

𠂇 𠂈 𠂉 𠂊 𠂋 𠂌 𠂍 𠂎 𠂏 𠂐 𠂑 𠂒 𠂓 𠂔 𠂕 𠂖 𠂗 𠂘 𠂙 𠂚 𠂛 𠂜 𠂝 𠂞 𠂟 𠂠 𠂡 𠂢 𠂣 𠂤 𠂥 𠂦 𠂧 𠂨 𠂩 𠂪 𠂫 𠂬 𠂭 𠂮 𠂯 𠂰 𠂱 𠂲 𠂳 𠂴 𠂵 𠂶 𠂷 𠂸 𠂹 𠂺 𠂻 𠂼 𠂽 𠂾 𠂿 𠃀 𠃁 𠃂 𠃃 𠃄 𠃅 𠃆 𠃇 𠃈 𠃉 𠃊 𠃋 𠃌 𠃍 𠃎 𠃏 𠃐 𠃑 𠃒 𠃓 𠃔 𠃕 𠃖 𠃗 𠃘 𠃙 𠃚 𠃛 𠃜 𠃝 𠃞 𠃟 𠃠 𠃡 𠃢 𠃣 𠃤 𠃥 𠃦 𠃧 𠃨 𠃩 𠃪 𠃫 𠃬 𠃭 𠃮 𠃯 𠃰 𠃱 𠃲 𠃳 𠃴 𠃵 𠃶 𠃷 𠃸 𠃹 𠃺 𠃻 𠃼 𠃽 𠃾 𠃿 𠄀 𠄁 𠄂 𠄃 𠄄 𠄅 𠄆 𠄇 𠄈 𠄉 𠄊 𠄋 𠄌 𠄍 𠄎 𠄏 𠄐 𠄑 𠄒 𠄓 𠄔 𠄕 𠄖 𠄗 𠄘 𠄙 𠄚 𠄛 𠄜 𠄝 𠄞 𠄟 𠄠 𠄡 𠄢 𠄣 𠄤 𠄥 𠄦 𠄧 𠄨 𠄩 𠄪 𠄫 𠄬 𠄭 𠄮 𠄯 𠄰 𠄱 𠄲 𠄳 𠄴 𠄵 𠄶 𠄷 𠄸 𠄹 𠄺 𠄻 𠄼 𠄽 𠄾 𠄿 𠅀 𠅁 𠅂 𠅃 𠅄 𠅅 𠅆 𠅇 𠅈 𠅉 𠅊 𠅋 𠅌 𠅍 𠅎 𠅏 𠅐 𠅑 𠅒 𠅓 𠅔 𠅕 𠅖 𠅗 𠅘 𠅙 𠅚 𠅛 𠅜 𠅝 𠅞 𠅟 𠅠 𠅡 𠅢 𠅣 𠅤 𠅥 𠅦 𠅧 𠅨 𠅩 𠅪 𠅫 𠅬 𠅭 𠅮 𠅯 𠅰 𠅱 𠅲 𠅳 𠅴 𠅵 𠅶 𠅷 𠅸 𠅹 𠅺 𠅻 𠅼 𠅽 𠅾 𠅿 𠆀 𠆁 𠆂 𠆃 𠆄 𠆅 𠆆 𠆇 𠆈 𠆉 𠆊 𠆋 𠆌 𠆍 𠆎 𠆏 𠆐 𠆑 𠆒 𠆓 𠆔 𠆕 𠆖 𠆗 𠆘 𠆙 𠆚 𠆛 𠆜 𠆝 𠆞 𠆟 𠆠 𠆡 𠆢 𠆣 𠆤 𠆥 𠆦 𠆧 𠆨 𠆩 𠆪 𠆫 𠆬 𠆭 𠆮 𠆯 𠆰 𠆱 𠆲 𠆳 𠆴 𠆵 𠆶 𠆷 𠆸 𠆹 𠆺 𠆻 𠆼 𠆽 𠆾 𠆿 𠇀 𠇁 𠇂 𠇃 𠇄 𠇅 𠇆 𠇇 𠇈 𠇉 𠇊 𠇋 𠇌 𠇍 𠇎 𠇏 𠇐 𠇑 𠇒 𠇓 𠇔 𠇕 𠇖 𠇗 𠇘 𠇙 𠇚 𠇛 𠇜 𠇝 𠇞 𠇟 𠇠 𠇡 𠇢 𠇣 𠇤 𠇥 𠇦 𠇧 𠇨 𠇩 𠇪 𠇫 𠇬 𠇭 𠇮 𠇯 𠇰 𠇱 𠇲 𠇳 𠇴 𠇵 𠇶 𠇷 𠇸 𠇹 𠇺 𠇻 𠇼 𠇽 𠇾 𠇿 𠈀 𠈁 𠈂 𠈃 𠈄 𠈅 𠈆 𠈇 𠈈 𠈉 𠈊 𠈋 𠈌 𠈍 𠈎 𠈏 𠈐 𠈑 𠈒 𠈓 𠈔 𠈕 𠈖 𠈗 𠈘 𠈙 𠈚 𠈛 𠈜 𠈝 𠈞 𠈟 𠈠 𠈡 𠈢 𠈣 𠈤 𠈥 𠈦 𠈧 𠈨 𠈩 𠈪 𠈫 𠈬 𠈭 𠈮 𠈯 𠈰 𠈱 𠈲 𠈳 𠈴 𠈵 𠈶 𠈷 𠈸 𠈹 𠈺 𠈻 𠈼 𠈽 𠈾 𠈿 𠉀 𠉁 𠉂 𠉃 𠉄 𠉅 𠉆 𠉇 𠉈 𠉉 𠉊 𠉋 𠉌 𠉍 𠉎 𠉏 𠉐 𠉑 𠉒 𠉓 𠉔 𠉕 𠉖 𠉗 𠉘 𠉙 𠉚 𠉛 𠉜 𠉝 𠉞 𠉟 𠉠 𠉡 𠉢 𠉣 𠉤 𠉥 𠉦 𠉧 𠉨 𠉩 𠉪 𠉫 𠉬 𠉭 𠉮 𠉯 𠉰 𠉱 𠉲 𠉳 𠉴 𠉵 𠉶 𠉷 𠉸 𠉹 𠉺 𠉻 𠉼 𠉽 𠉾 𠉿 𠊀 𠊁 𠊂 𠊃 𠊄 𠊅 𠊆 𠊇 𠊈 𠊉 𠊊 𠊋 𠊌 𠊍 𠊎 𠊏 𠊐 𠊑 𠊒 𠊓 𠊔 𠊕 𠊖 𠊗 𠊘 𠊙 𠊚 𠊛 𠊜 𠊝 𠊞 𠊟 𠊠 𠊡 𠊢 𠊣 𠊤 𠊥 𠊦 𠊧 𠊨 𠊩 𠊪 𠊫 𠊬 𠊭 𠊮 𠊯 𠊰 𠊱 𠊲 𠊳 𠊴 𠊵 𠊶 𠊷 𠊸 𠊹 𠊺 𠊻 𠊼 𠊽 𠊾 𠊿 𠋀 𠋁 𠋂 𠋃 𠋄 𠋅 𠋆 𠋇 𠋈 𠋉 𠋊 𠋋 𠋌 𠋍 𠋎 𠋏 𠋐 𠋑 𠋒 𠋓 𠋔 𠋕 𠋖 𠋗 𠋘 𠋙 𠋚 𠋛 𠋜 𠋝 𠋞 𠋟 𠋠 𠋡 𠋢 𠋣 𠋤 𠋥 𠋦 𠋧 𠋨 𠋩 𠋪 𠋫 𠋬 𠋭 𠋮 𠋯 𠋰 𠋱 𠋲 𠋳 𠋴 𠋵 𠋶 𠋷 𠋸 𠋹 𠋺 𠋻 𠋼 𠋽 𠋾 𠋿 𠌀 𠌁 𠌂 𠌃 𠌄 𠌅 𠌆 𠌇 𠌈 𠌉 𠌊 𠌋 𠌌 𠌍 𠌎 𠌏 𠌐 𠌑 𠌒 𠌓 𠌔 𠌕 𠌖 𠌗 𠌘 𠌙 𠌚 𠌛 𠌜 𠌝 𠌞 𠌟 𠌠 𠌡 𠌢 𠌣 𠌤 𠌥 𠌦 𠌧 𠌨 𠌩 𠌪 𠌫 𠌬 𠌭 𠌮 𠌯 𠌰 𠌱 𠌲 𠌳 𠌴 𠌵 𠌶 𠌷 𠌸 𠌹 𠌺 𠌻 𠌼 𠌽 𠌾 𠌿 𠍀 𠍁 𠍂 𠍃 𠍄 𠍅 𠍆 𠍇 𠍈 𠍉 𠍊 𠍋 𠍌 𠍍 𠍎 𠍏 𠍐 𠍑 𠍒 𠍓 𠍔 𠍕 𠍖 𠍗 𠍘 𠍙 𠍚 𠍛 𠍜 𠍝 𠍞 𠍟 𠍠 𠍡 𠍢 𠍣 𠍤 𠍥 𠍦 𠍧 𠍨 𠍩 𠍪 𠍫 𠍬 𠍭 𠍮 𠍯 𠍰 𠍱 𠍲 𠍳 𠍴 𠍵 𠍶 𠍷 𠍸 𠍹 𠍺 𠍻 𠍼 𠍽 𠍾 𠍿 𠎀 𠎁 𠎂 𠎃 𠎄 𠎅 𠎆 𠎇 𠎈 𠎉 𠎊 𠎋 𠎌 𠎍 𠎎 𠎏 𠎐 𠎑 𠎒 𠎓 𠎔 𠎕 𠎖 𠎗 𠎘 𠎙 𠎚 𠎛 𠎜 𠎝 𠎞 𠎟 𠎠 𠎡 𠎢 𠎣 𠎤 𠎥 𠎦 𠎧 𠎨 𠎩 𠎪 𠎫 𠎬 𠎭 𠎮 𠎯 𠎰 𠎱 𠎲 𠎳 𠎴 𠎵 𠎶 𠎷 𠎸

应用气象学

胡毅等 编著

气象出版社

(京) 新登字046号

内 容 简 介

本书针对国民经济发展的需要,运用气象科学的基本原理和方法,对农业气象、林业气象、污染气象、医疗气象、建筑及交通气象等作了介绍,并侧重于方法的说明和具体运用。

本书除了作为气象院校的教材外,还可作为其它院校的农业、地理、水文、环保、建筑和交通等专业的教学参考书,以及相关专业科技工作者的参考书。

应用气象学

胡 毅 等 编著

责任编辑:李如彬 终 审:徐 昭

封面设计:牛 涛 责任技编:席大光 责任校对:启 科

*

气 象 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

北京昌平环球印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 7 字数: 179千字

1994年4月第一版 1994年4月第一次印刷

印数: 1—1500

ISBN 7-5029-1427-7/P·0611(课)

定价: 4.20元

序

《应用气象学》作为一本高校教材出版是一件值得高兴的事，它说明这一课程已经进一步正规化，并已得到了很大的发展。

到了现代，应用问题在气象学里的重要意义越来越不可低估。70年代以来，气候问题引起了世界科技界的高度重视，许多国家元首与政府首脑公开发表关于气候问题的申明，更说明了这一问题已经进入外交与政治领域。这一巨大变化的根本原因是地球有限的气候资源日益短缺，而过度使用土地所造成的生态平衡的破坏和大量使用化石能（石油、煤、天然气）所造成的温度效应加强，都将可能引起不可逆转的气候变化，有可能进一步危害现有气候资源的开发利用，并产生更多更严重的气象灾害。因此，气候问题被认为是与人类前途休戚相关的当代主要问题之一，需要进行国际协商和合作，才能找到解决的途径。

但是气候这一世界性大问题实际上是同日常生产与生活的许多小问题联系在一起的，它正是这许多小问题积累而成的。它们之间贯穿着一条线，这就是节约化石能、节约土地、节约水资源。如果能够大幅度普遍地提高化石能利用效率、土地利用效率和水资源利用效率，就有可能建立良好的生态系统和降低温室效应，而避免气候危机。

应用气象学的目的是充分利用有利的气象条件，避免气象灾害，而合理地、有效地开发利用能源、土地与水资源。它不但为有关行业的各个企业带来经济效益与安全保障，而且在宏观上也是保护地球气候的基础性工作。因此，应用气象学的意义是极其巨大的。

在过去似乎存在一种误解，应用气象学既然标以“应用”，

就不涉及理论了。应当指出，这是一种极大的误解。误解既来自“应用”的字面含义，也与应用的初期状况有关。但是，应用向高级发展，不但要面对一系列的理论问题，而且解决这些理论问题所要求的是更为广阔的学术视野与造诣。这是由于任何气象应用问题都是气象与有关学科之间边缘学科的诞生地。它需联结两个学科的资料、方法与理论，因而大量的理论探索是不可避免的。何况，任何应用问题都在一定程度上联系决策问题，特别像那些有关能源、水资源、土壤的合理开发利用，还牵涉到许多社会经济问题，成为多学科汇集的领域。在这里，又需要软科学的指导。因此，应用伴随着理论是当代发展的一个重要特征，这里也将成为人才荟集之地。

这本《应用气象学》正是一本入门之作。应当说，作为一本高校教材，它提供了一定的基础知识。但是就目前应用气象学发展的深度与广度来说，一本教材是无法究其穷底的。我希望对应用气象有兴趣的年轻人，在这本书的指引下，迈向更高的台阶。即使不从事应用气象工作的人们，也能从这本书得到有关应用气象的知识，使自己的工作建立在更广阔的知识基础上，这无疑对他所从事的专业进一步发展是十分重要的。

张家诚

1992年7月29日

前 言

《应用气象学》是利用气象学的基本理论和方法，来解决国民经济各部门中气象问题的一门实用科学。

自古以来，人类为了生存，求得发展，在长期的实践中学会了观测气象、研究气象，并把气象应用于生产和生活的各个方面，从而总结出了丰富的应用气象知识。随着社会的进步、科学技术的发展，世界上各国对应用气象研究愈加深入，这使气象为国民经济建设服务的一些方面逐渐发展成了应用气象的各个分支，如农业气象、林业气象、能源气象、建筑气象、污染气象、医疗气象、交通气象……所以说，应用气象学是一门边缘学科，它是在气象学与其它科学相结合的实践中产生的。

我国在解放后，特别是在改革开放以来，应用气象学的内容在深度和广度上更加向前发展。从目前我国开展的应用气象学的研究内容来看，主要有以下几个方面：

1. 资源的开发和合理利用

农业气候资源中的光、热、水资源的时空规律分析，可为一地区合理利用农业气候资源，防止和减轻灾害提供科学依据；水资源是人类生存和工农业生产不可缺少的，在一些地区水资源逐渐减少枯竭时，对流域水资源的调查、评价和合理利用就更加显得重要；在世界常规能源日趋紧张，空气污染严重的今天，应充分地揭示和利用无污染的风能、太阳能；随着人类生活水平的提高，疗养和旅游事业的发展，必将促使疗养气象和旅游气象科学的发展……。

2. 城市的规划和布局

社会发展到今天，人们已由防御自然的恶劣环境发展到改造和保护环境的阶段，因而城镇建筑必然要考虑到对气象条件的反

效应，尤其是为了减小大气污染的危害，除了需要计算空气中的污染浓度和对大气环境进行评价外，还要对城市、工矿区的布局提出科学依据；城市内街道的走向、房屋的间距、光照等，这些与人类生活和生产环境有关的建筑问题也必然涉及到气象的具体条件，大气与地面条件相互作用等有关问题。

3. 减小气象灾害对人类生命财产的损失

一些工程，如高大厂房、桥梁、架空电线线路、水利工程的堤坝和涵洞等，在设计时均要考虑气象条件，特别是稀遇的极端气象条件；飞机和船舶的航线选择、飞机的起飞着陆和飞行也须考虑恶劣的气象条件；农业气象情报、预报会减小异常天气条件对农业生产产量和质量的不利影响。

气象专业的学生或气象工作者，在学习了有关专业基础课程后来学习《应用气象学》，对于增强服务意识、动手能力以及培养在科研工作中的思维能力无疑是十分有利的。随着气象学理论和方法的发展和完善，以及它为国民经济各部门服务的不断深入，《应用气象学》的内容也必将更加丰富。

本书第六章为欧阳首承编写，其余各章为胡毅编写。本书承蒙中国气象科学研究院张家诚教授审阅，并提出了许多宝贵意见，并为此书作序，特此致谢。

由于作者水平所限，书中不当之处在所难免，希望读者提出宝贵意见。

编者 1992年9月于成都

目 录

序

前言

第一章 农业气象	(1)
第一节 太阳辐射与农作物.....	(1)
第二节 热量条件与农作物.....	(9)
第三节 水分条件与农作物.....	(17)
第四节 二氧化碳与农作物.....	(27)
第五节 农业气象灾害.....	(31)
第六节 农业气候分析.....	(46)
第七节 农业气象预报.....	(58)
第二章 林业气象	(70)
第一节 森林小气候.....	(70)
第二节 防护林带小气候.....	(81)
第三节 森林小气候观测.....	(91)
第三章 气象能源	(95)
第一节 气象能源及其特点.....	(95)
第二节 太阳能.....	(96)
第三节 风能.....	(106)
第四章 污染气象	(119)
第一节 气象与大气污染.....	(119)
第二节 大气污染浓度计算.....	(135)
第三节 大气污染的控制与管理.....	(145)
第四节 大气污染预报.....	(153)
第五章 医疗气象	(158)
第一节 医疗气象学概述.....	(158)

第二节	气象要素对人体的影响·····	(159)
第三节	天气变化与疾病、死亡·····	(163)
第四节	气候疗养和气候疗法·····	(169)
第五节	医疗气象预报·····	(171)
第六章	建筑气象 ·····	(174)
第一节	房屋设计与气象条件·····	(174)
第二节	建筑风荷载的计算·····	(181)
第三节	气温及调节·····	(185)
第七章	交通、通讯与气象 ·····	(196)
第一节	航空气象·····	(196)
第二节	航海气象·····	(200)
第三节	陆地交通与气象·····	(205)
第四节	架空线路与气象·····	(207)

第一章 农业气象

农业生产的对象是活的有机体，这些有机体的生命全过程是在外界自然条件下进行并完成的，因而不能不受外界自然条件的影响。在外界自然条件中，气象、土壤、地形、地势是影响农业生产最重要的因子。而光、热、水、气(CO_2)和营养物质则是农作物生活所必需的基本因子，它们同等重要，缺一不可，相互制约而不能相互代替。在农作物生活所必需的基本因子中，光、热、水、气(CO_2)是农业气象基本因子，这些农业气象基本因子的数量及其配合在很大程度上决定了一地区农业生产类型、作物种类和耕作制度，也决定了农业收成的丰歉、品质的优劣和成本的高低，所以说气象条件对农业生产的影响是十分巨大的。但气象条件的多变性及人工控制的局限性促使人类更加深入地研究气象条件和农业生产的相互关系，以趋利避害，夺取农业的高产稳产。农业气象学就是在研究和解决农业生产问题中发展并形成的一门应用气象学科。

第一节 太阳辐射与农作物

太阳能是地球上一切生命活动最主要的能量来源，是动、植物生长发育和产量形成的根本条件，而将太阳能尽可能的转化为生物化学潜能，是农业科学的一项根本任务。到达地球上的太阳能最主要的作用是产生光效应和热效应。没有光，不能形成叶绿素，也不能合成有机物。光是植物光合作用的能量来源，而光的热效应促进了植物的“蒸腾”，使植物不会因温度过高而灼死。光还影响植物营养体形态的建成和生长运动、叶子的方位、叶和

花的形成。光在相当程度上影响植物的地理分布。

太阳能主要是从光照长度、光照强度及光质几方面来影响植物生长发育和产量形成。农业气象学的任务之一，就是研究太阳辐射能与动、植物生长的关系，以便采取措施达到提高太阳能的利用率，获取农业生产的高产稳产。

一、光照长度对作物生长发育的影响

1. 光周期现象

在不同地区和不同季节里，一天之中的昼夜长短，即光明与黑暗的长度是有规律地变化的，这种白天光照和夜晚黑暗的交替与它们的持续时间对植物的开花有很大影响的现象，称为光周期现象。一般来说，温度、水分和光强的变化对植物的生殖生长只能表现为加速或延迟的作用，而光长的变化却对促成或阻止生殖生长的进行起着决定性的作用。所以说光周期现象影响植物个体的发育，同时也决定着植物进行光合作用制造有机物的时间与呼吸作用消耗有机物的时间，即决定着有机物的生长速度。根据植物对光周期的不同反应，可分为以下两个主要类型：

(1) 短日性植物。此类植物只有在日照长度小于某一时数时才能开花；若日照长度大于某一时数，就延迟开花，甚至不开花。它对光照的要求首先是黑暗，其次才是昼夜交替。原产于热带、亚热带的水稻、玉米、大豆、高粱、甘薯、棉花等作物是短日性植物。

(2) 长日性植物。这种植物只有在日照长度大于某一时数时才能开花。若将日照长度缩短到一定时数就延迟开花、甚至不开花。长日性植物在通过发育期时，要求较长的日照，在连续光照下开花最快。麦类、豌豆、油菜、甜菜、胡萝卜、菠菜、烟草等原产于高纬度的作物是长日性植物。

将植物分成短日性和长日性植物，需要有一个客观的时数标准。长日性植物要求日长不短于这个标准，而短日性植物要求日

长不能长于这个标准。否则，它们都只保持营养生长状态而不开花结实。这个时数标准称为临界日照长度。也可以认为临界日照长度是能导致开花的日照长度。一般的界限可定为每日12~14小时光照。

2. 光照长度在农业上的应用

了解作物对光照长度的要求，可为植物引种、育种提供依据，对农业生产有一定指导作用。

(1) 引种。在引进优良品种时，要研究该品种对气象条件的要求和原生长地区的气候特征（特别是日照长度）；还要分析引进品种地区的气候特性和引到该地区后对当地气候的适应性；气候对生育期、作物性状、产量的影响。否则就不易达到预期的目的，甚至失败。在农业引种工作中，从光照长度条件方面应考虑：

① 短日性植物的北方品种向南引种时，由于光照变短、温度增高，会导致生育期缩短，出现早穗、小穗、粒少。短日性植物的南方品种向北方引种时，由于光照变长、温度减低，会导致生育期延长，甚至不能抽穗开花。

② 长日性作物的北方品种向南引种时，由于光照变短，但温度增高，生育期是否延长要综合考虑，但一般延迟成熟。长日性作物的南方品种向北引种时，光照变长，但温度降低，生育期是否延长，也要综合考虑，但一般提早成熟。

③ 纬度和海拔高度相近的地区相互引种时，由于光、温条件大致相同，一般生育期变化小，引种易获成功。

④ 在同一地区、平原和高原相互引种，因日照长度没有变化，生育期的变化只决定于温度的变化。

(2) 育种。在杂交育种时，若父、母本花期不遇，可以采用人工光照处理，人为地延长或缩短光照长度，促使其花期相遇。

(3) 其他。利用日长的影响来控制发育期出现的早迟，可防御农业气象灾害。如在北方冬小麦区，若种植对日长敏感的品种，可利用缩短日照长度使拔节延迟而躲过晚霜危害。还可利用

日照长度来促进营养器官的生长而提高产量。如将短日性作物甘蔗，从南向北引种，延长其生长发育期而使产量提高。

二、光照强度对作物生长发育的影响

1. 光照强度的农业气象指标

作物生长发育的物质基础是光合作用所制造和积累的有机物质。在光合作用中，叶绿素利用太阳光能，将 CO_2 和 H_2O 制造成糖和淀粉，而太阳光能的强弱直接影响到光合作用的强弱。在一定

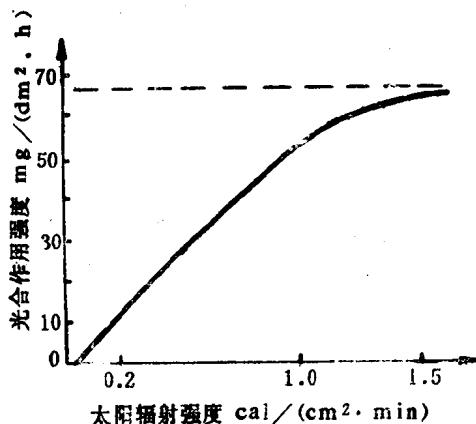


图1.1 光合作用强度与光照强度关系示意图

(光合作用强度是指作物一平方分米叶片在一小时同化 CO_2 的毫克数)

的光照强度范围内，并在作物生长发育的适宜外界条件下，光合作用强度随着光照强度的增强而增强。当光强超过一定限度时，光强再增强而光合强度并不相应增强，而以一个最高值为渐近线（图1.1）。这个一定限度的光强值称为光的饱和点，这一现象称为光饱和现象。不同的作物、品种、生育期、外界条件的光饱和点是各不相同的。如水稻的光饱和点为4~5万米烛光^{*}，小麦

^{*} 1米烛光=1lx

为2~3万米烛光，棉花为5~8万米烛光。

光照强度如有减弱，当降到光合作用和呼吸作用的气体交换相等时，即光合强度与呼吸强度处于平衡时，此时的光强称为光补偿点。同样，不同的作物、品种、生育期、外界条件的光补偿点也是不同的。如水稻的光补偿点为600~700米烛光，小麦为200~400米烛光，棉花为700米烛光左右。

光照强度对作物的发育速度有很大的影响。当光强在光补偿点到光饱和点之间时，作物的光合强度随光强的增加而增强，当光强增加到光饱和点时，光强的增强对光合强度的变化不起作用，甚至反而有害；光过强时，会引起叶绿素分解和死亡，最终使光合作用受阻而影响作物生长发育的速度；当光强降低到低于光补偿点时，光合积累小于呼吸消耗，作物新陈代谢降低，生长发育状况恶化也会阻碍发育速度，以致延迟开花结果。

光照强度不足还影响作物生态，使作物的茎叶器官生长不好，茎生长加速而易引起倒伏；使营养生长和生殖生长失去平衡，如光强不足引起棉株蕾铃大量脱落；使作物品质发生变化，如光强不足使稻米、麦粒的蛋白质含量减少。

2. 作物群体内的光照强度与光合作用

根据比耳-兰伯特定律，当光线通过一个介质时，其光照强度是呈对数降低的，即：

$$I_i = I_0 e^{-K_i F_i} \quad (1.1)$$

对于作物群体，可以看作是一个比较均匀的介质，在(1.1)式中 I_0 为自然光强度，即植物顶上的光强度； F_i 为所测高度以上的叶面积系数； K_i 为作物群体的消光系数； I_i 为作物群体中所测高度的光照强度。

作物光合作用强度的公式为：

$$P = \frac{bI}{1 + aI} \quad (1.2)$$

式中 P 为单位叶面积的光合作用强度， I 为光照强度， a 与 b 为常

数。当单位叶面积的呼吸强度为 r 时，结合(1.1)式，则可计算作物群体内任一高度上的叶面的净光合强度 P_i 。

$$P_i = \frac{bI_0 e^{-K_i F_i}}{1 + aI_0 e^{-K_i F_i}} - r \quad (1.3)$$

整个群体的总的净光合强度 P_t 为：

$$\begin{aligned} P_t &= \int_0^F i \left(\frac{bI_0 e^{-K_i F_i}}{1 + aI_0 e^{-K_i F_i}} - r \right) dF_i \\ &= \frac{b}{aK_i} \ln \frac{1 + aI_0}{1 + aI_0 e^{-K_i F_t}} - rF_t \end{aligned} \quad (1.4)$$

(1.4)式虽然条件性很强，有相当误差，但目前仍普遍采用。

三、不同光谱成份对植物的影响

太阳辐射能的各种光谱到达地面上的比例虽因纬度、季节、地势和气象条件的不同而不同，但基本上是稳定的。按照太阳辐射光的波长，一般分为紫外光、可见光、红外光等。不同波长光的辐射对动植物的效应是不一样的。

1. 紫外光

这种光的波长在170~400nm之间。波长小于290nm的紫外光能引起植物的毁灭，故又称灭生性辐射。波长位于290~400nm的紫外光是植物所必需的光，它对植物化学成份的形成有一定作用，可抑制作物伸长而使植物变矮，它对土壤有一定的消毒作用，可晒种，并有催芽的作用等。

2. 可见光

光波长在400~700nm之间。本波段的光对植物的生活机能具有决定性的作用，主要表现在光效应上。它们是植物进行光合作用、合成有机物的主要光线。特别是在波长为600~700nm的红橙光下，植物的光合作用最强，有利于糖的形成，即产量的形成；波长为500~600nm的黄绿光，叶子吸收很少，而反射最强；

波长为400~500nm的蓝紫光能延长植物开花的过程，促进蛋白质和脂肪的合成，对植物的化学成分有强烈的影响。绿色植物在光合作用过程中，只是同化波长为400~700nm波段光的能量。通常将绿色植物光合作用所吸收的太阳辐射称为生理辐射，又称为光合有效辐射。

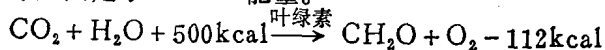
3. 红外光

光波长在700~4000nm之间。本波段的光对植物的作用主要表现在热效应上。它决定着植物有机体的温度和蒸腾作用，一般不能或很少被植物吸收。它对植物的生理过程没有实际作用，所以此波段光的辐射又称为非生物辐射。

四、光能利用率及其提高途径

1. 光能利用率

农作物通过光合作用所合成的有机物质，占农作物总干重的90~95%，而从土壤中吸收的营养物质、微量元素和水只占5~10%。因此，作物对太阳光能的利用效率与作物产量的关系极为密切。在到达地面的太阳辐射中，生理辐射(波长为400~700nm的太阳辐射)约占44%。研究表明，在植物光合作用中，每同化一克分子CO₂需要8~10个(爱因斯坦)辐射量子，在生理辐射区间内，每个量子平均能量等于50kcal，以同化一克分子CO₂按消耗10个量子计算，就必须吸收500kcal的太阳光能，而最后在光合产物中却只固定了112kcal能量。



光合作用的最大效率仅为 $112/500 = 22.4\%$ ，据资料表明，在光合作用中消耗于呼吸与其它的能量占光合作用中形成物质的能量的20~30%，若以30%计算，吸收的光能用于光合作用的有机物形成(积累)的理论有效效率为：

$$22.4\% - (22.4\% \times 30\%) = 15.68\%$$

而在大田中株间漏光、农耗光能、衰老成熟期的光能损失为30%，

大田反射为6%，所以生理辐射实际能被农田作物群体吸收利用的为：

$$100\% - (6\% + 30\%) = 64\%$$

因此，最后形成产量的生理辐射能量利用效率只有： $0.64 \times 0.1568 = 0.100352 \approx 10\%$ 。这是在水、热、养料均得到保证时，可能达到的有效利用率上限，是有希望接近的理论数值。

我们把单位面积作物收获物中所包含的能量与投射到该单位面积上的光合有效辐射能量的比值，叫做光能利用率。对于某时段的光能利用率可写为：

$$E_P = \frac{H \cdot W}{Q_{PAR}} \times 100\% \quad (1.5)$$

式中 E_P ——光能利用率；

W ——单位面积上平均干物质收获量 (g/m^2)；

H ——单位干物质所放出的热量 (cal/g)；

Q_{PAR} ——作物全生育期投射到单位面积上的生理辐射能量 (cal/m^2)。

农业生产水平较高的国家，光能利用率只有2~3%，不少国家还不到1%，我国现有耕地全年平均光能利用率仅0.4%。南京地区亩产500kg水稻的光能利用率也才2%。若光能利用率提高到5%，则水稻亩产可以达到1175kg。因此提高光能利用率是增加产量的主要措施。

2. 提高光能利用率的途径

提高光能利用率的途径大体可分为改进作物因素和改进环境因素。具体讲，主要途径是：

(1) 培育高光效的作物品种。要求作物具有高光合能力，低呼吸消耗，光合机能保持时间较长，叶面积适当，株型和叶型有利于田间群体最大限度地利用光能，减少透射、反射、漏射等方面的光能损失。

(2) 采取合理的栽培技术措施，适当密植，提高绿叶面积系