



新型职业农民培训通用教材



气象与 农业生产

QIXIANG YU NONGYE SHENGCHAN

胡瑞延 主编

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社



气象与农业生产

QIXIANG YU NONGYE SHENGCHAN

胡瑞延 主编

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

气象与农业生产 / 胡瑞延主编. —天津: 天津科学技术出版社, 2016. 9

ISBN 978-7-5576-1768-4

I. ①气… II. ①胡… III. ①农业气象—关系—农业生产 IV. ①S16

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第220313号

责任编辑: 王 璐

责任印制: 兰 毅

天津出版传媒集团 出版
 天津科学技术出版社

出版人: 蔡 颢

天津市西康路35号 邮编300051

电话 (022) 23332399 (编辑部)

网址: www.tjkjcbbs.com.cn

新华书店经销

三河市恒彩印务有限公司

开本 710×1 000 1/16 印张 15 字数220 000

2016年9月第1版第1次印刷

定价: 32.00元

前言

农业主要是在自然条件下进行的生产活动。光、热、水、气的某种组合对某项生产有利，形成有效的农业自然资源。目前的农业十大要素有：土、肥、水、种、密、保、管、工、光、气，足以凸显出气象对于农业之重要。作为一门应用学科，农业气象学也是最重要的农业基础学科之一。

追溯古代中国的发展历程，人类从狩猎、采集过渡到种植业以后，便逐步积累气象条件对农业生产影响的知识，始终与农业文明和生产的发展同行。早在春秋时代，我国就已知用土圭测日影的办法定季节，有了春分、秋分、夏至、冬至四个节气，而后，温度表的发明推动了气象学和生物学的发展，人们开始了植物生长发育与气象条件定量关系的观察研究。随着气象观测网的建立，也逐步开展了气候与农业关系的研究。农业气象学一方面作为生态学的重要组成部分，另一方面也作为地理气候学的一个重要分支而发展起来。

农业发展占据着我国经济发展的主要方面，是最重要的基础产业，而农业十大要素每个方面都与气象息息相关。气象在农业中也一直起着防灾减灾的作用，是农业发展中的重要影响部分，利用好气象因素发展农业，对农业发展的价值方面来说也是不可估量的，如在农业生产中，与其联系紧密的阳光，土壤，空气湿度，风，气压，降水等环境因素，就需要我们在农业生产中，进行一定的观测和把控。对于气象农业的相关普及，就成了我们当前亟待解决的问题。

基于综合方面的考量，我们在借鉴和吸收了国内外众多研究成果的基础上，编写了《气象与农业生产》一书，全面综合地介绍了在农业生产中气象的影响和类型，使用性强，应用广泛，旨在使人们对气象农业生产有一个大

体的了解，对于相关专业人士，也希望能给予一定的借鉴指导作用。

第一，本书介绍了气象学与农业生产的概述，包括气象学的定义和要就范围，农业气象学和大气概述，农业的特性；

第二，本书介绍了太阳辐射与农业生产，包括节气、季节和日照时间，辐射与太阳辐射的相关讲解，以及太阳辐射与农业生产的联系；

第三，本书介绍了土壤与空气湿度，包括土壤和空气温度，温度与农业生产；

第四，本书介绍了大气水分，包括空气湿度的相关内容，水分的蒸发，大气中水汽的凝结，大气降水，水分与作物；

第五，本书介绍了气压与风，包括气压，风及其变化，大气环流和地方风，以及风与农业生产；

第六，本书介绍了天气系统，包括气团和锋，气旋与反气旋，和天气预报；

第七，本书介绍了气候与农业气候，包括气候形成的因素，气候带与气候型，我国的气候，农业气候资源的合理运用等；

第八，本书介绍了农业小气候，包括农业小气候的相关内容，农田小气候，地形小气候，设施农业小气候，以及护田林带小气候；

第九，本书介绍了气象与保农减灾，包括旱涝，霜冻，冰雹，雷电，霜冻等的气象灾害与防御。

希望大家通过阅读这本书，能够对气象与农业生产有一个全面而系统的了解，更好地将其中涉及的内容应用于农业生产中，提高农业生产效益。因编者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免出现不足之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

第一章	气象学与农业生产的概述	001
第一节	气象学的定义及研究范围	002
第二节	农业的特性	003
第三节	农业气象学的概述	005
第四节	大气的概述	009
第二章	太阳辐射与农业生产.....	015
第一节	节气、季节和日照时间	016
第二节	辐射与太阳辐射	024
第三节	到达地面的太阳辐射	032
第四节	太阳辐射与农业生产	038
第三章	土壤与空气温度.....	045
第一节	土壤温度	046
第二节	空气温度	055
第三节	温度与农业生产	063

第四章 大气水分	071
第一节 空气湿度及其变化	072
第二节 水分的蒸发	075
第三节 大气中水汽的凝结	076
第四节 大气降水	080
第五节 水分与作物	084
第五章 气压与风	087
第一节 气压及其变化	088
第二节 风及其变化	092
第三节 大气环流和地方风	096
第四节 风与农业生产	101
第六章 天气系统	103
第一节 气团和锋	104
第二节 气旋和反气旋	109
第三节 天气预报	112
第七章 气候与农业气候	115
第一节 气候形成的因素	116
第二节 气候带与气候型	122
第三节 中国气候	130
第四节 农业气候区划及农业气候资源的合理利用	134
第八章 农业小气候	139
第一节 农业小气候形成的物理基础	140

第二节	农田小气候	144
第三节	地形小气候	153
第四节	设施农业小气候	156
第五节	护田林带小气候	163
第九章	气象与保农减灾.....	167
第一节	旱涝危害及减灾	168
第二节	风灾及防御	183
第三节	冰雹、雷电危害及防御	196
第四节	霜冻危害及防御	202
第五节	寒害及防御	211
第六节	其他气象灾害及防御	220
第七节	病虫害与气象	228

第一章

气象学与农业生产的概述



第一节 气象学的定义及研究范围

气象学在为农业生产服务和解决农业生产气象问题的过程中，逐渐形成和产生了农业气象学。它是应用气象学的一个重要组成部分，也是农学类各专业的基础学科之一。



气象学定义

地球表面被一层厚厚的气体包围着，这层气体通称为地球大气，简称大气。大气中不断地进行着各种各样的物理过程，如大气的增热与冷却、水分的蒸发与凝结等，伴随着各种物理过程，大气便发生各种各样的物理现象，如冷、热、干、湿、风、霜、雨、雪、雷、电等，大气中产生的这些自然现象，简称气象。气象学就是研究大气中所发生的各种物理现象和物理过程的形成原因，时空分布和变化规律的科学。

近年来，由于空间技术的发展，气象学的研究领域已扩展到地球以外的行星和卫星大气。

用来表示大气中的物理过程、物理现象及大气状态的各种物理量统称为气象要素。主要的气象要素有气压、温度、湿度、降水、蒸发、风、云、能见度、日照、辐射以及各种天气现象。各种气象要素之间是相互联系、相互制约的，在不同的地方和时间内错综复杂地结合在一起，就表现为不同的天气和气候。

天气是指一个地区在短时间内各种气象要素的综合表现。它是短时间的、不稳定的、瞬息多变的现象。气候是指一个地区多年的大气平均统计状态。既包括多年来正常的天气情况，也包括极端的天气特征。

研究气象学的目的，在于利用有利气象条件和防御有害气象条件，为人类社会经济活动的各方面服务。



气象学的研究范围

随着科学的发展、技术的进步以及应用的需求,气象学形成了许多分支学科,主要有天气学、气候学、大气物理学、动力气象学、应用气象学、大气探测学和人工影响天气学等。

天气学是一门研究大气中各种天气现象发生发展的规律,并运用这些规律预报未来天气的学科。

气候学是研究气候的特征及其形成和变化规律,综合分析评价各地气候资源及其与人类关系的学科。

大气物理学是一门研究大气的物理现象、物理过程及其演变规律的科学,包括大气光学及辐射学、大气声学、大气电学、云雾物理学、微气象学等。

动力气象学(包括大气热力学)是一门应用物理学和流体力学定律,研究大气运动的动力过程、热力过程以及它们之间的相互关系的科学。

应用气象学是将气象学的原理、方法和成果应用于人类社会经济活动的各方面,同各专业学科相结合而形成的边缘性学科,包括农业气象学、森林气象学、水文气象学、航空气象学、海洋气象学、医疗气象学和污染气象学等。

大气探测学包括气象仪器学、卫星气象学、雷达气象学等。主要进行地面、高空和专业性气象观测。

气象学的各个分支学科不是孤立的,相互间存在着有机联系,并且在深入发展中呈现又分又合的趋势。尽管现代气象学的分支增加了很多,但大气物理学、天气学、气候学仍是气象学科的主体部分。

第二节 农业的特性

农业是指:农(糖、棉、蔬)、林(果、茶)、畜禽鱼(水产)、蚕桑、蜂蜜等的生产、加工、储藏、运输,提供人类的衣食住行所需的物质能量和信息等,是人类生存发展的源泉。



基本特性

主要是通过栽培植物获取人类所需要的粮食、油料、纤维、果菜、林木、牧草、药材、花卉等。植物在太阳光照条件下，保证水分供应，利用叶绿素进行光合作用，将太阳能转化为化学潜能。光合作用形成的初级有机物质——碳水化合物，经过植物体内复杂的生物学作用转化为淀粉、脂肪、纤维、蛋白质以及多种维生素、矿物质等，可见，农业生产的实质就是将太阳能转化为人类所需要的物质和能量。农产品是光、空气、水、温度等自然物质和能量的重要贮存库。在植物体内将太阳能转化为化学能固定在体内为第一性生产，而进一步提供畜禽饲料生产肉蛋奶等形成第二性生产。



系统性

农业生产是以农业生物、农业环境、农业技术、农业经济四大部分组成的具有一定内在联系、相互制约和促进、形成农业产业的大系统。

农业系统的基础：农业生物与农业环境组成农业生态系统，通过能量转化、物质循环、生物竞争、互补形成农业生产力。

农业技术：包括农业生物的改进与培育，使之改善农业环境，使之适应农业生产过程，进而使农业产品不断满足人类需要，不断提高生产力保护环境，以及提高生产率、经济效益、生态效益等的技术。

农业社会经济：包括农业投入、农业政策及管理、农产品经营及农业产出，是农业生产的起点与归宿。

农业生产促使人类在天—地—绿色植物—人类活动系统中和谐相处，是人与自然和谐的纽带，与其他学科门类相比农业生产是最庞大的系统。



整体性

农业生产系统生物遗传性、生产性强，理论基础较深，护航型的（植物保护）、资源型的（土壤、农业气象）、延伸型的（食品加工、农业机械）不同分支专业要求的基础不尽相同，各自发挥本身的作用，各种组合相互间

的配合协调,可形成强大的合力。通过学习“高产、稳产、优质、低耗、高效”的技术,了解产品形成的机制和潜力,掌握不同气候年间、土壤地区间的规律和差异及比较优势,促使农业不断持续发展。



特殊性

农业生产是在大自然露天工厂下进行的,中国是农业生产大国,处于世界的独特季风气候区,自然环境丰富多样,同时又灾害频繁,气候年际间(型)不尽相同,植物的种类繁多,对环境又各有所需所畏。农业生产规律的研究需要坚持不懈的努力和韧性。例如,一个优良品种的育出,从种到收都需要细致管理,几乎需要10~20年才能培育成功。一项新技术的推广需要不同气候年型的稳定期,也需要长期精细呵护,才能有好结果。培养高层次的农业人才,必需深刻认识农业的发展史,以及未来长远的需求。

第三节 农业气象学的概述



农业气象学的概念

农业气象学是研究环境气象条件与农业生产相互影响及其规律的一个边缘学科,由农业科学与大气科学交叉、渗透形成。它既是气象科学中应用气象的一个重要分支领域,又是农业科学中重要的基础学科之一。农业是对环境气象条件最为敏感和依赖性最强的产业之一。农业生产既决定于生物本身的特性,也决定于气象、土壤等环境因素。而气象条件又是影响农业生产的诸多环境因素中最活跃的因素。它不仅为生物提供基本的物质和能量,构成生物发育和产量形成的外界条件;而光、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。因此,农业气象学的形成与发展是与农业生产密切相连的,它是农业科学与气象科学相互渗透的边缘科学,是利用气象科学技术为农业生产服务,使农业生产能够充分利用有利的天气和气候条件,躲开灾害性天气的危害,促使

农业生产达到高产、稳产、优质、低耗的一门应用气象学科。

目前农业气象已由单一的学科发展出许多分支，如作物气象、农业气候、农田小气候、畜牧气象、林业气象、农业气象灾害、农业气象情报预报、农业气象仪器与监测等。



农业气象学的研究

1. 研究对象

农业气象学的研究对象一方面是研究与农业有密切关系的农业气象条件，如空气温度、空气湿度、日照、太阳辐射、风、降水、二氧化碳、土壤温度、土壤湿度、土壤蒸发、农田蒸散等；另一方面是研究受气象条件影响和制约下的有关农业生产问题及其解决途径。

2. 主要任务

农业气象学的主要任务是研究农业生产对象对气象条件的具体要求，即确定农业气象指标；研究农业气候资源的分析、区划及开发利用；研究农业小气候的利用与调节；研究农业气象灾害的发生发展规律及其防御方法；研究农业气象预报，如年成、产量、生育期、病虫害等的预报。通过上述研究，为农业生产扬长弃短、趋利避害，进一步提高产量，创造最佳生态、经济和社会效益提供依据和途径。

3. 研究方法

农业气象学研究方法应遵循平行观测的基本原则，即在进行各种气象要素观测的同时，还必须在同一地点、同一时间对作物生长发育状况进行观测，通过两方面的观测资料对比分析，确定气象条件对作物生长发育和产量的影响，从而对作物生育期间的气象条件做出正确的评价与分析，以获得各种农业气象指标。实际工作中，在平行观测的原则下，常采用以下方法进行研究：

（1）农业物候研究法

通过对作物物候期与生态环境的关系，研究农业物候规律。

（2）农业气象试验法

分期播种法：同一作物在每隔一个时段后播种一次，找出同一气象条件对不同生育期的影响以及同一生育期对不同气象条件的反应。

地理播种法：同种作物在不同地点的同一时间进行播种，在较短时间内进行平行观测，研究同种作物在不同气象条件下的生长发育情况。

人工气候试验法：利用人工控制气象条件的设施进行农业气象试验。

（3）农业气象遥感

利用遥感技术进行作物估产、草地资源监测、旱涝灾害监测等。

（4）农业气候分析法

即根据数理统计的原理，借助于现代统计工具，统计并分析多年的农业对象与气象条件的历史资料，以求得作物产量与天气、气候之间关系的方法。

（5）作物气象模拟法

指运用数学方法建立可描述作物生长发育、光合生产、器官形成、产量形成等生理生态过程与气象环境之间关系的数学模型，形成可模拟作物生产全过程的软件系统。



农业气象学的发展

农业气象学的发展可追溯到远古时代。古代文明积累了农业生产与气象条件相互关系的知识和经验。我国是一个古老的农业大国，就农业气象知识的历史而言，属我国最早。远在3000多年前，人们就认识到春夏秋冬的季节变化对农业的意义。我国几千年前的《礼记》、《诗经》等书籍中载述了月令、物候，许多史书与地方志等记录了气象灾情，《吕氏春秋》谈到农时对作物产量和品质的影响，从春秋战国至西汉已形成完整的二十四节气，成为长期指导我国农业生产的主要依据。公元前一世纪的《汜胜之书》记载了区田法和耕作保墒技术，《齐民要术》详述了防霜之法，《农政全书》倡导引种驯化……在其他文明古国，类似的有关农业与气象关系的记述也不少。

对气象变化的认识是通过系统而科学的观测获得的。早在1424年，我国明朝已开始下令各地向朝廷报告雨量，1750年瑞典建立了18个点的物候站网，1885年俄国建立了世界上第一个有12个点的农业气象站网。随着气象观测网的建立，逐步开展了气候与农业关系的研究。

1593年温度表发明并用于气象学和生物学研究之后，开始了植物生长发育与气象条件定量关系的观察研究。1753年法国的德列奥米尔提出了积温的概念；1754年俄国出版了《农业气象学》一书；1901年俄国出版了《农业

气象》期刊；1920年美国的加纳尔与阿拉德发现了光周期现象；1926年法国的德马东提出了干燥系数的指标；1927年德国的盖格尔出版了《近地面层气候》一书；1930年前苏联的谢良尼诺夫提出了水热系数，并于1937年出版了《世界农业气候手册》；1939年意大利的阿齐进行了小麦自然地理区划；1945年日本的大后美保出版了《日本作物气象的研究》；1948年美国的桑斯威特以水分平衡为基础，用热量效应和降水的有效性为指标，进行了气候分类。

与世界农业气象学发展的进程相比，新中国成立前的我国显然是脱节的，直到20世纪初，我国才开始涉及该领域的研究。1912年起，我国由当时政府举办的气象站和农业测候所开始在各地建立。1922年竺可桢发表《气象与农业之关系》，积极倡导气象为农业服务；1935年陈遵妫的《农业气象学》出版；1945年涂长望发表《农业气象之内容及其研究途径述要》，指出了农业气象研究的方向和方法，都对推动我国现代农业气象学的发展起到了积极作用。但总的说来，有关的研究工作和实际工作却进展缓慢，有组织的农业气象工作基本属于空白。

自20世纪50年代起，农业气象学在世界范围得到迅速发展。1950年3月世界气象组织（WMO）成立，下设农业气象委员会，协调与指导各国的农业气象工作。据中国气象科学研究院王春乙等论述，我国现代农业气象研究划分为3个阶段，即20世纪50-60年代初的起步阶段、70-80年代的恢复发展阶段及90年代以后的快速发展阶段。

到目前为止，农业气象学在科研工作方面取得了一些成果，包括作物资源利用潜力理论、农业气候资源与区划、作物产量预报与遥感估产和农业气象情报技术、农业气象灾害、气候变化及对农业与生态的影响及作物生态系统模拟与模式等方面。全国成立了各级专业农业气象研究、教学和服务管理机构，有组织、有计划地开展农业气象研究、教学和服务活动，培养出大批的专业人才，农业气象科技水平得到迅速提高，成为当今世界上农业气象事业较为发达的国家之一。

展望21世纪，农业气象重点研究领域和发展方向主要是气候变化影响下农业气象防灾减灾技术研究、气候资源高效利用技术研究、有关国家粮食安全关键技术研究、农业气象现代化观测技术研究、作物生态系统模拟与量化评估技术研究、设施与特色农业气象和现代生物技术的环境调控技术研究及农业气象基础理论研究等方面。

第四节 大气的概述



大气的组成和大气污染

一、大气的组成

大气是由多种气体、水滴、冰晶以及其他固体杂质混合而成的，按其成分可以概括成三类：干空气（即干洁空气）、水分和固体杂质。

1. 干空气

大气中，除水分和固体杂质以外的整个混合气体，称为干洁空气，简称干空气。干空气的主要成分是氮气、氧气和氩气，这三种气体约占大气总容积的99.97%，其余气体如二氧化碳、氦、氖、氪、氢和臭氧等的总量不足0.03%。表1-1列举了25 km以下气层干空气的成分，除二氧化碳和臭氧稍有变化外，其他气体都比较稳定。据观测，在100~120 km以下，干空气中各成分的比例基本上不变。组成干空气的各种气体的沸点都很低，在自然条件下，永无液化的可能，干空气是永久气体。

表1-1 干空气的成分（25 km高度以下）

气体种类	含量 ($V: V$) / %	临界温度/℃	沸点温度/℃
氮气 (N_2)	78.09	-147.2	-195.0
氧气 (O_2)	20.95	-118.9	-183.1
氩气 (Ar)	0.93	-122.0	-185.6
二氧化碳 (CO_2)	0.03	31.0	-78.2
臭氧 (O_3)	1.0×10^{-6}	-5.0	-111.1
干空气	100	-140.7	-193.0

干空气中对人类活动影响较大的为氮、氧、二氧化碳和臭氧，其作用简述如下：

（1）氮气 氮是大气中含量最多的气体，是地球上生命的基本成分，以蛋白质的形式存在于有机体中。大气中的氮，植物不能直接吸收，但豆科植物可借助根瘤菌的作用固定氮；闪电能将大气中的氮、氧结合成氮的氧化