

农业技术培训教材

农业气象

吴容海 杨炳志 编



黑龙江科学技术出版社

农业技术培训教材

农 业 气 象

Nongyie Qixiang

吴容海 杨炳智 编

黑龙江科学技术出版社

一九八四年·哈尔滨

内 容 简 介

本书共分气象要素、天气和灾害性天气、黑龙江省气候和农业气候、农田小气候和农业气象观测等五章。全书较系统地介绍了气象诸要素的特征和时空变化规律；有关天气和天气预报方面的知识，黑龙江省常见的霜冻、冷害、水涝、大风及冰雹等灾害性天气的形成、特征和防御方法；在引用各地大量气候资料的基础上，论述了黑龙江省气候的形成、气候要素的特征及其地理分布，并提出了充分合理利用农业气候资源的农业技术措施；对农田小气候的形成、改善、利用和观测，以及常用的农业气候资料的整理方法，也作了介绍。为了便于自学，每章后附有习题。

封面设计：张秉钧 黄跃成

农 业 气 象

吴容海 杨炳智 编

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区分部街28号)

长春新华印刷厂印刷·黑龙江省新华书店发行

开本787×1092毫米1/32·印张6 2/16·字数126千

1984年2月第一版·1984年2月第一次印刷

印数：1—24,050

书号：16217·077

定价：0.67元

前 言

党的十一届三中全会以来，特别是联产承包责任制等农村经济政策的逐步落实，农民生产经营的积极性和主动性空前高涨，农村到处呈现了学科学、用科学的生动局面，社、队举办的各种形式的农民技术学校和农业技术培训班愈来愈多。为了适应这一新形势的需要，我们组织编写了这套“农业技术培训教材”。即：《作物栽培》、《遗传育种与良种繁育》、《植物与植物生理》、《植物保护》、《土壤肥料》、《农业气象》、《化学基础》。

这套教材的编写，强调理论联系实际，书中具体技术措施紧密联系黑龙江省的自然特点和生产实际。在内容上，既突出实用性，又注意科学性和系统性；既吸收和继承我国农业传统的经验，又体现农业科学技术的新成果。文字力求简练，图文并茂，通俗易懂，便于自学。系统地学完这套教材以后，能比较熟练地掌握农业生产的基本理论和生产技能，可达到相当于中等农业学校毕业生水平。这套教材适用于具有初中文化程度的社队干部、农民及国营农场的农业工人学习使用。

编写这套教材，得到有关方面的重视和支持。省委农村工作部、省政府农业办公室作了具体指导，合江行署农业局、嫩江行署农业局、绥化农业科学实验推广中心站、双城

县东官公社和临江公社、安达县中本公社、宁安县石岩公社等单位，为编写教材提供了许多生产实践经验，并派代表参加编写大纲的讨论。这套教材由佳木斯农业学校、牡丹江农业学校、北安农业学校和省农业干部学校主编。

为了使这套教材编写得更符合实际，初稿完成后，编者曾到农村试讲，广泛听取各方面意见。可以说，这套教材是执笔教师多年辛勤从事教学、科研和劳动生产相结合的成果，也是有关领导和广大农业技术工作者集体智慧的结晶。在教材出版之际，谨向上述各单位和参与编写教材的同志，致以衷心地感谢！

由于编写时间比较仓促，不足之处在所难免，热诚希望广大读者提出宝贵意见。

黑龙江省农牧渔业厅宣传教育处

一九八三年六月

目 录

绪 言	(1)
第一章 气象要素	(3)
第一节 太阳辐射	(3)
一、太阳辐射的基本知识	(3)
二、太阳辐射的周期性变化	(8)
三、太阳辐射与农作物生长发育的关系	(12)
第二节 温度	(17)
一、土壤温度	(17)
二、空气温度	(23)
第三节 大气中的水分	(34)
一、蒸发	(34)
二、空气湿度	(35)
三、水汽凝结	(40)
四、大气降水	(43)
第四节 气压和风	(47)
一、气压	(47)
二、风	(49)
第二章 天气和灾害性天气	(57)
第一节 天气和天气预报	(57)
一、天气	(57)
二、天气系统	(58)

三、天气预报·····	(64)
第二节 灾害性天气·····	(68)
一、霜冻·····	(69)
二、冷害·····	(74)
三、干旱·····	(75)
四、水涝·····	(79)
五、大风·····	(80)
六、冰雹·····	(82)
第三章 黑龙江省气候与农业气候·····	(87)
第一节 黑龙江省气候概述·····	(87)
一、黑龙江省气候的形成·····	(87)
二、黑龙江省的气候特征·····	(94)
第二节 黑龙江省农业气候·····	(99)
一、黑龙江省农业气候资源·····	(99)
二、黑龙江省农业气候区划·····	(108)
三、充分合理地利用农业气候资源·····	(111)
第四章 农田小气候·····	(115)
第一节 农田小气候形成的物理基础·····	(116)
一、农田的辐射交换·····	(116)
二、农田的乱流交换·····	(117)
三、活动面的热量平衡·····	(118)
第二节 农田小气候的一般特征·····	(121)
一、农田中光的分布·····	(121)
二、农田中温度的分布·····	(122)
三、农田中湿度的分布·····	(123)

四、农田中风的分布·····	(124)
五、农田中二氧化碳的分布·····	(125)
第三节 农田小气候的改善与利用·····	(125)
一、耕作措施的气象效应·····	(125)
二、栽培措施的气象效应·····	(128)
三、保护地栽培的气象效应·····	(130)
四、护田林带的气象效应·····	(133)
第五章 农业气象观测·····	(135)
第一节 农业气象观测的意义、目的、原则和 内容·····	(135)
一、农业气象观测的意义和目的·····	(135)
二、农业气象观测的基本原则和内容·····	(135)
第二节 气象要素的观测·····	(136)
一、观测场的建立·····	(137)
二、气象要素的观测·····	(140)
第三节 农田小气候观测·····	(154)
一、农田小气候观测的特点和要求·····	(154)
二、农田小气候观测的几个规定·····	(155)
三、农田小气候观测的仪器及其使用方法·····	(157)
四、农田小气候观测的注意事项·····	(161)
五、农田小气候观测资料的整理·····	(162)
第四节 农业气候资料的整理·····	(164)
一、平均气温·····	(164)
二、起、止日期与持续期及积温的计算·····	(165)
三、多年平均初、终日期的计算·····	(170)

四、气候统计图的绘制	(171)
附 表	(179)
一、饱和水汽压表 (毫巴)	(179)
二、湿度查算表 (毫巴)	(181)

绪 言

气象学是研究大气物理现象和物理过程及其变化规律的科学。农业气象学，则是研究农业生产与气象和气候条件相互关系的一门科学。农业气象学的基本任务是研究各种农作物在各个生长发育时期对气象条件的具体要求；研究这些气象条件的发生和变化规律及其对农作物的生长发育和产量、质量的关系；研究灾害性天气对农业生产的影响及预防等等。

农作物生育所需要的光、热、水分和养分等四大因子中的光、热、水分都是气象条件。农作物的发育与光、热、水密切相关。阳光不足，叶绿体的光合作用就会减弱；热量不够或水分不适宜，作物的生长发育就要受到抑制。尤其是黑龙江省地处祖国的最北部，气候寒冷，无霜期短，加上干旱和低温频繁，就更需要气象为农业生产服务。任何一项农事活动，如播种，追施化肥，收割庄稼，晾晒种子，水库放水或抢雨蓄水，防旱抗旱，农田灌溉，防霜防冻、防低温冷害，防治病虫等，都与农业气象预报密切相关。另外，农业生产布局，新品种和新农业技术的推广，都需要了解当地气候特点和实际天气情况，需要准确、及时的气象情报资料。因此，只有我们充分认识和掌握农作物生育特性和所需要的条件，才能充分利用有利的气象因素，克服和减轻不利气象

条件的影响，夺取农业丰产。

特别是农业生产具有很强的地域性和季节性，我们必须根据不同地区，不同季节的气候特点，不失时机地掌握生产环节，使气象工作，更好地为社会主义大农业服务，为实现四化做出更大的贡献。

第一章 气象要素

地球的表面包围着一层很厚的空气，这层空气的总体称为大气，通常也叫大气层。地球上的一切生物都生活在大气之中。大气的任何变化，对人类的生活和生产，对农作物的收成和农业的发展都有很大影响。

气象要素是表示大气中发生的各种物理现象和物理特征的物理量。与农业生产有关的气象要素有太阳辐射、土壤温度、空气温度、空气湿度、蒸发、降水与风等。这些气象要素总是紧密联系，相互影响，并在不同条件下错综复杂地结合在一起，形成多种多样的天气，给作物的生长和发育以不同程度的影响。所以要了解农业气象与作物的关系，必须首先了解这些气象要素的特征，掌握它们的变化过程和变化规律。

第一节 太阳辐射

一、太阳辐射的基本知识

(一) 太阳辐射及其在大气中的减弱

1. 太阳辐射

辐射是指物体内部的能量，通过物体表面以电磁波的形式

式向周围空间传播的现象。辐射出的能量叫辐射能。太阳辐射是指太阳本身内部的能量通过太阳表面以电磁波的形式向宇宙空间传播的现象。辐射出的能量叫太阳辐射能，简称太阳能。

太阳是一个炽热的球体。它的表面温度约 1 万℃，中心温度估计有 2 千万℃。正因为太阳的温度极高，所以它能放射出巨大的能量。太阳以短波辐射方式，每秒钟向宇宙空间放射的能量，约相当于燃烧 116,000 亿吨煤所产生的热能。地球仅仅截得了太阳能的 20 亿分之一（每年约等于 1.3×10^{24} 卡），就满足了地球上各种生命活动和自然界种种变化的需要。太阳能是地球和大气热量的主要来源，是大气运动和天气变化的动力，是人类赖以生存的必要因子。

2. 太阳辐射强度

太阳辐射能也可以用太阳辐射强度来表示。太阳辐射强度即垂直于太阳光下，一平方厘米的黑体面积上，在一分钟内吸收到的全部太阳辐射能的热量，单位是卡/(厘米)²·分。当地球和太阳处在日地平均距离时，在大气上界所测得的太阳辐射强度称为太阳常数。太阳常数是一个变值，是随着太阳黑子的多少而变化的。1981年10月，在墨西哥召开的世界气象组织第八届会议上把它的值定为 1.96 卡/(厘米)²·分。而我们在地面上测得的太阳辐射强度，总是小于这个数值，这是因为太阳辐射在通过大气层时被减弱了的缘故。

3. 太阳辐射在大气中的减弱

太阳辐射在通过大气层的过程中，太阳辐射能一部分被大气散射（太阳辐射在大气中遇到了气体分子和灰尘杂质

后，改变原来的方向而投射到地面的辐射。)和吸收，一部分为云和地面所反射。因反射和散射而返回宇宙空间的占43%，被大气直接吸收的有14%，以散射形式到达地面的占16%，直接辐射到达地面的有27%。也就是说，真正到达地面的太阳辐射能只有43%。但这个数值也不是固定不变的，它还受大气厚度、大气透明度以及地理纬度的影响。一般说来，在高纬度冬季的一早一晚以及云雾、水汽、灰尘多的地方，太阳辐射的能量小，反之，太阳辐射的能量就大。因为在高纬

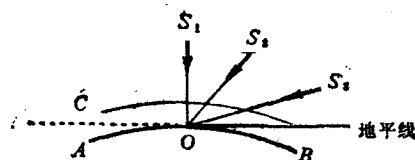


图1 太阳高度和日光通过大气厚度的关系

度、冬季和一早一晚，太阳高度角（太阳光线与地面的交角）都比较低，日光通过的大气厚度都比较大（图1）。大气厚度愈大，微尘杂质愈多，太阳辐射的能量愈减弱。

4. 到达地面的太阳辐射

到达地面的太阳辐射，即太阳总辐射。它由直接辐射和散射辐射组成。

即
$$Q = S + D$$

式中：Q为总辐射

S为直接辐射

D为散射辐射

显而易见，阴天的太阳的直接辐射等于零。这时地面的太阳总辐射只等于散射辐射。

(二) 地面辐射和地面有效辐射

1. 地面辐射

地面辐射是指地面吸收了太阳辐射能之后，在本身增加了热量的同时，也向外放射能量的方式。地面辐射是长波辐射。它的辐射强度随地面温度的升降而增减。

2. 大气逆辐射

大气对太阳短波辐射的吸收能力很差，对地面长波辐射的吸收能力却很大。大气辐射是指大气吸收了地面的长波辐射和少量太阳辐射能以后，温度升高，向四周放射的长波辐射。大气逆辐射是指大气辐射投向地面的部分。由此可见，大气能透过太阳短波辐射到达地面，却又能阻挡地面长波辐射的散失，使热量以逆辐射的形式再返回地面。大气对地面的这种保温作用与温室的玻璃作用相似，所以把它叫做温室效应。

3. 地面有效辐射

在自然条件下，地面辐射与大气逆辐射总是同时存在的。地面有效辐射是地面辐射与大气逆辐射之差。

$$\text{即} \quad E = E_B - E_A$$

式中：E 为地面有效辐射

E_B 为地面辐射

E_A 为大气逆辐射

白天，由于太阳辐射而使地面能量的收入大于有效辐射的支出，因而使地面和空气增热；夜间，没有太阳辐射的补

充，有效辐射使地面失热，因而使地面和空气冷却。所以夜间有效辐射的强弱，是决定地面降温多少和快慢的主要原因，是预报霜冻的重要依据。

(三) 地面辐射平衡

在任何时候，地球表面既有辐射能的收入，又有辐射能的支出。地面辐射平衡也叫地面辐射差额，是指地面辐射能的总收入减去总支出的差额。

$$\text{即} \quad R = (S + D)(1 - \alpha) - E$$

式中：R 为地面辐射差额

S 为太阳直接辐射

D 为太阳散射辐射

$1 - \alpha$ 为地面对太阳辐射的吸收率

α 为地面对太阳辐射的反射率

E 为地面有效辐射

表 1 不同类型的地面反射率和吸收率

地 表 物 质	反射率(%)	吸收率(%)
	α	$1 - \alpha$
砂 土	29—35	17—65
粘 土	20	80
浅 色 土	22—32	78—68
深 色 土	10—15	90—85
耕 地	14	86
沙 漠	28—38	72—62
绿 草 地	26	74
新 雪	84—95	16—5
陈 雪	46—60	54—40

到达地面的太阳总辐射强度中，有一部分被地面反射而

返回大气，称为地面反射辐射。它的反射能力，可用反射率(α)来表示。反射率主要与地面特征和状态有关(表1)。

地面辐射差额有正负值。一般白天多为正值，夜间多为负值；在中纬度地带，夏季多为正值，冬季多为负值。

研究地面辐射平衡具有很大的实践意义。它不仅决定了土壤及其邻近空气层的温度，而且是形成小气候的重要因素。因此，有目的地改变地面辐射平衡，就可以改变气候——特别是农田小气候，使之向有利于人类的方向发展。

二、太阳辐射的周期性变化

由于地球的自转和公转，使到达地面的太阳辐射产生了周期性的变化，产生了昼夜交替和四季轮换。

(一) 太阳辐射的日变

地球自转一周需要23小时56分04秒。它在自转过程中产生了昼夜交替。自日出到正午，由于太阳高度角的增大，太阳辐射强度不断增强，单位面积上所得到的太阳辐射能也不断增加；从正午到日落，太阳辐射强度不断减弱，单位面积上所得到的太阳辐射能，也不断减小。夜间，太阳辐射强度等于零。这就形成了太阳辐射以一日为周期的日变化。

(二) 太阳辐射的年变

地球在自转的同时，还围绕太阳公转。地球公转一周需365日5时48分46秒。因地球公转时，地轴总是和公转轨道——黄道面呈66.5度的交角，所以地球和太阳每天都处在不同的相对位置上。每年的6月21或22日，太阳光直射于北回归线，这一天称为夏至。此时，北半球昼最长，夜最短，