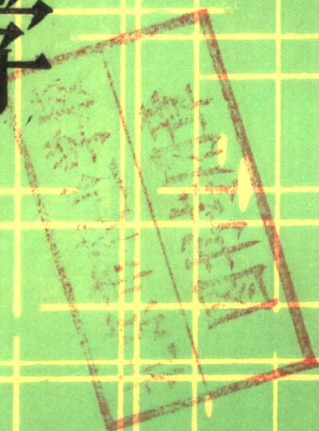


全国高等农业院校试用教材

# 草 地 学

北京农业大学主编



畜 牧 专 业 用

农 业 出 版 社

43

全国高等农业院校试用教材

# 草 地 学

北京农业大学主编

畜牧专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材

**草 地 学**

北京农业大学主编

农业出版社出版 (北京朝阳区枣营路)

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 21.25 印张 471 千字

1982 年 12 月第 1 版 1989 年 11 月北京第 5 次印刷

印数 18,001—19,200 册 定价 4.25 元

ISBN 7-109-01009-0/S·746

统一书号 16144·2463

**主 编** 北京农业大学 贾慎修  
**副主编** 东北农学院 施兰生  
四川农学院 周寿荣  
**编写者** 北京农业大学 贾慎修 王 培  
东北农学院 施兰生  
四川农学院 周寿荣  
宁夏农学院 郭思加  
吉林农业大学 黄仁湘  
山西农业大学 靳宗立  
内蒙古农牧学院 冷丽娇  
**审 稿** 吉林师范大学 祝廷成  
内蒙古农牧学院 章祖同  
四川农学院 杜 逸  
河北农业大学 缪应庭  
新疆八一农学院 杨恩忠  
西南民族学院 王晋峰

# 目 录

绪 论	1
第一章 草地植物的生态学基础	3
第一节 气候因子	3
第二节 土壤因子	19
第三节 地形因子	25
第四节 生物因子	26
第五节 人类的活动(附火烧)	29
第六节 植物的生活型	32
第二章 草地植物的生物学基础	35
第一节 草地植物的生长发育	35
第二节 牧草的分蘖(分枝)和营养繁殖方式	43
第三节 多年生草类的物候期	48
第四节 多年生草类的同化作用	50
第五节 牧草生长发育期中的物质动态	53
第六节 多年生牧草的发育速度和寿命及牧草的再生性	58
第三章 天然草地的饲用植物及有毒有害植物	62
第一节 草地饲用植物的饲料评价	62
第二节 天然草地主要饲用植物及其特性	71
第三节 有毒植物和有害植物	89
第四章 中国草地类型、分布及其经济价值	100
第一节 植物群落	100
第二节 割草地和放牧地的植被动态	105
第三节 中国草地的类型	112
第四节 中国草地的分布	125
第五章 草地的改良	136
第一节 草地改良的意义	136
第二节 草地复壮及补播	139
第三节 草地水分条件的改善	146
第四节 草地施肥	155
第五节 草地毒、害植物的防除	163
第六节 草地鼠、虫害的防除	166
第七节 草地防护林	173
第六章 人工草地的建立	179
第一节 概述	179

第二节	草地初垦 .....	183
第三节	人工草地的播种 .....	187
第四节	人工草地的经营管理 .....	198
第五节	牧草种子田的建立 .....	203
<b>第七章</b>	<b>放牧地的合理利用 .....</b>	<b>210</b>
第一节	放牧地的意义 .....	210
第二节	放牧地的利用 .....	212
第三节	放牧的方式和方法 .....	220
第四节	分区轮牧 .....	222
第五节	放牧地的季节性利用 .....	228
第六节	放牧地适当载畜量的评定 .....	234
第七节	放牧畜群的组织和管理 .....	238
<b>第八章</b>	<b>割草地的合理利用 .....</b>	<b>247</b>
第一节	干草的意义 .....	247
第二节	牧草的收割 .....	248
第三节	牧草在干燥过程中的变化 .....	256
第四节	干草的调制 .....	264
第五节	干草的贮藏 .....	270
第六节	牧草的青贮 .....	277
第七节	割草地的培育 .....	281
<b>第九章</b>	<b>草地调查与规划 .....</b>	<b>284</b>
第一节	草地调查的准备和野外调查 .....	284
第二节	调查资料的室内整理和总结 .....	297
第三节	草地规划 .....	305
<b>附 录</b> .....		<b>318</b>
主要参考书目 .....		318
中拉植物名词索引 (以中文笔划为序) .....		319

## 绪 论

草地 (Grassland) 一般简要地理解为“生长草类的土地”或“凡有形成草层(或草被)的多年生草本植物生长着的地区,称为草地”<sup>①</sup>。也有人解释为“凡生长或栽种牧草的土地,无论所生长牧草株本之高低,亦无论所生长牧草为单纯之一种或混生多种牧草,皆谓之草地”<sup>②</sup>。1960年第八届国际草地会议提出:“草地”一词应包括各种类型的牧场,其特点是将禾本科、豆科牧草和其它植物结合在一起以供放牧之用。因此,在这个定义范围内,草地指的是环境,而草是反刍动物赖以生存的牧草”<sup>③</sup>。这些解释大同小异,基本精神一致。概括而言,草地是草和其着生的土地构成的综合自然体,土地是环境,草是构成草地的主体,也是人类经营利用的主要对象。

草地有自然形成的和人工种植的。前者叫天然草地,后者叫人工草地。从农业的意义来说,可分为栽培的和非栽培的草地。草地一般用于畜牧业的经营,用于放牧的称放牧草地;用于割草的称割草草地;放牧与割草兼用的称兼用草地;长期利用,植被稳定的改良草地称为永久性草地;与栽培作物长期相轮换的草地称为轮作草地;将草地分为相同或相似部分轮流放牧的称为轮牧草地;临时的或一年性的放牧草地称为临时草地;补充或辅助利用的草地称补充草地。

研究获得优质高产的饲草,而草地条件得以维持和改进的科学,叫草地学 (Grassland science)。草地学的主要对象,是草类及其组成的草地植被和草类的生长地和综合的生境条件,以及草类的生产利用、培育和建设。因此,草地学的主要任务是研究草类和草地的生物学、生态学、群落的地理学的特性和理论;研究草地的形成、发展和演替的规律及与人类的关系;研究草地资源的利用、培育、建设及草地经营和畜牧业生产的关系。草地是畜牧业发展的重要物质基础,畜牧业与农业有着密切的联系和相互依存的关系。草地学应为畜牧业现代化提供理论依据和切实可行的科学技术。

草地学是一门综合性的生产科学,它密切地联系着生物、地学各部门的科学,并借以丰富了草地学的理论和科学技术。草地学广泛地运用了有关植物学、农业栽培学和畜牧科学各方面的理论和以生产的科学知识为基础。它结合植物学的各部门,特别是植物学、生态学、群落学等学科,建立了草类的生长发育,类群结合、草地形成、演替的规律和培育建设的途径,为科学的管理、利用提供了理论依据。运用了农学的科学理论,特别是农业

① A. M. 德米特里耶夫, 1948年 (见中译本《草地经营附草地学基础》第4页)。

② 王栋, 牧草学通论, 第3页, 1952年。

③ William Davis, 1960年 (见第八届国际草地会议论文集, 中译本第10页)。



生产的基础科学，土壤学、耕作学、栽培学，研究草地的生长地，草地的生境条件及其相互作用，改进草地的营养基础，提高草类的生产和质量，建立稳固的饲料基地。根据畜牧业发展的要求，运用家畜的生理特性及对营养要求的理论，着重研究草类的饲用和营养价值，提供适于牲畜的生长、繁殖和提高产品产量和质量的要求。其它如动物学、微生物学等学科，都直接和间接的关系着草地的研究和应用。草地学的理论与生产技术把植物生产与动物生产密切地联系起来。因此，草地学既要研究草类有效利用光能和土壤养分形成植物产品的过程，也要研究利用植物产品通过动物为人类提供高级畜产品的有效途径。



## 第一章 草地植物的生态学基础

植物生存的环境是由许多因子组成的。有些因子是必需的，例如氧、二氧化碳、温度、水和无机养料，对于绿色植物是不可缺少的，否则引起生长不良或死亡。有些因子，对促进植物的生长和发育有影响，而另一些因子，对植物的生存发生不利的影晌。这些环境条件，称为植物的生态因子。

自然界中，影响植物的生态因子相互联系，总是综合的发生作用，其中一个因子的变化就要引起其它因子的变化，如光照发生变化，就要引起空气温度、湿度、土壤微生物的活动及其它因子的变化。因此，各个生态因子的作用，亦不应孤立的理解，并不是每个因子都直接的对植物发生作用，大多是通过环境变化而推动植物内部的作用，如光合作用、蒸腾作用、水分吸收、物质运转和新陈代谢过程等生理现象而发生反应。某一因子强度的增加或降低，只能达到一定的界限，超过这一界限，将引起植物生长发育的障碍。

植物的生长和分布，决定于植物种本身的特性，也决定于生存中的环境因子。不同地区、不同的植物生长阶段和时间，生态因子对植物的影响强度是不同的，植物对生态因子的反应也各有差异。不仅环境能选择改变植物，植物亦不断地影响改造环境，作用是复杂的。为了了解植物与生态因素的关系，需要进一步分析植物的生态条件和植物与环境间的相互作用。

自然界的生态因子，永远是综合起来对植物发生作用的。因此，若确定某一生态因子的作用发生的强度，和植物对某一生态因子适应的范围是困难的，应把它们作为综合的整体来考虑。下面把这些因子综合为几类，简要说明这些因子对植物的作用和植物的适应能力。

气候因子：光照、温度、水分、空气。

土壤因子：土壤水分、土壤空气、矿物质营养、盐类。

地形因子：地势高度、地形起伏，坡向等。

生物因子：植物之间、植物与动物之间、微生物活动等。

人类的活动：人类活动的影响及火烧，植物的生活型。

### 第一节 气候因子

气候是植物生态环境的基本因子，对于植物的各种生理现象，一系列的功能，植物种和植物群落的组成、分布，都发生深刻的影响，往往决定了植物群落和草地植被的基本特征。

## 一、光 条件

(一) 光 光是植物生活必须的基本条件之一。绿色植物利用太阳辐射能, 将从空气和土壤中吸收的二氧化碳和水, 通过光合作用转化为贮藏于简单的糖分子的化学能, 产生了动物和植物生命所需要的有机物质和能量, 建成植物的形态躯体, 促进组织和器官的分化, 这个过程只有在光照条件下才能进行。在光照不足时, 植物亦容易褪色和出现黄化现象, 远不如充分光照下生长的植物健壮。

太阳辐射能不能全部被植物所利用, 其中一部分为眼所感受的, 波长约在390—760毫微米 (nm) 之间, 称为可见光, 在分光镜中可以见到有色光谱 (图 1—1)。只有这一范围波长的光参与植物的光合作用, 植物在这一范围内才能正常生长。

超出可见光谱的波长, 较长一些的 (在 760 毫微米以外) 称为红外辐射, 是热能的来源。波长愈长, 增热的效能愈大, 但不足以刺激植物的化学反应, 与茎枝的伸长和萌发无关。波长低于可见光的 (小于 390 毫微米) 称为紫外辐射 (化学线), 能参与化学反应。植物的正常生长, 并不需要紫外辐射。但紫外辐射能促使花青素的形成, 能抑制植物的生长激素, 阻碍茎的伸长。

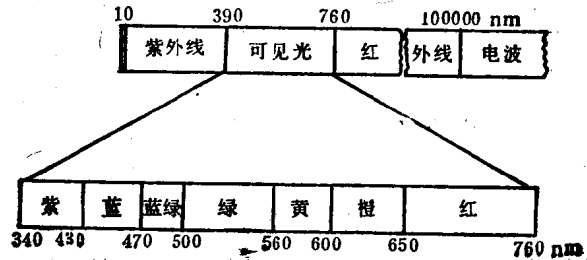


图 1—1 辐射能光谱图

在植物光合作用进行过程中, 并非所有可见光全部被吸收, 而是有选择性的。在森林和草地重叠叶层中, 光的吸收是不同的。照在叶面上的可见光约有75—85%被吸收, 10—20%被反射, 5—10%透过叶子 (图 1—2)。被吸收的可见光可以从叶绿素的吸收光谱中看到, 主要在蓝紫光区 (波长400—470毫微米) 和红光区 (波长600—700毫微米) 被吸收的最多。一般, 绿色光被反射或透过的较多, 但在光合作用的作用光谱上红光的一端比波长较短的蓝紫光更为有效。反射的光量因太阳光投射的角度和反射物面的性质而不同。洁白的雪能反射85%的阳光, 水面只能反射5%的阳光。

用不同颜色的光线照射植物的幼苗, 红光对植物的生长无明显影响, 绿光照射植物生长较高, 蓝光则生长较矮, 近红外光一端的光能促进植物的生长。在自然光照下, 光照在植物的伸长时期能起抑制作用, 但植物的生长, 光照又是不可缺少的条件。

在植物的原生质中, 呼吸作用是继续不停的, 使碳水化合物氧化并释放出维持生命所需要的能量。当光合作用停止时, 由于呼吸作用继续进行, 而使能量消耗。当在植物的光合作用所产生的能量和呼吸作用所消耗的能量相等时, 所需要的光量, 称为光的补偿点。在阴云的天气, 光合作用低于呼吸作用, 使植物贮藏的物质减少, 营养亏乏, 以致依靠绿色植物为生的动物也感到营养的不足。

植物生长需要的合成物显然远高于呼吸作用，只有在光照超过补偿点时才能满足。光照的增强，会引起光合作用和呼吸作用的增强。整个植物当生长在全日照下，同化作用最快，但光合作用的最适光强度比全日照小得多，因为植物大部分叶片常常是互相遮蔽，不能进行最大限度的光合作用。

光条件的生理效应，一方面受植物的种类，发育年龄，叶绿素含量，细胞中水分的含量和光合产物的积累等内部因素的影响；另一方面，则受光照强度、温度、二氧化碳、水分和矿物质营养等外部因素的影响。光条件与植物和环境间的关系，是多方面联系的复杂的生理过程，不是个别因素的孤立影响。如水分不足，引起气孔关闭，因而影响二氧化碳的吸收。二氧化碳供应不足，植物不能充分利用光能，表现为光饱和点的下降。光条件的作用，在各因素之间是相互制约和促进的。因此，增加了分析光条件和植物关系各因素作用的困难。

光条件的生态意义，常由光的强度和质量的对比而表现出来，并随时发生变化。光对植物的作用随地理位置、海拔高度、大气状态、植被组成、季节变化等因素使光照发生变化。例如海拔升高，空气层稀薄，光照条件增加，太阳辐射增强，受强光的抑制，植物发生矮化现象。通过地形坡度、坡向的改变，阳坡光照增强，蒸发量增多，植物的水分条件改变，植物种类和群落结构发生变化、光质量的变化不如光照强度变化明显，但总是光的量的变化，伴随着光的质的变化。光线通过大气层水汽时，发生强烈的吸收和遮蔽作用，水汽吸收长光波和红外线较多，而短光波和紫外线则被漫射，称为漫射光。空气中透过红光的百分率愈高，对光合作用的效率较黄色和蓝色光为高。

光对植物的生态作用又常因所含直射光和散射光的情况而不同。直射的光度强，对植物常能发生有害的影响，往往发生抑制植物或破坏叶绿素的作用。生长在全光照下的植物，

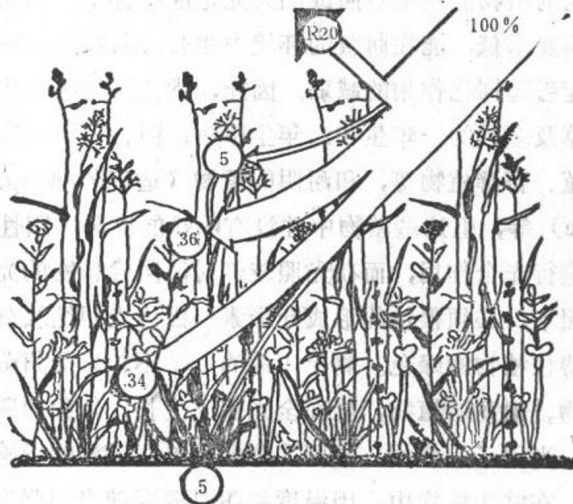
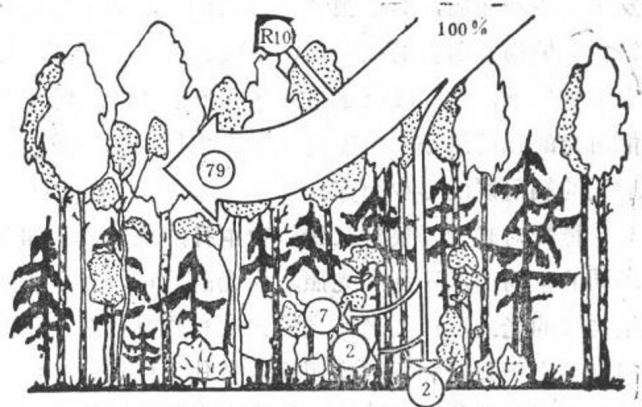


图1—2 混合森林(上)与草地(下)中,光辐射变化  
 上图:反射光10%,树冠层吸收79%,下层7%、2%,地面2%。  
 下图:反射光20%,中部及下部草层36%、34%,上层5%,地面5%。

发生的生理效应,影响植物的内部构造,叶子厚而坚韧,栅栏组织发育。散射的光度弱,常含有植物所需要的红黄光,易被植物吸收利用,最能表现对植物的生态作用。荫蔽在其它植物层下,只能吸收透过的光和反射的光,叶子薄,叶面积大,海绵状组织比较发达。散射光的强度虽小,但能满足光合作用的生产效能。光的生态意义又常根据含直射光和散射光的辐射线的多少而定。

植物对光的需要量又受植物本身的生长发育和生境条件如温度、湿度的限制而不同。不同的植物要求不同的光照,而光的质量,光的生理作用,也因这些因素发生变化。透过植物层的光或反射的光,光的强度和质量都发生了变化。生长在荫蔽下的植物,应能适应减低了光照强度和不同光照质量条件下生活。

(二) 植物的光适应 植物在自然分布的情况下,不同种类对光的需要程度是不同的。喜光的植物能在全日照或阳光充足的条件下,同化作用增强,生长旺盛。喜阴的植物,对光的要求低,能在荫蔽的环境中生长,同化作用只能在较弱的光度中进行,光照继续增强,可能引起同化作用的减弱。因此,常把植物区分成:阳性植物(喜光的),如紫苜蓿、红三叶草及多数的一年生和二年生植物;阴性植物(喜阴的)如酢浆草(*Oxalis corniculata*)、紫堇、苔藓植物等,和耐阴的植物(适应各种不同程度的光),如鸡脚草(*Dactylis glomerata*)等,但这些植物中并没有明显的界限。阳性植物在全日照下,比阴性植物能更快的进行光合作用,而在光照较低时,阴性植物的光合作用能较有效的进行。阳性植物在全日照下,必须很快的形成叶绿素,因为光照继续分解叶绿素,只有迅速的的形成叶绿素才能保持住植物的绿色。属于阳性的,是不能忍受荫蔽的植物,阴性植物是不能忍受强光度的植物。耐阴的植物,能在全光照下生长,但稍微荫蔽也不致受到损害。

光因子的作用,常因受许多相关联因素的影响,精确测算光的重要作用是有困难的。在陆生植物中,因温度和相对湿度随光的强度而变化,也影响光照作用。植物的幼苗在微弱的光照下常不能生活,可能主要由于荫蔽的影响,并非由于光因子的作用。荒漠和草原植被的植物组成,分布在光照强烈而开旷的地面,植物组成常较稀疏,植物不能彼此荫蔽。草原的过度放牧和割草,地面和草群基部暴露,常能影响植被的组成。在森林中,由于植物需光的程度不同,使森林形成明显的层次。森林疏伐或林冠中部分个体受淘汰时,如果森林中的建群种是耐阴的,森林的区系组成常能保持不变,如建群种的幼苗不能在荫蔽下生长,常为其它植物种所代替,组成新的群落。森林采伐也常引起林下草甸植被的演替。

植物群落的浅层现象,是植物对光照强弱的适应性不同而产生的,阳性植物不能在强度郁闭的植被层下正常生长。人工草地的混合组成,必须考虑每种牧草的需光程度,深入分析各种植物的耐阴习性。

光对绿色植物的形态和构造有明显的影晌。阳性植物和阴性植物之间可以发现形态和构造的差别。阳性植物在强烈的光照下,植株矮小,幼芽短,节间缩短,叶子的分布常成为根叶丛生。许多高山植物的植株矮小,根叶丛生,可能是由于光照的强烈所引起。阳性植

物在荫蔽或缺光的条件下，常使幼芽褪色，节间延长，光照不均衡的情况，也能引起枝叶或树冠偏于一面发育。相反，喜阴植物不能适应强度的光照，光度继续增加，能阻碍同化作用的进行。荫蔽植物往往是植株细长、节间长、叶子较少，常由于机械组织发育不良而发生倒伏现象。按植物的形态构造，阳性植物叶肉厚，粗糙有毛，角质层和表皮层较厚，机械组织发达，叶肉细胞能显著的分成栅栏组织和海绵组织。阴性植物叶子较薄，角质层和机械成分都不发达，栅栏组织和海绵组织的区别不明显。在阳生的叶子和阴生的叶子中间，常有各种中间型。

一般植物常有不同程度的耐阴性，在完全光照时生长良好，在不同程度的荫蔽下，也不致受伤。生长在郁闭林中的植物，当透入的光线不足以维持必要的光合作用时，叶子会自下而上的凋落，甚至枝条也自然凋落，大多数禾草状的叶或其它单子叶植物，直立的叶子可以使光线透入，可以避免这种影响。各种植物对光的反应是不同的。气候和土壤条件愈适于植物的生长，植物的耐阴性也愈加强。植物在幼期阶段耐阴性较成年植物强。植物的外表特征和内部构造是植物耐阴程度的表现。但不能用来断定植物的耐阴性，因为光条件的影响一定和温度条件及水条件相结合，发生综合的作用。

**(三) 光期和植物的分布** 植物由营养生长进到生殖生长，经过一系列的变化，长期以来是发育生理学研究的中心问题。光对植物的营养生活，生长过程发生重要的影响。光对植物的阶段发育，亦有重要的意义。植物自然生长，受季节变化中光照和暗期交替（昼期变化）规律性的影响，在开花之前，不同植物种类在不同的光照条件下，一些季节性的生物学现象，如一些野生植物（如地丁草等）在春季开花，有些植物（如野菊等）则需要到晚夏或秋季才能开花，是植物的特性，也受昼夜光照相对长度的反应。大多数植物种类生长在一定的纬度条件下，总是在相同的时间开花。如大豆品种，在同一纬度，不同地点，不同时间播种，有不同长度的营养期，总是夏末相近的时间内开花。在不同纬度播种，越是在低纬度，开花越早，很明显，植物的开花，不但由植物的内在因素决定，也常为外界条件所控制。

植物受地理位置，光照条件变化的影响，形成植物对光期的不同反应，但植物的光期，需要在植物春化之后，才能开始，可以分为三类：

1. 植物在黑暗中经过光期，在较短的日照条件下才能开花，这类植物需要14小时的黑暗阶段，在自然条件下通常是早春或深秋开花。人工缩短其受光期，可促其提前开花，叫做短日照植物（热带及亚热带植物），如大豆、向日葵、玉米、高粱等植物。这类植物在黑暗中经过光期之后，在任何长短、充分强度的光照下，都可以开花。如果黑暗时间不够，虽到开花时间仍维持营养状态，开花晚或开花早。

2. 另一类植物，在长日照条件下经过光期才能开花。在没有完全经过光期之前，就不能开花或开花晚。这类植物需要经过14小时以上的光照时间。人工延长光照可以促进早开花。如紫苜蓿、三叶草、燕麦、豌豆等。

3. 有些植物可以在各种光照条件经过光期，不因昼夜长短提前或延迟开花，称中日照

植物，如蒲公英、景天、四季豆等。

昼夜时间长短的比例，对于植物的发育有很大的影响。北方白昼时间长，光照强，植物可以从光照时间延长得到温热的补偿。在热带，热量充足，植物可以处于强烈的郁闭。不同的坡向，有不同的光照，所发生温湿的变化，明显的影响植物的生长发育和分布。

长日照植物由北方南移，可以在热带生长完好，但常不能开花结实，也不能在南方定居下来。短日照植物由南方北移，常使植物营养期延长。枝叶茂盛，开花延迟。如短日照植物在高纬度地区正常发育，需要先经过光期处理。植物种间的光照反应，常常是植物在某一定地区移植成败的原因，也常是用以鉴定牧草种子品系和它的潜在能力的根据。当然不能认为植物的分布主要由于日照长短所决定。而日照长短对植物的影响，可与温度、水分和光照等因素决定植物分布的范围。

光照强弱和光照时间长短，随地理纬度的不同而发生变化，对于植物的地理分布发生极大的影响。植物北移，纬度增高，夏季白昼时间延长，但光照减弱，引起植物对光照适应的变化，高纬度地方的植物较低纬度地方的植物，常能在更短的时间内，完成植物的发育周期。植物在长日照条件下，缩短营养期，如黑麦、燕麦等表现成熟期可以提早。长日照的谷类作物，当日照缩短时，营养器官强烈发育，但延迟植物的开花和成熟。

## 二、温 度

(一) 温度条件 温度是植物生存的基本条件之一。每种植物的生长和发育必须在一定的温度极限及持续下才能完成。超过或不及所需要的温度极限时，则植物的生长和发育及其它生活现象便要停止，或不能开始。植物的一切生理作用，新陈代谢现象，都需要在一定的温度条件下进行。影响植物生长的温度可以分为最低温度、最适温度和最高温度三个基点。最适温度是生长最快的温度，最低和最高温度是植物生长的上下极限。虽然最适温度植物生长很快，但不是生产上的最适温度，如在缺光的条件下，植物的生长不一定健壮。而最低、最高温度虽是植物生长的极限温度，但并不是死亡的临界温度，植物生存的最低、最高温度还远超过这个极限。

不同的植物，同一机能的基点温度是不同的，而同一植物的不同机能，基点温度也是不同的。当温度的量和持续时间最适宜的时候，植物的生长和发育才能完成的最好。植物的呼吸作用，当温度低于 $-20^{\circ}\text{C}$ 时，变得很弱，但仍继续进行，待温度上升时又逐渐增强。呼吸作用的最适温度约在 $30-40^{\circ}\text{C}$ 左右，温度再高时，呼吸作用变的很弱或致死亡。当温度在 $-20^{\circ}\text{C}$ 时，光合作用已停止。结冻的植物，叶绿粒受冻害发生变化，失去光合作用的能力，但呼吸作用并未停止，消耗植物贮存的营养物质维持生命的需要。雪覆盖下的草类由于呼吸继续，营养物质消耗，影响春季的生长。光合作用的最适温度不超过 $30-35^{\circ}\text{C}$ ，或稍低些，温度增高，光合作用迅速降低。光合作用的最适温度常因光照强度，空气中 $\text{CO}_2$ 的浓度等伴随因子而变化。

植物的一些生活过程需要在低温中完成。植物在休眠状态能耐最低极限的温度，种子

在干燥状态下能适应长期的低温。许多植物的种子需要经过低温过程才能正常发芽，否则便不能发芽或发芽率降低。紫苜蓿、三叶草等在充分湿润的情况，在 $0-1^{\circ}\text{C}$ 的低温可以发芽，在 $2-3^{\circ}\text{C}$ 的温度便开始长苗。猫尾草、燕麦等种子在 $1-2^{\circ}\text{C}$ 的温度发芽，在 $4-5^{\circ}\text{C}$ 可以生长。羽扇豆、甜菜等在 $3-4^{\circ}\text{C}$ 时发芽，在 $6-7^{\circ}\text{C}$ 开始生长。一些植物需要较高的温度，如苏丹草、玉米等需要在 $8-10^{\circ}\text{C}$ 以上的温度，才能发芽。谷类作物最适宜的发芽温度是 $25^{\circ}\text{C}$ 左右，最高极限温度在 $35^{\circ}\text{C}$ 左右。

植物生长需要的温度也各不相同。有些藻类在 $-1^{\circ}\text{C}$ 以下即可以生长。燕麦的根系在土壤温度为零度左右时( $0.2-0.3^{\circ}\text{C}$ )便可以生长。有些草类如银莲花(*Anemone sp.*)的根系在冬季的低温下可以看到微量的生长。青草在雪覆盖下，在 $0^{\circ}\text{C}$ 左右的温度能以生长是常见的，并有时幼芽伸出雪面上。但在炎热的沙漠中，植物可以抵抗高温。骆驼刺(*Alhagi pseudoalhagi*)可以在 $60-70^{\circ}\text{C}$ 的高温中生存。热带和亚热带地区的植物，生长需要较高的温度，温度下降，生长渐渐停止。植物的生长速度与生境温度有密切的联系。植物根部吸收无机盐类，当土壤温度低于最低极限时，吸收作用变弱而停止。

植物生存的温度极限很高，大多数的植物能在 $0-45-50^{\circ}\text{C}$ 的范围内积极的生活。温度超过 $50^{\circ}\text{C}$ ，原生质含有的蛋白质发生凝结，植物死亡。地球上很少地区由于温热不足而植物不能生存，北极冻原上仍有藻类发生。

在植物的生命周期中，长期受到温度的锻炼，在各个发育阶段，需要不同的温度。这些温度条件的持续时间，有一定的长度，并按照着一定的顺序变换。严寒酷热很少引起外部适应特性的改变，不同的植物具有不同的原生质特性，对于忍受冻害都有其特殊的作用。低温可能影响高寒地区植物的偃伏、垫状、根叶丛生等形态的形成，但同时，阳光、水分和风力可能产生更显著的作用。紫苜蓿、三叶草和其它植物的根颈埋藏在表土下是防御干旱，作好越冬准备，但首先是细胞的分裂和植物的适应性所促成的。

(二) 植物对高温的适应 植物的生理过程(如光合作用、蒸腾作用等)都要求有最适宜的温度。植物体各种器官变化的生物化学作用和新陈代谢作用，也都有一定的温度条件。植物的适应，常常局限在一定的温度范围内。其主要原因是受原生质水分的含量变化而定，各个种和个体都可能不同。在适宜温度的最高、最低极限时，生理机能受到妨碍，生长速度迅速下降。一般情况，温度长期处于 $35-40^{\circ}\text{C}$ 时，植物的生理作用，即处于不协调状态。越冬种子的生物化学作用，营养器官的发酵作用(如淀粉的糖化、脂肪的蓄积)在低温里进行。如其它环境因子相同，每种植物都可能有生长最适宜的温度，和所能忍受的最高、最低温度。这些限度，可能是由于所特有的原生质对于温度忍受的能力而造成的，也可能由于生理过程的反应而造成的。无机盐类的吸收，即水和盐类进入根部，当土壤温度达最低极限时，作用变弱而停止。呼吸作用受温度的作用较小，当温度低于 $-10^{\circ}\text{C}$ ( $-20^{\circ}\text{C}$ )时，呼吸变弱并不停止。结了冰的植物，叶绿粒受冻而起变化，失去光合作用的能力，但呼吸作用还能很微弱的进行。光合作用的最适温度常与其它伴随因子，如光照强度有关。植物的生长速度(生长率)常因全部生态因子的综合作用而变化。



不同的植物种对温度的要求不同。原产于热带的植物对温度的要求常高于温带植物,可能由于生境条件对植物种的形成过程长期系统发育的影响,这是自然选择的结果。随着植物的不同发育时期,对温度的要求不同。多数一年生植物,从开始生长到开花结实,要求的最适温度逐步上升,基本上与季节温度的变化大致符合。植物的不同发育期对高温的适应性亦不同,发育早期,受高温的危害较为显著。干旱的早春,植物受害较重,禾本科花穗的原始体常因此干枯。在植物结实期影响较小。干旱地区及时的春灌、春雨,可以促进植物的发育。蒸腾作用是保护植物免受高温伤害的重要因素。植物忍受高温的能力不同,旱生植物较中生植物更能忍受高温,肉质的旱生植物,如仙人掌和景天等忍受高温的能力更强。

植物对温度的要求似有周期性的变化,一年中和一天内都有温度的周期性变化,称为年温周期和日温周期。热带地区日夜温差小,植物要求的日温变化不明显,一般为 $3-6^{\circ}\text{C}$ 。温带植物要求的昼夜温差较大,一般在 $5-7^{\circ}\text{C}$ 以上。荒漠植物要求的昼夜温差在 $10^{\circ}\text{C}$ 以上,才能生长良好。植物的年温周期则随季节气候而变化。植物在不适宜的温度中,叶子脱落,停止生长,降低代谢作用而进入休眠状态,在休眠期中能抵抗温度的危害。有些植物适应干旱、炎热气候的危害而在夏季休眠。植物抵抗低温或高温为害的能力,随植物休眠的程度而加强抵抗的能力。植物的休眠可以分为深休眠和抑制休眠,植物处于深休眠期,虽给以有利的生长条件,亦不能脱离休眠状态。植物处于抑制休眠状态,是由于生长条件的不利,如给以适宜的条件,可以恢复生长。

一般的高温对植物生长是有利的,过高温度对植物造成危害,引起细胞间生物化学作用的不协调现象。光合作用因温度增高而受抑制,有机物质积累减少,呼吸作用上升,消耗枯竭,植物处于饥饿状态,代谢作用失调。同时,分解加强,植物体出现有害的含氮中间化合物,产生对原生质有害的毒物质。温度继续增高,细胞的渗透性受伤,并引起细胞原生质的逐渐凝固,蛋白质失去原有生物化学特性,使植物死亡。在高温下,原生质的抗温性随植物细胞的水分减少而增加。植物降低高温危害的生理适应方法:(1)蒸腾作用降低日晒的温度;(2)叶绿素减少吸取最热的光线;(3)细胞里积蓄盐类,增高原生质萎缩的温度。禾本科根系的沙套,可防御高温为害。

短日性植物是喜热的,由生长状态进入生殖状态,通过的感温阶段需要高温,耐寒的能力弱。长日性植物喜温和的气候,通过的感温阶段需要低温,耐寒力较强。野生的草本植物需要在冬季低温中进行温期的变化,在根茎中发生生殖状态的幼芽。植物的许多生活现象,如种子越冬,贮藏物质的转化,都是低温中进行的。

(三)植物的耐寒性 自然界中异常气候的出现是客观存在的,对植物产生不利的影响,植物也形成一定的适应能力。在低温来临之前,植物进行适应的过程,积累有机物质,降低代谢活动,原生质特性发生变化,在形态和解剖上也发生相应的变化,植物逐步进入休眠状态,以抵抗寒害。如低温超过植物的抵抗能力,则发生寒害。植物抵御寒害的能力各有不同,耐寒能力决定于各种植物适应的特性。一年生植物以成熟干燥的种子越冬,免

受低温的伤害。潜芽植物得到地下块茎、鳞茎的保护，以避免低温为害。多年生草本植物在低温来临时，地上部枯死，而以地面的或地下的越冬芽经过低温的锻炼，增加植物的抵抗能力。

气温下降，使植物结冰而发生冻害或霜害。植物受冻害的原因，由于细胞间溶液浓度低于细胞液，低温时细胞间隙首先结冰，使细胞间未结冰的溶液浓度升高，渗透压增高，使细胞内水分渗出，并继续增大冰晶体，细胞液愈来愈浓而形成原生质的脱水现象。加之受细胞间隙冰晶体形成的机械压力而受伤或致死亡。植物遭受冻害的情况，因结冰程度，溶解速度和植物抗寒能力的不同，发生冻害后，气温缓慢上升，原生质吸收水分，可以恢复生命。如温度回升快，细胞壁吸收水分，原生质不能吸水膨胀，使原生质破裂。未吸收的水分，亦因蒸发损失，则植物脱水干枯。寒潮和严重霜冻，气温变化激烈，植物抗寒较弱，常常造成严重伤害。寒冷限制土壤水分进入植物体内，而蒸腾作用继续进行，亦促使植物干枯死亡。喜温热的植物在气温下降尚未结冰时，已能引起生理机能和新陈代谢上的故障，使植物受伤害或致死亡。引种或南种北移时常遇到这种现象。

植物的越冬抗寒性与组织贮藏的物质有关，越冬植物体内淀粉较少，可溶性糖类较多，糖的作用不仅可以降低冰点，减少结冰的可能，并能保护原生质胶体不致遇冷凝结，降低自由水含量，可以防止冻害。

植物的耐寒力，因不同的种类，不同的发育期，以至不同的土壤都有不同的变化。温度在0—5℃时，玉米、高粱已受冻害，但大豆、黑麦则不致受冻害。冬小麦在-20℃越冬不致受害，但在拔节时，-2—-3℃的低温，可致冻死。干燥种子能忍受-100—-200℃的寒冷而保持发芽力。但种子吸水膨胀后，在0℃的低温时常易冻死。树木的越冬芽保存少量的水分，可以在寒冷的冬季渡过，但在春季发芽时含有充分的水分，不严重的霜害，幼芽就易被冻死。植物随季节和气候的变化，植物体忍受低温和抗冻的能力发生适应性的规律变化。

多年生牧草和越冬植物在气温逐渐降低，冬季来临之前，生长缓慢，呼吸作用减慢，有机物质积累，植物渐渐进入休眠状态。同时，植物体内水解酶的活性增强，淀粉和蛋白质分解为低分子水溶性状态，亲水性胶体增加，自由水含量降低，从而使细胞溶液浓度增高，原生质胶体的稳定性使其不易凝聚，降低细胞内结冰的可能。同时，在低温中原生质特性发生了一定的变化。原生质与细胞壁分离，细胞内外的水分不易交换，减少发生脱水的现象，增强植物的耐寒力。

温度降低，植物生长减慢，进入休眠状态是植物抗寒的基本性能。随着植物休眠的深度抗寒力增加。为了改进植物的抗寒适应，还应采取措施，改进植物的低温环境，如营造防护林带，设置风障，或熏烟、覆盖，以提高温度，改善植物的营养条件，合理的施肥、灌水，促进营养物质的积累以增加植物的抗寒力，加强植物忍受低温的锻炼，促使脱水，保护物质在植物体内的形成和积累。植物耐寒性的锻炼，可以分为二个时期：第一个时期，在光照下进行，光合产物——糖类在植物体内积聚。第二个时期，在温度降到0℃进行，细