

Chinese Agroclimatology

# 中国农业气候学

崔读昌 主编



浙江科学技术出版社

**Chinese Agroclimatology**

# **中国农业气候学**

**崔读昌 主编**

**浙江科学技术出版社**

责任编辑 章建林 朱建阳  
封面设计 金 晖  
责任校对 顾 均 张 宁

Chinese Agroclimatology

中国农业气候学

崔读昌 主编

\*

浙江科学技术出版社出版

浙江印刷集团公司印刷

浙江省新华书店发行

\*

开本 787×1092 1/16 印张 44 插页 9 字数 1300 000

1999 年 5 月第 一 版

1999 年 5 月第一次印刷

ISBN 7-5341-0785-7/S·221

定 价：125.00 元

## 内 容 提 要

本书是一部反映中国农业气候状况、研究成就和进展的著作,系统论述了20世纪50年代以来特别是80年代以来中国农业气候学的研究进展。本书与当代一些重大农业、环境问题相联系,注入了新的内容。

全书共14章。第1章为绪论,介绍了农业气候学基本概况、在中国的发展以及中国农业气候的特点;第2、3、4、5章为中国农业气候的基本状况,包括农业气候资源和条件、各种农业气候灾害、农业气候区划、区域农业气候等内容;第6章为中国专业农业气候,包括作物气候、种植制度气候、林业气候、畜牧气候、设施农业气候等内容;第7章为中国农业气候能源(太阳能、风能及其他气候能源);第8章为中国丘陵山地农业气候,重点介绍热带、亚热带丘陵山地的农业气候;第9章论述了中国农业气候生产潜力与农业可持续发展;第10章为中国气候变化与农业,重点讨论了温室效应对农业的影响;第11章为中国农业气候与农业环境,包括农业生态环境变化、水资源短缺、荒漠化、干旱化、水土流失、农业环境污染等与气候、农业的关系;第12章为中国农业物候,介绍了农业物候的基本规律及其应用;第13章为中国农业气候资源开发利用和保护,介绍中国在这方面的成就;第14章为中国与世界农业气候研究,介绍了世界农业气候条件、中国与世界农业气候相似性比较以及农业气候资源利用效率。各章除作了理论论述外,还编引了大量图表资料。

本书可供从事农业气象、农林牧业、气象及相关学科(水利、地理、生态、环境等)的科研、教学、生产的专家、学者及实际工作者参考应用。

## Synopsis

This book describes the state, research achievement and development of Chinese agroclimate. And since 1950's, particularly 1980's, research and development of Chinese agroclimatology have been systematic discussed. It contacts with important agricultural and environmental subject, and has been poured into new content.

This book includes 14 chapters. Chapter 1 describes basic conditions and development of agroclimatology in China, as well as features of Chinese agroclimate. Basic state of Chinese agroclimate, including agroclimatic resources and conditions, agroclimatic catastrophes, agroclimatic divisions, regional agroclimate etc. are contained in chapter 2 to 5. Given in the next chapter is special agroclimate, including crop climate, cropping systems climate, forest climate, animal husbandry climate, facility agroclimate. Chapter 7 expounds Chinese climatic energy (solar energy, wind energy and others). Chapter 8 elucidates agroclimate of hilly and mountain area, the agroclimate of hilly and mountain area for tropical zone and subtropics have been introduced emphatically. Chapter 9 expounds Chinese agroclimatic potential productivity and sustainable development. Climate change and agriculture, and as a focal point: the impact of the greenhouse efficiency on agriculture are presented in chapter 10. Chapter 11 summarizes Chinese agroclimate and agricultural environment, including the relations among ecological environmental change, shortage of water resources, desertification, drought trend, soil erosion, agricultural environmental pollution and climate, agriculture. Chapter 12 introduces Chinese agricultural phenology, its basic regularities and application. Next chapter is development, utilization and achievement of agroclimatic resources. Chapter 14 presents world agroclimate, the agroclimatic conditions of the world, and compared with Chinese agroclimate, as well as the utilizing efficiency of climatic resources. Besides theory expound, there are a large number charts and data in chapters.

It is a valuable and applicable reference book for experts, scholars and practicals of scientific research, teaching and production in agrometeorology, agriculture, forestry, animal husbandry, meteorology, water conservancy, geography, ecology, environment, and others department concerned.

**主 编**

**崔读昌**

**副主编**

**刘洪顺**

**编写人员**

(以姓氏笔画为序)

**王修兰 刘洪顺 李世奎**

**张养才 张福春 何维勋**

**郑大玮 徐师华 崔读昌**

**Editor in Chief**

**Duchang Cui**

**Vice Editor in Chief**

**Hongshun Liu**

**Authors**

**Xiulan Wang Hongshun Liu Shikui Li**

**Yangcai Zhang Fuchun Zhang Weixun He**

**Dawei Zheng Shihua Xu Duchang Cui**

## 序

自古以来中国就有“国以民为本，民以食为天”之说。新中国成立以来，农业是国民经济的基础，已成为一贯的国策，1998年江泽民同志在中央农村工作会议上再一次强调：“农业是稳民心、安天下的战略产业，任何时候都要抓得很紧很紧。”这说明农业在中国占有极为重要的地位。改革开放以后，中国农业取得了举世瞩目的成就，基本上解决了全国12亿人口的温饱问题，正在向农业现代化和农村生活小康水平迈进。但在中国农业发展的过程中，农业生产的基本问题仍是不高、不稳、不全面、不平衡。为此，中国近年来开展了农业自然资源调查和农业区划工作，提出了因地制宜、适当集中的方针，有利于农、林、牧、副、渔业全面发展，并进一步和区域化、专业化生产相结合，推动了农业生产布局和结构的调整，区域性开发也取得重大进展。在产量不断提高的基础上，又提出了农业“一优两高”（高产、优质、高效）的发展方向，高产与优质并重，提高农业生产的效益，均取得明显的成效。农业不是一朝一夕的生产活动，需要持续发展，应将资源开发与农业环境保护、当前生产与永续生产相结合，以满足社会不断增长的长期需求。这些举措都是建立在对国情充分分析和认识的基础上的。农业气候条件、气候变化的规律、气候异常和灾害等都是分析国情时必须考虑的重要因素。

中国资源紧缺，自然灾害较多，制约了农业的发展。中国人均草场占有量不到世界人均占有量的1/2，水资源为1/4，耕地不到1/3，森林面积不到1/8，而且耕地以每年60多万公顷的速度在减少，沙化、盐碱化、风化、水土流失严重。在各种自然灾害对农业的影响中，80%以上是气候灾害所致。从几十年的农业发展历程来看，气候的不稳定性是困扰中国农业发展进程的长期因素。当今的全球气候变化及其对农业的影响，是一个重要的议题，引起了我们的关注。农业对气候的反应十分敏感，不少地区的农业生态系统也很脆弱。气候变化的趋势和每一次气候异常都会给农业生产带来影响。这些都是我们之所以重视农业气候问题的基本原因。

20世纪50年代初，中国急需发展橡胶工业，但橡胶资源极为缺乏，国外又进行封锁，于是国家下达任务，研究橡胶树的种植问题，自力更生解决橡胶供应。国外的橡胶树研究权威断言，橡胶树只能种植在 $17^{\circ}\text{N}$ 和 $17^{\circ}\text{S}$ 之间，不能越过 $18^{\circ}\text{N}$ 以北。中国科技人员通过橡胶树适应性试验和气候宜林地区的分析，并将宜林地和防护林网小气候环境、橡胶树寒害和风害问题结合起来研究，使橡胶树种植取得了突破，在 $17^{\circ}\sim 24^{\circ}\text{N}$ 大面积种植成功。经过几十年的发展，中国已成为世界上重要的产胶国。橡胶树北移成功的事实表明农业气候研究起到了关键性作用，这使我们得出一个深刻的认识：要促进农业发展，必须重视农业气候研究，农业气候在农业生产中有着不可替代的作用。农业气候学在其他许多方面，如中国农业气候资源和农业气候区划、中国作物气候和畜牧气候、中国区域农业气候及其开发利用、世界农业气候研究等方面，都取得了重大成就。

当今世界科技进步已成为经济发展的决定性因素，农业的发展更是如此。农业气候



学是农业科学的组成部分,农业气候学的发展必须与农业发展的需要相适应,必须针对中国的农业和农业气候问题不断深入地开展研究。

1. 围绕农业发展的重大问题开展农业气候研究。农业发展的重大问题是复杂的综合性问题,需要多学科共同协作解决。当前和未来农业发展需要农业气候学参与解决的问题主要有:农业由需求高产转向“一优两高”的发展问题、农业的可持续发展问题、土地和粮食问题、农业生产布局和结构的调整问题、气候与农业环境问题、重大农业工程等等,这些重大问题是21世纪农业需要解决的问题,与农业气候有密切关系。农业气候学应该在这些问题中发挥重要作用,同时反过来给农业气候学这门学科带来机遇,有力地促进农业气候学的发展。

2. 加强和加速农业气候研究成果向现实生产力转化。当今科学技术发展的一个显著特点是科技成果以极快的速度转化为现实生产力。农业气候研究成果要从解释性、提供依据向转化为现实生产力转变。一方面,将已有的成果通过农业气候资源开发利用转化为生产力,尽其所用;另一方面,今后研究的问题首先是要能解决农业生产的实际问题。实现这种转变的有效办法是将农业气候研究成果推向市场,这样才能避免那些可有可无、华而不实的研究,使农业气候学在农业生产中真正地发挥作用。

3. 要为解决农业生产的不稳定性出力。中国的农业生产波动很大,气候的不稳定性是困扰农业发展进程的长期因素,各种气候灾害每年造成的农业损失相当可观。因此,不仅要研究农业生产不稳定的成因和规律,更要研究减灾的对策和技术,使中国的农产品可以得到稳定的供应。农业气候学应在这方面作出更大贡献。

4. 要向农业气候学的难点和深层次、精细的问题突进。农业发展到今天,所存在的问题不是一般性研究可以解决的,需要大力提高农业气候学研究水平和解决问题的能力。旱、涝、风、冻等灾害的防御需有减少全部损失50%以上的理论和技术,而这一难题不是一般的途径和对策可以做到的。农业气候资源(光、热、水、气等)利用效率很低,大面积作物单产只有气候生产潜力的20%~40%,高产区也只有40%~60%,但目前尚缺乏对农业气候资源转化为农产品的机理的研究,尚缺乏提高农业气候资源利用效率的途径和技术,而这又是农业最富潜力的领域,相信在未来的农业发展中,人类是可以在一定程度上,依赖提高农业气候资源利用效率来改善农产品的供应的,这是农业气候学深层次的问题。在农业气候学的微观领域存在需要精细研究的问题,如生物学特性的气候环境调控、棉花蕾铃脱落与气候环境的微观联系等。一般性农业气候考察已经不能满足农业发展的需要,需要弄清各地区山山水水的农业小气候特征和特性。只有从难、深、精的农业气候问题突破,农业气候学才能适应未来农业发展的需要,才能更深入地向高新方向发展。

《中国农业气候学》是一部反映中国农业气候状况、研究成就和进展的著作。它向农业和其他有关方面提供了中国农业气候资源和条件、中国农业气候灾害情况、中国农业气候区划、中国农业气候能源等农业气候状况,在专业农业气候、丘陵山地农业气候、农业物候、气候变化与农业、农业气候资源开发利用与保护等方面反映出中国农业气候研究的成就,同时对一些农业气候学的新领域,如可持续农业、中国农业气候与农业环境的关系、中国与世界农业气候等方面作了论述和分析。《中国农业气候学》是一部资料

性、学术性、实用性较强的著作，本书的出版对促进和推动中国农业生产和农业气候学的发展无疑是十分有益的。继往开来，把中国农业气候学进一步推向新的高度，这是我们的希望。

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of two vertical columns of characters, likely reading '何国' (He Guo).

1998年7月30日



# 前 言

人类基本的农业生产是在大气环境中进行的,受天气、气候的影响和制约,气候的每一异常变化都会给农业生产留下影响的痕迹。随着农业生产的发展,气候与农业的关系愈来愈密切。中国幅员辽阔,农业气候资源丰富,农业气候条件多样,为农业的持续发展提供了基本气候保证;同时中国又是季风气候显著、大陆性强烈的区域,灾害频仍,导致农业生产不稳定,所以气候的不稳定性是困扰中国农业发展进程的长期因素。人类在长期农业生产活动中使农业气候资源得到开发利用,促进人类社会的发展;同时人类自身对农业环境的不良行为,也给农业气候环境带来严重的后果。生态环境变化、荒漠化、干旱化、水资源短缺、水土流失、风蚀、农业环境污染等日益严重或尚未被遏制,可用于农业的许多野生和近缘生物资源已经或继续减少,这些都与乱垦、乱伐、滥围、滥堵、随意排放、过度开发利用等有关。由此可见,气候与农业生产是密切相连的,人类还面临着严峻的农业气候问题。

中国关于农业气候的研究与应用有着悠久的历史。在公元前16世纪至前11世纪的甲骨文中就有雨、灾等文字记载。从春秋战国时期至西汉年间形成和完善的二十四节气和七十二候,是人类农业气候学发展史上的一个里程碑。北魏《齐民要术》上记载的霜冻发生规律和烟熏防霜技术,开创了世界农业气候规律和农业气候技术研究应用的先河。历代关于农业气候的研究与应用都有发展。中国近代农业气候研究从20世纪20年代开始,竺可桢等将现代气象学知识应用于农业。50年代以后,建立了现代农业气象科学研究、教学机构和业务系统,开展了多方面相当规模的农业气候研究和开发利用,在专业农业气候、农业气候灾害、农业小气候、农业气候区划、世界农业气候、农业气候资源开发利用等方面取得了重大进展。中国农业气候学的一个突出点是农业气候研究与农业生产的紧密结合,从而形成了中国农业气候学的特点。在农业气候学的发展过程中,针对农业生产中的问题,从农业气候资源和条件入手,研究农业生产与气候的关系,寻找规律,加强实用性,提高学术性。不能认为农业气候学是纯理论性学科,因为农业气候学研究对象是农业,实用性是其基础;但又不能认为农业气候学只重实际而无理论领域,因为农业气候学中如农业气候资源的作物转换机制和动态、农田热量和水分平衡、生物的气候环境反应及其微观联系机制、重大气候事件对农业影响的规律、农业气候预报理论等等都是理论性很强的问题。大气科学和农业生物学的理论主导着农业气候学的理论发展。无论是理论方面的或是实际方面的研究都丰富了农业气候学的内容,在促进和推动中国农业生产发展中起到了应有的作用,使中国农业气候学在世界上占有重要的地位。近几十年来,随着农业气候学研究的进展,陆续出版了《农业气候学》(1987、1990)、《世界农业气候与作物气候》(1994)和一批农业气候学专著,但所出版的农业气候学书籍都是教科书性质的,所涉及的都是传统的基础性内容,许多新的现代农业气候学内容未被纳入,又没有针对中国农业气候编写,而各种专著又都是专题性的内容。为了与当今农业气候学发展相适应和满足中国农业生产发展的实际需要,我们决定编写一部《中国农业气候学》。

《中国农业气候学》是一部反映中国农业气候状况、研究成就和进展的著作,与教科书不同,它的实用性强;与单一专著也不同,它的系统性、完整性、学术性强。因此,它可以给予农业、农业气象工作者更多有用的内容。

本书共分14章。第1章论述中国农业气候学发展概况、特点和面临的问题。第2、3、4、5章阐述中国农业气候状况,包括农业气候资源和条件、农业气候灾害、农业气候区划、区域农业气候等,这是中国农业气候学的基础内容。第6章为中国专业农业气候,包括作物气候、种植制度气候、林业气候、畜牧气候、设施农业气候等。第7章介绍中国农业气候能源及其利用。第8章为中国丘陵山地农业气候,重点阐述热带、亚热带丘陵山地农业气候。第9章论述中国农业气候生产潜力、气候与农业可持续发展的关系。第10章为中国气候变化与农业,介绍地质时期、历史时期和近代时期气候变化,特别是温室效应对中国农业的影响。第11章论述中国农业气候与农业环境问题,包括农业生态环境变化、水资源短缺、荒漠化、干旱化、水土流失、农业环境污染等方面。第12章介绍中国农业物候学的成就,论述物候规律与应用。第13章为中国农业气候资源开发利用与保护,包括这方面的经验、成就,今后开发利用的重点以及农业气候资源保护。第14章分析研究世界农业气候条件、中国与世界农业气候比较、世界农业气候带划分和世界农业气候资源利用效率。全书涵盖了当今中国农业气候学的整体内容,结合了一些新的农业气候问题,保持了农业气候学的系统性,从多方面以资料和图表来表述科学内容,使基础与应用相结合,更适合农业工作者及有关方面的需要。本书是中国农业气候研究工作者共同研究成果的结晶,是一部包含许多创造性劳动的著作,经过作者们的努力,历时3年完成。浙江科学技术出版社以极大热忱支持和投入本书的出版,使本书得以顺利问世。谨以此作为中国农业气候学者向中华人民共和国成立50周年、向即将结束的20世纪和即将到来的21世纪的献礼,并向为中国农业气候研究工作辛勤劳动和作出贡献的农业气候学家们致敬!

本书写作分工如下:第1章崔读昌;第2、5章刘洪顺;第3章第1、2、3、6部分崔读昌,第4、5部分何维勋,第7、8、9、10部分刘洪顺;第4章第1、2、3、4部分李世奎,第5部分崔读昌、刘洪顺;第6章第1、2、3部分崔读昌,第4部分李世奎、崔读昌,第5部分徐师华;第7、10章王修兰;第8章张养才;第9章郑大玮;第11章李世奎;第12章张福春;第13、14章崔读昌。全书由崔读昌、刘洪顺、王修兰统稿,由崔读昌、刘洪顺定稿,梁红协助完成大量的技术工作。本书得到农业气候学界许多同仁的支持与鼓励,在此深表谢忱。

回眸全书,深感有许多不足之处,有些内容尚欠缺,有些内容联系农业生产不够深入。由于农业气候学内容浩瀚,书中遗漏和不妥之处,恳祈读者赐教。

崔读昌

1998年7月

# 目 录

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....       | ( 1 )   |
| 1.1 气候与农业生产 .....           | ( 1 )   |
| 1.2 中国农业气候学的成就 .....        | ( 5 )   |
| 1.3 中国农业气候学的任务 .....        | ( 7 )   |
| 1.4 中国农业气候学发展史 .....        | ( 11 )  |
| 1.5 中国农业气候特点 .....          | ( 13 )  |
| 参考文献 .....                  | ( 20 )  |
| <b>第 2 章 中国农业气候资源</b> ..... | ( 21 )  |
| 2.1 辐射资源 .....              | ( 21 )  |
| 2.2 热量资源 .....              | ( 40 )  |
| 2.3 降水资源 .....              | ( 63 )  |
| 2.4 农业气候资源综合评价 .....        | ( 78 )  |
| 参考文献 .....                  | ( 80 )  |
| <b>第 3 章 中国农业气候灾害</b> ..... | ( 81 )  |
| 3.1 旱害 .....                | ( 83 )  |
| 3.2 涝害 .....                | ( 107 ) |
| 3.3 湿害 .....                | ( 119 ) |
| 3.4 冷害 .....                | ( 122 ) |
| 3.5 霜冻 .....                | ( 135 ) |
| 3.6 冻害 .....                | ( 158 ) |
| 3.7 干热风 .....               | ( 166 ) |
| 3.8 热害 .....                | ( 171 ) |
| 3.9 雹灾 .....                | ( 174 ) |
| 3.10 台风 .....               | ( 175 ) |
| 参考文献 .....                  | ( 177 ) |
| <b>第 4 章 中国农业气候区划</b> ..... | ( 180 ) |
| 4.1 农业气候区划研究概述 .....        | ( 180 ) |
| 4.2 农业气候区划的原则和系统 .....      | ( 183 ) |
| 4.3 农业气候大区 .....            | ( 194 ) |
| 4.4 农业气候带和农业气候区 .....       | ( 196 ) |
| 4.5 农林作物气候区划 .....          | ( 213 ) |
| 参考文献 .....                  | ( 235 ) |
| <b>第 5 章 中国区域农业气候</b> ..... | ( 236 ) |
| 5.1 东北地区农业气候 .....          | ( 236 ) |
| 5.2 华北地区农业气候 .....          | ( 241 ) |
| 5.3 长江中下游地区农业气候 .....       | ( 247 ) |

|             |                                 |              |
|-------------|---------------------------------|--------------|
| 5.4         | 华南地区农业气候 .....                  | (255)        |
| 5.5         | 西南地区农业气候 .....                  | (262)        |
| 5.6         | 黄土高原地区农业气候 .....                | (271)        |
| 5.7         | 内蒙古地区农业气候 .....                 | (275)        |
| 5.8         | 新疆地区农业气候 .....                  | (279)        |
| 5.9         | 青藏高原地区农业气候 .....                | (283)        |
|             | 参考文献 .....                      | (288)        |
| <b>第6章</b>  | <b>中国专业农业气候 .....</b>           | <b>(289)</b> |
| 6.1         | 作物气候 .....                      | (289)        |
| 6.2         | 种植制度气候 .....                    | (323)        |
| 6.3         | 林业气候 .....                      | (330)        |
| 6.4         | 畜牧气候 .....                      | (339)        |
| 6.5         | 设施农业气候 .....                    | (351)        |
|             | 参考文献 .....                      | (365)        |
| <b>第7章</b>  | <b>中国农业气候能源 .....</b>           | <b>(367)</b> |
| 7.1         | 气候能源的概念和特点 .....                | (367)        |
| 7.2         | 太阳能资源 .....                     | (370)        |
| 7.3         | 风能资源 .....                      | (382)        |
| 7.4         | 海洋能资源 .....                     | (393)        |
| 7.5         | 地热能资源 .....                     | (402)        |
| 7.6         | 生物能资源 .....                     | (412)        |
|             | 参考文献 .....                      | (418)        |
| <b>第8章</b>  | <b>中国丘陵山地农业气候 .....</b>         | <b>(420)</b> |
| 8.1         | 丘陵山地农业气候评述 .....                | (420)        |
| 8.2         | 丘陵山地农业气候类型和基本特征 .....           | (424)        |
| 8.3         | 丘陵山地农业气候资源优势与开发利用 .....         | (440)        |
| 8.4         | 丘陵山地农业气候研究方法 .....              | (456)        |
|             | 参考文献 .....                      | (463)        |
| <b>第9章</b>  | <b>中国农业气候生产潜力与农业可持续发展 .....</b> | <b>(465)</b> |
| 9.1         | 中国农业气候生产潜力 .....                | (465)        |
| 9.2         | 可持续发展战略与可持续农业 .....             | (478)        |
| 9.3         | 农业气候生产潜力的应用与农业可持续发展 .....       | (484)        |
| 9.4         | 农业气候资源开发利用与农业可持续发展 .....        | (489)        |
|             | 参考文献 .....                      | (495)        |
| <b>第10章</b> | <b>中国气候变化与农业 .....</b>          | <b>(497)</b> |
| 10.1        | 地质时期的气候变化 .....                 | (498)        |
| 10.2        | 历史时期的气候变化 .....                 | (503)        |
| 10.3        | 近代时期的气候变化 .....                 | (505)        |
| 10.4        | 气候变化的可能原因 .....                 | (508)        |
| 10.5        | 温室效应与气候变化 .....                 | (512)        |
| 10.6        | 气候变化与中国农业 .....                 | (524)        |

|                                                                   |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| 参考文献 .....                                                        | (543) |
| <b>第11章 中国农业气候与农业环境</b> .....                                     | (545) |
| 11.1 农业生态环境变化 .....                                               | (545) |
| 11.2 水资源短缺 .....                                                  | (551) |
| 11.3 荒漠化 .....                                                    | (564) |
| 11.4 干旱化 .....                                                    | (571) |
| 11.5 水土流失 .....                                                   | (575) |
| 11.6 农业环境污染 .....                                                 | (584) |
| 参考文献 .....                                                        | (598) |
| <b>第12章 中国农业物候</b> .....                                          | (600) |
| 12.1 中国物候学的产生、发展和成就 .....                                         | (600) |
| 12.2 物候变化的规律性 .....                                               | (608) |
| 12.3 中国物候的地理分布规律 .....                                            | (612) |
| 12.4 物候变化的调控 .....                                                | (613) |
| 12.5 物候在农时预报中的应用 .....                                            | (617) |
| 12.6 物候在农业上的其他应用 .....                                            | (626) |
| 参考文献 .....                                                        | (630) |
| <b>第13章 中国农业气候资源开发利用和保护</b> .....                                 | (631) |
| 13.1 开发利用的经验和成就 .....                                             | (631) |
| 13.2 开发利用的重点 .....                                                | (639) |
| 13.3 开发利用的前景 .....                                                | (642) |
| 13.4 农业气候资源保护 .....                                               | (643) |
| 参考文献 .....                                                        | (644) |
| <b>第14章 中国与世界农业气候研究</b> .....                                     | (645) |
| 14.1 世界农业气候条件 .....                                               | (646) |
| 14.2 中国与世界农业气候相似性比较 .....                                         | (652) |
| 14.3 世界农业气候热量带和农业气候水分类型区 .....                                    | (664) |
| 14.4 中国与世界谷物生产的农业气候资源利用效率 .....                                   | (669) |
| 参考文献 .....                                                        | (678) |
| <b>中国农业气候图</b> .....                                              | (679) |
| 气候图 1 中国年太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> )                             |       |
| 气候图 2 中国 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> )  |       |
| 气候图 3 中国 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> ) |       |
| 气候图 4 中国冬小麦播种—成熟期太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> )                     |       |
| 气候图 5 中国春小麦播种—成熟期太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> )                     |       |
| 气候图 6 中国一季稻播种—成熟期太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> )                     |       |
| 气候图 7 中国双季早稻播种—成熟期太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> )                    |       |
| 气候图 8 中国双季晚稻播种—成熟期太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> )                    |       |
| 气候图 9 中国春玉米播种—成熟期太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> )                     |       |
| 气候图 10 中国夏玉米播种—成熟期太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> )                    |       |
| 气候图 11 中国春播棉花播种—吐絮期太阳总辐射量 (兆焦耳/米 <sup>2</sup> )                   |       |

- 气候图 12 中国年日照时数 (小时)
- 气候图 13 中国日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 初日 (月/日)
- 气候图 14 中国日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日 (月/日)
- 气候图 15 中国日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数 (日)
- 气候图 16 中国 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 (度·日)
- 气候图 17 中国日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日 (月/日)
- 气候图 18 中国日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 终日 (月/日)
- 气候图 19 中国日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数 (日)
- 气候图 20 中国 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 (度·日)
- 气候图 21 中国冬小麦播种—成熟期积温 (度·日)
- 气候图 22 中国春小麦播种—成熟期积温 (度·日)
- 气候图 23 中国一季稻播种—成熟期积温 (度·日)
- 气候图 24 中国双季早稻播种—成熟期积温 (度·日)
- 气候图 25 中国双季晚稻播种—成熟期积温 (度·日)
- 气候图 26 中国春玉米播种—成熟期积温 (度·日)
- 气候图 27 中国夏玉米播种—成熟期积温 (度·日)
- 气候图 28 中国棉花播种—吐絮期积温 (度·日)
- 气候图 29 中国年降水量 (毫米)
- 气候图 30 中国冬小麦播种—成熟期降水量 (毫米)
- 气候图 31 中国春小麦播种—成熟期降水量 (毫米)
- 气候图 32 中国一季稻播种—成熟期降水量 (毫米)
- 气候图 33 中国双季早稻播种—成熟期降水量 (毫米)
- 气候图 34 中国双季晚稻播种—成熟期降水量 (毫米)
- 气候图 35 中国春玉米播种—成熟期降水量 (毫米)
- 气候图 36 中国夏玉米播种—成熟期降水量 (毫米)
- 气候图 37 中国棉花播种—吐絮期降水量 (毫米)
- 气候图 38 中国全年农田可能蒸散量 (毫米)
- 气候图 39 中国全年农田水分盈亏量 (毫米)
- 气候图 40 中国农业气候资源综合评价
- 气候图 41 中国历史 (1551~1950 年) 旱害发生频率 (%)
- 气候图 42 中国全年干旱月发生频率 (%)
- 气候图 43 中国春旱发生频率 (%)
- 气候图 44 中国夏旱发生频率 (%)
- 气候图 45 中国秋旱发生频率 (%)
- 气候图 46 中国冬旱发生频率 (%)
- 气候图 47 中国季节性旱害分布
- 气候图 48 中国春涝发生频率 (%)
- 气候图 49 中国夏涝发生频率 (%)
- 气候图 50 中国秋涝发生频率 (%)
- 气候图 51 中国冬涝发生频率 (%)
- 气候图 52 中国涝害地区分布
- 气候图 53 中国湿害区划
- 气候图 54 东北地区冷害发生频率 (%)
- 气候图 55 东北地区严重冷害发生频率 (%)
- 气候图 56 延迟型冷害发生频率 (%)
- 气候图 57 南方早稻育秧期连续 3 日日平均气温 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 出现频数 (次)

- 气候图 58 东北地区花期冷害发生频率 (%)
- 气候图 59 东北地区作物冷害区划
- 气候图 60 黑龙江玉米、大豆、小麦主栽区
- 气候图 61 东北地区作物品种区划
- 气候图 62 中国平均初霜日 (月/日)
- 气候图 63 中国平均终霜日 (月/日)
- 气候图 64 中国冬小麦霜冻分布
- 气候图 65 中国北方小麦干热风区划
- 气候图 66 中国年平均降雹日数 (日)
- 气候图 67 中国各地降雹季节变化类型分布
- 气候图 68 中国农业气候区划
- 气候图 69 中国水稻气候生态区划
- 气候图 70 中国小麦气候生态区划
- 气候图 71 中国玉米气候区划
- 气候图 72 中国大豆气候区划
- 气候图 73 中国棉花气候区划
- 气候图 74 中国油菜气候区划
- 气候图 75 中国茶树气候区划
- 气候图 76 中国柑桔气候区划
- 气候图 77 中国甘蔗气候区划
- 气候图 78 中国春播甜菜气候区划
- 气候图 79 中国冬小麦北界、稳定越冬界限和停止生长界限
- 气候图 80 中国冬小麦生态类型气候分布区域
- 气候图 81 中国冬小麦播种期 (月/日)
- 气候图 82 中国水稻安全播种期 (月/日)
- 气候图 83 中国种植制度气候区划
- 气候图 84 中国森林植被区划
- 气候图 85 中国作物气候界限
- 气候图 86 中国牧草气候界限
- 气候图 87 中国林木气候界限
- 气候图 88 中国牧区畜牧气候区划
- 气候图 89 中国蔬菜保护地栽培气候区划
- 气候图 90 中国年太阳总辐射能量 (千瓦·小时/米<sup>2</sup>)
- 气候图 91 中国年日照时数 (小时)
- 气候图 92 中国太阳能区划
- 气候图 93 中国有效风能密度 (瓦/米<sup>2</sup>)
- 气候图 94 中国有效风力出现时间百分率 (%)
- 气候图 95 中国全年 3~20 米/秒风速累积小时数 (小时)
- 气候图 96 中国风能区划
- 气候图 97 中国风能 3 级区划
- 气候图 98 中国大、中、小型风力机可能安装地区分布
- 气候图 99 中国 100 千瓦风力机容量系数
- 气候图 100 中国太阳能、风能综合利用区划
- 气候图 101 中国沿海潮汐能分布
- 气候图 102 中国主要温泉分布
- 气候图 103 中国沼气池产气温度条件分区



- 气候图 104 中国光合生产潜力 (千克/666.7 米<sup>2</sup>)
- 气候图 105 中国光、温生产潜力 (千克/666.7 米<sup>2</sup>)
- 气候图 106 中国气候生产潜力 (千克/666.7 米<sup>2</sup>)
- 气候图 107 气温增高 1℃、3℃后中国亚热带、热带北界的可能变动
- 气候图 108 气温增高 2℃农牧过渡带的可能变动
- 气候图 109 气温增高 2℃引起熟制界限北移情景
- 气候图 110 气温增高 4℃引起熟制界限北移情景
- 气候图 111 气温增高 2℃、4℃一季稻生育期日数位移情景
- 气候图 112 气温增高 2℃、4℃早稻生育期日数位移情景
- 气候图 113 气温增高 2℃小麦生育期日数位移情景
- 气候图 114 气温增高 4℃小麦生育期日数位移情景
- 气候图 115 气温增高 2℃水稻二化螟发生世代数位移情景
- 气候图 116 气温增高 4℃水稻二化螟发生世代数位移情景
- 气候图 117 气温增高 2℃、4℃水稻三化螟北界位移情景
- 气候图 118 气温增高 2℃粘虫发生世代数位移情景
- 气候图 119 气温增高 4℃粘虫发生世代数位移情景
- 气候图 120 气温增高 2℃玉米螟发生世代数位移情景
- 气候图 121 气温增高 4℃玉米螟发生世代数位移情景
- 气候图 122 中国一季稻播种期 (月/日)
- 气候图 123 中国一季稻成熟期 (月/日)
- 气候图 124 中国春玉米播种期 (月/日)
- 气候图 125 中国春玉米成熟期 (月/日)
- 气候图 126 中国棉花播种期 (月/日)
- 气候图 127 中国棉花吐絮期 (月/日)
- 气候图 128 中国毛桃芽开放期 (月/日)
- 气候图 129 中国毛桃开花盛期 (月/日)
- 气候图 130 中国刺槐芽开放期 (月/日)
- 气候图 131 中国刺槐开花盛期 (月/日)
- 气候图 132 中国蜜蜂始见日期 (月/日)
- 气候图 133 亚洲、大洋洲 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 (度·日)
- 气候图 134 欧洲、非洲 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 (度·日)
- 气候图 135 北美洲、拉丁美洲 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 (度·日)
- 气候图 136 亚洲、大洋洲年降水量 (毫米)
- 气候图 137 欧洲、非洲年降水量 (毫米)
- 气候图 138 北美洲、拉丁美洲年降水量 (毫米)
- 气候图 139 亚洲、大洋洲年太阳总辐射量 (兆焦耳/米<sup>2</sup>)
- 气候图 140 欧洲、非洲年太阳总辐射量 (兆焦耳/米<sup>2</sup>)
- 气候图 141 北美洲、拉丁美洲年太阳总辐射量 (兆焦耳/米<sup>2</sup>)

# Contents

|                                                                    |         |
|--------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Chapter 1 Preface</b> .....                                     | ( 1 )   |
| 1.1 Climate and Agriculture Production .....                       | ( 1 )   |
| 1.2 Achievements of Chinese Agroclimatology .....                  | ( 5 )   |
| 1.3 Responsibility of Chinese Agroclimatology .....                | ( 7 )   |
| 1.4 Development history of Chinese Agroclimatology .....           | ( 11 )  |
| 1.5 Chinese Agroclimatic Features .....                            | ( 13 )  |
| <b>References</b> .....                                            | ( 20 )  |
| <b>Chapter 2 Chinese Agroclimatic Resources</b> .....              | ( 21 )  |
| 2.1 Solar Radiation Resources .....                                | ( 21 )  |
| 2.2 Heat Resources .....                                           | ( 40 )  |
| 2.3 Precipitation Resources .....                                  | ( 63 )  |
| 2.4 Comprehensive Assessment of Agroclimatic Resources .....       | ( 78 )  |
| <b>References</b> .....                                            | ( 80 )  |
| <b>Chapter 3 Chinese Agroclimatic Catastrophes</b> .....           | ( 81 )  |
| 3.1 Drought .....                                                  | ( 83 )  |
| 3.2 Flood and Waterlogging Disaster .....                          | ( 107 ) |
| 3.3 Wet Soil Injury .....                                          | ( 119 ) |
| 3.4 Low Temperature and Cool Damage .....                          | ( 122 ) |
| 3.5 Frost Injury .....                                             | ( 135 ) |
| 3.6 Freezing Injury .....                                          | ( 158 ) |
| 3.7 Dry-hot Wind .....                                             | ( 166 ) |
| 3.8 High Temperature and Hot Weather Damage .....                  | ( 171 ) |
| 3.9 Hail Damage .....                                              | ( 174 ) |
| 3.10 Typhoon .....                                                 | ( 175 ) |
| <b>References</b> .....                                            | ( 177 ) |
| <b>Chapter 4 Chinese Agroclimatic Divisions</b> .....              | ( 180 ) |
| 4.1 Summariz on Chinese Agroclimatic Division Research .....       | ( 180 ) |
| 4.2 Principles and Systems of Chinese Agroclimatic Division .....  | ( 183 ) |
| 4.3 Chinese Agroclimatic Large Region .....                        | ( 194 ) |
| 4.4 Chinese Agroclimatic Zone and Agroclimatic Region .....        | ( 196 ) |
| 4.5 Crop Climatic Division of Chinese Agriculture and Forest ..... | ( 213 ) |
| <b>References</b> .....                                            | ( 235 ) |
| <b>Chapter 5 Chinese Regional Agroclimate</b> .....                | ( 236 ) |
| 5.1 Agroclimate in the Northeast China .....                       | ( 236 ) |
| 5.2 Agroclimate in the North China .....                           | ( 241 ) |