

中国农业科学院 主编

中国农业出版社

中国 农业气象学



中国农业气象学

中国农业科学院 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国农业气象学/中国农业科学院主编. -北京: 中国农业出版社, 1999.10

ISBN 7-109-05775-5

I. 中… II. 中… III. 农业-气象-中国 IV. S162.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 12720 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 刘 存

北京科技印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1999 年 11 月第 1 版 1999 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 64.25

字数: 1469 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 210.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

中华农业科教基金资助图书

中华农业科教基金会简介

中华农业科教基金会经中国人民银行批准，民政部注册登记，于1995年12月20日成立。基金会得到国家科委、中国人民银行、民政部、农业部等部委的大力支持；得到国内外企业界、知名人士的积极响应。基金会归口农业部管理，接受中国人民银行和民政部监督。

中华农业科教基金会的宗旨是：通过广泛吸收国内外和社会各方面的资金，用以支持中国农业科教事业，补充国家主渠道对农业科技的投入，以加快实施“科教兴农”战略。

中华农业科教基金会的任务是：发展农业科教事业，推动农业科技进步，提高农业劳动者素质，促进中国农业发展和农村经济繁荣。基金会资助农业基础研究、应用研究、试验示范、成果推广和农业科教前沿重大课题的研究；资助有突出贡献和有发展潜力的中青年农业科技人才；资助优秀农业科技著作的出版；奖励在中国农业科教事业中做出重要贡献的个人。

中华农业科教基金会将根据政府制订的农村经济发展规划，定期公布资助方向。资助项目的遴选实行“公开申请，专家评审，民主公正，择优资助”原则。基金会建立严格的筹资、管理和使用制度，公正、合理、规范、科学、有效地使用农业科教基金，向捐赠者公开收支帐目，接受监督。

中华农业科教基金会热忱欢迎国内外企业、社团、各界人士向本基金会捐赠资金，本基金会可根据捐赠者的意愿，设立名人基金、专项基金等。

《中国农业气象学》编辑委员会

主 编 信乃诤

副主编 崔读昌 高亮之

委 员 (按姓氏笔画为序)

于沪宁 王春乙 王修兰 王馥棠 冯定原

卢其尧 江爱良 刘明孝 刘洪顺 许越先

李 倬 李世奎 李克煌 李继由 何维勋

陆光明 闵瑾如 宋兆民 张养才 郑大玮

贺令萱 信乃诤 赵聚宝 高亮之 陶毓汾

徐师华 崔读昌 龚绍先 鹿洁忠 梅旭荣

程延年 韩湘玲 魏淑秋

11/17/02

撰 稿

审 稿

| | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|--|-----|-----|
| 第 一 章 | 陶毓汾 | 信乃詮 | | | | 张养才 | |
| 第 二 章 | 龚绍先 | 陆光明 | 郑大玮 | 陈端生 | | 陶毓汾 | 程延年 |
| 第 三 章 | 崔读昌 | 刘洪顺 | 李世奎 | 韩湘玲 | | 崔读昌 | 李世奎 |
| | 王石立 | 王春乙 | | | | | |
| 第 四 章 | 于沪宁 | 王修兰 | 李克煌 | 钟兆站 | | 邓根云 | 于沪宁 |
| 第 五 章 | 赵聚宝 | 何维勋 | 张养才 | 梅旭荣 | | 张养才 | 赵聚宝 |
| 第 六 章 | 王馥棠 | 太华杰 | | | | 陆光明 | 闵瑾如 |
| | | | | | | 王馥棠 | |
| 第 七 章 | 鹿洁忠 | 魏淑秋 | 金之庆 | | | 邓根云 | 徐师华 |
| 第 八 章 | 高亮之 | 闵瑾如 | 李 林 | 叶修琪 | | 崔读昌 | 高亮之 |
| | 潘铁夫 | 刁瑛元 | 马秀玲 | | | | |
| 第 九 章 | 贺令萱 | 李 倬 | 韩慧君 | 杜 荣 | | 韩湘玲 | 陶毓汾 |
| 第 十 章 | 徐师华 | 韩慧君 | | | | 徐师华 | 信乃詮 |
| 第 十 一 章 | 江爱良 | 徐师华 | 闵瑾如 | 郝永禄 | | 闵瑾如 | 徐师华 |
| 第 十 二 章 | 李世奎 | 杜 荣 | 杨其长 | | | 崔读昌 | 陶毓汾 |
| 第 十 三 章 | 宋兆民 | 王利溥 | 陆鼎煌 | | | 赵聚宝 | 陆光明 |
| 第 十 四 章 | 冯定原 | 杨柏松 | | | | 徐师华 | 张养才 |
| 第 十 五 章 | 信乃詮 | 程延年 | | | | 许越先 | 郑大玮 |
| 第 十 六 章 | 程延年 | 信乃詮 | | | | 许越先 | |

统稿 定稿

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 信乃詮 | 崔读昌 | 赵聚宝 | 闵瑾如 | 陶毓汾 |
| 徐师华 | 邓根云 | 于沪宁 | 高亮之 | 张养才 |
| 李世奎 | 韩湘玲 | 陆光明 | 郑大玮 | 程延年 |
| 王修兰 | | | | |

序

民以食为天，农业是国民经济的基础。随着生产力发展和科学技术的进步，农业生产水平大幅度提高，然而，农业受环境条件特别是气象条件的限制依旧是不容忽视的事实。

农业气象学研究农业生产和气象条件的关系，它的形成与发展和农业生产密切相联。它是农业科学的重要基础，农业科学的每个分支都与农业气象学有密切关系。

农业气象学既古老又年轻。远在古代人们就注意使农业生产适应气候，节气产生与农业物候应用可追溯到东周时代。但直到新中国成立前，它还没有形成一门独立的学科。新中国成立后，在党和政府的关怀和支持下，在老一辈科学家竺可桢、陈凤桐、赵九章、吕炯等的倡导、主持下，于1953年建立起中国第一个农业气象研究机构，经过40多年来广大农业气象科技人员的不懈努力，走过了创业、曲折、发展的道路，奠定了农业气象事业发展的基础。

40多年来，农业气象事业取得了一系列的成就。全国已经形成了一支配套的农业气象科技队伍，有4000多名，居世界第一位。分支学科比较齐全，由单一的农业气象分出作物气象、农业气候、农业小气候、农业气象灾害、农业气象情报预报、畜牧气象、林业气象、农业气象仪器与监测等分支专业。在农业气候资源利用和农业气候区划、农业气象预报、农业气象灾害、旱地农业的类型和防旱体系、区域治理等方面都获得过国家、部门重大科技成果，其中多项达到国际先进水平。农业发展规划、农业生产布局和农业生产结构的调整、作物栽培、农业气象灾害防御对策、农业自然资源特别是水资源的利用、农业设施的结构设计优化与农田小气候调控等都得到农业气象学的理论和技术的支持。农业气象理论和技术原理，正在农业生产和农学各个领域中，直接或间接地发挥了巨大的知识力量。

目前，中国农业气象科学的学术水平与国际先进水平相比，有些领域尚有一定差距，特别在基础性研究方面比较薄弱。有待于进一步努力，赶超国际先进水平，为发展中国农业生产，做出更大的贡献。

在即将进入 21 世纪之际，人类对生态环境问题十分关注。中国的生态环境十分脆弱，由于人口的压力导致资源的过度利用，使脆弱的生态环境日趋恶化，反过来又进一步损害生态环境。假若任其如此恶性循环，将使中国农业发展面临步履艰难的情景。近年来，农业气象灾害有范围逐年扩大、发生频率不断增多的趋向。根据国内外科学家的最新研究结果，气候变化是一个在现在和不久的将来愈来愈明显地诱导灾害频发和造成农业发展障碍的因素，未来气候变化后，农业气象规律和农业气象灾害的格局将发生变化，气象条件对农业生产的影响更加错综复杂，也更加严重。农业气象研究工作有着广阔的前景。

为总结宣传中国农业气象科学的重要成果和生产实践经验，中国农业科学院组织撰写《中国农业气象学》一书。这是一项十分重要的基本建设，对于提高科技水平，促进农业生产的发展，具有重要的意义。本书的编著者均是中国知名的农学、气象学、农业气象学专家学者，他们在农业生产实践中长期辛勤耕耘，积累了丰富的资料，同时致力于理论和方法的探索。他们出于对中国农业发展的历史责任，在大量实际工作的基础上，分头撰写并统编成书，本书作为一本科学的学术著作，反映了 20 世纪末中国农业气象学科的水平。

本书深入浅出，理论联系实际，对农业生产指导性和实用性强，对于各级科研机构、教学单位、生产指挥部门和技术推广部门均有很好的参考价值。鉴于从现在起到 21 世纪，气象条件对农业生产的制约作用将日益突出，我深信本书的出版是及时的和有益的。

卢良恕

一九九八年十一月

前 言

在农业部直接关怀下，并得到中国农业出版社的大力支持，具有中国特色的理论著作——《中国农业气象学》问世了。这是中国农业科学的一项基本建设，将对提高农业科技水平，促进农业和农村经济可持续发展，有着重要的意义。

《中国农业气象学》的编写工作，坚持实事求是，理论联系实际，全面系统地总结我国 40 多年来，特别是改革开放以来农业气象的研究成就，客观反映农业气象发展现状与今后的趋势，也适当介绍本学科在国际上的新进展和新动向；既有浓厚的中国特色，又要代表本学科当代的世界水平。

《中国农业气象学》由总论、学科、专业和展望四部分组成，共分 16 章。

总论部分，包括农业气象学的定义、任务和特点，农业气象学的发展史。

学科部分，包括农业气象学基础及各主要分支领域，即农业气候、农田小气候、农业气象灾害和农业气象预报情报等。

专业部分，包括粮食作物、经济作物、园艺作物、热带作物，畜牧业、林业和水产业等。

展望部分，包括未来气候变化对农业影响与对策，以及农业气象发展趋势与展望等。

编写《中国农业气象学》是全国农业科研、教学和气象部门的一项成果，是全体编、审人员辛勤劳动的产物，是中国几代农业气象科技工作者智慧的结晶。在本书出版之际，除对为本书编辑出版作出直接贡献的所有个人和给予支持的许越先副院长表示感谢外，还要对长期关心农业气象事业和学科建设的中国农业科学院领导卢良恕、王连铮、沈桂芳、吕飞杰等表示衷心感谢。饮水思源，我们不能不缅怀中国已故的农业气象先辈：竺可桢、丁颖、金善宝、涂长望、陈凤桐、赵九章、吕炯、杨昌业、程纯枢、冯秀藻等先生。他们在奠定农业气象科学基础、培养农业气象人才、发展农业气象科研、教学

2 前言

与技术推广事业等方面，具有光辉业绩。

组织编写这样大型的理论著作，在中国农业气象界还是首次，缺乏实际经验，再加上本书涉及的知识面广，分支学科、专业多，执笔人员分散，因此，全书文体的统一，取材的繁简，论述的深浅等方面，虽几经加工平衡，但仍可能存在缺点和错误，敬希读者指正，促使这部农业气象理论著作，能够更好地为农业科学和农业生产服务。

主 编

一九九八年十一月

目 录

第一章 概 论

| | |
|----------------------------|----|
| 第一节 农业气象学的任务 | 1 |
| 一、农业气象学定义 | 1 |
| 二、农业气象学研究的对象和内容 | 2 |
| (一) 农业气象学研究的对象 | 2 |
| (二) 农业气象学研究的内容 | 2 |
| 三、农业气象学研究的目标 | 3 |
| (一) 充分开发利用和保护农业气候资源 | 3 |
| (二) 有效地防御农业气象灾害 | 4 |
| (三) 积极地利用和改造农业小气候 | 4 |
| (四) 广泛开展农业气象服务 | 4 |
| (五) 不断提高农业气象学的理论水平 | 5 |
| 第二节 中国农业气象学发展史 | 5 |
| 一、中国古代的农业气象成就 | 6 |
| (一) 古代农业气象科技发展的背景 | 6 |
| (二) 古代的农业气象概念 | 6 |
| (三) 古代在农时、节令、授时方面的成就 | 7 |
| (四) 古代在作物气象方面的成就 | 9 |
| (五) 古代农业气象灾害防御技术 | 11 |
| (六) 古代农田小气候利用与改良技术 | 13 |
| (七) 古代的农候占验 | 14 |
| 二、中国近代农业气象科技的发展 | 15 |
| 三、中国现代农业气象学的发展 | 17 |
| (一) 农业气象机构建设 | 17 |
| (二) 农业气象队伍的发展 | 19 |
| (三) 农业气象设备条件的发展 | 20 |

| | |
|------------------------|----|
| (四) 农业气象学会的发展 | 20 |
| (五) 农业气象的国际合作与交流 | 21 |
| (六) 农业气象的基本经验 | 22 |

第二章 农业气象学基础

| | |
|----------------------------|----|
| 第一节 光与农业生产 | 24 |
| 一、光照度与农业生产 | 24 |
| (一) 均匀作物群体内光分布模式 | 24 |
| (二) 光斑、阴影和闪光 | 28 |
| (三) 光照度的农业气象指标 | 29 |
| (四) 光照度临界期 | 30 |
| (五) 光合作用的量子效率 | 31 |
| (六) 光照度与农产品的品质 | 32 |
| (七) 作物群体光合速率的计算 | 32 |
| 二、光照时间与农业生产 | 35 |
| (一) 光周期现象和类型 | 35 |
| (二) 对光周期现象的几种解释 | 36 |
| (三) 植物的感光性 | 37 |
| (四) 光照时间与作物引种 | 37 |
| 三、光谱成分与作物生育的关系 | 39 |
| (一) 太阳光谱 | 39 |
| (二) 光合有效辐射 (PAR) | 40 |
| (三) 热辐射 | 41 |
| (四) 紫外辐射 | 41 |
| 四、植物的光能利用率及其提高途径 | 42 |
| (一) 植物的光能利用率 | 42 |
| (二) 影响光能利用率提高的因素 | 43 |
| (三) 提高光能利用率的途径 | 44 |
| (四) 光与家畜生产 | 46 |
| 第二节 温度与农业生产 | 50 |
| 一、温度与农业生物及农业生产的关系 | 50 |
| (一) 植物的温度三基点和范霍夫定律 | 50 |
| (二) 温度对作物生长、产量和品质的影响 | 52 |
| (三) 土温对作物的影响 | 52 |
| (四) 温度对变温动物生命活动的影响 | 53 |
| (五) 温度对畜禽生命活动的影响 | 54 |
| (六) 温度对食用菌和农用微生物的影响 | 55 |

| | |
|--------------------------------|-----------|
| (七) 温度对农事活动的影响 | 56 |
| 二、温度对农业生物发育的影响 | 56 |
| (一) 农业生物的感温性 | 56 |
| (二) 积温学说 | 57 |
| (三) 温度日变化对生物生长发育的影响 | 58 |
| (四) 温度与光照对作物发育的综合影响 | 60 |
| (五) 温度对农业动物发育的影响 | 62 |
| 三、农业温度指标 | 62 |
| (一) 农业环境温度与农业生物的体温 | 62 |
| (二) 农业界限温度 | 63 |
| (三) 农业气象温度指标及模式在生产上的应用 | 64 |
| 第三节 水分与农业生产 | 65 |
| 一、降水的农业意义 | 65 |
| (一) 降水的类型及其农业意义 | 65 |
| (二) 降水对农作物的影响 | 66 |
| (三) 空气湿度对作物生产的影响 | 67 |
| 二、农田土壤水分 | 68 |
| (一) 土壤水分的类型 | 68 |
| (二) 土壤水分常数及其农业意义 | 69 |
| (三) 土壤水势及土壤水分特征曲线 | 71 |
| (四) 土壤水分平衡 | 72 |
| (五) 水分在土壤中的运动 | 73 |
| (六) 土壤水分的调控途径 | 73 |
| 三、植物的水分状况 | 74 |
| (一) 水分与植物的生命活动 | 74 |
| (二) 植物体的水分含量 | 74 |
| (三) 叶水势和土壤-植物-大气连续体 | 75 |
| (四) SPAC 的阻-容网络模式 | 76 |
| 四、作物的需水规律 | 78 |
| (一) 蒸发、蒸腾和蒸散 | 78 |
| (二) 蒸散量的计算 | 80 |
| (三) 作物的需水量 | 81 |
| (四) 作物的需水临界期 | 82 |
| (五) 作物的实际耗水量 | 83 |
| (六) 提高作物水分利用效率 (WUE) 的途径 | 84 |
| 五、农业动物及微生物与水分 | 86 |
| (一) 水分与动物的生命活动 | 86 |
| (二) 畜禽的水分平衡 | 87 |

4 目 录

| | |
|------------------------------------|------------|
| (三) 微生物与水分 | 88 |
| 第四节 二氧化碳与农业生产 | 89 |
| 一、农业环境中的二氧化碳 | 89 |
| (一) 大气中的二氧化碳浓度与碳素循环 | 89 |
| (二) 农田生态系统中的二氧化碳 | 93 |
| (三) 森林生态系统中的二氧化碳 | 96 |
| (四) 畜舍环境中的二氧化碳 | 97 |
| 二、二氧化碳在农业生物生长中的作用 | 97 |
| (一) 农业生物对二氧化碳的吸收和利用 | 97 |
| (二) 二氧化碳浓度增加对光合作用的影响 | 98 |
| (三) 二氧化碳浓度增加对植物某些生理活动的影响 | 102 |
| (四) 二氧化碳浓度增加对作物生长发育及产量与品质的影响 | 103 |
| (五) 二氧化碳浓度增加对生态系统的影响 | 104 |
| 三、二氧化碳施肥 | 105 |
| (一) 设施栽培中推广二氧化碳施肥的必要性 | 105 |
| (二) 二氧化碳施肥中应注意的问题 | 106 |
| 第五节 风与农业生产 | 107 |
| 一、风对植物外部形态和解剖构造的影响 | 107 |
| 二、风对植物花粉、种子及病虫害传播的影响 | 108 |
| 三、风对植物光合作用和蒸腾的影响 | 108 |
| (一) 二氧化碳输送 | 108 |
| (二) 闪光作用 | 109 |
| (三) 蒸腾与叶温 | 109 |
| 四、风对植物生长及产量的影响 | 110 |
| 五、风对家畜生产性能的影响 | 110 |
| (一) 帮助牲畜散发体热 | 110 |
| (二) 降低厩内过高的湿度 | 111 |
| (三) 带走厩内有害气体 | 111 |

第三章 中国农业气候

| | |
|--|------------|
| 第一节 中国农业气候特点 | 116 |
| 一、季风气候明显, 构成了中国农业生产极明显的季节性和区域性特点 | 116 |
| 二、雨热同季, 适宜扩大喜温高产作物栽培 | 117 |
| 三、农业气候资源丰富和类型多样, 有利于发展农业生产 | 117 |
| 四、农业气象灾害频繁, 农业生产不稳 | 118 |
| 第二节 中国农业气候资源 | 118 |
| 一、辐射资源 | 118 |

| | |
|------------------------------|------------|
| (一) 辐射资源的地区分布 | 119 |
| (二) 辐射资源的季节分配 | 121 |
| (三) 辐射量的年际变化 | 121 |
| (四) 辐射资源在山地的分布 | 122 |
| (五) 光合有效辐射 | 122 |
| (六) 日照时数 | 124 |
| 二、热量资源 | 124 |
| (一) 热量资源的地区分布 | 124 |
| (二) 热量资源在山地的分布 | 125 |
| (三) 热量资源的年际变化 | 125 |
| 三、降水资源 | 128 |
| (一) 降水资源的地区分布 | 129 |
| (二) 降水资源在山地的分布 | 129 |
| (三) 降水资源的季节分配 | 131 |
| (四) 降水量的年际变化 | 132 |
| 第三节 中国农业气候区划 | 133 |
| 一、农业气候区划的理论与方法 | 133 |
| (一) 农业气候区划的基本概念 | 133 |
| (二) 农业气候区划的种类 | 134 |
| (三) 农业气候区划的原则 | 135 |
| (四) 农业气候区划的基本方法 | 135 |
| (五) 农业气候区划的等级单位及区划指标体系 | 136 |
| 二、中国农业气候区划 | 137 |
| (一) 中国农业气候区划的简况 | 137 |
| (二) 中国综合农业气候区划 | 138 |
| 第四节 农业气候生产潜力 | 149 |
| 一、农业气候生产潜力概述 | 149 |
| 二、农业气候生产潜力的估算方法 | 150 |
| (一) 经验统计模型 | 150 |
| (二) 生理生态模型 | 150 |
| (三) 作物动力生长模拟模式 | 156 |
| 三、农业气候生产潜力的分布 | 157 |
| (一) 中国农业气候生产潜力分布 | 157 |
| (二) 中国三北地区农业气候生产潜力 | 160 |
| (三) 山区作物气候生产潜力 | 161 |
| (四) 中国牧区天然草场的牧草生产力 | 162 |
| 第五节 气候与种植制度 | 163 |
| 一、种植制度系统 | 163 |

| | |
|--------------------------------|------------|
| (一) 种植制度类型 | 163 |
| (二) 种植制度的发展概况 | 164 |
| (三) 种植制度系统 | 164 |
| 二、气候条件与种植制度 | 165 |
| (一) 种植制度形成的气候背景 | 165 |
| (二) 气候条件与种植制度 | 166 |
| 三、种植制度气候区划 | 169 |
| (一) 全国作物种植制度气候区划 | 169 |
| (二) 分区 | 170 |
| 四、气候与间套种 | 173 |
| (一) 间套复种群体的形成原理 | 173 |
| (二) 作物复合群体的生态适应性 | 174 |
| 五、种植制度的发展 | 176 |
| (一) 南方亚热带农田的冬季进一步开发 | 176 |
| (二) 北方棉田两熟的发展 | 177 |
| (三) 发挥玉米在间套复种中的作用 | 179 |
| (四) 种植制度发展的前景 | 179 |
| 第六节 中国与世界农业气候相似分析 | 180 |
| 一、农业气候相似分析方法 | 180 |
| 二、中国与世界各洲农业气候相似比较 | 181 |
| (一) 农业气候条件比较 | 181 |
| (二) 作物气候条件比较 | 185 |
| 第七节 农业气候资源开发利用 | 189 |
| 一、农业气候资源利用的成就 | 189 |
| (一) 分区分类利用 | 189 |
| (二) 山地农业气候资源的利用 | 189 |
| (三) 利用优势气候资源发展名优特产的生产 | 190 |
| (四) 根据作物气候生态习性充分利用气候资源 | 190 |
| (五) 改变种植制度提高气候资源利用效益 | 191 |
| (六) 气候能源的农业开发利用 | 191 |
| 二、中国农业气候资源进一步开发利用重点 | 191 |

第四章 农业小气候

| | |
|----------------------------------|------------|
| 第一节 农业小气候的物理基础与理论进展 | 196 |
| 一、绪论 | 196 |
| 二、下垫面的辐射特征、能量平衡和物质传输 | 198 |
| (一) 下垫面的辐射特征 | 198 |