

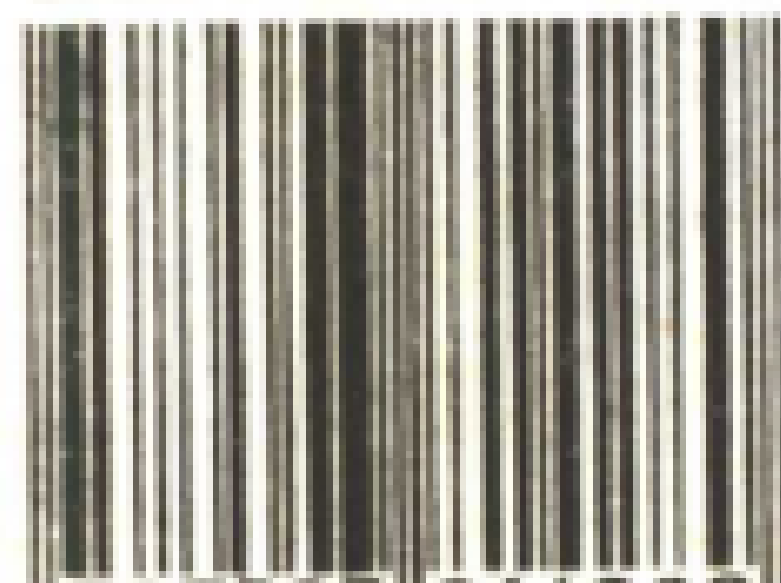
全国高等林业院校试用教材

森林经营学

叶镜中 孙多 编著

中国林业出版社

ISBN 7-5038-1428-4



9 787503 814280 >

ISBN 7-5038-1428-4/S · 0801
定价: 8.85 元

全国高等林业院校试用教材

森 林 经 营 学

叶镜中 孙 多 编著

中 国 林 业 出 版 社

前 言

森林是一种可以再生的自然资源，对于人类的生活和文明有着极其重要的意义。长期以来，人类经营森林，一直是把木材的利用作为主要目的。但是随着人口的增长，环境的日益恶化，人类除对森林资源的需求不断增大外，同时希求森林在诸如保持水土、涵养水源、美化环境、游憩疗养等方面的功能也能发挥更多、更好的作用，这就鞭策人们更好地去经营森林。因此，森林经营学肩负着十分复杂而艰巨的任务。

目前，我国尚缺少一本系统阐述森林经营原理与应用的大学用书。为了填补这一空白，编者在多年的教学、科研资料积累的基础上，于1989年编著了《森林经营学》（中国林业出版社出版），抛砖引玉，希望能对推动我国森林经营事业的发展，做出微薄的贡献。该书问世后，受到南方高等农、林院（校）同行们的厚爱，纷纷选作林业专业的教材，已于1年前售罄。拟再版时，承蒙林业专业教材指导委员会的推荐和林业部教育司的审核，修订后可作为主要面向南方的通用教材出版。我们在原编著的基础上，尽量吸收近年来国内外的新资料和新经验，将原书作了较大的修改，并适当增加了篇幅，首次将游憩林经营作为森林经营学的研究对象。

经修订和增加篇幅后，本教材具有如下特点：（1）理论与应用并重，前两章研讨林分的更新、生长与竞争的规律，作为营林原理；其后的章节主要讨论如何采取技术措施，使林分达到多功能利用。（2）顾及到区域性，针对我国南方的营林实践，增加了竹林经营，并对封山育林的可行性和重要性从理论上作了阐述，书中例证的取材尽量做到面向地区，但也不排斥外地和国外的先进经验。（3）在阐述主要营林技术时，注重对生态环境影响和经济效益的分析，力求生态学观点与经济学观点的统一。

本书在修订过程中，得到孙多老师的支持，他承担了部分章节的撰写任务，致使本教材增色不少。

初稿完成后，蒙著名生态学家熊文愈教授审阅、指点，姜志林教授曾提出许多宝贵的修改意见，许慕农教授在百忙中为本书审阅，在此一并表示衷心的感谢！

在编写本书过程中虽经再三斟酌，但不完善和欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正，以便再版时修改，使之更臻完善。

叶镜中

1993年12月于南京林业大学

目 录

前言

绪论	1
第1章 森林的更新	3
第1节 森林更新概述	3
第2节 森林天然有性更新	4
一、林木的结实	4
二、种子的脱落和传播	5
三、种子的萌发和幼苗的出现	6
四、环境条件与有性更新	7
第3节 森林天然无性更新	10
一、森林无性更新的概念	10
二、萌芽更新	11
三、根蘖更新	14
四、压条更新	14
五、竹林地下茎更新	15
第4节 森林有性和无性更新的特点	17
第5节 森林天然更新调查与评定	17
一、天然更新调查的目的与要求	17
二、更新调查中的主要几项技术标准	18
三、天然更新的评定	18
第6节 森林天然更新的应用——封山育林	19
一、封山育林的概念与意义	19
二、封山育林的基础	19
三、封山育林的效益	20
四、封山育林的方法和步骤	21
第2章 森林的形成	23
第1节 林分结构的形成	23
一、单纯林和混交林的形成	23
二、单层林和复层林的形成	24
三、同龄林和异龄林的形成	25
第2节 林木的生长	27
一、树高生长	27
二、直径生长	28
三、材积生长	29
四、形质生长	29

五、林木根系的生长	29
六、树冠的形态	30
第3节 森林中的生存竞争	31
一、林木分化与自然稀疏	31
二、林木分级	33
三、林木株数按径阶的分布规律	37
四、密度与林分生长的关系	38
五、森林的生长发育阶段	40
第3章 森林抚育采伐概述	44
第1节 抚育采伐的概念和种类	44
一、抚育采伐的概念与目的	44
二、抚育采伐的发展简史	45
三、抚育采伐的种类	46
第2节 透光伐	47
一、透光伐的意义及目的	47
二、透光伐的对象	48
三、透光伐的方法	48
四、透光伐的强度、重复期与季节	50
第3节 疏伐	51
一、疏伐的目的	51
二、疏伐的方法	51
三、疏伐与机械化的关系	56
第4章 疏伐的技术要素	59
第1节 疏伐的开始期	59
第2节 疏伐强度	61
一、疏伐强度的表示方法	61
二、疏伐强度的确定方法	62
第3节 采伐木的选择	74
一、淘汰低价值的树种	74
二、砍去品质低劣和生长落后的林木	74
三、伐除对森林环境卫生有碍的林木	74
四、维护森林生态系统的平衡	74
第4节 疏伐的间隔期	75
一、间隔期的概念和确定原则	75
二、间隔期内林分的变化	76
三、疏伐结束期及季节	77
第5章 疏伐的影响和效益	79
第1节 疏伐对林分环境的影响	79
一、光照强度	79
二、温度和湿度	80
三、土壤肥力	81
第2节 疏伐对林分生长的影响	83

一、疏伐对叶量与根系的影响	83
二、疏伐对树高生长的影响	84
三、疏伐对直径生长的影响	84
四、疏伐对材积生长的影响	85
五、疏伐对林分总生长量的影响	85
第3节 疏伐对木材品质的影响	87
第4节 疏伐与林分稳定性	89
第5节 疏伐的经济效益	90
第6节 疏伐的应用	91
第6章 人工整枝	94
第1节 人工整枝的生物学和生态学基础	94
一、枝条的衰亡	94
二、枯枝脱落	95
三、枯枝残桩为树干包合	95
第2节 人工整枝的技术	96
一、整枝林分和林木的选择	96
二、整枝的开始年龄和间隔期	97
三、整枝的强度和高度	97
四、整枝的季节	99
五、整枝的方法与切口的愈合过程	99
第3节 人工整枝的效果和影响	101
一、整枝的经济效果	101
二、整枝对林木树干材质的影响	101
三、整枝对干形的影响	102
四、整枝对树木生长量的影响	102
五、整枝对树木徒长枝的形成和病害的影响	102
第4节 摘芽	103
一、针叶树种摘芽法	103
二、阔叶树种摘芽法	103
第7章 森林主伐更新	105
第1节 森林主伐更新概述	105
一、森林主伐更新的概念	105
二、森林主伐年龄	105
三、森林主伐更新方式	105
四、主伐更新方式的选择原则	107
第2节 皆伐更新	107
一、皆伐更新的概念	107
二、皆伐更新的种类	107
三、皆伐迹地环境条件的特点与天然更新的关系	110
四、皆伐天然更新促进法	112
第3节 择伐更新	113
一、择伐更新的概念	113

二、择伐更新的种类·····	114
第4节 渐伐更新·····	116
一、渐伐更新的概念·····	116
二、渐伐的采伐次数与特点·····	116
三、渐伐的种类·····	118
第5节 更新性质的采伐·····	120
第6节 主伐方式与山地森林生态条件的变化·····	121
一、土壤表面光照条件的变化·····	121
二、气温和土温的变化·····	121
三、相对湿度的变化·····	121
四、降水量分配的变化·····	122
五、森林土壤条件的变化·····	122
第8章 森林采伐工艺与更新·····	125
第1节 采伐、打枝、集材与更新·····	125
一、伐木·····	125
二、打枝·····	126
三、集材·····	126
第2节 采伐迹地的清理·····	127
一、采伐迹地清理的概念·····	127
二、采伐迹地清理的方法·····	128
第9章 矮林和中林作业法·····	131
第1节 矮林作业·····	131
一、矮林作业的概念与意义·····	131
二、矮林作业的措施·····	132
三、矮林的特殊经营形式·····	134
第2节 中林作业·····	134
一、中林作业的概念与类型·····	134
二、中林作业的技术·····	135
三、中林的采伐更新与改造·····	135
第10章 林分改造与林地改良·····	137
第1节 林分改造·····	137
一、林分改造的意义·····	137
二、林分改造对象的确定·····	137
三、林分改造的方法·····	138
第2节 林地改良·····	139
一、林地施肥·····	139
二、深翻土壤·····	141
三、引种固氮植物·····	142
四、林地灌溉与排水·····	142
第11章 竹林经营·····	144
第1节 竹林的生长·····	144
一、散生竹的生长·····	144

二、丛生竹的生长·····	146
三、混生竹的生长·····	147
第2节 竹林的抚育·····	148
一、护笋养竹·····	148
二、樵园·····	148
三、削山松土·····	149
四、挖除竹蔸、掩埋鞭根·····	149
五、钩梢和整枝·····	149
六、竹林施肥·····	151
第3节 竹林的采伐·····	151
一、采伐年龄·····	151
二、采伐量·····	152
三、采伐季节·····	152
第4节 竹林的更新与改造·····	153
一、竹林的更新·····	153
二、竹林的复壮·····	154
第5节 笋用竹林的经营·····	155
一、散生竹类笋用林的经营·····	155
二、丛生竹类笋用林的经营·····	156
第12章 游憩林的经营·····	158
第1节 游憩林的概念与功能·····	158
一、游憩林的概念·····	158
二、游憩林的功能·····	158
第2节 游憩林经营的依据·····	159
一、树种组成·····	159
二、林分的外形·····	160
三、疏密度·····	161
四、多样性·····	161
第3节 游憩林的经营·····	162
一、游憩林的抚育采伐·····	162
二、游憩林的卫生伐·····	163
三、游憩林的景观伐·····	163
四、修枝及其他措施·····	164
五、游憩林的更新与改造·····	164
六、游憩林的退化与防治·····	165

绪 论

森林经营学是研究如何采取技术措施,正确处理森林中的各种矛盾,以控制森林的组成,促进森林生长,提高森林产量、质量和各种有益功能,合理采伐和及时更新森林的科学。简言之,森林经营学是研究森林的天然更新、抚育和采伐技术的应用学科,简称营林学,内容包括两方面:

一是利用天然更新法加速森林的营造。森林经营的首要目的之一是完成森林的营造,即森林成熟采伐后,应立即营造新的森林,以保证木材生产和森林防护效能的永续利用。森林的营造按其途径可分为人工营造和天然营造。主要依靠人为的供给种子和苗木营造森林称为人工造林;主要依靠林木本身自然的繁殖能力和再生能力形成森林,称为天然更新,它是森林经营学的主要研究对象之一。

二是利用各种抚育(含采伐)方法控制天然和人工森林的组成、生长,改善森林结构,提高森林的质与量,完善森林的各种防护功能,这是森林经营学的另一主要研究对象。

世界各地森林经营的发展,大抵先是从天然林的经营开始,而后随着工业用材人工林的兴起,才逐渐地进入到人工林的经营。本世纪50年代以来,人们对支配自然的能力过于自信,将大面积的天然林改造为人工林。因违背自然规律,盲目追求高生产率和高效益,经营大面积集中连片的针叶单纯林,其后果造成林地地力衰退,虫害猖獗,森林生产力和防护效益明显降低。严峻的现实,迫使人们回过头来重视对天然林的保护、更新和改造。因此,拟定措施提高天然林的生产力、多样性和稳定性,实现森林资源多功能的永续利用,也是森林经营学应该研究的课题。

早在本世纪初,陶梅(Toumey J.W.)和高斯腾(Korstian C.F., 1916)就主张营林学是关于森林的营造、发育、抚育以及更新的学科。之后,斯波尔(Spurr S.H., 1945)认为营林学是研究森林营造、组成及生长的理论和方法的学科,更新包含在广义的森林营造之中。北美著名营林学家贝克(Baker F.S., 1950)在其所著《森林经营原理》书中写道,营林学是按生态学观点和经济学观点经营森林的技术学科。80年代初期,史密斯(Smith D.M., 1980)赋予营林学的新概念是,营林学仍属培育林木的科学与技术,包含两个部分,即理论与实践。前者称为营林学原理,研讨林分的更新、生长规律;后者是研究如何采取各种措施,使林分达到永续生产和提高林分各种不同经营目的的使用效果。他进一步认为,营林学家的任务是分析影响每个林分的自然因素和社会因素,从而制定并实施最适合经营目的的各种措施。

森林经营学一词原出于德文。1764年,德国林学家哈盖尔(Hager R.)首著营林学(Unterricht von den Waldbau)一书,之后,科达(Cotta H., 1865)又著有《营林学指南》,于是营林学一词即被广泛应用。在英语词汇中,营林学为“Silviculture”。日本的林业学德国,将营林学译为《造林学》。俄国将营林学称为“Лесоводство”,造林学称为“Лесн-

не Культуры”。Культуры 一词带有作物的含义，亦具有人工栽培的意思。雅勃洛夫斯基 (Зябловский Е.) 撰写的第 1 部俄罗斯营林学专著，问世于 1804 年。

我国营林历史源远流长。早在 2000 多年前，就有林木可以利用天然的力量，不断地进行天然更新（孟子，公元前 3 世纪）和对用材林实行粗放择伐（周礼，公元前 3 世纪）的记载。大约在 11 世纪，就有了林木成林抚育和修枝的记载（苏轼《东坡杂记》）。只是由于长期受到小农经济的束缚，这些技术未能得到发扬光大。

本世纪初以来，我国高等学校林科中设置了营林学课程，主要内容是森林的天然更新法、作业法以及间伐，但课程的名称叫“造林学概要”（1935），这是由于陈嵘教授为早期的留日学者，沿用了日译名称的缘故。50 年代之后，学习前苏联，开设了“森林学”，前半部为林学原理，后半部为森林经营，实际上就是用营林学原理来经营管理森林，因此可以把森林学广义理解为森林经营学。70 年代末期，营林学原理作为一门独立的学科——森林生态学，从森林学中分出，而将森林经营部分归属于造林学的抚育更新篇。经过多年来的实践，发现有关森林的天然更新内容被削弱了，而这部分却是生产实践上重要的营林措施之一。因此，有必要将森林经营学作为一门独立的课程而单独开设。

森林经营学是建立在一系列学科的基础之上的。首先要依靠森林植物学（含树木学）、植物生理学等学科的基本知识，认识林木的形态、生理及生物学特性，还要运用气象学和土壤学的知识了解森林生活环境的特点和依存关系。

森林经营学是以森林生态学为理论基础的。要掌握营林的基本原理，首先应全面了解森林与环境的相互关系、各组成树种的生态习性。其次还要根据森林的过去和现在情况进行生态分析，了解森林的结构动态和生态系统内物质和能量转化的平衡过程，预测林分发展的动向，以便采取措施，使其符合人类的经营目的。测树学为森林生长和产量的测定提供基础理论和方法，也是营林学的重要基础之一。

森林经营学是林学中的专业课之一。它同造林学同属于森林培育过程中的两门姐妹学科，它又是森林经理学的基础，为规划、制定合理经营方案和作业法提供技术依据。

森林从更新到成熟的整个一生，要经历很长的时间，会遭受各种自然灾害的侵袭，必须采取措施提高森林对各种突发性灾害的抗性，这就要求营林工作者必须具备森林保护学的知识和技能。

营林工作的成败，除与生物学因素有关外，还与经济因素有关。一切的营林措施都是有经济目的的，而不是仅仅从生物学观点出发，使林木生长旺盛，因此，在营林工作中，应该把生物学观点和经济观点加以统一。

我国地域辽阔，森林类型十分复杂。森林的多样性给森林经营工作带来了复杂性，要求营林工作者对其基本原理有透彻的了解，并将这些原理应用到实践中去。在任何情况下各项营林措施的拟定，都必须从实际出发，因地制宜，兼顾经济效益、生态效益和社会效益。

第1章 森林的更新

第1节 森林更新概述

森林更新可以理解为森林基本成分——木本植物即林木的恢复过程。新一代林木的出现，形成了新的森林环境，并促进了其他成分，如植物（下木、活地被物、死地被物等）、动物（森林鸟类、野生动物等）成分的变化。因此，森林更新的概念，广义上可以理解为森林生态系统的更新。但在林业实践上，常把森林更新看成是林木的更新，并且依据幼龄林木的组成和特性评价更新的数量、质量和分布状况。

森林更新按其实施方法的不同，可分为天然、人工和综合的更新。森林天然更新是新一代森林通过自然的途径自发形成的过程。这里包含双重意思：其一是在完全没有人为了的影响下，新一代森林自然更新的过程；其二是森林的自发更新过程服从于一定的规律，人们在通晓了这些规律的基础上，通过定向诱导，使天然更新过程，按人们所需要的方向发展。后者更具有积极的意义。

人工更新是用人工播种、植苗或插条等方法进行的，与一般的造林措施相同。但人工更新是在森林采伐迹地上进行的，造林则施行于宜林的荒山荒地或原先没有生长过森林的地方。

综合更新是在同一地段上将天然和人工更新结合起来。因应用条件各异，这种更新方法有多种的变换形式。除了其优点而外，此法亦会产生不良的影响。例如人工更新的松树，可能受到自发天然更新的桦木抑制，在此情况下必须及时加以人为干预。

森林更新虽然涉及到自然、工艺、经济和社会等诸多方面，但就实质而言，它必须建立在生物学、生态学和地理学的基础之上。

森林更新可以是通过有性繁殖的种子更新，亦可以是通过无性繁殖的营养体更新。前者称为森林的有性更新，后者称为无性更新。森林更新的生物学过程，包含着一系列的阶段，这些阶段的结束就是郁闭幼林的形成。因而，作为生物学现象的森林更新，在森林生活中具有十分重要的作用，它能促进森林中木本种群的生物学平衡，从而保证森林存在的永恒性，自然地也保证了森林利用的永续性。森林更新受环境条件的制约。气候、土壤、动物区系、植被、火灾，以及其他生态因子，均影响到森林更新的进程，所以在实践中必须注意和通晓森林更新的生态学原理。

森林更新过程在不同的地理地带各具有其固有的特点，并受树种的地理分布、结实期、种子丰歉年，种子萌发、幼苗形成和幼林生长等因素所制约。就开花而言，同树种不同林分之间的差异很大。随着纬度向北推移一度，海拔上升 300m，每年孕芽的时间推迟 5 天。所以说，森林更新不仅是生物学现象，而且也是地理学现象。

第2节 森林天然有性更新

森林天然有性更新，就是新一代幼林是由结实林木自然落下的种子所形成，这是森林本身所具有的繁衍后代的再生产能力。其过程大体上包括几个生物学阶段，即花粉的形成和受精过程；球果和果实孕育；种子成熟和脱落；种子萌发到幼苗的出现；幼苗和幼树的生长。各个阶段的持续期决定于树种特性和生态条件。在实践上，可根据需要将上述阶段合并，例如，可将前三个阶段合并为林木的结实阶段。在自然界中，天然有性更新的成败，基本上决定于种源的存在与性状、种子的数量与质量、种子萌发的环境条件，以及幼苗幼树的生存条件。

一、林木的结实

(一) 林木的更新成熟龄

林木进入性成熟阶段就开始结实，结实量随年龄而增加，种子质量也渐渐变好。进入大量结实，并能形成品质良好的种子时的年龄，称为更新成熟龄。而在树木营养生长达到最旺盛后，便开始结实下降时期。

林木更新成熟龄到来的早迟，取决于树种的生物学特性，同一树种则取决于外界环境条件，特别是光和温度条件，当然与土壤条件和林木的起源亦有关系。阳性树种生长旺盛期来临早，达到更新成熟龄早于耐荫树种。如杨、柳、赤杨、马尾松等树种，达到更新成熟龄要比苦槠、樟树、云杉、冷杉等早些。同一树种无性起源的林分或林木，更新成熟龄早于实生者。生长在空旷地上的孤立木，比林木早约10年左右。生存条件的恶化会使更新成熟龄提前到来。树木受到机械损伤或干旱的影响，也会大量形成花芽，增加结实量。采脂后，松树提前大量结实即为一例。

我国主要森林树种，达到更新成熟的平均年龄，如表1-1。

表 1-1 主要森林树种更新成熟的平均年龄

树 种	更新成熟龄(年)	树 种	更新成熟龄(年)
马尾松	20—30	桦 木	15—20
云南松	20—25	赤 杨	15—20
油 松	25—30	麻 栎	25—35
落叶松	20—30	白 榆	20—30
红松(天然林)	100—140	朴 树	25—30
云 杉	30—40	桦 树	35—45
冷 杉	40—50	樟 树	35—45
杉 木	20—30	枫 香	25—30
桧 柏	35—45	刺 槐	15—20
柏 木	35—45	臭 椿	20—25
杨 树	15—25	桉 树	15—20
枫 杨	20—30	栓皮栎	25—35

林木进入更新成熟龄以后，结实能力可持续相当长时期，直到生理衰老，林木的结实量锐减，种子品质明显降低。

(二) 林木的结实

林木达到更新成熟龄以后，每年的结实量也不尽相同，有的年份丰富，有些年份很少，这就使得天然更新难以实现每年均获得满意的种源。林木结实丰富的年份称为大年或种子年，结实量少的年份称为小年。由一个种子年到下一个种子年的间隔年限，称为种子年的间隔期。它因树种、气候和土壤条件的差异而有很大的变化。

各树种种子年间隔期的长短，常与该树种结实的种粒大小有关。一般种粒小的树种间隔期短，如山杨、桦木、赤杨、榆树等，每年都能大量结实或隔年结实；而种粒大的树种的间隔期较长，如栎类等树种经常 2—3 年才有一次种子年。一般只有连年都有种子年的树种，才能成为先锋树种。

土壤和气候条件良好，则种子年间隔期短；反之则长。在评定气候因素对种子年间隔期的影响时，不仅应考虑水平的气候带，还应考虑到垂直的气候带。一般，随着分布区中心向北推进，气候条件变劣，种子年的间隔期延长；向南则间隔期缩短，结实量增多。

种子年的发生并无严格的周期性。多年来学者们对研究林木的结实周期性表现出浓厚的兴趣，但关于引起种子年间隔期的原因尚揭示不够。一般将其归因于树木本身的生物学特性和生理学过程，以及外部环境因素，特别是气候条件。常常可以发现，一株树木虽然花芽数量众多，开花和受精过程也正常，但最终的产量很低，这可能是由于不良的气候因素，如大风、干旱，以及病虫害等干扰了正常的结实过程。当然，也不能排除它们之间的相互作用。

在森林中并非所有林木的结实量均相等，即使在树种和年龄相同的林分中，林木之间的结实量差异也是显著的。沙巴辽夫 (Соболев А.) 和福米乔夫 (Фомичев А. В., 1908) 在阿赫琴施业区云杉林中所作的经典性研究表明，林分中结实的主要是优势木和亚优势木，中势木结实较少，被压木的结实量微不足道。如以优势木 (I) 单株的结实量为 100% 计，则亚优势木 (II) 为 88%，中势木 (III) 为 37%，被压木 (IV) 为 0.5%，濒死木 (V) 为 0 (图 1-1)。但是，优势木在林分中所占比例较少，实际上单位面积林分中，结实量占第一位的乃是亚优势木，其次是中势木，再次才是优势木。由于优势木的种子质量优于中势木，在保留下种母树时，应主要选取优势木和亚优势木。

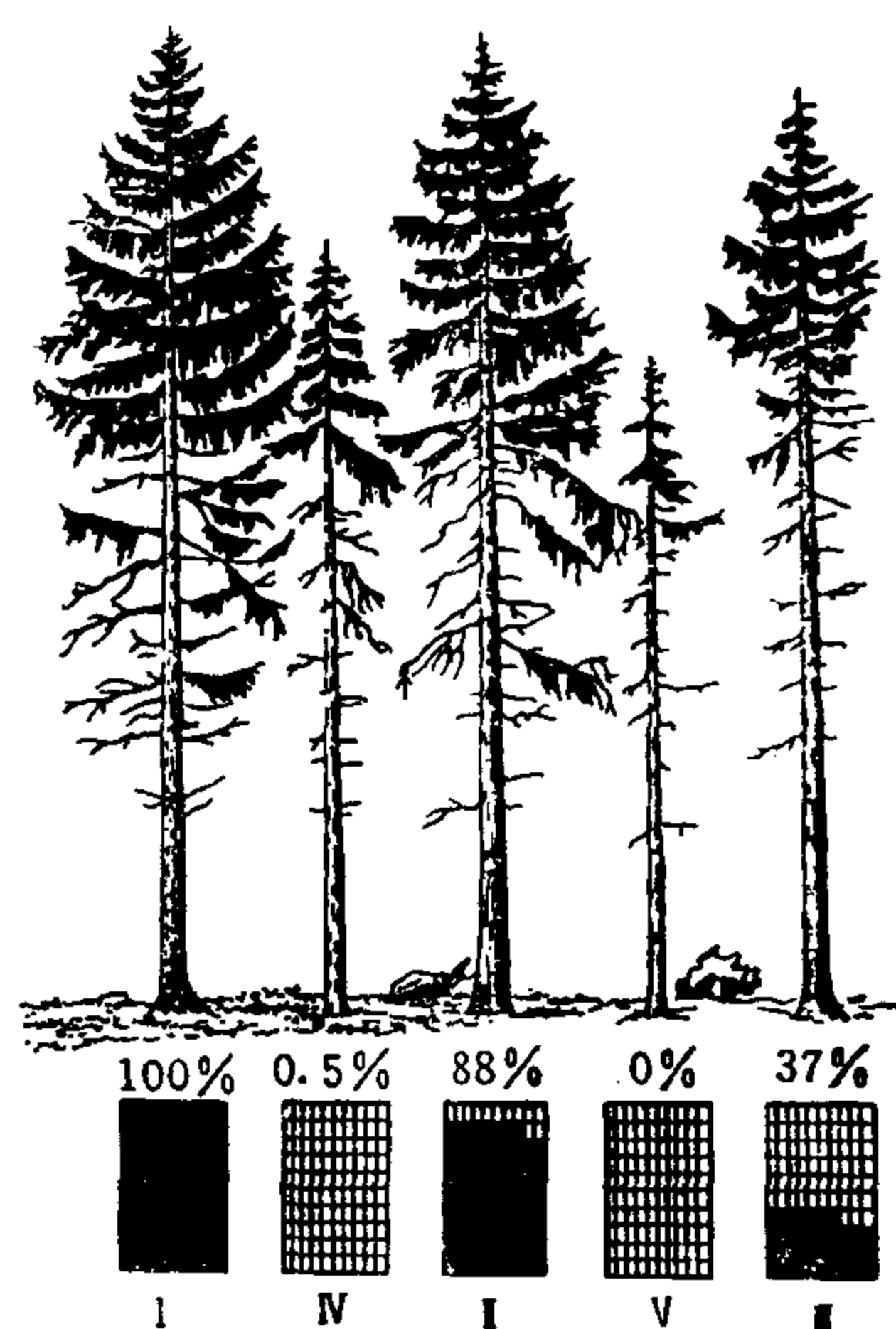


图 1-1 不同级别林木的结实量
(引自 Мелехов, 1980)

二、种子的脱落和传播

种子脱落期和种子成熟期不经常是吻合。成熟期和脱落期接近一致的树种如桦、杨、柳、榆、栎等，种子成熟后在短期内全部落完。有些树种如白蜡、枫香、椴的果实，在秋季成熟后即开始脱落，但往往要持续到冬季，甚至到翌年春季。有些树种的种子成熟后不脱落，经冬宿存在树上到春季，甚至初夏才脱落，苦楝的果实就是如此。

同一树种种子脱落期亦不尽相同，取决于生态条件，首先取决于气候条件。在树种分布

区的北缘，其种子脱落期常比中心区延长。湿润的天气条件下脱落较慢，干燥的天气则脱落较快。

种子脱落时常借助风力、水力、鸟类、兽类，在山坡上还借助重力的作用传播。这样，在决定森林的天然有性更新时，必须考虑到母树下种后种子的飘落距离。粒大而重的种子如栎实、核桃、红松球果等靠重力的作用，散落在母树周围。带翅或有绒毛的轻而小的种子可借风力传播。传播的距离受风速影响，据欧洲的统计材料，平均风速为 1.7m/s 时，阔叶树种子如白蜡、椴、槭，针叶树种如落叶松、冷杉等，传播距离为 $20\text{—}35\text{m}$ ；风速为 5.9m/s 时，种子的飘落距离为 $50\text{—}100\text{m}$ 。强风，尤其是燥热风，可使种子传播距离更远些。有些树种是靠鸟类、哺乳动物、昆虫和水流传播种子的。例如，灰松鼠能将红松的种子搬运到 $400\text{—}500\text{m}$ 以外的地方去，星鸦嘴下舌下囊，能贮存大量种子，可将它们传播到数公里以外，蚂蚁可将桦木等小粒种子搬运到很远的地方去；热带红树的种子成熟后在树上萌芽，然后，落下的实生苗可在海洋里漂流数海里之外，并生根于遥远的海岸。

种子脱落时，传播的距离还受天气和地形条件的影响。在空旷地上，不能排除积雪的影响，融雪时云杉种子可传播到几百米以外。在斜坡地同一夹角的条件下，种子脱落时坡的上部比下部传播的距离远，如果是大粒种子，受重力的作用沿着山坡能滚动到较远处。在林冠下，由于风速小和枝叶的障碍，种子飞落的半径减少。相反，在林冠上，由于林冠表面粗糙不平，空气易形成涡流，飞散的种子随着上升的气流，被风吹到更远的距离。

总之，种子的传播距离决定于综合因素，其中包括风速、气流的涡动性和种子的下落速度等。

脱落在单位面积内种子的数量，对天然有性更新的成败非常重要。罗曼德尔 (Rohmeder, 1972) 在 200 株母树下，用种子收集器测得每公顷林地落地的种实数为：

桦、欧洲山杨	5—9 (亿粒)
云杉、落叶松	1500—2500 (万粒)
松、山毛榉	300—700 (万粒)
栎	100—200 (万粒)

天然有性更新的环境条件，虽然大都不太有利，但由于落种数量多，足以保证更新能得以顺利进行。落种密度还与林分的疏密度有关。疏密度愈高，树冠愈细弱，单位面积种子数量愈少。据莫洛佐夫 (1959) 在松林中调查，疏密度为 1.0 时，每平方米的落种数为 78 粒；疏密度为 0.7 和 0.5 时，每平方米的落种数分别为 163 和 215 粒。

三、种子的萌发和幼苗的出现

林木种子降落到地面后，如果遇到适宜的环境条件，即开始发芽。但有些树种的种子落下后，必须经过一定时期的休眠期，才能正常发芽。种子发芽需要水分、温度和空气 3 个条件，不同树种对它们的要求不一样。例如，马尾松种子发芽的适宜温度为 25°C ，臭椿则为 30°C ，麻栎种子为 $10\text{—}15^{\circ}\text{C}$ 。大多数林木种子发芽需要的适宜土壤湿度约为 $50\%\text{—}70\%$ 。枯枝落叶层的湿度对种子发芽具有特殊意义，因为它的水分含量可超过自身干重的 2—3 倍，能为种子的萌发提供良好的条件。在自然条件下，大部分林木种子都降落在土壤表面，仅小部分可能为凋落物所覆盖。一般不会发生氧气缺乏，只有在非常潮湿和沼泽化的土壤上，因林地土壤水分过多，氧气不足，会限制种子发芽。种子发芽对光照条件的反应是不一致的。在

南方温暖地区的某些松树，如马尾松种子的发芽，在散射光下比在阴暗处为速。另一些在北方较冷地区的松树，如红松，在黑暗中发芽却很正常。

林木种子的萌发，除受地带性气候、地形、土壤类型和植被类型影响外，还受小气候、小地形、活地被物、死地被物、土壤表层的性质等小环境制约。这些小环境条件千差万别，对有性更新可能有利，也可能不利，都应全面加以考虑。

此外，种子落在什么样的环境，还有个机遇问题。品质优良的种子可能降落在不良的条件下，而低劣的种子有可能降落在良好的条件上。这样，在同一地区造成了天然有性更新过程的复杂性。

新生幼苗在萌发后的数周内，一般茎呈绿色且幼嫩脆弱，若直接暴露于阳光下会引起灼伤，而生长在荫庇条件下的天然下种苗，又易遭受寄生菌引起的猝倒病。萌发晚，秋季未木质化的幼苗，易受霜冻死亡。干旱可引起大量幼苗的死亡。但若根系足以迅速伸展到土壤湿度较大的层次中，就可免遭干旱危害。这样，必须有足够的光照条件保证幼苗能够制造碳水化合物，使根系尽快向下生长而达水分充足的土层。

四、环境条件与有性更新

(一) 林冠下更新

林冠下更新良好与否取决于森林特性，特别是森林环境的特性，而其中林冠起着决定性作用，因而在实践中，确定林冠下更新最适宜的林冠郁闭度具有重要意义。适宜的郁闭度不仅意味着小气候条件（首先是光）良好，而且可使其他受郁闭度制约的、影响到更新的因素，如活地被物的特性等受到抑制。不同树种在不同的更新阶段和不同的立地条件下，适宜的郁闭度各不相同。例如，对云杉的天然下种苗来说，上层母树林冠的郁闭度 0.7—0.8 是适宜的，但松树在温暖的地区郁闭度为 0.5—0.6，在寒冷地区为 0.2—0.3 的郁闭度则是适宜的，而栎树幼苗适宜的郁闭度为 0.6—0.7。应该指出，这些数字是平均值，更确切的郁闭度还应根据不同的更新阶段和立地条件而定。

栎树的天然下种苗虽能在多荫的林冠下产生，但在这里正常生活的时间不长，一般只能 2—3 年，以后其主梢死亡，再由侧芽形成新的主梢，新梢不久又相继死亡。但其萝卜状根系却仍活着，一旦发生某些永久性透光，该根系能迅速萌生，这种现象在其他阔叶树种上亦可发现。为了给林冠下更新创造良好的条件，及时调整林分郁闭度，具有十分重要的意义。

林冠下天然下种苗的分布通常是不均匀的，带有群丛状的特点。这在没有遭受过火灾和其他自然灾害的森林中更为常见。这里幼苗、幼树集中在过熟老树死亡腐烂的地方，亦即自然形成的林窗中。这些地方特别适合耐荫树种的更新。森林更新的不均匀性与采伐不均有关，空间上的不均匀亦意味着时间上的差异。这种类型的森林形成，是沿着异龄林的结构发展，并导致森林群落结构的最终差异。

林冠下的天然下种苗也可能是均匀分布的。如遭受过下层火的松林，火均匀烧去了小径木，以及从属林层的立木，使林分均匀稀疏，并使死地被物条件改善，为种子的发芽创造了良好环境。其结果在稀疏的林冠下，均匀分布着同龄的松树或某些其他树种的后代（其中包括云杉）。森林的均匀更新，有时亦发生在没有受过火灾的同龄林的林冠下。例如，在桦木或山杨林的林冠下，云杉的天然下种苗可能是分布均匀的。

在林冠下进行天然更新，具有以下有利条件：

(1) 有大量的下种源，且多系优势木结实和交互授粉作用产生的种子，质量较高。

(2) 土壤表面或枯枝落叶层通常比较湿润，为种子发芽和幼苗的生长提供良好条件，其中以矿物质化的裸露土壤为最佳。

(3) 林冠下的有限光照对种子发芽和幼苗出土有利。

(4) 林冠减弱了透过的直射光，使温度振幅减小，保护幼苗幼树免遭根颈日灼和冻害。

(5) 由于投射到林地表面的光量较少，林冠下缺少阳性杂草，特别是禾本科杂草的滋生，使幼苗幼树免遭其竞争之害。

(6) 森林中大量的微生物能促进幼林菌根的形成。

林冠下天然有性更新的不利条件大体如下：

(1) 林冠下光照不足，使喜光树种定居困难，幼苗幼树随年龄增大其光合作用减低，难以长期生存。

(2) 根系竞争激烈，特别是与上层林冠母树根系的竞争。

(3) 土壤表面有较厚的紧密死地被物层、苔藓地衣层，不利于种子发芽。

(4) 林冠层母树上脱落的叶片，特别是宽阔的草质叶片，可能压住幼苗，其中针叶树幼苗最易受其摧残。

(5) 在云杉的林冠下，栎树和其他阔叶树种的更新不良。

上述有利和不利条件并非贯穿林冠下更新的全过程，其中的一些条件可能只出现在某些特定阶段，他们之间的相互影响和制约极其复杂。在不同树种组成和同一树种不同林型的林冠下，更新条件都不尽相同，而且林冠本身和其他因素也经常变化。林冠的变化会对整个更新环境带来一系列影响。例如，由于局部下层火或择伐导致林冠稀疏，透入林冠下的光照增加了，并使温度提高，为更新创造了更为良好的条件。但若林冠稀疏过大，则易引起阳性杂草的繁茂，使更新难于进行。另一种情况是下层火稀疏了林冠，也烧死了林冠下的幼苗幼树和活地被物，既改善了光、热和水分状况，又使土壤裸露，为新一代幼苗幼树的出现提供了良好的环境。

(二) 空旷地更新

这里的空旷地是指森林中的皆伐迹地、火烧迹地和面积较大的林中空地。

空旷地更新的成败主要取决于下种源的有无和土壤条件。

空旷地上土壤情况变动较大。国内外大量研究资料证明，种子发芽的最好条件是裸露的矿质化土壤。但在极端的条件下，如土壤水分不足或过多，以及不适宜的温度状况，对种子发芽和以后的更新过程也是不利的。

在不同类型的采伐迹地和火烧迹地上，由于土壤条件和地形（坡向、坡位）不同，森林更新的环境差异极大，因此，需要分别情况采取不同的促进措施。

空旷地的更新亦决定于气候条件。当种子年与雨量充沛年相吻合时，能促进大量的幼苗出现，形成突发性的更新世代，这在水分不足地区更为明显。森林火灾使土壤表面的环境发生急剧的变化，也可能引起突发性更新世代的出现。

空旷地更新的有利条件：

(1) 全光照能为喜光树种幼苗、幼树的生长和发育提供良好的光照条件。

(2) 没有上层母树根系的竞争。

(3) 可用火烧法清理迹地，实行机械化整地。