

气候变化 与

农业可持续发展



绿色科学文库·

资源环境与农业可持续发展

林而达 主编

北京出版社

绿色科学文库·
资源环境与农业可持续发展



河南农大0615603

S162
4413

气候变化与 农业可持续发展

林而达 主编
北京出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

气候变化与农业可持续发展/林而达主编. - 北京: 北京出版社, 2000.12

(绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展)

ISBN 7-200-04202-1

I. 农… II. 林… III. 气象灾害-影响-农业经济-可持续发展-研究 IV. F303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 56707 号

绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展

气候变化与农业可持续发展

QIHOU BIANHUA YU NONGYE

KECHIXU FAZHAN

林而达 主编

*

北 京 出 版 社 出 版

(北京北三环中路 6 号)

邮政编码: 100011

网 址: www.bph.com.cn

北京出版社出版集团总发行

新 华 书 店 经 销

北京朝阳北苑印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 32 开本 10.125 印张 230 000 字

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 7-200-04202-1/S·173

定价: 24.00 元

丛书编委会名单

主 编：杨雍哲 路明

副主编：段武德 陶信成

编 委：	于 丹	王兆骞	王敬国
	王德荣	李清霞	张凤荣
	张洪生	李 博	陈炳浩
	周 健	林而达	顾树华
	徐惠国	袁 海	

本书编委会名单

主 编：林而达 中国农科院农业气象所，研究员

编 委：（按姓氏笔画排序）

王庆锁 中国农科院农业气象所，副研究员

陈友民 中国农科院农业气象所

李玉娥 中国农科院农业气象所，副研究员

严昌荣 中国农科院农业气象所，副研究员

张厚宣 中国农科院农业气象所，副研究员

苗泽伟 中国科学院生态中心，研究员

杨 修 中国农科院农业气象所，副研究员

居 辉 中国农科院农业气象所

陶福禄 中国农科院农业气象所

高德明 中国农科院农业气象所，副研究员

序

21 世纪,中国农业的发展任务极其艰巨。不仅要持续增产,确保食物安全,发展农村经济,确保农民收入稳定增长,而且还要为国民经济和社会发展提供能源和工业原料。与此同时,中国的农业发展目前面临着资源短缺、环境污染和生态破坏的严峻挑战。因此,中国农业不能再走破坏生态环境、掠夺自然资源、追求短期效益的老路,必须选择培育和保护资源、优化生态环境、提高综合生产能力的可持续发展道路。

农业生产是自然再生产和经济再生产相互交织的过程。良好的农业生态环境以及对自然资源实行合理的开发、利用和保护是实现农业可持续发展的基础和条件。依靠科技进步,挖掘农业资源潜力,提高农业资源利用效率,千方百计减少资源的占用和消耗,提高生态系统的自我恢复能力,增殖自然资源,改善生态环境,已成为实现农业可持续发展的重要途径,也是当今世界农业科技的发展趋势。正如 1996 年世界粮食安全首脑会议曾指出的,以科技为支柱的新的绿色革命必须建立在可持续发展基础之上,这对于我国农业科技工作者更是一项紧迫而长期的任务。

《中国 21 世纪议程》中指出,“科学技术是综合国力的重要体现,是可持续发展的主要基础之一”。我国有历史悠久的农业技术,其主要精华是生态农业。现代农业科学技术的开发、推广和应用,为我国农业发展作出了重大贡献。随着时代的前进,农业科技必须适应现代化的生产方式和生活方式。现代生态农业是 21 世纪农业可持续发展的战略方针和关键

技术。今后农业发展的主要潜力在于发展和应用现代化的生态农业科学技术。《绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展丛书》正是针对这一客观要求,比较全面地从理论研究到技术实践,介绍了关于资源环境与农业可持续发展的国内外最新的理论与技术研究成果;比较系统地阐述了为实现农业可持续发展,对资源与环境保护的政策调控以及新的科学技术发展与应用;特别是结合中国国情对现代生态农业的新观点、新技术作了较深入和有益的探讨。尽管对许多问题的探讨还是初步的,但我深信这一丛书对于提高广大农业生产、科技和管理工作者的可持续发展意识,树立可持续发展的思想,加速农村科技进步和环境友善型的高新技术在农业上的应用与发展,促进我国农业在提高整体素质和效益的基础上持续、稳定发展,实现我国国民经济和社会发展第十个五年计划确定的目标,都将起到积极的作用。

《绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展丛书》作为一套理论、技术专著,涉及了有关资源环境与农业可持续发展的各个学科领域,是我国第一套现代化农业可持续发展的大型综合性工具书。数十位来自各个学科领域的资深专家、学者为此付出了他们的辛勤劳动和智慧,北京出版社的同志也为此做了大量的组织工作,在丛书即将付梓之际,谨向他们致以诚挚的敬意和感谢。

实现农业可持续发展是我国发展的长期目标,也是摆在广大农业科技工作者面前的全新课题,对其理论与技术的研究与探讨还在不断深化,本丛书的出版仅仅是进一步深入研究的开端,如果能促进这一课题的更深层次研究,并指出其尚待完善之处,则本丛书将更有意义。是为序。

路 明

2000.12

前 言

同世界农业一样, 21 世纪中国农业也将面临两大压力: 人口和环境。人类活动造成的全球变暖、土壤退化及沙漠化、生物多样性被破坏、酸雨等全球及地区性环境问题严重影响着人类的生存与发展, 当然也会影响农业的发展。为了解决上述“全球变化”问题, 国际社会最近制定了《气候变化框架公约》、《保护生物多样性公约》和《防治荒漠化公约》。减缓全球性环境问题的压力, 建立可持续发展的农业体系, 已成为世界农业发展的一种趋势。另一方面, 农业是遭受自然灾害最频繁、最严重的产业之一, 而这些灾害又大都与气候的变化与波动有关。所以, 了解当前社会条件下气象灾害的某些规律性现象, 进而加强减灾技术和防灾对策的研究和应用, 是十分必要的。

本书较详细地介绍了我国过去、现在和未来的干旱、洪涝、沙尘暴、干热风、冰雹等各种气象灾害; 分析社会普遍关心的气候变暖、厄尔尼诺等气候现象的成因、影响和适应对策等; 回答黄河断流、东北垦荒等与气候有关的影响农业可持续发展的重大环境问题。书中尽可能地反映了气候变化及减灾领域具有当前国际先进水平的新技术、新方法、新设备应用; 同时, 对各种观测实验手段、模型原理及计算机模拟方法等也有较详细的介绍。因此, 本书具有一定的工具性和较强的实用性。

为了能满足不同读者的需要, 本书以通俗的语言, 图文

并茂的形式，将气候变化及减缓气象灾害这一重大问题，阐述得既有严谨的科学性又具较强的可读性。

最后，作者衷心地感谢国家攻关专题（96-908-03-01）和国家自然科学基金重大项目（编号：39899370）对本书有关研究的支持。

目 录

第一章 全球气候变化的成因和现状	(1)
第一节 农业温室气体排放与吸收.....	(1)
第二节 气候变化对农业的影响.....	(32)
第三节 未来气候变化影响的可能情景.....	(51)
第二章 厄尔尼诺的影响和对策	(87)
第一节 厄尔尼诺的特征及其成因.....	(87)
第二节 厄尔尼诺对气候和社会经济的影响.....	(97)
第三节 厄尔尼诺影响的对策研究.....	(113)
第三章 农业的气象灾害和减灾技术	(127)
第一节 干旱的危害和减灾技术.....	(127)
第二节 洪涝的危害和减灾技术.....	(148)
第三节 沙尘暴的危害和减灾技术.....	(180)
第四节 干热风的危害和减灾技术.....	(194)
第五节 冰雹的危害与人工影响天气技术.....	(212)
第四章 重大环境问题的气候评价和对策	(250)
第一节 黄河断流的气候评价和对策.....	(250)
第二节 东北垦荒的气候评价和对策.....	(288)

第一章

全球气候变化的成因 和现状

第一节 农业温室气体排放与吸收

由于人类活动的加剧，使大气中温室气体浓度迅速增加，如二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、氧化亚氮（ N_2O ）和哈龙化合物（CFCs、HFCs 和 PFCs）等，从而使全球气候发生变化，气象灾害增多。化石燃料燃烧是最主要的、由于人为活动造成的排放源，其他主要温室气体排放源还包括农业生产、土地利用变化，包括毁林、工业生产过程（如水泥生产）、垃圾填埋、制冷和溶剂使用等。 CO_2 是大气中的主要温室气体，对全球变暖的贡献为 64%，其次是 CH_4 。表 1-1 列出了这些温室气体在大气中浓度的变化、对全球变暖的贡献和主要的排放源。

由于人为活动造成的温室气体排放量增加，导致全球气候变暖（IPCC, 1996a; IPCC, 1997）。自从 19 世纪末以来，全球平均地表气温增加了 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ （IPCC, 1996a）。1998 年是有记录以来全球平均温度最高的一年。图 1-1 为全球近地面气温年变率。此图是根据对地面和海洋表面气温的定期测定结果得出的。

表 1-1 温室气体的浓度变化、对增温的贡献及
主要排放源

气体	1975—1996年的 浓度增长率/(%)	对全球变暖 的贡献/(%)	主要的人为排放源
CO ₂	30	64	化石燃料燃烧、毁林与土地 利用变化、水泥生产
CH ₄	145	20	能源生产和利用(包括生物 质)、动物、稻田、污水、垃圾 填埋
N ₂ O	15	6	肥料使用、清理土地、己乙 酸生产、生物质燃烧和化石 燃料燃烧
HFCs	—		制冷、空调和化学工业
PFCs	—	10*	铝生产

* 包括所有的哈龙化合物。资料来源：IPCC, 1996a。

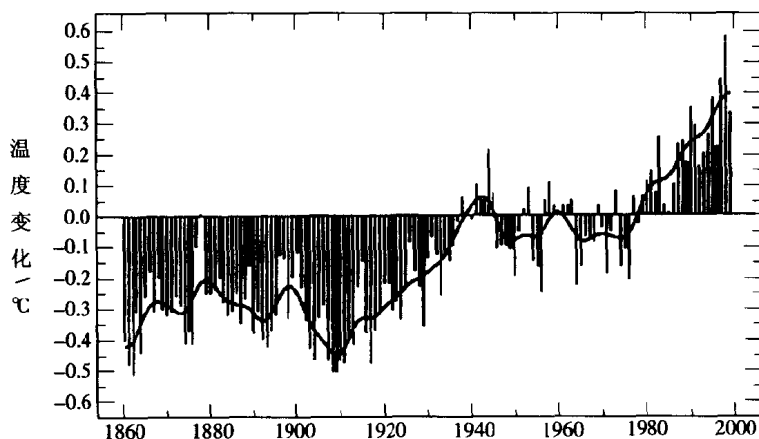


图 1-1 1860—1999 年全球平均近地面气温变化幅度
(Jones 等, 1999; Parker, 1995)

估计三种主要的温室气体全球平均浓度在 1990 年至 2050 年将继续增加: CO_2 增加 45%, 由 0.354 ml/L 增加到 0.512 ml/L; CH_4 增加 80%, 由 1.60×10^{-3} ml/L 增加到 2.84×10^{-3} ml/L, N_2O 增加 22%, 由 0.31 ml/L 增加到 0.377 ml/L (IPCC, 1996a)。如果采用基准情景, 到 2100 年, 全球温度增加的估计范围很大, 中心估计为 2100 年的全球平均温度比 1990 年高 2°C , 不确定性的范围为 $1^\circ\text{C} \sim 3.5^\circ\text{C}$ 。

一、农业的温室气体排放

农业是重要的温室气体排放源, 尤其是排放大量 CH_4 和 N_2O 。据估计, 农业源排放 CO_2 、 CH_4 和 N_2O 的量分别占总的人为温室气体排放量的 21%~25%、57% 和 65%~80%。农业生产过程中主要温室气体排放源包括: 反刍动物消化、动物粪便厌氧分解、水稻生产过程中 CH_4 排放和生物质燃烧; 农业土壤施肥 (包括无机肥料和有机肥料的使用) 排放的 N_2O ; 农业生产过程中直接或间接的能源消费产生的 CO_2 排放。农业废弃物的燃烧也是 CH_4 和 N_2O 的主要排放源。总的来说, 农业对全球变暖的贡献为 20%, 主要是由于排放大量的 CH_4 和 N_2O (IPCC, 1996b)。对我国而言, 农业源温室气体排放占总的人为温室气体排放量的 12.1%~18.3% (ALGAS REPORT, 1998) (表 1-2)。

(一) 甲烷

自然活动和人为活动都向大气中排放甲烷, 自然源大约占全球甲烷排放总量的 30%, 人为活动造成的甲烷排放大约占 70%。表 1-3 列出了各种排放源的排放量。与农业有关的甲烷排放源包括家畜饲养、动物粪便、稻田、生物质燃烧, 排放量占人为甲烷排放总量的 57%。

表 1-2 中国 1990 年温室气体排放清单

源和汇	CO ₂ /kt	CO ₂ 吸收量 /kt	CO ₂ 排放量 /kt	CH ₄ /kt	N ₂ O/kt	CO ₂ 当量/kt	贡献/(%)	
总(净)排放	2 271 528	501 966	1 769 562	25 389	32 889	190~530	2 361 626~2 624 526	100
I. 全部能源(燃料燃烧+挥发)	2 004 107		2 004 107	11 900		120~340	2 291 204~2 407 029	97.0~89.9
A. 燃料燃烧	2 004 107		2 004 107	3 034		120~340	2 105 011~2 173 221	89.1~82.8
·能源转换与能源业	637 172		637 172	62		120~340	676 218~744 414	28.6~28.4
	834 048		834 048				834 048	35.3~31.8
·工业	113 447		113 447				113 447	4.8~4.3
·运输业	17 839		17 839				17 839	0.8~0.7
·商业	288 539		288 539				288 539	12.2~11.0
·居民	641 248		641 248	2 971			62 397	2.6~2.4
·传统生物质燃烧	112 523		112 523				112 523	4.8~4.3
·其他	63 320		63 320				63 320	2.7~2.4
农业、林业、渔业	49 202		49 202				49 202	2.1~1.9
建筑行业				8 866			186 194	7.9~7.1
B. 燃料的挥发排放				92			1 929	0.1~0.1

续表

源和汇	CO ₂ /kt	CO ₂ 吸收量 /kt	CO ₂ 排放量 /kt	CH ₄ /kt	N ₂ O/kt	CO ₂ 当量/kt	贡献/(%)
·石油、天然气				8 775		184 265	7.8~7.0
·煤矿开采							
II. 工业过程	93 988	93 988				93 988	4.0~3.6
A. 水泥生产	78 588	78 588				78 588	3.3~3.0
B. 其他	15 400	15 400				15 400	0.7~0.6
钢铁	15 400	15 400				15 400	0.7~0.6
III. 农业							
A. 动物肠道发酵			12 590~20 090		70~190	586 090~480 790	12.1~18.3
B. 动物粪便管理			2 379~6 671			49 959~140 091	2.1~5.3
C. 水稻生产			550~771			11 550~16 191	0.5~0.6
D. 农业土壤			9 661 - 12 648			202 881 ~265 608	8.6~10.1
E. 生物质田间燃烧					10~30	3 100~9 300	0.1~0.4
F. 其他					60~160	18 600~49 600	0.8~1.9
农业废弃物							
肥料使用					10~30	3 100~9 300	0.1~0.4

续表

源和汇	CO ₂ /kt	CO ₂ 吸收量 /kt	CO ₂ 排放量 /kt	CH ₄ /kt	N ₂ O/kt	CO ₂ 当量/kt	贡献/(%)
其他					50~130	15 500~40 300	0.7~1.5
IV. 土地利用变化与森林			- 328.533			- 328.533	- 13.9~- 12.5
A. 森林与其他木质生物量的变化		4.6267	- 406.267			- 406.267	- 17.2~- 15.5
B. 森林与草地土地利用方式的转变		8 433	- 8 433			- 8 433	- 0.4~- 0.3
C. 管理土地的荒废	173 433	87 266	86 167			86 167	3.6~3.3
D. 其他	94 233		94 233			94 233	4.0~3.6
森林生物质燃烧	79 200		79 200			79 200	3.4~3.0
分解		31 533	- 31 533			- 31 533	- 1.3~- 1.2
土壤碳		55 733	- 55 733			- 55 733	- 2.4~- 2.1
农业							
V. 废弃物				899		18 877	0.8~0.7
A. 固体废弃物堆放				899		18 877	0.8~0.7
B. 废水处理							
C. 其他							

表 1-3 甲烷排放量

排放源与汇	估算的排放量/(10^6 t/a)
自然源	
湿地	115(100~200)
白蚁	20(10~50)
海洋	10(5~10)
淡水	5(1~25)
氢氧化物气体	0~5
总量	155
人为源	
家畜	80(65~100)
动物粪便	25(20~30)
稻田	60(20~150)
煤矿开采、天然气	100(70~120)
生物质燃烧	40(20~80)
垃圾填埋	30(20~70)
废水处理	25
总量	360
汇	
大气(对流层+平流层)清除	470(420~520)
旱地土壤吸收	30(15~45)

资料来源：IPCC, 1992。

1. 家畜肠道发酵

(1) 甲烷排放机理：饲养的家畜是最主要的甲烷排放源，如牛、山羊和绵羊等反刍动物。反刍动物具有独特的消化系统，这些动物的胃分4个室，即瘤胃、网胃、瓣胃和皱