



邓先瑞 主编

气候资源概论

华中师范大学出版社



气候资源概论

邓先瑞 主编

邓先瑞 汤大清 张永芳 编著

华中师范大学出版社

(鄂)新登字 11 号

图书在版编目(CIP)数据

气候资源概论/邓先瑞主编;邓先瑞,汤大清,张永芳编著.

—武汉:华中师范大学出版社,1995.10.

ISBN 7-5622-1551-0

I. 气...

I. ①邓...②汤...③张...

II. 气候资源—概论

IV. P46

气候资源概论

©邓先瑞, 主编

华中师范大学出版社出版发行

(武昌桂子山 邮编: 430070)

新华书店湖北发行所经销

通山县印刷厂印刷

责任编辑: 李新民

封面设计: 蔡跃华

责任校对: 张 钟

开本: 850×1168 1/32

印张: 9.75 字数: 244 千字

版次: 1995 年 10 月第 1 版

1995 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 7-5622-1551-0/P·6

印数: 1—1 000

定价: 9.00 元

本书如有印装质量问题,可向承印厂调换。

内 容 简 介

本书是系统介绍气候资源基本原理及其应用的著作。主要包括：绪论、气候资源的形成及物理基础、光能资源、热量资源、水分资源、风资源、二氧化碳、我国气候资源概况、气候资源的合理利用。本书可作为高等学校国土整治、地理、气候、资源、环境、农业等专业的教材或教学参考书，亦可供有关部门的工作人员和科研人员参考。

前 言

随着科学的发展和认识的深化,气候作为一种重要的自然资源已经得到确认。气候资源是指能为人类生存和生产发展提供可资利用的气候条件、物质能源及其潜在能力。它包括光照、热量、水分、空气及其运动等。它衍生出水资源,同时在很大程度上决定着土壤肥力、植物生长。因此,在具有实践意义的所有主要自然因素中,气候有着非常突出的作用;气候资源的合理开发和利用,正越来越引起广泛的重视和关注。

1985年,华中师范大学地理系创办了国土整治专业,决定开设《气候资源》课程,可是当时尚无同类教材可以采用,因此为解决燃眉之急,由邓先瑞拟定了教材编写提纲,草就了简要讲义。此后,本书作者分别在中南和西南陆续为国土整治和地理专业讲授过该课程,还为自然地理专业研究生在更深层次上介绍过有关专题。所以,现在奉献给读者的《气候资源概论》,是作者在教学和科研实践基础上,参阅有关研究成果,特别是近年涌现的论著,经不断修改、补充而编写成的。

本书力求反映学科领域的最新进展,并符合循序渐进的教学规律,使之具有科学性、先进性、实用性和可读性。全书共分九章:第一章介绍气候资源的基本概念、重要特性及研究意义;第二章阐述气候资源的形成因子及物理基础;第三章至第七章分别论述光能资源、热量资源、水分资源、风资源和二氧化碳等的理论及应用;第八、九章结合我国实际,概述中国气候资源的分布以及气候资源的合理利用。应当指出,由于气候条件既有作为重要自然资源的一面,又有带来不利因素和灾害的一面,因此本书虽注意到它们的联系,但着力点则是研究寓于气候条件之中的气候资源,以便最大限度地挖掘它的生产潜力。

本书的第一、二、三、四、五、七章由邓先瑞执笔；第六章由张永芳与邓先瑞共同执笔；第八章由汤大清(西南师范大学)执笔；第九章由汤大清与邓先瑞共同执笔。全书由邓先瑞统稿、定稿。

本书在编写和出版过程中,参考引用了许多学者撰写的论著和论文;得到了华中师范大学教学委员会及地理系教学分委员会、华中师范大学出版社的大力支持;受到西北师范大学陈仲全教授、西南师范大学王钟山教授、湖北大学汪富明先生、华中师范大学田松庆教授等的充分肯定和有力推荐;还得到华东师范大学周淑贞、张超教授的关心。此外,李新民、戴志松、唐柔明等先生为本书的编审付出了辛勤劳动;叶护平同志为本书清绘了插图;黄建武、蒲阳、张敏同志给予了帮助。在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免会有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

作 者

1994年4月于武汉:华中师范大学

目 录

第一章 绪 论	1
§ 1 气候资源的概念	1
§ 2 气候资源的特性	3
§ 3 气候资源研究的对象与任务	5
§ 4 气候资源对国民经济发展的意义	6
第二章 气候资源的形成及物理基础	9
§ 1 气候系统的概念与性质	9
§ 2 气候资源的形成因子	13
§ 3 下垫面的热量平衡	31
第三章 光能资源	57
§ 1 太阳辐射的计算	57
§ 2 光合有效辐射	68
§ 3 光照条件的一般分析	75
§ 4 光能利用率	87
§ 5 光合生产潜力	93
§ 6 充分发挥光能生产潜力的途径	99
第四章 热量资源	102
§ 1 概 述	102
§ 2 基点温度与界限温度	104
§ 3 积温及其应用	119
§ 4 作物生长期间的热量强度 与越冬期间的热量分析	139
§ 5 光温生产潜力	142
第五章 水分资源	150
§ 1 水的基本性质和农业意义	150

§ 2 降水量的分析	154
§ 3 蒸发力的求算	161
§ 4 干湿程度分析	170
§ 5 土壤水分的分析	175
§ 6 气候生产潜力	179
第六章 风资源	181
§ 1 风能的计算	182
§ 2 风能的利用	186
§ 3 风向资源在城市规划中的应用	192
§ 4 风与农业生产	200
第七章 二氧化碳	202
§ 1 碳素循环	203
§ 2 大气二氧化碳浓度的变化	206
§ 3 二氧化碳铅直输送方程与阻抗	211
§ 4 二氧化碳的农业效应	213
第八章 我国气候资源概况	220
§ 1 我国的光能资源	220
§ 2 我国的热量资源	225
§ 3 我国的水分资源	232
§ 4 我国的风能资源	241
第九章 气候资源的合理利用	244
§ 1 气候资源利用区划	244
§ 2 气候资源与种植制度	269
§ 3 山区气候资源的合理利用	280
附录 I	291
附录 II	293
附录 III	295
参考文献	296

第一章 绪 论

§ 1 气候资源的概念

气候资源是客观存在的一种重要自然资源。

自然资源是一个动态概念，其涵义随着生产水平和技术的进步而不断扩大和深化。因此迄今并无一个统一的定义。日本学者坪井八十二认为，自然资源“可定义为在特定的经济结构中，适应于一定的技术发展阶段，在经济上可以利用的自然物质和自然能量”^[1]。联合国环境规划署（UNEP）曾把资源（自然资源）与环境（自然环境条件）联系在一起，视自然资源为自然环境的组成部分，认为自然环境中能为人类利用的部分就是自然资源，故定义为“在一定时间、地点的条件下能够产生经济价值，以提高人类当前和将来福利的自然环境因素和条件”。我国学者孙鸿烈的表述是：“自然资源是自然界形成的可供人类生活与生存所利用的一切物质与能量总称”^[2]。通常认为，自然资源是指自然界一切能为人类所利用的自然物质和自然能源，包括土地资源、水资源、矿产资源、海洋资源、生物资源以及气候资源等。不过，对于气候是否也是资源长期以来并不是人们都明确的，至少不像可以定价、可以买卖的矿产、土地诸类资源那么明确。

在本世纪 40 年代，美国著名气候学家 H.E. 兰兹伯格（Landsberg）曾以“气候是一种自然资源”为题发表文章，列举种种理由阐明气候应该是一种重要的自然资源^[3]，从而引起了各方面的关注，更促进了气候观测、气候资料的收集、整理和管理工作的进一步改善。目前，世界上不仅气候学家，就连大多数经济

学家在从事资源分析时，都能接受气候是资源的观点。

从现代科学技术观点看，气候是一种极其宝贵的自然资源。它是指各种气候因子的综合，包括太阳辐射和日照、热量、降水、空气及其运动性。它是地球上生命现象赖以产生、存在和发展的基本条件或能量来源。在自然界中，各项气候因子都有自己的特性，发挥着特有的功能，而且彼此间密切联系，对人类生存和经济发展起着特定的影响。太阳辐射是地球上生物代谢活动的能量源泉，也是气候发展变化的动力；由太阳辐射形成的热量资源，是所有生物生长发育不可缺少的基本条件，也是自然界中水分“三态”转化的动力；降水是地球上水分循环的核心环节，一切水分消耗都是由降水补给；空气中的各种成分多具有资源价值，是人类及一切生物生存不可缺少的基本条件；二氧化碳是光合作用的重要原料，空气运动则可调节和输送水热资源。看来，光、热、水、气都是非常重要的气候资源要素。由于各地气候资源要素及其相互配合的不同，就形成了各地气候资源的不同特性，进而也在一定程度上决定了农业结构、农作物的种类、种植制度以及产量的高低和品质的优劣。

气候，在对农业生产有实践意义的所有主要自然因素中是最活跃的，其重要性也往往更为突出。它在很大程度上决定着土壤的形成、土壤的水热状况、土壤中的微生物活动和其生长的植物。陆地上的水资源也是气候衍生出来的。因此，气候不仅直接而且也通过其它环境因子对农业产生重要的影响。有鉴于此，早在50年代前苏联学者就提出了“气候肥力”的概念^[4]。所谓气候肥力应理解为气候满足并调节植物生活所需要的光、热、水、气的的能力。嗣后，为了全面研究气候在农业上的生产效应，更有学者提出了“气候生产力”的概念，它是指作物最大限度地利用有利气候条件的生产效能和对不利气候因素的“抗性”两个方面的综合生产力。我国的研究工作还把气候肥力的概念渗透到其他学科中，例如土壤学家提出的土壤肥力的“生物-热力学观点”，指出“天时地利，

息息相关”，在土壤肥力中突出了“天气”这个重要因子；自然地理学者研究认为，气候肥力与土壤肥力的有机结合构成了土地肥力，这是土地的基本特性^[5]。

综上所述，我们认为气候资源是一种重要的自然资源，它是指在一定的经济技术条件下，能为人类生活和生产提供可资利用的光、热、水、风、空气等物质和能量。当然，估算气候资源丰歉的标准，并不像地下资源那么简单。因为能量增大有时并不一定就表示资源增多。同时，评价一个地区气候资源优劣时，不能单纯计算某一因子量的多寡，而要考虑光、热、水、气等资源要素的综合状况和季节分配。

§ 2 气候资源的特性

气候资源的基本特性，概括起来有以下几点^[6]。

一、气候资源各组成因子的相互制约性和不可代替性

光、热、水等各因子不仅有各自的特性功能，而且互相联系、互相影响、互相制约。它们的综合作用构成一定地域气候资源的本质特点。通常，一种气候因子的变化会引起另一因子的相应变化。例如，降水量多的地区太阳辐射弱；辐射强的季节温度较高；降水量多的时期比降水量少的同期温度偏低等。但各因子对农作物来说是同等重要不可代替的。它们都是作物有机体生命活动的基础，对作物生长、发育、产量及产品质量的形成有着决定性的作用。

二、时间分布上的节律性和波动性

由于气候资源受天文地理等因素的制约，地球上大部分地区在行星-宇宙因素的综合作用下，都表现出寒来暑往、昼夜轮回的循环往复现象。气候资源具有明显地随季节而变化的周期性节律。光、热、水等因子，一般稳定地进行有规律的周期性循环变化。从总体上说，气候资源是一种无穷无尽、循环不已的可再生性资源。

但这种周期性节律循环并不是一成不变的固定模式，除了有小的气候波动和变化外，有时还会出现异常变化，即短期内气候因子的起伏振动偏离平均状况较大，对人们的生产和生活带来多方面的影响。

三、地域分布上的差异性和不平衡性

由于太阳和地球的位置及其运动特点，地球表面的海陆分布及地形、地势等下垫面的特性不同，造成光、热、水等的不同分布，形成资源的数量及其配合的地区性和不平衡性，并且造成季节分配的差异性。从而形成不同的气候类型。例如，在我国季风区，表现出离赤道越近，纬度越低，热量和水分则越充足；相反，离赤道越远，纬度越高，热量和水分亦逐渐减少。就一个小地域范围内来说，由于海拔高度不同，辐射、温度、水分等气候资源的差异也可能很大；而且因海拔高度不同引起的气候差异往往比纬度不同引起的气候差异更显著。

四、常年的有限性和长远的潜在性

一个地区每年的光、热、水资源是有一定数量的，如每年有一定的积温、降水量和总辐射量。气候资源尽管年年都可以得到，但是在一定的科学技术条件下，人们对它的认识以及开发利用的能力是有限的，这就表现了气候资源的有限性特点。然而，随着科学技术的发展和生产条件的改善，采用先进的农业技术措施，培育优良的品种，就能不断提高光、热、水的利用率，达到增产的目的。就这点而言，气候资源对农业生产发展的潜力又是巨大的。

五、气候资源和土地、生物资源的相互依存性

气候、土壤、植物构成一个整体。若没有肥沃的土壤与优良的作物品种，或者它们不与气候条件相配合，也就发挥不出气候资源的优越性，产量也难提高。因此，只有不断培肥地力，在耕地及非耕地上适地适种，多种经营，气候—土壤—作物三者协调，才能达到高产、稳产、优质的效果。

§ 3 气候资源研究的对象与任务

随着人们对气候资源研究的不断深化,现已初步形成了一门介于气候学与自然资源学之间的新兴交叉学科或边缘学科,即气候资源学。它是研究气候资源的形成、分布、演变规律及合理开发利用的一门科学。其研究范围与涉及的领域非常广阔,既研究气候资源要素的数量、质量、发展变化、空间分布及综合开发利用,又涉及到环境保护、资源管理、国土整治、能源开发、水利工程、生产布局、城镇规划乃至国民经济和社会政治的各个领域。气候资源研究的主要内容包括:气候资源的形成及物理基础;光能资源、热量资源、水资源、风能资源、空气资源等气候资源要素的分析评价与应用;气候资源的时空分布和变化;气候资源的综合开发与利用。

气候资源学与气候学及自然资源学关系最为密切。它要运用气候学的基本原理来阐明其资源的形成、分布与变化规律;同时它又为气候学的各个应用领域,包括工业、农业、交通运输业、建筑业、旅游业等提供物质和能量。气候资源作为自然资源的重要组成部分,它与自然资源及其它组成部分,包括土地资源、水资源、生物资源等,都是相互联系、相互依存的。此外,气候资源学与物理学、化学、生物学、地理学等也有密切关系,它一方面要广泛应用这些基础学科的基本理论,另一方面又可拓展基础学科的应用领域。

气候资源研究的主要任务,可大体归纳为如下几个方面:

1. 摸清光、热、水、风、大气成分等气候资源要素的数量、质量及时空分布状况。
2. 研究气候资源各组成因子之间的关系,掌握它们相互之间组合的变化规律。
3. 揭示气候资源的特性,分别鉴定气候资源对农业及其它国

民经济部门的影响和作用。

4. 研究气候资源的形成、演变及发展趋势。
5. 提出合理利用气候资源的途径和措施,以充分挖掘其潜力。

§ 4 气候资源对国民经济发展的意义

气候资源研究对于发展国民经济有着重要意义。尤其是对于农业更为突出。因为农业生产本质上是生物的生产,而农作物生产构成农业生产的核心内容。在一定地域内,农作物生长、发育及产量形成,整个生产过程的每一个环节都与气候条件分不开。气候资源是作物光合作用所需要的热量、能量、水分及二氧化碳等的源泉。在农业领域把气候资源称作农业气候资源,它是指一个地区的气候条件对农业生产所提供的自然物质和能源及其对农业生产发展的潜在能力。因此,研究气候资源与农业生产的内在联系,可以为合理调整作物和品种布局服务,为改革耕作制度、科学引进优良品种、合理规划农业提供科学依据,从而达到充分挖掘气候潜力、促进高产稳产的目的。

气候资源对于工业、交通等各业也具有不可忽视的作用。在工业中,水、气(氧、氮、氢、二氧化碳等)、风能、太阳能等要靠气候资源供给,某些精密工业和特殊工艺需要在一定的气候条件下才能完成;工业“废气”也要借助于大气进行输送和排放;在交通运输中,航空线路的选择,水运中利用水流随季节的变化,以及洪水、积雪、冰冻期等对交通运输的影响等,都与气候条件密切联系;在建筑业中,房屋结构、用料、型式、窗户采光、保暖降温等,均受气候条件的影响。显然,气候也是这些部门可供开发利用的资源。

此外,气候资源研究也可为国土整治(国土资源的开发、利用、保护、治理)提供依据。

(1) 保护气候生态环境是国土整治的重要内容。我国是季风

气候显著的国家，东南季风的强弱与农业生产关系十分密切。东南季风强盛的年份，往往北涝南旱；东南季风弱的年份，往往北旱南涝。季风的多变，影响到雨量的地区分布年年有变化，只有少数年份可以说是“风调雨顺”。我国广大地区生态环境很脆弱。所以，重视研究气候生态环境及其演变规律，提出改善和保护生态环境的战略对策和措施，协调人与气候环境的关系，是至关重要的。

(2) 根据不同气候类型，提出各自的土地利用发展方向，是国土整治的一个重要课题。据研究^①，我国不同气候资源区的土地利用发展方向各不相同：①东南气候资源密集的森林区。这里水分资源和热量资源都很充足。山区面积辽阔，气候多样，发展以林为主的综合经营大有可为。特别是各河、溪的上游，山高坡陡，更有必要建立水源自然保护区。但在有利于开辟水田的地区仍可适当发展水田。②气候资源密集的平原区。以农为主但需多种经营。如利用四旁地和空地育林。此外，该区大量种草发展牧业也是大有可为的。③气候资源稀疏的草原区。在有水源情况下发展农业是可行的，但需要适当的林业配合。在森林强大保护下，农业才能在气候资源稀疏的困难条件下夺取高产。这些地区的草原如能改善，可形成干旱气候背景下的小型气候资源密集区。④气候资源偏态的荒漠区。荒漠严重缺乏水分资源，却有丰富的辐射资源和热力资源；高寒荒漠则严重缺乏水分和热量资源，却有一定的辐射资源。因此，荒漠的气候资源利用，着重于单项的利用，如日光能的利用。我国西北除有水源的绿洲外，还有大量非农业用地及 109.5 万平方千米的沙漠和戈壁，这里光能潜力巨大，具有建设为日光能采集区的极好条件。

(3) 坚持气候资源利用的最优战略，应是国土资源利用的重要原则。在气候资源开发利用中存在着两种战略，即“边沿战

① 朱明道、张家诚：国土利用的几个气候问题，《国土研究班讲稿选编》，1982。

略”和“最优战略”。例如，在极左思潮泛滥时，曾片面推广粮食生产，把少数粮食作物品种及复种制度向气候条件勉强可行或根本不行的地区推广，结果由于迫近气候边沿，早稻播种受低温连阴雨影响，造成大量烂秧，晚稻则受寒露风影响，造成空壳减产。同样，我国柑桔在气候“边沿”地区盲目扩种，出现了“南黄北冻”的问题。相反，对于农业气候资源的利用，采用最优战略，就会取得很好的效果。四川省在1977年考虑到低温、多雨、寡照等气候条件不利于晚稻生育，果断压缩双季稻三熟制面积，改为稻麦两熟制，获得了显著增产效果。据研究，我国柑桔生产如果选择最优的气候资源区（如三峡、川南及山区中小气候适宜地方），则柑桔无论在质量上和数量上都会有很大提高。应当强调，我国国土辽阔，气候资源丰富多样，任何作物都有可能找到最优气候条件的地方，而不必处处求全。同一地区对于某种作物只能勉强适应，属“边沿地区”，但对另一种作物则可能是“适宜地区”。如果勉强利用气候边沿，其结果不但浪费了大量人力、物力，而且实际上也破坏了最优利用的可能。因此，在气候资源的利用上，必须排除任何形式的“边沿战略”，坚持在“最优战略”指导下去制定各种作物布局规划和调整方案^[7]。

第二章 气候资源的形成及物理基础

§ 1 气候系统的概念与性质

气候的定义众说纷纭，但大体可概括为两大类。一类认为一地的气候就是该地长时期内天气状态的综合反映；另一类认为一地的气候就是该地在长期内的大气平均状态，或气候是长时期内的大气的统计状态^[7]。气候与天气（某地短时间内的大气状态）既有联系又有区别。与天气相比，气候更具稳定性，有着更广泛的内容，更深刻地反映了大气状况的规律性。

70年代以来，运用系统理论的观点，世界气象组织（WMO）正式提出了“气候系统”这个新概念。它是由大气圈、水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈五个相互作用的子系统组成的庞大系统（图2-1）。太阳辐射是这个系统的主要能源，该能源受到不同下垫面特性的制约，使各地区加热不均，热量分布的不均启动了大气的流动以及洋流的产生，风和洋流又把热量（水汽、能量等）从盈余区输送到亏损区，从而引起了对流层的温度分布调整，又导致风和洋流的变化……。气候系统就是在这样一系列的复杂过程中，通过各个组成部分之间物质交换和能量交换而互相关联着，并在不同时间尺度内变化着。气候系统可表征气候资源的特点和形成过程。

大气圈指包围在地球表面的气体层。它是气候系统中最活跃、最容易变化的部分，其中的对流层是气候变化的舞台。当外界热量输入发生变化后，通过铅直的和水平的热量传输，大约在一个月之内即可调整该层的温度分布。