

HANZUO NONGYE YU
HENAN HANDI XIAOMAI ZAIPEI

旱作农业与

河南旱地小麦栽培

韩绍林 编著



黄河水利出版社

旱作农业与河南旱地小麦栽培

韩绍林 编著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

这是一本关于旱作农业和旱地小麦栽培的综合性著作。全书共分7章。第一章主要阐述了旱作农业概念、旱地类型划分,旱地农田水分状况、循环过程及水分平衡;第二章论述了旱地作物的生产潜力、降水生产潜力、估算方法以及我国和河南省旱地小麦生产潜力;第三章围绕旱地水分管理,重点阐述了旱地集雨蓄水工程、地面覆盖蓄水保墒、保水剂应用技术;第四章重点阐述了旱地土壤的蓄水耕作技术;第五章论述了旱地麦田的土壤水分变化动态及旱地小麦需水规律;第六章主要阐述了河南省及郑州市旱地概况、主要生态条件等;第七章系统论述了河南省旱地小麦的生育规律、高产栽培技术以及小麦抗旱性鉴定理论与方法。

此书可供有关农业教学、科研人员在工作中参考,可用于基层农业技术推广人员和农民群众学习旱作农业技术、指导旱地作物尤其是旱地小麦栽培实践。

图书在版编目(CIP)数据

旱作农业与河南旱地小麦栽培/韩绍林编著. —郑州:
黄河水利出版社, 2010. 8

ISBN 978 - 7 - 80734 - 719 - 4

I. ①旱… II. ①韩… III. ①旱地 - 小麦 - 栽培 -
河南省 IV. ①S512. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 165779 号

组稿编辑:简群 电话:0371 - 66026749, 13608695873 E-mail:w_jq001@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940, 66020550, 66028024, 66022620(传真)

E-mail:hhsclcs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:12.75

字数:300 千字

印数:1—1 500

版次:2010 年 8 月第 1 版

印次:2010 年 8 月第 1 次印刷

定价:36.00 元

《旱作农业与河南旱地小麦栽培》

编辑委员会

顾 问 王绍中

主 编 韩绍林

副 主 编 王小红 张德奇 李新有 焦建伟 吴少辉
李书立 武继承 张灿军 毛富强 杜红朝
何 晓 刘景娥 周 静 梁玉印 朱桂霞
贾宏伟 郝法政 郑丰声 吕根有

编委成员 (按姓氏笔画排序)

王晓伟 刘雪平 李 威 李爱枝 李红娜

李淑珍 张玉乐 张发展 吴瑞敏 赵 品

郭 嘉 钱 蕾 程明向

统 稿 王绍中 焦建伟 张德奇

前 言

干旱和水资源短缺是影响当今人类生存,特别是农业生产的一个严峻问题。全球干旱、半干旱面积约占地球陆地面积的 34.9%,耕地中有灌溉条件的仅占 15.8%。

我国是一个水资源不足,干旱、半干旱面积很大的国家。地处昆仑山、秦岭和淮河以北的干旱半干旱地区约占国土面积的 65%,占全国耕地面积的 51%和人口的 40%,却只有全国水资源的 19%。许多地区人均水资源低于 500 m³ 的极度缺水警戒线。

河南省半干旱、半湿润易旱区耕地面积约 6 600 万亩,占全省耕地面积的 63.9%,其中京广线以西的丘陵、旱地面积约 3 810 万亩,占全省耕地面积的 36.7%。郑州市地处黄淮平原与黄土高原交接地带,西部五县属于豫西丘陵旱地区,全市旱地面积占耕地面积的 56.73%,最多的巩义和登封旱地面积分别占到 79.1%和 78.72%,是一个典型的半干旱、半湿润易旱区。

河南省是农业大省,年粮食产量和小麦产量均居全国第一。进入 21 世纪,河南小麦连年丰收,为国家粮食安全作出重要贡献。但豫西、豫北的丘陵旱地小麦产量增长缓慢,已经成为全省粮食产量继续提高的一个重要限制因素。虽然河南省旱地的气候土壤条件优于我国西北干旱区,但我们在旱作农业的科研和技术推广力度方面还亟待加强,许多干旱半干旱地区行之有效的旱作农业技术没有在全省很好地开发应用,因而旱作农业尤其是旱地小麦的生产潜力还远未挖掘出来。

为了提高各级领导干部、农业科技人员和农民群众对旱作农业生产重要性及其生产潜力的认识,普及旱作农业科技知识,加速对现有旱地作物生产技术的推广应用,进一步提高旱区的水分利用率,发挥旱地应有的增产潜力,我们组织有关专家撰写出版了《旱作农业与河南旱地小麦栽培》一书。该书前半部分介绍了有关旱地、旱作农业的概念,世界和我国的旱地概况和分区;论述了河南省旱地的生态条件和分区;概述了集雨蓄水、兴修梯田、秸秆覆盖、地膜覆盖、化学保水以及小流域治理的水土保持集雨保墒的旱地综合治理技术。后半部分对河南省旱地小麦的生育规律及高产栽培技术作了比较系统的论述,对当前种植面积较大的旱地小麦品种作了介绍,是一本有关旱作农业和旱地小麦理论与技术的专著。它既有较高的理论水平,也有较强的实用价值,可

供相关专业教学和科研人员参考,也适合旱区广大科技人员和农民群众阅读并指导旱地生产。我们期望该书的问世能对河南省的旱作农业发展起到一定的促进作用。

编写人员分工:第一章主要由韩绍林、王小红、张德奇等编写,第二章主要由李新有、张德奇、杜红朝等编写,第三章主要由王小红、焦建伟、张德奇、吴少辉、刘景娥、李爱枝等编写,第四章主要由李书立、焦建伟等编写,第五章主要由毛富强、杜红朝、张灿军等编写,第六章主要由焦建伟、贾宏伟、郝法政、梁玉印、吕根有等编写,第七章主要由韩绍林、李新有、焦建伟、武继承、李书立、何晓、周静、朱桂霞、郑丰声等编写。

参与编写的人员还有(按姓氏笔画排序):王晓伟、刘雪平、李威、李爱枝、李红娜、李淑珍、张玉乐、张发展、吴瑞敏、赵品、郭嘉、钱蕾、程明向等。

王绍中、焦建伟、张德奇对本书进行了统稿及编审。

为方便读者,本书同时采用了公顷(hm^2)和亩两种面积单位,1公顷(hm^2)=15亩,1亩=667 m^2 。

本书是集体智慧的结晶,因涉及学科较多、编写时间仓促,错漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

韩绍林

2010年6月18日

目 录

前 言

第一章 旱作农业概述	(1)
第一节 旱作农业概念及旱地类型划分	(1)
第二节 旱地农田水分状况、循环过程及水分平衡	(12)
第二章 旱地作物的生产潜力	(22)
第一节 旱地作物生产潜力的概念和含义	(22)
第二节 降水生产潜力及估算方法	(23)
第三节 我国和河南省旱地小麦生产潜力	(26)
第三章 旱地水分管理技术	(31)
第一节 集水抗旱技术概述	(31)
第二节 集水的类型	(32)
第三节 旱地集雨蓄水农业工程技术	(36)
第四节 地面覆盖保墒、蓄水抗旱技术	(42)
第五节 化学制剂在旱作农业中的应用效果	(60)
第四章 旱地土壤的蓄水耕作技术	(65)
第一节 土壤耕作的概念、类型	(65)
第二节 旱地蓄水、保墒主要耕作技术	(68)
第五章 旱地麦田水分动态	(78)
第一节 旱地麦田的土壤水分变化动态	(78)
第二节 旱地小麦需水规律	(86)
第六章 河南旱地概述	(91)
第一节 河南旱地区域及分区	(91)
第二节 河南旱地的主要生态条件	(94)
第三节 郑州市旱地概况及主要生态条件	(132)
第七章 河南省旱地小麦栽培	(135)
第一节 小麦抗旱性鉴定评价	(135)
第二节 水分胁迫对小麦生长发育的影响	(142)
第三节 河南旱地小麦的生长发育	(149)
第四节 旱地小麦栽培技术	(171)
第五节 旱地小麦主要病虫害的综合防治	(186)
第六节 抗(耐)旱主要小麦品种简介	(188)
参考文献	(194)

第一章 旱作农业概述

干旱问题是一个世界性问题,世界干旱、半干旱地区总面积约占地球陆地总面积的34.9%,遍及50多个国家和地区,全球14亿 hm^2 耕地面积中,有灌溉条件的耕地仅占15.8%,其余都是靠自然降水从事农业生产。随着人口增加,粮食和水资源的短缺以及干旱的加剧,旱作农业愈来愈受到各国的关注和重视。干旱是我国和世界农业最严重和常见的农业气象灾害,我国干旱、半干旱及半湿润偏旱地区的土地面积约占国土面积的52.5%,主要分布在昆仑山、秦岭、淮河以北的15个省、市、自治区。其中年降水量在250~600 mm的半干旱和半湿润偏旱地区的土地面积约占国土面积的21.7%。因此,我国干旱形势比较严峻,尤其在2008~2009年冬春之交,我国多个省份遇到了几十年不遇的特大旱灾,据农业部统计,截至2009年2月3日,全国近43%的小麦产区受旱,河南、安徽、山东、河北、山西、陕西、甘肃等7个粮食主产区小麦受旱1.43亿亩,比去年同期增加1.34亿亩。其中,严重受旱的5692万亩,比去年同期增加5610万亩,农业部启动了抗旱一级应急响应。面对干旱,我们应采取最积极的行动去研究和应对,减少干旱给农业带来的影响。

第一节 旱作农业概念及旱地类型划分

一、旱作农业的概念

旱作农业的发展历史久远,中国是世界旱作农业形成和发展的中心之一,从西安半坡遗址出土的农业文化遗存来看,我国旱作农业至今已有7000多年历史。中国传统旱作农业成就辉煌,所积累的以耕、耙、耨为中心,大量施用农家肥,保持水土,轮作倒茬,选用耐旱作物和抗旱品种,用地养地相结合的传统旱农经验,在世界上产生了较大的影响。

旱作农业(dryfarming)是指在降水量偏少、有水分胁迫而无充分灌溉条件的半干旱和半湿润偏旱地区,主要依靠天然降水从事农业生产的雨养农业(rained farming)。国际上通用的旱农定义,如英美大百科全书中是这样对“旱农”定义:是指在有限降水(典型的是在年降水量少于500 mm)的地区,不采用灌溉而种植作物的农业,或者“旱农是指在有限降水的半干旱气候或地区从事无灌溉的作物生产”。考虑到我国旱农地区的自然资源及农业生产的特点,我国的农业科研、管理及生产工作者根据国内外旱作农业生产的发展,提出了中国旱作农业的概念与通用的旱农概念的区别:第一,地区范围由半干旱地区扩大到半湿润偏旱地区。半湿润偏旱区是我国主要的农业生产地区之一,夏季多雨,冬季干旱,虽然年降水量可达600 mm左右,但多集中在6、7、8、9月几个月,且年蒸发量很大,需要应用旱农措施保蓄降水,以提高降水利用效率来获得较好的作物产量。第二,主要依靠天然降水,但在特殊干旱条件下也要应用补墒措施(如耕作、倒茬、覆盖等)来接纳天然降

水或种植耐旱作物,播种时浇水点种等补墒措施,生产实践中效果较好。第三,为了创造最佳的旱作农业生态经济系统,现代综合经营的旱作农业,在经营农作物生产的同时,因地适时种草、种树,发展畜牧业和保护性林业,以形成综合的、完整的旱农生态经济体系,增加其抵抗外部灾害的能力,以达到完善的旱农生态经济体系。

旱作农业有别于雨养农业的范畴,旱作农业属于雨养农业的一部分,但并非雨养农业的全部,雨养农业还包括降雨量相对充沛、农作物生产主要依靠天然降水的农业,如我国的南方、四川盆地等一些地区。同时,旱作农业不包括半干旱和半湿润偏旱地区的完全有保证的正规的灌溉农业,也不包括干旱地区的绿洲农业。

二、世界旱区的类型划分与分布

(一) 干旱气候的类型

国际上一般将世界干旱地区划分为四种类型,即热带季节干旱型、热带半干旱类型、亚热带半干旱类型和中纬度干旱半干旱类型。

1. 热带季节干旱型

热带季节干旱型属热带沙漠气候,这类地区气候的主要特征是炎热、干燥。气温相当高,气温日较差特别大,昼热夜凉。降水常年不足 100 ~ 200 mm,且变率很大。旱季经常延长到半年以上,农作物生长季节一般仅有 84 ~ 168 d。植被贫乏,有大片无植被的沙漠地区,植物以稀疏的旱生灌木和少数草本植物,以及一些雨后短命植物为主。如非洲北部大沙漠区、亚洲阿拉伯半岛和大洋洲的澳大利亚的中部大沙漠区均属此种类型。大致分布于南北回归线至南北纬 30°之间的大陆内部或西岸。多为游牧区。

2. 热带半干旱类型

热带半干旱类型属热带草原气候,全年温度平稳,无明显低温干扰,气候特征是干季、雨季交替明显,雨季草木旺盛,干季草原呈一片枯黄色景象。年降水量可增至 550 ~ 750 mm。这一类型地区分布于热带干旱气候区的边缘,大致在南北纬 10°至南北回归线之间,如非洲中部的大部分地区,澳大利亚大陆的北部和东部等地。植被为灌木半荒漠植物群落,或有旱生性乔木的稀疏分布,形成热带草原景观。

3. 亚热带半干旱类型

亚热带半干旱类型属地中海式气候。主要位于南北纬 30° ~ 40°的欧美大陆的西岸,澳大利亚的东南部及非洲大陆的西南角,以地中海沿岸最典型。夏季因受副热带高压控制,从而高温干旱;冬季受西风控制多气旋活动,从而暖湿多雨,属冬雨型区。其农业生产特点主要是依靠冬季降水。澳大利亚南部由于冬季较暖,生长季节较长,因而农业生产条件也优于北非和西亚。

4. 中纬度干旱半干旱类型

中纬度干旱半干旱类型属温带大陆性气候,主要分布在亚欧大陆和北美大陆的内陆地区以及南北纬 40° ~ 60°的北美、南美东岸,包括北美大平原、加拿大大草原诸省的半干旱地区,阿根廷的中部无树大草原地区,以及广阔的欧亚干旱半干旱地区(包括我国干旱半干旱地区在内)均属于这一类型。因地处大陆内部,终年受大陆气团控制,干旱少雨,越往内陆降水越少。冬季严寒,夏季炎热,冷暖季节分明。这一类型地区的外围多属于温

带草原地带,中心多为温带沙漠地带。植被类型前者属于温带草原或草甸草原类型,后者属于温带荒漠类型。半干旱地带的降雨与温暖的季节一致,这是有利于农业生产的一面;但年度与季节间变异很大,这是不利于农业生产的一面。

(二) 其他划分干旱指标

在当前划分干旱指标中,根据不同角度、不同部门,形成了不同的划分指标和依据,一般按照气象干旱指标、农业干旱指标、水文干旱指标、社会经济干旱指标等几个方面来划分。其中气象干旱是其他三种干旱的基本原因。但气象干旱为轻旱和中旱时,对农业和社会经济干旱影响是不严重的,当发展到重旱或极旱时,其对农业和社会经济干旱影响将表现得尤为明显。气象干旱和农业干旱特点不同,农业干旱更为复杂,如作物某个生育阶段严重缺水等,年内降水分布不均等问题。每一类划分指标很难将各种情况考虑进去,也未能将各种问题反映出来,因此对干旱指标的研究一直在完善。

1. 划分干旱的气候指标

(1) 干燥度比率或干燥度指数。布德科 1958 年提出了辐射指数,1969 年莱托称其为干燥度比率或干燥度指数(D)

$$D = R/LP \quad (1-1)$$

式中: R 为地面平均年净辐射; L 为水的蒸发潜热; P 为年平均降水量,根据干燥度比率的大小划分干湿区。

(2) 年平均降水量。在我国干湿气候带的划分中,应用平均降水量作为指标。当年平均降水量小于 250 mm 时为干旱区,250 ~ 450 mm 为半干旱区。

(3) 湿润指数。由桑斯威特提出、后由马瑟改进的湿润指数(I_m),联合国教科文组织出版物也采用这一指数。

$$I_m = (P - E_p)/E_p \times 100 \quad (1-2)$$

式中: P 为降水量; E_p 为可能蒸散量。

$$E_p = 16.0(10.0T/H)^a$$

式中: T 为月平均气温; a 为因地面而异的系数;年热量指数 $H = \sum_{i=1}^{12} h$; h 为月热量指数。

$$h = (T/5.0)^{1.514}$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7} H^3 - 7.71 \times 10^{-5} H^2 + 1.79 \times 10^{-2} H + 0.49$$

当 $T < 0$ °C 时, $h = 0$ 。

(4) 土壤水分亏缺量和相对蒸散:

$$d = E_p - E \quad (1-3)$$

式中: d 为土壤水分亏缺量; E_p 为可能蒸散量; E 为实际蒸散量。

$$\beta = E/E_p \quad (1-4)$$

式中: β 为相对蒸散。

2. 气象干旱指标

以降水量为主要依据来划分指标,各地根据实际情况划分指标有所不同。这是早期使用较多的干旱指标,有地区性的,也有季节性的。

以降水量低于某个数值或连续无雨日数划分:

(1) 美国。降水量小于 2.5 mm 达到 48 h (Blum, 1942); 1.5 d 内无雨 (Cole, 1933); 在 3~9 月期间, 连续 20 d (或 30 d) 或更多时间, 24 h 降水量小于 6.4 mm (Conrad, 1944)。

(2) 印度。一周实际降水量小于正常值的一半 (Ramdas, 1950)。

(3) 英国。降水量小于 0.25 mm 连续 15 d 以上 (British Rainfall organisation, 1936)

(4) 美国亨利提出 21 d 或更长时间降水量少于或等于同期正常值的 30% 为干旱, 不足正常值的 10% 为极端干旱。

(三) 干旱气候的成因

形成干旱气候的原因很复杂, 它是自然气候因素与人为因素综合影响的结果。自然气候因素如纬度、大气环流 (主要指气压带、风带)、洋流、海陆位置、地形与地势等均影响气候的变化, 其中特别是大气环流、海陆位置、地形与地势等与降水的分布、多少等有密切的关系; 在人为因素方面, 如地面状况、植被状况、水库面积、大坝的修建等人类活动, 也能波及气候或地面小气候的变化。各个因素在各地区的干旱形成过程中, 所起的作用、所占的地位是不尽相同的。有的占主导地位, 有的则影响较小, 但各种因素之间互相联系、互相制约, 干旱的发生和发展往往是这些因素综合作用的结果。

1. 大气环流与干旱的形成

由于地球表面各个纬度接受太阳辐射的热量存在着差异, 这种差异便是产生大气环流并引起不同气团形成的基本原因。大气环流由各式各样相互有联系的气流组成, 如水平气流和垂直气流、地面气流和高空气流、经向气流和纬向气流等, 在地球自转运动的影响下, 从而形成地球表面的气压带和风带。

不同环流形势下的气候不同: ①高压控制下气候湿润, 低压控制下气候湿润; ②风从高纬或大陆吹向低纬或海洋, 使气候干燥, 反之使气候湿润; ③随季节变化, 在不同气压带、风带交替控制下, 气候的变化则更复杂。如赤道低气压带 (南北纬 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$) 接受太阳辐射最多, 气温很高, 全年皆夏, 年平均气温在 26°C 左右; 近地面空气膨胀上升, 至高空外流使气压降低, 成为低气压带。年降水量大都在 2 000 mm 以上, 且全年分配比较均匀, 形成热带雨林气候。又如, 大致在南北回归线至南北纬 30° 之间的大陆的内陆和西岸, 气流在高空汇集, 使近地面气压升高, 形成副热带 (回归) 高气压带, 盛行热带大陆气团, 常年干旱少雨, 年降水量不足 125 mm, 日照强烈, 气温极高, 形成热带沙漠气候。如非洲北部大沙漠区, 亚洲阿拉伯半岛和澳大利亚大沙漠等。

在低纬度, 信风全年都沿着副热带高压带向赤道流动, 成为南北半球热带海洋上最稳定的气流。北半球为东北信风, 南半球为东南信风。信风对温度和降水的分布均有极密切的影响。如非洲中部的大部分地区, 处在赤道低压带和信风带交替控制地区。当赤道低压带控制时, 盛行赤道气团, 形成闷热多雨的雨季 (一般由 11 月至翌年 4 月); 信风控制时, 盛行热带大陆气团, 形成干旱少雨的旱季。旱季、雨季交替明显, 全年降水量在 750~1 000 mm, 从而形成热带草原气候。又如亚洲中南半岛、印度半岛及我国台湾、广东、广西、云南南部等处, 一年中风向随季节转变非常明显。夏季, 赤道低压带北移, 东南信风越过赤道右偏成西南季风, 赤道气团带来大量降水, 成为雨季 (一般 6~9 月); 冬季, 赤道低压带南移, 东北季风控制, 降水明显减少, 成为旱季, 干湿交替也极其明显。年均气温在 20°C 以上, 年降水量大多在 1 500~2 000 mm, 形成热带季风气候。

西风对降水的影响也很突出,各地面向西风的海岸一般全年多雨,例如,西欧、北美西海岸,智利的西南海岸等都是。随着从西岸往东深入内陆,气团很快变性,水汽含量大大减少,降水量随之急剧降低,所以内陆相当干燥,多形成沙漠。例如中亚和西亚,我国新疆、甘肃、内蒙古等地区就是如此。在大陆东部,冬季虽然盛行西风,但因系来自内陆,含水极少;夏季西风下层已为东南季风所代替,它来自海洋,带来比较充沛的降水,所以降水量大增。因此,在中纬度大陆东部冬季干燥,夏季潮湿,降水高度集中在夏季。

季风主要是因海洋与大陆之间的热力差异及这种差异的季节变化所引起的现象,这种随季节而改变的风,冬季由大陆吹向海洋,夏季由海洋吹向大陆。冬季风时,受极地大陆气团控制,气候较冷凉而干燥少雨;夏季风时,受极地海洋气团或热带海洋气团的影响,带来大量降雨,气候暖热而多雨。从而在我国秦岭—淮河线以南的广大地区,北美大陆中南部和澳大利亚东南部,形成亚热带季风湿润气候,年降水量在 750 ~ 1 000 mm。同时,在我国秦岭—淮河线以北的华北、东北地区和苏联的远东地区形成温带季风气候,年降水量 500 ~ 600 mm。季风的强弱、来临的迟早直接制约着降水量的多寡和雨季来临的迟早。印度孟买从 6 月到 9 月夏季西南季风盛行时期的降水量占全年的 95%。在我国华北地区东南季风盛行时期的降水量一般也占全年的 60% ~ 70%,长江流域也达 30% ~ 50%,所以季风气候地区雨量集中,雨热同季,有利于作物生长。但干湿界限非常明显。雨季来临的迟早与季风的进退密切相关。在我国东南部雨季一般为 4 ~ 8 月,北部为 6、7、8 月三个月,西南部为 5 ~ 9 月。在印度和我国的某些地区,当夏季风早到并表现特别强盛时,往往酿成严重的水灾,当夏季风来临迟缓或较弱的年份,又往往造成季节性的或大范围的干旱。所以,季风气候地区年降水量的变率较大,成为我国季节性旱涝的主要原因。

在不同气流最经常相互作用的地带称为气候学锋带。锋带地区往往有丰富的降水和其他天气现象。例如,在东南季风活动下,初夏极锋停留在长江流域,是这里产生梅雨气候的原因之一;随着极锋的北移,雨带也就北移,因而成为我国北方以 7 ~ 8 月降水量最多的原因。

此外,中高纬度的气旋和反气旋也是大气环流的主要角色。上述的大气环流仅仅是风季的准静范式,实际上天气并非静止的。在中高纬度内气旋和反气旋活动表现为大气环流的大规模扰动。气旋与反气旋发生与发展的条件是由锋生过程和气压的动力变化决定的。气旋活动频繁的地方,一般多阴雨天气,降水增多。如春末夏初,长江流域频繁的气旋活动,使这一带阴雨不断;但在不同地区又可有另一种天气表现,如华北春季的气旋活动则往往出现风沙现象。在反气旋活动多的地方,一般表现为高气压,天气干燥晴朗,降水稀少;冬季半年则易形成寒潮,夏半年则易于增温。

由上可见,大气环流对降雨的形成、分布有密切的关系。大气环流的形成,决定于太阳辐射。海陆分布以及地球自转偏向力等比较稳定的作用,另外也受到太阳活动按周期性变动等的影响。这些因子相互制约和相互作用的结果,使大气环流在基本上具有稳定性之外,还在某些部分具有易变性。大气环流的易变性虽不能改变整个地球的一般环流的趋向,但对个别地区、个别时期气候状况,却起着决定性作用。经常造成旱涝灾害。如 1959 年江淮流域发生的持久性干旱,就是由于该年 7 月,亚洲大陆北纬 40° ~ 50° 上空盛行较强的纬圈环流,使亚洲上空来自北极的冷空气势力很弱。不易影响到江淮地区,地面

副热带高压位置偏北,锋面活动多在华北北部,从而使南岭以北、黄河下游以南的中部地区和关中盆地,长期处于单一的副热带高压控制之下,所以发生严重干旱。降水量少的河南东南部、湖北中部及湖南北部7月份降水量还不到10 mm,只占各地7月多年平均的百分之几。但同期华北及东北大部分地区降水都比平均值高,尤其在北纬40°附近,7月降水量在200~500 mm,超过多年平均值的1~2倍。

由于我国土地广阔,地形复杂,几乎每年都会发生不同程度的旱涝灾害,干旱一般是单一气团长期控制的结果,常成片分布;而雨涝则与锋面、切变线或气旋活动有关,分布常呈带状,而且旱和涝常常是同时出现在不同的地区。这些现象的出现,都与大气环流有关。

2. 地形地势与干旱形成

不同的地形地势,如河谷、高原、丘陵、山地、盆地等,由于海拔、坡度、坡向等因素的不同,接受太阳辐射的状况也不相同,从而引起热力的差异,形成了不同地形地势条件下的气候特征。如山地的降水量,在一定的高度下随高度的增高而增加。因为高山是气团移动的障碍,气团和锋面的移动在山前受阻,延长了降水的时间,增加了降水量;另一方面山坡能迫使气流上升,从而也增加降水量。如天山的海拔2 000 m处年降水量约500 mm,到了3 000 m处则有800 mm左右。而海拔1 000 m左右的乌鲁木齐市年降水量仅为242.7 mm。又如山西有三个多雨区:中条山东段高山区,陵川东部山区,五台山高山区,年降水量均在700 mm以上(全省平均550 mm);还有三个雨量偏多区:太岳山区,太行山区,吕梁山区,年降水量600~700 mm,均表明地形抬升作用形成的地形性降水。山脉对降水的影响,还表现为山坡的向风面与背风面的不同,在盛行风向的向风坡,具有强迫上升运动,多云多雨,一般具有海洋气候的特征。在背风坡则有焚风效应,夏季干热,冬季干冷,具有大陆性气候的特点,如喜马拉雅山脉的南坡是西南季风的向风坡,为世上雨量最多地区,乞拉朋齐年降水量达10 866 mm,在6~9月内降水量达8 077 mm。而喜马拉雅山北面的我国西藏,降水量一般在250~500 mm。越过唐古拉山以后,进入藏北高原降水量则更少,一般不到100 mm。再如,秦岭为东南季风的障碍,也是显著的气候分界线。在秦岭以南的汉中、南郑年降水量为800 mm左右,而秦岭以北西安、宝鸡则只有600 mm左右。东西走向的山脉,不仅影响降水,还可影响温度的分布。因为东西向的山脉可以阻挡北来的寒冷气流,使山南温暖,山北寒冷。如秦岭的南坡,夏季迎风而冬季背风,气候的海洋性较明显;而北坡则正好相反,气候的大陆性极其强烈。

高原上的降水,随高度的增加空气中水汽减少,所以降水量也就减少。一般在广大高原的中央部分,降水量最少,只有高原的边缘才较多。如藏北有些地方年降水量在100 mm以下,而青藏高原的南缘和北缘则降水较多。如青南高原的东部迎孟加拉湾的暖湿气流,年降水量高达557(达日)~774 mm(久治),为青海省降水最多的地区;向西北递减,至柴达木盆地的冷湖仅为15 mm。在青海省东部、祁连山东段,由于锋面及地形的抬升作用,年降水量在514(门源)~523 mm(湟中),则是青海省降水量次多的地区,而海西的茶卡年降水量却仅有210 mm。

各种方位的坡地对于加强对流作用也具有不同的影响,以受热最多的坡地影响较强烈。所以山地上最大降水也常出现在夏季的向阳坡。在我国大部地区东(南)坡是雨坡,

西(北)坡是旱坡,但新疆水汽来自西方,所以偏西的坡也是雨坡。就土壤湿度而言,因为坡地排水好,坡顶一般最干燥,只有在春季融雪或连续降雨期才较为潮湿;坡的中部比较湿润;坡底则相对最湿。南坡因土温高、蒸发量大、土壤湿度较小,与北坡正好相反。所以我国一般称南坡为阳坡,北坡为阴坡。根据 1956 年夏天在会宁稍岔沟内观测结果的报道,一般北坡的绝对湿度比南坡大 0.5 mm 左右,而相对湿度高 3% 左右。在 0~5 cm 土壤湿度差别不明显,在 10 cm 以下差别则较大。就平均情况而论,土壤湿度以东坡为最小,山顶、西坡、南坡次之,北坡最湿。

3. 人类活动与干旱形成

人类活动是多种多样的。由于人类活动可以在局部地区的中小范围内改变下垫面的性质,从而在一定水平范围内造成小气候上的差异,如半干旱地区地面植被的严重破坏,常引起土地的沙化和干旱,修建水库可以相对增加附近地区空气的湿度,营造防护林带可以降低风速、降低土壤蒸发,提高林网内的湿度和温度,改善作物生态环境。所以人类在一定程度和范围内,可以使气候从有利的方面为人类服务;但在人口不断增长,“人口压力”不断增大的增况下,如肆意破坏生态就能引起地面气候的改变,使旱情加剧。据 1985 年第九届世界森林大会公布的资料,目前世界上热带森林的损失面积每年达 1 200 万 hm^2 , 200 多种动物和 2 万种植物濒于灭绝的境地;地球上 1/3 的土地受到沙漠化的威胁,世界上现存的森林面积已不到陆地面积的 1/3。如今天举世瞩目的非洲大旱和饥荒,就与森林被毁有关。以灾情严重的埃塞俄比亚为例,1940 年森林覆盖率在 40% 以上,到了 1981 年只剩下 3.1%,这就更加重了干旱的严重性。

到 20 世纪 70 年代后期,由于人类长期利用化石燃料,大气中二氧化碳浓度增加,导致全球气候异常,因此引起科学界对人类活动影响气候变化问题的高度重视。应该承认,人类有序活动可以调节气候,人类无序活动可导致气候灾难。在这里只涉及后者。叶笃正院士概括了人类活动直接影响气候和其他环境活动的两个基本方面:一是温室气体排放;二是对地表状态的改变。

(1) 温室气体排放对干旱的影响。大多数学者认为,工业革命后近两个世纪以来,由于人口增加和经济增长,特别是燃烧化石燃料、土地利用变化和农业上的一些人类活动,导致了地球大气中二氧化碳等温室气体浓度增加,在某些地区气溶胶增加,从而导致气候系统发生变化。这种变化超过了气候自然变化限度,从而不可逆转。假定大气 CO_2 浓度每年增加 1%,模拟出的全球平均温度到 2050 年可能升高 0.8~1.8 $^{\circ}\text{C}$,最佳估计为 1.2 $^{\circ}\text{C}$ 。如果考虑到气溶胶的“阳伞效应”,大多数人认为可能在一定程度上抵消温室效应。考虑两者的模拟结果,预计到 2100 年时全球平均气温将增加 1~3.5 $^{\circ}\text{C}$ (IPCC, 1995)。许多研究还表明,大气中温室气体浓度增加不仅影响全球温度,而且对降水、土壤水分等也有影响,特别是导致全球水循环加剧,对区域水资源产生重大影响,降水量、强度和频率的变化会直接影响干旱强度。

(2) 下垫面改变对干旱的影响。随着人口的增加,对食品的需求量相应增加,为了保证人类食品供给,人类过度利用自然资源(如过度开垦土地和过度放牧),造成土地沙漠化,风蚀加剧。在干旱和半干旱地区,大水漫灌和过量的灌溉,不仅浪费了宝贵的水资源,而且导致土地盐碱化,产生农业上的生理干旱。不合理的种植制度会造成人为的农业水

分亏缺,导致农业干旱。人类这些不合理利用土地资源和水资源的做法,造成生态环境恶化,易发生局地性干旱。

学术界一直在探讨砍伐森林是否成为改变气候的又一诱因。从气候系统圈层的时空尺度来看,在陆地上大面积的植被覆盖如原始森林等可以改变陆地上的热力异常。从 CO_2 平衡角度看,森林可吸收排入大气的 CO_2 的10%~20%,吸收后变成固体物质存贮于自然中,因此森林可延迟大气中 CO_2 增加。砍伐森林不仅破坏了对 CO_2 的调节作用,而且在其燃烧和腐烂后,还排出 CO_2 从而影响气候。陈军锋等评述了森林对降水的影响。森林能否增加降水的问题目前取得的共识是森林枝叶繁茂,对雾等凝结水有较强的捕获能力,因此森林可增加水平降水。森林能否增加垂直降水,有两种观点:一种观点认为森林上空湿度大、温度低,有利于成云致雨、降水增加。另外,森林使下垫面粗糙度增加,空气扰动高度增高,可增加对流雨。另一种观点认为森林对降水影响很小,甚至没有影响。黄秉维认为森林致雨的结论可能由降水量观测误差所致。周晓峰等认为森林对蒸散有影响。在高温地区,结构简单森林群落蒸散量远低于耕地。森林阻滞地表径流作用显著,林冠能截留部分降水,凋落物层吸收水量为自身重的2~4倍,可达 $11 \sim 35 \text{ t/hm}^2$,其稳定入渗率一般为农耕地或放牧草地的3~12倍,但森林结构不良时则结果相反。森林对河流总径流量的影响虽有争议,但其趋势是面积较小集水区和流域(数十平方千米),森林能减少河流径流量;面积较大的流域则相反。森林能有效削减或延缓洪期,但随着降水时间延长,削洪作用减弱甚至没有作用。森林可减少径流泥沙含量,减少土壤有机质损失,净化水质,改善河床状态。另外,森林还有防风、固沙、调节气温、释放杀菌剂、增加生物多样性、美化景观等多方面的调节作用。总之,森林是地—气接口上一种高效系统,也是一种结构复杂、功能多样的生态。

三、我国旱作农业类型分区

(一) 中国干旱、半干旱地区的划分

我国的干旱、半干旱地区地处广阔的欧亚干旱、半干旱地区,旱区面积约占欧亚大陆陆地面积的24.6%,属中纬度干旱、半干旱类型。

1. 干湿气候的划分

旱、干旱与湿、湿润是相对的,因此与农业生产结合划分出干湿的等级,明确其数量指标,以便根据实际情况来制定农业生产措施,确保实现农业增收增效。根据世界气象组织1975年的《干旱与农业》一书,从各个角度提出了不同干旱定义及分级指标,分类简述如下。

1) 降水量指标

干旱与湿润地区的划界常依据某个地区的年平均降水量的多少来划分。这个指标世界各国的标准不很一致,一般以年平均降水量小于250 mm的地区为干旱区,适宜发展畜牧业和灌溉农业;年平均降水量250~500 mm的地区为半干旱地区,可从事雨养农业即旱作农业;年降水量500~750 mm的地区为半湿润偏旱区,此类地区降水年际或季节变率大,农业生产中也需要采用旱作技术。我国则把400 mm等雨量线定位中国旱区与湿润区的分界线,并将250 mm和600 mm等雨量线定为干旱和半干旱地区、半湿润和湿润地

区的分界线。

2) 干燥度指标

干燥度指标是采用某一时期平均降水量与最大可能蒸发量之比来综合评价干湿气候的划分。用干燥度指标,既考虑了水分的收入又考虑支出,定量地说明水分的盈亏。干燥度指标用公式表示为

$$K = E_m / P \quad (1-5)$$

式中: K 为干燥度; E_m 为年(或季、月)最大可能蒸发量; P 为年(或季、月)平均降水量。

一般来说, $K < 1.00$ 时为湿润地区, $1.00 \leq K < 1.5$ 时为半湿润偏旱地区, $1.50 \leq K < 4.00$ 时为半干旱地区, $K \geq 4.00$ 时为干旱地区。在应用干燥度指标时,最大可能蒸发量 E_m 很难直接测定,一般采用经验公式计算,在较多的经验公式中,中国干湿区划采用积温算法(张宝堃等)及修改后的彭曼公式计算最大可能蒸散量。

3) 水分平衡指标

根据水分平衡原理计算一个地区的水分盈亏,然后根据水分盈亏量的多少划分干旱区的范围及等级,是评价农田水分条件的一种有效方法。农田水分平衡表达式如下:

$$R + Q = E_i + E'_i + r + D + E_p \quad (1-6)$$

式中: R 为降水量; Q 为周围径流流入量; r 为地表径流量; D 为地下渗透量; E_i 为植物蒸腾量; E'_i 为棵间土壤蒸发量; E_p 为土壤储水量。

当周围没有水流入该地区时, $Q = 0$;在土层深厚的农田里,地下渗漏量极少,可认为 $D = 0$;采用长期资料时,土壤自身蓄水量变化很小,故 $E_p = 0$,式(1-6)可转化为 $R = E_i + E'_i + r$ 。

将 $E_i + E'_i$ 合并为总蒸发量(E),则公式可简化为 $R = E + r$,令 I 为农田水分平衡项,则

$$I = R - E - r = (R - r) - E \quad (1-7)$$

式中: $R - r$ 为进入农田土壤的有效降水; E 为土壤充分湿润时,作物正常生长所需的总蒸散量。

当 $(R - r) < E$ 时, I 为负值,表示水分亏缺;当 $(R - r) > E$ 时, I 为正值,表示水分盈余; $R - r = E$ 时, $I = 0$,表示水分盈亏平衡,由此就可确定一个地区水分平衡的基本情况。

2. 中国干旱半干旱地区的范围

因目的、指标及分级标准的不同,有多种方面的类型划分,综合起来主要有以下两种划分形式。

1) 以干燥度为主要指标的干旱地区的范围和界限

采用这种指标划分的,有中国科学院的“中国气候区划”、“中国综合自然区划”和中央气象局的“中国气候区划”,其划分的主要指标值见表 1-1。

中国科学院的“中国气候区划”进行三级区划,第一级气候地区划分从北到南以气候带为依据,从东到西以干燥度划分。第二级气候区划分,结合各区情况,甘肃、甘新、华北三个地区重点考虑年、季干燥度。第三级划分视各地情况适当运用年、季干燥度,年降水量、降水日等因素。这个区划以 $K \geq 4.00$ 为干旱, K 在 $1.50 \sim 4.00$ 或 $1.20 \sim 4.00$ 为半干旱,根据这个区划我国干旱与湿润地区的分界线大致是从海拉尔,经乌兰浩特、通辽、张家

口到榆林、兰州、阿坝、昌都、拉萨,由东北到西南,干旱与半干旱的界限大致是自内蒙古的海流图经武威、张掖、酒泉、敦煌、大柴旦、玉树、倾多、拉萨、日喀则至格尔昆沙一线。

表 1-1 几种不同区划划分干湿地区的干燥度指标

干湿情况	时间	中国科学院 中国气候区划	中国科学院 中国综合自然区划	中央气象局 中国气候区划
干旱	年	≥ 4.00	≥ 2.00	≥ 3.50
	季			≥ 2.00
半干旱	年	1.5 ~ 4.00 (或 1.20 ~ 4.00)	1.50 ~ 2.00	1.50 ~ 3.49
	季			1.50 ~ 1.99
半湿润	年	1.00 ~ 1.50 (或 1.00 ~ 1.20)	1.00 ~ 1.50	1.00 ~ 1.49
	季			1.00 ~ 1.49
湿润	年	< 1.00	< 1.00	< 1.00
	季			≤ 0.99
很湿	年	≤ 0.49		
	季			

中央气象局的“中国气候区划”在第二(气候大区)和三级(气候区划)中,分别采用年、季干燥度指标。因干燥度标准与划分方法的不同,此区划划分的我国干旱、半干旱地区的范围大致为:东自海拉尔、齐齐哈尔、锦州,向西南经承德、太行山、运城,再折向西北,经洛川、兰州、酒泉、敦煌、和田至喀什一线以北的广大地区。青藏高原气候区域除东南部的部分地区外,也属于这个范围。

中国科学院的“中国综合自然区划”按干湿情况,以干燥度为主要参考指标,划分除第一级(自然地区)范围大致自海拉尔经乌兰浩特、通辽、十八盘梁、石家庄、阿坝、昌都、倾多一线的西北地区。干旱、半干旱的分界线大致是从包头、兰州、武威、张掖、酒泉折向大柴旦、格尔木经唐古拉山口转向黑河、鄯善一带。

2) 以降水量为主要指标的干湿地区的范围和界限

以这种指标进行大范围干湿地区划分的主要有全国农业区划委员会的“中国自然区划”、“中国综合农业区划”,中国科学院的“中欧各国综合自然地理区划”以及“中国农业地理总论”,其划分的主要指标如表 1-2 所示。

“中国自然区划”以 400 mm 年降水量等值线将我国划分为干旱和湿润两个部分,再划分三大自然区域时,划出了西北干旱区域,面积约占国土面积的 29.8%。“中国综合自然地理区划”以 500 mm 等降水量线为指标,划分的干旱、半干旱地区面积占国土面积的 50% 以上。“中国综合农业区划”和“中国农业地理总论”分别都以 400 mm 和 250 mm 降水量线作为划分干湿区及干旱和半干旱地区的指标,其中干旱、半干旱面积分别占 30.8%、19.2%,合计占国土面积的 50%。