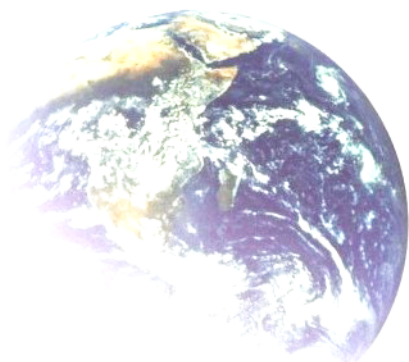


面向21世纪
农业工程技术丛书



节水农业 工程技术

◎主编 庞鸿宾

河南科学技术出版社



面向21世纪
农业工程技术丛书

节水农业工程技术

◎主编 庞鸿宾



河南科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

节水农业工程技术/庞鸿宾主编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2000. 10

(面向 21 世纪农业工程技术丛书/卢良恕主编)

ISBN 7-5349-2373-5

I. 节… II. 庞… III. 节约用水-农业工程-技术 IV. S27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 11502 号

责任编辑 李玉莲 贺军钊 责任校对 王艳红

河南科学技术出版社出版发行

郑州市农业路 73 号

邮政编码: 450002 电话: (0371) 5737028

河南第一新华印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.75 字数: 243 千字

2000 年 10 月第 1 版 2000 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1—5 000

ISBN 7-5349-2373-5/S·547 定价: 19.00 元

《面向 21 世纪农业工程技术丛书》编委会

主 编 卢良恕，教授，中国工程院院士，中国农学会名誉会长

副主编 洪绂曾，研究员，中国农学会会长，农业部原副部长

沈国防，教授，中国工程院副院长，院士，北京林业大学

刘志澄，研究员，中国农学会副会长，中国农业经济学会理事长

编 委 刘更另，研究员，中国工程院院士，中国农业科学院

方智远，研究员，中国工程院院士，中国农业科学院蔬菜花卉研究所所长

吴常信，教授，中国科学院院士，中国农业大学

汪懋华，教授，中国工程院院士，中国农业大学

曾士迈，教授，中国工程院院士，中国农业大学

李 博，教授，中国科学院院士，中国农业科学院草原研究所

石玉麟，研究员，中国工程院院士，中国科学院综合考察研究会

范云六，研究员，中国工程院院士，中国农业科学院生物技术研究中心

赵法箴，研究员，中国工程院院士，中国水产科学



院黄海水产研究所

张子仪, 研究员, 中国工程院院士, 中国农业科学院畜牧研究所

信乃诠, 研究员, 中国农业科学院科技局

温贤芳, 研究员, 中国农业科学院原子能利用研究所

贾大林, 研究员, 中国农业科学院农田水利灌溉研究所

钱志林, 研究员, 中国水产科学院原院长

刘巽浩, 教授, 中国农业大学

陶 战, 研究员, 农业部农业环境保护监测所

刘克辉, 研究员, 福建省农业科学院农业宏观研究室

吴景锋, 研究员, 中国农业科学院作物研究所

孙鸿良, 研究员, 中国农业科学院作物研究所

梅方权, 研究员, 中国农业科学院科技文献信息中心主任

《节水农业工程技术》编写人员

主 编 庞鸿宾

副 主 编 司徒淞 贾大林 张 薇

编写人员(按姓氏笔画排列) 司徒淞 齐学斌

吕谋超 张 薇 吴海卿 庞鸿宾

段爱旺 贾大林 高军省 龚时宏

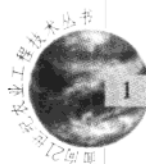
樊志升

序

我国是一个有悠久历史的农业大国,作为基础产业的农业,在国民经济发展中的作用举足轻重。而我国的国情是人口多,耕地少,人均农业资源低于世界平均水平,经济技术基础相对薄弱,同发达国家相比,农业生产水平还相当低,农业仍是国民经济发展中的薄弱环节。在 21 世纪初,随着人民生活不断改善,要满足 12 亿人口对农产品数量和质量日益增长的需要,保证国民经济快速健康持续发展,必须大幅度提高农业综合生产能力。

科学技术是第一生产力,科技进步是我国农业发展的关键。要提高我国农业综合生产能力,实现农业现代化,必须重视农业工程技术的开发、应用和推广,必须重视不断提高广大农村管理干部、农业技术人员和广大农民的科技文化素质。在 20 世纪末 21 世纪初的世纪之交,中国农学会、中国工程院共同组织全国农业各学科带头人和有关科技工作者几十人参加编写了《面向 21 世纪农业工程技术丛书》,旨在总结 20 世纪我国和世界农业工程技术的发展和基础理论,指出了 21 世纪农业工程技术的发展方向,使广大农业科技人员和农村管理干部不断更新知识、更新观念,更加适应现代农业的不断发展。

这套丛书内容涵盖农林牧副渔整个大农业各个领域的工程技术,包括《农业生物工程技术》、《农业生态工程技术》、《林业生态工程技术》、《作物遗传育种工程技术》、《节水农业工程技术》、《立体农业工程技术》、《集约持续农业工程技术》、《设施



园艺工程技术》、《渔业工程技术》、《核农业工程技术》、《农业信息工程技术》、《农业抗灾减灾工程技术》、《农业机械化工程技术》13个分册。这套丛书定位为高级科普读物：一是内容有深度和广度，要求写出我国现代农业的特色和水平，写出我国现代农业各学科工程技术的先进理论和技术，真正写成广大农业工作者更新知识、更新观念的必备参考书；二是把深奥的农业工程技术用通俗易懂的科普性语言表达出来，突出知识性、科学性、前瞻性和可读性，体现现代农业各学科工程技术的宏观性内容；三是整套丛书要求高起点、高水平、高品位、高质量和高档次，其内容到2020年左右不落后。在世纪之交编写出版这套丛书很有必要，这不仅是我国现代农业的迫切需要，而且是繁荣我国科普出版、落实科教兴国的需要，对提高我国广大农业管理干部和技术人员素质有重要作用。

为了组织出版好这套丛书，中国农学会于1996年8月在北京召开了专家座谈会。与会的专家有卢良恕、庄巧生、陶战、信乃谔、蔡同一、沈国舫、刘巽浩、温贤芳、南庆贤、曾士迈、方智远、朱德蔚、吴景锋、吴万夫、张子仪、贾大林、汪懋华、刘志澄、孙鸿良、唐益雄、李博、沈秋兴、荀红旗、顾晓君等24人。会议由卢良恕院士主持，与会专家对这套丛书的意义、名称、定位、读者对象、写作方法、具体书目和作者安排等发表了许多建设性意见，确定了各分册的牵头专家和出书进度。1997年5月中国农学会又以“（1997）农学会第54号文件”向各牵头专家下发了《关于撰写〈面向21世纪农业工程技术丛书〉书稿有关问题的函》，对落实各分册书稿的完成起到了积极作用。

这套丛书涉及的学科多、作者多，属于大专家写科普读物，有很大的难度。书中遗漏和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

中国工程院院士
中国农学会名誉会长

卢良恕

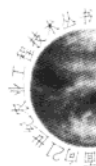
1999年12月

前 言

生命离不开水,农业离不开水。中国的水资源问题,尤其是农业用水,无论从哪个角度审视,都是重大而又内涵深邃的命题。

我国是一个水资源相对贫乏的国家。尽管水资源总量 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$,居世界第6位,但人均水资源占有量仅 2300 m^3 ,约为世界人均水量的 $1/4$,居世界第109位;耕地占有水量 $2.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,为世界平均的 $4/5$ 。新中国成立以来,国家十分重视水利建设,在农业水资源合理利用、水环境保护、水土流失治理、农业节水灌溉技术与设备等应用技术研究领域进行了卓有成效的工作,取得了丰硕的成果和显著的效益。农田灌溉面积由1949年的 $1600 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 发展到目前的 $5300 \times 10^4 \text{ hm}^2$,以占全国不足一半耕地的面积生产了占全国总量 $2/3$ 的粮食。正是这样的速度和奇迹,保证了半个世纪里中国人口对水的需求,我们理当引以自豪。但是,也不能忽视问题的另一面,我们为此付出的代价十分昂贵,这就是河水断流、地下水下降、水质污染加剧、城市供水困难。时至今日,面对有限的水资源和不断恶化的水环境,以及巨大的人口重负,我们有足够的理由说明,发展节水农业不仅是缓解当前农业水资源紧缺的重要途径,也是我国农业可持续发展战略的必然选择。因为,未来的中国农业,特别是21世纪 16×10^8 人口的粮食安全,它不仅对中国,而且对世界粮食市场和发展中国家也有重要的影响,这一直是国际关注的热点问题。

中国的农业和粮食安全问题一直受到党和政府的高度重视。江泽民总书记指出:“实现跨世纪发展的目标,难度最大而又非完



成不可的一项任务就是保持农业和农村经济的持续稳定增长。”要实现跨世纪目标,解决从现在开始至21世纪30年代中国粮食需求问题,不得不考虑未来的农业用水之路该如何走,因为这是制约我国农业可持续发展的主要因素。令人高兴的是,在世纪之交总结过去的时候,党中央明确提出,把发展节水灌溉作为一项革命性措施来抓,这为我国农业用水指明了方向。换言之,没有什么比确定一条漫漫长路的起始方向更值得去做的了。

发展节水农业,实现农业高效用水是一个宏大的系统工程,也是一个相互关联的技术体系。主要内容涵盖了水转化为农作物产量诸多环节的关键技术,例如农业水资源合理开发利用技术、输配水系统高效调控技术、农田水分调控技术、农艺节水技术、节水管理技术等。通过以上关键技术及技术体系的实施,并在不同类型区示范推广,使科技成果转化成为现实的生产力。以我国北方17省(市、区)的节水增产潜力为例,目前的灌溉水利用率仅有40%,预计到2030年,灌溉水利用率可以提高到60%,较现状节水 $640 \times 10^8 \text{ m}^3$,加之新开源水量,可扩大灌溉面积 $1\,600 \times 10^4 \text{ hm}^2$,增产粮食 $1\,100 \times 10^8 \text{ kg}$,其中仅节约的水量就等于现在黄河水资源量的1.1倍。中国的农业用水问题很复杂,很难用几个数字作结论。但历史和未来都已经或将昭示:科学技术是第一生产力。中国农业的根本出路在于科技进步,中国水资源的高效利用也在于科技进步。

为了适应我国节水农业大规模发展的需要,普及推广这些技术,水利部、中国农业科学院农田灌溉研究所、中国水稻所组织编写了本书。参加编写的有庞鸿宾、贾大林(前言、绪论),司徒淞、张薇、庞鸿宾(第一、二、四部分),齐学斌、樊志升、龚时宏、吕谋超、高军省、段爱旺、吴海卿(第三部分)。本书由庞鸿宾为主编,司徒淞、贾大林、张薇为副主编,由庞鸿宾、司徒淞、贾大林统稿。

编著者

2000年1月

目 录

绪 论

一、节水灌溉技术取得的成就	(1)
(一) 农田灌溉科技事业举世瞩目	(2)
(二) 农田灌溉的基础理论研究有了重大突破	(3)
(三) 高效井灌技术产生了巨大的效益	(4)
(四) 节水灌溉研究、示范与推广取得了丰硕成果	(4)
(五) 农业水管理体制发生了重大转变	(6)
(六) 农田水管理逐步向现代化管理迈进	(8)
二、我国人口—粮食—灌溉用水态势	(9)
三、发展节水农业工程技术势在必行	(10)
(一) 发展节水农业工程技术是解决我国农业用水的必 由之路	(10)
(二) 发展节水农业工程技术是实现农业可持续发展的 重要保证	(11)
(三) 发展节水农业工程技术是实现传统农业向现代农 业转变的战略性措施	(11)
四、节水农业工程技术的基本概念及重点解决的 问题	(12)
(一) 基本概念	(12)
(二) 重点解决的问题	(13)

农业工程技术丛书
1
[21世纪]

第一部分 节水农业发展趋势及分区

一、节水农业发展现状	(17)
二、节水农业的潜力	(20)
(一) 输水系统的节水潜力	(21)
(二) 水的利用效率的节水潜力	(22)
三、节水农业发展方向与对策	(22)
(一) 节水农业发展方向	(23)
(二) 发展节水农业的对策	(29)
四、节水农业生产分区	(32)
(一) 分区原则	(34)
(二) 节水农业生产分区及综合技术优化配套	(34)

第二部分 节水农业的应用基础

一、水分循环与农作物	(40)
(一) 自然界的水分布和水文循环	(40)
(二) 我国水文循环的主要路径	(41)
二、干旱的特点及对农业的危害	(43)
(一) 干旱的概念	(43)
(二) 干旱对农业的影响	(45)
三、水资源与农业用水	(48)
(一) 水资源状况	(48)
(二) 农业用水	(50)
四、农作物与水	(51)
(一) 作物的水分生理	(51)
(二) 作物的水环境	(54)
五、水分亏缺和作物的生长	(59)

农业工程技术丛书
第21号

(一) 水分亏缺的原因及其发展	(59)
(二) 水分亏缺对作物的影响	(61)
(三) 作物对水分胁迫的生理反应	(63)
六、农作物与土壤	(71)
(一) 土壤肥力的概念及其调控	(72)
(二) 土壤水运动简述	(75)
(三) 农田水分状况及其调节	(79)
七、农作物需水量估算与灌溉制度	(84)
(一) 农作物需水规律与需水量	(84)
(二) 作物田间需水量的估算	(94)
(三) 确定灌溉制度的依据与方法	(100)

第三部分 节水农业工程综合技术

一、合理利用水资源	(108)
(一) 充分利用降水	(108)
(二) 地表水、地下水联合运用	(114)
(三) 开发利用土壤水	(117)
二、输水工程技术	(119)
(一) 渠道防渗	(119)
(二) 地埋输水管道	(126)
(三) 地面配水	(136)
三、地面灌溉工程技术	(139)
(一) 平整土地与沟、畦灌	(140)
(二) 间歇灌水技术	(144)
(三) 膜上灌灌水技术	(148)
四、喷灌工程技术	(151)
(一) 喷灌系统组成	(151)
(二) 喷灌系统分类	(152)

(三) 喷灌技术	(153)
(四) 喷灌机具	(159)
五、微灌工程技术	(165)
(一) 微灌工程的组成	(165)
(二) 微灌的优点及存在的问题	(167)
(三) 微灌工程的分类	(170)
(四) 微灌工程的建设	(174)
(五) 微灌工程的管理	(174)
六、抗旱灌溉技术	(174)
(一) 坐水种与行走式淋灌机	(174)
(二) 吊管井软管退灌	(176)
七、节水灌溉制度	(179)
(一) 灌溉制度	(179)
(二) 非充分灌溉	(180)
(三) 灌关键水	(187)
(四) 水稻节水灌溉制度	(190)
八、节水灌溉与农业措施结合	(193)
(一) 灌溉与耕作保墒	(193)
(二) 灌溉与施肥培肥	(198)
(三) 灌溉与适用作物和品种	(200)
九、节水灌溉管理	(203)
(一) 以法管水, 按灌水量收费	(203)
(二) 灌溉设施维修与管理	(204)
(三) 灌溉用水管理	(212)
十、旱地农业高效用水技术	(214)
(一) 调整农业的结构, 适水种植	(214)
(二) 抗旱育种与抗旱高产品种的选用	(216)
(三) 耕作蓄水保墒技术	(217)
(四) 抗旱栽培技术	(220)

(五) 农田覆盖栽培技术	(223)
(六) 作物、土壤水分消耗的化学控制技术	(227)
(七) 培肥地力、水肥耦合, 提高水分利用效率	(233)

第四部分 节水农业工程技术模式

一、中国农业科学院商丘试验区井灌类型区

.....	(239)
(一) 自然条件	(240)
(二) 节水农业技术体系	(240)
(三) 效益	(247)

二、河南人民胜利渠井渠结合灌溉类型区

(一) 概况	(247)
(二) 灌区灌溉节水技术措施	(249)
(三) 地上地下水联合运用	(250)

三、北京市顺义区喷灌类型区

(一) 概况	(254)
(二) 主要经验与措施	(255)
(三) 经济效益与社会效益	(258)

四、旱地农业类型区与寿阳试验区的实践

(一) 提高旱地农区水分利用效率的主要措施	(259)
(二) 寿阳试验区的实践	(262)

五、广西水稻“薄浅湿晒”节水高产类型区

.....	(265)
(一) 灌水的几个技术环节	(265)
(二) 水稻“薄浅湿晒”节水增产机理分析	(267)
(三) 主要技术措施	(268)
(四) 经济效益、社会效益和生态效益	(270)

六、美国节水农业工程技术模式



(一) 概况	(271)
(二) 节水农业的主要措施	(272)
(三) 实行农业节水的措施	(279)
七、以色列节水农业工程技术模式	(282)
(一) 简况	(282)
(二) 节水农业技术措施	(284)
(三) 保证节水农业技术实施的措施	(289)
参考文献	(293)

绪 论

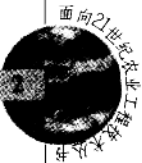
一、节水灌溉技术取得的成就

我国是一个泱泱农业大国。数千年来，我们的祖先就一直和水旱灾害进行着不懈地斗争，写下了光辉灿烂的农田水利史。早在约 4 300 年前的尧舜时代，就有了临河挖渠、凿井汲水的灌溉工程。公元前 1600 ~ 公元前 1100 年商代出现的“沟洫”，即是古代兼作灌溉排水的渠道。春秋战国时期的都江堰、郑国渠及楚国兴建的芍陂（今安徽寿县）等，都是在人类发展的漫长岁月里，我们的祖先用双手建造的举世闻名的水利灌溉工程。有些工程如都江堰，至今仍在发挥效用。

斗转星移，几经沧桑，当人类即将跨入 21 世纪的时候，伴随着社会文明的发展和科技进步，以节水灌溉为主体的农业高效用水技术，已有了质的飞跃。近 50 年来，特别是改革开放 20 年来，在农田灌溉的基础理论研究、节水灌溉研究、示范与推广、高效井灌技术、农业用水管理体制及农田水管理等方面得到了较大的进展，新技术在农田灌溉领域内的应用也有了突破。

截止 1996 年底，我国节水灌溉工程面积共计达到 $1\,420 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，占全国灌溉面积的 28%，其中渠道防渗工程面积 $666.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，管道输水工程面积 $453 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，喷灌工程面积 $107 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，微灌工程面积 $6 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。





据统计,从1978年至1997年,粮食产量从 $3\,000 \times 10^8 \text{ kg}$ 连续跨过3个台阶,目前稳定在 $4\,900 \times 10^8 \text{ kg}$ 水平上,年均增速达2.7%,远远超过人口增长速度,农民人均年纯收入也从133元增加到2 090元,所有这一切成绩的取得,农田灌溉科技无疑发挥了巨大作用。

(一) 农田灌溉科技事业举世瞩目

我国的农田灌溉事业,一方面引进了国外先进的科学技术和设备,并加以消化吸收;另一方面,针对农业生产中急需解决的问题进行重点研究和联合攻关。在全国范围内的主要进展有:广泛开展了喷微灌和低压管道输水灌溉等节水灌溉技术的理论与应用研究,中低产田改造和发展地下暗管排水的试验研究以及地下水、土壤水运动规律等的理论研究、排灌工程经济分析与经济评价的理论与推广应用,灌排工程优化决策和现代化管理的理论与技术研究。在我国缺水地区,区域和灌区水资源的评价研究、农业水资源开发利用技术以及全国主要作物需水量等值线图等应用基础研究也在实践应用中不断发展和完善。

进入90年代以来,随着我国国民经济的快速发展,工农业用水急剧增长,城乡水污染也日趋加重,使全国范围内的供水受到了很大影响。特别是华北和西北地区,缺水现象十分严重。节水灌溉成了这一时期农田水利工作科技研究的主要领域,得到了国家的充分重视。最近由农田灌溉研究所完成的《中国灌溉农业节水规划》预测:到20世纪末我国节水灌溉工程面积将达到 $1\,866.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$,到2010年达到 $3\,000 \times 10^4 \text{ hm}^2$,到2020年全部的 $6\,000 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 灌溉面积都应达到现阶段节水灌溉工程的标准。另外,由农田灌溉研究所牵头制定完成的《节水灌溉技术规范》,已作为国家的行业标准颁布,并从用水指标、工程指标和效益指标三个方面建立了节水灌溉的指标体系。