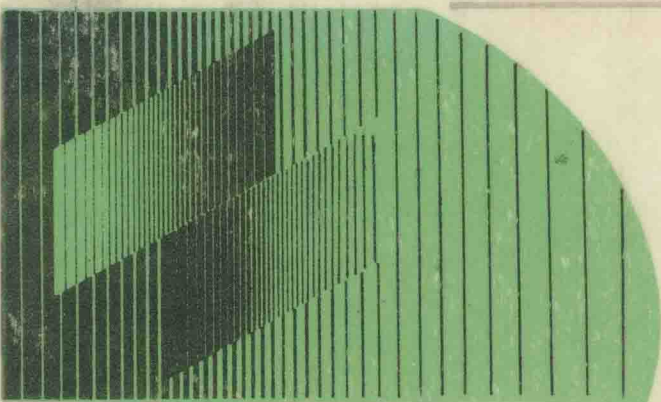


森林经营学



SHEN LIN JING YENG XUE

陈大珂等 编著

东北林业大学出版社

森 林 经 营 学

陈大珂等 编著

东 北 林 业 大 学 出 版 社

(黑) 新登字第10号

森 林 经 营 学

陈大珂等 编著

东 北 林 业 大 学 出 版 社 出 版 发 行

(哈尔滨市和兴路26号)

东 北 林 业 大 学 印 刷 厂 印 刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 15.875 字数 356 千字

1993年9月第1版 1993年9月第1次印刷

印数 1—1 500 册

ISBN 7-81008-419 4/S·103

定价 7.60元

前 言

“以营林为基础”始终是我国林业生产建设的指导方针。中外林业先驱者为我们留下许多营林理论及技术经验，但在当前世界林业发展的新形势下，林业生产的范畴及某些营林规范已不能满足经济发展的需要。因此，作者们认为，在营林技术方面既要“古为今用”和“洋为中用”；也需要尽可能地总结我国40年来森林经营的经验，为发展我国林业作出贡献。

以生态学和群落学为基础的大造林学早已包容（融）在中外林业书籍之中。根据当前世界林业发展现状，走生态林业之路势在必行。为此，本书在各章之前均适当地阐述了在历史进程中人们对营林事业的生态意识的增长，并力求把本书建立在森林生态学及群落学基础之上。

本书写作的分工：第一章（王义弘、陈大珂）；第二章（周晓峰、祝宁）；第三章（陈大珂）；第四章（陈大珂）；附录1（祝宁、周洪泽）；附录2（李茹秀）。全书由陈大珂统稿。

本书吸收了1977年北方14省（市、区）国营林场森林抚育间伐训练班的内部试用教材（东北林学院森林学教研组主编）及1981年《造林学》（中国林业出版社出版）的少数树种抚育间伐内容。其中杉木林及竹林抚育间伐由叶镜中先生撰写；刺槐林抚育间伐由舒裕国先生撰写，在此一并致谢。

本书的出版得到董智勇同志及李中选高级工程师自始至终的鼓励，作者们在此特致谢忱。

本书为东北林业大学森林生态教研室有关森林经营的初版教材。内容偏重北方林区，又因水平所限，疏漏或错误在所难免，请读者不吝指正，以便再版时修订。

编著者

1993. 1

目 录

第一章 森林经营的基础理论.....	(1)
第一节 林业生态意识的增长.....	(1)
第二节 森林立地的确定.....	(4)
第三节 森林的林木分化和自然稀疏.....	(8)
第四节 森林经营与密度理论.....	(14)
第五节 森林的结构特征.....	(19)
第六节 森林的生长发育及其阶段.....	(34)
第七节 森林经营形式与生产量.....	(39)
第八节 主要用材树种的特性.....	(41)
参考文献.....	(64)
第二章 森林主伐与森林更新.....	(65)
第一节 基本观点与历史.....	(65)
第二节 森林更新.....	(77)
第三节 森林主伐与更新.....	(82)
参考文献.....	(95)
第三章 森林抚育间伐.....	(97)
第一节 抚育间伐的意义和发展.....	(97)
第二节 抚育间伐的种类和方法.....	(115)
第三节 抚育间伐的技术要素.....	(115)
第四节 抚育间伐的效果和影响.....	(132)
第五节 我国主要用材林的抚育间伐.....	(141)
参考文献.....	(155)
第四章 营林生态工程.....	(157)
第一节 营林生态工程的基本概念.....	(157)
第二节 营林生态工程的源流.....	(159)
第三节 农林业的复兴与发展.....	(162)
第四节 我国的营林生态工程.....	(175)
第五节 林业生态工程设计基本原理.....	(203)
第六节 营林生态工程设计的经济学原则.....	(208)
参考文献.....	(215)
附录一 采伐更新调查设计大纲.....	(217)
附录二 林分密度管理图的编制方法.....	(235)

第一章 森林经营的基础理论

第一节 林业生态意识的增长

一、林学的生态学基础

从世界范围来看,林学中的大造林学,特别是本书所及的森林经营学无不建筑在生态学的基础上。以中欧德、奥林学的发源地为基石,就有Dr. Dr. h.c. Alfred Dengler创立的《在生态学基础上的造林学》(Waldbau auf ökologischer Grundlage)以及奥地利科学院院士、维也纳大学教授Hannes Mayer所著的《以群落学与生态学为基础的造林学》(Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage)。在前苏联,《森林学》包括两大部分:第一部分为森林生物学(Лесоведение);第二部分为森林经营学(Лесоводство)。在美国,1928年即有著名林学家陶满(Toumey, J. W.)所著《生态学基础上的育林学基础》(Foundations of silviculture upon ecological basis)一书的出版。在日本,著名林学家及林业教育家、东京大学农学部教授本多静云先生(1866—1952)即建立了他特有的造林学体系,前后四部书相继问世,即《造林学前论》、《造林学本论》、《造林学后论》及《造林学各论》。其中所谓前论即森林生态学或森林立地学,也是把一部大造林学建立在森林生态学基础之上。同时,于30年代。在日本,出版了河田杰的《森林生态学》专著。当代,在中国、美国、加拿大相继出版了森林生态学教科书及专著,如《森林生态学》(1980,东北林学院主编);《Forest Ecology》(1964, 1973, S. H. Spurr & Burton V. Barnes编著);《Forest Ecology》(1987, J. P. Kimmins)。特别是后者, Kimmins把全部森林生态学建立在森林生态系统(Forest ecosystem)的观点之上,使整个林学的基础更加宽广,突破了森林经营的单一木材生产观点而走向多效林业。

二、中国林业生态意识的增长

我国历史上,生态意识产生于3000年前。可见于文字记载的有:《周礼》、《国语》、《易经》、《中庸》、诸子百家之言;以及近代贾思勰的《齐民要术》、沈括的《梦溪笔谈》等著作。这些古代、近代的生态意识集中地反映在保护自然、维护生态平衡方面。严肃地提出了“以时禁发”,“万物皆得其宜,六畜皆得其长,群生皆得其命”;在物质生产及经济生活中,要求“孕育不得杀;不夭其生,不绝其长”,使斩、伐、养、长不失其时。“禁发必有时”,“网罟必有正”,取长成之物,不可绝根。而且,将许多要求,定为法律。公元前1150年,周文王曾颁布过《伐崇令》,令中规定了“毋坏屋,毋填井,毋伐树木,毋动六畜,有不如令者,死无赦”。该令可算做世界上最早的对水源、动物、森

林等自然资源的保护令。公元12世纪,朱熹曾指出:“天无弃物”,表达了物质可以循环利用的思想。公元前3世纪,荀子在《王制》中阐述了如下的自然保护思想:“草木荣华滋硕之时,则斧斤不入山林,不夭其生,不绝其长也。”公元前221—206年,《秦律·田律》中规定:“早春二月,毋敢伐林木山林及雍堤水。”孟轲也以同样的思想指出对森林可再生资源的利用:“斧斤以时入山林,林木不可胜用也。”夏禹治国的禁令称:“春三月,山林不登斧斤,以成草木之长;夏三月,川泽不入网,以成鱼鳖之长。”也是最早表达对可再生资源的合理保护和合理经营问题。与此同时,并设有专司其职的管理单位及官职,如司土、司木;山虞、林衡等。

漫长的封建社会历史,使许多好的生态意识随着落后的生产方式逐渐淡忘。1949年以后,当代中国的林业也制定不少有意义的政策,促进了人们生态意识的增长。如《环境保护法》及《森林法》的颁布;《中国自然保护大纲》的发行,都是这种意识强化的具体表现。

三、世界林业生态意识的增长

当代世界生态意识的增长是与人类对自身环境及资源的破坏同步进行的。但是,当代生态意识、环境意识的迅速增长却是人类社会意识的一次伟大的觉醒。自1866年海克尔创立生态学一词以来,1924年出现了“人类生态学”。自此以后,人类对于自身与自然的关系十分关切。20世纪以来,标志着人类生态觉醒的重大事件,主要有以下一些:

1927年,埃尔顿(Elton)提出食物链概念。1935年,坦斯黎(Tansley)提出生态系统(Ecosystem)概念。1948年,成立国际自然与自然资源保护同盟。1954年,美国一些科学家首次提出“环境科学”概念。1962年,美国生物学家R.卡逊(Carson)出版了她的《寂静的春天》,唤起了“生态学时代”的出现。1968年,10个国家的30多位专家在罗马成立了“罗马俱乐部”,以后发展到20多个国家,70多名成员,对世界环境作了“系统动力学”的综合性动态研究,为人类自身的生活及生存敲响了警钟。1972年,在斯德哥尔摩召开了第一次“人类环境会议”,提出了“只有一个地球”的口号,并通过了第一个《人类环境宣言》。1974年,在海牙召开了第一次国际生态学会议。1980年国际自然与自然资源保护同盟在世界各国同时发表了《世界自然资源保护大纲》。1982年,中国成立了城乡建设环境保护部。1988年,中国科协召开了全国性《环境与发展》学术讨论会。1989年,24国世界环保会议,发表了《海牙宣言》。1990年,中国林业部召开了“生态林业”学术研讨会。1992年6月,联合国在巴西召开了环境与发展会议。

世界林业生态意识的增长,可鉴于以下地区:

德国是世界林业(林学),特别是经典林学的发祥地,代表着林业发展的进程。1867年,普鲁士国有林管理局局长奥托·冯·哈根在总结18世纪造林运动时认为,虽然当时的造林运动一时满足了社会对木材的需要,但森林生态平衡却遭到了严重破坏,从而首先提出了森林的多效益观点。1894年,多效益观点成为“普鲁士国有林经营总方针”的指导思想。1975年,联邦德国颁布了第一部《联邦森林法》。目前的林业经营基本上实现了森林多种效益的一体化,从而构成了包括瑞士,奥地利的中欧模式(魏宝麟,1988)。与此相反,在高度技术化的北欧林区,至今还在无节制地滥用自然资源,只是在公众舆论的压力下,(社会公益)才被迫缓慢地纳入了这一条遵循自然规律的中

欧古典式的永续营林法轨道 (Mayer, 1972; Schmidt-vogt, 1970)。

前苏联是多林国家。在漫长的历史中,从未受到采伐与其它人为作用的处女林现在已所剩无几。从17世纪到1914年共采伐了约7 000万ha高产森林,而人工造林只有130万ha (Ц.Б.Мек, 1975)。白俄罗斯的森林覆被率急剧下降。见表1-1,历史事实迫使沙皇政

表 1-1 1882—1917年白俄罗斯森林覆被率下降百分比

年 代	1882	1887	1901	1907	1917
森林覆被率 (%)	45	41	37	31	22

府通过《保护森林条例》(1888年)。1918年5月18日由列宁签发了《森林基本法》,将苏联林业纳入“有组织地利用森林的防护作用和其它社会功能;有计划地利用森林的木材蓄积量,并实行森林再生产,”并于1977年重新制定了《苏联及各加盟共和国森林法大纲》,再次重申了森林的多种效益。现在每年已做到森林恢复面积超过采伐面积(人工林面积占森林覆盖面积的2.2%)。

美国林业的战略目标,在本世纪的60年代以前仅限于生产木材及其它林产品。但1960年以后,已由传统林业向现代林业转变,1960年美国国会通过《森林多种利用及永续生产条例》,规定林业的经营目标是:游憩、放牧、生产木材,保护集水区、栖息和保护野生动物。美国非用材林占森林总面积的1/3,总趋势是用材林面积在逐渐缩减(魏宝麟, 1988)。

当代美国,受着不断增长着的资源破坏和资源迅速下降的威胁,一些林业科学家喊出了“林业正处于十字路口”和“林业已处于隆隆的革命声中”的口号声。以“安达鲁斯(Andrews)生态研究群体”为首的一群科学家及林务官们已提出“新林业”(New forestry)的概念。他们认为“新林业”的焦点在于维护复合的生态系统而不仅仅是树木的更新。新林业运动的明星J. Franklin,其主要观点是:“新林业的主要任务是维持森林生态系统,不单是生产木头。”他们轻视传统林业,认为传统林业的实践常常毁坏天然林的锁链。传统的森林经营方法只反映着对复合系统均一化的势态。从上可见,美国林业正转向一个以生态系统生态学为基础的经营方向。

日本为实现从传统林业向现代林业的转变,于70年代制定了50年(1972—2021)的林业长远规划,其首要目标是通过人工造林和天然林改造,使全国一多半森林在木材生产、国土保安和水源涵养3种功能方面达到一级水平。日本在第二次世界大战后,著名生态学家知木良也就曾提出过警示:二战后,日本是“国破山河在”;经济起飞后,日本国土是“国荣山河破”!现在,日本已将30%的森林划为保安林(防护林),面积达788万ha,占森林总面积的32%,占国土面积的20%。在保安林中,水源涵养林占74%,防冲林占22%,其它为保健林、防风林、防雾林、防塌坡林、防旱林、防雪崩林、养鱼林和景观保护林等。此外,还划有自然保护区和自然公园560万ha,占国土面积的15%。由于日本是个山国,其林业的总趋势是保安林的面积不断扩大(1955年—1984年扩大了2倍多)。与此同时,还制定了相应的政策,凡农户造林,国家给予“林户协同组合”补贴30%—50%,从而使日本森林面积恢复到国土的68%。

从上可见,全世界已在注视着大面积森林消失将使全球环境恶化。即使木材生产,也会由于“石油农业”波及林业而使林地生产力下降。因此,林业生态意识的增加必将使世界森林经营走上一条新途径。如日本新提出的“环保型农业”中,林业建设就被提到了重要地位。

第二节 森林立地的确定

森林立地质量评价和森林立地分类是造林、森林经营工作的基础。我国古代,对森林立地已早有论述。如诗经中即有“山有枢,陆有榆”;《管子·地员篇》列举了“草木之道,各有谷造”;《周礼·地官司徒》指出“以土会之法,辨五地之物生”;《淮南子》中也有类似的表述:“欲知地道,物其树”。

在林业生产中,森林的立地状况,对造林、更新方法的确定,树种的选择以及地力的维持和改良等林业技术,极为重要。正确评价和管理森林立地,按树种适性进行造林;按立地组织作业级,能使森林生产力达到较高水平。林业的重要问题是综合有关立地因素正确评定立地质量,用以表示林地材积生产力的级位高低,方法众多,各有所长。

一、森林立地概念的发展

立地一词,泛指生物生育地的环境。森林立地乃指影响森林植物群落及其所有动物的环境条件总和,亦即按影响森林形成和生长发育的环境条件的异同所区分的有林地或宜林地段称森林立地。条件相同或相似的地段属同一森林立地类型。林学中所用的立地(Site)一词和生态学中的生境(habitat)近似;与欧洲广义造林学(Waldbau)中的地位(locality)也具相同的涵义。作为完整的生态系统的森林,其立地的含义等同于生物群落(Biome或Biocoensis)+地位(locality)+与空间相关联的所有环境条件。林业的重要问题是要求综合所有立地因素来估量和确定森林的立地生产力(Site quality)。所谓立地生产力(又可称立地质量)是指某特定树种相对生产力的泛称,即林地的生产能力(Productive capacity)。因此,成功的林业生产过程,首先必须建立在森林立地类型的划分和森林立地质量的评估和确定之上。

森林立地正式运用于林地生产力评定而提出立地质量分类的最初方法始于1795年G. L. Hartig (Daubenmire, 1976);正式进入林学学科,始于1893年E. 拉曼(Ramann)《森林土壤和立地学》一书,该书还首创立地(Standort)一词。以后,在欧洲即盛行所谓森林立地学(Forstliche standortliche)。直至20世纪前半纪,在林学部门,立地一词正式作为自然科学的概念而被广泛采用。与此平行发展的为芬兰国王兼林学家,根据北欧植被简单,群落及指示植物可直接反映立地的特点首创按植被划分立地条件类型的经典模式(A. K. Cajander, 1909)广泛运用于北欧及北美北部地区。与此前后,本世纪的30年代,美国林学家J. W. Toumey (陶满)在他的《造林学基础》(Foundations of silviculture upon an ecological basis) (1937)中采用了1923年坦斯黎(Tansley)的定义:“森林立地可理解为影响植物或植物群落生活的所有条件的总和。”从此,伴随着前苏联乌克兰立地分类与苏卡乔夫的生物地理群落学的出现,

森林立地的科学概念已平行于“生态系统”与“生物地理群落”。森林立地的评价与分类已正式进入为林业生产服务的领域。我国将《森林立地学》作为一门正式课程开设于农学院,始于1930以后的30年代至50年代。将立地类型研究直接用于营、造林事业乃起始于50年代,当时的中央林业部组织了9个大队,分别在全国宜林地,划分了立地条件类型。此后,相继于北方石山区,各地次生林区,南方杉木林区乃至某些原始林区,均开展了立地类型的划分和立地评价。在世界范围内,有关森林立地评价和立地分类工作则进入到一个综合阶段,其代表者有西德的巴登—符腾堡系统(Baden-Württemberg system)以及加拿大以赫尔士(Hills)为首的全生境(Total site type)分类法。

二、立地质量评价和分类

有关森林立地分类及立地质量评价方法可归纳为以下几种途径。在测树学、森林立地学及林型学的发展中,许多方法及其研究途径分属于不同学派。当前,逐渐趋向于综合研究和综合分类;而某些方法仅成为综合评价和分类的手段,现简述于下。

(一) 植被——立地评价和分类

早在上世纪已开始用植物的指示性或植物群落作为表示立地质量或划分立地类型的指标。这种评价—分类被称为凯扬德系统(Cajander egsten),首用于芬兰。凯氏运用生物等价立地条件观点,以林下指示性强或优势地床植物所反映的立地类型级(Site-type classes)确定和划分立地条件和立地类型,并用以估价林地生产力。凯氏学说发展的第二阶段是用全部植物指示生境。例如,在芬兰以石楠表示的第一个立地级中,就包括有5个立地型。

- (1) Clidina—type (代号CLT)
- (2) Myrtillus—clidina—type (MCLT)
- (3) Calluna—type (CT)
- (4) Empetrum—Myrtillus—type (EMT)
- (5) Vaccinum—type (VT)

因此,在植被比较简单的地区,可借用普通生态学知识将植被或群落按其对立地的指示性进行排序或整理成不同系列的梯度以供立地分类之用,例如,在小兴安岭地区,按水分梯度排列如下不同系列的序列:

藓类序列:由极水湿到土壤湿润

Sphagnum→*Mnium*→*Hylocomium*→*Rhytidiadelphus*→*Dicranum*→*Climacium*→*Polytrichum*.

苔草序列:由沼泽到山脊干旱

Carex schmidtii→*C. uda*→*C. rhychophysa*→*C. campylophora*→*C. quadrifolia*→*C. ussuriensis*→*C. callitrichos*.

蕨类序列:由水湿到干旱

Equisetum hiemale→*E. sylvaticum*→*Gymnocarpium continentale*→*Athyrium multidantatum*→*A. acrostichoides*→*Dryopteris crassirhizoma*→*A. spinulosum*→*Andiantum pedatum*→*Lapisorus Ussuriensis*→*Woodsia* spp.

对天然林进行立地划分, 需要把一些指示性强的植物组合起来, 当作一个生态系统的复合体表示。这种复合体, 称之为“顶级—生态群”。乌克兰纯生态学的“营林林型学”, 即是凯扬德学派在理论上的深化和具体运用, 可供在植被简单的地区划分立地与评价立地质量。

(二) 生长——立地评价和分类

如普遍使用的立地(或地位)指数法和编制全国或地区地位级表, 均以树高生长为基础。立地质量以立地指数作为最敏感的指示剂。在通常未遭干扰的林分中, 用优势高(优势木平均高)的测定方法, 被广泛用于直接或间接决定立地质量。这种方法实质上是以林木作为反映立地生产力的“植物计”而被使用的。方法如下:

1. 年龄与树高生长相关曲线法 最简单的办法是用年龄与树高生长的相关曲线来表示不同立地对树种生长的影响; 同时也表现了立地型。

2. 立地指数法 用立地指数, 即随年龄增长的树高发展的相关线性组。

3. 五年生长节法 划分某树种的适生立地级, 传统的方法是用胸径以上的五年节间生长量。但为了排除各个体胸径以上排5年不属同年生长的当年气候上的差异, 应用同种最近5年内高生长量进行量测可反映属同年气候。

有了五年生长节调查, 再作有关环境因子调查(如坡向, 坡度, 郁闭度, 害情, 土层……), 然后用数量化模型或聚类分析, 从而可分别某一树种的适生立地或作出立地分类。此法唯一的缺陷在于只能用于中幼林, 其树高可以方便量测的年龄阶段。

(三) 环境——立地评价和分类

1. Paterson气候因子指标法 (1956)

$$CVP = \frac{T_v PGE}{1200 T_a}$$

式中: CVP ——气候植被生产力;

T_v ——最热月平均温度;

T_a ——平均年温差;

P ——平均年降水量(mm);

G ——生长季长度(月);

E ——蒸腾蒸发系数(某纬度辐射量/赤道辐射量)。

Paterson这个公式推算全世界森林的潜在生产能力, 乃属于宏观比较。在确定某一地点的森林生产力时, 还应考虑增加其它有关因子或系数。

2. БУДЫКО辐射平衡法 (1959)

此法即用辐射干燥指数以估测植群的生产力, 其指数用下式表示。

$$R/Lr$$

式中: R ——年辐射平衡值;

L ——位相变化的潜热;

r ——降水量;

Lr ——表示蒸发年总降水量所需热量。

当 R/Lr 接近于1的最优值时, 植群生产力达到最大; 当 R 为常数, R/Lr 之比偏离最

优值时，生产力下降；当 R/Lr 之比为最优值时， R 与 Lr 绝对值越大，则植物群落的生产力越高。

以上也是宏观评价植被型的生产力方法，如太加云杉林，当 R/Lr 为0.74时，年总生长为5.6t/ha；而雨林为0.47（泰国）时，年总生长为32t/ha。

3. 土壤因子评价法（美·林务局）

对于某些地区土壤及立地差异大及不适于直接测定立地指数的林分（如异龄林、多树种混交林、过伐林或立木稀疏、林龄太小的林分），用土壤因子进行立地评价是必要的。

将立地指数与土壤特征因子（如土层厚度、质地、含石量、坡向、坡位、坡度等）间建立多元回归关系，以多元回归方程制定图和表，如：

$$\hat{Y} = 64.9 - 0.345x_1 + 0.339x_2 - 0.458x_3 + 0.436x_4$$

式中： $\hat{Y}$ ——估计的地位指数；

x_1 ——A层中直径大于0.25 mm的颗粒重量%数；

x_2 ——C层上总的土壤厚度；

x_3 ——估计的表层含石量（%）；

x_4 ——平均降水量。

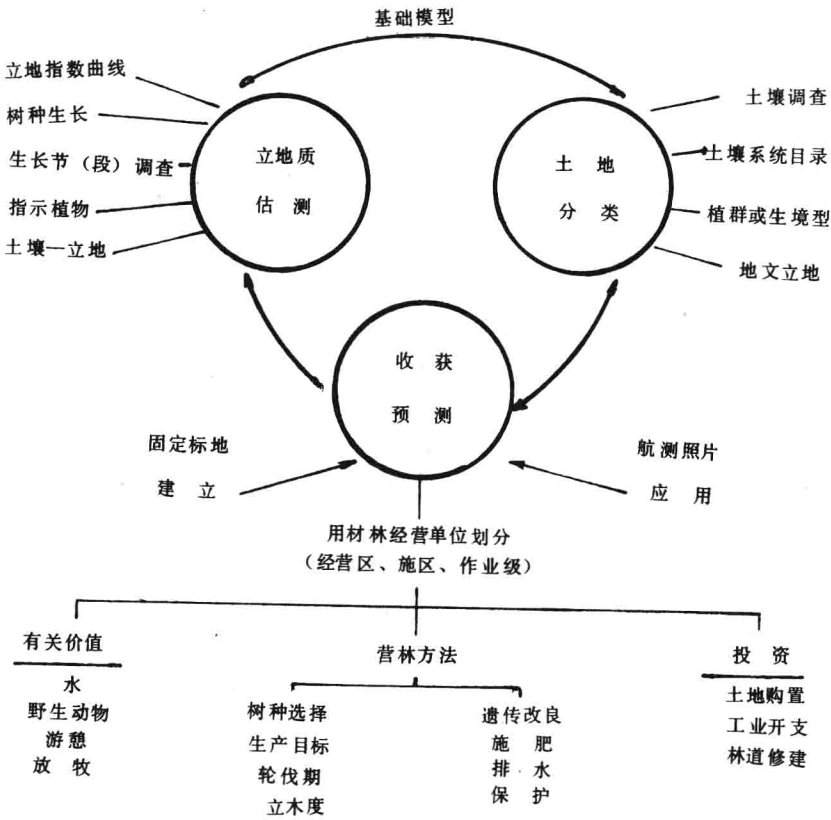


图 1-1 一个营林方案制定过程

通常,用定性方法研究土壤的生产力等级可以进行土壤理化分析,按土类、亚类,侵蚀程度,黑土层厚度,全剖面厚度,有效土层厚度与胸径处砍口法所得胸径生长状况,建立回归关系。

用环境因子评价和划分森林立地,还有许多方法,如按地质-地貌的评价和分类;纯地理学的土地类型划分法以及用土地单元加植被的“生产指数法”。可借助于航测资料进行室内划分等等。但现代有关森林立地研究已逐渐趋向于综合评价和分类。

(四) 综合立地评价和分类

综合立地评价和分类起源于多因子的生境分类法,即对一个地区或一个局部的生态系统的重要生态因子进行综合调查研究(Krauss, 1936)。它把所有地理、地质、气候、土壤、植物地理和植物群落、花粉分析以及森林发育史等方面的各研究成果结合起来,提供一个所谓景观生态系统(Landscape ecosystem)综合经营的方案。当前,属于这类综合立地研究和分类的观点与体系也是多元的,主要有:

1. Baden—Württemberg系统(System)(德国)
2. Hills的“全生境类型”(Total site type)
3. Сукачев或Krajina's“生物地理群落”(Biogeocoenosis)系统

在制定用材林经营方案时,运用综合立地研究、评价和分类方法,可为全部营林工作奠定基础,以提高森林生产力,如图1-1所示。

第三节 森林的林木分化和自然稀疏

一、森林的林木分化与自然稀疏

无论天然林还是人工林,其同种同龄的不同个体间,由于遗传性、竞争和具有可塑性生长的适应机制,在形态(树高、直径和树冠等)和生活力等方面均存在着明显差异。这种差异,有的由遗传性引起,因而在幼苗阶段即有差异;有时初期个体间差异并不显著,但由于个体间竞争和所处环境条件的不同,差异逐步明显,这就是林木分化现象。

由于林木的分化,从而产生森林的自然稀疏。从天然林形成过程看,初期常常落下大量种子,产生的幼苗数量成千上万,以后随着年龄的增加,幼树及活立木株数逐渐减少,到成熟龄时,每公顷活立木株数一般只有300—500株,甚至不足100株,其余绝大多数林木,在森林生长发育过程中因自然稀疏而死掉。人工林的初植密度每公顷有几千株,如任其生长,也要发生林木分化和自然稀疏。自然稀疏是植物群体的普遍现象。因此,林学原理中,把森林随年龄增加,单位面积上活立木株数逐渐减少的现象称为森林的自然稀疏。

林分密度非常低时,不发生自然稀疏,故密度不会发生大的变化。一般密度的林分,生长达到环境容纳量阈值时,单位面积总量或材积就会停止增长,以后所产生的平均个体重量或体积的增长都是以减少群体密度为代价而得到的,也就是依靠部分个体的死亡来实现的。在密度大小已导致个体死亡现象的情况下(充分密集的林分),平均个体

重量或体积的对数和密度对数间的关系呈现 $-3/2$ 斜率的直线相关。至80年代,已对表现出密度制约死亡的约80种树木和草本植物的自然稀疏过程进行了定量研究,事实均证明存活个体的平均干重或体积(W)和密度之间的关系式为:

$$W = KN^{-a} \text{ 或 } \log W = \log K - a \log N$$

式中: N ——密度;

K 、 a ——常数。

a 是以一系列平均个体重量或体积对数同密度对数作图所得直线关系的斜率, K 的对数是该直线在纵坐标上的截距。通过对多种植物的研究, K 的值域是3.5—4.3(White, 1980),而 a 的值域是 -1.5 — -2.0 (Yoda等, 1963),并得到阳性树种 a 值接近 -1.5 (如落叶松),耐荫树种 a 值向 -2.0 接近, a 值的恒定性,使Yoda等人把上式命名为 $-3/2$ 幂定律。

从上可知,林分生长到充分密集时,才产生因密度制约的死亡,即发生自然稀疏。在林分自然稀疏过程中,个体的平均大小(重量或体积),随时间(林龄)的增加而增大;单产(每公顷蓄积量)或生物量增加;密集林分比稀疏林分自然稀疏现象发生的早。

在林木分化与自然稀疏的过程中,同种之间的相互抑制,通常要比异种之间的相互抑制更甚。不同树种的生物学、生态学特性不同,所要求的环境条件总有或多或少的差异,因此在一定的环境条件下只能有最适应的一些种生存,其它种即使能发芽生长,也只是暂时的,终将被适应能力强的种排挤掉,而发生树种更替。不同演替阶段,林木分化程度和自然稀疏强度各异。通常,研究或注意处理单层同龄纯林的林木分化和自然稀疏尤为重要。

林分如不加人为干预,任其自然稀疏,其过程是很漫长的,在这段时间里,林木生长缓慢,贻误了速生期的生长量。而且从自然选择的观点看,最为适应的个体,不一定是林学家认为最好的。因此,根据林木生长规律,加以人为选择,特别对经营比较集约的人工林和速生期的天然林,调整单位面积上的林木株数,对于减少枯立木的形成和促进保留木的生长是非常必要的。这就是森林抚育间伐的根据。

影响自然稀疏的因素,主要是树种特性、密度、年龄阶段和环境条件等。

更新容易且生长迅速的喜光树种,如落叶松、山杨、白桦、樟子松林,自然稀疏开始早且强度大,所以林分比较稀疏。云、冷杉等耐荫树种所组成的林分,自然稀疏开始较迟且缓慢,林分比较稠密。如黑龙江省初植密度为4 400株/ha的人工落叶松林,一般在林龄10年前已郁闭,随即开始林木分化和自然稀疏;初植密度相同的人工红松林,20年左右才能郁闭,而且自然稀疏强度没有前者大。以上事实都与该树种对光的适应性和幼林生长速度有关。

天然更新密度较大的林分和人工林初植密度大的林分,个体间发生生存竞争来得早,因而自然稀疏开始早、强度也大。

林分在不同生长发育阶段,自然稀疏强度并不一样。郁闭后的林分,树冠互相衔接,随着林龄的增加,光照、水分、养分的供应不能满足全部林木的需要,使有些树木的生长受阻。在生存竞争中,生长不良或孱弱者必然死亡。通过调查证明,幼龄林阶段,林木分化和自然稀疏已出现,近入中龄林阶段,林木生长旺盛,便发生明显的分化和强烈

的自然稀疏。如辽宁草河口初植密度 4 400 株/ha 的红松人工林，郁闭后即出现分化，栽后13年枯立木株数占4.3%；至栽后18年，枯立木累积达11.4%。林木分化明显阶段直径生长也显著下降，在栽后13年，直径年生长量为1.1cm，其后5年间的年生长量逐年下降，由0.9cm降到0.4cm；与此相反，对栽后13年的林分进行抚育间伐，则抚育区林木直径的生长量提高到0.6—1.1cm之间。

环境条件对森林的自然稀疏同样有较大的影响。在良好环境下，林木幼龄阶段生长快、林分郁闭早，初期的自然稀疏来得也早；反之，在中等或较差立地上，林木生长缓慢，林分郁闭晚，个体间竞争尚不激烈，所以自然稀疏相反较晚，甚至不发生自然稀疏现象。

林分生长过程表是反映林分优势树种在一定立地条件下的生长规律，由于该表包括：各年龄阶段活立木的平均调查因子和单位面积的活立木株数，死亡木株数等，故能反映森林自然稀疏的过程各年龄阶段的自疏强度以及不同立地条件下自疏过程的差异，如表 1-2 。在林分密度控制图中，多以 $M = a - bN$ (M 为每公顷活立木蓄积或称单产； N 为初植密度， a 、 b 为常数)刻画不同初植密度林分的自然稀疏过程（详见附录二）。

表 1-2 小兴安岭红松（榛子红松林，Ⅱ地位级）生长过程表

年 龄	平均树高 (m)	平均直径 (cm)	立木株数 (株/ha)	断面积 (m ²)	蓄积量 (m ³ /ha)	树皮率 (%)	去皮蓄积量 (m ³ /ha)	生 长 量		
								平均生长量	连年生长量	
								(m ³)	m ³	%
10										
20										
30	3.6	2.8	8 065	5.0						
40	5.5	4.8	5 746	10.4	44	15.4	37	1.10		
50	7.6	7.0	4 234	16.3	86	14.4	73	1.7	4.2	6.47
60	9.7	9.4	3 156	21.9	137	13.5	119	2.3	5.1	4.61
70	11.8	12.1	2 374	27.3	196	12.6	171	2.8	5.9	3.53
80	13.8	15.0	1 834	32.4	257	11.8	227	3.2	6.2	2.72
90	15.8	17.9	1 471	37.0	323	11.1	287	3.6	6.5	2.25
100	17.6	20.7	1 224	41.2	387	10.6	346	3.9	6.5	1.82
110	19.3	23.6	1 017	44.5	444	10.2	399	4.0	5.7	1.37
120	20.7	26.4	859	47.0	491	9.8	443	4.1	4.7	1.01
130	22.0	29.2	733	49.1	533	9.5	483	4.1	4.2	0.82
140	23.1	31.6	641	50.9	571	9.2	519	4.1	3.8	0.69
150	24.1	34.2	570	52.4	606	9.0	552	4.0	3.5	0.59
160	25.1	36.4	515	53.6	638	8.9	581	4.0	3.2	0.51
170	25.9	38.4	472	54.7	666	8.8	608	3.9	2.9	0.44
180	26.7	40.3	437	55.8	692	8.7	632	3.9	2.6	0.38
190	27.4	42.1	407	56.6	716	8.6	655	3.8	2.4	0.34
200	28.5	43.8	380	57.2	738	8.5	675	3.7	2.2	0.30
210	28.7	45.4	357	57.8	756	8.4	693	3.6	1.9	0.25
220	29.2	46.9	337	58.3	773	8.3	709	3.5	1.6	0.21

(引自森林调查员手册，1958)

不论天然林还是人工林,在一个培育期中,如任其自然发展,许多幼苗幼树会自然稀疏掉,并且自疏的持续期相当长。从利用木材角度看,被稀疏掉的树木纯属资源浪费。如利用抚育间伐的方法,以人工选择代替自然稀疏,不仅可以提高林木质量和缩短森林培育期,并可充分利用抚育间伐材。实验证明,在森林培育期中,系统进行过抚育间伐的林分,其抚育间伐材的总和可相当于林分主伐材的50%—100%,这是一笔可观的财富。

二、林木分级法

由于林木分化的结果,表现在树高、直径、冠形、干形和利用价值等方面的不同,为抚育间伐进行林木分级和选木提供定性定量依据。林木分级的方法很多,共同原则是力求反映现实林木状况和发展方向;按照生物学和经济学观点加以分级,既有科学依据又要便于生产。下面为通用的几种林木分级法。

1. 克拉夫特(G. Kraft, 1884)的林木分级 适用于单纯同龄林,按林木生长的优劣分为两大组共5个等级,见图1-2。第一组包括正常生长发育的林木,第二组为生长落后的林木。树冠特性、相对高度、在周围邻接木中的地位,是进一步分级的主要依据,其分级系统如下:

第一组——正常发育的林木

I级:优势木,树高和直径最大,树冠很大且均匀,伸出一般树冠之上,在林分中数量很少,一般不超过总数的5%;

II级:亚优势木,树高略次于I级,树冠发育正常,其大小亦次于I级,在林分中约占总数的30%;

III级:中势木,生长尚好,但树高和直径比前两级林木较差,树冠较窄,位于林冠的下层,树木的圆满度比前两级林木较好,在林分中约占总数的40%。

第二组——生长落后的林木

IV级:被压木,树高和直径生长都非常落后,树冠受挤压,通常都是小径木,在林分中约占总数的10%—20%,其中又可分为a、b两个亚级:

IV_a级:树冠狭窄,侧方被压,但枝条在主干上分布均匀,树冠能伸入林冠层中;

IV_b级:树冠偏生,只有树冠的顶部才伸入林冠层,侧方和上方均受压制;

V级:濒死木,完全位于林冠下层,生长极落后,树冠稀疏而不规则,在林分中占总数的10%以下。又可分为二亚级:

V_a级:生长极落后的濒死木;

V_b级:枯死木。

从克拉夫特林木生长分级法中可以看出,林分主要林冠层是由I、II、III级木组成,IV、V级木则组成从属林冠层。随着林分的不断生长,林木株数逐渐减少,主要减少的是IV、V级木;而主林层中林木株数的减少是它们由高生长级下落到低生长级的结果。一般在同龄纯林内林木由低生长级向高生长级过渡的情况很少。因此,在同龄纯林中,处于从属林冠中的林木,往往被自然稀疏掉。下层疏伐的最初想法就是从这里萌芽的。

林木生长分级法主要应用于壮龄以后的同龄针叶纯林。在幼龄林中,林木分化不明

显，不能分级。这种分级法的优点是简便易行，可用来作为控制抚育间伐强度的依据；但缺点是，这种分级方法主要是根据林木的生长势和树冠形态分级，没有照顾到树干的形质缺陷。

2. 寺崎渡的林木分级 本世纪初，日本人寺崎渡根据德国林业试验场联合会（1902年）通过的什瓦帕赫分级法，参照日本落叶松单层林的具体情况，也制定了一套林木分级的标准，按照这个分级法首先根据林冠层的优劣区分两大组，然后再按树冠形态，树干缺陷细分，见图 1-3。具体划分标准如下：

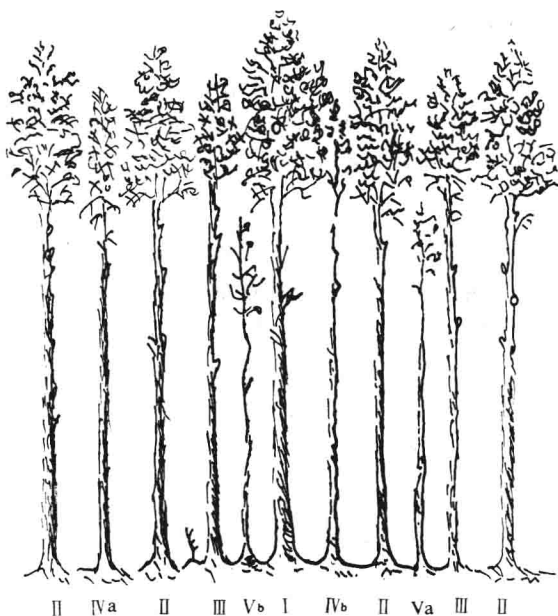


图 1-2 克拉夫特的林木分级（转引自中国农业百科全书，1989）

优势木 组成上层林冠的总称。

1 级木（1） 树冠、树干均发育良好。

2 级木（2） 树冠、树干有缺陷的：

（a）树冠发育过强，冠形扁平；

（b）树冠发育过弱，树干特别细长；

（c）树冠受压，得不到发展余地；

（d）形态不良的“上层木”或分叉木；

（e）被害木。

劣势木 组成下层林冠的总数。

3 级木（3） 树势减弱，生长迟缓，但树冠尚未被压，处于中间状态。

4 级木（4） 树冠被压，但还有绿冠维持生活。

5 级木（5） 衰弱木，倾倒木、枯立木。

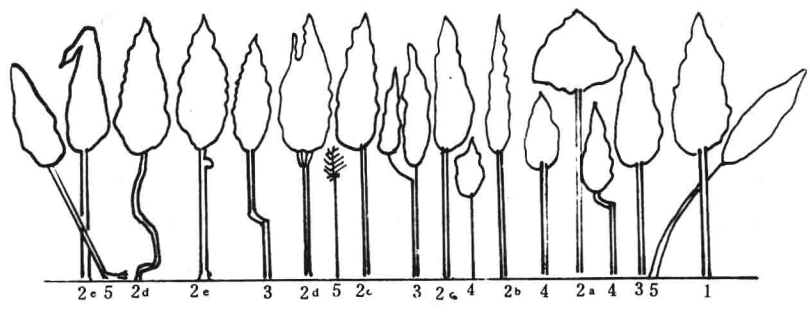


图 1-3 寺崎渡的林木分级（转引自“国外林业科技资料”，1976）