

“九五” 国家科技攻关计划项目专著

节水农业 新技术研究

钱蕴璧 李英能 杨 刚 等 编著



黄河水利出版社

“九五”国家科技攻关计划项目专著

节水农业新技术研究

钱蕴壁 李英能 杨 刚 等编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

该书是“九五”国家科技攻关计划项目“节水农业技术与示范”研究成果的系统总结。通过调研、室内外试验、理论分析、模型计算及试验示范区建设、产品的定型中试等,取得了较好的研究成果。在成套技术研究方面,在国内首次研究提出了黄河高含沙水滴灌净化处理模式,与灌溉管理和农艺技术组装配套,形成引黄高沙水滴灌成套技术;首次系统开展激光土地精细平整技术的田间应用研究,提出波涌灌、水平畦田灌的适宜条件、设计及系统评价方法等,研究提出了节水高效灌溉条件下冬小麦、夏玉米、棉花的调亏灌溉指标及调亏灌溉综合技术体系;研究提出了综合水、肥、种、耕作、种植覆盖及化学制剂等技术要素组成的8套节水灌溉与农业综合配套技术模式;研究提出了不同集流面地表处理技术和材料、水窖和沉沙池结构型式,以及雨水高效利用的农业综合配套技术体系;提出了适合我国国情和灌区实情的基于实时灌溉预报的渠系动态配水技术、墒情模拟及预测模型。在设备研发和改进方面,介绍了研发的19种节水灌溉设备在采用优化设计、改进制作工艺、新技术、新材料应用等方面的研究成果,以及成果的试验、示范推广和取得的节水增产效益。

图书在版编目(CIP)数据

节水农业新技术研究/钱蕴璧等编著. —郑州:黄河水利出版社,2002.12
ISBN 7-80621-620-0

I. 节… II. 钱… III. 农业—节约用水—新技术—研究—中国 IV. S27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 032599 号

出 版 社:黄河水利出版社

地 址:河南省郑州市金水路 11 号 邮 政 编 码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail:yrqp@public2.zz.ha.cn

承印单位:河南第二新华印刷厂

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

印张:39.75

字数:915 千字

印数:1—3 000

版次:2002 年 12 月第 1 版

印次:2002 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-620-0/S·46

定价:120.00 元

《节水农业新技术研究》

编辑委员会

主任委员:董哲仁

副主任委员:杜占元 贾敬敦 冯广志 陈明忠

委员:(以姓氏笔画为序)

王美婷	包献华	刘敏	刘健	朱耀泉
祁建华	吴宏伟	李英能	陈霖巍	杨刚
赵竞成	钱蕴壁	郭志伟	黄铁青	蒋茂森

主编:钱蕴壁

副主编:李英能 杨刚

主要编著人员:

钱蕴壁	李英能	杨刚	徐茂云	龚时宏
许迪	彭世彰	王广兴	吴普特	王长德

各章节编写人员名单

第一章	李英能	段爱旺			
第二章	钱蕴璧	杨刚			
第三章	徐茂云	黄修桥	高占义	高本虎	吴景社
	刘仁先	廖永诚	金树德	郭志新	翟国亮
第四章	张祖新	龚时宏	董文楚	翟国亮	鲍子云
	于健	柴建华	仵锋		
第五章	许迪	谢崇宝	李益农	程先军	
第六章	彭世彰	邵孝侯	孙景生	王密侠	郭相平
	段爱旺	康绍忠			
第七章	王广兴	冯绍元	荣生邦	黄介生	
第八章	吴普特	高建恩	岳保蓉	杨新民	黄占斌
	李秧秧				
第九章	王长德	袁宏源	崔运来	夏自强	蒋洪庚
	阮新建				
第十章	钱蕴璧	张祖新	许迪	彭世彰	王广兴
	高建恩	鲍子云	于健		

序

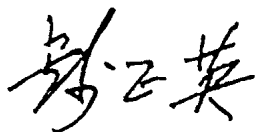
我国是一个农业大国,又是一个水资源相对贫乏的国家,农业是用水大户,占总用水量的 70% 以上,其中 90% 是灌溉用水。新中国成立以来,我国的农田水利建设取得了举世瞩目的成就,在占全国耕地面积 41% 的灌溉土地上生产了占全国总产量 $3/4$ 的粮食、 $4/5$ 的经济作物,使我国用占世界不足 10% 的耕地养活了占世界 22% 的人口。但是,在取得这一成就的同时,我们也付出了巨大的资源与环境代价。目前,我国北方大部分地区水资源开发已接近极限,由于缺水,出现了河道断流,地下水位下降,天然绿洲萎缩,草原退化沙化,水土流失,浮尘扬沙天气频繁,河湖污染,生态环境日益恶化,严重威胁到我国农业可持续发展。我国农业一方面干旱缺水,但另一方面用水浪费却十分严重。灌溉水的利用率仅为 43%,农田水分利用效率只有 $1\text{kg}/\text{m}^3$,与国际先进水平差距很大。因此,加强农业节水技术的研究与示范推广,提高灌溉水量从水源到形成作物产量过程中各个环节的转化效率,为建设高产、优质、高效和节水型农业创造条件,这是保障我国社会经济持续发展的一项十分重要的任务。

“九五”国家科技攻关计划“节水农业技术与示范”项目从发展节水高效农业的总思路出发,以提高灌溉水利用率和农田水分生产效率为核心,针对我国西北、华北地区水资源最紧缺、节水潜力最大、生态环境极端脆弱的特点,将工程节水、农艺节水、管理节水三者联系起来研究,将应用技术和关键设备相结合形成完整的技术体系,研究成果与应用示范紧密结合,项目研究取得重大进展,为我国大规模发展节水农业提供了成套新技术和设备。

该书比较全面系统地总结了我国节水农业技术发展的最新成

果和最新进展,既包括节水农业的基础理论,又注意突出了应用技术,突出了农水结合的综合技术,期望本书的出版将在我国节水农业的研究方面发挥重要的推动作用。

随着社会的发展,人们对节水农业将会提出更高更新的要求,发展具有中国特色的节水农业技术与设备任重而道远。我们必须持之以恒地加强科学研究,在理论和实践的结合中不断创新,并充分推广应用已取得的科技成果,使我国的有限水资源在保证生态环境良性循环的前提下,支持农业的不断发展,为中华民族创造一个更美好的家园。

A handwritten signature in black ink, reading '陈正英' (Chen Zhiying). The characters are written in a cursive, flowing style.

2002年7月27日

前 言

我国水资源严重不足,但农业用水浪费现象又十分严重。农业用水约占全国用水总量的 70%,其中 90% 以上用于灌溉。由于工程设施不配套、管理粗放、与农业措施结合不够等原因,目前全国平均灌溉水利用率仅为 43%,而发达国家灌溉水利用率达到 80% 以上,因此我国节水潜力很大。同时我国农田水利用效率也很低,水分生产率不足 $1.0\text{kg}/\text{m}^3$,不到发达国家的 $1/2$ 。随着农业结构战略性调整和高效农业、现代农业的发展,农业对水提出了更高的要求。如何以有限的水资源支持农业增产、农民增收,建设现代化农业,是我国面临的艰巨而紧迫的任务。

面对 21 世纪,保证我国粮食安全面临着因人口的增长对农产品需求增加与水资源不足、耕地减少等尖锐矛盾。大力推进节水农业,提高水的生产效率,改善农业生产条件,为先进农业技术应用创造条件,提高农业综合生产能力和农业的整体效益,是解决这一矛盾的主要途径。为此,科技部于 1996 年下达了“九五”国家科技攻关计划“节水农业技术与示范”项目,由水利部、农业部和中国科学院组织实施。攻关的任务是以减少渠系输水损失、提高灌溉水利用率和农田水分生产效率为核心,以节水增产增效为目标,以我国西北、华北水资源最紧缺、节水潜力最大的地区为重点,突出科技创新和成果的技术集成组装配套,形成适用于不同地区的节水农业技术体系;突出先进实用的灌水技术的试验示范、辐射推广与成果转化;突出设备及产品的标准化、系列化及产业化;使我国灌溉水利用率和农田水分生产效率得到显著提高,节水农业关键技术和设备取得创新和突破。

该项目下设 7 个专题,即喷、微灌设备的研制与改进,滴灌技术与示范,田间节水灌溉新技术研究,主要农作物节水高效灌溉制度研究,节水灌溉与农业综合技术研究,人工汇集雨水利用技术研究,灌溉系统配水关键技术研究。由中国水利水电科学研究院,水利部、中国农业科学院农田灌溉研究所,河海大学,中国科学院、水利部西北水土保持研究所,武汉水利电力大学,西北农林科技大学,中国农业大学,江苏理工大学,水利部西北水科所,水利部牧区

水科所,中国科学院石家庄农业现代化研究所,兰州沙漠研究所,甘肃省水科所,宁夏回族自治区水科所,宁夏农林科学院,内蒙古自治区水科院等单位共同承担。

在项目组全体人员的共同努力下,通过调研、室内外试验、理论分析、模型计算以及试验示范区建设、产品定型中试等,已全面完成各项研究示范任务。共提出重大研究成果 35 项,发表科技论文 344 篇,出版专著 6 部,建成试验示范区 1 340.64hm²,辐射面积 9 081.7hm²,推广面积 6.67 万 hm²,突破关键技术 45 项,年直接经济效益 1 993.5 万元。项目成果于 2001 年由科技部组织鉴定,达到国际先进水平。在新设备研制方面,有 19 种节水节能灌溉新设备投入中试生产,其中 11 种产品实现产业化。有 6 项成果达国内领先水平,6 项成果达到国际先进水平,7 种产品获国家实用新型专利。在成套技术研究方面,首次研究提出了黄河高含沙水滴灌净化处理模式,和灌溉管理与农艺综合技术组装备套,形成引黄高含沙水滴灌成套技术;在国内首次系统开展激光土地精细平整技术的田间应用研究,开发研制了适合国情的波涌灌成套设备;提出波涌灌、水平畦田灌的适宜条件、设计及系统评价方法等,研究提出了节水高效灌溉条件下冬小麦、夏玉米、棉花的调亏灌溉指标,提出大田作物调亏灌溉综合技术体系;研究提出了适合我国北方地区应用的节水灌溉与农业综合配套技术,综合水、肥、种、耕作、种植覆盖及化学制剂等技术要素组成的 8 套节水灌溉与农业综合配套技术模式;研究提出不同集流面地表处理技术和新型地表处理材料,适于黄土高原地区应用的 3 种水窖和沉沙池结构型式,以及雨水高效利用的农业综合配套技术体系;提出了适合我国国情和灌区实情的基于实时灌溉预报的渠系动态配水技术、墒情模拟及预测模型、墒情及早情信息的监测和传递技术。

为了全面总结和介绍“九五”国家科技攻关计划项目“节水农业技术与示范”取得的科技成果,在水利部国际合作与科技司的主持下,组织参加该项目研究、示范工作的技术骨干力量,以该项目成果为主要材料(为保持全书的完整性,有关渠系输配水系统关键技术部分吸收了国内同期其他项目研究取得的相关成果),撰写了《节水农业新技术研究》这部专著,希望能对我国节水农业的发展起到一定的参考作用。

“节水农业技术与示范”项目在实施过程中,得到了科技部、水利部、

农业部、中国科学院及其他部门许多领导、专家的指导和帮助;试验示范区所在地的北京市、山西省、河南省、内蒙古自治区、宁夏回族自治区、甘肃省、陕西省、新疆维吾尔自治区的各级领导部门和科技人员也给予了大力支持,为项目的研究、示范和设备研发提供了良好的工作、生活条件,在此一并表示衷心的感谢。此外,参加研究和管理的工作的人员还有:山西省水利厅贾宏骥、孙小平,霍泉灌区水管处纪珠宝;北京市水利局黄玉璋;北京市昌平区水资源局姚文成;宁夏回族自治区科技厅杨汉森,水利厅王昕华;甘肃省科技厅李琪;内蒙古自治区科技厅闫树国;中国水利水电科学研究院刘晓辉、武文凤。本书的出版也有这些同志的辛勤劳动。

在本书的编写过程中,参考和引用了许多国内外文献,在此对这些文献的作者表示衷心的感谢!限于编著者水平,书中还存在许多不足之处,恳请读者批评指正。

编著者

2002年6月

目 录

序

钱正英

前言

第一章 概论	(1)
第一节 节水农业的概念.....	(1)
第二节 我国水资源现状及对发展节水农业的需求.....	(8)
第三节 国外节水农业技术的新进展.....	(13)
第四节 我国节水农业技术的发展现状及趋势.....	(18)
第二章 渠系输配水系统关键技术	(25)
第一节 概述.....	(25)
第二节 管道输水灌溉系统工程.....	(29)
第三节 渠道防渗工程技术.....	(45)
第三章 喷、微灌设备的研制与改进	(77)
第一节 概述.....	(77)
第二节 喷灌新设备.....	(81)
第三节 微灌新设备.....	(99)
第四章 高含沙水净化处理技术与设备	(116)
第一节 灌溉渠道中泥沙分布规律与特点.....	(116)
第二节 组合过滤模式与设备.....	(121)
第三节 抗堵塞滴灌灌水器.....	(132)
第四节 大田粮食作物滴灌灌溉制度与运行管理.....	(144)
第五节 滴灌设计 CAD 系统.....	(158)
第五章 田间节水灌溉新技术	(172)
第一节 波涌灌溉设备的开发研制.....	(173)
第二节 间歇供水条件下的土壤特性分析.....	(184)
第三节 波涌灌溉的田间适应条件与管理系统.....	(190)
第四节 组合平地技术及应用.....	(208)
第五节 激光控制平地方法经济可行性分析.....	(222)
第六节 田间平整精度对畦灌系统性能的影响.....	(228)
第七节 水平畦田灌水技术.....	(236)

第八节	地下滴灌灌水器研制	(243)
第九节	地下滴灌条件下土壤水运动和溶质运移	(255)
第十节	地下滴灌系统灌水设计参数对土壤水、肥运动的影响	(264)
第六章	主要农作物节水高效灌溉制度	(272)
第一节	主要农作物关键需水期及节水高效灌溉指标	(272)
第二节	主要农作物需水规律、耗水量估算模型及水分 生产函数模型	(291)
第三节	主要农作物经济灌溉模式	(309)
第四节	主要农作物调亏灌溉技术	(317)
第七章	节水灌溉与农业综合技术	(331)
第一节	不同灌溉方式下水肥耦合及调配施用技术	(332)
第二节	间套种格式和耕作措施的优化与改进技术	(355)
第三节	农田覆盖与配套灌水施肥技术	(369)
第四节	不同间套模式下农水措施结合的综合配套技术	(382)
第八章	人工汇集雨水高效利用技术	(397)
第一节	雨水汇集工程规划设计与地表处理技术	(397)
第二节	雨水存储与净化技术	(433)
第三节	汇集雨水高效利用的综合农艺技术	(460)
第四节	小型提水灌溉机具	(478)
第九章	灌溉系统动态配水关键技术	(485)
第一节	概述	(485)
第二节	灌区动态配水技术	(487)
第三节	土壤墒情预报	(509)
第四节	灌区量水新技术研究	(523)
第十章	节水农业新技术的应用与示范	(543)
第一节	引黄高含沙水滴灌技术应用与示范	(543)
第二节	田间节水灌溉新技术应用与示范	(556)
第三节	节水高效灌溉制度应用与示范	(580)
第四节	节水灌溉与农业综合技术应用与示范	(591)
第五节	人工汇集雨水利用技术应用与示范	(601)
参考文献		(613)

第一章 概 论

第一节 节水农业的概念

一、节水农业的内涵

节水农业是充分合理地利用各种可用水源,采取工程、农艺、管理等技术措施,使区域内有限水资源总体利用率最高及其效益最佳的农业,即节水高效的农业。要将自然界的水转化为农作物产量,一般要经过以下四个环节:①对水资源进行合理开发,使其成为农业可用水源;②将水从水源输送至田间;③把引入田间的水,均匀地分配到指定的面积上储存到土壤中;④作物经根系吸收土壤水,通过作物体内生理、生化过程转化形成经济产量。

(一)合理开发农用水资源

农用水资源包括降水、地表水、地下水、土壤水和经过净化处理的废污水。农用水资源的合理开发,是指采取必要的工程技术措施,对天然状态下的水进行有目的的干预、控制和改造,在维护生态平衡条件下,为农业生产提供一定水量的活动。

1. 降水

降水是各种农用水资源之母,从广义来说,水资源的利用即是降水的利用。直接利用降水供给作物用水,是投资省见效快的途径。我国多年平均降水总量为 61 900 亿 m^3 ,约合水深 648mm,目前约有 56% 的降水消耗于陆面蒸发与植物的蒸腾,进一步开发利用的潜力很大。

2. 地表水

地表水是我国农田灌溉的主要水源。我国多年平均地表河川径流量为 27 100 亿 m^3 ,目前利用率仅为 15.4%,其中 80.1% 用于灌溉,但利用率很低,一般地表水灌区仅 30%~40%。未利用的部分主要为雨季的洪水,且分布在长江以南广大地区。北方地区的地表水资源开发潜力不大。

3. 地下水

我国多年平均可更新地下水资源量为 8 290 亿 m^3 ,其中与地表水重复部分为 300 亿 m^3 。目前地下水的直接利用量为 898 亿 m^3 ,其中约 53.1% 用于农田灌溉,并灌面积目前约占全国粮食灌溉面积的 25%,并且多为旱涝保收的高产稳产田。但是,由于长期开采地下水,一些地区已因严重超采地下水,引发一系列生态平衡问题,合理开发地下水资源已成为当务之急。

4. 土壤水

近年来,人们已逐渐认识到,在干旱半干旱地区,土壤水也是相当重要的农用水资源。

土壤水既具有水资源的基本特征,又与重力水资源有区别,具有不可调度性,不可开采性,只能就地为植物利用,或者直接耗于蒸发返回大气。对土壤水的利用,基本上是自然利用,不需要耗费昂贵的工程投资。据调查,在我国北方地区,土壤水资源占降水资源的60%~70%,合水深360~420mm。有试验结果表明,在小麦生育期内,土壤水利用量可占全部耗水量的1/3,但在多数地区却未能得到充分利用。

5. 劣质水

劣质水包括生活与工业污水以及微咸水,也是一种可开发的农用水资源。我国生活与工业污水排放量2000年高达900亿 m^3 。如果将这部分污水资源化并加以回收,合理开发利用,可在一定程度上缓解水资源的供需矛盾。我国还有相当数量的咸水和微咸水资源,仅华北平原浅层地下咸水面积就约占平原总面积的60%,其中矿化度2~3 g/L的微咸水面积约为3.6万 km^2 ,占咸水区面积的40%。据计算,华北平原浅层地下咸水天然资源量为75亿 m^3/a ,其中矿化度2~3 g/L的微咸水资源量为36亿 m^3/a ,矿化度大于3 g/L的咸水资源量为39亿 m^3/a 。但是,我国目前微咸水的灌溉技术比较落后,利用水平也较低,亟待研究采用新技术,加大开发利用的力度。

(二) 修建输配水工程,将水从水源送到田间

从水源引水输送到田间是通过修建输配水工程来实现的,渠道和管道是我国农田灌溉最主要的输水工程。但传统的土渠输水渗漏损失大,占到输水量的50%~60%,一些土质较差的渠道输水损失高达70%。据有关资料分析,全国各级渠道渗漏损失水量达1700亿 m^3/a 。衡量输水工程的输水有效程度可用渠系水利用系数表示,即末级固定渠道放出进入田间的总水量与渠首引进的灌溉总水量之比值。由于输水损失中既包含渗漏、蒸发损失,也包含泄水、退水以及工程失事后造成的跑水损失,故渠系水利用系数既反映了输配水工程质量,也反映了水源调度及渠系管理运行的质量。因此,渠系水利用系数越低,则表明灌溉水从水源输送至田间过程中的水量损失越大,反之亦然。我国目前灌区的渠系水利用系数还很低,据统计分析,全国平均渠系水利用系数为0.55左右。实践证明,采用渠道防渗或管道输水可大幅度减少输水损失,显著提高渠系水利用系数。但我国渠道防渗和低压管道输水所占的比例很低。因此,大力发展渠道防渗和低压管道输水是我国节约灌溉用水的主要技术措施。

(三) 采用田间灌溉工程技术把引入田间的水均匀地分配到指定的面积上

把引入田间的水均匀地分配到指定的面积上,储存在土壤中转化为土壤水,是通过田间灌溉工程技术来实现的。目前,一般可采用沟灌、畦灌、格田灌等传统地面灌溉技术,间歇灌、水平畦田灌等改进地面灌溉技术,喷灌、微灌等先进灌溉技术。无论采用何种田间灌溉工程技术,将引入田间的灌溉水转化为土壤水的过程中都会有水量的损失,如蒸发漂移、深层渗漏和地面径流等损失。衡量这个损失的大小程度可用田间水利用系数来表示,它是指同一时期内,田间实际灌水面积计划湿润层内土壤中得到的净水量与灌区末级固定渠道供给田间总水量的比值。田间水利用系数越大,则田间灌溉水损失越小。田间灌溉水有效利用程度与土地平整、土壤质地、耕作措施以及采用的田间灌溉工程技术等密切相关。据有关统计分析,我国目前灌区的田间水利用系数平均为0.75~0.80。

从水源引水到田间灌水这两个环节为节约灌溉用水所采取的技术措施,称为工程节

水措施,衡量从水源引水到田间形成土壤水过程中,灌溉水有效利用程度的指标用灌溉水利用系数来表示。它是从渠首引进灌溉水量扣除渠系和田间损失水量后与总引进灌溉水量的比值,是集中反映灌溉工程质量、灌溉技术水平和管理水平的一项综合性指标。根据统计分析,我国灌区目前灌溉水利用系数平均为 0.43 左右,亦即是说,从水源引水到作物根层有一半以上的灌溉水在这个过程中,因渗漏、蒸发和管理不善等原因而损失了,没有被作物利用。因此,工程节水措施尽管不与作物形成产量直接发生关系,但却是当前节水农业技术的主要方面。

提高降水的利用率也是节水农业的一个重要方面。在灌溉农田上,利用降水则意味着少用灌溉水。因此,充分有效地利用降水,亦是节水农业技术的一项重要措施。降水的利用集中在田间,衡量降水有效程度的指标一般用降水有效利用系数表示,其数值与降水总量、每次降水强度及降水延续时间、土壤性质、作物生长与地面覆盖情况、计划湿润层深度等因素有关。不同地区、不同作物和不同年份的降水有效利用系数各不相同,必须通过实地观测试验求得。为了提高降水有效利用系数,目前一般采取耕作和覆盖等技术措施,目的是减少因田面的蒸发、形成地表径流以及深层渗漏所引起的降水量损失。

(四)作物从农田土壤中获取水分形成产量

作物从农田土壤中获取水分到形成产量,是通过作物对土壤水的吸收、运输和蒸腾来完成的。根系是作物吸水的主要器官,它从土壤中吸收大量的水分,满足作物生长发育的需要。根的吸水主要在根尖进行,在根尖中,以根毛区的吸水能力最大。水在作物体内的运输是首先进入根部,经过皮层薄壁细胞,进入木质部的导管和管胞中;然后水分沿着木质部向上运输到茎或叶的木质部;再从叶片木质部末端细胞进入气孔下腔附近的叶肉细胞的细胞壁的蒸发部位;最后水通过气孔蒸腾出去。作物从土壤中吸收的水分,只有极小部分用于代谢,通过光合作用和作物体内复杂的生理、生化过程转化成经济产量,绝大部分都以蒸腾的形式散发到体外。在作物吸收的总水量中,能利用的只占 1%~5%。作物的蒸腾过程和光合作用是同步进行的,当水汽通过开着的气孔扩散进入大气时,光合过程需要 CO_2 同时通过气孔进入叶片;当供水不足而使气孔部分关闭导致蒸腾受阻时, CO_2 的吸收也同时受阻,从而使光合作用减弱,作物产量降低。因此,作物的蒸腾是必不可少的。对于节水农业来说,就是要提高蒸腾的效率,即在保证作物必要的蒸腾条件下,尽可能提高作物的产量。作物形成产量过程中对水分的需求除了蒸腾外,还有棵间蒸发和构成植株体所需的水量,这就是作物需水量。由于构成植株体的水量与蒸腾及棵间蒸发量相比其量极小,一般小于它们之和的 1%,可忽略不计。因此,作物需水量可认为是作物在一定产量条件下,植株蒸腾量和棵间蒸发量之和,也称为腾发量、蒸散发量或农田总蒸发量。在任一土壤水分条件下的作物需水量也称作作物耗水量。对于水稻田,必要的农田水分消耗除了蒸发蒸腾外,还包括适当的渗漏量。通常把水稻蒸发蒸腾量与稻田渗漏量之和称为水稻田耗水量。衡量农田水分利用效率程度的指标是水分生产率,它是单位面积平均产量与单位面积平均净灌溉水量和有效降水量及地下水补给量之和的比值,也即是作物产量与水分投入量的比值。这里的水分投入量也就是蒸发蒸腾量,对于水稻田还包括适当的渗漏量。因此,水分生产率是集中反映作物对水分的利用效率的一项综合性指标,是农艺措施产生的节水效果。为提高水分生产率,应采取措施提高作物的蒸腾效

率,减少棵间蒸发量。为此,可采用栽培、耕作、覆盖、施肥、选育品种以及施用化学制剂等节水增产的农艺技术措施。

管理节水是节水农业的重要组成部分,实践证明,灌溉节水的潜力 50% 是在管理上。因此,从水源到作物产量形成的整个用水过程中,都要做好管理工作,采用先进的节水管理技术,这些技术包括制定节水灌溉制度、土壤墒情监测与灌溉预报技术、优化配水技术、量水技术和现代化管理新技术。

由此可见,节水农业技术不是一种单一技术,而是由工程节水技术、农艺节水技术和管理节水技术组成的一种技术体系。实施这种技术体系的根本目的是最大限度地减少从水源通过输水、配水、灌水直至作物耗水过程中的损失,最大限度地提高单位耗水量的作物产量和产值。

二、节水农业的主要技术措施

(一)水资源合理开发利用技术措施

1. 水资源优化分配技术

对水资源进行综合评价,提出能充分利用水资源并发挥最大效益的优化分配方案,进行水资源的开发利用。

2. 多水源联合运用技术

利用系统工程理论和模糊数学方法,建立优化调度模型,采用计算机管理,提高各种水源的利用率,充分发挥各种水源的效益,实现节水增产并保持灌区水资源的良性循环。

3. 雨水汇集利用技术

在干旱缺水的丘陵山区,选择有一定产流能力的坡面、路面、屋顶,或经过夯实防渗处理的地方,作为雨水汇集区,将雨水引入位置较低的水窖(窑)或水池内储存,经过净化处理,供农村人畜饮水和农作物灌溉用水。

4. 地下水利用技术

在利用地下水为灌溉水源的地区,在维持地下水生态平衡的前提下,确定开采强度,合理利用地下水,对机井进行测试改造,提高机井的出水效率和装置效率,降低能耗。在井渠结合灌区,非灌溉季节时,可利用渠道引客水或利用排水沟集蓄雨季降水,入渗补给地下水。

5. 劣质水利用技术

劣质水包括城市生活污水、工业废水、微咸水和灌溉回归水。城市或工矿企业排放的污水含有多种重金属元素、有害的无机物或有机化合物、病原生物等,必须经过严格净化处理达到灌溉水质标准,才能用于灌溉非直接食用的农作物。利用微咸水灌溉时,可根据土壤积盐状况、农作物不同生育期耐盐能力,直接利用微咸水或咸淡水掺混使用。但应特别注意掌握灌水时间、灌水量、灌水次数,同时与农业耕作栽培措施密切配合,防止土壤盐碱化。对于灌区渠系和田间渗漏水、退水、跑水产生的回归水,可收集起来重复利用或作为下游灌区的灌溉水源。但使用回归水之前,要化验确认其水质已符合灌溉水质标准。

(二)节水灌溉工程措施

1. 渠道防渗技术

渠道防渗技术是我国目前应用得最广泛的节水灌溉工程技术措施。通过对渠床土壤处理或建立不易透水的防护层,如混凝土护面、浆砌块石衬砌、塑料薄膜防渗和混合材料防渗等工程技术措施,减少输水渗漏损失,加快输水速度,提高灌水效率。与土渠相比,浆砌块石防渗可减少渗漏损失 50%~60%;混凝土护面可减少渗漏损失 60%~70%;塑料薄膜防渗可减少渗漏损失 70%~80%。

2. 低压管道输水灌溉技术

用塑料管或混凝土管等管道输水代替土渠输水到田间对农田实施灌溉,可大大减少输水过程中的渗漏、蒸发损失,水的输送有效利用率可达 95%;还可减少渠道占地,提高输水速度,加快灌水进度,缩短轮灌周期,有利于控制灌水量。管道输水系统通常由埋管道、给水栓和地面移动闸管组成,采用低压输水。在井灌区,可利用井泵余压解决输水所需的工作压力,因此在我国北方井灌区推广很快。在自流灌区,可采用大口径低压管道代替明渠输水。

3. 喷灌技术

喷灌是利用专门的设备将水加压,或利用水的自然落差将有压水通过压力管道送到田间,再经喷头喷射到空中散成细小的水滴,均匀地散布在农田上,达到灌溉目的。喷灌几乎适用于灌溉所有的旱作物,如谷物、蔬菜、果树等,既适用于平原也适用于山丘区;既用来灌溉农作物又可用于喷洒肥料与农药、防霜冻和防干热风等。但在多风情况下,喷洒会不均匀,蒸发损失增大。为充分发挥喷灌的节水增产作用,应优先应用于经济价值较高且连片种植、集中管理的作物;地形起伏大、土壤透水性强、采用地面灌溉困难的地方;水源有足够自然落差适合修建自压喷灌的地方;灌溉季节风小的地区。现阶段适合在我国大面积推广的主要有固定式、半固定式和机组移动式三种喷灌形式。与地面灌溉相比,大田作物喷灌一般可省水 30%~50%,增产 10%~30%。

4. 微灌技术

微灌是一种新型的最节水的灌溉工程技术,包括滴灌、微喷灌和涌泉灌。微灌可根据作物需水要求,通过低压管道系统与安装在末级管道上的灌水器,将水和作物生长所需的养分以很小的流量均匀、准确、适时、适量地直接输送到作物根部附近的土壤表面或土层中进行灌溉,从而使灌溉水的深层渗漏和地表蒸发减少到最低限度。微灌常以少量的水湿润作物根区附近的部分土壤,因此主要用于局部灌溉。微灌适用于所有地形和土壤,特别适用于干旱缺水地区,我国北方和西北地区是微灌最有发展前途的地区,南方丘陵区经济作物因常受季节性干旱影响也很适宜采用微灌。微灌系统可分为固定式和半固定式两种,固定式常用于宽行作物,半固定式可用于密植的大田作物及宽行瓜类等。与地面灌溉相比,微灌一般省水 50%~80%,增产效果也十分显著。

5. 覆膜灌技术

覆膜灌包括膜上灌和膜下灌。膜上灌是在地膜栽培的基础上,把以往的地膜旁侧灌水改为膜上灌水,水沿放苗孔和地膜旁侧渗对作物进行灌溉。通过调整膜畦首尾的渗水孔数及孔的大小,来调整沟畦首尾的灌水量,可获得较常规地面灌水方法相对高的灌水均