

这是一本应对气候变化的旱区农事技术集萃，既汇集和归纳了传统旱区农业和绿洲农业技术，同时也引入了旱区农业产业化和信息化的管理技术，是农学和气象学等专业人士、农业技术人员和广大农户的优选读物。

气候变化下



旱区农事技术

FARMING TECHNIQUES REGARDING ARID
AREA IN RESPONSE TO CLIMATE CHANGE

■主 编/熊友才 李凤民

■副主编/莫 非 王绍明 熊春蓉



兰州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

气候变化下旱区农事技术 / 熊友才,李凤民主编. —
兰州: 兰州大学出版社, 2013. 9

ISBN 978-7-311-04266-0

I. ①气… II. ①熊… ②李… III. ①干旱区—农业
技术—西北地区—高等学校—教材 IV. ①S

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 221435 号

策划编辑 陈红升
责任编辑 佟玉梅 陈红升
封面设计 刘 杰

书 名 气候变化下旱区农事技术
主 编 熊友才 李凤民
副 主 编 莫 非 王绍明 熊春蓉
出版发行 兰州大学出版社 (地址: 兰州市天水南路 222 号 730000)
电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)
0931-8914298(读者服务部)
网 址 <http://www.onbook.com.cn>
电子信箱 press@lzu.edu.cn
印 刷 兰州大众彩印包装有限公司
开 本 787 mm × 1092 mm 1/16
印 张 17.25(插页 5)
字 数 417 千
版 次 2014 年 1 月第 1 版
印 次 2014 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-311-04266-0
定 价 58.00 元

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

《气候变化下旱区农事技术》

编写人员

主 编 熊友才 兰州大学
李凤民 兰州大学
副主编 莫 非 兰州大学
王绍明 石河子大学
熊春蓉 甘肃省农业技术推广总站

国内参编人员(排名不分先后)

廖允成	西北农林科技大学
张 强	中国气象局兰州干旱气象研究所
王润元	中国气象局兰州干旱气象研究所
赵 鸿	中国气象局兰州干旱气象研究所
侯振安	石河子大学
肖国举	宁夏大学
张峰举	宁夏大学
王同朝	河南农业大学
卫 丽	河南农业大学
张恒嘉	甘肃农业大学
周 宏	甘肃农业大学
邓浩亮	甘肃农业大学
杨晓婷	甘肃农业大学
高茂盛	西北农林科技大学
韩思明	西北农林科技大学
林茂兹	福建师范大学
贾秀萍	甘肃省农业技术推广总站
岳 云	甘肃省农业技术推广总站
杨晓辉	甘肃省陇南市徽县农业技术推广中心
张 柏	甘肃省武威市凉州区农业技术推广中心
袁安明	甘肃省定西市旱作农业科研推广中心
张 晟	江苏省常州大学
王建永	兰州大学
赵旭喆	兰州大学

祝 英	兰州大学
杨 通	兰州大学
吴 姗	甘肃农业大学
李朴芳	兰州大学
熊俊兰	兰州大学
王慧莉	兰州大学
刘雪艳	兰州大学
刘慧明	国家环境保护部卫星环境应用中心
张晓峰	兰州大学
郑 峥	兰州商学院
张肇武(技术顾问)	新疆生产建设兵团农业第七师农技中心

国外参编人员

Baoluo Ma	ECORC , Agriculture & Agri-Food , Canada
Kadambot Siddique	The University of Western Australia
Neil C. Turner	The University of Western Australia
Aggrey Bernard Nyende	Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology
Mabel Opanda Imbuga	Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology
Simon Nzou Nguluu	Kenya Agricultural Research Institute
Patric Thuku Gicheru	Kenya Agricultural Research Institute
Jane Wamuongo	Kenya Agricultural Research Institute
Charles Kariuki	Kenya Agricultural Research Institute
Nashon King'oo Reuben Musimba	South Eastern Menya University
Solomon Igosangwa Shibairo	University of Nairobi
Jane Ambuko Lukhachi	University of Nairobi
George Ndiema Chemining'wa	University of Nairobi
Mohamed A. S. Abdel-Monem	United Nations Environment Programme (UNEP)
Muhammad Ashraf	University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
Nudrat Aisha Akram	GC University ,Faisalabad ,Pakistan



序

我国是农业大国,也是世界上遭受干旱灾害影响最严重的国家之一。干旱和半干旱地区约占我国国土面积的一半,其中约80%集中分布于西北地区。干旱是西北地区最主要的气候特征和自然灾害,是制约粮食安全和社会经济发展的关键环境因素。如何在干旱频发、可利用水资源匮乏、地形和气候复杂多变的条件下提高农业生产,增加粮食、饲料、纤维和能源供应,一直是农业工作者为之奋斗的长期目标。

我国旱区农事技术的发展历史悠久。早在公元前157年—公元87年,《汉书·食货志》中就有“代田法”记载。随着现代栽培技术、工程技术和生物技术的发展,特别是自20世纪80年代以来,我国旱地与节水农业研究取得了长足进步,在旱区农事技术应用方面不断有新的突破,但系统性尚不足,体系有待完善。近年来,气候变化加剧了旱区农业发展的不确定性,需要因势利导、因地制宜加以应对。在这种情况下,旱区农事技术呈现出涵盖范围广、学科分支多、专业性强、集成度高的特征。编写《气候变化下西北旱区农事技术》一书很有必要,但具有较大难度,需要来自不同领域、不同学科专家的齐心协力。

本书共包含九章,除第一章旱区农业概述以外,其他章节从不同方面对旱区农事管理技术进行了阐述。第二章旱区集水农业管理技术、第三章绿洲灌溉农业管理技术、第五章旱区设施农业技术、第六章旱区特色作物栽培技术等系统地介绍了以生产为主的技术。第四章旱区可持续农事技术、第七章旱区土壤盐渍化防治与利用技术和第八章旱区农业自然灾害与防治详细介绍了生产与生态协同技术。最后一章看天气、务农事继承了传统的农事技术精华,并融合了现代技术特色。本书编写过程经历了五年之久,参编单位达二十多个,其最终定稿和出版是集体智慧和共同努力的结晶。编者先后在2010年3月和2013年11月给我送来两次书稿,约我审阅并作序,自感能力不足。编者在第一稿的基础上,根据所提意见对全文进行了修改和完善,第二次送来的版本较之前的版本有显著改进。通过编著者的多番努力,几易其稿,在编写方面做出了很大的努力,值得肯定。

该书是在诸多编者前期工作的基础上,结合中国西北自然资源条件和社会经济状况,对业已成型的或正在主推的农事技术进行收集、整理和集成,具有较强的实用性、全面性和系统性。相信该书的出版不仅能为中国西北农业生产和粮食安全提供技术支撑,同时还可今后作物栽培、农业集约化生产和农业水土资源管理提供宝贵的参考资料。期待该书能不断完善、修正和提高,以便更好地适应社会经济发展和农业创新实践所需。

山色

中国工程院院士

2013年11月26日



前言

自2005年4月联合国正式发布《千年生态系统评估》(Millennium Ecosystem Assessment)报告以来,全球范围内对综合评估生态系统变化、人类福利和加强生态系统保护的可行对策等方面受到广泛重视。在干旱和半干旱地区,生态危机、粮食危机和社会危机等多种危机的根源在于水生产力低下、农业可持续发展能力严重不足。全球气候变暖加剧了危机的深度和广度。我国是世界上主要的干旱国家之一,干旱区的面积约为280万平方公里,半干旱和半湿润易旱区的面积约为213万平方公里,其中干旱、半干旱区面积的83%又集中分布于西北地区,所以干旱是西北地区最主要的气候特征和自然灾害。实施“科技兴农”战略,推广农业实用技术,提高农业生产力和生态系统可持续发展水平是“三农问题”的重中之重,涉及区域生态环境改善和国家的长治久安。

自新中国成立以来,我国陆续出版了有关旱区农事技术方面的书籍。然而,相关书籍覆盖的面积窄,大多是针对某一种技术的通俗读本,在系统性和全面性等方面较为不足。随着现代农业的发展,一些新型集成技术一直缺乏系统的总结和归纳,对农业生产实践的直接指导作用有限。另外,生产人员所接受教育程度的不断提高,对农事技术书籍的理论要求也相应提高,这正是我们编写该书的动力。旱区农业体系主要包括雨养农业和绿洲灌溉农业两类,具有鲜明的地域特色和气候特征。近年来,随着地膜覆盖、节水灌溉和设施农业等新技术的不断涌现,尤其是以田间微集雨补灌溉技术、全膜双垄沟播技术、膜下滴灌技术和组培快繁技术等为代表的新技术给旱区的农业发展提供了强有力的支撑,新的间套作和轮作方式给农业发展注入了新的内涵。上述技术对提高生物量积累和土壤有机质奠定了扎实的基础,是应对气候变化的重要出路。

本书是多位长期从事旱区农业、水资源管理、土壤学和栽培耕作学等方面的专家从平时的研究积累中逐渐收集和整理出来的。他们在西北旱区做了大量的实验研究,走访和调研了旱区广大农技人员和农户,积累了丰富的第一手数据和技术资料。初稿完成后,我们又进一步同国内外同行及专家共同补充完善,以期达到“前沿性”“实用性”和“系统性”并举的目标。在编写过程,我们力求继承和发展传统的旱作农业和绿洲灌溉农业技术精华,同时,也反映气候变化下旱区农事技术的最新发展态势和未来导向。本书的

读者对象为农学专业本科生、广大基层农技人员和农户，也可供植物学、生态学、农业资源、环境学及气象学专业的本科生、研究生、教师、科研人员以及从事相关产业的技术人员参考。由于编写时间有限，编写过程中还有较多疏漏，甚至是错误，望广大读者批评指正！

本书的编制得到了国家“973”项目（2009CB825101）、中国气象局公益性气象行业专项（GYHY201106029，GYHY200806021）、教育部直属高校海外名师项目、高等学校学科创新引智计划（“111”项目）、国家自然科学基金项目、科技部国际合作项目和教育部新世纪优秀人才支持计划项目等的研究支持，也得到了广大农技人员和气象技术人员的宝贵建议，在此我代表全体编写人员一并表示衷心感谢！

熊友才

2013年11月于兰州大学





目 录

第一章 旱区农业概述	001
第一节 旱区气候变化特征	001
第二节 干旱的定义和类型	006
第三节 旱区农业概况	007
第四节 旱区农业土壤类型及其分布	008
第五节 旱区作物特征	010
第二章 旱区集水农业管理技术	018
第一节 垄沟微型集雨技术的物理基础及主要原理	018
第二节 垄沟地膜覆盖技术增产效应的机理	020
第三节 不同作物配套的垄沟地膜覆盖技术	020
第四节 地膜覆盖技术推广中的问题与风险	054
第五节 雨水收集系统	056
第六节 地槽贮水技术	072
第三章 绿洲灌溉农业管理技术	078
第一节 绿洲灌溉农业主要作物资源	078
第二节 绿洲节水农业技术	079
第四章 旱区可持续农事技术	101
第一节 草田轮作	101
第二节 保护性耕作	108
第五章 旱区设施农业技术	136
第一节 设施农业概况	136
第二节 日光温室栽培技术 ——以武威地区为例介绍几种日光温室栽培技术	138
第三节 酿酒葡萄种植技术	150
第四节 工厂化育苗技术	153
第五节 旱地马铃薯优化栽培	158

第六章 旱区特色作物栽培技术	181
第一节 哈密瓜栽培技术	181
第二节 向日葵栽培技术	186
第三节 籽瓜栽培技术	193
第四节 旱作苹果园新型土壤管理模式	203
第五节 甘草栽培技术	204
第七章 旱区土壤盐渍化防治与利用技术	206
第一节 农田土壤盐渍化过程与成因	206
第二节 旱区农业土壤盐渍化类型	209
第三节 旱区土壤盐渍化防治	211
第四节 盐渍化农田田间管理技术	216
第八章 旱区农业自然灾害与防治	220
第一节 农业气象灾害	220
第二节 主要作物的病、虫害及其防治	234
第九章 看天气 务农事	249
第一节 主要粮食作物和经济作物农事技术	249
第二节 作物产量预测模型简介 ——以DSSAT为例	262



第一章 旱区农业概述

旱区农业是农业系统中最脆弱但又占关键地位的类型。旱区农业之所以能引起人们的高度重视,一是由于其面积较大,二是由于对生态系统影响很大。旱区以旱为特征,与旱密不可分。干旱既与降水不足有关,也与降水的年间变动和年内分布不匀有关。由于降水少,植物生长差,植被覆盖度低,面对着强度大而集中的降水,又会引起严重的风蚀和水蚀。因此,水分短缺和侵蚀严重是世界各国旱区的共同特征。干旱、半干旱区不但是全球气候变化响应最敏感的地带,也是生态环境变化最脆弱的地区。随着全球变暖,该区的水资源日益短缺,天然植被退化,土地荒漠化,气象灾害增多,生态环境不断恶化。大量研究表明,虽然部分地区出现了暖湿迹象,但总体干旱化趋势已经可以清楚地识别。另外,中国西北地区地域辽阔,自然条件复杂多样,在悠久的农业生产实践与作物长期适应选择中,作物资源已形成种类多、品种资源丰富、分布区域化的生态区域等特点。因此,通过对该区农业生产资源包括气候、土壤、作物品种的详细分析来提出气候变化下旱区农业发展可持续性对策就显得尤为重要和紧迫。

第一节 旱区气候变化特征

干旱区和半干旱区占整个地球陆地面积约 1/3,主要分布在南北纬 15°~35°的副热带和北纬 35°~50°的温带、暖温带大陆内部。干旱区和半干旱区在非洲的面积最大,在欧洲的面积最小。中国干旱区和半干旱区占全国土地面积的 52.5%。半干旱区分布东起东北平原西部,西到内蒙古中部和宁夏的盐池一带。半干旱区以西则为广阔的干旱区,其中贺兰山以东地区干燥度为 2.0~4.0,属于荒漠草原地带;贺兰山以西的广大地区,包括阿拉善地区、河西走廊、准噶尔盆地等,干燥度为 4.0~20.0,属于干旱荒漠地带;在新疆东部和塔里木盆地中部和东部地区,年降雨量在 50 mm 以下,干燥度可达 20~60,为极端干旱荒漠地带。青藏高原干旱地区包括柴达木盆地、羌塘高原、昆仑山——阿尔金山和喀喇昆仑山。青藏高原半干旱地区包括柴达木盆地与羌塘寒漠以东,除东南角半湿润地区以外的广大地区。

近百年来,全球气候变暖随着人类活动加剧越来越严重。IPCC 第四次评估报告指出,全球气候变暖对自然生态和人类生存环境产生了显著影响,并将对未来自然生态和经济社会的发展带来长期的影响。由于农业是受气候和天气制约最大的领域,且中国是农业大国,农业是国民经济的基础,因此气候变化将直接影响到粮食安全和可持续发展。另外,因中国农

业本身的脆弱性使气候变化所带来的负面影响更加严重。一方面,我国农业资源的人均占有量极其少,特别是土地资源和水资源。另外,由于城市化、荒漠化、土壤侵蚀等的加剧使得我国耕地面积逐步减少,再加上人口增长的压力,人均耕地面积将会由目前 0.094 hm^2 减小到 22 世纪中期的 0.063 hm^2 。水资源短缺是中国很多地区农业发展的主要限制因素,如华北平原,耕地占全国总量的 42%,但水资源却只占 6%。全国最大的这部分耕地潜力深受水资源短缺的限制,而气候变化很可能使水分条件进一步恶化。另一方面,人口的增加和生活质量的不断提升,使得对农产品的需求不可避免地上升,中国农业系统将更不堪重压。中国现在已面临人口承载力接近极限的危险,全球气候变化将会使农业生产力与农产品需求量之间的冲突越演越烈。

因全球气候变化的区域性特征十分明显,导致不同地区对全球变暖的响应不一致,区域性气候变化及其对环境的影响已引起人们的广泛关注。我国西北地区疆域辽阔,地形、地势复杂,气候多变,降水有限,水资源总量匮乏,农业自然灾害频繁,农业基础设施落后,农业生态环境脆弱。因此,以干旱为主要气候特征的我国西北地区,对气候变暖的响应尤为敏感,受气候变暖的影响程度会更加严重,所造成的各方面损失也会更加巨大。大量的研究结果表明,气候变暖已造成西北地区生态环境不断恶化以及自然灾害频繁发生,对西北地区农业、水资源、生态环境和人民生活等许多方面都产生了深刻而广泛的影响,已成为制约西北社会经济全面协调发展的主要因素之一。对于农业而言,由于其强烈依赖于气候条件,受气候变化的影响更加显著。气候变暖通过对农业气候条件的改变能够影响到包括农作物生长、病虫害、种植面积、气候生产力、产量和品质以及畜牧业等方面,是目前西北地区发展现代农业所需要考虑的重要科学问题之一。随着人口增长和社会经济的发展,由于人类活动的自身影响,在很大程度上加剧了气候变化和对西北农业环境的影响,使西北农业自然资源的可持续利用受到日益严重的威胁,进而影响了西北农业的可持续发展。

然而,从另一方面来讲,西北气候朝降雨增多、温度升高的趋势改变的同时,对一些作物也产生了积极的影响。例如:冬季气候变暖,越冬作物种植区北界向北扩展,一些作物的种植区同时向更高海拔扩展,种植面积将增大;冬季气温升高,负积温绝对值减少,不但对冬小麦安全越冬有利,而且为冬小麦种植区北界北移提供了有利的气候条件。西北未来气候可能会经历降雨增加的形势,在这种情况下,对大部分作物的营养生长将会产生正面的影响。

总体而言,西北气候变化对该区农业生产的影响呈现出明显的两面性和复杂性特征,对不同耗水和积温需求的作物需要做进一步分类研究,以便能够更加准确、科学地刻画该区域作物对气候变化的不平衡响应特征。

在全球气候变化的背景下,西北地区农业气候资源不可避免地在这几十年里发生了深刻的变化,其主要变化特征有以下几点。

一、干湿分界线的变化特征

在近五十年里,我国的干湿分界线存在明显的摆动,变幅最大的有 4 个关键区,即东北中部为 1 区,华北北部为 2 区,西北的东南部(陕西南部)为 3 区,华北南部为 4 区。由图 1-1 和图 1-2 可知,4 个关键区的干湿分界线在近五十年来存在着向东或向南扩展的趋势。

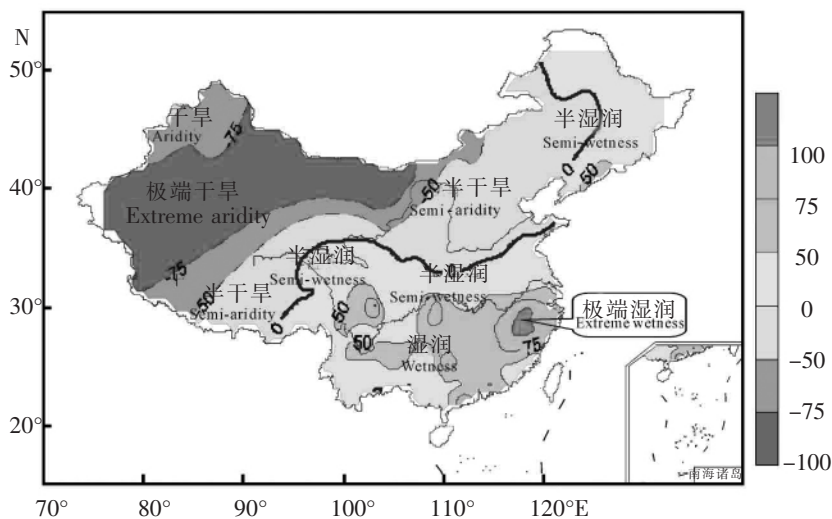


图 1-1 中国近五十年干湿分布图(见图版)
(图片来源:马柱国等,2005)

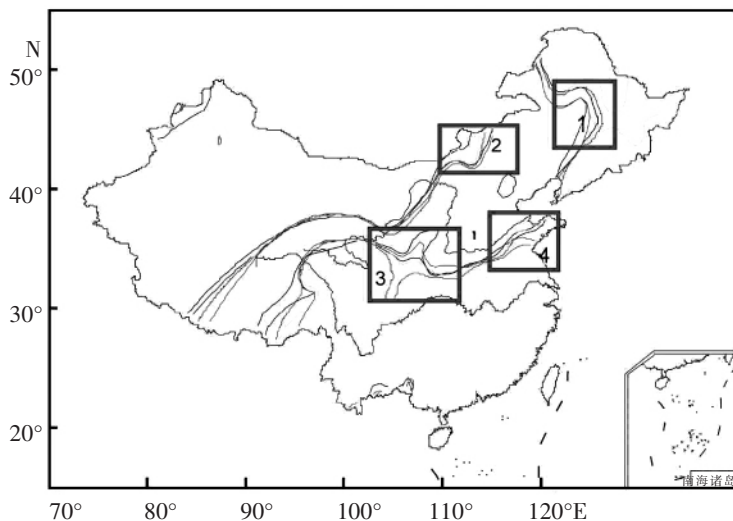


图 1-2 1951—2000 年不同年代干湿分界线的变化(见图版)
(图片来源:马柱国等,2005)

二、日照时数的变化特征

中国西北地区日照时数每 10 年以 19.92 小时的速率递减,大致分两个阶段:1961—1989 年为明显下降阶段,1990—2007 年为缓慢上升阶段。南疆西南部和青海南部日照时数有明显增多趋势,甘南、陇中、宁南、陇东、陕中日照时数显著增多,其余西北地区大部分地方日照时数显著减少,全区日照时数平均每 10 年以 19.92 小时的速率显著减少,1980 年是一个突变点。西北地区春、夏、秋、冬四季日照的年际变化趋势分布与年日照分布基本相同,冬、夏季日照显著减少的范围较大,春、秋季显著减少的范围较小,特别是春季更小,只有零散的几个站点有显著减少趋势。而南疆西南部和青海南部的日照除夏季变化不明显,其余季节都有显著增多的趋势。在中国西北地区日照减少的变化中,冬季和夏季最大,秋季较小,春季最小。西北地区日照时数月变化的特点是:西北地区东部和新疆中北部的日照时数为单峰型,7

月至8月为峰值,12月至第2年2月为谷值;河西走廊、祁连山区、南疆西南部的日照时数呈双峰型分布,5月至6月、10月至11月为峰值,2月和9月为谷值;青海高原的日照时数呈三峰型分布,5月、7月至8月、10月至11月为峰值,2月、6月、9月出现谷值。

三、太阳总辐射的变化特征

中国西北地区总辐射以 $92.07 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$ 的速率递减。北疆和西北地区东部的减少率最大,绝对值都在 $100 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$ 以上,减少中心在吐鲁番和西宁,分别为 $196.97 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$ 和 $243.18 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$;仅仅在甘肃民勤站总辐射以 $99.15 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$ 的速率较显著增多,新疆东南部若羌的总辐射以 $25.02 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot 10\text{a})$ 的速率呈不显著减少。西北地区东部(青海高原南部和东部、甘肃东部、宁夏、陕西)减少,西北地区西部(甘肃西部、青海西部、新疆)增加;中国西北地区太阳总辐射减少的变化中,四季都在减少,减少范围秋、冬季略大于春、夏季。北疆和西北地区东部的减少率最大。秋、冬季太阳总辐射显著减少的范围较大,春、夏季显著减少的范围较小。而南疆、青海高原西部的太阳总辐射四季变化都不明显,秋、冬季不显著减少,春、夏季不显著增多。西北地区大多数地方的太阳总辐射为单峰型,5月至7月为峰值,12月至第2年1月为谷值。新疆的峰值在 $(700 \sim 750) \text{ MJ}/\text{m}^2$,其中天山地区的峰值出现在7月约 $700 \text{ MJ}/\text{m}^2$,其余南疆、北疆大多数地方的峰值出现在6月,北疆 $750 \text{ MJ}/\text{m}^2$,南疆 $(700 \sim 750) \text{ MJ}/\text{m}^2$ 。从哈密到河西走廊太阳总辐射的峰值出现在5月,自西向东峰值由哈密的 $780 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 减少到民勤的 $690 \text{ MJ}/\text{m}^2$,甘肃中东部、宁夏、陕北的峰值出现在5月至6月,银川的峰值为 $708 \text{ MJ}/\text{m}^2$,其他地方约 $620 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 。陕西中南部的峰值出现在7月约 $500 \text{ MJ}/\text{m}^2$;而青海高原的太阳总辐射呈双峰型分布,5月、7月为峰值,南北变化在 $(650 \sim 780) \text{ MJ}/\text{m}^2$,1月至2月和6月为谷值,这与高原6月云量最多有关。

四、气温的变化特征

西北地区除了青海高原东南部和新疆极小部分区域外,基本都表现出显著的增温趋势,增温速率普遍为 $0.2 \sim 0.9 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$,大部分地区高于 $0.22 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ 的全国平均水平,与全球变暖的大背景相一致。

就西北地区年平均气温的变化而言,除青海南部高原和陕西南部的升温趋势较弱外,其余地区升温趋势都较强。西北区中部的柴达木盆地以及甘肃西南部的甘南地区近十年来发生了较大的增暖趋势。天山山区、南疆、北疆年平均温度的长期增温率不同,其中北疆最大,天山山区和南疆较小。青藏高原的大部分地区年平均气温基本上是以增温的趋势为主,气温降低的趋势主要发生在高原东部的局部地区。黑河流域山区气温呈波动状上升趋势,且气温上升幅度要大于全球平均水平。

在季节变化上表现为:冬季,西北地区自西向东,从塔里木盆地西侧到河套地区,在 $35^\circ \sim 40^\circ \text{ N}$ 的带状区域内是增温趋势最强的区域,增温率可达 $0.16 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ 以上。春季,显著升温区域位于新疆东北部和塔里木盆地南部、内蒙古西部、宁夏、陕西北部和中部的。而新疆西部和青海高原增温不显著。夏季与春季气温变化的一个明显差异在于陕西北部和中部的升温区并不显著,且陕西南部夏季气温还呈现较为显著的下降趋势;塔里木盆地西部在夏季也存在弱的降温趋势。秋季的气温变化与冬季较为相似,仍然是从塔里木盆地西侧到河套地区,在 $35^\circ \sim 40^\circ \text{ N}$ 的带状区域内是增温趋势最强的区域,气温变化率达到 $0.13 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ 以上。可见,冬季是所有季节里增温幅度最大的季节。其中冬季和秋季的气温变化趋势还有一个共



同特点,即从塔里木盆地西侧到河套地区,在 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 的带状区域内是增温趋势最强的区域。

西北地区近五十年来年气温异常的空间性表现为全区一致的变化性、南北相反变化性以及陕南气温变化与其他地区不同的独特性。与其对应的时间尺度上的变化则表明西北地区整体一致性增温变化在近五十年来呈加强态势,而陕南与西北其他地区非同步变化的趋势在逐渐缩小。

五、积温的变化特征

西北地区日平均气温不小于 0°C 积温,1987—2003年比1961—1986年的平均值增加了 112°C ,大部分地方农耕期的热量资源显著增加,只有小部分(13%)地方是减少的。新疆大部分地方热量资源增加了 $100^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$,小部地方减少了 $50^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$;青海增加了 $100^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$;甘肃、宁夏、陕西北部均增加了 $100^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$;陕西中南部增加 $150^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$,是热量资源增加幅度最大的地方。

西北地区日平均气温不小于 10°C 积温,1987—2003年比1961—1986年的平均增加了 107°C ,15%的地方减少了 $70^{\circ}\text{C}\sim 180^{\circ}\text{C}$ 。新疆大部地方增加了 $70^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$,而天山和南疆的小部分地方减少了 $70^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$;除陕西东南部和青海东部的小部分地方分别减少了 $70^{\circ}\text{C}\sim 180^{\circ}\text{C}$ 和 70°C 左右外,西北东部大部地方增加了 $70^{\circ}\text{C}\sim 180^{\circ}\text{C}$ 。

由于气候变暖,西北地区1987—2003年的日平均气温小于 0°C 负积温比1961—1986年增加 137°C ,只有甘肃的陇南和陕西的南部减少不足 50°C 。另外,西北地区小于 0°C 负积温呈持续减少趋势,20世纪60年代平均为 -874°C 、70年代为 -823°C 、80年代为 -776°C 、90年代为 -723°C ,每个年代平均减少了 50°C ,90年代比60年代减少了 151°C 。

六、降雨量的变化特征

西北地区降水量年际变化存在着明显的地域差异,在纬度较高且属于西北带气候区的新疆、内蒙古西部、甘肃河西地区以及属于青海高原绝大部分地区近四十四年来年表现为小幅增加趋势;而纬度较低且属于季风带气候区的青海东南部、甘肃河东、宁夏及陕西四十四年来降水量表现为小幅度减少趋势。

20世纪50年代西北地区西部降水处于上升趋势中,1960年以后,降水量持续减少,一直到1977年才出现转折,降水量在波动中上升,1986年以后上升趋势加剧,目前仍处于上升趋势中。由于降水量增加,再加上全球增暖使得高山积雪和冰川消融扩大,西北地区西部出现河流流量增加,湖泊面积扩大,沙尘暴日数减少,植被有所改善等现象。西北地区东部1950年以后降水变化比较平稳,1960年初期开始到1970年后期,降水量持续偏多,1980年以后降水比较平稳,进入1990年以后降水量持续偏少,使得干旱连续发生,并发生了1995年和1997年的重大干旱事件。1987年以后西北地区西部主要是新疆地区的气候明显变湿,而西北地区东部则呈现变干的趋势。1987—2000年降水量平均值与1961—1986年降水量平均值相比,北疆地区年降水量平均增加近 36.0 mm ,偏多21.7%;南疆地区年平均降水量增加近 17.4 mm ,偏多33.1%;天山山区年平均降水量增加近 39.9 mm ,偏多12.1%。祁连山区、河西走廊以及青海高原等地区降水量也有不同程度的增加,1987—2000年降水量与1961—1986年相比,平均变化幅度在10%~20%。西北地区东部自20世纪80年代中期开始降水持续偏少,平均减少幅度在5%~15%。

西北地区西部降水量偏多主要表现在冬季和夏季,但秋季降水是偏少的。20世纪90年

气候变化下旱区农事技术

代与前 30 年平均相比,北疆地区降水偏多主要是在冬季和夏季,分别偏多 30.2%和 21.5%,春季只偏多 3.8%,而秋季则偏少 4.0%;南疆地区降水偏多季节与北疆相似,偏多主要表现在冬季、春季和夏季,分别偏多 45.1%、33.3%和 28.0%,与北疆一样,秋季则偏少 3.3%;天山山区冬季降水偏多的幅度最大,为 24.2%,其次是夏季偏多 15.9%,春季只偏多 1.5%,而秋季则偏少 10.9%。需要指出的是,虽然冬季降水偏多的幅度最大,但是由于冬季绝对量小,降水量实际增加的并不大;而夏季降水量占全年降水量的 30%~50%以上,就其增加量而言,夏季降水的增加还是主要的。

七、蒸发量的变化特征

近四十四年来西北地区年水面蒸发量除了西北东南部极少部分区域外,其他大部分地区从 1974 年开始呈现十分明显的持续下降趋势,1982 年开始这种下降趋势表现得更为显著,减少突变发生在 1976 年。

西北地区四季的平均蒸发量变率的空间分布并不完全一致。冬季青海高原基本都表现为减少趋势,而其他区域增加与减少的气象站点比例相当;春季除甘肃河东及陕西南部外,其他区域基本表现为减少趋势;夏季 35°N 以北地区基本都表现为减少趋势,而 35°N 以南地区基本都表现为增加趋势;秋季在新疆和内蒙古西部地区基本都表现为减少趋势,而甘肃河东及陕西地区基本都表现为增加趋势,年蒸发量同春季蒸发量变率的空间分布较为相似。

西北地区春、夏两季的区域平均蒸发量表现出了显著的减少趋势,而冬、秋两季表现为较弱的减少趋势,由于春、夏两季的显著减少从而导致了年蒸发量也表现出了显著的减少趋势。

第二节 干旱的定义与类型

一、干旱的定义

干旱(drought)指在相对广阔的地区,长期无降水和少降水或降水异常偏少的气候背景下,水分供应严重不足的现象。该定义首先指出了干旱的地域性,即任何干旱都应是某一地区的,而且波及的地区都比较宽广(至少也在 200~300 km 以上),这主要与造成干旱的大气环流有关,因为干旱都是由于干暖气团长期控制某地的结果。其次指出干旱持续时间长(至少半月以上)的属性,因此它属于气候现象,从而区别于时间短的,如干旱期连续 15 天中任何一天的降水量均未超过 1 mm 或地域时间界限都模糊的旱情(少雨和缺水的状况),由于水分缺乏而形成的状态,定义中所讲的气候背景,就是指干旱,不但有降水少而且还有降水变率大的属性,其中所说无降水和少降水,指的是干旱、半干旱气候区的基本情况。降水异常偏少,是指湿润、半湿润气候区在某一时段降水量比多年平均值极度偏少的情况,如我国原中央气象台规定:若连续 3 个月降水距平百分率在-25%到-50%之间为干旱,在-50%到-80%之间为大旱。所谓水分供应严重不足是指某地不但降水少,而且水资源贫乏。由于近地层空气及土壤干燥,地表水、地下水枯竭,得不到廉价、足量优质的淡水供应,从而限制了社会生产的发展且影响了人民生活对水的正常需求,因为一个地区是否真正干旱,还要看水的供应情况。如果水的供应充足,即使缺乏降水也未必干旱,例如沙漠中的绿洲就是如此。因此,本



定义即包含气候干旱,也包含水文干旱的广义干旱。

二、干旱的类型

世界气象组织承认以下六种干旱类型:

- (1)气象干旱根据不足降水量,以特定历时降水的绝对值表示。
- (2)气候干旱根据不足降水量,不是以特定数量,而是以与平均值或正常值的比率表示。
- (3)大气干旱不仅涉及降水量,而且涉及温度、湿度、风速、气压等气候因素。
- (4)农业干旱主要涉及土壤含水量和植物生态,或许是某种特定作物的性态。
- (5)水文干旱主要考虑河道流量的减少,湖泊或水库库容的减少和地下水位的下降。
- (6)用水管理干旱,其特性是由于用水管理的实际操作或设施的破坏引起的缺水。

第三节 旱区农业概况

一、旱区农业的定义

旱区农业(arid agriculture)分为绿洲农业(oasis agriculture)和旱地农业(drgland agriculture)。绿洲农业指以灌溉为主的农业,通常因长期灌溉引起土壤的次生盐碱化灾害。旱地农业指在降水稀少又无灌溉条件的干旱、半干旱和半湿润易旱地区,主要依靠天然降水和采取一系列旱作农业技术措施,以发展旱生农作物或抗旱、耐旱的农作物为主的农业,是在干旱、半干旱或半湿润易旱地区完全依靠天然降水从事作物生产的一种栽培制度。

二、中国旱区农业的范围

中国旱区农业分布区是指沿昆仑山—秦岭—淮河一线以北的干旱、半干旱和半湿润地区,依靠天然降水和旱区灌溉的农业,包括16个省(自治区、直辖市)的965个县市。土地面积为542万 km^2 ,占国土总面积的56%,约占全国总耕地面积的51%。其中没有灌溉条件的旱区占该地区耕地总面积的65%,总人口占全国总人口的32%。该地区地形复杂,气候条件差异很大,既有平均海拔3000m以上的青藏高原,又有低于海平面154m的新疆吐鲁番盆地。山地、高原、平原、丘陵沟壑、盆地、沙漠、戈壁兼有,全国最热、最冷和最干旱少雨的地方都在这里,气候具有寒冷干旱、温凉干旱、高温干燥等多种类型,这也决定了北方旱区农业类型的多样性。

三、中国旱区农业类型及其特征

为了合理利用旱区农业的自然资源,发展农业生产,根据北方旱地农业区域间的差异、特点、生产潜力、开发途径及发展方向的不同,科学地、合理地进行北方旱地农业分区,不仅是有计划、因地制宜地进行我国北方旱地农业区全面开发整治的前提和重要依据,也是国家和各级领导部门确定旱区农业发展战略,对农业生产进行指导和推广各种先进经验的科学依据。因此,进行旱区农业的分区显得尤为重要。

经中国农业科学院、中国农学会共同组织有关专家进行东北、华北、西北旱区农业考察,完成了北方旱地农业类型的分区及其评价。在这项研究中,旱区农业类型分布规律是科学地划分旱区农业类型的基本依据。其分类的原则是:

- (1)自然条件和社会经济条件的相似性；
- (2)农业生产的水分平衡状况和水分对农业生产限制的特点与程度的一致性；
- (3)农业生产的内部结构、生产制度(耕作制度、饲养制度)、作物和家畜布局、生产水平、存在问题与增产途径的相对一致性；
- (4)农业生产的关键问题、水分亏缺的改善及重大技术改进与增产途径的相对一致性。

根据以上的分区原则和北方旱地农业的生产实际，采用 80%的年降水量作为北方旱地农业类型分区的一级主导指标。一级指标采取主导指标与辅助指标相结合,并以主导指标为主的综合指标体系,进行一级区的划分。由于一级区地域辽阔,幅员广大,内部差异显著,农业生产类型复杂多样,因此大部分命名以水分指标来命名,将北方旱地农业区划分为五大区域,即干旱区、半干旱偏旱区,半干旱区、半湿润偏旱区、半湿润区。(见表 1-1)

表 1-1 北方旱地农业类型分区及其农业特征

区别	主导指标 80%保证率 的 全年降水量(mm)	辅助指标干燥度	农业综合特征
干旱区	<200	>3.5	以牧为主,没有灌溉就没有农业,海拔高度的变化决定着林业意义的大小
半干旱偏旱区	200~250	3.5~3.94	以牧为主,旱地分布下限,海拔高度的变化决定着林业意义的大小
半干旱区	250~400	1.6~2.99	半农半牧,山地阴坡可以造林,采取抗旱措施,旱农发展潜力大
半湿润偏旱区	400~500	1.3~1.59	以农为主,局部地区林牧比重大,季节性干旱,采取措施提高水分有效利用率
半湿润区	500~600	1.0~1.29	以农为主,旱情不严重,但复作时需补充灌溉

资料来源:中国农业科学自然资源和农业区划研究所,1986。

第四节 旱区农业土壤类型及其分布

一、栗钙土

栗钙土是半干旱偏旱和半干旱地区的重要土类。栗钙土主要分布在内蒙古高原的东部和南部、鄂尔多斯高原东部、呼伦贝尔高原西部及大兴安岭东南麓的平原地区,在阴山南北麓及坝上地区亦有分布。这些地区多数草原牧区及农牧交错地区,年降水量 250~400 mm,年干燥度 1.3~2.0。

栗钙土的剖面由栗色腐殖质层、灰白色钙积层与母质组成。由于栗钙土水分状况的季节性淋溶特点,石灰在剖面中部大量淀积,形成一坚硬的钙积层,成为植物根系生长的严重障碍,其厚度多为 20~40 cm;该层通常出现于 30~50 cm 深处,有的可在 70~80 cm 深处出现。栗钙土表层质地较轻,黏粒含量多在 10%~20%,pH 在 8.5 以上,可分为暗栗钙土、栗钙土、

