



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

普通农业气象学

● ●
刘汉中 主编

农业气象专业用

北京农业大学出版社

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教材指导委员会审定

普通农业气象学

刘汉中 主编

农业气象专业用

北京农业大学出版社

普通农业气象学

刘汉中 主编

责任编辑 高欣

北京农业大学出版社出版

(北京市海淀区圆明园西路二号)

北京飞达印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本 17.25印张 428千字

1991年5月第1版 1991年5月第1次印刷

印数：1—2500

ISBN 7-81002-194-X/S·195

定 价：5.25元

主 编 刘汉中(北京农业大学)

副主编 龚绍先(北京农业大学)

编 者 刁瑛元(北京农业大学)

陈端生(北京农业大学)

主审人 刘明孝(中国农业科学院)

内 容 简 介

本书系统、深入地论述了光、热、水、CO₂和风与农业关系的基本指标、规律和最新成果，较具体、广泛地讨论了大农业中作物、蔬菜、果林、畜牧和渔业气象问题及早、涝、冷、冻、热、干热风等农业气象灾害的规律和防御措施，并专设一章，深入浅出地讲述了各类农业气象模式。本书采纳了过去同类书籍之精华，并着重增添了80年代的新资料、新内容，它重视联系中国的农业实际又注意介绍国外经验。

本书内容丰富，条理清晰，适于教学，也很适于农业、生物、地理、气象等有关专业师生和高、中级科技人员参考。

前 言

本书为高等农业院校农业气象专业第一门专业课——普通农业气象学的基本教材。它概括地论述了光、热、水、 CO_2 和凤同农业生产关系的基本指标和规律，较具体地讨论了大农业中有关大田作物、蔬菜、果林、畜牧和渔业等气象问题，以及旱、涝、冷、冻、热、干热风等农业气象灾害的规律和防御措施。还专设一章讨论了农业气象模式。它采纳了过去同类书籍内容之精华，又增添了不少80年代的新资料、新内容，它重视联系中国的农业实际，又注意介绍国外经验。

普通农业气象学是农业气象观测和研究方法、农业气象预报和情报方法及农业气候学等专业课的基础，但不与这三门课的具体内容相重复。它是植物生理学、土壤学和气候学等的后续课，当涉及这些课程的有关基本知识如光饱和点、水势、柯本气候分类等时，一般直接应用，不再解释；为了避免与小气候学、微气象学内容的重复，本书较少涉及农、林小气候的一般规律与效应。书中涉及计量单位时，一般用符号表示，从书后附表可见各符号所表示的单位，公式中各参数的符号以章为单位统一，在不同章中同一符号可能代表不同参数。

本书于1989年开始编写，于1990年1月完稿。由刘汉中任主编，龚绍先任副主编。绪论、第一章及第二章的第1、3、4、5节由刘汉中编写，第二章第2节由刁瑛元编写，第三章由龚绍先、陈端生编写，第四章的作者是龚绍先。

本书蒙中国农业科学院研究员刘明孝同志审定，并由刘尔福同志绘图，特表谢忱。

编者 1990年1月

绪 论

一、农业气象学的定义、任务与特点

农业气象学是研究气象条件与农业相互关系及有关规律的一门学科。它一方面研究与农业有关的气象条件，如研究对农业有意义的、受农业生产对象(动、植物和微生物等)与过程影响、调节的气象条件的发生、变化和分布的规律；另一方面也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。我们所说的农业问题，不单指农业生产，而且包括产前的部署、准备和产后的收获、贮藏、运输、加工、销售等全部过程。农业气象学既研究农业气象指标、模式、规律、机制，又研究农业气象措施、仪器、装备、制剂等。而且上述两方面的研究往往需要彼此紧密的联系。

农业气象学的具体任务通常有：

1. 农业气象观测。利用常规与先进仪器(如遥感、激光、显微、示踪等)进行观测以及目测等，及时而准确地掌握农业气象条件的变化规律与特点以及农业生产对象与过程对有关条件的反应，并将有关数据存贮、输送、整理与初步加工，以供用户之需。这是各项农业气象工作的基础。

2. 农业气象预报与情报。包括农业气象灾害的情报、预报和警报，动植物病虫害的有关预报，物候预报，产量与品质的预报，农业措施(如播种、灌溉、收获、上市等)适宜期、量的预报和雨情、墒情、农情等情报。预报、情报的内容，不单针对农业

气象条件，而且直接针对产量、品质、病(虫)情，甚至涉及价格的预报。这些服务项目，有的以广播、电视、电话等形式及时通知用户，有的采用专家系统、人机对话形式，有针对性地及时解答用户的实际问题。

3. 农业气候分析、区划、规划与展望。据此，可以因地(含大小气候条件)、因时制宜地引用、推广、安排作物与牲畜等种类与品种，合理选用农作制度与措施，并可根据对气候变化趋势的展望，提前研究与建议相应对策。

4. 农业气象措施、手段的研究。如研究各种趋利避害、防灾增产的农业气象措施；研制防霜弹、保墒剂、增温剂、湿润剂、保鲜剂、泡沫防冻剂、农膜和冰核细菌防霜等各类农业气象手段；研究在不同气候条件下最合理有效地调控(包括自动调控)农田、园圃、保护地、畜舍、鱼池、运输与贮藏设施等小气候条件的手段与规范，并研究各种农业气象仪表与方法。

5. 农业气象指标、规律、机制与模式的研究及模式等准确性、有效性的鉴定。

总的来说，农业气象学是一门应用学科，为国民经济服务是它的宗旨，经济效益与社会效益是衡量其成绩的主要尺度。为了实现我国社会主义建设的宏图，实现四个现代化的目标，使国家繁荣昌盛，人民丰衣足食，奋斗在农业第一线的农业气象工作者，任务是极其光荣而艰巨的。

二、农业气象学与其它学科及农业实践的关系

农业气象学是广义农学(含农、林、牧、渔、农经等)与气象学之间的交叉学科。很难说它是气象学的一个分支或农学的一个分支，不如说它同时是这两个学科的分支。

农业气象学的友邻与基础学科很多，关系最为密切的有农学(含作物栽培学、果林学、畜牧学、植物保护学、土壤学等)、动

植物生理、生态学及气象学(含天气学、气候学、微气象学等)。

栽培学、畜牧学等,其研究对象相对于农业气象学来讲,比较专一,它们或针对作物,或针对牲畜,而农业气象学面向农、林、牧、渔各业。从手段来讲,栽培学等的手段较综合,如作物栽培学利用种子、土肥、气象、植物保护等多种手段来创造高产,而农业气象学只突出从利用、保护和改善气象环境角度来保证农林牧渔各业的丰收与高效益。

生理学研究生物与环境因子的关系和生理规律,与之不同的是,农业气象学属于农学与地学范畴,它侧重研究作为农业对象的某些生物与各种具体天气气候条件的相互关系;另外,农业气象学还要研究改善农业气象条件的措施与途径,而这大多不是生理学的内容。

生态学虽研究生物与环境以及生物之间的关系,但它侧重于生态型(实为基因型)与生态系统(竞争、演替、系统、生态平衡等)的研究,而农业气象学常侧重于农业气候型(部分农业气象学家喜用“气候生态型”一词,但有时超越了生态学对它的定义范围,其实是考虑了综合因子的农业气候型)与农业系统中的农业气候子系统,它与生态系统也是有区别的。

当然学科界限不是绝对的,它们之间有一定的相互交错、渗透,甚至重叠,在实际工作中它们也常相互支持配合与补充。在多学科协同工作中,农业气象学家具有自己的特色,他们既是专家,又具备农业与气象等多方面的知识技能,所以又是“杂家”,在协作中较能起到协调,有时甚至是导向的作用。

由于学科间的相互渗透,常有不少其他学科的专家兼带或转行从事农业气象工作,他们对农业气象学有很好的促进作用,如建筑工程师、化学家们兼攻农业气象学,他们有充分农业气象依据的农用建筑设计与用于农业气象目的的化学制剂倍受用户欢迎。同样,农业气象学家转攻其他行业而颇有成就者亦大有人在,这

也应被看成是农业气象学的骄傲。

从学科内部来说，农业气象学家们常各有特长，他们或偏农、或偏气；或专农，或专牧；或重宏观展视，或重微观剖析……。他们或一专多能，可同时参与多项性质不同的工作，或以一技之长在多学科的协作中，充当不可缺少的一员。

农业气象学科的一般成果如农业气候区划、农业气象预报等等，在指导农业生产方面常常发挥着重要作用，但本学科并不局限于分析“条件”而做出“区划”、“预报”之类的所谓软成果（尽管它们都是十分需要而有效的），农业气象学家们已日益重视农业生产实践。50年代以来，吕炯、江爱良等关于利用华南宜林地小气候资源的思路与规划变成了有组织有领导的群众性生产实践，橡胶种植带已向北推移到 23°N 附近的云南与福建南部，年产胶2.5—3万t，经济效益达数亿美元，打破了国际上 18°N 以北不能种植橡胶的断言；“用地膜覆盖改善小气候环境”的成果得到大面积推广（已达3700万亩），粮棉油菜等增产显著，这一成果已获得了“白色革命”的美称；三北地区大面积种植了防风、固沙、改善农田小气候的护田林带，保证了广大地区农牧业的高产、稳产。近年来，不少农业气象学家改变观念，跨出学科的框框，更加重视农业实践，结果效益大增。如华南热带作物研究所的农业气象学家们不单分析鳄梨等所需的气象条件与引种可能性，而且在此基础上向前迈进一步，自己动手引种并栽植；北京农业科学院的农业气象学家们不但做了农业气象分析，而且自己动手，成功地进行了福寿螺的“动物引种”与养殖；安徽的农业气象学家们，既观测分析适合柑桔生长的地形小气候，又亲自与群众一道选地种植，他们都得到了显著的社会与经济效益。在桑（蔗）基鱼塘等多种类型的立体农业系统工程的规划与实践中，许多农业气象学家已成为工程的骨干，这些项目中不少已喜获农林牧副渔各业的全面丰收。类似的成功范例很多，农业气象学科的路子越走越宽广了。

三、农业气象学的发展

农业气象学，作为学科，历史不算很长。但人类自古十分重视农业与气象的关系，积累了许多宝贵的经验，掌握了不少重要规律。如我国几千年前的《礼记》、《诗经》等既已载述了月令、物候，许多史书与地方志等记录了气象灾情，《淮南子》等已定二十四节气，《逸周书》更采用了七十二候，《齐民要术》详述了防霜之法，《农政全书》倡导引种驯化……。在其他文明古国类似的记述也不少。

系统而科学的观测对学科的建立是十分重要的。早在公元1424年，中国明朝已开始下令各地向朝廷报告雨量，1750年瑞典建立了18个点的物候站网，1885年俄国建立了世界第一个有12个点的农业气象站网。

在1593年发明了温度表以后，1735年法国的德列奥米尔提出了积温的概念；1854年俄国Д. Реутобни出版了《农业气象学》一书，1901年俄国出版了农业气象期刊；1920年美国的加纳尔与阿拉德发现了光周期现象；1926年法国的德马东提出了干燥系数的指标；1927年德国的盖格尔出版了《近地面层气候》一书；1930年苏联谢良尼诺夫提出了水热系数，并于1937年出版了《世界农业气候手册》；1939年意大利的阿齐进行了小麦自然地理区划；1945年日本大后美保出版了《日本作物气象的研究》；1948年美国桑斯韦特以水分平衡为基础，用热量效应和降水的有效性为指标，进行了气候分类。上述这些典型成果，足可以勾划出农业气象学发展的简况。

自本世纪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(CAgM)，协调与指导各国的农业气象工作。我国的农业气象工

作也在50年代奠定了基础,几十年来,虽有起伏,但不断发展,在为国民经济服务中起着越来越大的作用。目前,在先进国家与地区,专家们坐在室内,能通过仪器知晓田间农业气象要素分秒的变化及综合的结果,能探知本国与外国作物的发展与产量的趋势;农民向自己的计算机输入问题与有关数据,即可通过专家系统得到各种所需的农业气象预报、情报及所应采取措施的指示与建议……。人们并且已经开始探讨在沙漠及太空特殊气象条件下种植与饲养的对策。随着工业、科学的发展,随着国民经济实力的增长与教育的普及和水平的提高,人类调控小气候、影响大气候的能力将迅速提高,有人预计,未来的农业将增加“人工控制条件”的成分,“计算机上种田”也已在起步探索。在未来的农业中,农业气象学必有更大的用武之地,也必能有更大的作为。

参 考 文 献

- [1] 《农业气象学》,程纯枢等,中国农业百科全书农业气象卷196—199页,农业出版社,1986。
- [2] 《农业气象发展史》,元来福,中国农业百科全书农业气象卷187—190页,农业出版社,1986。
- [3] 《农业气象学》,邓根云等,中国大百科全书大气、海洋水文科学卷572—575页,中国大百科全书出版社,1987。
- [4] 《农业气象学》,北京农业大学农业气象专业,科学出版社,1982。
- [5] 《当代中国的气象事业》,《当代中国》丛书编委会,中国社会科学出版社,1984。
- [6] 《农林·水产与气象》,〔日〕内岛善兵卫,方爽译,重庆出版社,1988。
- [7] Agricultural Meteorology, CAgM Report No.31 WMD/TD-NO.239, 1988。
- [8] Agro-meteorology, I.G.Gringol et al., Leningrad Gidrometeoizdat, 1986。
- [9] Agro-meteorology, J.Seemann et al., Springer-Verlag Berlin, 1979。
- [10] Агро-метеорология, ю.и.чирков, ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, 1979г.

目 录

绪 论	1
第一章 光、热、水、气与农业生产的关系	1
第一节 太阳辐射与农业生产的关系	1
一、太阳辐射与植物的光合作用和产量	1
二、光照时间对作物发育的影响	32
第二节 温度与农业生产的关系	43
一、表示生物与温度基本关系的指标和规律	44
二、温度等对作物发育的影响	59
三、温度对作物生长、产量和品质的影响	73
四、调节温度的农业措施	89
第三节 水分与农业生产的关系	97
一、植物的水分状况	98
二、土壤水分状况及其与植物的关系	106
三、降水与空气湿度对作物的影响	112
四、土壤蒸发与植物蒸腾	121
五、提高水分利用率的途径	142
第四节 二氧化碳和风与农业生产的关系	147
一、二氧化碳与农业	147
二、风对农业生产的影响	167
第二章 专业气象	184
第一节 作物气象	184
一、作物的生育和分布与气象条件的关系	184

二、决定作物产量、品质的农业气象条件	210
第二节 蔬菜气象	245
一、概述	245
二、蔬菜生长发育与气象条件的关系	247
三、蔬菜栽培与生产中的几个农业气象问题	257
四、保护地栽培与气象	261
五、蔬菜贮藏与气象	280
第三节 果林气象	285
一、果树气象	285
二、森林气象	331
第四节 畜牧气象	340
一、家畜的气候适应性	340
二、家畜和牧草的分布及其与气候的关系	358
三、气象条件与家畜生产力	369
第五节 渔业气象	393
一、淡水渔业与气象	393
二、海洋渔业与气象	406
第三章 农业气象灾害	419
第一节 概述	419
一、农业气象灾害的类型和分布	419
二、农业气象灾害的防御对策	422
第二节 干旱	423
一、干旱及发生概况	423
二、干旱的类型及其危害	425
三、干旱的防御	431
第三节 雨涝	433
一、雨涝和在我国发生的概况	433
二、雨涝的指标	435

三、雨涝类型及其对农业生产的影响	437
四、雨涝的防御	438
第四节 低温灾害	439
一、霜冻害	439
二、越冬冻害	446
三、冷害	451
四、热带作物寒害	457
第五节 高温热害	460
一、高温害及防御措施	460
二、果树及林木的热害	464
第六节 干热风害	466
一、干热风及类型	467
二、干热风对小麦的危害	468
三、干热风害的防御措施	473
第四章 农业气象模式	477
第一节 农业气象模式和数学模拟的对象	477
一、农业气象模式的概念和种类	477
二、农业气象数学模拟的对象——土壤、植物、 大气系统	480
第二节 统计模式	483
一、回归分析	484
二、随机过程分析	485
三、生长模式	487
第三节 理论统计模式	492
第四节 理论(动态)模式	501
一、作物群体光分布模式	502
二、光合作用模式	510
三、土壤—植物—大气系统中能量和物质转化的	

模式	520
四、作物灌溉的动态模式	525
第五节 建立农业气象模式的主要步骤	528
附表	532

第一章 光、热、水、气与 农业生产的关系

第一节 太阳辐射与农业生产的关系

一、太阳辐射与植物的光合作用和产量

(一) 光合有效辐射^[1, 2]

太阳辐射是绿色植物通过光合作用制造有机物质的唯一能源。但并非全部太阳辐射均被植物的光合作用所利用。太阳辐射中波长大于1 000nm的辐射，被植物吸收转为热能，不参与生化作用；波长为1 000—720nm的辐射，只对植物伸长起作用，其中800—700nm称为远红外光，对光周期以及种子形成有重要作用，并控制开花与果实颜色；波长为720—610nm的光，主要是红、橙光，被叶绿素强烈吸收，光合作用最强，某种情况下也表现出强的光周期作用；波长610—510nm的光，主要为绿光，表现低光合作用与弱成形作用；510—400nm的光主要为蓝、紫光，被叶绿素和黄色素强烈吸收，表现强的光合作用与成形作用；400—315nm的辐射，起成形作用，如使植物变矮、叶片变厚等；315—280nm，对大多数植物有害；小于280nm的辐射可立即杀死植物。

据D. M. Gates等研究，叶片吸收蓝紫光(400—500nm)的80%—90%，绿光(500—600nm)的60%—70%，红橙光(600—700nm)的80%—90%，红外线(700—1 100nm)的5%。