

中国科学院黄淮海平原农业综合开发丛书 (1988—1990)

节水农业研究

主 编 许越先

副主编 吴 凯

姚建衡



中国科学院黄淮海平原农业综合开发丛书
(1988—1990)

节水农业研究

主 编 许越先

副主编 吴 凯 姚建衡

科学出版社

1992

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是《中国科学院黄淮海平原农业综合开发丛书》之一,是中国科学院院所承担的“黄淮海平原节水农业综合研究”项目的研究成果。全书共分五个部分:第一部分主要介绍节水农业研究的主要趋势、节水农业的区域类型和节水农业研究中的系统分析方法;第二部分主要阐述不同类型区域土壤水资源的开发利用、节水管理和政策,以及节水灌溉的数值分析;第三部分是节水农业试验研究成果,包括缺水盐渍区水分利用效率,灌溉农田的蒸腾、蒸发和节水灌溉研究等;第四部分为农业节水技术应用,主要探讨低压管道灌溉系统的优化设计、多功能抗蒸剂的应用和作物灌溉的预警装置等;第五部分介绍世界并重点介绍原苏联、印度、巴基斯坦和埃及的灌溉农业及其节水措施。

本书可供水文学、气象学、生态学、农学以及地理学等方面的科技人员及大专院校师生参考。

中国科学院黄淮海平原农业综合开发丛书

节水农业研究

主 编 许越先

副 主 编 吴 凯 姚建衡

责任编辑 郑秀灵

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

江苏句容县排印厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1992 年 8 月第一次印刷 印张: 14 3/4

印数: 1—1 000 字数: 373 000

ISBN-7-03-003225-X/S·95

定价: 17.00 元

《中国科学院黄淮海平原农业综合开发丛书》

编辑委员会

主 任：赵其国

副主任：许越先 赵昌盛 王恢鹏 吴长惠

委 员：（按姓氏笔画排列）

王 燕	王汝镛	白克智	邢廷铎	刘 愚
杜国华	陈宏恩	陈英鸿	李继云	李宝庆
郑 平	周玉麟	祝寿泉	俞仁培	姜诚德
黄荣金	盛承发	戴 旭		

《中国科学院黄淮海平原农业综合开发丛书》

序

黄淮海平原是我国最大的冲积平原,区域范围包括京、津、冀、鲁、豫、皖、苏五省二市的 316 个县(市),总土地面积 35 万平方公里,人口近 2 亿,耕地 2.7 亿亩。

黄淮海平原地处暖温带,雨热同期,地势平坦,土层深厚,自然条件比较优越,是我国重要的农业区域之一。据统计,黄淮海平原的粮食和棉花产量分别占全国总产量的 20% 和 50% 以上,油料和肉类产量分别占 15% 左右。因此,黄淮海平原农业生产状况和发展速度对全国农业和国民经济发展均有重要的影响。黄淮海平原是我国政治、经济和文化为中心区域,其交通便利,劳动力充足,中低产田面积约占耕地总面积的三分之二,农业生产的发展潜力很大。

新中国成立以后,党和政府十分重视黄淮海平原的区域综合治理工作,先后对海河、黄河、淮河进行了大规模整治。60 年代将其列为全国十大农业综合试验区,“六五”和“七五”期间又将中低产地区综合治理纳入国家科技攻关计划。经过多部门、多学科联合攻关,不仅查清了该区农业自然资源的数量与分布,阐明了旱涝盐碱的成因与发生规律,而且提出了治理中低产田的配套技术,并进行了大面积推广。已取得明显的经济效益、社会效益和生态效益,为 1988 年开始的黄淮海平原农业综合开发奠定了良好的基础。

50 年代初期,中国科学院会同有关部门开展了黄淮海平原土壤普查,完成了我国第一部《华北平原土壤》专著和《华北平原土壤图集》,阐明了黄淮海平原土壤次生盐渍化的发生原因,提出了防治途径和根本措施,在指导综合治理旱涝盐碱方面发挥了重要作用。60 年代初,我院有关研究所在当地协作下,完成了豫北、鲁西北等地区农业区划和规划工作,此后建立河南封丘(10 万亩)、山东禹城(14 万亩)井灌井排旱涝碱综合治理试验区,在治灾、增产中取得了明显成绩,产生了重大影响。80 年代,建立了河北南皮试验区,同时禹城、封丘试验站对外开放。

1985 年以后,我国的粮食生产出现连续徘徊的局面,引起了社会各界的普遍关注。1987 年我院在调查、分析的基础上,提出了黄淮海平原粮食生产潜力最大的观点,受到国家有关主管部门的高度重视。紧接着,由院领导率领的专家组赴冀、鲁、豫、皖有关地区考察,并同四省领导商讨联合进行中低产田改造和农业综合开发。1988 年初,我院向国务院呈报了《关于开展黄淮海平原部分地区中低产田治理开发工作报告》,并两次召开全院性农业综合开发工作会议,研究和部署黄淮海平原农业综合开发工作计划,成立了院农业项目管理办公室,得到了国家有关部门的大力支持。1988 年以来,我们组织 30 个研究所 600 余名科技人员,投入黄淮海平原农业综合开发主战场。

中国科学院黄淮海平原农业综合开发工作,受到了中央和国务院领导同志的高度重视和亲切关怀。李鹏、田纪云、陈俊生等领导同志先后视察了黄淮海平原,1988 年李鹏同志在禹城时指出:这里取得的成果对黄淮海平原开发,乃至对全国农业的发展都提供了有益的经验。

中国科学院周光召院长、孙鸿烈副院长等也亲自深入黄淮海平原农业综合开发第一

线,进行考察和调研。

在国家农业综合开发领导小组、国家计委、国家科委及有关省(区)的大力支持下,我们同地方政府密切配合,将封丘、禹城、南皮试验区的成功经验,推广到5个地区(市)的44个县(市),建立23个农业综合开发基地,21个技术示范点。三年来,通过试验示范、科技承包、技术培训和选派科技副县长(市)长等多种形式,推广农业新技术50余项,累计面积达1500万亩,直接经济效益10亿元以上。在农业综合开发的实践中,广大科技人员不仅经受了锻炼,增强了科技开发意识,为科技体制改革和科技兴农积累了宝贵的经验,同时取得了一大批科技开发成果。

这套丛书由中国科学院农业项目管理办公室组织编写。丛书比较系统地反映了1988—1990年我院在黄淮海平原的农业综合开发工作。我们希望这套丛书的出版,能在促进我国农业综合开发上发挥一定的作用。

国家农业综合开发领导小组成员
中国科学院副院长
李振声

1991年8月

前 言

节水农业是农田节水、保水技术和农业适水种植的结合,是旱作农业和灌溉农业中以节水增产为目标的农业类型。这种农业类型,通过保蓄农田水分、节水灌溉、节水栽培、适水种植、选用抗旱作物品种等技术措施和建立有效的水管理体制,提高区域水资源整体利用率,保持农业的稳定发展。

黄淮海平原是我国最重要的农业区。1988年国务院决定该地区为农业重点开发区,要求到本世纪末粮食总产增加250亿公斤。但是,黄淮海平原又是一个严重的缺水地区,要实现全区农业开发目标和争取农业持续发展,必须建立和推广节水型农业。

这个地区的农业用水,从总体看是紧缺的,但从某些局部看,因技术、管理、调度政策和人们思想认识上的多种原因,用水不合理、不科学的现象普遍存在,水的浪费严重,农业节水的潜力很大。

节水农业研究,就是按照应用研究和基础研究相结合、节水技术开发与试验示范相结合、专题研究与群众经验相结合、微观研究与宏观研究相结合等原则,提出并推广了适用的技术成果,大面积提高农业用水的有效性。

根据黄淮海平原农业开发的实际需要和国务院领导同志关于开展节水农业研究的意见,1988年,中国科学院设立了“黄淮海平原节水农业综合研究”项目。通过研究将试验开发一批农业节水技术;在河北省南皮、山东省聊城和禹城、河南省封丘建成四个节水农业试验区,为不同类型区农业节水提供配套技术和管理经验;预测区域水资源供需状况,提出发展农业生产的节水战略和节水对策;为节水农业科学技术的发展作出贡献。

该项研究由中国科学院农业项目管理办公室管理,地理研究所牵头,参加研究的有13个研究所和有关地县的140多位科技人员,经过两年多的工作,现已取得阶段性成果。本论文集就是在此基础上选编的。全书包括节水农业综合研究、不同类型区节水农业基本问题、节水农业试验研究、农业节水技术应用和国外灌溉农业的节水措施五部分内容共35篇文章。书中错误和不妥之处,请批评指正。

本书插图由叶池同志承担,特此感谢。

编 者

目 录

序 前言

节水农业综合研究

我国节水农业研究的主要趋势·····	许越先(1)
黄淮海平原水资源区域补偿和区域调配·····	许越先(14)
黄淮海平原节水农业区域类型的初步研究·····	李宝庆(22)
黄淮海平原的节水农业问题·····	陈志雄 赵其国(28)
节水型农业的初步研究——以南皮节水农业综合试区为例·····	
·····	王新元 陈宏恩 邢新海(33)
节水农业研究中的几种系统分析方法·····	吴 凯(38)

不同类型区节水农业基本问题

河北省黑龙港地区土壤水分资源开发利用途径的研究·····	邢新海 王新元(46)
河北省黑龙港地区节水种植的改制分析·····	刘孟雨 王新元(52)
河北省黑龙港地区节水农业与适水种植·····	姜德华(58)
河北省黑龙港地区冬小麦、夏玉米适水种植的初步分析 ·····	张洪业(67)
位山引黄灌区节水管理及配套政策研究·····	任鸿遵(71)
石家庄地区农业水资源利用因子系统分析·····	姚建衡(77)
山东省位山灌区一干渠水沙运移规律及运用方式初议·····	
·····	尤联元 高善明 李令岐等(85)
黄淮海平原小麦生育期有效降水的初步研究·····	谢 明(95)
华北平原冬小麦节水灌溉的计量分析·····	张和平 刘晓楠(104)

节水农业试验研究

河北缺水盐渍区冬小麦、夏玉米水分利用率的试验研究·····	王新元 刘晓楠等(110)
灌溉农田蒸散量与计算·····	洪嘉琰(117)
地下水埋深与作物吸水关系研究·····	张永忠 李宝庆(126)
节水型灌溉对水体转换影响的试验研究·····	李宝庆 张永忠(138)
作物轮作倒茬适水种植的初步分析·····	赵家义(150)
河南省封丘地区小麦节水灌溉研究·····	周凌云 陈志雄(153)
华北平原浅水位地区的水分条件与小麦生产·····	陈志雄 周凌云等(158)
引黄渠系节水问题初步研究·····	许炯心 龚国元等(165)

农业节水技术应用

- 我国北方低压管道节水灌溉技术及优化设计方法……邢新海 王新元 曹伯男(173)
- 农用活性物质的综合应用——棉花种子包被剂的试验研究……王占升 朱 汉(181)
- 多功能抗蒸剂在蔬菜作物上的应用效果……曾孟潜 黄根龙等(188)
- 不同规格畦灌节水效益分析……孙仁华 吴 凯 刘士平(194)
- 农田覆盖节水效应试验研究……张兴权 程维新 刘恩民(200)
- 一种农作物需灌的预警装置……徐富安(204)
- 麦茬早稻高产栽培试验研究……张义丰 冯 超等(209)

国外灌溉农业节水措施

- 世界的农田灌溉与节水农业……文云朝(216)
- 苏联农田灌溉与农业节水措施……裘新生(223)
- 印度农田灌溉与农业节水措施……李永华(230)
- 巴基斯坦灌溉农业和节水措施……宗 磊(239)
- 埃及的农业灌溉与节水措施……文云朝(246)

A STUDY ON WATER-SAVING AGRICULTURE

Contents

Preface

Foreword

Comprehensive Study on Water-saving Agriculture

The General Trend of the Water-saving Agriculture Research in China	Xu Yuexian (1)
The Regional Compensation and Allocation of Water Resources in the Huanghe-Huaihe-Haihe Plain.....	Xu Yuexian (14)
A Preliminary Study on Areal Types of Water-saving Agriculture in the Huanghe-Huaihe-Haihe Plain	Li Baoqing (22)
Issues on Water-saving Agriculture in the Huanghe-Huaihe-Haihe Plain	Chen Zhixiong and Zhao Qiguo (28)
A Preliminary Study on Water-saving Agriculture—Taking the Example of Nanpi Comprehensive Experimental Plot.....	Wang Xinyuan et al. (33)
Several Methods of System Analysis Used in the Research on Water-saving Agriculture.....	Wu Kai (38)

Basic Issues of Water-saving Agriculture in the Different Type Areas

A Study on the Ways of Exploiting and Using Soil Water Resources in the Heilonggang Area of Hebei	Xing Xinhai and Wang Xinyuan (46)
An Analysis of Reforming System of Water-saving Planting in the Heilonggang Area, Hebei Province.....	Liu Mengyu and Wang Xinyuan (52)
Water-saving Agriculture and Cultivation Suit for Water in the Heilonggang Region, Hebei Province.....	Jiang Dehua (58)
A Preliminary Study on Water-suited Planting of the Winter Wheat and Summer Maize in the Heilonggang Area, Hebei Province	Zhang Hongye (67)
Water-saving Management and Its Policies in Weishan Irrigation District	
Diverting Water from the Huanghe River.....	Ren Hongzun (71)
An Analysis on Component System of Utilization of Agricultural Water Resources in Shijiazhuang Prefecture.....	Yao Jianqu (77)
Transport Rules of Water and Sediments in the First Canal of Weishan Irrigation Region, Shandong Province and Suggestions on Operation Methods	You Lianyuan et al. (85)

- A Preliminary Study on Effective Precipitation of Wheat During Its Growing Period in the Huanghe-Huaihe-Haihe Plain.....Xie Ming (95)
- The Numerical Analysis of Water-saving Irrigation for Winter Wheat in the North China Plain Zhang Heping and Liu Xiaonan (104)

Experimental study on Water-Saving Agriculture

- A Study on the Water Use Efficiency of Winter Wheat and Summer Corn in the Water-deficit Salinized Soil in Hebei.....Wang Xinyuan et al. (110)
- Evapotranspiration in Irrigated Field and Its Computation Hong Jialian (117)
- An Analysis on the Relationship of Groundwater Table and Plants SuckingZhang Yongzhong and Li Baoqing (126)
- A Study of Waters Interaction in Water-saving Irrigation Li Baoqing and Zhang Yongzhong (138)
- A Preliminary Analysis of Crop Rotation for Water-suiting Planting Zhao Jiayi (150)
- A Study on Water-saving Irrigation for Wheat in Fengqiu Region, Henan Province..... Zhou Lingyun and Chen Zhixiong (153)
- Hydrological Conditions and Wheat Production in Shallow Water Table Region in North China Plain..... Chen Zhixiong et al. (158)
- A Preliminary Study on Water-saving in the Canal Diverting Water from the Huanghe River Xu Jiongxing et al. (165)

Application of Water-saving Techniques in Agriculture

- Water-saving Irrigation Techniques in A Low-pressure Pipe Irrigation System and Its Optimization Design Methods in Northern Part of China ... Xing Xinhai et al. (173)
- The Comprehensive Utilization of Agricultural Active Substance—Studies on the Seed Coating Chemicals for Cotton Wang Zhansheng and Zhu Han (181)
- Applications of the Transpiration Resistant Reagents of Multiple Function in Vegetable Crops..... Zeng Mengqian et al. (188)
- An Analysis of Water-saving Benefit in Border Irrigation of Different Standards Sun Renhua et al. (194)
- An Experimental Study on Water-saving Effect of Field Covering Zhang Xingquan et al. (200)
- A Pre-alarmed Device for Crop Irrigation.....Xu Fuan (204)
- An Experimental Study on Dry Rice High Yield Planting in the Wheat-cutting off Land Zhang Yifeng et al. (209)

• x •

Water-saving Measures in Irrigated Agriculture in the World

Farmland Irrigation and Water-saving Agriculture in the World	
..... Wen Yunchao (216)	
Irrigation of Farmland and Measures of Water-saving in Agriculture in	
the USSR.....	Qiu Xinsheng (223)
Agriculture Irrigation and Water-saving Measures in India.....	
.....Li Yonghua (230)	
Irrigated Agriculture and the Measures for Water Economizing in Pakistan	
.....	Zong Lei (239)
Agriculture Irrigation and the Measures for Water Economizing in Egypt	
.....	Wen Yunchao (246)

我国节水农业研究的主要趋势

许越先

(中国科学院地理研究所
国家计划委员会)

秦岭、淮河以北的 15 个省、市、自治区,耕地面积占全国的 54%,水资源总量只有全国的 20%。水资源紧缺成为农业发展的严重限制因素。黄淮海平原是我国最重要的农业区,区内有耕地 1800 万公顷,1987 年粮食产量约占全国 20%,棉花产量约占全国的 57%,要在本世纪末实现新增粮食 250 亿公斤的目标,研究和推广节水农业是一项意义重大的措施。

近年来,地学、生物学、水利学、农学、土壤学等有关学科,从不同的角度,对节水农业的重大科学问题和实用技术,进行了多方面研究,推动了节水农业的迅速发展。本文从基础研究、应用推广研究和综合试验研究等方面,对我国节水农业研究的部分进展和主要趋势作一初步分析。

一、节水农业的基础研究

农田供水的水源有地表水、地下水和自然降水。从水源到形成作物产量,水在自然界的迁移转化要经过三个环节。第一个环节通过输水(或降水)转化为农田土壤水分;第二个环节通过作物吸收由土壤水转化为生物水;第三个环节通过作物复杂的水生理过程形成经济产量。我国节水农业的基础研究,主要围绕这三个环节,重点研究了节水农业基本概念、农业节水的水文水资源基础、土壤学基础和作物生理生态基础。

(一) 节水农业的基本概念

基本概念涉及节水农业研究目标、研究方向和研究范畴,是节水农业研究应当首先明确的问题。按供水条件,通常将农业分为灌溉农业和旱作农业(雨养农业)两种类型。节水农业同这两种类型有何关系,很多人在探讨节水农业的含义时对此提出了各种看法,可归纳为两种观点。

一种观点认为节水农业只指节水灌溉农业。席承藩等指出:节水型农业是灌溉农业的一种新的形式,实质上就是节水型灌溉^[1]。栗宗嵩也有类似观点^[2]。第二种观点认为是采用节水措施为主的灌溉农业和旱地农业的总称。贾大林指出:节水农业是在充分利用降水的基础上采取水利和农业措施提高水的利用率和水的利用效益的农业,是节水灌溉农业和旱地农业的结合^[3]。山仑等指出:节水农业系指充分利用自然降水和有限灌溉水的农业,要解决的中心问题是提高自然降水和灌溉用水的效率^[4]。由懋正等认为,节水型农业是从资源利用和经济生态效益出发,通过调整农业结构,适水种植,实行节水的水利措施和农业措施,发挥系统的整体功能,达到节水、增产、增收的目的^[5]。

笔者于 1989 年 1 月和 10 月,在两次全国性学术会议上提出了自己的观点:节水农业

是以节约用水为中心的农业类型,是农田节水、保水技术和农业适水种植技术的结合和统一。包括节水灌溉、农田水分保蓄、节水耕作方法和栽培技术、适水种植的作物布局及节水管理体制的建立。通过这些技术和措施,提高一个缺水地区有限水资源的整体利用率,保持农业的稳定发展。节水农业最关心的是提高单位水量所创造的农业经济价值。既要提高农用水效益,又要提高农业产量^[6,7]。这个认识属上述第二种观点。

(二) 节水农业的水文水资源基础研究

这方面研究从宏观和微观两方面进行。宏观上重点研究自然降水、地表水和地下水的空间分布和时程变化,及其同作物布局和种植制度的关系;分析区域水资源利用现状和节水潜力;划分节水农业类型区,给出区内的节水模式;探讨提高区域水资源整体利用率的途径。微观上重点研究农田蒸发及作物耗水规律、土壤水分运动及调控措施等。

中国科学院、水利部、农业部等有关部门先后开展了水文、水利和水资源区域分异研究,分别提出了各类区划方案。50年代配合中国自然区划开展了中国水文区划研究,划分了13个一级区46个二级区和89个三级区^[8]。80年代初配合全国农业区划开展了第二次水文区划工作。同期进行了水利化区划工作。这些区划研究成果为分区指导节水农业的布局和发展提供了重要基础资料。

水利部门和地质部门于80年代进行了大规模的水资源评价工作^[9],对各流域和地区的水资源数量、质量和可利用量作了详细的分析和评价,为研究区域水资源开发利用状况和农业节水潜力,认识严重缺水地区合理用水节约用水的必要性和紧迫性,提供了科学依据。

作物耗水量和耗水规律的研究,是农田水量平衡和制定节水灌溉制度的基础工作。中国科学院地理研究所,从60年代初期开始,使用水力蒸发器等器测法,对不同作物耗水规律进行了系统的试验研究。80年代在禹城试验站又采用大型原状土自动称重蒸发器(Lysimeter)测定主要作物需水量^[10]。程维新、赵家义根据德州和禹城的资料,得到不同年型冬小麦耗水变化曲线(图1);确定冬小麦耗水量为436—544mm,夏玉米耗水量为308—392mm^[11,12]。刘昌明等人通过对华北平原10个试验站资料的综合分析,得到小麦生育期耗水量在黄河南北分别为431mm和466mm,夏玉米耗水量分别为366mm和359mm,棉花耗水量分别为632mm和695mm^[13]。

1980年由农田灌溉研究所牵头,组织全国性协作,对我国10多种主要作物需水量和需水规律进行了全面研究,编制了作物需水量图,给出了作物需水量空间分布的高、低值区和干旱中心,提出了北方主要作物关键灌水期与节水灌溉制度^[14]。

作物耗水量包括作物蒸腾量和棵间土壤蒸发量两部分,其中棵间蒸发量占有相当比例。根据德州站的试验资料,小麦生育期棵间蒸发量占农田总蒸发量的50—60%^[17]。蒸发消耗的这部分农田水量,可以通过农田覆盖等技术措施加以调控利用。

有效降水量是天然降水量扣除地表径流量和入渗补给地下水而直接转化为土壤水的部分。我国北方无论是灌溉农业还是旱作农业,有效降水量都是全年作物耗水的主要来源,灌溉只带有季节性和补充性。因此,有效降水量的时空分布特征及其与作物生育期耗水量的适应程度,成为研究适水种植、提高降水资源有效性的依据。

刘昌明等人计算了华北平原分区有效降水量及6个代表站点主要作物生育期有效雨

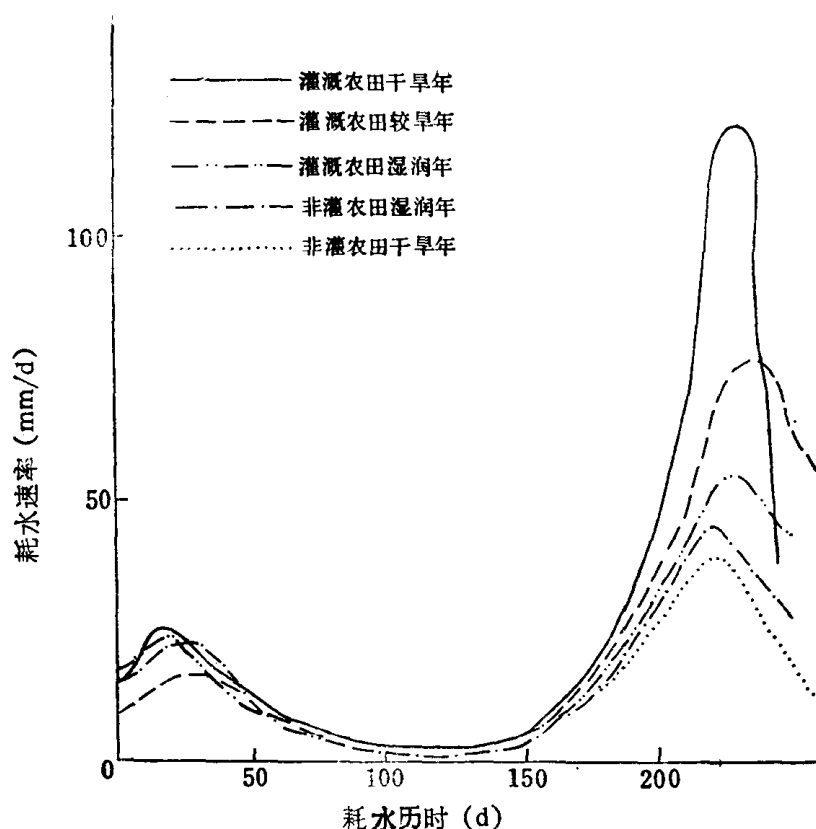


图 1 不同水文年型冬小麦耗水量变化曲线

量。得出黄河以北平原区平均每亩为 282m^3 ，黄河以南为 340m^3 ^[13]。在此基础上，笔者分析了三种主要作物生育期有效降水量同作物耗水量的耦合关系，得到了表 1 的数据。由表 1 可知，一般平水年有效降水量能满足黄河以南小麦需水量的 55—82%，在黄河以北只能满足 29—37%，黄河南北相差甚大。棉花生育期有效降水量在黄河南北相差不大，能满足需水量的 65—74%。夏玉米生育期有效降水量基本上都能满足作物的需要。

表 1 有效降水量(PE)和作物耗水量(ET)耦合关系

作物	阜 阳		许 昌		徐 州		新 乡		德 州		唐 山	
	PE	$\frac{PE}{ET}$	PE	$\frac{PE}{ET}$	PE	$\frac{PE}{ET}$	PE	$\frac{PE}{ET}$	PE	$\frac{PE}{ET}$	PE	$\frac{PE}{ET}$
小 麦	354	0.82	237	0.55	357	0.60	175	0.37	158	0.33	138	0.29
夏 玉 米	335	0.92	375	1.02	411	1.12	367	1.02	338	1.03	416	1.16
棉 花	420	0.66	455	0.72	440	0.70	451	0.65	474	0.68	515	0.74

范如华计算了河北省低平原有效降水量，小麦孕穗和灌浆需水关键期有效降水量只能满足作物需要的10%，棉花需水关键期花铃期有效降水量可供给需水量的 80—90%¹⁾。说明小麦生育期有效降水量同作物耗水量的耦合关系最差，需要重点进行补充灌溉。

1) 范如华：农作物生育期有效雨量分析中的几个问题，河北省城市供水工农业节水水资源保护学术讨论会论文选编，120—133 页，1986 年。

(三) 节水农业的土壤学基础研究

土壤是作物赖以生存的基础,农田供水和作物吸收水分皆通过土壤来实现,土壤有关问题的研究与农业节水措施的科学应用关系密切。近年来,国内重点进行土壤适宜含水量、土壤干旱的下限指标和土壤水肥配合关系等方面研究,取得了一些初步结果。

李正风等^[15]根据 1982 年至 1983 年在河南省的试验研究,提出夏玉米生长期土壤适宜含水量,并以土壤水分占田间持水量的百分数为干旱的下限指标,这个指标在苗期和拔节期 0—40cm 土层为 60%,抽雄开花期 0—60cm 土层为 70%,灌浆期 0—60cm 土层为 60%。若低于下限指标,就要发生土壤干旱,造成减产。低于适宜水分下限 10—15%,发生轻度干旱;低于下限指标 20—25%,发生重旱。发生严重干旱时,玉米减产百分数,苗期为 5.75%,拔节期为 24.78%,抽雄开花期为 29.65%,灌浆期为 39.82—50.27%。

王辛未的研究说明,小麦、玉米、棉花等旱作物,适宜土壤水分下限为土壤持水量的 65—70%,土壤水分高于或低于这个指标,对作物生育和产量均有不利影响(图 2)^[16]。从土壤水分适宜含量到严重干旱减产之间有一定变幅。根据这种情况,在有限水资源地区,

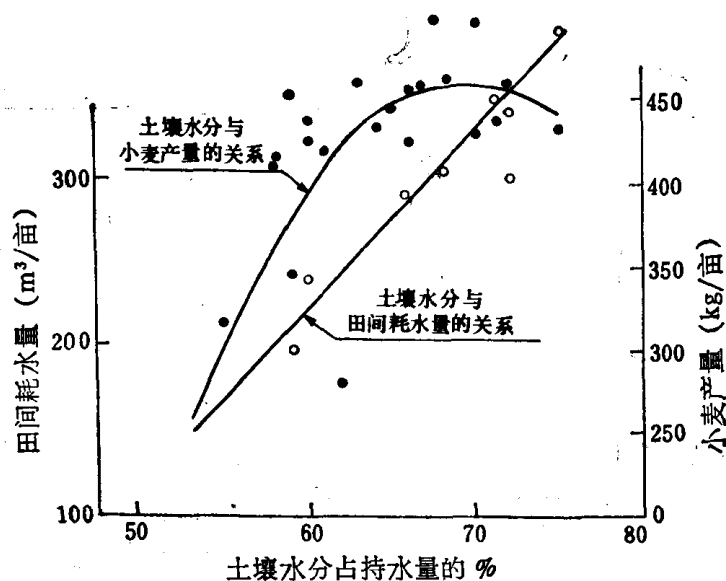


图 2 土壤水分与小麦产量及田间耗水量的关系曲线

灌溉水的调度和管理面临两种选择,一是保证一部分灌溉面积,使其保持适宜土壤水分和提高单产。二是降低土壤水分指标,扩大灌溉面积,提高水效益和宏观经济效益,增加区域总产量。节水农业灌溉应选择后一种方式。如文献[16]分析,将土壤水分由田间持水量的 70% 降为 60%,其田间耗水量可减少 30—40%,灌溉水量可减少一半,仍能获得理想的单位面积产量。

在农田生态系统中,水效益受多种因素的影响,其中肥力是主要影响因素。研究水肥投入的定量关系,优化水肥投入比例,有利于节水、节肥、提高产量。茜大彬等人 1984 年至 1985 年在河北省衡水地区的试验分析,得出如下结果:在原有亩产 100kg 地力基础上,获得较大保证率产量的水肥投入为:亩产 350kg 左右,每亩投氮 15—18kg,磷 6—10kg,灌水 140—180m³,总耗水量 295—320m³;亩产 250kg 左右,每亩投氮 10—15kg,磷

4—6kg,灌水 90—130m³,总耗水量 250—270m³,亩产 150kg 左右,每亩投氮 5kg、磷2.5—3.5kg,浇一次关键水 40—50m³,总耗水量 200—300m³[17]。

(四) 节水农业的生理生态基础研究

节水农业的中心问题是提高水分利用效率(WUE),水效率的提高取决于经济产量(Yd)和作物耗水量(ET),三者关系可表达为

$$WUE=Yd/ET$$

近年来我国一些单位对这种关系开始初步探讨,建立了作物水分生产函数,大致有直线关系、二次曲线关系和指数关系三种形式。

山仑等认为,在三者关系中有两种情况,在水分为限制因素、产量水平较低时,ET和Yd呈线性关系;在充分供水条件下,ET和Yd呈抛物线关系[4]。在两种关系的变化中,寻找变化的“拐点”,即可确定水分不再是作物生长主要限制因子的界限,而研究三个参数的最佳组合,则可为缺水地区制定节约用水方案提供依据。

陈志雄等根据他们在河南封丘的试验资料,绘制了雨养麦田产量响应曲线(图3),非常典型的反映出ET和Yd的抛物线关系。

山西省水利科学研究所的试验表明,冬小麦亩产量 125—350kg时,产量与供水成正比关系增加,增产量与增水量的比为 3.9:1.0;亩产 350—574kg时,产量增加快,而耗水增加慢,增产量与增水量的比为 9.3:1.0。亩产超过 574kg,产量增加而耗水量不增加¹⁾。

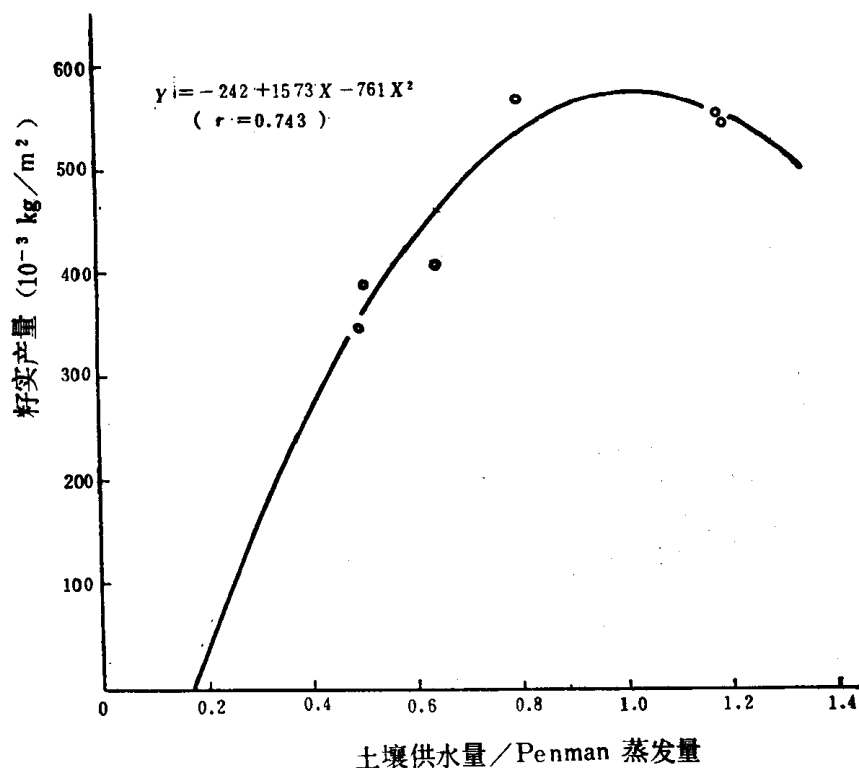


图3 雨养麦田产量响应曲线

从这个结果可以看出,在该试验条件下,“拐点”在 500kg 左右,再进一步提高产量,主要取决于施肥等其他农业措施。

1) 张冬玲; 浅谈科学用水和节水灌溉技术, 1986年。