

农业气象学

杨继武 主编

宋 萍 孙国娟 匡贵秋 编

中央广播电视大学出版社

农 业 气 象 学

杨继武 主编
宋萍 孙国娟 匡贵秋 编

中央广播电视大学出版社

农业气象学

杨继武 主编

宋萍 孙国娟 匡贵秋 编

*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京第二新华印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.75 千字 409

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

印数 1—4000

定价 3.60 元

ISBN 7—304—00402 —9/S·1

前 言

农业气象学是为高等农业院校农学类各专业设置的专业基础课。它的任务在于使学生掌握农业气象的基本理论和实际操作技能,了解气象学、气象观测与仪器、天气与农业天气、气候与农业气候、农业小气候、农业气象观测、农业气象预报等方面的基础知识,使学生了解农业生产与气象条件的关系、了解农业气象条件形成和变化的规律,从而能够鉴定天气气候条件对农业生产的影响,充分合理地利用当地的天气气候资源,采取相应的措施改善农业生产的气象环境条件,趋利避害,夺取农业丰收。同时也为学生学习专业课程打好基础。

本书是以中央广播电视大学农学类专科的农业气象学教学大纲为基础编写的。在编写过程中我们力求贯彻理论联系农业生产实际的原则,做到有的放矢。在内容上注意系统性和科学性,做到由浅入深,简明扼要。在取材上尽量反映国内外的新成果。但是由于我们的水平有限,加之编写时间短促,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正,以便再版时修改。

本书由沈阳农业大学农业气象教研室杨继武主编。参加理论教材部分编写的有:杨继武(第一、二、三、四、五、七、八、十一章)、沈阳农业大学宋萍(第六、十章);参加实验指导部分编写的有:中央电大匡贵秋(实习一、二、三、四、五)、沈阳农业大学孙国娟(实习六、七、八、九)。

本书经于系民、杨永歧审定。在编写过程中还得到陈天凤、孙运东、王秉昆、杨永生、陶向新等同志的指导和帮助,在此一并表示感谢。

编 者

1989年5月

目 录

前言	1
----------	---

理论教材部分

第一章 绪论	1
第一节 农业气象学及其研究对象	1
第二节 农业气象学的研究方法	2
第三节 农业气象学的任务	4
第四节 我国农业气象科学发展的几个历史阶段	4
一、中国古代农业气象知识的萌芽阶段	4
二、农业气象知识的不断积累和丰富阶段	4
三、农业气象学科和农业气象业务的建立和发展阶段	5
第二章 大气	7
第一节 大气的成分及大气污染	7
一、近地气层和土壤空气的成分	7
二、空气的组成成分对农业的影响	8
三、气溶胶、大气污染及其预防	9
第二节 气压	9
一、气压的概念及其单位	9
二、气压随高度的变化、气压阶	10
三、地面气压的变化、水平气压梯度	12
第三节 大气的结构	13
一、对流层	13
二、平流层	14
三、中间层	14
四、热层	14
五、外大气层	14
第四节 大气层(圈)与地球其它圈层的关系	14
第五节 大气的研究方法	15
第三章 太阳辐射 地面和大气的长波辐射	16
第一节 辐射的基本知识	16
一、辐射和电磁波	16
二、辐射的基本特征量	16
三、辐射的几个基本定律	18
第二节 太阳辐射	19
一、太阳辐射光谱	19
二、太阳常数	20
三、大气上界太阳辐射的分布	20

第三节 太阳辐射在大气中的减弱	23
一、大气对太阳辐射的吸收作用	23
二、大气对太阳辐射的散射	24
三、大气中的云层和尘埃对太阳辐射的反射	24
四、影响太阳辐射在大气中减弱的因素	24
第四节 到达地面的太阳辐射	25
一、太阳辐射的能量变化	25
二、太阳辐射光谱成分的变化	31
第五节 地面和大气的长波辐射	31
第六节 地面辐射差额	33
第七节 太阳辐射与作物	35
一、太阳辐射光谱成分与作物	35
二、光照度与植物	36
三、光照长度与作物	37
四、作物群体中太阳辐射的分布及其对太阳辐射的吸收作用	38
五、光能利用率及提高光能利用率的途径	39
第四章 土壤温度	41
第一节 土壤的增热和冷却过程	41
第二节 土壤的热物理特性	41
一、土壤热容量	41
二、土壤导热率 λ	42
三、土壤导温率 K	42
第三节 土壤温度的变化	43
一、土壤表面温度的日变化和年变化	43
二、影响土壤温度日变化的因素	43
三、土壤中温度的传播规律	44
四、土壤温度的垂直变化	45
五、土温垂直变化时间剖面图	46
第四节 地形、植被和积雪对土温的影响	46
第五节 土壤和水体的冻结和解冻	47
一、土壤的冻结和解冻	47
二、水体的增温和冷却	48
第六节 土壤温度和农业生产	49
一、土壤温度对农业生产的影响	49
二、土壤温度状况的改善	50
第五章 空气温度	52
第一节 空气的增热和冷却过程	52
第二节 气温随高度的变化	53
一、气温垂直递减率(γ)	53
二、气温的绝热变化、绝热直减率、大气稳定度	54
三、气温的垂直分布	55
四、对流层中的逆温	55
第三节 气温随时间的变化	56

一、气温的周期性变化	57
二、气温的非周期性变化	58
第四节 温度状况的表征和植物对热量的要求	59
第五节 温度条件与农业生产	61
第六章 大气和土壤中的水分	64
第一节 空气湿度	64
一、大气中的水汽含量及其表示方法	64
二、空气湿度的日变化和年变化	65
三、空气湿度的垂直变化	66
四、空气湿度对农业生产的影响	66
第二节 蒸发与蒸腾	67
一、水面蒸发	67
二、土壤中水分的蒸发	68
三、植物蒸腾	69
四、农田总蒸发	70
第三节 水汽的凝结与凝华	71
一、水汽凝结的条件	71
二、水汽凝结物	72
第四节 降水	74
一、降水的成因	74
二、降水的种类	74
三、降水的表示方法	75
四、降水的变化	76
五、降水量的地理分布	77
六、人工降水	78
七、降水与农业	78
第五节 积雪	79
一、积雪状况	79
二、积雪的农业意义	80
第六节 土壤水分	80
一、农田土壤水分收支	80
二、土壤水文常数与土壤水分的有效性	81
三、土壤水分的计算	82
四、土壤水分的年变化	83
五、农作物的水分供应	84
六、提高土壤水分利用率的途径	85
第七章 风、天气及其预报	86
第一节 风	86
一、风速的日变化和年变化,下垫面对风速的影响	87
二、地方性风	87
三、季风	89
四、风与农业生产	90
第二节 天气	90

一、周期性和非周期性天气变化	90
二、大气环流	91
三、气团	92
四、锋	93
五、气旋	97
六、反气旋	99
七、天气图和天气预报	102
第八章 农业气象灾害及其防御	103
第一节 旱灾	103
一、旱灾的概念及其分类	103
二、旱灾的危害	104
三、旱灾的形成原因	104
四、旱灾的农业气象指标	105
五、防旱和抗旱措施	106
第二节 干热风害	106
一、干热风害的概念及其类型	106
二、干热风对小麦的危害	107
三、干热风的气象原因	107
四、干热风的时空分布	108
五、干热风的防御措施	108
第三节 低温冷害	109
一、冷害的概念及其类型	109
二、危害时期及其指标	109
三、低温冷害的防御措施	111
第四节 霜冻	111
一、霜冻对作物危害的机理	112
二、霜冻指标	112
三、霜冻的类型	113
四、霜冻的影响因素	113
五、中国霜冻的分布	114
六、霜冻的防御措施	115
第五节 洪涝害	116
一、洪涝灾害产生的原因	116
二、洪涝灾害发生季节及对农业生产的影响	117
三、洪涝灾害的指标	117
四、洪涝的防御措施	117
第六节 冻害	118
一、冻害的类型	118
二、冬小麦冻害指标	118
三、冻害的防御措施	118
第七节 雹害	119
一、冰雹及其成因	119
二、冰雹害的分布	119

三、冰雹害的危害	120
四、雹害的防御措施	120
第九章 气候与农业生产	121
第一节 气候的基本知识	121
一、气候形成的因素	121
二、气候带与气候型	122
三、中国气候的基本特点	125
四、气候变迁	128
第二节 农业气候分析	131
一、农业气候分析的原则	131
二、农业气候资源分析方法	132
第三节 农业气候区划	136
一、农业气候区划的原则	136
二、农业气候区划的种类	136
三、农业气候区划的内容和步骤	136
四、中国农业气候区划	137
第四节 小气候	139
一、小气候形成的物理基础	139
二、各种类型小气候	144
第十章 农业气象观测	162
第一节 农业气象观测的意义	162
第二节 农业气象观测内容及一般方法	162
一、物候观测	163
二、土壤水分状况观测	166
第三节 农业气象观测资料的检查和整理	167
一、物候资料的检查和整理	167
二、土壤湿度测定资料的检查和整理	168
第十一章 农业气象预报	169
第一节 农业气象预报方法的科学原理	169
第二节 农业气象预报的种类	170
第三节 农业气象条件预报	170
一、生长期内热量条件的预报	170
二、农田土壤贮水量预报	171
第四节 作物发育期预报	171
第五节 农作物田间作业适宜时期的预报	175
一、作物适宜播种期预报	175
二、作物适宜收获期预报	176
第六节 农业气象产量预报	177
第七节 农业气象灾害预报	179
一、农作物冷害预报	179
二、小麦干热风危害预报	180
三、霜冻预报	180

实验指导部分

实习一	气象观测场地的选择	182
实习二	气压的测定	185
实习三	日照时数、光照强度和辐射强度的观测	188
实习四	空气和土壤温度的观测	192
实习五	空气湿度的测定	200
实习六	蒸发与降水的观测	205
实习七	风向风速的观测	213
实习八	云的观测	221
实习九	农业气候资料的统计方法	225
附表 1	水面上最大水汽张力	250
附表 2	空气相对湿度查算表(百叶箱)	251
附表 3	空气相对湿度查算表(通风干湿表)	255
附表 4	湿度查算表(湿球未结冰)	259
附表 5	湿球温度订正值 $\Delta t'$	260
附表 6	用绝对湿度(e)查取露点温度(τ)	261
附表 7	日照时间表	262
附表 8	各地区历年降水量资料	263
附表 9	沈阳、大连 1985 年逐日气温资料	264
附表 10	沈阳、大连 1985 年各月平均气温($^{\circ}\text{C}$)	265
附表 11	各地区多年各月平均气温($^{\circ}\text{C}$)	265
附表 12	沈阳、大连两地历年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温	265
附表 13	各地各月多年平均气象要素资料	265
附表 14	W 值(表示温度、海拔与蒸腾蒸发的关系)	268
附表 15	在一定的气压下用水分蒸发的毫米所表示的水平面上的太阳辐射量 R_a 值(北半球)	270
附表 16	气温为 TK° 时的黑体辐射 σTK^4 (mm/日)	271
附表 17	不同温度($t^{\circ}\text{C}$)条件下饱和水汽压(e_s)的毫巴数	272
附表 18	$(0.56 \sim 0.079ed)$	274
附表 19	$(0.9n/N + 0.1)$	275

第一章 绪 论

农业生产的最大特点之一,就是它基本上或完全是在露天自然条件下进行的,因此,农业生产必然受气象、土壤、地形、植被等自然条件的影响。在农业与其所处的自然环境条件这样一个彼此相互作用的复杂系统中,气象条件是起主导作用的、最活跃的自然条件,它对农业生产对象和农业生产过程都有影响,在很大程度上制约着农产品的产量、质量以及农事作业的质量和效率。

正如国内外许多农业气象工作者研究指出的那样,虽然随着农业生产的发展,农业栽培技术有了很大提高,但是气象条件仍然是决定产量高低的重要因素。由于各年天气条件的变化,决定了年际间产量的波动。根据国际气象组织的资料,在影响粮食作物产量变化的诸因素中仅降水就决定了印度小麦产量变化的75%,决定美国高草原小麦产量变化的36~80%,决定加拿大高草原小麦产量变化的36~62%。我国的农业气象工作者研究认为,在影响我国主要粮食作物产量波动的诸因素中,天气变化的影响约为20~40%,主要粮食产区约为25%。此外,由于气候条件在时间上的变化,使一个地区的农业生产具有明显的季节性,气候条件在空间上的变化,则使农业生产具有明显的地域性,从而影响到各地农业的组成、布局、熟制和产量水平等。同时,各地的土壤类型、植被种类的差异,也主要是气候条件决定的。而不同地形对农业生产的影响,也主要表现在气候条件的差异上。

因此,在任何地区从事农业生产,都必须与当地的天气气候条件相适应。需要在定量鉴定光、热、水等气象条件对农业生产影响的基础上,采用现代化的技术装备,采取有效的农业技术措施,充分地利用有利的气象条件,避免和克服不利气象条件的影响,作到因地制宜和因时制宜,才能获得高产稳产。

农业科技工作者必须学会有效地利用天气气候资源来提高农业生产的效益和效率,抗御不利的气象现象。因此,必须了解在整个大气中特别是近地气层中发生的气象现象和过程的物理原理,以及这些现象和过程与农业生产对象和过程的关系等。

第一节 农业气象学及其研究对象

农业气象学是研究气象条件与农业生产相互作用及其规律的一门科学。它是把农业生产对象与天气气候联系的规律、研究方法和概念综合起来的特殊的科学知识体系;它是农业科学和气象科学相互渗透而形成的边缘科学,又是应用气象学的一个重要分支。

农业气象学是在19世纪后半叶,作为气象学的实用部门而形成和发展起来的。大家都知道,在地球的周围包围着一层厚厚的空气,这层空气称为地球大气,简称大气。在大气中不断地进行着各种物理过程,例如大气的增热和冷却过程,蒸发和凝结过程等。在各种物理过程中,经常伴随着发生风、云、雨、雪、寒、暖、干、湿、光、声、电等各种物理现象。研究大气中所发

生的各种物理过程和物理现象的科学称为气象学。

表示大气状况的基本特征量和某些重要的大气现象统称为气象要素。主要的气象要素有：空气温度、气压、空气湿度、风向及风速、云量和云状、降水、能见度、太阳辐射、地球和大气的热辐射、土壤温度、蒸发量和各种大气现象（如雾、雷暴、雨淞等）。各种气象要素间互相联系，互相制约，关系极为复杂。用气象要素值和天气现象表示的瞬时或较短时段内的大气状况叫做天气。而一个地区多年所特有的大气状况，包括平均状况和极端状况叫做气候。

气象要素和气象过程在某种程度上直接或间接地对农业生物的生长、发育及产品的产量和质量产生影响；同时对农业生产活动也有明显影响。我们把与农业生产有关的气象要素称之为农业气象要素。在一定时期内各种农业气象要素的某种组合叫做农业气象条件。它包括影响农业生产对象（植物和动物）生长、发育、产量形成和农业生产活动（即播种、栽插、中耕、施肥、灌溉、喷药、收获、运输、贮藏等）的气象条件。一个地区短时间内的农业气象条件的综合，叫做农业天气条件。它是指那些与农业生产有关的天气条件。而一个地区多年的农业气象条件的特征称之为农业气候条件。

农业气象学一方面研究这些农业气象条件，研究农业生产对象和过程对农业气象条件的要求和反应；同时也研究农业生产对象和农业技术措施对农业气象条件的影响。从而不断地揭示和解决农业生产中存在的气象问题，以谋求农业取得高产、优质、高效益的途径和方法。

农业气象学与气象学的许多部门，如研究大气过程一般物理规律的大气物理学；以研制天气预报方法为目的而研究大气物理过程的天气学；与研究气候的形成、分布、变迁规律、气候资源和不同地区范围的气候改造问题的气候学等，都有密切关系。

农业气象学要研究农业气象条件的物理成因和地理分布，因此与物理学、地理学也有密切联系。还与土壤学、植物生理学、作物栽培学等农业和生物学科有密切关系。

第二节 农业气象学的研究方法

农业气象学的研究方法是以下列基本定律为基础的：

1. 基本生活因子同等重要(或不可代替)性定律

其实质是：对于任何植物基本的生活因子(空气、光、热量、水分)都是必不可少的，是不能用其它的任何东西代替的，是植物生活所必需的，具有同等的重要性。

2. 环境因子对于植物的非同等重要性定律

依据这一定律，气象环境因子按其对植物的作用，可分为主要因子和次要因子。主要因子对植物有直接的、强烈的作用，次要因子如微风、云、气压等对植物的作用是间接的，它只能加强或减弱主要因子的影响。

3. 最低限度(或限制因子)定律

按这一定律，在其它条件不变的情况下，产量的高低是由那个处于最低限度的因子(即限制因子)决定的。如干旱地区，水分因子常是产量高低的限制因子。

4. 最适限度(或因子共同作用)定律

按着这一定律,在一定的农业栽培技术水平条件下,只有各个因子都是最适宜的组合,作物的产量才最高。

5. 临界时期定律

在植物生活的某个时期,即某个因子相应的临界时期里,对该环境因子,尤其是水分、热量、太阳辐射的一定数值特别敏感,该因子的变化会明显地影响到产量。

农业气象的基本研究方法是根据上述的定律,目的是确定制约植物生存的主要因子和次要因子、这些因子的限制值和最适值及其组合,并考虑作物的临界时期。根据农业气象学的研究对象,要求我们在进行各项农业气象要素观测的同时,必须进行农业生产对象和生产活动状况的观测,即所谓的平行观测或联合观测。这是农业气象研究的基本原则和方法。这是区别于单纯农业研究和气象研究的主要特点之一。通过对平行观测资料的对比分析,可以使我们了解和确定气象条件对农业生产对象和过程的影响情况,使我们能对有关的农业气象条件作出正确的鉴定。

为了缩短研究的时间,迅速取得分析所需要的系统资料,在平行观测的原则下,农业气象学常采用下列试验研究方法:

1. 分期播种法

在同一地点,每隔一定日数(如 5 或 10 天)播种同一作物,这样在一年内就可播种若干个期次,使得不同期次播种的作物,处在不同的天气条件下,得到不同天气条件对该种作物某些发育时期影响情况的资料。用这些资料可以分析得到该作物各个发育时期对于气象条件要求的数量指标。

2. 地理播种法

在气候条件不同的地区若干地点上,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和栽培方法,在各地最适宜的时期播种同一品种作物,并按照统一方案进行平行观测。这样,在一年里便可得到同一品种在若干处不同气候条件下生长发育情况的观测资料,用于农业气象分析。

3. 田间试验法

这种方法是在田间试验中利用专门的设备和措施,改变作物种植的农业气象条件(如按试验方案调节土壤温度、湿度、光照时间和强度、积雪厚度等)。

4. 遥感方法

用飞机、人造卫星等装载的遥感仪器,远距离地测定大范围内作物状况、温度、湿度状况等。

5. 植物人工气候室法

在人工气候室中研究植物对风、光照、温度、水分的不同组合的反应。

6. 数学物理模拟方法

根据有关的模拟试验资料,借助电子计算机,建立作物生长发育和产量形成的数学模式,以此来描述农业气象条件对植物生长发育和产量形成过程的影响。

7. 统计学方法

通过对大量观测资料的统计分析,建立植物生长发育和产量形成与气象条件之间关系的经验方程,来表达它们之间的统计联系。

第三节 农业气象学的任务

农业气象学是应用科学。它的任务是由农业的社会主义现代化建设和农业经营集约化的需要所决定的。

农业气象学的基本任务是:

1. 从空间和时间上研究农业生产的天气气候条件形成的规律性。
 2. 研制定量地鉴定气象因子对农业群落、动植物的生长发育状况及其产量的影响、以及对作物病虫害发生、发展的影响的方法。
 3. 研制各种农业气象预报方法。包括农用天气预报,农业气象灾害预报,病虫害发生、发展预报,作物产量预报,各种农事活动适宜时期及其条件的预报等。
 4. 进行农业气候区划和作物及其品种的区划,为充分地利用各地的农业气候资源,为作物和品种的合理布局提供科学依据;并为采取提高农业生产力的措施提供依据。
 5. 研究灾害性天气对农业的影响,制定抗御灾害性气象条件的方法和有效措施。
 6. 研究农业小气候形成及其分布规律,研究小气候条件与农作物生长发育的关系,研究充分利用,调节和改善农田小气候的措施和方法。
 7. 研究各种农事活动与气象条件的关系,以便为根据过去和未来的天气条件采取不同的农业技术提供依据。
 8. 为采取适当土壤改良措施和集约化的作物栽培措施提供农业气候依据。
 9. 研究改进农业气象对农业生产的保障方法及其经济效益的评价方法等。
- 为了完成上述任务,必须建立和不断完善农业气象基本观测,大力开展农业气象试验研究,不断改进农业气象保障的方法和手段,紧密结合农业生产需要开展工作。

第四节 我国农业气象科学发展的几个历史阶段

我国劳动人民在长期的农业生产实践中积累了丰富的农业气象知识和经验。早在殷商时代,农业气象知识就开始萌芽,经过数千年的不断积累和丰富,逐渐建立了农业气象学科和农业气象业务,今天农业气象已成为现代农业科学的一个重要组成部分。

一、中国古代农业气象知识的萌芽阶段

秦代以前是农业气象开始萌芽时期。劳动人民在长期的农业生产实践中,逐渐形成了农时的概念,提出了唯物的气象与气象灾害的观点。早在殷商时代的甲骨文辞中,在春秋时代的《左传》、《吕氏春秋》等有关农业的著作中,均有记载和论述。

二、农业气象知识的不断积累和丰富阶段

这一阶段大体上是自秦代到清代。在这一阶段里,二十四节气和七十二候日臻完善,并广

泛应用于全国,因地制宜的农业气候概念逐渐形成,对农作物与气象条件关系的认识和小气候利用、调节方面的知识更为丰富,出现了防御气象灾害和预测农业丰歉的技术方法。这许多知识和经验,有的载于书简,有的是以歌谣和谚语的形式流传民间,不胜枚举。

三、农业气象学科和农业气象业务的建立和发展阶段

近代气象科学理论和气象观测技术传入中国后,开始应用于农业。1911年辛亥革命以后,以气象观测资料为基础的现代气象学在中国发展起来。1912年中国政府开始建立气象台,同时一些农业试验场也开始设农业测候所,积累气象资料为农业服务,为农业气象学在中国的发展打下了初步基础。之后,在一些农业气象先驱者的倡导下,现代农业气象学在中国得到发展。但总的说来,1949年以前农业气象科学的发展较为迟缓。

中华人民共和国成立以后,农业气象事业随着中国农业的复苏而迅速发展,全国成立了专门的农业气象研究、业务和教学机构,有组织、有计划地进行农业气象研究、服务和人材培养,农业气象科学技术水平迅速提高。1953年由中国科学院地球物理研究所与华北农业科学研究所合作,建立了中国第一个农业气象研究机构——华北农业科学研究所农业气象组。1957年改为中国农业科学院农业气象研究室,由中国农业科学院、中国科学院和中央气象局联合组建。1954年中央气象局在台站处农业气象组的基础上成立了农业气象科,1956年改为农业气象处,1957年在全国建立了10个农业气象试验站,1958年成立农业气象研究室,1983年扩充成立农业气象研究所。50年代以来,全国各地农业科研和气象系统陆续设立农业气象研究和业务机构。在专业人才培养方面,1953年在江苏丹阳,1954年在南京、北京先后举办了农业气象讲习班。1956年在北京农业大学创办农业气象专业,以后沈阳农学院、广西农学院、南京气象学院等相继成立了农业气象系(专业),开始有计划地培养农业气象人材。1958年10月,在南京召开了第一届全国农业气象工作会议,对推动全国农业气象科学技术发展起了积极作用。为了适应中国农业气象学的发展,1962年中国气象学会成立了农业气象专业委员会。1981年,中国农学会成立了农业气象研究会。

在50年代,主要进行了一些农业气象学的基础研究。如作物生育对温度、光照、水分的要求;农业气象观测和研究方法的探讨;农业措施的农田小气候效应;土壤水分、土壤蒸发;农业气候资源的分析、农业气象灾害和森林防火气象等方面的研究。其中在南亚热带选择橡胶宜林地,防御橡胶寒害、风害,实现橡胶北移等方面的研究成效较为显著。50年代末和60年代初,加强了对农业气象灾害发生规律、预报和防御措施的研究。例如对防御旱涝、霜冻、冻害、干热风、寒露风等项的研究。1964年,竺可桢发表了《论我国气候的几个特点及其与粮食作物生产的关系》一文,较系统地论述了按各地气候特点进行粮食作物合理布局的问题,引起了有关部门的重视。同年,中国气象学会召开了全国农业气候区划会议,推动了农业气候资源调查和分析研究。70年代以后,随着中国农业现代化事业的迅速发展和学科间的相互渗透,农业气象事业也有了新的进展。人工气候箱、人工气候室、电子计算机、遥感技术逐渐在农业气象研究中得到应用;运筹学、系统工程、模糊数学等用来进行农业气象研究,使这门学科从定性分析向定量研究发展,并研制出了多种农业气象数学模式,在农业气象预报、气候生产力鉴定等方面得到应用;开始注意用生态学观点研究天气、气候与农业的相互关系;全国开展了农业气

候资源的分析区划和作物产量的气象预测预报研究；在杂交水稻推广中的气象问题以及低温冷害、寒露风、干热风的危害机理、时空分布、防御途径等方面的研究都有较大进展。此外，在农田小气候、农业地形气候、作物气候生产潜力、林业气象以及畜牧气象等方面的研究和应用，都逐渐开展起来。70年代末和80年代初，中国气象学会农业气象专业委员会和中国农学会农业气象研究会多次召开了各种专题学术讨论会。与此同时，先后创办了《农业气象》、《国外农学-农业气象》等刊物，出版了不少论文集、译文集和专著，对总结交流研究成果、提高学术水平起到了推动作用。

第二章 大 气

第一节 大气的成分及大气污染

地球的气态的外壳叫做地球大气，简称大气。它是地球上一切有机体(嫌气性细菌除外)的生存环境。地球进化过程中形成的大气，在各种过程的作用下(其中包括植物的光合过程)，大约在几百万年前就基本达到了像现在这样的组成成分。大气和生物圈之间自然地形成了动态平衡，因此，人类和农业生产对象是与这种空气成分相适应的，大气是其生存所必需的环境条件。

一、近地气层和土壤空气的成分

组成大气的气体混合物叫做空气。氮气(N_2)、氧气(O_2)、氩(Ar)、二氧化碳(CO_2)和水汽(H_2O)是其主要组成成分，其余的气体在大气中的含量微乎其微，在研究与农业气象学问题有关的空气物理特性时，可以不予考虑。

此外，由于自然运动和人类的经济活动，常使一些固体和液体的微粒进入大气(如云雾滴、冰晶，尘埃，盐粒、孢子、花粉等)。

在约 100 公里以下的大气层中，由于空气的对流、湍流及扩散作用，除水汽、二氧化碳、臭氧及悬浮杂质外，各种主要气体混合得相当均匀。不含水汽、固体液体杂质的干洁空气平均分子量保持在 28.966 左右。干洁空气的主要成分及相对含量见表 1。其中只有二氧化碳、臭氧和其它一些微量气体在时间和空间上有些改变。观测表明，在近百年内大气中二氧化碳的含量增加了 10~12%，这主要是由于工业和交通运输业消耗的石化燃料迅速增加造成的。

表 1 干空气的成分

气 体 名 称	平 均 分 子 量	含 量 (占 容 积 的 百 分 数)	相 对 于 干 空 气 的 密 度
氮(N_2)	28.106	78.084	0.967
氧(O_2)	32.000	20.946	1.105
氩(Ar)	39.944	0.934	1.379
二氧化碳(CO_2)	44.010	0.033	1.529
氖(Ne)	20.183	18.18×10^{-4}	0.695
氦(He)	4.003	5.24×10^{-4}	0.138
氪(Kr)	83.700	1.14×10^{-4}	2.868
氢(H_2)	2.016	0.5×10^{-4}	0.070
氙(Xe)	131.300	0.087×10^{-4}	4.524
臭氧(O_3)	48.000	地表附近最大变化量: $(0 \sim 0.07) \times 10^{-4}$ 20~30公里高度处最大 变化量: $(1 \sim 3) \times 10^{-4}$	
干空气	28.966	100	1.000