

中国北方旱地 农田水分开发利用

FIELD WATER EXPLOITATION AND UTILIZATION
IN DRYLAND OF NORTHERN CHINA

赵聚宝 徐祝龄 等著

Zhao Jubao Xu Zhuling et al

中国农业出版社
CHINA AGRICULTURE PRESS

PDG

主 编 赵聚宝 徐祝龄

Editors in Chief: Zhao Jubao Xu Zhuling

编 委 (以姓氏笔划为序)

Editorial Board:

王砚田	毛瑞洪	张宪初
Wang Yantian	Mao Reihong	Zhang Xianchu
钟兆站	赵聚宝	徐祝龄
Zhong Zhaozhan	Zhao Jubao	Xu Zhuling
韩仕峰	梅旭荣	薛军红
Han Shifeng	Mei Xurong	Xue Junhong

序 言

干旱是中国，特别是北方农业持续发展的主要制约因素之一。长期以来，我们中国农业科学院农业气象研究所一直把干旱发生规律及其防御措施的研究作为重点课题来抓。特别是“七五”以来，旱地农业增产技术研究列为国家科技攻关课题，本所先后主持了《主要类型旱农地区农田水分状况及其调控技术研究》和《北方旱地农田水分平衡及提高作物生产力研究》专题，我们与合作单位一起，把干旱与防旱的研究水平提高了一步，发表了许多学术论文，出版了一批专著，取得了显著的社会、经济和生态效益。该书是著者以“八五”国家旱地农业攻关中农田水分调控技术研究的新进展为基础写成的，内容丰富、新颖、实用。该书的出版必将促使北方旱地农业地区有限的水资源逐步得到高效利用，为我国北方旱区农业持续、稳定的发展作出应有的贡献。

研究防旱、抗旱技术，减轻干旱对农业的危害，确保农业丰产丰收，是我们中国农业科

学院农业气象研究所长期而紧迫的任务，我们今后还要继续深入地进行研究，为我国农业持续发展做出更大的贡献！

中国农业科学院农业
气象研究所所长 林而达

1996年3月20日

前 言

我国北方旱区面积广大,仅半干旱偏旱、半干旱和半湿润偏旱 3 个类型区便有耕地 0.34 亿公顷,占全国耕地的三分之一,其中无灌溉条件的旱地约 0.23 亿公顷。据统计,1990 年北方旱区的粮食、棉花和肉类产量分别为全国的 24.0%、41.4%和 21.5%。由此可以看出,北方旱地农业在我国农业生产和国民经济中具有重要的地位和意义。

一般认为,我国北方旱地农业生产的主要限制因素是干旱缺水。但是,多年来北方旱地农田水分平衡定位试验的结果表明,我国北方旱地农田水分并未得到充分的利用,其原因主要是由于水土流失严重,土壤蒸发强烈,土壤储水未能得到充分利用等所造成的。针对上述情况,中国农业科学院农业气象研究所、中国农业大学、中国科学院西北水土保持研究所、陕西省农业科学院和河南省洛阳农业科学研究所,在“八五”期间重点研究了农田集水保墒、抑制土壤蒸发、充分利用土壤深层储水和高效利

用灌溉水的技术措施，并探讨了提高作物水分利用效率的新途径，以使北方旱农地区有限的水资源得到高效利用，为我国北方旱区农业持续发展提供理论与技术。

北方旱区农田水分平衡及调控技术研究作为“七五”、“八五”国家旱农攻关课题的一项重要研究内容，我们已在辽宁、内蒙古、甘肃、宁夏、陕西、山西、河北、河南等省（区）的半干旱偏旱、半干旱和半湿润偏旱3个类型区，设立了10多个旱地农田水分平衡定位试验点，连续进行了10年的系统研究，取得了重要进展。以“七五”期间试验研究结果为基础，我们已出版了《旱地农田水分状况及调控技术》、《中国北方旱农地区水分生产潜力及开发》和《干旱与农业》等著作，但还没有一部旱地农田水分调控技术的专著。本书是在“七五”研究成果的基础上，以“八五”国家旱农攻关研究中农田水分调控技术研究的新进展为基础写成的。本书的特点是从我国北方旱区的现状出发，以田间定位试验结果为基础，紧密围绕着旱地农田的蓄水、保水、供水和提高作物水分利用效率问题，对我国北方旱区的干旱特征、田间集水保墒、秸秆覆盖、地膜覆盖、以肥调水和高产节水灌溉等方面进行了比较系统的论述，内容丰富、新颖、实用。在撰写中，我们力求理论与实际应用相结合，以便读者能够根据当地的实际情况，灵活应用，以促进我国北方旱地农田水分资源的开发与利用。

本书共分6章25节。各章执笔人如下：第

一章第一、二节，薛军红；第三节，徐祝龄。第二章第一、二、三节，赵聚宝；第四节，徐祝龄、王砚田。第三章，赵聚宝。第四章第一节，赵聚宝；第二节，毛瑞洪、赵聚宝；第三节，张宪初；第四节，洪晓强、钟兆站；第五节，钟兆站。第五章第一节，徐祝龄；第二节，张宪初、徐祝龄；第三节，张宪初；第四节，韩仕峰、史竹叶；第五节，梅旭荣。第六章第一、四节，徐祝龄；第二节，薛军红；第三节，赵聚宝。汉译英翻译，赵琪、钟兆站。全书由赵聚宝、徐祝龄统稿。

由于时间仓促，水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者不吝指正。

赵聚宝 徐祝龄

1995年10月于北京

Introduction

Dry land covers large areas in Northern China, three typical areas, including semiarid liable to drought, semiarid region, subhumid area liable to drought, cover one third of Chinese total farming lands, about more than 34000000 ha, among which rainfed farmland without irrigation covers 23000000 ha. According to statistical data in 1990, yield of food, cotton, meat in Northern rainfed areas reached 24.0%, 41.4% and 21.5% of total yield respectively in China. Therefore, rainfed farmland agriculture in northern China plays an important role and is very significant in Chinese agricultural production and national economy.

It is generally considered that water shortage with drought is the main factor of agriculture development in northern rainfed farmland. However, results from water-balance

tests located in northern rainfed farmland for many years, show that severe soil and water erosion, intense soil evaporation, incomplete exploitation of soil water lead to insufficient utilization of water resources. During "the Eighth-Five-Year Plan", our research group, including Agrometeorological Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chinese Agricultural University, Northwest Institute of Soil and water conservation of Chinese Academy of Sciences, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Luoyang Institute of Agricultural Sciences emphasized on "study on water-balance and regulation of northern dry lands" as subtopic, mainly studied the technical measures including water-collection and moisture preservation, limiting soil evaporation, water shortage utilization in deep-layer and high efficient irrigation, approached new ways of improving crop water utilization, thus making limited water resources be exploited sufficiently, providing theory and technology for sustainable development of northern dryland farming.

The research on water-balance and regulation being the important content in national key dryland agriculture study in "7th-five and 8th-five-year plan" periods, dozens of test sites for water-balance have been set up in three

typical areas, i. e. semiarid liable to drought, semiarid region, subhumid area liable to drought, including Liaoning Province, Inner Mongolia Autonomous Region, Gansu Province, Ningxia Hui Autonomous Region, Shanxi, Shanxi, Hebei and Henan Province. Through ten-year systematic studies, great progresses have been made. Based on test results in the "7th-five-year plan" period, we published 《Water condition and regulation techniques in dryland》, 《Water potential productivity and its exploitation in north China dryland》, and 《Drought and agriculture》, but no monograph about water regulation techniques have ever been published. Based on research results achieved during the "7th-five-year plan" and new progress made during the "8th-five-year plan" on this study item, this book was published. Characteristics of the book are with practical situation of northern dryland as starting point, location test results as basis, and water preservation, water storage, water supply, water utilization efficiency as central parts. The book states systematically about drought characters, water-collection, moisture preservation, straw mulch, plastic film mulch, and water regulation by using fertilizer, water-saving irrigation, etc., making the contents with traits of richness, novelty

and practicability. We tried our best to combine theory and practicality to make readers apply conveniently according to their respective condition, thus promoting exploitation and utilization of water resources in northern dry areas.

The book includes 6 chapters, 25 sections. The following are authors of each chapter; Chapter one, section 1, 2, Xue Junhong, section 3, Xu Zhuling; Chapter two, section 1, 2, 3, Zhao Jubao, section 4, Xu Zhuling, Wang Yantian; Chapter three, Zhao Jubao; Chapter four, section 1, Zhao Jubao, section 2, Mao Reihong, Zhao Jubao, section 3, Zhang Xi-an chu, section 4, Hong Xiaoqiang, Zhong Zhaozhan, section 5, Zhong Zhaozhan; Chapter five, section 1, Xu Zhuling, section 2, Zhang Xi-an chu, Xu Zhuling, section 3, Zhang Xi-an chu, section 4, Han Shifeng, Shi Zhuye, section 5 Mei Xurong; Chapter six, section 1, 4, Xu Zhuling, section 2, Xue Junhong, section 3, Zhao Jubao. Translation by Zhao Qi and Zhong Zhaozhan. Zhao Jubao and Xu Zhuling are in charge of arranging the whole book.

Maybe it has some mistakes and errors in this book due to time and level limit, we expect readers'Y instructions and comments sincerely, so that we may correct our errors. Finally, we wish to express our heartily thanks

to the persons who have enthusiastically supported and assisted the compilation of the Field Water Exploitation And Utilization In Dryland of Northern China.

Zhao Jubao

Xu Zhuling

Oct. , 1995 Beijing

目 录

序言

前言

第一章 中国北方旱区的干旱特征	1
第一节 干旱发生的机制	1
一、干旱的概念	2
二、干旱的分类	3
三、干旱发生的机制	3
第二节 中国北方旱区的干旱特征	10
一、中国北方旱区的地理范围	10
二、中国北方旱区的类型分区	10
三、干旱的指标	12
四、中国北方旱区的干旱特征	13
第三节 中国北方旱区农业抗旱防旱的主要途径	20
一、影响北方旱区农业发展的主要因素	20
二、北方旱区农业抗旱防旱的主要途径	22
参考文献	44
第二章 田间集水保墒	45
第一节 概述	45
一、集水技术	45
二、径流农业	46
三、发展径流农业的意义和前景	49
第二节 麦田夏闲期集水保墒	51
一、塍地麦田夏闲期集水保墒	51
二、坡地麦田夏闲期集水保墒	55
第三节 作物生育期间集水保墒	58
一、春玉米生育期间集水保墒	59

二、麦棉间作套种田间集水保墒	64
第四节 等高耕作种植, 截水增墒	67
一、等高耕作种植梯田的工程原理	68
二、等高耕作种植的截水增墒效应	69
三、新修梯田切土和填土部位的土壤水分状况	73
四、新修梯田不同方位的土壤水分状况	73
五、新修梯田横断面的土壤水分状况	74
六、等高耕作种植的增产效应	75
参考文献	75
第三章 秸秆覆盖	77
第一节 概述	77
一、秸秆覆盖的目的和意义	77
二、秸秆覆盖的方法	78
三、秸秆覆盖技术的应用前景	80
第二节 秸秆覆盖对土壤生态环境的影响	80
一、秸秆覆盖对土壤理化性状的影响	80
二、秸秆覆盖对土壤温度状况的影响	88
三、秸秆覆盖对土壤水分状况的影响	93
第三节 秸秆覆盖对作物生育和产量的影响	101
一、夏闲期秸秆覆盖对冬小麦生长发育和产量形成的影响	101
二、生育期秸秆覆盖对冬小麦生长发育和产量形成的影响	102
三、生育期秸秆覆盖对玉米生长发育和产量形成的影响	107
第四节 秸秆覆盖的节水效应	113
一、秸秆覆盖对土壤蒸发的抑制作用	113
二、秸秆覆盖对作物耗水量的影响	114
三、秸秆覆盖的节水效应	116
参考文献	121
第四章 地膜覆盖	123
第一节 概述	123
一、地膜覆盖的发展概况	123
二、地膜覆盖的作用	124
三、地膜覆盖技术	128

四、地膜覆盖存在的问题及发展前景	130
第二节 烤烟地膜覆盖	131
一、烤烟地膜覆盖栽培技术要点	132
二、烤烟地膜覆盖的农田生态效应	133
三、地膜覆盖对烤烟生长发育和产量的影响	135
四、地膜覆盖对烤烟水分利用效率的影响	138
第三节 春甘薯地膜覆盖	139
一、春甘薯地膜覆盖的效果	139
二、覆膜时期的选择	144
三、春甘薯地膜覆盖的田间操作技术	144
第四节 地膜小麦—玉米间套，一膜两用	146
一、技术要点	147
二、地膜小麦—玉米间套，一膜两用的农田生态效应	147
第五节 春玉米草膜覆盖	152
一、草膜覆盖对土壤理化性质的影响	153
二、草膜覆盖对土壤温度状况的影响	154
三、草膜覆盖对土壤水分状况的影响	156
四、草膜覆盖对玉米生长发育和产量形成的影响	159
五、草膜覆盖对作物耗水量和水分利用效率的影响	160
参考文献	162
第五章 土壤培肥、施肥·以肥调水	163
第一节 旱地深施磷肥	163
一、深施磷肥改土调水原理	163
二、磷肥深施的抗旱增产效果	164
三、生产实用施磷模式	167
第二节 氮、磷配比施肥	168
一、氮、磷配合施肥利于培肥土壤，以肥调水	168
二、不同降水年型氮、磷配比效果	170
三、不同施肥处理的肥料效应	174
四、氮、磷配合的水分利用效率及增产效益	175
第三节 晒旱田伏前早深耕、早施肥	176
一、一次早深耕早施肥的技术要点	177

二、一次早深耕早施肥的增产机理	178
第四节 合理轮作	180
一、不同类型区各种轮作形式的增产效益	181
二、不同类型区合理轮作的水分利用效率	183
三、不同类型区合理轮作调节水分利用的功能	186
第五节 水肥配比原理	195
一、水肥与产量关系	195
二、培肥地力, 改善水分状况	201
三、水分与肥料的关系	206
参考文献	208
第六章 高产节水灌溉	209
第一节 补充灌溉	209
一、补充灌溉对产量性状的影响	210
二、补充灌溉的增产效果	210
三、冬灌的节水增产效果	211
四、灌溉对土壤养分和籽粒品质的影响	218
第二节 地下微孔渗灌	219
一、地下微孔渗灌技术	220
二、地下微孔渗灌的效果	220
三、地下微孔渗灌的节水机理	223
四、地下微孔渗灌的控制	225
第三节 冬小麦高产节水灌溉	227
一、冬小麦产量与耗水量的关系	227
二、灌溉时期对冬小麦产量的影响	231
三、冬小麦生育期节水灌溉制度	234
四、冬小麦高产节水灌溉的实施	236
第四节 抗旱剂 I 号的节水增产效益	238
一、抗旱剂 I 号的水分调控原理	238
二、丘陵旱地小麦抗旱剂拌种对土壤含水量的影响	239
三、丘陵旱地小麦抗旱剂拌种对小麦生长的影响	239
四、丘陵旱地植物施用抗旱剂对产量和水分利用效率的影响	242
参考文献	244

Contents

1 Characteristics of drought in dry areas of northern China	1
1.1 Mechanism of drought development	1
1.1.1 Concept of drought	2
1.1.2 Classification of drought	3
1.1.3 Mechanism of drought	3
1.2 Characteristics of drought in dry areas of northern China	10
1.2.1 Geographical range of dry areas in northern China	10
1.2.2 Regionalization of dry areas of northern China	10
1.2.3 Index of drought	12
1.2.4 Characteristics of drought in dry areas of northern China	13
1.3 Main agricultural ways for fighting and resisting drought in dry areas of northern China	20
1.3.1 Main factors influencing the sustainable development in dry areas of northern China	20
1.3.2 Main agricultural ways for fighting and resisting drought in dry areas of northern China	22