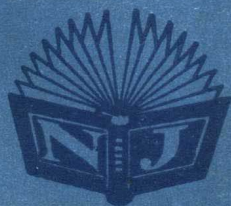


中华人民共和国农牧渔业部

农业生产技术基本知识
农业气象基本知识

陶炳炎 编著



农业出版社

中华人民共和国农牧渔业部主编

农业生产技术基本知识

农业气象基本知识

陶炳炎 编著

农业出版社

中华人民共和国农牧渔业部主编

农业生产技术基本知识

农业气象基本知识

陶炳炎 编著

* * *
责任编辑 姚长璋 孙 林

农业出版社出版 (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 32开本 4印张 80千字

1985年12月第1版 1985年12月北京第1次印刷

印数 1—3,000册

统一书号 13144·297 定价 0.64 元

出版说明

近年来，我国广大农村干部、社员，为了加快发展农业生产，建设起发达、富庶的农村，逐步地实现农业现代化，学习农业科学技术知识的热情空前高涨，广大农村出现了爱科学、学科学、用科学的新气象。为了适应广大读者学习上的迫切需要，这一套《农业生产技术基本知识》，经过重新增补修订，体现了知识更新，反映了农业科技发展的新水平，现在以其崭新的风貌和读者见面了。

《农业生产技术基本知识》原是在五十年代组织编写的。自初版问世以来，经三次增补修订，由最初的二十三分册发展为三十三分册，再版四次，深受农村干部和群众欢迎，对发展农业生产起到一定的积极作用。这次重新修订编写，为便于读者按专业阅读，在原来三十三分册的基础上发展为一百多分册，力求每个学科既突出重点，又有系统性。从书内容注重理论联系实际，以阐明科学知识为主，兼顾技术上的应用；文字力求通俗易懂，深入浅出，是一套适于广大农村干部和群众自学的农业科普读物。

为使这套涉及农林牧副渔多学科丛书保证质量，我们邀请了有关方面的专家、学者组成了本书的编审委员会。值此丛书重新出版之际，谨向本书编著者及各位编审委员致以

衷心的感谢。

农业科技人员的勤恳工作和广大农业生产者的创造性劳动，推动着我国的农业科学技术蓬勃发展，科技成果层出不穷，由于我们掌握的资料有限，未能充分地反映到这套丛书中来，不足之处，热诚希望读者提出宝贵意见，以便今后在修订中逐步补充完善。

目 录

引言.....	1
一、农业生产与气象条件	1
二、农业现代化与气象条件	3
第一节 作物生活中的能源——光	4
一、阳光是作物生命活动的能量源泉	4
二、光照与作物的生长发育	10
三、作物对光能的利用	25
第二节 限制作物生育的主要因子——热	34
一、温度与作物生长发育	34
二、土壤温度、叶温及其与空气温度的关系	47
三、积温	56
四、温度变化与作物生长发育	67
五、近地气层温度和土温的调节、利用	70
第三节 影响作物土壤环境的主要因子——水	75
一、水分条件对作物生活的一般影响	75
二、土壤水分类型与水势	81
三、土壤含水量及土壤水分的有效性	91
四、土壤水分与作物生长	97
第四节 二氧化碳及大气污染	103
一、二氧化碳与农业生产	103
二、大气污染与农业生产	111

引 言

一、农业生产与气象条件

农业是国民经济的基础。农业生产不仅关系到全国人民的丰衣足食，增加国家的粮食储备，而且关系到工业原料的供应，国际贸易和国家资金的积累。与其它生产部门相比较，农业生产的特点是：第一，农业生产的对象（植物和动物）是活的有机体，它对外界环境条件有特定的要求；第二，农业生产过程无时无刻不受外界环境条件的影响；第三，农业生产有极其严格的地域性和季节性。由此可以看出，农业生产的特点是由于农业生产对象的生长发育与外界环境条件之间有着密切关系而形成的。这种关系又是相互影响的统一辩证关系。

外界环境条件的因子很多，如地形、土壤、生物、气候等。所有这些因子中，除了地形因子影响气候条件外，其它因子都受气候条件的影响，地形因子对农业生产的影响，也是通过地形对气候条件的影响而在农业生产中起作用的。所以可以概括地说，目前农业生产的波动主要是受气象条件的影响。

气象条件中起主要作用的是光、热、水、 CO_2 等要素的变化。这些要素是农业生产对象生长发育所必须的基本因子。它们在农业生产中是同等重要，缺一不可，而且不能相互代替。但是，从气象条件角度分析，光、热、水、气之间又是相互联系的。所以它们对农业生产的影响往往是综合的作用。农业生产只有在这些要素适合它们要求的最优组合条件下，才能获得高产、稳产；另一方面，只有在人们不断研究与揭示农业生产与气象条件的关系及其变化规律，才能不断提高农业生产。所以提高农业生产的最重要的途径之一是充分合理地利用当地的农业气候资源，避免和防御农业气象灾害。我国农民早就在这方面进行了科学的总结：即实行任何一项农业技术措施的依据是“看天、看地、看庄稼”。

除了气象条件影响农业生产外，农业技术措施，如农田作物大面积的覆盖、灌溉、耕耙等也影响各地的气象条件。例如，生产活动中许多技术措施是形成农田小气候的重要因素。这种对小气候的影响有时能超过邻近区域自然气候条件的差异。这正是人们可以利用各项措施来调节和改造农田小气候，从而进一步使当地气候资源得到更充分而合理的利用。

我国的气候特点是季风性和大陆性极为显著，气候类型多样，农业气候的生产潜力很大，这是对农业生产极为有利的一面。但是，农业气象灾害也很频繁，常常给农业生产带来不同程度的危害，使得农业产量不太稳定。因此，在农业生产中必须学会趋利避害。农业气象学科就是研究农业与气象的相互关系及其变化规律的一门科学，为农业生产服务，掌握趋利避害的工具之一。具体地说，它研究和运用农业和

气象科学技术，合理利用各地的农业气候资源，预防或避免农业气象灾害，促使农业高产稳产。

农业气象学是一门边缘科学，它是农业科学的基础学科，是气象科学的应用分支。它是近代多学科相互促进，相互渗透，不断发展而形成的一门独立学科。

二、农业现代化与气象条件

农业现代化与气象条件的关系主要是使气象更有效地服务于农业，促使农业生产充分利用自然资源，保证农业既高产稳产，又保护自然资源。注意农业生态平衡，防止能够不断更新的自然资源遭到不应有的破坏，做到既合理利用，又能自觉地支配自然界，让取之不尽，用之不竭的自然资源为人类创造最大的财富。为了达到这个目的，在农业现代化的过程中，农业气象服务应着重解决以下两个问题。

(一) 发展大农业与气象条件的相互关系 发展大农业，必须研究它们与气象条件的关系，解决其中存在的气象问题；根据气象条件的变化，研究它们的生产结构、合理布局，争取最大的经济效益。农业气象工作者应当用气象、农业气象资料及其研究成果，回答农业发展中的一系列问题：各地区的农业生产应如何因地因时制宜的发展多种经营，成为高经济效益的类型，推广或改良那些作物和品种，气候依据是否充分？经济收益如何？当地目前的种植制度，作物布局是否合理？当地为什么不能种植更有经济价值的作物或品种？如果推广种植会有哪些不利结果或气象灾害？能否避免

或防御？应采取哪些相应的防御措施？等等。

(二) 农业资源开发与气象环境 合理开发农业资源，利用气象科学知识服务于现代化农业，既要挖掘自然资源，又要保护自然资源，这是合理利用自然资源的两个侧面。因此，在使农业生产向现代化方向发展时，要合理开发自然资源，保持农业生态平衡，防止环境污染以及加速农业生产的基本建设，改善农业生产的条件，实行科学种田等，这些都是合理开发农业资源，保护农业自然资源的有效措施，但都需要农业气象工作的密切配合。

农业科学技术是农业现代化的关键，农业气象科学为现代化农业生产服务当然也属于其关键之一。近些年来，农业气象学科随着近代化装备的应用，测试手段有了很大的改进，卫星、电子计算机、遥感技术的应用，使农业气象服务效果有了长足的进步，农业气象科学也获得了进一步的发展。数学模式的研究为农业气象学的理论研究开辟了新的途径。

第一节 作物生活中的 能源——光

一、阳光是作物生命活动的能量源泉

(一) 太阳辐射 太阳光是太阳辐射以电磁波形式传送

到地球上来的能量。落到地球上的太阳能虽然大约是整个太阳辐射的二十二亿分之一。无论是地球上的天气变化、水分循环、 CO_2 和热量输送等，都与太阳能的作用分不开的，它是这些变化的主要动力；太阳能也是植物光合作用的直接能源，植物生长发育的原动力。所以说，太阳光是作物生命活动的能量源泉。

太阳辐射波长的范围很广，但它的主要波长范围在150—4000 纳米之间，占太阳辐射总能量的99%，其中波长390—760 纳米的范围是用人的眼睛可以看见的光谱区，称可见光，约占太阳总能量的50%左右；波长大于760 纳米的称红外线，它占太阳总能量的43%；波长小于390 纳米的范围叫紫外线，约占7%。所有这些范围的能量都产生光、热效应，对农业生产有重要意义。

太阳辐射可以分为直接辐射和散射辐射两种。直接辐射是指太阳光线直接由太阳表面发射到地球表面上的部分。太阳辐射在通过大气层到达地面的过程中，其中有一部分被空气分子和悬浮在空中的微粒向四面八方弥散，它们有一部分向宇宙空间散失了，有一部分就散射在地面，这一部分就称为散射辐射。直接辐射加上散射辐射称为太阳总辐射。太阳总辐射的强度大小就是表示光辐射资源多少的一个基本依据。它既表示了农业生产中植物生活的能量来源多少，又可作为农业合理布局、作物合理配置以及改革种植制度的重要依据之一。

太阳总辐射中以直接辐射部分对作物的生育及农事活动的影响最大，它是作物产量形成中的主要能量来源。因此，

可以从大范围地区间的比较来分析，凡是直接辐射强的地区，容易高产。在阴天和云层遮蔽时，散射辐射较弱，植物依靠散射光进行光合作用，常不易高产。

太阳辐射到达自然物体表面时，发生不同强度的反射辐射，其中一部分被反射回宇宙空间，不能被植物利用。反射辐射和总辐射的百分比称为反射率。一般地说，植物体对可见光的反射较少，反射率约为 5—10 %。在农田中随着作物种类和品种、植株生育状况、作物发育时期以及农田水分条件的不同，反射率有一些差异（表 1）。在一天中随着太阳高度角的变化，反射率也发生变化。

表 1 各种地表面的反射率

项 目	反射率(%)	项 目	反射率(%)
草 地	16—27	棉 花	20—22
冬 小 麦	16—23	甘 蔗	15
春 小 麦	10—25	菠 菜	15
玉 米	22	马 铃 薯	19
水 稻	12	甜 菜	18
		干黑土(湿黑土)	8(4)

地面吸收太阳辐射能产生热的效应，土壤表面的温度升高后，它又以长波辐射的方式从地面向空中放射，这一部分称为地面有效辐射。地面吸收的辐射能（太阳直接辐射 + 太阳散射辐射）减去地面有效辐射能，其差值称为净辐射（亦称辐射平衡，用 R_0 表示）：

$$R_0 = (S + s)(1 - \alpha) - F$$

式中 S 为直接辐射； s 为散射辐射； α 为反射率； F 为地面

有效辐射。

农田辐射平衡主要是叙述农田作物层的净辐射。作物群体中的辐射有直接太阳辐射，它是由植株间隙射入作物层内；散射太阳辐射；补充辐射，即作物层接受太阳辐射而形成的补充辐射，它向上部分构成作物层的反射辐射。就整个作物层而言，白天短波辐射占优势，净辐射从作物上层向下减少，越接近地面净辐射越小；夜间，下层有效辐射等于零，净辐射向下递增。

净辐射是农田中热量的收入项。农田中热量支出项是各种能量的混合；通常用下列方程式表示农田中热量平衡：

$$R = P + LE + IA + Q_T + Q_A + Q_S$$

式中 R 为农田作用层的辐射平衡（吸入热量）； P 为大气与作物层之间湍流热交换（显热交换）； E 为农田总蒸发量； LE 为潜热交换； IA 为植被层同化 CO_2 消耗的热量； Q_T 为植株内的热交换； Q_A 为叶片积累的热量； Q_S 为土壤与作用层之间的热交换。由于 Q_T 、 Q_A 及 IA 的数量值都很小，可以简化写成：

$$B = P + LE + Q_S$$

一个地区获得净辐射数量的多少，除了和太阳总辐射有直接关系外，也和土壤表面特征及大气状况有关。最重要的是到达地表面太阳辐射能量的多少。因为太阳辐射有时空变化，所以净辐射也随着时间和空间发生变化。例如，一天中净辐射白天是正值，晚上是负值（图1）；一年中净辐射低纬度全年是正值，中、高纬度夏季为正值，冬季为负值。

太阳净辐射能量使土壤和空气温度升高，从而形成农业

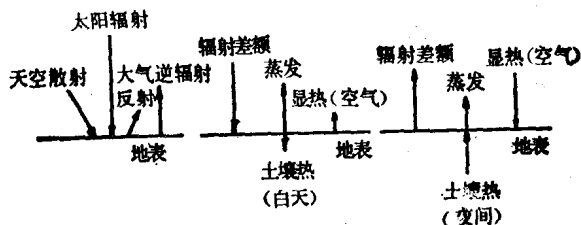


图1 辐射平衡和日、夜能量平衡示意图

生产不同的光、热条件，影响着作物的生育和畜禽、微生物的活动等。净辐射能量的主要支出是用于土壤蒸发和植物蒸腾，其中用于植物的光合作用的能量小于5%（图2）。

图2中所表示的净辐射支出项都可以通过农业技术措施加以调节，这是改善农田小气候的主要任务之一。

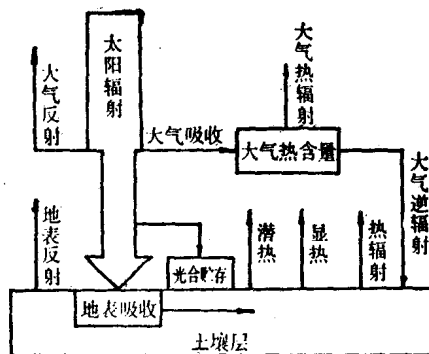


图2 农田能量收支示意图

太阳辐射能被植物光合作用所利用的数量虽然低于总辐射能量的5%，但对农业生产有着重要的意义。因为太阳辐射能是建成作物形体的最重要因素之一。植物体总干物质中90—95%是通过光合作用制造出来的。农业生产过程中最重要的措施之一，就是通过作物的栽培，利用作物的光合作用将太阳辐射能固定下来，转变为生物化学潜能，所以说太阳光能是植物的能

量源泉，太阳光能的多少和植物对太阳光能的利用率高低与农业产量的关系极大。

(二) 光能资源与农业生产 太阳能在不同地区分布的一般规律，是由低纬度向高纬度逐渐减少。我国各地区平均年辐射总量大约为 85—2000 千卡/厘米²。总的来说，西部多于东部，高原多于平原。我国的西北半部多属于干旱和半干旱地区，年雨量较少，以晴朗天气为主，辐射量多，年总量超过 140 千卡/厘米²。青藏高原不但少雨多晴天，而且高原上空气稀薄，工业污染不严重，大气中悬浮的尘埃少，太阳光透射率大，其年平均总辐射量超过 160 千卡/厘米²，拉萨甚至可达 200 千卡/厘米²。这是全国太阳辐射最多的地方；我国东部沿海地区，受海洋性气候的影响，降水量较多，经常是阴雨天和多云天气，因此，和同纬度的西部地区比较，年辐射量较小；华南沿海地区年辐射总量 120 千卡/厘米²；长江中下游地区年辐射总量低于 120 千卡/厘米²。和全国各地比较，年辐射量最少的地区为四川盆地、贵州中部地区等，年辐射总量低于 100 千卡/厘米²，成都地区年辐

表 2 各地区全年太阳总辐射 (千卡/厘米²)

站 名	沈 阳	北 京	郑 州	汉 口	长 沙	广 州	台 北
年总辐射	123	130	126	117	107	116	105
站 名	上 海	福 州	南 昌	成 都	贵 阳	昆 明	拉 萨
年总辐射	114	114	112	89	100	141	202

射总量只有 89 千卡/厘米² (表 2)。

根据实际的测定和理论计算, 1 克干植物体完全燃烧后, 放出来的热量为 4.25 千卡, 这就表示作物要形成 1 克干物质至少需要 4.25 千卡的热量。如果我们假定环境条件中一切因素都是满足的, 则作物以生物量计算的产量 (又称生物学产量) 将与各地区的太阳辐射量的多少成正比例。这就是说, 某一个地区的太阳辐射量多, 产量就高; 辐射量少, 产量就低。如果单从辐射量方面来考虑, 可以说, 我国西部地区增产潜力大于东部地区。

二、光照与作物的生长发育

植物的叶片吸收大量的太阳辐射, 按能量来计算, 叶片的温度应当很高。但是, 事实上, 叶温不算很高。这能量究竟用到什么地方去了呢? 是否都被植物吸收而转化为生物学潜能储存起来呢? 实际观测的结果表明, 叶子吸收的太阳辐射能用于以下几个过程: ①用在光合作用上的能量约为叶片吸收的总能量的 1—5%; ②把热量直接传给周围空气, 平均消耗叶片吸收能量的 5%; ③叶片吸收的辐射能量的 90% 以上转化为热能, 用于植物体内水分大量蒸腾而消耗掉。根据实际资料的计算, 植物体在进行光合作用的过程中, 每合成 1 克干物质, 大约要蒸腾 600 克水分。

(一) 光照强度与光合作用 作物的生命活动离不开太阳光, 光照强度 (又称光照度) 的大小直接影响着植物的光合作用的强弱。太阳光照的强弱是以光照度来表示的, 单位

是“米烛光”，或称勒克斯(lx)。有时也用辐射强度单位〔卡/厘米²·分〕来表示。

光照对植物光合作用的影响表现为光的强弱和光谱组成两个方面。这两方面是相互联系的，有时光强发生变化，光谱组成也发生变化。

1. 光强补偿点和饱和点 从光照度方面来考虑，在一定的光照度范围内，只要其它条件都能适合作物生长发育的要求，植物光合强度与光照度成正比关系。在弱光照条件下，植物的光合作用很微弱，当光照度减弱到使光合作用过程所产生的有机物质数量正好和当时条件下植物呼吸作用过程中消耗的有机物质质量相等，即光合作用积累与呼吸作用消耗处于平衡状态，植物体内没有干物质积累，这时的光照度称为植物光强的补偿点。一般作物的补偿点约为几百勒克斯左右，如水稻为600—700勒克斯，小麦为200—400勒克斯，棉花为700勒克斯左右，烟草为500—1000勒克斯等。

外界环境中温度的高低与补偿点成正相关，温度升高，补偿点也随之升高。这是因为高温促使作物呼吸强度增大，消耗增多所致。

在光强补偿点以上，随着光照的增强，光合作用也加强。但当光照度超过一定的限度时，植物的光合作用强度就不再随着光强的增加而增强了，光合作用强度始终保持在同一个最强的水平上。这个使植物的光合作用强度达到最大值时的光照度称为植物的光强饱和点。植物的光强饱和点是相对的，当外界环境条件发生改变时，它的饱和点也能发生一定的变化。例如，在农田中增施CO₂，已达到光强饱和点的