

中等气象学校讲义

农业气象

气象专业用

北京气象专科学校編

1965年8月

緒 論

一 气象和农业生产的关系

农业是国民经济的基础，粮食是基础的基础。全党全民大办农业，大办粮食，迅速地发展农业生产，是不断提高我国人民生活水平，促进国民经济发展的基本保证。

农业生产的最大特点是具有强烈的地域性和季节性，生长周期长，它的劳动对象是有生命的有机体，生产活动大部分在田间进行。因此，受自然条件影响很大。各种灾害性天气(如大风、冰雹、霜冻、干旱等)是造成农业产量不稳定的重要原因。可见，争取丰收，实际上是人们向自然界夺取产品的一场激烈斗争。

自然条件中的水、热、光是气象因子，又是农作物生长发育的必要条件。农作物没有充足的阳光和热量，就难以进行光合作用；没有水分根本不能成活，老乡说的好：“土是根，肥是劲，水是命”。所以，气象因子的变化，也必然影响着作物的生长发育过程。另外，农业技术的改进、田间工作的进行以及病虫害的发生与传播等，也都受着气象条件的影响。农作物种类繁多，同一作物的不同品种对气象条件的要求也不尽相同，这样使得农业生产与气象条件之间的关系更加密切和更加复杂起来。

光、热、水状况，反映了一个地区的气候、天气或田间气候。在农业生产中，仅仅做到了解一般的气候规律以及对作物生长发育的影响是不够的。因为，各年各季以及每一天的天气并不完全重复出现，而往往有很大差异。所以，除了熟悉常年的气候之外，还应该密切注意当地当时和未来的天气演变，特别是要注意灾害性天气。

不难看出，要使农业生产得到稳定的高产，必须切实地研究和掌握各种作物在生长发育过程中“要什么天气，怕什么天气”的规律。真正做到从不同地区、不同气候、不同作物、不同品种及不同耕作措施等实际情况出发，瞻前顾后，全面安排农事活动，充分发挥天时地利的作用。

气象工作在保证战胜灾害性天气和合理安排农事活动方面，起着很大的作用。这是因为，它能告诉人们未来一段时间的天气特点以及对农业可能产生的影响等。这样，就使生产部门考虑采取各种措施时心中有数，根据需要，做出正确的决定。

因此农业生产迫切需要气象工作，它是各级党政领导指导农业生产的参谋，是向自然灾害做斗争的重要武器之一。气象工作者必须树立“以生产服务为纲，以农业服务为重点”的思想，为建设稳产高产的基本农田服务。气象工作只有了解当地的农业生产情况和具备一定的农业气象知识时，这种服务才能做得具体、深入、细致、及时，从而满足农业生产的要求。

二 农业气象工作的目的与任务

农业气象工作的主要目的是帮助农业生产部门合理地利用天气和气候条件，保证各种作物稳产高产旱涝保收和顺利地发展畜牧业。

农业气象工作的基本任务是根据农业生产的要求来认识天气和气候条件。也就是说，不应该把天气和气候条件作为一般的环境组成因子来研究，而要把它們看做是农作物生长发育的条件。并进一步研究农业生产的天气和气候条件形成的规律，根据农业生产的要求来鉴定这些条件，为在农业生产上改变和利用它們提供依据。其具体任务可以归纳为以下几点：

1. 系统地研究气象条件对农作物生长发育、产量，以及田间工作的影响，找出各种作物主要发育期所要求的农业气象条件，以便为及时采取合理措施提供依据。
2. 研究灾害性天气对作物的影响，以及预防灾害性天气的有效措施。
3. 研究田间小气候的规律性以及和农作物生长发育的关系，并制定改善农田小气候的措施。
4. 根据不同地区的农业气候特点以及各种作物所要求的气候条件，进行农业气候区划。
5. 对农业气象观测、预报、情报方法以及农业气象仪器等进行研究。

为了完成上述任务，必须在全国范围内建立农业气象站哨网，进行农业气象观测、农业气象情报和预报服务，开展农业气象试验研究工作。

三 我国农业气象工作的发展概况

我国农业生产有着悠久的历史。几千年来，劳动人民在生产斗争中积累了丰富的经验。例如：吕氏春秋中记载的二十四节气，早在秦汉时代就已完整起来。两千年来，它在我国农业生产中起着重要作用。不仅如此，而且随着农业生产的发展，还积累了丰富的农谚，例如，“麦收八、十、三场雨”（华北地区），“清明早，小满迟，谷雨种棉正当时”（山东）等，这不仅是丰富的农业生产经验，同时也包括了极有价值的农业气象知识。尽管古代我国，民间的农业气象这样发达，但是，历代统治阶级对祖国这份宝贵的科学遗产并不重视。因此，解放前，农业气象作为一门科学并没有发展起来。解放以后，在党和政府的关怀和领导下，农业气象工作才得到了迅速的建立与发展。

1953年，在我国开始建立了农业气象机构，并在生产实践中摸索经验，初步开展了一些农业气象工作，1958年召开了全国第一次农业气象工作会议，会议根据“以生产服务为纲，以农业服务为重点”的气象工作方针，提出了农业气象工作必须走群众路线，以及农业气象预报工作“四结合、过两关”的原则，推动了农业气象服务的广泛开展。1959年，

又根据当时农业气象工作中所存在的问题，提出了农业气象预报必须“目的明确，任务具体，依据充分，措施细致”的要求。这些原则和要求的精神实质，都是为了使农业气象工作走群众路线，紧密结合生产，因时、因地、因作物制宜，1961年又根据“调整、巩固、充实、提高”的八字方针和气象部门的实际情况，对农业气象工作进行了整顿，加强了管理机构和台站的领导，充实了技术力量，调整了农业气象观测、服务和试验研究项目。这种调整对61年以来我国农业气象工作的开展起了很大的作用，同时也给当前开展稳产高产、旱涝保收基本农田的气象服务和农业气候区划工作打下了一定的基础。

我们学习农业气象，首先要认清我国农业生产的这种形势和特点，很好的学习气象业务工作方针，了解气象工作和农业气象工作当前的主要任务，端正学习态度，遵循理论联系实际的学习方法。平时多下田、多动手、多观察、多记载，建立对农业生产的感情，逐步的培养和树立群众、生产和服务三大观点。只有这样才能把农业气象学得好，学得踏实、巩固，才能把所学的知識与生产实际有机地结合起来，将来更好的为农业生产服务。

目 录

緒 論

第一章 我国农业概况	1
§ 1. 我国农业生产与天气	1
§ 2. 农业八字宪法	2
第二章 作物生长发育与气象条件的关系	4
§ 1. 光与作物生长发育的关系	4
§ 2. 温度与作物生长发育的关系	6
§ 3. 降水和空气湿度与作物生长发育的关系	9
第三章 土壤水分及其与作物生长发育的关系	11
§ 1. 土壤水分的主要类型及其运动	11
§ 2. 土壤水分平衡	11
§ 3. 土壤的有效水	15
第四章 作物气象	16
§ 1. 水稻气象	16
§ 2. 小麦气象	20
§ 2. 棉花气象	24
第五章 农业上灾害性天气及其预防	28
§ 1. 霜冻、低温及其预防	28
§ 2. 干旱、干旱风及其预防	33
§ 3. 其他灾害性天气及其预防	36
第六章 农业气象服务	38
§ 1. 农业气象服务的目的、任务和基本原则	38
§ 2. 农业气象服务方法	40
一、农业气象情报方法	40
二、农业气象预报方法	52

第一章 我国农业概况

§ 1. 我国农业生产与天气

我国幅员辽阔，地形复杂，兼有热带、亚热带、温带和寒带的气候。东南部与海洋相接，空气比较潮湿，雨量较多，如华南沿海省分的年降水量高达2000毫米左右。而西北内陆地区，则空气干燥，雨量稀少，如新疆塔里木盆地有时甚至终年无雨，成为全国最干旱的地区。温度由南向北逐渐降低，如冬季华南地区气温在零上 10°C 左右，而西北和东北则在零下 20°C 左右。由于南北各地气候差异很大，因此栽培作物的种类、耕作制度和各个栽培区影响作物稳产高产的天气条件也各不相同。

一、华北农区 包括河北、河南、山西、山东四省。年平均温度 $10-16^{\circ}\text{C}$ ，年降水量为450—750毫米，无霜期为175—250天。主要作物有冬小麦、棉花、玉米、高粱等。此外，水稻、甘薯、花生、芝麻、烟草等作物也普遍栽培。一般北部地区一年一熟，南部二年三熟和一年两熟。

本地区热量、水分资源能满足作物生长发育的需要。但由于水、热条件的分布不均，常常给作物正常的生育带来了不良的影响，主要表现在如下几个方面：

1. 华北地区春季气温回升较快，但天气变化极不稳定，冷空气活动频繁，寒潮引起温度急剧下降，已恢复或开始生长的作物往往受到春霜冻的危害。例如，喜温作物棉花的苗期，禾谷类作物小麦的拔节期都有可能受到春霜冻的危害。

2. 华北地区历年来的春旱也是影响作物正常生长的严重问题，基本上是十年九旱。因为本地区冬春季降雨量少，温度上升快，风速大，因此土壤蒸发很大，墒情不足，对春播作物（如棉花）的播种、出苗和冬小麦返青后的生长极为不利。

3. 华北地区降水量过于集中，夏季往往形成水涝灾害，对农业生产有着极不利的影响。

此外，有些地区在春夏之交，可能发生冰雹，对夏收作物、棉花和果树等作物危害很大。

二、长江流域农区 包括江苏、浙江、安徽、江西、湖南、湖北和四川等省。年平均温度 $17-21^{\circ}\text{C}$ ，无霜期210—290天，年降水量500—1000毫米。主要作物有水稻、棉花、甘薯、油菜、茶、甘蔗等。一般是一年两熟或两年五熟。

本区热量资源丰富，水分充沛，无霜期较长，这都有利于作物的生长。但是春季寒潮活动频繁，温度回升的不稳定，同时雨量较多，造成低温阴雨的天气。而这个时期又是双季早稻播种季节，若对秧田管理不当，或播种期不适，就会引起水稻烂秧。

有一些省分，例如湖南、江西等，有时会发生伏旱。夏季正是作物生长的旺盛时期，这时如水分不足，会使作物的生长受到抑制，发生枯萎甚至死亡。

在长江流域和华南地区，秋季往往由于第一次寒潮的来临，形成低温和干冷风的天气，对双季晚稻的抽穗扬花和成熟亦有不利的影响。除此之外，东北、内蒙、西北、华南、西南和西藏等农区的农业生产与气象条件的关系亦很密切，也都存在一定的气象方面的问题。

§ 2. 农业八字宪法

一 农业“八字宪法”的增产意义

农业“八字宪法”是农业生产的八项措施，包括土、肥、水、种、密、保、工、管，是我国劳动人民长期生产经验的积累。在1956年党中央提出的全国农业发展纲要中，就着重指出了推行这些增产措施的重要意义。经过几年来的生产实践，1958年毛主席进一步把这八项措施系统化，形成了农业生产的“八字宪法”。所以“农业八字宪法”是党的领导、群众经验和科学研究相结合的产物。

农业八字宪法的每一项措施都具有重要的意义，也都和气象条件有一定的关系。

土 土壤是基础，是作物赖以生活和繁殖的条件，是供给作物养料和水分的基地。土壤状况决定着农作物的生长发育过程，气象因子的变化在很大程度上又影响着土壤状况，特别是土壤水、气、热状况主要决定于气象条件；如土壤温度的变化决定于太阳辐射强度；土壤湿度的高低取决于大气降水。因此，通过一些农业技术措施如中耕、镇压等，便可改变土壤状况。

肥 肥料是农作物的粮食，是增产的物质基础。农谚“有收无收在于水，收多收少在于肥”，充分说明了肥料在丰产中的重要意义。肥效的高低与气象条件有着密切的关系，有机肥和无机肥必须溶解在水中才能被作物吸收。降水可以结合施肥。此外，有机肥在温度较高的情况下，分解快，容易被作物吸收利用。因此，要看天、看地、看庄稼、看肥料进行施肥，以达到提高肥效的目的。

水 水是农业的命脉。充足的水分有利于养料的分解和更快地运输到作物体内的各个部分，以促进作物的生长发育。因此，适量的水分是保证作物丰产的前提。土壤中的水分大部分来自大气降水，但在干旱地区或季节里，只靠大气降水来补充土壤水分，就难以满足作物各发育期对水分的要求。故应该根据作物在各个时期的需要，及时地进行灌溉。灌水时间和灌水量的多少取决于当时的天气条件和作物状况。例如，华北地区春季灌水要避开大风天气，否则增墒效果不明显。一般在冬作物田上灌水量不要太多，否则会引起土壤温度下降，不利于冬小麦返青后的生长。

种 种是扩大再生产不可缺少的条件。老乡常说：“好的谷种长好苗”，这说明了良

种在生产上的重要意义。优良品种具有不易倒伏，无病无虫，抗逆性强，丰产优质等特点，同时，籽粒饱满发芽率高。实践证明，良种结合其它的增产措施，可以显著地提高作物的产量和质量。良种的引种需要考虑当地的气候条件，如果把良种栽培在不适宜的气候条件下，良种所需要的生活条件得不到满足，不但不能使良种发挥它的优良特性，起到增产的作用，而且时间久了，良种反而退化。

密 合理密植是增产的重要条件。合理密植后单位面积的株数增多，根系增加而且分布均匀，这样可以充分利用土壤中的水、肥条件。更重要的是增加了叶面积，最大限度地接受太阳能，进行光合作用。达到穗大、穗多、粒多、粒重，从而获得较高的产量。密植的程度除了考虑作物本身的特性之外，还要考虑气候条件的影响。气温低，雨量较小的地区，应该种得稀一些；气温高、雨量较多的地区，可以种密一些。合理密植虽然能够增产，但必须和别的措施配合起来，才能取得较高的增产效果。

保 保就是植物保护。要使作物在整个生长期中不受各种病虫害、鸟兽、杂草以及各种不良天气条件的危害和影响，保证作物的正常生长发育，获得丰产。

病虫害的传播以及杂草丛生等都和外界条件有着密切的关系。只有当气象条件适宜时，它们才能发生与发展，因此在防治病虫害时要考虑到当时的气象条件。例如，温和潮湿的天气条件有利于小麦锈病的发生发展，春季阴雨天气较多时，应注意小麦锈病的防治；高温干燥的天气有利于棉蚜虫的发生，若春季气温回升较快，降雨稀少时，应注意棉蚜虫的防治。

管 管就是田间管理。田间管理能保证农业“八字宪法”各项增产措施发挥最大的增产作用，是获得高产的一个重要环节。作物的不同生育期对环境条件的要求是不同的，通过田间管理可以为作物创造良好的环境条件，促进作物正常的生长发育。一般，田间管理有中耕、除草、培土、施肥和灌溉等。需要采取那一种措施要看当时的天气条件。例如，雨后可以进行中耕除草，达到保墒的目的；施肥可以结合降水天气等。

工 工是工具改革。农业“八字宪法”每一项措施的贯彻都离不开工具。进行工具改革，用高效率工具进行生产是保证增产的重要环节。

二、农业的稳产高产是农业八字宪法综合作用的结果。

农业八字宪法经过几年来的实践，不仅它的内容得到了不断的充实和提高，而且还进一步阐明了这些增产因素的内在联系和综合作用。那就是既要看到每个字的增产作用，又要看到它们之间的相互关系和对农业增产的综合作用。在农业生产实践中，必须正确地掌握作物生长发育和外界条件的这种关系，不断地改善农作物的生活条件，保证作物在整个生长期中各种生理活动的正常进行。

由上面的分析，我们可以看出，作物生长发育的基本生活因子是水、热、光、肥。对作物来说这些因子是同等重要和相互不可代替的，它们之间互相影响互相制约，变动

其中一个因子势必影响其它几个因子的变化。因此作物的生长、发育及产量是各种因子综合作用的结果。

农业气象研究还指出，在作物生活的某个时期内，对某个或几个因子的反应特别敏感，若该因子在较短的时期内不能满足，就会显著地影响到产量，这个时期称为“临界期”。小麦抽穗前 10—15 天对水分条件特别敏感，若此时水分不足，对小麦产量影响极大，该时期为小麦的水分临界期。

不同作物以及同种作物不同品种所要求的气象条件是不同的。同时，同一作物在不同的发育期中所要求的气象条件也不相同。因此，生产上必须根据作物对气象条件的具体要求，采用相应的农业技术措施，才能达到丰产的目的。

第二章 作物生长发育与气象条件的关系

§ 1. 光与作物生长发育的关系

太阳光制约着作物有机体的生命过程。它是绿色植物进行光合作用创造有机物质所必需的能量源泉。光照强度影响着光合作用的速度，从而影响着有机物质的积累；光照持续时间是植物体内质变的必要条件，不经过这种质变，植物就不能开花结实，也就不能完成发育。此外，太阳辐射使土壤和空气增温，影响着土壤温度和空气温度的变化，这对植物的生活也是很重要的。

一、作物对光能的作用

表 1 几种作物的太阳能利用系数(%)

作物	系数	作物	系数
小麦	2.68	饲用甜菜	1.91
黑麦	2.42	三叶草	2.18
燕麦	2.74	羽扇豆	4.79
马铃薯	2.38	亚麻	3.61

投射到作物叶面上的全部辐射能，只有很少的一部分被作物直接利用在光合作用上，而其他大部分转变为热能，用之于作物本身水分的蒸发上。作物对光能的这种利用通常以太阳能利用系数（或技术利用系数）来表示。

太阳能利用系数是单位面积收获干物质中的全部潜能与投射在同一面积上的太阳总能量之比。研究证明，大田作物和蔬菜的太阳能利用系数一般不超过 2—5% (表 1)。

作物的太阳能利用系数，不是固定不变的数值，随着农业生产力的发展，太阳能利用系数是不断提高的。因此，充分利用光能是增加作物产量的重要关键之一。

二、光照强度与作物生长发育的关系

作物光合作用的速度在很大程度上取决于光照强度。就一般而言，在一定范围内，在其他条件满足的情况下，随着光照强度的增加，作物光合作用的速度也随之增加，但当光照强度增加到一定程度以后，光照强度虽继续增加，光合作用的速度也不再增加了。这一光照强度称为光合作用的饱和强度。图1是中国农业科学院采用水稻农林13号分蘖前期在温度25°C时的观测结果。

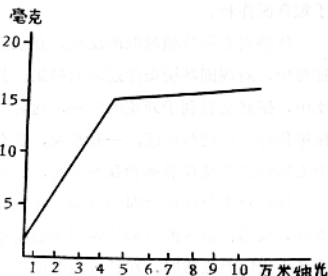


图1 光照强度与水稻光合作用的关系

可见，光照强度过高和过弱都不利于光合作用的进行，因而也不利于有机物质的积累。

光照过强会引起叶绿素的分解，使得作物因失掉绿色而死亡；同时也会使植株体内温度升高，引起灼伤以及失水过多，影响有机物质的运转。光照不足能引起禾本科作物茎秆伸长，降低了植物组织的韧度和弹性，并破坏了穗重和茎秆坚固性之间的正常比例关系，在大风和暴雨时，细长的茎秆经不住穗的重量而折断或倒伏，常常使得作物的产量遭到很大的损失。

许多研究证明，大多数栽培作物正常生长发育最适宜的光照强度都在8000—12000米烛光范围内。

各种作物对光照强度的要求是不相同的。按照对光照强度的需要量，可将植物分成喜阳植物和耐阴植物两大类。

喜阳植物 它们受到阳光照射的越多，则生长发育越好。所需光照强度一般为夏季最强光照的 $\frac{1}{2}$ ，大部分禾本科作物都属于这类植物，它们比较耐霜冻和太阳灼伤。

耐阴植物 在微弱的阳光下即可正常的生长发育，它们的光合作用速度在光照达到自然光强的 $\frac{1}{4}$ 时就不再增加了。云杉、山毛榉、冷杉等都属于这类植物。它们易受霜冻和太阳灼伤。

三 光照持续时间与作物生长发育的关系

自然条件下生长的各种作物，对光照持续时间或昼夜长短的反应是不同的。这种对光照持续时间和昼夜长短的反应称为作物的光周期现象。

根据对光照持续时间长短的反应,可将作物分成两大类:一类是要求光照持续时间较长的长日照作物。只有在日照时间超过某一时数时,这类作物才能开花结实。在白天短的情况下,则妨碍花的形成,延迟开花或开花不盛。小麦、大麦、亚麻、油菜、某些水稻品种、甜菜等都属于这类作物。第二类是要求光照时间较短的短日照作物。这类作物只有在日照时间小于某一时数时,才能开花结实。玉米、高粱、棉花、向日葵等都属于短日照作物。

作物对光照持续时间的反应,在很大程度上与其发源地有关。这是作物在长期进化过程中,对周围环境条件适应的结果。长日照作物大多数原产在高纬度地区。在这个纬度中,盛夏是有利于开花的时期,这时白昼最长。短日照作物主要是低纬度的热带和亚热带作物。在这些地区,一般来说,盛夏天气非常炎热,不利于作物的正常开花,所以南方作物通常是在春季和秋季开花,这时白昼已经较短了。

作物对光照持续时间的反应,在农业实践中,有着广泛的应用。春作改为夏作、单季改为双季、地区间引种等各项重要措施,都必须考虑作物对光照时间的要求。例如,将冬小麦向北推移时,在长日照条件下,小麦缩短了生长期,提早结实,这在很大程度上弥补了新栽培地区热量的不足。相反,短日照作物,例如棉花,就难以向北移种,在北方长日照条件下,延迟了这些作物的发育,并且较短的夏季,使它们有不能成熟的危险。

四 光谱与作物生长发育的关系

太能辐射是由可见光和不可见光组成的。叶绿素对太阳光谱有选择吸收的特性。因此,不同波长的射线对作物的生长发育有其不同的意义。

可见光 可见光是作物制造有机物质的光线。在光合作用中,叶绿素对红光利用最多,其次是蓝紫光。

紫外线 紫外线在作物光合作用中不能被利用。研究证明,它可以提高种子的发育能力和作物的抗倒伏力。

红外线 红外线也同样不能参加光合作用的过程。红外线投射到地面就转变为热能。因此,红外线对作物的影响间接地表现在热作用上。

§ 2. 温度与作物生长发育的关系

热量是农作物生活所绝对必须的外界环境因子之一。温度直接影响着作物各种生理过程,没有一定的温度强度和持续时间,作物就不能完成其生长发育。如农作物对水分、养分和二氧化碳的吸收;光合作用、呼吸作用的进行;作物蒸腾和有机物质的运转等都要在一定的温度条件下进行;作物的地区分布也与温度条件密切相关。作物在全部

生命活动过程中，如温度的变化符合于作物所要求的强度和持续时间，其生育就会顺利地进行；反之，则会受到抑制，或根本不能开始。

一 农作物生理活动的三基点温度

温度对农作物各种生理过程的影响，表现为三个主要温度界限(三基点温度)，即最高、最适和最低温度。最低温度是生命活动的起始温度，只有在高于这个温度时，生命活动才能进行。在最高温度时农作物的生命活动受到很大抑制，甚至停止。作物只有在最适温度的条件下，生命活动才能得到正常的进行。

温度对农作物生命活动的这种影响可以用一条具有三个基点的曲线表示(图2)。

作物不同，其三基点温度值不同。例如，喜温作物生长的基点温度偏高，而较耐寒作物的基点温度值则偏低(表2)。

表2 瓜类和麦类作物的三基点温度(°C)

作物	最低	最适	最高
瓜类	15.0—18.0	31.0—37.0	44.0—50.0
麦类	3.0—5.0	25.0—31.0	34.0—37.0

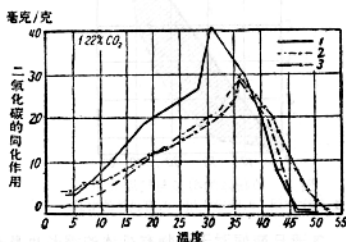


图2 马铃薯番茄和黄瓜叶片的光合作用与温度的关系

1. 马铃薯 2. 番茄 3. 黄瓜

同种作物的不同生育期或不同生理过程的基点温度亦不相同。例如，马铃薯的一个品种光合作用的最适温度是20°C，但在这个温度下，呼吸作用的强度只有光合作用强度的12%，而达到呼吸作用的最高温度时，光合作用早已停止。

二 温度对农作物生长的影响

农作物的生长或有机物质的累积是由同化和异化这两个完全相反并不断同时作用的过程组成的。同化作用不断地制造有机物质，而异化作用不断地分解有机物质。当同化作用大于异化作用时，植物便表现为生长。

在一定温度范围内，作物的生理过程随着温度的升高而加速，当温度达到最适温度后，温度再上升，生理过程作用的速度不再增加，甚至下降，而达到最高温度时，其活动即行停止。

一般作物进行同化作用的最低温度为0.0—5.0°C，最适温度为25.0—30.0°C左右，最高温度为45.0—50.0°C。呼吸作用的温度下限为-10.0°C左右，上限为50.0°C以上，最适温度为36.0—40.0°C。在同一温度下，光合作用和呼吸作用的速度不同，相互作用的

結果表現在有机物质的增长上。

一般說，溫度在 10°C 以下和 40°C 以上，同化作用所积累的有机物质与异化作用所消耗的有机物质之間的差数均小，有机物质不能得到大量的积累。当溫度为 $20.0-30.0^{\circ}\text{C}$ 时，差数最大，有机物质迅速的累积起来(图 3、图 4)。

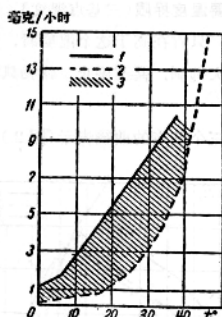


图 3 植物体的增长与气温关系
1. 同化作用 2. 呼吸作用 3. 有机体的增长

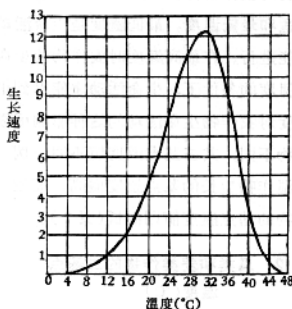


图 4 不同溫度下玉米幼苗的生长情况

气温日变幅对于作物有机体的增长也具有重要意义。白天，光合作用和呼吸作用同时进行；夜间，只进行着呼吸作用。因此，当昼夜温差超过植物所能忍受的最高和最低温度时，日变幅大有利于有机物质的累积。

三 温度对作物发育的影响

李森科院士的阶段发育理论指出了温度对作物的发育有很大影响。研究得出，一年生作物的发育至少有二个阶段即：春化阶段和光照阶段。

春化阶段 是作物个体发育的第一个阶段。通过这个阶段需要一定的温度，适当的水分，充足的养料等综合条件。但起主导作用的是温度条件，它要求一定的温度强度和持续时间。否则这个阶段不能通过，下个阶段也不能开始。

光照阶段 是作物个体发育的第二个阶段。是在作物通过春化阶段的基础上进行的。这时光照条件起着主导作用。各种作物通过此阶段要求一定的光照持续时间。

实践也已证明，在其他生活条件满足情况下，温度对于绝大多数作物的发育起着主导作用，这种主导作用是通过作物发育速度的影响表现出来的。因此，作物通过每一个发育期或整个生长期所经历时间的长短，并不是由固定的日数而决定，而是取决于温度条件。

考虑到作物发育与温度条件的关系，很早以前，人们就提出了积温学说，力图用积

溫（溫度总和）來表明某一作物在整个生长期中或一个发育时期对熱量的要求。經過實踐証明，这种假設的效果是良好的。因而积溫在农业气象服务和研究工作中得到了广泛的应用。

現在，一般采用活动积溫和有效积溫两种。为了了解有效积溫和活动积溫的意义，必須首先明确什么是生物学下限溫度、活动溫度和有效溫度。生物学下限溫度是作物在不同发育期中，生长发育的起点溫度、只有当溫度达到这个溫度值以上，作物才开始生长发育。作物某一发育期或整个生长期中高于生物学下限的溫度叫活动溫度。活动溫度与生物学下限溫度之差叫有效溫度。例如，冬小麦苗期的生物学下限溫度为 3°C ，而某天的日平均溫度为 8.5°C ，那么 8.5°C 是这一天的活动溫度，而 $8.5-3^{\circ}\text{C}=5.5^{\circ}\text{C}$ 是这一天的有效溫度。活动积溫和有效积溫是作物某一发育期或全部生长期中活动溫度和有效溫度的总和。

溫度与发育期持續日数之間的关系可用下式表示，

$$\Sigma t = A + Bn \dots\dots\dots ①$$

式中 Σt ——該时期活动积溫

A ——該时期有效积溫

B ——生物学下限溫度

n ——发育期的持續日数

由①式得，

$$n \cdot \bar{t} = A + Bn$$

$$(\bar{t}n - Bn) = A$$

$$n = \frac{A}{\bar{t} - B} \dots\dots\dots ②$$

由②式可以看出，該时期的平均溫度越高，发育期持續日数越短，发育速度越快；反之，則愈长，发育速度越慢。

§ 3. 降水和空气湿度与作物生长发育的关系

一 降水季节分配的农业效应

农业生产具有强烈的地域性和季节性。不同地区有着不同的农业生产特点，在不同季节里栽培着不同的作物，而各种作物或同一种作物的不同发育期对水分的需求量也不相同。因此，各个地区不同季节的降水对作物生长发育的作用是不一样的。現以华北地区为例，說明不同季节降水的农业效应。

春季 春季是春播作物播种、幼苗生长以及冬作物旺盛生长的时期，对水分的需求量很大。因此，春季降水量的多少关系着春播作物能否及时播种，出苗是否整齐和幼苗生

长是否苗壮以及冬作物收成好坏的问题。

但华北地区，春季降水量很少，年际变化大。大多数年分此时期的降水不能满足作物生长发育的需要。对春播作物的播种、出苗和冬小麦结实器官的形成都有一定的影响。老乡常说“春雨贵如油”、“四月逢春雨，春收有保证”，这充分说明了华北地区春雨对农业生产的重要性。但个别年分春雨过多给农业生产也带来了不利的影响，日照不足、湿度较大引起冬小麦的徒长和不正常的开花，以致空穗增多。同时这种天气有利于小麦锈病的发生与传播，对棉花前期的蹲苗也有一定的不利影响。

夏季 夏季是夏收复种和田间管理的重要时期。此时期作物生长旺盛，对水分的需求量最多。因此，夏季降水量的多少和共有有效性如何对作物正常的生育和产量高低都有很大的影响。华北地区，雨量集中在夏季，一般能满足各种作物对水分的需求量，同时，还能增加土壤深层的底墒，保证了冬小麦顺利地播种和幼苗的生长。老乡说“三伏透雨好种麦”，这充分地说明了夏季降水对小麦增产的意义。但往往由于降水过于集中，而且雨量大，会引起棉花蕾铃脱落和水稻空壳现象，甚至发生水涝灾，造成农业上的歉收。

秋季 秋季是秋收秋耕和秋播的农事季节。春播和夏播作物都已进入了生长后期，对水分的需求量日渐减少。虽华北地区秋季降水不多，一般还能够满足作物的需要。个别年分往往发生秋旱现象，这对秋收作物的产量和秋播作物的播种都有很大威胁。在底墒不足（由于夏季降水较少）的年分，秋季降水是旱地冬小麦能否及时播种和出苗的决定性条件。

冬季 华北地区冬作物已停止生长，进入了越冬时期。作物对水分的需求量很少。但冬季降雪对各作物越冬有利，当春季春暖解冻时，溶化的雪水又补充了土壤湿度，这对冬小麦返青生长，春播作物的及时播种都创造了良好的条件。

二 空气湿度与作物生长发育的关系

作物整个生长发育过程中都要求一定的空气湿度。湿度过高和过低对作物都是有害的。

空气湿度过低会强烈地增加作物的蒸腾作用，造成作物水分供应失调现象。开花期间过低的空气湿度，会引起花粉的干枯或死亡，影响授粉过程的进行，引起果树的落花落果、棉花的蕾铃脱落、粮食作物不结实粒数的增加，对产量影响很大。

过高的空气湿度会延迟作物的开花、结实和籽粒成熟，甚至引起未收获作物的籽粒发芽和变坏。湿度过高对作物授粉作用亦有不良影响，长期生长在高湿条件下的作物，茎秆细弱，茎秆含水量过大，易引起倒伏。而且，高温也是一些病菌发生、传播的良好条件，因此常常引起严重的病害。

可見，在农业生产上，通过合理密植和其他的农业技术措施，保持田间适宜的空气湿度，也是争取丰产、丰收的一个重要方面。

第三章 土壤水分及其与作物生长发育的关系

§ 1. 土壤水分的主要类型及其运动

根据水分在土壤中存在与移动的方式及其物理形态可将土壤水分分成不同的类型。但与农业生产有重要关系的有以下几种：

汽态水 扩散在土壤孔隙中的水汽就是汽态水。汽态水的一部分是从空气中进入的，一部分是由其他类型的水分转化而来的。土壤中汽态水的含量很少，但对作物和微生物的活动有利，汽态水能从水气压大的地方以扩散的方式向水气压小的地方移动，因此它在土壤水分的分配上起着重要的作用。当土壤表面温度降低到一定程度时，汽态水即凝结在土壤表面上。

吸湿水 汽态水被土粒表面吸附形成的一层水膜叫吸湿水。它的水分子排列紧密，没有流动的能力，只有在 105°C 温度下才能从土粒表面离开，所以吸湿水不能被作物利用。

毛管水 保持在土壤毛细管中的水分叫毛管水。毛管水受毛管力的作用向各方向移动。由于这种水被土粒吸附的力量很小，所以是土壤中最能被作物利用的水分。

毛管水运动在土壤中具有极大的意义。它能使地下水变成毛管水，不断上升，被作物吸收利用。

重力水 当水分高于土壤所能保持的最大水量时，多余的水分在重力的作用下沿着非毛管孔隙向下渗漏，这种水叫重力水。

重力水由于运动的速度很快，因此被作物吸收的很少。而且，当重力水长期存在时，就会形成土壤水分过多的现象，使土壤缺乏空气和养料。因此，重力水不是供给作物需要的理想水分。

§ 2. 土壤水分平衡

土壤水分在自然条件下，是不断地变化着的。这些变化基本上取决于土壤水分的收入及支出的特点和数量。土壤水分平衡是指一段时间里土壤水分的收支差额，它可以是正的，也可以是负的，也可以等于零。土壤水分平衡的收入部分有降水、毛细管上升水和

水汽凝结；支出部分有土壤蒸发、作物蒸腾、地面逕流和滲漏等。在一般情况下，某一阶段土壤水分平衡可以用下式表式：

$$W_n + \underbrace{(O + B + K)}_{\text{收入}} - \underbrace{(U_n + T + C + U_*)}_{\text{支出}} = W_{n+1}$$

式中：

W_n 为阶段初期的土壤水分貯存量；

O 为阶段内的降水；

B 为毛管上升水；

K 为水汽凝结；

U_n 为土壤蒸发；

T 为植物蒸腾；

C 为地面逕流；

U_* 为滲漏；

W_{n+1} 为阶段末期的土壤水分貯存量。

由上式可以看出，阶段初期的土壤水分貯存量加上本阶段内水分差額等于本阶段末期的土壤水分貯存量。在自然条件下土壤水分平衡的各要素不断的变化着。影响它們变化的因子也不相同。下面做簡要的分析。

1. 降水和地面逕流 降水是土壤水分的主要来源。但并不是所有的降水都能进入土壤。其中一部分从地表流走，一部分被茎叶阻挡又行蒸发了。

流入土壤中的降水量不仅决定于降水性质和降水量的多少，而且还和其他許多因子有关。如土壤透水性、土壤蓄水量、土壤湿度、植物特性以及地面状况等等。

(1) 降水量 少量的降水通常不能进入根的分布层，主要是留在作物和土壤表面，并且迅速地蒸发。降水愈多，进入土壤中的降水量亦愈多。

(2) 降水特点 在几乎同等雨量的情况下，降雨时間愈长土壤吸收的愈多，降暴雨时，大部分雨水逕流了，土壤吸收的則很少(表3)。

表 3 土壤所吸收的降水与降水性质的关系

降水前土壤水分貯存量(毫米)	降 水 量 (毫米)	土壤所吸收的水量(毫米)	降 水 性 质
62.0	5.4	1.9	降水 30 分钟
62.6	6.1	5.7	降水 6 小时

表 3 指出了降水前土壤湿度相同和降水量几乎相等情况下，由于降水性质不同，有效降水量亦有所差异。