

城市植物生态学

园林植物·营建·管理丛书

城市植物生态学

冷平生 编著



中国建筑工业出版社



园林植物·营建·管理丛书

城市植物生态学

冷平生 编著

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

城市地区的自然环境特征与乡村地区有很大区别。本书针对城市地区，在简明扼要地阐明了光照、温度、水分、大气和土壤等五大生态因子与植物生态关系的基础上，重点介绍了植物(主要是树木)改善城市环境的作用，以及大量园林植物的生态特性；同时对城市地区植物、植物群落和生态系统亦作了初步介绍。本书内容翔实，文字精炼，可供林业、园林、城建、环境等部门的科技人员，以及相关的大专院校师生参考。

* * *

责任编辑：白玉美

园林植物·营建·管理丛书

城市植物生态学

冷平生 编著

*

中国建筑工业出版社 出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京顺义燕华印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：7½ 字数：176千字

1995年7月第一版 1995年7月第一次印刷

印数：1—4,800册 定价：10.00元

ISBN 7-112-02590-7

S·13 (7675)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

(邮政编码 100037)

出 版 说 明

随着我国城市建设的发展,人民生活水平的提高,环境绿化美化已成为人们的普遍要求。为了适应我国园林事业发展的需要,我们结合多年教学、科研和生产经验,借鉴国外园林先进技术,编写了这套园林植物·营建·管理丛书。本丛书共14册,包括:植物形态生理学、土壤肥科学、园林植物昆虫学、园林植物病理学、园林树木学、城市植物生态学、园林植物育种学、园林苗圃学、花卉学、园林设计、园林工程、园林经济管理、城市园林绿地规划及园林制图等。

这是目前国内一套较系统的园林科技丛书,既包括园林专业基本知识、基本理论和基本技能,又有最新应用技术和研究成果,内容充实,文字精练,可供园林、城市森林、园艺等专业的科技人员参考,也可作农林院校有关专业的教材。

本丛书由北京农学院有多年教学经验和实践技能的教师编写。在编写过程中参考了国内外一批有价值的图书和资料,故本丛书的内容具有一定的先进性。

本丛书在出版过程中,得到了建工出版社的大力支持和协助,在此一并致谢。

由于编者业务水平和篇幅限制,加之时间仓促,书中不足之处在所难免,请广大读者批评指正。

《园林植物·营建·管理丛书》编委会

1995年3月

前 言

在远古时代,人类刀耕火种,依赖于森林而生存,人类与自然处于一种协调关系中。随着人类文明进程,从农业社会跨入到工业化社会,生产力得到极大发展,人类改造自然破坏自然的能力空前强大,城市化进程加快。据预测,到2000年,城市人口将占世界总人口的一半,达到30亿;人口超过1000万的城市将增加到20个。在我国,城市总数已由1983年的289个,增加到1993年的570个,城市人口(市)已占到全国人口的32.7%。人类拼命追求物质文明,导致城市化的迅猛发展,同时引起城市环境恶化,污染严重,城市气温偏高,湿度偏小,雨雾偏多,因而常被称为“热岛”、“干岛”、“雨岛”和“雾岛”;大气污染、水污染、土壤污染和噪声污染并称为城市“四害”。此外,城市化过程,亦是人类远离自然的过程,这就产生了城市发展与弊端俱增,人类获得物质文明的同时,伴随着环境质量、生活质量下降的问题。基于对这一问题的思考,人类开始认识到自身的局限性,认识到人与自然,人与城市应当是一种共存关系,一种持续协调发展关系,从而开始以生态学思想来指导城市的规划、建设和发展,由此,也促使园林观念的革新。传统园林观强调园林的美学价值,重视人工建筑;当代园林观以植物为主体,发挥园林的多重功能,不仅重视园林的游息、景观功能,更重视园林植物改善环境的生态功能,即走所谓生态园林道路。

生态学是研究“有机体与环境相互关系的科学”。植物生态学是生态学的一门分枝,旨在阐明植物与光、热、水、土壤、大气等环境因子相互作用的规律。在城市地区,一方面,人口密集,人工物质堆聚,污染严重,环境恶化,城市植物(主要是树木)的生存条件与周围农村地区相比较,远为恶劣;另一方面,植物具有改善城市环境,提高居民生活质量的不可替代的重要作用,这就使得城市植物生态学有异于普通植物生态学,亦正是本书要讨论的主要内容。

近年来,生态意识、生态文明开始深入人心。人类比以往任何时候更关注自己的居住环境和生活质量。上海市提出建设“生态城市”,长春市提出建设“森林城市”,北京市提出“城乡绿化系统一体化”口号。但是,我国城市的绿化现状十分严峻。北京市人均公共绿地为 6.3m^2 ,南京市为 7m^2 ,上海市仅 1.15m^2 ,与发达国家城市相比,差距甚大,如巴黎、莫斯科和华沙人均公共绿地分别为 24.7m^2 , 44.5m^2 和 70.5m^2 。如何进一步扩大城市绿地,增加植物多样性,科学配置植物,丰富城市植物景观,最大效益地发挥园林植物的生态效益,这是摆在城建、园林、林业工作者和政府官员面前的迫切问题,故此,学习城市植物生态学是十分必要的。

在本书的编写过程中,深感相关资料与知识的匮乏,限制了书中内容的深化与扩充。如土壤污染、水污染、生态规划等,在书中都未提及,植物群落是生态学的主干内容,在书中亦仅作了一般性概述。目前,在我国大专院校的园林专业和观赏园艺专业,差不多都设有“城市植物(树木)生态学”或称“园林生态学”课程,但迄今未见公开出版的教材,因此,本书的编写是一种尝试。同时,限于编写者水平,本书错误遗漏之处难免,真诚希望读者不吝批评指教!

陈自新先生于百忙中仔细审阅了书稿,并提出中肯意见;李月华老师承担了附录二植物种中文、拉丁文名称编录工作,在此特致谢意!

1995年2月

《园林植物·营建·管理丛书》编委会

主 任:赵祥云

副主任:刘克锋 李君凤 耿玲悦 高润清 孙亚利

编 委:(以姓氏笔画为序)

孙亚利	刘克锋	李 征	李君凤	冷平生
陈自新	陈沛仁	张祥平	赵祥云	柳振亮
郭宗华	耿玲悦	高润清	巢时平	龚学望
韩 劲	鲁振华			

目 录

出版说明

前言

第一章 植物的环境	1
第一节 自然环境	1
一、有关环境的概念	1
二、生物圈	1
第二节 城市生态环境	2
一、光因子	2
二、城市热因子	3
三、城市水因子	3
四、城市土壤因子	3
五、城市大气因子	3
六、城市人为和各种机械因子	3
第三节 生态因子作用的基本规律	3
一、生态因子的综合作用	4
二、生态因子中的主导因子	4
三、生态因子的不可代替性和可调剂性	4
四、生态因子作用的阶段性	6
第二章 植物与光的生态关系	7
第一节 光的性质与变化	7
一、光的性质	7
二、光的变化	8
三、城市光照条件	10
第二节 光对植物的生态作用	12
一、光照强度的生态作用	12
二、日照长度的生态作用	13
第三节 植物对光的生态适应	15
第三章 植物与温度的生态关系	17
第一节 温度及其变化规律	17
一、温度及其变化规律	17
二、城市温度条件	19
第二节 温度对植物的生态作用	21
第三节 变温对植物的生态作用	23
一、节律性变温的生态作用	23
二、非节律性变温的生态作用	24
第四节 植物对城市气温的调节作用	25
第四章 植物与水的生态关系	30
第一节 水及其变化规律	30
一、水的循环和平衡	30

二、水的形态及其变化规律	30
三、降水的分布	31
四、城市的水分条件	32
第二节 水对植物的生态作用和植物的生态适应	33
一、植物体的水分平衡	33
二、植物对水分的需求和适应	34
三、旱涝对植物的危害及植物的抗性	35
第三节 植物对水分的调节作用	37
第五章 植物与大气的生态关系	40
第一节 空气成分及其生态作用	40
一、氧气的生态作用	40
二、二氧化碳的生态作用	40
三、氮的生态作用	41
第二节 大气污染及其对植物的危害	41
一、大气污染的形成	41
二、大气污染物对植物的危害	42
三、影响大气污染的环境因素	45
四、植物的抗性	46
第三节 植物对大气污染的净化作用	46
一、减少粉尘污染	46
二、降低有毒气体浓度	48
三、杀菌作用	49
四、减弱噪声作用	50
第四节 风与植物的生态关系	51
一、风的生态作用	51
二、防风林	52
第六章 植物与土壤的生态关系	53
第一节 土壤理化性状与植物的生态关系	53
一、土壤的物理性状	53
二、土壤的化学性状	54
第二节 土壤微生物与植物的生态关系	56
一、固氮微生物	56
二、菌根真菌	57
第三节 城市土壤与植物的生态关系	57
一、城市土壤坚实度	57
二、城市堆垫土	58
三、城市土壤贫瘠化	59
四、化雪盐对植物的伤害	60
第七章 城市树木和植物群落	61
第一节 城市树木	61
一、公园树木	61
二、庭院树木	62
三、垂直绿化	62
四、屋顶花园	63
五、行道树	63

六、老树的保护	64
第二节 植物群落	65
一、植物群落的结构特征	66
二、植物群落的发育和演替	67
第八章 生态系统简述	70
第一节 生态系统	70
一、生态系统的组成	70
二、生态系统的功能	70
三、生态系统的演变	71
四、生态系统的平衡	72
第二节 城市生态系统	72
一、人类居主导地位	74
二、人工物质系统极度发达	74
三、环境资源有限,污染严重	75
四、生物系统脆弱,有增加负熵的作用	75
五、城市生态系统的平衡	76
附录一 抗大气污染植物简表	77
附录二 植物中文名称和拉丁文名称对照	93
主要参考文献	108

第一章 植物的环境

第一节 自然环境

一、有关环境的概念

环境这个名词通常是广义的。生态学中所理解的环境，是指生物体生活空间的外界自然条件的总和。在这种意义上，生物环境不仅包括生物周围的种种无机环境因素，而且还包括生物有机体。对植物而言，它生存地点周围空间的一切因素，如气候、土壤、生物（包括动物、植物、微生物）等等，就是植物的环境。不同种属甚至是同一种植物的群体或个体彼此之间也互为环境因素。

从环境中分析出来的因素，称为环境因子。环境因子不一定对植物都有作用，例如占大气体积近 80% 的氮气，对非共生性高等植物就没有直接作用。在环境因子中，对植物有作用的因子，叫做生态因子。生态因子是对具体植物种而言的。植物种不相同，对它们发生作用的生态因子可能不相同。例如空气中的氮气，对非共生性高等植物来说，只是环境因子而不是生态因子；但对共生性高等植物来说，就是生态因子。

在任一环境中，都包含着许多性质不相同的生态因子，它们对植物起着主要或次要、有利或有害的生态作用，且随着时间和空间的不同而发生变化。在研究植物与环境的相互关系中，一般可分为光因子、温度因子、水因子、土壤因子、大气因子、生物因子等六个生态因子。

在自然界中，生态因子不是孤立地对植物发生作用，而是综合在一起影响着植物的生长发育。生态因子的综合称为生态环境，或者简称生境，林学上又称为立地条件或立地。生境与植物种之间有着极强的对应关系，一定的植物种要求着一定的生境，反之，有什么样的生境就决定了生长什么样的植物种。

为了深入揭示植物与环境之间的关系，有必要深入到对植物小环境和体内环境的研究。小环境是指接近植物个体表面，或个体表面不同部位的环境。例如，植物根系附近的土壤环境（根际）；叶片表面附近的大气湿度、温度的变化所形成的微气候或微气候。植物一般通过小环境与生态因子发生直接联系。如气温的升高，引起叶温的上升，导致蒸腾强度的升高，在叶表面附近形成一种特殊的微气候。

体内环境是指植物体内部的环境。例如，叶片内部直接和叶肉细胞接触的气腔、气室都是体内环境。植物的许多生理活动，如光合作用、呼吸作用，都是在体内环境中进行的。体内环境中的温度、水分条件、 CO_2 和 O_2 的供应状况，都直接影响细胞的生命活动，对植物非常重要。

二、生物圈

当地球表面第一批生物出现时，它们遇到的是水、空气和地表岩石的风化物，以后在

生物的活动下，在岩石圈的表面形成了土壤圈。大气圈、水圈、岩石圈、土壤圈共同构成了地球的生物圈环境。

（一）大气圈

地球表面的大气圈虽然有 1000km 以上的厚度，但直接构成植物的气体环境的部分，只有下部对流层约 16km 的厚度范围。大气中含有植物生活所必需的物质，如光合作用需要的 CO_2 和呼吸作用需要的 O_2 等。对流层中还含有水汽、粉尘等。它们在气温的作用下，形成的风、雨、霜、雪、露、雾和冰雹等，一方面调剂着地球环境的水分平衡，有利于植物的生长发育；另一方面也会给植物带来破坏和损害。

（二）水圈

水圈包括地球表面 71% 的海洋、内陆淡水水域以及地下水等，构成了植物丰富的水分物质基础。水体中还溶有各种化学物质、各种溶盐及矿质营养、有机营养物质等，供给植物生活上的需要。液态水通过蒸发、蒸腾，转为大气中的水汽，再成为降水回到地面，构成水循环。大气中水热条件结合在一起，就会产生变化万千的地区气候特性。

（三）岩石圈

岩石圈是指地球表面 30~40km 厚的地壳，是水圈和土壤圈最牢固的基础。岩石圈是植物所需的矿质养料的贮藏库。由于各种岩石的组成成分不同，它风化所形成的各种土壤的成分也就不同，这又为植物的生存创造了各种不同的土壤环境。

（四）土壤圈

岩石圈表面的风化壳是土壤的母质。这种母质含有丰富的矿质营养物质，再加上水分、有机质、生物等，在长时间的相互作用下，形成了土壤。土壤是植物进行生命活动的场所，它是供给植物生长发育所需的水、肥、气、热的主要源泉。通过改良土壤，就可以控制和促进植物的生长发育。

（五）生物圈

生活在大气圈、岩石圈、水圈和土壤圈的界面上的生物，构成一个有生命的生物圈。虽然在 20000m 高空有鸟类，10000m 深的海底也有细菌存在，但绝大部分生物生存于陆地之上或海面之下 100m 厚的范围内。

在地球生物中，只有植物能通过光合作用从太阳辐射中摄取能量，其他一切生物所需能量都是直接或间接地来自植物。植物在摄取太阳能量的同时，吸收土壤中的水分和养分，吸收大气中的 CO_2 和 O_2 等，制造碳水化合物，释放 O_2 等，使地球的各个自然圈之间，发生着物质和能量的相互渗透，形成整个地球表面生物的能量转化和物质循环。地球上植物约占总生物量的 99%。具有这样巨大生物量和特殊功能的植物，对于保持水土、涵养水源、防止水旱灾害、保存野生动物，以及对维护和改善人类生存的环境具有重要意义。

第二节 城市生态环境

随着科学技术的进步和大工业的发展，城市迅速发展，城市人口迅速增多。据统计，截至 1993 年年底，全国城市总数已由 1983 年的 289 个，增加到 570 个，城市人口已占到全国人口的 32.7%。

城市人口密集，工业设施及城市建筑物集中，道路密布，使得城市生态环境不同于自

然环境，而有其特殊性。

一、光因子

城市植物接受光量的差异几乎从无限大到零。空气污染极大地降低了辐射强度；城市建筑又因其大小，方向和宽窄的不同而改变了太阳光辐射状况，即使在同一街道两侧，也会出现很大差异。一条东西向的街道，北侧接受到的太阳光远多于南侧。植物与建筑物之间距离太近，常产荫蔽效果，由于接受到的光量不同，树木被迫朝离开建筑物的方向不对称生长，而导致偏冠。另一方面，街道地面和建筑物的反射以及人工光源可部分补偿太阳光辐射的减弱。各种植物对光线减弱的不同反应，取决于植物对光线的需求及其耐荫性的强弱。

二、城市热因子

城市年平均气温约比周围郊区气温高 $0.5 \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 。城市街道和建筑物受热后，如同一块人造不透水岩石，其温度远远超过植物覆盖区。由于城市的温度较高，城市春天来得较早，而秋季结束较迟，使城区的无霜期延长，极端温度趋向缓和。但这些适宜于植物生长的因素，常会由于温度升高，湿度降低而丧失。在夏季，由于辐射和反射的热作用，供水量少，无风，会使得树木感到“过热”，并常因此而引起焦叶和树干基部树皮受到灼伤。

三、城市水因子

由于街道和路面的封闭，自然降水几乎全排入下水道。植物得不到充足的水分，使水分平衡经常处于负值。由于城市高温，降水利用率低，植物蒸腾量变小，使城市的相对湿度和绝对湿度均较开阔的农村地区低。由于建筑工程，如地铁、人防工程和其他地下设施已深入到地面以下很深的地层，从而使得城市树木的根系很难接近到地下水；而象天津、西安等城市，过度开采地下水，地下水位逐年下降，亦加剧了土壤水的短缺。

四、城市土壤因子

由于受城市废弃物、建筑、城市气候条件及人为活动的影响，城市土壤的物理和化学性状和自然状态下发育成的土壤有很大差异。城市土壤普遍较贫瘠，含有大量的煤渣、建筑废料等，缺少腐殖质，而枯枝落叶又常被清理，削弱了土壤矿物质营养元素的循环。由于旧城市土壤中石灰的含量较高，因此 pH 值常高于 7，土壤反应多呈中性到弱碱性，这种弱碱性土壤则成为限制土壤微生物，特别是菌根类微生物生长发育的因子。被沥青、混凝土等封闭的土壤，以及由人为践踏、机械碾压所形成的密实土壤减少了大气和土壤之间的气体交换，从而使土壤中供氧不足，而影响到植物根系的生命活动。

五、城市大气因子

在我国大部分城市，每年向大气中排放的有害物质的种类和数量逐年增多。据测定，大气中含 1000 种以上的污染物，现已引起注意的约有 100 多种，威胁大的有粉尘、二氧化硫、氟、氯化氢、一氧化碳、二氧化氮以及汞、铬、镉、砷、铅等等。这些污染物不仅影响日照等气象因素，形成酸雨，还直接影响到植物的生长发育。它们通过吸附在植物表面，或通过水溶液、气体交换进入植物体内，对植物产生伤害，严重时可使植物枯死。

六、城市人为和各种机械因子

城市是人类活动中心。在公园，各种绿地，游人的践踏易使土壤板结，而伤害植物。建筑工程，不渗漏的街道地面铺装，为平整目的而用碎石和土填充树木根区，以及在植物附近铺设的各种管道等等，都会给植物带来极大的危害。众多交通车辆有时也会撞伤树木。

第三节 生态因子作用的基本规律

植物和生态因子之间的相互作用关系，存在着普遍性规律。这些规律是研究生态因子的基础，掌握这些规律，将有助于生产实践和科学研究。

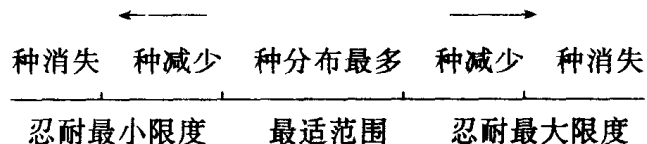
一、生态因子的综合作用

一个生态因子对植物不论有多么重要的意义，它的作用也只能在与其他因子的配合下才能表现出来。例如，水分是一个很重要的生态因子，但只有适宜的水分条件，而没有光照、温度、矿质营养等生态因子的适宜配合，植物不能正常生长发育。可见，对植物的影响是生境中各因子综合作用的结果，决不是个别因子单独地起作用。图 1-1 是说明在不利环境条件下，各个生态因子综合作用于植物体，形成树木限量生长的实例。

二、生态因子中的主导因子

组成环境的所有生态因子，都是植物生活所必需的，但在一定条件下，其中必有一个因子起决定性作用，该因子即为主导因子。主导因子有二方面的含义：第一，从因子本身来说，主导因子的改变会引起其它生态因子的改变；第二，对植物而言，主导因子的存在与否或数量上的变化，会使植物的生长发育发生明显变化。第二种含义上的主导因子又称为限制因子。例如，光周期现象中的日照长度，低温对南方喜温植物的危害作用。

早在 1840 年，Liebig 根据生物所需的最小有效量提出最小量定律，即当一株植物所需的养分元素，降低到该植物的最小需要量以下时，该营养元素就会限制该植物的生长。1911 年，Shelford 将此观念进行扩充，提出耐性定律。他认为生物对某个生态因子的需要，有一个最适应的范围，在此范围内，植物生长发育良好，若超过最适应范围，并增强到生物体不能忍受的程度，此即为忍耐的最大限度；反之，若减弱至该生物体不能忍受的程度，即为忍耐的最小限度。一种植物总是有其一定的最适分布区，但其个体总是向着各个方向扩展其分布范围。在扩展过程中，由于生态因子随地理条件而变化，该植物个体就要不断适应这些变化的因子，从而实现其分布区的扩大，直至环境中有些因子不能为植物所适应，即不能满足植物的最小或最大忍耐限度，无法完成其生命活动周期为止，这时，我们可以认为这个生态因子限制了植物的继续扩展与分布，也就是说，该因子的状态接近或处于植物所能忍耐的极值时，植物的生存完全由这个因子所决定，该因子即为主导因子或限制因子。



三、生态因子的不可代替性和可调剂性

植物在生长发育过程中所需要的生存条件，光、热、水分、空气、矿质养分等因子，对植物的作用虽不是等价的，但都是同等重要而不可缺少的。如果缺少其中一种，便能引起植物的正常生活失调，生长受到阻碍，甚至死亡；而且任何一个因子都不能由另一个因子来代替，这就是生态因子的不可代替性。另一方面，在一定条件下，某一因子在量上的不

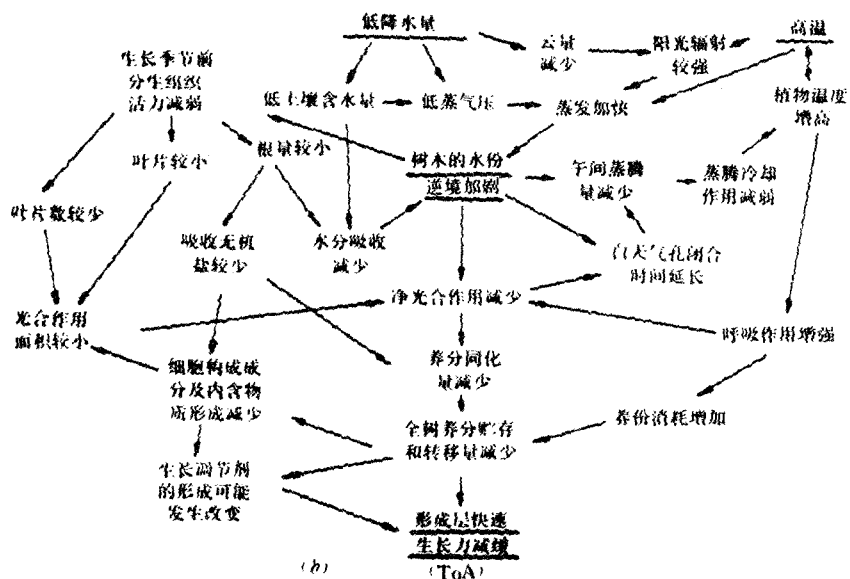
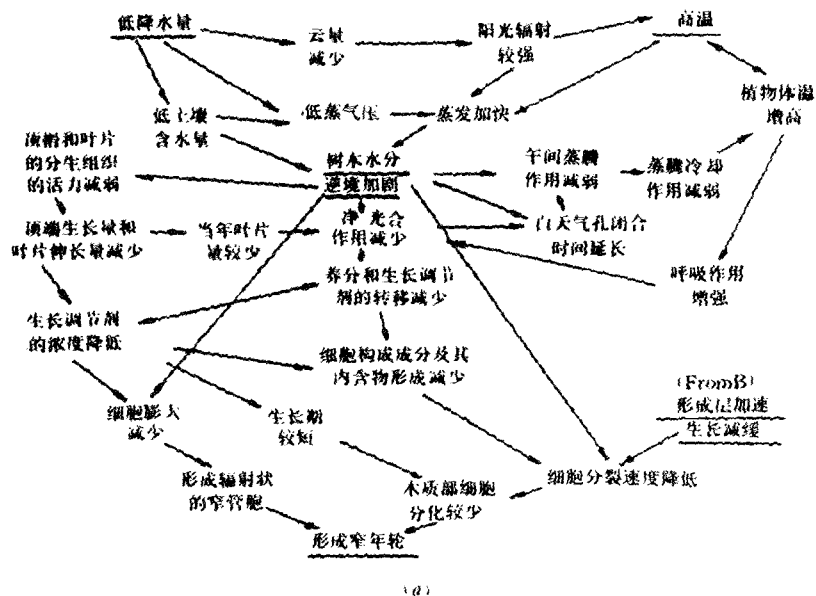


图 1-1 在生长季节中环境与生理之间的重要关系，

环境条件不利时使半干旱地区生长的针叶树形成窄年轮

(仿自 A. Bernatzky 著，陈自新、许慧安译《树木生态与养护》，1987)

足，可以由其它因子的增加或加强而得到调剂，并仍然能获得相似的生态效应。例如，增加 CO_2 浓度，可以补偿由于光照减弱所引起的光合强度降低的效应。因子之间这种补偿作用是有一定限度的，也并非经常的和普遍的。

四、生态因子作用的阶段性

每一个生态因子对植物各个不同发育阶段所起的生态作用是不相同的，或者说，植物对生态因子的需要是有阶段性的。一方面，自然界没有恒定不变的生态因子，另一方面，植物赖以生存的是变化着的生态因子，不仅不同年龄阶段或发育阶段的需要不同，不同器官或部位对同一生态因子的反应亦不一样。例如，植物生长发育中极为重要的光因子，对大多数植物来说，在种子萌发阶段并不重要。植物发芽所需温度一般比正常营养生长所需温度要低，营养生长所需温度又常较开花结实时低。

第二章 植物与光的生态关系

地球上所有生命活动的能量皆来自太阳辐射。绿色植物通过光合作用，将太阳辐射能转变为化学能，贮藏在合成的有机物质中，除供给自身需要外，还提供给其它生物体，为地球上几乎一切生命提供了生长、运动、繁殖的能源。地表吸收的绝大部分辐射能直接转变成热能，其中一部分用于水分蒸发，其余部分用来增加地球表面的温度。因此，太阳辐射是构成热量、水分和有机物质分布基础的能量源泉，为地球上所有生命得以生存和繁衍创造了必要条件。太阳辐射由于其光强、光质和光周期随着时间和空间的不同而深刻地影响着植物的生长、发育、生物量和地理分布，因此，光是植物的一个非常重要的生态因子。

第一节 光的性质与变化

一、光的性质

光是太阳的辐射能以电磁波的形式投射到地球表面上的辐射。

太阳辐射波长的范围很广，它能从零到无穷大，但主要波长范围是 $150\sim 4000\text{nm}$ ^①，绝大部分能量集中在此范围内，占太阳辐射总能量的 99%。

太阳辐射能按波长不同顺序排列称为太阳辐射光谱。根据人眼所能感受到的光谱段，光可以分为可见光和不可见光二部分。可见光谱段的波长在 $380\sim 760\text{nm}$ 之间，也就是我们人眼能看见的白光。可见光谱又可以分为红、橙、黄、绿、青、兰、紫七种颜色的光。红光波长为 $760\sim 626\text{nm}$ ，橙光为 $626\sim 595\text{nm}$ ，黄光为 $595\sim 575\text{nm}$ ，绿光为 $575\sim 490\text{nm}$ ，蓝光为 $490\sim 435\text{nm}$ ，紫光为 $435\sim 380\text{nm}$ 。波长大于 760nm 和小于 380nm 的太阳辐射，都是人眼所看不见的光，即不可见光。波长大于 760nm 的光谱段叫红外光，我们可借助热的感受来察觉这种光的存在，地表热量基本上是由这部分太阳辐射能所产生的，其波长越大，增热效应也越大。波长大于 380nm 的光谱段叫紫外光，其中波长短于 290nm 的部分光被大气圈上层（平流层）的臭氧层吸收，所以紫外光部分真正射到地面上的，多为波长在 $290\sim 380\text{nm}$ 之间的光波。在全部太阳辐射中，红外光区约占 50~60%，紫外光部分约占 1%，其余的为可见光部分。

太阳辐射通过大气层而投射到地球表面上的波段在 $290\sim 3000\text{nm}$ 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 $400\sim 700\text{nm}$ 之间，这个波段与可见光的波段基本相符。可见光中对植物生理活动具有最大活性的为橙光、红光，其次为蓝光。植物对绿光吸收最少，绿光多被反射，所以植物叶片多为绿色。在短波方面， $290\sim 380\text{nm}$ 波长的紫外光能抑制茎的延伸，促进花青素的形成；而小于 290nm 波长的紫外光对生物有很强的杀伤作用，不过这部分光多被高空臭氧层所吸收。在长波方面的红外光，不能引发植物

① nm：纳米（毫微米）， $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ 。

的生化反应，但具有增热效应。所以，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。

二、光的变化

(一) 大气中光的变化

光照强度一般用能量单位来表示，即一分钟内落在 1cm^2 表面上的卡能量，写为 $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 。在夏季晴天，落到地平面上的太阳光强度可达到 $5 \sim 5.5 \text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 。在测量某一生境的光照强度时，也可用米烛光作单位，称勒克斯 (lx)。

在地球大气层上界，太阳光的强度是恒定的，为 $8 \text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ ，这一数值称为太阳常数。太阳光通过大气层后，由于被反射、散射和被气体、水蒸汽、尘埃微粒所吸收，其强度和光谱组成都发生了显著减弱和变化 (图 2-1)。

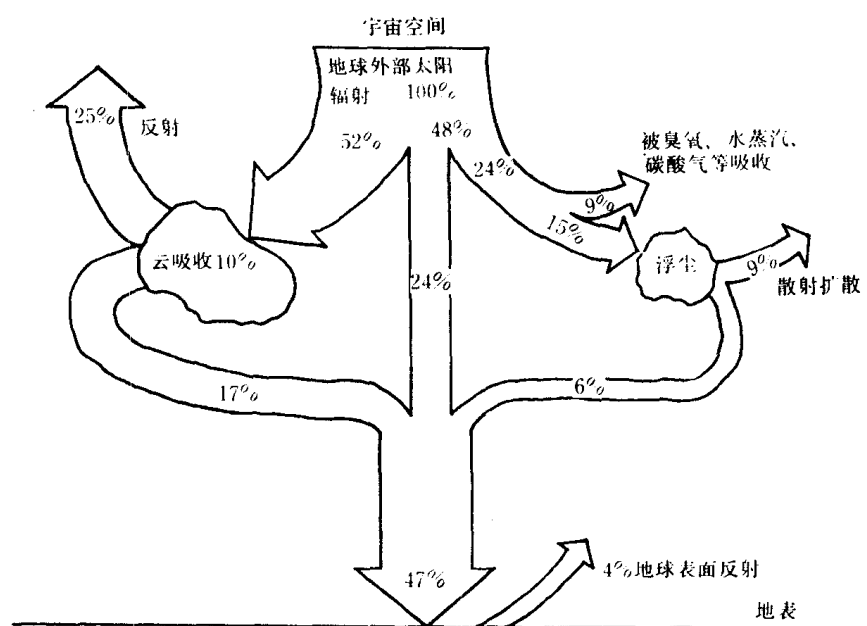


图 2-1 太阳辐射能量到达地球表面的分配示意 (图示北半球的年平均值)
(仿自 Kormond, 1976)

(二) 地表的光照情况

光照强度随纬度增加而减弱，这是因为纬度越低，太阳高度角越大，太阳光通过大气层的距离越短，光照强度就越大。在赤道，太阳直射光的射程最短，光照最强；随着纬度增加，太阳高度角变小，光照强度相应减弱。例如，春分时，太阳辐射量在北纬 40° 处比赤道附近约低 30%。

光照强度还随海拔高度的升高而增强，这是因为随着海拔升高，大气厚度相对减小，空气密度亦减小之故。如在海拔 1000m 的山地可获得全部太阳辐射能的 70%，而在海平面上只获得 50%。

坡向也影响光照强度。在坡地上，太阳光线的入射角随坡向和坡度而变化。在北半球纬度 30° 以北的地区，太阳的位置偏南，因此南坡所接受到的光照比平地多，北坡则较平地少；这种差别是由于在南坡上太阳的入射角较大，照射时间较长，北坡则相反，而且这种