

全国统编农民职业技术教育教材

初、中级兼用本



农业气象基础

山西省雁北农业学校编

农业出版社

前 言

我国农业正在由自给半自给经济向着较大规模的商品生产转化，由传统农业向着现代农业转化，广大农民从自己的切身经验中，越来越认识到掌握科学技术和经营管理知识的重要，一个学科学、用科学的热潮正在广大农村兴起，我国农民教育开始进入了一个新的发展阶段。为适应广大农民和农业职工，特别是农村干部、农民技术员和亿万在乡知识青年的迫切需要，加强农村智力开发，进一步推动农民职业技术教育和培训的发展，农牧渔业部和教育部共同组织全国有关力量编写了农民职业技术教育教材。

这套教材针对农民职业技术教育对象面广量大、文化程度不齐、学习内容广泛、办学形式多样，以及农业地区性强等特点，采取全国与地方相结合，上下配套的方式编写。对通用性强的专业基础课和部分专业技术课教材组织全国统编，由农业出版社出版；地区性强的专业技术课教材组织省（片）编写出版。第一批全国统编教材共五十三本，其内容包括种植业、畜牧业、水产业和农业机械四部分，除水产教材外，其余均分初级和中级本两类。培养目标是分别达到初级和中级农村职业学校毕业的水平。

初级本大致按五百学时编写，适用于具有初中和部分基础较好的高小文化程度的青壮年农民学习；中级本大致按一

千学时编写，适用于具有初、高中文化水平的青壮年农民学习。这两类教材可作为各级各类农民、农业职工技术学校及专业培训班的教材。其中农机教材的初、中级本，主要适用于县办农业机械化学校（班）培训拖拉机手和农民农机技术员使用。水产教材主要适用于渔民和渔业职工进行技术教育和培训。以上教材还可供农业中学、各类农村职业学校和普通中学增设农业技术课，以及自学者选用。由于各地情况不同，使用这些教材时，可因地制宜根据需要作适当增删。

为了使教材适合农民的需要，便于讲授和学习，在编写上把实用性放在第一位，强调理论联系实际、说理清楚、深入浅出、通俗易懂。并在每章后编有复习思考题，书后附有必要的实验、实习指导。

这是第一次由全国统一组织为农民编写的职业技术教材。由于缺乏经验，使用中有何问题，请提出批评、建议。以便日后修订，使之更加完善。

中华人民共和国农牧渔业部

中华人民共和国教育部

一九八三年八月

目 录

绪论	1
第一章 太阳辐射与农业生产的关系	8
第一节 太阳辐射的基本知识	8
第二节 昼夜和四季的形成与变化	12
第三节 不同光谱成分对作物的影响	16
第四节 光照时间对作物的影响	19
第五节 光照强度对作物的影响	24
第六节 提高作物光能利用率的途径	30
第二章 温度与农业生产的关系	36
第一节 土壤的冷热变化	36
第二节 空气冷热的变化	43
第三节 温度与农业生产的关系	50
第四节 积温对农业生产的实际意义	57
第五节 温度日变对作物的影响	65
第六节 土壤温度及调节温度的措施	69
第三章 水分与农业生产的关系	75
第一节 蒸发	75
第二节 空气的湿度	77
第三节 水汽凝结	85
第四节 降水	90
第五节 水分对作物的意义	95
第六节 降水和湿度对作物的影响	99

第七节 土壤水分对作物的影响	101
第八节 提高水分利用的途径	106
第四章 风与农业生产的关系	110
第一节 大气的压力	110
第二节 风	115
第三节 大气运动的形式	129
第四节 风对作物生育的影响	134
第五章 天气知识和灾害性天气	137
第一节 天气知识	137
第二节 灾害性天气	155
第六章 作物气象与病虫害气象	171
第一节 作物气象	171
第二节 病虫害与气象	193
第七章 农业气候和农田小气候	201
第一节 农业气候	201
第二节 农田小气候	216
附录	233
一、名词解释	233
二、附表	240

绪 论

一、气象学及其有关的概念

(一) 气象学的概念和任务 地球被一层很厚的空气包围着，这层空气我们称为大气。大气中经常发生各种物理现象和物理过程。例如，我们日常所经受到的风、雨、阴、晴、云、雾、雷、电、冷、热、干、湿等现象，它们都是发生在大气中的物理现象。大气之所以发生这些物理现象，是因为各种物理过程在不断地进行。研究和解释大气中各种物理现象和物理过程的学科称为气象学。气象学就是大气物理学。

太阳辐射、温度、湿度、降水、气压和风等称为气象要素。大气的物理状况和物理过程就是用气象要素来表征的。这些要素之间有着互相联系、互相制约的关系，所以要研究气象学，首先要研究、了解气象要素的特征及其变化的规律。

根据大气变化的规律，来预测未来天气、气候的变化，以便抗避自然灾害，从而达到利用自然、影响和改善自然的目的，这就是气象学的基本任务。

(二) 天气与气候的概念 在一定的地区，短时间内，气象要素的综合反映称为天气。例如：某年某月某日北京天气表述如下：白天晴，夜间多云；风向，西南风转偏北风；风力，二、三级；最低温度，15—17℃；最高温度：25—

27℃。

研究天气的发生发展及其变化规律，并用以从事天气预报的学科，叫做天气学。

一个地区多年所具有的天气特征称为气候。所谓多年的天气特征，它既包括这个地区很多年间的平均天气状况，也包括多年中特殊天气状况。因此，气候是以气象要素的平均值和绝对值来表示的。例如，华北气候可以概括如下：

年平均气温10—20℃，

年平均降水量 400—600 毫米，

绝对最高温度30—40℃，

绝对最低温度-18—-40℃等等。

研究气候的形成和变化规律的学科叫做气候学。

天气和气候关系着人类的衣、食、住、行，也关系着工农业生产、交通运输和国防科研，因此，就形成了各类应用气象学。农业气象学就是应用气象中最大的一个分支。

(三) 农业气象的概念、对象和任务 研究天气、气候和农业生产关系的学科叫做农业气象学。农业气象的研究的对象，一方面是天气和气候的气象要素，如光、热、温等；另一方面是农业生产的对象，如农作物的生育。

农业气象学的任务，是根据农作物的气象指标来鉴定气象条件对它们生长发育和产量的影响，进一步为充分而合理利用有利的气象条件，克服和改善不利的气象条件提供依据，以便采取有效措施，扬长避短，趋利避害，夺取农业的稳产、高产和丰收。

(四) 农业气候资源的概念和农业气候区划 和其它资源一样，农业气候资源也同样是存在的。认识和利用这种资

源，对我国实现农业现代化是重要的。农业气候资源有热量资源、水分资源、光能资源等。能够充分地利用这些资源，发挥这些资源的效能，就一定能够加快发展我国的现代化农业。

农业气候区划是根据农业各部门（种植业和养殖业等）对气候条件的要求（农业气候指标）和农业生产的需要，鉴定本地区农业气候条件，摸清资源情况，然后根据农业气候资源同异性的大小，划分成不同等级的农业气候区，为部署和安排农业生产提供气候依据。

农业气候区划的目的是最大限度地发挥地区的自然优势，以便夺取高效能、低消耗的农业生产效果。

（五）农田小气候及其意义 研究农田中2米以下贴地空气层中的和土壤的光、温、湿度、水分和风等状况的变化规律以及它们和农田作物生长发育的关系，叫做农田小气候。

研究农田小气候的意义在于，通过观测能够更具体地揭露农作物对光、温、水分等要素的需求，从而鉴定当地农业气候条件的利弊，以便顺应自然，更为合理地利用有利的农业气象条件，抗避不利的条件，发挥科学种田的优势，获得更大的经济效益。

二、大气的成分和结构

（一）大气的成分 包围在地球表面的空气层叫大气，它是由多种气体混合组成的。大气中除去水汽和杂质的整个混合气体，称为“干洁空气”。组成“干洁空气”的主要成分是氮、氧、氩，它们占整个大气总体积的99.9%，其余0.1%的体积为二氧化碳、臭氧和其它气体所占有（表1）。这些气体的特性和作用分述如下：

表 1 大气的主要成分

气 体	占容积%	占质量%	气 体	占容积%	占质量%
氮	78.084	75.52	氦	1.8×10^{-3}	—
氧	20.947	23.15	氖	5.24×10^{-4}	—
氩	0.934	1.28	氙	1.0×10^{-4}	—
二氧化碳	0.03	0.05	臭氧	1.0×10^{-8}	—

1. 氮(N_2) 氮气在“干洁空气”的总体积中占 78.084%，占大气总质量的 75.52%，不论从哪一方面说，它在大气中是最主要的气体。氮是一种不活泼的气体，它不容易和其它元素发生化学反应，可说是顽固不化，因此人们把它和一些性质相似的气体称为惰性气体。

氮是动、植物有机体的重要组成部分。虽然大气中氮素含量很大，但一般植物不能直接吸收利用空气中的氮。只是在雷雨时，闪电可以将少量的氮氧化成硝态氮，硝态氮溶于水，可随着雨水落入土壤中，然后被植物吸收；只有豆科植物，能依靠根瘤菌直接吸收空气中的氮。正因为这样，豆茬地被认为是好茬地。

2. 氧(O_2) 氧气是大气中第二种主要的气体，它在“干洁空气”的总体积中占 20.95%，占大气总质量的 23.15%。氧的性质与氮恰恰相反，它是最活泼的气体，最容易与其它元素起化学反应。

氧在自然界的作用是多方面的，所有动物都离不开氧，空气中缺氧，动物就会窒息甚至死亡；植物同样也离不开氧。此外，自然界的燃烧、物体的腐败、分解离开氧气也无法进

行。总之，氧气在自然界以及人们生活生产活动中是绝不可缺少的。

3. 二氧化碳 (CO_2) 二氧化碳的来源较广泛，各种有机化合物氧化时可产生二氧化碳，当物体燃烧、腐化时和生物呼吸时都可排出它；还有矿泉中、地壳裂缝中以及火山喷发时也可产生出来。二氧化碳在大气中含量是很少的，只占“干洁空气”总体积的 0.03%，占大气总质量的 0.05%，但是它几乎全部集中在靠近地面的空气中，这样一来它的数量也就可观了。

二氧化碳虽然对人是有害的气体，但对植物却是大有用处的。二氧化碳是植物进行光合作用，不可缺少的原料。在农田中的空气里只有具备了充分的二氧化碳和水分，在阳光的照射下，才能为作物制造出建造作物本身的养料来。所以二氧化碳对农作物是很重要的。

二氧化碳还有一个很重要的作用，是对地面以上的空气层有保温作用。空气中二氧化碳增多时，地面和空气的温度就升高，相反，空气中二氧化碳减少时，温度就会降低。这是因为，二氧化碳对从太阳辐射的热能是透明的，它可以让这些热量畅通无阻地到达地面，然而对从地面散发出来的热量，二氧化碳却能把这些热量截留住，不让它们跑到高层大气中去。这种作用很象温室的玻璃窗，玻璃可让来自太阳的热量进入温室，但室内的热量却无法通过玻璃。所以人们认为二氧化碳有“温室效应”。

4. 水汽 (H_2O) 水汽在大气中所占比例也很小，但它绝大部分集中在离地面 6000 米以下的空气中。水是通过蒸发蒸腾作用，从水面、土壤和植物体进入大气的。水汽对大

气中许多现象有着很重要的影响,它是天气变化的主要角色,大气中的霜、露、雾、云、雨、雪等现象的发生,都是由于水汽凝结所致。

水汽还善于吸收来自太阳和地面的红外线辐射,它和二氧化碳一样对地面和靠近地面的空气层有着保温作用。

水汽和二氧化碳在大气中的分布是不均匀的,海洋上空和近海地区的空气中水汽就多,远离海洋的大陆内部的空气中水汽就少;工矿区和人烟稠密的城市空气中二氧化碳就多,森林区和山区空气中二氧化碳就少。

5. 臭氧 (O_3) 大气中的臭氧很少,在“干洁空气”的总体积中只占微不足道的比例,但它密集在离地面10—50公里的大气中,形成一个臭氧层。臭氧是一般氧分子被太阳紫外线离解成氧原子,这种氧原子再和没有被离解的氧分子结合而成的,即 $O + O_2 \rightarrow O_3$ 。

臭氧虽然在大气中不多,但它却是一种有重要意义的气体,因为它能大量地吸收太阳的紫外线,保护了地球表面的生物免受过多紫外线辐射的伤害,而透过来的少量紫外辐射,对人们可起到杀菌治病的作用,所以人们称臭氧层是生命生存的“天然保护层”。

臭氧一方面大量吸收紫外线,另一方面也被紫外线解离着,不过不必担心臭氧会减少,因为大气中的氧原子和未被离解的氧分子不断地在结合,因而臭氧在不断地生成。

(二) 大气的层次 大气的密度随着离地面高度的增加而变小,最后终于消失。大气的厚度,现代卫星探测证明大约在3000公里高处还有极其微弱的气体存在。由于大气在不同高度上密度不同,物理特性的不同,我们把它分成几个层

次，这就是对流层、平流层、中间层、热层、散逸层。我们这里着重介绍一下对流层。

对流层是紧靠地面的大气层，它的厚度大约在9—18公里不等，赤道最厚，两极最薄，我国大部分地区处于中纬度，对流层的厚度在10—12公里。

因为靠近地面的大气层，空气是上下对流的，所以取名对流层。对流层的特征主要有列三点：

1. 温度随高度增加而降低 对流层的厚度尽管和整个大气层厚度相比不算大，但它却集中了整个大气总质量的四分之三，所以这一层空气的密度最大，也就是说空气最稠密。由于这一层空气紧靠地面，它的热量主要来源是地面，所以温度变化是随着离地面的高度增加而降低。

2. 空气的升降运动使空气中的热量得以交换 对流层的空气上升、下降运动是由于地面上各地区受热不均匀引起的，热的地区空气上升，冷的地区空气下降，通过这种对流运动，使低层大气和高层大气的热量发生了交换。

3. 一切天气变化都在对流层中进行 由于水汽、二氧化碳和灰尘杂质几乎全部集中在对流层中，所以一切天气变化也都发生在这一层中。太阳的热力把地面、土壤和植物本身的水分蒸发成水汽进入大气。大气中温度降低，发生了凝结，水汽附着在具有吸湿性的灰尘杂质的周围，变成了水滴，形成云雨，落到地面滋养了动植物。水分和二氧化碳在太阳光照射下通过植物叶绿体进行着光合作用，为植物提供了养料，建造了植物本身，植物为人类提供了蛋白质。总之，对流层与人类的生活生产关系最密切。因此，对流层是气象科学研究的最主要的领域。

第一章 太阳辐射与农业生产的关系

什么是辐射？按照物理学的解释，物体以电磁波的形式向四周传递能量的过程，叫做辐射，所传递的能量叫做辐射能。我们把这种辐射叫做热辐射或温度辐射。

太阳和地球的热能，主要是以辐射的方式传给周围物体的，所以辐射是自然界能量交换的主要形式。

一种物体对外辐射能量时，热能转化为辐射能，能量消耗，温度就下降；反过来，当物体吸收辐射时，辐射能转化为热能，能量增加，温度就上升。

第一节 太阳辐射的基本知识

一、太阳辐射的光谱 太阳辐射的电磁波的波长是不同的，按照太阳辐射波长的次序排列成的波谱叫做太阳辐射光谱。太阳辐射光谱分成三个谱区：红外线、可见光和紫外线。红外线的波长最长，紫外线的波长最短，可见光居中。表 2

表 2 太阳辐射光谱

光 谱 区	红 外 线	可 见 光	紫 外 线
波 长	0.76—5 微米	0.4—0.76 微米	0.17—0.4 微米
占总能量%数	45%	48%	7%
效 应	热效应	光、热效应	化学效应

中所列是各种太阳辐射光谱区的波长^①和所占太阳辐射总能量的百分数。

(一) 可见光 就是人眼可以看见的光线，它由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色光波组成，其中红光的波长最长，顺序波长减短，紫光的波长最短。我们看见太阳的白光，并不是太阳光的本来面目，那是七色光的综合反应。可见光照亮了地球，使地球表面成为昼夜交替的世界。如果没有可见光的存在，我们的地球将是黑暗的境界，当然也就没有今天的文明世界了。

可见光不但给我们带来了光明，而且也给我们送来了温暖，它既有光效应，也有热效应，它是发光发热兼备的。

可见光还是植物维持生命的能源，没有可见光，植物就无法生存。可见光大约占太阳辐射总能量的48%。

(二) 红外线 它是波长大于红光的部分。它所含的能量略高于红光，它是太阳辐射中的长波辐射，因而只有热效应而没有光效应。地球表面和大气能大量地吸收红外线而增高温度，同时地球表面和大气的辐射也属于红外线。它约占太阳辐射总能量的45%。

(三) 紫外线 它是比紫光波长更短的辐射，它含有大量的能量。紫外线人眼看不见，因而它也无光效应但有化学效应。它的能量能够杀死病菌、灼伤人的皮肤，但它却不能畅通无阻的到达地面，因为高空有一个臭氧层，成了它的天然屏障。紫外线约占太阳辐射总能量的7%。

二、辐射强度和太阳常数

^① 波长：太阳辐射的波长的单位是微米 (μ)，1 微米等于0.001毫米。即百万分之一米。

(一) 辐射强度 和太阳光垂直的每平方厘米的黑色表面上, 每分钟内, 全部吸收投射在上面的太阳辐射热能, 称为辐射强度。它的单位是卡/厘米²分。

(二) 太阳常数 在太阳和地球平均距离^①的情况下, 大气最上界的辐射强度叫做太阳常数。这个数值是 1.95 卡/厘米²·分, 因为它比较相对地稳定, 所以叫太阳常数。由于太阳辐射穿过大气层到达地面时; 要被削弱, 所以我们在地面上测得的太阳辐射强度, 总是比太阳常数要小些。

地面上获得太阳辐射能量的多少, 受太阳高度角的决定。太阳高度角是太阳光和当地水平面的夹角。太阳高度角越大, 地面获得的热量越多, 这是因为当太阳直射时, 即太阳高度角为 90° 时, 太阳投射来的热量集中在比较小的面积上, 如果太阳斜射时, 即太阳高度角小于 90° 时, 太阳投射来的热量就分散在比较大的面积上, 如图 1 所示。假定阳光斜射到水平面 AB 上 (面积为 A'O), 辐射强度为 1'。另一平面 BC 垂直于阳光 (面积为 AO), 辐射强度为 1。因为投射到水平面 AB 上和 BC 上的辐射能量是相等的, 即:

$$1'A'O = 1AO \quad 1' = 1 \frac{AO}{A'O}$$

$$\text{因} \quad \frac{AO}{A'O} = \frac{BC}{AB} = \sin h_0$$

所以 $1' = 1 \cdot \sin h_0$ 式中 h_0 为太阳高度角。

计算证明水平面所接受的太阳辐射能是随太阳高度角

① 太阳和地球平均距离: 地球轨道是椭圆的, 太阳并不在轨道的正中, 而位于两个焦点的一个焦点上, 因而一年中地球和太阳的距离远近不等。它们最近的距离是 14710 万公里, 最远距离是 15210 万公里, 平均距离为 14960 万公里。

h_0 的增大而增强的。当 $h_0 = 90^\circ$ 时, $1'$ 的值最大。在一天中, 中午的 h_0 最大, 所以 $1'$ 的值也最大; 日出和日落时的 h_0 小, 所以 $1'$ 的值也小。

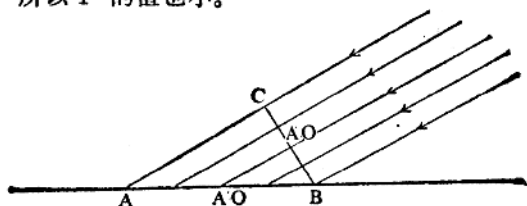


图 1 水平面所受到的太阳辐射

此外还因为中午太阳辐射穿过大气层的距离最小, 消耗在大气中的热能较少; 而早晚太阳辐射穿过大气层的距离较长, 消耗在大气中的热能较多。太阳辐射穿过大气层的距离是随太阳高度角增大而变短的, 如图 2 所示。

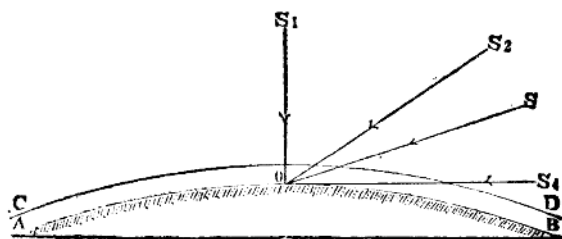


图 2 阳光穿过大气层的厚度

三、地面辐射和大气辐射

(一) 总辐射 (a) 经过大气削弱以后投射到地面的太阳辐射称为总辐射, 它的来源有二: 一是太阳辐射穿过大气层直接到达地面的, 称为直接辐射 (S'); 一是通过大气散

射而投到地面的叫散射^①辐射 (D)，即： $a = S' + D$ 。

(二) 地面辐射 (E_B) 和大气逆辐射 (E_A) 地面接受了太阳辐射的能量，转变成热能，温暖了自己，然后又以电磁波的形式向外辐射自己的能量，叫做地面辐射。

大气把地面辐射的能量几乎全部吸收了，因而温度能够升高，同时它也以电磁波的形式向外辐射自己的能量，这叫做大气辐射。大气辐射中投向地面那一部分能量，因为和地面辐射的方向相反，叫做大气逆辐射。大气可让太阳辐射通过到达地面，但它对地面辐射却不让通过，因而地面辐射的一部分能量又以逆辐射的方式返回了地面。大气这种特性对地面起了保温作用。

地面辐射和大气逆辐射，方向相反，同时并存。地面辐射和大气逆辐射的差值叫做地面有效辐射 (E_s)，即：

$$E_s = E_B - E_A$$

地面有效辐射意味着地面热量的损耗，它是正值时，地面热量支出大于收入，它是负值时，地面热量收入大于支出。但在一般情况下，大气温度总比地面低些，所以地面热量总是入不敷出，所以有效辐射常常是正值。不过在白天，有效辐射是不会出现正值的，因为白天地面不但收入大气逆辐射，更重要的是收入太阳辐射。

第二节 昼夜和四季的形成与变化

地球有自转和公转两种运动。自转是绕着假想的地轴，

① 散射：太阳辐射穿过大气层时，遇到大气分子和其它微粒，太阳的射线会发生偏斜而向四面八方散开，叫散射。