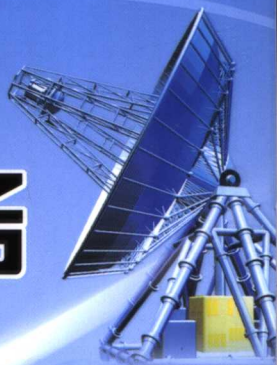


粮食安全 气象服务



LIANGSHI ANQUAN

QIXIANG FUWU



□ 宋迎波 王建林 杨霏云 等编著

气象出版社

粮食安全气象服务

宋迎波 王建林 杨霏云 等编著

气象出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

粮食安全气象服务 / 宋迎波等编著. —北京: 气象出版社, 2006. 6

ISBN 7-5029-4153-3

I. 粮... II. 宋... III. ①粮食作物—气象影响—研究②农业气象—气象服务—研究 IV. S162.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 057307 号

气象出版社出版

(北京中关村南大街 46 号 邮编: 100081)

总编室: 010-68407112 发行部: 010-62175925

网址: <http://cmp.cma.gov.cn> E-mail: qxcbs@263.net

责任编辑: 王元庆 终审: 汪勤模

封面设计: 郑翠婷 责任技编: 刘祥玉 责任校对: 蔡 宁

*

北京昌平环球印刷厂印刷

气象出版社发行

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 8.25 字数: 200 千字

2006 年 6 月第一版 2006 年 6 月第一次印刷

印数: 1—1000 定价: 25.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等, 请与本社
发行部联系调换

序

粮食安全是关系国计民生和社会政治稳定的头等大事，一直是世界各国经济发展的重要问题。粮食安全的概念在 20 世纪 70 年代中期粮食危机中由世界粮农组织（FAO）首先提出的，自提出以来一直在不断演变，但基本上可以理解为：粮食安全的最终目标是确保任何人在任何时候既能够买得到也能够买得起所需要的基本食品，具体地讲就是要确保所需要的粮食供给、稳定粮食供应，要确保所有需要粮食的人都能够获得所需的粮食。因此，粮食安全问题不但包括生产，同时也包括流通、消费和分配等各个方面，是一个经济领域范畴的复杂系统问题。但首要的问题是粮食的供给问题，也就是粮食生产问题。

我国人口众多，而耕地资源却相对较少，以不足世界十分之一的耕地解决占世界五分之一的人口吃饭问题，是我们必须要面临的挑战，因此，我国粮食安全显得更为重要，它一直是国家经济发展的首要问题。我国人均耕地不足 0.1 公顷而工业化和城市化对土地的需求又是刚性的，稍有疏忽就会占用耕地，使耕地的绝对量减少，构成对粮食生产的威胁；同时，由于蔬菜、水果种植面积的增加，也使粮食种植面积相应地有所减少；另外，过度放牧导致的土地荒漠化加剧，一定程度上也使得耕地面积在逐年

减少。

20 世纪 80 年代以来,我国粮食生产呈现出较好的发展态势,到 1998 年,全国粮食总产量达到历史最高值——51230 万吨。但是,由于种植面积的不断减少和频繁发生的自然灾害,使得我国粮食总产量在 2003 年降至 1990 年以来的最低值——43069 万吨,已不能满足社会经济对粮食的需求,我国粮食的供求矛盾再次显现出来。

粮食生产是一项非常复杂的系统工程,制约的因素很多,除农业政策、作物品种、土壤肥力、耕作技术、种植面积等社会经济因素外,天气气候条件也是影响粮食生产不稳定的重要因素。当温度、降水、光照等气象条件适宜作物生长时,粮食生产就可能获得丰收,相反,就会造成减产,2000~2003 年我国粮食持续减产的原因就与这 4 年连续干旱有很大关系。为此,我们从气象与粮食生产的关系入手,编写了《粮食安全气象服务》一书,比较详细地介绍了光照与农业生产、温度与农业生产、水分与农业生产、风与农业生产的关系;介绍了水稻、玉米、小麦、大豆以及棉花、油菜等主要农作物生长发育所需要的气象条件;介绍了节气与农业生产的关系;介绍了干旱、涝灾、低温冷害、霜冻与冻害、高温害等主要农业气象灾害以及畜牧气象灾害;介绍了小麦、玉米、水稻、大豆以及棉花、油菜等主要作物常见的病虫害。在此基础上,本着气象为国家粮食安全服务的宗旨,阐述了如何利用气象条件开展主要作物产量动态业务预报的原理方法和业务服务系统。

全书共分六章。第一章气象与农业、第二章作物与气象、第三章主要农事活动与节气、第四章主要农业气象灾害、第五章主要作物病虫害由宋迎波执笔;第六章作物产量动态气象预报的第一节由宋迎波、郑昌玲和杨霏云执笔,第二节由杨霏云、宋迎波

和郑昌玲执笔，第三节由陈晖执笔。全书由王建林组织设计与统稿。

本书比较全面地介绍了农业生产过程中所涉及到的有关气象问题，阐述了主要作物产量动态气象业务预报的技术路线和基本流程，因此，它不仅对各级气象部门从事农业气象研究和服务的同志有一定的指导作用，对各级农业管理工作、农业生产者以及相关领域的院校师生也有一定的参考作用。但是，限于作者的知识水平，书中难免有不足和错误之处，真诚欢迎广大读者批评指正。

作者

2006—03—01

目 录

序

第一章 气象与农业.....	(1)
第一节 光照与农业.....	(2)
第二节 温度与农业.....	(6)
第三节 水分与农业.....	(11)
第四节 风与农业.....	(14)
第二章 作物与气象.....	(17)
第一节 水稻与气象.....	(17)
第二节 玉米与气象.....	(26)
第三节 小麦与气象.....	(32)
第四节 棉花与气象.....	(40)
第五节 油菜与气象.....	(46)
第六节 大豆与气象.....	(51)
第三章 主要农事活动与节气.....	(57)
第一节 二十四节气与农业生产.....	(57)
第二节 杂节气与农业生产.....	(64)
第四章 主要农业气象灾害.....	(68)
第一节 干旱.....	(68)

第二节	涝灾·····	(70)
第三节	低温冷害·····	(73)
第四节	霜冻与冻害·····	(76)
第五节	高温害·····	(77)
第六节	畜牧气象灾害·····	(80)
第五章	主要作物病虫害·····	(82)
第一节	小麦主要病虫害·····	(82)
第二节	玉米主要病虫害·····	(88)
第三节	水稻主要病虫害·····	(91)
第四节	棉花主要病虫害·····	(97)
第五节	油菜主要病虫害·····	(107)
第六节	大豆主要病虫害·····	(110)
第六章	作物产量动态气象预报·····	(114)
第一节	数据资料与气象因子分析·····	(114)
第二节	原理方法与结果分析·····	(186)
第三节	作物产量动态气象预报业务系统·····	(225)
参考文献	·····	(251)

第一章

气象与农业

农业生产决定于生物本身的特性，同时也决定于气象条件等环境因素，而气象条件又是影响农业生产的诸多因素中最活跃的因素。气象条件不仅为生物提供基本的物质和能量，构成生物生长发育和产量形成的外部条件，而且光、热、水、气等气象条件的不同组合又强烈地影响着土壤、水的物理特性和状况，不同程度地影响着农业生产。

农业的最大特点之一，就是它的生产过程完全或基本上是在自然条件下进行的，在露天情况下进行农业生产，必然受到气象、土壤、地形、植被等自然条件的影响，尤其是以气象条件的影响更为突出。因为天气和气候条件在时间上的变化可使农业生产具有明显的季节性，在空间上的变化则使农业生产具有明显的地域性，从而影响各地的农业组成、布局、熟制和产量等。同时，各地的土壤类型、植被种类的差异主要与气候条件有关，不同地形对农业的影响也主要是气候上的差异问题。所以，任何地方的农业生产，都应考虑气象因素，注意利用有利的气象条件，避免和克服不利气象因子的影响。

第一节 光照与农业

太阳辐射是绿色植物通过光合作用制造有机养分的惟一能源，由于动物和许多微生物的营养依赖于绿色植物，因此，太阳辐射是一切生命的能量来源。农业生产就是在人为干预下将太阳能转化为人类可以利用的生物能的过程。太阳辐射也是地球表面的主要热量来源，在很大程度上决定着生物的生存环境。太阳辐射对农业生产的影响主要包括光照强度、光照长度和光谱成分三个方面。

一、光照强度与农业生产

地球表面的光照强度随着天气、时间与季节而变化，晴天光照强，阴天光照弱；一天之内，日出前光照最弱，正午光照最强；一年之中，夏季光照最强，冬季则较弱。此外，不同地形、不同坡向的光照强度也不一样，南坡的光照比北坡强。

光照强度与农作物生长发育和产量形成有着密切的关系，主要表现在对作物的光合作用起着重要的作用。在光合作用过程中，叶绿体利用光能，将空气中的二氧化碳和作物根部吸收来的水合成碳水化合物。光合作用的强弱，在很大程度上取决于光照的强度，在一定的光照强度范围内，光合强度随着光强的增加而增强，制造的有机物质也随之增多；反之，光强减弱，光合强度也随着减弱。

在一定的光照强度范围内，光合作用随光照强度的增加而增加，但超过了一定的光照强度以后，光合作用便保持在一定的水平不再增加了，这种现象称为光饱和现象，这个光照强度就是临界点，称为光饱和点。在光饱和点以上的光照强度对光

合作用不再起作用，超过的那部分光照，已不能为光合作用所利用，只能以热的形式释放出去。光照太强时，还会引起叶绿素的分解，使光合作用的速度和效率降低，不利于作物的生长发育。光照强度降低时，光合作用也随之降低，当作物通过光合作用制造的有机物质与呼吸作用消耗的物质相平衡时的光照强度称为光补偿点。低于光补偿点时，作物的消耗将大于积累，使作物长势极弱，甚至引起死亡。例如，在华南地区，有些年份由于春季出现长期阴雨或低温阴雨天气，光照强度极弱，早稻秧苗长期处于光补偿点以下，秧苗的叶子逐渐由绿变白，失去制造有机物质的能力，长势偏差，抗寒力大大降低，加上低温的影响，往往造成烂秧死苗。

各种植物对光照强度的要求是不相同的。根据植物的需光特点，可分为喜阳和喜阴两大类。在较强的光照条件下才能正常生长发育的植物称为喜阳植物，绝大部分农作物属于这一类，如水稻、小麦、玉米、棉花等，喜阳植物的光饱和点较高，对太阳能的利用率也较高，生产潜力较大。而在较弱的光照条件下才能正常生长发育的植物称为喜阴植物，喜阴植物虽然要求较充分的阳光，但可忍耐不同程度的荫蔽，对光照条件有较大适应性的植物有茶叶、烟草等。另外，各种作物的需光量是不一样的，水稻的光补偿点和光饱和点都比小麦要高；而对于同一种作物，由于叶片间的相互遮蔽，作物群体的光饱和点远高于单叶，光补偿点要明显大于单叶的光补偿点。

二、光照长度与农业生产

光照长度是指一个地方日出至日落之间的可能日照时数，即可照时数，简称日长或光长，以小时表示。日长是随季节和纬度的不同而变化的。在北半球，一年中以夏季光照时间较

长，夏至那一天最长；冬季光照时间较短，冬至那一天最短。夏半年日长随着纬度的提高而增加，冬半年日长则随着纬度的提高而缩短。

日长对农作物的影响主要表现在作物能否通过光照阶段，由营养生长期进入生殖生长期，从而开花结实。在不同纬度培育出来的作物，由于长期生长在不同的日长条件下，形成了要求不同日长的生物特性，因而农业上常按它们通过光照阶段时，对每天日照时间长短的要求不同，把农作物划分为长日照作物、短日照作物和中性作物。

长日照作物在日照时间较长的条件下才能开花结实，如小麦、油菜等。这类作物原产于寒带或温带地区，多为两年生，抽穗开花期在夏季。延长日照时间，可使开花期提前到来；缩短日照时间则会延迟开花期，甚至不能开花，只长茎叶。

短日照作物在日照时间较短的条件才能开花结实，如原产于热带和亚热带地区的水稻、玉米、大豆、棉花等。这类作物多为一年生，一般在秋季抽穗开花。因为秋季日照时间已明显缩短，使其形成了要求短日照的特性。缩短日照时间可使这些作物的开花期提早到来；延长日照时间则延迟开花日期的到来，甚至不能开花结实，只进行营养生长。

中性作物对日照时间反应不敏感，不论在长的或短的日照条件下都能正常抽穗开花，如水稻中的早稻品种、特早熟的大豆品种等。这类作物由于对日长的适应性强，只要其他条件适宜，在各地均可种植。

一般认为要求每天光照时间大于 12~14 小时才能开花的为长日照作物，小于这一界限的为短日照作物。在同一类型的植物和品种间，有感光性强弱之分。感光性的强弱一般有两个

标准，第一表现在植物的“临界光照长度”上，临界光照长度就是可以使植物通过光照阶段而开花结实的光照时间的临界值。对于短日照植物是指其上限值，长日照植物是指其下限值。所以，对短日照植物来说，所谓感光性强，是指其临界光照长度短，感光性弱则临界值较长；长日照植物正好相反。第二个标准是发育速度随光照时数而变化的大小。感光性强，光照时数稍有变化就对发育速率有较大的影响；感光性弱则相反。

三、太阳光谱与农业生产

可见光是农作物进行光合作用、制造有机物质的主要光源。不同的作物，因其长期生长的环境条件不同，对光谱的要求和反应也不一样。例如，水稻、小麦、玉米等谷类作物，在红、橙、黄光的长期照射下，能迅速生长发育，而且早熟。黄瓜在红、橙光的长期照射下，植株营养体小，产量低；在蓝、紫光的照射下，才能形成大量的干物质，产量高。

一天中太阳高度角不同，各种波长的光谱组成比例也不同。早晨和傍晚，太阳高度角小，阳光斜射大地，光强虽比正午小，但含红、橙光的比例大，对谷类作物的生长发育有利，因此，充分利用这两段时间的光照，对提高谷类作物的产量有积极作用。北方的玉米、高粱等比南方的长得粗壮且高产，其中一个原因就是北方纬度高，受太阳斜射的时间较长，获得红、橙光的机会较多。另外，蓝、紫光能促进水稻秧苗生长粗壮。

紫外线波长较短的部分能抑制作物的生长，还能杀死病菌孢子；波长较长的部分对作物有刺激作用，可促进种子发芽和果实的成熟，并能提高蛋白质和维生素的含量。紫外线的含量随光强

大小而变化,光线强,含量多,反之则少。高山和高原地区,以及夏季、秋季的晴天、正午前后光线强,紫外线含量较多;春季与冬季,空气潮湿、云雾多的地方和每天早晚光线弱,紫外线含量较少。

红外线对作物的萌芽和生长有刺激作用,但不能直接被作物的叶绿素吸收。因此,红外线只能使土壤、水和空气增热,为作物的生长发育提供必需的热量条件。

第二节 温度与农业

温度是植物生长发育过程中的重要环境因子之一,植物体内所进行的各种生理过程都受温度的影响。温度直接影响作物的生长、分布和产量,影响作物的发育速度,从而影响作物全生育期的长短及各发育期出现的早晚,影响光、水资源的利用和作物生产的安排,影响作物病虫害的发生和发展。

一、气温与农业生产

1. 基本温度指标

(1) 三基点温度

对于作物的每一个生命过程来说,都有三个基点温度,即最适温度、最低温度和最高温度。在最适温度下作物生长发育迅速而良好,在最低和最高温度下作物停止生长发育,但仍维持生命。当气温高于生育最高温度或低于生育最低温度,则作物开始不同程度地受到危害,直至死亡。所以在三基点温度之外,还可以确定最高与最低致死温度指标,统称为五基点温度指标。不同作物的三基点温度(或五个基点指标)是不同的,几种主要作物的三基点温度见表 1.1。

表 1.1 作物的三基点温度 (单位:℃)

作物种类	最低温度	最适温度	最高温度
小麦	3~4.5	20~22	30~32
玉米	8~10	30~32	40~44
水稻	10~12	30~32	36~38
棉花	13~15	28	35

同一作物的不同发育期及不同生物过程的三基点温度不同。如水稻秧苗生长要求温度 13~15℃ 以上, 但灌浆期要求 20℃ 以上。

三基点温度是最基本的温度指标, 在确定温度的有效性、作物的种植季节、分布区域、计算作物生长发育速度, 计算作物生产潜力等方面都有很重要的意义。

(2) 农业界限温度

农业界限温度是指具有普遍意义的、标志某些重要物候现象或农事活动的开始、终止或转折的温度。农业上常用的界限温度(用日平均气温表示)有 0℃、5℃、10℃、15℃ 和 20℃。它们的农业意义分别为:

0℃——土壤冻结和解冻; 农事活动开始或终止。冬小麦秋季停止生长和春季开始生长, 冷季牧草开始生长。0℃ 以上持续日数为农耕地。

5℃——早春作物播种; 喜凉作物开始或停止生长, 多数树木开始萌动。冷季牧草积极生长。5℃ 以上持续日数称生长期或生长季。

10℃——春季喜温作物开始播种与生长, 喜凉作物开始迅速生长。常称 10℃ 以上的持续日数为喜温作物的生长期。

15℃——喜温作物积极生长, 春季棉花、花生等进入播种

期，可开始采摘茶叶。稳定通过 15°C 的终日为冬小麦适宜播种的日期；水稻此时已停止灌浆；热带作物将停止生长。

20°C ——水稻安全抽穗、开花的指标，热带作物正常生长。

界限温度可以分析对比年代间与地区间稳定通过某界限温度日期的早晚，以比较其冷暖的早晚对作物的影响；可以分析对比稳定通过相邻两界限温度之间的间隔日数，以比较升温与降温的快慢缓急和分析对作物的利弊影响；春季到秋季稳定通过某界限温度日期之间的持续日数可作为鉴定生长季长短的标准之一。

2. 气温对农作物生长发育的影响

作物的有机物质积累过程，是作物在光合作用和呼吸作用的过程中形成和积累的。而温度对光合作用和呼吸作用都起着重要的作用。在光、水、空气和养分都不缺乏的情况下，作物的光合作用和呼吸作用是随着温度的升高而加快的，只有在超出一定范围的时候才减弱下来。由于光合作用是制造和积累有机物质的过程，因此，只有在光合作用强盛、呼吸作用较弱的情况下，有机物质的积累才比较多，作物体积和体重的增加比较快。所以，在 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的温度条件下，大多数的农作物才能进行良好的生长和发育。

气温日较差对农作物的有机物质积累速度也有明显的影响。光合作用是在白天有光照的条件下进行的；呼吸作用则在白天和晚上都进行。若白天气温较高，光照充足，光合作用强，制造的有机物质多，而且夜间气温较低，呼吸作用弱，消耗的有机物质少，则作物有机体积积累的营养物质就比较多。所以，在气温日较差大的地区，作物的产量较高，品质也较好。

作物的发育速度是在一定的生长量的基础上进行的。在具备一定生长量和完成前一发育阶段的情况下，作物的发育速度

在很大程度上受着气温的影响，气温越高，作物的发育速度越快。

3. 积温对作物生长发育的影响

积温是某一时段内逐日平均气温累积之和，它是研究作物生长发育对热量的要求和评价热量资源的一种指标，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。农业气象工作中常用的积温有活动积温和有效积温两种。

(1) 活动积温：高于作物生长下限的日平均温度为活动温度，在某时期内活动温度的总和即为活动积温。

(2) 有效积温：日平均温度与作物生长下限温度之差为有效温度，在某时期内有效温度的总和即为有效积温。

活动积温常用来估算地区的热量资源；有效积温稳定性较强，常用来表示作物生长发育对温度的要求。

在农业生产上，可以根据作物所需的积温和当地的气温变化情况，预测作物的主要发育期；也可以根据作物所需的积温和当地的热量资源情况，合理选择、安排作物的种类或品种。

二、土壤温度与农业生产

1. 土壤温度对种子发芽与出苗的影响

用土壤温度做指标来描述温度对种子发芽、出苗的影响比用气温做指标更为确切。小麦在土壤温度平均为 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 即能萌发；棉花、水稻则需 $12\sim 14^{\circ}\text{C}$ 。土壤温度的高低对出苗时间也有很大影响，当温度在 $5\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时，温度每升高 1°C ，冬小麦达到盛苗期的时间可减少1.3天。

2. 土壤温度对根系生长的影响

土壤温度与作物根系的生长关系密切，一般情况下，根系在 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ 时开始微弱生长， 10°C 以上根系生长比较活跃，土壤温度超过 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 时根系生长受阻。另外，土壤温度的高低还影响