

全国高等林业院校试用教材

# 森林生态学

东北林学院 主编

林学系各专业用



中国林业出版社

全国高等林业院校试用教材

# 森 林 生 态 学

东北林学院主编

林学系各专业用

中国林业出版社

主 编 李景文 (东北林学院)

编写人分工 绪论: 李景文; 第一章: 周本琳 (南京林产工业学院); 第二章: 章浩白 (福建林学院); 第三章: 张仰渠 (西北林学院); 第四章: 詹鸿振 (东北林学院); 第五章: 曾天勋 (华南农学院); 第六章: 詹鸿振、祝宁 (东北林学院); 第七章: 黎向东 (广西农学院林学院分院); 第八章: 薛纪如 (云南林学院); 第九章: 周晓峰 (东北林学院); 第十章: 陈大珂 (东北林学院); 第十一章: 薛纪如; 第十二章、第十三章: 李景文。

全国高等林业院校试用教材

**森 林 生 态 学**

东北林学院主编

中国林业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 11.75印张 270千字

1981年9月第1版 1983年10月北京第3次印刷

印数 15,001—24,000册

统一书号 16045·1046 定价 1.25 元

## 前 言

本教材是根据1977年11月全国林业专业教材会议的决定，由东北林学院负责主编。1978年9月在哈尔滨召开了本教材的编写会议，在东北林学院森林学教研室提出的编写大纲（初稿）基础上，经过与会的11所高等林业院、系20多名教师共同讨论修改后，进行了编写分工。1979年3月草稿完成后，编者又集中一起进行了初审。之后经过修改打印成册，于1979年7月在石家庄召开了审稿会议，参加审定初稿的有北京林学院、南京林产工业学院、东北林学院、西北林学院、中南林学院、云南林学院、福建林学院、内蒙古林学院、华南农学院、四川农学院、华中农学院、山东农学院、河南农学院、贵州农学院、新疆八一农学院、沈阳农学院、甘肃农大、河北林专等18所高等林业院校（系）的专业教师，为编写本书提供了许多修改意见。会议期间林业部科教局和农业出版社派人与会指导。由于成稿比较仓促和编者水平所限，虽然遵照审稿会议和其他同志提出的意见，对一些章节做了较大修改与补充，仍难免存在遗漏和错误的地方，我们诚恳地希望各地同志批评指正，以便再版修改。还需说明的是，由于时间关系，全稿通过统编修改，有些章节变动较大，未经编写人再审阅。

本书主要是为林业、森林保护、园林、野生动物等专业编写的。由于各专业的性质不同，在讲授时可以根据需要对某些章节内容进行适当的删节或补充。

编 者

# 目 录

前言	
绪论	(1)

## 上篇 森林环境

第一章 光因子	(4)
第一节 光的性质与变化	(5)
第二节 光对树木的重要性	(5)
一、树木的光合作用	(6)
二、光对树木生长和形态结构的影响	(7)
三、光周期与林木生长发育	(8)
第三节 树种的耐荫性	(9)
一、树种耐荫性的概念	(9)
二、树种耐荫性的鉴别	(10)
三、影响耐荫性的因素	(11)
第四节 林内光照条件	(11)
一、林内光照强度	(12)
二、林内的光质	(13)
三、林内光照的分布	(13)
四、林内光照的调节	(13)
第五节 森林对光能的利用及提高光能利用的途径	(14)
第二章 温度因子	(15)
第一节 温度和树种分布	(15)
第二节 温度对树木生长发育的影响	(16)
一、温度与生理活动	(16)
二、温度与生长发育	(18)
第三节 节律性变温对树木的影响	(19)
一、昼夜变温与温周期现象	(19)
二、季节变温与物候	(19)
三、积温与树木需热量	(20)
第四节 非节律性变温对树木的影响	(21)
一、低温	(22)
二、高温	(23)
第五节 森林对温度的影响	(23)
第三章 水分因子	(25)
第一节 水分对森林的作用	(25)
一、水分对树木的重要性	(25)
二、不同形态的水及其生态意义	(25)
三、水分条件和森林分布	(27)

四、水分亏缺对树木生长的影响.....	(27)
第二节 树木对水分的需要及其适应 .....	(28)
一、树木对水分的需要.....	(28)
二、树木对水分条件的适应和要求.....	(28)
第三节 森林对水分的影响.....	(30)
一、森林在水分循环和降水中的作用.....	(30)
二、林冠截留.....	(32)
三、森林中的地表蒸发.....	(33)
四、森林中的空气湿度.....	(33)
五、森林中的地表径流.....	(33)
六、森林的蒸腾作用.....	(34)
七、森林中的土壤湿度.....	(36)
第四节 森林涵养水源和保持水土的作用 .....	(36)
第四章 大气因子 .....	(37)
第一节 大气及其生态意义 .....	(37)
一、大气的组成.....	(37)
二、氧.....	(37)
三、二氧化碳.....	(38)
四、闪电.....	(40)
第二节 大气的污染及其对树木的影响 .....	(41)
一、大气污染的形成.....	(41)
二、大气污染对树木的危害.....	(42)
三、树木对大气污染的抗性.....	(43)
四、树木对大气污染的监测作用.....	(44)
五、树木与森林对大气污染的净化效应.....	(45)
第三节 风对树木的影响及森林的防风作用 .....	(47)
一、风对树木的影响.....	(47)
二、森林的防风作用与防护林带.....	(48)
第五章 土壤因子 .....	(51)
第一节 母岩、土壤物理性状与树木生长 .....	(51)
一、母岩和土层厚度.....	(51)
二、土壤质地和结构.....	(52)
三、土壤水分和空气.....	(52)
四、土壤温度.....	(54)
第二节 土壤化学性状与树木生长.....	(54)
一、土壤反应.....	(54)
二、土壤养分元素.....	(55)
第三节 土壤微生物与树木生长.....	(56)
一、固氮微生物.....	(56)
二、菌根真菌.....	(57)
第四节 森林死地被物和矿质元素循环 .....	(58)
一、森林内的死地被物.....	(58)

✓ 二、矿质元素的循环.....	(59)
✓ 第五节 提高森林土壤肥力的措施.....	(60)
第六章 生物因子.....	(60)
第一节 森林植物间的相互关系.....	(61)
一、直接关系.....	(61)
二、间接关系.....	(62)
第二节 动物与森林植物间的关系.....	(65)
一、动物对森林的依存与适应.....	(65)
二、森林动物与植物间的关系.....	(66)
第三节 森林中生物关系的调节和控制.....	(68)
第七章 地形因子.....	(69)
第一节 地形及其基本类型.....	(69)
第二节 巨大地形对森林的影响.....	(70)
✓ 第三节 山地地形因子对森林的影响.....	(72)
一、海拔高度.....	(72)
二、坡向.....	(72)
三、坡位.....	(73)
四、坡度.....	(74)
五、沟谷宽度.....	(75)
第四节 几种特殊地貌的生态特点及其植被.....	(76)
一、黄土高原地貌及植被.....	(76)
二、岩溶地貌(喀斯特地貌)及森林植被.....	(77)
三、海岸地貌及红树林.....	(77)
四、荒漠区地貌及山地植被.....	(78)
生态因子与森林植物相互作用的基本规律.....	(79)

## 下篇 森林群落和生态系统

第八章 森林群落结构特征.....	(84)
第一节 森林植物种类.....	(84)
一、种类组成.....	(84)
二、种的确限度.....	(86)
✓ 第二节 森林植物种类数量.....	(86)
一、多度或密度.....	(86)
二、优势度.....	(88)
三、频度.....	(89)
第三节 森林成层现象和年龄结构.....	(89)
一、成层现象.....	(89)
二、林层的动态变化.....	(91)
三、年龄结构.....	(92)
第四节 森林外貌特征.....	(92)
一、外貌或外形.....	(93)
二、季相变化.....	(95)

第九章 森林群落的发生和演替 .....	(97)
第一节 森林群落发生、发育的一般过程 .....	(97)
一、森林群落发生的进程 .....	(97)
二、森林群落发育时期 .....	(99)
第二节 森林演替原因和分类 .....	(99)
一、森林演替概念 .....	(99)
二、森林演替原因 .....	(100)
三、森林演替分类 .....	(101)
第三节 森林群落的原生演替与次生演替 .....	(102)
一、原生演替与森林形成 .....	(102)
二、次生演替与森林恢复 .....	(103)
第四节 群落演替的“顶极”学说 .....	(104)
一、单元演替顶极 (Monoclimax) .....	(104)
二、多元演替顶极 (Polyclimax) .....	(105)
三、顶极格式假说 (Climax—pattern hypothesis) .....	(106)
第五节 森林演替实例 .....	(106)
一、东北东部山地针阔混交林的演替 .....	(106)
二、长江中、下游常绿阔叶林的演替 .....	(109)
三、热带、亚热带的雨林、季雨林的演替 .....	(111)
第十章 森林群落分类 .....	(113)
第一节 森林群落分类的主要学派 .....	(113)
一、森林类型学的产生 .....	(113)
二、英美学派 .....	(114)
三、法瑞学派 .....	(115)
第二节 生态学的林型学 .....	(116)
一、生态学派的理论基础 .....	(116)
二、生态学派的分类方法 .....	(117)
第三节 生物地理群落学的林型学 .....	(119)
一、生物地理群落学的理论基础 .....	(119)
二、生物地理群落学的分类方法 .....	(120)
第四节 我国的林型工作 .....	(122)
一、天然林的分类 .....	(122)
二、人工林的分类 .....	(124)
三、无林地立地条件的分类 .....	(125)
第五节 森林类型在林业生产上的应用 .....	(127)
第十一章 森林分布 .....	(128)
第一节 世界森林分布 .....	(128)
一、针叶林 .....	(128)
二、落叶阔叶林 .....	(129)
三、硬叶常绿阔叶林 .....	(129)
四、亚热带常绿阔叶林 .....	(129)
五、季雨林 .....	(130)



六、热带雨林·····	(130)
第二节 森林分布的垂直地带性·····	(132)
第三节 我国森林植被分区·····	(134)
一、寒温带针叶林区域·····	(134)
二、温带针阔混交林区域·····	(135)
三、暖温带落叶阔叶林区域·····	(136)
四、亚热带常绿阔叶林区域·····	(137)
五、热带季雨林、雨林区域·····	(138)
六、温带草原区域·····	(139)
七、温带荒漠区域·····	(139)
八、青藏高原高寒植被区域·····	(139)
第十二章 森林生态系统概述·····	(141)
第一节 生态系统一般概念·····	(141)
一、生物圈·····	(141)
二、生态系统·····	(141)
三、生态系统分类·····	(144)
第二节 生态系统的生物种群·····	(144)
一、森林内的绿色植物·····	(145)
二、森林内的动物·····	(145)
三、森林土壤生物·····	(146)
第三节 生态系统的能量流·····	(147)
一、关于能量的基本概念·····	(148)
二、太阳能的固定·····	(148)
三、食物链和生态金字塔·····	(149)
1、能量流·····	(152)
第四节 生态系统的物质循环·····	(153)
一、养分元素循环类型·····	(153)
二、生物循环·····	(153)
三、生物地球化学循环·····	(157)
四、养分循环模式·····	(159)
第十三章 森林生态系统的生产力和生态系统分析·····	(160)
第一节 生态系统的生产力·····	(160)
一、生产力与生物量·····	(160)
二、森林生产力和生物量·····	(162)
三、测定生物生产力方法·····	(165)
第二节 生态系统分析·····	(167)
一、生态系统分析与数学模型·····	(167)
二、生态系统分析的过程(建立系统模型的方法)·····	(168)
三、生态系统分析举例·····	(171)
主要参考文献·····	(175)

# 绪 论

## 一、森林生态学的内容、任务

森林是以树木和其他木本植物为主体的一种生物群落。生态学是研究生物之间及其与周围环境之间相互关系的科学。因此，森林生态学是把森林看作一个生物群落，研究构成这个群落的各种树木与其他生物之间的相互关系，并研究这些生物和它们所在的外界环境之间的相互关系。森林生态学研究的内容，通常概括分为两个部分：森林环境和森林群落，目前又把森林群落和其外界环境一起作为一个生态系统，进行全面深入地研究。

森林环境部分研究各种环境因子及其对林木的作用。环境因子重点研究光、温度、水分、大气和土壤等在空间、时间上的变化和生态意义，同时研究林木对这些因子的耐性和适应性及其生态类型。另一方面，研究森林对这些因子的反作用，即森林对环境的改造和保护。对于森林群落的研究有两种方法：一是静态方法，如研究群落的结构、类型的划分和地理分布都是静态描述，提供群落内或群落之间空间上变化的资料，是识别和鉴定森林群落或立地条件的基础。另一种是动态方法，着重研究群落随时间和其环境的变化而发生的森林演替，说明每一种群落从其建立、发育到成熟，都有一定的周期性，并将依次为其他相似或者不同组成群落所代替；研究森林演替是要了解现有森林本身或受其他因子影响而发生的变化，以便根据经营要求探讨加速、延缓或改变自然演替的途径。森林生态系统的研究是把森林群落和其生态环境视为不可分割的整体，着重研究生态系统内的植物、动物在其所在环境中彼此相互依赖和因果关系，以及各个成分之间物质和能量循环和转化的过程。

森林的用途随着人们对其认识的加深而发生着很大的变化。目前对森林的认识，不只是单纯获取木材或其他林产品，而且还注意到森林涵养水源，保持水土、防风固沙、调节气候、净化空气、减少噪音、防止污染、保护和美化环境，以及对于生物资源的保护等作用。尤其60年代以来，人类面临一些重大社会问题，如能源、粮食、原料和环境等问题，这些问题的解决都与森林及其培育、经营有着密切关系。因此，世界上无论少林国家还是多林国家，对森林及其培育都很重视，并由主要以取得木材为主的经营方向，转变为多种用途的永续利用。为了更好发挥森林的作用，只有深入研究森林与环境之间的相互关系，了解森林发生发展的规律，才能不断扩大森林资源和提高产量，有效地改造气候，并调节人类与环境之间物质和能量的交换，维持自然界的动态平衡，以利农、林、牧业的发展和保障人民的健康。森林是一种可更新资源，人为经营管理得好，能够加快生长、采伐利用和再更新，但要认识到森林作为一个生态系统是与生物圈其他水、陆生态系统相互联系和互有影响。如果大面积森林遭到破坏或砍伐，会发生一连串的反应，如地表水流失、土壤冲刷、河水污染，河里鱼可能遭受死亡或显著减少。一个地区的生物资源也是密切联系在一起的，触动一个，就可能波及全部。如云南西双版纳大勐龙地区森林破坏后三年，土壤肥力剧烈下降，被迫弃荒，使许多有价值的动植物处于灭绝地。绿春地区森林砍伐后其生态系统丧失了调节水文的功能，致使许多山地河流枯

干, 气候变坏, 不能种植水稻, 严重影响农业发展。我国西北的黄土高原历史上曾经是植被繁茂的森林、草原地带, 若干世纪中, 这里风调雨顺, 富饶美丽。可是由于盲目开发, 大片森林被毁, 形成了大片荒山秃岭, 导致水土流失, 气候变化异常, 干旱连年不绝。古今中外类似的事例不胜枚举。所以在利用森林的同时, 就要从长远观点出发, 研究森林的永续利用, 预测人为因素所能产生的生态后果, 避免生态性灾难的发生。人改造自然的能力越强, 就越不能违反生态平衡的法则, 否则, 正如恩格斯指出的: “……我们不要过分的陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一项这样的胜利, 自然界都报复了我们”。

因此, 本学科的主要任务, 就是研究森林内各个成分之间的相互关系, 阐明森林的结构与功能及其调节控制的原理, 为不断扩大森林资源和有效地提高生物生产量, 充分发挥森林多种有益效能和维护自然界的生态平衡提供科学依据。

## 二、森林生态学的发展

森林生态学象其他学科一样是从人们生活、生产实际需要逐渐发展起来的。原始社会里人们为了生存, 需要了解大自然的各种现象和其周围的动物和植物, 如狩猎、采食植物, 寻觅住所, 都必须具备生态方面的知识。根据文字记载, 我国早在一、二千年以前就注意到土壤、气候对树木生长的影响等生态现象。如《淮南子》(西汉)一书就记有“欲知其地, 物其树”(要了解这里环境, 应观察这里的树木), 其后许多古书如《齐民要术》、《群芳谱》等都有森林生态学的内容。古代, 有关林业生产的实际经验积累甚多, 这些经验认真加以总结提炼, 对于森林生态学的研究仍有很大的参考价值。解放以前数十年间, 有关森林生态学的内容, 多系抄袭德、日、美各国林业书籍, 不成体系。解放后, 党和政府颁布了一系列有关林业的方针政策, 为林业生产的发展奠定了基础。随着林业生产的发展, 不仅对我国主要造林树种的生态特性等个体生态学方面有了较深入的研究, 而且在群体生态学方面也有较大进展, 如我国各主要林区均设置了许多临时和固定标准地, 进行森林结构、更新、生长、演替以及森林类型划分和其分布等方面的大量研究; 森林对水土保持和改良气候等环境保护方面的作用, 也有长期的水文和气象观测成果, 从而奠定了我国森林生态学的初步基础。在欧洲19世纪初叶甚至更早些, 法国、德国的一些林学家就已经开始认识到摆脱经验主义的约束, 把营林实践建立在科学基础之上。属于森林生态学范畴的最早著作要算德国赫耶尔(Heyer, 1852)的“林木对光和遮荫的反应”, 它系统地论述了林木耐阴性的理论。之后, 本世纪初叶德国迈尔(Mayr)等林学家的著作又运用了生物学、物理学、化学等基础科学作为林学的理论, 研究立地条件和森林植被之间的相关性, 从而不断取得新的进展。上半世纪欧洲各国建立的实验林场所进行的实验研究, 更奠定了营林的科学基础。这部分营林的基础理论, 最初是包括在森林学内, 随着林业科学和生态学的发展, 到了本世纪20年代以后, 便把营林学基础从森林学中分出来成为生态学的一个分支, 即森林生态学。

生态学一词最早由德国生物学家海克尔(E. Haeckel, 1866年)提出, 最初包括在生物学内。生物学分为植物学和动物学, 生态学也分别作为这两门学科的一部分。植物生态学的产生是在1895年丹麦瓦尔明(E. Warming)的植物生态学一书问世之后, 随着实验植物生态学的发展, 林学家和植物生态学家结合在一起, 共同借助于实验的方法, 研究森林群落和立地条件相互作用的基本原理。但这一时期内, 却忽视了动物(包括土壤动物和微生物)和群落,

以及环境和群落之间相互关系的研究,直到60年代以后,现代生态学才集中于生物群落中植物、动物、微生物的相互作用及其与环境所组成的功能单位即生态系统的研究,70年代又逐步形成生态科学的一个新领域——系统生态学(system ecology),森林生态学也随之有了新的飞跃。

### 三、森林生态学的研究动向

现代科学发展的趋势是,科学分工越来越细,研究越来越深入,但为了解决重大的理论问题或生产问题,又要求高度的科学综合。森林生态学就是在这种自然科学发展的总趋势下,得到迅速发展的。森林是地球上最复杂的生态系统,一般林木个体所触及的许多环境变量,还较容易借助于物理学、化学的手段,进行定量测定或室内、外的实验设计,然而森林群落和生态系统的研究却不那么容易,因为它处在外界环境经常发生变化的综合整体中,变量很多而且变化又极端复杂,过去虽然进行过一些计量调查或定位观测,但还没有总结成定量的规律。随着自然科学的高度发展,在“国际生物学计划”和“人与生物圈”研究计划的推动下,森林生态系统的研究,除传统的林学研究方法外,还广泛利用了数学、物理、化学、生理、气象、水文、系统工程和电子计算机科学的最新成就。尤其70年代以来,运用现代数学的控制理论,对森林生态系统进行系统分析,使之数量化和模型化,从而长期处于描述性的森林生态学跨进了定量实验的领域。因此,森林定位实验研究站的设立,相继在各国得到发展和提高,成为现代林业研究的必要设施。定位站的建立,可以在同一研究目标下,组织各学科协同作战,发挥各学科的专长,对生态系统的结构和功能进行生物学、物理学、化学和数学的分析,最后把宏观的时间-空间概念的计量方法与微观的定性定量的分析手段结合起来,建立各种具有时间、空间变化的预测模型,预测森林在人为的干涉下发生的后果和危害,寻找控制环境质量的设计和经营管理森林资源的最优化方案,成为当前的主攻方向。森林生态系统分析中所使用的现代化仪器,也层出不穷,如自记红外线气体分析仪、自记分光光度计、微弹热量计等。目前已能应用放射性同位素准确测定生态系统内养分循环途径、转移速率和范围。随着电子仪器的发展,遥感技术在林业上的应用,更是对于森林生态的研究开辟了新的重要领域。值得注意的是,数学在生态系统分析中的重要性越来越显著,如建立生态系统的数学模型,需要矩阵代数、多元统计分析、概率论和计算机科学等方面的知识。虽然当前系统生态学的模拟和模型,已经成为目前研究森林生态系统的主流和热潮,但森林生态系统的研究,决不能忽视对它的基础——森林环境和森林群落的研究。这些方面研究得越深入、越细致,才有可能更深入地研究森林生态系统整体,从而建立更符合实际的系统模型,准确预测系统的变化和提出最优化的经营方案。

## 上篇 森林环境

森林所生存地点(包括林木地上和地下两部分)周围空间的一切因素,就是森林的环境,对林木来说,它们彼此之间也互为环境。环境影响着森林,反过来森林也影响着环境的变化。环境因子中对森林(或植物)有作用的,称为生态因子,这些因子综合在一起构成森林的生态环境或简称生境,林学上称为立地条件或立地。自然界没有孤立存在的生态因子,或者单一因子的生态环境,光、热、水、气、矿质营养总是共同存在,相互影响,起着综合性的生态作用。自然界也没有不变的生态因子或静止的生态空间,因子间的相互配合,产生了千差万别的生态环境。各种生态因子可以区分为下列类别:

(一) **气候因子** 光、温度、水分、空气、雷电等。

(二) **土壤因子** 土壤有机和无机物质的物理、化学性质,以及土壤微生物等。

(三) **生物因子** 包括植物和动物因子。

(四) **地形因子** 山岳、高原、平原、洼地、坡向、坡度等,这些都是间接生态因子。

各种生态因子分别加以叙述,有利于阐明各种因子的作用,例如讲到植物在55℃的高温下,会遭受热的直接损害,或者降水是决定某一树种分布的限制因子。但这样却容易造成一种错觉,认为每种因子只是以单独的力量作用于林木,忽略各因子相互联系的综合作用。所以最后进行分析时,有关各因子还必须同时加以考虑。森林环境这一部分,不仅讨论各种环境因子对森林的作用,而且也研究森林对这些因子的反作用,即森林对环境的改造和保护。生态因子与森林植物相互作用的基本规律,将在本篇后面加以讨论。

环境因子的研究方法,可以用试验办法使树木生长处在变更一个或两个环境因子的条件下,然后根据这些因子已知量的变化进行比较和重复试验。森林内可以利用样地进行野外试验,如样地可采用各种处理方法,从而改变某些环境因子。苗圃或温室内适于树苗的试验,对环境因子可以进行较高精度的控制。近年来应用人工气候室,可以把树苗安排在调节好的不同气温、光照和湿度的各个气候室内,在稳定的人工环境中进行对比试验。这种精确的试验控制,更能增加对树木生活、生长与环境因子相互关系的认识。

### 第一章 光 因 子

地球上生命活动的能量来自太阳辐射,由绿色植物的光合作用将太阳辐射能转化为化学能,积蓄在合成的有机物质中,除供本身消耗外并提供给其它生物体,为地球上几乎一切生命提供了生长、运动、繁殖的能源。太阳辐射还对植物的各种生理活动,组织、器官的分化,形态结构,生长发育等有着直接或间接的影响。此外,由于太阳辐射,在空间与时间上的

分配,直接影响着地球表面各种气候变化与季节变化,为生物的生长发育提供了条件。因此,太阳辐射具有十分重要的生态意义。

### 第一节 光的性质与变化

太阳辐射是一种电磁波,通过大气层后,一部分被反射到太空,一部分被大气层吸收,只有一部分投射到地球表面,因而其辐射强度显著削弱。北半球投射到地面的太阳辐射强度平均为大气上层平面强度的47%,其中24%是直接辐射,还有23%是散射和漫辐射。

太阳辐射是由各种不同波长所组成,通过大气层投射到地球上的太阳辐射,波长在0.29—30微米( $\mu\text{m}$ )之间,其中被植物色素吸收具有生理活性的波段称为生理辐射,约在0.4—0.7微米之间,这个波段与可见光的波段基本相符,对植物有重要的意义。因此生态学上往往着重研究可见光与植物之间的关系。

可见光中对植物生理活动具有最大活性的为0.6—0.7微米的橙、红光,其次为0.4—0.47微米的蓝光,植物对0.5—0.6微米的绿光吸收最少。可见光以外,在短波方面,0.3—0.4微米为紫外线,能抑制茎的延伸,促进花青素的形成,波长小于0.3微米的短波为灭生性辐射,但已为高空臭氧所吸收,在可见光的另一端,长波方面为红外辐射,不足以刺激化学反应,但具有增热效应(超过0.7微米以上的长波,植物吸收实际上等于零)。在远红外线部分的吸收主要是由叶组织中的水分完成的。太阳辐射中各种不同的波长,对植物具有不同的光化学活性及刺激作用,但总的讲,植物对太阳辐射中的光谱是综合进行反应的。

投射到地面的太阳辐射强度随着纬度而不同。一般高纬度地区的光照强度低于低纬度地区,又因高纬度地区太阳辐射穿过的空气层距离较长,所以散射光、漫射光的比例也比较大。随纬度的增高,冬夏两季的光照强度与日照时间的差异也增大。在夏季,北方的光照强度虽然较低,但每天的日照时间却较长,这对北方植物夏季的生长十分有利。海拔较高的地区由于大气层较薄,水汽、微尘较少,大气透明度较高,地面的光照强度也较大。此外,各地区的气候特点、地形、大气透明度等都直接影响植物生长季中的光照强度。

我国幅员辽阔,地理环境比较复杂,各地太阳辐射资源有很大的差异。太阳辐射随纬度所发生的这种变化时常要因某一局部地区的日照时间、云量、空气湿度等因素的影响而产生偏差。例如,在我国华北地区的局部范围内,太阳辐射能量的变化就不是由南向北的增加而是相反,这主要是因为愈向北日照率\*愈高,故总辐射量(直辐+散射)也愈大。华北地区全年总辐射大约在90—125千卡/厘米<sup>2</sup>左右,其中以渭水流域最少,为90千卡/厘米<sup>2</sup>左右(这里云雾多),山西高原和华北平原北部最多,为125千卡/厘米<sup>2</sup>左右。

### 第二节 光对树木的重要性

光的强度、性质、日照长短直接影响着树木的各种生理活动,生长发育和形态结构。这

\* 日照率是指在一定纬度地区一定时间内实际日照与可能日照(在无云条件下)的比值百分率。

些影响随着树种的遗传性，树木在生活周期中所处的阶段及其他环境因子的状态而不同。

### 一、树木的光合作用

树木生长发育所需的干物质积累主要来源于光合作用，光合作用是一个十分复杂的过程，也是一个受多种因素制约的过程，其中光是一个直接参与的最重要的因素。

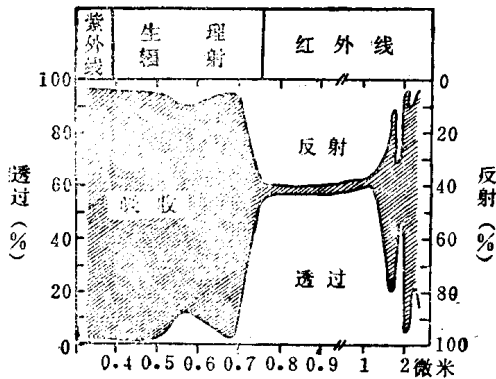


图 1—1 杨树 (*Populus deltoides*) 叶片对光线的吸收、透过和反射的百分比 (自 Larcher, 1975)

光合作用过程中，一部分光能转变为化学能，贮存在形成的有机物质中。当太阳辐射投射到主要光合作用器官——绿色叶面上时，大约 75% 为叶片所吸收。叶片对光的吸收是有选择性的，见图 (1—1)。大部分生理辐射被吸收，大部分红外线被反射 (波长大于 0.7 微米又被叶中的水分吸收)，大部分紫外线虽被吸收但被叶片的表皮层所阻挡，进入叶肉组织中很少。透过叶面的波长则大体上与叶片反射的波长相符。

植物叶片所吸收的全部太阳辐射中，只有很少一部分 (约 1—2%) 通过光合作用转变为化学能贮存在有机物质中，其余转化为热能大部分消耗在叶片的蒸腾作用上，一部分增加叶温并与周围空气进行热量交换。

叶片上这种能量分配的特点与植物的特性，叶片的形态结构及其它的环境因素有密切关系，并对植物的光合作用及其它的生理活动产生直接的影响。

光照强度与光合作用强度有着密切关系。低光照条件下，植物的光合作用较弱，当合成的产品恰好抵偿呼吸消耗时，这时的光照强度称为光补偿点。随着光照强度的增加，光合作用强度也随之提高并不断地积累有机物质。但光照强度增加到一定程度后，光合作用增加的幅度就逐渐减缓，最后达到一定的限度，不再随光照强度而增加，这时达到光饱和。植物的补偿点与光饱和在农林业生产上具有重要的意义。

不同类型植物的补偿点、光饱和有较大的差异。耐荫植物的补偿点较低，如山毛榉、冷杉等树种补偿点只有几百米烛光，而喜光的植物常达千米烛光以上，一般树种的光饱和在二至五万米烛光，但有些植物如 C<sub>4</sub> 植物可达十万米烛光，某些阴性植物光饱和则不到一万米烛光。

各种植物的补偿点与光饱和随环境条件，植物的年龄与生理状态而有一定幅度的变动，同一植株上，不同部位的叶子其补偿点与光饱和往往也有显著的差异，各类植物的补偿点，光饱和可见表 1—1。

由此可见，不同树种光合作用强度与光照强度的关系并不一致。一般阳性树种的光合作用强度随光照强度增加一直到接近全光照，而耐荫树种的光饱和较低。例如，红松在正常生长情况下，需光量和光合作用强度为云杉的 1.5 倍，为一般阳性松类的 0.94 倍；落叶松的光合强度比云杉大 2—2.5 倍。红松在全光下补偿点为 150 米烛光左右，半光区为 100 米烛光，

表 1—1 最适温度及二氧化碳含量正常条件下，各类植物补偿点与光饱和的光照强度

植 物 类 型	补偿点 (千米烛光)	光饱和 (千米烛光)
草本 C <sub>4</sub> 植物	1—3	超过80
C <sub>3</sub> 农作物	1—2	30—80
阳性草本植物	1—2	50—80
阴性草本植物	0.2—0.5	5—10
木本 冬季落叶乔、灌木阳生叶	1—1.5	25—50
冬季落叶乔、灌木阴生叶	0.3—0.6	10—15
常绿树及针叶树 阳生叶	0.5—1.5	20—50
常绿树及针叶树 阴生叶	0.1—0.3	5—10
苔藓及地衣	0.4—2	10—20

而在郁闭区为 70 米烛光。另据洛奇 (Loach) (1967) 对一些阳性和阴性树种光合和呼吸速率的测定如表 1—2。表中说明阳性和阴性树种在强光下的最大光合速率 ( $P_{max}$ ) 有着明显区别。阳性树能更有效地利用强光，但在遮荫条件下也有较大的忍耐力 ( $P_{250}$ )，只是阳性树种呼吸速率始终比阴性树种高，因而在遮荫条件下生长不良。

表 1—2 阳性树和阴性树光合和呼吸速率比较表

	阴 性 树		阳 性 树	
	阳 叶	阴 叶	阳 叶	阴 叶
$P_{max}$ (毫克CO <sub>2</sub> /分米 <sup>2</sup> /小时)	7.0	6.4	18.0	12.2
$P_{250}$ (毫克CO <sub>2</sub> /分米 <sup>2</sup> /小时)	0.9	2.0	0.3	1.4
R (毫克CO <sub>2</sub> /分米 <sup>2</sup> /小时)	1.2	1.0	2.5	3.2

注： $P_{max}$ —随光强度增加，所达到的最大光合速率； $P_{250}$ —250英尺烛光的光合速率；R—黑暗条件下的呼吸速率（自Spurr, 1973）。

各树种对光强度都有一定的适应范围，强光及高温条件往往增加植物的蒸腾及呼吸作用，甚至使叶片的气孔关闭，反而不利于植物光合作用产物的积累；而在稠密的林冠下，由于光线过弱，因而弱光又可能成为树木生长的限制因子。由于光合作用强度除光强度外还受其它因素的影响，因此必须从树木生长的综合条件来分析光照强度与光合作用的关系。

## 二、光对树木生长和形态结构的影响

光的强度与光质不仅影响植物的光合作用，还对植物茎、叶的生长及形态结构有一定的作用。

有一部分树种的种子需要在光照条件下发芽，例如桦木种子就是典型的需光发芽的种子。需光发芽的种子往往对红光比较敏感。然而有些植物的种子，光能迟滞或抑制它的发芽，例如一些百合科的植物和蓖麻等。

光对植物胚轴的延伸有抑制作用。在弱光下幼茎的节间充分延伸，形成细而长的茎，而在充足的光照条件下则节间短、茎较粗。光能促进植物组织的分化，有利于胚轴维管束中管状



分子的形成，因而在充足的光照下，幼苗的茎有发育良好的木质部。

充足的阳光，还能促进苗木根系的生长，形成较大的根/茎比率。大多数树种在水肥条件充足的情况下，是可以进行全光育苗的，并且可以获得较高的产量。

树木长大后，均需要充足的光照条件，只是不同树种在其正常生长发育中所需的光照强度幅度有所差别，有些树种能适应弱光，有些树种则不能，有些树种在一定的年龄阶段需要适当的遮荫。

叶子是直接接受阳光进行光合作用的器官，对光有较强的适应性。由于它所在生境的光强度不同，其形态结构上往往产生适应光的变异，称为叶子的适光变态。强光下发育的阳生叶与弱光下发育的阴生叶在形态结构上有如下的区别（表1—3）。

表1—3 树木阳生叶与阴生叶在形态结构上的主要区别

	阳 生 叶	阴 生 叶
叶 片	厚 而 小	薄 而 大
角 质 层	较 厚	较 薄
叶肉组织分化	栅状组织较厚或多层	海绵组织较丰富
叶 脉	密	疏
叶 绿 素	较 少	较 多
气孔分布	较 密	较 稀

生理上，阳生叶的蒸腾作用，呼吸作用较强，光的补偿点与光饱和较高。

由于植物叶子的适光变态在强光下趋向阳生结构，在弱光下趋向阴生结构，因而阳性树种的叶子主要具有阳生叶的特征。耐荫树种由于适应光强度的范围较广，通常阳生叶与阴生叶分化较明显。林冠下或阴暗处生长的一些阴性植物，主要具有阴生叶的特征。

此外，树冠内各层叶子的形态、排列、镶嵌也是叶子对光的一种适应。

由于不同树种枝叶生长所能忍耐的光照强度不等，因而喜光的树种一般形成稀疏、透光、叶层较薄的树冠，而耐荫树种的树冠一般比较浓密，叶层较厚。

很多树木，由于生长在光照强度分布不均的条件下，枝叶向强光方向生长茂盛，向弱光方向生长孱弱或不能生长，形成明显的偏冠。一些喜光性强的树种甚至发生主干倾斜、扭曲等现象。在林冠下层的林木，由于光照主要来自上方，形成主干细长，树冠狭小集中于顶端，林缘木由于单方向的强光而形成旗形树冠，这些都是偏冠的表现。

### 三、光周期与林木生长发育

林木的开花结实必须要有充分的营养积累和适宜的环境条件，其中光照强度是一个重要因素，充足的阳光有利于林木的营养积累，也有利于花芽的形成，因而林木的开花结实必需有充足的光照条件。长期生长在郁闭林冠下的植物开花较少或不能开花。很多林下植物是实行无性繁殖或者在上层林木落叶期间进行早春开花。

除了光照强度外，每日光照时间的长短对植物的开花也有明显的影响。由于长期适应不同光照周期的结果，有些植物需在长日照条件下开花，另一些植物则在短日照条件下才能开花。植物开花对昼夜周期的这种适应称为植物的光周期反应。