

国家自然科学基金资助项目

气候变化对中国农业的影响

主 编	邓根云	
副主编	于沪宁	张 鐔
	刘中丽	汪 铎
编 委	王树森	王会肖

北京科学技术出版社

65.232
141

《气候变化对中国农业的影响》编辑委员会

主 编： 邓根云

副主编： 于沪宁 张 鐔 刘中丽 汪 铎

编 委： (以姓氏笔划为序)

于沪宁 王会肖 王树森

邓根云 刘中丽 汪 铎

张 鐔

(京)新登字 207 号

图书在版编目(CIP)数据

气候变化对中国农业的影响 / 邓根云主编. -- 北京: 北京科学技术出版社, 1994.9
ISBN 7-5304-1682-0

I. 气… II. 邓… III. 气候影响-农业-研究-中国 IV.
S162-53

气候变化对中国农业的影响

邓根云 主编

*

北京科学技术出版社

(北京西直门南大街 16 号 邮编 100035)

北京弈信达科技发展公司 激光照排
河北省地矿局测绘印刷厂 印刷

*

787×1092 1/16 29.85 印张 726 千字
1993 年 9 月第 1 版, 1993 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-5304-1682-0 定价: 30.00

序 言

温室效应可能导致全球气候变化,是当代人类面临的重大全球环境问题,已深为各国学者、社会公众以及有清醒认识的政府首脑们所关注。全球气候变化一方面是由气候系统(由大气圈、水圈、岩石圈、冰雪圈、生物圈所组成)和生物地球化学循环两大系统的相互作用所调控,另一方面人类活动对自然界的冲击也是个非常重要的因子。伴随近代物质文明的发展,人类无节制地消耗化石燃料,大量种植水稻和大量饲养反刍动物等等,导致温室气体浓度不断增加。此外,工业污染物毫无限制地向大气排放,滥伐森林毁坏植被,草原退化与土地沙化,以及农业耕作管理不当等,都对气候产生难以估量的影响。

尽管一些学者认为当前的气候变暖,海平面升高的事实可能是气候因子内在的波动,而非温室效应所致,但多数学者深信温室气体剧增可能导致气候变暖是显著而肯定的。虽然现在还不能充分肯定全球变暖是人类活动的结果,但它的潜在的对社会的影响实在太,有些措施必须未雨绸缪,抓紧先行。因此进行全球的和区域的,单向的和多方位的,宏观的和微观相结合的综合协调研究,无疑是十分重要的。

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),国际科学联盟理事会主持的国际地圈—生物圈计划(IGBP)以及国际社会科学理事会(ISSC)主持的全球环境变化的人文科学研究(HD/GCE)为主的一系列计划,构成了对全球变化进行国际性合作研究的格局。这些全球性视野的多学科探索,具有深刻的指导意义。但这些研究尚须一些细致的、具体的某一领域部分的和某一区域性的研究支持和补充,为未来气候变化的可能影响提供全面的科学认识与具体措施对策。气候变化对农业的影响必然是一个不可忽视的主要方面。

中国地处北半球中纬地带,独特的自然地理背景形成了中国东部季风气候,西北干旱气候与西南高原气候。气候复杂多变,自然灾害频繁。在此背景下勤劳负重的中国人民创造了辉煌的农业文明,正面临气候变化的可能威胁。农业是国民经济基础,民以食为天,农业的重要性任何时候都不可低估。然而,农业生产的特殊性,对天气、气候的依赖,即使在科技昌盛的今天仍不能从根本上加以改变;随着人类物质文明的发展,社会需要的提高,反而大为加强了对农业的索取,就更应重视天气、气候的影响。因此,气候变化对中国农业的影响,必然是气候变化的各种效应中,首先应该重视的重要问题。

从另一个侧面看,在人类历史上,伴随着物质文明的进步总是和人类对自身生存环境的干扰成正相关。大量森林、草原沦为耕地,农田不断扩展成为中国植被分布总格局中的主体部分,这种大规模区域性农业活动对气候与环境的干扰是很突出的。虽然尚不能肯定中国农业对于过去的全球变化的影响是否可以忽略,然而希冀恢复到“草木榛榛鹿豕狂狂”的伊甸园时代是不现实也不可取的。亡羊补牢,作些有益于保持生态环境稳定,缓和温室效应,趋利避害,因势利导,优化中国农业发展体系和模式,留给后代一个持续发展的农业和持续发展的环境,应是我们不懈追求的目标。严峻的资源生态环境条件和人口激增的

国情，使人们有必要细致研究中国农业的未来发展，以适应于气候变化的新格局，同时，这对全球气候变化研究也是必要的补充。

本书的编著者均是中国知名的农业气象学、气象学、气候学、地理学、农学、地球物理学者，他们长期辛勤耕耘于农业实践，取得翔实资料，同时致力于理论和方法论的不断求索，以探讨适应于气候变化的中国农业持续发展的对策。全书 37 篇论文，分为六部分。第一部分为总论，从全方位视野探索过去、现代和未来气候的变化，温室气体源、库的可能联系，各类生态系统对温室气体的作用，宜采取的原则性措施，力求涵盖全书，提出方向性的论述。第二部分为温室气体增加对农作物的直接影响，主要概括了多年来 CO_2 浓度梯度观测与 CO_2 浓度倍增对大田冬小麦和夏玉米产量的影响，取得的结果较之在温室或塑料棚内的实验无疑是进了一步。第三部分为气候变化对农业生产自然资源与条件的影响，论述了气候可能的变化对中国农业生产环境条件、水分和温度条件，农牧过渡带、农业病虫害、种植制度和生产潜力的影响，力图勾勒出气候变化对中国农业宏观影响的概貌。第四部分为气候变化对作物生产力的影响，分别研究了气候变化对中国主要粮油作物，以及部分热带、亚热经济作物和林业的影响。第五部分为气候变化对区域农业发展的影响，论述了对东北平原、黄淮海平原、北方旱作农区、西北黄土高原，以及广大牧区的可能影响，和各区切实可行的措施对策。第六部分研究了气候振动对大范围作物产量的影响，对影响中国各地粮食产量的天气气候成分，气候的长期与短期振动进行了分析，并对农业年景与丰欠趋势进行了预测分析。

编著者出于对中国农业发展的历史责任感，在大量实际工作的基础上，经历了二年时间的撰写、修改，汇编成章。全书除部分论文系引用国内外已有资料进行分析外，大部分论文是作者们多年实际工作的积累。编著者的初衷是抛砖引玉，以冀对这一既重要而又带有很大不确定性的问题，能从多种不同角度进行探索，因而书中有些相悖的观点也予以保留。学术研究容许存在不同的观点甚至争论。作者们从不同的视野研究不同问题，提出的一些建议不乏建设性与远见性，有些建议即便不发生温室效应和气候变暖，也是有利无害可以提倡的。某些措施和对策既考虑到气候变化对农业的影响，也考虑到自然生态系统不断萎缩而农业生态系统不断扩展的反馈机制，以寻找趋利避害的途径，发展具有中国特色的持续性农业。国家自然科学基金委员会地球科学部对 CO_2 农业影响的田间实验与模拟研究给予了有力资助，是此书得以面世的关键。本书内容丰富，篇幅较大，限于时间，未及遍读全部文稿，泛览之余，仅就气候变化对中国农业发展的影响及本书的概貌略加述评。本书虽有某些不成熟或者甚至值得商榷之处，但不失为一本严肃的学术论著。如此系统而全面地探讨气候变化对中国农业影响的著作目前尚不多见，特此将这部署推荐给中国学术界和有关领域的实际工作者，以供科研、教学和农业管理部门和决策者参考，并希望由此引出不同意见，以资深入讨论和研究。

目 录

序言	叶笃正 (i)
----------	---------

第一部分 总 论

温室气体增加对气候和农业的影响问题	邓根云、于沪宁 (3)
人类活动与温室气体增加对全球和中国气候变化的影响	赵宗慈 (19)
中国的气候变化可能原因及其影响	李克让 (36)
生态系统中的碳循环和二氧化碳增加的温室效应及其缓解途径探讨	于沪宁 王会肖 (66)
气候变化对作物水热生理生态逆境影响及其对策研究	王会肖、于沪宁 (81)
气候变化与植被系统的响应	周武锋、莫兴国 (90)
人类活动对气候变化的影响—以黄土高原为例	王 菱 (99)

第二部分 温室气体增加对农作物的直接影响

农田作物冠层二氧化碳浓度梯度与通量研究	于沪宁 (109)
农田二氧化碳浓度倍增对作物产量影响的实验研究	于沪宁、王树森、 刘 萱、杨春虹、李建京、栾禄凯、陈世庆、陈同斌、邓根云、刘中丽 (118)
二氧化碳浓度增加对作物生育和产量形成的直接影响	王树森 (128)
环境因素对作物与二氧化碳关系的影响	王树森 (148)
甲烷、一氧化二氮、一氧化碳和臭氧等温室气体对作物的直接影响	王树森 (155)
施用氮肥对土壤中温室气体一氧化二氮释放的影响	陈同斌 (158)

第三部分 气候变化对农业生产自然条件和资源的影响

气候变化的水资源效应及其农业影响	刘昌明 (167)
气候变化与华北平原农业水分利用研究	于沪宁 栾禄凯 (184)
全球气候变化对中国自然环境条件及农业生产潜力的影响	赵名茶 (195)
中国 40 年来气候变化的某些方面及其对农业的影响	江爱良 (205)
气候变化对农业气候带和农牧过渡带的影响	崔读昌、王继新 (210)
气候变化对中国农业病虫害的影响	李淑华 (223)
气候变化与种植制度—北京地区气候变化与冬小麦—玉米一年两熟的分析	韩湘玲、马思延 (235)
玉米的潜在产量与积温关系模型及其在气候变化影响评价中的应用	邓根云、刘中丽 (244)
气候变化对青藏高原土壤条件的影响	张谊光 (251)

第四部分 气候变化对作物生产的影响

气候变化对小麦生产的影响	郑大玮、刘中丽 (263)
--------------------	---------------

气候变化对中国水稻生产的影响	程延年 (282)
气候变化对中国玉米生产的影响	邓根云、宛公展、刘中丽、吴江岩 (297)
气候变化对中国棉花生产的影响	刘洪顺 (313)
气候变化对中国大豆生长发育的影响对策	张隐君、李德明、潘铁夫、张德荣 (320)
气候变化对柑桔生产的影响	汪 铎 (330)
气候变化对茶叶生产的影响	李 倬、贺龄萱 (339)
气候变化对热带作物生产的影响	郝永禄 王佩珍 (346)
气候变化对林业生产的影响	贺庆棠、徐 明 (353)

第五部分 气候变化对区域农业发展的影响

气候变化对东北地区农业生产的影响	潘铁夫 (369)
气候变化对黄淮海地区农业生产的影响	冷石林、胡 芬 (376)
气候变化对中国北方旱地农业的影响	龚绍先 (391)
气候变化对黄土高原农业生产的影响	侯光良、王其冬、张如一 (398)
气候变化对牧区畜牧业生产的影响	樊锦沼、张传道、张银锁、刘寿东 (406)

第六部分 气候振动对作物产量影响的分析研究

气候振动与作物产量系统分析

I 影响作物产量的天气气候成分	
II 粮食产量与气候长期振动	
III 粮食产量与气候短期振动	
IV “大型环流—天气气候—农业年景”(CWH)系统模式	
V 夏季风及“环流—降水—作物丰欠”系统长期振动的分析和预测	
.....	张 鐔、汪 铎 (419)

Contents

Preface	Ye Duzheng (i)
---------------	----------------

PART I General Survey

The Impacts of Greenhouse Gases Increasing on Climate and Agriculture	Deng Genyun, Yu Huning (3)
The Impacts of Increasing Human Activities and Greenhouse Gases on Climatic Change in the Globe and China	Zhao Zongci (19)
The Possible Causes and the Impacts of Climatic Change in China	Li Kerang (36)
Studies on Carbon Cycling and Greenhouse Effects with Increasing CO ₂ Concentration and the Pathways of Mitigation in Ecosystem	Yu Huning, Wang Huixiao (66)
The Impacts of Climatic Change on Water-Heat Physiological Ecological Adverse Circumstances of Crops and Its Research Countermeasure	Wang Huixiao, Yu Huning (81)
Climate Change and Vegetation Response	Zhou Wufeng (90)
The Impacts of Human Activities on Climatic Change - an Example of Loess Plateau	Wang Ling (98)

PART II Direct Effect of Increasing Greenhouse Gases on Crop

A Study on Carbon Dioxide Concentration Gradient and Flux Density over Crop Canopy	Yu Huning (109)
Studies on the Effects of Carbon Dioxide Concentration Doubling on Crop Yield in Field	Yu Huning, Wang Shusen, Liu Xuan, Yang Chunhong, Li Jianjing, Luan Lukai, Chen Shiqing, Chen Tongbin, Deng Genyun, Liu Zhongli (118)
Direct Effect of Increasing Carbon Dioxide on the Growth, Development and Yield of Crops	Wang Shusen (128)
Effects of Environmental Factors (Light, Temperature, Soil Water and Mineral Nutrients) on Crop-CO ₂ Relations	Wang Shusen (148)
Direct Effects of Increasing Atmospheric Methane, Nitrous Oxide, Carbon Oxide and Ozone Concentration on Crops	Wang Shusen (155)
Effect of Nitrogen Fertilizer Use on N ₂ O Emission from Soils	Chen Tongbin (158)

PART III The Impacts of Climatic Change on Condition and Resources of Agricultural Production

The Impacts of Climate Change on Water Resources and Its Agricultural Countermeasures

.....	Liu Changming (167)
Study on Climatic Chang and Agricultural Water Use in North China Plain	
.....	Yu Huning, Luan Lukai (184)
The Impacts of Global Climatic Change on Natural Environment and Agricultural Potential Productivity in China	Zhao Mingcha (195)
Some Aspects of Climatic Change and Its Impacts on Agriculture in China during Recent Four Decades	Jiang Ailiang (205)
The Impacts of Climatic Change on Agroclimatic Zone and the Interlock Area of Farming - Pastoral Region	Cui Duchang, Wang Jixin (210)
The Impacts of Climatic Change on Agricultural Disease and Insect Pests in China	Li Shuhua (223)
Climatic Change and Cropping Systems - an Analysis Climatic Change and Double Cropping System (winter wheat / corn) in Beijing District	Han Xiangling, Ma Siyan (235)
A Model of Potential Corn Yield in Relation to Accumulated Temperature and Its Application in Assessing the Impact of Climatic Change...	Deng Genyun, Liu Zhongli (244)
The Impacts of Climatic Change on Soil Conditions of Qingzang Plateau	Zhang Yiguang (251)

PART IV The Impacts of Climatic Change on Crop Production

Effects of Climatic Change on Wheat Production in China	Zheng Dawei, Liu Zhongli (263)
The Impacts of Climatic Change on Rice Production in China	Cheng Yannian (282)
The Impacts of Climatic Change on Maize Production in China	Deng Genyun, Wan Gongzhan, Liu Zhongli, Wu Jiangyan (297)
The Impacts of Climatic Change on Cotton Production in China	Liu Hongshun (313)
Effects of Climatic Change on Growth and Development of Soybean in China and Its Strategies	Zhang Yinjun, Li Deming, Pan Tiefu, Zhang Derong (320)
The Impacts of Climatic Change on Citrus Production in China	Wang Duo (330)
The Impacts of Climatic change on Tea production in China	Li Zhuo, He Lingxuan (339)
The Impacts of Climatic Change on Tropical Crops Production	Hao Yonglu, wang peizheng (346)
The Impacts of Climatic Change on Forstry Production	He Qingtang, Xu Ming (353)

PART V The Impacts of Climatic Change on Regional Agricultural Development

The Impacts of Climatic Change on Agricultural Production in the Notheast China	Pan Tiefu (369)
---	-----------------

The Impacts of Climatic change on Agricultural Production in Huanghuaihai Region		Leng Shilin, Hu Fen (376)
The Impacts of Climatic Change on the Northern Dryland Agriculture		Gong Shaoxian (391)
The Impacts of Climatic Change on Agricultural Production in Loess Plateau		Hou Guangliang, Wang Qidong, Zhang Ruyi (398)
The Impacts of Climatic Change on the Animal Husbandry in the Steppe of China		Fan Jinzhao, Zhang Chuandao, Zhang Yinsuo, Liu Shoudong (406)

PART VI Systems Analysis on the Climatic Fluctuation and Crop Yield

Systems Analysis of the Climatic Fluctuation and Crop Yields.

- (1) The Effect of Weather - Climate, Which Is One of the Effects Components on the Crop Yields.
 - (2) Grain Yields and the Long - Range Fluctuation of Climate
 - (3) Grain Yields and the Short - Range Fluctuation of Climate
 - (4) The System Model of "Large - Scale Circulation - Weather and Climate - Harvest Years" (CWH)
 - (5) Analysis and Forecasting of Long - Range Fluctuation for Summer Monsoon and the Model of "Circulation - Precipitation - Weather Yield"
- | | |
|-------|---------------------------|
| | Zhang Tan, Wang Duo (419) |
|-------|---------------------------|

第一部分 总 论

温室气体增加对气候和农业的影响问题

邓根云

于沪宁

(北京市气象局)

(中国科学院国家计委地理研究所)

摘 要

本文研究了全球温室气体增加的历史状况和原因,各种温室气体对全球变暖的贡献,探讨了全球气候变暖的各种证据及其增温效应预测。分析讨论了温室气体对农作物影响的直接效应和间接效应。 CO_2 浓度增加, C_3 、 C_4 作物有程度不同的响应, C_3 作物增产效应将优于 C_4 作物;一般表现为正效应,大面积的农田效应究属如何,还要视其他条件的综合影响而定。对农业生产间接影响是多方面的,各热量带向北推移,全球温度和降水格局的变化将导致作物布局的重大改变;作物生长季节可能延长,种植区域可能向北推移;某些干旱区可能增加降水,也可能变得更加干旱,导致热害加剧,病虫害滋长。利弊的权衡是极其复杂的,也可能部分地抵消了直接的正效应。农技与农艺及其紧密联系的社会因素,是否能同步调节改善以适应于复杂多变的全球气候变化,这将是—个难度很大的关键问题。诸多不确定性构成复杂前景,需要多学科的全球性协作研究,才能摸索勾勒出气候变化对农业影响及其后效的梗概。

关键词: 温室效应 气候变化 农业影响

前 言

温室气体浓度日趋增加这一举世瞩目的问题,多种学科在不同角度,侧重于不同研究对策与实践中的问题,进行了单项地或综合地反映本学科特色的研究。由国家自然科学基金委员会的资助,本课题进行了田间实验,计算机模拟研究,而且从理论上追踪了国内外研究现状,以期对这一问题认识的深化,才可能进一步开拓思路,提高研究,提出解决实践问题的科学依据与途径。这是本文的目的。

一、温室气体增加及对气候变暖的贡献

地球大气由水汽和干空气两部分组成。水汽是极不稳定的量,随时间和地点有很大的变化。干空气的组成比较稳定,其主要成份是氮(N_2)和氧(O_2),分别占干空气的78%和21%,两者合计占干空气的99%,这两种气体对太阳的短波辐射和地球长波辐射都比较透明。大气其余成份中的二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化亚氮(N_2O),以及人类排放的工业气体氯氟烃(CFCs)等对短波辐射透明而对长波辐射有较强的吸收作用,对地球有保温效果,因而被称为“温室气体”。大气中的水汽对长波辐射也有很强的吸收率,但水汽增多后产生相变而形成的云对太阳辐射有很强的反射作用而有降低地球温度的效果,因而不把水汽看作具

有“温室效应”的气体。图 1 给出多年平均的地球—大气系统的辐射—热量平衡图。

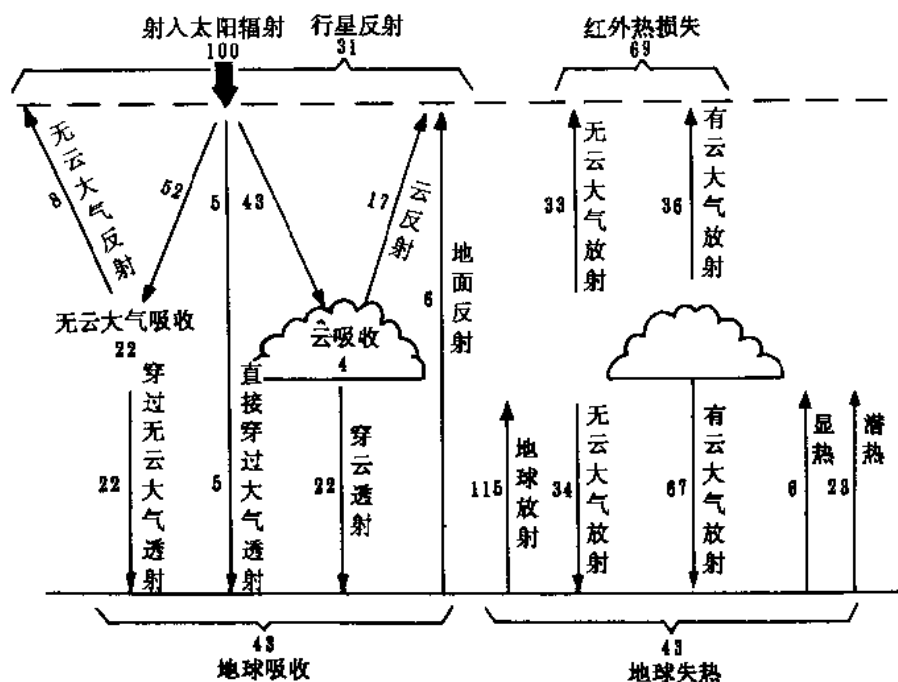


图 1 地球—大气系统热量平衡图^[1]

首先被人们注意到的，也是最主要的温室气体是 CO_2 。 CO_2 对长波辐射的吸收主要在红外光谱区的三个波段：2.6—2.8 μm ，4.2—4.4 μm ，14—18 μm 。地球表面的温度约在 270—300° K，按照维恩位移定律，

$$\lambda_{\max} I = 2897.8 \mu\text{m} \cdot ^\circ \text{K}$$

其中 I 为辐射温度， $\lambda_{\max}$ 为辐射光谱峰值，因此地球长波辐射的峰值区在 10 μm 左右， CO_2 的强吸收带正处于峰值附近，因此地球长波辐射能有相当一部分被 CO_2 吸收而不能直接辐射到太空。

大气 CO_2 浓度监测始于 1957 年，由设在夏威夷群岛的 Mauna Loa 测站进行，1973 年首次报导观测结果，已发现有逐年增加的趋势^[2]。70 年代以后， CO_2 测站增加到 4 个，包括阿拉斯加的 Barrow，南太平洋上的东萨摩亚，以及南极，观测结果同样显示 CO_2 浓度有逐年增加趋势^[3]。由极冰气泡中测得的近 200 年 CO_2 浓度变化曲线^[4]，其中本世纪 50 年代以后的一段曲线与 Mauna Loa 监测的大气 CO_2 浓度曲线趋势相吻合，由此可以将大气 CO_2 浓度值上溯到 18 世纪中叶，世界工业革命之前的状况。现已对此取得共识，认为世界工业革命之前，大气 CO_2 浓度不超过 280ppm，而目前，1990 年的 CO_2 浓度观测值，已超过 353ppm。由工业化前到现在， CO_2 的浓度平均每年增加 1—1.2ppmv，平均年增长速度为 0.3%，近年来 CO_2 的年增长速度已达到 0.5%，每年浓度增加值达到 1.8ppmv。

大气 CO_2 浓度增加的主要原因是工业化以来大量开采燃烧煤和石油等化石燃料。目前由燃烧煤和石油等排放的 CO_2 已达到每年 5Gtc 左右^[5]，按地球大气的总质量约为

5.3×10^5 吨, 因此仅燃烧化石燃料排放的 CO_2 即可使大气 CO_2 浓度每年增加约 1ppm。

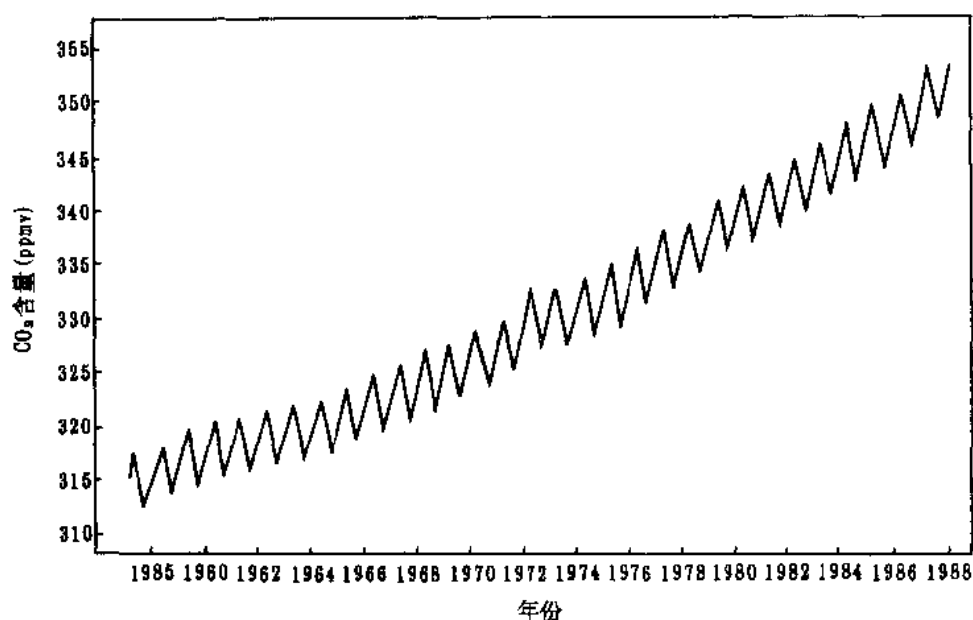


图2 Mauna Loa 测站观测的 CO_2 浓度变化

大气 CO_2 增加的另一重要原因是滥伐森林。森林原是大气碳循环中的“库”，每平方米面积的热带雨林每年可以同化 1—2kg 的 CO_2 ，相当于该面积的空气柱所含 CO_2 (约 3.5kg) 的一半左右，每平方米温带森林也可同化 0.2—0.4kg CO_2 ，约占同体积气柱的 10%。砍伐森林则把“库”变成 CO_2 的“源”。FAO 估计 70 年代末期以来，每年采伐森林约 24 亿立方米，其中作为燃料烧掉的约一半，砍伐森林和开垦草场排放的 CO_2 已达 2Gtc/年^[6]。人类活动排放的 CO_2 约有一半被海洋和陆地生物圈吸收，其余一半保留在大气中。

另一种主要的温室效应气体甲烷(CH_4)近 200 年也增加十分迅速。甲烷由微生物在厌氧条件下分解有机质产生，人和草食动物的消化道、粪便、稻田，沼泽是产生甲烷的“源”。据估算，生态系统和人类活动每年向大气排放 CH_4 总量约 300—550Mtc^[7]，其中家畜的排放量约 25%，稻田排放约占 15%。排放到大气中的甲烷约 90% 被氧化成水和 CO_2 ，约 10% 留在大气中。

表1 人类活动对主要温室气体的影响⁽⁸⁾

	二氧化碳	甲烷	CFC-11	CFC-12	氧化亚氮
大气浓度	ppmv	ppmv	pptv	pptv	ppbv
工业化前	280	0.8	0	0	288
现在(1990 年)	353	1.72	280	484	310
年增长率	1.8(0.5%)	0.015(0.9%)	9.5(4%)	17(4%)	0.8(0.25%)
大气存留时间(年)	50—200	10	65	130	150

氯氟烃(CFCs, 商品名氟里昂)是近 50 年工业污染的结果, 70 年代初首次检测到大气中的 CFCs, 由于氯氟烃具有温室效应而且可以破坏大气臭氧层, 因此立即受到各国学者重视。在本世纪的 30 年代初 F_{11} 和 F_{12} 的年排放量均只有 100 吨左右, 而至 80 年代初已分别增到 20 万吨和 30 万吨左右, 年增长率在 5% 左右, 个别年份甚至高达 20%。近年来 CFCs 的生产已受到限制, F_{11} 、 F_{12} 排放量的增长速度已明显下降。表 1 列出主要温室气体的浓度与增长速度。

温室气体增加会导致气候变暖有多方面的证据。首先, 如果假定地球反射率是相同的, 按照卫星测得的地表辐射和透过大气以后的辐射推算, 现在的地表平均温度比无温室气体情况下的地表温度提高 33°C 。其次, 比较金星、火星和地球的表面温度状况也符合温室效应理论的推论。而最有力的证据莫过于过去 16 万年间的 CO_2 浓度与 CH_4 浓度的变化与温度的变化趋势非常一致, 近百年间全球平均温度也呈现增温的趋势, 增温的幅度已达到 0.5°C 。

各种温室气体对增温的贡献不同, 如基于相同质量的气体比较, CH_4 的相对增温效率是 CO_2 的 58 倍, 而 CFC-11 则是 CO_2 的 4000 倍, 但因为 CO_2 浓度远远高于其它温室气体, 因此, CO_2 的增温贡献仍占一半以上, 但由于近年其它温室气体的增加, CO_2 的增温贡献已下降到一半左右。各种温室气体浓度至 2000 年和 2030 年的预测值及增温效应列于表 3。

据赵宗慈^[12]综合各种模式模拟研究, 由于大气中温室气体浓度增加, 全球气温可能增暖 $2.0-5.2^{\circ}\text{C}$; 全球降水亦可能增加, 但在各个区域亦可能增减不同。我国气温可能增暖, 尤以冬季和北方变暖明显; 降水在我国华北地区与黄河中下游可能变干, 而我国东北与西北可能变湿。限于研究水平, 仅供决策者作背景参考。近 40 年来中国各地仪器观测表明, 各地年平均气温有变暖趋势, 年总降水量有减少趋势。江爱良(1993)^[13]、林学椿(1990)^[14]、陈隆勋(1991)^[15]、章基嘉(1992)^[16]研究, 80 年代是本世纪明显偏暖的 10 年。与上述研究结果基本一致。

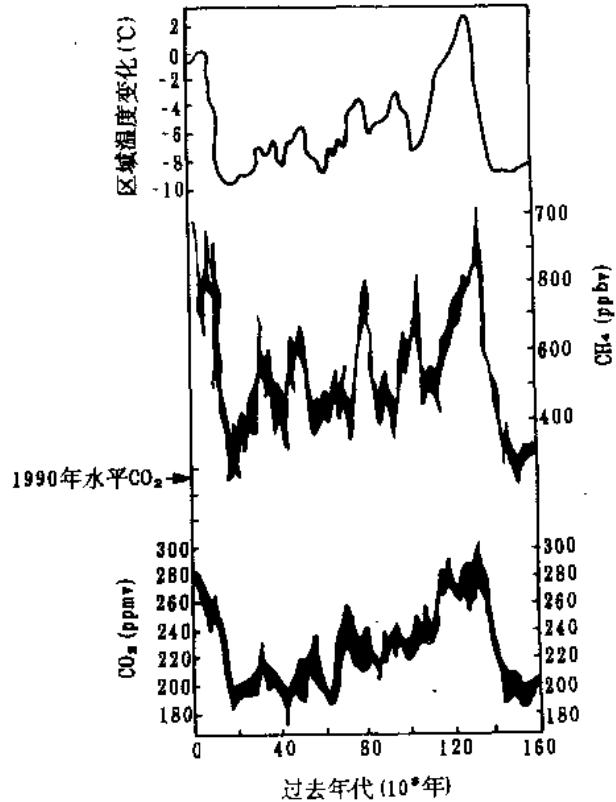


图 3 由极冰气泡测得的过去 16 万年间 CO_2 和 CH_4 浓度与区域温度变化

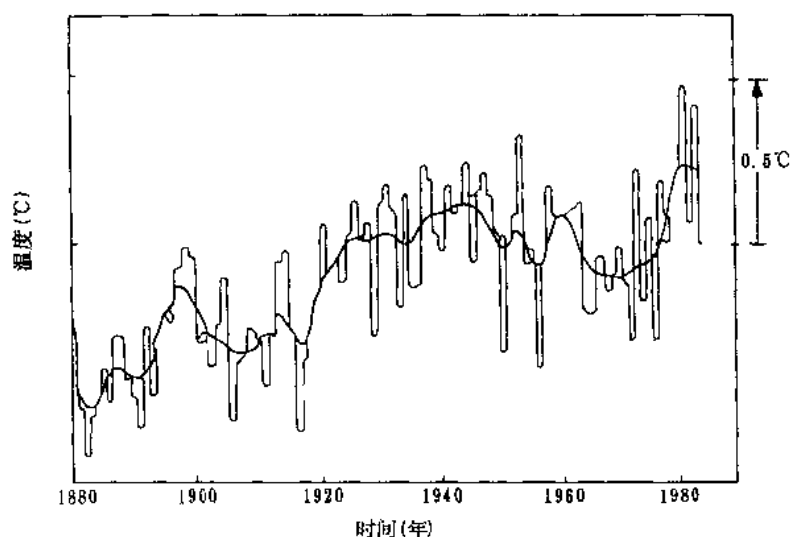


图 4 全球平均温度变化

表 2 各种温室气体对全球变暖的贡献 (%)^(9,10)

温室气体	1880—1980	1980s
CO ₂	66	49
CH ₄	15	18
CFC _{11,12}	8	14
N ₂ O	3	6
其 它	8	13

表 3 温室气体浓度与增温效应预测⁽¹¹⁾

温室气体	2000 年 浓 度	ΔT °C	2030 年 浓 度	ΔT °C
CO ₂ (ppmv)	380	0.96	470	1.19
CH ₄ (ppmv)	2.1	0.30	2.94	0.42
N ₂ O(ppbv)	310	0.12	330	0.13
CFC-11(ppbv)	0.41	0.06	1.03	0.15
CFC-12(ppbv)	0.55	0.08	0.93	0.14

二、温室气体对农作物的直接影响

温室气体增加对农业的影响可区分为直接影响和间接影响。直接影响指由于 CO₂ 等温室气体浓度增加对农作物的生长发育和产量的影响,间接影响指由于温室气体增加导致气候发生变化对作物生长以至于农业生产的影响。

碳是地球生命的基本元素之一,生命延续所需的生化能载于有机质的含碳化合键上。绿色植物吸收太阳能,通过光合作用把它转变为潜能贮存在各种有机组分中的化合键上,