

农业气候学

主编：程德瑜

编者：高安 古建泉



NONGYE QIHOU XUE

气象出版社

气象出版社

农业气候学

主编 程德瑜

编者 高 安 古建泉

气象出版社

(京) 新登字046号

内 容 简 介

本书系统阐述了农业气候学的基本原理和研究方法,介绍了有关实例。全书共分七章,第一章概述,第二章农业气候指标及其确定方法,第三章农业气候资源分析,第四章气象灾害的农业气候分析,第五章作物种植的农业气候分析,第六章农业气候区划,第七章农业气候资料的收集、整理。书后还附有与本书相配合的实习指导。本书是气象中等专业学校农业气象专业学生使用的教材,也可供从事气象、农业气象、应用气象工作的初、中级技术人员和其它有关专业人员参考。

农 业 气 候 学

主编 程德瑜

编者 高 安 古建泉

责任编辑:黄 健 终 审:徐 昭

封面设计:牛 涛 责任技编:席大光 责任校对:王 旭

*

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京昌平环球印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 23.5 字数: 577千字

1994年3月第一版 1994年3月第一次印刷

印数: 1—2000

ISBN 7-5029-1655-5/P·0672(课)

定价: 11.15元

前 言

本书是以1990年颁发的气象中等专业学校农业气象专业教学大纲为依据，在编者过去讲授农业气候学讲义的基础上，参考国内有关专著、科研成果、院校教材和基本农业气候资料等编写而成的。

全书共分七章，第一章概述了农业与气候的关系、农业气候学的任务、研究方法及其发展概况；第二章主要介绍了国内农业气候指标的确定方法；第三章对影响农业的主要气候因子——光、热、水的农业气候学原理和农业气候分析方法做了较详细阐述；第四章扼要介绍了主要气象灾害的农业气候分析方法；第五章阐述了主要作物种植的农业气候分析方法；第六章对农业气候区划的任务、作用、区划原则方法等做了较详细讨论，并通过各类区划的实例，加以论证；第七章详细介绍了农业气候资料的收集和整理的方法。书后附有与本书相配合的农业气候学实习指导。

本书主编是安徽省气象学校程德瑜，编者有南昌气象学校高安、湛江气象学校古建泉。程德瑜编写了第一、第二和第六章，高安编写了第三章一、二节和第四、第五章，古建泉编写了第三章三、四节和第七章。由于编者水平有限，编写时间仓促，书中内容难免有误，恳请读者批评指正。

在本书编写过程中，李世奎、吴崇浩、吴玉雪、李伟光、涂悦贤、黄纯洁等同志提供了许多资料；曲曼丽和张养才同志在初稿审定时，提出了许多宝贵意见。同时，得到了国家气象局科教司普教处，安徽省气象学校、南昌气象学校和湛江气象学校的大力支持，在此，致以诚挚的谢意。

编者

1992年1月

目 录

前 言

第一章 概 述	(1)
第一节 农业生产与气候.....	(1)
第二节 农业气候学及其任务.....	(2)
第三节 农业气候研究的基本原则.....	(3)
第四节 农业气候学发展概况.....	(6)
第二章 农业气候指标及其确定方法	(9)
第一节 农业气候指标.....	(9)
第二节 农业气候指标的确定方法.....	(13)
第三章 农业气候资源分析	(43)
第一节 农业气候资源.....	(43)
第二节 热量资源分析.....	(44)
第三节 水分资源分析.....	(75)
第四节 光能资源分析.....	(109)
第四章 气象灾害的农业气候分析	(135)
第一节 旱、涝的农业气候分析.....	(135)
第二节 低温冷害的农业气候分析.....	(154)
第三节 霜冻、冻害的农业气候分析.....	(164)
第四节 干热风的农业气候分析.....	(179)
第五节 其它灾害的农业气候分析.....	(188)
第五章 作物种植的农业气候分析	(196)
第一节 作物的气候生态适应性.....	(196)
第二节 作物农业气候分析.....	(209)
第三节 多熟种植的农业气候分析.....	(211)
第四节 引种、扩种的农业气候分析.....	(217)
第五节 多种经营的农业气候分析.....	(223)
第六章 农业气候区划	(233)
第一节 农业气候区划的概念、目的、任务及其作用.....	(233)
第二节 农业气候区划的种类.....	(236)
第三节 农业气候区划的原则、步骤.....	(238)
第四节 农业气候区划的基本方法.....	(242)
第五节 县级农业气候区划.....	(249)
第六节 农业气候区划实例介绍.....	(258)
第七章 农业气候资料的收集、整理	(286)
第一节 农业气候调查.....	(286)

第二节 农业气候资料的审查.....	(293)
第三节 农业气候资料的序列订正.....	(296)
第四节 农业气候资料手册的编制方法.....	(309)
第五节 农业气候资源图.....	(312)
第六节 局地气候考察.....	(316)
主要参考文献.....	(330)
附：农业气候学实习指导.....	(332)

第一章 概 述

农业的高产、稳产、优质、低耗是受多方面因素影响和制约的。除与种植面积和农业政策有关外，还决定于作物品种、肥料、灌溉、劳力、畜力、机械、农药以及农业技术等。农业生产是在自然条件下进行的生物再生产过程，在相当大的程度上受气候和土壤等自然条件的影响。气候和土壤是农业基本的和最重要的因子，它们是产量形成的首要和必然条件。但土壤形成和不同地区土壤水热状况的季节变化特点，在很大程度上决定于气候条件。因此，在对农业有实践意义的自然因子中，气候起着主导作用。

第一节 农业生产与气候

农业生产和气候条件的密切关系表现在：气候对栽培作物的种类、品种、熟制、种植方式、作物结构的地理分布（纬度、高度）起重要作用；气候条件对作物生育、产量、品质的形成有极大的影响；气候决定当地农业生产季节、农事安排、农业技术措施的采用、播种期、收获期以及管理特点等等；通过不同农业措施可以调节、改善以至局部控制、改造农田小气候。

我国幅员辽阔、地形复杂，气候类型丰富多样，因而各地有着不同的作物种类、品种和熟制。例如，我国热带作物橡胶、椰子、咖啡、可可、油棕等，分布在全年无冬、年雨量大于1500毫米、平均极端最低气温在 5°C 以上，最冷月平均气温在 15°C 以上的地区。在这些地区，水稻可一年三熟。亚热带作物柑桔、茶、毛竹、油桐分布在平均极端最低气温在 -9°C — -10°C ，最冷月平均气温 0°C 以上，年雨量在800毫米以上的秦岭、淮河以南地区。这些地区不同生态型作物（喜温、喜凉）配合，一年可两熟、三熟。而秦岭、淮河以北地区，则以旱田为主，一年两熟或两年三熟。东北、西北、内蒙古等地，则一年一熟；黑龙江省的北部，最冷月平均气温达 -25°C 以下，平均极端最低气温低于 -40°C ，只能种植特早熟耐寒的喜凉作物春小麦和马铃薯等。

农业气候的垂直差异也影响农业的垂直分布。例如，我国云南省地处低纬度高原，受横断山脉的海拔高度影响，“立体气候”显著，山麓、河谷为热带、亚热带气候，山腰为温带、寒温带气候，而山顶则为寒带、高山苔原气候和雪山冰漠气候。因为云南省具有我国各地的气候特点，所以植物和农作物的种类极多，素有“天然植物园”之称。这正是气候垂直差异对农业垂直分布的影响。

气候条件对作物的生育和产量的形成有很大的影响。由于作物生育需要一定的热量、适宜的水分和充足的光照，所以光、温、水等条件配合得愈好，作物生育状况就愈好，产量也就愈高。例如，西藏农区的河谷地区，小麦生育期间白天太阳辐射强，温度处于光合作用适宜范围，又无高于 30°C 的高温，因此，只要合理灌溉，就能高产。如1977年西藏日喀则农科所

在0.07公顷面积上，获得春小麦832.4公斤的高产纪录。

气候条件对农产品品质的影响也很大。由于农作物生育期的降水多少、温差大小，以及紫外线含量的高低等对产品品质形成影响颇大，所以在一定气候条件下，往往形成农作物产品特有的品质。例如，我国北方冬小麦成熟期间太阳辐射强、气温高、空气干燥，有利于冬小麦籽粒中蛋白质的积累；而南方冬小麦成熟期间，多阴雨天气，湿度较大，成熟缓慢，淀粉含量高。又如，稻米灌浆成熟期间夜温低，有利于米粒玻璃质的形成，米质好，不易碎，所以我国北方稻米品质优于南方；同样南方晚稻米品质优于早稻米。我国西北部新疆，太阳辐射充分，紫外线丰富，温度日较差大，非常利于形成好的瓜果品质，吐鲁番的葡萄、哈密瓜，早已驰名中外。

气候条件对农作物的遗传性影响很大。作物在一定自然条件下长期生长，同化了生活环境中的某些条件，形成自身生育的要求。例如，起源于北方高纬度地区的冬小麦品种抗寒性强，要求长日照；起源于南方低纬度地区的水稻品种，感光性强，要求短日照。

气候条件对一些农业结构、生产类型、引种以及农业机具等都起着很大的作用。例如淮河、秦岭地带大体为年降水量800毫米的分界线，在此线以南是我国主要水田农业区，而此线以北则为我国主要旱地农业区。又如海南岛为三造水稻地区，由于全年日照时数为1750—2600小时，太阳总辐射约4600—5800兆焦耳/米²，日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温8500—9300 $^{\circ}\text{C}$ ，日平均气温稳定在15 $^{\circ}\text{C}$ 以上的日数亦在310天以上，岛上作物全年均可生长；而全岛年平均气温在22—26 $^{\circ}\text{C}$ 之间，岛的南部全年各月平均气温在20 $^{\circ}\text{C}$ 以上，其余地区也有9个月的平均气温高于20 $^{\circ}\text{C}$ ，仅月平均气温高于20 $^{\circ}\text{C}$ 月份的热量就完全可以满足三造水稻的要求。在引种、育种和扩种时，必须要了解作物的特点和适应范围，原产地的气候特点；以及本地区的气候规律，才能有效地利用气候资源。这类成功例子不少，如在青藏高原海拔1500—4500米处，克服冬旱、风冻对冬小麦越冬的威胁，成功地引种并发展了冬小麦（肥麦）等。

总之，农业生产与气候是有紧密联系的，而且是辩证统一的整体。气候资源对农业生产来说是可更新资源，只要充分发挥人的主观作用，不断揭示各地农业气候特征，认识和遵循客观规律，趋利避害，就能最大限度地利用气候资源的潜力。

第二节 农业气候学及其任务

一、农业气候学

农业气候学是研究农业生产与气候条件（包括土壤气候）之间相互关系及其规律的一门科学。通过研究农业生产与气候条件之间的定量关系，分析地区间农业气候条件的差异及其对农业生产的利弊程度，评定地区气候资源的农业生产潜力，为充分合理地利用气候资源，最大限度地避抗不利气候的影响，为农业高产、稳产、优质、低耗提供科学依据。因此，农业气候学是农业气象学的重要组成部分，也是应用气候学的一个重要分支。

农业气候学与生物学（包括农学）、地学（土壤、地貌、水文、地理……）、天文学、生态学、地球物理学（气象学、气候学等）、数学等关系密切，并运用这些学科的成就和方法，开展农业气候的研究。

二、农业气候学的基本任务

我国地处欧亚大陆的东南，幅员辽阔，地形复杂，气候类型多，农业气候资源丰富，农业生产潜力大。但是，我国气候大陆性和季风性强，气候的年际变化大，气象灾害频繁，对农业的稳产高产极为不利。为了合理布局农业，改革耕作制度，有效地开垦荒地，成功地引进和培育优良品种，建立合理的农业生态系统，实现农业现代化，必须充分认识我国各地气候规律和农业生产特点，以及它们之间的相互关系，研究不同气候区域的农业生产潜力，进行科学的农业气候区划，为制定农业规划提供依据。因此，农业气候学的基本任务可归纳为以下几个方面：

- (1) 研究农业对象（农、林、牧）及其生产过程对气候条件的具体要求和反应的规律。
- (2) 研究农业气候资源分析和区划方法。
- (3) 农业气象灾害发生规律和防御灾害措施的研究。
- (4) 农业气候变化对农业影响的理论和对策的研究。
- (5) 农业地形气候及其开发利用的研究。
- (6) 农业气候资料处理和服务方法的研究等。

第三节 农业气候研究的基本原则

农业气候研究的对象是生物有机体与气候条件的综合。气候条件和生物有机体都具有较大的可变性。任一地区的气候是由很多因子决定的，而且还有年际变化；作物的特性及其生态适应性也是多种多样的，农业生产和气候的关系又具有各种组合。因此，针对不同农业生产对象及生产过程，研究如何充分合理地利用气候资源，克服和战胜不利气候因素，是一个复杂的问题，必须遵循以下基本原则：

（一）密切结合农业生产的原则

农业气候研究要从农业生产实际出发，深入调查研究，抓住农业生产中的主要农业气候问题，做到目的明确，任务具体，有的放矢。

（二）生存因子的同等重要性和环境因子的非同等重要性的原则

作物生活在自然条件下，受各种外界环境条件的影响，但在其生育和产量形成过程中，要求一定数量的光、热、水、气条件，而且对这些气候条件的要求是同等重要的，不可代替的。很难设想，没有水而用增加光、热来代替。这些对农作物生育和产量形成发生重大影响的因子称之为“生存因子”或“基本因子”。这些因子数量多少的变化，都会对农业生产产生很大影响。如水分过多，农作物会遭受涝害；温度过低，会造成冻害或冷害，而湿度、风、云雾等因子在一般情况下，只起加强或削弱基本因子的作用，称之为“影响因子”或“环境因子”，只有在作物某些生育期，且其数量又达到一定程度，或与其它条件配合，才能对作物造成不利的影响，严重时引起灾害。因此，在农业气候研究中，必须注意区分生存因子和环境因子，遵循生存因子的同等重要性和环境因子的非同等重要性的原则，着重考虑那些对作物生育和产量形成有决定意义的因子。

(三) 农业气候相似的原则

在气候学中有“气候相似”学说，按其理论，将植物从一地移植到另一地，需严格考虑地区的气候条件相似。如热带气候条件下的作物只能移种在热带地区。这一学说对作物的引种、扩种起到一定作用。但是，在实际生活中，往往发现在不同的气候条件下能生长同种作物（品种），而有时在同一气候类型的两地，却不能种同一种作物。

李倬在安徽省茶树分析中*指出：蚌埠、合肥、六安等地属同一气候区，从三地“气候相似”来看，基本可以满足茶树种植的要求。而实际上蚌埠极端最低气温多年平均值在 -10°C — -12°C ，不能保证茶树安全越冬；同时3—4月春茶生长期的干燥度为0.7—0.8，年干燥度为1.1—1.0；从湿度条件分析，蚌埠也不利于茶树生长（见表1.1）。

表1.1 月平均日照百分率、月平均相对湿度表

地 点	项 目	月平均日照百分率 $\leq 45\%$ 的月数	月平均相对湿度 $\geq 78\%$ 的月数
蚌 埠		3.0	2
合 肥		3.5	4
六 安		4.5	10
金 寨		5.5	7

从表1.1可见，蚌埠一年之内月平均相对湿度 $\geq 78\%$ 的月数，仅有两个月，是六安的1/5，而月平均日照百分率 $\leq 45\%$ 的月数仅有三个月，为六安的2/3，自然对茶树生长不利，而且品质极差。但是，六安由于湿度条件好，所产“六安瓜片”品质上等，闻名全国。

橡胶原产于热带雨林气候的南美亚马孙河流域，原产地的气候为高温、高湿、静风，50年代初在我国华南的热带—南亚热带地区，引种成功。我国华南地区的气候与原产地气候相比有很大的差异，大于 10°C 的积温少1500—2000 $^{\circ}\text{C}$ ，年平均气温低5—8 $^{\circ}\text{C}$ ，最冷月平均气温低10—14 $^{\circ}\text{C}$ ，年极端最低温度低15—20 $^{\circ}\text{C}$ ，年降水量少500—1000毫米，而且风速大。从“气候相似”来看，我国华南的一些地区不能种植橡胶。但是，我国华南的一些地区气候具有危害的高温少，日较差大，温度有效性高，同时降水量少，温度也较低，降水有效性也大的特点；加之，冬季干冷由于橡胶树适应性而出现了个休眠御寒期，加上防风林的建立，创造了橡胶生育的良好生态条件。显然，上述问题是气候相似概念不能解决的。

农业气候相似系指将作物、牲畜等，从一地区引入到另一地区，要考虑满足其生育和产量形成的生存条件的相似。对农业来说，地区条件的相似不能仅根据一般的气候条件，而且要根据对农业生产有决定作用，对作物生育和产量形成有决定性意义的气候因子相比较来确定。

我国水稻种植，从热带的台湾、海南岛，到寒温带黑龙江的黑河。尽管冬季极端最低温度平均值相差极大，大于 10°C 积温从2000 $^{\circ}\text{C}$ 到9000 $^{\circ}\text{C}$ ，年降水量从小于600毫米到大于2000毫米。但是水稻生育期，尤其是要求热量较高期，南北温度相近，6—8月的平均气温在 20°C 以上。可见，在这些不同的气候带中，对水稻的生育是满足了“农业气候相似”条件。必须指出，由于南北纬度差异大，湿度和日照悬殊，品种选择上应认真考虑。

因此，在进行引种、扩种、作物种植布局等方面研究时，必须遵循农业气候相似原理，

* 安徽省气象学会、会刊，1963年。

才能大大提高气候资源利用率和经济效益。

(四) 考虑农业气候因子保证程度的原则

气候条件有着周期性的变化规律，在一定的地区有一定的平均状况。但气候条件的年际变化很大，给农业生产带来极大困难。因此，在农业气候资源分析和利用上，需考虑一定的保证程度，通常应用概率和保证率来反映农业气候因子年际变化的特点和对农业的保证程度。一年生的经济作物保证率应大于80%，而多年生经济价值高的作物要求保证程度更高些，往往大于90%。在农业气候研究中，不仅计算气候要素值，而且要计算保证率的大小来反应当地农业气象条件的年际变化及其对农业生产的利弊程度。

(五) 着重考虑气候对作物生育和产量形成起决定作用的关键时期和关键因子的原则

作物生育和产量形成过程中要求一定的气候条件，不同地区的气候条件满足作物要求的程度不同，能满足作物要求的气候因子并不显得重要，而不能满足作物要求的气候因子则显得重要，往往对作物生育和产量形成影响很大，这种气候因子称之为关键因子。如安徽省皖南双季稻晚稻在抽穗开花期要求一定的温度条件，一般要求日平均气温大于20℃，而该地区的气候特点，常有秋季低温冷害，群众称之为“桂花寒”，即日平均气温小于20℃的情况，晚稻形成“翘穗”、“包头”和“万年青”现象，对产量影响甚大。可见，温度是“关键因子”，晚稻抽穗开花期则是“关键期”。因此，在农业气候分析时，寻找关键因子和关键期，抓住那些对农作物生育和产量形成影响极大的因子深入研究，对于探讨作物生育和产量形成与气候条件之间的关系是十分重要的。

(六) 利用“气候效应”的原则

在农业地形气候分析和小地区的农业气候研究中，不仅要注意小气候条件的差异，而且应利用“气候效应”为农业生产服务。王相文等利用“响洪甸水库效应”引种翠峰茶树获得成功，茶树生长旺盛，发芽早，芽叶氨基酸含量高，适合生产优质名茶。试制的“海岛银峰”，就产生了极好的经济效益和社会效益。程德瑜在分析巢湖地区农业气候条件与柑桔栽培时指出，巢湖南岸的巢县临湖，根据地形避冻选地栽培柑桔的办法，可选临湖背风向阳中间坡位作为柑桔试验栽培地段；而巢湖中的姥山岛可利用“湖岛小气候效应”作为集中试验点，实践证明是可行的。上海长兴岛利用“海岛小气候效应”试种柑桔成功等等都是利用“小气候效应”的成功事例。同时，利用人造小环境的“小气候效应”在橡胶防寒的研究方面也取得了可喜的成果。

(七) 农业气候资源开发利用的“最优化原则”

针对不同的农业生产对象，不同地区的气候特点，研究农业气候资源，达到充分合理利用的目的是一个复杂的问题。为了达到上述目的，使农业生产获得高产、稳产、优质、低消耗，应在农业气候资源开发利用上采取“最优化原则”。刘洪顺在研究豫北安阳地区培育的“中棉所10号”棉花品种时，经用该品种生育期——出苗至气温下降到20℃期间的积温、日照时数、降水量三个气候因子，用相似优先选择比方法得出优先选择的引种和扩种地区。这是农业气候分析最优化原则在引种和扩种方面的应用。

由于科学技术水平不断提高，作物品种的更新，农业技术措施的改进，以及气候的变化等等，所以在农业气候研究上必须用发展的观点来分析问题。

第四节 农业气候学发展概况

一、农业气候学发展简史

我国是世界文明古国之一，有着悠久的历史 and 灿烂的文化。在几千年农业生产的实践中，积累了丰富的农业气候经验，并记载于有关的农业书籍之中。

我国早在春秋时期已有节气和物候的记录。秦汉时期就有了二十四节气和七十二候的完整记载。北魏贾思勰的《齐民要术》一书记有根据节气和物候的规律掌握农时和利用物候预告农时的方法。

至今我们还可以见到这类农谚：“白露早，寒露迟，秋分种麦正当时。”——冬小麦（华北）；“椿树鼓，种秫秫。”（华北），“枣树发芽、种芝麻。”（山东）；“花见花，四十八”——指棉花开花到吐絮约四十八天左右（河北，山西）等等。这些农谚在农业生产实践中是有一定参考价值的。

欧洲在两千多年前的古希腊和罗马时代，也制定和颁发物候历。19世纪中叶以后，各国气候学者相继将气候学与农业生产结合起来。如前苏联A.N.沃耶伊科夫，П.И.伯罗乌诺夫、德国J.汉恩、A.苏潘、W.柯本等人联系植被、动物、土壤与气候，先后进行了全球或地区的气候分析与分类。19世纪末期，前苏联学者沃耶伊科夫和伯罗乌诺夫运用农业气候相似原则，成功地研究了前苏联的棉花、茶树的适宜栽培区域。1937年前苏联Г.Т.谢良尼诺夫等探索了世界农业气候区划。20世纪中叶以后，农业气候学开始形成体系，发展成为独立的学科。50年代至80年代初，随着生理学、生态学、气象学、数学等迅速发展和向农业气象学渗透，以及遥感技术、电子计算机在农业气候研究中应用，农业气候的研究逐步由定性描述转向定量分析，由单因子分析向多因子的综合分析发展。

我国现代农业气候研究工作始于20世纪初，1916年竺可桢指出：中国多熟制农业的形成，是各地温度、雨量不同的结果。20年代期间，他先后发表了许多农业气候、农业气象灾害等方面的论著。根据气候与农业的关系，提出中国气候的分区标准，并做出区划。随后涂长望等人先后做出结合农业的中国气候区划。50年代末期，广泛开展了农业气候调查，编制了全国农业气候资源图集和农业气象服务手册。60年代以后，对我国主要作物的农业气候指标、地区农业气候资源、农业气象灾害问题（如水稻烂秧、橡胶树的寒害和冻害、棉花蕾铃脱落等）等进行了专门研究。1964年竺可桢发表题为《论我国气候若干特点及其与粮食作物生产的关系》的论文，把光能列为农业气候资源，把农业气候体系的研究向前推进了一步。他根据长期物候观测记录进行了理论研究，与宛敏渭合作编著了《物候学》一书，指出美国A.O.霍普金斯定律的局限性，阐明物候变化的内外因素、物候研究的目的和作用。70年代末，为了配合农业自然资源调查与农业区划，广泛开展了光资源、热量资源、水资源和农业生产潜力的分析研究。各省（市、自治区）、县进一步开展了农业气候资源调查和区划。对小麦干热风、东北地区的低温冷害，杂交水稻的农业气候条件、柑桔冻害，以及东北平原、黄淮平原、黄土高原、长江三角洲、海南岛地区和亚热带丘陵山区农业气候资源的合理利用等进行了研究。与此同时，还进行了稻、麦、棉、大豆、甘蔗、柑桔、茶树等作物的农业气候区划。

二、我国农业气候研究的现状

我国农业气候研究的现状和特点可归纳为以下几方面：

(1) 农业气候研究对象已大大拓宽。随着我国国民经济改革、开放、搞活的深入发展，商品经济的活跃，农业气候研究对象也因而大大增加，除粮食作物，各地根据当地商品生产的特点，还进行了牧业、渔业、副业的“名、特、优”商品和城市蔬菜等方面农业气候分析研究，不但大大丰富了农业气候研究内容，而且还为振兴地方经济做出了贡献，为开展农业气候专业服务打下了基础。

(2) 农业气候指标的研究不仅综合考虑气候因子对农业的综合影响，而且农业气候指标开始向客观化、程序化的现代科学技术迈进。如农业气候指标研究中，在选择优化的气候因子时，广泛应用了计算机。

(3) 在丘陵山区的农业气候研究方面给予了应有重视，并得出可喜的成果。全国各地对山区农业气候资源合理利用和保持生态平衡引起重视，除应用不同海拔高度气象资料和农业资料进行山区农业气候资源分析外，还开展不同地形、坡向等农业气候考察和定点观测，并进行了山区气候资源合理利用的评价。这些工作不仅对山区农林牧业合理配置和保护生态平衡方面提供了科学依据，而且对促进山区经济振兴具有实际意义。

(4) 农业气候区划方法上有了新的进展。在农业气候区划方法上，不仅继续应用传统的老方法，而且努力探索新方法。这些新方法不仅考虑的指标多一些，综合面广一些，而且理论上更加完善一些，这和电子计算机的普及、遥感技术的应用有一定关系。如物候学方法，数学方法的聚类分析和模糊数学、线性规划等，陆地卫星象片法等等。我国县级农业气候分析和区划的经验极为丰富，有许多特色，是值得进一步总结的。

虽然我国的农业气候研究具有自己的特色，而且进展较快，但与世界先进水平相比仍有不小的差距。主要有：

(1) 我国对影响作物生育和产量形成的气候因子之间的关系，主要通过调查和平行观测资料分析，建立半经验关系模式，缺乏系统的严密的田间试验和室内实验，不容易反映农业与气候间的深刻关系。因此，加强农业气候生态模拟与应用模式的研究是势在必行的。

(2) 我国广大干旱、半干旱地区农业气候研究进展缓慢，而丘陵山区农业气候资源合理利用研究方面也存在观测条件和实验手段欠缺，人力、物力分散，影响研究进程。因此，进一步开发和应用卫星遥测和计算机技术也是势在必行的。

(3) 常规监测仪器的更新研制，向自动化、综合纪录化和遥测化改进，才能缩小农业气候研究上观测仪器和设备的差距。

(4) 加强基础理论研究。这方面很薄弱，如开展土壤—植物—大气系统的微气候模拟等的研究。

(5) 开展农业气象灾害发生规律和防御减灾措施的研究，以及气候变化对农业影响的理论和对策的研究。其中包括人类活动的气体排放对我国农业生产和生态环境影响的研究。这方面我国起步晚、差距大。

三、国外农业气候研究的特点、动态和方向

世界气象组织所设 8 个技术委员会有农业气象委员会（简称 CAGM），成立于 1913 年，

一般每四年开一次会议。在1972年召开的第六届农业气象委员会上组织了农业气象小组，并强调粮食生产和天气、气候的关系是一个极端重要的世界问题。

从荷兰、美国、日本、前苏联等国家农业气象研究的特点中，不难看出农业气候研究的动态和方向，可归纳为以下几个方面。

(1) 农业气候研究的数学化。农作物生育和产量形成与气候因子的关系，通常可以建立完整的生长模式。模式繁简各异，而其基本思路都是利用基本观测资料以及平行观测资料，用数学函数模拟作物主要生理生长过程，经过计算机模拟调试参数后而建立。如荷兰的经典模式，美国作物-环境资源系统的模式，日本堀江武型模式，以及前苏联统计——动态模式，都广泛应用了数学工具，向客观化和定量化发展。

(2) 农业气候研究的卫星遥感方法和观测自动化。由于卫星遥感和计算机技术的引进和开发，大大改进了农作物动态监测手段和气象资料的分析方法。如农业气象灾害的洪涝、干旱、霜冻、病虫害、森林火灾等，以及对作物种类、种植面积、生长势等的监测，进一步预测估产。同时，大力发展自动化，如日本建立了气象资料自动获取系统；美国建立了自动气象站、遥测自动气象站，同时将卫星遥感系统和地面自动气象站的资料直接输入业务系统中。这种发展趋势显然是与气象卫星和陆地卫星具有探测周期短，覆盖面积大，资料时效强、经济和易于取得等优点有关，必将逐步投入农业气候研究和业务应用之中。

(3) 农业气候研究规模日益扩大，研究对象向两极发展。农业气候研究的规模从个人研究发展到集体化、国家计划组织，现在向国际协作交流发展。例如，在菲律宾的国际水稻研究所，CAGM曾在8个国家11个总收集资料研究小麦-天气，日本于1987年出版了专题国际讨论文集《气候变迁与粮食生产》一书等等。农业气候研究的对象从点到面，从局部到地区、半球，甚至全球。在时间上，从小时到日、年，甚至到古代。例如，水稻的研究从实验室每小时低温冷害的分析，到应用全球卫星资料进行生产模式的计算；从当年水稻与气候关系的分析，到古气候模拟对水稻影响的探讨。

显然，现代气象科技的发展特点与趋势对农业气候研究有着很大的影响。

第二章 农业气候指标及其确定方法

第一节 农业气候指标

一、农业气候指标的概念

研究农业气候问题、鉴定与评价农业气候资源、进行农业气候区划、对农业技术措施进行气候论证等,必须了解农业生产对象在正常生育情况下,全生育期或各发育所需的气候条件;在不利的条件下,农业生产对象生育状况所发生的反应;整个农业生产过程的各个环节对气候条件的要求,即要确定两者之间的定量关系,而农业气候指标,就是这种定量关系的反映形式。

农业气候指标就是一定气候条件和生产水平下,表示农业生产对象的生育和产量形成以及农业生产过程对气候条件的要求和反映的数值或数学表示式。

农业气候指标的应用价值往往取决于指标的数量和质量,即取决于正确选择既能描述地区的气候特点,又能表达农业生产对象适应性程度的那些气候要素值。

二、农业气候指标的特点

农业气候指标不仅具有明显的地区性,而且受农业技术水平条件的制约。

(一) 明显的地区性

农业气候指标是在一定的气候条件下,反映农业生产对象和气候之间的数值关系。由于我国地域辽阔,气候复杂,作物在一个地区长期栽培下,因而对当地气候条件具有一定的适应性,所以,形成了作物对气候条件的要求和反映有地区性的差别。如作物播种期指标各地不同,棉花发芽温度指标为 10°C ,不受地区变化影响,但作为棉花播种的农业气候指标,则各地有所不同。在北方旱区,早春气温回升快。若棉花不及时播种,因失墒迅速,则不易保全苗,一般采用平均气温稳定通过 10°C ,相当于5厘米地温稳定通过 12°C ,作为棉花播种期的农业气候指标。在南方春季多阴雨的地区,由于气温回升缓慢, 10°C 开始播种,易造成棉籽腐烂或感染病害,不能保全棉苗,所以通常采用候平均气温稳定通过 14°C 作为棉花播种的农业气候指标。又如早稻播种的农业气候指标,由于华东地区比沿海地区的气温日较差大,水稻幼苗可以充分利用白昼较高温度,所以,一般采用日平均气温稳定通过 $10-12^{\circ}\text{C}$ 作为早稻播种期的农业气候指标;而沿海地区则通常采用 $11-13^{\circ}\text{C}$ 。显然,这种地区性的差异与当地天气气候条件有关。

(二) 农业技术水平条件的制约性

农业气候指标常用于在一定作物品种及农业技术水平条件下,所反映农业生产对象与气候之间的相互关系。即使同一作物不同品种之间,其指标也不相同。如水稻开花期低温冷害的农业气候指标,一般杂交水稻为日平均气温小于 23°C ,秈稻为日平均气温小于 22°C ,粳稻则为日平均气温小于 20°C 。可见,同一作物不同品种的农业气候指标是不相同的,粳稻抗

低温能力比籼稻、杂交稻要强。又如北京地区冬小麦生育期内需水规律的多年研究表明,产量在2250公斤/公顷以下的生产水平时,全生育期耗水量在250毫米左右;而产量水平在3950—4500公斤/公顷时,全生育期耗水量在300—400毫米左右;当产量达6000公斤/公顷时,耗水量在500毫米以上。可见,这种差异是因不同时期光、温、水条件对作物产量形成的非同等性所引起。又如郑步忠在江苏省淮河以南地区三麦生育后期水分条件分析中,发现在60年代以前小麦关键期降水量在90毫米以上为歉收年;而60年代以后,由于抗洪能力提高,歉收年降水量明显提高,可达120毫米以上。因此,不同生产水平下,作物的农业气候指标也是不同的。

综上所述,农业气候指标具有明显的地区性和农业技术水平条件的制约性。因此,应用农业气候指标时,必须考虑地区天气气候条件和农业技术水平条件,切勿生搬硬套。

三、农业气候指标与有关指标的联系及区别

在实际工作中,常常碰到与农业气候指标相类似的其它指标,如气候指标,农业气象指标,生物学指标等。要正确地使用这些指标,就必须准确地理解这些指标的各自特点,并加以区别。

(一) 气候指标

气候指标是反映地区气候特征的概括和表示;而农业气候指标则是反映农业生产对象对气候条件的要求和反应。农业气候学家虽然承认,气候对农业上的影响是它的整体,不完全是它的某个或几个要素;但同时又认为,这些要素在农业上的作用是不相同的,它们有轻重之别,所以农业气候指标可以只采用那些和农业关系最密切的要素为指标。因为气候特征是用种种气候要素值表示的,而农业气候也常用气候要素值表示,所以两者在表达形式上有共同之处,但实际上有着本质的不同。如中国科学院在中国气候区划上利用大于等于 10°C 活动积温做指标,将我国划分为六个气候带和一个高原气候区:1. 赤道季风气候带,积温在 9000°C 左右;2. 热带季风气候带,积温大于 8000°C ;3. 亚热带季风带,积温在 $8000—4500^{\circ}\text{C}$ 之间;4. 温暖带季风气候带,积温在 $4500—3400^{\circ}\text{C}$ 之间;5. 温带季风气候带,积温在 $3400—1600^{\circ}\text{C}$ 之间;6. 寒温带季风带,积温小于 1600°C ;7. 高原气候带,积温小于 2000°C ,每个气候带有相似的气候特征。农业气候指标也用大于 10°C 活动积温为指标,有人采用大于 10°C 活动积温 3800°C 以上为暖温带和冬小麦种植北界,及两年三熟界限的重要热量指标之一,它的不同之处在于包含了明确的农业意义。

(二) 农业气象指标

从广义来看,农业气象指标包括了农业气候指标,两者密切相关而又有区别,有时两者可以通用,有时两省必须区别对待。如对作物有害的低温或高温,在生产水平相近的情况下,农业气象指标和农业气候指标可以是一致的。但农业气候指标,为了保证农业生产的稳定性常采用80%以上年份得到保证的指标值,如晚稻安全齐穗期就是采用保证80%的年份在这个日期以前晚稻不受低温冷害而安全齐穗。

(三) 生物学指标

生物学指标是对作物生物学特征的定量表示。虽然农业气候指标必须具有生物学基础和农业意义,但是不等于说农业气候指标就是生物学指标。由于生物学指标通常在实验室或盆栽试验下取得,如生物学指标中的作物开始生长发育的温度指标,一般多在恒温条件取得,

有的虽做了变温等处理，但与自然条件下差异很大。有人曾做过试验，在10℃恒温下，棉花种子一个月也无发芽征状，而把恒温作适当调节，使其具有接近田间实际日振幅变化，平均值仍为10℃，一月后即有25%左右的种子发了芽。因此，反映农田自然条件下作物和气候之间关系的农业气候指标，在许多情况下应与生物学指标有区别。

四、农业气候指标的一般要求

根据上述农业气候指标的概念、特点、及其与有关指标的区别的讨论，对农业气候指标的要求可归纳为以下几方面：

(1) 农业气候指标必须在详细研究作物生长发育和产量形成与天气气候条件的基础上得出。指标应能表示大气物理过程与作物生育机能的相互关系。如表示作物发育速度与环境温度关系的有效积温指标，它不仅可以分析地区的热量资源，而且可以用以计算出多年的物候期。

(2) 农业气候指标所用大气候观测资料必须进行小气候订正。由于作物生长发育环境的气象条件与大气候观测资料有较大的差异，而且其关系复杂，所以严格地讲，必须进行一定条件下的小气候订正。订正方法常以大气候资料为基础，在典型天气条件下，进行小气候观测，以确定随下垫面状况为转移的气象要素场分布的地方性规律，从而求出相应换算关系，最后藉助所求的相应换算关系进行订正。

(3) 农业气候指标必须应用在一定程度上农业生产水平相近（如植株密度、品种类型、生长状况、土肥条件、技术措施等）的资料求算。

(4) 农业气候指标尽可能地采用综合指标。农业气候指标多采用两个以上的气候要素对作物的综合影响来表示，如程德瑜等（1964年）在对安徽省淮北地区冬小麦生育后期干旱风的研究中，首次提出“干热风”概念，并排除大气干旱和土壤干旱，在适宜土壤湿度条件下，采用综合农业气候指标 $K = \frac{C}{C_0} \frac{T}{R}$ ，式中 K 为干热风综合指标， C 为定时观测（13时或14时）的风速（米/秒）； C_0 为临界风速（3米/秒）； T 为同一观测时间的气温（℃）； R 为同一观测时间的相对湿度（%）。其中， $T \geq T_0$ （ $T_0 = 30^\circ\text{C}$ ）； $R \leq R_0$ （ $R_0 = 30\%$ ）。可见，干热风综合指标 K 为无量纲的纯数值指标。同时应用这一综合指标，研究了安徽省淮北地区冬小麦生育后期干热风的农业气候规律。又如积温反映了温度强度和持续时间对作物的综合影响；水热系数、干燥度等反映了蒸发量与降水量对作物的综合影响。

(5) 农业气候指标应力求计算简单使用方便。在农业气候分析和农业气候区划中必须统计分析逐年的气候资料，所以在确定指标时，应尽可能地与现有气候手册中的资料取得一致，以便减轻统计工作。

五、农业气候指标的一般表达形式和种类

（一）农业气候指标的一般表达形式

农业气候指标的表达形式很多，常见的有以下几种：

(1) 用气候要素值表示。如温度、降水量、太阳辐射总量等。

(2) 用气候要素值出现的日期或作物生长发育期出现的日期表示。如霜冻等灾害性天气出现和终止日期，某界限温度初、终日期、适宜栽播期等。