

中国北方旱农地区 水分生产潜力及开发

陶毓汾 王立祥 韩仕峰等著

气象出版社

中国北方旱农地区 水分生产潜力及开发

陶毓汾 王立祥 韩仕峰等著

气象出版社

1993年

(京)新登字 046 号

内 容 简 介

本书是在“七五”国家攻关专题主要类型旱农地区农田水分状况及其调控技术研究的基础上,由专题组同志执笔完成的。内容包括:我国北方旱地农田水分动态、水分平衡、水势,降水生产潜力及其制约因素、开发途径、水分调控技术,实现粮食自给的前景分析等。本书的特点是从我国北方旱农地区的现状出发,把旱地农田土壤-作物-大气作为统一的生态体系,探讨其中水分的运动规律及其与作物产量的关系,对不同作物的水分生产潜力做出统一评价,提出开发的对策。本书是一本理论与应用并重的专著,它不仅是旱农研究教学的重要参考书,对农业部门制订旱农发展规划和改进旱农技术亦很有帮助。本书可供农学、农业气象学、耕作学、农业生态学、地理学等专业人员参考。

中国北方旱农地区水分生产潜力及开发

陶毓汾 王立祥 韩仕峰等著

* * *

气象出版社出版

(北京西部白石桥路46号)

北京海淀久利印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本: 16 开 印张: 13 字数: 300 千字

1993 年 2 月第一版 1993 年 2 月第一次印刷

印数: 2100 定价: 15.00 元

ISBN7-5029-1093-X/S·0168

中国北方旱农地区水分生产潜力及开发

编委会

主 编 陶毓汾
副主编 王立祥 韩仕峰
编 委 王立祥、巫新民、赵聚宝、陶毓汾、韩仕峰

各章执笔人

第一章 陶毓汾
第二章 韩仕峰、习耀国、王邦锡、黄久常
第三章 赵聚宝、徐祝龄、汪德水
第四章 巫新民、蒋 骏、周 白、薛军红
第五章 王立祥、于 玲
第六章 梅旭荣、陶毓汾
第七章 王立祥、王龙昌

专题主持人：陶毓汾、李玉山、王立祥

参加专题研究人员(按姓氏笔划排列)

于 玲、习耀国、王龙昌、王安柱、王立祥、王仕新、王邦锡、王 坚、
王砚田、王留方、王 辉、王 辉、毛瑞洪、史竹叶、吕学都、朱传凤、
任 华、刘作新、刘春梅、刘 滨、庄季屏、巫新民、李玉山、李玉娥、
汪德水、杨正礼、张年生、张孝忠、张晓平、张美荣、林 艳、林家栋、
周 白、郑剑非、范芳强、段若溪、赵大千、赵聚宝、姜宝国、陶毓汾、
徐祝龄、钟良平、唐英信、梅旭荣、黄久常、鹿洁忠、彭志勇、董大学、
蒋 骏、韩怀礼、韩仕峰、葛鹏斌、蔡典雄、管恕才、薛军红。

1980/1/16

前 言

旱地农业在我国和世界农业中均占很大的比重。我国是水资源紧缺的国家,随着工农业生产的发展,用水量不断增加,水资源更加短缺。为了使农业持续稳定发展,以满足社会对农产品日益增长的需求,发展旱地农业成为一项具有重要意义的决策。

在我国北方广大的干旱、半干旱、半湿润地区,水分不足已成为旱地农业生产的主要限制因素。不同类型旱农地区因水分条件而决定的不同作物的生产潜力;当前的开发程度、今后的开发前景、限制水分生产潜力发挥的障碍因素及开发的途径;主要作物各生育阶段农田水分各收支量、亏缺时期、亏缺量以及农田土壤水分的调控措施等都是旱农研究中带有普遍性的问题。

1986年以来,旱地农业研究列为国家重点攻关研究课题,不同类型旱农地区农田水分状况及其调控技术研究是旱农课题中的一个专题,包括自然降水生产潜力研究和不同类型旱农地区农田水分动态、水分平衡及调控技术的研究两个子专题。由中国农业科学院农业气象研究所、中国科学院西北水土保持研究所、西北农业大学主持,北京农业大学、中国科学院沈阳应用生态研究所、中国农业科学院土壤肥料研究所、兰州大学、陕西省农业科学院和河北省气象科学研究所等单位参加。先后有55名科技人员参加了本专题研究。在半干旱偏旱、半干旱、半湿润偏旱三个旱农类型区,辽宁、河北、山西、内蒙古、陕西、甘肃、宁夏等省(区)设置了11个试验点,经过五年的系统观测、实验和认真的分析总结,取得了较为满意的科研成果。1990年10月通过了国家验收、鉴定,其水平在国内同类研究中居领先地位。1992年获农业部科学技术进步二等奖。

本项研究成果受到了各有关单位的重视和好评,纷纷索取本专题的技术总结报告。专题协作组为使本专题的研究成果能够更好地为旱农研究和旱农区域的治理服务,决定将之编辑成书。并在专题技术报告的基础上进一步补充、修改,充实了部分内容,加强了理论分析,由专题协作组同志分工执笔完成。全书共分七章。第一章绪论,阐述了北方旱农地区农业生产的基本特点、农业资源状况。旱地农田水分研究在旱农研究中的意义和作用及总体设计,由陶毓汾执笔;第二章北方旱地农田水分动态,包括裸地和作物田的水分动态、干旱特征以及土壤、植物水势动态,由韩仕峰、习耀国、王帮锡、黄久常等执笔;第三章主要类型旱农地区农田水分平衡与水分循环特征,由赵聚宝、徐祝龄、汪德水等执笔;第四章北方旱农地区作物的水分生产潜力,由巫新民、蒋骏、周白、薛军红等执笔;第五章水分生产潜力的制约因素及开发途径,由王立祥、于玲等执笔;第六章旱地农田水分调控技术,由梅旭荣、陶毓汾等执笔;第七章北方旱农地区实现粮食自给的前景分析,由王立祥、王龙昌等执笔。全书由陶毓汾、王立祥、韩仕峰等通稿。

本书的特点是它从我国北方主要类型旱农地区的现状出发,把旱地农田土壤、作物、大气作为统一的生态系统,探讨其中水分的运动规律。紧密围绕着我国北方旱农生产中关键性的农田水分问题,以攻关研究中取得的大量实验数据,特别是田间系统实验结果为基础,对不同种植制度下,不同作物农田水分状况进行了科学的分析,广泛进行比较,做出

了统一的评价。提出了一整套旱地农田水分生产潜力的开发途径和农田水分调控技术。最后，从宏观角度对我国北方旱农地区粮食作物水分生产潜力的开发前景作了展望。因而具有科学性、新颖性和实用性。填补了我国在这一领域理论著作的不足。

本书作为旱农地区农田水分研究的一本专著，是旱农研究和专业教学中重要的参考书，也可供农业主管部门、生产部门制定旱农发展规划，确定旱农技术决策的参考。

本书在编辑出版过程中，由孙树桐先生审阅了全书，提出了宝贵的修改意见，宁荣莲、林言等同志负责全书的编辑工作，同时得到了气象出版社、久利印刷厂的大力支持，本书才得以较快的与广大读者见面，对此谨表示衷心的感谢！

书中一些错、漏、不当之处，欢迎读者予以指正。

最后，谨代表本专题协作组和编写组的同志向广大读者表示诚挚的谢意。

陶毓汾

1992年8月

目 次

第一章 绪论	(1)
第一节 我国北方旱农地区概况	(1)
第二节 北方旱农地区的农业资源	(2)
一、土地资源辽阔,适于农业综合发展	(2)
二、农业气候资源丰富,增产潜力很大	(3)
第三节 北方旱农地区农业发展的不利因素	(7)
一、地力瘠薄,水肥俱缺	(7)
二、种植结构单一,农林牧业比例失调	(7)
三、生态环境恶化,自然灾害频繁	(8)
第四节 北方旱区农田水分研究的意义和总体设计	(8)
一、开展旱区农田水分研究的意义	(8)
二、总体设计	(9)
三、试验点的布置	(10)
参考文献	(11)
第二章 北方旱地农田水分动态	(12)
第一节 裸地土壤水分动态	(12)
一、半湿润偏旱区裸地土壤水分动态	(12)
二、半干旱偏旱区裸地土壤水分动态	(17)
三、不同类型旱农地区裸地土壤水分动态比较	(19)
第二节 作物田的土壤水分动态	(21)
一、半湿润偏旱区作物田土壤水分动态	(21)
二、半干旱和半干旱偏旱区作物田土壤水分动态	(33)
第三节 农田土壤干旱的特征	(41)
一、干旱时期	(41)
二、干旱深度	(45)
三、干旱程度	(45)
四、土壤干旱恢复程度	(47)
第四节 北方旱农地区土壤和作物水势的基本状况	(47)
一、北方旱农地区的土壤含水量和水势特征	(47)
二、北方旱农地区作物的含水量和水势	(51)
三、大气水势与作物水势	(57)
四、水分在土壤 - 作物 - 大气连续体系中的运行	(59)
参考文献	(60)

第三章 农田水分平衡与水分循环特征	(62)
第一节 旱地农田水分平衡	(62)
一、农田水分平衡基本模型	(62)
二、农田水分平衡要素的确定	(63)
三、不同类型旱农地区主要作物农田水分平衡分析	(67)
第二节 不同类型旱农地区主要作物的需水规律	(70)
一、影响作物需水状况的环境因素	(70)
二、作物需水量的概念	(72)
三、作物需水量的计算	(72)
四、主要作物的需水量和需水规律	(73)
第三节 不同类型旱农地区主要作物的耗水规律	(75)
一、作物耗水量 (ET_a) 的概念	(75)
二、不同类型旱农地区主要作物的耗水量及其组成	(78)
三、不同类型区主要作物的耗水规律	(80)
四、在作物耗水中蒸发、蒸腾所占的比例	(83)
第四节 不同类型旱农地区主要作物水分盈亏分析	(84)
一、不同类型旱农地区气候水分盈亏分析	(84)
二、不同类型旱农地区主要作物的降水盈亏分析	(85)
三、不同类型旱农地区主要作物农田水分盈亏分析	(88)
第五节 不同类型旱农地区主要作物农田土壤水分循环特征	(93)
一、旱农地区土壤水分循环的基本特征	(93)
二、作物对土壤水分的影响	(95)
三、农田休闲期土壤蒸发量	(100)
参考文献	(102)
第四章 北方旱农地区农田作物的水分生产潜力	(103)
第一节 农田作物水分生产潜力研究方法	(103)
一、作物水分生产潜力的定量表示方法	(104)
二、作物水分生产潜力的田区定位研究	(106)
三、作物高产纪录	(107)
四、公式概算	(109)
第二节 主要作物水分生产潜力	(110)
一、小麦	(111)
二、谷子	(114)
三、糜子	(117)
四、薯类	(119)
五、春玉米	(121)

六、其它粮食作物·····	(122)
七、胡麻·····	(124)
八、紫花苜蓿·····	(124)
九、野豌豆·····	(126)
第三节 主要作物的水分生产潜力在不同旱农类型区的比较分析·····	(127)
一、不同旱农类型区水分生产潜力的田区试验·····	(127)
二、北方旱农地区主要粮食作物的潜在耗水系数的比较分析·····	(130)
参考文献·····	(131)
第五章 水分生产潜力的制约因素及开发途径·····	(133)
第一节 北方旱农地区农业的制约因素·····	(133)
一、北方旱农地区农田水分的满足状况·····	(133)
二、地力—水分生产潜力开发的限制因素·····	(135)
三、粗放经营对旱作农业生产力的影响·····	(143)
第二节 水分生产潜力开发的技术途径·····	(147)
一、建立有助于物质良性循环的生产结构·····	(148)
二、合理配置作物种植,提高农田整体水分利用效率·····	(149)
三、广辟肥源,培肥地力·····	(151)
四、应用抗旱化学制剂增进农田水分效益·····	(154)
参考文献·····	(157)
第六章 旱地农田水分调控技术·····	(158)
第一节 旱地农田水分调控机制·····	(158)
一、作物的水分胁迫与水分调控·····	(158)
二、农田水分调控技术原则·····	(159)
第二节 覆盖蓄水保墒技术·····	(159)
一、秸秆覆盖的水分调控原理·····	(159)
二、夏闲地覆盖·····	(160)
三、生育期秸秆覆盖·····	(163)
四、生育年度秸秆覆盖·····	(168)
第三节 等高种植截水增墒技术·····	(170)
第四节 保护耕作与蓄水耕作·····	(172)
一、保护耕作,保蓄水分·····	(172)
二、蓄水耕作,蓄积降水·····	(175)
第五节 合理轮作·····	(176)
第六节 节水补充灌溉·····	(180)
一、冬灌——增补深层储水·····	(181)
二、作物生育期补充灌溉·····	(184)

参考文献..... (187)

第七章 北方旱农地区实现粮食自给的前景及对策..... (189)

第一节 从水分生产潜力开发看北方旱农地区实现粮食自给的前景..... (189)

一、区域选择..... (189)

二、现实生产力与潜在生产力的对比分析..... (189)

三、粮食自给前景展望..... (192)

第二节 提高北方旱农地区粮食自给能力的对策..... (195)

一、珍惜耕地..... (195)

二、重视投入..... (196)

三、控制侵蚀..... (197)

参考文献..... (198)

第一章 绪 论

旱地农业,即主要依靠自然降水进行的农业生产,在我国北方农业中居重要地位。北方旱农地区是我国重要的农业区。其特点是土地面积大,人均耕地多,区内自然资源丰富,农业生产潜力较大。但该区又是我国农业用水的严重亏缺区,水分不足是旱地农业发展的主要限制因素,加以该区农业结构单一,耕作粗放,土壤瘠薄,生态脆弱,因而产量低而不稳,是我国中低产田治理的重点区域之一。

随着我国人口压力的不断增长,人们对农产品的需求日益提高,加之耕地减少,农业水资源的日趋紧张,使得旱农地区的农业开发成为我国农业发展的重要研究课题。探讨我国北方旱农地区,在有限水资源条件下的水分生产潜力及其开发途径,对我国农业区域治理的宏观决策,改进旱农技术,发展旱农地区经济都具有重要的理论意义和现实生产意义。

第一节 我国北方旱农地区概况

我国北方旱农地区系指淮河、秦岭及昆仑山以北年水分收不抵支的广大区域。包括黑龙江、吉林、辽宁三省的中西部,河北、山西、北京、天津、内蒙古、甘肃、宁夏、青海、新疆等省(市、自治区)全部,山东、河南、陕西等省的北半部及安徽省一小部分。涉及16个省(市、自治区),面积约542万平方公里,占国土面积一半以上,其中有耕地7.7亿亩,约占全国总耕地的51%,耕地中没有灌溉条件的旱地约占本区耕地的65%。¹⁾

我国北方旱农地区根据其干湿程度又可划分为五个类型区。在干燥度 >3.5 ,年降水量 <250 毫米的干旱区,没有灌溉就没有种植业,只有在地下水或地表水等灌溉条件的地方形成绿洲农业,农业生产中的水分问题以合理灌溉、节约用水为主要技术关键;在干燥度 $1.0-1.3$,年降水量 $600-800$ 毫米的半湿润区,由于自然降水较多,灌溉水资源又较丰富,多属于灌溉农业区,旱地农业所占比重相对较少。半干旱偏旱区、半干旱区及半湿润偏旱区是三个主要的旱农类型区,故本书将着重讨论上述三个类型区旱作农田的土壤水分和水分生产潜力问题。这三个类型区包括14个省(市、自治区)的212万平方公里的国土面积,5.13亿亩耕地,还有可利用的草原25亿亩,约占全国可利用的草场总面积的75%。

半干旱偏旱区,干燥度 $3.0-3.5$,年平均降水量 $250-350$ 毫米,全区土地面积26万平方公里,而耕地面积仅2761万亩,牧地达15485万亩。本区范围东自呼伦贝尔草原,经鄂尔多斯草原、陇西黄土丘陵、祁连山北麓到柴达木盆地。包括高原半干旱偏旱区、丘陵半干旱偏旱区、高原风沙半干旱偏旱区、黄土高原半干旱偏旱区、高寒半干旱偏旱区等多种类型的二级区。农业上以牧为主,是旱农分布的下限。自然降水少,水资源贫乏,农业

1) 北方旱地农业类型分区及其评价, 1986。

产量低而不稳。

半干旱区,干燥度 1.6—3.0,年平均降水量 350—500 毫米。全区土地面积 119 万平方公里。其中耕地面积 24 916 万亩,林地 16 361 万亩,草地 70 576 万亩。本区的范围由大兴安岭西麓经河北、山西北部高原山地,山西、陕西黄土高原北部、内蒙古河套地区、陇西黄土丘陵、祁连山地、青海湟水谷地、青南高原到伊犁盆地。本类型区可分为高原半干旱区、平原半干旱区、丘陵半干旱区、风沙半干旱区、山地半干旱区、盆地半干旱区等多种类型的二级区。农业上为半农半牧区,是我国重要的旱农区。本区干旱和水土流失严重,生态环境恶劣,农业经营粗放,但发展旱农的潜力较大。

半湿润偏旱区,干燥度 1.3—1.6,年平均降水量 500—600 毫米。全区土地面积 67 万平方公里,其中耕地面积 23 668 万亩,林地 24 415 万亩,草地 4 457 万亩。范围包括松嫩平原、吉林中部、燕山北部、华北平原、河南西、北部,太行太岳山地、临运盆地、关中平原、陇中黄土高原等地区。包括山地、丘陵、平原、盆地、黄土高原等多种类型的二级区。本区由于降水量在北方旱农地区中相对较多,且光热资源较丰富,旱作农田占较大比重,是北方旱农地区中较易开发的区域。农业上以种植业为主,适于粮食、经济作物的发展,是我国重要的粮、棉、油、大豆、烤烟、瓜果等的生产基地。

综上所述,我国北方旱农地区在我国农业发展中具有重要的地位。这一区域一方面是我国粮食、经济作物、畜产品重要的生产基地,对全国农业形势有举足轻重的影响;一方面又是我国主要的中、低产地区,影响全国农业经济的全面发展。这一地区还是我国少数民族的聚居区。除内蒙古、宁夏、新疆三个民族自治区以外,还有很多民族自治县(旗),因此北方旱农地区农业的综合发展,有利于少数民族的经济、社会发展。我国北方旱农地区也是我国经济欠发达和不发达地区,发展旱地农业对我国内陆与沿海经济平衡发展也有不容忽视的作用。正因为如此,我国北方旱农地区是我国农业区域治理与开发的重点区域之一。

第二节 北方旱农地区的农业资源

我国北方旱农地区的农业资源优势,首先是土地资源丰富。与沿海灌溉农区相比,人均耕地面积较多,且有大面积的天然草场、草山、草坡有待利用。加以气候温和、雨热同季,农业生产潜力很大。本区煤炭、石油、天然气蕴藏量也十分丰富,是我国重要的能源基地。在燃料供应充足的地区,有大量的作物秸秆可供利用,适于草食类家畜的发展,也为秸秆还田、秸秆覆盖的广泛推广提供了充足的原料。

一、土地资源辽阔,适于农业综合发展

土地是农业赖以存在的基础。不论种植业、养殖业还是林果业,其生产力的高低在很大程度上取决于对土地资源科学利用的程度。

我国北方旱农地区地域辽阔,人口密度远较灌溉农区为低。以黄土高原地区为例,汾渭河谷灌溉农区的人口密度达每平方公里 376.6 人,而陕、甘、晋的旱塬区人口密度仅为

每平方公里 114 人，长城沿线风沙区人口密度仅为每平方公里 38.3 人，人均拥有农耕地一般为 3—7 亩，多者高达 10 亩以上，远高于全国人均耕地 1.33 亩的平均水平。

我国北方不同类型旱农地区的土地资源状况见表 1.1。

表 1.1 我国主要类型旱农地区的土地资源

旱农类型区	万亩		
	耕 地	林 地	草 地
半干旱偏旱	2 762	1 325	15 485
半 干 旱	24 916	16 361	70 576
半湿润偏旱	23 667	24 415	4 457
合 计	51 345	42 101	80 518

从表 1.1 可以看出，这三个主要类型旱农地区的土地资源无论是农耕地、林地或草地资源都是十分丰富的，在全国土地资源中占有很大的比重。特别是对于我国这样一个人口众多，人均耕地少的国家，充分利用好这一区域的土地资源就显得更为重要了。

本区地形、地貌比较复杂，地势起伏，有山地、丘陵、高原、川地、盆地等多种类型。海拔高度，低者在 100 米以下，高者超过 3000 米。土壤类型多样，有灰褐土、荒漠土、草甸土、白浆土、黑土、沼泽土、娄土、黑垆土、黄绵土、褐土、黑钙土、砂壤土、淤土、潮土、盐碱土等。黄土高原在我国北方旱农地区占很大面积，它由黄土母质发育而成，土层深厚，质地疏松，利于保水、保肥和耕作，适于农作物的根系发育，适于多种农林作物的种植。但是不少地区水土流失严重，土地被冲刷切割侵蚀，是我国水土保持的重点区域。长城沿线土地风蚀沙化严重，一些丘陵山区土层较浅，保水保肥能力较差，地力瘠薄，加以耕作粗放，产量低而不稳。从目前土地利用情况看，本区尚有大面积的荒山、荒坡、草场有待改良和利用。而这些土地资源的充分开发和利用，将对旱区农业发展产生积极的影响。^{〔1〕}

我国北方旱农地区辽阔的土地资源不但有利于种植业内部的结构调整，也有助于农、林、牧业之间结构的调整，使农林牧得以综合发展。届时，我国北方旱农地区不仅将成为我国重要的粮食生产基地，也将成为多种经济作物、瓜果、林木和畜产品的生产基地。为中低产地区的综合治理，为广大旱区经济发展，脱贫致富作出重大贡献。

二、农业气候资源丰富，增产潜力很大

气候是农业生产的自然环境，光、热、水、二氧化碳等气候要素为农产品形成所必需，因此，气候是农业的基本资源。

我国北方旱农地区光、热资源丰富，且雨热基本同季，因而农业增产潜力很大。

1. 光资源

我国北方旱农地区受大陆性季风气候影响，作物生育期间晴天多，阴雨天少，光照充足，加以大部分旱农地区地势较高，地面接受的太阳辐射强度大。与同纬度各地相比，是光资源较充分的区域^{〔2〕}，见表 1.2。

在我国北方旱农区域内，光资源大体上是从东南向西北递增的趋势。

表 1.2 我国北方旱农地区的太阳辐射*

MJ/m²

站 名	太阳辐射总量		光合有效辐射量	
	≥0° 期间	≥10° 期间	≥0° 期间	≥10° 期间
北 京	4 580	3 640	2 090	1 690
石 家 庄	4 620	3 600	2 130	1 710
太 原	4 450	3 430	2 020	1 520
呼和浩特	4 470	2 900	2 000	1 460
沈 阳	3 880	2 950	1 770	1 370
西 安	4 230	3 260	1 960	1 530
兰 州	4 890	3 760	2 190	1 610
西 宁	4 680	2 730	2 100	1 290
银 川	4 910	3 910	2 230	1 670
乌鲁木齐	4 310	3 690	1 950	1 510

* 引自《中国自然资源手册》，科学出版社，1990。

我国北方旱农地区光资源的优势表现在两个方面：一是实际日照时间长，日照百分率高；二是太阳辐射强度大，特别是对作物十分必需的生理辐射和光合有效辐射强度大。这种光量和光质的优势对提高农作物单位面积产量和产品质量都是十分有利的。所以这一地区的喜光作物棉花、玉米、向日葵，特别是瓜果类的产量和品质在国内都属上乘。

影响我国北方旱农地区光资源利用的主要因素是生长季和水分。在热量和水分条件得以满足的条件下，作物可以取得远较同纬度沿海地区高得多的产量。青海柴达木盆地春小麦亩产超过 1000 公斤的实例足以说明这一问题。

2. 热量资源

热量资源的分布与纬度和海拔高度密切相关。我国北方旱农地区，其地势大体为东低、西高，因而热量资源总的趋势是由南向北和由东向西递减。个别地区由于地形的影响有所变化。在气候分区⁽³⁾中分属暖温带和中温带。在暖温带，≥10℃的日数为 171—218 天，其≥10℃的积温为 3 400—4 800℃。按这样的热量条件，大田作物可以两年三熟，甚至一年两熟。这一区域大体包括河南、山东、河北、北京、天津等省（市）及山西省中南部、陕西省关中和辽宁省南部地区。区内一些海拔 800—1000 米的地区，≥10℃积温也在 3000℃以上，对大田作物来说是一季有余，两季不足。

除上述地区外，其余大部分旱农地区属于中温带，≥10℃天数 100—170 天，≥10℃积温约 1 600—3 400℃。这一区域大田作物基本上可以满足一年一熟农作制的需要。个别高寒地区一些生育期较短的作物和品种也可以成熟，我国北方旱农地区的热量资源见表 1.3。

我国北方旱农地区的年平均气温与世界同纬度农区相比并不算高，但四季分明，特别

是冬寒、夏暖十分明显。所以一些喜温作物可在大部分旱农地区种植。而冬季的低温使一些北方旱农地区越冬作物的栽培受到限制。

我国北方旱农地区热量条件的另一特点是气温日较差大，并有从东南沿海向西北内陆逐渐加大的趋势。在温暖季节，较大的气温日较差有利于农作物光合物质的积累。但在初春或晚秋季节，日较差较大容易发生霜冻为害，成为农业气候资源利用的一个限制因素。

表 1.3 我国北方旱农地区的热量资源 *

站 名	0℃				10℃			
	初 日 (日 / 月)	终 日 (日 / 月)	初终间日数	积 温	初 日 (日 / 月)	终 日 (日 / 月)	初终间日数	积 温
北 京	3/3	26/11	269.2	4 531.2	7/4	23/10	199.4	4 118.1
石 家 庄	23/2	5/12	285.2	4 900.4	4/4	27/10	206.9	4 415.0
太 原	6/3	20/11	259.9	3 938.9	18/4	12/10	178.0	3 417.1
呼和浩特	24/3	4/11	225.9	3 275.2	1/5	29/9	152.5	2 804.1
沈 阳	19/3	12/11	239.3	3 843.6	23/4	9/10	170.0	3 400.4
西 安	9/2	15/12	310.4	4 952.4	3/4	28/10	209.2	4 351.4
兰 州	3/2	21/11	265.5	3 816.3	19/4	12/10	176.3	3 242.0
西 宁	16/3	8/11	237.9	2 745.9	14/5	24/9	133.6	2 037.3
银 川	10/3	17/11	253.2	3 794.0	20/4	8/10	172.0	3 298.1
乌鲁木齐	31/5	3/11	217.5	3 540.2	2/5	3/10	154.3	3 063.3

* 资料来源：中国地面气候资料(1951—1980)，气象出版社，1984。

3. 降水资源

我国是水资源比较缺乏的国家，且地下水、地表水资源俱缺，而北方旱农地区更为突出，亩均水量仅及全国亩均水量的五分之一。同时本区又是我国降水资源缺乏的地区，雨量不足严重地限制着当地农业生产的发展。

我国北方旱农地区降水量分布大体是自东南沿海向西北内陆递减。黄淮以北的半湿润地区年降水量 600—700 毫米，折合每亩水量为 400—467 方；半湿润偏旱区年降水量 500—600 毫米，折合每亩 333—400 方；半干旱区年降水量 350—500 毫米，折合每亩 233—333 方；半干旱偏旱区年降水量 250—350 毫米，折合每亩 167—233 方，而干旱区的年降水量在 250 毫米以下，即每亩不足 167 方。

上述各旱农类型区的年降水量系指多年平均状况而言。其季节变化和年际间的变化都较大，个别年份、个别季节与多年平均状况相比，出入更大。

我国北方旱农地区降水的季节变化十分明显，各个季节的雨量分配大体相似。一般春季（3—5 月）降水量约占年降水总量的 10—20%，夏季（6—8 月）降水量约占 40% 以上，秋季（9—11 月）降水量约占 20—30%，冬季（12—2 月）降水量占 10% 以下。农作物主要生育季节

(4—9月)的降水量约占全年降水总量的80%左右,具有雨热同季的特点^{〔4〕},适于作物生长发育,是发展旱地农业的有利因素。但是在某些季节也往往会出现长期干旱无雨的现象,危及到农业的稳产、高产。

北方旱农地区的雨季从东向西多集中在6—8月和7—9月,以7月份降水最为集中。而且往往集中于少数几次降水过程。在丘陵坡地容易产生大量径流。有限的降水不仅得不到充分的利用,而且造成水土大量流失,破坏农田。

受大陆性季风气候的影响,我国北方旱农地区降水量的年际间变化也很大。多雨年和少雨年年际间降水量悬殊。以几个主要台站为例,见表1.4。降水变率见表1.5。

表 1.4 我国北方旱农地区最大与最小年降水量*

mm			
站 名	多年平均年降水量	最大年降水量	最小年降水量
北 京	649.6	1406.0(1959)	242.0(1869)
保 定	516.1	1316.8(1954)	202.4(1975)
太 原	445.6	738.7(1969)	216.1(1972)
呼和浩特	410.0	929.2(1959)	155.1(1965)
沈 阳	702.0	1064.5(1923)	341.1(1913)
长 春	617.1	970.5(1918)	411.5(1919)
郑 州	626.2	1051.5(1937)	291.0(1936)
西 安	576.8	840.6(1958)	285.2(1932)
兰 州	331.0	546.7(1978)	210.8(1941)
西 宁	370.4	541.2(1967)	196.4(1966)
银 川	208.4	427.3(1945)	111.8(1969)

* 资料来源:中国水资源评价,水力电力出版社,1987。

表 1.5 我国北方旱农地区降水变率

%		
站 名	全 年	4—9 月
北 京	27	28
哈 尔 滨	16	16
沈 阳	18	20
呼和浩特	26	27
济 南	25	29
兰 州	23	27
西 安	16	20
西 宁	17	19
乌鲁木齐	20	27

由表 1.4 可见,中国北方旱农地区多数年份以旱为主,少数年份也受雨涝的威胁。个别年份干旱程度甚至远较平均状况更为严重。

综上所述,中国北方旱农地区农业气候资源中光资源是充足的,具有较大的生产潜力,热量资源在多数地区也不是资源利用的主要障碍,而主要的障碍是降水不足,使光、热资源得不到充分利用,因此这一地区水分生产潜力的研究就成为最为突出的问题。

第三节 北方旱农地区农业发展的不利因素

我国北方旱农地区在农业发展中,存在着多种不利因素制约着农业资源的利用和生产水平的提高,成为水分生产潜力开发中的重要障碍。主要表现为土壤瘠薄、耕作粗放,肥力不足、水土流失、沙化严重,农业结构比较单一,生态环境十分脆弱。

一、地力瘠薄,水肥俱缺

土地质量由土壤质地、肥力水平、水分状况、坡度等多项因素所决定。我国北方旱农地区耕地等级普遍偏低。以黄土高原地区为例,质量好,生产水平较高的耕地占 21.4%,中等水平的占 25.9%,质量差的占 47.5%,还有 5.2% 的土地质量很差,已不适合于耕种。根据中国科学院黄土高原综合科学考察队的考察结果,在陕北 3 605 万亩耕地中,坡度在 15° — 25° 之间的坡耕地有 825 万亩,占 23.0%, $\geq 25^{\circ}$ 的陡坡耕地面积达 456 万亩,占 12.7%。坡度大,水土流失严重,是造成地力瘠薄的重要因素之一。

造成北方旱农地区地力瘠薄的另一重要原因是物质能量投入低。而中、低产田的改造又必须以足够的外部物质能量的投入作保障。我国北方旱农地区,由于经济基础薄弱,资金积累困难,物质能量投入水平低下,农业生产在很大程度上靠天吃饭。据估算,1975—1985 年宁夏南部山区农田年平均能量投入水平,每亩仅 13.87×10^8 焦,相当于宁夏灌区同期能量投入每亩 37.46×10^8 焦的 37%,相当于全国 1979 年平均每亩能量投入量 42.89×10^8 焦的 32.3%。相当于我国东部地区浙江高产田能量投入量 82.9×10^8 焦的 16.7%,山东省中产区投入量 51.00×10^8 焦的 27.2%,安徽省中低产区投入量 36.40×10^8 焦的 38.1%。对现代种植业来说,增加物质能量投入是提高农田生产力的基本环节。

二、种植结构单一,农林牧业比例失调

农业是一个复杂的生态经济系统,是自然再生产和社会经济再生产的有机复合体。而系统的功能与其结构的优劣关系密切。我国北方旱农地区土地利用结构表现为农、林、牧业比例严重失调。农耕地比重过大,林地稀少,人工草地和改良草地比重较小,天然草场严重退化。据中国科学院黄土高原综合科学考察队的调查,黄土高原地区农业用地共 4 909 万公顷,占总土地面积的 78.2%,其中耕地占总土地面积 30.2%,林地(含园地)占 15.5%,牧地占 32.5%。而世界农业用地为 87.35 亿公顷,占全球总土地面积的 66.8%,其中耕地占全球总土地面积的 11.3%,林地占 31.3%,牧地占 24.2%。我国黄土高原与之相比,耕地所占比重高出 18.9 个百分点。再从农村经济收入构成来看,1985 年黄土高原地区农业总产值中种植业占 69.2%,林业占 7.7%,牧业占 15.7%,较之占地比例更为失调。