群数量，起到减少种子被掠夺的作用。

如果决定把直接播种纳入到ANR计划中，那么就要尝试一下下列图示的做法，在雨季开始时，在靠ANR恢复地附近的森林中进行采种，把播种地的杂草挖掉，大约宽30cm，行间距约1.5~2m（也可以再宽些）。

播种时，在地上挖一个小洞，然后在洞里填上一些土（从种子采集地里挖来的），这可以确保一些小型共生物质（如菌根和真菌）在种子萌芽时的需要。最后，将种子压埋在穴中，深度约为该粒种子直径的两倍，再盖上土壤（图4-5）。

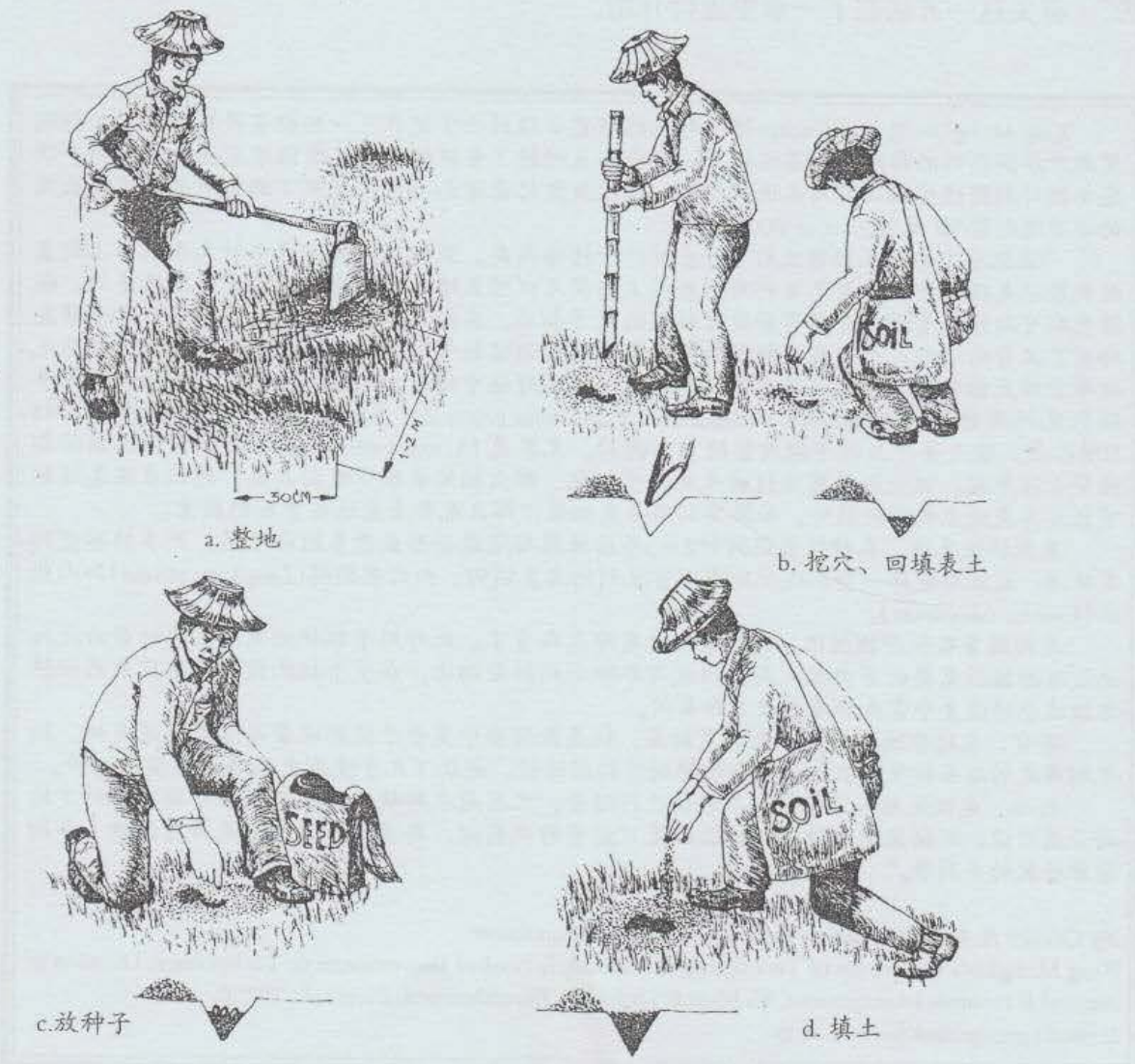


图4-5 直播过程



## 如果ANR不起作用怎么办？

ANR 是一门很年轻的学科，还有许多课题需要进一步的研究。假如ANR技术应用得当，它就不会完全失败，但可能不会很快产生期望的结果，特别是在生物多样性恢复的工作中。

另外一种方法是用树的“保育木”来重建林冠覆盖，同时也实施ANR 技术。这种方法称为“培育生态系统”或把“人工林作为催化剂”。几乎任何一种树种都有助于促进森林更新的进程，通过改良小气候和吸引传播种子的鸟类。甚至外来树种也可以使用，特别是有经济价值的一些树种。保育木逐渐变稀疏用于产生经济回报，而人工林也逐渐被更替。

但是，单一树种的种植并不利于生物多样性的恢复，因此主张“骨架树种方法”，有关这一方法在下一章中进行介绍。

King Mongkut 大学的George博士和他的研究小组用竹子制作了一些栖架并将这些人工栖架放置于泰国北部的林地采伐退化地中。有些地点种植了骨架树种，其余继续采用天然更新。研究小组对利用这些栖架的鸟类进行观察，通过数数记录被鸟动落在栖架下的种子并对不断出现的幼苗进行监测(见Scott et al, 2000)。

“退化地中的人工栖架吸引了许多的种子传播鸟类。虽然在研究过程中对鸟在栖架上的直接观察不是很频繁，但是鸟类利用这些人工栖架足以明显增加种子投入的事实是很清楚的。根据观察可以清楚看到与旁边那些没有栖架的地方相比，在栖架下，无论是种子雨还是种子萌发都有了显著的增加。虽然在有栖架和无栖架的地方幼苗数量少，但是在有栖架下的地方幼苗成活率就比无栖架对照地的成活率高，这就反映了荒野地中树苗的天然成活率低。在干扰地带普遍能见到两种植物 *Melastoma malabathricum* 和 *Trema orientalis*，占栖架下所看到的新生幼苗的50%以上。这是整个亚洲早期演替的重要树种，尤其是 *M. malabathricum*，鸟类和其他的动物都频繁食其果实。但是如果周围植被生长高于栖架，那么栖架就很少吸引鸟类，因此在恢复造林项目尤其是速生树种种植中，如果要利用鸟类栖架，那么就要考虑这些重要的因素。

在森林恢复地，在种植骨架树种2~3年后林冠郁闭就会形成更多的林下层，更多的典型的有林地。这就会使得一些在退化地中不常见到的鸟类返回，如白腰鹊鸂(*Lonchura striata*)和山蓝鹊(*Cyornis banyumas*)。

与苗圃育苗和种植相比，鸟栖架就没有那么昂贵了。此外用于维护栖架所需要的劳力投入也没有种植所需要的劳力投入高。但是与单独利用栖架相比，在受干扰比较高的地区采用种植方法就会对恢复丰富生物多样性更加有效。

还有，在这些地点栖架下天然更新高，仅是在那些中度受干扰的地带而且附近还有树。栖架利用成功与否似乎还取决于早期演替树种的接近性，栖架下几乎没有更新的晚期演替树种。

为此，建议运用人工栖架要与种植进行结合，尤其是在种植后的头两到三年期间在种下的树长高以前。把栖架沿着种植点边缘放置可能会特别有效，再者一排排是栖架为鸟提供了早期演替植被的走廊带。”

By George A. Gale, Andrew J. Piece and Puntipa Pattanakaw:

King Mongkut's University of Technology Thonburi, School of Bioresources & Technology, Division of Natural Resources Management, 83 Moo.8 Thakham, Bangkhuntien, Bangkok, 10150.

E-mail: george.and@kmutt.ac.th

框4-1 鸟在森林恢复中的作用





*Cynopterus sphinx*, 一种中型蝙蝠, 可在夜间长距离飞行取食, 这种蝙蝠可以长距离传播种子, 他们在取食过程中通常会把种子落在退化地中。是否有可能把这种蝙蝠吸引到ANR地带?



如果有野牛的话, 是否可以通过人工水孔和设置硝塘把野牛和其他的一些大型种子传播动物吸引到ANR地带?



在有林地和无林地中, 有5种鸛在泰国北部是ANR地带最重要的种子传播者, 包括黑头黄鸛、红耳鸛、白喉红臀鸛、黑头鸛和Flavescent。



在森林中和疏林地中吃食昆虫和果实, 可以把白眉湾嘴画眉吸引到ANR地中的栖架上。



通过安置栖架或蝙蝠箱或是建人工池塘或硝塘吸引种子传播动物进入ANR地带以增加动物传播种子雨的几率。严加注意防止猎捕这些动物是ANR成功的关键。

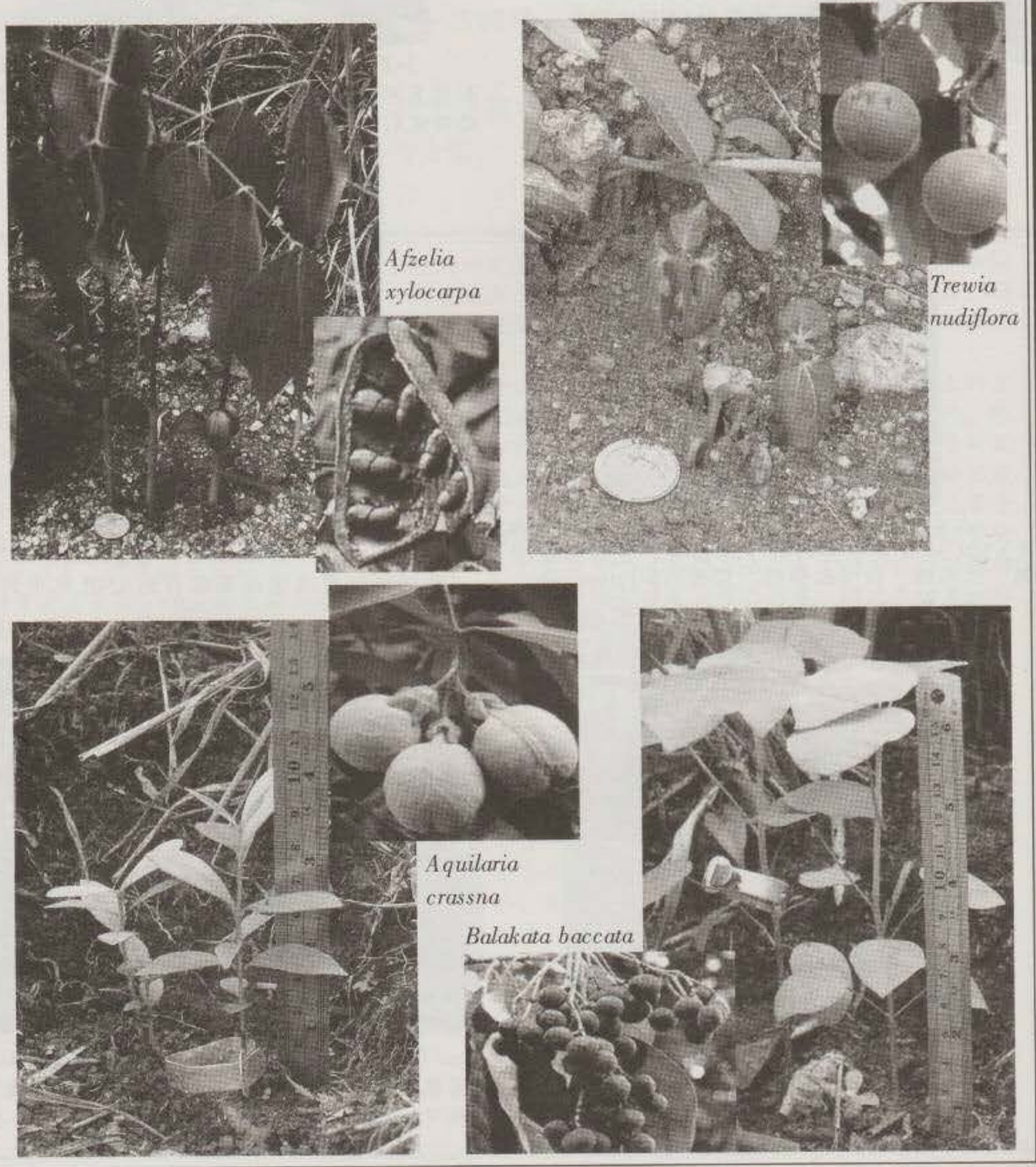


一旦林冠郁闭Hill Blue Flycatcher (山蓝鸛) 和White-rumped Sharma就是顶级森林中的重要鸟类。

图4-6 吸引动物有助于恢复森林的生物多样性



Tunjai(2005)对泰国北部的适合于直接播种的落叶和常绿林树种进行了调查。她把从树果中采集来的种子一半按照标准条件播种在苗圃中,其余在雨季来临时引用前面描述过的方法(见Section 3)直接播种在恢复林地中。通过试验观察发现,有几种萌芽率和早期幼苗成活率以及生长速度都比苗圃中的要高。一年后,就苗圃培育的幼树种植在直接播种在恢复林地中生长出来的幼树旁边,通过监测也证实了有几种直接播种在地中的长势还是比通过苗圃育苗种植的要好。而且直接播种比苗圃育苗种植便宜,因此未来的森林恢复也可以把直接播种和传统方法种植纳入考虑。根据Tunjai的试验,建议在落叶林类型中,*Azelia xylocarpa*, *Schleichera oleosa*和*Trewia nudiflora*可以直接播种,在常绿林类型中,*Aquilaria crassna*, *Balakata baccata*, *Eugenia fruticosa*, *Gmelina arborea*, *Melia toosendan*, *Prunus cerasoides*, *Sarcosperma arboretum* 和 *Spondias axillaris*。



框4-2 直接播种效果测试



## 第五章 森林恢复的骨架树种方法

\*\*\*\*\*

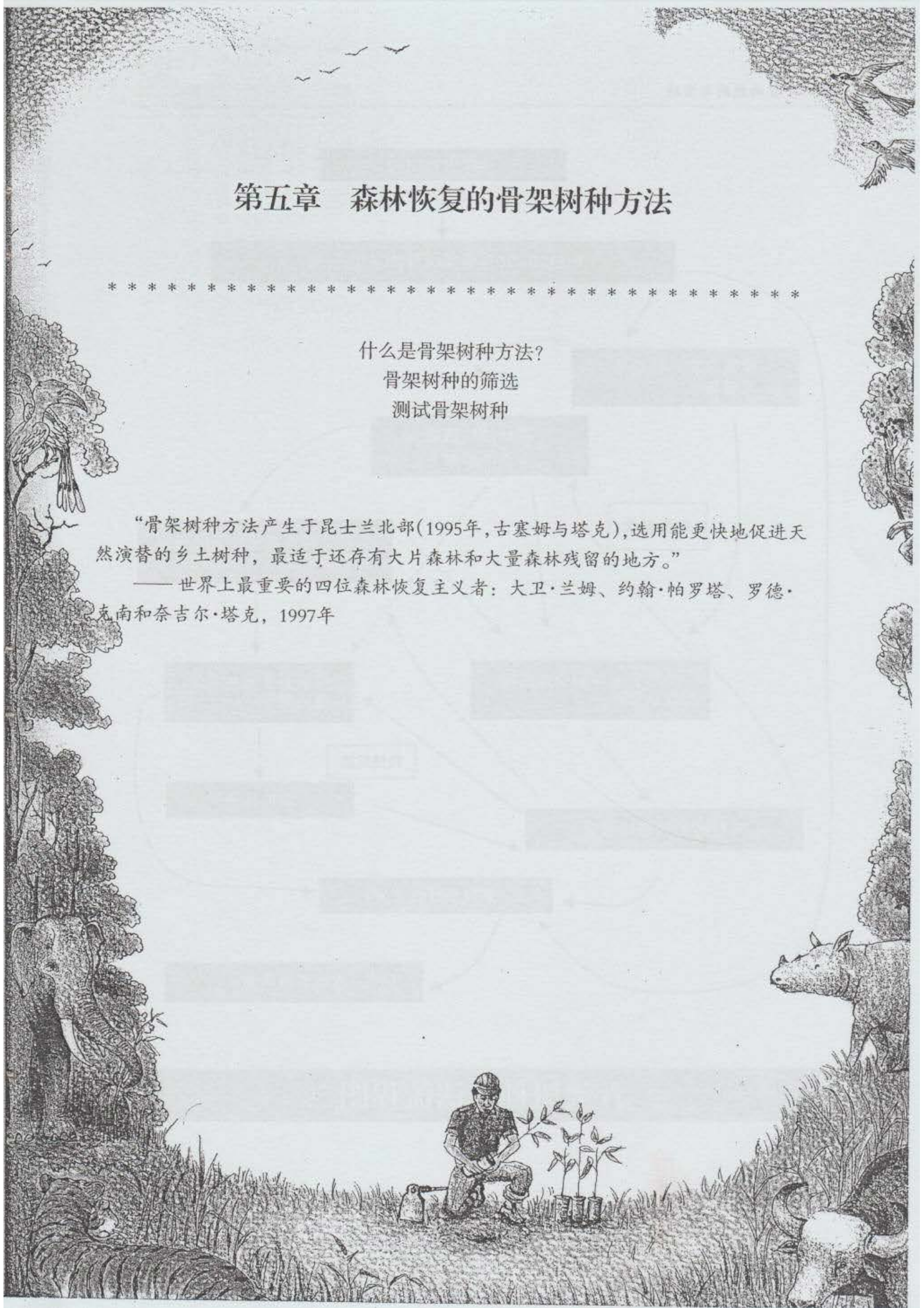
什么是骨架树种方法？

骨架树种的筛选

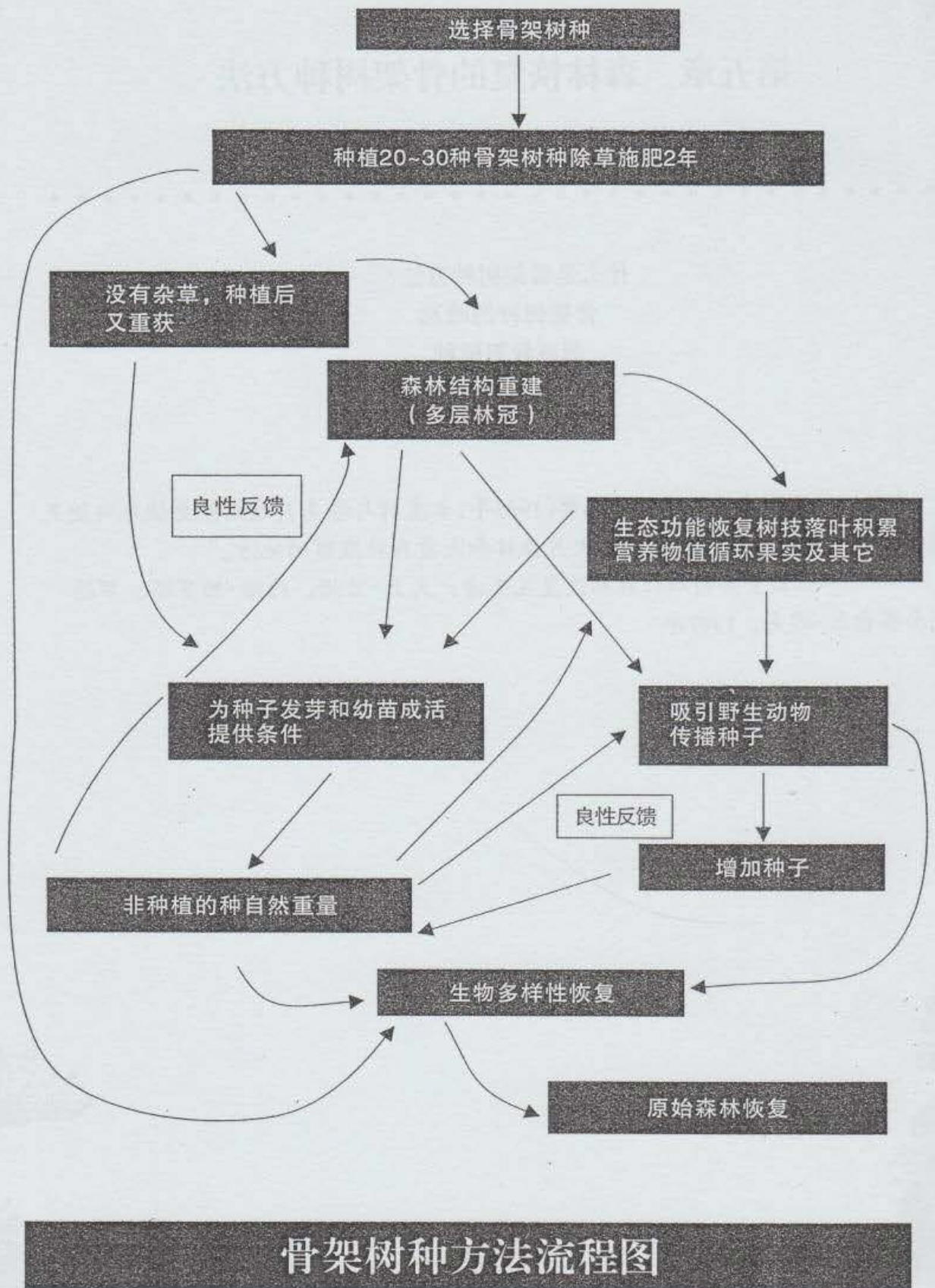
测试骨架树种

“骨架树种方法产生于昆士兰北部(1995年,古塞姆与塔克),选用能更快地促进天然演替的乡土树种,最适于还存有大片森林和大量森林残留的地方。”

——世界上最重要的四位森林恢复主义者:大卫·兰姆、约翰·帕罗塔、罗德·克南和奈吉尔·塔克,1997年









“对雨林的破坏激起了许多人前所未有的强烈反应——保护雨林，不能的话，重建雨林。”

——史蒂夫·古塞姆和奈吉尔I·J·塔克，“恢复雨林”，1995

## 第一节 什么是骨架树种方法

尽管森林恢复是一门新兴学科，但是有几种方法已经开始实施。在ANR中，已经采用而且是从不种树到种植原生顶级森林的一些树种(如最大多样性方法)。骨架树种方法是介于以上两种方法之间的方法，对恢复生物多样性比前者较为有效的方法，这种方法所需要的投入也比后者少。

骨架树种方法与种植适量的关键树种相结合，根据它们促进生物多样性恢复的潜力挑选关键树种，并结合各种ANR技术以促进天然更新，从单一的树种活动创造一个自我持续的森林生态系统。该方法首先在昆士兰北部用于修复受到损害的热带雨林，现在也被用于泰国北部采伐迹地季节性干旱热带林的恢复。

### 什么是骨架树种？

骨架树种是一些乡土的、非驯化的森林树种，如果把这些树种种植在退化地和采伐迹地上，可以起到增强森林更新和促进生物多样性恢复的作用。

### 骨架树种是如何发挥作用的？

骨架树种方法涉及种植20~30种通过认真挑选出来的树种，并且还要细心管护2年甚至几年。所种植棵树“重新占领”这些地点，通过杂草遮阴和多层林冠层发育重建森林结构。他们要恢复生态系统的进程，如营养循环和改善种子萌芽条件和树种(非种植的)的生长，通过创造一个比较凉爽、潮湿的小气候环境以减少杂草的竞争能力。

生物多样性恢复还需要把野生动物吸引到所种植的树林中，20或30多种树种只是代表了热带林森林生态系统中树种总数的一小部分。要恢复原生林树种组成，就必须要有野生动物，一旦所种植的树种具备了一定的条件，那么这些树种的花和果实以及种子就能对一些传播种子的动物具有吸引力，可以吸引一些鸟类和兽类等动物。这些动物可以把恢复地附近原生林中的各种种子搬运到种植了树的地块中。从这些种子萌发出的树种，可以称为天然“子代”，最终可以起到把森林恢复到从前



的原始状态的作用。

### 骨架树种具有什么样的特征？

骨架树种最重要的生态学特征是：

- 种植在采伐迹地后成活率高；
- 速生；
- 茂密、宽大的树冠可以把杂草的光线挡住；
- 开花结实早或者提供其他的资源对传播种子的野生动物具有吸引力。

此外，骨架树种还应该是采用简单的技术方法容易进行苗圃繁殖的。不适宜的树种不宜种植。因此，骨架树种苗圃的特点包括可靠的种子生命力、快速和同步种子萌芽，并且最重要的是要能够培育各种不到一年且大小适宜的可进行种植的幼苗。

在季节性干旱热带地区，每一年旱季野火都是一个灾难，因此另一个骨架树种的特点是还必须具有抗燃性。当防火失败时，森林恢复的成功与否就取决于这些所种植树种在被火烧后的重生能力。



图5-1 骨架树种的特征之一  
(冠幅大，早郁闭)

### 是否还有其他的对生物多样性保护重要的树种特征？

珍稀濒危树种需要特别的条件，在森林恢复中种植这些树种，可以起到防止灭绝的作用，即使有些珍稀濒危植物不具备骨架树种的特点。世界自然监测中心的数据库中保存了世界的濒危物种数据。

另外，大型种子传播动物(如大象、野牛和犀牛等)已经消失了，在种植树种时考虑一些依靠大型动物传播种子的树种(通常顶级森林物种)对于森林恢复是非常有益的。

### 骨架树种是先锋树种还是顶级树种？

骨架树种混交种植应该要有先锋树种和顶级树种(参见第3章介绍)。Goosem和Tucker(1995)建议在种植时至少要有30%为先锋树种，通过先种植一些先锋树种和顶级树种，可以缩短森林演替的周期，许多顶级树种在空旷、阳光充足的采伐迹地或疏林地中生长情况很好，但是这些树种不能够主宰这些地带，因为缺乏种子传播



的动物。许多顶级树种依赖大型动物传播种子，大型兽类动物的减少就限制了一些顶级树种传播到采伐迹地中的途径，也包括所种植的这一类先锋树种的种子传播，克服这个困难促进顶级森林的更新还是可能的。

速生的先锋树种会迅速郁闭其树冠把杂草的光线挡住，而一些顶级树种又可以在先锋树种庇荫下的下层生长，补充森林树种的多样性和增加野生资源。先锋树种在种植15~20年后开始衰老和死亡，这时下层的顶级树就逐渐取代了先锋树种的位置。

### 种植什么样的骨架树种对野生动物具有吸引力？

任何树都可以为鸟类提供暂时歇息的栖息条件，同时树还可以为鸟类提供食物或巢穴，并能够吸引种子传播的动物在这里待更长的时间，在这段时间里，动物就会储存种子，同时也是恢复森林的原始树种组成过程的开始。因此，种植的骨架树种可以起到诱引种子传播动物的“诱饵”的作用。

在第3章中已经介绍过，未受到破坏的森林和种植地块间种子的传播是相当少的，常见的是靠吃果实的动物物种，这些动物既可生活在森林里，也可生活在采伐迹地。包括小到中等的鸟类，尤其是夜莺、蝙蝠和一些其他的中等体型的兽类，如狸猫、刺猬、野猪和鹿等。

对野生动物具有吸引力的树种种植后，通常需要3~5年左右的时间才会结出小至中等大小的多肉果实（如泰国北部的 *Brassiopsis ficifolia*, *Callicarpa arborea*, *Castanopsis tribuloides*, *Eugenia grata*, *Ficus bispida*, *Ficus semicordata*, *Ficus subincisa*, *Glochidion kerrii*, *Heynea trijuga*, *Macaranga denticulata*, *Macbilus bombycina*, *Prunus cerasoides* and *Rbus rbetsoides*）或开出富含花蜜的花。鸟类喜好的一些树种包括：*Alseodapbne andersonii*, *Balakata baccata*, *Bischofia javanica*, *Cinnamomum iners*, *Duabanga grandiflora*, *Erytbrina subumbrans*, *Eugenia albiflora*, *Ficus glaberima*, *Ficus semicordata*, *Ficus subincisa*, *Helicia nilagirica*, *Hovenia dulcis*, *Pboebe lanceolata*, *Prunus cerasoides*, *Pterospermum grandiflorum*, *Quercus semiserrata*, *Rbus rbetsoides* and *Spondias axillaries*。

在种植地昆虫数量的增加也可以吸引一些种子传播的鸟类和一些杂食性兽类动物，但是目前对于所种植的树种是如何影响昆虫的种群数量还不清楚，还有待于做进一步的研究工作以了解哪些昆虫与那一个骨架树种有伴生关系。

骨架树种方法中所种植的树在哪些方面会对动物具有吸引力还了解甚少，还需要进一步开展生态学和种子传播者食性的研究，以便能更好地筛选出对野生动物更具吸引力的树种。



### 营建骨架森林的设计关键是什么？

在某一特定地点上种植的20~30种骨架树种中，每一种树是随机种植的，平均间距1.6~1.8m(密度3086~3906株/hm<sup>2</sup>)。如果这一地带已经有了一些天然的幼树，那么就可以降低种植的密度，以保护这些自然生长的苗木，这是骨架树种方法中最关键的。

### 需要采取什么样的管理？

在营林早期，要经常除草以防止杂草与所种植的树苗的竞争，化肥的施用能促进树木生长，使树冠快速郁闭以挡住杂草的光线。在季节性干旱的气候环境下，有效的防火措施也是十分关键的。

对自然生长的幼苗和幼树也要防止火的侵扰，防止猎捕野生动物，保护传播种子动物的种群数量也是很关键的。人工林设计与管理的介绍参见第7章。

### 骨架树种方法有局限吗？

骨架树种方法取决于一些靠近种植地的、存活着的、未受到破坏或残存的森林树种，因为这些地方能为骨架树种提供种源。此外，合理的传播种子动物的种群密度也是骨架方法的关键。

如果这两个因素中的任何一个因素不能够具备，那么骨架树种种植地的天然更新也就不可能成为现实。在这样的地带，如果种植骨架树种在4~5年间没有促进生物多样性恢复，那么有必要补种更多的种。

## 第二节 骨架树种的筛选

### 有没有公布的骨架树种名录？

目前，除了澳大利亚昆士兰热带雨林和泰国北部季节性干旱林以外，还没有骨架树种的名录。此外骨架树种还必须根据骨架树种的特征进行评估后才能确定。可以结合文献和乡土知识确定出一些候补骨架树种，但是这些树种的生长情况还必须通过实地的试验后才能够确认。



## 如何筛选、候选骨架树种？

候选骨架树种应该是非人工驯化的、乡土的、适宜当地种植的树种。适合于原生林类型的树种，通过对种植地进行评估后，把筛选的树种进行测试或试验。虽然文献中通常对吸引动物的花和果实进行了介绍，但重要的是要通过观测把这些信息补充完整，对于挂牌的树木，需每月观察果实、种子以及动物对这些种子的传播情况。有关物候学方面的研究、种子采集时间、萌芽信息和每一树种对动物的诱惑力以及树冠结构的观察和判断树种有效遮蔽杂草光线的情况等。

多数热带林树种生长情况的相关数据现在仍比较缺乏，但是有关东南亚用材树种的信息现在已经有了一些手册。苗圃种苗生长监测或许也能够提供一些树种生长潜力的信息。在多数情况下，在苗圃中长势情况好的树种是值得把其种在野外进行测试的。

当地老百姓的民族植物学知识也可以为骨架树种的生长和筛选提供基础，在开展这样的研究时，与社区一同工作是很重要的，特别是那些具有刀耕火种农业传统的社区，社区村民在传统的实践经验中了解到哪些树种可以主宰丢荒地，哪些树种生长速度快。不过，这些研究结果必须严格细审，当地人有时提供他们认为会让研究者高兴的信息，而不是基于实际经验。迷信和传统也会歪曲树种作用的评估。所以，民族植物学信息只有在由几个不同社区的有不同文化背景的成员独立提供的情况下才是可靠的。

汇总收集的信息，进行评估，初步筛选出候选的骨架树种。



图5-2 当地人提供的信息对骨架树种的选择很重要



表5-1 用于野外试验的候选骨架树种的初步筛选

骨架树种特征	文 献	苗圃研究	野外观察	民族植物学
乡土、非驯化的适生生境/评估	通常在植物学书中进行描述		对未受到破坏的森林附近的地块进行调查	不可靠的： 村民有时会把乡土的树种和一些外来树种混淆
成活率高，生长情况好	发表的数据少，但是可以借鉴PROSEA手册	评估种苗成活和生长情况	评估在丢荒地中自然生长的树木的成活和生长情况	向当地老百姓了解在丢荒地上那些树种容易成活和速生
林冠茂密，遮挡杂草光线	介绍树冠结构的文本很少		观察林中树冠的结构、丢荒地中树冠的结构以及下层杂草的情况	
对野生动物具有吸引力	果肉和花蜜丰富		观察果实类型和动物吃食果实或花的情况	村民通常会知道哪些树种会吸引鸟类
抗火、耐火			如果有野外火灾发生的情况，还要观察过火后的树木存活及生长情况	村民通常知道哪些树种被火烧后能很快恢复
容易繁殖		萌芽试验和幼苗监测		
顶级/大种子	通常在植物学文献中有描述		观察顶级林中的树木种子和果实情况	

### 第三节 测试骨架树种

#### 如何测试候补骨架树种？

在筛选出候补树种后，就要开展野外测试和试验，以评估这些树种在多大程度上能够满足骨架树种的要求。试验的准备需要一年或更长的时间，在苗圃中用从母树上采集到的种子进行育苗，一般要有充足的种苗数量（每种 > 50株）。试验样地内，应该种植20~30种候补骨架树种。一个样地1rai（40m × 40m），在实际试验设计时，最小的要求是该大小的3倍，必须采用营林处理的方式。



## 多久可以评估生长情况?

在种植后的第2个雨季末（即1年半时），就要采用第7章第5节中描述的监测方法，对所种植的骨架树种的成活及生长情况进行评估。

影响生命力最大的因素是第一个干旱季节期间的干旱压力，到第2个雨季末，多数的苗木要么就成活，要么就死掉了。因此，在这个时期对树木的生长、成活情况进行评估是很重要的。相反，野生动物出现的时间和生物多样性恢复的时间要慢一些。监测这些骨架树种的特征必须继续进行至少4年的时间。

表5-2 在种植后第2个雨季末骨架树种生长情况的最低标准

测量	好	一般	基本	差
成活率(%)	$\geq 70$	50~69	45~49	<45
高(m)	$\geq 2.0$	1.5~1.99	1.25~1.49	<1.25
树冠宽度(m)	$\geq 1.8$	1.5~1.79	1.00~1.50	<1.0
减少杂草覆被	>1	0.5~1.00	0.40~0.49	<0.4
成活率(%)当防火失败或树木被意外火烧后	$\geq 70\%$	50%~69%	45%~49%	<45%



图5-3 FORRU筛选的骨架树种幼苗



## 是否可以根据树种生长的标准筛选骨架树种?

使用树木生长的标准来判断所种植的树种是否是合格的骨架树种时,应该灵活一些,树木的生长受各年的气候等因素影响会有很大的差异,今年的生长能够满足骨架树种的标准,明年就不一定了。

如果是使用种子种植,那么就要根据繁殖的容易程度来判断,在种子采集后一年内萌芽率 $\geq 40\%$ ,成活率 $\geq 70\%$ 。

野外生长标准参考FORRU的研究结果,可以用以初步评估骨架树种。

为了判断野生动物资源的食物源情况,在种植后4年内对树木的结实情况或花、果进行观察是很有用的标准。

筛选骨架树种需要结合定量指标进行客观的评估。根据测试,只有很少的树木能够满足所有的筛选标准,在20~30种混交种植的树种中,必须要集所有的骨架特征为一体综合考虑。

例如,尽管速生树种是比较受欢迎的,但是有少量的生长慢的树种,可以在林冠下层生长并形成多层的林冠结构,且能为野生动物提供栖息环境(图5-4)。同样,在混交林中也可以接受一些树冠狭窄的少量树种。



有经济价值的骨架树种(果实做肥皂、香波) *Sapindus rarak*

种植1年的 *Ficus subincisa* 可结出浆果,吸引传播种子的鸟类。



图5-4 有经济价值的骨架树种(果实做肥皂、香波)



如果被测试的候选骨架树种符合标准的太少，怎么办？

根据测试结果，如果只有少量或甚至没有可以满足骨架树种筛选标准的话，那么可以有两个备选方案挑选更多的树种作为候补骨架树种进行测试。

替代方法：那些在开始时测试不能满足标准的树种，可以通过各种手段进行试验，如果不能满足苗圃标准，繁殖技术可以采用更多的种植亲本材料（较好的基质、肥料等进行处理）。在野外，营林处理可以细致一些（如勤除草、覆盖物等），以促进生长和成活，加速林冠郁闭。

排序方法：使用排序方法进行筛选是把野外初步试验中失败的树种进行比较，将相对好的挑选出来，然后根据优先排序进行苗圃和野外的试验，用改进技术促进这些树种的生长。参见表5-3提供的例子，此时根据打分后排在50%的树种（即物种A、B和C（分值1~3）或者是那些总分最高的也建议做进一步的试验。所使用的技术要根据每一个设计的框架特点、恢复的目的而定。例如，如果认为成活率比幼苗的高度重要，那么在定分值的时候就要把成活率的分值定高些，然后在打分时还要把其他一些影响因素也要包括在内，如种植点的条件、离未受到损害的森林的远近、种子生命力或苗圃运作情况等。

表5-3 在试验失败的树种中筛选出最好的树种——采用打分排序的方法进行筛选

树种	成活		高		冠幅		总分排序
	平均(%)	排序	平均(m)	排序(m)	平均(m)	排序	
A	60	1	1.2	2	3	2	5
B	42	3	1.4	1	1	1	5
C	55	2	1.1	3	3	3	8
D	40	4	0.9	4.5	4.5	4.5	14.5
E	35	6	1.1	4.5	4.5	4.5	14.5
F	39	5	1.0	6	6	6	16

骨架树种的经济价值如何？

骨架树种最适于保护地生物多样性的保护，保护地的森林开发利用要降低到很低的程度。因此，商业价值要次于生态价值。但是，即使在保护地，也还需对当地老百姓利用森林的情况进行考虑。在这种情况下，一些非木材林产品的骨架树种也应该纳入考虑的范围中。

非经济树种是不存在的。在泰国北部开展森林恢复的工作中，与当地老百姓讨论的结果显示，骨架树种通常会生产出许多有用的产品和有利于环境的功能，这些树种包括传统医药、食物、饲料和水源涵养等树种。



## 第六章 种自己的树

\*\*\*\*\*

苗圃的设计与建立

采集种子

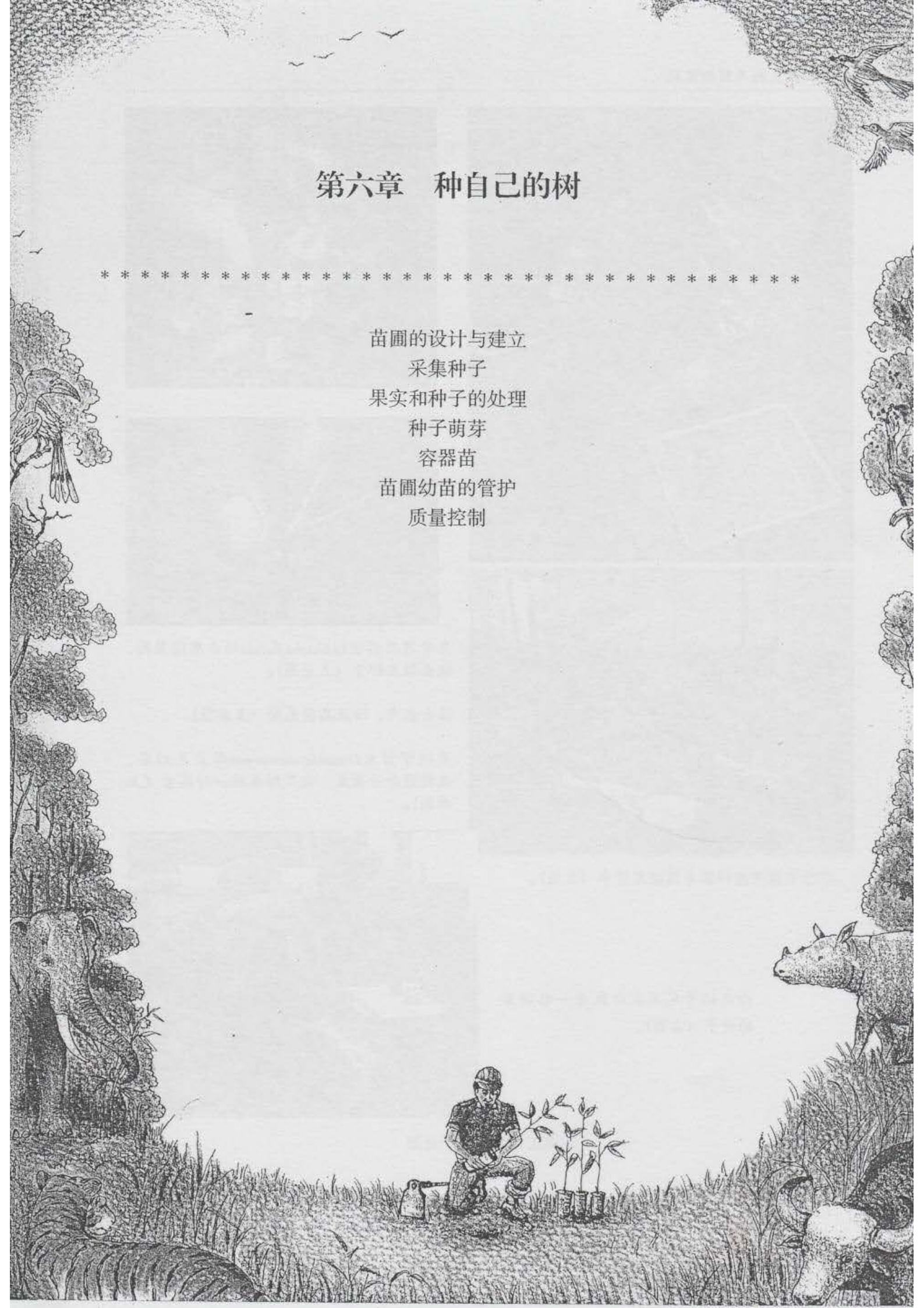
果实和种子的处理

种子萌芽

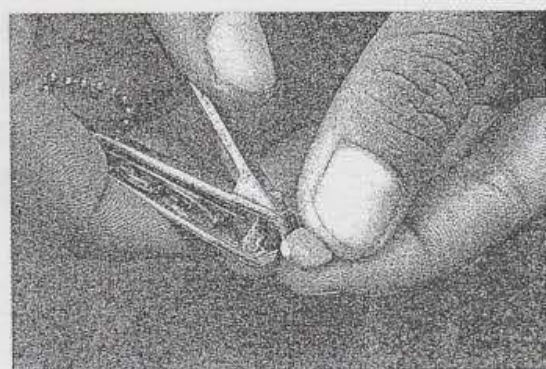
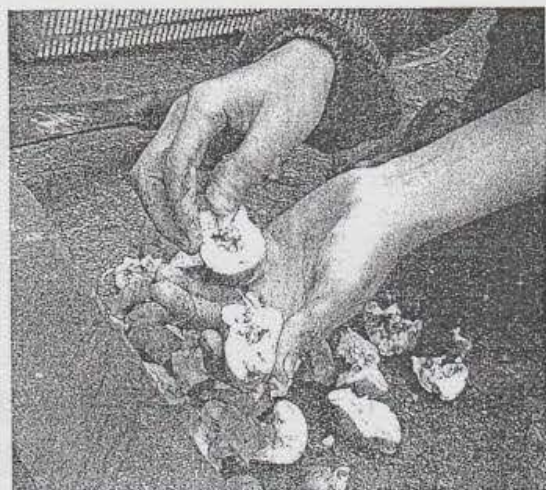
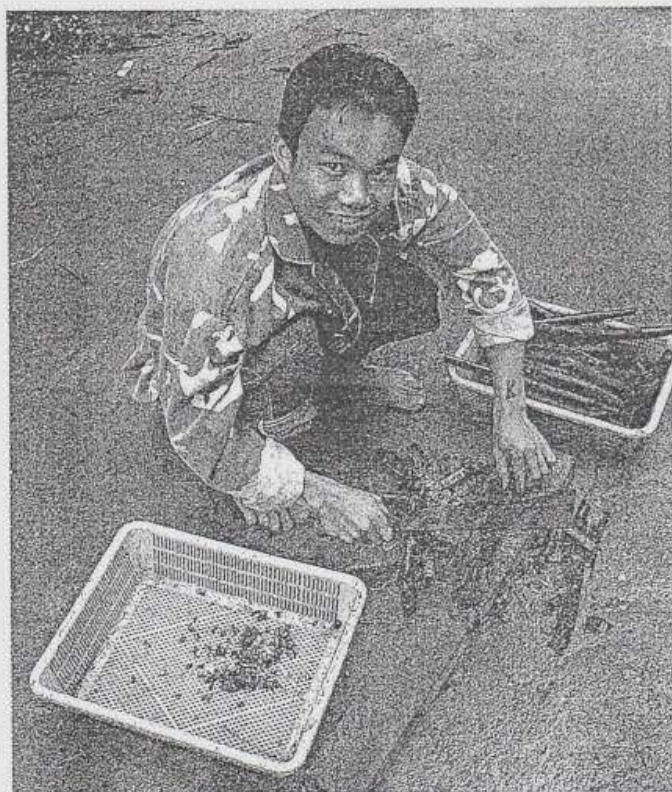
容器苗

苗圃幼苗的管护

质量控制







用弯刀刀刃轻敲*Cassia fistula*的木质闭果荚，极易取出种子（上左图）。

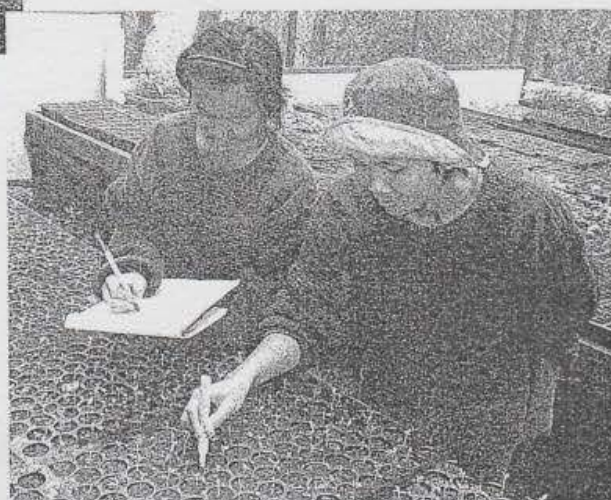
除去果肉，防止真菌感染（上右图）。

用指甲剪在*Ormosia sumatrana*种皮上刻痕，能促进种子萌发，这是划痕的一种类型（上右图）。



在育苗盘里播种容易监测发芽率（上图）。

白色记号笔用来计数每一粒萌芽的种子（右图）。



苗圃工作——种子处理



在制定森林恢复工作计划时，首先要考虑如何获得优质树苗进行种植。虽然目前商业性的苗圃也培育了一些经济树种，但却很少有骨架树种。因此，要进行森林恢复，在社区苗圃中培育所需的树苗是唯一的选择。尽管建立一个苗圃的投入很大，但与到苗圃中购买树苗相比，却有以下的优点：

- 由社区来承担的育苗工作包括树种选择、苗的质量和数量以及生产成本；
- 社区会为他们育出的苗木感到骄傲，他们会更加细心地管护苗木；
- 苗圃也可以成为一个教学和社会活动的基地，可以鼓励更多的社区参与到森林恢复的项目活动中；
- 社区苗圃的建立最好是靠近种植地，这样可以降低运输成本和避免在长途运输中幼苗受到损伤。

当有人开始建立苗圃，我们所得到的不仅是树，社区的力量加强了，社会关系会得到改善，参与该项活动的人之间也能够相互学习。

这里，我们就建立小型混合骨架树种苗圃所需要的基本技能和知识做一个简要的介绍。虽然所介绍的技术是在泰国北部进行科学试验的，但也可能适合附近地区，特别是经过一些实验以适应当地的条件。



图6-1 同心协力建设社区苗圃



## 第一节 苗圃的设计与建立

苗圃应建立在条件便利、有利于幼苗培育的地方，同时苗圃工作人员的安全和生活要有保障。

苗圃应该建在什么地方？

苗圃应避免选择在气候恶劣的地方建设，应该：

- 地面平坦或坡度较小，具有好的排水条件（如果坡度大就要求采用梯田式）；
- 遮阴或局部遮阴（可以在现有树木受到保护的地点）；
- 靠近水源的地方（但是要避免洪灾的风险）；
- 面积要足以培育所需苗木的数量，且有扩展的空间；
- 交通运输便利；
- 有适宜的土壤条件。

需要多大空间？

苗圃的大小取决于种树地点（造林地）的面积大小，这样便于计算每年需要该苗圃提供多少苗木，其他还需考虑幼苗成活率和生长率（确定苗木需要在苗圃中的时间是多长）。

例如，如果要种植的面积为每年4rai，那么就需要2000株树苗，苗圃面积大约需要50m<sup>2</sup>。

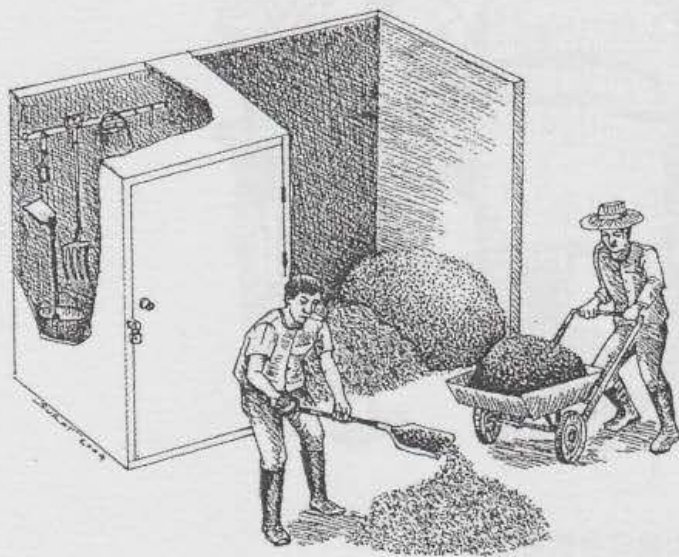


图6-2 材料库

苗圃的基本特点？

苗圃建设不应花费太高，应该就地取材。如回收的木头、竹子、棕榈树叶等都可以利用，关键的要求包括：

- 有遮阴的地方可以有利于种子萌芽，防止天敌掠食种子；
- 有遮阴的地方可以有利于幼苗生长直到可以出圃（遮阴应该是便于移动的，这有利于在苗木出圃前进行炼苗）；



- 准备种子的工作空间等；
- 可靠的水供应；
- 保存工具和苗圃材料的地方；
- 要有护栏防止动物破坏；
- 给工作人员和来访者有遮风避雨的地方和厕所。

### 应该如何设计苗圃？

认真考虑苗圃的布局和设计可以提高苗木生产的有效性，要考虑苗圃建立后会涉及的一些活动和苗圃附近材料移动的方便。例如，托盘的位置要靠近主要的通道，这样在幼苗出圃时便于搬运（图6-3）。

表6-1 苗圃的大小取决于每年种植地的面积大小

植树的面积 (rai/a)	所需 幼苗量 (株)	种子萌芽 面积 (m <sup>2</sup> )	炼苗面积 (m <sup>2</sup> )	储存室、荫棚、 厕所等 (m <sup>2</sup> )	所需总面积 (m <sup>2</sup> )
1	500	2	7	15	24
2	1000	4	14	15	33
4	2000	8	28	15	51
20	10000	40	140	15	195
40	20000	80	280	15	375

注：6.25rai=1ha

- ①萌芽棚（防止其他动物吃食种子）；
- ②苗床； ③工作区； ④基质，材料库；
- ⑤浇灌设施； ⑥交通便利； ⑦围栏；
- ⑧遮雨棚； ⑨卫生间

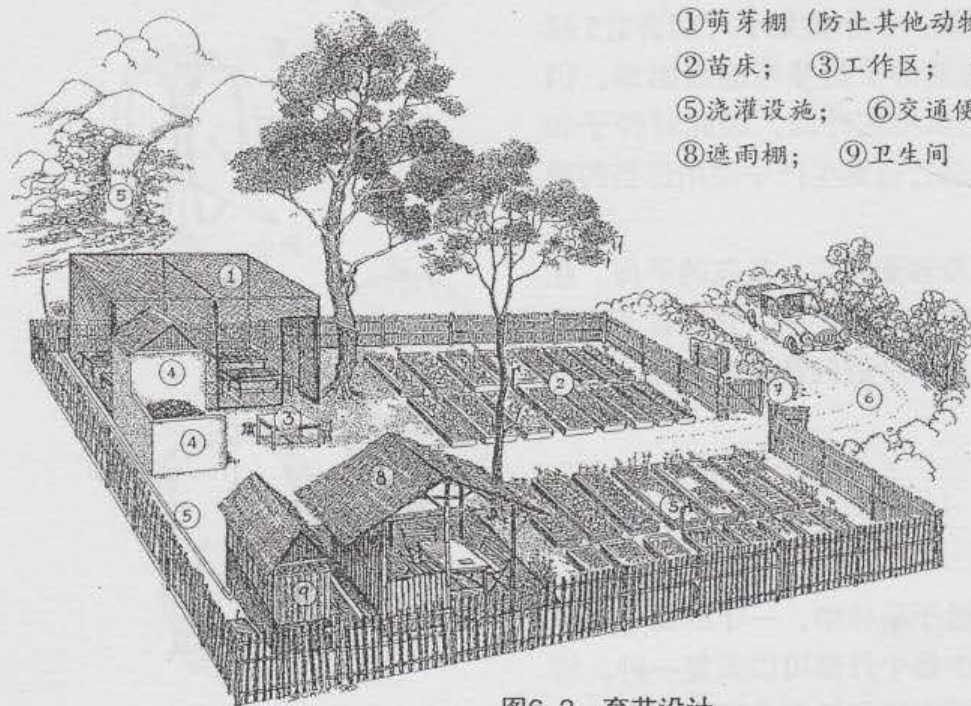


图6-3 育苗设计



### 需要什么样的工具？

育苗需要一些简单的、经济实惠的设备。如图6-4中的一些农用工具在社区中都有，在苗圃育苗时就可以利用这些工具。



图6-4 基本的苗圃工具

## 第二节 采集种子

### 什么是果实和种子？

在苗床中播种的不仅是种子，有时是整个的果实。如橡树和板栗的坚果（壳斗科）或有时是小坚果，小坚果是一个或几个包在果实坚硬的内壁（内果皮）里的种子，例如一个小坚果中可能会有5棵小苗长出。小坚果内的种子萌芽可能很困难，因为小坚果的外壁会把水挡在外面，因此对种子和果实的了解有助于在进行苗圃生产中使用适当的程序方法。

种子通常是在授粉和受精后，从花的子房、胚珠发育而成，作为有性繁殖的产品，它结合了母本和父本的基因，种子产生种群的基因多样性是必不可少的。

### 何时进行种子采集？

泰国北部的季节性干旱林中，一年的每个月都有许多树种结实，至少每个月都可以采集一种。结实高峰期通常是在旱季末期和雨季末期。

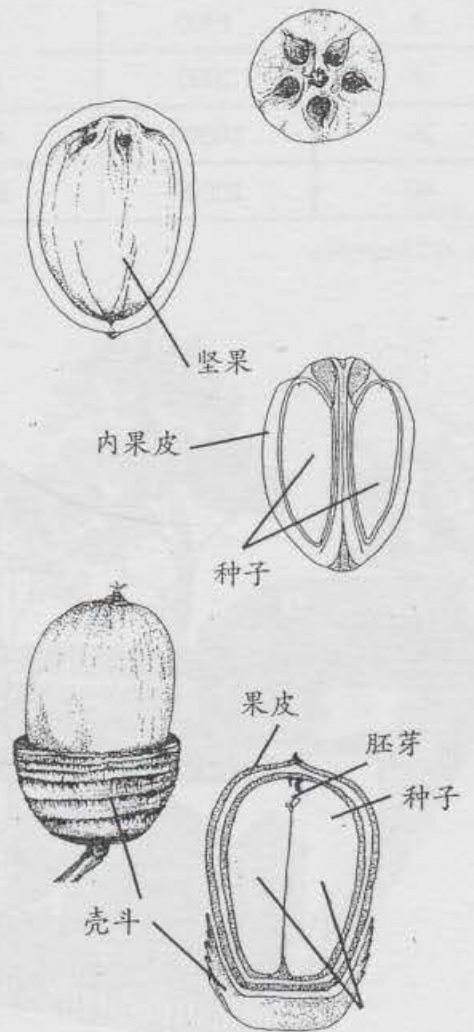


图6-5 种子结构



在森林中寻找采种树并要监测其开花结实的情况，以便判断最佳的种子、果实采集时间。采集果实要待种子完全成熟并在被动物吃食和传播之前进行采集。如果采集时间早了，种子还没有完全发育不利于萌芽，如果采集时间太晚，种子可能又失去了生命力。

肉质果成熟时通常果实的颜色会从绿色变浅，吸引动物。如果看到动物吃食这些果实时，那么就表明这些种子已经到了可以采集的时候了。有些果实在成熟时就会裂开外皮。

采集果实时最好是从树枝上采集，从树上采集的果实比直接从地上捡到的要好。

如果要爬到树上采摘时，千万不要单独行动，还需要使用一些安全的工具。采集种子最便捷的方法是使用采集工具，把工具固定在一个比较长的竿子上（图6-6）。有时摇晃树也可以得到一些果实。

要采集高大树木上的果实，唯一的方法可能就是在地上找种子或果实了。如果是在地上捡种子，要注意种子是否已经腐烂，把果实扳开看种子是否发育成熟，千万不能采集那些已经感染了真菌或是被动物咬过有齿印、被虫蛀的种子和果实。在地上捡果实、种子还需要确保是成熟后落下的。

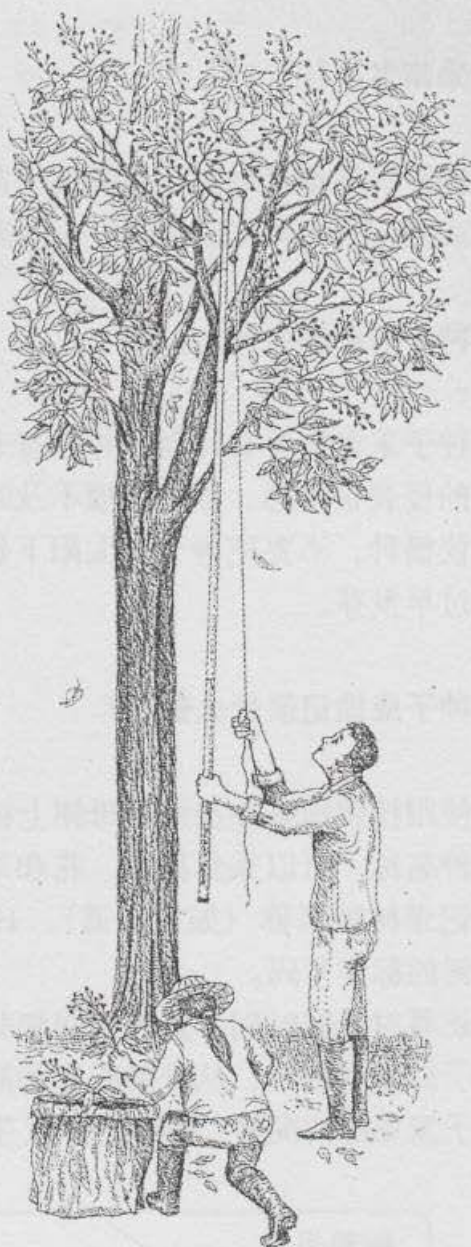


图6-6 采集种子

种子应该从哪里或从多少棵树上采集？

基因变异是种子适应变化的环境而得以幸存的关键因素，在植树过程中，生物多样性保护的基因保存是最重要的。

因此所种的树不一定都是有近缘关系的，这一点很关键。防止出现近缘关系最好的方法是至少从10株母树上采集种子。如果采集的种子只是从一棵树或很少的几株树上采集的话，那么所有的幼苗可能都会存在同树同胞的现象，一旦在种植地成熟后就可能出现近亲繁殖，子代基因也会出现损失。无近源关系的树种之间的杂交授粉可以恢复基因的多样性，但是只有当这些树是靠近种植地的时候才有用。

许多国际组织也建议在植树工程中要保存基因多样性：(1)种子应该从许多树上进行采集（最好是25~50株），而且采种点最好靠近种植地；(2)每株母树上采集的种子量应相同，并把它们混在一起后再进行播种。



### 应该采集多少种子?

种子的采集量取决于所需要的苗木量、种子的发芽率和幼苗的成活率。进行准确的观测记录，将有助于确定今后需要采集的种子量。

### 采集种子时应注意什么?

种子采集需要有计划，并且有专门的人员负责处理种子和播种。种子对细菌和真菌的侵袭很敏感，如果处理不及时或不恰当都会对种子萌芽有影响。种子采集后要尽快播种，不要把种子在太阳下暴晒，也不要放在阴暗潮湿的地方，种子容易腐烂或过早发芽。

### 采集种子应该记录什么信息?

使用挂牌标签并在采种母树上标注号码，以便下次采集时能找到。如果不能确定树种名称，可以采集树叶、花和果作为标本并请专家鉴定或请当地人辨认。用铅笔把记录树种名称（如果知道）、日期和挂牌上的号码，并在采种袋上也要标明采种母树的标签号码。

还要对采集时间、播种时间和萌芽时间等情况进行记录，填写数据表，记录所采种子的基本细节，从采集时直到播种期所发生的事情。根据这些信息可以了解哪些种子发芽的情况好、哪些种子发芽差，以便今后改进采集方法。

#### 记录表范例

种子采集数据记录表	
树种号:	批号:
科:	
种名:	俗名:
采集日期:	采集者:
树标号:	胸径:
从地上捡( )或是从树上采集到( )	
地点:	海拔:
森林类型:	
采集量:	
储存/运输:	
预播种处理:	播种日期:
所采集的种子标本( )	
植物标本标号	



### 第三节 果实和种子的处理

#### 在收集种子前如何处理果实？

在播种前，对于多数的种子，通常需要把它从果实中取出并进行灭菌处理，但处理方法则取决于果实的类型。

在采集前应该如何处理果实？多数树种的种子通常是要从果实中取出并在播种前进行清理。例如果实取出失败会出现真菌感染。处理方式要取决于果实的类型。

#### · 肉果

用刀尽可能把果肉取掉并进行清洗。把果实放在水中如 *Melia toosendan* 2至3天软化果浆以便将种子取出。一旦果实中的果浆被清除后，种子萌发就会相当快，而且可以立刻播种也可以把种子进行处理保存。

有些树种，去除果浆后就会有一个梨子包裹着一枚或更多的种子（如 *Prunus cerasoides* 和 *Spondias axillaris*）。如果要立刻播种，就要把粗糙的木质种皮破开以便水分可以进入胚胎触发萌芽。可以采用小锤、刀等一些器具划开种皮但要注意不要损伤种皮里的种子。

#### 裂皮干果

裂皮干果如豆科植物 (*Erythrina subumbrans*) 会自然裂开，因此要把种子放于干燥、通风的地方直到完全自然裂开种子会自己掉出来或者也可以摇晃将种子抖落取出。

#### 不裂皮干果

干果不会自然裂开（如 *Cassia fistula*，必须要用工具破开。

有些不裂皮干果如 *samaras* 和坚果的种子通常不易取出。可以把全果放在萌芽盘中。在有些情况下，可以去除果实的翅，如 *Samaras (Acer spp)*、坚果的壳斗，如橡子和栗子（分别属 *Quercus spp* 和 *Castanopsis spp*）。

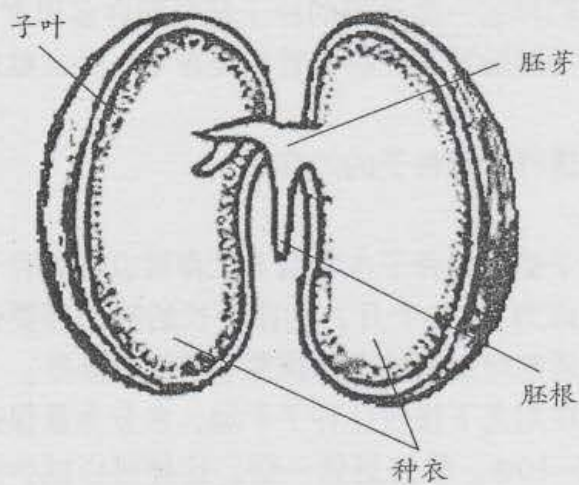


图6-7 种子结构



## 为什么要贮存种子?

贮存种子通常会降低种子的生命力。多数情况下,最好的策略是在种子采集后立刻播种,但是有3个理由能够说明种子贮存的必要性。第一,种子贮存可以把种子分散到需要这些种子而当地又没有的地方;第二,种子贮存可以缩短速生树种在苗圃中的时间,在采集后立即播种,会使速生树种的幼苗在适宜种植时间前已经长至可以种植的大小。这些幼苗必须进行修剪以防止他们很快冒出育苗容器,而且在移栽前必须要把他们保存在苗圃中几个月的时间,浪费空间和资源。在播种前如果把树种种子贮存起来,在适当的时间进行播种,那么就可以在最佳种植季节幼苗的大小刚好合适。第三,有些树种的果实比较大,有些年份结实,而有些年份又没有果实,这些树种的果实也就需要进行贮存,以备没有果实的年份使用,同时又能满足种植的需要。

在种子贮存期间,主要的目的是保存种子的生命力。因而必须防止昆虫侵袭或真菌感染,同时保持环境的适宜性以减少种子呼吸和新陈代谢。“传统”的方法是将种子存放于干燥、凉爽(或冰箱)的地方,这样也可以保持种子生命力。另一方面,“顽固”的种子也会有许多的问题。

## 传统的和顽固的种子之间的区别?

传统的种子可以干燥,让种子的水分含量很低,但又不会影响种子的生命力,可以贮存在低温条件下(通常零下几度)。

相反,顽固的种子对干燥和低温都十分敏感。有些种子甚至根本没有休眠期,多数种子不能通过干燥的方法把水分含量降低到60%~70%,也不能进行低温处理。

贮存这一类顽固的种子就受到许多因素的限制,通常需要具备一定的技术,如果想要试验种子贮存,首先要参考一些文献以便了解种子的特点。

## 如何进行传统种子的贮存?

干燥后的种子在常温下贮存可以保持种子的生命力12~24个月,贮存更长的时间需要低温,通常对短期的森林恢复项目没有必要。

在阳光下慢慢让种子干燥,水分含量保持在5%~10%,最好更低一些。这样可以减少种子的新陈代谢作用,并能够防止真菌的生长。为了确保能够达到干燥的标准,可以称一些少



图6-8 密封保存的种子



量的种子样品，把他们放于120~150℃的炉子中约一个小时，把种子从炉子中取出进行称重，重量的减少不应该超过10%，进行试验的样品要扔掉。

在种子干燥后，要立刻把他们放进贮存容器中，并要把容器口进行密封，以防止水分和真菌孢子进入。如果需要经常打开贮存容器，那么就把种子分成小袋包装贮存在容器中，把种子与空气和水分接触的几率降到最低。在种子贮存容器中放上干燥剂。

### 如何缩短种子休眠？

在种子的传播期间，种子休眠可以起到自我保护的作用，并能够确保在自然生境中，在一年内的最佳时期发芽（参见第3章）。但是，进行苗圃育苗生产通常需要尽快发芽，人工的苗圃环境也可以为种子萌发创造条件。在森林里，休眠是苗木成活的条件，而在苗圃中，休眠妨碍了有效的种苗生产。因此，把种子从果实中取出后，就需要采用适当的处理方法打破种子的休眠。打破种子休眠的方法取决于每一特定树种的休眠机制。

当种子深层的胚乳吸收到水分后就会萌芽，带壳的种子就可以阻止胚乳对水的吸收，打破种子休眠最简单的技术是把种子的外壳破开。小种子可以使用砂纸摩擦种子外壳能起到很好的效果，这些技术称为种子表壳划破法。在划破期间，要特别小心不要伤害胚乳。也可以把种子浸泡在水里或硫酸中，但是这种处理方法可能会伤害到胚乳。

有些树木的种子，休眠机制可以起到防水的作用，对于这样的种子，建议采用酸处理。酸会损坏胚乳，因此在用酸处理种子时，浸泡的时间要刚好能够破坏外壳而又不伤到种子内的胚乳。

有些种子萌芽需要通过一些化学处理才能够打破休眠，如一些果肉丰富的果实，这一类种子在采集后要确信把果浆取出，如果要进行化学处理，还需要把残留的化学药剂洗干净。也可以进行反复的浸泡和干燥处理。

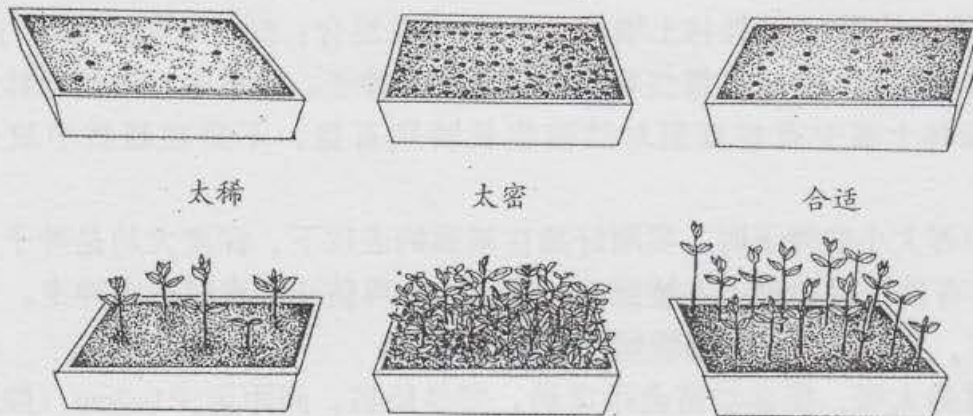


图6-9 播种密度



## 第四节 种子萌芽

萌芽有三个重叠的过程，吸收水分使种子外皮皱起、种皮脱落裂开，营养物质被激活且输送到胚乳的根部和梢部，然后幼芽开始生长并从种皮中伸出。在萌芽实验中，计算种子萌芽要到小苗长出才能计数。

播种是种子处理的最后一个环节，标志着生长过程的开始，确定种子播种的时间要根据各树种的结实时间或贮存时间，估计其在苗圃中生长所需要的时间。

影响种子萌芽的3个主要因素是水分、温度和光。提供适宜的环境条件使种子能迅速、同步萌芽是很重要的。萌芽后的幼苗是十分娇嫩的，容易感染病害、机械损伤、胁迫或被掠食，因此这段时期要特别细心的管护以避免出现这些问题。

### 如何确保种子的质量？

使用优质的种子进行播种是很重要的，用于播种的种子应该没有真菌、动物的牙齿痕或昆虫蛀的小孔等。大种子检验的便捷方法是将种子放进装满水的水桶中2~3小时，把漂起来的种子捡出来扔掉即可。播种坏的、差的种子是浪费时间和空间，而且可能还会把一些病菌传播给其他的苗木。

### 如何播种？

种子播种的托盘要用适宜的基质，深约6~10cm，要有许多的透气孔。萌芽基质要能够提供幼苗发育所需的营养，还要有空气并透气。幼苗的根需要呼吸，萌芽基质必须透气。如果基质中水太多，空气不易进入，苗根容易腐烂且引起病害。森林土壤与有机物质材料混合起来，如土壤与稻草或椰子壳混合在一起就形成一种很好的基质。

FORRU 建议：使用2/3的森林土壤与1/3的椰子壳混合；50%的森林土壤与50%的粗砂混合适宜小种子，特别是那些容易得猝倒病的种子。基质中有一些森林土壤是很重要的，森林土壤中有些真菌对幼苗生长特别有益，不要在基质中放任何肥料。

播种小或中等大小的种子时，要刚好播在基质的表层下，深度大约是种子直径的2~3倍，这样有助于保护种子不被掠食、缺水，并可防止浇水时被水冲走。如果老鼠和松鼠很多，那么苗圃还要用铁丝线防护。

如果种子播的太密，那么幼苗会很虚弱，容易染病。间距至少1~2cm（如果种子大，那么距离还要大些），以防止幼苗互相挤压。浇水要轻，最好使用喷雾器，浇水频率不宜太高，托盘最好放置在有遮阴的地方以防缺水时叶片凋落。



萌芽率高的大种子可以直接播种在单个的容器中，然后添上基质。

### 如何防止猝倒病？

猝倒病是指一种土壤中的病害，这种病害会侵袭种子，破坏幼苗发芽和幼苗生长，猝倒病前期会导致种子变软，颜色变成棕色或黑色。新萌芽的幼苗对猝倒病非常敏感，被感染的幼苗也逐渐变成棕色。

如果病害严重，就要使用一些杀菌剂，虽然使用化学药剂是不主张的，但是在病害发生时，可以使用少量的真菌剂。同时，也考虑开展森林恢复带来的环境危害因素。

种子可能进行过防病害处理，一旦幼苗被感染，就要立刻从托盘中清除掉以防止病害的扩散传播。基本的消毒措施可以减少病害和减少真菌剂的使用。播种不要太密，不要过多浇水，确保空气流通，勤洗手。

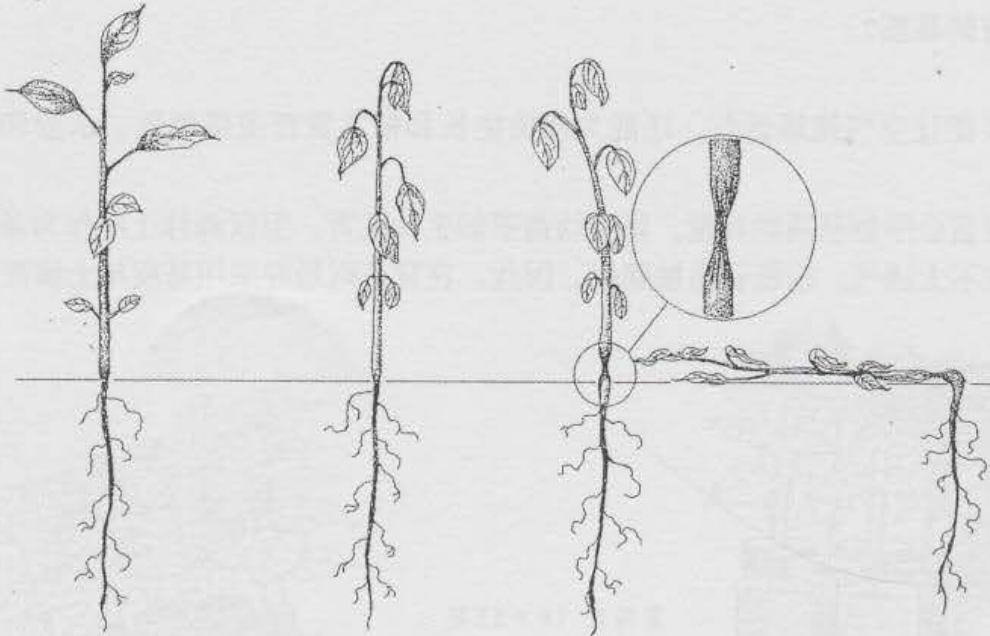


图6-10 猝倒病

## 第五节 容器苗

幼苗应该在容器中还是在苗床上生长？

可以采用两种方式育苗：

- (1) 把幼苗放入容器中；
- (2) 苗床(裸根苗)。



森林恢复项目适宜使用容器苗，裸根苗在运输途中容易受损。FORRU的实验结果表明，容器苗比裸根苗在种植一年后生长更迅速。

容器育苗的幼苗首先在托盘中萌芽，然后移栽到容器中，其生长直到可以移栽到种植地。容器可以保护幼苗在运输时不受损伤。

### 推荐何种容器？

容器的大小要够幼苗的根系发育，有足够的透气孔、轻便、价廉而且容易买到(图6-11)。

FORRU 在实验时采用的是黑色的塑料袋 (9英寸×2.5英寸)，既轻便又便宜，但也有缺点，袋子容易弯曲，特别是在运输过程中，会损害到幼苗的根，幼苗的根会从塑料袋的透气孔中长出来等。有关如何把这些问题降低到最小，参见第七章。

### 如何制作好的基质？

基质要能让空气流通透气，还能为幼苗生长和根系发育提供氧气、水分和营养物质。

容器育苗会限制基质的容量，影响幼苗根的生长发育，但仅森林土壤作为基质也不适宜，它不太透气，苗根容易被腐烂。因此，在育苗时最好采用基质与土壤混合。



图6-11 育苗容器的苗箱



需要多少基质？

不要低估了所需要的土壤和其他材料的量。例如，大约2000个黑色塑料袋(9英寸×2.5英寸)，需要1m<sup>3</sup>的土壤和1m<sup>3</sup>的有机质进行混合，可根据所选用的容器的大小(高和半径)用公式进行计算，所需的基质土壤量：

$$\text{基质总量} = \text{容器半径}^2 \times \text{容器高} \times 3.14159 \times \text{容器的数量}$$

如何把基质装入容器中？

首先要确保基质湿润，但也不能太潮湿，在必要时可以喷水。移栽小苗时，使用小铲子把基质装入容器中，然后放入小苗再添上一些基质，基质不能太松也不能太紧实。

什么是小苗移植？

把小幼苗从育苗盘中移到容器中就称为“移植”。移植幼苗时一定要细心，因为幼苗非常柔嫩，避免损伤幼苗。同时还要避免幼苗根系受到阳光的暴晒，最好是选择在阴凉的地方或傍晚的时候进行。

用小铲子把基质装入容器中，然后在容器中刨个洞把苗放入中央，注意不要把根压弯。用手指轻轻拿住小苗的叶片，把小苗从萌芽托盘中取出并放入容器中，然后再添上基质，基质距容器口1~2cm，不要装得太满，然后用手轻轻压一压(图6-13)。

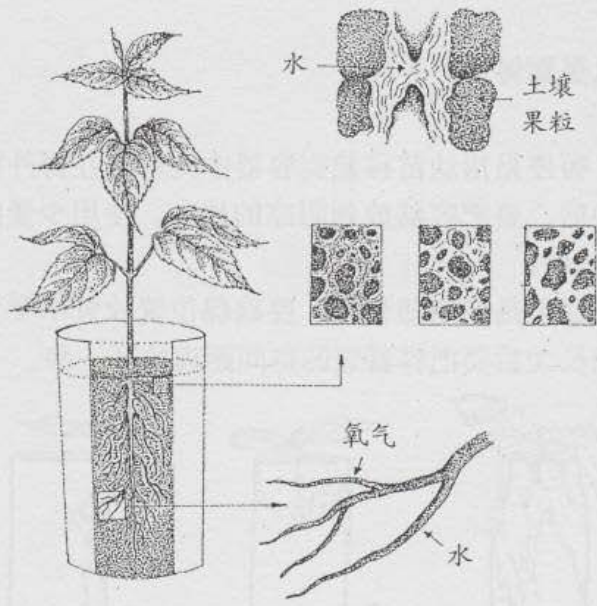


图6-12 基质的性质

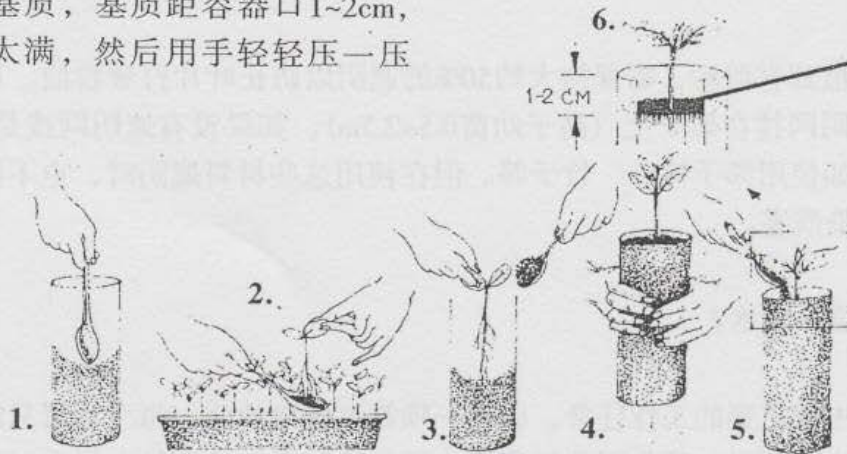


图6-13 幼苗移植图示



### 什么是暂停?

暂停是指幼苗移栽到容器中到种植在野外前在苗圃中的时间,在把苗移栽到容器中后,要把容器放到阴凉的地方,使用少量的尿素(1小勺对20升水)每天浇2次,连浇2周。

如果是使用塑料袋,要确保位置放置不要太挤,开始时可以相互挨着,当幼苗逐渐长大后要把容器袋的空间距离拉开一些。

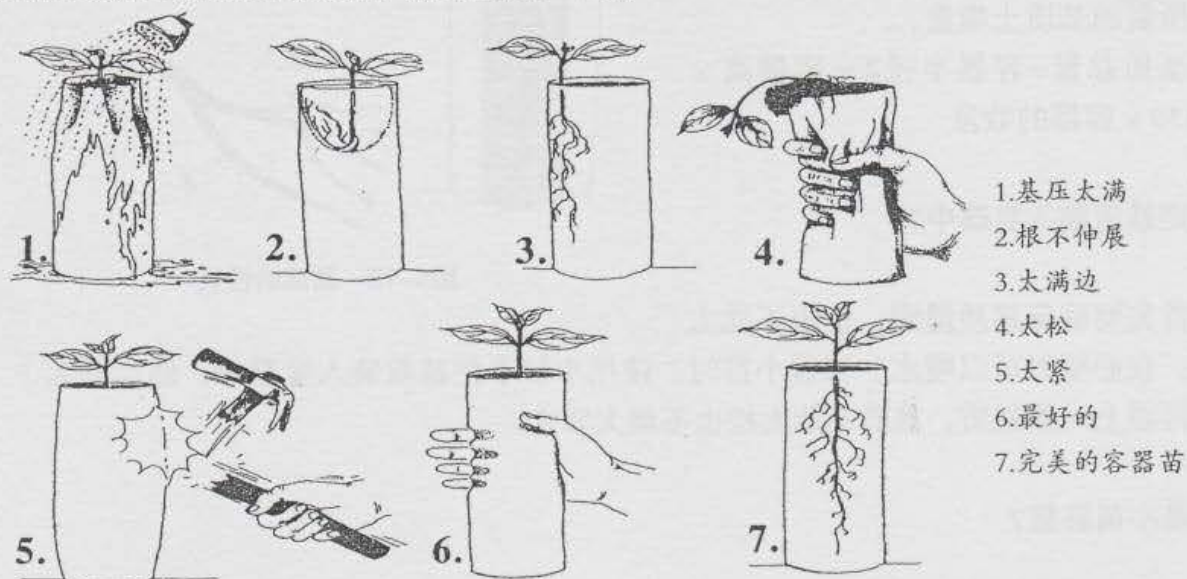


图6-14 容器苗移植的问题

## 第六节 苗圃幼苗的管护

### 需要多少遮阴?

在把幼苗移植到容器后,需保持大约50%的遮阴以防止叶片打皱卷曲。可以使用遮阴网,把遮阴网挂在架子上(高于幼苗0.5~2.5m)。如果没有遮阴网或是太贵,可以就地取材,如使用椰子树叶、竹子等。但在使用这些材料遮阴时,也不能太阴暗,否则容易感染病害。

### 多长时间给幼苗浇一次水?

浇水是苗圃中最重要的工作任务,也是一项需要技能的活。每个容器只能容纳少量的水,如果浇水不足,容易引起幼苗缺水而导致死亡,特别是在旱季。若浇水过多,又会把幼苗淹死。



大型的商业性苗圃都有一些喷灌设施，浇水也不需要花太多的力气，只需要把水龙头打开就可以了。但是在一些小型苗圃中，不可能安装这样的设施，而且培育的乡土树苗对水的要求也不相同，建议人工浇水，而且苗圃管理人员还可以根据情况时时调节适量的用水。管护人员可以根据情况判断是否需要浇水，如果基质还潮湿，那么就没有必要浇水了，如果土壤的表面干了，说明幼苗需要水。如果基质中有一些苔藓长出，那么说明水分太多了。

在雨季，苗圃是露天的，也没有必要每天浇水，可以几天浇一次。相反，在旱季就必须每天两次。

浇水时间最好在每天的清晨或傍晚，苗圃浇水是很重要的，负责浇水的人员应该做好每次浇水的记录。

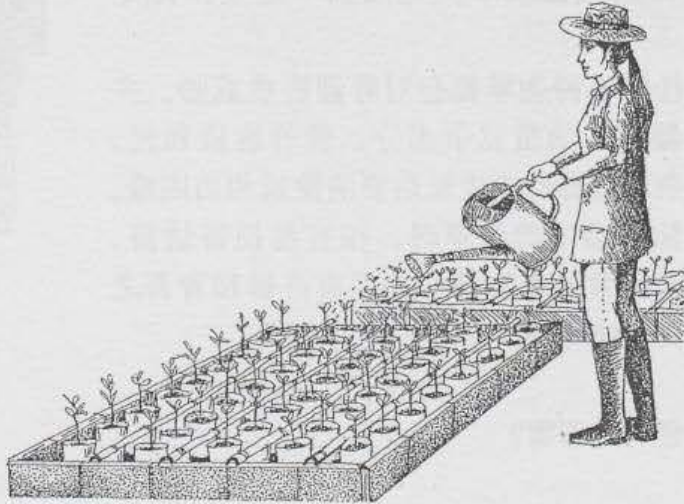


图6-15 人工浇水

是否应该施肥？

生长速度快的树需要大量的氮(N)、磷(P)和钾(K)，也需要适量的镁、钙、硫等和一些微量元素，如铁、铜和硼。可以在基质中加入适量的元素，如果没有的话，可以施用一些化肥。是否施用化肥取决于苗木的生长速率，或者根据幼苗的表征进行判断。在某些情况下，可能需要加速幼苗生长以确保幼苗能在种植季节出圃。如果发现幼苗弱小、叶片枯黄可能是缺乏营养了。

根据FORRU的实验，每袋施用粒状的N、P、K复合肥10粒(大约0.3g)，比例为14 : 14 : 14，每个容器3个月施一次。施肥不宜多，否则会烧伤苗根。速生树种没有必要施肥。

要进行菌根接种吗？

FORRU 实验发现，如果基质中使用了森林土壤，多数的森林树种都会自然感染上菌根真菌，最明显的是橡树、板栗这一科的。在泰国已经有了一些菌根接种的药剂，但是价钱非常昂贵。在实验中，也使用了这一方法，却增加了幼苗的死亡率(可能是在运用该产品时干扰了幼苗的根系)而没有促进幼苗的生长。因此，我们不主张在苗圃育苗中采用此法。



### 如何控制杂草？

苗圃周围的杂草要清除，因为这些杂草带有虫害和结子，杂草种子就会侵入到容器附近，因此在杂草开花之前一定要清除干净。

任何一种杂草都会对容器造成威胁，并与容器中的幼苗竞争水分、营养物质和光。一旦杂草在容器中生长后要清除就相当困难。在清除容器中的杂草时，很容易损害幼苗，因此要经常检查容器，如果有苔藓和青苔之类也要尽快清除。

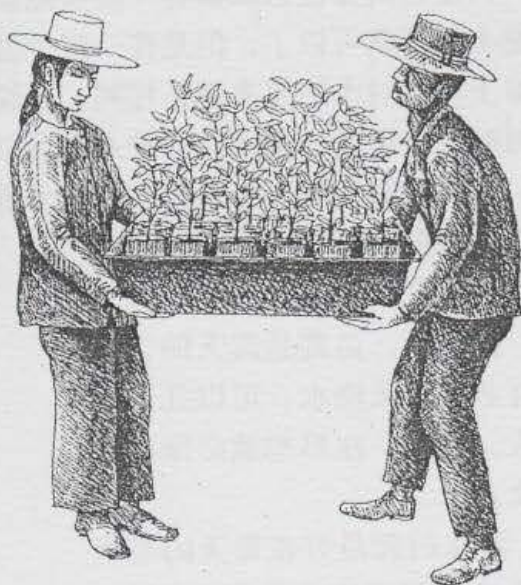


图6-16 苗圃管理的最终成果

### 什么会引起病害？

引起病害的原因主要有以下3个：

(1)真菌：真菌虽然对有些树种是有益的，但对其他的一些树种会导致猝倒病、根腐病和叶斑病的发生。

(2)细菌：多数细菌都是有害的，有些也会引起猝倒病、溃疡和枯萎。

(3)病毒：有许多树上都会有病毒，但是苗圃中大多不会引起严重的问题，有些病毒可能会导致叶斑病。

### 如何监测病害并将病害降到最小？

加强警戒是非常必要的，为防止病害发生引起严重的问题。首先，你自己要对一些普通的植物病害有所了解，每周要对小树进行检查，特别注意不要过多地给树苗浇水，让容器中的小苗有呼吸的空间和活动的空间。

如果发生病害，要把有病害的植株与其他植株隔离开来，把受到感染的叶片清除后用火烧掉。严重感染的植株要整株清除并烧毁或使用化学药剂喷洒。

不需要进行常规的化学药剂喷洒，而且化学药剂价钱很昂贵，如果使用不当还会引起很大的灾难。如果有必要对一批感染上病害的幼苗进行喷洒，那么首先还需要确定是什么病害(真菌、细菌还是病毒)，然后选择正确的化学药剂。例如，Iprodione可以抵抗由真菌导致的叶斑病，苯菌灵(Benomyl)也是一种广谱抗真菌药剂，克菌丹(Captan)对抗猝倒病很有效。在使用杀虫剂时，要认真阅读说明书按照说明使用。



### 如何防治虫害？

多数昆虫都是有害昆虫，有些昆虫可以迅速损害幼苗和苗根导致幼苗死亡。并非所有的害虫都是昆虫，如松材线虫、舌蟪和蜗牛甚至一些家畜也会导致这样的问题。

最重要的一些害虫包括食叶害虫，如毛毛虫、蝉，蛀梢害虫，尤其是甲壳虫和蛾蛹以及一些蛀根害虫。这些害虫除了吃食植物外还会传播病菌。因此对苗圃进行定期的经常性的检查，一旦发现虫卵等也要及时清除，不要亡羊补牢，而要防患于未然。

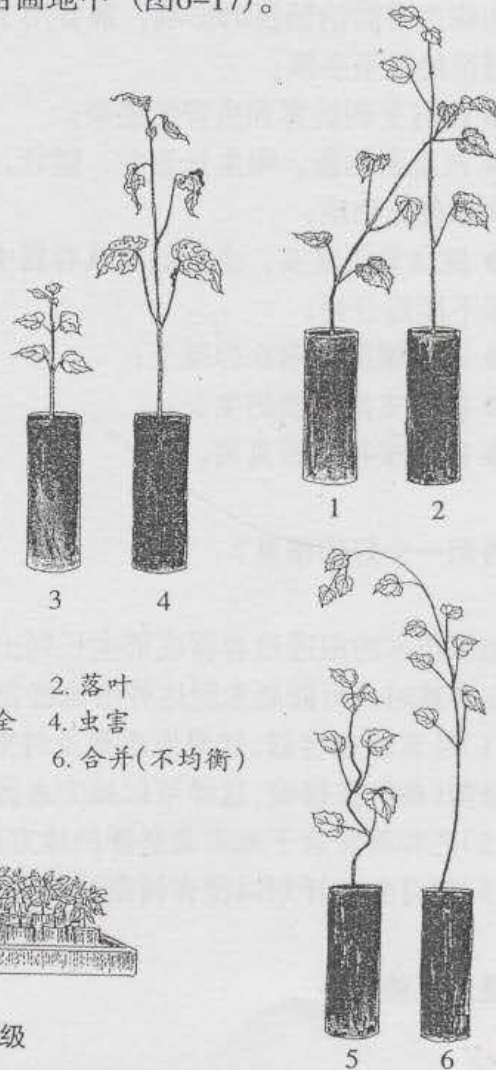
要防止狗、猪、鸡以及其他一些家畜进入苗圃地中（图6-17）。



图6-17 保护苗圃受家畜危害

### 什么是苗木分级，为什么重要？

苗木分级是一种进行质量控制的有效方法，涉及幼苗生长到种植时间的大小、抗病害能力等，只有茁壮健康的幼苗才能被挑选出来进行炼苗和种植到野外。杂草、病害和虫害都要及时处理，要把有病或质量差的小苗立刻剔除，苗圃要认真细心管护，不要循环回收使用容器中的基质(图6-18)。



- 1. 不直的
- 2. 落叶
- 3. 发育不全
- 4. 虫害
- 5. 畸形
- 6. 合并(不均衡)



图6-18 苗木分级



## 第七节 质量控制

苗圃管理人员必须要生产培育出优质的种苗，种苗被拿到采伐退化地种植要能够适应野外生长环境条件，能迅速在种植地生长，幼树的枝梢和根系要健康而且生长要平衡。这样可以减少移栽胁迫，降低树木的死亡率和在下一年的重新补种率。只考虑生产种苗的数量获得经济利益不顾种苗质量是极其错误的。

### 根系——我们想要什么样的？

在种植季节，幼苗的根系对于种植后树木的成活率远比枝梢要关键得多，而且也特别容易受到损伤。根系会在土壤的周围发育生长，为枝梢提供并输送水和营养物质。根生长受到所选择的容器、基质、浇灌系统和病虫害防治情况的影响，准备用于种植的容器苗的根系必须：

- 没有受到病害和虫害的感染；
- 枝茂密均衡，根生长正常、健壮，能够吸收水和营养物质；
- 根球紧密坚实，当把幼苗从容器中取出时根系不洒落分开；
- 不要螺旋攀附在容器上；
- 能够支撑枝梢的生长；
- 能够接种菌根真菌。

### 怎样得到一个好的根系？

如果苗木的根通过容器底部生长到土壤里，在把容器搬开时就会折断苗木的根，那么在移栽时，可能尚未到达种植地就会死掉，可以采取以下一些方法进行检查：

- (1)经常检查容器，如果发现要及时把可以看到露在容器外面的根用清洁的枝剪进行修剪(最好在傍晚，这样可以减少水分的损失)；
- (2)把容器置放于地表面坚硬的地方以阻止根系生长；
- (3)制订生产计划以便在树苗达到种植大小时就可以及时进行种植。

### 什么是空气修剪？

另一种防止根生长不渗透到容器外面的方法就是“空气修剪”。把容器置放在

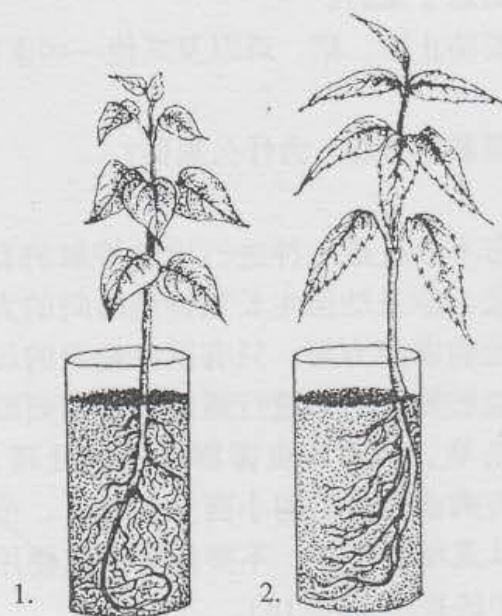


图6-19 畸形根



一个用铁丝线网支撑的地方。下面通风，空气就会把跑到容器外面的根吹干，也就不需要进行人工修剪了，但是成本就比手工修剪高多了。无论是人工修剪还是空气修剪都有助于根球在容器内的生长和茂密。

### 需要什么样的枝梢？

准备用于种植的容器苗，根系和枝梢的发育生长要均衡，根生长快速而枝的生长要缓慢些，这样能够使种植的树苗克服移栽震荡，并能在新环境中生长。

### 在种植季节时，苗圃中的植株需要长到多高？

事实上，植株的高度没有其实际的、新的茁壮生长能力重要，有些速生树种在30cm左右就可以移栽，而多数的树种要到40~60cm时才能移栽。一些小的种苗（低于30cm）比大的树苗具有较高的后植死亡率，因为他们不能与杂草竞争，但是稍大些的树苗可以抵抗移栽震荡。

### 有必要进行修枝吗？

速生树种的枝梢修剪是必要的，速生树种需要在苗圃中时间长，这样苗木太大，根也难以维持，在运输时也比较困难，大的幼苗其树干在运输和种植时容易被折断。

有些树种修剪会促进树枝的生长，这也许是件好事。因为在种植后树冠就会把

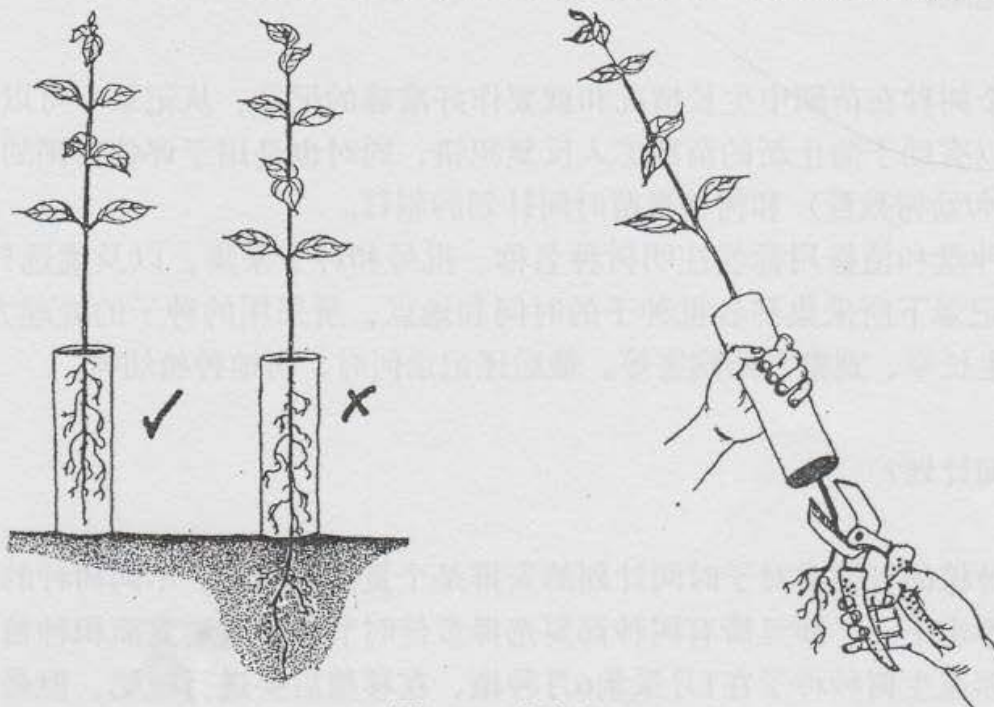


图6-20 根修剪



杂草的光线遮挡住并迅速郁闭。

在种植前一个月，千万不要修剪苗梢，因为苗梢有助于长出新叶，这时修剪就好比是植株面临运输胁迫的风险。在种植后，根系不能马上吸收到充足的水，因而此时要避免新芽的生长。

有些树种对修剪的反映不是很好或是对真菌感染变得很敏感，在对大量植株进行修剪前，要先用少量的植株进行修剪试验以测试其效果。

植株修剪从底部到25~30cm的位置，45°角大约距离根瘤1cm左右。

### 什么是炼苗，有必要吗？

炼苗是让幼苗从理想的生长条件向采伐迹地的艰苦环境条件过渡的过程。在苗圃中，幼苗得到周到的管护，并且提供了生长所需要的条件，保护其不受到伤害。如果幼苗得不到可能会面临着采伐迹地的热、干旱阳光照射等艰苦环境条件的适应性锻炼，那么幼苗可能在移栽中就死掉。

在种植前2个月，就要把准备拿到种植地种的树苗与苗圃分开，逐渐减少遮阴和减少浇水频度；在苗圃中的最后一个月要让树苗在阳光下生长。

浇水要逐渐减少到大约50%，目的是为了枝梢缓慢生长，发出一些幼小的嫩叶，这样植株原来是早、晚浇水就要只在傍晚浇一次了，通常一天一次给植株浇水也要逐渐每隔一天一次了。如果有植株叶片曲卷的情况，最好就不要减少浇水，因为出现这样的情况不浇水会导致植株衰弱。

### 应该保留什么记录？

要了解每个树种在苗圃中生长情况和就要作好准确的记录，从记录中可以学习经验。记录可以有助于防止新的苗圃工人反复犯错，同时也是用于评估苗圃的生产力和成果（树种/幼树数量）和树种育苗时间计划的制订。

把苗圃中种盘和植株用标签注明树种名称、批号和种子采集，以及挑选日期。使用记录表，记录下所采集到各批种子的时间和地点，所采用的种子的处理方法、萌芽率，幼苗生长率、观察到的病害等。最后还记录何时、何地种植幼树。

### 什么是生产时间计划？

乡土树种种植的种类多对于时间计划的安排是个复杂的问题，不同树种的果实时间各异生长率也不一，而且所有树种都要选择最佳时节和地块适宜面积种植才能促进生长。例如速生树种种子在1月采集6月种植，在移植后要进行施肥。但是如果幼苗生长没有所期望的那样快，就要保留在苗圃中到下一年适当的时间移出容器并



要进行修剪。

根据苗圃记录，一个树种的生产时间计划应描述对每个树种是如何进行种子萌芽和幼苗生长的。以此确保幼树在种子采集后的第一个或第二个雨季时生长高度达到种植要求。时间计划要包括种子采集的最佳时间、打破休眠的种子处理要求萌芽到移植的时间，适宜幼树生长的休止时间要求，最佳的施肥、修剪处理或者其他必须的促进幼树生长的步骤。生产时间计划是一个工作计划，要求根据种子活力、幼苗生长率等不同情况进行不断调整。

物种号：                      批号：

样本生产记录表

物种名： 容器苗编号

日期：

肥料处理：

修剪处理：

病虫害：

DISPATCHED

植株 编号	日期	地点	平均高



# 第七章 种植

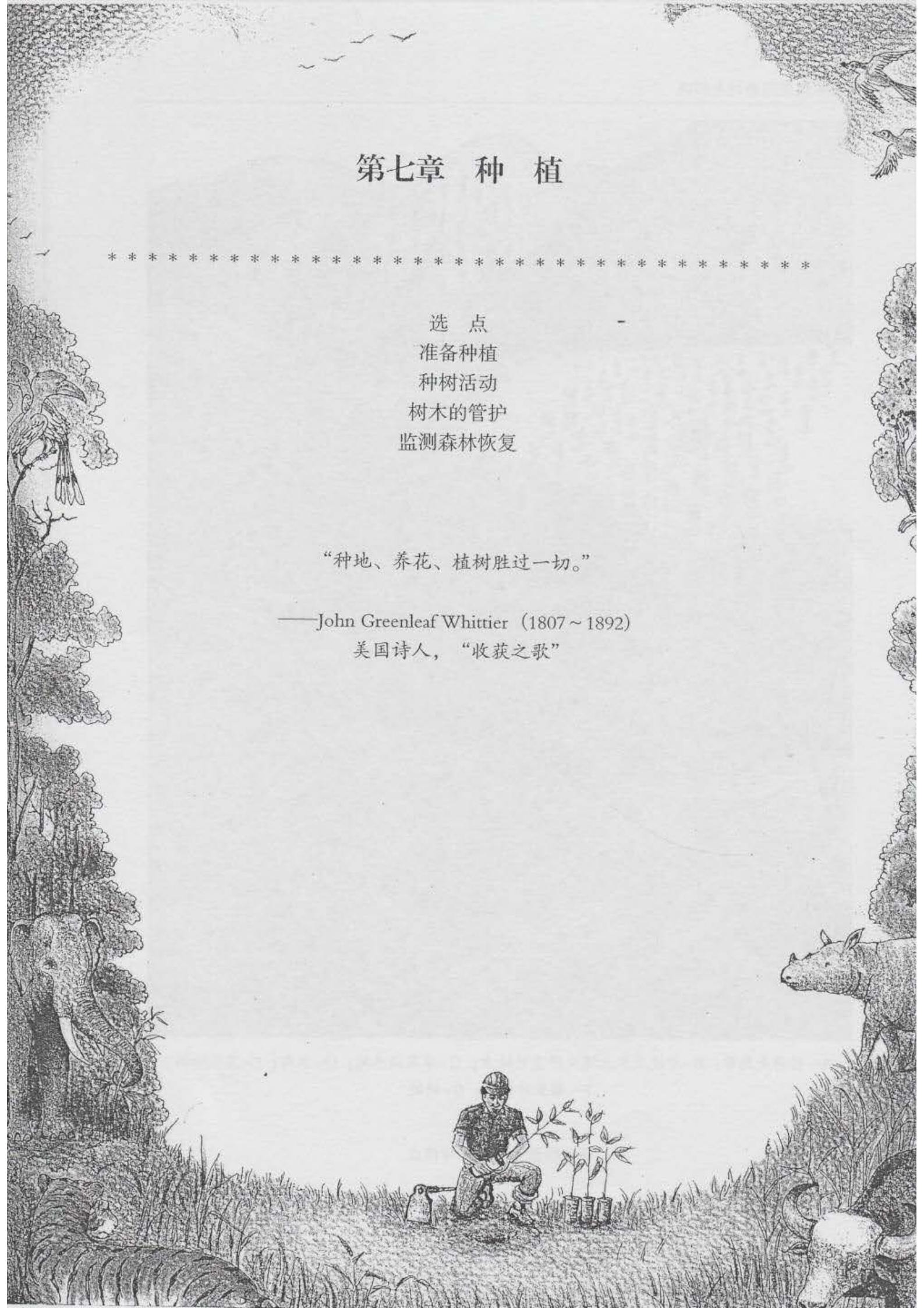
\*\*\*\*\*

选点  
准备种植  
种树活动  
树木的管护  
监测森林恢复

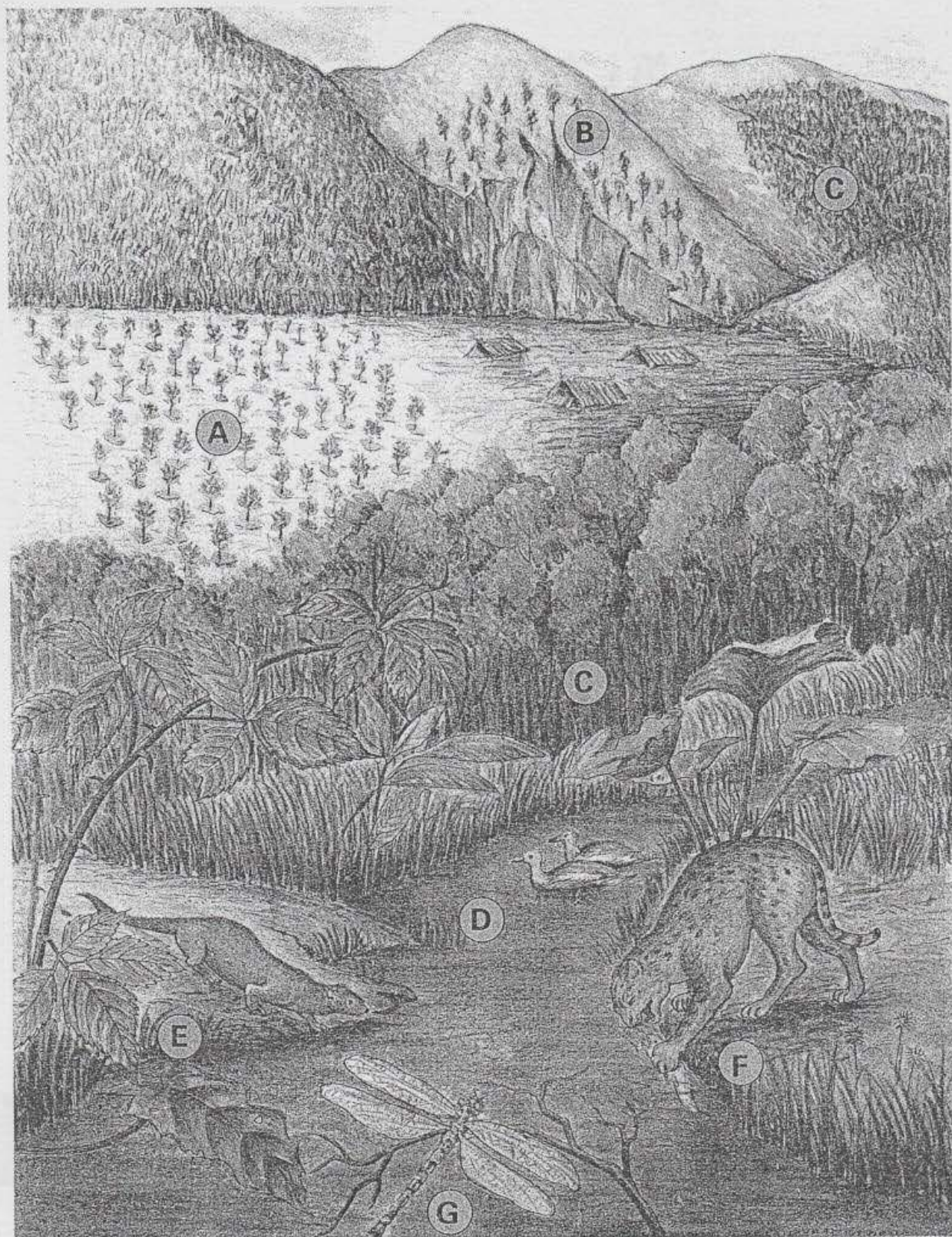
“种地、养花、植树胜过一切。”

——John Greenleaf Whittier (1807~1892)

美国诗人，“收获之歌”







A- 动物走廊带; B- 滑坡及水土流失严重的地方; C- 水源涵养地; D- 水鸟; E- 其他动物;  
F- 捕鱼的动物; G- 蜻蜓

保持价值最大化的种植点



他是上帝的仆人，种了一棵树，  
他的善意，福泽后世，  
那些他永生见不到的人会称颂他。

——亨利·范·戴克(1852~1933),美国诗文《友好的树》

毫无疑问，树木种植是恢复森林的重要活动。在一天的劳累工作结束时，你可以看到退化林地中繁星点点似的布满了种下的树苗。此时，对于辛勤劳作的人们感到非常的欣慰，大家都期盼通过这样的方法，以冲抵被破坏而导致的林地退化。然而，种上了树木并不就意味着森林恢复过程的结束，要想获得森林恢复的成功，还需要有长期的承诺，还要调动社区参与种树活动的积极性，通常在种植后保持对树木的管护是比较困难的。只有在杂草得到有效的控制、合理的施肥和有效的防火得到保障后，种树的工作也才会有效果。否则的话，对于种植者来说，即便是在苗圃工作中投入了巨大的努力，也会得到白费力气の結果。森林恢复是个过程，不只是种树活动。所以，这部分回顾了树苗出了苗圃后的所有对保证恢复森林项目成功所必需的活动。

## 第一节 选点

骨架树种应该种植在什么地方？

在第五章中已经介绍过，森林恢复的骨架树种方法是最适合于保护地区的国家公园、野生动物避难所、自然保护区等，这些区域内生物多样性是管理的重点（尽管这些地方也提供一些必需的森林产品）。该方法从长期来看是经济实惠的，但启动需要投入相当多的时间、人力和财力。因此，先挑选重点区域，在这里种树将对生态完整、生物多样性保护和环境保护产生最大利益，这些地点包括：

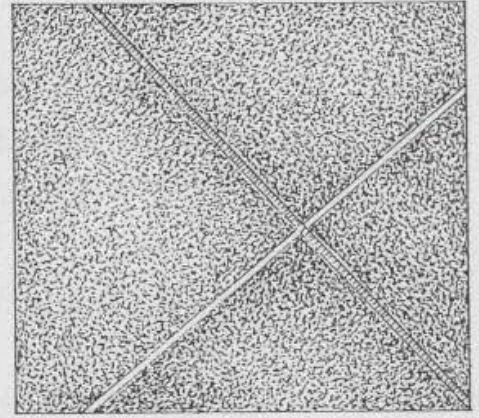
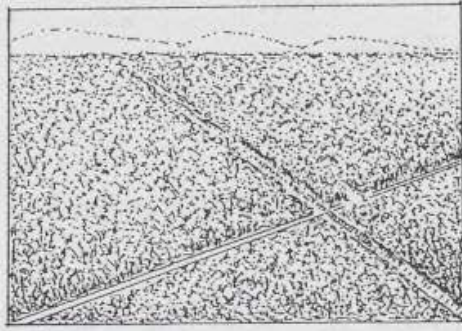
- 野生动物走廊带以改变森林片段化；
- 水源地及溪流两岸；
- 有水土流失和山体滑坡危险的地方。

什么是森林的片段化和破碎性？

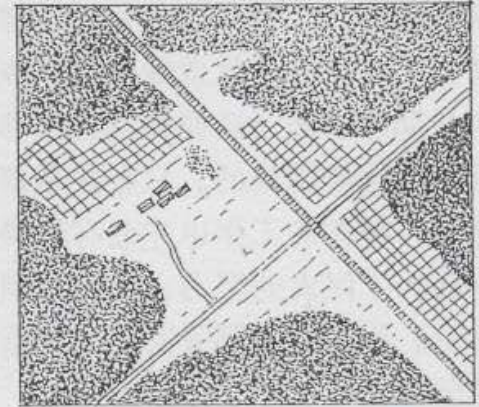
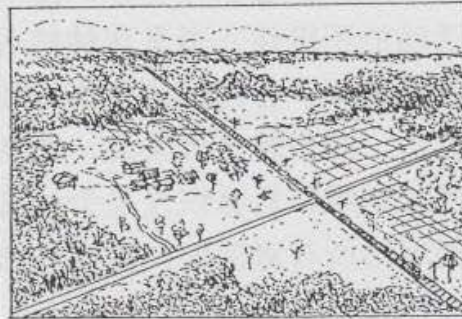
出现这些情况的原因大多是由于林区的道路建设、基础设施建设、农田耕作、采伐、烧地、蚕食等，森林被分割成为一些零星分散的碎片(图7-1)。



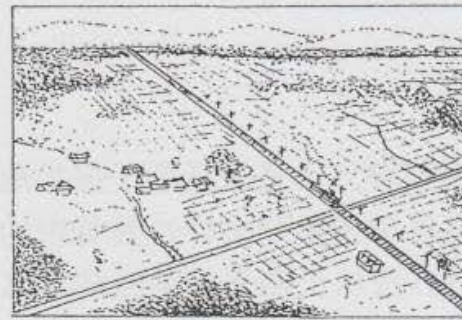
基础设施的分割



林窗



片断化



岛屿化

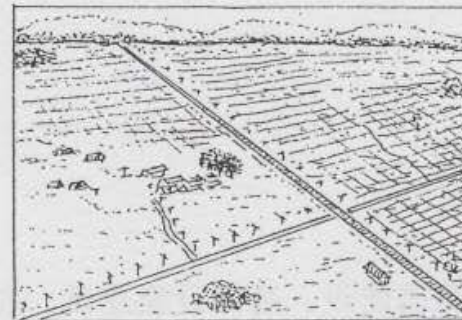


图7-1 森林片段化



## 什么是野生动物走廊带？

把破碎的森林连成片，通过种植骨架树种建立野生动物的走廊带，以减轻片段化、破碎性，这样的走廊带能够为野生动物提供从一个地方迁徙到另外一个地方的安全通道。野生动物走廊带有利于迁徙动物天然通道的重建，但是只有在没有捕猎现象发生或杜绝了的情况下才能有效，否则的话，野生动物走廊带可能会成为捕杀野生动物的射击场。

## 走廊带应该要多宽？

这取决于动物物种，如昆虫和小鸟，一条连接两片森林的单线也就足够这些小型动物活动了。对于一些兽类，可活动的空间就需要达到2~3km，而对一些更大的哺乳动物，走廊带的宽度至少要10km。走廊带可以从窄逐渐变宽，每年可以种植一些适当的树种（图7-2）。

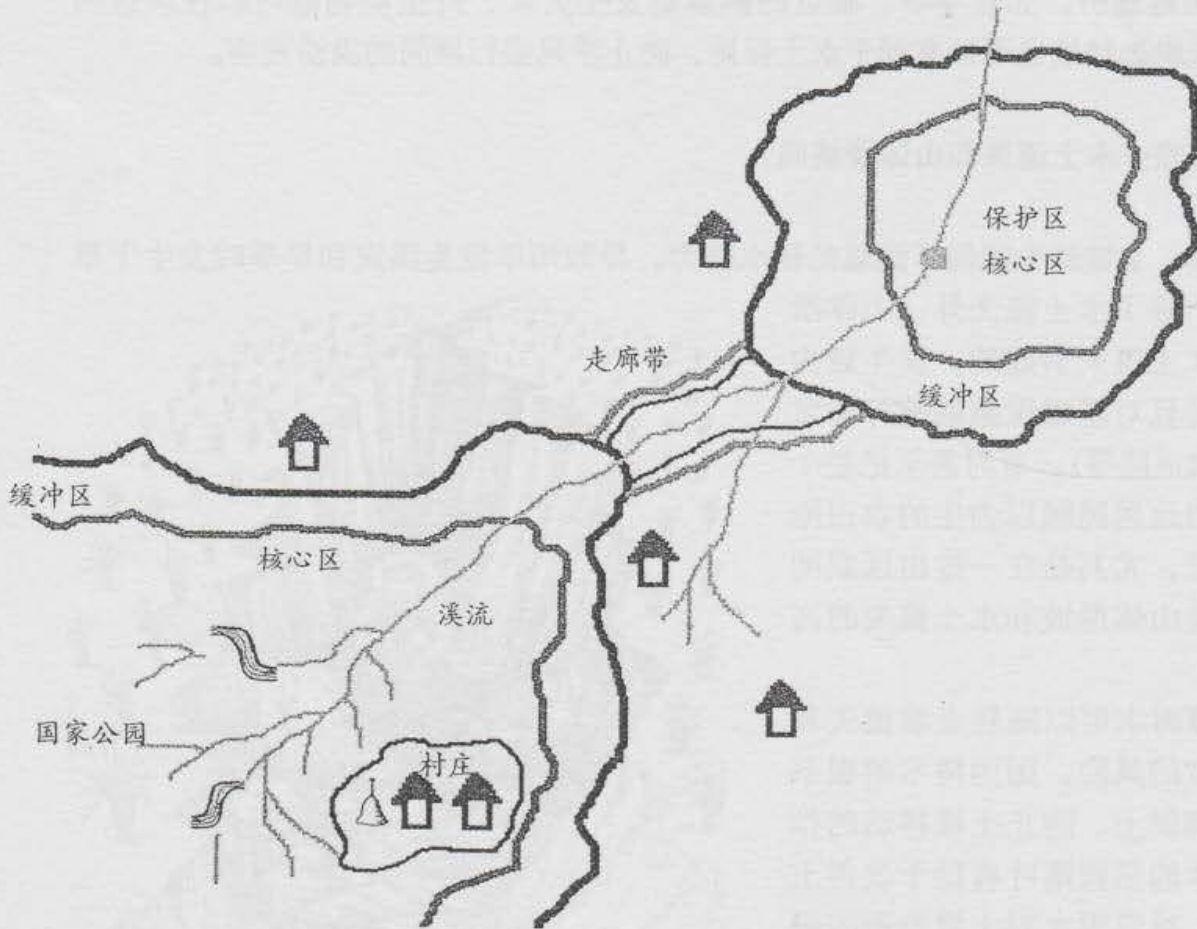


图7-2 保护区设计



## 什么是缓冲区？

保护区的边界是最具有风险的区域，边缘效应包括了一些来自于保护区边缘的对保护区造成影响的因素。这些因素包括人为影响（如用火烧地、家畜破坏以及打猎等）和自然因素（热、干旱、风），缓冲区是沿着保护区边界的区域，可以允许一些人为活动，但是不要对“核心区”造成危害。

## 种树可以起到保护水道的作用？

是的，尤其是在流域上游的树木可以起到保持水土和涵养水源的作用。虽然树木需要从土壤中吸取水分，并把水分输送到树叶中，但是树木也能够为土壤提供和补充有机物质。有机质增加了土壤的保水能力，因此在雨季时树木可以在此期间吸收水分，在旱季时把水分释放到土壤中。森林恢复就以这样的方式进行轮转。

沿着溪流岸边种植树木可以为一些物种提供栖息场所，这些场所也可以成为其他动物的避难所。如在旱季，临近的栖息地发生火灾，野生动物就可以在溪边栖息，溪流岸边种植也可以有利于水土保持，防止季风盛行期间的洪涝灾害。

## 种树可以减少水土流失和山体滑坡吗？

是的。土壤流失降低了流域的保水能力，导致雨季发生洪灾和旱季时发生干旱的危险。除了水土流失外，山体滑坡也是水土流失引起的，发生较为突然，而且对基础设施的破坏非常严重（如道路等），有时甚至把整个村庄和当地居民赖以生存的农田掩埋在土里，尤其是在一些山区或陡坡地段是山体滑坡和水土流失的高发地区。

种植树木可以减轻土壤流失和山体滑坡的风险。因为树木的根系可以起到固土、防止土壤移动的作用。树木的枯枝落叶有助于改善土壤结构，减轻雨水对土壤表面的侵蚀和冲刷。

许多国家都有一些国家流域，



图7-3 森林恢复可以防止侵蚀和滑坡



可以向有关部门了解这些信息，以便确定更好的种植地点以减少水土流失。

### 骨架树种应该种植在其他地方吗？

多数情况下，种植地要符合以上讨论过的标准，但能够用于森林恢复的林地可能不具备这些条件。由于受到社会和立法因素的制约，包括土地权属和对农业用地的需要，不易进入这些地点植树，因此对于这些地类，在保护价值方面比其他的地类要低，是否值得进行森林恢复呢？

答案是“或许是的”，即使是在距离现有森林有一定距离的地方也还需要种植一些骨架树种，以便起到好的保护效果。生物多样性恢复在这样的地类中可能比起靠近未受到破坏的森林附近的地类要慢，但是一些野生动物如蝙蝠、鸟类以及一些大型兽类动物可以有助于种子的传播。

在封闭的地带进行森林恢复树种的种植最主要的优点是通过森林的天然更新，种子可以扩散到退化的地带和临近的区域。

但是封闭的森林恢复种植对边缘效应是相当脆弱的，可能也会出现前面讨论过的森林破碎性的情况，因此需要进行精细的管理以防止这些问题的发生。

### 森林恢复是如何影响其他景观的？

对森林恢复地点进行考虑是景观扩展的一个组成部分，具有生态和社会经济与其他区域的相互作用。如农地、天然林、人工林、社区村庄和基础设施，这些都是IUCN提倡的“森林景观恢复”的概念。

### 谁拥有这些地带？

在开展保护活动时，要得到的是土地使用权。如果在公共地上进行种植活动，那么你还需要得到一些相关的许可和有关的信息，包括从主管部门获得地图等。有些主管部门也欢迎NGO和当地社区合作，帮助社区加盟到种树活动中，但是往往要获得这样的许可需要很长的时间。因此，进行有关问题讨论的时间就要在你打算种树之前就要进行，以确保能在适当的时间把树种植下去，还要得到大家的理解，以便合法得到进行种植活动的土地使用权利。

如果是在私有土地上进行种植，就要确保土地拥有者是否能对该片土地进行承诺，能够保证将其作为森林林地。同时，也需要对土地拥有者的土地财产进行考虑，他们就能在种植的时候投入相应的种植成本。



### 种植地点的面积大小和形状?

每年种植面积的大小取决于种植当年和种植后头两年的劳动力需求和投入。劳动力的计算参见第八章。

要把上面提到过的“边缘效应”记在心上，种植地点的边缘和中心区域要有一定的比例，要尽量让地的长与宽相等，尽量避免窄而狭长的形状。除非你的目标是为了营造野生动物的走廊通道，把两片破碎的森林连接起来。

如果种植地是位于周边或是在现有森林的附近，骨架树种种植进行生物多样性恢复就可以快一些。

### 如何对潜在的种植地进行调查?

森林恢复项目所涉及的所有相关利益者都要参与到种植点的调查工作中，这样可以促进大家针对一些问题进行广泛的讨论，对项目的规划和实施，包括土地权属、劳动力投入等提供参考信息，让大家都能够对规划和项目的实施达成共识。

在开展调查时，可以利用地形图（可以显示森林覆被）、罗盘、相机和GPS等设备工具。

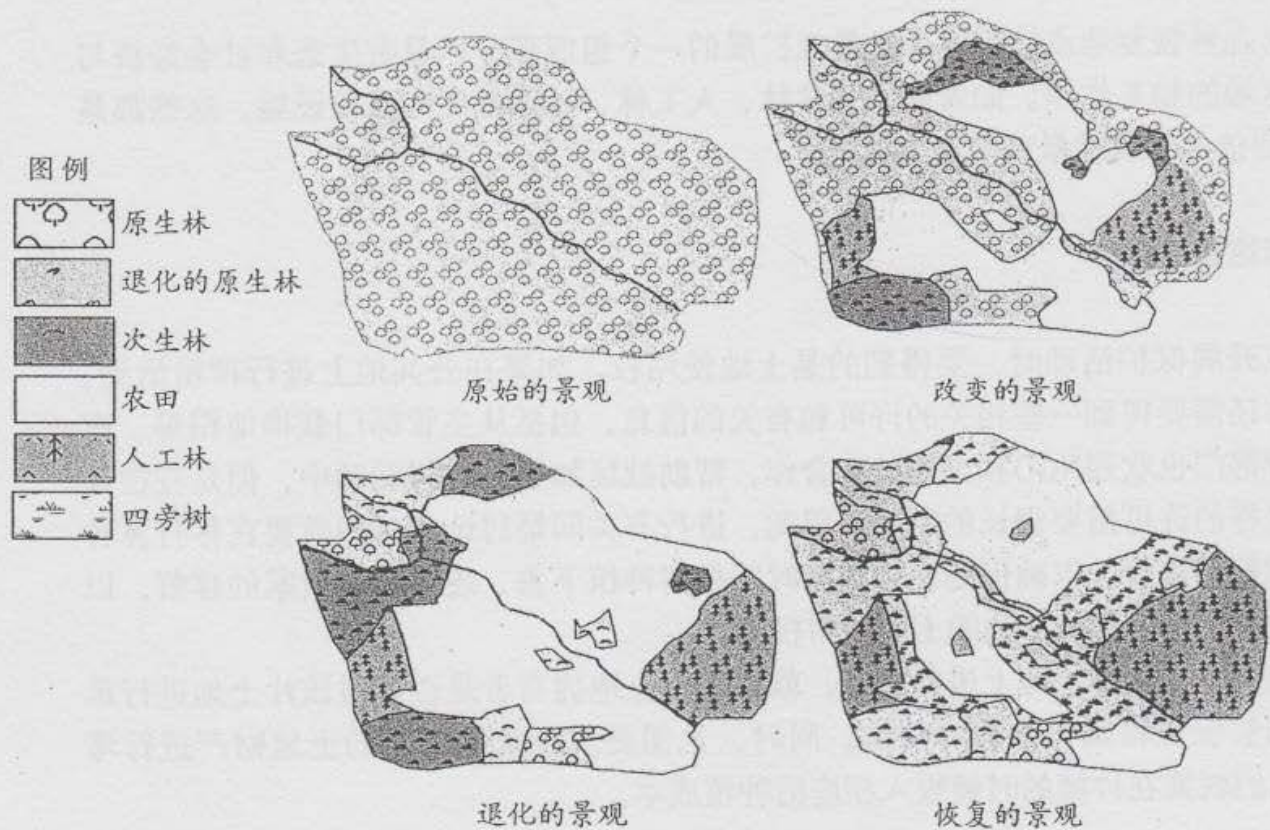


图7-4 森林景观恢复



首先，要认真查看地形图，根据等高线判断确定出该地的海拔高度，查看骨架树种可以种植的海拔高度；然后根据等高线和地图比例尺确定平均坡度，这将有利于确定该地水土流失的风险和考虑进入的难易程度，寻找路线。是否有可能找到适当的搬运树苗和种植材料工具的步行出入道？同时还不能忘了，种植季节是在雨季。因此还要调查采用什么样的交通工具（车辆或大象或其他交通工具）可以进入这些地带进行种植。

在调查种植地时，还要寻找天然林更新源。现有树和萌芽树桩的密度情况如何？建议骨架树种的种植密度约500株/rai (3000株/hm<sup>2</sup>)，这是针对那些种植地没有现存树的情况，种植时可以根据具体情况而定。尽量确定出在种植地中现有的一些普通常见树种，这些树种不一定包括在要种植的树种计划名单中，因为这些树种在该地是能够自然生长的。

其次，是对种植地的杂草情况进行调查。如果杂草稀少，那么所需要的劳力（锄草工作）也就少，矮小杂草的清除和高大杂草的清除所需要的劳力投入是不一样的。

第三，对土壤情况进行调查。如果土壤凝固板结，那么开挖种植坑所需要的劳力也多，如果可能的话，可以在现地采集一些土样找相关单位进行检验，分析土壤情况，这也有助于在种植后为施肥提供依据。

对火灾风险进行调查，有助于你采取预防措施。对牲畜、放牧情况进行调查以便可以采取一些措施，以防种植后树木免遭破坏。在调查时还要拍摄一些照片作为原始资料，在种植后可以根据积累的原始材料信息对恢复地项目工作进行评估，以衡量项目的成功性。如果有GPS，在调查时就可以进行定位，在确定了要作为种植地的地点后，还要作上标记，以便下次你能够很容易地找到目标地点。

最后，利用地形图确定类似种植地海拔高度附近的天然林，然后进行调查以便明确对该地进行森林恢复的目的。尽力确定现有的森林树种，然后在查看你已准备计划种植的树种清单。

## 第二节 准备种植

### 何时适宜种植？

在季节性干旱热带林地区，适宜种植的最佳时间是雨季早期。当下雨规律正常、雨量充沛时开始种植，就能保证所种植幼苗的根系发育和生长，以便在次年旱季时能从土壤中吸取充足的水分。在泰国北部，最佳的种植时间是6月中旬到7月中旬。



### 何时进行种植地的整地?

在种植前,种植地必须进行杂草清除等工作,如果需要做的内容较多,那么至少在种植前6周进行整地工作(在泰国北部该工作是在5月初开始)。如果清除杂草的工作是使用手工工具的话,在种植前1~2周清除整理必须完毕(图7-5)。



图7-5 清除杂草

### 现有的森林更新的来源?

首先,要采取一些措施尽力保护现有的天然林幼苗、幼树和还活着的伐桩。在整地时要特别认真仔细,不要误把小树苗当作杂草清除掉。在清理杂草时,把小树苗用一根涂上红油漆的竹竿插在幼苗旁,以便清理杂草时能够辨认,保留这些天然更新的幼苗有利于森林的恢复。

### 是否可以使用除草剂清除种植地的杂草?

首先把杂草割至膝盖以下的高度,把割下来的杂草留在地上。在种植期间就可以使用这些被割下来的杂草作为覆盖物以便降低水土流失和保护土壤中的有机物。杂草重新生长出来至少需要2~3周的时间,

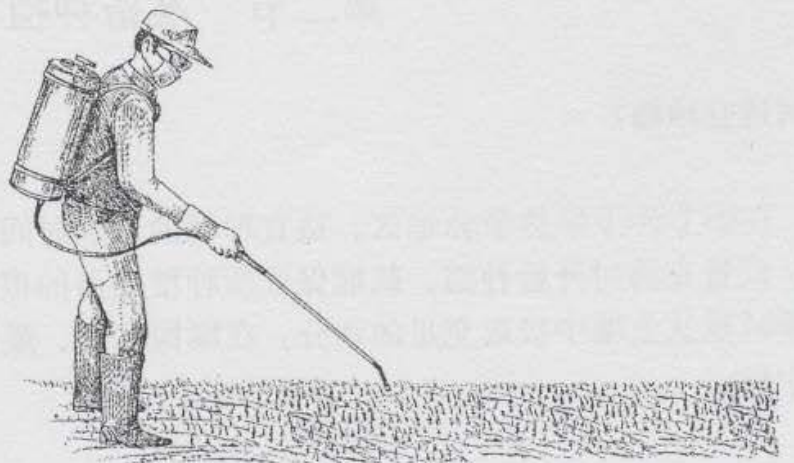
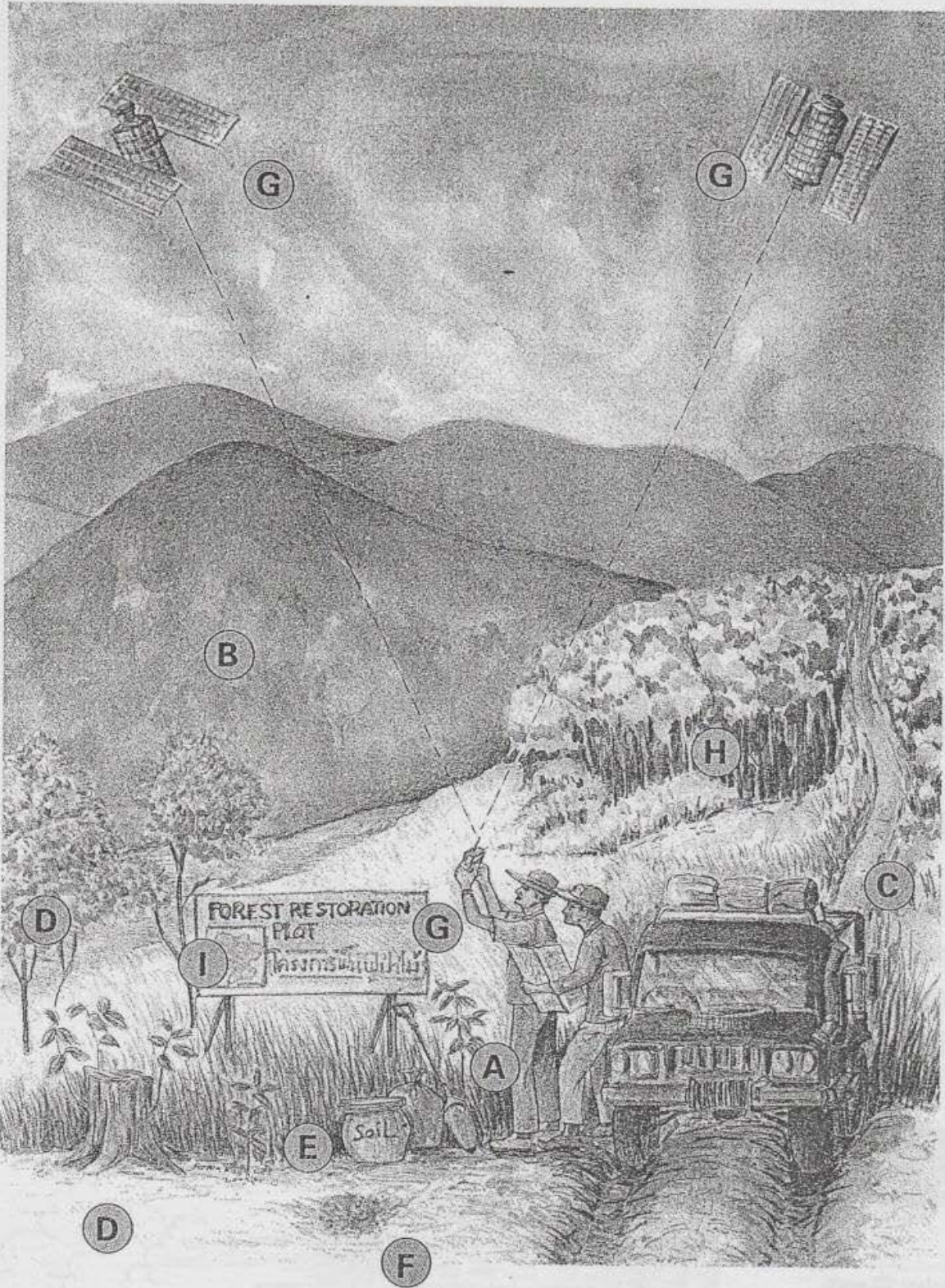


图7-6 施用除草剂





A- 鸟瞰图；B- 水土流失情况；C- 交通可及性；D- 天然便利种源；E- 杂草；  
F- 土壤条件；G- GPS；H- 附近的残林

图7-7 种植地的评估



可以在干燥季节喷洒一些除草剂，如果在雨季时喷洒会使除草剂失去效果。

### 使用手工工具清理种植地是否会更安全些？

多数人在清理杂草和整地时采用镰刀、锄头等一类的手工工具。事实上，即使是采用手工工具也会破坏种植地的环境，但是如果你不愿意使用除草剂的话，那么也就没有其他的替代方法了。

### 为什么需要连根拔除？

如果只是把杂草割下，那么杂草还会再萌发出来，杂草长出来就会吸收土壤中的营养成分并与幼树进行营养物质的竞争。因此在清除杂草时，要将杂草连根清除，但在连根清除杂草时也应考虑这样的做法可能会导致水土流失的风险。

### 是否能使用火清除杂草进行整地？

绝对不能使用火。使用火会伤害地中已经有的小树苗，而且火烧后还会促进一些多年生杂草的生长，同时也杀死了一些有机物质。

### 如何苗木的运输？

依据种植面积的大小和种植密度，计算出苗木需要量，特别是各骨架树种的数量。然后根据种植地的地理位置和交通条件，选择适当的运输工具，可以汽车运输、畜力运输和人力搬运，但无论采用何种运输工具，途中运输环节都要保证苗木不受损伤，否则长时间的苗圃工作就会毁于运输（图7-8至图7-10）。

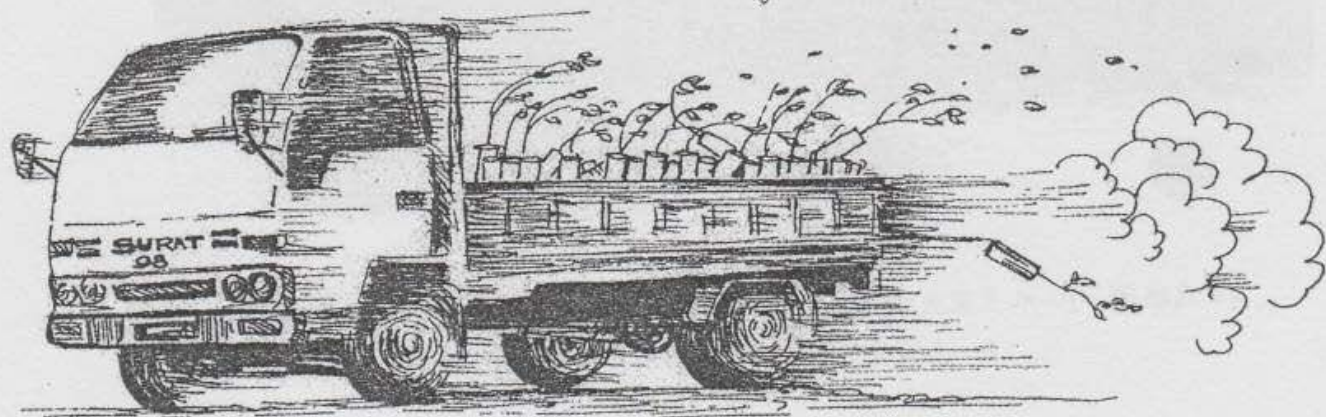


图7-8 汽车运输途中控制车速





图7-9 畜力运输



图7-10 人工搬运

要运什么材料到种植地？

除了树苗以外，还要运输到种植地的材料有小刀、手套、肥料、工具及其他材料（图7-11）。

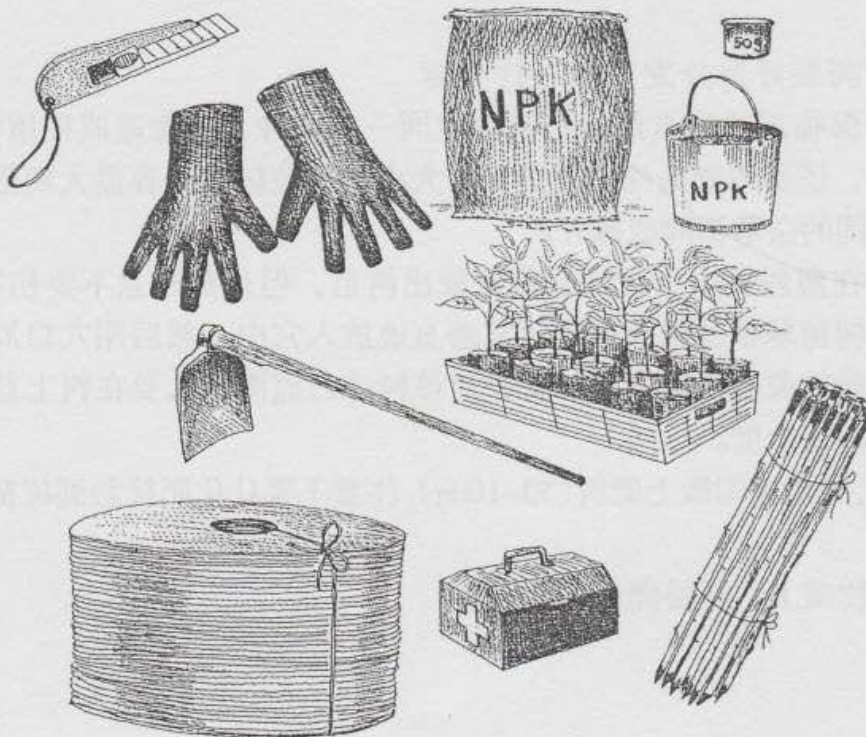


图7-11 种树需要的基本材料和装备



### 第三节 种树活动

种植活动不仅只是把树种在地上，更重要的是该活动能为不同大众提供直接参与改善环境的活动中来。这也是一项社会活动，能够有利于培养集体主义精神，提高植被覆盖率，改善生存环境。

植树活动还有助于提高人们的环境意识，参与者不仅能够从活动中学习种树，而且也能够更多地认识到种树的意义。

#### 幼树之间的距离应隔多远？

首先在地上用50cm高的竹竿插在种植点并打上标记，种植的幼树距离天然幼苗或伐桩约1.8m左右。竹竿所标的点要尽量排直。随机种植可以为天然结构提供更多的恢复机会，种植标记可以在种树的当天或提前作好。

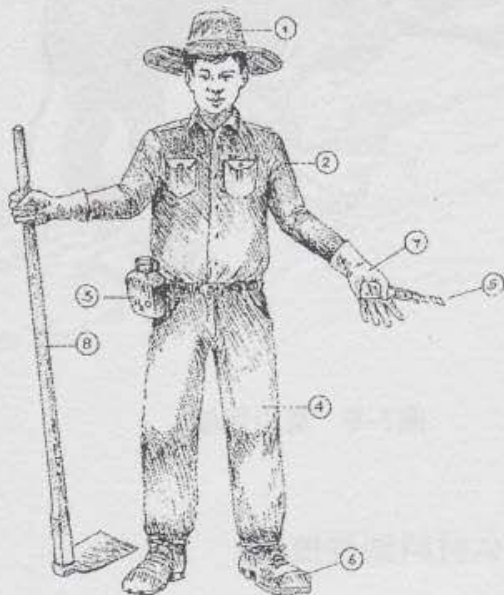


图7-12 种树活动的装备

#### 应该如何种植幼树？

用篮子把幼树装好并分发给在每一竹竿标记的点上，要确保临近的地方最好不要摆放同一种树种，以免造成种植树种单一。除了使用竹竿外，还要用锄头挖个种植穴，大小要比装树苗的容器大两倍，同时再用锄头把树苗周围的杂草铲除或挪开。

如果树苗是在塑料袋中，把袋子撕开取出树苗，但是要注意不要伤害到苗根，而且要尽量保持树苗球根的形状，把树苗垂直地放入穴中，然后用穴口周围的土进行回填，要确保种植位置的适宜。如果要对该树进行监测那么要在树上挂牌，还要注意不要把标牌埋在土里。

树种好后，要在周围撒上肥料(50~100g)，注意不要让化肥接触到树苗，否则会把树苗烧伤。

最后用覆盖物盖上，还要浇上水。



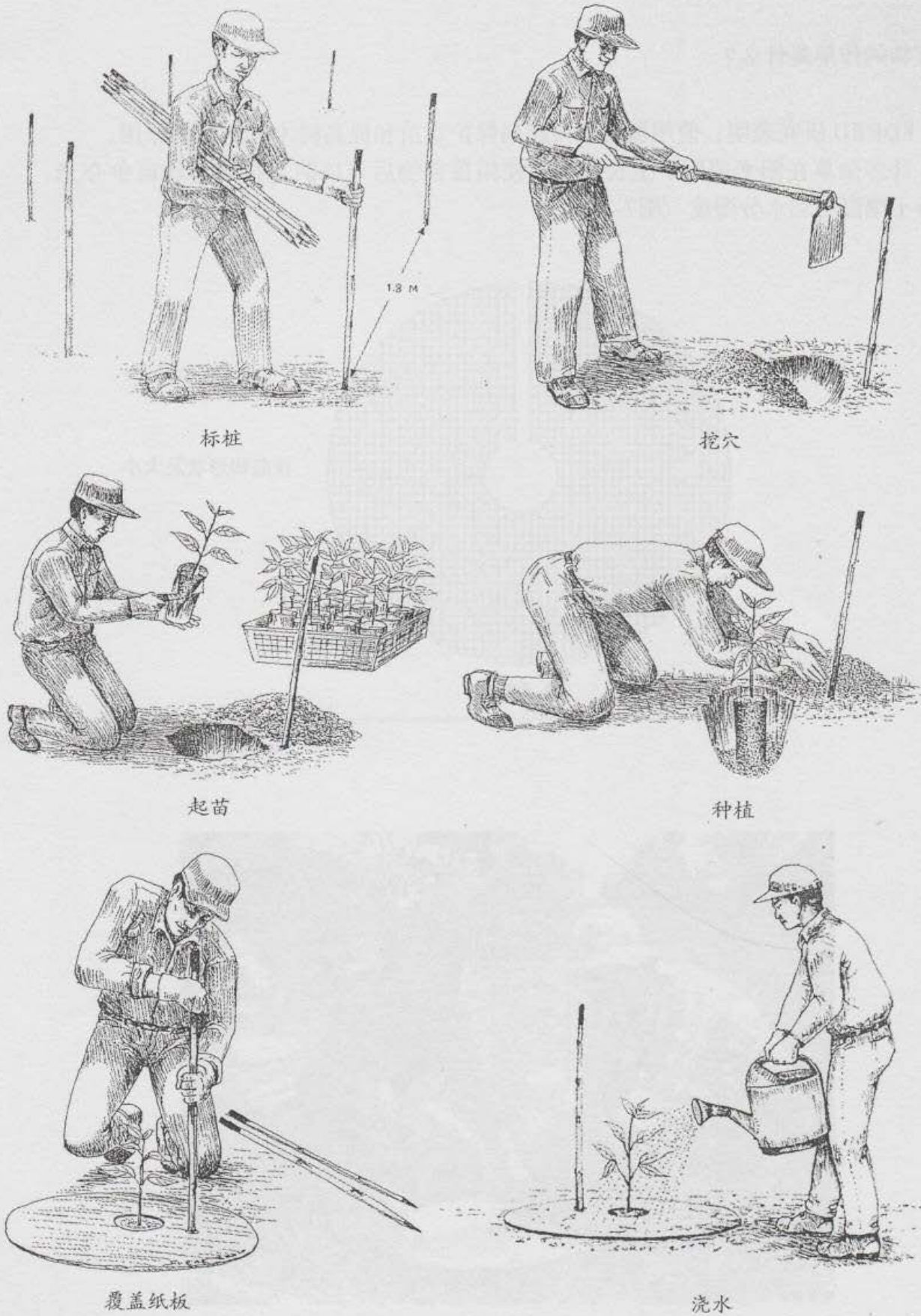


图7-13 植树的过程



### 覆盖物的作用是什么？

FORRU 研究表明，使用覆盖物可起到保护幼苗和提高树木成活率的作用。

许多杂草在阳光照射下生长旺盛，使用覆盖物后可以防止杂草与幼苗争夺并  
保持土壤温度和水分湿度（图7-14）。

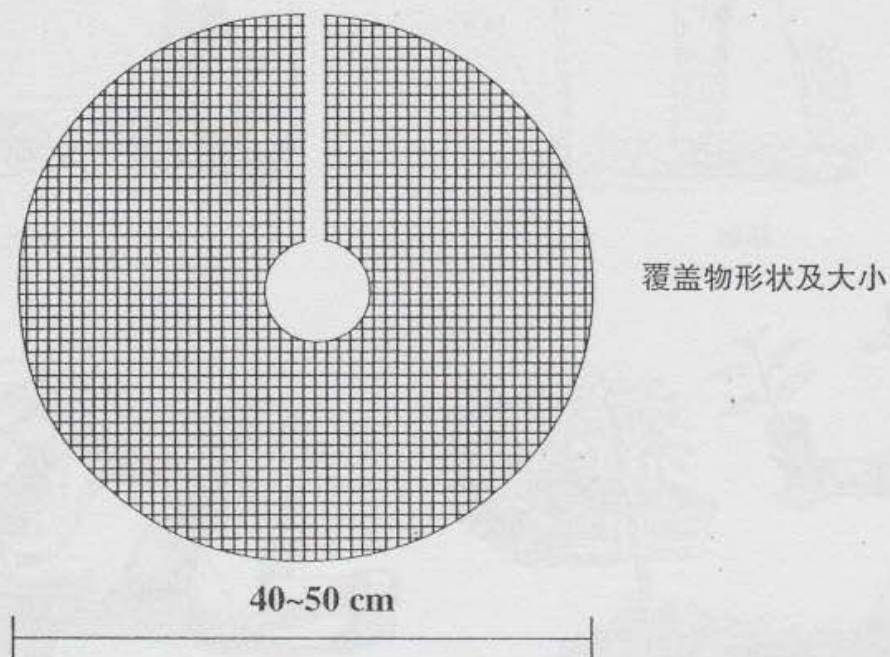


图7-14 覆盖物



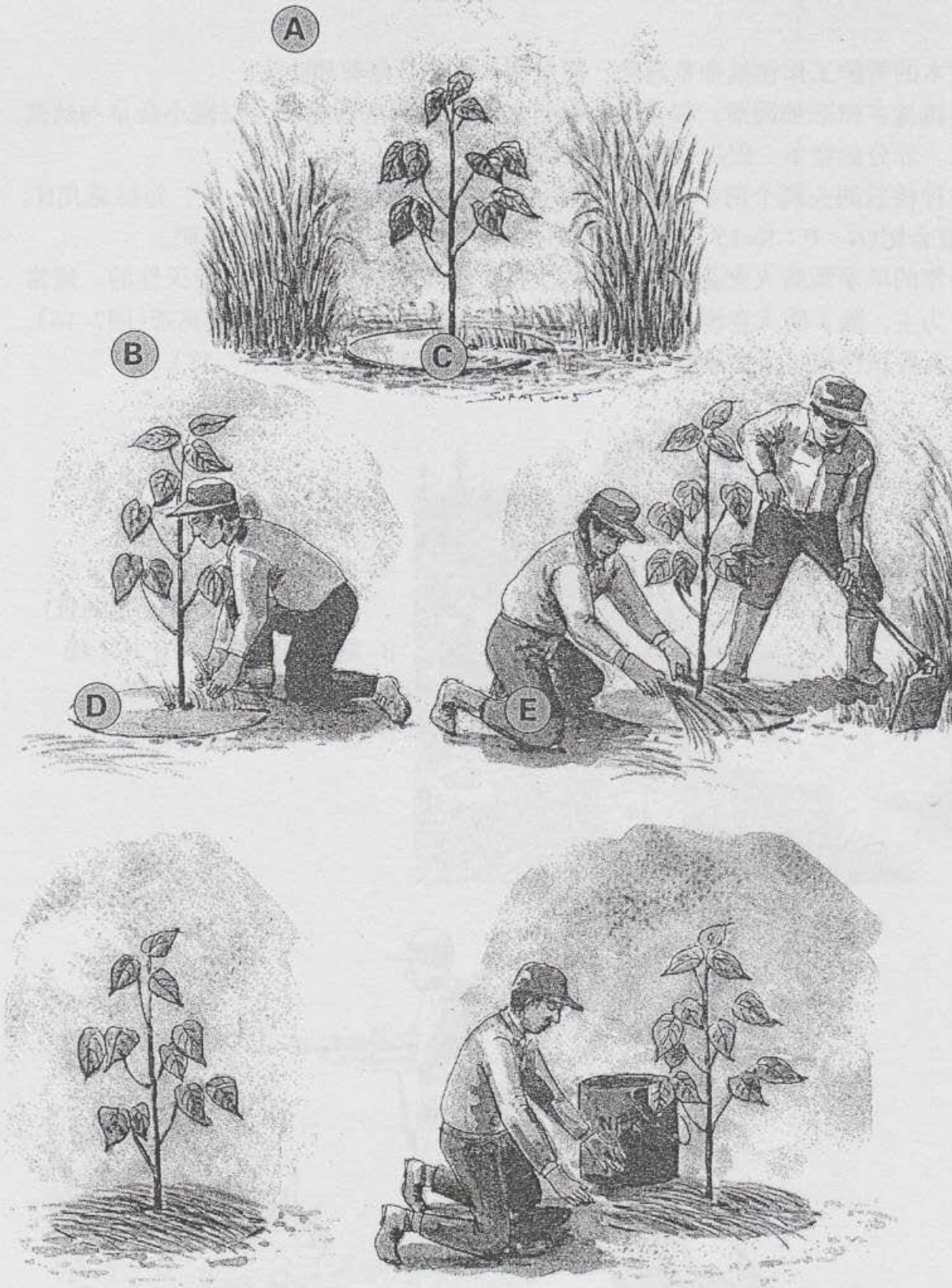


图7-15 除草是必不可少的



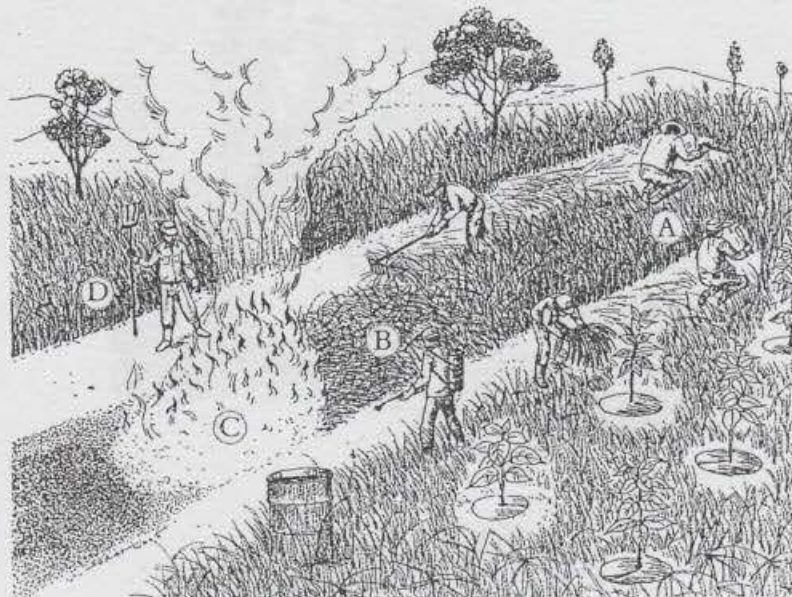
## 第四节 树木的管护

树木的管护工作包括杂草清除、覆盖物、施肥、修剪和防火。

种植地在树冠郁闭前，根据杂草的生长情况适时进行除草，以减小杂草与幼苗对光照，养分的竞争，促进幼树的生长(图7-15)。

在种植后的头两个两季，结合除草进行施肥，施肥约4~6周一次，每株施用N、P、K复合肥(N:P:K=15:15:15)=50~100g，距树干20cm，环状施肥。

每年的旱季预防火灾是非常艰苦的工作，火灾对幼树的伤害是毁灭性的。通常以预防为主，除了防火宣传、教育外，在种植地周围也可设置防火隔离带(图7-16)。发生火灾要积极组织人力进行扑救，把林火损失降到最低限度(图7-17)。



- A- 与火攻火  
(割除两条10~15m宽的带)
- B- 集中割除杂草，让其干燥
- C- 烧除杂草
- D- 防火草

图7-16 防火带的建立



图7-17 林火的扑救



## 第五节 监测森林恢复

### 监测的必要性?

监测的目的是为了检查树木种植后是否达到了理想的效果, 对于一个保护项目而言, 监测工作是非常重要的。通过监测可以了解树木的生长情况, 如哪些树种是适宜的, 这些树种是否会促进林下非木材林产品的生长和野生动物栖息地的恢复。监测可以有助于发现树种选择、种植方法和管护中存在的问题, 改进工作方法, 提高种植质量。

### 什么是对照样地, 为什么重要?

对照样地尽可能地与种植样地类似, 如海拔、坡度、地形及原先的土地利用等。种植地与对照样地相比较, 测定是否种树真的可以带来更密的森林、更丰富的生物多样性, 而前两点可以通过自然更新产生。如果不是这样, 更多的资源就不必浪费在种树和苗圃上。取而代之的是向ANR技术方向发展。

对照样地与种植样地应该相距数百米, 目的是为了有效的生物多样性监测 (特别是动物) 和防火。

### 最简单的监测方法是什么?

评估种植效果最便捷的方法是对种植地和对照地进行拍照, 在同一地点每隔几个月拍照一次, 通过照片资料可以了解到树木生长的情况。同时还可以采用测量法对树木进行测量, 并对观测数据进行分析。

### 如何确定树苗进行监测的样本?

在种植了大量的树苗后, 不可能对所有的树苗进行测量, 对所种植树苗进行监测最低的要求至少是每种50株, 当然监测的数量越多越好。在种植前可以随机挑选一些树苗挂上标牌, 种植时也是随机种植在地块中, 但是要确保你在监测时能找到, 可以在这些被挑选出进行监测的树苗旁边用竹竿作好标记, 并编上号码以便可以帮助你以后容易找到。



### 应该怎样给树苗上标签?

使用金属软条，让其容易形成环，以便套在树干上。当树干周长超过10cm时，在距地面1.3m处标记。

环上应刻上编号，如“98-114 07-3”，它表示第98种的第114株树，2007年的3号样地(图7-18)。

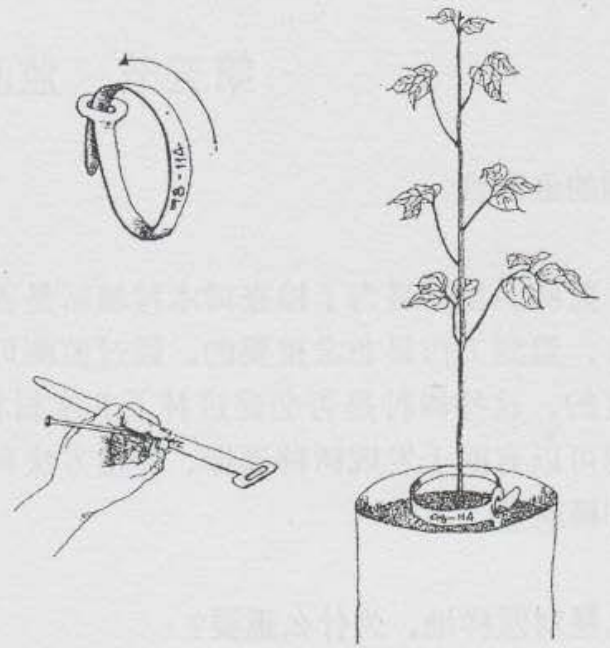


图7-18 监测树木的标签

### 何时测量?

种植后1~2周测其基础数据，评估成活情况(即能否马上成活)，如运输和种植过程中的问题。

此后，每个雨季末监测1次，旱季末再监测1次，可以提供更详细的信息。最重要的是种植后的第二个雨季末。测量时，两人一组，一人测量，另一人记录。(图7-19)

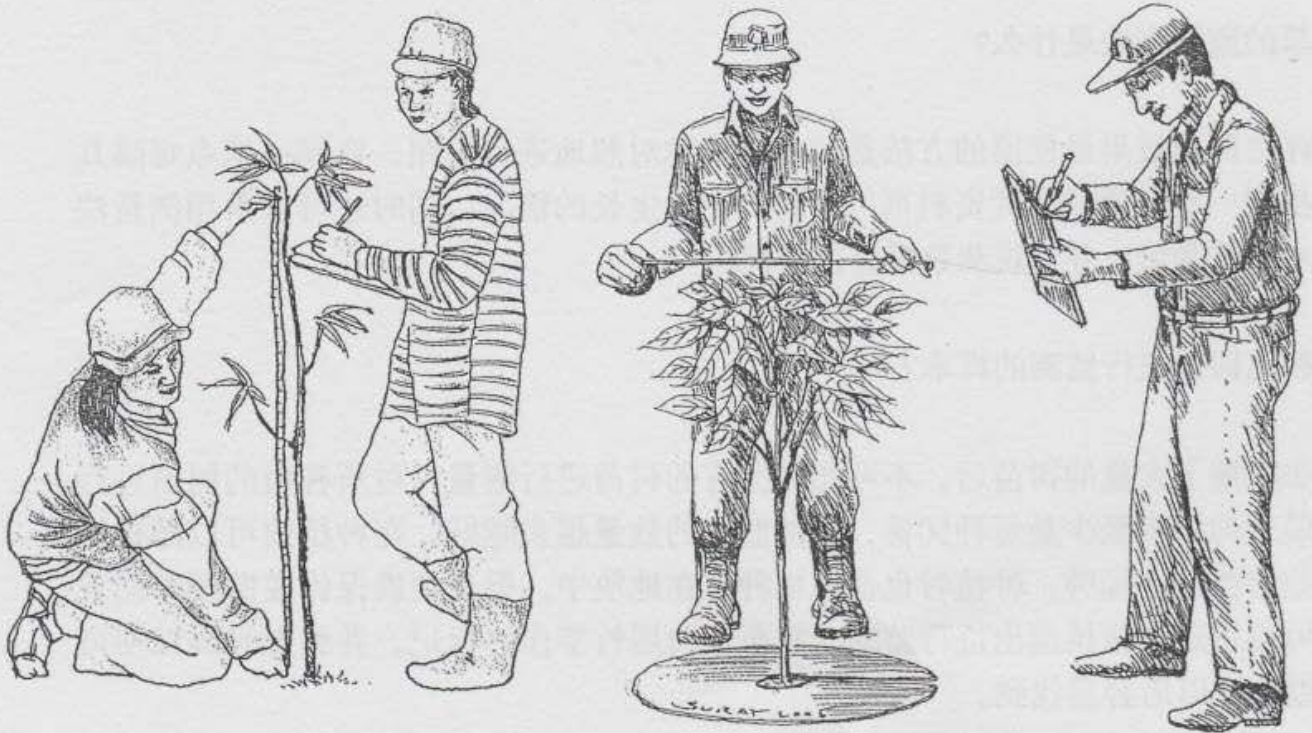


图7-19 监测活动



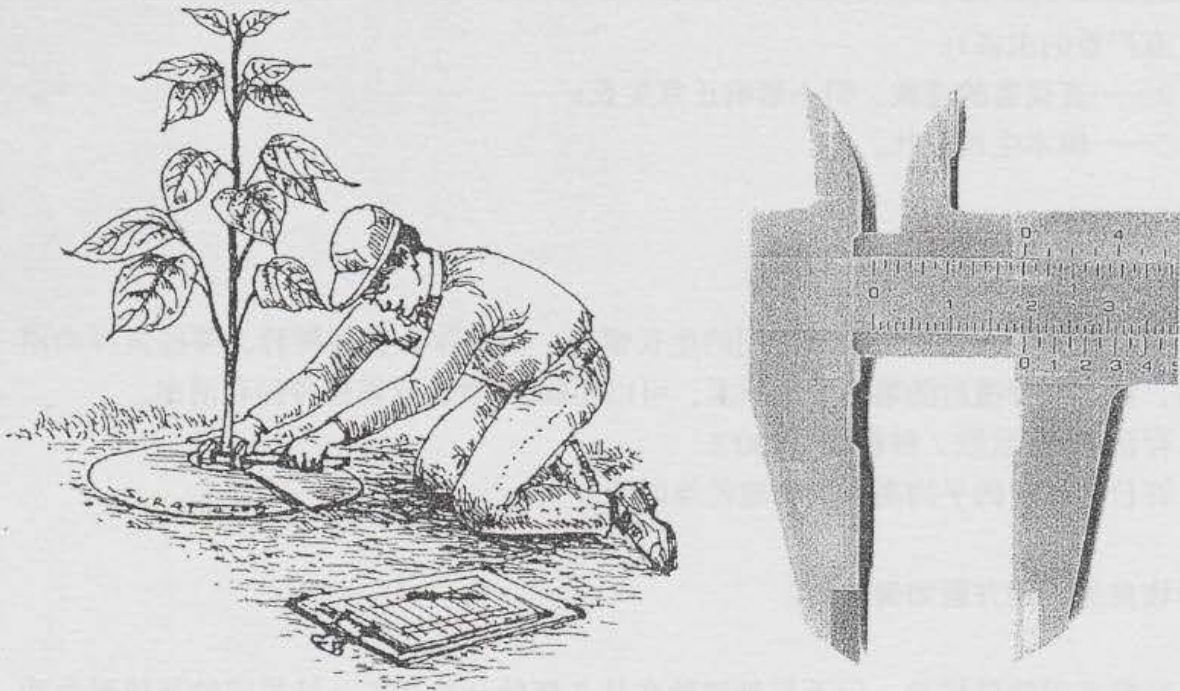


图7-20 测量地径

测量的内容?

测量的内容主要有:树高、地径(胸径)、冠幅和杂草生长情况(图7-20、图7-21)。

树的健康状况怎样?

每次监测需记录树的健康状况,可以收集有用的信息,如树木的损伤因素及活力、恢复伤的情况,如火、牛啃食等。为了便于量化分析,可以给每一株进行简单的健康评分,但需要写上描述性的备注。

评分标准: 0~3

0——看似死亡的树木(注意区别落叶树种),但不要停止监测,有的树看起来死了,但根还活着;

1——临近死亡(叶片很少,颜色枯

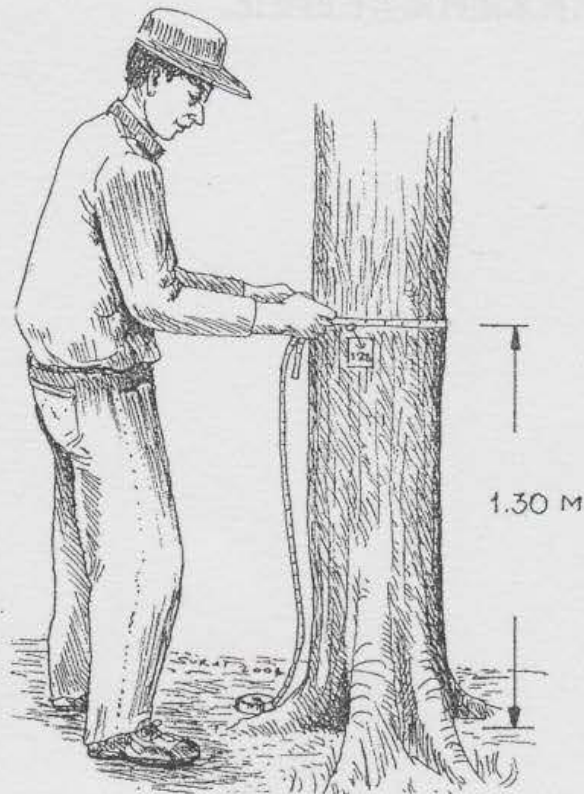


图7-21 测量胸径



黄，有严重的虫害)；

2——有损害的迹象，但不影响正常生长；

3——树木生长健壮。

### 应该如何分析数据？

分析比较所有种植的树种之间的生长情况，决定作为骨架树种，哪些发挥功用良好，特别是种植后的第二个雨季末，可以用Excel 软件计算树种的存活率。

存活率=存活数 / 种植数 × 100%

评价各树种的平均高、平均地径等因子。

### 森林恢复的其他方面如何监测？

经常去看种植样地，记下每种树种在什么年龄开始开花、结果或给其他野生动物提供可用资源(如鸟巢)。记录所看见的动物或痕迹，特别是种子传播者。一旦树冠郁闭，对种植样地和对照样地都要调查自然生长的幼树或幼苗，确认并给其上标签，监测它们的存活和生长情况，为其它种植前类似的调查提供一个基本数据，据此评估树木随时间生长的变化。



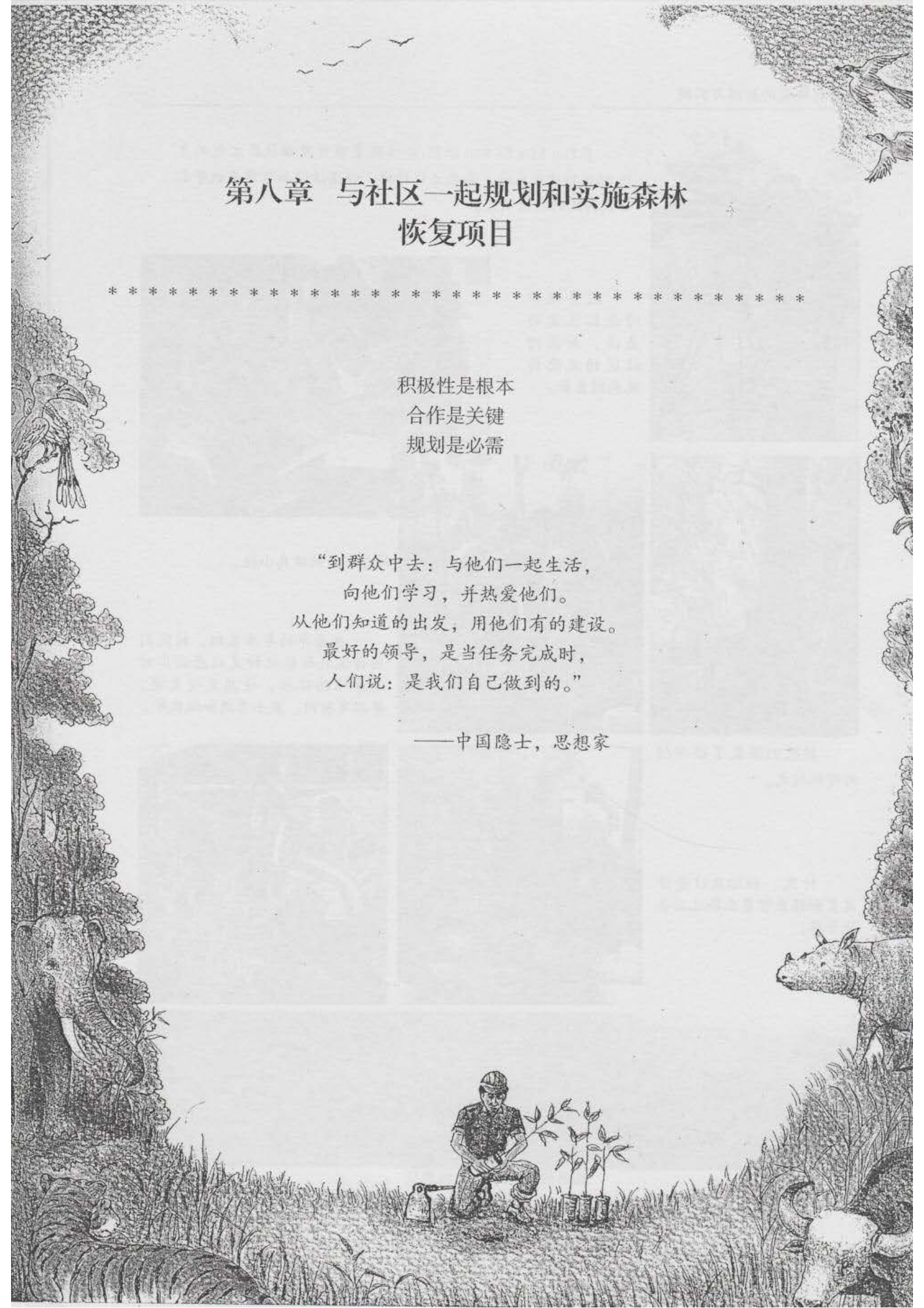
## 第八章 与社区一起规划和实施森林 恢复项目

\*\*\*\*\*

积极性是根本  
合作是关键  
规划是必需

“到群众中去：与他们一起生活，  
向他们学习，并热爱他们。  
从他们知道的出发，用他们有的建设。  
最好的领导，是当任务完成时，  
人们说：是我们自己做到的。”

——中国隐士，思想家

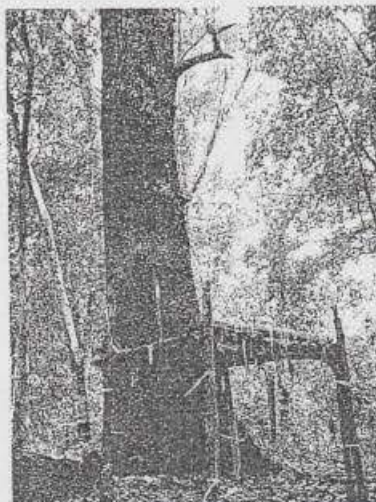






在Ban Mae Sa Mai 社区,森林恢复项目鼓励社区文化的复兴,社区的传统礼仪、新的文化传播、社区活动和环境意识等都得到村民的积极响应。

随着媒体对森林恢复的关注,村民对社区的文化传统感到自豪。



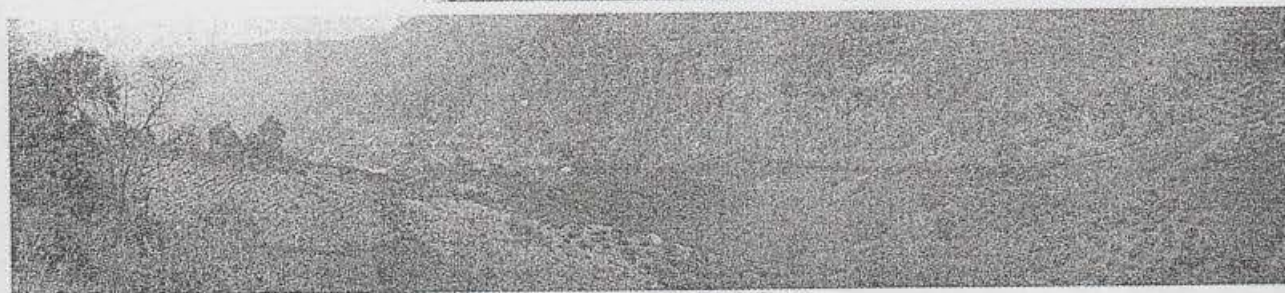
村民们恢复了祭神树的传统仪式。



村庄小学的观鸟小组。

在每年的旱季末期,村民们用传统礼仪祭祀神灵以感谢其对造林地的保佑,使其免受火灾。祭品有猪肉、威士忌酒和纸钱等。

村民、FORRU 全体成员和林业官员在祭祀后共进午餐。



森林恢复——文化的复兴



虽然利用科学知识恢复森林是必不可少的,但人的因素同样重要,这包括得到政府机构的合作和当地人的积极支持。不考虑这些社会现实,即使最科学的恢复森林技术也会失败。虽然恢复森林研究中心(FORRU-CMU)是一个研究和教育单位(不是一个社区发展组织),但是中心的员工与当地社区一起工作,试验新开发的恢复技术的可行性。1997年,中心在泰国北部最大的Hmog族村Ban Mae Sa Mai建立了一个社区试验苗圃,并和村里的保护志愿者小组一起建立了恢复森林的实验样地。在中心与该社区以及随后与其他社区的合作中,探索了各种社会问题,包括动机、劳动实践和文化敏感性。所以在这个部分,和大家共同分享我们的经验并对如何组织恢复森林活动提出一些指南。关于林业的社会方面的更全面的阐述,请参看亚太地区社区林业培训中心(RECOET)的出版物(<http://www.recoftc.org>)。

## 第一节 积极性是根本

经济利益是最明显的和可衡量的调动村民积极参与恢复森林的原因,这包括工作、收获林产品和开展生态旅游的收入等。然而,村民们通常把较无形的利益如环境改善(控制水土流失、水供应等)、保持文化传统或政治利益看作恢复森林更重要的原因。

### 恢复森林的经济动机是什么?

虽然有些社区可能自愿出卖劳力做恢复森林的工作,但有些树种社区可能认为是项目工作的个人会得到合适的报酬。所以,项目预算应该包括项目全职工作人员的工资(如项目组织者、苗圃管理者等),以及临时工的每天报酬(如锄草、防火等)。如果恢复森林被认为是社区活动,所有社区成员同样参加,那么投资给社区项目基金是合适的,如改善校舍或兴修水利等。大多数项目,两种付费形式都采用,因为有些任务(如种树)是全社区参加,而有些由一些个人完成的(如采集种子、苗圃工作等)。该收入可以极大地促进社区经济。直接报酬是社区参与恢复森林的强大动力。它传递了这样一个重要信息:恢复森林是有价值的活动,全社会都应感激。

恢复森林研究中心确定的许多骨架树种生产经济产品,如食物、药材、薪材或木材,有些树种在传统仪式中有文化用途。迁移到恢复地的非树物种,如竹子、蜜蜂、各种菌子等也很有价值。假如可以持续收获,那么这样的产品可以极大地激励人们恢复森林。

然而,许多地区以前可以从收获林产品中获益,现在被划为保护区,使其(在



泰国) 在保护区内收获这样的产品是违法的。如果社区林业法案形成法律(正在编写, 泰国政府还在审查), 那么在指定为社区林的区域, 对收获林产品的限制将被取消。不过如果没有森林, 就没有林产品。所以, 几个社区现在正在恢复森林, 期待新法律生效时能把它划为社区林。

恢复森林项目还可以吸引生态旅游者, 并带来收入。社区领导和NGO官员来学习, 研究人员来研究。项目点为学校的野营提供极佳的场所, 为学生项目提供研究基地; 创造的各种生境吸引鸟和观鸟者; 为这些来访者提供住宿、食物和其它设施可以带来收入。

### 环境效益能调动积极性吗?

大多数村民意识到毁林与水土流失和洪水恶化之间的联系。尽管在水源上游毁林可能对紧邻的社区影响很小, 但经常引起下游地区的江河淤塞和洪灾。这些影响可能引起高地和低地社区间的冲突, 但也可调动低地社区积极参与很远的上游的恢复森林项目。如果水源保护成为恢复森林的一个强烈动机, 那么必须更好地考虑高地社区和低地社区需求的互相依存性。

### 文化因素能激励恢复森林吗?

是的, 林产品往往在当地传统中起着至关重要的作用。森林或其中的神树通常被看作神灵的家園。失去森林会影响一个社区的自我认知和自我评价。所以文化复兴正成为恢复森林的一个重要动机。

恢复森林本身也可能产生新的文化活动。例如, 在Ban Mae Sa Mai, Hmong村民复兴了一传统仪式, 祈求他们的守护神保佑恢复森林项目成功。在每个森林防火期结束的时候, 他们把猪肉和威士忌供奉给神灵, 感谢神灵保佑所种树木免受火灾。

### 恢复森林活动能获得政治利益吗?

是的, 政治可以是社区参与恢复森林的最感兴趣的理由——特别是加强土地使用权。根据泰国法律, 可以以当地人毁坏国家级重要的自然资源为由把保护区内的任何社区内赶出去。所以, 社区参与恢复森林, 向当局发出一个重要的信息——当地人可以成为负责的环境管理员。

恢复森林可以让社区继续住在保护区内的要求更有力, 有助于改变主要是村民毁林的印象。

此外, 新近外来的少数民族, 通过参加国家发起的迹地更新造林。可以在公民



权上获得政府支持。在地方，恢复森林有助于社区和当地政府之间建立起更好的关系。

### 如何保持积极性？

恢复森林项目需要几年的管护。当人们意识到要投入多大的努力时，积极性会变小。为了保持积极性需要提供资金机构的持续投入和技术上的继续支持。

让社区参与项目的所有阶段，从规划到种植和监测，可以培养社区对项目的拥有感。媒体对项目的兴趣也让社区产生自豪感，有助于保持积极性。

## 第二节 合作是关键

恢复森林很少是由单个组织完成的。社区小组、政府部门、非政府组织、提供资金机构和技术顾问都起着至关重要的作用。所有这些“利益群体”紧密合作，是所有参与方利益最大化、确保资源可持续性和防止资源浪费的根本。

### 谁是“利益群体”？

利益群体是在要恢复的土地上有任何利益的个人或团体。他们也可以包括那些可能影响恢复项目长期成功的人，如技术顾问、顾问投资者或政府官员。

让所有利益群体参与项目规划和实施的所有阶段是很重要的。不同的利益群体对所恢复森林的最终用途，及为谁的利益服务方面将存在不同的观点。和为谁的利益服务有不同的观点是不可避免的。他们还可能对哪种恢复办法是最成功的有不同的意见。恢复森林项目的成功往往取决于在规划过程的早期解决这些问题。

利益群体间的任何冲突必须经常开会解决，并保留会议记录供今后参考。这些会议的目的应该是对项目计划达成一致，计划中明确所有利益群体的责任，避免混淆和重复劳动。

### 如何鼓励合作？

即使不同利益群体可能有不同的利益趋向，但通常可以找到共同的目的。重要的是认识各利益群体的强势和弱势，想出联合的办法，而各利益群体的身份不变。一旦确认各利益群体的能力，就可以明确职责和任务。

这常常是个棘手的过程，最好找一个熟悉利益群体的中立的人和组织来做，但不被视为权力方或从项目中得到任何利益。推动人的作用是确保所有的意见被讨论，每个人都同意项目的目标和不同任务的责任被最有能力完成的人承担（图



8-1)。

当所有利益群体对他们可能从项目中获得的利益感到满足，并相信他们的贡献对项目的成功是有益的时候，合作可以保持。当每个人都相信他们对项目计划有贡献时，一种对项目的“社区管理”感油然而生（即使这可能并不意味着对土地或树林的合法拥有权），这有助于保持利益群体间基本的工作关系。

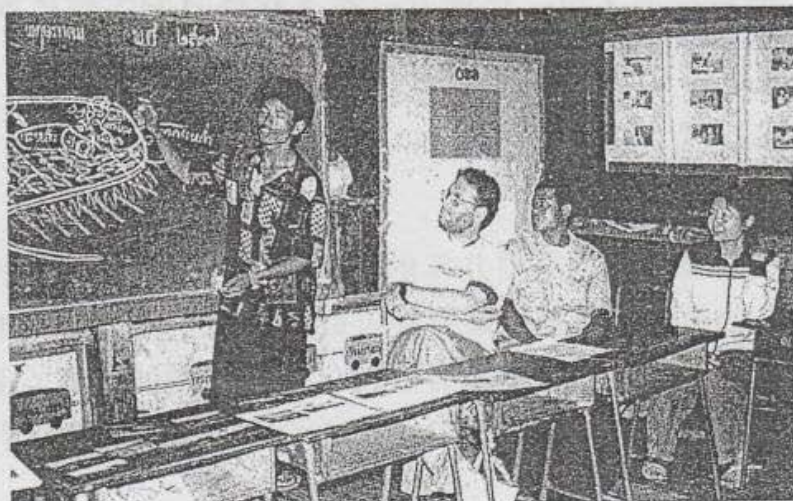


图8-1 共同做规划

### 第三节 规划是必需

项目计划确定恢复森林项目的目标、位置和实施办法。它是一个工作文件，得到新信息时，可以根据利益群体的意见进行修改，但每稿应代表所有利益群体当时的一致意见。编写和更新项目计划让大家集中注意力于基本问题：谁将做什么、何时、何地 and 怎么做、要花多少时间、人力和钱。

#### 什么要写进项目计划？

一个项目计划必须包括一个清楚的目标陈述、种植的地点描述、在该地点用来恢复森林的方法和实施那些方法的活动时间表。计划还应该包括所需人力的计算和每项活动的花费。

#### 目标——为什么？

所有的活动取决于项目目标。目标明确并且代表所有利益群体的一致意见是很重要的。计划的目标部分应该说明为什么要恢复森林的理由、期待的项目产出（如林产品、水、政治利益等）和谁将受益。

#### 立地描述——何地？

关于立地调查的一份详细的报告是项目计划的一个基本部分，这样土地使用权问题讲清楚了，让每个人了解要种植的这片土地。计划的这个部分应该包括一个地况略图（用全球定位系统或坐标图）和立地初始情况的照片。



## 方法——怎么做？

回顾本书中描述的不同技术，考虑立地的初始情况，把利益群体同意的最适合达到项目目标的那些技术记录下来。

## 工作时间表——何时？

表8-1是一份工作时间的例子。一旦大家都同意了要用的方法，就必须把它们转化成一系列的任务，并标明各项任务的时间安排。然后，就可以把完成每项任务的责任分配给不同的利益群体。普遍的错误是低估实施恢复森林项目所需的全部时间。如果树从种子开始在当地生长，那么必须在最早的计划种植日期前18个月至第2年开始苗圃建设和种子采集。

表8-1 工作时间表范例  
(一旦确定了任务日期，增加一栏记录谁将负责组织各项任务)

与第1次种植活动有关的时间	行 动
2年以前	利益群体达成共识；项目计划初稿；开始建立苗圃(第六章第一节)
18个月以前	开始种子采集和苗木培育(第六章第二节)
12~18个月以前	把第1年的种植样地定下来(第七章第一节)
6个月以前	检查苗圃中可以用于种植的树苗数，必要时从其他苗圃补充当地苗木
2个月以前	开始炼苗(第六章第七节)；与自愿种树者联系
6周以前	在种植地进行堪界，确定地中原有的天然幼苗、锄草
1个月以前	在要监测的树苗上挂牌；准备种植材料；对重新长出的草施用除草剂(第七章第二节)
1天以前	把苗、种植工具和材料运到种植点；向种植小组组长作简要交代(第七章第二节)
	种植活动—雨季初(泰国北部为6月)(第七章第三节)
种植1~2天后	检查种植情况、质量，把垃圾运走
1~2周后	收集要监测的树的本底数据健康评分(第七章第五节)
种植后第一个雨季期间	每4~6周根据需要锄草和施肥(第七章第四节)
第一个雨季结束	监测树木的生长和成活率情况(第七章第五节)



续表8-1

与第1次种植活动有关的时间	行 动
种植后的第一个旱季	砍出防火隔离带;组织防火巡逻(第七章第四节)
旱季结束	监理树木的生长和成活率情况;锄草和施肥(第七章第四节);评估补种的必要性
1年后	需要的话,还进行补种
第2个雨季	根据需要进行继续锄草、施肥
第2个雨季末	监测树木生长和成活情况(这时的监测对于预测总体的成功性是很重要的)
随后的几年	在雨季根据需要进行继续锄草直到林冠完全郁闭;监测生物多样性恢复情况并根据需要进行继续监测所种植的树木的生长情况(第七章第四第五节)

需要多少人——谁?

恢复森林是一项艰苦的工作,但就像任何艰巨而值得的任务,许多人一起工作不仅减轻了担子,而且把繁杂的事务变成一种愉快的社会活动。人力的数量是决定每年可以种植的最大面积的关键因素(表8-2)。

表8-2 估计两年每项恢复森林任务

(所需的人力天数所有任务除了防火都是随面积而定。“rai”是泰国标准的土地面积单位,是40m × 40m, 1hm<sup>2</sup>=6.25 rai)

随面积而定劳动		劳动力/ria (天)		所需要的劳动力合计		
		第一年种植	第二年管护	1 rai	10 rai	50 rai
整地	4人/rai	4	0	4	40	200
种植	8株/人·小时, 6个小时, 500株/rai	10	0	10	100	500
锄草施肥	4人/rai, 乘以年	12	12	24	1200	1200
监测	2人/rai(可选?)3(其他方案?)	4	2	6	24	24
防火隔离带	在建面积而定的劳动办合计	—	—	4	12	28

防火(与面积无关)		第一年	第二年	1 rai	10 rai	50 rai
	90天; 8人/天;	100	100		200	200
防火值班小组与灭火	观测50 rai的哨所 <sup>5</sup>	720	720	1440	1440	1440
		856	836	488	1884	3392



大计划、立即大面积重新种植的大目标往往失败是因为没有考虑到当地人完成除草和防火任务的能力有限。最好每年小面积种植（当地的劳力能够适合当地管护），经过多年，要胜过一次性大面积种植，避免使种的树因缺乏管护而死掉。

种树和管护，尤其是防火通常作为社区活动来组织。即：村委会要求村里每户出一个劳力，村里每天派人完成安排的任务。所以，每年能种的最大面积，取决于参加的户数。随着社区的规模扩大，“规模经济”生效，意味着每户的劳力投入的天数更少、种植的面积更大。

大多数任务（除了防火）需要的劳力随面积而定（即：种植面积越大，需要的劳力天数越多）。为了防火，无论种植地的大小（1~50rai），要求8人左右的防火值班小组日夜值班。小面积防火用的劳力比所有其他活动加起来还要多。在较大的社区，更多的农户承担防火责任，大大地减少了每户的劳力投入（见表8-3）。

表8-3 两年森林恢复面积1~50rai（包括防火）每户需出的人力天数

种植面积 (rai)	人/天		社区户数			
	每rai	合计	10户	50户	100户	200户
1	1692	1692	169	34	17	8
5	380	1900	190	38	19	10
10	216	2160	216	43	22	11
25	118	2940	294	59	29	15
50	85	4240	424	85	42	21

### 如何组织社区的苗圃育苗工作？

劳动力计算：（有些劳动力是固定的，而有些劳动力需要取决于面积的大小、每户所需劳动力。

注：1.根据草的密度调整；2.如果有自然生长的树或活动的伐桩就减少；3.较大的立地就减少，只采样几rai；4.取决于样地的形状和分布；5.要求日夜。

### 花费是多少？

材料和人力的价钱要看当地的情况。这里我们只能提供一些指南帮助你估算：

苗圃花费包括：(1)苗圃建设和设备；(2)消费材料；(3)苗圃管理员和助手的工资或小工费。

建社区苗圃不用很贵。使用当地找得到的材料，如竹子可以降低成本。一个苗圃可用好多年。所以建设费用只占培育苗木的全部花费的一小部分。



使用当地基质如稻壳和自制的堆肥，不用买盆栽营养土，可以减少培育苗木的费用。虽然许多这样的材料基本上是“免费”的，但是别忘了收集它们的人工费和运费。苗圃里唯一没有有效天然替代品的是塑料袋或容器。塑料袋是一次性的，所以袋子的花费是最大的。

苗圃管理员要对苗圃管理负全责，要保证按时生产足够物种、足够数量的高质量的苗木。这可以是全职或兼职的带薪岗位，取决于要培育的苗木数量。临时工可以是自愿的或是根据需要按天付费。苗圃工作是季节性的，最重的工作任务就是在种植前，一年其他的时候任务较轻。

根据目前的价格(2005年)，建一个生产10000~20000株苗木的简单社区苗圃，大约要15000~20000泰铢。平均每株苗木培育费大约2.0~2.5泰铢(包括材料和人工)。因此，种植1rai所需苗木花费大约1000~1250泰铢(假定种植密度为每rai500株；每公顷162~203美元)。

### 种植、养护和监测花费？

可分成材料、人工、运输。种植材料包括草甘膦除草剂、肥料、竹竿和纸板覆盖物的每棵树。在预算中增加每rai1~1.5L草甘膦的费用。50kg一袋的肥料每rai需要半袋，第一年施4次，第二年施3次。所以每rai增加了1/2袋的花费。覆盖用的纸瓦楞板可以在回收中心按千克买，但是可以请当地的店主把他们的废纸板捐给项目。竹桩可以买或让当地的劳力从退化地砍。以目前的价格，这些材料的费用合计每rai2000~2500泰铢(假如每rai500株)。

人力是预算最花钱的一项。其中防火是人力花费最大的。所以，恢复森林的预算是否可行，通常要看付费人工被自愿替代的程度。种植的通常容易从当地学校或企业找人帮忙。防火通常是村委会指派的自愿的“社区活动”。所以，除草和施肥是最可能需要付人工费的两项活动。

为了计算人工费，从表8-2中的数字开始。请看所建设的每rai所需的人力用于：整地、种植、除草和施肥、监测和砍防火隔离带。把能得到自愿帮忙的活动去掉。然后计算两年里每rai需要人力的总的天数。以要种植的rai数乘那个数，然后再乘当地的日人工费，得到与面积有关的人工的总的费用。接下来，考虑所需的防火小组的大小。在泰国北部防火通常要90天，从1月中旬直到4月底，每天24小时，用所需的天数乘防火小组的人数，再乘日人工费，得到每年防火的总花费。运费要看从苗圃到种植点的距离，须分别计算。

假如至少防火是自愿的，目前在泰国的总花费大约是每rai10000泰铢(=1623美元/hm<sup>2</sup>)，包括2年里树的培育、所有的材料、进行种植、养护和监测的人工。如果所有的地里活都是自愿的，那么树和材料的价钱总计每rai3500泰铢(=571美元/hm<sup>2</sup>)。



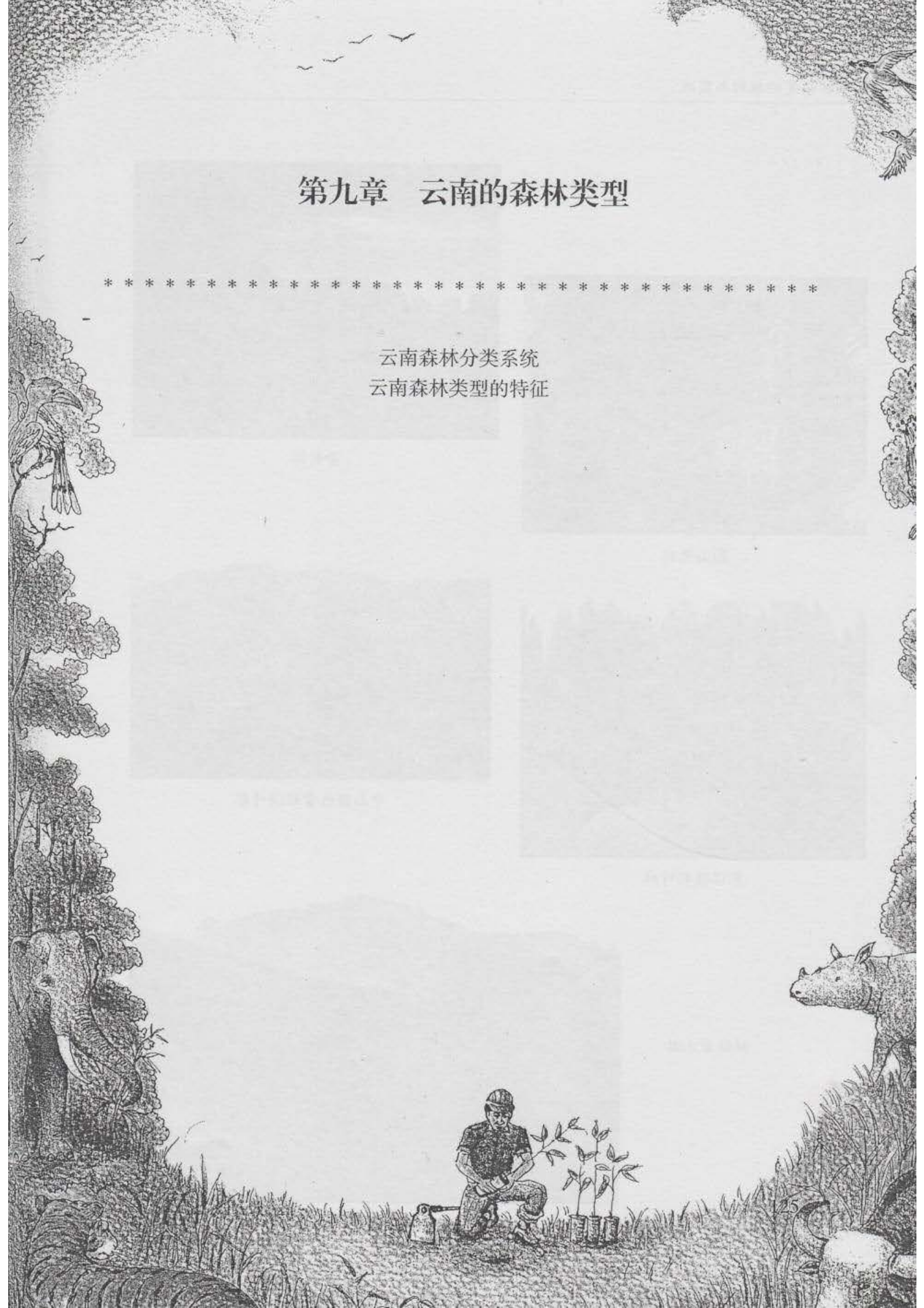
通常情况下，找到种树的支援者还是容易的，但是要调动他们参与进行锄草、施肥、防火以及监测等其他的一些工作的热情就有些困难了。而这些工作却又是影响着森林恢复成功与否的重要因素，如果在进行森林恢复的工作中省略了其中任何一项都会导致所做的一切努力前功尽弃。



# 第九章 云南的森林类型

\*\*\*\*\*

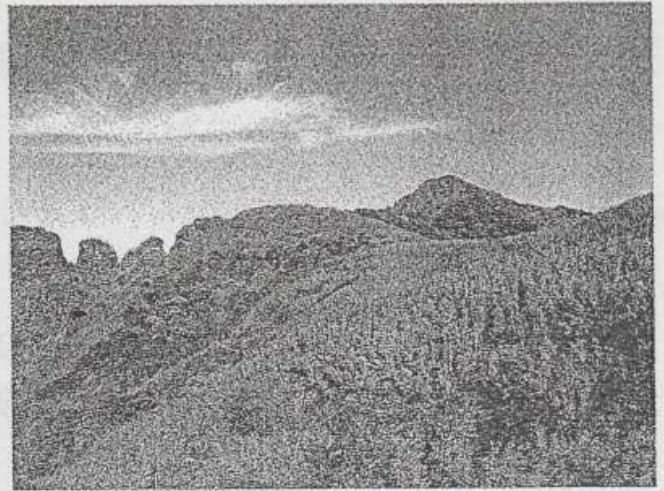
云南森林分类系统  
云南森林类型的特征



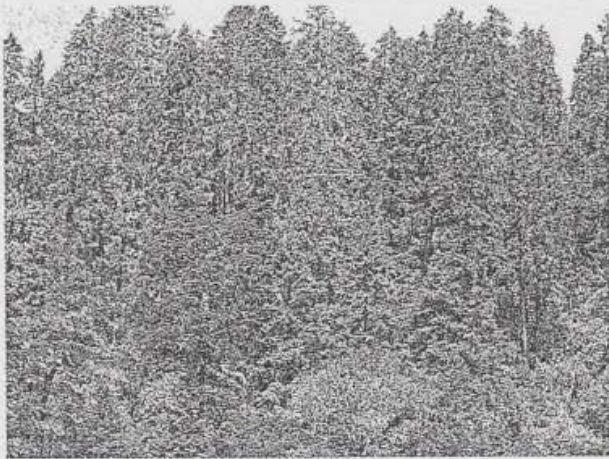




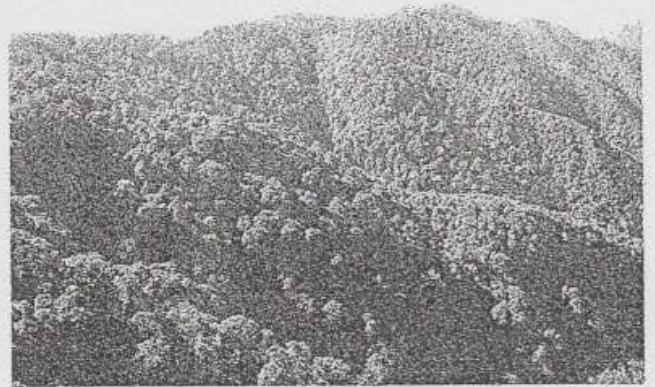
高山栎林



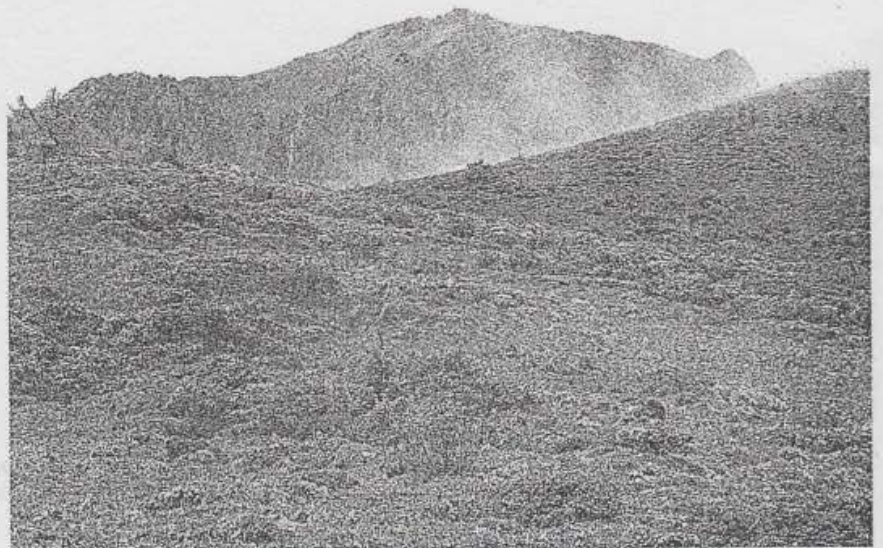
箭竹林



寒温性针叶林



中山湿性常绿阔叶林



杜鹃灌木林



南油杉林多间断分布于云南松林分布区内。冲天柏(圆柏)和秃杉林则以小面积出现在云南松林和常绿阔叶林之中。杉木林主要是人工林,几乎无天然林存在。

暖性针叶林主要为单层纯林,在个别地段亦常与一些阔叶林树种组成混交林,常见的混交树种有黄毛青冈、旱冬瓜、黄背栎、麻栎、栓皮栎、锥连栎、木荷等。但这些混交树种在林分中所占比重不大,一般为一至三成,且在针叶林下。

暖性针叶林是云南的主要森林类型。大多数树种是云南的主要造林树种,大多具有生长快和材质好的特点。因优势树种不同和林分的生境不同,划分为5个森林类型:云南松林、云南油杉林、秃杉林、杉木林、冲天柏林。

#### (四)暖热性针叶林

暖热性针叶林是指分布在亚热带南部地区的针叶林,主要分布于哀牢山西坡及以西的把边江、阿墨江、澜沧江、元江中上游海拔1000~1800m的山地,其分布的上限与山地常绿阔叶林衔接,下连干热河谷灌丛。分布区地处云南热区北缘和亚热带南部湿润地区,气候属高原气候类型,但具有热量较高、年温差小、雨量充沛的特点,有利于暖热性针叶林的生长发育。林下土壤多为山地红壤和赤红壤。

暖热性针叶林的组成树种比较单纯,除与亚热带季风常绿阔叶林在分布上和演替上有密切相关的思茅松外,尚有柏科的翠柏。其中思茅松大部分为纯林,其分布面积较大,且集中成片。而翠柏林仅是小面积间断分布。暖热性针叶林中的思茅松林和翠柏林是云南特有的森林类型。此外,尚有其他暖热性针叶林树种分布,如福建柏、鸡毛松、百日青、粗榧、水松、海南五针松、毛枝五针松等,因数量有限,分而星散,没有形成林分,但它们都是云南的珍贵树种。

根据暖热性针叶林的优势树种和对环境的要求不同,分为思茅松林和翠柏林两个森林类型。

## 阔叶林

阔叶林是指那些由被子植物中的阔叶乔木树种所组成的森林。云南的气候条件很适合阔叶林的生长,因而分布范围极广,除了亚高山上部靠近树线的严寒区域和特别干旱的河谷区域外,其他地区均有分布。从垂直分布看,极上限可达海拔3800m,极下限为海拔85m。从气候条件看,阔叶林一般较喜暖热、湿润气候。

云南的阔叶林,类型复杂,树种丰富。阔叶林的组成树种在云南各地有很大的差别。一般来说,生境越趋寒冷或干热,则树种组成也越简单。在亚高山和干热河谷多见小片纯林,而在湿热适中的地区多为混交林。树种组成有以下几种情况:其一是纯林,如分布于海拔3000~3800m的黄背栎林;其二是混交林,如多数的常绿阔叶林,一般由2~5个树种组成,其中常有一个稍占优势的树种,如滇青冈林、高山栲林;其三是组成树种很多,而优势树种不明显的混交林,如热区的常绿阔叶林和暖热地区的常绿阔叶林,其组成树种一般为十几个到几十个,只能根据几个带有地



区标志性的树种来划分类型，如云南龙脑香、毛坡垒林、红花荷、润楠、石栎林等；其四是各种不同生活型树种的混交林，在以阔叶树种为主的混交林中，有阔叶林与针叶林组成的混交林，如高山栲与云南油杉的混交林，黄毛青冈与云南松的混交林等，也有常绿阔叶林与落叶阔叶树组成的混交林，如落叶栎类和一些常绿阔叶林组成的混交林。由此可见，云南阔叶林的成林树种组成是多样的，混交林的情况也较复杂。

在云南的很多地区，原始的常绿阔叶林大多保留在山体的中上部，而在居民密集的地区，因人类频繁活动的影响，阔叶林已荡然无存。原有的阔叶林破坏后，多沦为荒山或被松林所更替。

根据阔叶林主林层优势树种对热量条件反映的一致性，划分为5个森林植被亚型：寒温性阔叶林、温凉性阔叶林、暖性阔叶林、暖热性阔叶林和热性阔叶林。

#### (一)寒温性阔叶林

寒温性阔叶林主要分布在滇西北的亚高山地带，在滇北、滇中和滇东北也有分布。其地理位置约为东经 $99^{\circ}\sim 103^{\circ}$ ，北纬 $25^{\circ}$ 以北的金沙江流域高山峡谷地区；垂直分布范围主要集中于海拔2800~3500m，最低海拔可至1900m，最高海拔可达3800m。集中分布区域的气候特点是夏凉冬寒，一般年平均气温小于 $10^{\circ}\text{C}$ ，最热月平均气温不超过 $20^{\circ}\text{C}$ ，年降雨量700~900mm，冬多霜雪，生长季短。林下土壤多为棕壤、黄棕壤、黄壤。

寒温性阔叶林分布区内，由于气候寒冷，因此森林类型贫乏，且分布零散，面积有限。组成森林的树种单纯，优势树种明显，林分层次结构简单，多为单层纯林。常绿树种全为壳斗科栎属高山栎组的硬叶栎类；落叶树种则为一些温带树种，如桦木、杨树等。

硬叶栎类具有耐寒、耐旱的形态结构，林分外貌上林冠整齐，组成和结构简单，多为单层纯林。由于所处环境不同，又与多种云杉、冷杉、松树组成混交林。一般来说，纯林大多分布于阳坡，土壤干燥瘠薄的地段；而在海拔2700m(3000m)以上，多和云杉、冷杉、高山松、铁杉、槭树组成混交林；海拔2700m(3000m)以下又多和云南松、华山松组成混交林。

硬叶栎类林主要分布在云南西北部，海拔3000m左右地区，特别是湿润肥厚、排水良好的土壤和光照充足、温凉的气候条件下，生长最为良好，可形成高25m以上的乔木林；而在阳坡土壤干燥瘠薄、岩石裸露地段则生长低矮而弯曲，形成高不到10m的矮林；在生境更为恶劣或人为干扰较大的地区，还可看到高3~5m的硬叶栎类灌丛林。

硬叶栎类林是较稳定的森林类型，因具有很强的萌生能力，此类森林一旦砍、烧破坏后，均能很快形成不同高度的萌生林。在集中分布区，其生态适应幅度很大，不论在干燥瘠薄的石质土或湿润肥厚的棕壤都能发育；分布在阴坡和半阴坡、土壤湿润深肥立地条件下的硬叶栎类林，大多是原有云、冷杉林经砍伐破坏后所形



## 第一节 云南森林分类系统

按《云南森林》的分类系统,将云南的主要森林类型分为针叶林、阔叶林、竹林和灌木林4个森林植被型,共划分为17个植被亚型。按照这一分类系统,云南森林共划分为105个森林类型。

### 一、针叶林(Needle-leaved Forest)

#### (一)寒温带性针叶林(Cold-temperate needle-leaved Forest)

1. 长苞冷杉林(*Abies georgei* Forest)
2. 苍山冷杉林(*Abies delavayi* Forest)
3. 怒江冷杉林(*Abies nukiangensis* Forest)
4. 丽江云杉林(*Picea likiangensis* Forest)
5. 大果红杉林(*Larix potaninii* var. *macrocarpa* Forest)
6. 曲枝柏林(*Sanbina recarva* Forest)

#### (二)温凉性针叶林(Cool-temperate needle-leaved Forest)

1. 云南铁杉林(*Tsuga dumosa* Forest)
2. 乔松林(*Pinus giffthii* Forest)
3. 华山松林(*Pinus armandi* Forest)
4. 高山松林(*Pinus densata* Forest)

#### (三)暖性针叶林(Warm needle-leaved Forest)

1. 云南松林(*Pinus yunnanensis* Forest)
2. 云南油杉林(*Keteleeria evelyniana* Forest)
3. 秃杉林(*Taiwania flousiana* Forest)
4. 杉木林(*Cunninghamia lanceolata* Forest)
5. 冲天柏林(*Cupressus ducloxiana* Forest)

#### (四)暖热性针叶林(Warm-heat needle-leaved Forest)

1. 思茅松林(*Pinus kesiya* var. *langbianensis* Forest)
2. 翠柏林(*Heyderia macrolepis* Forest)

### 二、阔叶林(Broad-leaved Forest)

#### (一)寒温带性阔叶林(Cold-temperate Broad-leaved Forest)

1. 黄背栎林(*Quercus pannosa* Forest)
2. 川滇高山栎林(*Quercus aguifolioides* Forest)
3. 红桦林(*Betula albo-sinensis* Forest)
4. 白桦林(*Betula platyphylla* Forest)
5. 山杨林(*Populus bonatii* Forest)

#### (二)温凉性阔叶林(Cool-temperate Broad-leaved Forest)



1. 槭树林(*Acer* spp. Forest)
2. 槲树林(*Quercus dentate* Forest)
- (三)暖性阔叶林(Warm Broad-leaved Forest)
  1. 红花荷、润楠、石栎林(*Rhodoleia parvipetala* Forest)
  2. 杜鹃、乌饭、八角林(*Rhododendron*、*Vaccinium*、*Illicium* Forest)
  3. 壶斗石栎、银木荷林(*Lithocarpus echinophorus*、*Schima argentea* Forest)
  4. 刺斗石栎、滇木荷林(*Lithocarpus echinophorus*、*Schima noronhae* Forest)
  5. 包斗栎林(*Lithocarpus craibianus* Forest)
  6. 多变石栎林(*Lithocarpus variolosus* Forest)
  7. 包石栎、峨眉栲林(*Lithocarpus cleistocarpus*、*Castanopsis platyacantha* Forest)
  8. 滇青冈林(*Cyclobalanopsis glaucoides* Forest)
  9. 高山栲林(*Castanopsis delavayi* Forest)
  10. 元江栲林(*Castanopsis orthacantha* Forest)
  11. 黄毛青冈林(*Cyclobalanopsis delavayi* Forest)
  12. 锥连栎林(*Quercus franchetii* Forest)
  13. 旱冬瓜林(*Alnus nepalensis* Forest)
  14. 麻栎林(*Quercus acutissima* Forest)
  15. 栓皮栎林(*Quercus variabilis* Forest)
  16. 锐齿槲栎林(*Quercus aliena* Forest)
  17. 野核桃林(*Juglans regia* Forest)
  18. 滇楸林(*Catalpa fargesii* var. *duclouxii* Forest)
  19. 油桐林(*Aleurites fordii* Forest)
  20. 油茶林(*Camellia oleifera* Forest)
  21. 漆树林(*Toxicodendron vernicifluum* Forest)
  22. 乌柏林(*Sapium sebiferum* Forest)
  23. 蓝桉林(*Eucalyptus globules* Forest)
  24. 油橄榄林(*Olea europea* Forest)
  25. 板栗林(*Castanea mollissima* Forest)
- (四)暖热性阔叶林(Warm-heat Broad-leaved Forest)
  1. 刺栲、印度栲林(*Castanopsis hystrix*、*C. indica* Forest)
  2. 小果栲、截果石栎林(*Castanopsis fleuryi*、*Lithocarpus truncates* Forest)
  3. 罗浮栲、杯状栲林(*Castanopsis fabri*、*C. calathiformis* Forest)
  4. 桢楠、栲树林(*Machilus*、*Castanopsis* Forest)
  5. 蒙自桦林(*Betula alnoides* Forest)
  6. 枫香林(*Liquidambar formosana* Forest)
  7. 八角林(*Illicium verun* Forest)



## (五)热性阔叶林(Tropical Broad-leaved Forest)

1. 云南龙脑香、毛坡垒林(*Dipterocarpus tonkinensis*、*Hopea mollissima* Forest)
2. 千果榄仁、番龙眼林(*Terminalia myriocarpa*、*Pometia tomentosa* Forest)
3. 大药树、龙果林(*Antiaris toxicaria*、*Pouteria grandifolia* Forest)
4. 望天树林(*Parashorea chinensis* Forest)
5. 版纳青梅林(*Vatica shishuaungbanaensis* Forest)
6. 娑罗双林(*Shorea robusta* Forest)
7. 肉托果、滇楠林(*Semecarpus reticulata*、*Phoebe nanmu* Forest)
8. 假含笑、野橡胶林(*Paramichelia baillonii*、*Winchia colophylla* Forest)
9. 滇木花生、云南蕈树林(*Madhuca pasguieri*、*Altingia yunnanensis* Forest)
10. 高榕、毛麻楝林(*Ficus altissima*、*Chukrasia tabularis* var. *velutina* Forest)
11. 铁刀木林(*Cassia siamea* Forest)
12. 木棉、楹树林(*Bombax malabarica*、*Albizia chinensis* Forest)
13. 刺桐、千果榄仁林(*Erythrina lithocarpa*、*Terminalia myriocarpa* Forest)
14. 铁力木林(*Mesua ferrea* Forest)
15. 四数木、白头树林(*Tetrameles nudiflora*、*Garuga floribunda* Forest)
16. 小花龙血树林(*Dracaena cambodiana* Forest)

## 三、竹林(Bamboo Forest)

## (一)寒温性竹林(Cold-temperate Bamboo Forest)

1. 箭竹林(*Sinarundinaria* spp. Forest)

## (二)暖性竹林(Warm Bamboo Forest)

1. 实心竹林(*Fargesia yunnanensis* Forest)
2. 方竹林(*Chimonobambusa yunnanensis* Forest)
3. 慈竹林(*Sinocalamus affinis* Forest)
4. 凤尾竹林(*Bambusa intermedia* Forest)
5. 毛竹林(*Phyllostachys pubescens* Forest)
6. 金竹林(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Forest)

## (三)热性竹林(Tropical Bamboo Forest)

1. 思劳竹林(*Schizostachyum funghomii* Forest)
2. 大节竹林(*Indosasa crassiflora* Forest)
3. 龙竹林(*Sinocalamus giganteus* Forest)
4. 牡竹林(*Dendrocalamus strictus* Forest)

## 四、灌木林(Shrub Forest)

## (一)寒温性灌木林(Cold-temperate shrub Forest)

1. 杜鹃灌木林(*Rhododendron shrub* Forest)
2. 矮刺栎灌木林(*Quercus monimotricha shrub* Forest)



3. 云南锦鸡儿灌木林(*Caragana franchetia* var. *villosum* shrub Forest)

4. 高山柏灌木林(*Sabina squamata* shrub Forest)

5. 乌饭叶柳灌木林(*Salix vaccinioides* shrub Forest)

(二)温凉性灌木林(Cool-temperate shrub Forest)

1. 香白珠灌木林(*Gaultheria yunnanensis* shrub Forest)

(三)暖性灌木林(Warm shrub Forest)

1. 珍珠花、矮杨梅灌木林(*Lyonia ovalifolia*、*Myrica nana* shrub Forest)

2. 川梨、火棘灌木林(*Pyrus pashia*、*Pyracantha fortuneana* shrub Forest)

3. 地盘松灌木林(*Pinus yunnanensis* var. *pygmaea* shrub Forest)

4. 清香木、铁仔灌木林(*Pistacia weinmannifolia*、*Myrsine Africana* shrub Forest)

5. 蔷薇、野花椒灌木林(*Rosa zanthoxylum* spp. Shrub Forest)

(四)暖热性灌木林(Warm-heat shrub Forest)

1. 余甘子、算盘子灌木林(*Phyllanthus emblica*、*Glochidion daltani* shrub Forest)

2. 苦刺花、小马鞍叶灌木林(*Sophora viciifolios*、*Bauhinia fabric* var. *microphylla* shrub Forest)

3. 坡柳、小石积灌木林(*Dodonaea viscosa*、*Osteomeles schwcrinae* shrub Forest)

4. 疏序黄荆、滇榄仁灌木林(*Vitex negundo* var. *laxipaniculata*、*Terminalia franchetii* shrub Forest)

5. 化香灌木林(*Platycarya strobilacea* shrub Forest)

6. 膏桐灌木林(*Jatropha* shrub Forest)

(五)热性灌木林(Tropical shrub Forest)

1. 糙叶水锦树、云南银柴灌木林 (*Wendlandia scabra*、*Aporosa yunnanensis* shrub Forest)

2. 水杨柳灌木林(*Homonoia riparia* shrub Forest)

3. 虾子花、金合欢灌木林(*Wodfordia fruticosa*、*Acacia farnesiana* Shrub Forest)

4. 中平树、银叶巴豆灌木林(*Macaranga denticulata*、*Croton cascarilldes* shrub Forest)

5. 霸王鞭、仙人掌灌木林(*Euphorbia royleana*、*Opuntia monacantha* shrub Forest)

## 第二节 云南森林类型的特征

### 针叶林

针叶林是指以针叶乔木树种组成的森林。它包括各种针叶乔木树种组成的纯林、针叶混交林以及以针叶树为主与阔叶树组成的混交林。这些针叶林大多具有树干高大通直、分布面积大而集中、单位面积蓄积量高的特点，因而成为云南经济用



材的主要来源。云南的针叶林大部分分布在广阔的高原面和山地上，对保持水土、改善环境和维持生物圈的动态平衡具有重要的作用。

针叶林在云南的分布范围很广，除极度干旱的地区和海拔超过树线的高寒山地外，几乎到处都有分布，在海拔1000~4000m的山地，是针叶林的集中分布区，其下限可达海拔600m左右的河谷地区，极上限可达海拔4200m左右（树线）。

云南的针叶林树种计有6科20属，63种（含变种），其中有20种左右为主要的成林树种。常见的有松属（*Pinus*）、云杉属（*Picea*）、冷杉属（*Abies*）、铁杉属（*Tsuga*）、落叶松属（*Larix*）、柏属（*Cupressus*）、圆柏属（*Sabina*）、台湾杉属（*Taiwania*）、油杉属（*Keteleeria*）、杉木属（*Cunninghamia*）的种类。

各类针叶林在其长期繁衍的自然环境中，都表现得比较稳定或持久，但在人为的严重干扰下，如不合理的采伐和反复的火烧等破坏，就会导致森林的消退，特别是在高海拔的极限条件下，不合理的采伐、火烧后，森林就难以恢复，并导致环境条件的进一步恶化。

由于各类针叶林建群种的生物学和生态学特性的差异，它们对热量条件的要求不同，据此将云南的针叶林划分为4个森林植被亚型，即：寒温性针叶林（Cold-temperate needle-leaved forest）、温凉性针叶林（Cool-temperate needle-leaved forest）、暖性针叶林（Warm needle-leaved forest）、暖热性针叶林（Warm-heat needle-leaved forest）。

### （一）寒湿性针叶林

寒温性针叶林主要是由冷杉属、云杉属、落叶松属和圆柏属中的树种所组成的针叶林。云南现有的寒温性针叶林主要分布在滇西北横断山区的亚高山或高山地段，海拔3000~4000m，其分布区的上限即为树线，再上为高山灌丛。在其分布区范围内，具有温度低、湿度大、云雾多、风速大的高寒山地气候，年平均相对湿度80%左右。

云南分布的寒温性针叶林的组成树种主要有长苞冷杉、急尖长苞冷杉、苍山冷杉、丽江云杉、怒江冷杉、大果红杉、曲枝圆柏等，它们各自构成面积较大而集中的纯林，或者组成混交林。在这些针叶林中，还常见有黄果冷杉、中甸冷杉、川滇冷杉、林芝云杉、油麦吊杉、怒江红杉、澜沧黄杉、黄杉等混生。同时，还可见到少量的壳斗科和五加科的树种伴生。

当寒温性针叶林遭破坏后，在沟谷和坡面平缓、水湿条件较好的林地，常有桦木属和杨属的种类侵入。在较干燥瘠薄的山脊以及向阳坡面，则常为高山松（较低地段）和大果红杉（海拔较高处）所更替。

寒温性针叶林，大多数为多世代的复层混交林，林分结构复杂。但其组成树种单纯，林木高大挺拔，具有较高的生产力。因此，曾被视为云南的主要用材林之一。但因其主要分布于澜沧江、怒江和金沙江上游，山高坡陡，又具有极大的防护作用。20世纪60年代以来，人们对这些针叶林已进行了开发利用，特别是大面积皆



伐和用拖拉机集材，使林地迅速恶化，致使更新困难、资源破坏和防护作用的丧失。20世纪90年代末期，国家对这一区域实施的“天然林保护工程”，同时，这一区域也是“三江并流世界自然遗产”的核心区域，为该类型森林的恢复创造了良好的政策环境。

根据寒温性针叶林各个林分的优势树种以及与环境条件的关系，划分为6个森林类型：长苞冷杉林、苍山冷杉林、怒江冷杉林、丽江云杉林、大果红杉林和曲枝圆柏林。

### (二)温凉性针叶林

温凉性针叶林主要由松属和铁杉属的种类组成，主要分布在滇西北横断山区、滇西和滇东北海拔2600~3400m的山地。其分布上限常与寒温性针叶林相嵌，下限与暖温性针叶林相连。分布区范围的气候温凉，年平均气温约7~12℃，林下土壤多为棕壤和黄棕壤。

组成温凉性针叶林的树种主要有高山松、华山松、乔松、云南铁杉和丽江铁杉等，各自形成纯林，林内或多或少伴生有桦木科、壳斗科和槭树科的一些树种，有时也可以形成以针叶树为优势的针阔混交林。在这些针叶林中，除高山松有较大面积和成片的分布外，云南铁杉林主要见于滇西高黎贡山上部，呈狭条状分布；乔松林常镶嵌在常绿阔叶林中；华山松的天然林多见于滇西北寒温性针叶林分布区的下限，但人工林面积较广，见于滇中和滇东北广大山区。

在温凉性针叶林中，除云南铁杉林有时出现异龄林外，其它林分多为单层同龄林。这些林分的结构特点与亚热带地区分布的暖性针叶林颇为相似。温凉性针叶林也是云南的主要用材林，拥有一定数量的面积和蓄积量。20世纪60年代以来，人们对这些林分已进行开发利用，特别是对高山松林已进行了大面积的采伐。

根据温凉性针叶林各优势树种的特点及其对生境条件的要求，划分为4个森林类型：云南铁杉林、乔松林、华山松林和高山松林。

### (三)暖性针叶林

暖性针叶林主要是指分布在亚热带常绿阔叶林区，由松属、油杉属、杉属、台湾杉属和柏属的树种组成的针叶林。

暖性针叶林广泛分布于云南中部、西部、东部及东北部山地，其分布海拔主要集中在1000~2800m，最高海拔可达3200m左右，最低可至海拔800m的河谷地区。分布区的气候为高原季风气候类型，属于中亚热带热量水平，全年气候温和，年温差不大，夏无酷热，冬无严寒，雨量较充足，但干湿季明显。林下土壤大多为山地红壤和紫色土。

组成暖性针叶林的树种较多，主要的有云南松、云南油杉、秃杉、冲天柏、杉木等。这些树种均有它一定的分布范围，在海拔高度上也有一定的界限，分布的规律性较明显。如与亚热带常绿阔叶林在分布上和演替上有密切关系的云南松林，其分布以滇中高原为中心，几乎遍及云南亚热带各地海拔1200~2800m的广大山地。云



成的，同时又为恢复云杉、冷杉林创造了良好的生境条件，常常会被云杉、冷杉林更替，往往成为云杉、冷杉林恢复过程中的一个演替阶段。

落叶树种所组成的森林，主要由一些喜湿凉的阳性树种如桦木、杨树等分别组成，在云南为云、冷杉林破坏后所形成的次生森林类型。这类森林分布的海拔较高、空气湿度较大，林下土壤多为棕壤、黄棕壤。由于地表枯枝落叶较多，且分解良好，故腐殖质积累丰富，土壤肥力较高。该类森林林分结构简单，多为单层纯林，但也常混生有多种云杉、冷杉和槭树等其他落叶树种，均为采伐迹地、火烧迹地的先锋树种，亦是云杉、冷杉演替过程中的一个不可缺少的阶段。

云南的寒温性阔叶林主要划分为黄背栎林、川滇高山栎林、红桦林、白桦林和山杨林5个森林类型。

### (二) 温凉性阔叶林

温凉性阔叶林主要分布于滇西北和滇西海拔2300~3500m的山区，水湿条件较好的沟谷和缓坡。分布区气候温凉，年平均气温约7~12℃。林下土壤多为棕壤和黄棕壤。温凉性阔叶林主要为落叶阔叶林，多为云杉、冷杉林或常绿阔叶林破坏后形成的次生林，组成森林的优势树种只有槭树和槲树两个种。虽然这两个树种的生态适应性较广，但槭树一般分布在海拔较高处，而槲树分布较低。两者均零散分布，面积小，但生长较好。温凉性阔叶林包括槭树林和槲树林2个森林类型。

### (三) 暖性阔叶林

暖性阔叶林主要是指分布在亚热带暖湿气候条件下的常绿阔叶林和落叶阔叶林。云南除了南部低海拔的热带、北部的亚高山地区以及一些干热河谷以外，其他的地域，包括石灰岩山地均有分布，并以中部高原和南部山地为主要分布区。主要分布区的海拔高度范围多集中于1650~2600m，南界或下限与暖热性阔叶林相接，北界或上界向铁杉为主的温凉性针叶林过渡。分布区的气候温暖湿润，年平均气温12~18℃， $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温3000~5500℃，相对湿度70%~85%。林下土壤多为黄棕壤、黄壤和棕壤，但在海拔较低的地段，则出现红壤和燥红土。

暖性阔叶林由于分布广泛，生态条件复杂，因而树种繁多。因组成森林的优势树种(或标志树种)的多样性，类型显得多而复杂。

暖性常绿阔叶林的林分结构复杂，多为复层林。由于分布区内的自然复杂，形成了各森林类型之间生态既有相似又有显著差异。在滇东南红河州、文山州东南季风山地上，海拔在2000~2600m之间，生境异常潮湿而气候稍温凉，终年处于浓雾弥漫的云雾之中，年平均温度约11.1℃，相对湿度不低于85%的地段上，则发育着红花荷、润楠、石栎林、杜鹃、乌饭、八角林。这类森林由于苔藓类附生植物非常丰富，凡地表、岩面、树干、枝条甚至叶上都密被苔藓，其厚度一般超过5cm，厚者可达10cm，形成林内一片茵绿色，在云南的植被文献中称为“山地苔藓常绿阔叶林”。在滇中高原南部和本部的哀牢山、无量山、大雪山、高黎贡山以及滇西的点苍山、滇东北的乌蒙山等，在海拔1800~2800m，气候温暖湿润，且多云雾，则发育



着以壳斗科石栎属树种为优势，或石栎与其他树种共优的林分。林分中石栎属的树种组成的多少可作为标志，且林分中还常见青冈属树种散生，但栲属树种较少见，林内仍有苔藓附生植物，但显然较上类森林少，这些森林在云南植被文献中被称为“中山湿性常绿阔叶林”。分布在滇中高原宽谷盆地四周、海拔1700~2500m的低山丘陵上，具有“四季如春、干湿季分明”的季风高原气候，年平均温15~17℃，最冷月平均温8~10℃， $\geq 10^\circ\text{C}$ 的活动积温5000~5500℃，霜期10~90天，少有霜冻现象，故基本上属亚热带气候。降雨量900~1200mm，多集中于7~9月，干季长达4~5个月，所发育的森林具有一定程度偏干性的生态特征，在云南植被文献中称之为“半湿润常绿阔叶林”。

落叶阔叶林多为常绿阔叶林破坏后形成的次生林。分布范围广，多呈零星小面积分布。组成森林的优势种有麻栎、栓皮栎、锐齿槲栎以及旱冬瓜、野核桃林，林分结构简单，树种组成单纯，多为单层林，但也有和针叶树、常绿阔叶树以及落叶阔叶树种混生形成的混交林。

云南的暖性阔叶林，主要根据主林层优势树种（或标志种）相同的林分，划分为25个森林类型：

- (1)红花荷、润楠、石栎林
- (2)杜鹃、乌饭、八角林
- (3)壶斗石栎、银木荷林
- (4)刺斗石栎、滇木荷林
- (5)包斗栎林
- (6)多变石栎林
- (7)包石栎、峨眉栲林
- (8)滇青冈林
- (9)高山栲林
- (10)元江栲林
- (11)黄毛青冈林
- (12)锥连栎林
- (13)旱冬瓜林
- (14)麻栎林
- (15)栓皮栎林
- (16)锐齿槲栎林
- (17)野核桃林
- (18)滇楸林
- (19)油桐林
- (20)油茶林
- (21)漆树林



- (22) 乌柏林
- (23) 蓝桉林
- (24) 油橄榄林
- (25) 板栗林

#### (四) 暖热性阔叶林

暖热性阔叶林分布于云南的亚热带南部地区和热带地区的山地垂直带上，海拔1000~1500m，个别因地形和局部气候影响，可向低处延伸至800m，向高处升至1800m。暖热性阔叶林分布地区的气候，受热带季风的影响较大，夏热冬暖，干湿明显，干季有雾，湿季雨水集中。年均温17~19℃，最冷月均温10~12℃，极端低温在0℃左右，霜期短而无霜冻；年降雨量1100~1700mm，年蒸发量大于降水量。土壤多为山地红壤、赤红壤和黄壤，有机质分解较快。

暖热性阔叶林有常绿阔叶林和落叶阔叶林。由常绿树种组成的森林，上层均以壳斗科的栲属、石栎属，山茶科的木荷属、茶梨属为优势；在生境湿润的成熟林中，樟科树种也不少，如黄肉楠属、润楠属等，但木兰科的树种比较少见。

暖热性常绿阔叶林是具有热带成分的常绿阔叶林，除亚热带的几个大科的树种外，热带成分很明显，带有热性阔叶林成分，有时还混生少量阔叶林中的落叶树种，如楹树、羽叶楸、羊蹄甲等。它是云南省南亚热带的地带性森林类型，在植被文献中，有称之为“南亚热带常绿阔叶林”、“南亚热带常绿栎类林”或“季风常绿阔叶林”。

由落叶树种组成的森林，均为该类森林中常绿阔叶林破坏后形成的次生林，分布广，常呈零星小片分布。且多为单层混交林，纯林极少。

暖热性阔叶林，在云南有7个森林类型：

- (1) 刺栲、印度栲林
- (2) 小果栲、截果石栎林
- (3) 罗浮栲、杯状栲林
- (4) 桢楠、栲树林
- (5) 蒙自桦林
- (6) 枫香林
- (7) 八角林

#### (五) 热性阔叶林

热性阔叶林主要分布于云南南部热带地区，东起文山州的富宁、沿麻栗坡、马关到红河州的屏边、金平、元阳、绿春，再到江城、景洪、勐海、孟连、西盟一线以南。滇西南则为沧源、耿马和潞西、盈江一线以西南地区内。云南的热性阔叶林属热带森林分布的北部边缘，其纬度和海拔都已达到极限，因此，虽与东南亚的热带森林相似，但仍有其本身的特点。

云南的热性阔叶林一般分布在云南南部海拔800m以下的河谷盆地四周以及干热



河谷下部和宽阔的河谷台地上，个别地区可沿河谷分布至海拔1000m。哀牢山以东的热性阔叶林分布区，受东南季风影响，因处于迎受湿风面，该区域气候潮湿；哀牢山以西地区主要受西南季风控制，一年中干湿季十分明显。河谷盆地一般年平均气温19℃以上， $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温大于7000℃，最冷月平均气温10~18℃，全年无霜，年降雨量1000~1600mm，个别地区有低于1000mm或高于2000mm的情况，但雨量的季节分配不均，其中80%~85%集中在5~10月的雨季。土壤以砖红壤为主，具有土层深厚，保水性能良好，生物小循环迅速，有机质分解快等特点，但在干热河谷地区出现有燥红土，或者因石灰岩山地所形成的石灰岩土。

云南的热性阔叶林具有东南亚雨林一般的结构特点和生态特征，也有许多相似的种类组成，实属亚洲热带林的一部分。但又具有叶片较小，有的树种有一个较集中的换叶期，典型热带雨林树种较贫乏等特征。反映出季风热带地区有季节变化的突出特点，并具有从东到西逐渐加强的趋势。

云南热性阔叶林的分布地区自然条件复杂，由于水热条件的差异，形成了各森林类型之间的生态环境既有相似，又有显著差异。如滇东南常年高温多雨地区，发育着云南龙脑香、毛坡垒林，这类森林在云南植被文献中称之为湿润性雨林。又如在热量较高，但干湿季分明的地区，则分布有千果榄仁、番龙眼林，大药树、龙果林、望天树林、云南娑罗双林等。这些森林在云南植被文献中又称为季节性雨林。在热性阔叶林中，并有一类是分布在热带地区山地的热性阔叶林，其分布范围较宽，大体分布在海拔800~1000m，个别山地可达1500m。如肉托果、滇润楠林、野橡胶、假含笑林、滇木花生、云南蕈树林。这类森林在云南植被文献中称山地雨林。而分布在干季长而明显，又无湿润的土壤配合或有焚风影响的干热气候条件下，则有高榕、毛麻楝林、铁刀木林、木棉、楹树林、刺桐、千果榄仁林、铁力木林，四数木、白头树林等。这些森林在云南植被文献中称为热带季雨林。

云南的热性阔叶林，根据优势树种或标志种，初步划分为16个森林类型：

- (1)云南龙脑香、毛坡垒林
- (2)千果榄仁、番龙眼林
- (3)大药树、龙果林
- (4)望天树林
- (5)版纳青梅林
- (6)云南娑罗双林
- (7)肉托果、滇楠林
- (8)野橡胶、假含笑林
- (9)滇木花生、云南蕈树林
- (10)高榕、毛麻楝林
- (11)铁刀木林
- (12)木棉、楹树林



(13)刺桐、千果榄仁林

(14)铁力木林

(15)四数木、白头树林

(16)小花龙血树林

此外，还种植有大面积的人工橡胶林。

## 竹 林

竹类在形态构造和生长特点上，都与针叶树种和阔叶树种不同，因此在森林类型中被视为一个独特的类群。竹类主要分布于全球热带和亚热带地区，尤以东南亚季风区最为丰富。全世界竹类约70属，800余种，云南就有24属，150余种，是中国乃至世界竹类种类较为丰富的一个地区，且有较大面积的天然竹林存在。

云南的主要竹林归纳为三个森林植被亚型：寒温性竹林、暖性竹林、热性竹林。

### (一)寒温性竹林

寒温性竹林广泛分布于云南西北部和东北部的亚高山地带，也见于滇中高原一些山地和西南部中山上部。分布区海拔多在2500~3600m，其中以2800~3600m更为集中，全在偏南地区，有的可分布于海拔较低的山体上部。分布区的气候条件，由于纬度和海拔高度的不同而有很大差异，但集中分布区都具有亚高山的气候特点，即与亚高山针叶林分布区的气候和土壤条件相一致。该森林植被亚型只有一个森林类型，即箭竹林。

### (二)暖性竹林

暖性竹林是指分布于海拔1200~2400m的各种竹林，分布范围遍及全省各地，包括山地一些天然竹林和坝区栽培的各种人工竹林。由于分布地区广阔，各地气候和土壤条件差异很大，一般来说，与暖性阔叶林区的环境条件相一致。

在暖性竹林各类型中，玉山竹属、箬竹属、唐竹属以及苦竹属的许多竹种多系小型和林下的竹类。此外，在常绿阔叶林林冠下有成片分布的筴竹等。

暖性竹林按优势种划分为实心竹林、方竹林、慈竹林、凤尾竹林、毛竹林和金竹6个森林类型。

### (三)热性竹林

热性竹林系指云南南部低海拔地区的各种竹林，其分布范围大体与热性阔叶林区相一致，但沿干热河谷可以延伸到偏北的地区，如金沙江各地和怒江上游仍有热性竹林分布。

热性竹林的特点是以大型丛生竹类为主，竿高多在20m左右，径粗10~20cm。此外，热性竹林还富有攀缘或半攀缘的竹类，这些藤本状竹类有梨藤竹属、长穗竹属的一些种类，对水热条件要求较高，常沿潮湿的沟谷分布。半攀缘的竹类系指竿直



立而梢头细长，常攀缘于相邻的树上，如牡竹属、箬劳竹属和薄竹属的一些种类。

热性竹林以丛生竹为主，虽然种类多，栽培广泛，但不构成大面积的竹林。按优势竹种划分为箬劳竹林、大节竹林、龙竹林和牡竹林4个森林类型。

## 灌木林

灌木林是指那些由灌木、小乔木所组成的自然群落。灌木林指的是高大灌木，至少在1m以上，典型的灌木林常有3~5m高。

云南的灌木林一般分为比较稳定的灌木林和不太稳定的灌木林两类。

较稳定的灌木林，多为原生植被，即它们的存在主要受气候条件限制。如高山灌木林，由于气候过于寒冷，已不适于森林分布；也有的是由于土壤条件的限制，如热带河滩边缘的水杨柳灌木林，主要是受气候和土壤条件的限制。另一类较稳定的灌木林，虽也受气候和土壤条件的限制，但严格说来不是原生植被，如亚高山灌木林，亚热带山地的石灰岩灌木林以及干热河谷灌木林等。由于它们处在特殊的环境条件下，除适应性较强的灌木能在此环境中生长外，其它乔木树种难以生存，因而看来这些灌木是比较稳定的，但一旦停止人为干扰，最终仍能被临近的森林植被所代替。

不太稳定的灌木林，主要是指次生灌木林。它们的存在是由于森林破坏后，生境改变，乔木和灌木暂时停留在灌丛阶段（指演替阶段），一旦停止人为干扰，可以在较短期内（几年或几十年），通过萌生林而恢复成原来的森林植被。

云南的灌木林分布广泛，类型多样，地区的差异也很大。凡高山、亚高山、中山、低山、丘陵、河谷、平坝都有分布，几乎遍布全省各地。

根据灌木林分布的生态和环境条件，将灌木林分为5个植被亚型：寒温性灌木林、温凉性灌木林、暖性灌木林、暖热性灌木林和热性灌木林。

### （一）寒温性灌木林

寒温性灌木林主要分布于云南西北部和东北部的高山上，海拔都在3200m以上，特别是3800m或4000m的森林线上。这类灌木林，在山体的垂直带中占有一定地位。

寒温性灌木林包括高山灌丛和亚高山灌丛。海拔3800m以上的灌木林，习惯称为“高山灌丛”，是森林线以上的自然植被带。其分布的上限与高山草甸植被相接，其下限与以冷杉为主的亚高山针叶林相连。3800m以下的灌木林称为亚高山灌丛，处于森林线以下，具有一定的次生性，常为高山针叶林破坏后的产物，分布下线可达3200m。

组成寒温性灌木林的种类中，以杜鹃属植物最多，是我国西南高山景观的标志之一，云南有杜鹃200多种，大部分分布于滇西北地区。其次是落叶的柳属、金露梅属、锦鸡儿属、绣线菊属等，还有叶较大的落叶树种花楸属、茶藨子属、桦属、槭属等。



按照组成灌木林的优势种和生境条件，分为5个森林类型：

- (1)杜鹃灌木林
  - (2)矮刺栎灌木林
  - (3)云南锦鸡儿灌木林
  - (4)高山圆柏灌木林
  - (5)乌饭叶柳灌木林
- (二)温凉性灌木林

温凉性灌木林，主要是指在海拔2400~3000m的常绿阔叶林和温凉性针叶林遭受破坏后，由林下的灌木发育而成的。在这一地段上分布的灌木种类较多，而形成单一优势的较少，常见的有滇白珠、珍珠花、美丽马醉木和其他杜鹃种类以及矮生的竹类。根据划分灌木林的原则，温凉性灌木林只划分为滇白珠灌木林(灌丛) 1个森林类型。

### (三)暖性灌木林

暖性灌木林是指在亚热带山地气候条件下分布的灌木林，无论在外貌上或植物种类组成上，都与寒温性高山气候的灌木林不同。由于亚热带的湿润和半湿润气候，原来的植被都是常绿阔叶林或云南松林。即使在半干旱的河谷地区，原来也是森林植被。因此，暖性灌木林中绝大部分都是森林破坏后形成的次生植被类型，由于破坏后所在地的生境变得更加干旱和贫瘠，致使一些灌木林类型呈现稳定的状态，在短时期内难以恢复成森林。如石灰岩灌木林、地盘松灌木林等。

云南的暖性灌木林，分布广而类型多，水平分布几乎遍及全省各地，而垂直分布主要在海拔1100~2500m，个别纬度偏北的河谷可下延至600m。暖性灌木林划分为5个森林类型：

- (1)珍珠花、矮杨梅灌木林
  - (2)川梨、火棘灌木林
  - (3)地盘松灌木林
  - (4)清香木、铁仔灌木林
  - (5)蔷薇、野花椒灌木林
- (四)暖热性灌木林

暖热性灌木林是指在云南亚热带南部地区分布的灌木林，也就是南亚热带性质的灌木林。这类灌木林多是当地的南亚热带季风常绿阔叶林和思茅松林破坏后所形成的，所以次生性强。一旦停止人为干扰，在暖热的气候条件下都能较快地恢复成当地的森林。该类灌木林划分为6个森林类型：

- (1)余甘子、算盘子灌木林
- (2)苦刺、小马鞍叶灌木林
- (3)坡柳、小石积灌木林
- (4)疏序黄荆、滇榄仁灌木林



(5)化香灌木林

(6)膏桐灌木林

(五)热性灌木林

热性灌木林只分布于热带地区，在云南主要分布在滇南海拔800m以下、滇东南500m以下、滇西南1000m以下的河谷低山。此外，在南部的红河、澜沧江、怒江及其支流的峡谷地区也有分布，而且沿江河往北分布到较高纬度的地区。

云南的热带地区是全球热带森林区，主要森林为热性阔叶林。热性灌木林中大部分是由原有森林破坏后形成的，而且是一些很不稳定的次生植被类型。热性灌木林分为5个森林类型。

(1)糙叶水锦树、云南银柴灌木林

(2)水杨柳灌木林

(3)虾子花、金合欢灌木林

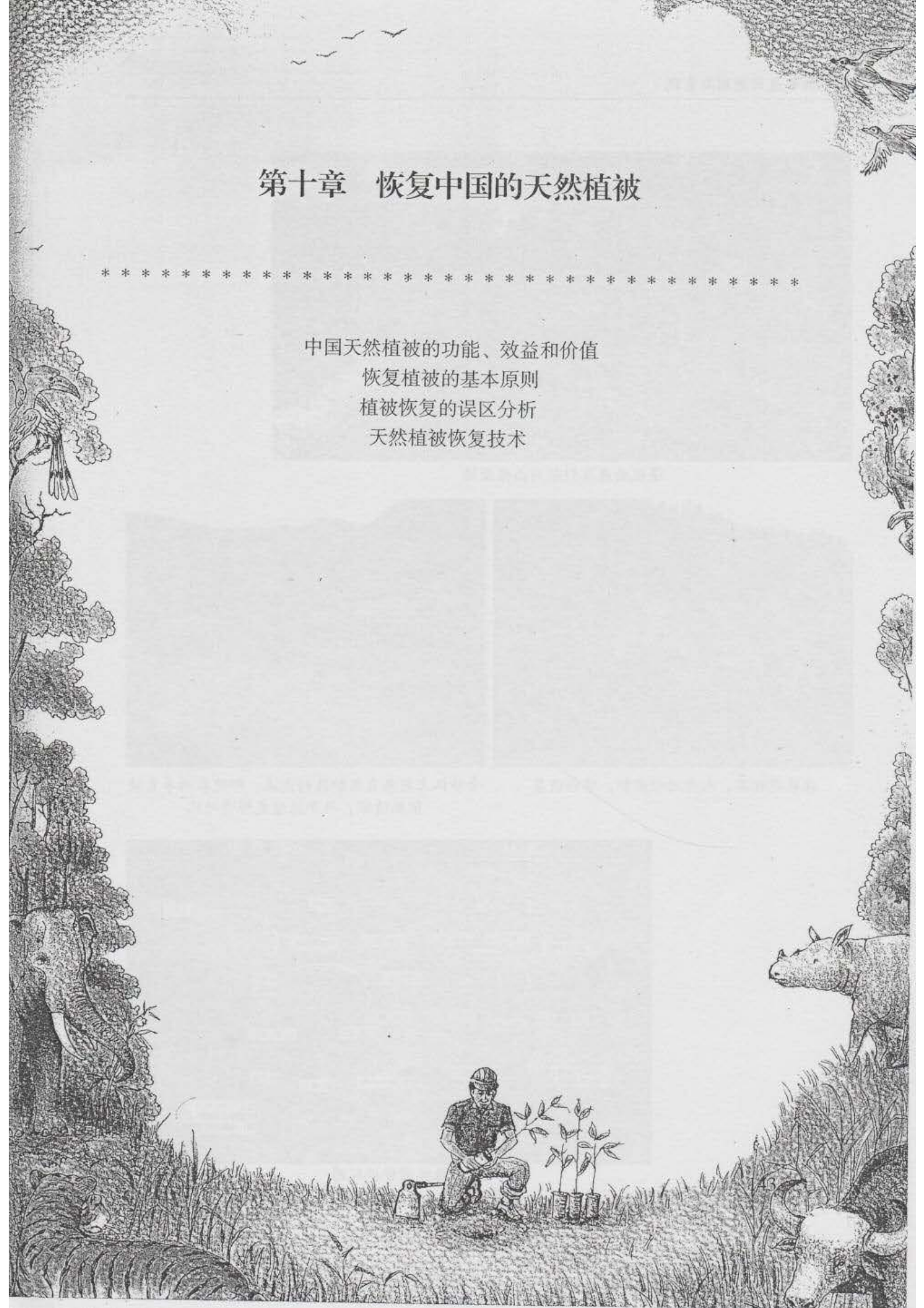
(4)中平树、银叶巴豆灌木林

(5)霸王鞭、仙人掌灌木林

### 参考文献

1. 云南植被编写组. 云南植被. 北京: 科学出版社, 1987
2. 吴征镒. 云南种子植物名录. 昆明: 云南人民出版社, 1984
3. 云南森林编辑委员会. 云南森林. 昆明: 云南科技出版社, 1986



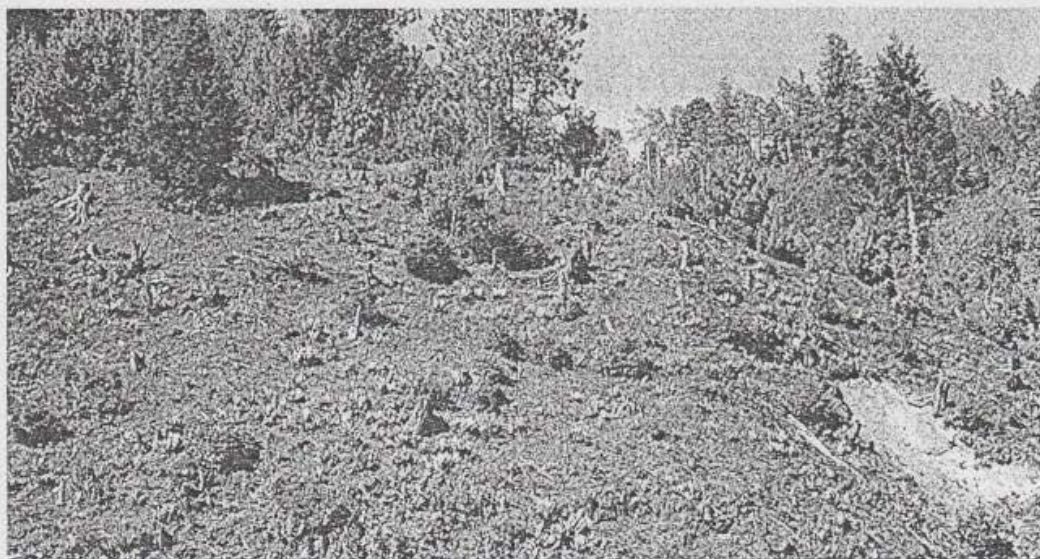


## 第十章 恢复中国的天然植被

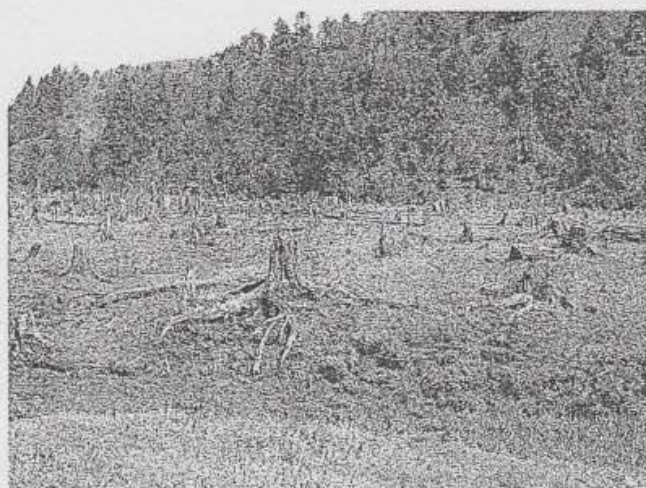
\*\*\*\*\*

中国天然植被的功能、效益和价值  
恢复植被的基本原则  
植被恢复的误区分析  
天然植被恢复技术





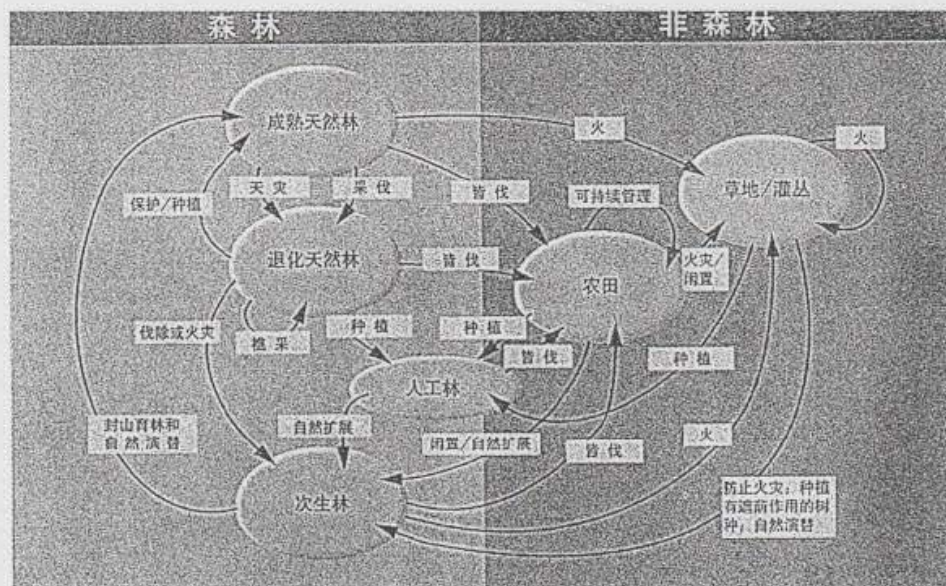
退化的森林引起的山体滑坡



森林退化后，人为活动频繁，难以恢复



金沙江上游来自保护区的支流，即使在雨季支流依然清澈，与干流形成鲜明对比



森林演替循环图



## 第一节 中国天然植被的功能、效益和价值

人们很少解生态过程的复杂机制，目前还不能对其经济价值做出全面的评价。不过它们对国民经济作出的实际的和潜在的贡献是巨大的。本节将从经济价值或者功能丧失的代价两个方面探讨自然植被的各种功能及价值。

### 水土保持

#### (一)水源保持

自然植被具有“海绵效应”，这是它最重要的功能。植被在雨季可以拦截降雨，保持植物表面上以及枯枝落叶层中、土壤里及生命组织中的大部分水分，从而减少地表径流。与此同时，森林和草原可以增加地下水流，延长河川水流在干燥季节的持续时间。因此，森林和草原通过调节水流能够降低洪水水位，保存水分。

森林的海绵效应有四个主要内容：

(1)枝叶可以拦截和保留降落在树冠上的一些雨水。植物体吸收一小部分雨水，也有一小部分蒸发到大气中。随森林类型和降水量的变化，树冠拦截的雨水量也不同，一般高达15%~40%。其余的雨水则流向叶、枝、干，进而通过根系流入土壤。

(2)森林表面的灌木与草本植物层拦截并保留的雨水更多。茂密的森林地面植被除截流一些雨水外，还能够显著地减少雨水对土壤表面的直接冲刷。

(3)森林地面的枯枝落叶层是森林海绵效应最重要的组成部分，它的功能如下：

- 在土壤表面形成一个保护层，保持土壤结构的稳定性，消除雨水的侵蚀作用；
- 吸收雨水；
- 增加地面的粗糙度，过滤、阻断和减缓地表径流；
- 增加土壤的有机物含量，改善土壤结构和肥力，提高持水能力。

其最低有效厚度为0.5~1.0cm。在这个厚度以上，枯枝落叶层增强水文生态功能的效应可达80%以上。

(4)森林的庞大根系以及各种土壤无脊椎动物和微生物的活动，显著地提高了土壤减少地表径流的物理能力。这些因素有利于水分渗透到较深层的土壤里，从而提高持水能力。死根和动物洞穴也有利于这种效应。

草原在水土保持方面的作用与森林类似，但在数量上不及森林。草原植被覆盖能够降低雨水的侵蚀能力。然而，能够触发地表径流的初始雨量在森林和草原之间迥然不同。对杉木林和栎木林来说，触发地表径流所需要的初期降水量为



15.8~17.9mm。对草原而言，需要的降水量仅仅是4.8mm。灌丛与草原混合带的蓄水能力大约为每公顷 $25 \times 10^4$ t，是荒地的1.4倍。

### (二)防止缺水

缺水在中国许多地区都是非常严重的问题。目前，中国水资源人均占有量 $2275\text{m}^3$ ，仅为世界平均水平的1/4，低于人均 $3000\text{m}^3$ 的轻度缺水标准。

水的短缺限制经济的发展。1997年，中国东部发生特大洪水，而在中国北部城市，缺水导致工农业直接的经济损失达 $2000 \times 10^8$ 元，相当于当地该年国民生产总值的3%。

在多数乡村地区，水要么无偿使用，要么价格远远低于实际价值。这是因为水的价格是根据农民愿意支付的程度确定的。然而在发达的城市里，水价则很高。例如香港在1960年就开始从广东省购水。最近的十年间，水价逐渐上涨，由每立方米1.38元涨到3.27元。在1998~1999年，香港支付广东的水费总计 $23.6 \times 10^8$ 元。

#### 框10-1 中国南部水的价值

缺水还造成生态环境的退化，特别是河流流域植被的退化。黄河下游断流的天数从1970年到1990年的平均每年20天突增到1995年后的每年150天，并曾在1997年达到了226天之多。1999~2000年间长江下游水域同样出现了水资源紧缺。由于缺水，全国七八个省（直辖市）地面下陷严重，其中天津市地面下陷面积占全市总面积的66%。在干燥季节，坝区植被的破坏加剧了江河的干涸。

然而，水资源的浪费与低效使用的问题和缺水一样严重。农业灌溉占全国用水量的70%以上，至今仍然基本沿用漫灌技术。大多数工业企业没有循环利用水资源。管道因质量低、维护差而造成漏水。同时节约用水意识的薄弱，也导致城市用水的严重浪费。

我们可以从香港的数字推知全国各地愿意支付水费的相似情况，估算森林水资源供应效益的价值。这个数字是： $(\text{每年} 89 \times 10^{11} \text{元} = 12 \times 10^8 \text{人} \times 2275\text{m}^3/\text{a} \times 3.27 \text{元}/\text{m}^3) \times \text{中国内地人均收入} \div \text{香港人均收入}$ 。至少这个数字的10%，或大约 $18 \times 10^{10}$ 元可以归因于植被覆盖的海绵效应。如果中国内地人均收入接近香港的水平，这数字会逐渐接近 $89 \times 10^{10}$ 元。

### (三)预防水灾

洪水泛滥在中国每年都有发生，但1998~1999年的灾情最为严重。这些洪水主要归因于降水量过量，以及由于泥沙沉积和森林退化导致江河湖泊的蓄水量减少。江河流域上游的过度采伐和植被破坏，不仅降低了植被调节水流的功能，而且还导致严重的土壤侵蚀，使河川溪流泥沙淤塞。

为了摆脱灾害，国务院制订了“封山育林、退耕还林、退田还湖、平垸行洪、



以工代赈、移民建镇、加固干堤、疏浚河道”的“32字”方针。长江中游地区开展了“平垸行洪、退田还湖、移民建镇”。

根据世界自然基金会与中国青少年发展基金会在长江中游地区的问卷调查,1998年洞庭湖平原、江汉平原与鄱阳湖平原大约有87%的农户受灾。在所调查的2541个农户中,遭水灾的农户达2219户,占调查农户总样本的87.33%。户均经济损失10643元。

1998年,长江、松花江和嫩江流域的严重水灾,给人民生命和财产造成巨大的经济损失。全国受影响的农田达 $2229 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,受灾区域为 $1378 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,死亡4150人,倒塌房屋685万间。

长江中游干流、洞庭湖和鄱阳湖,坍塌1075个堤坝,淹没 $19.7 \times 10^4 \text{hm}$ ,涉及人口229万人。直接经济损失 $2551 \times 10^8$ 元。如果计入农业生产和人民灾难的间接损失,损失则更为严重。

框10-2 1998年的水灾

1998年长江、松花江、嫩江的洪水与森林退化有密切的关系,长江上游的西南林区与嫩江上游的东北林区是新中国成立以来两大森林采伐区。

根据第五次(1994~1998年)全国森林资源调查,中国森林面积为 $159 \times 10^4 \text{km}^2$ 。根据BWG/CCICED1996年在神农架地区的研究发现,森林的蓄水量每公顷比荒地多 $14.5 \times 10^4 \sim 18.3 \times 10^4 \text{m}^3$ ,森林在雨季蓄水量达到饱和状态时可以多吸收 $2.3 \times 10^8 \sim 2.91 \times 10^8 \text{m}^3$ 的雨水。也就是说,现有森林在雨季可以在 $230 \times 10^4 \sim 291 \times 10^4 \text{km}^2$ 范围内吸收1m深的洪水。这个范围比1998年洪水影响的整个地区的大10倍。按照1998年每公顷的经济损失( $22.3 \times 10^4 \text{km}^2$ 损失 $2.55 \times 10^8$ 元,平均每公顷损失人民币1.14元),现有森林每年能节省 $2.63 \times 10^{12} \sim 3.33 \times 10^{12}$ 元。

#### (四)防止水土流失

中国水土流失面积 $367 \times 10^4 \text{km}^2$ ,占国土面积的38%,平均每年新增水土流失面积 $1 \times 10^4 \text{km}^2$ ,中国由风化及侵蚀造成的水土流失每年达 $50 \times 10^8 \text{t}$ 。

水土流失的威胁主要有三个方面:土壤养分流失;水库受泥沙淤塞,水利设施有效作用期限缩短;湖泊和河道受泥沙淤塞,增加了发生洪水的危险。

中国每年风蚀和水蚀的土地相当于每年损失 $7500 \text{km}^2$ 的良田,氮、磷、钾的流失甚至超过了中国每年的化肥产量,相当于每年损失大约 $32 \times 10^{10}$ 元。这些损失可直接归因于自然植被覆盖面积的减少。

造成水土流失的主要原因包括集水区的生态系统条件差,以及在陡坡不采用梯田和在裸地上进行农作等。裸地是由于工程建设、道路施工和采矿所造成的。相比之下,良好自然植被条件下的土壤流失几乎是微不足道的,大约为农业用地的1%。



长江上游和黄河中上游地区是中国遭受水土流失最严重的地区。根据国务院1990年发布的遥感勘测结果，长江流域水土流失面积为 $56 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，年土壤侵蚀量 $24 \times 10^8 \text{ t}$ 。其中上游水土流失面积 $35.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，年土壤侵蚀量 $15.6 \times 10^8 \text{ t}$ 。长江流域的土壤主要由粗沙粒组成，而悬浮在江水中的土壤细粒仅占受侵蚀土壤的1/3，另外的2/3主要是粗沙和沙砾。它们沉积在水库、支流、中小河道中，对治水、灌溉、供水和中小河流的水力发电构成极大威胁。

黄河中上游的黄土高原地区总面积为 $64 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，水土流失面积 $44.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。年土壤侵蚀量 $16 \times 10^8 \text{ t}$ ，土壤流经三门峡，其中 $4 \times 10^8 \text{ t}$ 沉积在河床，每年抬高河床10cm。河床现在比周边地区高出3~10m。

自然植被可以通过多种途径阻止侵蚀的发生。植被覆盖率增加，土壤流失就会随之降低。如果有效盖度达到60%，可以显著地减少土壤流失。这种效应对于接近地面的植被来说更加明显。植物的分层现象也起一定的作用。灌木和草地混合植被的土壤流失程度比纯草地低20%。枯枝落叶层和朽木也可以通过减缓地表径流防止土壤流失。

框10-3 长江上游和黄土高原的水土流失

自然植被可以防止砂土和土壤养分的流失。一项研究表明，湖南省现有森林植被每年可减少土壤流失 $9600 \times 10^4 \text{ t}$ 。据估计，每公顷山地森林防止泥沙流失效益为32元，全国山地森林面积约占森林总面积的70%，其效益约 $36 \times 10^8 \text{ 元}$ ；每公顷山地森林防止土壤养分流失效益为3元，全国约 $3 \times 10^8 \text{ 元}$ 。二项合计，全国山地森林的保土效益每年约 $39 \times 10^8 \text{ 元}$ 。

#### (五) 土壤肥力的养护

自然植被通过改善土壤的化学、物理和生物结构，从而提高土壤的肥力。改善物理结构，是指森林可以使土壤孔隙度增加，土壤含水量和透气性提高。改善生物结构，是指森林可以使土壤中的微生物变得丰富，土壤腐殖质含量提高。改善化学结构，是指森林可以把枯枝落叶层的养分返回到土壤中。此外，森林可以使空气中的部分元素转移到土壤中，比如固氮作用。陕西省一项研究表明，森林枯枝落叶层的腐烂可以使每年每公顷平均3990kg的硝酸盐返回到土壤中。据估计森林每年每公顷可固氮5~10kg。因此，森林能够每年每公顷将大约4000kg的硝酸盐转移到土壤中。根据第五次(1994~1998年)全国森林资源调查结果，中国森林总面积为 $159 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，因此每年可以将 $6.36 \times 10^8 \text{ t}$ 硝酸盐转化到土壤中。按1999年中国出口尿素的价格(每吨1050元)计算，森林每年固定到土壤里的硝酸盐价值达 $665 \times 10^8 \text{ 元}$ 。

生物多样性工作组于1996年对湖北省20个样地的相关土壤保护指标进行了测定。如果将25°斜坡上农田的土壤侵蚀相对比率设为1.0。相比之下，森林、灌木、草地和果园分别为0.01、0.02、0.05和0.10。在土壤保持方面，茂密的阔叶林比针叶林和人工林又更好一些。

对湖南省不同类型土地的土壤流失的一项调查表明，天然阔叶林、杉木人工林、马尾松人工林和裸地每平方公里的水土流失量分别为217、232、257和1326t。这一结果再次说明，森林在防止土壤侵蚀方面非常有效，而天然林比人工林更好一些。

框10-4 森林保护土壤的效率



农林业的经验可以用来说明森林在提高土壤肥力方面的价值。在河南省的毛白杨 *Populus tomentosa* 农田网络中, 每年每公顷产生 55500kg 枯枝落叶, 而回到土壤里的养分为每年每公顷 23400kg。与传统的农业用地相比, 毛白杨农田网络中养分的循环利用率高 9.53%; 腐殖质含量高 19.2%; 氮总量高 8.3%; 土壤微生物总密度高 29.2%~8.7%; 土壤的生化活性高 24%~94%。这些数据说明, 森林在提高土壤肥力方面作用重大。森林物种组成不同, 年龄结构不同, 提高土壤肥力的程度也不同。根据农田不施肥情况下, 每年每公顷的减产情况进行简单的估计, 中国的森林在提高土地生产力方面的效益每年达到  $1440 \times 10^8$  元。

#### (六) 防止水库、湖泊和河流泥沙淤积

植被的丧失导致泥沙淤积。沙砾、碎石沉积在河床、沟渠、水库、河流和湖泊的底部。估计水土流失的 24% 沉积在水库、河流和湖泊中, 降低了这些设施的储水能力, 使干旱、洪水的发生更加频繁。类似的沉积还可以降低水力发电站的功效和使用寿命, 阻塞沟渠, 并且增加了净化工业与生活用水的成本。

如果所有的森林都遭毁坏, 其损失将是难以计算的, 至少会导致大多数水利和灌溉工程瘫痪。根据现实情况保守地估计森林的破坏每年给水电和灌溉造成 10%~20% 的损失。那么, 森林的这项价值相当于中国全部水电的 10% 的价值 (约  $210 \times 10^8$  元), 以及全部灌溉农业 10% 的产值 (约  $1300 \times 10^8$  元)。

每年大约有  $1.3 \times 10^8 \text{m}^3$  的土壤沉积在洞庭湖。湖水面积已从 1860 年的  $6270 \text{km}^2$  减少到目前的不足  $2600 \text{km}^2$ 。蓄水量也从 1949 年的  $29.3 \times 10^8 \text{m}^3$  减少到现在的不足  $15 \times 10^8 \text{m}^3$ , 减幅为 48.8%。鄱阳湖每年淤积量也达  $1210 \times 10^4 \text{t}$ , 湖床每年增高 3cm。

长江流域共有大、中、小型水库 5 万余座, 总库容超过  $1.2 \times 10^{12} \text{m}^3$  以上, 每年因泥沙淤积损失库容  $12 \times 10^8 \text{m}^3$ , 相当于 12 座大型水库。长江上游各类水利工程的年淤积量达  $3.6 \times 10^8 \text{m}^3$ , 仅四川每年淤损库容量就达  $1 \times 10^8 \text{m}^3$ 。进入三峡库区的淤积泥沙每年近  $6 \times 10^8 \text{t}$ , 减少库容  $3.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 。湖南省 258 座中型水库中, 30% 淤积严重, 13 座大型水库有 5 座淤积严重, 损失库容量  $1.5 \times 10^8 \text{m}^3$  以上。江西赣县 1958~1980 年建的 43 座小型水库, 淤积泥沙占库容的 24%, 其中已有 9 座淤满报废。

框10-5 长江流域的泥沙沉积

#### (七) 防止沙漠化

土地沙漠化是中国当前最为严重的环境问题之一, 首要原因是人口剧增、贫瘠土壤过度利用、乱采矿、过牧、滥伐以及不适当的灌溉等, 造成了农田的盐碱化。我国荒漠化分为风蚀、水蚀、冻融、盐渍化四大类, 共跨越了干旱、半干旱和亚湿润干旱区三个气候带。据《中国沙漠化国家报告》, 中国共有荒漠化土地  $262.2 \times 10^4 \text{km}^2$ , 其中风蚀荒漠化 (沙漠化或沙化) 土地  $160.74 \times 10^4 \text{km}^2$ ; 水蚀荒漠化 (水土流失) 土地  $20.46 \times 10^4 \text{km}^2$ ; 冻融荒漠化  $36.33 \times 10^4 \text{km}^2$ , 土地盐渍化  $23.32 \times 10^4 \text{km}^2$ , 另外还有其它因素引起的荒漠化土地  $21.38 \times 10^4 \text{km}^2$ 。沙漠化土地在中国以每年



2460km<sup>2</sup>的速度扩大。

长江和黄河发源地周围以及其上游和中游的大量土地已经沙漠化。这个地区长期不适当的人类活动，使森林和草原严重退化。沙漠地区也是中国最不发达地区，大量人口生活在贫困中。沙漠化不仅限制了区域经济的发展，而且严重影响着长江和黄河中下游经济的发展。

从沙漠的覆盖率和扩大速度上看，中国北部的沙漠化最为严重。这一地区气候干旱，自然资源匮乏，交通条件差，经济发展始终落后于中国其他地区。18世纪中叶以后，尤其在20世纪，中国北部人口由于外地人的大量迁入而快速增长。在20世纪50~80年代，人口的年增长率达到3.08%，人口平均密度由每平方公里10~15人增长到40~60人。

人口的增长和社会的需求给土地资源带来极大的压力，破坏了传统的可持续的土地利用模式。在严重沙漠化土地中，24.5%（即44700km<sup>2</sup>）由于过度耕作所致，28.3%（49900km<sup>2</sup>）是由于过牧所致，31.8%（56000km<sup>2</sup>）是由于过度伐木和采集薪柴所致，8.3%（14700km<sup>2</sup>）是由于不适当地利用淡水资源所致，还有0.7%（1300km<sup>2</sup>）是由于采矿、修筑道路和城市开发所造成的。

框10-6 中国北部人口的增长与沙漠的扩大

据估计，沙漠化每年造成的直接经济损失为 $540 \times 10^4$ 元，相当于1996年中国西北5省（自治区）财政收入的3倍。全国受沙漠化危害地区，每年减少粮食产量 $30 \times 10^8$ kg以上，相当于750万人一年的口粮。新中国成立以来，全国共有 $66.7 \times 10^4$ hm<sup>2</sup>耕地沦为沙地，平均每年丧失耕地 $1.5 \times 10^4$ hm<sup>2</sup>，有 $235.3 \times 10^4$ hm<sup>2</sup>草地变成沙地，平均每年减少草地 $5.2 \times 10^4$ hm<sup>2</sup>。

荒漠化不仅造成可利用土地数量的减少，而且使土地质量下降，据中国科学院测算，荒漠化地区每年因风蚀损失土壤有机质及氮、磷、钾等达 $5590 \times 10^4$ t，折合 $2.7 \times 10^8$ t标准化肥，其价值约为 $2800 \times 10^8$ 元。20世纪末，沙尘暴在华北地区越来越频繁，沙漠化加剧了这个地区的贫困。全国农村贫困人口的四分之一生活在荒漠化地区，1995年荒漠化地区人均农村产值1014元，仅为全国平均水平的34.2%。荒漠化还制约了地区经济建设的发展，1979年4月10日一场沙尘暴，导致南疆铁路行车中断20天，直接经济损失2000多万元。龙羊峡水库每年因荒漠化进入的泥沙量达 $3130 \times 10^4$ m<sup>3</sup>，造成的经济损失达4700多万元。

全国有24000多个村庄和城镇经常受到荒漠化的危害，内蒙古自治区鄂托克旗近30年间被流沙压埋的房屋有2200多间，棚圈3300多间，有700多户村民被迫迁移他乡。

甘肃石羊河下游的民勤绿洲地下水位以每年0.5~1.0m的速度下降，使7万余人、12万牲畜的饮水发生困难， $2 \times 10^4$ hm<sup>2</sup>农田弃耕。

框10-7 内蒙古和甘肃的沙漠化



### (八)稳定海岸

海岸的森林与灌木具有保护海岸线免受侵蚀,以及固沙的作用,防止沙土不被风吹到附近的农业区。

红树林能拦截河流泥沙,将其固定在根系里,从而形成新的冲积地,便于发展农田或鱼池。通过拦截泥沙,红树林起着保护岸边珊瑚礁的作用。珊瑚礁反过来可以使海岸线增加稳定性和强度,防止暴风雨和海潮侵蚀土地。栖居海岸沙丘的娇嫩的鬣刺(*Spinifex*)在固定松散沙丘方面起着重要的作用。海岸保护的作用在南部海滨地区最大。

全球变暖,中国受影响的地区甚小,但海岸是中国最宝贵的地产之一。假定价值为每平方公里 $20 \times 10^4$ 元的一等土地每年减少 $10\text{km}^2$ ,则这种功能价值每年即为 $20 \times 10^8$ 元。

### 调节气候和天气

森林是地球上最厚的植被。与海洋相比,森林对地球气候的影响较小。然而,森林对小气候和局部气候的影响是显著的。森林对平衡大气中二氧化碳的水平起着重要作用,而二氧化碳是导致全球气候变暖的主要气体。

#### (一)小气候和局部气候

森林具有庞大的林冠层,在地表与大气之间形成一个绿色调温器,它不仅形成特有的林内小气候,而且对森林周围的温度也有很大的影响。夏季,由于林冠遮蔽阳光,林内的太阳辐射很弱,从而使林内年均温较无林地低。当气温高时,森林还具有冷却作用;周围的气温越高,这种冷却作用越强。到了冬季由于林冠的覆被,阻缓了热量的散发,从而使林内气温反而比林外高。气温低时森林同样具有保温御寒作用,冬季气温越低保温御寒作用越大。而在整个一年的过程中,森林的冷却作用强于保温作用。

来自云南省西南部西双版纳自治州景洪县35年来的气象资料,清楚地表明了森林退化和地方气候间的关系。森林退化使森林更加远离城区。虽然当地的年平均气温只略微有一些升高,但是冬季更冷、夏季更热了。总降水量也只是略微减少,但其季节分布不均却明显加剧了。冬季降水量与从前相比大大降低。最为显著的还是对雾气生成所造成的影响。现在每年的雾天天数减少了30%。在没有森林环绕时,晨雾会消散得更快一些。由于冬天的雾气能够降低西双版纳地区的冬季蒸腾率,所以这种雾气的减少危及到了热带常绿植物的生存,而这其中也包括当地在经济上高度依赖的橡胶植物。

框10-8 西双版纳森林退化与当地气候

森林还能够减低地面的风速,在森林地带避风侧形成明显的遮蔽区,从而保护庄稼免遭风的破坏。此外,森林的蒸腾作用还使有森林地区保持着比无森林地区更



高的湿度。通过保护土壤不受阳光直接照射，森林可以减低地面温度和减少上升热气流的产生。森林的存在可以增加云量，并增加雾和降水量，减少冬季夜晚的热量散发。公认的看法是：森林在一定程度上能够增加当地的降水量，但它对地区降雨的作用还需要进一步研究。天然植被的减少会导致夏季气温更高，冬季更冷，霜更多，旱季降水量更少以及水流失更严重。在某些边缘地区，独特的气候能够利于特殊作物的生产，如果植被被破坏则会改变当地气候，大大降低生产力，而且造成当地生物多样性的丧失。

## (二)防止火灾

潮湿的热带森林形成林窗后，阳光和干燥的风渗入树林，这可能导致地面植被变得干燥，从而易引起火灾。而在这以前，要着火几乎是不可能的。中国的其他地区，由于缺少保护，或不慎重和不负责任的人类活动已经导致了大面积的天然火灾，破坏了森林，造成森林和草地退化，野生动物减少，固碳作用降低，重要的木材和薪柴供应受到影响。天然阔叶林则可防止这种野火蔓延。

火作为重要生态因素之一，与草原植被形成及演变同在，并给予草原植物群落的组成及结构以很大影响。在我国草原地区，火被作为自然灾害之一。在美国，某些情况下，火被作为草原管理的一种手段，用来调控草原植物群落的结构及组成。我国火试验研究表明，火作为重要的生态因素之一，其对草原生态系统的影响是很复杂的，既有负面影响，也有一定的有益或促进作用。

火烧可在一定程度上提高土壤有效氮的供应水平，这是由于火烧毁地面凋落物，改变了土壤表层的生态环境状况，在一定程度上有助于土壤系统中的全氮向有效氮的转化，从而提高了土壤有效氮的供给水平。

火烧对不同生活型植物的效应不同，它使典型草原建群植物禾草羊草 *Leymus chinensis* 的枝条数提高100%~150%，并使当年根茎得到充分发展，并使之在其后的竞争中具有优势和得到发展。火烧还增加了羊草种群的地上生物量，对羊草种群的生长发育有积极或促进作用。这一结果与火烧后供氮水平提高有一定关系。与此相反，火烧过多地伤害了丛生型禾草大针茅的地面更新芽，从而使大针茅的数量减少且比重降低。

火烧的最终结果降低了草原植物群落的生物多样性，这可能是由于火烧增加了土壤中氮的有效性，羊草种群急剧发展，对弱小种群的生存产生了制约作用，导致物种多样性的降低。火烧效应可维持4~5年时间，连年火烧有可能产生不利影响。

据1987、1988、1990、1996和1999年中国林业年鉴，从1950~1987年的37年间，全国年均发生森林火灾15838次，火灾发生率为13.9次/ $10 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，年均受害森林面积 $94 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，森林火灾受害率平均为8.5‰，全国因森林火灾年均死亡110人，伤690人。1988~1999年，全国年均发生火灾7495次，受害森林面积 $5.4 \times 10^4 \text{km}^2$ ，因森林火灾年均死亡40人，伤178人。依据统计分析，我们可以得出结论：加强对森林的保护减少了平均 $8860 \text{km}^2$ 面积内火灾对森林造成的损失，假如每公顷以5000元计，



共计减少损失 $43 \times 10^8$ 元。

### (三)防范风暴

红树林和沿岸森林有助于降低严重风暴的风速和破坏力。在全球台风发生频率最多的海域,平均每年有28次台风,其中约有10次在中国沿海登陆。由于全球的气候变化,在过去20年间,台风发生频率增加了。在台风期间,台风灾害是由摧毁性大风和伴随而来的暴雨引起的。通常其破坏性极强,可以造成巨大的人员伤亡和财产损失。大风可刮倒房屋、烟囱、电力和通信设施、林木,导致农作物倒伏、减产甚至绝收。暴雨带来爆发性洪水,淹没广大城乡,冲毁道路、桥梁和建筑物。在沿海,台风还常常引起风暴潮和大浪,破坏海堤、港口及码头,造成船只翻沉,海上设施被毁。中国因台风灾害,每年平均死亡约500人,经济损失在 $30 \times 10^8$ 元左右。

### (四)森林和固碳作用

森林是地球陆地生态系统的主体,它通过光合作用,吸收、固定最主要的温室气体二氧化碳,并将其存储在森林的生物量中(包括树干、树枝、植物的叶与根以及相关的微生物和动物)。在陆地植物与大气二氧化碳的交换中,90%以上是由森林植被完成的。因此森林是大气二氧化碳的一个重要缓冲器。1958~1996年期间,在世界成熟热带树木的几百个地段上进行的一项生物资源研究表明,森林的平均生物量在研究期间大大地增加了。仅在新热带地区,其增加量已达到全世界陆地固碳量的40%左右。而完整的森林有助于缓解大气二氧化碳的增长率,减少全球变暖的影响。

森林每生产1kg干物质需吸收1.84kg二氧化碳,或每生产出 $1\text{m}^3$ 的木材,大约需要吸收850kg的二氧化碳,或折合成230kg碳。森林的固碳速率(按碳的重量计算),据估计,热带森林为 $450\sim 1600\text{g/a.m}^2$ ,温带森林为 $270\sim 1125\text{g/a.m}^2$ ,寒带林为 $180\sim 900\text{g/a.m}^2$ ,远远高于耕地的 $45\sim 200\text{g/a.m}^2$ 和草原的 $130\text{g/a.m}^2$ 。全球森林每年通过光合作用可固定 $1000 \times 10^8\sim 1200 \times 10^8\text{t}$ 碳,占大气总碳贮量的13%~16%。某些农作物和海洋植物也具有很强的固碳能力,并能在短期内吸收大量的二氧化碳,但其作用是短暂的,不能将其长期地保存于生物有机体中。

大气二氧化碳及其它温室气体,例如甲烷和一氧化二氮,不仅是由于燃烧化石燃料,也是由于滥伐森林造成的。在亚马逊河流域进行的大规模生物圈与大气实验表明,由于1979~1989年间热带美洲森林丧失,造成每年有 $24 \times 10^8\text{t}$ 碳被排放到大气中。森林丧失的影响远远超过人为二氧化碳的排放。通过生物群和土壤的大气碳再循环是控制二氧化碳在大气中寿命的重要途径。森林丧失造成的生产力下降,使二氧化碳滞留时间延长,增加了其在大气中的含量,利用吸收的热量也比森林没有丧失的情况要多。根据Frankhauser 1994年计算的经常被引用的数字,释放到大气中的碳每吨至少造成165元的损失。因此在中国,植被破坏每年将造成 $827 \times 10^8$ 元的损失。

中国森林资源活立木总蓄积量是 $125 \times 10^8\text{m}^3$ 。由于需要230kg碳来生产 $1\text{m}^3$ 木材,



全部活立木共贮存着约 $28.8 \times 10^8$ t碳。按每吨碳165元计算，则此储存量价值 $4752 \times 10^8$ 元。中国森林面积 $159 \times 10^4$ km<sup>2</sup>，森林蓄积量 $4.8 \times 10^8 \sim 19 \times 10^8$ t（森林从空气中吸收的二氧化碳并不都体现为森林蓄积量，比如枯枝落叶和树根部分），价值约 $790 \times 10^8 \sim 3140 \times 10^8$ 元。中国目前草原覆盖面积是 $400 \times 10^4$ km<sup>2</sup>，可以固定大约 $5.2 \times 10^{12}$ t碳，价值约 $85.8 \times 10^8$ 元。

恢复被严重破坏的碳循环，需要保存能量和制止森林丧失来控制碳的排放。此外，必须恢复植被，来提高二氧化碳被光合作用吸收和存储到生物量和土壤中的速度。联合国气候变化框架公约(UNFCCC)第4条2a款称：“公约成员国应制订国家政策并采取相应措施以缓和气候变化，限制温室气体的人为排放，增加温室气体的固定和储存。”此外，UNFCCC京都议定书第2条要求成员国：“考虑其对有关环境协议书的义务，包括促进可持续的森林管理实践、造林和植被恢复”。许多为固碳而进行的植被恢复工程正在实施。虽然还不能确定这些工程是否会取得成功，但是科学家们一般相信，通过节省能量来控制二氧化碳排放、防止森林丧失和实施大规模的植被恢复是最合理的战略。

## 控制污染

关于中国的环境污染所造成的损失已有许多估计，Smil于1992年提出为每年 $200 \times 10^8 \sim 400 \times 10^8$ 元。Smil和Yoshi更新的研究(1998)得出了更高的结果，估计每年与环境污染有关的损失约为 $986 \times 10^8$ 元。

天然植被，特别是森林，能够通过吸收污染物而净化空气和水。要生产1kg的干物质，需要过滤3110m<sup>3</sup>的空气。森林能通过吸收和吸附的方式去除有毒气体、灰尘和烟雾。能够从大气中过滤掉有毒气体，如二氧化硫、氟化氢、氯和氨。都市森林每年每公顷能吸收3000~6000kg的二氧化硫。每公顷都市阔叶林有400t树叶，每年能吸收300~2000kg的氟和氟化物，以及3000~5000kg的氯。

森林吸收烟尘的能力归功于稠密的树叶，它能拦截气流并降低风速，从而使烟尘颗粒沉降。此外，高蒸发率能保持森林周围较高的湿度，增加烟尘的水分含量，因此有助于使灰尘和烟雾沉降到地面和植物的表面。杉、松和栎木林每年每公顷的截尘能力分别为3200t，3440t和6800t。虽然难以进行定量，但中国天然植被在截尘方面的经济价值是极高的。如果中国没有天然植被，空气中灰尘的含量对人类来说是不能忍受的。如果假定现在的植被使潜在的损害减半，那么可以这样估算：其价值每年约为 $200 \times 10^8 \sim 986 \times 10^8$ 元。

## 控制生物灾害

中国的病、虫、草、鼠等生物灾害种类繁多，给农林业带来了重大损失。据报



道, 全国每年生物灾害带来的损失占粮食产量的10%~15%, 棉花产量的15%~20%, 水果蔬菜的20%~30%, 折合成经济损失达数百亿元。“八五”期间(1991~1995年), 全国森林病虫害发生面积为80000km<sup>2</sup>, 相当于同期森林火灾的214倍, 带来的经济损失达 $50 \times 10^8$ 元。1998年, 全国4亿多株树木因病虫害致死。松毛虫、杨树天牛、松材线虫病等危害日益严重。东亚飞蝗(*Locusta migratoria manilensis*)在全国的发生面积由1986年的9000km<sup>2</sup>上升到1999年的 $1.6 \times 10^4$ km<sup>2</sup>。

这些灾害是生态系统简单化和外来入侵种引入的结果。健康的生态系统拥有多种多样的小气候和物种, 而每个物种的种群数量都会受到制约, 从而保持平衡。这些制约因素包括自然条件、食肉动物、寄生生物和竞争生物。因此, 在健康的生态系统中, 当地物种都不会达到为害的地步, 只有外来物种中最具入侵性者才能够蔓延。

这些丰富的生物多样性资源也可以为附近的作物提供保护。农业系统中任何一种害虫数量的增加, 通常都会从健康的生态系统中招来天敌。如果天然植被遭到破坏, 天敌的多样性和数量会大大减少, 而且植被被破坏后, 还会形成适宜于害虫滋生的生态环境。例如裸露的滩地适于东亚飞蝗产卵, 从而形成虫源地, 引发蝗灾。在海南和广西等地, 许多林区边缘地带盲目地毁林开垦, 破坏植被, 还有的实行退田还湖。但在滩地没有及时种草覆盖, 人为引发了蝗灾。海南省目前已将恢复原有森林植被作为根治东亚飞蝗危害的主要措施之一。

当天然植被遭到毁坏, 由于生态系统的不稳定性和脆弱性, 使得外来入侵物种容易侵入并成为优势种, 从而给当地的生态系统带来较大的威胁。在深圳仙湖植物园, 有外来植物薇甘菊*Mikania micrantha*广泛分布。而它对人工种植场的影响尤其严重, 因为这些种植园的生态系统功能遭到破坏, 为薇甘菊的入侵创造了有利条件。

天然植被提供的有关生物灾害防治的价值难以精确计算, 但至少相当于中国全部农业生产价值的5%~10%, 即每年 $800 \times 10^8 \sim 1600 \times 10^8$ 元。

大米草(*Spartina*)是禾本科米草属几种植物的总称。20世纪60~80年代为了保护滩涂的植物分别引进了4种大米草。由于人工种植和自然繁殖使其迅速扩散, 大米草现在生长在80多个县(市)的沿海滩涂。

但近年来, 大米草在福建、浙江的一些地方也变成了害草, 带来了严重的经济和生态危害。福建宁德地区于1980年开始引种大米草, 1983年在全区沿海乡镇大面积推广, 但短短7年后, 大米草便成了东吾洋这个以水产业闻名全国的“蓝色宝库”的大祸害。到1990年, 东吾洋一带的水产业每年损失就达1000万元以上。10年来, 尽管宁德地区采取了人工割除、化学防治、综合利用等措施控制大米草, 但收效甚微, 控制速度远远赶不上大米草的繁殖蔓延速度。

#### 框10-9 警惕外来入侵物种!



## 生物多样性的保护与利用

中国是世界上生物多样性最丰富的国家之一。中国丰富的动植物物种的生存完全依赖于保存完好的天然植被斑块及其生态功能，它们本身也是生态系统及其功能的一部分，并在其中不断演化和多样化。

人类从构成生物多样性的元素——野生和家养动植物中获取各种食物、医药和工业产品。物种种类和栖息地的变化影响着生态系统的生产力和效益。随着生物系统中物种的变化（例如：栖息地退化和破坏），生态系统吸收和分解污染物，维持土壤肥力和小气候，净化水源以及提供其他有价值的效益（例如生态旅游）的能力也会发生改变。生态系统各种效益的价值已经在本节中其他地方进行了讨论。本节只讨论生物多样性和生态旅游的价值。

### （一）生物多样性的价值

生物多样性给我们提供了很多有用的原材料，例如：纸浆、树脂、松香、橡胶、薪柴和木炭等燃料、木材、食品、布料和医药等。对天然植被的破坏减少了这些原材料的收获量，它们本来可以持续性地提供很高的经济价值。由于中国对传统药材有着较高的依赖，加之以木材为燃料的人口还占有较大比例，这些损失的后果是非常严重的。陆地植被的破坏还间接地影响了渔业，因为淤泥在河口形成新的岛屿破坏了沿海渔业。此外，沿海植被（如红树林和海草），为许多海洋生物，特别是鱼类，提供了至关重要的繁殖地与栖息地，这有利于沿海渔业的发展。

物种绝灭使其遗传多样性的一切潜在用途都丧失了。野生植物和动物的遗传多样性对其家养亲缘动植物极有价值。它们可能具有抗病基因或者能够有选择地与家养品种杂交。然而，许多物种（如水稻）的野生种群在中国处于濒危状态。遗传多样性对于医学研究和遗传工程也有很大的潜在利用价值。中国利用丰富的野生亲缘植物，从1949~1992年培育了41种作物的5000多个新品种，为中国农业的高产量、高等级和高效生产作出了巨大贡献。

框10-10粗略地估算了各种生物多样性天然产品因收获量减少所造成的经济损失，而这种减少的原因是中国的天然植被遭到破坏。

产 品	价值(亿元人民币 / 年)
从自然界直接获取的食物	400 ~ 560
薪柴供给	400 ~ 740
药用动植物	400 ~ 1600
木材和建筑用材	640 ~ 1200
藤条和竹子	320 ~ 480
渔业	1200 ~ 1600
总价值	3360 ~ 6180

框10-10 中国野外生物多样性产品的估算价值



### (1) 木质产品

每1000m<sup>3</sup>木材对中国国民生产总值的平均贡献价值为111万元。近年来,中国森林立地蓄积以平均每年 $4600 \times 10^4 \text{m}^3$ 的速度增加。

据1999年统计,1988~1996年间中国每年的商品木材生产量为 $5500 \times 10^4 \sim 7700 \times 10^4 \text{m}^3$ ,平均为 $6230 \times 10^4 \text{m}^3$ 。根据1999年进口原木的价格(每立方米1020元)计算,中国商品原木价值约每年 $635 \times 10^8$ 元。

据估计,中国有约2000个锯木厂,年生产能力总计为 $2400 \times 10^4 \text{m}^3$ 锯木,而实际年产量低于 $1500 \times 10^4 \text{m}^3$ 。1996年,中国胶合板、纤维板和碎料板的产量分别为为 $490 \times 10^4$ 、 $210 \times 10^4$ 和 $340 \times 10^4 \text{m}^3$ 。如果加上其他类型的木产品,中国的木材年产量价值会高得多。有估计认为约为 $64 \times 10^6 \sim 120 \times 10^6$ 元。

此外,近20年来,中国薪柴的年度消耗量约为 $1 \times 10^8 \text{m}^3$ 。按1999年薪柴出口价格736元/m<sup>3</sup>计算,中国薪柴每年价值 $736 \times 10^8$ 元。

### (2) 非木质产品

生物多样性的直接效益之一是提供野生生物资源。在中国野生生物被用作传统食物和医药,以及工业原料,与人类生活密切相关。随着社会和经济的发展,野生生物利用程度近几十年来已大为增加。

来自森林和草原的非木材产品包括竹产品、藤条、化学制剂和其它工业原料,还包括水果、食用油、蘑菇、野菜、茶类、饮料、传统中草药、调味品以及其他许多产品。

竹子是中国最重要的非木材森林资源之一。20世纪90年代早期,中国每年生产约 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 竹竿和近 $200 \times 10^4 \text{t}$ 竹笋,总价值为 $57.9 \times 10^8$ 元。此外,中国在70年代中期开始生产以竹子为主要原料的建筑板材,到1994年,其年产量达到 $22.5 \times 10^4 \text{m}^3$ ,价值 $8.27 \times 10^8$ 元。中国林产原料包括桐油、脂油、白蜡、紫胶漆以及其它从属类型的树上提取的油产品。森林产出的最重要的化学原料是松节油、树脂、松香、丹宁酸和紫胶。其中,松香产量约占世界总产量的40%。近年来,年出口量已经超过 $20 \times 10^4 \text{t}$ ,价值 $8.27 \times 10^8$ 元。除了竹笋外,产自森林的其他的食物产品包括栗子、核桃、大枣、银杏、桦树树液、沙棘等。近年来,中国非木材林产品的总出口价值约为 $230 \times 10^8$ 元。

中国有悠久的利用野生动物及其产品作为食品和药物的历史。对广西壮族自治区的研究表明,贸易野生动物达91种,其中39种用作食物,34种用作药材,31种(不包括蛇)用作工业原料,9种为观赏动物。这些野生动物贸易经济价值的主要限制因素是,栖息地破坏和过度猎捕野生动物种群。

最近一次中草药的大规模全国性调查发现,共有12800种物种用作中草药,其中有植物11800多种及动物1550种。除了少数几种来源于家养动植物外,大多数来自野生动植物。因此传统的中医药实践有赖于健康的天然生态系统的存在。

有关数据表明,中国利用野生生物的数量在不断增加。尽管某些物种的数目由



于长期过度利用已经下降，但利用的总量却没有下降。1981~1993年间，生产中草药的工厂增加了一倍，总产值增加了11倍。中草药对外贸易额也增加了，从1994年的 $32 \times 10^8$ 元增长至现今的约 $48 \times 10^8$ 元。

## (二)娱乐与旅游

保护生物多样性的一项主要的副产品是从生态旅游获得收益。除了中国杰出的文化外，旅游业还依赖于观赏中国美丽、自然和壮观的风景。中国是世界上在物种和生态系统方面最丰富的国家之一，拥有独特自然珍品（如大熊猫、雉鸡、稀有树种、花卉和鱼类）的地方都是主要的旅游目的地。天然植被增加了旅游与户外娱乐环境的美丽和吸引力，提高了人们的生活质量与健康水平。有“红叶”的秋季是观赏天然温带森林和林地的极好时机。自然景色也激发了中国文化的发展，特别是促进了绘画、雕塑和诗歌的发展。

生物多样性给予具有重要开发价值的旅游和其他娱乐活动以极大支持。景观和生物多样性以及生态系统的自然过程等环境成分构成了人们娱乐和欣赏的基础。此外，生态系统还具有重要的教育功能。

截止到1999年底，中国已建立了1118个自然保护区，总计 $86.4 \times 10^4 \text{km}^2$ ，占全国土地总面积的8.62%。自20世纪80年代末开始，许多自然保护区已经开发了旅游业，到90年代更是日益兴盛。迄今为止，75%以上的自然保护区不同程度地在实验区或缓冲区开展了旅游活动。其中有些自然保护区已经配备了初步的交通与旅游设施，有住宿与商务服务，甚至能够提供娱乐、通信、采购和住宿等高质量的服务。1994年，中国自然保护区的全部旅游收入为 $3 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ 元。1995年，中国森林公园接待了总共6090万旅客，直接收入为 $5.21 \times 10^8$ 元。80年代初，有些地区开发了国际狩猎活动，在黑龙江、吉林、河北、湖南和青海省建立了14个国际狩猎场，这些狩猎场已接待了许多海外狩猎者。

中国是世界上旅游业发展最快的国家之一。国际旅游业从1978年起步，年创汇 $16.5 \times 10^8$ 元，世界排名第41位，飞速上升到1998年的 $1030 \times 10^8$ 元，世界排名第7位。

1999年，全国旅游总收入为 $4000 \times 10^8$ 元。入境旅游人数达7280万人。国际旅游外汇收入已相当于当年我国外贸出口创汇的7.2%。国际旅行组织预测，到2020年全世界旅游总收入将为 $165 \times 10^{11}$ 元，中国将成为世界第一大旅游目的地，国际旅游人数也将达到 $1.37 \times 10^8$ 人次。

中国目前每年来自自然旅游的收益约为 $116 \times 10^8$ 元。很明显，无论从国内国际角度，中国仍具有巨大的开发生态旅游资源的潜力。假如如画风景受到保护，这意味着一项数十亿美元的产业举手可得。而森林破坏严重的地区丧失了这种潜在收入，无法获得相应的回报。



## 可更新能源

薪柴和木炭是可以从天然生态系统获取的能源。水力发电也要依靠植被，但不需要直接采集；其经济收益随生态系统完整性的增强而增加。

沉积堵塞降低了水力发电站的运行功效和使用寿命，由此造成水力发电的巨大损失。江河流域天然植被覆盖面积的减少造成雨季河流径流增加，旱季径流减少，造成更大的损失。

四川省16个集水区的河流径流数据清楚地表明了森林覆盖在降低河流径流的季节性变化方面的重要性（图10-1）。一个简单的季节性指数是一年中干旱的6个月的河流径流与全年河流径流的百分比。用这些值与不同集水区的森林覆盖率进行比较，可揭示出森林覆盖率与江河径流之间的密切关系：旱季江河径流在森林被完全破坏的集水区约为12%，而在森林覆盖好的集水区则是30%左右。

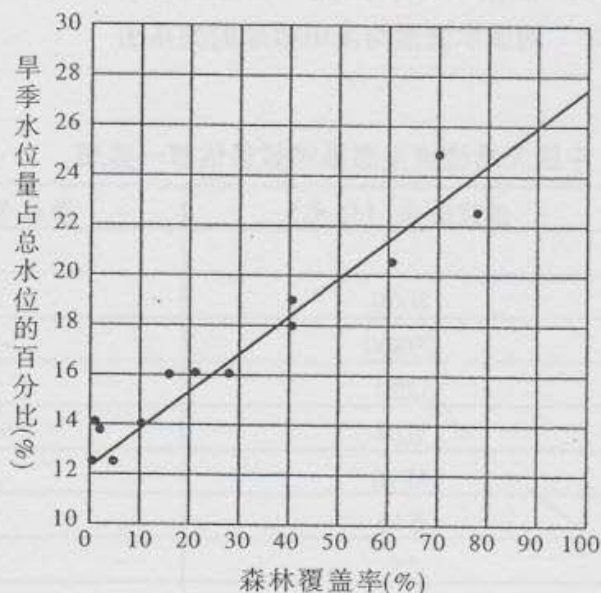


图10-1 森林覆盖与旱季河流不流量的关系

对湖北省兴山县的水源涵养功能进行的一项研究中，用森林覆盖、土壤类型、坡度、降水量和河水径流等信息，建立了水文学的GIS模型。这个模型计算的结果表明，雨季水源涵养区能够保持 $866.07 \times 10^6 \text{m}^3$ 的水，使水流流速下降 $111.63 \text{m}^3/\text{s}$ 。这个模型还估计，旱季水源涵养区能够排放 $80.74 \times 10^6 \text{m}^3$ 的水，使水流流速增加 $10.38 \text{m}^3/\text{s}$ 。涵养区植被因此每年为葛洲坝水力发电站增加发电量 $40.37 \times 10^6 \text{kW/h}$ 。兴山县还有15个水力发电站完全依靠于这些水径流，因此涵养区对水力发电的作用应该更大，估计为每年 $151 \times 10^6 \text{kW/h}$ 。一旦三峡水利发电站启用后，还就增加每年 $213.96 \times 10^6 \text{kW/h}$ 。如果用最一般的电力价格 $0.5 \text{元/kW/h}$ 进行估算的话，每年总共增加 $2.02 \times 10^8 \text{元}$ ，而当地森林的木材和薪柴收益每年只有 $1204 \times 10^4 \text{元}$ 。

框10-11 兴山水源涵养区



这些数字可以转换为水力发电的效率。当河流径流接近年平均流量时，水力发电站的运转效率能够达到100%。洪水期，不得不通过水闸排放多余的水，功率会随之逐渐降低。在低水位期功率也会急剧地下降（图10-2）。在该集水区中植被覆盖对整个水电效率的作用可以通过比较全年降水量、全年河流径流模式以及水力发电功率推导出来。这个分析表明森林覆盖至少可使水力发电的效率提高10%~30%。

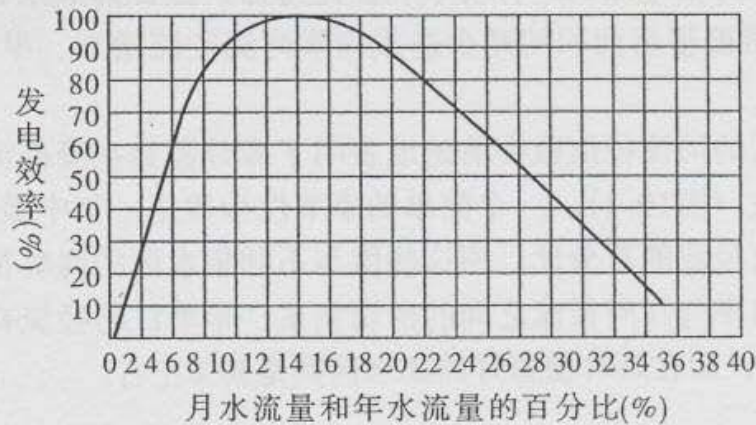


图10-2 河流水流量与发电效率的关系图

表10-1 中国天然植被生态系统效益估算一览表

生态系统效益	当前价值 (亿元)	潜在价值 (亿元)
<b>水土保持</b>		
水源保护/防止干旱	2000	>10790
防止水灾	29800	>>29800
防止土壤受侵蚀	3200	>3200
保持土壤肥力/固氮作用	670	>>1440
防止泥沙沉积	1510	>1510
防止沙漠化	540	2800
稳定海岸	20	>20
<b>调节气候与天气</b>		
小气候与局部气候	未评估	未评估
防止火灾	43	>43
防范风暴	30	>30
存储碳	4740	>>4740
固碳作用	200	>>200
控制污染	>200	>990
防止生物灾害	>>800	>>1600
<b>生物多样性利用</b>		
生物多样性直接价值	3360	>6180
基于自然的旅游	120	>>120
<b>再生能源</b>		
提高水力发电效率	430	2360
最低价值	>>47663	>>65823



如果效率降低,一个电站每年就可能损失几百亿元。中国的全部水力发电容量为 $4.48 \times 10^8 \text{kW}$ 。到2000年底,中国水力发电站的总发电量为每年 $8250 \times 10^4 \text{kW}$ 。假定平均运转的效率为60%,则中国水力发电量为每年 $4340 \times 10^8 \text{kW/h}$ 。如果用20%这个中等水平的森林潜在作用和目前水平的水电装置水平计算,其中森林相当于贡献了每年 $868 \times 10^8 \text{kW/h}$ 的电力,相当于价值每年 $434 \times 10^8$ 元(每千瓦小时0.5元计)。如果水力发电容量得到充分地利用,按照当前的效率水平,森林的使用价值还可以达到每年 $2360 \times 10^8$ 元。仅就三峡水电站而言,它现有 $1820 \times 10^4 \text{kW}$ 水力发电容量并可发挥66%的运转效率,则森林使用价值每年就会相当于 $105 \times 10^8$ 元。

森林对水力发电的潜在使用价值远远超过每年木材产量的价值(如果将森林对当地天气形势的影响也考虑在内,那么森林的使用价值还会更高)。这充分说明不要因为木材生产而破坏森林的完整性是十分重要的。

### 天然植被具有的生态效益总结

虽然不可能做到全面评价,但是对天然植被的部分生态效益的估价综合在一起得到的数字是每年超过 $4.5 \times 10^{12}$ 元( $5 \times 10^{11}$ 美元)。即使生态系统的许多效益还未计算在内,这也大于当前的国民生产总值。增加天然植被的覆盖率将带来远远超过其成本的经济效益。

## 第二节 恢复植被的基本原则

### 提倡使用当地物种,最大限度地降低对外来物种的依赖

中国广泛使用外来物种来恢复退化的植被。这种努力有时可以取得短期的成功,但是诸如生长缓慢、火灾和病虫害等问题亦随之而来。经验告诉我们,外来物种要么由于不能适应当地环境条件而无法存活,要么疯狂生长而破坏天然生态系统。

当地物种经过数千年的进化,已经适应了当地的各种条件。生态系统中的不同物种对资源的利用是相互关联的,共享生态系统的不同物种对资源的利用有着错综复杂的平衡。任何在当地条件下生存下来的外来物种,都有可能打破这种平衡,直接杀死当地植物或者与当地植物争夺空间和养分。一旦当地植物种群大量减少,依赖当地植物提供适宜的食物和栖息地的许多其他物种(例如鸟类、哺乳类、无脊椎动物和菌类)也将减少甚至消失。这种格局将降低生态系统抵御病虫害爆发的能力。

广泛种植外来物种将导致中国独特的生物多样性资源遭受损失,继而降低生态旅游和当地生物产品带来的收入。如果从更大的范围来评价,这将大大降低植被控



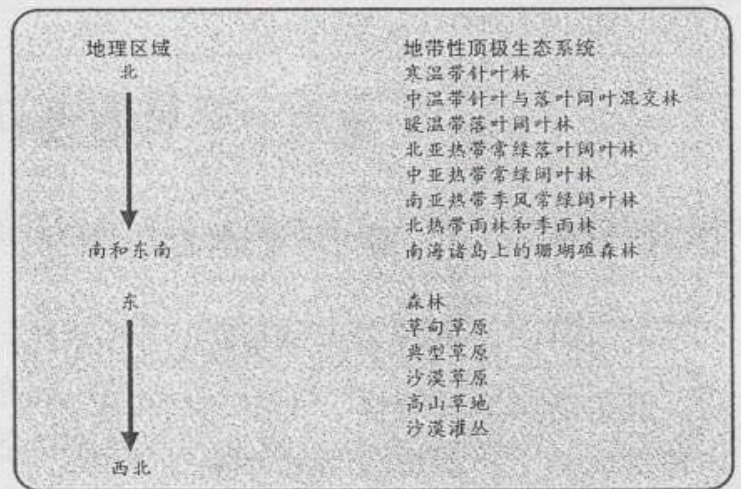
制水土流失、保护水资源和保护当地生物多样性等生态功能，从而造成大得多的经济损失。

需要注意的是，“当地”不是一个行政范围概念。中国拥有许多不同的生物群系，在中国分布的大多数物种并非自然地分布于全国范围。当地物种是自然生长在特定的生物地理区域中的物种；不是所有在中国分布的物种在中国任何一个特定位置都是“当地的”。

### 以实现适宜的顶极植被为目的

如果没有人类干扰，不同的气候、母岩、土壤和湿度条件将造就相应的植被群落，这被称为顶极群落。在恢复植被时，应考虑到所在地带的自然顶极植被类型，才能形成最适合的可持续植被。

中国的地带性顶极植被生态系统类型包括森林、草原和沙漠。天然植被可以使水分最有效地渗透到土壤中，利于水土保持。恢复退化景观的目的应该是尽可能地再造原始的、天然的植被类型(即森林、灌木林、草原)。生态系统成分的任何改变，都会改变并常常是削弱原始生态系统的功能。例如，在四川省将 $25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 陡坡上的农田，退耕为银杏或柑橘人工林，实际上并没有提高环境服务功能(即水源保护)。相比之下，拥有丰富的当地物种的原始亚热带森林，在提供这些环境服务方面要有效得多，这正是这里的退化植被恢复应该达到的目标。同样，中国高原地区的天然植被是草原和灌丛，种植柳树、杨树或其他树木是不符合科学原理的。这种情况下，最好的方法是用良好配比的当地草和灌木物种，将这些土地恢复到退化以前的样子(框10-12)。



框10-12 中国的顶极生态系统

根据湿度和气温条件，森林顶极生态系统可以分为温带的和热带的，针叶的和落叶的等；而草地生态系统则可以进一步地分为草甸草原、典型草原、沙漠草原、高寒草原、灌木林，以及分布在高山和亚高山地带的苔原等。

顶极生物群落的特征是不仅有林冠植被而且有林下层。中国许多地方，天然林的林冠层以针叶树占优势，但是通常总有由阔叶树或竹子组成的林下层。应当保证新的森林拥有上下两层的物种。应该制订计划采集野生种子并建立必要的苗圃。顶极树种可能需要在树荫下和避风处生长。当植被处于早期演替阶段，时常需要种植建群物种和先锋树种。林下竹子层很难恢复，因为大规模的竹子开花之间的间隔为



20~30年。但是四川的成功经验已经表明，在下层丛林中间歇地种植小丛竹子的方法是可行的。

应该在森林中形成厚厚的落叶层、苔藓层、竹林层或浓密的地表植被。人工林因为林下太暗，自然抑制下层植被生长，其保护土壤和水分的能力通常也较差。树根暴露在外，清楚地表明水土流失严重，许多人工林的结构都需要进行改良。

中国的温带森林中通常很少或已经没有原始生态系统。有时原始植被类型可以根据与处在其他地方的生态系统的比较后推断出来。大兴安岭寒温带兴安落叶松和中温带红松林分别是西伯利亚东部针叶林和远东俄罗斯的红松阔叶混合林的延伸。它们在植物区系组成上十分相似，所以不难估计其原始植被类型。

在暖温带，人类对各种类型的落叶林的破坏极其严重。现在大多数所谓的原始生态系统在皆伐之后，目前仍未发育成熟。而只有当这样的准顶极森林出现在与原始落叶阔叶林相似的纬度和条件下时，我们才可以基本确定其原始的森林类型。对四川的研究描述了四川山地森林的几个不同的演替系列，值得作为植被恢复工作的参考。

热带的顶极群系更加复杂，需要长得多的时间才能形成。Cheung估计重建亚热带阔叶林的正常演替时间大约需100年，而热带半常绿森林则约为1000年。在靠近热带和亚热带之间的气候交错地带，持续的干扰会使正在恢复的半常绿热带林选择较短的演替途径，从而发展为亚热带森林类型。

一年生物种占优势的天然草地能够很快达到顶极状态。其组成物种的种子扩散能力很强，每年都可以侵入到临近适宜地区。向多年的或木质的植被的发育过程则受到火烧、放牧、季节性水灾，或自然和土壤条件的影响。这些草原处于高度动态状态，这些因素的任何改变，都会使草原生物群落的类型发生显著变化。

另一方面，中国大部分宝贵的草原位于青藏高原高海拔地区，通常长满多年生莎草（如嵩草*Kobresia*）。这些草原在受到干扰之后达到顶极状态的速度很慢。尽管草原生产力高，营养丰富，但是其芽与根的比例低，整个草原被厚厚的草根覆盖，起到很好的稳固表层土的作用。而耕犁草原却是一种失策，因为完好的草原可提供最大的生态服务。

有时生态系统是“建设”起来用来恢复某些天然生态系统功能的。这种“优化”的人工生态系统有时被认为是生态工程，可以用来测试某些生态理论。它们按照生态学原理来模拟天然生态系统结构。不幸的是，这种方法实施起来极其困难，而且也没有足够的科学理论予以支持。优化人工生态系统的目的与经济农业管理、区域行政管理和森林恢复不同。要取得成功，人工生态系统需要各种组成成分之间，及与环境之间密切协调。这种方法已经在中国的亚热带地区试验过，但是遇到许多困难。困难之一是存在的问题可能需要许多年才表现，如果遇到罕见的天气条件、虫害爆发等等，这种显然的“成功”就更短暂了。另一种困难是，一个地方建立人工生态系统的经验很难应用到其他地方。



## 用植被覆盖裸露地表

没有植被覆盖的最严重退化的土地是导致大量土壤流失，继而造成水灾和蓄水量减少以及流沙的原因之一。这些土地需要采取紧急措施来恢复植被覆盖。

大多数情况下不可能直接将裸露的土地恢复为顶极植被。首先需要利用建群或先锋植物来稳定和覆盖地表。其在热带地区可以是生长迅速的树木，如血桐属 *Macaranga*。而在温带地区则可能是草和灌木，尽管先锋树种(如松树和桦树)在演替的早期可能建立起来。

在沙漠绿洲和半干旱地区，农田防护林网也有助于控制沙暴，缓和当地的气候和防止盐碱化。在干旱地区这样的森林有助于农业持续获得高产。在中国东北广泛地营造农田防护林带(3~10m)、网(150~180ha)。它们可以稳定森林生长的条件，同时减少农场和森林之间的土地和水资源冲突，表现出与大型林带(20~22m)、网(750ha)同样的特点。与沙漠和风蚀地毗连的土地，最可能受到移动沙丘和沙尘暴的破坏。而这些地区的森林带则起到了保护作用。在乌兰布和沙漠北部边缘、甘肃走廊绿洲边缘、柴达木盆地以及新疆维吾尔自治区建造的大规模风沙防护林，起到了保护绿洲和控制移动沙丘的作用。

其他沙漠和半沙漠地区很难恢复植被。但是通常在沙下有土壤沉积和低位地下水。这种条件适合极耐旱的灌木和草本植物生长。通过封闭草地来恢复天然植被，是保护绿洲和改善沙质地区环境条件的重要措施。

全国各地由于山崩、沟蚀和工程建设会使土地裸露。这些根本没有植被覆盖的小地区是当地土壤流失以及水系中土壤沉积的重要原因。应该制订专门的计划来治理这些裸地。

某些情况下必须采取工程建设方法来稳定地表。当地必须要有施工队及时处理这些工作。任何情况的裸露区域都应该马上播种，建立植被覆盖。

当地野外有理想的种子。当地生物学家应该研究植物在裸地的自然建群模式，以便遵循自然演替过程来加以治理。应该采集当地的草种和灌木种子用于治理这类裸地。有时甚至学校的孩子也可以组织起来参加这样的种子采集工作。

治理裸地的理想植物是生长迅速的本地杂草，尤其是那些植根于疏松石质土壤中，底层结合在一起的植物。形成草皮的草、匍匐植物(悬钩子 *Rubus*)以及建群灌木(接骨木 *Sambucus* 和醉鱼草 *Buddleia*) 是中国大部分温带地区极好的植被覆盖。通常农田的入侵性杂草是最成功的建群种类，可以很快在裸露地表最先形成植被。

## 提高异质性，遵循自然演替途径

由于人类干扰，中国大部分土地已经从顶极生态系统退化到了各种不同的演替



阶段。植物群落的演替是长期的过程。但在人类持续干扰下，植被始终停留在早期阶段，甚至进一步退化。例如：开垦为农田的森林，在水土流失和肥力丧失之后，可能退化为裸地。

所有天然生态系统都有一定程度和规模的空隙。这是因为小规模干扰模式，例如树木倒下，改变了物理条件。林冠打开后，喜光的树苗才能生长。大部分天然林是各种年龄交错的，总有发育良好的树苗和补充树层及成熟树木，这使得森林系统具有自我维持的能力。人工纯林却不是这样，其土壤易遭受雨水冲刷的影响，而且丧失了可以调节水文的海绵功能。目前种植时，也习惯于成行成列地种植一种同龄树种，但是这样形成的树林，树木之间难以形成自然竞争，难以形成高低错落，层次丰富的结构。这些树木长大后，树冠层一样高，很容易阻挡大部分阳光，不利于林下其它植物的生长。

### 恢复植被中物种之间的生态交互作用

“生态林”这个术语在中国常常被误用。严格遵循生态进程（包括演替规律）是真正的生态林业的核心部分。其重要标志是“强调自然演替模式和进程：了解这些模式和进程，与它们协调一致，维持它们的完整性，即使在增加财政支出或带来不方便的情况下也要这么做”。

天然生态系统的土壤与枯枝落叶层对水分、营养、气体和矿物质的平衡与循环起着重要作用。恢复这种平衡是恢复退化土地的基本内容。想要提高森林的海绵效应需要增加森林中土壤的渗透力。

天然林有富含土壤生物（蚯蚓、跳虫、白蚁、蚂蚁、穴居蜥蜴与哺乳动物等等）的生物区系，从而增加了土壤层的空气流通，提高了土壤的渗透性与肥力。此外，深根和浅根树木相结合增强了水的渗透力，使其可以浸入到土壤和下层岩石中。经济林地面有时由于土壤板结，可以渗入的水很少，而草本植被可以改善这种情况。农民常清除树下的杂草，因为他们认为杂草会与树木争夺水肥，但是这样做的结果却增加了水土流失。事实上，草本植物对树木的负面影响很小，有些种类，特别是豆类，可以通过固氮作用来增加营养。

发展生态林业需要了解森林中动物所起的多样而复杂的作用，例如作为种子传播者和授粉者，被其他生物所使用的树洞凿洞者，或者控制害虫传播的媒介等。了解不同物种的需要就可以采取简单的森林治理措施，来加速自然再生过程。

朽木与枯枝落叶对森林的功能与恢复非常重要。森林中的营养循环与能量流动主要依赖于朽木与枯枝落叶。倒木通常含有高比例的碳、氮与磷和矿质元素，如钾、钙、镁与钠。倒木上的菌类可固氮。树木的种子（例如冷杉 *Abies* 和铁杉 *Tsuga*）以及蕨类和苔藓的孢子在腐烂的倒木上得以发芽，倒木也可以为幼苗提供营养和水分，倒木上存在的不利于苗木存活的病原菌要比林地少。许多微生物、无脊椎动



物、爬行类、两栖类、鸟类和哺乳类要靠倒木提供隐蔽处和食物。这将有助于控制森林害虫，并进一步促进生态系统的恢复。人工清除倒木将降低森林的土壤肥力和生态功能。

树木和其他植物没有授粉或传播种子的媒介就不能繁殖和扩散。应该保护野生动物，充分发挥它们作为授粉和种子传播媒介的作用。种子粘在动物的毛皮或羽毛上被传播。一些动物采食果实，种子随粪便得以传播。其他的，例如采食针叶树种子的鸟类，在食物采集期间偶然地传播种子。灵长类、雉类和鸽子用这种方法传播顶极树木的大型果实，热带的果蝠传播大型种子，夜莺和画眉等小型鸟类则传播浆果类小种子。这些都可以显著地加快木质植被的自然扩展。在热带和亚热带地区最重要的种子传播者包括哺乳动物中的果蝠、猕猴、长臂猿和灵猫，鸟类中的拟啄木鸟、犀鸟、采食果实的鸽子、阔嘴鸟、乌鸦、鸱、夜莺、绣眼鸟、噪鹛、鹛、啄花鸟等。

在离森林边缘几百米的地方为胆小的动物（例如雉类）栽种庇荫覆盖植物，或者如悬钩子*Rubus*和花楸*Sorbus*等生长迅速的食物源，将吸引鸟类走进或飞越开阔地采食，同时留下来自森林的其他种子。幼龄森林缺少树洞，使用设计合适的盒子可以为啄木鸟、猫头鹰、山雀和其他鸟类，以及蝙蝠提供临时巢穴和栖居地，这些鸟可以吃掉大量威胁树木生存的昆虫。

维持森林植被尽可能多的连通性是非常重要的，这样利于野生动植物种群之间的遗传交换，以及帮助物种扩展到新的林区。森林中的物种种类越多，森林在生态上就会越强壮，也就越可能实现自我维持。

### 优先保护现有天然生态系统

恢复中国天然植被的最重要步骤是保护那些拥有最高生态完整性的残存生态系统。它们是天然生态系统如何发挥作用的最佳范例，也为退化地区植被恢复提供了必须的动植物和微生物的来源。

富饶的天然栖息地不仅具有最佳的生态功能，而且具有更多的价值，包括提供宝贵的生物多样性产品和生态旅游的机会，以及防止火灾和虫害传播的天然控制手段。

完整的天然生态系统还在缓和气候、提供水资源、防洪以及水力发电等方面发挥着最佳的生态功能。

中国现在的自然保护区系统在某种程度上达到了一定的保护目的，但仍然有许多问题。有一些生态系统没有被充分纳入自然保护区系统（例如低地沿海平原的落叶林）。其他的生态系统名义上得到了保护，但仍在遭受不间断地开发和破坏。

应该系统地规划中国的保护区系统，使其覆盖所有类型的天然植被。还需要加强对这个系统的管理，确保生态系统的完整性和并使其功能得到保持和恢复。真正



的自然保护区不应该是狩猎、捕鱼、采集、采伐或放牧的地方。未受干扰的溪流和江河对于周围生态系统的功能也很重要。

### 通过封山育林育草扩展天然生态系统

“自然恢复”就是无需人工协助，只是依靠自然演替来恢复已退化的生态系统。封山育林是自然恢复的典型方法。封闭森林或草原不受人类活动的影响，就能加强自然更新。例如完全封闭，或者实行轮作制度来限制放牧，或按照土地的承载能力控制放牧强度。

封闭退化森林有以下优点：缩短实现森林覆盖所需的时间，保护珍稀物种和增加森林的稳定性。在封闭条件下，中国南部森林可在8~10年后恢复，中国北部和西南高山区要10~15年。

自然条件优越的亚热带地区，在人类停止干扰后，中度退化的生态系统可以很快恢复到地带性顶极天然植被。

让森林自然再生还有投资小、效益高的优点。人工造林每公顷的费用通常高于封山育林的费用。然而在保持水土、控制和改善微气候、保护生物多样性和维持大气平衡方面，人工林要比封闭森林逊色得多。

封山育林的工作应该有县级(林业部门)、乡镇级(林场)和村级参与。应该在广泛的调查研究基础上制订规划。

在恢复植被和生态保持方面，重要的是要建立更多自然保护区，在重点地区严格贯彻保护措施。例如海岸带、江河源头地区(高山湖泊和溪流)、具保水海绵功效的森林地带(森林的核心地区)和饮用水水源区(水库)等。

并不总是需要建造围栏来封闭土地，但需要建立法规来严格禁止采伐、樵采、焚烧植被和放牧家畜。有蹄类动物踏出的小径会发展成侵蚀沟壑，使表层土壤松散，大雨时则会被冲走。有蹄类动物还可能吃掉幼树和其他植物，阻止其再生。这样的动物应该限制在牧场或围场中。有些时候可以允许在封闭森林中有控制地采割牧草作为饲料。

让人们接受并且不妨碍森林封闭是极其困难的。当地社区应该组织起来成立森林守护队，并支付他们报酬来确保规章得到遵循。报酬应该与所取得的成就相关联，使生态系统保护做得出色的社区获得应得的报偿。作为国家总体共享的巨大效益的一部分，应该返回给这些社区。

封山之后植被、物种多样性和地表生物量都会明显增加。树木的自然再生对森林的恢复也很重要。灌木和矮灌木林生态系统中时常散生着树木或幼苗，在被保护条件下将逐渐成熟。

自然再生的森林区域，通常有多物种组分和由林冠层、林下灌木层和草本层组成的垂直结构。它们通常有大量朽木和枯枝落叶，这有利于改善林地条件，并促进



其进一步恢复。

草原对封闭的反应也很好。封闭后3年，退化草地上的地表生物量可以加倍。生物量和植物种类增加，物种组成也向适合于生境的方向发展。

### 采用适当的措施加速自然更新

除了依靠自然力量恢复生态系统以外，在以下几种情况下，还可以采取人工辅助措施，以加速自然更新。(1)严重退化的生态系统的自然恢复会花很长时间；(2)严重退化的生态系统自然发展过程中时常偏离典型的天然生态系统的方向（偏离演替）；(3)在特殊情况下，例如荒地受重金属污染或土壤酸碱度改变的影响，如果没有人的参与，自然恢复是非常困难的；(4)自然演替序列的一些组成物种可能已经不存在了。

在确定所在地的顶极植被和从建群到形成顶极植被所需的自然演替阶段之后，重要的是确定那些限制植被恢复的因素。这可能是土壤条件，植物或动物建群，或物种之间互相限制的关系。

有些情况，改善退化生态系统土壤的理化性质对于生态系统的恢复是非常重要的。如土壤的pH值太高可以用有机物质或硫化废物进行改善；pH值太低就可用石灰进行改善；土壤的重金属含量太高，可以用有机肥通过吸附作用加以改良；土壤盐分太高，可以采取灌溉的方法对土壤进行改善。

各种生态系统需要不同的营养元素。在营养缺乏的情况下，恢复退化生态系统非常困难。直接使用化肥来增加营养元素，可能花费过高并且需要年复一年地做；而人工肥料也无法恢复健康的土壤。最有效和最实际的方法是种植豆类植物，通过固氮作用来增加营养。另一种方法是使用有机肥料，增加土壤微生物的活性，逐渐恢复退化土壤的含磷量。

对于退化生态系统，原始的植物种类和与之相协调的动物种类已经失去，重要的人工手段就是改善种源条件。这可以采取多种方法。飞播种子常用于亚热带地区。穴栽当地的某些先锋树种的幼苗也非常有效。

要将退化生态系统恢复成为各种顶极生态系统，有时需要顶极群落的树种，但是有时必须首选中间树种。如果植被处在早期演替阶段，可能需要建群植物和先锋树种，不过需要因地制宜。先锋树种一般生长在开阔地，而后期演替阶段的种类则需要遮光。

没有人工协助不会建立或发芽的树种，尤其那些具有重要作用的物种，是主要栽培对象。然而苗圃培育必须要掌握好时机，培育一定数量的当年能采集到的树种幼苗。例如青冈栎只能周期性结出饱满的“坚果”。有些种类最好采集森林地面上的野生苗，而不是人工从种子培育幼苗。树苗应该栽培在混合有少量来自种子采集地的森林土壤中，确保可以得到合适的菌根。培育越多种类的原始森林组成物种就



越好。物种种类越复杂，就越能获得更强壮和更健康的生态系统，降低病虫害风险，减少今后对人类干预的依赖。

根据不同的土壤条件，实际工作中采取的措施也要改变。有时种子可以直接播种，有时需要首先改善土壤。改善种源条件也包括动物方面。一个健康的生态系统，应该包括各种动物区系。大部分动物可以移动，因此不需要人工帮助，但是有些动物种类，如蚯蚓，移动距离有限，引殖它们具有重要的生态学意义。

为了促进一些种类的健康生长、发育和繁殖，可能需要抑制其他一些种类的生长和发育。在有浓密草地的地方，很难看到有自然生长的树木。不管目标是什么，抑制措施在实践中可以时常使用。最典型的实例是在森林恢复过程中进行常规栽培。在退化生态系统的自然恢复初期，人工培育可以促进再生和恢复。

在温带竹林十分茂密的地区，有必要人工割除一些竹子，形成条带或空洞，间种幼树。在树木没有周围竹子高以前，要求人工清除树木周围的竹子，防止树木被窒息。

密植树木可以控制草层的发育。这意味着在把树苗栽植到野外以前，需要更长的培育时间。在热带地区，可以在雨季开始的时候，在土壤中扦插或栽植1~2m高的生长快速的树种树苗。

一些树种需要开阔的草层，树苗才能存活。另外一些树种在树苗存活以前需要一定的遮光层。

风是自然界传播先锋植物和一些顶极树种（例如针叶树、槭树*Acer*、杨树*Populus*等）种子，在裸露地区恢复森林的强大力量。在缺乏这些风传播的树种的地区，可以在目的地沿风向上方种植这些物种来提高恢复能力。一些草和灌木种类能借助风力将其种子散播到1km以外。大多数针叶树种仅能将其种子散播到大约100m远。在后一种情况下，通过条形种植，只需花整体种植费用的一小部分就能实现整个森林覆盖。

最好是在森林中建立母树管理区域，保留足够的母树作为植被恢复的种子来源。同样，在谷地口和沿山脊首先建立树木覆盖也是一种有用的方法，因为在沿山地带自然风力播种和地心引力将使其下面的土地得到自然播种。

在温带地区，封山必须结合抚育，特别是对乔木萌生丛，如各种栎树萌生丛，通过封山，最易恢复成萌生林。但是由于乔木萌生丛常从树桩上生出多条萌芽，若把萌生茎全部留下，势必使养分分散，各茎干均生长不良，不易发育成良好的森林。同时萌生丛是乔木与多种灌木混生，灌木之间以及灌木与乔木萌生丛之间发生激烈竞争，致使封山后的萌生丛生长虽然茂密，如果任其自然竞争，将需很长的时间才能恢复。因此对萌生丛的封山，必须结合抚育，有意识地每丛保留2~3株生长健壮的萌生茎，疏伐过密的乔木，使之逐渐恢复成林。在北京山区已取得良好的经验。

白桦林通常是寒温带针叶林退化后形成的，通常在有云杉种源情况下，白桦林



下常有云杉幼苗和幼树，而在无种源情况下，常为白桦纯林。这就给人以启示，为了恢复山地森林多样性，要恢复各类云杉林，可将白桦林进行带状砍伐，补植云杉，待云杉生长后，首先会形成白桦和云杉混交林，然后白桦逐渐被替代，恢复为云杉林。云杉林通常以小块皆伐为主，迹地上也可能被落叶松侵入，在落叶松林下，如有云杉幼苗或幼树，可形成混交林，或逐步恢复为云杉林。

中温带针阔混交林由于红松强度择伐而形成多种阔叶混交林，由水曲柳、核桃楸、紫椴、色木槭等所组成。这类阔叶林还保留着一定原生生境，由于缺乏红松种源，难以恢复成红松阔叶混交林。根据演替规律提出栽针保阔的措施，以人工促进自然恢复，也就是在阔叶混交林内，隔一定距离呈带状伐去阔叶树，补植红松，使原有的阔叶树与后补植的红松呈带状分布，逐步发展为红松阔叶混交林，这一措施已取得成功的经验，并在东北林区加以推广。

促进形成天然草原生境的措施首先要区分中国的重要草原类型。首先是区分一年生草原（天然播种每年发生一次）和以多年生植物为特点的草原。还有不同草原生态系统脆弱性的区别。

大部分中国草原极端脆弱。干旱地区草原的草适应了艰苦的条件，它们所处的位置决定了不可能有可持续的水源等的供应。尽管采取一些补救措施可以帮助自然恢复，但是在开展这些活动的时候，需要清楚地认识这么做的目的是要形成由当地禾本和非禾本草本植物组成的顶极群落。

青藏高原的高山草原还有另一个问题。这些草原生长在年均温低于零度的环境中，主要受温度的限制。而且，很多高寒草原很古老，有厚厚的草皮层交织在一起以防止水土流失。这类草原很难重建，所能做的努力只是保持原状。大量高寒草原已被开垦成农田。很多高海拔农业的尝试都宣告失败，现在这些土地又被种上一年生草籽，想借此提高牲畜产量。然而多数尝试都失败了，因为风蚀已经使表层土破坏殆尽。有的地方不得不人工种植多年生嵩草 *Kobresia*，使其逐渐恢复到自然顶级阶段。因此对于这些草原，必须立即禁止进行耕犁或人为破坏。

某些情况下，可以使用具体的土地治理措施来改善和恢复草原。例如在一年生草原有选择地使用有控制的火烧可以对退化草地产生积极影响。火烧对植物物种的影响是不同的，可以促进或抑制不同种群的生长发育，改变草地的质量和价值。秋季火对提高禾草草原的草产量的作用明显比春季火大。

## 按照土地利用的主要目的分区

并不是所有陆地都有生态系统恢复的优先权。中国的大部分土地处在对食物、木材、草料和燃料能源等的需求压力下。需要根据优先权和条件进行适当分区。

(1)生态区：对调整中国主要江河水流量和改善水质最关键，以及对保持生物多样性最重要的地区，政府必须提供合理的长期资助（至少30年）来减轻对当地经济收



益的压力。目前，退耕还林/还草计划提供的资金和粮食，一般足以使当地人民维持生活。重要的是政府要确保长期资助。在陡坡和高侵蚀区域，自然恢复应该是最主要的手段，有时候需要人类某种程度的辅助。

迄今为止，没有任何证据说明经济林具有足够的生态功能。因此，这些地区应该禁止种植经济林/草地，至少要到20~30年以后才可以考虑经济效益。只有一些现存缓坡上的高产农田可以保留，不允许有新的区域被开垦为农田。当地人民应致力于自然植被的恢复，例如采集当地物种的种子，而不是花钱培育经济或外来物种树苗。这些地区多余的劳动力应被转移到小城镇、工业区、生态旅游及其他行业。

(2)经济区：在距离江河和完整的天然生态系统甚远的地区，经济林可以占主要地位。然而，其间需要镶嵌地恢复天然植被斑块，作为防治害虫和控制火灾的屏障，流失土壤的拦截地和当地生物多样性的避难所。还需要在现有天然植被斑块之间建立连通（走廊）。经济作物应该大都是当地物种，每个物种不应该连续覆盖非常大的面积。应为农民提供关于适宜的农林业技术资料 and 培训。例如可以间种较高的每年收获的短期经济植物（树木、灌木、竹子等），确保更有效地利用阳光、土壤营养和水分。在经济区，还可以激励种植具有较高稳定性和丰富土壤肥力的植物，增强保持土壤水分，以及固着大气中碳的能力，同时满足市场需求。这些地区的当地人至少需要政府5年的支持，然后才能依靠土地获取可持续的收入。

(3)缓冲区：在生态区和经济区之间的地区，天然植被的比例应该有梯度变化，靠近生态区生态林应有较高的比例。政府支持的程度应该与具生态功能和具经济功能的植被比率有关。

越靠近生态区的植被应更接近当地的顶极植被，或者模拟自然演替，逐渐向顶极植被过渡。在更靠近经济区的地区，可以鼓励当地社区参与制定土地使用目标。需要在对当地资源、土壤和气候条件，以及潜在的可利用投资和农民承担风险的能力等做出全面的评估后，制定合理的耕作制度。资源及投资缺乏和作物减产，可能会增加个人负担，这种情况下，由多年生植物占支配地位的多种作物体系可能更适合。使用适合于特定地区的多种作物体系，加上农民根据自身条件选择使用，将形成处于多个演替阶段的多样化农林生态景观。

### 确保林业、农业、放牧和采集是可持续的

中国需要大量的木材。为了发展经济和减轻对亚洲其他地方的森林采伐的巨大压力，有些土地必须用于木材生产。

不是十分陡峭或不容易受到侵蚀的地区可以划为可持续发展的木材生产区。这些地区，重点可以放在可持续的木材或其他非木制品的供应上，而不是恢复原有的森林物种组成。

省级林业部门已经有可持续林业的认证系统。然而，为了可操作性和高效率等



原因，许多系统主要有利于单种栽培和引入外来物种（被称为经济林）。假设入侵的危险很小，短期内这些方法是可行的。但是从长期利益着想，应当按照本书中提出的原则进行修改。

在规划可持续经济林和草原时，应该发挥这些植被的多种服务功能来获取最大效益，并且应该使森林火灾、病虫害和土壤侵蚀等对环境的威胁减少到最小程度。设计得很好的人工林可以用作娱乐和野餐，生产木材，为野生生物提供栖息地，以及具有水土保持效益。

具有较高生态完整性和生物多样性的生态林，应该镶嵌在这种经济林中。这些生态林可以用作预防病虫害和火灾的缓冲区。此外，它们还为动植物提供生长、采食和繁殖的空间，将大大提高当地生物多样性的水平。

有些当地树种可以在皆伐区自然恢复。因此可优先保存它们的种子来源。在采伐地保留一些母树，可利用自然更新的力量来恢复森林。在皆伐成熟森林时，应该很好地保护各种树种的树苗。确保森林可以在有或者没有人类干预的情况下迅速恢复，20~30年成熟。这对促进森林自然恢复是非常重要的。

据研究，皆伐和择伐对生物多样性的影响是不同的。原始阔叶红松林有34种鸟，其中森林鸟33种。在皆伐后，鸟类全部消失。2年后，只有8种鸟，且皆为草地灌丛鸟，森林鸟完全消失；皆伐后经50年的恢复，鸟类种数才增至15种，不及原始阔叶红松林的一半，其中森林鸟仅为12种。而阔叶红松林按40%强度择伐后，第二年夏季森林鸟仍有24种。植物种的恢复也和鸟类相似。择伐后第二年，90%的林下植物物种与原始林相同，只是各物种多度分布发生一些变化。而过伐林需要经30~40年的恢复后，其物种构成才能基本与原始林一致。

框10-13 皆伐和择伐对生物多样性的影响

一种大面积恢复退化生态系统的方法是将林业和农业结合起来。当恢复原始生态系统不可能的时候，这样的农林生态系统可以阻止土壤退化，改善环境条件并提高经济效益。农林生态系统对氮肥和磷肥的需求低；有良好的有效利用营养、光照和水分的能力；防止虫害；降低风险。农业系统可以通过建立休耕期来实现这些有益的功能。休耕期（不论是季节性的还是更长的周期）可以通过固氮作用，恢复土壤无脊椎动物和菌根菌，来恢复土壤肥力。休耕期还会减少农业虫害。

除各种杨树和刺槐等用材树种外，果树常为混农林业的主要成分。果木的幼树之间，一般间距较大，通常可种植蔬菜、药材、作物等草本植物，构成多层结构的植物群落，这对水土保持，改善生态环境，增加经营收入均是有益的。

混农林业例子之一是在黄淮海平原种植泡桐，泡桐的木材具有较高的经济价值。利用泡桐出叶晚、落叶早、根系深的特点，在农田中种植泡桐可使作物与泡桐利用不同时间的光照和不同深度的土壤肥力，既增加地表植被的覆盖率，又增加经济收益。另一个例子是核桃，它可以种植在海拔800m以下的山区。由于它至少要经3~5年或更长的时间才有收获，不能马上获



得经济效益。但在核桃园内种小麦、大豆或土豆来发展农林业，可以获得良好的效果。一般核桃树之间间距大，林间空地的土壤裸露，不易保墒。如果在果树间间作果农作物，通过耕作、施肥，使土壤疏松保墒，有利于核桃生长，也使居民当年受益。

#### 框10-14 中国的混农林业

不同地区，气候对农业有不同的限制作用。极端寒冷的土地没有农业发展潜力。干旱或贫瘠的土地可以利用，但是随着非生物因子的压力增加，用于补偿环境局限性的费用呈指数上升。如果载畜量足够低，避免过度放牧，食草动物（作为人和环境之间的缓冲）可以在干燥和贫瘠的环境中很好地生存。当地有蹄类动物和牲畜在青藏高原共同生存了2000多年，很显然，饲养经济动物可以在此环境中获得巨大收益。鉴于大量高原被破坏并遭受过度放牧的危害，如今必须寻求平衡放牧压力和草原条件的解决办法。该牧场不像世界上其他的主要放牧生态系统，它受到高海拔和温度的限制，因此必须制定本地的解决方案，而不是试图进口其他国家的办法。过去可持续地使用该环境的办法是游牧，灵活地使用冬季和夏季草场。而现在试图采用减少牲畜游动的机制（如围栏等）来管理这个生态系统，这将是不可持续的。应该将过去发展了几百年的畜牧业知识融入当今的牧业管理决策中。

湿润的热带低地的非生物环境因素比较好，其生物的复杂性占绝对优势。这里应该主要是模拟天然生态系统，而不是费力地将简单性强加于本来很复杂性的生态系统。

#### 防止火灾，保护植被

在相对干燥的北部森林和非常炎热的南部森林，火灾是最大的危险，而在潮湿的中部森林，火灾就不那么重要。森林火是常见的，每年都造成林业部门的巨大损失，甚至危及人类生命。

1987年大兴安岭森林悲剧性的火灾烧掉了11000km<sup>2</sup>的森林，其中3700km<sup>2</sup>森林完全被毁，无法恢复。这是中国森林火灾防治的转折点。党中央、国务院和地方各级政府对于森林防火工作给予了高度重视。

中国当前的森林防火战略是地面、航空与航天遥感立体林火监测相结合。目前用于森林火灾监测的是美国NOAA系列气象卫星，卫星监测精度还需进一步提高。

森林火险区划就是根据各地的自然、社会情况，按照火险区划标准划分的。在国家火险区划的基础上，进一步加强森林火险预报工作。目前国家正式颁布了《全国森林火险天气等级》标准，但国家火险等级预测预报系统还没有建立，急需加强基础研究工作，尽快建立国家火险等级系统。

我国绝大部分火灾是人为引起的，火源管理尤为重要。可燃物管理和计划烧除是减少火灾的积极措施。计划烧除除了可限制危险可燃物积累、减少火灾发生和蔓



延的危险性外,还有控制和防治某些森林病虫害、增加林地矿物和有效氮磷钾等营养、提高土壤温度、促进林木生长、增加树脂和其它林副产品的产量等作用。

建设防火林带是防止森林火灾蔓延、减少火灾损失的治本性措施,不仅起到阻隔火作用,还具有利于优化林种树种结构,防止水土流失、改良土壤、增加肥力、防治病虫害,提高林业集约经营管理水平、增加经济收入等多种效益和功能,已纳入我国《二十一世纪议程》。

我国的森林防火基础设施建设,是从1988年开始迅速发展的。建设内容主要是“四网两化”:预测预报、瞭望、通讯和道路隔离带网,队伍专业化、扑火机具化。改善防火设备,提高目前普遍使用的人工投掷的灭火工具的性能。

多年的实践证明,只有通过有组织的森林消防队伍,经过一定的训练,配备一定的扑火机具,才有较强的扑火战斗力,提高扑火效率,减少损失和浪费。在森林火灾预防上群专结合以群为主,主要是动员发动群众,进行深入的防火宣传教育,提高广大群众的森林防火意识。

### 防止病虫害和入侵物种/基因,保护正在恢复的生态系统

在植被恢复的过程中,由于生态系统的结构与功能尚不健全,缺乏天敌和植物化学防护网的有效调控功能,病虫鼠害容易发生。因此,采取有效措施控制生物灾害是保障植被恢复的重要内容。

防治病虫鼠害的方法有化学、生物、物理防治等。滥用化学农药容易污染土壤和水源,并会给非目标生物带来危害,例如鸟和哺乳动物。它们是害虫的天敌或具有其他重要的生态作用,这些天敌的丧失反过来又会影响植被的恢复。化学农药的使用要有针对性,要尽量使用毒素不会长久残留、不会在食物链中累积的农药。永远不要使用毒素持久残留的有机污染物,包括有机氯化物在内。生物防治主要是利用自然界中的天敌或生物农药控制病虫鼠害,一般不会对土壤、水质等带来危害,但仍然会对非目标生物造成影响。物理措施不会对非目标生物造成影响,但很难大面积应用。

在实际工作中应本着保护环境、保护天然植被的原则,根据不同的病虫鼠害发生特点和现有防治技术采取不同的控制方法。例如,对于那些在短时间内大面积爆发流行、对植被破坏十分严重的病虫鼠害,应采取防效快速的防治技术,可适当应用化学农药迅速控制生物灾害的蔓延,再采用生物方法进行长期控制,这样可取得快速、持久的控制效果,既避免了植被在短时间内受到更大的危害,又降低了化学农药的使用量,保护了环境。

虫害综合治理的主要局限是对不同生物在天然和再生生态系统中所起到的生态作用缺乏认识。由于缺乏对生态的了解,有些“害虫防治”计划完全被误导。高山草原的田鼠、鼠兔以及旱獭有时被认为是害虫被毒死。然而,这些哺乳动物是健康



草原的必要组成部分，具有通风排水、增加土地持水容量的作用。其洞穴被许多繁殖鸟用作隐蔽所，同时这些哺乳动物还是许多重要的食肉动物的捕食对象。毒杀啮齿动物和鼠兔造成了严重的草原退化，生物多样性丧失，降低草原的水分吸收作用，并导致沙漠化。

现在人们已经认识到，入侵物种是比栖息地丧失更严重的导致本地物种灭绝的因素。现已证明它们是天然和再生生态系统的主要威胁，可能会对当地的生物多样性造成难以预料的影响。

最可能成为入侵者的物种通常是能够迅速蔓延的抗逆性强的建群物种。而这些正是管理人员在植被种类中寻找的特征，因为其可以迅速覆盖裸露地表。利用危险的外来物种用于植被恢复，中国确实已经进口了这类危险物种用于植被恢复。但应该认识到，防止入侵要比控制更经济省钱。

### 生物多样性和生态系统完整性的监测和研究

必须对天然和再生生态系统的完整性和多样性进行监测的理由很多。其中之一就是要确保恢复和管理朝着我们所期望的目标发展，这些目标包括环境效益、生物多样性保护以及经济可持续能力等。监测将有利于随着情况的变化，相应地调整管理措施。

水土保持是主要目标时，监测体系显然应该强调植被在水土保持中的有效性。这包括测量干湿两季水的径流量，以及水流中沉积物的含量。有效降水量系数度量了渗入中底层土壤的降水量，标示了土壤吸收水分的能力。

监测生态完整性也很重要。植被的大多数功能主要取决于生物量和生物多样性，这些功能本身又依赖于生态系统的成熟和复杂程度。越是复杂的天然生态系统越具有调节水量，防止侵蚀和抵抗病虫害的能力。它们还庇护着更多有经济价值的物种。例如中国各种草原养育着7000多种高等植物，其中许多是重要的食品、药品和饲料来源。

生物多样性和生态完整性的监测并没有统一的指标。包罗万象的“物种多样性”指标不一定有什么意义，因为他们受到许多因素的影响，必须谨慎运用。指标的选择将取决于管理的目标和限制条件。可能的指标包括生态系统的结构特征（植被的垂直结构，不同林层的植物盖度，地表生物量）、不同林层优势种的组成、优势种的均匀度。多年生植物物种的丰富度和一年生植物物种的丰富度，可以说明生态系统演替及退化过程中不同阶段的结构差异，多年生植物在处于相对稳定的陆生或水生生态系统中起主要作用。

另一种方法是监测生态进程。对养分和能量流动、分解率、生产率等等进行度量，可以获得关于生态系统功能的有用信息。在亚热带土壤中，有机碳含量通常与地表生物量和持水能力呈正相关。估计不同生态层或生境中各种生态功能团（分解



者、草食者、吃嫩叶动物、种子传播者、食肉动物等)的丰富度和生物量,是标示生态进程的间接指标。关键种在生态功能上具有绝对的重要性,影响着整个生态系统的物种组成和丰富度。关键种可能是动物、植物或微生物。应该确定适当的丰富度或密度指标,监测这些关键种的种群(如青藏高原草原上的鼠兔)。这些关键种种群的健康是生态系统健康的标志。

还应该监测被保护的物种的种群。濒危物种的监测具有重要意义,这也是生物多样性公约所要求的。应优先对国际和国内的受威胁物种进行监测。具经济重要性物种的野生亲缘种也应受到保护。大多数物种(如昆虫、菌类、微生物)还未经科学描述,其中许多物种可能已处于濒危状况,而我们还不知道。应加强对这些类群的分类学和群落生态学方面的研究。同时,应该对昆虫生物群落的整体多样性进行监测,因为生态系统多样化可以供养更多的物种。

对天然生态系统的生态功能以及它们之间的关系缺乏了解,限制了对土地利用的效率。政府应该鼓励有关恢复生态系统的研究,为利用当地物种恢复植被奠定科学基础。

## 保护濒危物种

除了针对生态进程和天然生态系统功能团的一般保护措施之外,需要对特别关注的物种采取特殊的管理措施。现有信息和监测结果都表明这种干预是必需的。

有些濒危物种具有特定的生态需求。例如,热带的食果实动物,如长臂猿(*Hylobates* sp.)需要封闭的林冠才能够在其家园范围穿梭,才能采食不同果树上的果实。这些树木的物候必须是交错的,如同在广阔的天然林中一样,才能保证长臂猿一年四季都可以找到食物。但是这只有在相当复杂的、种类丰富的常绿森林中才有可能。长臂猿无法在人工纯林或没有适口果实(如无花果)的森林里生存。同样,食肉动物也不能居住在孤立的小森林里,因为这里没有足够大的捕食基地可以养活一个能自我维持的种群。因此,要种植可以用作野生动植物栖息地的森林,必须考虑栖息地斑块的大小和物种混合的程度。

连通性原则是非常重要的。需要在走廊地带保存植被或植树,以便于半隔离种群之间的基因流动,从而增强这些种群的生存力,避免近亲交配,避免小的隔离种群数量的急剧下降。

物种种群的大小必须能够维持该种群的生存。太小的种群容易发生近亲交配,出现“种群数量问题”(例如达到繁殖年龄的唯一雄性没有生殖能力)、因疾病或其他原因偶然性绝灭、边缘效应及其他危险。通过维护栖息地的连通或建立走廊,扩大野生动植物种群的繁殖期随机交配单元,可以增加其生存机会。连通的单元越大,能够共存并保持平衡的不同物种就越多。一旦当地种的绝灭率与新物种的迁入率保持平衡,便可实现种群的稳定。



## 促进社区参与，提高公众意识

(1)民众参与的需要和范围:没有当地社区的积极支持和参与,植被恢复和天然植被保护计划就不可能获得成功。同样清楚的是,当地社区保护或造林以及对植被重视的程度在很大程度上取决于他们所分享的利益。

事实证明,鼓励当地农民在荒山秃岭上,甚至他们自己的土地上种树是可能的,只要能保留他们对这些树林及将来的产品的所有权。然而,鼓励农民投资种植生态林或非商业性植被却不那么容易,让公众积极参与防火及紧急消防工作也非常困难。在陡坡退耕还林还草计划的实验阶段,主要问题之一是农民一致趋向选择经济林而不是生态林。这一点完全违背了政府的70%林地应该是生态型的计划。

这就引出了两个问题:一是用什么方法奖励农民参与公共的(而不是私人的)项目;二是他们在植被恢复规划中应该参与到什么程度。

积极的一面是,农民及林业工作者拥有大量关于这些土地潜力的实用知识。他们知道哪些种类可以在这个地区自然地繁衍,哪些物种的种子或树苗在当地可以采集到,以及哪些次生林的植物种类可以种植(例如扦插树枝)存活,正如他们通常种植的活的篱笆一样。在每个地点计划种植或者保护特定物种时,这些知识都非常有用。

然而,如果依靠当地人制定这类规划,则所作出的经济决策必定只倾向于给当地社区带来直接的效益,但是下游有许多人依赖于这片种植区的环境效益,上游社区的决策不一定会对这些利益共享者最有利。对这些人来说上游种植区的环境功能才是主要的。政府的作用就是代表这种更广泛的利益去和当地农民协商。甚至省政府所关注的利益也会与下游用户有所不同,而后者才是水资源良好管理的主要受益者。

地方社区应该全面地参与植被恢复,这包括用植被覆盖裸露地表;保护天然和再生生态系统,防止被破坏和过度利用;采集种子和种植当地物种;采用抚育萌生林等方法加速恢复;防止火灾;防止入侵种和病虫害;监测生物多样性和生态过程等。

(2)社会林业:社会林业,亦称作社区林业或参与林业,是一种有当地农民参与的森林管理和组织模式,包容了多种目标:直接有利于农民;改善农村生态环境;以及促进农村地区的综合、协调和可持续发展。其与常规林业(有时误称作“传统”林业)形成对照,后者只有单一的木材生产目标。事实上在中国及其他地区的社会林业与当地实施的传统林业更要相近的多。今天,社会林业可以既利用当地社区的知识和观点,也可以利用集中而系统化的科学知识,形成综合的、可持续的和适应当地情况的森林管理方法。

如上所述,社会林业的一个关键问题是土地的所有制。阐明和划定使用期限可



以激发农民作出有关森林管理的明智决定，考虑利益和职责之间的平衡。当要求农民改变他们的做法时，必须为他们提供足够期限的支持。应该根据土地侵蚀的危险程度和其他因素，针对不同的地区确定不同形式的管理优先次序和所需的支持。

不同地区已经尝试了不同的社会林业模式，有许多成功的和失败的例子。通常，最有前途的是那些经过时间考验的模式。

(3) 植被恢复工作中的就业机会：一些现有农业劳动力可以被吸收到新的工作中去，例如森林保护和种植，在陡坡恢复或营造梯田，还可以雇佣当地农民管理苗圃，从当地森林采集必需的树种种子。诸如此类的工作，都需要专业培训，可以特别优先招聘退耕造林的农民。

可持续发展的林业为当地社区提供了新的经济开发机会，其中一些社区需要短期的政府投资。还应给一些农民补贴，让他们继续栽植当地的各种农作物和蔬菜或种植栽培品种的野生近缘种，保护宝贵的种质资源。这虽然可能不能马上获得经济效益，但因其作用十分重要，所以应予以补贴。

(4) 生态旅游：由于完整的天然生态系统具有很大的效益，应尽可能地提倡非消耗式使用。而一种可能就是生态旅游。旅游的动力是人类希望改变一下日常环境和对世界的好奇。由于都市的人们有越来越多的闲暇和金钱，所以对旅游业的需求也在增加。20世纪90年代初旅游业雇用了全球6.5%的劳动力。大自然旅游业能满足人们对和平、美丽和多样性的基本需求，这个行业正在稳定地增长，今天在全世界其产值已多达几十亿美元。

考虑到对自然的综合压力，旅游行业制订了道德规范。国际生态旅游协会把生态旅游定义为“在自然区域中的负责任的旅行，并因而起到保护环境和改善当地人民福利的作用”。既然它本身不是拿走产品，有时被认为是对天然生境的最良性的经济利用。

生态旅游从以下四个方面获得经济效益：它是一个迅速发展的行业；资源直接面向市场；旅游业有助于经济多元化；刺激农村地区经济增长。然而，在中国和许多其他国家，通常是远道而来的投资者，把资金投在旅游设施建设上一交通、酒店、餐馆等等，也是这些外来的投资者赚取了利润。游客在旅游地能花的钱十分有限。还有一点很清楚，旅游发展常常不能保护自然环境，反而破坏了环境，增加了对环境的压力。

露天娱乐和管理甚差的自然旅游会对环境产生很多负面影响。除了大规模的相应建设如道路和建筑物外，还有大量开车或步行游客带来的影响。这些影响可能殃及土壤（挤压、改变水文、生活垃圾的污染、土壤生物丧失、土壤流失和沉积）、植物（植被丧失、外来植物沿路径扩散、采集、践踏破坏）和动物（打破宁静、栖息地改变以及伤害或死亡）。

发展良好的生态旅游可以是一种有助于验证和补偿天然植被的保持和恢复的积极因素，并且这是一个可以自我加强的过程，环境变得越好，生态旅游就越有吸引



力。生态旅游的收入可以满足当地的各种社会需求，增加当地社区在自然环境方面的应得的利益。

以下所列的一般性指南包括改善和发展生态旅游的建议。*Ceballos-Lascuráin*提供了更详细的指南建议，包括关于推销（建立有吸引力的目录，以游客为目标，评估需求和推广等）、教育和解说（主题和目标群体、解说媒体）、生态旅游培训，以及规划公共设施（地点计划、设计技术和材料、为残疾人设计的设施、垃圾处理、交通和流通、道路和通道设计、天然小径等）。

### 加强总体规划

(1) 国家发展规划：中国有能力而且应该愿意支付这些显然是高支出的改革计划。据估计中国实施退耕超过 $25^\circ$ 的陡坡地计划，每年耗资达 $40 \times 10^8$ 元（ $5 \times 10^8$ 美元）。这对于国民生产总值接近 $4 \times 10^{12}$ 元（ $5 \times 10^{11}$ 美元），每年因与植被退化相关的环境灾害花费几十亿美元的国家来说，为解决全部土壤侵蚀问题，这些支付还是较低的。

(2) 当地的发展规划：省和地方政府有责任确保社区的近期发展。但或许更重要的是他们必须保证近期发展不危及长远的、更广阔的前景。有时需要吃“苦口良药”才能治理环境问题。政府针对这些问题“开处方”要比期待当地社区主动提议这么做来得容易。因此政府必须确定绿化项目的目标，同时允许当地人民制定更详细的计划。

森林保护或在裸露地或陡坡进行植被恢复工作过程中，微观规划的薄弱环节是缺乏对更大范围地区的综合考虑。例如，耕地转变成天然植被的程度，会由于需要提供给农民长期的补贴而打折扣。如果乡镇新兴企业可以提供其它职业，就可以比较容易地使农民在植树造林后，完全放弃他们的土地。在一些吸收失业农民或伐木工人潜力不大的地区，当地政府将不得不采用其他的方案，允许这些人以林地为生，例如允许某种程度的收获经济产品或者是可持续性的木材生产。

县政府如果有能力，应该允许他们制订恢复水文功能的综合县级规划。在这样的计划中，可以针对具体的当地条件，制定弹性较大的综合措施。预算的制定应该有灵活性，恰当地考虑当地的具体情况。在陡坡、边远或干旱地区，制订这些程序肯定会更困难，而恢复植被的花费也将更昂贵。有些县恢复裸露地或稳定滑坡地带，应该比陡坡退耕还林更优先。当前，植被恢复的地点选择取决于可利用的退耕还林经费，而不是治理的轻重缓急。计划应该具有灵活性，便于资金用于优先地区的重点任务。

部门间的界限应不妨碍实行跨部门的项目，例如“农业”和“林业”。而这样的界限目前在全世界都是一个潜在的问题。

在当地生态学的基础上应用国家政策时，应该允许一定的灵活性。中国各地的



条件差异悬殊,在某些地方如果在 $25^{\circ}$ 斜坡上开垦农田,可能是非常危险的,而在另一些地方,如果是梯田,这种斜坡的耕种,不会造成水土流失。在这种情况下,投资建梯田或许比将其转为种植经济林更加有效。

除了立法和积极的投资外,还可以利用其他的财政机制来鼓励更多的可持续性的实践活动。通过控制价格、应用或降低税收鼓励建立薪材区,使用煤或其他经济燃料,可以降低对林产品的需求。甚至激励措施还可以影响树种的选择。对种植外来树种征税有助于激励开发和利用当地树种。高污染税收,例如征收杀虫剂的使用重税,证明能够减少有害化学制品的不必要使用。

(3)加强其他部门的工作:有些地区,与直接的森林管理措施相配套,通过加强其他经济部门的工作,吸引人们放弃对森林的消费性利用,从而使森林的恢复工作能取得最好的效果。

在中国已经有政策不鼓励在陡坡上耕种。农民也往往愿意放弃这种费力而难有回报的劳动。大多数年轻人喜欢到城镇寻找工作。应该进一步鼓励,投资大力发展地方城镇,开发水利资源潜力,降低能源成本,并刺激地方工业的发展。然而,虽然水电开发具有重要的经济潜力,可以促进植被恢复,但是开发必须严格服从于环境影响评价的要求。溪流和江河的主要水流决不能被超规模水坝所阻拦,否则会影响鱼类及其他生物的生存,最终导致经济和生态成本大大增加。

应该向退耕农民提供职业培训,帮助他们转向其他职业。

潜在的绿色产业包括生态旅游及其相关产业。可以种植养殖产于当地生态系统的产品,例如水果、木材、竹子、蘑菇、药用植物和野生动物,例如雉类等。一些可以重复收获的产品可用于制作当地的工艺品。还有各种绿色技术,例如可再生能源生产,为了净化水建造人造湿地,生产非木质纤维纸浆,这些都可以帮助缓解对自然和再生生态系统的压力。

应该努力把对木材和林产品的依赖减小到生产能力范围内。中国应该从可持续来源购买和进口所需木材,以弥补需求和国内供应之间的差额。同时,中国作为对环境高度负责的国家应该保持其良好的国际形象。建议政府应该确保在国外从事具潜在破坏性项目的中国机构,应该进行同中国国内一样水平的环境影响评估,即使该国没有相关的法律规定。在马来西亚、缅甸和老挝大规模滥伐热带雨林已经使中国处于尴尬局面。应该加强管理使中国在21世纪仍然保持在道义和经济上的领导地位。

### 第三节 植被恢复的误区分析

#### “绿色沙漠”的概念

“绿色沙漠”是指大面积的树林,其构成树木种类单一、年龄和高矮比较接近,



十分密集，林下缺乏中间的灌木层和地表植被。

我国在过去的50年里一直很重视植被的恢复工作，植被覆盖率从50年前的8.6%上升到2000年的16.55%。现在有退耕还林、天然林保护以及防治沙漠化等工程积极地在我国大范围内开展。毫无疑问，这个覆盖率还会增加。不过这样的数字变化，并不意味着我们的植被状况令人乐观，因为其中大部分是人工林。那么为什么这样的人工林被称之为“沙漠”？

(1)这样的树林地表植被覆盖很差，因而保持水的能力很弱。这样的树林，除高大的树冠层有一定的保水功能外，灌木草丛和枯枝落叶才是水土保持的关键。而这样的森林中地表植被覆盖很差，失去了森林的海绵样保持水源的能力，保持水土和过滤水的能力都很低。在雨季没有储存水的功能，当旱季到来时，区域内则非常干燥，火灾危险很大。松针落到地面，因为表面有蜡质，很难腐烂，加上其内含有油脂，极易引起火灾。

(2)这样的树林中生物多样性水平极低。单一密集的树木遮挡了阳光，抑制了其他植物种类的生长。同时树种单一无法给大多数动物提供食物或适宜的栖息环境，因而动物种类自然也少。在四川西昌地区大片的人工云南松范围内，几乎看不到动物。但当地的风景点泸山的天然次生林虽然面积小，却很容易见到鸟类和松鼠。

(3)这样的森林中营养循环过程被阻断，土壤营养日益匮乏。针叶树的落叶极难腐烂，加上对改善土壤质量和促进营养循环十分重要的土壤无脊椎动物以及其他动植物很少，因此绿色沙漠区域内的土壤中营养不断被这一种单一的植物消耗，但没有营养返回到土壤，因此土壤中营养状况越来越差。

(4)这样的森林中生态状况十分脆弱。由于缺少天敌对虫害进行控制，树木很易感染虫害，而且一旦感染上虫害，即易造成大面积的破坏。国家环保总局2002年发布的我国西部地区森林病虫害的统计数据。数据显示20世纪80~90年代，病虫害危害日益严重。其中原因是复杂的，但一个重要原因就是人工林面积的增加，使森林树种趋于单一化，造成生态系统调节能力下降，控制害虫的天敌数量大大减少，从而导致病虫害的加剧。

### 植被恢复的误区分析

我们植树造林的出发点是好的，但为什么没有达到我们期望的改良生态环境的目的？这些“绿色沙漠”又是如何形成的呢？

#### (一)大量使用外来物种

要谈外来物种，必须先理解生态系统的含义。

生态系统是由生物物体及其生存环境所构成的相互作用的动态复合体。这是一个看起来很简单的概念，但其中所包含的内涵一直被人们所忽略。中国搞了几十年



的植被恢复工作，其实一直都没有真正理解一个问题——什么是生态系统？更没有按照生态系统的自然规律，开展植被恢复的工作。

生态系统是经过成百上千年的长期进化而形成的。其中生存的动物和植物不仅适应了当地的自然地理气候条件，而且更重要的是物种之间形成了很复杂的相互作用的关系，也正是这些关系使得这个生态系统成为一个稳定的和能够自我维持的体系。因此，一个生态系统中的物种组成和比例绝不是随意的。

外来物种是对于一个生态系统而言，其中原来并没有这个物种的存在，它是借助人类活动越过不能自然逾越的空间障碍而进来的。在自然情况下，自然或地理条件构成了物种迁移的障碍，依靠物种的自然扩散能力进入一个新的生态系统是相当困难的。但是现在人类有意或无意的活动却使物种的迁移越来越频繁。

如果这些外来种在新的生态系统中立住脚，能够自行繁殖和扩散，而且对当地的生态系统和景观造成了明显的改变，它们就变成外来入侵种。因此“外来”这个概念不是以国界，而是以生态系统来定义的。经常有人问为什么四大家鱼也成了外来物种，它们不是我国土生土长的物种吗？是的，四大家鱼在中国南方地区是当地的土著物种，但如果它们被引入云南、青海、新疆等高海拔地区的水域中，它们就成了外来物种。云南高海拔水域中生物多样性减少的最主要原因就是外来鱼种的入侵。当初为进行植被恢复而引进的物种，现在成为极为头疼的外来物种。如互米花草(*Spartina alterniflora*)、薇甘菊(*Mikania micrantha*)、水葫芦(*Eichhornia crassipes*)等。

外来入侵种是如何引起生态破坏的呢？

外来入侵种的最主要危害是采用各种方式杀死或排挤当地土著植物物种。有些外来入侵种就像“绿色坟墓”一样，可以覆盖其他植被。被覆盖的植被由于得不到足够的阳光和空气窒息而死，生长良好的森林就变成了被单一物种垄断的平地。

由于外来入侵种杀死或排挤当地植物，因而依靠当地植物生存的动物也就紧跟着大量减少，引起生态系统中物种的单一化，从而导致很多相应的生态问题，包括水土流失、火灾、虫灾以及当地特有生物资源丧失等。最麻烦的是，一旦外来物种大面积入侵后，就失去人类的控制，常常是想尽所有办法，诸如人工拔除、天敌控制、化学农药等都无法将其去除，甚至是无法限制其继续扩展。真正是“即使万民上阵，也难控制，人类在这些植物面前显得束手无策”。人类的努力常常反而助长外来入侵种的扩展，因为采取的控制方法常常是以对生态系统的进一步破坏为代价，而破坏后的地方更有利于这些外来入侵种的滋长。

经常有为观赏目的引进的植物，引起严重的生态入侵问题。五爪金龙(*Ipomoea cairica*)扩展到野外后，形成典型的“绿色坟墓”。

如果不是入侵种，而只是不会引起入侵的外来种，是不是就可以大量种植，用于植被恢复呢？回答是否定的。虽然这些外来种不会因失去人类的控制而成为入侵种，但是它们仍然占据了当地植物生存的空间和养分，造成当地植物种类和数量的减少。植物的种类和数量的减少，就减少了当地动物的食物来源和栖息地，许多动



物物种在当地会相应的减少甚至消失。这种格局将降低生物多样性，由于多样性的降低，例如控制害虫的天敌物种的减少，会大大削弱生态系统抵御病虫害爆发的能力，因此外来物种组成的生态系统所具有的生态功能和作用要远远低于天然生态系统。

大面积的种植外来物种，对于资源紧缺的中国来说是一种浪费，因为它们占领了空间，消耗了资源，却没有给我们带来应有的生态功能。而且外来物种正威胁着我国独特的生物多样性资源，并引起生态景观和其中物种组成的改变，继而限制依靠当地特有（或者说其他地方没有的）生物多样性资源为基础的生态旅游业的发展，降低当地特有生物产品的生产。因此，即使不会引起外来入侵，外来物种仍然会给当地人民带来严重的生态和经济发展问题。

## （二）忽略了健康生态系统要求的异质性

天然的生态系统具有多种多样的异质性（或称多样性），这包括物种组成上的异质性、空间结构上的异质性、年龄结构上的异质性以及资源利用上的异质性等。这些异质性为多种动植物的生存提供了各种机会和条件，因此利于提高生物多样性水平。

而人工林的建设过程中却忽略了天然林对异质性的要求，所形成人工林的特点就是均一。

人工林常是单一物种，其年龄结构也相同，为整齐划一，还成行成列等间距地排列。这样形成的树林，树木之间难以形成自然竞争，更难以形成高低错落、层次丰富的结构。这些树木长大后，树冠层一样高，很容易阻挡大部分阳光，限制林下其他植物的生长。

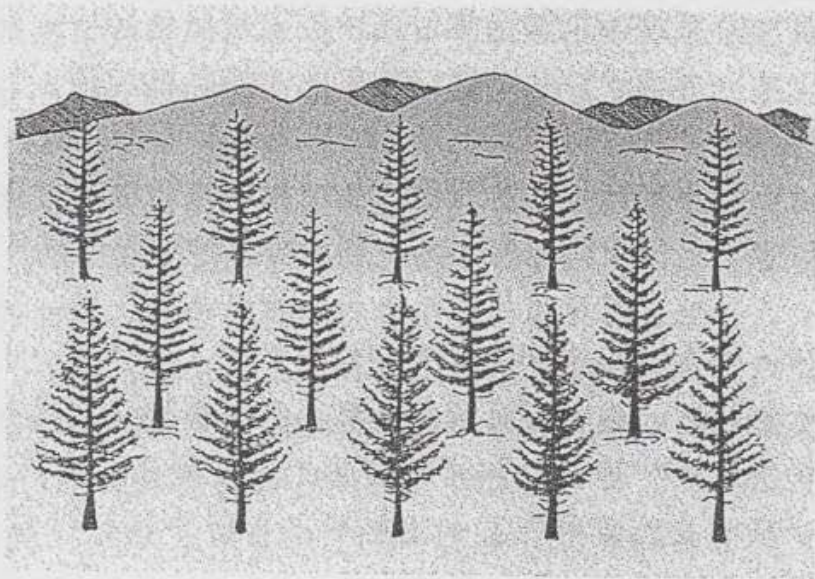


图10-3 人工林的特点是均一，不能满足健康生态系统所要求的异质性

大部分天然林是树龄交错的，总有发育良好的树苗和补充树层，以及成熟树木，这使得森林系统具有自我维持的能力。不同的动物常常需要生活在不同的空间结构层次上，不同的鸟类可能生活在树冠层、中层乔木、接近地面的灌木，或者地面上。植物也有喜光、耐阴等多种类型，耐阴的植物必须要有上层植物遮挡阳光才能生存。

所有天然生态系统的这些异质性，在自身演替过程的不同阶段会有所变化。例如幼年林，由于树冠层还不丰满，往往有大量光线透射到地面，林下植被生长旺盛，而且种类多样。而成熟林的树冠层郁闭好，限制了林下植被的生长，所以林下





图10-4 理想的人工林具有的异质性

植被不如幼龄林丰富而层次多样。因此同一片天然植被，成熟林和幼龄林中的植物物种组成和数量是有变化的，相应地其中生活的动物类群和数量也有很大不同。

但是所有的天然生态系统，即使是成熟林，都有一定程度和规模的空隙。这是因为小规模干扰总是存在，例如树木倒下（因为树木的自然死亡或风暴等自然因素），大型动物（如大象）或大群动物（猕猴或羚牛等）的活动，改变了物理条件。林冠打开后，喜光的树苗就会借机生长发育起来。

### （三）忽略了物种之间的生态交互作用

一个生态系统之所以具有自我更新和维持的能力，是因为其物种之间存在着紧密的交互作用关系，物种间的这些交互作用关系是维持生态系统健康的基础。

大多数植物的种子得以传播、扩散，甚至有的是生根发芽，依赖的是传播种子的媒介动物；控制病虫害的天敌动物，控制着蚕食植被或引起疾病的生物的数量，使生态系统不会因为某种昆虫的过度繁殖而导致生态系统崩溃；枯枝落叶和倒下的树木，养活了许多动物，特别是土壤动物和微生物；分解枯枝落叶，加速土壤营养循环的动物，对维持生态系统内的正常营养循环，起着重要的作用。

树木和其他植物没有授粉或传播种子的媒介就不能繁殖和扩散。应该保护野生动物，充分发挥它们作为授粉和种子传播媒介的作用。

一些动物采食果实，种子随粪便得以传播。其他的，例如采食针叶树种子的鸟类，在食物采集期间偶然地传播种子。灵长类、雉类、鸽子和果蝠用这种方法传播大型果实，夜莺和画眉等小型鸟类则传播浆果类小种子。这些都可以显著地加快植被的自然扩展。在热带和亚热带地区最重要的种子传播者包括哺乳动物中的果蝠、猕猴、长臂猿和灵猫，鸟类中的拟啄木鸟、犀鸟、鸽子、阔嘴鸟、乌鸦、鹁、夜莺、绣眼鸟、噪鹛、鹇和啄花鸟等。

植被恢复初期选择种植具有大量小型果实的灌木或其他小型植物，如悬钩子（*Rubus*）和花楸（*Sorbus*）等，以吸引野生动植物来采食嫩叶、花卉或果实。如果只种植长青的松柏和万年青等，鸟类和其他动物将很难在这种环境中生存。

在进行植被恢复的时候，必须考虑到野生动植物之间的相互关系，采取适当的方法促进建立这种良好的关系，应该被认为是植被恢复的必须步骤。而且可以利用物种之间的这种关系，来加快植被的恢复工作。

在离森林边缘几百米的地方为胆小的动物（例如雉类）栽种庇荫覆盖植物，或者生长迅速的食物源，将吸引鸟类走进或飞越开阔地采食，同时留下来自森林的其他种子。幼龄森林缺少树洞，使用设计合适的盒子可以为啄木鸟、猫头鹰、山雀和其他鸟类，以及蝙蝠提供临时巢穴或栖居地，这些鸟可以吃掉大量威胁树木生存的



昆虫。还可以在适当的地方给动物配备水源。

这些动物的出现可以带来其他天然植被区的植物种子，这些种子落地生根，能够促进该地区植被逐渐向天然植被的方向恢复。

很多人认为，枯枝落叶是生态系统的废弃物，可有可无，认为从森林中取走不会对生态系统带来不良影响。这实际上是不正确的作法。把枯枝落叶

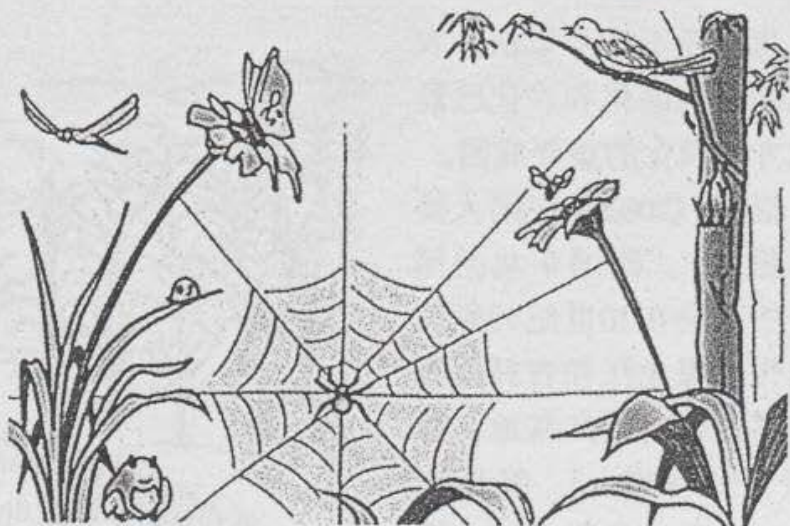


图10-5 生态系统中物种之间存在密切的交互作用关系

从森林中取走用作烧柴，常常造成生态系统演化的停滞或退化。同样将城市中的枯枝落叶扫走，也损害了生态系统的正常营养循环和健康。

朽木与枯枝落叶对森林的功能与恢复非常重要。森林中的营养循环与能量流动主要依赖于朽木与枯枝落叶。枯枝落叶是植物将生长过程中从土壤和空气中吸收的营养，光合作用形成的碳水化合物返回到土壤中的必经之路。如果没有这个过程，土壤中的肥力会逐渐消耗殆尽。而且落叶对地表的覆盖可以减少地表被太阳直射，减少雨水的冲刷，保持地表湿润，冷的时候增加土壤温度，热的时候降低土壤温度。落叶的覆盖为地面动物的生存提供了条件，增加了动物的数量和活动。这些动物（包括很小的无脊椎动物和微生物）的活动，促进了土壤的改良，加速了生态系统的物质循环。

倒木通常含有高比例的碳、氮与磷和矿质元素，如钾、钙、镁与钠。倒木上的菌类可固氮。树木的种子（例如冷杉 *Abies* 和铁杉 *Tsuga*）以及蕨类和苔藓的孢子在腐烂的倒木上得以发芽，倒木也可以为幼苗提供营养和水分，倒木上存在的不利于苗木存活的病原菌要比林地少。

许多微生物、无脊椎动物、爬行类、两栖类、鸟类和哺乳类要靠倒木提供隐蔽处和食物。这将有助于控制森林害虫，并进一步促进生态系统的恢复。人工清除倒木将降低森林的土壤肥力和生态功能。

倒木具有很重要的生态作用，是生态系统必须的组成部分。植被恢复过程中应该保留，甚至可以人工制造一些倒木来改善地表覆盖和促进营养循环。

#### （四）忽略了农业区的植被恢复

我国典型的农业生产方式是大面积连绵不断的农田，频繁的虫害，使农业依赖于杀虫剂，土壤营养只是消耗没有返回，使农业依赖于化肥。如今农业区已经成为生物多样性的一个重要障碍之一。动植物很难跨越这么大的空间范围，找不到可以栖息的天然植被、水源和食物。化肥和农药也已经成为当地野生动植物的致命威胁。



我们还不得不承认，农业区的土壤退化和沙化已经是北方沙漠化的重要成因。

根据《2002年中国人类发展报告》，我国东北的黑土层估计会在20世纪50年代内消失。黑龙江和吉林是我国重要的谷物生产基地，总面积为117800km<sup>2</sup>，每年产大约1000万吨日用谷物。该地区的水土流失已经威胁到38%的总土地面积，每年上

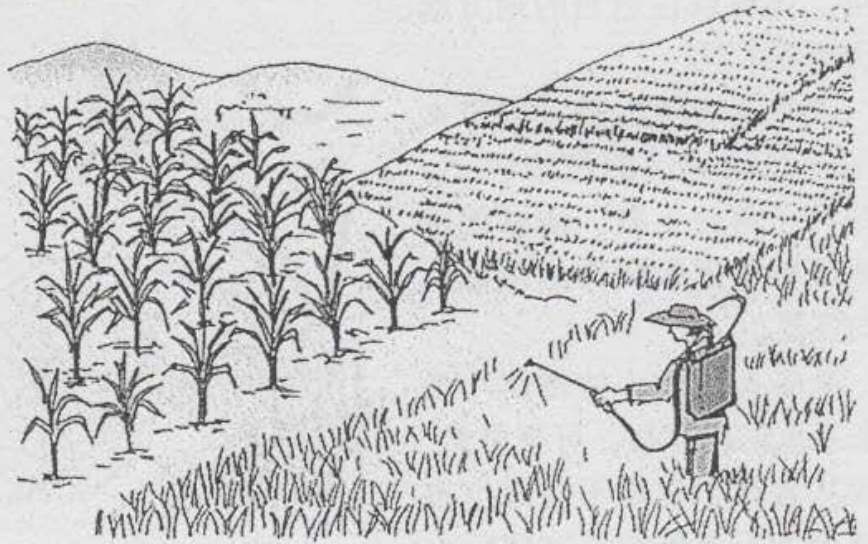


图10-6 农业区是生物多样性扩展和连通的重要障碍

层土壤平均流失0.3~1cm。50年代，黑土层深度为60~70cm，现在一半以上已经消失。黑土层完全流失的地方，土地的生产力已大部分丧失。据估计，以现在的土壤流失速度，半个世纪内，农场的现存黑土层将完全流失。由于天然肥力降低，估计每年造成的经济损失在5千万到1亿美元。另外还导致生态恶化和更频繁的洪水、干旱和沙尘暴。

在农业区保留当地天然植被带或斑块，以供作为控制害虫和授粉媒介的野生动植物所用。这样既可以改进水文，为农作物提供庇荫和防风沙保护，还可保护生物多样性及其景观价值。同样，沿堤坝、路边或农村未使用的地块，种植当地树木亦可缓解当地对燃料的需求，减少对天然植被的压力。另有研究表明：农业区的天然植被可以为当地畜禽提供遮阴和保护，能够提高畜禽产量。将溪流两岸的植被恢复，可以作为控制鼠害的一种策略。

另外保持天然植被的这种连通性对物种的保护具有十分重要的意义。世界自然基金会曾经在西双版纳做过一个实验。傣族聚集区有一种习俗是在住家附近保留一些天然植被，供奉为“龙山”。这些天然植被的面积小的有几公顷，大的到数百公顷。对这些大小不同的“龙山”的研究发现，天然植被面积越大，其中生存的鸟的种类越多。有两个例子除外，一个是一片小的森林，与相邻的大森林仅由一条30m宽的河分隔开；另外一个斑块与最近的大森林相隔超过2km，但是有一条蜿蜒的河床相连，沿河床堤岸有一排树木，大都只有一棵树那么宽。这个斑块中的鸟类种类数量和2km外的大森林中的一样多。

由此可以看出，植被斑块的连通性对维持当地的物种生存、数量和多样性具有重要作用。农业区中的天然植被在很大程度上起着这种重要的连通作用，对于物种的迁移、停留和扩展发挥着关键作用。因此应在农业区加强天然植被的恢复工作，这些恢复起来的天然植被可以成为重要物种的停留地，而且对农业的防沙治沙，保持水土，减少对杀虫剂的依赖等都有很大的好处。



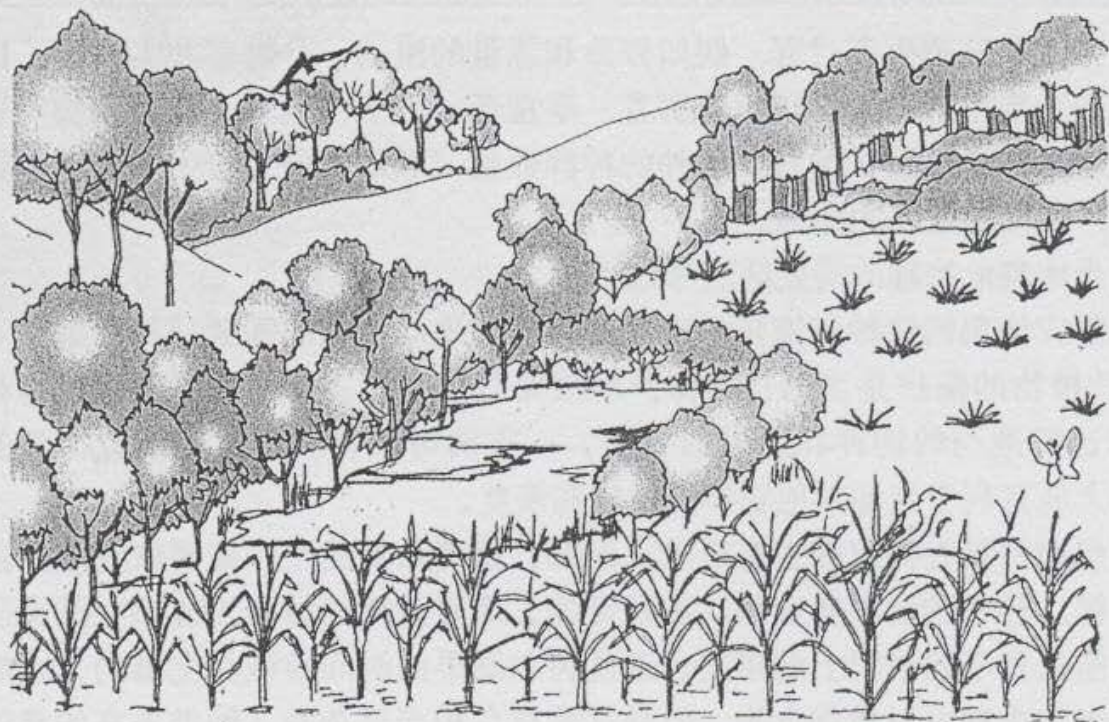


图10-7 在农业区保留镶嵌的天然植被是最好的方法

#### (五)覆盖率常被用作唯一的评估标准

对植被恢复工作是否成功，我们需要有一定的指标进行衡量。我们还需要了解正在进行的植被恢复工作是否按照我们预计的目标进行。这些目标包括环境效益、生物多样性保护以及经济可持续能力等。监测将有利于随着情况的变化，相应地调节管理措施。因此在植被恢复过程中的监测工作也是十分重要的。但长期以来我们常常把植被的覆盖率作为植被恢复是否成功的唯一标准。事实证明这是十分错误的。

以四川西南地区为例。西昌地区的邛海森林覆盖率非常好，40~20年前飞播的云南松林，其林下植物种类贫乏或根本没有。可以想象这样的森林在雨季能够储存多少水分，在旱季又能释放出多少水分，它对当地的生物多样性能够有多少贡献。经过这样思考后，我们还能认为这样的森林有多么成功吗？

一个地区的植被恢复怎么样才能算是成功的呢？

水土保持是主要目标时，监测体系显然应该强调植被在水土保持中的有效性。这包括测量干湿两季水的径流量变化，以及水流中沉积物的含量。有效降水量系数是重要指标，它度量了渗入中底层土壤中的降水量，标示了土壤吸收水分的能力。

监测生态完整性也很重要。生物多样性是一个很好的指标，因为它代表了一个地区的生态系统是否健康以及它的发展方向。物种多样性（或者说物种的种类数量）是指标之一，当然这个指标要谨慎使用，一方面，物种种数并不一定与生态系统的健康状况成正比，而且因为有的人认为外来入侵种也是增加了当地的物种数量。生态系统本身的结构变化，不同林层优势种的组成，以及优势种的均匀度是生态完整性的重要组成部分。



另一种方法是监测生态过程。例如养分和能量的流动，分解率和生产率，以及生态系统中的主要生态功能群体（分解者、草食者、种子传播者、食肉动物等）的丰富度，关键种以及被保护的物种的种群数量（濒危物种、野生亲缘种、昆虫生物群落等）也都是重要的指标。

#### （六）对当地濒危物种的需要缺乏考虑

植被恢复应使用的物种和恢复的规模应根据当地动植物的需要进行考虑。濒危（或旗舰）动植物的保护是当前自然保护的重要目标之一。如果从当地濒危物种的需要去考虑选择适当的物种和适当的方法，一方面可以有利于这些濒危物种的生存，也会极大地有利于当地其他物种的保护和恢复。

有些濒危物种具有特定的生态需求。例如，迁徙水禽的生存需要恢复重要途径地的湿地植被。热带的食果实动物，如长臂猿，需要封闭的林冠才能够在其家园范围穿梭，才能采食不同果树上的果实。这些树木结果的时间应该是交错的，才能保证长臂猿一年四季都可以找到食物。但是这只有在相当复杂的、种类丰富的常绿森林中才有可能。长臂猿无法在人工纯林或没有食物（如无花果）的森林里生存。同样，食肉动物也不能居住在孤立的小森林里，因为这里没有足够大的捕食基地可以养活一个能自我维持的种群。因此，要种植可以用作野生动植物栖息地的森林，必须考虑栖息地斑块的大小和物种混合的程度。

连通性原则是非常重要的。2002年在世界著名杂志《科学》(Science)上有一篇文章，叫做《变化景观中的大熊猫》(Giant Panda in Changing Landscape)。在这篇文章中，作者提出大熊猫栖息地存在的重大问题之一是植被破坏造成的种群隔离，使位于不同栖息地的大熊猫之间很难进行基因交流，因此造成近亲繁殖而最终导致种群衰退。目前我国的禁伐令、退耕还林、天然林保护工程和自然保护区建设工程等，为大熊猫的生存提供了一个很好的机会，大熊猫的栖息地可能将得到很大程度的改善和提高。那么在这些地区进行植被恢复的时候应积极考虑到，如何有利于实现这些分割的斑块之间的连通性。这些地区应该使用什么物种，如果还是种植外来物种（日本落叶松和桉树），或其他的单一经济作物等，实际上对大熊猫的保护是没有什么好处的。

我国几乎所有地方都有一定数量的濒危物种存在，各个地区在进行植被恢复的时候，需要根据当地的生态情况和濒危物种的需要进行考虑。

#### （七）城市绿化忽略了植被的生态功能

城市中的花园、公园和绿地，过于强调观赏性而忽略其生态价值，大量种植一年种一次的花卉、四季常绿物种（松柏和万年青等），却没有考虑到种植的这些植物究竟对这个地区有多少生态方面的价值，能否养育当地的各种动物，这样的植被能否不依赖于人类的帮助正常生长，并给人类带来好处。

城市因为高密度人口和钢筋水泥的建筑，已经使城市的人们对自己的生活环境没有太高的要求。难道城市中就不能有天然的植被吗？当然不是。在加拿大和美国



的城市中公园却是以天然植被为主。

有人问，城市中就这么大点地方，也要恢复成天然植被，是否要求太过分了，而且能否实现也是问题。

在四川都江堰的一个小三岔路口。有三块植被，情况却一目了然。其中一块天然斑块，仅高大的树木就有12个种类，隐藏在树冠下的灌木和草种数量会多出至少几倍。相对而言，另外两块植被过于人工化，而且生态功能非常有限，需要除草、施肥和浇水等大量的人工维护。而这一小片天然植被，是如此的小，它说明任何一个小的角落都可以恢复到具有足够的生态功能。

很多人已经厌倦了城市的环境，但大部分人仍然不得不生活在城市里。我们能为改善我们的城市环境做些什么呢？

除了降低污染源外，改善城市的生态状况是提高城市人们生活质量的最好方法。这要求我们在进行城市绿化的时候以实现城市植被的完整生态功能为主要目标。植被的基本生态功能包括：

(1) 水土保持的功能。这除了高大的树木外，需要加强地表灌木抚育。大家不太重视灌木和地表植被，实际上灌木和地表植被在水土保持、隔离噪声，为小鸟和其他动物提供食物等方面具有十分重要的作用。

(2) 自我更新的能力，或者说我们恢复起来的植被应该可以不依赖或最低程度地依赖于人类的帮助。这些植被必须要适应当地环境，包括对水分、土壤、温度等的适应，需要有能力繁殖和扩散，营养能够得到正常循环，病虫害能够有足够的天敌进行控制等。

(3) 养育当地动植物的能力。这要求在植被恢复过程中，充分考虑当地动植物的需要。种植动物能够采食和栖息的植物，这是我们经常种植的常绿树种，例如松树和万年青等，所不能提供的。种植多样的植物，以满足不同动物的需求。还需要为动物提供水源和适宜的栖息场所。举一个例子，报道说扔在海里的旅游鞋成了鱼儿生存的地方。我们当然不是鼓励向河流或池塘中乱丢东西，但这却给我们一个启示：城市的人工池塘一直是光滑的钢筋水泥作底，为了生物的需要，可以把表面做得凹凸不平，放上一些利于水生生物躲藏的有空洞或通道的东西，添上土或自然沉积物，有意识地促进浅水区植被的生长。周围的陆地也需要保持良好的植被，使水中和陆地植被连成一体，其交接处将形成生物最丰富的所在，人类的活动应适当远离这些地区。可以设立适合于天然环境且比较隐蔽的观赏小径和小桥，使之成为城市人观察和欣赏野生动植物四季变化，郊游休闲和宣传保护教育的重要去处。

总之，城市中，特别是像中国这样自然资源已经十分贫乏，生态破坏十分严重的国家，城市的绿化应该以恢复自然生态为主要目标，应该把非自然的展示减小到最低程度。



## 第四节 天然植被恢复技术

### 天然植被恢复的方法

#### (一)自然恢复

恢复天然植被的最好办法是自然恢复，自然恢复就是无需人工协助，只是依靠自然演替来恢复已退化的生态系统。

封山育林是自然恢复的典型方法。封闭森林或草原，使这些地区不受人类活动的影响，同时防止火灾及杂草入侵，就能加强自然更新。这种方法有以下一些优点：可以缩短实现森林覆盖所需的时间，保护珍稀物种和增加森林的稳定性，投资小、效益高。在保持水土、控制和改善微气候、保护生物多样性和维持大气平衡方面，人工林要比封闭后自然恢复的森林逊色得多。

过去我们忽略了现存的植被分割斑块的作用，但它们是天然植被扩大的基础。保护现存植被斑块，加强自然恢复的方法适合于管理现存的良好生态系统的边沿退化地带，或者退化程度没有达到十分严重的地方。在封闭条件下，中国南部森林可在8~10年后恢复，中国北部和西南高山区要10~15年。

#### (二)生态恢复

大自然具有很强的恢复能力，大多数情况下，人类需要的是减少对生态系统的干扰，采取适当的措施控制火灾、虫灾和杂草。自然界所具有的顽强能力，将逐渐恢复并实现生态系统的各种功能。不过除了自然恢复以外，我们还可以采用生态恢复的方法。

“生态恢复”指通过人工方法，按照自然规律，恢复天然的生态系统。生态恢复的含义远远超出以稳定水土流失地域为目的种树，也不仅仅是种植多样的当地植物，“生态恢复”是试图重新创造、引导或加速自然演化过程。人类没有能力去恢复出真的天然系统，但是我们可以帮助自然，把一个地区需要的基本植物和动物放到一起，提供基本的条件，然后让它自然演化，最后实现恢复。因此生态恢复的目标不是要种植尽可能多的物种，而是创造良好的条件，促进一个群落发展成为由当地物种组成的完整生态系统。或者说目标是为当地的各种动物提供相应的栖息环境。

生态恢复的方法有物种框架方法和最大多样性方法。

物种框架方法是指建立一个或一群物种，作为恢复生态系统的基本框架。这些物种通常是植物群落中的演替早期阶段（或称先锋）物种或演替中期阶段物种。这个方法的优点是只涉及一个（或少数几个）物种的种植，生态系统的演替和维持依赖于当地的种源（或称“基因池”）来增加物种和生命，并实现生物多样性。因此



这种方法最好是在距离现存天然生态系统不远的地方使用，例如保护区的局部退化地区恢复，或在现存天然斑块之间建立联系和通道时采用。

应用物种框架方法的物种选择标准：

- 抗逆性强：这些物种能够适应退化环境的恶劣条件。
- 能够吸引野生动物：这些物种的叶、花或种子能够吸引多种无脊椎动物（传粉者、分解者）和脊椎动物（消费者、传播者）。
- 再生能力强：这些物种具有“强大”的繁殖能力，能够帮助生态系统通过动物（特别是鸟类）的传播，扩展到更大的区域。
- 能够提供快速和稳定的野生动物食物：这些物种能够在生长早期（2~5年）为野生动物提供花或果实作为食物，而且这种食物资源是比较稳定的和经常性的。

最大多样性方法是尽可能地按照该生态系统退化以前的物种组成及多样性水平种植物种进行恢复，需要大量种植演替成熟阶段的物种，先锋物种被忽略。这种方法适合于小区域高强度人工管理的地区，例如城市地区和农业区的人口聚集区。这种方法要求高强度的人工管理和维护，因为很多演替成熟阶段的物种生长慢，而且经常需要补植大量植物，因此需要的人工比较多。

采用最大多样性方法，一般生长快的物种会形成树冠层，生长慢的耐阴物种则会等待树冠层出现缺口，有大量光线透射时，迅速生长达到树冠层。

因此可以配种10%左右的先锋树种，这些树种会很快生长，为怕光直射的物种遮挡过强的阳光，等到成熟阶段的物种开始成长，需要阳光的时候，选择性地砍掉一些先锋树，砍掉的这些树需要保留在原地，为地表提供另一种覆盖。留出来的空间，下层的树木会很快补充上去，过大的空地还可以补种一些成熟阶段的物种。

最大多样性方法是尽可能地按照该生态系统退化以前的物种组成及多样性水平种植多样物种进行恢复。

## 恢复地点的准备工作

在进行恢复以前，需要对恢复地点进行考察，首先是要确定那些限制植被恢复的因素。这可能是土壤条件，植物或动物群，或物种之间互相限制的关系。

有些情况，改善退化生态系统土壤的理化性质对于生态系统的恢复是非常重要的。如土壤的pH值太高可以用有机物质或硫化废物进行改善；pH值太低就可用石灰进行改善；土壤的重金属含量太高，可以用有机肥通过吸附作用加以改良；土壤盐分太高，可以采取灌溉的方法对土壤进行改善。

各种生态系统需要不同的营养元素。在营养缺乏的情况下，恢复退化生态系统非常困难。最有效和最实际的方法是种植当地的豆类植物，通过它们的固氮作用来



增加营养。另一种方法是使用有机肥料，增加土壤微生物的活性，逐渐恢复退化土壤的含磷量。不得已的情况下可使用化肥来增加肥力，但这可能花费过高，而且依靠化学肥料也很难恢复健康的土壤。

## 种子采集和种苗培育

最大多样性方法需要种植尽可能多的物种，但种植并不意味着我们需要培育所有这些物种的种子或种苗。最经济和有效的办法是发动大家到当地发育良好的植被中，采集野生种子。种子的采集工作需要了解当地物种的种子成熟的时节，例如青冈栎只能周期性结出饱满的“坚果”，如果错过这种机会，可能需要再等很长的时间才能获得种子。除了采集大型树木的种子外，采集各种当地的草种和灌木种子也十分重要。有时可以发动志愿者，甚至学校的孩子也可以组织起来参加这样的种子采集工作。在天然植被已经不存在的地方，需要建立当地植物种源基地，为周围地区植被恢复的需要提供多样性的当地植物种源。应该注意的是，这样的种源基地和我们过去常常建立的提供外来树种或经济种苗的苗圃是有根本区别的。

没有人工协助不会建立或发芽的树种，尤其那些具有重要作用的物种，是主要栽培对象。然而苗圃培育必须要掌握好时机，需要培育一定数量的当年能采集到的树种幼苗。有些种类最好采集森林地面上的野生苗，而不是人工从种子培育幼苗。树苗应该栽培在混合有少量来自种子采集地的森林土壤中，确保可以得到合适的菌根。培育越多种类的原始森林组成物种越好。

根据不同的土壤条件，实际工作中采取的播种措施也要改变。有时种子可以直接播种，有时需要首先改善土壤。改善种源条件也包括动物方面。一个健康的生态系统，应该包括各种动物区系。大部分动物可以移动，因此不需要人工帮助，但是有些动物种类，如蚯蚓，移动距离有限，引殖它们具有重要的生态学意义。

种子采集工作非常重要，只有没有人工帮助不能发芽的物种才是人工育苗的对象。否则应尽量采用采集种子和播种的方法。

## 种植和抚育

森林恢复过程中常常需要进行常规种植。在退化生态系统的自然恢复初期，人工培育可以促进再生和恢复。特别是在植物种类单一的地方，可以适当的伐去一些树木，间种一些当地其他树种。如天然应该是针阔混交林地区的单一阔叶林中间种当地针叶树，单一的针叶林中间种当地阔叶树。种树的时候应该间隔1.5~1.8m的距离，随机地种植，不要种成直线和等间距。

一些树种需要在开阔地面，且阳光充足，树苗才能存活。另外一些树种在树苗存活以前需要一定的遮光层。可以先种植一些喜光的植物遮挡阳光，但耐阴植物的



种植或抚育同样重要。

为了促进一些种类的健康生长、发育和繁殖，可能需要抑制其他一些种类的生长和发育。抑制措施在实践中可以时常使用。

例如在温带竹林十分茂密的地区，有必要人工割除一些竹子，形成条带或空洞，间种幼树。在树木没有周围竹子高以前，要求人工清除树木周围的竹子，防止树木被窒息。密植树木可以控制杂草的发育。这意味着在把树苗栽植到野外以前，需要更长的培育时间。在热带地区，可以在雨季开始的时候，在土壤中扦插或栽植1~2m高的生长快速的树种树苗。

在温带地区，封山必须结合抚育，特别是对乔木萌生丛，如各种栎树萌生丛，通过封山，最易恢复成萌生林。但是由于乔木萌生丛常从树桩上生出多条萌芽，若把萌生茎全部留下，势必使养分分散，各茎干均生长不良，不易发育成良好的森林。同时萌生丛是乔木与多种灌木混生，灌木之间以及灌木与乔木萌生丛之间发生激烈竞争，致使封山后的萌生丛生长茂密，如果任其自然竞争，将需很长的时间才能恢复。因此对萌生丛的封山，必须结合抚育，有意识地每丛保留2~3株生长健壮的萌生茎，疏伐过密的乔木，使之逐渐恢复成林。这种方法在北京山区已取得良好的经验。

### 加强利用自然力

风是自然界传播先锋植物和一些高大树种(例如针叶树、槭树*Acer*、杨树*Populus*等)种子的重要力量。风也是在裸露地区恢复森林的强大力量。在缺乏风力传播的树种的地区，可以有目的地沿风向上方种植这些物种来提高恢复能力。一些草和灌木种类能借助风力将其种子散播到1km以外。大多数针叶树种仅能将其种子散播到大约100m远。在后一种情况下，通过条形种植，只需花整体种植费用的一小部分就能实现整个森林覆盖。

最好是在森林中建立母树管理区域，保留足够的母树作为植被恢复的种子来源。同样，在谷地口和沿山脊首先建立树木覆盖也是一种有用的方法，因为在沿山地带自然风力和地心引力将使其下面的土地得到自然播种。这样自然传播的植被覆盖会更符合自然规律，最后实现更多样化和健康的植被覆盖。

### 控制杂草

进行植被恢复的初期，外来或土著杂草因为适应能力强，往往过度生长。周期性地对杂草控制对加速天然植被的恢复是必要的。

杂草通常有以下特点：

- 杂草出现在几乎所有植物群落中；



- 杂草常常在人类干扰后入侵；
- 人类干扰越厉害，杂草入侵越厉害；
- 天然系统中的多样性越高，杂草入侵的可能性越低；
- 大多数杂草不会在树冠层郁闭良好的森林中茂盛生长；
- 天然系统的恢复会降低杂草过度生长。

在开始种植树种进行恢复以前，可以深犁土表层，这样可以把杂草的种子埋到深层，阻止其种子发芽。但深犁方法不适合在高寒草原或干旱风沙地方使用，以免造成更严重的退化。

种树常常是控制杂草的好方法，因为树木的遮蔽将利于下层喜荫植物生长，可以起到一定程度的阻止杂草滋生的作用。

控制杂草的最常用方法是覆盖地表。地面上覆盖一层有机物质可以大大减少杂草生长，保持土壤湿润，并调节土壤温度，而且增加土壤肥力。覆盖物质可以是树叶、麦秆、干草、树皮、树枝、锯木屑、木片、各种种子壳等。在必要时候，可以使用黑色塑料膜，但使用后，需要想办法清除这些不能降解的制品。

有时需要人工除草，严重时可以有有限地限制地使用除草剂，但必须注意除草剂的使用不要影响所种植的植物的生长，而且只能使用不会残留的除草剂。

### 参考文献

1. 解焱. 恢复中国的天然植被. 北京: 中国林业出版社, 2002
2. 中国环境与发展国际合作委员会生物多样性工作组. 利用天然植被改善中国退化环境. 北京: 中国林业出版社, 2001



责任编辑：赵 敏

责任校对：叶水金

责任印制：翟 苑



ISBN 978-7-5416-2631-9



ISBN 978-7-5416-2631-9 / S · 458

定价：36.00元