

中国科学院地理研究所
全球变化研究系列文集 第一集

Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences. Global Change Study No. 1, Series Publication

气候变化及其影响

Climate Change and Its Impact

张翼 张丕远 主 编
张厚瑄 林振耀

Editors in Chief

Zhang Yi Zhang Peiyuan
Zhang Houxuan Lin Zhenyao

气象出版社

56.458
550

中国科学院地理研究所
全球变化研究系列文集 第一集

Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences. Global Change Study No. 1, Series Publication

气候变化及其影响

Climate Change and Its Impact

张 翼 张丕远 主 编
张厚瑄 林振耀

Editors in Chief

Zhang Yi Zhang Peiyuan
Zhang Houxuan Lin Zhenyao

气 象 出 版 社

1993

(京)新登字 046 号

内 容 简 介

本书是中国科学院地理研究所全球变化研究系列文集集中的第一集,它收集了地理所参加的中国科学院与美国能源部国际合作研究“CO₂ 导致的气候变化”中的部分研究成果,收集了地理研究所承担的“八五”攻关课题 85-913-03 中部分研究成果和在这个领域与兄弟单位合作研究的部分成果。

全书分总论、古气候、历史气候和现代气候变化研究;气候变化对农业影响研究;气候变化对自然带、植被带的影响研究;气候变化对水文、水资源的影响研究;气候模拟与未来中国气候情景等六部分。

本书可为从事自然地理学、气候学、农(林)学、水文学、植被学的大专院校师生、研究人员参考。

中国科学院地理研究所全球变化研究系列文集

第 一 集

气候变化及其影响

张丕远 林振耀 编
张丕远 林振耀 编
张丕远 林振耀 编

气象出版社出版 (北京西郊白石桥路 46 号)

中国科学院植物所计算机室印刷

开本: 787×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 445 千字

1993 年 6 月第 1 版 1993 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—1,000 册 定价: 29.90 元

ISBN 7-5029-1415-3/P·0608

前 言

在未来长时期内,人类将被迫面临着许多全球环境问题。我们不可能完全预见它们的发展,而问题又如此紧迫,人类必须准备长期不懈地与之斗争。由世界气象组织(WMO)与国际科学联盟理事会(ICSU)主持的世界气候研究计划(WCRP)和国际科学联盟理事会主持的国际地圈-生物圈计划(IGBP)一起构成了对全球变化的科学研究进行国际性探索的格局。WCRP 主要目标是确定对气候的瞬态变化可预报到什么程度,以及为研究地球气候对自然与人类影响的响应奠定科学基础;IGBP 旨在阐明与理解物理化学与生物学之间的相互作用过程,这些过程调节着整个地球系统,调节着维持生命活动的这个唯一环境,调节着正在发生着的变化以及调节着人类活动影响引起变化的方式。IGBP 的一个中心目标是为定量地估算地球在生物地球化学循环中的变化奠定科学基础。

应该指出,气候变化研究是全球变化研究中一个非常重要的方面,但必须强调气候变化仅仅是世界面临的大范围环境问题中的一个问题,气候变化研究仅仅是全球变化研究中的一个内容。

中国科学院地理研究所是中国最大的一个地理学研究机构,现有职工 651 人,其中科技人员 558 人。主要从事地理环境的结构、形成、演变及其改造利用的研究。着重探讨地理环境中物质、能量的迁移、积累、转化的过程及人类活动对地理环境的影响,寻找人类适应、利用、改造地理环境的途径。目前地理研究所有 14 个研究室,它们是:综合自然地理研究室、气候研究室、水文研究室、化学地理研究室、地貌研究室、古地理与历史地理研究室、生态与环境物理研究室、理论地理研究室、农业与乡村地理研究室、工业与交通地理研究室、城市与人文地理研究室、区域规划与开发研究室、世界地理研究室、地图研究室。有 5 个研究室一级的实验室、实验站和国家级重点实验室,它们是:资源与环境信息系统国家重点实验室、中国科学院禹城综合试验站、北京农业生态系统试验站、新技术研究室和中心分析室。此外还有一个图书、资料、情报室。综合的和多学科的地理研究所是研究全球变化的一支重要力量。

多年来,地理研究所的科学工作者在历史时期气候及其变化(特别是历史文献资料、树木年轮)和极地(包括青藏高原)气候及其变化方面作了大量工作。目前,围绕着全球变化正进行着多学科的综合研究。

主要研究工作集中在以下领域:

1. 历史时期气候及其变化
2. 气候变化(着重未来气候)影响、评价与对策
3. 极地(含青藏高原)气候及其变化
4. 中国及全球气候变化基础资料地理信息系统

为了系统地反映今后中国科学院地理所在全球变化研究中的工作,我们计划出版全球变化研究系列文集。《气候变化及其影响》是系列文集集中的第一集。它收集了地理研究所同志参加的中国科学院与美国能源部国际合作研究“CO₂ 导致的气候变化”中的部分研究成果;收集了地理所承担的“八五”攻关课题 85-913-03 中的部分初步研究成果以及在这个领域与兄弟单位合作研究的部分成果。这些工作是相当初步的,有的还很不成熟,仅起抛砖引

1995/2/08

00612

玉的作用。

众所周知,全球变化,包括气候变化研究具有不确定性。这种不确定性目前主要来自对气候系统认识的不足。急需解决的关键问题是:

- (1)地球系统对温室气体的制约;
- (2)云对辐射作用的制约;
- (3)降水与蒸发;
- (4)大洋的热量输送与贮藏;
- (5)生态系统过程。

尽管如此,最近一些年来,对气候系统及其对一些扰动响应的认识已取得明显进展。一些气候系统中控制对气候强迫响应的反馈过程已经纳入气候模式之中;在一些重要的不确定的领域的研究取得了较好的结果;从气候模式中已经得出一些对未来变化的形式和数量大小的结论,其中包括温室气体增加时气候系统对其逐步变化的响应。然而,有必要强调,对未来变化,尤其是有关区域的变化估计还是相当有限的。科学发展的历史是一个从必然王国到自由王国的发展历史,我们必须不断地总结经验,继续前进,有所发现、有所发明、有所创造、有所前进。悲观的、消极的和无所作为的观点是错误的。它们之所以是错误的,因为这既不符合迄今为止我们知道的自然界发展的历史事实,这也不符合科学发展的历史事实。因此正确地认识全球变化的过程是不断认识-实践-认识的过程,也是几代人不断努力的过程。

Foreword

We will be faced with global environmental problems for the future. They will evolve in unforeseen ways, and they are very likely to grow in urgency. We should prepare to deal with them in long term. The World Climate Research Programme (WCRP), sponsored by the World Meteorological Organization (WMO) and the International Council for Scientific Unions (ICSU), and the International Geosphere—Biosphere Programme (IGBP), sponsored by ICSU, together constitute the international framework of the quest for scientific understanding of climate and global change. The main goals of the WCRP are to determine to what extent transient climate variations are predictable and to lay the scientific foundation for predicting the response of the Earth's climate to natural or man-made influences. IGBP is an inter-disciplinary research initiative of the ICSU, to describe and understand the interactive physical, chemical and biological processes that regulate the total Earth system, the unique environment that provides for life, the changes are influenced by human actions. A central objective of the IGBP is to establish the scientific basis for quantitative assessments of changes in the Earth's biogeochemical cycles, including those which control the concentration of carbon dioxide and other chemicals in the atmosphere.

It must be indicated that climate change study is an important aspect of global change studies. It must be stress also that climate change is only one problem of global environment problems we will be faced, and one study of global change studies.

The Institute of Geography (IG) is one of the largest unit of geographical study in China. It has staff member of 651, of the 558 professional staff. IG mainly studies structure, formation, evolution of geographical environment and its transformation utilization with emphasis on the exploration of migration, accumulation and transformation process of energy and substance as well as man-environment interaction. At present, it has 14 departments, Department of physical Geography, of Climatology, of Hydrology, of Chemical Geography, of Geomorphology, of Palaeogeography and Historical Geography, of Eco-Environment physics, of Theoretical Geography, of Agriculture and Rural Geography, of Industrial and Transportation, of Urban and Human Geography, of Planning and Development of Region, of World Geography, and of Cartography. It has four laboratories or experimental stations and a key national level laboratory. They are: National Key Open Laboratory of REIS, Yucheng Integrated Experimental Station, Beijing Agroecosystem Experimental Station, and Department of New Technology. It also has the Department of Library, Information and Documentation. Integrated and multi-disciplinary IG is an important force of studying global change in China.

In recent years scientists of IG did a lot of study on Historical climate and its change (especially in the fields of historical proxy data and tree ring), and on polar region climate and its change (in-

cluded Qinghai—XiZang Plateau climate and its change). Now, it conducts integrated and multi-disciplinary study on global change. The main studies are focused on the fields as follows:

1. Historical Climate and its Change
2. Impact and Assessment of Climate Change
3. Climate and its Change of Polar Region (including Qinghai—Xizhang Plateau)
4. GIS of Climate Change Basic Data of China

For sake of reflecting systematically the study of IG, CAS in the field of global change, we are going to publish "Series Publication on global change". "Climate Change and its Impact" is the No. 1 of this series. We have collected partial achievement in Programme, "Climate Change Induced by CO₂", a cooperative study between CAS/DOE, U. S., and partial preliminary work in Programme 85-913-03 national 85 Key Project of China. We also collect partial studies cooperated between IG and other institute of China. These papers are preliminary and unconsiderable. We hope casting a brick to attract jade.

As well known, there are uncertainties in the current study on global change. It mainly comes from little understanding of climate system. The following 5 areas are considered the most critical:

- 1) control of the greenhouse gases by the Earth system.
- 2) Control of radiation by clouds.
- 3) Precipitation and evaporation.
- 4) Ocean transport and storage of heat
- 5) Ecosystem processes

Our understanding of climate system and its response to such perturbations has advanced considerably over recent years. Several of major feedbacks in the climate system which control the response to perturbations of forcing of climate are now represented in climate models, and there is a much better appreciation of which are the important areas of uncertainty. A number of indications of the form and magnitude of future changes have been obtain from climate model experiments. In some of these, the gradual development of the response as greenhouses gases increase is included. However, it is necessary to stress the limitations of estimates of future change, especially with respect to regional changes.

The history of science development is one of continuous development from the realm of necessity to the realm of freedom. We have constantly to sum up experience and go on discovering, inventing, creating and advancing. Ideas of stagnation, pessimism, inertia and complacency are wrong. They are wrong because they agree neither with the historical facts of nature development, nor of science development over past years, so far known to us. Therefore the process to understand correctly global change is the repetition process leading from practice to knowledge and then back to practice. This is also the process for which several generations do their best.

目 录

前言 编者

第一部分 总论

如何对待全球变暖问题 黄秉维(1)

第二部分 古气候、历史气候和现代气候变化研究

门限自回归模型在气候资料插补中的应用 张时煌 孔 楠(16)

降水日数、降水等级与北京 260 年降水量序列的重建 张时煌 张丕远(28)

北京 250 年来降水量的重新恢复 张时煌 张丕远(35)

80 年代西藏气候异常及其影响评价 林振耀(43)

近 200 年西藏的气候变动 林振耀 陈晓林(50)

中国历史时期温度的变化 Sultan Hameed 龚高法(57)

近 2000 年来中国温度变化与湿润状况变化之间的关系 龚高法 Sultan Hameed(70)

中国农业对气候变化响应的敏感带和敏感区 龚高法 Sultan Hameed(78)

全新世中期中国的地面空气温度场 张 翼 Weichyung Wang(91)

利用树木年轮研究气候与环境变化的若干进展 吴祥定 邵雪梅(108)

第三部分 气候变化对农业的影响研究

气候变暖对我国东北地区农业热量资源的影响 张厚瑄 张 翼(120)

温室效应对我国双季稻气候生产力的影响 张厚瑄 孙玉平(131)

气候变化对北京地区玉米生产的影响 程延年(139)

一个估算气候变化影响的简单作物-气候模式(SCCM) ... 苏 燕 张厚瑄 张 翼(147)

用 SCCM 模式估算气候变化对黄淮海平原农作物产量的影响

..... 张厚瑄 苏 燕 张 翼(158)

第四部分 气候变化对自然带、植被的影响研究

全球气候变化对中国自然地带的影响 赵名茶(168)

气候变化对西北地区植被分布的可能影响 张 翼 刘玲宁(178)

气候变化对东北地区植被分布的可能影响 张 翼 宋俊果(194)

第五部分 气候变化对水文、水资源的影响研究

气候变化对中国水文情势影响的若干分析 刘昌明 傅国斌(205)

全球变暖对中国东部热、温带地区水文情势影响的典型分析 傅国斌 刘昌明(215)

用 SCCM 模式估算气候变化对黄淮海平原土壤水分平衡各分量的影响	张 翼 许秀元 巫新民 苏 燕 张厚瑄(223)
气候变化对水文和水资源影响的研究进展与问题	张 翼 邓慧平 许秀元(235)

第六部分 气候模拟与未来中国气候情景

CO ₂ 倍增全球变暖条件下中国地表空气温度场的可能变化	张 翼 Weichyung Wang(248)
CO ₂ 倍增全球变暖条件下中国降水的可能变化	Weichyung Wang 张 翼(257)
CO ₂ 倍增全球变暖条件下中国土壤湿度分布的可能变化	张 翼 Weichyung Wang(266)
中国地表空气温度的 GCM 模拟与观测的比较研究	张 翼 Weichyung Wang(274)

Contents

Part I General

How to Deal with the Problem of Global Warming	Huang Bingwei (1)
--	-------------------

Part II Study on Change of Paleoclimate, Historical Climate and Current Climate

The Application of Threshold Auto-Regression Model in the Interpolation of Climate Data	Zhang Shihuang and Kong Nan (16)
Raining Days, Rainy Grades and the Reconstruction of Precipitation Series for 260 years at Beijing	Zhang Shihuang and Zhang Peiyuan (28)
The Reconstruction of Precipitation Series at Beijing since Last 250 years	Zhang Shihuang and Zhang Peiyuan (35)
Abnormal Climate in Tibet and Its Impact in 1980s	Lin Zhenyao (43)
The Climate Change in the Last 200 years in Tibet	Lin Zhenyao and Chen Xiaolin (50)
Temperature Variation During the Historical Times in China	Sultan Hameed and Gong Gaofa (57)
Relationship between temperature and Moisture in China For the Last Two Thousand Years	Gong Gaofa and Sultan Hameed (70)
Identification of Climatically Sensitive Agricultural Areas of China	Gong Gaofa and Sultan Hameed (78)
Air Temperature Field near the Ground in Mid-Holocene in China	Zhang Yi and Weichyung Wang (91)
Advances in Dendrochronological Study as One Approach to Reconstruct Past Climate and Environment	Wu Xiangding and Shao Xuemei (108)

Part III Study on Impact of Climate Change on Agriculture

The Impacts of Global Warming on Agricultural Heat Resources in Northeast China	Zhang Houxuan and Zhang Yi (120)
The Impact of Greenhouse Effect on Climatological Productivity of Double-Harvest Rice in China	Zhang Houxuan and Sun Yuping (131)
The Influence of Climate Variation on Maize Production in District Beijing	Chen Yannian (139)
A Simple Crop-Climate Model to Estimate the Impact of Climate Change (SCCM)	Su Yan, Zhang Houxuan and Zhang Yi (147)

Estimation of the Impact of Climate Change on Crop Yield in Huang—Huai—Hai Plain by SCCM	Zhang Houxuan, Su Yang and Zhang Yi(158)
--	--

Part IV Study on Impact of Climate Change on Physical Zone and Vegetation

Influence of Global Climate Change on Physical Zone in China	Zhao Mingcha (168)
The Potential Effect of Climate Change on the Vegetation Distribution in Northeast China	
..... Zhang Yi and Liu Lingning(178)	
The Potential Effect of Climate Change on the Vegetation Distribution in Northeast China	
..... Zhang Yi and Song Junguo(194)	

Part V Study on Impact of Climate Change on Hydrology and Water Resources

Some Analyses on Climate Change and Chinese Hydrological Regime	
..... Liu Changming and Fu Guobin(205)	
Impact of Global Warming on Hydrological Regime in Tropical and Temperate Zones of East China	
..... Fu Guobin and Liu Changming(215)	
Impact of Climate Change on Each Component of Soil Water Balance in Huang—Huai—Hai Plain by CCM	Zhang Yi, Xu Xiuyuan, Wu Xinmin, Zhang Houxuan and Su Yan(223)
Advance and Improvement of Impact of Climate Change on Hydrology and Water Resources ...	
..... Zhang Yi, Deng Huciping and Xu Xiuyuan (235)	

Part VI Simulation of Climate and Scenario of Future Climate in China

The Potential Change of Ground Surface Air Temperature under the Condition of Global Warming Induced by CO ₂ Doubling	Zhang Yi and Weichyung Wang(248)
The Potential Change of Precipitation of China under the Condition of Global Warming Induced by CO ₂ Doubling	Weichyung Wang and Zhang Yi(257)
The Potential Change of Soil Moisture of China under the Condition of Global Warming Induced by CO ₂ Doubling	Zhang Yi and Weichyung Wang(266)
Comparison of Surface Air Temperature in China between GCM Model Climate and Observed Climate	Zhang Yi and Weichyung Wang(274)

第一部份 总 论

如何对待全球变暖问题*

——在没有把握的问题中寻求可以把握的东西

黄 秉 维

(中国科学院地理研究所)

由于大气中 CO_2 及其他对红外辐射有吸收作用的气体浓度增加有可能引致全球变暖已成为科学界、社会公众、政府所关切的大问题。联合国大会已决定于 1992 年 6 月召开环境与发展大会,制定战略和措施,通过开展国际合作保护环境,实现社会经济的持续发展。

对于这一问题,现在可以确定的,一是大气中 CO_2 及其他主要温室气体浓度的变化,二是这些气体吸收红外辐射的性能,三是地球、金星温度悬殊及地球表面温度变化大体上与大气中 CO_2 及 CH_4 含量相对应。由于温度增高不能不影响降水及其他气候因素,不能不引致海面上升,因此,不敢不相信:继续增加排入大气的温室气体,会引起一系列严重的问题,特别是会影响到下世纪末以后相当长的时间。

但是,直至最近,还存在许多未知数,不可能作出对这些变化的确实的预报。关于这点叶笃正同志了解的比我多得多,他的报告一定会谈得比我好。ICSU 自 1984 年起,便费了很大力量,规划如何研究全球变暖问题,至 1990 年才草拟出 9 个核心计划及建立数据信息系统计划与建立区域研究中心计划。其中 9 个计划于 1990 年或 1991 年开始,5 个在 1992 至 1995 年开始,1 个于 1998 年开始,均于 2001 年结束。叶笃正同志告诉我,这些工作计划于 2000 年完成后,不大可能于两年内得出定论,要建立高分辨率的模式也要十年以上。IPCC 第一工作组的报告预计:(1)较好地了解水分循环,建立耦合大气—海洋的模式,预报气候变化速率,要等到 2001 年;(2)较好地了解海洋,建立分辨率较高的模式,包括水资源在内的区域差异,要等到 2006 年;(3)较好地了解云、海洋、冰原、地球化学、生物界,提高界定与预报气候变化的可信度,要等到 2010 年。换句话说,即使经费没有问题,也要等十多年才能有定论。

明年 6 月联合国环境与发展大会的时候,对全球变暖问题的科学认识不见得会有重大进展。中国是筹备委员会主席团的成员,是人口最多的大国,是发展中国家中温室气体最大策源地,既为众望所归,也是众矢之的。赞成什么,反对什么,建议什么,都有很大影响。国家

* 本文是作者在中国科学技术协会召开的“气候变化与环境问题全国学术讨论会”(1990)上的发言。原文刊于《地理新论》第 6 卷 1 期(内部交流刊物),记录稿,未经本人最后审定。

环境保护委员会和国家科学技术委员会早已组织力量作周到的准备。全国科协有 40 万会员,对此一定有许多真知灼见。我今天就所见所闻,谈一些不成熟的看法,希望能抛砖引玉,向同志们请教。

IPCC 去年的报告认为,根据已有气温记录,100 年来全球表面气温约增高了 0.3 至 0.6°C 。记录和资料处理都存在着一系列缺点,可信度不高,但可以改进的余地很少,也没有充分理由否定它。如以此作参考,则至少有以下两点是值得注意的。

第一,按 IPCC 报告(IPCC 1990, P. 213,图 7.10)海面温度与陆地气温全球平均在 1917 至 1944 年间上升了近 0.7°C ,此后至 1976 年下降了 0.4°C 。北半球平均分别上升了 0.75°C 和下降了 0.5°C 。北半球陆地气温由 1917 年至 1938 年平均上升了 0.9°C 多,此后至 1974 年下降了 0.6°C 。10 年代末至 1940 年前后,大气中温室气体浓度增加不多,迅速增加是在进入 50 年代以后。1958 年开始有准备的 CO_2 测值时,也只达到 295ppmv,比 1900 年高 15ppmv,却比 1990 年低 58ppmv。温度显著增高出现于温室气体显著增高以前,考虑到增温滞后作用,更可以肯定这一时期比较暖必然另有原因。但原因何在,尚不知道(王绍武 1991)。在此以后的气温较低时期都是大气中 CO_2 浓度迅速增加时期。40 年代至 60 年代,曾有一些科学家担心新冰期行将来临,但事实上温度下降不太多,便又转暖。谁也没说清楚这是什么原因。气温在 20 多年内先上升 $0.7-0.9^{\circ}\text{C}$,后又下降 $0.4-0.6^{\circ}\text{C}$,比之在 100 年内上升 $0.3-0.6^{\circ}\text{C}$,更大得多。IPCC 的结论说,这后一数值可以是温室气体增加的结果,也可以是自然因素变化或自然因素与其他人为因素共同变化的结果。只是原文写得比较含蓄,中文译本初稿又更含糊,稍为大意一点,便会忽略了这值得重视的关键。温室气体以外的气候变化因素不搞清楚,即使对温室气体的作用搞清楚了,预报也难免会差之毫厘,谬以千里。

第二,上面说的是二十年、一百年的变化。如不说在地史上时间长得多、变幅大得多的冷暖变迁,一万年内几千年几百年的起伏也不少。这里只拟提两个特别值得重视的时期。一是六七千年前至四千年前的中全新世暖期,北半球中纬度气温约比现在高 $1-2^{\circ}\text{C}$,高纬度高 $3-4^{\circ}\text{C}$;二是 450 年前至 150 年前的小冰期,冰川末端气温普遍比现在低得多。有人认为最近 10 年左右的转暖可能是小冰期消失以后的回暖。如果温室气体浓度增加也起了作用,这作用就只能是很微小的。1989《新科学家》(New SCIENTIST,1989 年 123 期,24 页)报道了 M. I. Budyko 对气候变化的两点见解:①他认为自中全新世暖期以来自然趋势是不断降温。由于温室气体的作用人类才不至受寒冷之害。②他认为温室气体使大陆内部降水增多,因此,温室气体的作用形成了“温室天堂”。报道没有提他的根据,但他是卓越的物理气候学家,又长期研究气候变化,贡献很多,决不会没有确切的论据,便作出新的推断,如果接受他的推断,温室气体的增温作用一定比每 100 年增 $0.3-0.6^{\circ}\text{C}$ 大许多。于是,对 18 世纪中期以来的温室气体作用至少可以有以下三种不同的估计。至目前,没有足够的理由可以否定其中的一种。

一、中国将来的情景

现在 IPCC 预计,如果不采取措施,下一世纪气温将以每 10 年 0.3°C 的速度增加,到 2025 年比现在高 1°C ,到下世纪末高 3°C 。降水一般是冬季多于夏季,陆地多于海洋,高纬多

于低纬。随着温度上升,海水膨胀,部分陆上冰雪消融,海面将于 2030 及 2100 年分别上升 20cm 和 65cm,降水与蒸发亦略有增加。这是很粗略而且依据不足的估计。如果上世纪以来的增温,是由于或部分由于小冰期的自然原因的消失,今后增温可能比 IPCC 预计的要小。如果中全新世暖期以来气候变化的自然趋势是降温,则今后增温可能更小。因此,推论将来可以 IPCC 预计为依据,也可以假定基本上将不发生变化。在思考中要有两手,但只需按 IPCC 预计加以探讨。以下依此对中国未来气候变化作一些推测。

推测中国将来的温度,可参考中国的自然区划和气候区划。在区划中,青藏高原分为 3 个温度带,其余地域分为 9 个温度带。

热带:(IX)赤道带,(VIII)中热带,(VII)边沿热带。

亚热带:(VI)南亚热带,(V)中亚热带,(IV)北亚热带。

温带:(III)暖温带,(II)中温带,(I)寒温带。

青藏高原:(H II)高原温带,(H I)高原亚寒带,(HO)高原寒带。

上列 12 个温度带可分为三组。第(1)组包括(VIII)、(IX)两带,全年温度都高,植物生产可以增加。第(2)组包括(IV)至(VII)4 个带,如果没有常见或偶然发生的冬半年低温,温暖时期增长,或温暖时期温度增高,植物生产可以显著提高。第(3)组包括(I)–(III)及(HO)–(HII)6 个带,温度增高,植物生长不受低温的影响。三组之中,第(3)组约占全国面积 74%,第(2)组约占全国面积 1/5,但农作物产量比第(1)组多,林业发展潜力不亚于第(3)组。第(1)组只占全国面积百分之几。如果按 IPCC 预计,2100 年温度平均增高 3.0℃,对植物生产无疑是利大于害的。下面将就此作一些补充说明。

中国气温的特点之一是,与世界同纬各地相比,夏季偏高,而冬季偏低。这对于植物生产利较少而害较多。全球增暖本来说是冬季多于夏季,加以内陆增温多于海洋,更可能使寒潮削弱,其结果当有助于减小这一缺点。

青藏高原不但位于内陆,气候干旱,有不少冰雪,而且空气稀薄,长波辐射在地表热量平衡中占较大比重,将来增温应当较多。寒温带(I)冰雪分布较广,中温带(II)东部与西部雪亦不少,中部干旱,将来增温效应亦不弱。进入暖温带(III)积雪日数明显减少,但中、西部深处内陆,地面干旱,东部在冬半年不仅地面干旱,而且盛行西北风,受冷空气影响特别大,将来增温幅度当仅次于带温暖(II)。亚热带(IV)北界以南,各温度带气候湿润,多雨多云,海洋对气候的影响也较大,将来增温作用自当较小。但其间亦有一些差别。积雪日数由北而南减少,至南亚热带(VI)便告绝迹。寒潮至此亦较少出现,越往南越少,不出边沿热带(VII)的范围。这些简单的叙述旨在说明即使在一国之内,制约温室效应的因素地域差异仍然很大,因而在综合的指导之下分析,然后在分析基础之上综合。在当前,只能作粗线条的推测。

IPCC 估计 2100 年全球增温 3.0℃。由于中国位于北半球增温较多,所以假定此数值将出现于纬度较低的暖温带。由于 1 月平均温度能较好地表达温度的作用,再假定年平均温度上升 3℃相当于 1 月平均温度上升 4℃,又假定 1 月平均温度上升值在寒温带南界增加至 6℃,在赤道带北界减少至 1℃,则

- (1)寒温带大部分变为中温带;
- (2)中温带大部分变为暖温带;
- (3)暖温带有一半变为北亚热带;

- (4)北亚热带全部变为中亚热带；
- (5)中亚热带小部分变为南亚热带；
- (6)南亚热带全部变为边沿热带；
- (7)边沿热带一部分变为中热带。

中热带与赤道带,除海南岛最南部以外,都是大洋中的小岛,温度增高很有限,不会产生多少影响,可以存而不论。

青藏高原资料很少,暂可假定高原寒带变为高原亚寒带,高原亚寒带变为高原温带,高原温带近似于暖温带或北亚热带。

以上推测非常粗略。但在目前还可以更粗略一些,作两种假定:一是温度基本上无变化;二是每一个温度带都变成相邻的纬度较低,或海拔较低的温度带。第一种假定是承认小冰期的自然因素消除了,现在在恢复正常,或承认中全新世暖期以后温度变化的自然趋势是降温,与温室效应互相抵销,可否定温室效应能使温度上升。第二种假定是承认温室作用,但IPCC预计可能偏低。所要特别研究对策的只是第二种假定。

在第二种假定下,在作物生产上不会有多大困难,而好处却不少。以下据此举一些例子说明。

现在在边沿热带栽培热带作物还偶尔会遭寒害。热带作物有许多是多年生的,在经济上带有固定资产的性质,一旦受害便损失很大。如果温度条件改变为中热带的温度条件,便不会再有此等损失了。

现在在南亚热带中,冬季时有短期低温,甘薯必须防寒,倒春寒也常对早稻生产有很大影响。双季稻连作,不能很好利用7月优越的光、温、水条件。冬季温度较低,冬作可以选择的余地不多。如果这里变成了边沿热带,不但上述一些害行将消除,而且水稻、甘薯、高粱、花生、甘蔗、芝麻等随时都可种植,改变作物制度便有许多文章可作。例如:甘蔗收获可以不必限于比较短的时期中,间套复种可以纳入固氮能力比较强或有改善土壤物理性质的植物,水稻三熟不致由于季节太紧而无法推广,有较多热带作物可以生长得比较好,还可以引种一些原来未引种的热带作物。

中亚热带面积广大,各部分作物生产条件不尽相同,如温度情况改变到与南亚热带相似,一般是比较有利的,特别值得一提的是:①在东部:目前双季稻连作一年三熟制虽也很普遍,但季节比较紧,晚稻较常于抽穗开花时受到低温危害,因而一年两熟制的面积也不少;②在西部:在高原上温暖时期温度较低,作物发育缓慢,不宜栽培双季稻;将来温度提高,这些问题便都可以得到解决。

北亚热带的主要作物制度是一年两熟,增温以后将为一年三熟所取代。

暖温带农作物生产需要提高温度,现在冬季不能露地栽培蔬菜,北半部及地势较高地方,小麦越冬地上部分枯死,一年两熟夏收、夏种过度紧张。增温达到北亚热带的程度,生产潜力必将大大提高。

中温带现在除多雪地方以外,不能种冬小麦,每2—4年出现一次低温,以致喜温作物失收。一旦出现暖温带的温度条件,不但对大田作物生产很有利,果树生产亦将有很大发展。

寒温带现在只局部有少数农田,将来变暖,农业条件自必随之改善。但面积有限,可以开垦的土地亦不多。

青藏高原温度太低,不宜于农业生产。高原寒带是无人之境,高原亚寒带也只在极少数地点有零星的产量很低很不稳定的小块农田,只在高原温带有值得一提的农业,面积也很有限,南部有好些地方,小麦可以越冬,但整个生长期温度过低,要11—13个月才能成熟,北部则生长季节很短。在有灌溉的条件下,南部的冬小麦,北部的春小麦都曾有过亩产很高的记录,但多年平均仍然很低。这与光、水、养分、病虫害无关,最可能是决定于温度的年际变化。如温室效应使高原寒带温度为高原亚寒带温度所置换,农作物生产的前景只不过从无到有一点点。高原亚寒带温度上升为高原温带的温度,农作物生产当然较好,但好处有限。至于高原温带将来如何变化,却不易预测。拉萨1月气温 -2.3°C ,可能增至 $3-4^{\circ}\text{C}$,接近北亚热带的南界。7月气温 14.3°C ,可能增至 $18-19^{\circ}\text{C}$,接近于中温带的北界。在这样温度条件下,冬季可以露地栽培蔬菜,种植多种冬作,冬小麦能获得高产,但生长期比在拉萨短,而比在北亚热带长,却和在中温带北部相似,有些喜温作物不能生长,能生长的也产量较低。柴达木盆地1月平均气温在 -10°C 以下,7月约为 15°C ,将来变暖,小麦或能越冬,夏季气温仍然较低,未必能一年两熟,但现在生长季节太短,又常有低温的缺点当会消除。

综上所述,对农作物生产来说,由于温室气体而温度增高,其直接作用是有利而无害的。中国双季稻连作原来只限于南岭以南,后来发现可以向北推广,几年之间遍及东部中亚热带北界以南。一百年逐渐适应有限的变化,不应有什么困难。或担心温度上升,病虫害将随之发展。其实气温、作物制度、病虫害、田间管理、植物保护作为一个系统同时北移,即使略有参差,也很快就能调整适应。事先绸缪,更可弭患于未形。

多年生的自然和人工生态系统适应温度增高,与一般农作物略有不同。但也不会是什么不得了的问题。第一,在多年生植物中,草本比木本好办,在木本之中灌木又比乔木好办。第二,相邻温度带之间有不少共同的植物种。第三,中国植物区系中有许多是从第三纪气温比现在高得多时期残存下来的成分,应当具有比较强的适应增温的能力。第四,110年增温 3.0°C ,不能适应的植物未必很多。温度带界线的迁移,每年不过几公里,有些植物的传播也有可能与之并驾齐驱。第五,许多与全球变暖有关的科学问题相信到2005年都可得到明确的答案,更可与今后15年的温度及其他自然变化相印证,届时再重行审改工作方向和内容也还不晚。用材林快则二三十年便可成材,需要好几十年以上的比较少,果树和经济林好几十年仍旺盛生产的亦不多见,其他木本和草本生态系统的演替自更不成问题。

农田以外的生态系统在温度带为毗邻的较暖的温度带取代过程中的演变,在湿润、亚湿润地区内,一般将导致经济效益的提高,在青藏高原亦大体如此,但在半干旱地区内温度带Ⅱ和Ⅲ的植被改观,经济价值不会有多大变化。

气温上升,大气与农田及其他生态系统之间的温室气体交换将朝哪一方向变化,变化多大,暂可置而不论。冬季取暖需要的燃料将会减少。如按现在生活水平,暖温带变为北亚热带,冬季可不取暖,中温带变暖温带,取暖天数减少,全国用于此目的的燃料消费量将减少3/4以上。

年平均气温上升 3.0°C ,而且高纬地域及冬季增加较多,这直接对人类和植物生产影响并不大,比较值得重视的是降水变化和海平面变化。

IPCC估计全球降水和蒸发到2030年将增加百分之几,增温愈多,降水与蒸发亦增加愈多。由于降水的地域分布、时间变化都比气温复杂得多,测值又差得多,一个空泛的、全球性

的推论,当然没有实际意义,就是以全中国为对象比较具体一些的论断,也没有多少用处。要靠分辨率高得多的模拟得出可以作为行动指导的结论,至少还要等十多年。根据器测降水记录,中国各地年降水量常在波动之中,滑动平均值显示出 25—40 年的周期,但没有长期变干或变湿的趋势。有人认为 50 年代以来趋向干旱,但与 50 年代以前的记录合在一起,仍然只是长期长向波动的一个波。500 年来关于干旱涝记载与 100 年来的降水器测数值,由于资料处理方法不同,或得出干暖相偕,或得出干冷相偕的关系,也有得出好几种关系的。国外的模式引用于中国,结果亦出入不小。这些探讨都需要进一步分析比较。在目前,似可假定由于温室效应而产生的变化不大。按全球降水增加百分之几的预计,增加是有限的。但是,这可能不符合中国的情况,亦可假定略有减少。换句话说,到 2030 年,温室效应可以忽略不计。可是,到 2100 年是否也可忽略不计呢?IPCC 报告未提 2100 年如何。国内外却有一些人提出夏季季风会因温室效应而增强,Budyko 说内陆降水将增加,不知是否就是相同的见解?关于这问题我有三点意见:第一,在中全新世暖期,几乎世界各地都比较湿润,中国自华北平原至新疆亦如此。这是不是夏季季风增强的结果呢?如果是,其原因是否与温室效应相似呢?第二,中国夏季季风制约于许多因素,比较复杂,仅是低压中心因地面温度上升而气压降低未必就会加强,还需要研究。第三,夏季季风虽然很重要,但只能与其他气候变化因素一起发生作用,这些因素也必须研究清楚才能知道全貌,预谋对策,尤其是要事先看到在亚热带中可能出现的变化。

适应 2100 年以前的气候变化,在中国很可能没有多大问题。海面上升似可以接受 IPCC 的预计,到 2030 年上升 20cm,到 2100 年上升 65cm,只要南极西冰原不解体,估计不会越过此幅度。因为在上新世时,温度比现在高得多,南极西冰原也没有解体。但是 20cm 和 65cm 仍然需要重视,南极西冰原的解体的可能性也不可忽略。

二、对 策

根据上述理由,中国适应由温室气体浓度增加所引起的气候变化困难不大,甚至还有好处,对付今后 40 年海面每年上升 5 毫米,规划、设计、施工也还来得及。

但是,我们还必须积极而认真地采取有效的措施,因为①我们不能只顾中国,而不顾人类的大多数;②我们不能只看到 2100 年,以后温室效应继续加强,如果不是处于中全新世暖期以后自然降温阶段,又不及早绸缪,终将酿成大祸;③虽然南极西冰原解体的可能性很小,但不是一定没有此可能性,仍应注意遏制温度上升,以策万全。

我们应该采取什么行动呢?

行动的作用,一是消除温室气体在大气中浓度增加的根源,二是对付温室效应的结果。前者是全球性的,后者是区域性的。采取行动要付出代价,采取等待方针也要付出等待代价(Waiting cost)。依所抉择的措施不同,两种代价都可能由零或很小到很大,一般可在很小和很大之间,按现在的认识来决定做什么,不做什么,以后认识提高了,还可以而且应当作适当的改变。

以当前认识而论,我们的措施可分为两类。

(甲)类:即使没有全球变暖问题也是有经济效益,或迟或早应当采取的措施。应当采取