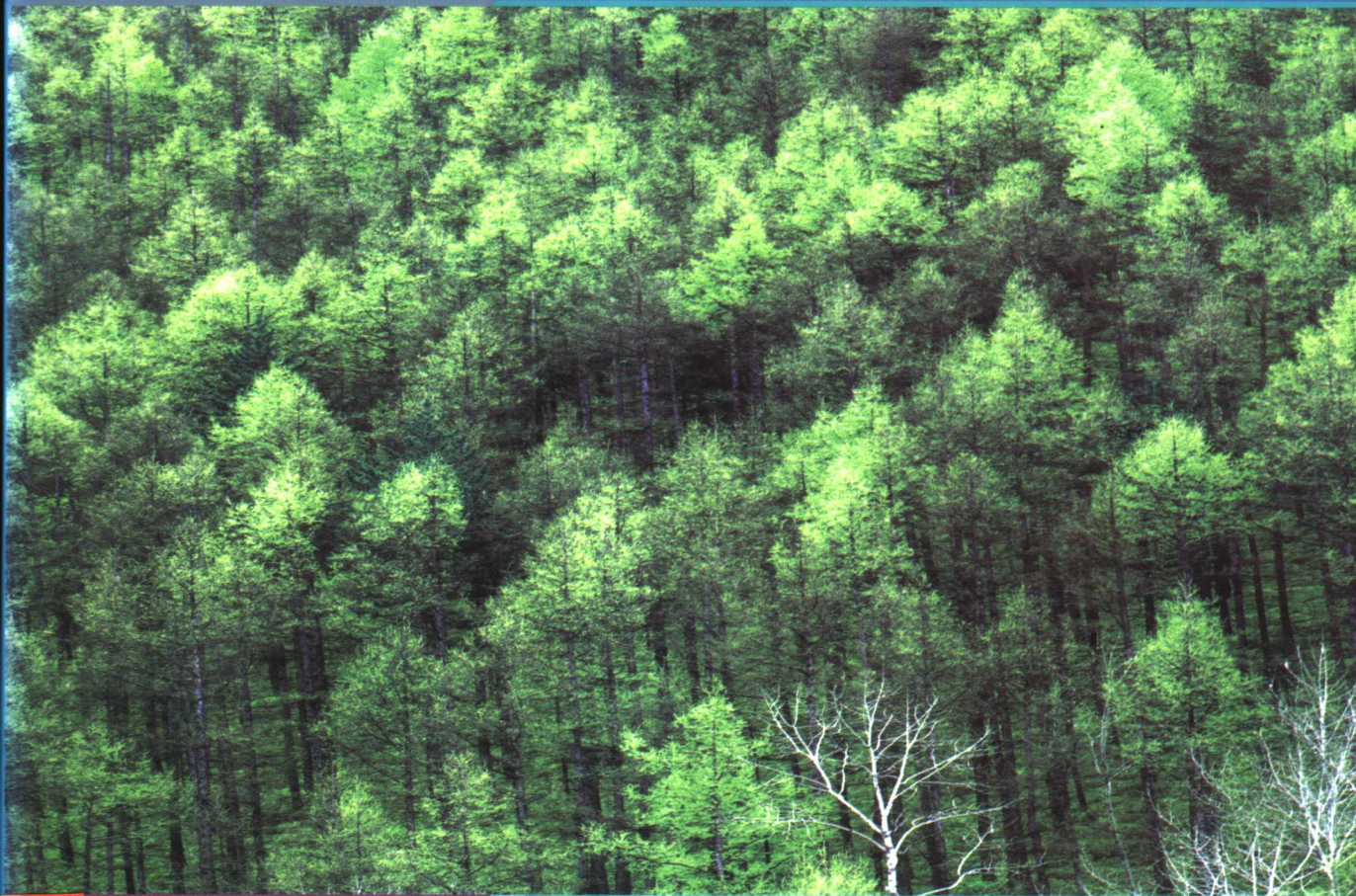




教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

森林培育学

主编 翟明普 副主编 贾黎明 郭素娟



中央广播电视大学出版社

森林培育学

主 编 翟明普
副主编 贾黎明 郭素娟



中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

森林培育学/翟明普主编. —北京:中央广播电视
大学出版社, 2001.7

ISBN 7-304-02094-6

I. 森... II. 翟... III. 森林培育 IV. S753

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 049301 号

版权所有,翻印必究。

森林培育学

主 编 翟明普

副主编 贾黎明 郭素娟

出版·发行/中央广播电视大学出版社

经销/新华书店北京发行所

印刷/北京市华龙印刷厂印刷

开本/787×1092 1/16 印张/17.75 字数/408千字

版本/2001年7月第1版 2001年9月第2次印刷

印数/3001—8000

社址/北京市复兴门内大街160号 邮编/100031

电话/66419791 68519502 (本书如有缺页或倒装,本社负责退换)

书号:ISBN 7-304-02094-6/S·27

定价:24.00元

目 录

绪 论	(1)
第一章 基础知识	(3)
第一节 森林的特征与作用	(3)
第二节 森林与环境因子	(6)
第三节 森林群落	(18)
第四节 森林生态系统	(33)
第五节 森林保护	(45)
第二章 种子生产	(50)
第一节 林木结实	(50)
第二节 林木良种生产基地及其经营	(55)
第三节 种实的采集和调制	(60)
第四节 种实贮藏	(68)
第五节 林木种子品质检验	(72)
第六节 林木种子休眠与催芽	(79)
第三章 苗木培育	(84)
第一节 苗圃的建立	(84)
第二节 土壤耕作、施肥和轮作	(88)
第三节 播种苗培育	(97)
第四节 营养繁殖苗培育	(107)
第五节 移植苗培育	(119)
第六节 苗木质量评价、出圃、贮藏与包装运输	(120)
第七节 容器育苗与温室育苗	(123)
第四章 森林营造	(131)
第一节 森林营造概述	(131)

第二节	造林地与树种选择	(135)
第三节	造林密度和种植点的配置	(150)
第四节	人工林树种组成	(160)
第五节	造林地整地	(172)
第六节	造林方法	(180)
第七节	人工幼林的抚育管理	(186)
第八节	造林规划设计和造林检查验收	(189)
第五章	森林抚育	(194)
第一节	森林抚育的概念及其意义	(194)
第二节	林地抚育	(195)
第三节	抚育采伐	(198)
第四节	人工修枝	(207)
第五节	林分改造	(209)
第六章	森林主伐与更新	(216)
第一节	森林主伐与更新的概念和内容	(216)
第二节	皆伐与更新	(218)
第三节	渐伐与更新	(221)
第四节	择伐与更新	(224)
第五节	采伐工艺与更新	(227)
第六节	矮林、中林作业	(230)
教学实验		(233)
林木种子品质检验		(233)
教学实习		(255)
1. 育苗教学实习		(255)
2. 森林营造教学实习		(267)
3. 森林经营教学实习		(277)

绪 论

森林是陆地生态系统的主体，在维护整个地球的生态环境中具有极其重要的作用。当前全世界普遍关心的气候变暖、生态环境恶化、生物多样性锐减等环境问题，都和森林有着密切的关系。我国是一个拥有众多人口的发展中大国，又是一个少林的国家。当前存在着森林资源总量不足、水土流失严重、土地沙漠化等生态环境问题。这些问题的解决，在很大程度上与森林培育有关。发展森林、保护森林，是关系到人类的生存与发展的大事，在可持续发展战略中具有不可替代的作用。

一、我国的森林资源

根据我国第5次森林资源清查（1994~1998年）的结果，我国有森林面积15 894.09万 hm^2 ，全国森林覆盖率为16.55%，森林蓄积量1 126 659.14万 m^3 。

森林资源按林种划分：用材林面积9 939.5万 hm^2 ，蓄积量720 618.84万 m^3 ；防护林面积2 138.47万 hm^2 ，蓄积量219 296.93万 m^3 ；薪炭林面积445.17万 hm^2 ，蓄积量8 751.43万 m^3 ；特用林面积396.80万 hm^2 ，蓄积量59 897.03万 m^3 。

森林资源按起源分：天然林面积10 696.54万 hm^2 ，占全国森林面积的69.62%，蓄积量907 264.76万 m^3 ，占全国森林总蓄积量的89.96%；全国人工林面积4 666.69万 hm^2 ，占全国森林面积的30.38%，蓄积量101 299.47万 m^3 ，占全国森林总蓄积量的10.04%。

二、我国森林培育工作的成就与存在的问题

1949年以来，特别是改革开放以来，我国森林培育工作取得了举世瞩目的成就，其主要表现为，经过多年的植树造林使我国的人工林面积达到世界第一。森林面积列俄罗斯、巴西、加拿大、美国之后，居世界第5位；森林蓄积量列俄罗斯、巴西、加拿大、美国、扎伊尔、印度尼西亚之后，居第7位。

但是，我国的林业发展水平和世界先进国家相比还有很大差距。

首先是我国人均占有森林资源极低，我国的森林覆盖率16.55%，仅相当于世界森林覆盖率27%的61%；人均占有森林面积0.128 hm^2 ，相当于世界人均占有量0.6 hm^2 的21.3%；人均森林蓄积9.048 m^3 ，相当于世界人均占有量72 m^3 的1/8。

其次是森林的地域分布极不均匀。黑龙江、吉林、内蒙古、四川、云南等5省(区)的森林面积和蓄积量,分别占全国的41.2%和52.4%,生态环境极其脆弱的西部地区,如新疆、青海、甘肃、宁夏、西藏的大部分地区和内蒙古西部的森林资源稀少,有的省(区)的森林覆盖率不足1%。

第三,森林资源质量差,主要表现在单位面积蓄积量很低。全国林分平均蓄积量仅 $78.06 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,人工林的质量更差,为 $35 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,仅为天然林 $91 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的1/3强。可见,人工林的林分生产力尚待提高。

三、森林培育学的概念与内涵

森林培育是从林木种子、苗木、造林到林木成林、成熟的整个过程中按既定培育目标和客观自然规律所进行的综合培育活动,它是森林经营活动的主要组成部分和不可或缺的基础环节。森林培育学是研究森林培育的理论和实践的学科,是林学的主要二级学科。

森林培育学既然是涉及森林培育全过程的理论和实践的学科,它的内容就应该包括森林培育全过程的理论问题,如森林立地和树种选择、森林结构及其培育、森林生长发育及其调控等等基本理论问题;也包括全培育过程各个工序的技术问题,如林木种子生产和经营、苗木培育、森林营造、森林抚育及改造、森林主伐更新等。森林培育可按林种区别不同的培育目标,技术体系应与培育目标相适应。一些特定林种的培育科技问题,由于事业发展需要和培育特点明显,已陆续独立为单独的课程,如经济林学、防护林学等,它们统属于森林培育学科群。

森林培育是把树木为主体的生物群落作为生产经营对象,它的活动必须建立在生物群落与生态环境相协调统一的基础上。因此,对以树木为主体的生物体及其群落的本质和系统的认识,以及对生态环境本质和系统的认识,是森林培育必需的基础知识。以植物学、植物生理学、遗传学、群落学、植物病理学、昆虫学等学科为代表的生命科学,以及以气象学、土壤学、水文学、地质学等学科为代表的环境科学,是为森林培育提供基础理论和知识的主要源泉。

森林培育学在本质上是一门栽培学科,与作物栽培学、果树栽培学、花卉栽培学等处于同等地位。与其他学科的不同之处是,培育的对象(林木)种类多、体积大、培育周期长、群体结构复杂、培育方向和集约程度分异等。

第一章 基础知识

第一节 森林的特征与作用

一、森林的概念

森林是以乔木和其他木本植物为主体的生物群落。构成这个群落的成分，除了乔木、灌木外，还包括其他植物、动物和微生物，及其所栖息的环境。可见森林不是树木的简单集合，而是具有一定的结构、各个组分间相互作用和制约，并与外间环境发生紧密关系的极其复杂的整体。

森林生态学是把森林看作一个生物群落，旨在阐明森林中各种树木之间、树木与其他生物之间以及生物体与其所处外界环境之间的相互关系的学科。

森林生态学的研究内容通常包括两个部分：森林环境和森林群落，目前又把森林群落与森林的外界环境作为一个整体——生态系统，进行全面深入的研究。

森林环境部分研究环境因子及其对森林植物的作用。重点研究光、温度、水分、大气和土壤等在空间和时间上的变化及其生态意义，同时研究林木对这些生态因子的反作用，即森林对环境的改造和保护。

森林群落的研究包括两个方面：一是静态地研究群落的结构、类型的划分和地理分布，提供群落内、群落间空间的资料；二是动态地研究群落随时间和环境的变化而发生的森林演替，提供各种群落从建立、发育到成熟以及被其他群落所代替的周期性，了解现有森林受本身和外界环境因子的影响而发生的变化。

森林生态学的任务是揭示树木与环境间的关系，发挥树木的生态适应性，以便充分地利用环境资源，提高对环境条件的利用率，发挥森林的多种效益；利用群落和生态系统的理论，揭示森林群落变化的内在规律，发挥森林群落的生产潜力和对环境的改造作用，并根据经营要求探讨加速、延缓或改变群落演替的途径。

二、森林的特征

(一) 森林在陆地生态系统中的重要性

森林是所有陆地生态系统中面积最大、结构最复杂、功能最广、最稳定、生物总量最大的生态系统，对整个陆地生态系统有着决定性的影响。

(二) 森林与环境的统一

任何生物都离不开环境，也只适应于一定的环境，并与环境取得矛盾的统一而存在和发展。树木和森林的地带性和异质性都说明了这一点。每一种森林都是在特定的环境条件下形成的，而一定的环境条件又孕育着一定的森林。例如，我国大兴安岭的樟子松纯林、小兴安岭长白山地区的红松阔叶混交林、华北地区的油松栎类混交林、南方地区的马尾松阔叶混交林，都是特定的环境条件下形成的，都具有明显的地带性。

(三) 森林是无可替代的可再生资源

森林资源不同于石油、煤炭等其他资源，它的本质是利用叶绿素固定太阳能生产有机物，是世界上无可替代的再生资源。

(四) 林分特征

一片森林，如其内部特征一致，与周围有明显区别，则将这个森林地段称为林分。林区或森林地段都是由一个个林分组成的。划分林分的特征主要有：树种组成、林相、林龄、疏密度、起源、地位级等，

1. 林分的树种组成

指组成林分的树种及其所占的比例，通常以十分法表示，各个树种的比例一般按照其蓄积量或胸高断面积计算。例如，油松和栓皮栎各占5成的油松栓皮栎混交林可以表示为5油5栓。

2. 林相

是指乔木林冠的层次状况。林冠集中在一个层次，称为单层林；林冠具有两层或两层以上的，称为复层林。林冠层次不清，上下连接而构成垂直郁闭者，称为连层林。自然界的森林，在林相方面表现出复杂性和多样性，在森林调查时，需要对林层的划分确定一定的标准，例如，一般层间高差要大于20%，每层林木要有一定的数量（以每公顷林木的蓄积量计）等。

3. 林龄

指林分的年龄，以龄级来划分。龄级以树种的生长速度和寿命来确定。我国的树种繁多，生长速度差异大，常用的龄级组及其适用树种划分如下：

20年为1个龄级：适用于云杉、冷杉、红松、樟、楠、栎类等生长速度慢、寿命长的树种。

10年为1个龄级：适用于油松、马尾松、云南松、落叶松、桦木、槭树等树种。

5年为1个龄级：适用于杉木、杨树、柳树、桉树、木麻黄、刺槐等速生树种。

竹类一般以1~2年为1个龄级，因为其生长速度快，龄级期长了，则难以反映其生长的变化。

林学上的同龄林是指年龄相差不超过1个龄级的林分。准确地说，应该称为相对同龄林。龄级相差1个龄级以上的林分，称为异龄林。

龄级的表示方法是：从幼龄开始计，用罗马数字I、II、III、IV、V…等表示。

4. 密度、郁闭度、疏密度

密度 即单位面积上的株数。

郁闭度 是林冠之间的闭合程度，以林冠的垂直投影面积和林地面积的比例来计算，以小数表示。郁闭度最高为1.0。

疏密度 是林分生产力的指标，以测定林分的胸高断面积与标准林分的胸高断面积之比来计算，以小数表示。所谓标准林分是指与测定林分的树种、年龄和地位级等条件相同、而生产力最高的林分。标准林分的疏密度为1.0，而测定林分的疏密度小于或等于1.0。

5. 起源

起源是指森林发生、形成的特点。森林按照起源，一般分为天然林和人工林，也可以根据繁殖方式分为实生林和萌生林。实生林是指由种子繁殖而形成的森林，萌生林是指由树木的营养器官繁殖而成的森林。

区分森林的起源在森林培育实践上是有重要意义的。其重要原因是，天然林和人工林在林分结构、生长速度等方面均有不同，因而应采取不同的培育措施。天然林一般由多个树种组成，结构比较复杂，各树种的生长速度差异大，应根据树种的特点采取相应措施；而人工林的树种比较单一，结构相对简单，培育措施也简单。实生林和萌生林的区别就更大：实生林早期生长速度较慢，但是寿命长，能够培育成大径材；萌生林虽生长速度快，但是衰老快，不易培育成大径材，木材易发生心腐，因而，适宜进行短轮伐期栽培。

三、森林的生态、经济和社会效益

人们对森林作用的认识在逐渐发生变化。人们目前不再只是单纯地从森林获取木材和其他林产品，而是已经注意到森林在涵养水源、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，以及对生物多样性的保护等方面的作用。

森林对于保护地球环境的安全是不可缺少的屏障。然而，森林本身也是一种生物体，必须得到应有的保护。

思考复习题

简述林分特征。

第二节 森林与环境因子

一、森林环境因子的分类

自然界生物生存的环境中存在着很多生态因子，它们在性质、特征和强度方面各不相同，这些因子相互组合、相互制约，构成了多种多样的生存环境。为了便于研究它们之间的相互关系，人们将各种生态因子划分为6类：

(一) 气候因子

指光照、温度、水分、空气、风和雷电等。这些因子对于森林的地理分布、形态结构、生长发育和生产力高低等产生程度不同的影响。

(二) 土壤因子

土壤是岩石风化后形成的生命的和非生命的复合体，土壤因子包括土壤中有机和无机物的理化性质及土壤微生物等。森林分布、生长发育和生产力与土壤条件紧密相关。

(三) 地形因子

地貌（山地、丘陵、平原、低地）、地形部位（坡向、坡度、坡位）和海拔高度对气候因子进行再分配，因而对森林植物产生间接的影响。

(四) 生物因子

包括植物、动物和微生物，也包括生物之间的相互关系，如植物与动物、土壤微生物之间的相互作用，以及植物间、动物间的相互作用。

(五) 人为活动

主要指人类对森林资源的利用和改造，包括有利的和不利的两方面。

(六) 火因子

火是一个重要的生态因子，直接或间接地影响着森林中动植物的种类和种群数量。

二、森林与光

森林生长所积累的干物质主要来源于光合作用，而光是森林植物进行光合作用的能源。在太阳辐射的光谱中，按照其波长可以分为紫外光谱区、可见光光谱区和红外光谱区。当太阳辐射投射到植物的光合作用器官——绿色叶片上时，一部分光能将通过光合作用被转变为化学能，贮藏在有机体中。并非所有的光辐射都能被植物的光合作用所利用，只有可见光才能在光合作用中被植物所利用并转变为化学能，所以，具有最大的生态学意义。我们把对光合作用起作用的光称为生理辐射。

按照光到达地面的光照性质，可以分为直射光和散射光。森林植物不仅可以利用直射光，而且可以利用来自天空、云层的散射光和透过林冠的透射光以及来自地面与水面的反射

光。不同性质的光所含的生理辐射不同。

光照条件对植物的作用不仅取决于光的种类和性质，而且与光的强度相关。光照强度太弱时，林木光合作用所生成的有机物质比呼吸作用所消耗的物质少，林木就会停止生长；在一定范围内，植物的光合作用的强度随着光照强度的增加而增加，但光照过强，则会由于破坏原生质和叶绿素，或因失水过多关闭气孔，这样，使森林植物的光合作用降低直至停止。

光照强度对森林植物的开花结实也非常重要。植物开花对昼夜周期变化的适应，称为植物的光周期现象。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，有些植物则在短日照条件下开花。光周期不仅影响植物的开花结实，还影响植物的营养生长和芽的休眠。例如，春天的长日照可促使某些树种提前萌发。

光照对树木的形态也有显著影响。在全光照下生长的孤立木，有着开阔而庞大的树冠，低矮的树干；密林中树木，因光照微弱而树冠窄小，树干细长。单方向的光照会引起树冠旗形，导致树干偏斜。

叶片是树木直接接受阳光并进行光合作用的器官，对光照有较强的适应性。因叶片所处生境中的光照条件不同，在形态和结构上往往会产生适应光的变异。经常处于强光下的叶片称为阳生叶，叶片小而厚，角质层厚，栅状组织发达，气孔较密；长期处于弱光或庇荫下的叶片称为阴生叶，叶片大而薄，角质层薄或缺，海绵组织发达，气孔较稀。

树木一般都需要在充足的光照条件下才能正常地生长发育，但是，由于不同树种对光的需求量和适应范围不同，一些树种能适应比较弱的光照条件，可在庇荫条件下生长，而另一些树种只有在较强的光照条件下才能正常生长发育。在林业上，树种的耐荫性是指在林冠的庇荫下能否正常生长，并完成下种更新的能力。根据树种的耐荫程度，可将其分为阳性树种、耐荫树种和中性树种等3类。

阳性树种是只有在全光照或强光照条件下才能正常生长发育，不能忍耐庇荫，在林冠下一般不能完成正常的下种更新。例如，松类、落叶松类、杨树、相思树等属于此类树种。

耐荫树种是在林冠下可以正常下种更新的树种。有些强耐荫树种只有在林冠的庇荫下才能正常下种更新，例如云杉、冷杉、铁杉等。

中性树种是间于以上二者之间的树种。这类树种既可以在全光照条件下正常生长，也可以忍耐一定程度的庇荫。例如椴树、槭树、水曲柳、香樟、榕树等。

三、森林与温度

热量是植物不可缺少的重要因素。

(一) 温度与树木的生理活动

树木的生理活动是在一定的温度变幅内，只有达到所需要的最低温度时，某一生理活动过程才开始进行，并随着温度的增高而增强。当该生理活动达到最旺盛时的温度叫最适温度。当超过最适温度后，生理活动随温度的增高反而降低，直到停止。因此，各个生理活动具有最低温度、最适温度和最高温度3个指标，通常称为温度的三基点。

光合作用的最低温度随树种而不同。多数树种在 5 ~ 8℃ 时就开始进行，但针叶树种，如云杉和某些松树等能在 -5 ~ 8℃ 进行微弱的光合作用；喜温树种低于 5℃ 光合作用就停止。多数树种的最适光合作用最适温度在 25 ~ 35℃ 之间。

呼吸作用的温度范围比光合作用的幅度大，最适温度也比光合作用的高，最低温界限低于光合作用。

（二）温度与树木的生长发育

林木种子只有在到达一定的温度时才能发芽。因为制约种子生理活动的酶只有达到一定的温度时才具有活性。

多数树木从萌芽、抽枝、展叶、开花结实到种子成熟，其最适温度依次增高；也有不少树种，如杨树、柳树、榆树等开花在先，放叶在后。许多寒冷地区的树种，在系统发育过程中，由于长期对冬季低温适应的结果，一定的低温则成了这些树种发育所必要的条件，如果在生活过程中得不到低温，尽管到了花期，仍然不能开花结实。

一年中，树木从树液流动到落叶为止的天数叫生长期，不同树种生长期的长短不同。一般南方树种的生长期比北方树种的长，生长量大。这和热量有关。

温度也影响到树木根系的生长和对水分与矿质元素的吸收。过低的和过高的温度对于根系的吸收功能都是不利的。

（三）温度与植物分布

地球上各地的温度条件随纬度和地形的不同而有很大变化。一般来说，纬度每增高 1 度（约 111km），年平均温度大约下降 0.5 ~ 0.9℃。因此，从赤道向两极随着温度的降低，可以划分成若干温度带。我国根据积温（日温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的持续期日平均温度总和）和低温为主要指标，共分为 6 个热量带：赤道带、热带、亚热带、暖温带、温带和寒温带。每个带有不同的森林植被类型。

赤道带：积温大致在 9 000℃ 左右，年平均气温超过 26℃，生长着稀疏草原、红树林和椰林等。

热带：积温 $\geq 8 000^{\circ}\text{C}$ ，最冷月气温不低于 16℃，生长着热带雨林、人工种植的橡胶林。

亚热带：积温 4 500 ~ 8 000℃，最冷月 0 ~ 16℃，生长着季雨林和常绿阔叶林。

暖温带：3 400 ~ 4 500℃，落叶阔叶林，松栎混交林，森林草原。

温带：积温 1 600 ~ 3 400℃，针阔混交林，草原与荒漠。

寒温带：积温低于 1 600℃，落叶针叶林。

每个树种分布在一定的温度范围内。除了水分和土壤条件外，树种的分布主要受低温的限制。

（四）森林对温度的影响

林内和开阔地相比，一般的特点是：最高温比开阔地低，最低温度略高或略低于开阔地；年温差和日温差比开阔地小。其原因主要是由于树冠对太阳辐射的阻截作用，到达林内的辐射少，加之林内的空气湿度大，提高温度所需的热量多；日间林外热空气的上升对林内的影响小，夜间林冠对冷却辐射起阻挡作用。

四、森林与水分

水是生命的组成部分，是生物赖以生存的不可缺少的物质，所以，水在森林环境因子中占据极其重要的地位。

(一) 水分对森林的作用

1. 水的重要性

水是构成植物体的无机成分之一，从原生质到种子，都含有不同分量的水分。根、茎等顶端正在生长的部分，水分约占鲜重的90%，树干的水分含量少，但也占其重量的一半左右。

水分既是构成树木的必要成分，又是树木赖以生存必不可少的生活条件。树木的生命活动要在有水分的条件下才能进行。光合作用需要水分作为其原料，其它生命活动中的生理生化反应也需要水分的参与。林木从土壤吸收养分，必须通过水分维持一定的土壤溶液浓度。植物吸收养分，以及养分在其体内的运转和利用，都离不开水。水分亏缺可引起原生质脱水，气孔关闭，叶形变小和叶片老化，降低光合作用的能力，导致生长减退。树木体内如失水过多，其生理活动就会受到严重影响，导致萎蔫甚至死亡。

2. 水分条件和森林分布

水分条件与森林分布的关系比较紧密。一些学者曾经试图确定森林分布的最低降水量。有些学者把400mm降水量作为森林与草原的分界线，降水量大于500mm的地区才有森林分布。也有的学者认为，森林分布的水分界线还与温度有关，在气候温和的地区，年降水量在400mm以上才有森林分布，而在寒温带，年降水量在200mm的地方就有针叶林分布。

由于森林是得到温度保证的湿润气候条件下的产物，分析气候条件的湿润程度有助于分析森林分布。我国常利用干燥度 K 来划分气候类型。所谓干燥度是指年可能蒸发量(E)与年降水量(P)的比值，即 $K = E/P$ 。 K 值在1以下时为湿润，自然植被为森林； K 值在1.0~1.5或1.0~1.2之间为半湿润，属森林草原地区； K 值更大时，为半干旱、干旱地区，自然植被为草甸、干草原或荒漠。

3. 旱涝灾害对树木生长的影响

树木对水分的需要是指树木在维持正常的生理活动过程中所吸收和消耗的水分。环境的水分过多或过少，都会对树木的正常生理活动造成威胁。

(1) 水分亏缺对树木生长的影响

水分亏缺是树木生长过程中经常会受到的一种威胁。大气干旱或土壤干旱，会降低树木的各种生理过程，影响树木的生长、林产品的产量或质量。树木受旱害的原因是多方面的，干旱缺水会降低体内合成酶的活性，并使分解酶的活性增强，这样不仅不能合成有机物，还会使体内蛋白质水解。干旱还会使树木体内能量代谢紊乱，能量利用率降低，最后导致生长减退。干旱地区的树木大都生长矮小，树木枝叶、根部的延伸、生长及果实的发育等，都将由于得不到充足的水分供应而受到限制。

树木对干旱有一定的适应能力，不同树种的这种能力是不同的。耐旱树种在面临大气和土壤干旱时，或保持从土壤中吸收水分的能力，或及时关闭气孔减少蒸腾面积，以减少水分的损耗，或体内贮存水分和提高输水能力以度过逆境。因此，耐旱树种通常具有根系发达、控制蒸腾和高渗透势等形态和生理的适应特征。

耐旱树种的根系一般都很发达，相当于地上部分的几倍、十几倍，甚至几十倍。有的把根深入土壤深层，最大深度可达30~40m，以充分利用地下水；有的深度虽不很大，但侧根发达，形成广阔而密集根系。

耐旱树种具有控制蒸腾作用的结构和功能。叶器官较不发达甚至退化。耐旱树种的叶形大都较小，梭梭、柽柳、木麻黄等树种的叶则退化为鳞片状，有些树种的叶面有发达的角质层、蜡质层或茸毛，有的气孔下陷或气孔数量减少。但是，并不是所有耐旱树种的蒸腾速率都是低的，有些耐旱树种的蒸腾速率相当高，尤其是在水分条件充足的时候；并非所有的耐旱树种都具有以上各种特征。自然界各种树种的耐旱性能是多方面综合的结果。

(2) 涝害及树木对水分过多的适应

由于树木的根系生长需要一定的土壤空气条件，如果土壤水分过多，尤其是在淹水的情况下，土壤严重缺氧，导致根系呼吸作用微弱，长期会使根系窒息死亡。土壤水分过多，还抑制好氧细菌的活动，促进厌氧细菌的活跃，使土壤中甲酸、乙酸、乙醇等物质积累，导致根系中毒，引起树木死亡。

不同树种对土壤水分的需求量差异很大。湿生树种是能够生长在土壤含水量很高、甚至水分过多的、大气湿度较大的环境中的树种，如落羽杉、池杉、水杉、赤杨、枫杨、柳。这些树种的特点是：根系不发达，分生侧根少，根细胞渗透压低，叶片大而薄，角质层薄或缺，气孔多而敞开等。

(二) 森林涵养水源和保持水土的作用

森林通过树冠拦截降水、林下植被和枯枝落叶层对降水的理水功能，可以使地表径流转变为地下径流，从而防止水土流失，起到蓄存降水、补充河水和地下水的作用。森林的这种减少地表径流，促进水流均匀进入河流或水库，在枯水期间仍能维持一定量的水进入河流或水库的作用，称为森林的水源涵养作用。以涵养水源为主要目的的森林称为水源涵养林。

森林涵养水源，保持水土的作用是很显著的。据黄河水利委员会西峰水土保持试验站在子午岭林区的测定，当地森林在小流域的拦截洪水量为41.2%~100%，较大流域为22.0%~90.0%，一般都在60%以上，并可拦截泥沙79.0%。

森林涵养水源和水土保持的作用与森林本身特征、环境条件以及人们的生产活动有着密切的联系。抚育间伐、主伐更新、林分改造等措施，都对它有一定影响，特别是不合理的经营活动，会削弱森林的有益效能，森林一旦被破坏，这种作用也就随之消失，水土流失便会给人们带来生态灾难。所以，在制定有关经营活动技术措施时，森林与水分因子相互作用的规律应作为重要的理论依据之一，以提高森林的生产能力和涵养水源、水土保持的效能。

五、森林与大气

大气是指地球表面到高空 1 100km 或 1 400km 范围内的空气层。在大气层中，空气的分布是不均匀的，大气的质量大部分集中在靠近地球表面的 15km 层中，越往上空气越稀薄。

(一) 大气的组成

空气的成分非常复杂，如果不受到污染，其成分是保持不变的。主要有：氮、氧、氢、氩、氦、氖、氫、一氧化碳、二氧化碳，以及灰尘和花粉等。空气成分所以能保持不变，是因为一些过程吸收某些气体，另一些过程则释放某些气体，同时空气又在不断地运动，构成不同区间和不同层次间大气的交换。随着工业的发展和城市的集中，许多工业废气、煤烟、尘埃进入大气，使空气在不同地区普遍地受到不同程度的污染。

在大气的诸多气体成分中，氧和二氧化碳是生态意义最为重要的。

1. 氧

氧气是植物呼吸的必须物质，也是植物进行光合作用的产物。植物呼吸时吸收氧气，进行生命活动过程，没有氧气植物就不能生存。植物在光合作用中吸收二氧化碳放出氧气。据统计，在白天光合作用所释放的氧气要比呼吸作用所消耗的氧气多 20 倍。大气中的氧主要来源于植物的光合作用，少部分来源于大气层中的光解作用，即在紫外线的照射下，水气被分解成氢和氧。

尽管空气中氧的数量对于植物的消耗来说是充足的，但是在土壤空气中和邻近土壤的地表层，因为根呼吸的关系，消耗了过量的氧气，积累了很多二氧化碳，时间长了会影响植物根部的呼吸和生长。尤其是在土壤粘重和水分过多的情况下更为常见。

大气中还有一种变态氧——臭氧。在距地球表面 5 ~ 60km 的大气中，在紫外线的作用下，氧分子 (O_2) 分解为氧原子 (O)，单个的氧原子又和氧原子结合成臭氧分子 (O_3)。在大气中的低层，氧分子在雷电的作用下也能分解合成部分臭氧。臭氧在大气层的含量并不高，但是，它能吸收紫外线，使地球的生物免受紫外线的灼伤，所以，具有极其重要的生态意义。

2. 二氧化碳

二氧化碳是植物进行光合作用的主要原料，植物在阳光的作用下，通过光合作用把二氧化碳和水合成为碳水化合物，建成各种复杂的有机物。据分析，在植物的干重中，碳占总量的 45%，氧占 42%，氢占 6.5%，氮占 1.5%，其他成分占 5%。其中的碳和氧来自二氧化碳。

树木的光合强度与空气中的二氧化碳浓度密切相关。在一定的范围内，树木的光合作用强度随着空气中二氧化碳浓度的增加而增加。将树木放在适宜的光照下，二氧化碳浓度增加 3 倍，光合强度也增加 3 倍，而当二氧化碳不变时，光照强度增加 3 倍，光合强度只增加 1 倍。因此，在强光下，二氧化碳浓度往往成为限制生产力的主要因子。

世界上植物每年要消耗 600 ~ 700 亿 t 二氧化碳，相当于大气中二氧化碳总量的 1/35，

也就是说，如果没有二氧化碳的补充，大气中的二氧化碳只够植物使用 35 年。通过动植物的呼吸，有机物的分解，煤、石油等物质的燃烧，火山的爆发，二氧化碳源源不断地补充到大气中。而热带森林的滥伐、矿物燃料的大量使用和耕地面积的减少，使得大气中的二氧化碳浓度有增加的趋势。

大气中 CO₂ 含量的不断升高，将会引起全球性的温度上升，随之会产生各种不良的生态效果。这已是世界各国政府和有关人士关注的共同热点问题。

（二）大气污染

大气污染一般是指在大气中，人为排放的有毒物质达到一定浓度，持续一定时间，破坏了大气中原来成分的物理、化学和生态的平衡体系，并对人的健康、生物的生长、正常的工农业生产和交通运输发生危害的条件。

随着工业的发展、燃料和动力的变革，特别是由于现代工业基地的集中和交通运输事业的发展，向大气排放的有毒物质越来越多，种类也越来越复杂，造成的大气污染问题也越来越严重。

目前受到人们注意的大气污染物大约有 100 余种。

六、森林与地形

地球表面的形状，统称为地形（或地貌）。地形对森林的影响是间接的。光照、水分和养分等生态因子随着地形的变化而变化。

（一）概念

我国地形复杂，地貌类型较多，有广泛分布、纵横交错的山脉，有面积广阔、形态各异的高原，辽阔广袤的平原。

在山地条件下，可按海拔高度、相对高度和坡度的不同分为高山、中山、低山和丘陵。它们划分的一般标准是：

高山：海拔高度 3 000m 以上，相对高度大于 1 000m，山坡陡峭。

中山：海拔高度 1 000 ~ 3 000m，相对高度 500 ~ 1 000m。

低山：海拔高度 500 ~ 1 000m，相对高度 200 ~ 500m。

丘陵：海拔高度 500m 以下，相对高度 200m 以下，形态和缓。

地形还可按照其范围的大小不同分为巨地形、大地形、中地形和微地形。它们各自对环境有不同程度的影响，巨地形影响范围大，可影响区域的气候，使水、热等因素随地形分配；中小地形影响范围小，微地形只影响局部。

（二）地形和森林

山地气候随着海拔高度和局部地形特征（坡向、坡度和坡位等）而发生变化，森林植物也随之发生有规律的变化。

1. 海拔高度

在经纬度一定的山地地形中，海拔高度是影响气候条件的主要因素之一，随着海拔高度