



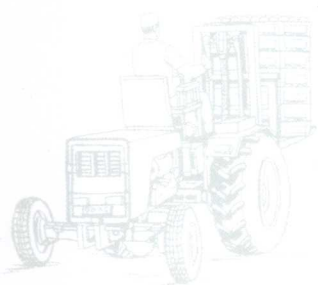
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

农业气象



姚运生 主编

刘子英 王艳玲 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

要對客內

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

农业气象

姚运生 主 编

刘子英 王艳玲 副主编

第1版 (CIP) 目次表

1. 绪论 1.1 农业气象学的定义 1.2 农业气象学的发展 1.3 农业气象学的作用

1.4 农业气象学的任务

1.5 农业气象学的研究方法

2. 农业气象学的基本概念 2.1 农业气象学的基本概念 2.2 农业气象学的基本术语

2.3 农业气象学的基本原理

3. 农业气象学的基本原理 3.1 农业气象学的基本原理 3.2 农业气象学的基本原理

4. 农业气象学的基本原理 4.1 农业气象学的基本原理 4.2 农业气象学的基本原理

5. 农业气象学的基本原理 5.1 农业气象学的基本原理 5.2 农业气象学的基本原理

6. 农业气象学的基本原理 6.1 农业气象学的基本原理 6.2 农业气象学的基本原理

7. 农业气象学的基本原理 7.1 农业气象学的基本原理 7.2 农业气象学的基本原理

8. 农业气象学的基本原理 8.1 农业气象学的基本原理 8.2 农业气象学的基本原理

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书注重学生实践能力的培养,精简了比较抽象、与实践应用距离稍远的理论知识。主要内容包括太阳辐射与农业、土壤温度与空气温度、大气中的水分、气压与风、天气系统和天气过程、气候与农业气候、农业小气候及气象实训指导等。

为丰富教学手段,提高教学效果,本书配套开发了教学课件。内容包括气象观测、仪器原理、天气系统等,以多媒体的方式展示现实场景,弥补传统教学方法的不足。

本书可作为高职高专院校、本科院校二级学院、成人教育、五年制高职农林牧渔类专业学生用书,也可供相关行业人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

农业气象 / 姚运生主编. —北京:高等教育出版社,

2009.5

ISBN 978 - 7 - 04 - 026520 - 0

I. 农… II. 姚… III. 农业气象 - 高等学校 - 教材

IV. S16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 039001 号

策划编辑	张庆波	责任编辑	孟 丽	封面设计	赵 阳	责任绘图	尹 莉
版式设计	余 杨	责任校对	姜国萍	责任印制	韩 刚		

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 廊坊市文峰档案印务有限公司

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 11.25

字 数 270 000

购书热线 010 - 58581118

免费咨询 400 - 810 - 0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landrace.com>

<http://www.landrace.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009 年 5 月第 1 版

印 次 2009 年 5 月第 1 次印刷

定 价 21.00 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26520 - 00

前言

农业气象是高职高专农林牧渔类专业的基础课,主要讲述与农业生产密切相关的辐射、温度、水分、气压与风、天气与灾害天气、气候与小气候等方面的基本理论、基础知识,及其在农业生产上的应用和研究方法。

本书根据高职高专教育的需求,按照工学结合的原则编写,注重学生实践动手能力的培养。对于理论比较抽象、与实践应用距离稍远的内容做了适当精简。附于章后的实训指导是编者根据多年的教学日程安排的,使用时任课教师可根据教学习惯和实际情况调整。每章后附有思考题供学生复习参考。

随着电子信息技术的发展,基于多媒体的教学方法显示出独特的优越性。与本书配套的多媒体辅助教学课件,以丰富的多媒体素材展现千变万化的大气现象,用动画模拟、演示气象观测仪器的工作原理和抽象的气象要素变化过程,对传统教学手段是个很好的补充。在教学中根据需要选择使用这部分课件可以活跃课堂气氛,激发学生学习兴趣。

本书编写分工如下:吉林农业科技学院奚广生编写绪论,姚运生编写第一至三章,王艳玲、程哲编写所有的实训指导;河北工程学院农学院孟艳玲编写第四章,刘子英编写第五至七章。配套的多媒体教学课件由姚运生开发。

吉林农业大学姚卫丽教授和沈阳农业大学刘江博士在百忙之中对教材进行了审定,并提出许多宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢。

教材和多媒体课件借鉴了一些图书和网络的优秀资料和图片。编者尽量在参考文献中列出,但仍不全面。由于时间和地域的原因,未能与作者取得联系,在此向作者深表感谢,对未能取得联系表示歉意,希望得到作者的支持和理解。如本书引用了您的作品,欢迎您与主编联系并商讨作品引用事宜,主编信箱:yaoyys@sohu.com。

由于编者水平有限,书中难免存在不少缺点和错误,敬请广大读者提出宝贵意见,以便今后修改和补充。

编者

2009年2月

三、大气降水	70	二、天气预报方法	108
第四节 水分与农业	72	第三节 我国主要的农业灾害	
一、空气湿度与作物	72	天气	108
二、降水与作物	73	一、低温灾害	109
三、作物水分临界期和关键期	73	二、旱涝灾害	115
四、土壤水分状况及其与作物的		三、干热风	118
关系	74	四、梅雨	119
五、水分利用率及其提高途径	75	五、台风	120
实训三 空气湿度观测	76	六、冰雹	121
实训四 降水量和蒸发量观测	78	七、沙尘暴	122
第四章 气压与风	82	第六章 气候与农业气候	124
第一节 气压和气压场	82	第一节 气候形成的因素	124
一、气压的概念	82	一、太阳辐射	124
二、气压随高度的变化	82	二、大气环流	125
三、气压场	83	三、下垫面性质	126
第二节 空气的水平运动	85	四、人类活动	127
一、作用于运动空气的力	85	第二节 气候带和气候型	128
二、自由大气中空气的水平运动	87	一、气候带	128
三、摩擦层中的风	88	二、气候型	130
第三节 大气环流	89	第三节 中国气候	134
一、大气环流形成的基本因子	89	一、影响中国气候的地理因素	134
二、地表性质的作用	91	二、中国气候的基本特征	134
第四节 风与农业	94	第四节 农业气候区划及农业气候	
一、风可以调节农田小气候	94	资源的合理利用	136
二、风能传播花粉、种子	94	一、中国农业气候区划	136
三、风对农业的危害	94	二、农业气候资源的合理利用	138
实训五 气压和风的观测	95	实训六 农业气候资料的统计与	
第五章 天气系统和天气过程	100	分析	139
第一节 主要的天气系统和天气		第七章 农业小气候	146
特征	100	第一节 农业小气候形成的物理	
一、气团	100	基础	146
二、锋	102	一、作用面和作用层	146
三、气旋	105	二、作用面的辐射差额	147
四、反气旋	106	三、作用面的热量平衡	147
五、影响我国的主要天气系统		四、作用面的乱流交换	148
——暖高压	106	五、作用面的水分平衡	148
第二节 天气预报简介	107	第二节 农田小气候	149
一、天气预报的种类	107	一、农田小气候的特征	149

二、农田耕作与栽培措施的小气候 效应	151	一、林带的防风效应	163
第三节 地形小气候	155	二、林带对田间温度、湿度的 改善	163
一、坡地小气候	155	三、护田林带的防干热风作用 ...	164
二、谷地小气候	157	实训七 农业小气候观测	164
第四节 设施农业小气候	157	附表 1 日照时数表	168
一、地膜覆盖小气候	158	附表 2 太阳赤纬	169
二、塑料大棚小气候	160	附表 3 空气相对湿度查算表	170
三、日光温室小气候	162	主要参考书目	171
第五节 护田林带小气候	163		

概述

第一节 农业气象的基本概念

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。

一、气象学的概念及其研究领域

(一) 气象学的概念

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发生和出现了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,简称为气象。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学科。

近年来,由于空间技术的发展,其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,在于利用有利的气象条件和防御有害的气象条件,为人类社会经济活动的各方面服务。

(二) 气象学的研究对象及主要分支学科

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、大气探测学以及人工影响天气学等。

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学科,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相互关系的学科。

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、医疗气象学以及污染气象学等。

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,而是相互间存在有机联系,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。

二、农业气象学的概念、任务和研究方法

(一) 农业气象学的概念

农业气象学就是研究气象条件与农业生产相互关系及相互作用规律的一门学科,它是广义农学(含农、林、牧、渔、农经等)与气象学之间相互渗透的交叉学科。气象要素中和农业生产密切相关的要素称为农业气象要素,重要的农业气象要素有辐射、温度、降水、湿度和风等,它们是影响农业生产的诸多环境因素,是最活跃的因素。它们既为生物提供了基本的物质和能量,也是构成生物生育和产量形成的外界条件。所以农业气象学的研究对象包括两个方面,一是研究与农业生产有关的气象条件的发生、变化和分布规律,二是研究受气象条件影响和制约的有关农业问题及其解决途径。

(二) 农业气象学的任务

农业气象学的形成与发展是与农业生产密切相关的,它一方面研究农业生产对气象条件的要求和反应,研究气象条件对农业生产的影响,另一方面也研究农业对气象条件的影响,从而不断地揭示和解决农业生产中存在的气象问题,以保障农业丰产、稳产、低耗、优质,谋求农业的持续发展。主要任务有以下几个方面:

1. 农业气象基础理论的研究

重点研究农业生物生育及产量形成的农业气象理论、农业气候资源生产潜力的理论、农业小气候的调控理论、农业气象系统中物质传输与能量转化过程及其模式。

2. 农业气象情报和预报

农业气象情报包括农业气象灾害的情报和雨情、墒情、农情等情报。农业气象预报包括农用天气预报、农业气象灾害预报,作物发育期预报以及产量预报等。目前可根据资源卫星获取的作物生长状况及气象条件等资料估计大范围的某作物的产量。

3. 农业气候资源的开发利用与保护

光、热、水、气是重要的农业气候资源。由于各地农业气候资源分布并不均衡,且具有显著的季节与年际变化的特点,因此,人们应从合理开发、利用与保护的观点出发,分析和说明一个地区农业气候资源的变化特点,为因地、因时制宜地确定生产的类型、结构,改善种植制度,调整作物布局、引种和搭配品种以及荒地的开发利用等提供科学依据。

4. 农业小气候的利用与调节

包括农田小气候、地形小气候、森林小气候、水域小气候、畜舍小气候以及各种人工影响措施

的小气候效应研究,为农业小气候的调节与改良提供依据与措施。

5. 农业气象灾害规律的掌握及灾害防御

探讨各种农业气象灾害对农业生产对象的危害时期、危害指标与机制、危害规律以及各种防御措施的气象效应与经济效益。

6. 农业气象监测

包括仪器的研制、站网设置和观测监测方法,是发展农业气象事业的基础工作。

未来气候变化对农业的影响是当今世界关注的问题,由于大气中 CO_2 等温室气体的增加,引起了全球性气候变暖,这对农业的影响最为直接和深远。因此,研究气候变化对我国农业尤其是气候资源开发利用的影响与制定相关的基本对策也应是农业气象学的任务。

从以上农业气象任务可以看出,农业气象学是一门应用性很强的学科,为国民经济服务(主要是为农业服务)是它的宗旨,生态效益、经济效益与社会效益是衡量其成绩的主要指标。

(三) 农业气象学的研究方法和研究内容

因为农业气象学的研究对象既有气象条件又有农业对象,所以其研究方法也必须从这两个方面考虑。在研究时,要求遵循平行观测(也称联合观测)的原则,即在进行各项气象要素观测的同时,也进行农作物生长、发育状况、农业气象灾害的观测及田间管理工作的记载等。通过对平行观测资料的对照分析,就能确定天气、气候对农作物生长发育、产量和品质的影响规律,可对生长期间的农业气象条件作出正确的评价。

为了在较短的时间内取得研究、分析时所需的资料,在平行观测的普遍原则指导下,经常采用下列具体方法:

1. 分期播种法

在同一地方,每隔 5 d 或 10 d 播种同一种作物,根据研究任务,可播 5~10 期,最少不少于 3 期。这样,在一年内就可获得各种不同气象条件对该作物生长发育影响的资料,进而经过分析即可得出该作物在各发育期对气象条件要求的数量指标。

2. 地理播种法

在气候条件不同的若干地点上,选择土壤条件尽可能相同的地段,采用相同的农业技术措施,于各地最适宜的播期,播种同一品种作物,并按照统一计划进行平行观测,这样就可在一年获得同一品种在若干不同气候条件下的生长发育资料,达到缩短研究年限的目的。

3. 地理分期播种法

该法是将地理播种和分期播种结合起来的一种试验方法。它兼有地理播种法和分期播种法的优点,并弥补了单纯地理播种法很难取得地形、土壤、栽培技术完全一致与分期播种只在一个点上进行试验的不足,是一种比较完善的田间试验方法。20 世纪 70 年代末至 80 年代初,全国杂交稻气象科研协作组在南方 13 省(市、自治区)的 17 个点上进行的“杂交水稻气候适应性的研究”,是应用地理分期播种法获得满意结果的一例。

4. 地理移置法或小气候栽种法

常用来研究作物生长发育与气象因子的关系。方法是,先将要研究的作物栽种在条件相同的地段上,待其长到一定的发育期,就将它们移到地形、方位及其他条件不同的几个地段上。选来移栽的地段应当相距较近、大气候背景相同,但在同一时间,在这些地段上,所要研究的气象因子,例如近地面最低气温和土温的强度及持续时间,都有显著差异。这样,在所有地段进行平行

观测后,就能够在较短时间内,得出不同强度的低温对所研究作物的影响。在确定某些作物越冬性的农业气候指标时,经常应用这个方法。

5. 人工气候实验法

这是一种采用人工控制气象条件的试验方法。可采用人工气候室或人工气候箱模拟各种气象条件,以满足作物生长发育的需要,得出作物要求的定量指标;也可模拟极端气象条件对作物生长发育和产量品质的影响,研究防御的气象效应;还可探索在自然情况下得不到的最优气候条件。

6. 气候分析法

把所需的农业资料与气象部门的气象观测资料进行统计分析,求得作物产量或品质与天气和气候之间的关系。

对于具体的研究项目,要根据研究目的、任务、要求的精确度和期限等确定采用的方法。随着科学技术的进步,新的研究方法和手段在不断涌现,比如农业气象学的观测手段就正向自动化、遥测和精确化方向发展。作物气象条件研究方法上的突出特点是开展数值模拟和模型试验。在农业气候方面,应用了现代数学方法,使农业气候区划工作更加客观化、定量化,综合性也比过去显著加强了。

三、农业气象学发展简史

(一) 中国古代的农业气象成就

我国古代农业气象处于世界领先地位。早在公元前 26 世纪的《尚书·尧典》中就有帝尧让羲氏与和氏掌四时之官,观天象,授农时的记载。

我国战国时期的《诗经》和《礼记》等典籍中记载有农事和物候的知识。《吕氏春秋》论述了“凡农之道,候之为宝”。《逸周记》记载了七十二候及相应的候现象;《淮南子》中更有完整的二十四节气与农事活动的记载。《汜胜之书》强调了“凡耕之本,在于趣时”。南北朝时,贾思勰在《齐民要术》一书中提出了“顺天时,量地利,用力少而成功多,任情反道,劳而无获”的观点,揭示了天气与农业的关系。《农政全书》中倡导引种驯化的观点。其他史书、地方志等还记载了各地旱涝灾害。这些早期的农业气象经验与知识,对古代农业的发展起到了重要作用。

(二) 近代农业气象科技的发展

近代农业气象学始于 19 世纪后半叶,国外一直处于领先地位。1881 年美国讨论了一些果树和小麦生长期间的气象条件。1854 年俄国学者出版了《农业气象学》一书。1884 年 A·И·沃耶科夫(俄国)制订了第一个农业气象观测计划。1897 年 П·И·伯罗乌诺夫创立了对作物和气象进行平行观测的研究方法,研究了一些主要作物不同生长发育阶段所要求的气象要素值。到 20 世纪初期,欧美一些国家和日本先后成立了农业气象机构,开始组织农业气象观测网站,积累观测资料。1927 年,德国的盖格尔出版了《近地层气候》一书。1945 年,日本大后美保出版了《日本作物气象的研究》。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。1922 年,竺可桢在《科学》第 7 卷第 9 期上发表《气象与农业之关系》一文,倡导农业气象学,成为中国农业气象学的奠基人。我国气象学家 1928 年开始筹建气象观测网。

第三)中国现代农业气象学的发展 我国农业气象事业自新中国成立以来,在科研、服务与教育等方面均取得了很大的成绩,在农业生产中发挥了重要作用,在国际上也享有一定的声誉。它的发展大致分为以下几个阶段。

1. 农业气象工作创建时期(1958 年以前)

1953 年建立了全国第一个农业气象机构,1956 年中央气象局设立了农业气象业务单位并开展了农业气象服务。同年全国第一个农业气象专业也于北京农业大学成立。这期间吕炯《作物引种和农业气象》(1957)、《橡胶幼树和寒害问题》(1957),马世骏《昆虫活动与气象》(1957)等论著都较早提出了我国的一些重要农业气象问题。

2. 发展—调整—稳步发展—停滞时期(1959—1976 年)

1959—1961 年国内农业气象网站扩大,农业气象教育事业迅速发展。广大台站大力开展农业气象服务工作。科研领域扩大,开始研究熟制、间套作、产量、病虫害等方面的问题和一些作物的农业气候区划。这期间竺可桢的《论我国气候的几个特点与粮食生产关系》(1964),黄秉维的“发展农业生产的途径与农业自然条件的研究”(1964、1965)以及殷宏章的“小麦群体结构与光能利用”(1959)等论著对我国以后结合实际开展农业气象研究有着重要指导作用。1967—1976 年农业气象处于停滞时期。

1977 年后的新的发展时期 此间农业气象事业又开始走上迅速而稳步发展的阶段。至 1982 年全国有 900 多个台站开展各种农业气象情报、预报服务。科研领域拓宽,国际交流大增,卫星遥感、计算机等高新技术普遍在农业气象研究与服务中的应用,有力地推动了农业气象工作的深入发展。这期间的农业气象研究与农业生产上的问题结合更为紧密,涉及农业气象、气候或生态问题;农业气候资源与区划;黄淮农业开发;北方旱区农业开发;亚热带山区农业发展;多熟种植;水稻和杂交稻;热带作物;东北冷害、柑橘冻害、冬小麦冻害、植胶区寒害,北方小麦干热风;病虫害;产量预报;小麦遥感综合测产网络以及模拟、模式技术的研制开发与应用等等;大多取得了较好的生态、经济和社会效益。20 世纪 90 年代以来,我国各地纷纷设立加密地面自动气象站,站点密度比 80 年代多了数倍,数据时间间隔缩短,这必将大大促进农业气象的研究工作。随着农业生产水平的提高,高新技术和手段的不断应用,农业气象学对我国农业的发展起到越来越大的作用。

第二节 大气的组成及垂直结构

一、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、

氫、氦、氬和臭氧等的总量不足 0.03%。表 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 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 干空气的成分(25 km 高度以下)

气体种类	含量/容积%	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
干洁空气	100	-140.7	-193.0

干空气中对人类活动影响较大的为氮气、氧气、二氧化碳和臭氧,其作用简述如下:

(1) 氮气 氮气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、氧结合成氮的氧化物,随降水进入土壤,被植物吸收、利用。

(2) 氧气 氧气是干空气中次多的气体,它不但是维持人类及动物生命极为重要的气体,并且还决定着有机物质的燃烧、腐败及分解过程。

(3) 臭氧 大气中的臭氧是氧气分子在太阳紫外辐射的作用下分解成氧原子($O_2 \rightarrow O + O$),然后又和氧分子化合而成($O_2 + O \rightarrow O_3$)。在近地面空气层中,臭氧含量很少,自 5 ~ 10 km 高度,含量开始增加,在 20 ~ 25 km 处达最大浓度,形成明显的臭氧层,至 55km 逐渐消失。大气中臭氧含量虽很少,按容积算只有百万分之一,但它能强烈吸收紫外线,由于紫外线对人类和动植物有杀伤作用,因此,臭氧的存在,对地球上有机体的生存起了保护作用。另外,臭氧层因吸收紫外线而引起的增暖,可影响大气温度的垂直分布。

近年来,科学家发现,由于制冷剂——氯氟化碳的使用,高空臭氧层有不断减少的趋势,在南极和北极上空出现了“臭氧空洞”,这对地球上的生命是一种威胁,已引起人们的极大关注,保护臭氧层是全人类共同的义务。

(4) 二氧化碳 大气中二氧化碳来源于海洋及陆地上有机物的腐烂、分解,动植物的呼吸作用及石油、煤等矿物质的燃烧。由于这些作用都发生在大气层的底层,因此二氧化碳多集中于大气底部 20 km 的气层内,在低层大气中的含量,随时间和地点而不同,其变化与二氧化碳的产生及消耗(主要是绿色植物的光合作用)有关,一般夏季含量少,冬季多;白天少,夜间多;农村少,城市、工矿区多。在大工业城市,含量可达 0.05% 以上,随工业化进程的加快,排放到大气中的二氧化碳越来越多,使大气中二氧化碳浓度日趋升高。据观测,大气中二氧化碳浓度 1800 年为 260 ~ 285 $\mu\text{L/L}$,1984 年上升到 345 $\mu\text{L/L}$,目前已达到 350 $\mu\text{L/L}$ 。

二氧化碳是植物进行光合作用制造有机物质不可缺少的原料,大气中现有的含量,对作物高产要求是不够的,很多研究指出,增加空气中二氧化碳浓度,能提高农作物产量,但在目前技术水

平下,要保持农田上较高的二氧化碳浓度是困难的。二氧化碳能强烈吸收和放射长波辐射,使之不能射出大气层以外。如果大气中二氧化碳含量不断增加,将会引起低层大气变暖,使全球气候发生明显的变化,这一问题,已引起全人类的重视。

2. 水分 水分是大气中唯一可以发生相变的成分,以水汽、水滴和冰晶三种相态存在,主要集中在低层大气,随高度升高很快减少,在1.5~2 km高度上,空气中水分含量减少为地面的1/2,到5 km高度,已减少为地面的1/10。大气中水分含量随时间、地点而不同,按容积计算,其变化范围为0%~4%;沙漠或寒冷干燥的陆面上,其含量几乎接近于零;在热带洋面上空,水分含量可高达4%。

水分从海洋和陆地表面蒸发出来进入大气,通过空气的垂直运动和水平运动被带到高空和遥远的地方,在高空凝结成云,以降水形式返回地面和海洋。大气中的水分含量虽不多,按容积算还不足0.5%,但它却是天气变化的一个重要角色,大气中的各种凝结物,如云、雾、雨、雪等都是由于水分的相态变化而产生的,水汽、液态水滴和固态的冰晶在不断地相互转换,转换过程中伴随着潜热的吸收和释放,不仅引起大气湿度的变化,同时也能引起热量的转移。

大气中的水分尤其是水滴或冰晶构成的云,和二氧化碳一样,能强烈吸收地面放出的长波辐射,云还能反射和吸收太阳辐射,所以,大气中水分的存在对地面和空气温度有很大的影响。

3. 固体杂质 大气中除含有上述气体成分和水分外,还含有一些固态的杂质微粒,其中无机物杂质包括燃烧产生的烟粒、被风卷起的尘土微粒、海洋中浪花溅起在空中的水分蒸发后留下的盐粒、火山爆发后进入大气的火山灰、流星燃烧后的灰烬,还有一些有机物杂质,如植物的花粉、孢子、微生物等。

杂质微粒的直径很小,大的不超过几十微米,多集中于大气底层,含量随时间、地点和高度而异,通常城市多于农村、陆地多于海洋、冬季多于夏季,随高度的增加而迅速减少。它的存在可使大气能见度变坏,但它能充当水汽凝结核,对云、雨的形成起着重要作用,这些微粒还能吸收一部分太阳辐射和阻挡地面放热,对地面和空气温度也有一定的影响。

(二) 大气污染

由于自然过程和人类活动的结果,直接或间接地把大气正常成分之外的一些物质和能量输入大气中,其数量和强度超出了大气的净化能力,以致造成伤害生物、影响人类健康的现象称为大气污染。大气污染物种类很多,已经造成危害并受到人们重视的就有100多种,其中影响范围广、对人类造成较大威胁的被列入大气卫生质量标准的污染物,基本上可分为两大类:

第一类为固体或液体的微粒,通称为气溶胶粒子(颗粒物),如烟尘土、粉尘、含酸雾滴等。直径在10 μm 以上的粉尘称落尘,直径在10 μm 以下的称为飘尘。

第二类是气态化合物,通称为化学污染物。如能引起氧化危害的臭氧、过氧乙酰硝酸酯类、二氧化氮、氯等,能引起还原危害的二氧化硫、硫化氢、一氧化碳等,能引起碱性危害的氨以及能引起酸性危害的二氧化硫等物质。

大气污染由3个环节组成,即空气污染物由污染源排出,经过大气的运送扩散,到达污染对象。污染过程的每个环节都受到气象条件的制约。

自然界污染物进入到大气中,要受风速影响,一定大小的尘埃必须要有一定大小的风速才能移动。直径小于 $10\text{ }\mu\text{m}$ 的尘埃的运动基本受空气运动的控制。风可以加速污染物质的稀释扩散,常能减小近地层污染物质的浓度,减轻危害。

空气污染物在大气运送和扩散过程中,可能发生合成、分解、冲洗、吸收等一系列物理、化学过程,并受到气象条件的影响。例如,汽车尾气中的氮氧化物、碳氢化合物,在强烈阳光作用下,发生光化学反应,生成光化学烟雾。大气中的二氧化硫及氮氧化物等遇水可转化为酸类,若形成降水可能会成酸雨。酸雨多出现在工业区的下风方向。降水能够消除空气中的污染物质,其净化能力随着降水强度和污染物直径的增大而增大,污染浓度随降水的持续时间呈指数衰减。空气受到污染,对人类健康和动植物的生长发育将带来严重危害。根据目前研究认为,对人类主要是引起呼吸道疾病与生理机能障碍,严重时造成急性污染中毒而死亡。大气污染物质如二氧化硫、臭氧以及氟化物等,可以在气孔与外界环境进行气体交换过程中,进入植物体内。积聚在植物体表的粉尘、酸性液滴等物质可影响植物的正常生理功能。大气污染还能助长病虫害的发生发展,也可使家畜中毒死亡。大气污染物的不断增加,还将使大气辐射性质发生改变,从而影响到大气热状况和相应的运动状况,从长远来看,也会影响到天气和气候的变化。

二、大气的垂直结构

大气的底界是地球表面,又称为下垫面,但其顶界是模糊的,地球大气和星际气体之间不存在一个截然的界面把它们分开,而是逐渐过渡的。为了实际上的应用,仍可将大气划定一个大致の上界。一种是以大气中物理现象极光出现的最大高度作为大气的物理上界,高度为 $1\,000\sim 1\,200\text{ km}$ 。另一种是以大气密度接近星际气体密度的高度作为大气上界的标准,按人造卫星探测资料,大气上界在 $2\,000\sim 3\,000\text{ km}$ 高度处。

大气在垂直方向上的温度、成分、气流状况和电离现象等有显著差异,根据不同高度气层的特点,特别是气温的垂直分布,可从地面到大气上界将大气层分为5层(图1)。

(一) 对流层 对流层处在大气的最底层,与地面直接相接,其厚度随纬度、季节而有变化。一般低纬度地区平均为 $17\sim 18\text{ km}$,高纬度地区平均为 $7\sim 8\text{ km}$,中纬度地区为 12 km ,夏季厚度大于冬季。对流层集中了 $3/4$ 的大气质量和几乎所有的水汽,大气中主要天气现象,如云、雾、雨、雪等都在此层内形成,因此对流层是气象学研究的主要对象。

对流层的主要特点有:

1. 温度随高度升高而降低,平均每升高 100 m ,气温约下降 0.65°C 。

2. 有强烈的垂直运动和不规则的乱流运动 通过气流的垂直运动,使高层和低层空气进行交换,近地面层的热量、水汽和其他杂质向高层输送,对于成云致雨有重要作用。

3. 气象要素水平分布不均匀 由于对流层受地表影响最大,而地表性质差异大,因此,对流层中温度、湿度等的水平分布不均匀。

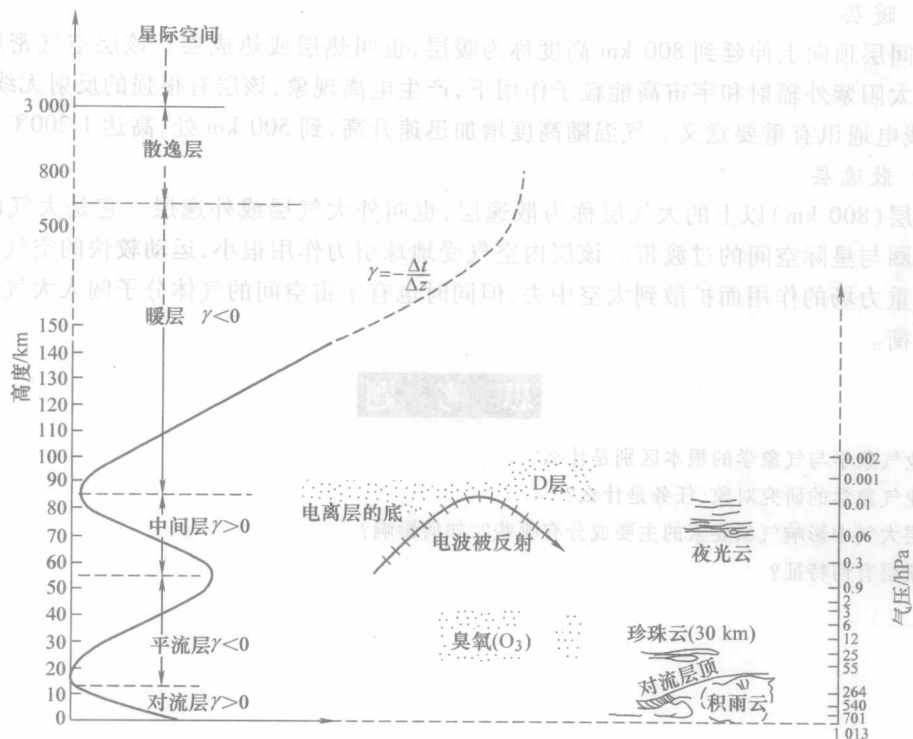


图1 大气层的垂直结构

在对流层内,按气流、温度和天气特点又可分为下层、中层、上层3个层次。

下层(又称摩擦层):自地面1~2 km高度。该层受地面状况影响最大,各气象要素具有明显的日变化,空气的对流和乱流运动很强,再加上水汽充沛、杂质颗粒多,因而云、雾、霾、浮尘等现象出现频繁。接近地面10 m以下气层称为近地面层,2 m以下贴近地面的薄层称为贴地气层。

中层:2~6 km高的气层,受地表摩擦的影响很小,空气的垂直运动也比下层小。云和降水现象多发生在此层。

上层:自6 km到对流层顶,气温常年在0℃以下,该层水汽少。

在对流层和平流层之间,有一厚度为数百米到1~2 km的过渡层,称为对流层顶,对流层顶的温度,在赤道上空约为-83℃,极地附近约为-53℃。

(二) 平流层

从对流层顶到55 km高度是平流层。这一层的主要特点是垂直气流显著减弱,气流多呈水平运动,水汽和尘埃等很少。下层气温随高度几乎不变,上部气温随高度升高而显著增高,这是由于臭氧强烈吸收紫外线的结果。平流层顶气温可达-17~3℃。

(三) 中间层

从平流层顶到85 km高度左右的气层称中间层,该层的主要特征是温度随高度升高而迅速降低,其顶部可下降到-83℃,气流有强烈的垂直运动,故又称高空对流层。

(四) 暖层

从中间层顶向上伸延到 800 km 高度称为暖层,也叫热层或热成层。该层空气密度很小,空气质点在太阳紫外辐射和宇宙高能粒子作用下,产生电离现象,该层有很强的反射无线电波的能力,对无线电通讯有重要意义。气温随高度增加迅速升高,到 500 km 处,高达 1 200℃。

(五) 散逸层

在暖层(800 km)以上的大气层称为散逸层,也叫外大气层或外逸层。它是大气的最高层,也是大气圈与星际空间的过渡带。该层内空气受地球引力作用很小,运动较快的空气分子,常可挣脱地球重力场的作用而扩散到太空中去,但同时也有宇宙空间的气体分子闯入大气,二者可保持动态平衡。

思考题

1. 农业气象学与气象学的根本区别是什么?
2. 农业气象学的研究对象、任务是什么?
3. 低层大气中影响气象要素的主要成分有哪些? 如何影响?
4. 对流层有何特征?

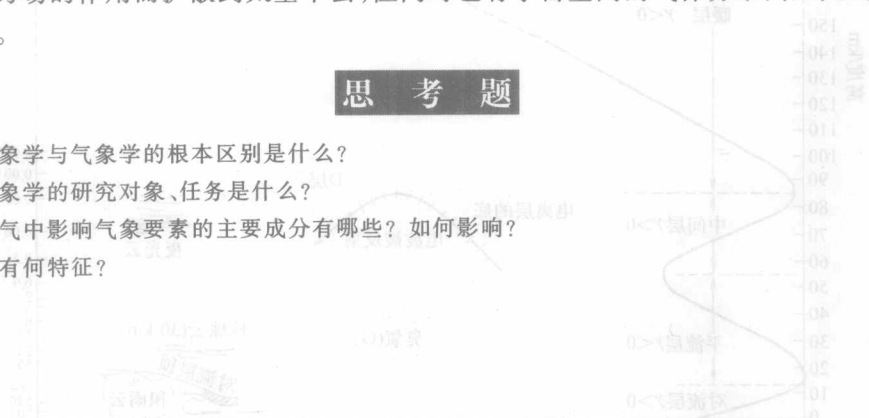


图 1-1 大气温度垂直分布图

大气圈中,空气成分随高度变化而不同。在低层大气中,空气成分主要是由氮气、氧气、二氧化碳、水蒸气、臭氧、尘埃、气溶胶等组成。随着高度的增加,空气成分会发生显著变化。在高层大气中,空气成分主要是由原子氧、原子氮、原子氢、电子、离子等组成。这些成分的变化对大气的物理和化学性质产生重要影响。

在低层大气中,空气成分的变化主要受地表过程的影响。例如,水蒸气的蒸发和凝结、二氧化碳的吸收和释放、尘埃的排放和沉降等。这些过程会导致空气成分的垂直分布发生变化。在高层大气中,空气成分的变化主要受宇宙射线和太阳辐射的影响。这些辐射会导致空气分子的电离和分解,从而产生原子氧、原子氮、原子氢、电子、离子等成分。

空气成分的变化对大气的物理和化学性质产生重要影响。例如,水蒸气的存在会影响大气的湿度和降水;二氧化碳的存在会影响大气的温室效应;尘埃和气溶胶的存在会影响大气的能见度和辐射平衡。在高层大气中,原子氧和原子氮的存在会影响大气的电离层和无线电波的传播;电子和离子的存在会影响大气的导电性和磁场的分布。

了解空气成分的垂直分布对于研究大气的物理和化学性质、预测天气变化、评估环境风险等具有重要意义。通过观测和实验,科学家已经揭示了空气成分随高度变化的规律,为大气科学的发展提供了重要基础。