



全球变化热门话题丛书

主编 秦大河

气候变化 对农业生态的影响

GLOBAL CHANGE



王馥棠 赵宗慈 王石立 刘文泉 编著



气象出版社



全球变化热门话题丛书

主 编 秦大河

副主编 丁一汇 毛耀顺

气候变化 对农业生态的影响

Qihou Bianhua dui Nongye Shengtai de Yingxiang

王馥棠 赵宗慈 王石立 刘文泉 编著

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

气候变化对农业生态的影响/王馥棠等编著. —北京:
气象出版社, 2003. 3

(全球变化热门话题/秦大河主编)

ISBN 7-5029-3541-X

I. 气… II. 王… III. 气候变化 气候影响-生态农
业-研究-中国 IV. S181

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 013074 号

气象出版社出版

(北京中关村南大街 46 号 邮编:100081)

责任编辑:崔晓军 终审:周诗健

封面设计:新视窗工作室 责任技编:刘祥玉 责任校对:曹继华

*

北京京科印刷有限公司印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

*

开本:889×1194 1/32 印张:6 字数:155千字

2003年3月第一版 2003年3月第一次印刷

印数:1—5000 定价:15.00元

序 言

全球变化科学是从 20 世纪 80 年代发展起来的一个新兴的科学领域。其研究对象是气候系统(包括岩石圈、大气圈、水圈、冰冻圈和生物圈)、各子系统内部以及各子系统之间的相互作用。它的科学目标是描述和理解人类赖以生存的气候系统运行的机制、变化规律以及人类活动在其中所起的作用与影响,从而提高对未来环境变化及其对人类社会影响影响的预测和评估能力。近 20 年来,全球变化的研究方向经历了重大调整。首先是从认识气候系统基本规律的纯基础研究为主,发展到与人类社会可持续发展密切相关的一系列生存环境实际问题的研究;其次是从研究人类活动对环境变化的影响,扩展到研究人类如何适应和减缓全球环境的变化。全球变化的研究已经取得了重大的进展。

气候变化是全球变化研究的核心问题和重要内容。科学研究表明,近百年来,地球气候正经历一次以全球变暖为主要特征的显著变化。近 50 年的气候变暖主要是人类使用矿物燃料排放的大量二氧化碳等温室气体的增温效应造成的。现有的预测表明,未来 50~100 年全球的气候将继续向变暖的方向发展。这一增温对全球自然生态系统和各国社会经济已经产生并将继续产生重大而深刻的影响,使人类的生存和发展面临巨大挑战。

自工业革命(1750 年)以来,大气中温室气体浓度明显增加。大气中二氧化碳的浓度目前已达到 368 ppmv(百万分之一体积),这可能是过去 42 万年中的最高值。增强的温室效应使得自 1860 年有气象仪器观测记录以来,全球平均温度升高了 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。

最暖的 14 个年份均出现在 1983 年以后。20 世纪北半球温度的增幅可能是过去 1 000 年中最高的。降水分布也发生了变化。大陆地区尤其是中高纬地区降水增加,非洲等一些地区降水减少。有些地区极端天气气候事件(厄尔尼诺、干旱、洪涝、雷暴、冰雹、风暴、高温天气和沙尘暴等)的出现频率与强度增加。近百年我国气候也在变暖,气温上升了 $0.4\sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,以冬季和西北、华北、东北最为明显。1985 年以来,我国已连续出现了 17 个全国大范围暖冬。降水自 20 世纪 50 年代以后逐渐减少,华北地区出现了暖干化趋势。

对于未来 100 年的全球气候变化,国内外科学家也进行了预测。结果表明:(1)到 2100 年时,地球平均地表气温将比 1990 年上升 $1.4\sim 5.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这一增温值将是 20 世纪内增温值($0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右)的 2~10 倍,可能是近 10 000 年中增温最显著的速率。21 世纪全球平均降水将会增加,北半球雪盖和海冰范围将进一步缩小。到 2100 年时,全球平均海平面将比 1990 年上升 $0.09\sim 0.88\text{ m}$ 。一些极端事件(如高温天气、强降水、热带气旋强风等)发生的频率会增加。(2)我国气候将继续变暖。到 2020~2030 年,全国平均气温将上升 $1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$;到 2050 年,全国平均气温将上升 $2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。我国气候变暖的幅度由南向北增加。不少地区降水出现增加趋势,但华北和东北南部等一些地区将出现继续变干的趋势。

气候变化的影响是多尺度、全方位、多层次的,正面和负面影响并存,但它的负面影响更受关注。全球气候变暖对全球许多地区的自然生态系统已经产生了影响,如海平面升高、冰川退缩、湖泊水位下降、湖泊面积萎缩、冻土融化、河(湖)冰迟冻与早融、中高纬生长季节延长、动植物分布范围向极区和高海拔区延伸、某些动植物数量减少、一些植物开花期提前等等。自然生态系统由于适应能力有限,容易受到严重的、甚至不可恢复的破坏。正面临这种危险的系统包括:冰川、珊瑚礁岛、红树林、热带雨林、极地和高山生态系统、草原湿地、残余天然草地和海岸带生态系统等。随着气候变化频率和幅度的增加,遭受破坏的自然生态系统在数目上会有所

增加,其地理范围也将增加。

气候变化对国民经济的影响可能以负面为主。农业可能是对气候变化反应最为敏感的部门之一。气候变化将使我国未来农业生产的不稳定性增加,产量波动大;农业生产布局 and 结构将出现变动;农业生产条件改变,农业成本和投资大幅度增加。气候变暖将导致地表径流、旱涝灾害频率和一些地区的水质等发生变化,特别是水资源供需矛盾将更为突出。对气候变化敏感的传染性疾病(如疟疾和登革热)的传播范围可能增加;与高温热浪天气有关的疾病和死亡率增加。气候变化将影响人类居住环境,尤其是江河流域和海岸带低地地区以及迅速发展的城镇,最直接的威胁是洪涝和山体滑坡。人类目前所面临的水和能源短缺、垃圾处理和交通等环境问题,也可能因高温、多雨而加剧。

由于全球增暖将导致地球气候系统的深刻变化,使人类与生态环境系统之间业已建立起来的相互适应关系受到显著影响和扰动,因此全球变化特别是气候变化问题得到各国政府与公众的极大关注。

1979 年的第一次世界气候大会(主要由科学家参加)宣言提出:如果大气中的二氧化碳含量今后仍像现在这样不断增加,则气温的上升到 20 世纪末将达到可测量的程度,到 21 世纪中叶将会出现显著的增温现象。1990 年 11 月,第二次世界气候大会(由科学家和部长参加)通过了《科学技术会议声明》和《部长宣言》,认为已有一些技术上可行、经济上有效的方法,可供各国减少二氧化碳的排放,并提出制定气候变化公约的问题。1991 年 2 月联合国组成气候公约谈判工作组,并于 1992 年 5 月完成了公约的谈判工作。1992 年 6 月联合国环境与发展大会期间,153 个国家和区域一体化组织正式签署了《联合国气候变化框架公约》。1994 年 3 月 21 日公约正式生效。截止到 2001 年 12 月共有 187 个国家和区域一体化组织成为缔约方。公约缔约方第一次大会于 1995 年 3 月在德国柏林召开。经过两年的艰苦谈判,1997 年 12 月在日本京都召开

的公约第三次缔约方大会上通过了《京都议定书》，为发达国家规定了到 2008~2012 年的具体的温室气体减排义务。

1988 年 11 月世界气象组织和联合国环境规划署建立了“政府间气候变化专门委员会(IPCC)”，其主要任务是定期对气候变化科学知识的现状、气候变化对社会和经济的潜在影响，以及适应和减缓气候变化的可能对策进行评估，为各国政府和国际社会提供权威的科学信息。自成立以来，IPCC 已组织世界上数以千计的不同领域的科学家完成了三次评估报告及“综合报告”。目前，IPCC 正在准备编写第四次评估报告，将于 2007 年完成。此外，还组织编写了许多特别报告、技术报告。IPCC 组织编写的这些评估报告，作为制定气候变化政策和对策的科学依据提交给国际社会和各国政府。它不仅为各国政府部门制定气候变化对策提供了科学信息，而且也直接影响着《联合国气候变化框架公约》及《京都议定书》的实施进程，并在荒漠化、湿地等其他国际环境公约的活动中发挥着越来越大的作用。

全球气候变化问题，不仅是科学问题、环境问题，而且是能源问题、经济问题和政治问题。全球气候变化问题将给我国带来许多挑战、压力和机遇。

国际上要求我国减排温室气体的压力越来越大。目前我国二氧化碳排放量已位居世界第二，甲烷、氧化亚氮等温室气体的排放量也居世界前列。预测表明，到 2025~2030 年间，我国的二氧化碳排放总量很可能超过美国，居世界第一位；目前低于世界平均水平的我国人均二氧化碳排放量可能达到世界平均水平。由于技术和设备相对落后、陈旧，能源消费强度大，我国单位国内生产总值的温室气体排放量比较高。

我国减排温室气体的潜力受到能源结构、技术和资金的制约。煤是我国的主要能源，在我国一次能源消费中，煤炭约占 70%。受能源结构的制约，我国通过调整能源结构来减少二氧化碳排放量的潜力有限。如果近期就承担温室气体控制义务，我国的能源供应

将受到制约。同时,因缺少相应的技术支撑,我国的经济的发展将受到严重影响。因此,我国的能源结构和减排成本决定了我国不可能过早地承诺减排义务。在相当一段时期内,我国应坚持“节约能源、优化能源结构、提高能源利用效率”的能源政策,但是需要相当的技术和资金作为保证。目前发达国家希望通过“清洁发展机制(CDM)”项目,从发展中国家获得减排抵消额。这将为发展中国家获得新的投资和技术转让带来机遇。

我国党和政府对气候变化问题一直非常重视,早在1986年就成立了国家气候委员会,其职责是参加国际有关组织相应的活动,并在开展气候研究、预报、服务等工作中,负责对外的国际合作、交流,对内起到组织协调的作用,并与各有关部门共同协商、配合工作,充分发挥各有关单位的积极性,使气候科学更好地为国家建设服务。1995年成立了国家气候中心,专门从事气候监测、预测和评价等工作,为我国经济建设和社会发展提供了卓有成效的服务。目前,气候变化与生态环境问题已引起党和政府的高度关注。但是总体来看,迄今为止我国还未把适应与减缓气候变化影响的问题真正提上议事日程,这方面的研究仍十分薄弱和不足。由于全球气候变暖可能给我国自然生态系统和社会经济部门带来难以承受的、不可逆转的、持久的严重影响。因此,应对全球气候变暖的影响,趋利避害,应成为我国实施可持续发展时必须重视的问题之一。需要全面深入研究气候变化对我国自然生态系统和国民经济各部门的影响后果、可采取的适应与减缓措施,并在对其进行成本-效益分析的基础上,提出我国适应与减缓气候变化影响的规划和行动计划。

为了宣传和普及气候和气候变化方面的科学知识,提高公众在全球变化问题上的科学认识,我们组织编撰出版这套《全球变化热门话题》丛书。本套丛书一共18册,由国内相关领域的知名专家撰稿,内容包括以下三方面:一是以大量监测数据为基础,揭示全球变化的若干事实及其在各个分系统中的表现形式;二是以太阳

辐射、大气化学、大气物理、环境和生态演变等多学科交叉理论为基础,深入浅出地阐述气候变化的成因;三是以可持续发展理论为指导,提出人类适应和减缓全球变化的各种对策、途径和方法。该丛书的出版,旨在使人们对全球变化有清醒而全面的科学认识,从而更加关注全球变化,并且在更高的层次上、更广泛的范围内认识我国在全球变化中的地位和作用,自觉参与人类社会的共同决策,保护人类赖以生存的地球环境。

国家气候委员会主任
中国气象局局长

秦大河

2003年3月23日

目 录

第一章 中国的气候变化	(1)
气候、气候变化与气候变暖	(1)
天气、气候和气候变化	(1)
气候变化的地理分布	(2)
近百年的气候变暖	(3)
近百年气候变暖在更长时间尺度的地位	(5)
气候变化(暖)的监测、特点与成因	(6)
气候变化的监测	(6)
近 50 年气候变化的特点	(7)
气候变化的因果分析	(11)
气候变暖与人类活动	(11)
人类活动	(11)
气候模式与气候模拟	(11)
人类活动对气候变化的可能影响	(13)
气候变暖与气候灾害	(18)
主要气候灾害	(18)
旱涝	(18)
台风	(19)
沙尘暴	(20)
气候变暖的模拟评估与趋势情景	(22)
20 世纪气候变暖的检测	(22)

21 世纪气候变化的趋势情景	(26)
第二章 气候变化(暖)对农业生态和生态环境的影响	(33)
对自然植被的影响	(33)
对特征性自然植被影响的模拟方法	(35)
对特征性自然植被的影响	(36)
对中国自然植被净第一性生产力的影响	(39)
对森林树种的影响	(41)
对中国荒漠化的影响	(43)
对农业气候资源的影响	(45)
对光资源的影响	(46)
对热量资源的影响	(49)
对农业水分资源的影响	(56)
对农业气象灾害的影响	(62)
农业干旱	(62)
低温冷害	(64)
高温热害	(65)
气候异常极端事件	(66)
对土地生产力的影响	(69)
土地质量评价	(70)
土地生产力的估算	(73)
气候变化对土地生产力的可能影响	(74)
农业土地利用的可能变化	(78)
对我国种植熟制的影响	(80)
对种植熟制影响的模拟评估	(80)
对种植熟制的可能影响	(82)
对农牧过渡带的可能影响	(85)
对农作物病虫害的影响	(87)
对农作物病害的影响	(88)

对农作物虫害的影响	(90)
对农田草害的影响	(94)
第三章 气候变化(暖)对作物生长和农业生产的影响	(96)
对作物生长发育的影响	(96)
CO ₂ 浓度增加对作物生长发育的直接影响	(97)
气候变暖对作物生长发育的影响(间接影响).....	(101)
对农业(作物)气候生产潜力的影响.....	(103)
对光温生产潜力和气候生产潜力的影响.....	(104)
对作物气候生产潜力的影响.....	(109)
对农业生产与作物产量的影响.....	(118)
对全球与中国粮食产量影响的模拟.....	(118)
对中国主产作物(稻、麦、玉米等)产量影响的 模拟.....	(124)
对牧区草场和畜牧业的影响.....	(127)
草原类型与气候.....	(128)
对草场产草量和载畜量的可能影响.....	(131)
对畜种分布和畜产品的可能影响.....	(133)
第四章 农业生产的气候脆弱性评估.....	(135)
农业生产的气候脆弱性.....	(136)
农业生产对气候变化的敏感性.....	(137)
农业生产对气候变化的适应性.....	(138)
农业生产气候脆弱性含义.....	(139)
气候脆弱性的评估.....	(141)
气候脆弱性评估指标体系及其权重.....	(141)
敏感性指标分级.....	(143)
适应性指标分级.....	(144)
脆弱性估算与分级.....	(145)

气候脆弱性现状分析	(146)
1990 年农业生产气候脆弱性分析	(146)
1997 年农业生产气候脆弱性分析	(147)
未来气候变暖对气候脆弱性的可能影响	(149)
未来气候变化情景的设定.....	(149)
基于 1997 年适应性情景的脆弱性可能变化	(150)
基于未来社会经济发展情景的脆弱性可能 变化.....	(151)
对策建议与讨论	(153)
加强生态环境建设,降低农业生产对气候变化的 敏感性.....	(153)
积极开展生态环境的有效治理,提高应对气候变化 风险的能力.....	(154)
促进区域经济与环境保护的协调发展,走可持续 发展之路.....	(155)
重点区域发展对策的思考.....	(156)
第五章 农业可持续发展的对策概要	(157)
气候变化农业影响评估研究的不确定性	(157)
气候变化预测的不确定性.....	(158)
农业影响评估研究的不确定性.....	(161)
农业可持续发展的基本对策	(163)
控制减少农业生产二氧化碳排放源,提高 其碳汇库容潜力.....	(164)
合理利用农业自然资源,加强生态环境的 保护和治理.....	(166)
突出区域治理重点,调整产业(农业)结构, 走综合开发之路.....	(168)
加强公众教育,提高农民科技素质	(171)

发展相关前沿学科与高科技.....	(171)
探索提高光合作用的新途径.....	(172)
研究提高生物固氮的效率.....	(172)
发展生物高科技.....	(172)
加强气候变化影响评估、模拟和预测的研究	(173)
参考文献.....	(174)

第一章

中国的气候变化

气候以及气候变化与农业紧密联系,特别是在发展中国家,农业的发展对气候变化的依赖关系更明显。因此,本章在着重介绍气候变化对农业影响以前,首先简单介绍中国的气候变化。

气候、气候变化与气候变暖

天气、气候和气候变化

人类生活在地球上,人类的生活和农业生产都经常接触到每天的天气状况,如今天暖和,昨天冷;今天下雨,昨天晴天;今天没风,昨天刮大风等等。这种描述每天的冷暖、干湿等气象状况的,称做天气,这种气象状况在不同天的变化称做天气变化。我们还经常听到说这些年气候异常,如1998年长江流域的大洪水,近几年的异常暖冬等。什么是气候呢?气候的通常含义是“平均天气”,或说,在一个较长时段,如几个月到千、百万年时间尺度,统计的平均天气状况。通常描述气候的变量有气温、降水和风等。根据世界气象组织

(WMO)的规定一般取 30 年作为气候标准时段,例如现今这一阶段采用 1961 到 1990 年 30 年的平均表示。实际上,可以注意到,不同年的气候状况是不一样的:有些年冷,如 20 世纪 60 年代中国偏冷;有些年暖,如中国近期连续 16 个暖冬;有些年旱,如近 20 多年华北偏旱;有些年涝,如 20 世纪 90 年代长江流域偏涝等。因此,气候是不断变化的,称做气候变化。有些年气候变化距离常年的平均气候状况差别很大,称做气候异常;如 1954 年的长江流域大水,在近 50 年是罕见的,属于气候异常;又如 2000 年北京夏季气温多达 17 天高于 36°C ,属于近几十年少见,也是气候异常。描述气候变化的快慢程度,称做气候变率,通常考虑气候的空间和时间变化与变率。

气候变化的地理分布

中国是一个幅员辽阔的大国,最北部属寒温带气候,最南部属热带气候,包括了不同的气候带;我国的地形复杂,西部有世界最高山峰和高原以及沙漠,东部多为平原和丘陵,海岸线长,面临太平洋,因此,我国大部分地区处在季风气候区,冬季多西北风,夏季多东南风,雨季主要在夏半年,冬季雨水较少,特别是在我国北方。

图 1.1 给出了观测的 1961~1990 年 30 年平均的中国年平均

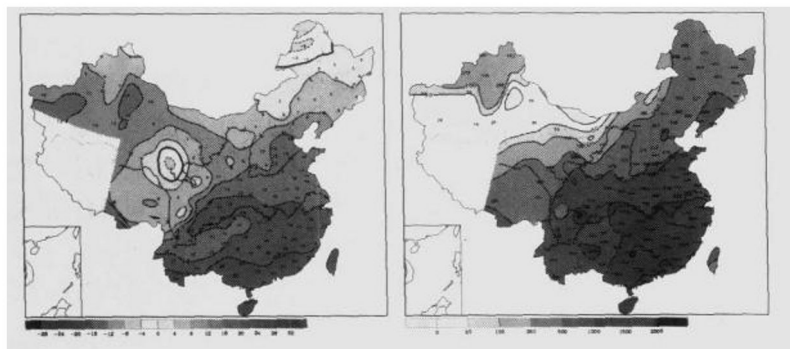


图 1.1 观测的 1961~1990 年平均的中国年平均气温($^{\circ}\text{C}$)
(左)和年总降水量(mm)(右)(Gao 等, 2001)

气温和年总降水量(Gao 等,2001)。从图中可注意到,我国的年平均气温在华南最暖,为 $20\sim 24\text{ }^{\circ}\text{C}$,东北最冷,为 $-2\sim -5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。我国最干的地方是在新疆的沙漠地区,年总降水量不足 50 mm ,降水最丰盛的地区是在华南,年降水量可达 $1200\sim 1300\text{ mm}$ 或更多。

近百年的气候变暖

20 世纪近百年的气候变化是科学家、政策制定者和公众所关心的热点问题之一。20 世纪有了气象仪器的观测资料,因此,也使得科学家们有条件可以做较为精确的计算。图 1.2 和图 1.3 分别给出观测的 20 世纪近百年全球、东亚($70^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$, $15^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$)和中国的年平均气温和年降水量的变化。相应表 1.1 和表 1.2 分别给出近百年全球、东亚和中国年平均气温和年总降水量变化的线性趋势和各区域相互间的相关系数。从图和表中可注意到,20 世纪近百年全球、东亚和中国都明显变暖,其中东亚变暖最明显,为 $0.84\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{a})^{-1}$,其次是全球, $0.65\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{a})^{-1}$,中国变暖较小,只有 $0.40\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(100\text{a})^{-1}$ 。三个地区都有明显的相关,达到 95% 信度水平。和气温相比,近百年降水量的变化没有明显的趋势,全球、东

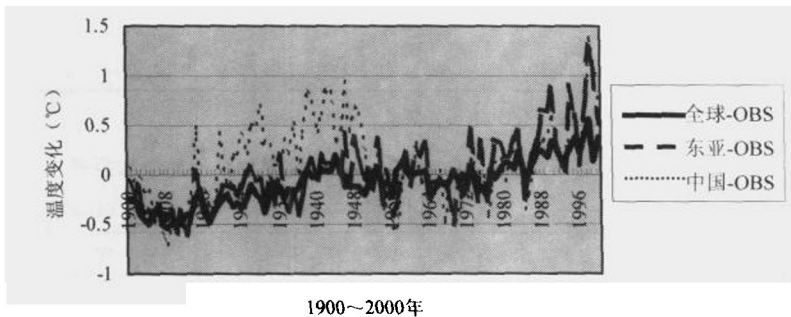


图 1.2 观测的近百年(1900~2000 年)全球、东亚和中国年平均气温变化($^{\circ}\text{C}$)

(IPCC WGI Report, 2001; Mulme 等, 1994; 王绍武等, 1998)