

农业干部培训教材

农业气象

农牧渔业部干部培训班
浙江农业大学班 编

上海科学技术出版社

农业干部培训教材

农 业 气 象

农牧渔业部干部培训班 编
浙江农业大学班

上海科学技术出版社

农业干部培训教材

农 业 气 象

农牧渔业部干部培训班 浙江农业大学班 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 无锡县人民印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.25 字数 90,000

1985 年 4 月第 1 版 1985 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—16,500

统一书号: 16119·849 定价: 0.69 元

前 言

这套《农业干部培训教材》包括植物和植物生理、农业气象、土壤肥料、植物保护、农作物遗传育种、作物栽培和畜牧兽医共七种，是为农牧渔业部委托举办的江苏、浙江和上海两省一市县级以上的农业领导干部培训班编写的。从一九七九年九月以来，我们已使用了四年共八期。在此期间，我们曾几次组织有关教师到各地调查，收集资料，并广泛听取了历次学员的意见，在此基础上，作了多次修改，以期能较好地反映两省一市的农业生产实际。为满足各地农业干部培训的需要，今由上海科学技术出版社出版。

这套教材以讲授各学科的基本理论和基础知识为主，并结合南方当前农业生产的实际，阐述一些主要的技术措施。在讲授时，既可按照学科的系统性顺序进行，又可根据生产的环节，重新组织各课体系，讲授当前生产上需要的科学技术；既解决目前的需要，又照顾了长远的需要。每讲的内容既有相对的独立性，又与其他各讲组成一个有机的整体；文字精练，图文并茂，方便自学。每讲之后还附有复习思考题。

本教材主编陈锡臣，副主编王兆骞、陈世才。

各分册的编写人员：

植物和植物生理

农 业 气 象

土 壤 肥 料

植 物 保 护

钱 熙 梁竹青

乐锦蟾

童永忠 马国瑞

陈 琇 陈鹤生

农作物遗传育种

夏英武

作物栽培

王兆骞 丁元树 丁守仁

沈惠聪 贾仁清

畜牧兽医

盛叔本 方德罗

参加本教材审编的有：俞震豫、申宗坦、葛起新等；参加编写工作的还有王人潮、董明远、王华仁等。

这套教材尽管作了多次修改，但由于我们水平有限，难免有不妥之处，甚至有错误的地方，敬请读者提出批评和指正。

农牧渔业部干部培训班浙江农业大学班

一九八四年三月

目 录

引言	1
第一讲 农作物生长发育的主要农业气象要素	3
一、太阳辐射	3
(一)太阳辐射光谱	4
(二)日照时间	6
(三)光照强度	12
(四)太阳辐射强度	13
(五)地面有效辐射	17
(六)地面辐射差额	19
二、土温与气温	20
(一)物质的热交换与热特性	20
(二)土温与气温的变化	23
(三)积温	25
三、大气中的水分	27
(一)空气湿度	28
(二)空气相对湿度的变化	29
(三)水分的蒸发和水气的凝结	30
(四)大气降水	34
四、风	33
(一)风的特性及其与农作物之关系	38
(二)季风与地方性风	41
复习思考题	46
第二讲 天气和农业天气	47

一、天气学基本知识	47
(一)气压与天气	47
(二)气团与天气	50
(三)锋与天气	52
二、农业天气	58
(一)寒潮	58
(二)梅雨	61
(三)台风	62
(四)冰雹	65
三、天气预报	68
(一)气象台的预报方法	68
(二)气象站、哨的预报方法	69
复习思考题	73
第三讲 农业气候	75
一、气候的形成	76
(一)太阳辐射因子	76
(二)大气环流因子	77
(三)下垫面因子	78
二、气候带和气候型	80
(一)气候带	80
(二)气候型	83
三、中国农业气候	84
(一)中国气候的形成及主要特点	84
(二)中国农业气候	85
(三)物候与二十四节气	90
复习思考题	92
第四讲 农田小气候	93
一、农田小气候形成的物理基础	94

(一)农田的辐射交换·····	95
(二)农田的乱流交换·····	96
(三)活动面的热量平衡·····	97
二、农田小气候的一般特征·····	100
(一)农田中光的分布·····	100
(二)农田中的温度分布·····	101
(三)农田中的湿度分布·····	103
(四)农田中风的分布·····	104
三、地形和水域小气候·····	105
(一)地形小气候·····	105
(二)水域小气候·····	108
四、农田小气候的改善途径·····	109
(一)耕作措施的气象效应·····	110
(二)栽培措施的气象效应·····	112
(三)灌溉措施的气象效应·····	114
五、保护地栽培措施的小气候·····	116
(一)覆盖措施的气象效应·····	116
(二)冷床和温床的气象效应·····	117
(三)风障的气象效应·····	118
(四)温室小气候效应·····	119
(五)喷洒化学制剂的气象效应·····	120
六、护田林带的小气候·····	121
复习思考题·····	125
附表一 逐日日照时数表·····	126
附表二 逐月日照总时数表·····	127
附表三 不同温度的饱和水气压表·····	128

引 言

由于地球引力的作用，在地球的周围包围着一层较深厚的空气，称为大气。在大气中不断地进行着各种物理过程和产生各种物理现象。例如，热的辐射、对流和传导过程；水分的蒸发和凝结过程；风云雨雪以及虹晕雷电等现象。气象学就是研究大气的构造、特性及其中所发生的各种物理过程和物理现象的科学。

气象条件对农业生产有着重大影响。光照、热量、水分和空气中的二氧化碳是植物生活不可缺少的生存条件，而且这些气象条件不能被其他东西所代替的。自然界的光、热、水、气等条件，常常因地区不同而不同，随着季节的变化而变化。也就是说农业生产与天气和气候的关系十分密切，因为气象条件对各个地区的农业耕作制度、全年栽培作物的种类、品种的搭配、选择作物的适宜播种与收获期、采取相应的农业技术措施等的影响，都是很明显的。例如春季日平均气温稳定回升至 10°C 以上的开始日期，通常作为长江中下游地区连作早稻的播种期；秋季日平均气温下降至 20°C 时的日期，是这些地区连作晚稻的齐穗关键期。因此，必须从品种的搭配上满足连作早稻和晚稻的全生育期对热量的要求。又如适期的降水对作物的生长发育是有益的，但是出现连续的阴雨或暴雨，对作物生长就不利了。对各种作物来说，即使水分条件适合，还需要有相应的光照、温度等的配合，如果配合得适当，作物就能正常地生长发育，配合不适当时，就会明显地影响作物的

生长,最终使产量降低。作物的种类和品种特性不同,对环境条件的要求也不同,抗旱耐涝的性能有高有低,忍耐低温的能力有强有弱。所以说农业生产必须根据当地的气象条件、天气条件和气候条件而进行,如果只考虑生产技术而忽视了对气象条件、天气变化和气候资源的了解和研究,要使农业获得稳产高产是有一定困难的。农业气象学就是根据农业生产的稳产高产和抗灾夺丰收的需要而研究天气和气候的科学。概括地可包括下列三个方面的内容:

一、研究对农作物有意义的那些气象条件的形成和变化的规律。

二、分析不同类型的天气对作物的生长发育的影响,并为探求相应的农业抗避措施提供依据。

三、进行气候资源的分析和区划,为农业生产能因地制宜按自然规律和经济规律得到不断的发展,提供气候资源的科学依据。

应当明确,上述几方面的内容,虽然各有侧重,但是互相有联系的。因此,本课程从农业生产对环境条件的要求出发,讨论和研究农作物生长发育的主要农业气象要素、天气与农业天气、气候与农业气候。并且着重于基本概念与主要特征、形成条件与影响因素、变化规律的周期性与非周期性等,为进一步研究和探讨各种作物气象,如水稻气象、棉花气象、果树气象、蔬菜气象、蚕桑气象、茶叶气象以及病虫害气象等等,掌握必要的农业气象基本知识和基础理论。

第一讲 农作物生长发育的 主要农业气象要素

用作描述大气物理过程和物理现象的特征量（如太阳辐射及地球和大气的热辐射、空气温度、大气压力、空气湿度、风向风速、云和降水等），称为气象要素。各个气象要素之间可以互相作用和互相影响而形成气象万千的复杂变化。它们综合地影响着农业生产对象的生长发育和产量的形成。把其中的太阳辐射、土壤温度与空气温度、水分等对作物生长发育起决定作用的气象要素，称为农业气象要素。

一、太 阳 辐 射

自然界中的一切物质，其温度在绝对零度以上时，都时刻不停地以电磁波的形式向外放射能量，这种形式叫辐射。太阳以辐射形式向外放射能量，称为太阳辐射。

太阳是一个炽热的气态球体，它的表面温度可达 6000 开（开为绝对温度）。太阳不断地以辐射形式向宇宙空间放射出巨大的能量，其中一小部分是射向地球的，据计算，地球在一年内获得太阳辐射能约为 1.3×10^{24} 卡（即 1.3 亿亿亿卡），但是，地球上获得能量仅占太阳本身辐射能的二十二亿分之一。

太阳辐射是地球和大气热能的主要来源，是使大气不断地进行各种物理过程和发生各种物理现象的主要能源。太阳辐射不仅是引起天气的复杂变化和形成各地气候的重要因

子，而且也是植物生命活动中不可缺少的重要因子。太阳辐射不仅影响农作物的生长发育，而且也决定着各地种植作物的种类及其形成的产量和质量。

太阳辐射进入大气到达地球表面产生光效应和热效应。结合对植物的生命活动的影响，着重讨论太阳辐射的光质(太阳辐射的光谱组成)、光强(太阳辐射强度与光照强度)和光时(日照时间)等的性质、特征和变化规律。

(一)太阳辐射光谱

辐射具有波动性，因此，辐射特性可以用电磁波的特性(振动频率和波长)表示。由于各种频率的电磁波在真空中的传播速度 V 相等，而使辐射波长 λ 和频率 ν 具有如下的关系：

$$V = \lambda \nu$$

式中 $V = 3 \times 10^{10}$ 厘米·秒⁻¹(即为光速)。所以，电磁波的频率不同，它们的波长也不同，频率高的波长短，频率低的波长长。

已经知道，无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线 γ 射线等都属电磁波。按照这些电磁波的波长(或频率)的大小，依次排成一个谱，这个谱叫做电磁波谱，如图 1-1 所示。

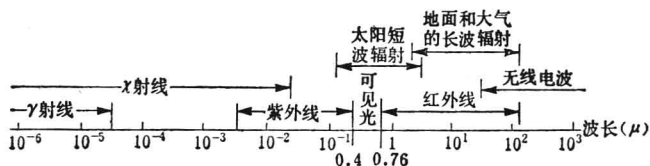


图 1-1 电磁波谱

电磁波的波长单位有微米(μm)、纳米(nm)，以及埃($\text{\AA}$)等。其关系为 1 微米(μm) = 10^{-4} 厘米(cm)，1 纳米(毫微米) = 10^{-7} 厘米(cm)，1 埃 $\text{\AA} = 10^{-8}$ 厘米。

电磁波的振动频率用赫兹表示，即为每秒钟电磁波振动的周期数。

太阳辐射是由许多不同波长的电磁波组成的连续光谱。其波谱范围极广，但是，占太阳总辐射能量 99% 的波长，几乎都集中在 0.15~4 微米之间，并且可以分为三个光谱区。

1. 紫外线光谱区 波长小于 0.39 微米的叫紫外线。当它进入大气层后，受到在离地 30~50 公里高空的臭氧的吸收作用，使波长小于 0.29 微米的紫外线不能到达地面，只有 0.29~0.39 微米的紫外线，才能不同程度地到达地面。

紫外线能引起强烈的光化反应。它对生物有机体能起抑制或杀伤作用。例如能抑制植物的徒长、能杀死病菌等。紫外线还可以影响种子和果实的品质。例如播种前对大小麦种子进行晒种，可以提高种子的发芽率和整齐度。即将成熟的果实，受紫外线照射，能使含糖量增加。在水稻育秧期间，若遇多阴雨天气，到达地面的紫外线不足，容易使植株徒长而使秧苗不壮。

人的肉眼是看不见紫外线的。但是，某些农业害虫对紫外线和紫光有一定的趋光性。例如二化螟蛾对波长 0.33~0.44 微米具有明显的趋光性，棉红铃虫对波长 0.36 微米的趋光性最强。因此，可以在农田附近安置适量的黑光灯或白炽灯，在夜间加以诱杀，就能减少虫口密度。

2. 可见光光谱区 波长在 0.39~0.76 微米之间，包括红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等七色光组成，并且能引起人的视觉反应。例如在夏季雨后天空出现的虹、霓或使阳光透过三棱镜后都可以看到这七色光的依次排列，红橙光波长较长，蓝紫光波长较短。在白昼，正常人眼睛有明亮感觉的就是这部分光谱区。

绿色植物是在可见光的作用下进行光合作用的。据植物生理学研究指出，可见光的光谱范围和作物所吸收的光谱范围相近，但不完全一致，其中以红、橙光的吸收最强，其次是蓝、紫光，而对绿光吸收最少，反射和透射最强，所以，植物一般都呈绿色。通常把叶绿素所吸收的各种光线的总和称为生理辐射。

季节、天气和山地坡向等不同，使到达地面的可见光光亮程度也不同，因此就能影响植物的光合作用，这方面内容在光照强度中进行讨论。

3. 红外线光谱区 波长大于 0.76 微米的叫红外线。红外线主要起热效应作用，它的穿透性较好，可以使植株的表里温度趋于接近，在红外线的照射下，使果实的成熟度趋于均匀。

人的肉眼也是看不见红外线的。地球上各种物体，在绝对零度以上时，都具有红外辐射作用。因此，现代科学的遥感技术，就是利用这一红外辐射作用的特点，即物体温度不同，其红外辐射的波长也有不同的特点，用遥感仪器测得红外线的波长，通过分析就可知道被测的物体的种类。例如在卫星上装置这类遥感仪，就可以进行土壤普查、森林覆盖率的调查、病虫害发生程度的测定、作物收获期和产量的预报，以及对大气污染程度的测定等等。

(二)日照时间

日照时间是指日出至日落的时间，也就是白昼的时间。由于地球自转和绕日公转运动、地轴倾斜而且倾斜的角度和方向保持不变，使各地昼夜长短不仅随季节而变，并且纬度不同，昼夜长短也各不相同。

1. 地球和地理坐标 地球是太阳系的九大行星之一。它

的形状近似于椭球体，赤道半径为 6378 公里，南、北极半径为 6357 公里，地球平均半径为 6371 公里。

地球时刻不停地进行自西向东的自转和公转运动。地球自转的中心轴叫地轴。地轴与地球表面相交的两点，就是北极（向北极星方向）和南极（见图 1-2）。

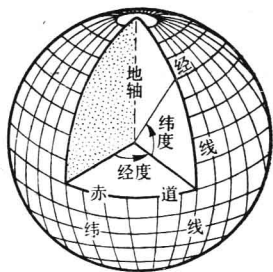


图 1-2 地轴和地理座标

通过地心并和地轴垂直的平面，它与地球表面相交成的圆圈叫做赤道。经过赤道把地球划分为北半球和南半球。与赤道平行的圆圈叫纬线。凡通过地轴的平面，它与地球表面相交而成的圆圈叫做经线。所有经线都和南、北极相连。

某地到地心的连线与赤道平面所成的夹角，即为该地的纬度。由此可知，赤道的纬度是 0° ，南、北两极各为 90° ，赤道以北的纬度为北纬，赤道以南的纬度为南纬。例如北京为北纬 $39^{\circ}57'$ ，也可写成 $39^{\circ}57'N$ 。南纬用 S 表示。

经度是以通过英国伦敦的格林威治天文台的经线，定为经线 0° 。此线以西为西半球，以东为东半球。某地的经线平面与 0° 经线平面之间形成的夹角，即为该地的经度。例如北京在 0° 经线以东，其夹角为 $116^{\circ}19'$ ，称为东经 $116^{\circ}19'$ ，也可写成 $116^{\circ}19'E$ 。西经用 W 表示。

由经线和纬线组成的经纬网，就是地理坐标。地球上任何一个地方的位置都可以用地理坐标的经度和纬度来表示；反之，如果知道某地的经度和纬度，就可以在地球上找到该地的位置。

2. 季节与昼夜长短的变化 地球绕轴自转一周，需时 23 小时 56 分 4 秒。同时地球绕太阳公转，每公转一周，需时 365 日 5 小时 48 分 46 秒，即为一年(见图 1-3)。

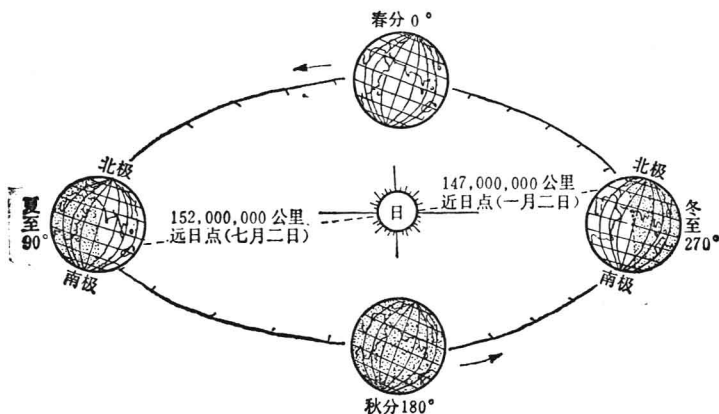


图 1-3 地球公转及昼夜长短的变化

由于地球绕太阳公转时，地轴与公转轨道平面呈 66.5° 的倾角，而地轴方向不变，因此，地球上各个地方每天受太阳光照射的时间和太阳光投射在地平面上的角度（即太阳高度角）都不相同，从而形成了地球上季节温度和昼夜长短的变化。

如图 1-3 所示，春分(3 月 21 日)地球运行到公转轨道 0° 时，正午阳光垂直照射赤道，这一天全球各地都昼夜相等。春分之后，由于地球继续公转，正午阳光垂直照射在地球上的位置也随着北移，北半球照亮的部分越来越大，白昼越来越长，并且纬度越高白昼越长。夏至(6 月 22 日)地球运行到公转轨道 90° 时，正午阳光直射北回归线 (23.5°N) 上，这时 23.5°N 以北任一地理纬度太阳高度角达到最大，白昼也最

长,同时纬度越高白昼越长。夏至以后,地球继续公转,阳光直射位置南移,白昼逐渐缩短。至秋分(9月23日),地球运行到公转轨道 180° ,这时正午阳光又直射赤道,这一天全球各地又都昼夜相等。秋分以后,随着地球公转,阳光直射位置继续南移,北半球出现昼短夜长,纬度越高白昼越短。到了冬至(12月22日),地球运行到公转轨道 270° ,正午阳光直射南回归线(23.5°S)上,这时北半球任一地理纬度的太阳高度角达到最小,白昼也最短,同时纬度越高白昼越短。冬至后,白昼增长,到第二年春分日,又是全球昼夜相等。

根据以上昼夜长短的变化规律,可以看出从春分后至秋分前的夏半年中,北半球各地都昼长夜短,并且纬度越高白昼越长。冬半年情况相反。不同纬度在不同季节的日照时数(日出至日没)可从附表一中查得。表中之外的其余纬度和日期的日照时数可按比例求得。

3. 日照长短和作物 昼夜长短的交替变化,影响着作物的开花、结实、落叶、休眠以及地下块根、块茎等营养贮藏器官的形成。植物对昼夜长短的这些反应,统称为光周期现象。根据作物从营养生长期进入生殖生长期对日照长短的光周期反应,可以分为三大类作物:

(1) 短日照作物: 要求经过一段较长的黑夜和较短的白天才能开花、结实的作物,叫短日照作物。例如晚稻、玉米、高粱、红薯、晚生种大豆、棉花、苧麻、黄麻、向日葵、烟草等。如果日照增长,则开花延迟,甚至不能开花结实,而只有营养生长现象。这一类型的作物,大部是起源于低纬度热带地区的一年生作物。如在中、高纬度栽培,一般都要到夏末和秋季日照逐渐缩短时才开花结实。

(2) 长日照作物: 要求经过一段较短的黑夜和较长的白