

农业气候条件 及其指标

丘宝剑 卢其尧

测绘出版社

农业气候条件及其指标

丘宝剑 卢其尧

测绘出版社

内 容 简 介

本书论述的农业气候条件及其指标,是农业气候学研究的主要内容。全书共分四章:第一章为农业气候条件、资源、灾害及其相互关系;第二章为农业气候资源指标;第三章为农业气候灾害指标;第四章为中国农业气候条件的特征、概况、区划以及存在问题和解决途径。可供农业、气象和地理等专业的研究和教学人员,以及有关领导干部和参加农业生产的广大人员参考。

农业气候条件及其指标

丘宝剑 卢其尧

测绘出版社出版

测绘印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 6.25 字数 136 千字

1990年1月第一版·1990年1月第一次印刷

印数 001—900 册·定价 6.00 元

ISBN 7-5030-0806-5/K 108

前 言

农业气候条件及其指标是农业气候学研究的主要内容。我们从事这方面的研究已经三十多年。本书的部分内容，初稿已于60年代中完成。鉴于我国人多耕地少的问题愈来愈突出，农业气候的问题必将愈来愈多，愈来愈严重，我们决定将多年积累的资料和经验整理出来，对当前流行的一些模糊认识，提出我们的看法。例如，气候条件与气候资源，气候资源与气候灾害，热量与温度，辐射平衡、辐射差额与净辐射，寒害、冻害与冷害等，或者把它们等同起来，或者没有弄清它们之间的相互关系，我们都一一作了阐述。虽然我们的意见不一定正确，也未必能为广大同行所接受，但我们热忱地希望通过相互讨论，以求推动我国农业气候学的进一步发展。

本书第一、四章由丘宝剑执笔，第二、三章由卢其尧执笔，动笔前我们曾作过反复讨论，稿成后又进行了相互修改，最后由丘宝剑统稿。虽然前后还有一些重复，但为了阐述某一问题的完整性，这是必要的。

本书的出版，蒙中国科学院、国家计划委员会地理研究所大力支持，谨致谢意！

作者

1989年3月

目 录

第一章 农业气候条件	(1)
第一节 农业气候资源	(2)
一、太阳辐射.....	(2)
二、光照资源.....	(3)
三、热量资源.....	(4)
四、水分资源.....	(5)
五、光、温、水的配合.....	(7)
六、太阳能和风能资源.....	(7)
第二节 农业气候灾害	(8)
一、寒害与热害.....	(8)
二、旱灾与涝灾.....	(9)
三、固体降水的灾害.....	(9)
四、风灾及与其结合的灾害.....	(9)
第三节 有利和不利的农业气候条件	(10)
一、空气的好与坏.....	(10)
二、常风与静风.....	(10)
三、久阴与日灼.....	(11)
四、积雪的有无.....	(11)
五、梅雨和热带气旋雨.....	(11)
第四节 资源的利用与灾害的防御	(11)
一、趋利避害的原则.....	(11)
二、趋利避害的途径.....	(12)
第五节 农业气候指标的确定	(14)
第二章 农业气候资源指标	(17)
第一节 作物的光照指标	(17)
一、光照质量.....	(17)
二、光照时间.....	(19)
三、光照强度.....	(20)
第二节 作物的温度指标	(21)
一、三基点温度和感温性.....	(21)
二、积温.....	(24)
第三节 作物的水分指标	(33)

一、水分临界期·····	(33)
二、作物需水与蒸腾系数·····	(34)
三、农田蒸散量·····	(36)
四、土壤湿度·····	(41)
五、降水量指标·····	(42)
第四节 畜牧的气候指标·····	(44)
第三章 农业气候灾害指标 ·····	(49)
第一节 作物的寒冻害指标·····	(49)
第二节 作物的霜冻害指标·····	(52)
第三节 作物的冷害指标·····	(55)
一、北方作物的冷害指标·····	(56)
二、南方水稻的冷害指标·····	(57)
第四节 作物的热害指标·····	(60)
第五节 作物的旱灾指标·····	(61)
第六节 作物的涝灾指标·····	(63)
第七节 作物的干热风指标·····	(65)
第八节 作物的风害指标·····	(66)
第九节 作物的雹灾指标·····	(69)
第十节 畜牧的气候灾害指标·····	(69)
第四章 中国的农业气候条件 ·····	(74)
第一节 中国农业气候条件的特点·····	(74)
一、气候种类繁多·····	(74)
二、雨热同季·····	(74)
三、东半部季风强盛·····	(75)
四、亚热带得天独厚·····	(75)
五、地形气候占有重要地位·····	(76)
第二节 中国的农业气候资源·····	(77)
一、太阳年总辐射量·····	(77)
二、全年日照时数·····	(77)
三、大于或等于 10°C 积温和日数、无霜期·····	(77)
四、最冷月气温和年极低平均气温·····	(78)
五、年降水量·····	(78)
六、太阳能和风能·····	(79)
第三节 中国的农业气候灾害·····	(79)
一、旱灾·····	(80)
二、涝灾·····	(80)
三、寒害·····	(81)

四、风灾.....	(82)
五、干热风的灾害.....	(82)
六、雹灾.....	(83)
第四节 全国农业气候区划.....	(83)
一、基本思想.....	(83)
二、以划带为主的区划.....	(83)
三、以划区为主的区划.....	(88)
第五节 存在的问题和解决途径.....	(92)
一、资源的超负荷利用与进一步发掘.....	(92)
二、克服盲目性, 发扬科学性.....	(93)
三、灾害防御的治标与治本.....	(93)

第一章 农业气候条件

农业生产，不论是栽培植物还是饲养动物，都要求一定的环境条件。条件好，则投入少，产出多；相反，条件差，则投入多，产出少。如条件极差，甚至难于生产。

环境条件包括自然条件和社会条件。自然条件指气候、水文、地形、植被、动物、土壤等；社会条件指劳动力的数量、质量和组织形式，以及农业机具、动力、运输、水利、肥料等。

气候条件是自然条件中最重要、最活跃、而且最难用人大范围改变的条件。其所以最重要，是因为不仅其他自然条件，而且社会条件也受气候的影响。例如，有“河流是气候的产物”、“土壤是气候的一面镜子”等说法。各地植物和动物的分布受气候的限制，甚至人类的生活和生产，也受气候的影响。当然，社会条件和其他自然条件也对气候施加影响，但这种影响要小得多，慢得多。

说气候条件最活跃，是因为气候的地区差异和时间变化比其他自然条件大得多、快得多。在山区，气候是“南北坡，差得多”，“山高一丈，大不一样”。气候不但有昼夜、四季和年际的变化，而且还有瞬时的变化，或是上千年、上万年的变化。其他自然条件的变化不但小得多、慢得多，而且其变化往往由气候所引起。

人类是能够改善农业气候条件的，但这种改善往往规模较小，例如营造温室、风障、防护林等。其他自然条件的改变，例如劈山造田、引水灌溉、改土施肥等，规模要大一些。

气候对农业的影响是气候整体的影响，不只是它的一个或几个要素，更不只是这些要素的平均值。但是，气候是某一地区长期天气过程的综合表现，而所谓天气，是根据气象台站对气象要素的定时（一般每天3次，每次15分钟）观测得出的。这里有如下几个问题：

（1）气象台站所代表的面积有多大？它测得的天气，能否代表整个地区的天气？（2）一天3次定时观测所测得的天气，在多大程度上代表全天的天气？即使一天24次的每小时观测，甚至仪器连续自记测量，能否真实纪录下这一天的天气全过程？（3）气象要素的观测，终究不是天气整体的观测，观测结果能在多大程度上代表天气全过程？

不仅如此，对于农业气候来说，问题要复杂得多。任何农业对象，例如某一种栽培的植物或饲养的动物，对气候都有其特殊要求。虽然不是每一气候要素都同等重要，但如其需要，就有个适宜的数值，少了不行，多了也不行。换句话说，在适宜数值范围内是资源，过少或过多，就可能成为灾害，而灾害减少资源或抵销资源，是负资源。因此，农业气候条件应该包括农业气候资源和农业气候灾害两个方面，除此之外，还应该包括那些暂时还未成为资源，但对农业有利；虽不成为灾害，但对农业不利；以及对农业某一部門有利，对另一部門则不利的气候条件。只谈资源，不谈灾害，这种资源是不全面的、不可靠的。以气候资源代替气候条件，也是不恰当的。

第一节 农业气候资源

气候能为农业生产提供必要的物质和能量，使人类得以栽培植物、饲养动物，获得生活必需品，所以称为农业气候资源，其特点如下：

1. 农业气候资源是一种可再生资源。它和铁、煤、石油等矿产资源不同。矿产资源开采一点就少一点，最终必将开采完，而气候资源如利用合理，它是可以年复一年，永远利用下去的。

2. 农业气候资源的利用，必须掌握时机。探明的矿产资源，不论哪一年开采，都不会消失、不会减少；而农业气候资源则不然，当用时任人充分利用，错过时机，资源就浪费了。所以《汜胜之书》说：“凡耕之本，在于趣时”。

3. 农业气候资源的有无与丰歉，不但随时间、地点而有所不同，而且随农业对象而有所不同，随气候要素及其数值也有所不同。

4. 农业气候资源虽可永久反复利用，但如利用不当，不但浪费资源，而且引起、增多或加重灾害。

5. 农业气候资源也不能只利用而不保护。人们常常有意或无意地使气候恶化，资源减退。例如破坏森林和草原，排干湖泊和沼泽，向大气排放污染物等。长此下去，农业气候资源也将难于永久反复利用。

主要的农业气候资源如下：

一、太阳辐射

地球上的能量除了潮汐能、地热能和核能以外，其他能量几乎均来自太阳辐射。例如太阳能、风能、水力能和生物质能，以及海洋的波浪能、海流能和热梯度能等等，虽然具有不同的能量表现形式，但归根到底均来自太阳辐射。这些能量将与太阳同寿命，是取之不尽、用之不竭的可再生能源。由有机物转化而来的矿物燃料（煤、石油、天然气等），实际上也是储存下来的太阳能，但它们不属于可再生能源。

太阳以辐射的方式每秒钟向宇宙空间放射出相当于燃烧 116000 亿吨煤产生的能量。地球只能截获其中的 1/20 亿。但是，这已足够维持地球上的一切自然过程，包括所有生物的生长发育和繁衍后代^[1]。

太阳辐射是地球上大气运动的能量源泉，是天气和气候形成和变化的基础。

农业生产就是直接或间接利用太阳辐射能，把它转化为生物潜能，供人类所需。

太阳辐射的波长包括紫外线、可见光和红外线三部分。波长 < 0.38 微米的为紫外线， > 0.71 微米的为红外线，介于两者之间的为可见光。紫外线中波长 < 0.29 微米的全部被臭氧层吸收，因此，实际到达地面的紫外线是不多的，只占太阳总辐射的 4%，而可见光约占 46%，红外线约占 50%。

可见光是农作物进行光合作用，制造有机物质的能源。所谓光照资源，主要是指这部分太阳辐射的资源。

紫外线对植物有刺激和杀菌作用，能使植物的形态、颜色和品质发生变化，一般把它归入光照资源中。

红外线是产生热量，提高空气、土壤和生物体温度的主要能源，这就是热量资源。温度是植物进行生物化学反应，得以生长发育的必要环境条件。

地面的辐射收支，可用下式表示：

$$R = (S + D)(1 - \alpha) - F \quad (1.1)$$

式中， R 为辐射平衡，是到达地面的短波太阳辐射和地面长波辐射之差； S 为直接辐射， D 为散射辐射； $S + D$ 为总辐射； α 为地面反射率； F 为有效辐射，是地面向大气放出的辐射与大气向地面放出的辐射（大气逆辐射）之差。

辐射平衡又称辐射差额或净辐射。严格地说，这三者是有区别的。辐射平衡有两方面的含义：一是等式两侧始终相等，人们研究地面的辐射收支状况，应有平衡的概念；另一指辐射的收入和支出相等，即 $R = 0$ 时的状况。收入和支出不相等才有差额，收入大于支出，差额为正，这就是净辐射；支出大于收入，差额为负。在自然界，辐射收支相等的状况是短暂的，不相等的状况是经常的。以后将谈到的热量平衡和水分平衡，也有类似的含义。

在太阳总辐射中，直接辐射和散射辐射的比例，以及各自的波谱组成，随太阳高度、海拔高度和天空云量等而变化。一般说来，散射辐射比直接辐射波长较长，太阳愈高，海拔愈高，云量愈少，短波成分增多，长波成分减少；相反，太阳愈低，海拔愈低，云量愈多，短波成分减少，长波成分增多。

二、光照资源

光照资源主要指太阳辐射中波长为 0.38—0.71 微米（有的用 0.40—0.76 微米）的可见光资源。它约占太阳总辐射的 46%，是自然界中绿色植物进行光合作用、制造有机物质的有效光能来源，所以称为光合有效辐射或生理辐射。

黄秉维先生曾经提出过一个计算光合潜力的简单公式^[2]：

$$\text{光合潜力(千克/公顷)} = 0.92 \times \text{太阳总辐射(卡/平方厘米)}^{1)} \quad (1.2)$$

按此公式，光合有效辐射的能量转换效率为 6.5%，只占太阳总辐射的 2.93%。

因此，过去普遍认为光照资源随处都很丰富，不愁缺乏，在农业气候研究中，把它摆在一个很次要的地位^[8]。近年的研究证明，光照资源包括光照质量、光照时间、光照强度，对植物的生长发育是非常重要的。

可见光按波长的顺序由长到短可分红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种单色光。这七种单色光组成我们常见的白色太阳光。可见光的七种单色光，其组成比例也随太阳高度、海拔高度和天空云量等的变化而随时随地有所不同。各种植物对不同的单色光，都有其特殊要求。

1) 1 卡=4.1868 焦耳，此公式又可写作：

光合潜力(斤/亩)=0.123×太阳总辐射(卡/平方厘米)

目前对光照资源的研究还很粗略，往往只有定性的资料，而没有定量的资料；只有间接计算的资料，而没有直接观测的资料。在多数情况下，还不得不用太阳辐射或日照时数表示。

三、热量资源

热量通常指太阳辐射热量。在自然条件下，热量是生物体及其周围环境温度提高的源泉。没有一定的温度，生物体内的各种酶没有活性，化学反应不能进行，生物就不能生长发育。

温度来源于热量，热量又来源于太阳辐射。因此，一般说来，某地太阳辐射多，热量就大，温度也高；相反，太阳辐射少，热量就小，温度也低。但并不尽然。有些地方太阳辐射很多，温度却很低；有些地方太阳辐射很少，温度却很高。例如青藏高原西南部，太阳年总辐射量在 7500 兆焦/平方米以上，居全国之冠，年平均气温在 0°C 上下；而四川盆地太阳年总辐射量在 3750 兆焦/平方米以下，是全国最低值，年平均气温却在 16°C 以上，其中原因，可用公式 (1.1) 加以说明。

前已提及，太阳辐射的热量随波长而增加，波长愈长，热量愈大。直接辐射的波长比较短，散射辐射的波长比较长。青藏高原空气稀薄，云量少，年直接辐射在 5400 兆焦/平方米以上，约占总辐射的 70%，散射辐射不到 2100 兆焦/平方米，约占总辐射的 30%；而四川盆地晴天少，云量多，年直接辐射约 1450 兆焦/平方米，占总辐射的 40%，散射辐射约 2300 兆焦/平方米，占总辐射的 60%。

其次，西藏高原地面干燥，部分地方终年积雪，反射率较大，约为 40%；四川盆地地面湿润，无稳定积雪，反射率较小，约为 20%。西藏高原比四川盆地反射率约大 1 倍。

最后，西藏高原海拔高，空气稀薄，云量少，温室效应弱，年有效辐射在 2930 兆焦/平方米以上；四川盆地海拔低，空气稠密，云量多，温室效应强，年有效辐射在 1660 兆焦/平方米以下。西藏高原比四川盆地年有效辐射也约大 1 倍。

到达地面的总辐射，减去地面反射掉的那部分，再减去有效辐射，剩余下的净辐射，西藏高原和四川盆地就相差无几了，年平均都在 1660 兆焦/平方米上下。此时温度直减率（每上升 100 米温度下降约 0.6°C ）就起重要作用。西藏高原远比四川盆地高，所以温度有这样的差异。

地面的热量收支状况可用下式表示

$$R_0 = A + B + LE \quad (1.3)$$

式中， R_0 为地面获得的净辐射； A 为地面与大气间的湍流热交换； B 为地面与土壤间的热交换； LE 为蒸发耗热（ L 为蒸发潜热，约 2500 焦/克， E 为蒸发量）。

对大范围平均状况而言，夏半年由地面向土壤深层传输热量，冬半年由土壤深层向地面传输热量，全年土壤热交换 $B = 0$ 。因此，就全年来说， $R_0 = A + LE$ 。一个地区蒸发耗热量大，湍流交换热量就小；反之亦然。我国西北地区干旱，蒸发耗热量少，所以夏季太阳辐射强烈时，土壤和空气的温度很高；东南地区湿润，蒸发耗热量多，所以夏季太阳辐射最强烈时，温度也没有西北地区高。

综上所述,可见热量不就是温度,两者物理概念不同,计量单位也不同。而且,不仅太阳总辐射,甚至连地面净辐射,也常常和温度不一致。但是,由于各地的热量资料很少,难于准确测量和表达,一般仍以太阳辐射资料表示热量。太阳辐射资料直接观测的也不多,主要是间接计算得来的,不象温度资料那样观测普遍、资料易得,所以更多的情况是,用气温,特别是积温表示热量资源。此外,也还因为热量资源包括作物生长期日数、无霜冻期日数、界限温度起止期间日数等不是温度所能表示的内容,所以热量资源一词的使用,已经约定俗成,其含义不致引起误解。

应该指出,温度对作物的影响,主要是对酶的活性施加影响,因此应以作物体温来表达。作物体温的资料很少,目前只好用气温表示。作物体温和百叶箱中测得的气温有密切的关系,但这种关系有时为正,有时为负,很不稳定。作物苗期受土壤温度的影响,白天其体温比气温高得多,夜晚比气温低得多。当田间作物长到封垅时,一般说来,作物体温白天比气温高,夜晚比气温低,但也不全如此,甚至有相反的情况。作物体温上升到一定高度(例如 35°C),气温继续升高,体温并不一定跟着升高。因为作物能通过蒸腾来调节体温,如果体温继续升高,就是“发烧”了,“生病”了。

其次,积温的计算,并没有考虑到作物的最适温度和上限温度。如果积温大部分是从作物生长发育的最适温度范围内计算出来的,这种积温的有效性就比较好;如果积温包括作物生长发育的上限温度以上的温度比较多,这种积温的有效性就比较差。

四、水分资源

(一) 降水的有效性

水分资源主要指大气降水量,但对农业而言,降水是利是害;利多利少,还须视下列情况而定。

1. 降水量的年内分配情况。同样的降水量,各月分配均匀与集中某几个月,情况不同,农业的效果有很大的差别。

2. 降水量的年际变化情况。一地的降水量,常指该地多年平均的降水量,某年或季的降水量和多年平均的年或季的降水量比较,相差愈大,旱涝灾害愈多,对农业愈不利。以绝对值表示,叫降水量距平。某年或季的降水量比多年平均值多为正距平,正距平愈大,愈容易发生涝灾;比多年平均值少为负距平,负距平愈大,愈容易发生旱灾。

3. 降水集中程度。降水量不论年内分配是否均匀,也不论年际变化是否巨大,都有可能出现短时下雨很多(暴雨),以及长期间不雨(酷旱)的情况。当然,年内分配不均匀、年际变化愈大的地方,出现暴雨和酷旱的情况也愈多。暴雨或酷旱使农业遭受灾害,水分资源的有效性大为降低。

4. 降水的时机。因为春季是作物播种和幼苗生长的季节,很多树木都于此时萌发,急需雨水,所以“春雨贵如油”。而且夜雨蒸发少,细雨流失少。华北农谚有云:“麦收八、十、三场雨”,意思是说,冬小麦阴历八月播种,十月越冬、三月拔节,如此时有透雨,就有好收成。显然,地中海型气候区的夏干冬雨其降水不如东亚季风气候区的冬干夏雨那样有效,昼雨不如夜雨有效。

5. 降水的地点。如果地面坚硬倾斜, 植被很少, 降水入渗土壤的很少, 大部注入江河流走了; 或者空气干燥, 气温高, 风速大, 大部分降水蒸发掉了, 同样的降水量, 能为作物利用的很少, 这种降水的有效性就很差。

6. 降水的形式。降水以雨、雪、雹等形式下降, 不同形式的降水, 对农业有不同的作用。

因此, 两个地区尽管降水量相近, 但农业状况和自然景观可能大不一样。这种情形在世界上并不少见。

(二) 水分平衡

某一地区的水分状况如何, 不但要看它收入多少, 而且还要看它支出多少。水分收入指大气降水, 以及江河或渠道从区外流入的水, 水井从地下抽上来的水; 水分支出指从江河流失的水, 渗入地下的水, 以及土壤蒸发和植物蒸腾散失的水。就大范围、长时间来说, 河里和井里的水都是从大气降水而来的, 可以略去不计。或者说, 在没有灌溉的情况下, 作物只能利用降水量, 而降水量必须除去地表径流、土壤渗漏和土壤蒸发, 才是作物所能利用的水分。这样, 一个地区的水分收支或水分平衡, 就可用下式表示:

$$r = E + f + C \quad (1.4)$$

式中, r 为大气降水; E 为总蒸发 (土壤蒸发和植物蒸腾); f 为地表径流; C 为土壤上层的水分交换。

(三) 土壤水分

实际上, 对农作物的生长发育起决定作用的是土壤水分, 而不是大气降水。假如某一地区有从区外引来的河水, 或从区内提升的井水, 使农作物得以充分灌溉, 那么降水的多少就不那么重要了。有时降水不但无益, 反而有害。例如, 我国西北某些荒漠绿洲, 引高山雨雪水灌溉, 作物生长旺盛, 产量稳定。降雨有时引起土壤结皮、作物倒伏, 暴雨、雪暴或冰雹还可能引起灾害。当然, 区外引来的河水, 区内提升的井水是区外和过去的降水, 归根到底也还是大气降水。

(四) 作物需水量

农作物的需水量, 即农田蒸散量, 又称农田总蒸发量, 包括生态需水和生理需水两部分。所谓生态需水, 主要指棵间蒸发量, 这部分水量未参与作物的新陈代谢过程, 只是作为作物需水的生态条件而已, 又叫土壤蒸发量。所谓生理需水, 是指作物经由根系吸收, 体内运转而叶面蒸腾的水量, 又叫植物蒸腾量。

农作物吸收的水量, 只有极小一部分用于光合作用以制造有机物质, 绝大部分都蒸腾掉了。作物每合成 1 克干物质所蒸腾的水分 (克数), 称为蒸腾系数。蒸腾系数愈大, 表示制造同样的干物质耗水愈多; 蒸腾系数愈小, 耗水愈少。作物每消耗 1 千克水所制造的干物质克数, 称为蒸腾效率。蒸腾效率愈高, 表示以同样的水, 制造的干物质愈多; 蒸腾效率愈低, 制造的干物质愈少。因此, 在缺水或干旱地区, 尽可能栽种蒸腾系数小、蒸腾效率高的作物, 有着极为重要的意义。

五、光、温、水的配合

光照、温度和水分都是极为重要的农业气候资源，它们之间的互相配合情况，不但决定某地能发展什么农业，而且也决定该地有什么样的自然面貌。

可惜，在地球上，这三者相互配合很好的情况并不多见。更多的情况是，有些地方光照很好，而温度太低或水分太少，使光照资源不能充分利用；有些地方则光照强、温度高，而水分缺，使光照与温度资源都白白地浪费了；也还有些地方水分充足，而温度太低、光照太弱，使水分资源不能充分发挥作用。

因此，一个地方的农业气候资源丰富与否，不但要看光、温、水各资源的丰歉情况，而且还要看它们之间的配合情况。

六、太阳能和风能资源

(一) 太阳能资源

这里所说的太阳能，不是指农作物生长发育所利用的光能和热能，而是指各种太阳能装置所采集到的太阳能，如用于生活方面的太阳能热水器、太阳灶、太阳房(取暖)，以及用于农副产品加工的太阳能干燥器；用于栽培蔬菜，饲养禽、畜、鱼的太阳能温室等。特别是温室的利用有较大的经济效益和发展前途。

这种太阳能，主要是红外线，其次是可见光发出的，具有清洁、可以永久反复利用和分散利用的优点，但同时又具有间断性和不稳定性的缺点。昼夜、晴阴变化造成利用间断，日长变化造成利用不稳定。一般太阳辐射年总量在 5000 兆焦/平方米以上，月平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间日照时数 ≥ 6 小时的天数在 200 天以上，太阳能的利用才有较大的价值^[6]。

(二) 风能资源

风是空气的水平运动，这种运动的能量来自太阳辐射。风能也是一种清洁的，可以永久反复利用的能源，但不是处处都有风能可资利用，须视风能密度、有效风能积累小时数以及风能的季节分配状况而定。

风能密度的计算式为：

$$W = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} \rho V^3 dt \quad (1.5)$$

式中， W 为平均风能密度(瓦/平方米)； V 为 t 时刻的对应风速(米/秒)； T 为总时间(小时)； ρ 为空气密度(千克/平方米)。

风力机需在风速 > 3 米/秒时才能起动，如风速 > 20 米/秒，风力机有损坏危险，必须停止运行。在风速 3—20 米/秒之间计算的风能为有效风能，3—20 米/秒风速年积累小时数在 3000 小时以上，有效风能在 100 瓦/平方米以上，才有利用价值^[6]。

在风能丰富地区，可用很多风力机发电，就象种庄稼的田地一样，称为“风力田”。

第二节 农业气候灾害

农业气候灾害是气候反常所引起的农业灾害。就某一灾害来说，是某种天气现象对农业生产起了阻碍或破坏作用，造成损失，所以称为农业气象灾害。但这种天气的出现，在地区上和时间上有一定规律性，从长远看，是农业气候灾害。

气候灾害虽是气候要素值在资源范围外过大或过小所引起，但就农业而言，成不成灾，情况要复杂得多。例如，在干旱地区，降水既少，变率又大，但除非有灌溉水源，人们不会在那里栽种植物，自然不会有旱灾；在两极地区，气温很低，人们不会在露天栽培植物，当然也无寒害可言。因此，干旱地区干旱，两极地区寒冷，是正常现象，不会因干旱和寒冷而引起灾害。在某些亚热带地区，年降水量 1000 毫米上下，如某年降水量多至 1500 毫米，就可能发生涝灾；少至 500 毫米，就可能发生旱灾。而在某些温带地区，年降水量 500 毫米，足以获得一熟好收成。在某些热带地区，如出现 $10-15^{\circ}\text{C}$ 的低温，橡胶树等热带作物将受寒害，而这样的温度，对小麦等温带喜凉作物来说，是适宜生长的温度。

人为因素对农业气候灾害有重要作用。人类既可有意识地防避和抗御灾害，也可无意识地增多和加重灾害。例如，按农业气候区划栽种作物，兴建排灌设施，营造防护林等，均可在一定程度上防避灾害；而盲目提高复种指数和扩大耕地面积，乱砍森林，滥垦草原等，都会增多灾害。

一、寒害与热害

(一) 寒害

温度下降至适宜生长温度以下，作物可能遭受寒害。寒害分温度在 0°C 以上的冷害和 0°C 以下的冻害；而冻害又分春、秋季作物生长时期的霜（白霜和黑霜）冻害，和冬季作物休眠时期的寒冻害。

寒害的气象成因有三：（1）冷空气侵入；（2）辐射冷却；（3）蒸发降温。除此而外，其他天气现象，例如刮风、下雪、结冰等，往往加重作物的寒害。

寒害和地形密切相关。低洼地冷空气容易集积，寒害往往比高亢地频繁而严重；北坡和冷空气通道，常比南坡和避风区容易受寒。作物的行向也有一定的关系，闭风行冷空气容易停滞，寒害常比通风行严重。林边和水域旁寒害轻，林中空地寒害重。

寒害还因作物及其品种、生育期的不同而程度不同。这可能是因为它们器官结构、细胞液浓度和原生质的化学成分不一样而引起的。作物器官有利于阻止冷空气侵入，细胞液浓度高，原生质的糖类和某些有机盐多，抗寒力就强。作物经过锻炼的比不经锻炼的抗寒力强，即因其在锻炼过程中，逐步使自己的器官更适于防寒、细胞液脱水、把部分淀粉转变成糖等。

(二) 热害

温度上升至适宜生长温度以上，作物可能遭受热害。热害包括高温逼熟和日灼。热害

出现的情况比较少，因为植物能通过蒸腾适当降低体温。

二、旱灾与涝灾

（一）旱灾

旱灾是干旱造成的农业气候灾害。但干旱有大气干旱、土壤干旱和作物干旱之分。大气干旱通常指降水量比常年少；土壤干旱虽主要由大气干旱所引起，但也不尽然。土壤水分如何，不但和大气降水有关，而且也 and 灌溉水源、地下水位、地貌类型、植被状况、土壤性质等有关，某一地区某一时段降水虽偏少，如有灌溉水源，或者地下水位高，就不旱；反之，降水虽偏多，若地势陡削、植被稀疏不存水，土壤板结不渗水，土壤也可能干旱。作物干旱即生理干旱，指土壤虽有足够水分，但由于土壤温度过高或过低、氧气不足、施肥过多等原因，使作物根系吸水困难，体内水分失调而受害。因此，作物干旱不但受大气干旱和土壤干旱的影响，而且还随作物种类、种植制度、灌水和保水方法、耕作措施等而有所不同。

（二）涝灾

涝灾指涝渍造成的农业气候灾害。洪涝常因降水太多、太集中（暴雨）或持续时间太长（淫雨）所引起。有时当地虽无降水，但因上游降水太多太急，导致河流、水库泛滥或缺口，也可形成水灾。在某些低洼地区，由于地下水上升，排水不畅，或河、湖、海水侧渗、倒灌，常有涝渍为害。

三、固体降水的灾害

雹、雪、淞等固体降水，常给农、牧、林业带来灾害。

冰雹虽影响范围小，持续时间短，但多在狂风暴雨中降落，常使作物大幅度减产甚至绝产，有时还造成人畜伤亡。其危害程度，一方面和冰雹的直径、重量与硬度，降雹的范围、密度与持续时间，以及降雹时的风力、降雨强度等有关；另一方面也与不同地区、不同季节和不同的作物及其生育期有关。

雪在大风中降落，形成雪暴，常使牧区牲畜走失或冻死，积雪过厚或结冰，牲畜吃草困难，形成“白灾”；在积雪下越冬的作物，有时会因温度高，呼吸旺盛，体内养分消耗过多而生理失调，容易感染霉菌而腐烂；还可能因时融时冻所形成的雪水淹死，冰壳闷死。

雾凇和雨凇是雾、雨在物体上冻结成冰的现象，常使作物、果木和林木受压折断劈裂，造成损失。

四、风灾及与其结合的灾害

6级以上的大风，可能吹跑土壤，吹走种子，吹死幼苗，吹落花蕾和果实，使禾苗倒伏，树木折断，甚至连根拔起，摧毁农业和交通设施，甚至伤害人畜。大风和其他灾害性天气现象结合，危害更大。例如热带气旋的大风、龙卷风和暴风雨中的大风、暴雨和雷电，尘暴和沙暴中的大风、扬尘和扬沙，干热风中的大风、干旱与炎热，寒潮中的大风与严寒等。

第三节 有利和不利的农业气候条件

某些气候要素值在农业适宜范围以内可能是资源，也可能不是资源；在适宜范围以外可能是灾害，也可能不是灾害。换句话说，对农业有利的未必是资源，对农业不利的也未必是灾害。我国很早就知道其中的差别。例如，《左传》云：“僖公三年，……自十月不雨至于五月。不曰旱，不为灾也。”意思是说，长期不雨虽不利，但尚未成为旱灾。现在，国家统计局的资料，也还是受灾面积和成灾面积分别统计，受灾不一定成灾，受灾面积总比成灾面积大。此外，还有某些气候要素，虽为农业所必需，但因其太丰富，人们尚未把它当作资源；或者虽对农业有害，但因目前尚不显著，人们并未把它当作灾害。另有一些气候要素，对这一农业对象有利，可能成为资源，对另一农业对象却不利，甚至成为灾害。

一、空气的好与坏

空气是农业生产的必要环境条件，不论是栽培的植物还是饲养的动物，都不能没有空气。但空气随处皆有，一般不愁缺乏，所以目前还很少有人把它当作资源。其实，空气的流动和某些成分的变化，对农业生产的影响是很大的。

空气是各种气体的混合物，此外还有液体和固体悬浮物。这些物质随时随地都在变化，或者变好，或者变坏。例如，空气中的二氧化碳是植物进行光合作用、形成有机物质的碳素来源。在温室或大田里，中午光合作用最强而又无风时，二氧化碳可能不足，使作物生长减缓。由于煤、石油、天然气等矿物燃料的燃烧，大气中的二氧化碳日益增多，温室效应日益显著，全球气温日益升高，引起一系列的环境问题。空气中的氧来源于植物呼吸作用，因含量较多，尚无缺乏现象。但某些土壤和水体有时氧气不足，影响植物和鱼类生长。空气中的水分是大气降水的来源，其含量多少（即湿度大小）和农业密切相关。有些作物喜湿，有些作物喜干。大气中水分过少不能下雨，多了又可能下雨太多。

空气污染物，特别是其中的二氧化硫和氮氧化物增多，使环境酸化，雨水、江湖和土壤变酸，森林、鱼类和作物大量死亡，对人类健康也有影响。

二、常风与静风

大风对农业的灾害，前面已经论述过了。常风与静风对农林业的影响，至今还很少有人注意到。

在某些湖边、海岸和山谷、盆地中，有以一日为周期、昼夜方向相反的风，叫做海（湖）陆风和山谷风。这种风虽风力不大，但经常出现，是为常风。常风对树木，例如橡胶树等的生长不利，虽不死不伤，但多年树木，仍很矮很小，俗称“小老树”。但常风对风能利用是有益的。

静风或无风，有时也对作物生长不利。例如小麦在中午阳光最强时，光合作用停止，出现“午睡”现象。其原因之一，可能是空气交换不良，二氧化碳含量不足，因此农谚有云：“风和麦秀”。