

高等学校水利类教材

节水



灌溉理论与技术

(第二版)

罗金耀 主编



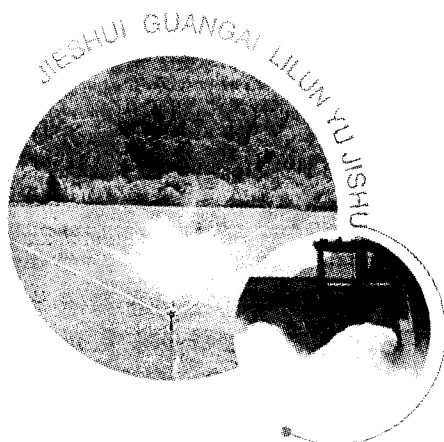
全国优秀出版社
武汉大学出版社

高等学校水利类教材

节水灌溉理论与技术

■ 罗金耀 主编

(第二版) 武汉大学出版社



内 容 简 介

本书根据国内外近年来节水灌溉理论与技术的科研成果和实践经验,系统地讲述了节水灌溉的基本理论与技术。全书共分十一章,包括绪论、作物与水分、作物蒸发与蒸腾、作物水分生产函数、节水灌溉水量最优分配、地面节水灌溉理论与技术、喷灌理论与技术、微灌理论与技术、节水灌溉输配水系统、节水灌溉管理、节水灌溉试验等。

本书内容充实,基本包括了我国目前研究和发展的节水灌溉的主要理论与技术,可作为农田水利工程、水利水电工程专业的本科生、研究生教材,也可供有关科研、设计院所的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

节水灌溉理论与技术/罗金耀主编. —2版. —武汉:武汉大学出版社,2003.10
高等学校水利类教材
ISBN 7-307-03830-7

I. 节… II. 罗… III. 节约用水—灌溉 IV. S275

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第059443号

责任编辑:李汉保 责任校对:程小宜 版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:武汉理工大印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:21.5 字数:514千字

版次:1999年1月第1版 2003年10月第2版

2003年10月第2版第1次印刷

ISBN 7-307-03830-7/S·32 定价:30.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

第二版前言

本书第一版由李远华主编,于1999年1月出版,印数2000册。至今已有4年多时间,这期间除作为有关院校本科生、研究生教学用书外,适逢全国“大型灌区续建配套与节水改造规划”工作的开展,各地对本书的需求量甚大,印数已远不能满足教学和生产需要;另外,由于第一版编写时间仓促,有的内容不尽合适,而且部分领域的研究和应用也有了新的进展。根据2002年全国高等学校水利学科第五轮教材规划的要求,将本书修订出版作为农水组“十五”期间急需出版的教材之一。

对第一版进行修订,是本书作者一直以来的愿望。此次修订工作,在吸收国内外教学、科研、设计和生产部门意见和经验的基础上,对第一版的部分内容作了较大删改、补充和调整,但仍保持了原书风格和基本体系。全书共十一章,由罗金耀主编,崔远来参编,其中罗金耀负责第一、六、七、八、九、十章的修订和补充工作;崔远来负责第二、三、四、五、十、十一章的修订补充工作。

进入21世纪,我国工农业生产用水矛盾将更加突出,水资源紧缺的状况日趋严峻,迫使农业灌溉排水领域要不断更新观念,其中研究和推广高效的节水灌溉理论与技术,是我国发展节水农业、设施农业,实现高产、高效、优质农业的重要途径;编写既适合有关大专院校本科生、研究生的教学用书或教学参考书,同时还希望能为有关科研、设计人员提供一个实用工具,是我们责无旁贷的义务。但由于编者水平和时间所限,书中仍难免存在缺点和错误,衷心地希望有关专家和读者提出批评意见,以促进本书的进一步完善。

本书的出版,得到了武汉大学“教材出版专项基金”和武汉大学“211工程”建设经费的资助,作者对此表示衷心的感谢!

作 者

2003年2月

前 言

水资源危机不仅已成为全球经济持续发展的中心问题之一,而且也已经成为全球政治问题的中心议题之一。我国是一个水资源不丰富的国家,为解决我国水资源危机,认真搞好农业节水,大力发展节水灌溉,形成节水型社会,已经成为我国的一项基本国策。近年来,党中央和国务院对节水灌溉十分重视,水利部强调要从实现两个根本性转变的战略高度充分认识中央提出的“大力普及节水灌溉”的重要意义。

为了既能节约用水,又能保持农业持续发展,即最经济地利用有限的水资源和最有效地灌溉,必须有较系统的节水灌溉理论作指导。但国内尚没有一本可供本科生和研究生使用、专门介绍节水灌溉理论与技术的教材或专著。为缓解我国迅速发展的节水农业实践与节水灌溉理论研究和教学不相适应的矛盾,1997年5月高等学校水利水电类专业教学指导委员会“农水、测量与泵站教学组”认为此书急需出版。

《节水灌溉理论与技术》已成为农田水利工程专业的一门重要课程。在编写此书过程中,作者力求充分反映国内外节水灌溉方面的最新研究成果、应用及其发展方向;同时本着少而精和便于教学的原则,着重阐述了节水灌溉的基本理论与技术。全书共分十章,主要包括作物与水分的关系、作物蒸发蒸腾量计算与预测、作物水分生产函数、灌溉水量最优分配、地面灌溉理论与技术、喷灌微灌理论与技术、节水灌溉输配水系统、节水灌溉管理和节水灌溉科学试验等。

参加本书编写的有武汉水利电力大学李远华(第一、二、三、九、十章)、崔远来(第四章第五、六节及第五章)、魏永曜(第六章第一、二、三节)、罗金耀(第七章)、内蒙古农牧学院陈亚新、魏占民(第四章第一、二、三、四节)、河海大学彭世彰(第六章第四节)和西北农业大学林性粹(第八章)。全书由李远华主编,罗金耀参加了部分统稿工作。

本书的编写得到了农田水利学界许多专家的支持和帮助,雷声隆教授、房宽厚教授、李恩羊教授及茆智教授等提出了许多宝贵意见,对此我们表示衷心的感谢。

由于国内外节水灌溉理论与实践尚处在发展和探索阶段,加之作者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

本书的出版,得到了武汉水利电力大学“211工程”建设经费资助,主编和作者表示衷心的感谢!

作 者

1998年2月

目 录

第一章 绪 论	1
§ 1.1 节水灌溉的概念	1
§ 1.2 发展节水灌溉的重要意义	2
§ 1.3 节水灌溉的主要技术措施	6
§ 1.4 节水灌溉理论体系及主要内容	8
第二章 作物与水分	10
§ 2.1 作物水分生理	10
§ 2.2 作物与水的生态关系	16
§ 2.3 土壤-植物-大气水分传输系统	19
§ 2.4 水分胁迫对作物生理活动及产量的影响	22
§ 2.5 节水灌溉条件下稻田生态环境	30
第三章 作物蒸发蒸腾	32
§ 3.1 作物蒸发蒸腾量的变化规律	32
§ 3.2 作物蒸发蒸腾量的主要影响因素	39
§ 3.3 作物蒸发蒸腾量的计算基本模型	41
§ 3.4 参考作物蒸发蒸腾量计算	49
§ 3.5 水分不足条件下作物蒸发蒸腾量计算	55
§ 3.6 作物蒸发蒸腾量的预测	59
第四章 作物水分生产函数	64
§ 4.1 作物水分生产函数的基本概念	64
§ 4.2 作物水分生产函数的数学模型	68
§ 4.3 作物水分生产函数数学模型的建模	77
§ 4.4 旱作物水分生产函数	83
§ 4.5 水稻水分生产函数	87
§ 4.6 作物水分生产函数变化规律	92
第五章 节水灌溉水量最优分配	101

§ 5.1	节水灌溉的最优灌溉制度	101
§ 5.2	多种作物间灌溉水量最优分配	119
§ 5.3	降雨随机条件下稻田非充分灌溉的最优灌溉制度及灌溉水量 最优分配	127
§ 5.4	地区间水量大系统优化配水模式	131
§ 5.5	一次灌水灌溉渠系最优水量分配	133
第六章	地面节水灌溉理论与技术	139
§ 6.1	地面节水灌溉系统的分类及评价	139
§ 6.2	地面灌溉系统的稳定流设计方法	146
§ 6.3	地面灌溉系统的非稳定流设计方法	153
§ 6.4	波涌灌溉技术	173
§ 6.5	稻田节水灌溉	185
第七章	喷灌理论与技术	191
§ 7.1	概论	191
§ 7.2	喷灌设备	192
§ 7.3	喷灌灌水技术要素	199
§ 7.4	喷灌系统规划设计	211
第八章	微灌理论与技术	233
§ 8.1	概论	233
§ 8.2	微灌灌溉技术要素	239
§ 8.3	微灌系统规划设计	243
第九章	节水灌溉输配水系统	251
§ 9.1	概述	251
§ 9.2	低压管道输水灌溉系统	253
§ 9.3	渠道防渗技术	268
第十章	节水灌溉管理	281
§ 10.1	实时灌溉预报	281
§ 10.2	中长期灌溉用水计划	288
§ 10.3	短期灌溉用水计划及渠系动态配水	294
§ 10.4	灌溉用水实时决策支持系统	297
§ 10.5	节水灌溉管理质量评估	305
§ 10.6	节水灌溉综合评价的理论与方法	312

第十一章 节水灌溉试验	319
§ 11.1 节水灌溉试验的主要内容及目的	319
§ 11.2 试验处理	320
§ 11.3 试验方法	323
§ 11.4 节水灌溉试验成果分析	324
参考文献	331

第一章 绪 论

节水灌溉(water saving irrigation,缩写:WSI)是随着灌溉科学的发展和水资源紧缺而形成的一门新兴科学。其含义甚广,方法措施很多。灌溉水从水源到田间要经过几个环节,每个环节都存在水量无益损耗。凡是在这些环节中能够减少水量损失、提高灌溉水使用效率和经济效益的各种技术和措施,均属于节水灌溉的范畴。

我国是一个水资源不丰富的国家。在各个用水部门中,灌溉用水最多,约占全国总用水量的80%。因此,推广和应用节水灌溉技术对缓解我国日益突出的水资源供需矛盾具有十分重要的战略意义。几十年来我国在推行节水灌溉方面已经做了许多工作,取得了一定成效。近年来渠道防渗、喷灌、微灌等节水新技术和以管道代替沟渠的低压管道输水灌溉得到迅速发展。为了减少田间灌溉水的损失,很多地区采用了平整土地、膜上灌、稻田湿润灌溉、改进畦、沟灌等节水措施,效果也较显著。但是,节水灌溉在我国毕竟还处于发展阶段,各地发展不平衡,总体规模也不大。

§ 1.1 节水灌溉的概念

节水灌溉是根据作物需水规律及当地供水条件,为了有效地利用降水和灌溉水,获取农业的最佳经济效益、社会效益、生态环境而采取的多种措施的总称。

我国习惯用“节水”这一提法,更确切的提法应当是“高效用水”,国外多用后者。节水是相对的概念,不同的水源条件,不同的自然条件和社会经济发展水平,对节水灌溉有不同的要求。因此,不同国家、不同地区、不同历史发展阶段,有不同的节水标准。

节水灌溉,主要是对符合一定技术要求的灌溉而言。由于灌溉是补充天然降水的不足,从而促使作物高产高效,节省灌溉用水,当然首先要提高天然降水的利用率。因此,把“节水灌溉”仅仅理解为节约灌溉用水是不全面的,应当在考虑灌溉的同时,还要把各种可以用于农业生产的水源,如:地面水、地下水、天然降水,灌溉回归水,经过处理以后的污水,“废水”以及土壤水等都充分、合理地利用起来,并采用各种工程或管理措施提高水的有效利用率。节水灌溉不仅包括灌溉过程中的节水措施,还包括与灌溉密切相关、提高农业用水效率的其他措施,如雨水蓄集、土壤保墒、渠井结合、渠系水优化调配、农业节水措施、用水管理措施等。广义的节水灌溉包含了农业高效用水的大部分内容。

灌溉通过给农田补充水分来满足作物需水要求,创造作物生长的良好环境,以获得较高的产量,从水源到形成作物产量要经过以下四个环节:

1. 通过渠道或管道将水从水源输送至田间;
2. 将引至田间的灌溉水,尽可能均匀地分配到所指定的面积上转化为土壤水;
3. 作物吸收、利用土壤水,以维持作物的生理活动;

4. 通过作物复杂的生理过程,形成经济产量。

前两个环节主要决定于工程技术条件和管理水平。从水源引至田间,需修建渠道(或管道)和必要的水工建筑物;同时还需要一定的管理组织和管理技术。由于包括自然的、管理的和工程技术等原因,有一部分甚至一半以上的水在沿途损失了。据有关资料分析,灌溉输水损失水量在美国约占总引水量的 47%,原苏联为 50%,日本为 40%,我国平均为 50% 左右,这种输水水量损失程度可用渠系水利用系数来反映。渠系水利用系数一般根据流量计算,为了反映水量损失情况,在管理上也有以水量计算的,即从灌区的末级固定渠道供给田间的毛水量之和与同一时期“渠首”引进水量(不含非灌溉用水量)之比。因此,灌溉水从水源输送至田间沿程水量的损失越大,渠系水利用系数越低。实践证明,通过工程和管理措施可以显著地减少这一环节中的水量损失,提高渠系水利用系数。引入田间的灌溉水在转化为土壤水过程中也有水量损失,如深层渗漏和地面径流等损失。以水量计算的田间水利系数可以反映田间灌溉水的损失程度,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毛水量的比值。田间灌溉水损失越大,田间水利用系数越小。田间灌溉水有效利用程度与田间工程、土地平整以及所采用的灌水方法和技术有着密切关系。例如,根据陕西省洛惠渠管理局的统计,实行小畦灌溉比大水漫灌可降低灌溉定额 17%~35%。又据文献报道,在半干旱地区用塑料软管代替灌水沟进行长畦分段灌溉,比一般的长畦灌溉可省水 40%~60%,微灌时水的利用率更高,一般要比地面灌溉省水 30%~50%,也比喷灌省水 15%~25%。

由水源引水到田间灌水这个环节,都不与农作物吸收和消耗水分的过程直接发生关系。但是,在这两个环节中的节水潜力比较大,措施比较明确,是节水灌溉的重要方面。

在后两个环节中实现节水,一是靠减少作物棵间蒸发量,二是靠减少作物蒸腾量。作物全生育期棵间蒸发量约占作物总需水量的 40%~60%。这部分水量对改善作物生长环境有一定作用,不完全属于浪费水量。但从现有试验资料看,适当减少棵间蒸发量并不一定会影响作物产量,如覆盖保墒和局部灌溉技术均可大幅度减少棵间蒸发量,但对产量不产生影响。至于减少作物蒸腾量是否影响作物生产发育和产量,目前尚存在一些理论问题有待解决。近年来的许多节水灌溉或非充分灌溉试验研究表明,在一定条件下,适当减少作物植株蒸腾量,也不会导致减产。

综上所述,节水灌溉应从整个灌溉过程着手。事实上,从水源引水到形成作物产量的每一环节中,都存在着节水潜力。一般情况下,节水应是减少灌溉水的无益消耗,不减少作物正常的需水量,不使作物减产;在有些情况下,为了解决供需矛盾,也采用低于作物正常需水量标准进行供水,即采用非充分灌溉,这时不再追求单位面积产量最高,而是以有限的水资源量,使整个区域获得最高总产量或经济效益为目标。

§ 1.2 发展节水灌溉的重要意义

1.2.1 我国水资源分布概况

我国多年平均降水量达 6.19 万亿 m^3 ,多年平均水资源总量约 2.8 万亿 m^3 ,地下水资

源 0.82 万亿 m^3 , 两者重复量为 0.73 万亿 m^3 。我国的水资源总量虽在世界各国中排名第六, 但人均占有量不足 2 330 m^3 /年, 只相当于世界人均占有量的 22%, 位居世界第 88 位; 每公顷占有量仅为 21 600 m^3 /年, 是世界平均值的 50%, 总体上属水资源不丰富的国家。我国的水资源不仅不丰富, 而且时空分布极不均匀。按照我国降水量多少的情况, 可以把全国分为以下五个大区。

- 1. 多水区: 年降水量大于 1600mm 的地区。大致分布在我国东部沿海、华南沿海、云南的西部、西藏的东南部、台湾的中部一带。
- 2. 湿润区: 年降水量在 800~1600mm 之间的地区。大致包括秦岭、淮河以南, 长江中、下游, 云、贵、川和广西自治区一带。
- 3. 半湿润区: 年降水量在 400~800mm 之间的地区。包括黄、淮、海平原地区, 陕西、山西和我国东北的大部, 四川西部、西藏的东部地区。
- 4. 半干旱区: 年降水量在 200~400mm 之间的地区。包括我国东北的西部地区, 内蒙、宁夏、甘肃和新疆的西北部地区。
- 5. 干旱区: 年降水量在 200mm 以下的地区。包括内蒙、宁夏、甘肃的沙漠, 青海的柴达木盆地, 新疆的塔里木、准噶尔盆地等地区。

我国各地区水土资源分布情况见表 1-1。

表 1-1 我国各地区水土资源分布情况表

地 区		河川径流		耕 地
		总 量 (亿 m^3)	占全国比 (%)	占全国比 (%)
北 方	东北地区	1 635.56	6.2	18.6
	黄淮海流域	1 741.08	6.6	39.9
	内蒙高原及西北内陆	1 160.72	4.4	5.4
	合 计	4 537.36	17.2	63.9
南 方	长江中下游	7 307.26	27.7	22.0
	东南沿海	5 302.38	20.1	8.2
	云贵、青藏高原	9 233.00	35.0	5.9
	合 计	21 842.64	82.8	36.1
全国总计		26 380.00	100	100

我国降水量分布的总趋势, 是由东南沿海向西北内陆递减的。与我国耕地的分布状况很不一致, 形成了南方水多地少的水土资源组合很不协调的格局。例如: 长江以南地区, 耕地面积仅占全国耕地面积的 36%, 而其河川径流量占全国总径流的 83%; 淮河及其以北地区, 耕地面积占全国的 64%, 而其河川径流量仅占全国总径流的 17%。其中黄、淮、海、辽四个流域内的耕地面积占全国的 40%, 但其河川径流量仅占全国总径流的 7%。降水和径流的地区分布不均匀性, 尤其是水、土资源的组合很不协调、很不平衡, 也是我国水资源的自然特点之一。

我国的水资源分布和人口的分布也不一致,人均和每公顷年占有的水资源量相差很大。我国水资源量和人均、每公顷年占有量按流域分布的情况见表 1-2。

表 1-2 我国水资源量的每公顷占有量和人均年占有量按流域分布情况表

地 区	年径流量 (亿 m ³)	耕地面积 (万 hm ²)	人口 (万)	每公顷年水量		人均年水量	
				(m ³ /hm ²)	与全国比 (%)	(m ³ /人)	与全国比 (%)
珠江流域	3 070.00	520.50	7 411	58 980	224	4 142	154
浙 闽 片	2 001.23	312.60	6 280	64 020	243	3 187	118
长江流域	9 793.53	2 247.20	34 580	39 645	151	2 832	105
淮河流域	530.00	1 257.73	12 479	4 215	16	425	16
黄河流域	626.00	1 304.07	8 167	4 800	18	766	28
海河流域	284.00	1 007.07	8 836	2 820	11	321	12
辽河流域	151.00	470.27	2 833	3 210	12	533	20
松花江流域	759.00	1 171.20	4 662	6 480	25	1 628	60
总 计	26 341.26	9 933.33	97 000	26 325	100	2 695	100

从表 1-2 中可以看出,每公顷年水量和人均年水量都以海河流域为最低;每公顷年水量以浙、闽片为最高;人均年水量以珠江流域为最高。从每公顷年水量来看,海河流域同浙、闽片相比,相差达 22.7 倍;从人均水量来看,海河流域同珠江流域相比,相差达到 12.9 倍。所以,水资源量的每公顷分配和人均分配的地区差别很大,是我国水资源的又一自然特点。

1.2.2 水资源利用和节水农业发展概况

新中国成立以来,我国共建水库 8.5 万座,蓄水能力达 4 900 亿 m³,各类水利设施年供水能力达 5 800 亿 m³,农业供水由 20 世纪 50 年代初的 1 000 亿 m³增加到 3 900 亿 m³。建成万亩以上的灌区 5 600 多处,其中 30 万亩以上的大型灌区有近 400 处,灌溉面积由 20 世纪 50 年代初的 0.16 亿 hm²发展到目前的 0.53 亿 hm²,灌溉面积占耕地面积的比例高于美国、加拿大等发达国家。但灌溉渠道大部分是土渠,近一半的水量在输水过程中因渗漏而损失,田间大都是采用大水漫灌,采用喷灌、微灌,低压管道输水等节水灌溉技术的耕地面积不足 10%,全国灌溉水平平均利用率只有 40%,比发达国家低 25%~30%,吨粮耗水 1330 m³,比发达国家高 300~400 m³。近年来我国加大了对节水灌溉的投入,“九五”期间平均每年完成节水工程面积 188 万 hm²。

由于干旱,我国北方黄土高原五省区粮食单产低于全国平均水平 1/4 以上。“七五”以来,国家加大了水利灌溉和旱作农业的推广力度,北方旱区成为我国粮棉油产量增长最快的地区。全国有 46% 的粮食、61% 的棉花、72% 的大豆、46% 的油料来自北方地区,并出现了粮食生产重点向中西部转移的趋势。由于大力推广节水灌溉技术和在旱区推广早播,大垄沟种植,地膜覆盖等旱作节水农业技术,有的地方在人均耕地减少的情况下,人均产粮却大

幅度提高,有些贫困旱区变成了商品粮生产基地。节水农业新技术的应用,带来了农业生产革命性的变化。

我国北方大部分地区光热资源优势明显,纬度适中,在作物生长旺季气温高于同纬度的西欧和北美,适合农作物生长和提高品质,只要解决水的问题,潜力很大。我国在相当长的一段时期内重工程建设,轻用水管理和节水技术推广;重视水资源的再分配,忽视水资源的节约,对节水的投入比例偏小。农业灌溉平均水价约 0.03 元/m^3 ,严重低于成本,制约了水利建设和节水技术推广。

目前我国水资源开发的难度增大,容易建、效益指标好的水利工程已经建成或正在建设,未建的工程一般是“难啃的骨头”,新建水源工程不但投资多,而且周期长,发挥效益慢。新建工程提供的水资源成本高,发展农业,特别是种粮业难以承受。因此,推广节水灌溉,发展旱作物农业是近期摆在我们面前的一项艰巨战略任务。

1.2.3 发展节水灌溉的重要意义

新中国成立五十多年来,我国农田灌溉事业取得了很大成就,到 2000 年,耕地面积已达 1.3 亿 hm^2 ,其中有 0.77 亿 hm^2 没有灌溉条件,在另外 0.53 亿 hm^2 的灌溉面积上,生产了占总产量约 $2/3$ 的粮食,这对基本解决全国 13 亿人口的温饱问题,对促进工农业生产和国民经济的发展,起到了极为重要的作用。农业用水目前约占全国用水量的 80%,随着工业的进一步发展,工业和其他用水部门与农业争水的局面已经形成,其中北京、天津已非常严重。工业用水量的增加,如不认真进行污水处理,还会严重污染水源。近十多年来,我国旱情呈加重趋势,黄河等河流断流频率增加,范围不断扩大。仅全国大型灌区每年就缺水约 300 亿 m^3 ,全国 670 个城市中有 400 个城市不同程度的缺水。

根据我国《节水灌溉发展规划纲要》(2000~2015 年),我国有效灌溉面积将由 0.53 亿 hm^2 增加到 0.58 亿 hm^2 ,供水能力由 5800 亿 m^3 增加到 7000 亿 m^3 ,其中农业用水 3900 亿 m^3 保持现状不变。到 2015 年,节水灌溉面积由 0.15 亿 hm^2 增加到 0.4 亿 hm^2 ,实现灌溉水利用率比现状提高到 20% 以上,实现节水 600 亿 m^3 ,新增粮食生产能力 600 亿 kg 。要实现这一宏伟目标,我国已将发展节水灌溉,实现水资源的可持续利用作为制定国民经济发展的一个重要方面,仅在“十五”期间,国家将投入 1065 亿元,用于实现 160 个大型灌区的节水改造、150 个地(市)级增效项目、300 个节水增效重点县及一批集雨节灌工程建设。这一计划的实施,将极大地提高我国水资源利用率和农业生产水平。

从我国目前的实际情况看,一方面水资源较紧缺,而另一方面又存在水量的严重浪费现象。不少灌区尤其北方灌区,由于灌水量偏大,渠道渗漏严重,加上管理不完善等原因,使得灌区灌溉水有效利用率很低。由于粮食生产的极端重要性和灌溉用水量大、效率低的特殊性,努力缓解我国水资源危机,认真搞好农业节水,大力发展节水灌溉,具有十分重要的意义。

其实,长期以来灌溉工作的全过程都是围绕提高水的有效利用率、促使农业高产稳产进行的,只是因主观认识以及客观条件的限制,没有把节水工作放到应有的地位。目前,我国正在建立社会主义市场经济体制,加快实现“两个转变”,普及节水灌溉就意味着实现农业将从粗放经营管理向集约经营管理的转变。在新的历史发展时期,大力发展节水灌溉,是进一步改善农业生产条件,缓解农业用水供需矛盾的需要,是加强农业基础设施建设,促使农业

高产高效的有效措施,是农田水利基本建设的主要内容之一。发展节水灌溉的意义不仅仅是节约灌溉用水,而且改变了传统的用水、管水方法。现代节水灌溉,特别是先进的喷灌、微灌技术,大量采用新型材料,自动控制,计算机数据处理等先进科学技术和器材设备,能够科学有效地控制灌水质量、灌水时间、灌水量、灌水均匀程度等,大大促进了农田水利科学技术进步,提高了灌溉的科技含量,节水灌溉已成为水利现代化的主要标志之一。因此除了要研究作物需水规律和灌水技术外,还要研究开发与之密切相关的新材料、新设备、新工艺、新技术,需要大量水泥、塑料管、塑料薄膜、薄壁铝管、钢管、喷灌机、灌水器及其附属配件等,这又可带动和促进水利产业的发展。节水灌溉与农机、施肥、植保等其他现代农业科技相配套,成为现代农业不可缺少的组成部分。发展节水灌溉,无论是比较简单的渠道防渗,管道输水,还是机械化程度较高的喷灌、微灌等,都不同程度地减轻了平地、挖渠、灌水等的劳动强度和用工,节省的水用在工业、乡镇企业和其他行业,促进农村产业结构的调整和社会进步。推行节水灌溉,所节省出的水用在工业和城镇生活方面,缓解城市和工业用水供需矛盾,有利于国民经济快速、健康、持续地发展。此外,发展节水灌溉,还有利于促进人们在用水方面的思想观念更新,加快水费改革,提高用水管理水平,促进建立适应社会主义市场经济体制要求的用水、节水、管水新机制。因此,节水灌溉是农田灌溉乃至农业用水发展史上意义深远的一场重大变革。

§ 1.3 节水灌溉的主要技术措施

广义的节水灌溉技术内容十分广泛,包括工程、技术、农业、管理、政策法规等多方面的措施,如各种水源开发与优化利用措施,农业耕作栽培节水技术措施以及节水灌溉措施等。狭义的节水灌溉技术,按其性质不同一般可分为以下三类。

1.3.1 降低渠道水量损失

加强渠道管理,包括渠道配套完善、渠道和建筑物的养护、维修,是减少渠道水量损失的一个不可忽视的方面。但最根本和有效的措施则是采取渠道防渗。根据国内外实践经验,采取防渗措施后,至少可使渠道渗漏损失量减少一半以上。

小型渠道或井灌渠道可用管道代替,以减少输水损失,提高水的利用率。管道输水还具有节省沟渠占地、缩短灌水周期、输配水及时等优点。

1.3.2 提高用水管理水平

联合国粮农组织(FAO)、国际灌排委员会(ICID)、国际水管理研究院(IWMI)等组织的专家经过多年研究认为,在不投入大量资金对现有灌溉工程进行大的改造时,通过提高灌溉管理水平,有着很大的节水增产潜力。科学而有效的管理,能大量减少灌溉用水的浪费。例如山东省在引黄灌区采用“分级供水,用水计量”的办法,使灌溉定额由原来的 351 m^3 减少到 272 m^3 ,节水 23%,渠系水有效利用系数由原来的 0.43 提高到 0.54,全省引黄灌区总节水量,可扩大灌溉面积 26.27 万 hm^2 。

提高用水管理水平,应从以下几方面着手:

1. 实行计划用水、节约用水;

2. 建立预报测报系统,为用水管理提供水情、墒情等数据;
3. 因地制宜,制定最佳灌溉排水制度,合理进行灌排;
4. 对灌溉系统的配水进行优化管理;
5. 合理征收水费,鼓励用户节约用水;
6. 做好测水量水工作,实行按量配水;
7. 做好工程配套、改造和维修工作;
8. 提高管理人员技术素质,健全责任管理制度;
9. 组织农民参与灌溉用水管理。

1.3.3 采用节水型灌水方法和技术

灌水方法的好坏,直接影响灌水均匀程度和田间水量损失大小。我国目前采用较多的节水型灌水方法有下列几种。

1.3.3.1 喷灌、微灌

喷灌适宜于各种作物,不要求地面平整,可用于地形复杂、土壤透水性大等进行地面灌溉有困难的地方。喷灌要求有一定的机械设备和动力,投资较大,技术也较复杂。喷灌比地面灌溉可省水 30%~50%。微灌可根据作物情况进行全部或局部湿润灌溉,局部灌溉只湿润作物附近的一部分土壤,它比喷灌更省水。

1.3.3.2 低压管道灌溉

低压管道灌溉技术,近几年来在我国北方特别是井灌区有较多发展。据统计,仅河北、山东等省近几年就发展了低压管道灌溉面积达 213.33 万 hm^2 。这种灌溉具有节水、节能、省地、省工等优点。有些省的井灌区用低压软管输水配水进行灌溉,俗称“小白龙”灌溉,可使水的利用率达 97% 以上,单井灌溉面积扩大近一倍,可比土渠灌溉节电 4.3%。

1.3.3.3 节水型地面灌溉

地面灌溉,如沟灌、畦灌等至今仍是我国广泛使用的灌水方法。传统的地面灌溉定额大、渗漏多,比其他方法费水。但是改进后,可节省很多水量。例如,平整土地,长畦改短畦,大畦改小畦,控制改水成数以及利用地膜输水(即膜上灌)等,均有显著的节水效果。

1.3.3.4 水稻节水灌溉

我国各地推广的水稻“薄、浅、湿、晒”,“薄、露”,“浅、湿”,“控制湿润”等节水灌溉技术与传统的水稻淹灌不同,在水稻生育期的大部分时间田面不建立水层,而只维持土壤一定的含水量。因此,可以大量减少渗漏和蒸发损失,起到节水作用。实践证明,采用这种技术,不仅能大量节水,而且还可获得较高的产量。

节水行之有效的灌水方法和技术还有许多种,这里我们不再一一列举。应当指出,每种节水灌溉措施各自都有一定的条件和技术要求。因此,选用这些措施时,应该结合实际条件,因地制宜,尽可能进行必要的试验研究。同时,任何节水措施的采用,要从更大范围来考虑其合理性,例如渠道渗漏在地下水源缺乏、地下水水质好的地区,不能全作浪费看待,部分渗漏补充地下水源。南方水库供水灌区,节约的水量如不扩大灌溉面积或增加发电量,增加城镇生活供水等综合开发,就会增加年溢洪水量,节约的水发挥不了效益。此外,在发展节水灌溉时,还应处理好节水与开源,速度与效益,先进性与实用性,社会效益与经济效益以及经济效益与环境效益等之间的相互关系。

§ 1.4 节水灌溉理论体系及主要内容

1.4.1 节水灌溉理论的形成

科学技术的进步和生产的发展,促进了人们对灌溉原理的认识不断深化。水资源的紧缺,给灌溉科学提出了新的目标和要求。为了既能节约用水,又能保持农业持续发展,即最经济地利用有限的水资源和最有效地进行灌溉,必须要有一定的节水灌溉理论作指导。

长期以来,人们对传统灌溉中的节水理论作过许多有益地探索。20世纪70年代,在水资源紧缺的形势下,比较广泛地开展了节水灌溉的试验探索与有限水量条件下灌溉水的优化管理理论的研究。Hillel(1972)指出,节水灌溉理论研究的根本目的并非单纯节约用水,而是通过供水和其他环境变量的优化提高劳动生产率。福田仁志(1973)也认为,灌溉的目的是土地和劳动生产率二者协调一致的提高,即缺水时单位水量所获得的产量和水管理的集约化问题。此时已开始用灌溉经济学和系统工程学的原理评价灌溉行为,逐渐形成了近代灌溉目标,即不但要取得最优的灌溉效果,同时要具有更高的灌溉效率。因此,节水灌溉的根本目标是在有限水量的条件下,能以最小的费用,最大限度地获得单位水量的最佳产量,即力争以最小费用获得最大的净效益。

节水灌溉理论可分为两类:节水硬科学和节水软科学。节水硬科学,是指从水源引水到田间灌水的全部工程技术及设施。如引水枢纽,输水和配水系统的防渗渠道和管道,地面灌溉方法和灌水技术,喷灌、微灌和管灌技术,灌溉效率测算和水费计量设施,土壤墒情监测、采集和传感系统,土地平整、农田整治和建设技术等。节水软科学,是指土壤-作物-大气的水分关系研究和水管理理论、方法与技术。如作物节水灌溉的理论,有限水量在地区间、作物间以及作物生育期内的时、空最优分配制度,计算机支持管理系统的预测和决策理论,节水政策和灌溉效益,成本研究,水管理质量评估方法和指标体系,灌溉管理组织的改进和提高等。

1.4.2 节水灌溉理论的研究任务及主要内容

节水灌溉理论的基本研究任务一是研究技术上先进、经济上合理的各种工程措施、途径和方法,减少灌溉水的无益损耗;二是研究灌溉系统中各种工程设施的控制、调度和运用方法,在时间和空间上合理地分配水源水量,并在田间推行科学的灌溉制度和灌水方法,以达到充分发挥工程作用,合理利用各种水资源,促进农业高产、稳产和获得较高经济效益的目的。

具体地说,节水灌溉理论的研究一般包括:

1. 土壤-植物-大气连续系统(SPAC)水分传输理论;
2. 水分胁迫对作物生理活动及产量的影响;
3. 不同田间水分条件下作物蒸腾量的变化规律、影响因素、分析计算及预报理论与模型等;
4. 作物水分生产函数及其变化规律;
5. 节水灌溉条件下水肥综合运移规律及高效利用水肥的调控机理;

6. 节水灌溉农业综合技术;
7. 水量不足条件下水量在地区间、作物间以及时间上的最优分配;
8. 实时灌溉预报理论、方法与灌溉渠道动态配水理论及其决策支持系统;
9. 节水灌溉环境评价理论与方法;
10. 节水灌溉经济评价理论与方法;
11. 节水灌溉新方法与新技术研究;
12. 节水灌溉工程的规划、设计、施工、运行及管理理论;
13. 节水灌溉设备的研制与设计理论;
14. 劣质水资源化与灌溉利用技术;
15. 节水灌溉科学试验的原理与方法。