

农业部干部培训班西北农学院班教材

农业气象讲义

王 谦 编

西 北 农 学 院

一九八〇年十二月

前 言

地球表面包围着一层深厚的气体,称之为大气,在大气中经常进行着各种物理过程,例如大气的增热过程和冷却过程,水汽的蒸发和凝结过程等等。在这些过程进行的同时,产生了各种物理现象,例如,风、雷、雨、雪等等。气象学就是研究大气物理现象和物理过程的一门科学。

大家知道,气象与国民经济的各个部门和国防建设都有着密切的关系。例如,农业、林业、渔业、工业、交通运输、医疗、航空、海运等等。因此,逐步形成了各种应用气象学,如农业气象学、林业气象学、工业气象学、医疗气象学、航空气象学、航海气象学等等。在应用气象学中最大的部门是农业气象学,其中由于农业对象的不同,又有作物气象、果树气象、蔬菜气象、畜牧气象、病虫气象等之分。应当指出,在人类生产活动中,以农业生产与气象的关系最为密切。因为农业生产的特点是培植生物有机体,而且都在露天培植,因此农业收成的好坏在很大程度上受着自然条件,尤其是气象条件的支配。当然,人们对自然条件包括气象条件,不只是消极的适应,而且要在认识自然规律的基础上,发挥主观能动性去积极地改造它,使其朝着人们需要的方向发展。为了获得高产稳产,人们就必须为植物的生长发育创造最有利的^光、^热、^水以及营养物质等生活条件,在这些条件中除营养物质属土壤因子外,其余皆属于气象因子。农业气象学是在农业生产与气象条件的相互关系

中，根据农业的需要，研究和运用气象科学技术，促使农业高产稳产的一门科学。因此农业气象学是农业科学的一门基础科学。

植物的生长发育和产量受天气和气候条件的影响很大。即使在同一地区，由于各年之间天气条件的不同，为植物提供了不同的光、热、水等生活条件，引起了植物生长发育和产量就不一样。在生长期中，“及时雨”常使作物顺利生长，为高产奠定了良好的基础，而“干热风”常给作物带来有害的影响，产量降低。由于一个地区的气候条件决定了该地区的光、热和水分资源，从而使农业经营方式和培育的农作物种类以及耕作制度等都不相同。

总之，气象与农业的关系极为密切，在实现农业现代化的过程中，必须充分利用有利的天气和气候条件，克服不利的天气和气候条件，以达到农业高产稳产的目的。为了完成这项光荣而艰巨的任务，学习农业气象的基本知识，熟悉各地区农业气象灾害以及农业气候资源是非常必要的。

目 录

前 言

第一讲 农业气象的基本知识.....	(1)
一、太阳辐射及其在农业上的意义.....	(1)
(一)光质的作用.....	(1)
(二)光强的作用.....	(2)
(三)光照时间的作用.....	(4)
二、温度及其在农业上的意义.....	(5)
(一)关于温度的基本知识.....	(5)
(二)土壤温度在农业上的意义.....	(7)
(三)气温在农业上的意义.....	(8)
三、水分及其在农业上的意义.....	(11)
(一)空气湿度及其在农业上的意义.....	(11)
(二)降水及其在农业上的意义.....	(14)
第二讲 农业气象灾害.....	(20)
第一节 霜冻.....	(20)
一、霜冻的一般知识.....	(20)
二、霜冻对农作物的危害.....	(23)
三、战胜霜冻的方法.....	(24)
第二节 干旱和干热风.....	(31)
一、干旱.....	(31)
(一)干旱对农作物的危害.....	(31)

(二) 干旱的成因.....	(33)
(三) 战胜干旱的方法.....	(34)
二、干热风.....	(38)
(一) 干热风对农作物的危害.....	(39)
(二) 小麦干热风指标.....	(41)
(三) 干热风发生的原因.....	(42)
(四) 战胜干热风的方法.....	(42)
第三节 暴雨和连阴雨.....	(46)
一、暴雨和连阴雨对农作物的危害.....	(46)
二、暴雨和连阴雨的成因.....	(47)
三、战胜水涝灾害的方法.....	(48)
第四节 冰雹.....	(49)
一、冰雹的危害.....	(49)
二、冰雹发生的一些规律.....	(50)
三、战胜冰雹的方法.....	(51)
第五节 大风.....	(52)
一、大风对作物的危害.....	(52)
二、战胜大风的方法.....	(54)
第三讲 西北地区的农业气候资源.....	(59)
一、西北地区的自然地理环境.....	(59)
二、西北地区的光能资源.....	(62)
(一) 太阳辐射年总量.....	(62)
(二) 生理辐射年总量.....	(63)
(三) 光照时间.....	(63)
三、西北地区的热量资源.....	(65)

（一）几个温度值.....	（ 65 ）
（二）农业界限温度.....	（ 70 ）
（三）活动积温.....	（ 72 ）
（四）霜冻特征.....	（ 76 ）
四、西北地区的水分资源.....	（ 78 ）
（一）降水量.....	（ 78 ）
（二）降水强度.....	（ 83 ）
（三）降水变率.....	（ 84 ）
（四）干燥度.....	（ 85 ）

第一讲 农业气象的基本知识

一、太阳辐射及其在农业上的意义

对于我们生活的地球来说,太阳具有非常重大的意义。太阳是一个由炽热气体构成的巨大球体,它的直径约140万公里,比地球直径大109倍,体积等于地球的130万倍,质量比地球大33万倍。太阳表面温度为 6000°K ,中心温度高达2000°万度。由于太阳温度很高,所以它放射出大量的能量。据测量,每分钟由太阳表面放射出的热量要多于 5×10^{24} 千卡。如果把太阳表面用一层12米厚的冰包起来,只要一分钟,冰壳即可全部融化,可见其热量之大了。太阳能量是向各个方面放射的,而投射给地球的太阳能仅占其中二十亿分之一,太阳向四而八方以辐射的方式放射的巨大能量称为太阳辐射。它是地球表面一切生命现象的源泉,也是大气中各种物理过程和物理现象的根本原因。太阳辐射所供应的光在植物生长发育过程中所起的作用可分三个方面来讨论:

(一)光质的作用:所谓光质是指光波波长,根据光谱分析,太阳光具有各种不同长短的波长。99%介于0.17—4微米(μm)之间(1微米等于万分之一厘米)。辐射最强的部分波长为0.475微米。通常把太阳的光波波长分为三个光谱区,它们在植物生活中有着独特的意义。

(1)紫外线区:波长在0.17—0.4微米之间,主要表现在化学效应上。紫外线对植物有很大的生物学意义。它能提高种子的发

芽能力和品质。所以播前晒种有催芽作用。紫外线对果实及种子的成熟有好的影响。在果子成熟时,如有充足的紫外线照射,则果实的含糖量增加。但对另一些作物,在抑制紫外线的栽培条件下,反能获得优良的品质。例如纤维作物就是其中的一种。

波长小于0.3微米的紫外线对有机体有毁灭性的作用,在0.3—0.4微米的紫外线有抑制植物高生长的作用。例如高山植物因紫外线含量增多,而表现出茎叶短小,根及茸毛都很发达,贮藏物和叶绿素增加;而温室内的秧苗易形成徒长现象,是由于紫外线不能透过玻璃的缘故。

(2) 可见光区: 波长在0.4—0.76微米之间,主要表现在光效应上。其中0.60—0.75微米的红橙光,光合作用最强。有利于产量的形成;0.5—0.55微米的绿光,植物叶片对它反射最强,致植物一般均呈绿色;0.4—0.5微米的紫蓝光化学效应较强,它促进蛋白质的形成。总之,可见光是绿色植物通过光合作用制造有机物质所必须的能量源泉。

(3) 红外线区: 波长在0.76—4微米之间,主要表现在热效应上。植物叶绿素并不吸收红外线,落到地面上的红外线,对植物的影响是间接地表现在热的作用上。

(二) 光强的作用: 表示太阳辐射能强弱的物理量,称为太阳辐射强度,它是单位时间,垂直投射在单位面积上的太阳辐射能,单位是卡/厘米²·分。大气上界(未通过大气)日地平均距离时的太阳辐射强度,称为太阳常数。其数值为2.00卡/厘米²·分。表示光效应的物理量称为光照强度,简称照度,用它来说明物体被照明的程度。其单位为勒克斯(lux),一勒克斯是指垂直置放于与一个国际烛光相距一米远处的表面所受到的照度。也称米烛光。

大气上界的太阳光照强度为135,000勒克斯。此值称为太阳光量常数。实际上太阳辐射在投射到地面时,一则不是永远保持日地平均距离,二则地面不一定与阳光垂直,三则当阳光通过大气层时,受大气成分的反射、吸收和散射等削弱作用,所以,使得太阳辐射强度常较太阳常数为小,光照强度常较太阳光量常数为弱。这种减弱的程度随太阳高度角的大小和大气的混浊度而定。太阳高度角愈小,太气混浊度愈大,地面上的太阳辐射强度和光照强度就愈弱。

照度在植物的生活中有重要的意义。光合作用进行的速度,随着照度的增加而增加。当照度增大到一定量时,光合速度就不再增加。对于大多数作物的正常生长和发育的适宜照度为30000左右米烛光。

光照过强或不足都能引起植物生长不良,产量降低甚至死亡。例如过热、灼伤、黄化、倒伏等。因此,正确地调节照度以提高对太阳辐射能的利用是栽培技术措施的主要问题之一。

光照强度与作物的发育和品质有一定的关系。强光有利于作物繁殖器官的发育,相对的弱光有利于营养器官的生长。例如,在强光下小麦分化更多的小花,弱光下,小花分化则减少。生长在遮阴地的禾本科作物的蛋白质含量减少,糖用甜菜根中的含糖量减少,马铃薯的块茎中淀粉量也减少。光照很好的瓜果因含糖量多而香甜可口。

各种植物对光的要求是不同的,根据植物对光照强度的要求,可把植物分为喜光植物和耐阴植物。但是要知同一植物在其一生中不同的发育阶段对光的要求也是不一样的。大部分禾本科植物都属于喜光植物;北方的植物是喜光植物,南方的植物是耐阴植物;山地植物比低地植物较为喜光。

(三) 光照时间的作用：光照时间即日照长短。

日照有两种，即可照时数与实测时数。从太阳的中心露出东方的地平线起，到太阳中心落到西方的地平线止，中间的时间称为可照时数。可照时数实质上就是昼间时数，或简称昼长。阳光直接照射到地面的时间称为实测时数，即一般所指的日照时数。可照时数与实测时数都以小时为单位。实测时数与可照时数的百分比称为日照百分率。日照百分率的大小是天气阴晴的标志，譬如日照百分率为50%是指白天有一半是阴天，如全天为阴天或降雨，毫无日照，则称此日为不日照。

由于地球的自转运动，使地面各处有昼夜的交替；由于地球的公转运动，不但产生了季节的交替，而且使各地昼夜长短随季节而不相同。

一般说来，在北半球，夏半年（从春分到秋分）是昼长季节，而且地理纬度越高，白昼时间愈长，冬半年（从秋分到春分）则相反，地理纬度越高，白昼时间愈短。由于夏半年是植物生长季节，所以起源于低纬度的植物多属于短日照植物，起源于高纬度的植物多属于长日照植物。同时昼夜的长短影响着作物的开花、结实、落叶、休眠期的开始以及地下块根、块茎等营养贮藏器官的形成。大体上短光照植物，如棉花、水稻、玉米、高粱、大豆、向日葵和烟草等，要求一段较长的黑夜和较短的白天，才能正常开花结实。长光照植物则相反，如小麦、大麦、燕麦、豌豆、扁豆、葱、蒜、菠菜等，它们的发育过程，必须经历一段短的黑夜和长的白天方能正常开花结实。植物这种对昼夜长短的不同反映叫光周期现象。当然这样的分类也不是绝对的，同类作物不同品种对日照长短的反应也是有差异的，如水稻的早、中熟对日照长短较不敏感，而晚稻品

种大多数感光性较强。

在农业生产中的引种工作,除要考虑作物品种本身的特性外,还必须考虑日照长短的问题,例如把短日照的黄麻、洋麻、大麻等南方品种引种到较北地区种植,因为北方日照增长,发育缓慢,生育期延长,使植株高大皮厚,长纤维增多,因而能够增产。但若将北方水稻品种引到南方种植,由于日照减短,发育加快,生长期短,使植株矮小,提前抽穗、发育不良,穗短粒少,造成低产。因此对短日照作物来说南种北引生育期增长,应引原产地的早熟品种,北种南移生育期缩短,应引原产地的迟熟品种,对于长日照作物来说,南北引种生育期变化规律恰与上述短日照作物相反。不过对日照时间长短感应敏锐的品种,在同一地区改变栽培期,采取人工控制光照也有如同南北引种相似的结果,所以随着农业技术措施的改进,自然条件的不足是可以克服的。

二、温度及其在农业上的意义

(一) 关于温度的基本知识

地面热量主要来源于太阳辐射,空气热量主要依靠吸收地面辐射。表示物体冷热程度的物理量,称为温度。其单位,目前我国规定用摄氏($^{\circ}\text{C}$)温标,它是以气压为760毫米水银柱高时纯水冰点为零度,沸点为100度,其间等分为100等分,每一等分为1 $^{\circ}\text{C}$ 。还有用华氏($^{\circ}\text{F}$)温标的,其冰点为32 $^{\circ}\text{F}$,沸点为212 $^{\circ}\text{F}$,它与摄氏温标的换算关系如下:

$$\text{C} = \frac{5}{9} (\text{F} - 32)$$

$$\text{F} = \frac{9}{5} \text{C} + 32$$

农业上所研究的温度有空气温度（简称气温）、作物层的温度、土壤温度（简称地温）、水温以及作物体温等。气温一般以离地1.5米高处的温度为代表，作物层的温度以及土壤温度则是根据研究的目的而定，一般前者包括5厘米、20厘米、2/3株高及活动面等不同高度的观测，后者包括地表面、5厘米、10厘米、15厘米、20厘米、40厘米及80厘米等不同深度的观测。

农业上常用温度的平均值、极端值（最高、最低）、变幅（较差）、积温以及作物的三基点温度，平均值有日平均（四次或三次观测记录的平均值）、候平均（五天日平均的平均值）、旬平均（十天或十一天日平均的平均值）、月平均（全月日平均的平均值）、年平均（十二个月月平均值的平均值）以及历年平均（各年年平均值的平均值）。极端值有日、月、年最高和最低值。还有绝对最高和绝对最低值。一日中，土表的最高温度出现在13时左右，最低温度出现在日将出时。最高气温出现在14—15时；最低气温出现在日出前后。一年中，土表的最高温度出现在7月或8月，最低温度出现在1月或2月。而对于气温，最热月出现在7月（温带大陆），最冷月出现在1月（温带大陆）。海洋地区最热月为8月，最冷月为2月。变幅有日变幅和年变幅。日变幅是指一日中最高温度与最低温度之差。年变幅是指一年中最热月平均温度与最冷月平均温度之差。土表温度的日变幅大于气温的日变幅。应当指出，上述极端值出现的时间和变幅的大小并不是固定不变的，就一地而论，它们随着天气、季节和地面状况等的不同而发生变化。

温度的总和叫积温，积温分活动积温和有效积温两种。为了了解什么是活动积温和有效积温，必须先了解植物的生物学最低温度，活动温度和有效温度。生物在不同发育时期中有效生长的下限

温度称为生物学最低温度。在某一发育时期或正个生长期內,所有高于生物学最低温度的温度,称为活动温度。活动温度减去生物学最低温度称为有效温度。例如冬小麦幼苗期的生物学最低温度为 3.0°C ,而某天的平均温度为 8.5°C ,则 8.5°C 就是活动温度。而 $8.5^{\circ}-3.0^{\circ}=5.5^{\circ}\text{C}$ 即是有效温度。

活动积温是植物全部生长期內(或某一发育时期內)所有活动温度的总和。有效积温是植物全部生长期內(或某一发育时期內)所有有效温度的总和。各种植物各要求一定的积温,这是由于各种植物所需要的总热量基本上是有一定的。至于作物的三基点温度放在本讲二(三)中介绍。

(二)土壤温度在农业上的意义:一定的土壤温度是植物重要生活因子之一。土壤温度对植物整个生命活动有极大的影响。只有当土壤温度达到植物的要求时,种子才能发芽,幼根才能发育,幼苗才能出土。各种不同植物的种子发芽和幼苗生长所要求的温度不同。如小麦、大麦种子发芽和出苗要求的最低温度分为 $1-2^{\circ}\text{C}$ 和 $4-5^{\circ}\text{C}$,所以它们可以在秋天播种。而棉花和水稻等喜温作物种子发芽和出苗所要求的最低温度分别为 $12-14^{\circ}\text{C}$ 和 $14-15^{\circ}\text{C}$,所以它们必须在春天播种。

在最适温度的范围内,温度愈高,则出苗愈快。如果在播种以后,出现了长时间的寒冷,土温增热很少,则种子由于热量不足,只能膨胀而不能发芽。因此在播种时,不但要注意种子发芽的最低温度,还要注意未来的天气情况是否有利于土温的继续升高。

土壤温度对冬作物有很大的意义。土壤上层温度过低会把冬作物的分蘖节冻坏,甚至全株死亡。不同的冬作物和不同的品种对低温的抵抗能力不同。大多数的冬小麦品种分蘖节处(3—5厘米)的

临界温度是 $-14\sim-17^{\circ}\text{C}$ 。冬大麦的抗寒力较弱,即使越冬性较好的冬大麦品种,其分蘖节处也忍受不了 $-10\sim-12^{\circ}\text{C}$ 以下的严寒。

不仅低温对作物有不良的影响,有时高温对作物也有危害。例如马铃薯的薯块形成时期,如遇高温则会引起薯块退化,质量变坏,薯块变小,产量大大减低。

土壤温度也有力地约制着有机物质的腐败和分解,以及各种盐类的溶解强度,因而也关系着植物的营养供应。

土温对地下害虫的发生发展以及昆虫的越冬影响很大,特别是影响着昆虫的发生与分布。

土温的昼夜变化可以促进土壤空气和地上空气交流和土壤中水分的移动,并且影响着近地面空气的物理状况,从而对植物的生活有很大的影响。

(三)气温在农业上的意义:在农作物的生活条件中,迄今为止还难以在大面积上作较大的人工调节,就是热量条件。所以,农作物的栽培界限主要是受气温决定的。

一定的气温是植物生长发育绝对必须的条件之一。在植物的全部生命过程中,如果气温变化符合植物所要求的限度和持续时间,那么植物的生长发育就能顺利地进行。相反地,如果气温的变化超越了植物所能忍受的限度,或缺乏应有的持续时间,那么植物的生长发育就会受到抑制或根本不能开始。所以,温度过高或过低都会影响其正常生长发育。甚至可以造成凋萎或死亡。

对植物和昆虫每个生命过程来说,都有温度的三基点,即最低温度,最高温度和最适温度。在最适宜的温度条件下,生命过程进行得最活跃,生长量达到最大的数值。在温度低降或升达某一数值,使植物和昆虫的生长发育停止,便是最低温度和最高温度。而

使植物和昆虫开始受到伤害或竟致死亡的低温和高温则称为临介低温和临介高温。对不同的植物与昆虫而言,上述各种温度的介限是不同的。某一种温度对植物的作用,不只决定于它的热能强度,而且还决定于作用时间的长短。同时因植物发育阶段及生长状况的不同,也有所不同。

几种作物的三基点温度

作物种类	下限温度 ($^{\circ}\text{C}$)	最适温度 ($^{\circ}\text{C}$)	上限温度 ($^{\circ}\text{C}$)
小麦	3—5	20—22	30—32
玉米	8—10	30—32	40—44
水稻	10—12	30—32	36—38
棉花	13—14	28	35
油菜	4—5	20—25	30—32

实际上所谓作物发育的下限温度,只是它的发育过程将要停止,生长活动仍可继续,只有继续降低到某一临界值才可引起作物死亡。最适温度通常不是某一个温度值,而是在一定的温度范围内的温度。关于上限温度也和下限温度一样,达到上限温度,只是作物发育过程将要停止,生长仍可继续维持,如果温度继续增高,才可达死亡。就我国气温变化来说,超过上限温度,出现的机会是不多的,但下限温度是常见的,所以在农业气象灾害中,低温冻害是值得注意的。

气温日变幅对植物生长的关系很大。在白昼,光合作用和呼吸作用都在进行,而夜间只有呼吸作用。因此,在昼夜温度不超过植物所能忍受的最高和最低温度的情况下,日变幅大时,白天温度较高,积累的有机物质较多,夜间温度较低,呼吸作用进行不旺,消

耗的物质较少,这样就能积累较多的有机物质,使有机体迅速增长。我国北方气温日变幅大于南方,高原气温日变幅大于低地。所以北方虽然一年只有一熟,只要水利问题解决,发展水稻是有利的。青藏高原小麦千粒重可达40—50克,远较平原小麦千粒重为高,与高原气温日变幅大是有关系的。日变幅的大小也能影响植物的耐病性。有些作物在日较差大时耐病性强。如蕃茄的花叶病在昼温 26.5°C ,夜温 13°C 即日变幅为 13.5°C 时,不见发生。在昼温 26.5°C 夜温 16.0°C 即日变幅为 10.5°C 时,已有发生,但不明显。在昼温 23.5°C 而夜温为 22°C 即日变幅为 4.5°C 时则病之发生十分明显。

积温对农业有着重要的意义。一种植物或昆虫要完成某一发育期或全部生长期必须要有一定的积温。在实际工作中,如作农业气候分析、农业气候区划时,多采用活动积温。研究作物对热量的要求,预报作物生育期的到来日期,以及作病虫害予测预报时,多采用有效积温。

最后,还应当特别指出气温的非周期性变化在农业上的意义,前面介绍的气温日变化和年变化都是周期性的变化。实际上气温还有非周期性的变化。这种非周期性变化是由大规模的空气水平运动引起的。例如,阴雨天气的骤然放晴,晴天的骤然转阴,都会使气温日变化曲线发生不规则的跳跃式的变化,在冷暖空气常常侵入的地区,气温年变曲线也会出现急变现象。我国春夏之交和秋冬之交,这种非周期变化非常显著。在春末夏初气温上升的时候,如遇西伯利亚冷空气南下,就会使气温急剧下降,秋末冬初,若从南方流来暖空气,则在气温降低的趋势上会产生气温的陡增现象。同样,在春暖期间有“回冷”现象。秋凉时期有“重热”现象,叫做

“秋老虎”。

了解一地气温非周期变化的规律,在农业上有重要的意义。例如,春季气温回升后,又突然转寒,常使春播作物遭受冻害或不能顺利出苗。但是在两次冷空气侵入的间隙期间,温度常有几天稳定回升,如能掌握这种非周期性变化的特点,抓住冷空气将过的冷尾暖头进行播种,就能使种子在气温稳定回升这段时间内顺利出苗,避免低温的危害。

三、水分及其在农业上的意义

水分是生物体的主要成分和最重要的不可代替的生活因素,一般植物体中含有60—80%的水分,而且一切生命活动过程都离不开水。据研究,农作物一生中都要消耗大量的水分,一株玉米一生中要消耗200多公斤水;禾谷类作物形成一公斤干物质,在潮湿气候条件下要消耗250—350公斤水,在较干燥的气候条件下要消耗450—500公斤的水。

植物对于水分的要求,主要通过土壤水分、空气湿度和降水三方面来实现的,而这三者又是互相联系的。因为降水是土壤水分的主要来源,而空气湿度又直接影响降水。这里仅介绍空气湿度和降水及其在农业上的意义。

(一) 空气湿度及其在农业上的意义

1、表示空气湿度的方法 空气湿度是表示空气潮湿程度的物理量。表示空气湿度的方法主要有水汽压、绝对湿度、相对湿度、饱和差和露点。

(1) 水汽压 空气中所含水汽的分压力称为水汽压。常用毫米或毫巴(1毫巴等于每平方厘米的面积上受到1000达因的力)