



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

灌溉排水

● 武明仁 主编

● 农业水资源利用与管理
和农田水利工程专业用

农业出版社

农业出版社
PDG

主 编 武明仁 (新疆八一农学院)
副主编 郑耀泉 (北京农业工程大学)
编 者 肖达时 (新疆石河子农学院)
王秉谦 (新疆八一农学院)
陶炎海 (北京农业工程大学)
赵荣海 (新疆八一农学院)
胡泽源 (新疆八一农学院)
主审人 惠士博 (清华大学)
审稿人 谢森传 (清华大学)

内 容 简 介

本书包括三篇，灌溉排水原理、灌区规划、灌区管理，共十章。主要内容有：针对不同的地区条件拟定灌溉排水措施；作物田间需水量计算；地面灌溉的沟、畦规格拟定，喷、微灌系统的规划设计；排涝、防渍、防治盐碱化的田间排水系统设计；灌溉水源的取水方式和引水枢纽的水利规划；灌溉排水渠道系统的规划设计；灌区测流量水、计划用水的编制与执行；灌排田间试验及旧灌区改建。

全书贯彻节水灌溉及灌排措施要与农业技术措施相结合的思想。资料来源以我国灌排事业的成功经验为主，也适当引用了国外的先进技术和经验。

本书是高等农业院校农业水资源利用与管理、农田水利工程专业的教材。理论与实践结合，文字易懂，亦可供从事水资源及农田水利工程工作的工程技术人员参考。

前 言

本书根据全国高等农业院校教材指导委员会1988年12月审议通过的“七五”教材规划中,农业水资源利用与管理专业,本科基本教材《灌溉排水》课程教学大纲编写。考虑到目前有些农业院校的农田水利工程专业也开灌溉排水课,所以适当拓宽了本书的适应性。

全书分为灌溉排水原理、灌区规划、灌区管理三篇。在灌溉排水原理中以农田水分状况与作物需水的关系为基础,通过农田水量平衡分析,阐述拟定灌溉排水措施和进行灌区规划的理论基础及技术问题。在灌区规划中以灌区的水土资源和自然条件为依据,阐述灌溉水源规划、灌溉排水渠系规划和设计的主要内容及分析方法。在灌区管理部分中论述灌区量水、计划用水等灌排系统管理的基础工作和为了进一步提高灌排工程效益的旧灌区技术改造;用先进的技术和设备装备灌排系统;灌排田间试验等内容。

在编写过程中力图贯彻灌溉排水为农业增产服务,拟定灌排措施必须从当地实际出发,紧密的与农业综合技术措施相结合。水资源是发展国民经济的重要制约因素,在我国北方尤为突出。所以,要在合理利用当地水资源的基础上采用节水灌溉技术,发展节水型农业。

本书主要参考了国内已出版的有关教材和科研生产单位的技术研究成果,也应用和介绍了一些国外灌溉排水方面的技术资料。

为本书提出初稿的有:武明仁(第一、二、七章)、王秉谦(第三章)、郑耀泉(第四章)、陶炎海(第五章)、赵荣海(第六章)、胡泽源(第八章)、肖达时(第九、十章),陈祖森同志进行了部分插图的描绘工作。全书初稿由主编修改统稿。副主编郑耀泉除协助主编拟定编写大纲外,对第三至十章按审稿提出的意见进行了全面修改,为本书能与读者见面作了大量工作。肖达时对前五章的初稿进行了审阅,并提出了修改意见。

在编写大纲讨论时,西北农业大学林性粹副教授提出了许多宝贵意见。本书主审清华大学水利系惠士博教授和谢森传副教授对全书进行了深入细致的审阅,逐章逐节地提出许多宝贵的修改意见,对提高书稿质量帮助很大。在此特表衷心感谢。

书中引用的资料大都注明了出处,对遗漏之处,特向有关单位和同志致以歉意。

在使用本书作教材时,第二章第三节的内容也可在讲完前五章后再讲。

对书中的错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1990年10月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 我国的灌溉排水事业	1
一、灌溉排水对我国农业生产的重要意义	1
二、我国灌溉排水事业的发展	3
第二节 灌溉排水的研究内容	4
一、灌溉排水的主要研究内容	4
二、灌溉排水面临的任务	5

第一篇 灌溉排水原理

第二章 农田水分状况分析与灌溉排水措施	8
第一节 农田水分与作物的关系	8
一、水分与作物生长的关系	8
二、农田水分存在形式与作物生长的关系	9
三、土壤水与作物的关系	9
第二节 土壤水分运动	12
一、土壤水分运动的基本原理	13
二、入渗时土壤水分运动的计算	16
三、蒸发时土壤水分运动的计算	18
第三节 农田水量平衡分析与灌溉排水措施	22
一、农田水量平衡方程	22
二、不同地带的水量平衡分析与灌溉排水措施	23
第三章 作物需水量和灌溉用水量	29
第一节 作物田间需水量	29
一、田间需水量的含义及确定方法	29
二、作物田间需水量的计算	30
三、稻田渗漏	45
第二节 农作物的灌溉制度	46
一、拟定旱作物灌溉制度的水量平衡法	49
二、水稻的灌溉制度	53
第三节 灌区用水量	58
一、灌溉用水量	58
二、灌水率及灌溉用水量	60
三、其它用水	64

第四章 灌溉方法与灌水技术	66
第一节 地面灌溉	66
一、畦灌	66
二、沟灌	68
三、淹灌	71
四、改进地面灌溉灌水技术的探讨	71
第二节 喷灌	73
一、喷灌系统的组成和类型	73
二、喷灌设备	77
三、喷灌的主要技术参数	82
四、喷灌系统的规划设计	85
第三节 微灌	90
一、微灌的发展及适用条件	90
二、微灌的特点及类型	90
三、微灌系统的组成及设备	92
四、微灌系统的规划设计	98
第四节 地下灌溉	106
一、地下灌溉的优缺点及类型	106
二、地下灌溉的技术参数	106
第五章 农田排水	107
第一节 农田排水的任务与要求	107
一、农田排水的任务	107
二、农田排水的要求	107
第二节 排地面水的田间排水系统	110
一、排水标准及原则	111
二、田间排水沟的深度与间距	112
第三节 控制地下水位的田间排水系统	113
一、控制地下水位的排水方法	113
二、明沟(暗管)的深度与间距	115
三、暗管的结构形式及管材	123
四、排水暗管的裹滤料	126
五、排水暗管的纵坡与管径的确定	128
六、暗管排水的施工及管理	132
第四节 防止土壤盐碱化的灌溉排水措施	133
一、盐碱土的分类及对作物的危害	133
二、预防灌溉土地盐碱化的灌溉排水措施	134
三、改良盐碱地的灌溉排水措施	135

第二篇 灌区规划

第六章 灌溉水源工程规划	140
第一节 灌溉水源及其利用	140

一、灌溉水源水量及其特点	140
二、灌溉对水质的要求	141
三、开源节流合理利用水资源	144
第二节 河流灌溉水源的工程类型	145
一、无坝引水渠首	145
二、有坝引水渠首	146
三、水库渠首	151
四、抽水站渠首	151
第三节 引水渠首工程的水利计算	152
一、灌溉设计标准	152
二、无坝引水渠首的水利计算	153
三、有坝引水渠首的水利计算	155
第七章 灌溉排水渠系规划	160
第一节 灌排渠系规划布置的原则	160
一、灌排渠系的组成及分级	160
二、灌排渠系规划布置的原则	161
第二节 干、支渠及干、支沟的规划布置	162
一、不同类型灌区干、支渠及干、支沟布置的形式	162
二、渠道防洪及渠系建筑物规划	169
第三节 斗、农渠（沟）及田间工程规划	172
一、条田规划	172
二、斗、农渠（沟）及条田内部的布置	174
三、居民点及道路规划	176
第四节 低压管道输水灌溉系统	177
一、低压管灌系统的形式及管材	178
二、低压管灌系统的规划设计	181
第八章 灌溉排水渠道的纵横断面设计	185
第一节 灌溉渠道设计流量的确定	185
一、渠道的田间净流量与渠系输水损失	186
二、渠道设计依据的流量	190
三、各级渠道设计流量的推算	191
第二节 灌溉渠道的纵横断面设计	198
一、渠道横断面设计	198
二、渠道纵断面设计	208
三、渠道纵横断面设计成果	210
第三节 渠道防渗及防冻害措施	212
一、渠道防渗措施	212
二、渠道护面冻胀破坏现象及原因	216
三、防治护面冻胀破坏的措施	218
第四节 排水沟道纵横断面设计	219
一、排水沟道设计流量的确定	219

二、排水沟系统的水位衔接	223
三、排水沟道纵横断面设计	223

第三篇 灌区管理

第九章 灌排工程系统管理基础	226
第一节 管理的主要任务和内容	226
一、工程管理	226
二、经营管理	227
三、组织管理	231
四、用水管理	232
第二节 灌区量水	232
一、利用特设量水设备量水	233
二、利用水工建筑物量水	240
第三节 灌区计划用水	243
一、用水计划的编制	243
二、用水计划的执行	249
第十章 提高灌排工程效益	250
第一节 提高灌排工程效益的措施	250
一、灌排工程的效益	250
二、提高灌排工程效益的措施	251
三、现有灌区的技术改造	252
第二节 灌排试验	256
一、田间试验基本知识	256
二、灌排试验的内容和方法	259
参考文献	264

第一章 绪 论

第一节 我国的灌溉排水事业

灌溉排水是为了保证农作物正常生长的需水而调节土壤水分状况、提高土壤肥力，为农业增产服务的重要农业工程措施。灌溉是解决作物生长缺水的问题，排水是解决作物生长水分过多的问题。我国农田水利工程的主要内容就是灌溉排水。农业是国民经济的基础，水利是农业的命脉，也是国民经济的基础产业。灌溉排水工程是水利工程的重要组成部分。

一、灌溉排水对我国农业生产的重要意义

我国的自然条件决定了灌溉排水在我国农业生产中的重要地位。我国陆面平均年降水量为648mm，比世界陆面平均年降水量798mm少150mm；我国全国平均年径流深为284mm，也比世界平均径流深314mm少30mm。降水偏少需要引水灌溉。更严重的是我国年降水量受地理位置、山脉与地形条件和季风气候影响，时空分布很不均匀，与作物需水有一定的矛盾，为了获得农业丰收，许多地区既需要灌溉，也需要排水。

按地区来分，秦岭淮河以南的南方年降水量在800—1600mm之间是水量丰沛地区；秦岭淮河以北的北方，年降水量在400—800mm之间的地区属半湿润地区，年降水量为200—400mm的地区属半干旱地区；西北内陆河流域及黄河中游的宁夏、内蒙古西部年降水量小于200mm的属于干旱地区。年降水量在年内的分配一般是夏季（6—8月）较多，南方占全年降水量的40%。华南的洪涝多出现在5—6月，长江中下游的涝灾出现在6—8月，对早稻成熟不利需要排水。南方虽然水量丰沛，但因水稻播种面积大，复种指数高，需水量大，为了提高各季水稻产量，一般都需要补充灌溉。有的年份长江中下游也出现夏（伏）旱和秋旱，华南则有秋冬旱或冬春旱，旱作物也需要补充灌溉。北方地区夏季降水占年总降水的60%左右，6—9月的降水量占年降水量的70—80%，所以，北方大多数地区是春旱、秋涝，涝后又旱，既需要灌溉又需要排水，才能保证粮棉丰收。

北方半湿润地区虽有400—800mm的年降水量，但因降水量年际变化大，水分很不稳定，干旱年份秋季作物需水量的70—80%要靠灌溉补充，湿润年也约需补充30%的作物需水。小麦需水的50%要靠灌溉水。有的将这一地带称为不稳定灌溉地带。

北方年降水量200—400mm的半干旱地区及西北内陆年降水量小于200mm的干旱地区，无论是年降水总量还是降水量在年内的分配都不能满足作物的需水，属于常年需要灌溉的地带。西北内陆干旱地区以新疆的准噶尔、塔里木、吐鲁番三个盆地及甘肃的河西走廊为代表，平原地区年降水很少，有的只有几十毫米，甚至终年无雨。但是山区降水较多，有的高达600—700mm。灌溉水源靠冰川融雪及夏季山区降雨形成的河川径流及地下水。其

特点是,有冰川调节,河川径流量年际变化小,一般丰水年水量是枯水年水量的1.5倍左右,水源稳定,对发展灌溉有利。不利的方面也是水量年内分配不均,夏季气温高,冰川融水量大,山区降水多,6—8月河川径流量占全年的50—70%,而春季只有10—20%,春旱、夏洪,秋季缺水是本区存在的主要问题。平原地区的灌区地下水位高,土壤盐碱化面积大,需要降低地下水位的排水也是本区普遍存在的问题。在开发利用地下水后,可以免去排水。

南方地区的排水,主要是排雨涝水及雨后降低地下水位的防渍排水。北方水资源紧缺地区的灌溉排水要考虑旱涝碱综合治理和当地水资源的充分利用,多采用井、渠(引河水)结合,尽量利用浅层地下水。

综上所述,我国无论是南方多水地区,还是北方水分不稳定地区以及西北干旱地区发展农业都离不开灌溉和排水。

由于各地气候条件不同,现有灌排设施完善程度不同,灌溉排水对农业增产的作用也有所不同。西北内陆干旱地区,没有灌溉就没有农业,谈不上产量。可是在合理灌排条件下,粮食亩产也有400 kg左右,皮棉亩产40—50 kg。北方半湿润、半干旱地区,灌排设施对农业的增产效果亦很显著。如河南省人民胜利渠灌区,灌溉面积55万亩,粮食平均亩产530 kg,而全省的粮食平均亩产为171 kg。灌区的粮食平均亩产是全省平均的3.1倍,即增产两倍以上。南方的吨粮田建设,首先需要解决的也是灌溉排水基本设施问题。

我国现有耕地约15亿亩,有效灌溉面积7.2亿亩,灌区内有各种排水设施的面积约3.5亿亩,有效灌溉面积占耕地面积的48%。灌溉面积上每年的粮食产量占全国粮食产量的三

表 1—1 我国干湿分区及灌溉需求表

地带名称	年降水量 (mm)	干旱指数	占国土 面积 (%)	灌溉带名	地 区	作 物	干 旱 年	
							总需水量 (mm)	需灌溉量 (mm)
十分湿润带	>1600	<0.5	7.8	补充灌溉带	珠、闽江 流域	早 稻	600—750	300—400
						晚 稻	750—825	300—450
						冬小麦	400—600	0—50
湿润带	800—1600	0.5—1.0	26.1		长江中下 游及西南部 分地区	早 稻	675—825	300—450
						晚 稻	825—1000	450—600
						冬小麦	400—600	50—100
						棉花	750—975	150—300
半湿润带	400—800	1.0—3.0	18.6	不稳定灌 溉带	黄淮海地区	水稻	1000—1200	500—800
						冬小麦	600—750	300—450
						玉米	450—600	300—450
					东北地区	棉花	750—900	300—450
						水稻	900—1100	500—700
						春小麦	300—450	80—150
半干旱带	200—400	3—7	20.9	常年灌溉带	西北及黄 河中游地区	玉米	450—525	300—450
						棉花	375—450	250—350
干旱带	<200	>7	26.6			棉花	600—750	450—500

(根据《中国水资源评价》、《中国农田水利》综合而成)

分之二以上,棉花产量约占全国产量的60%。按此估算,全国灌区平均粮食亩产是非灌区的2.3倍,一亩灌溉土地相当于两亩多的旱地。目前许多灌区的灌排设施还不够完善,灌溉排水的保证率低,进行适当改建后还会发挥更大的潜力。

我国人多地少,人均耕地1.36亩,仅为世界人均耕地的三分之一,再增加耕地面积也是有限的。因此,增加现有耕地的灌排面积,挖掘现有灌区的增产潜力是增加农业总产的重要途径之一。由此可见,灌溉排水在我国农业生产中的重要地位。

根据《中国水资源评价》、《中国农田水利》的资料大致可将全国各地的干湿程度及维持作物正常生长对灌溉的需要程度综合如表1。表中干旱指数是601蒸发器年水面蒸发量与年降水量的比值,它反映一个地区的干湿程度。

二、我国灌溉排水事业的发展

根据历史记载;从两千多年前至今,我国几乎平均每年都有一次较大范围的干旱或洪涝灾害。有时南涝北旱,有时北涝南旱。同一地区一年内也有旱涝相间出现及连续几年的干旱或雨涝。我国人民在与水旱灾害作斗争,发展农业的过程中进行灌溉排水的历史可以追溯到很久。相传四千多年前的夏禹治水,用疏导进行防洪排水。三千多年前的春秋战国时期已有引水灌溉的记载。黄河流域的灌溉与埃及尼罗河三角洲、伊拉克的幼发拉底河和底格里斯河流域、印度恒河流域的灌溉都是世界灌溉农业的发祥地,也是人类文明的发源地。

我国解放前有灌溉面积2.4亿亩,全国粮食产量 1.132×10^{11} kg。解放后40年来灌溉面积已发展到7.2亿亩,粮食产量达到 4074.5×10^8 kg,解决了11亿人的吃饭问题,充分显示了社会主义制度的优越性,也说明发展灌溉排水对农业增产的重要作用。

全国现已建成大中小型水库8.3万座,总库容4500多亿立方米,有效库容 2.16×10^{11} m³,水库供水的有效灌溉面积约为2.4亿亩。机电排灌井240多万眼,装机 2.27×10^7 kW,年提水量400多亿立方米,井灌面积约1.3亿亩。固定排灌站64万多处,装机 1.916×10^7 kW,提河水灌溉面积约1.35亿亩,排涝面积1.23亿亩。直接在河流上建闸引水的灌溉面积约2.0亿亩。

在灌溉排水工程建设发展的同时,灌排科技水平也得到很大的提高。在水资源开发利用方面,引、蓄、提并举,地面水、地下水统一规划,联合调度的水平有所提高。渠首引水防沙,渠道防渗;采用喷、滴灌先进灌水技术;田间灌溉输水暗管与暗管排水的新技术都有一定的发展。作物需水规律、田间水循环的研究取得较大的进展。黄淮海平原旱、涝、碱大面积综合治理的试验取得了宝贵的经验。在管理方面推行计划用水,优化配水的研究也在开展。

我国灌溉排水虽然有很大的发展,但是面临的任务还是十分艰巨的。全国现有耕地的灌溉面积还不到一半,现有排灌设施抵御水旱灾害的能力有限。1988年全国受旱面积4.94亿亩,成灾面积2.3亿亩。据统计1950—1983年期间,全国平均每年受旱、涝面积4.1亿亩,成灾面积1.6亿亩,其中旱灾1亿亩,水灾0.6亿亩,使农业生产受到损失。

国家计划到本世纪末全国灌溉面积发展到8.0亿亩。全国原有低洼易涝地3.6亿亩,初步治理2.8亿亩,尚有0.8亿亩;地下水位高的渍害低产田约1.0亿亩,已治理0.5亿亩,尚有

0.5亿亩,全国盐碱地面积约1.1亿亩,初步治理0.7亿亩,尚有0.4亿亩。这些低产田的改造都离不开灌溉排水。此外,农牧区尚有6000多万人、3000多万头牲畜饮水急需解决,这与灌溉引水有密切关系。

我国水资源人均量只有世界人均量的四分之一,水资源特别宝贵,对发展灌溉排水的科学技术水平提出了更高的要求。对现有灌排工程进行技术改造,提高管理水平,充分发挥现有工程的潜力,扩大灌溉面积是当务之急。提高流域规划的水平,有重点地发展大中型灌区也是必要的。为了完成这些任务,必须认真总结我国灌排事业发展的经验,学习国外的先进技术和管理经验,努力开展灌溉排水方面的科学实验。

第二节 灌溉排水的研究内容

一、灌溉排水的主要研究内容

灌溉是研究农田(广义的农田包括粮食与经济作物、草场、园林、蔬菜等一切需要灌溉的农业用地)的需水规律和需水量,灌溉用水过程和用水量的确定;灌溉方法和灌水技术;水资源在农业方面的合理利用,水源的取水方式;输水渠道(或管道)系统的规划布置及设计施工与管理。

灌溉研究的内容可以概括为水源工程、输水工程和田间工程的规划设计、施工、管理的学科。

排水研究的主要内容有:产生农田水分过多的原因及其相应的排水方法;田间排水工程的规划设计;排水输水沟道系统的规划设计、施工、管理和承纳排水系统排出水量的承泄区治理的学科。

排水的对象一般有:雨涝排水,是在降雨过多,地势低洼的地区形成地面积水,使作物受淹会引起减产时,需要排除地面水;防渍排水,雨后地下水位高,土壤过湿,通气不良会引起渍害时,需要降低地下水位的排水;沼泽地排水,它是在地下水溢出带,形成苇湖沼泽。进行垦殖前首先要排除地面水,然后还需降低地下水位的排水;盐碱地排水,在干旱、半干旱地区,降雨量小,蒸发力强,当地下水位高,而且矿化度高时,水分通过地表蒸发,盐分在表土层中积累,形成土壤盐渍化或盐碱化,盐碱对作物有害,盐碱地的产量很低,因此,为了防止灌溉土地盐碱化和改良盐碱地,需要降低地下水位的排水。

自然界的水循环与作物需水之间存在着一定的矛盾,许多地区既需要灌溉也需要排水。有些情况下排水是由灌溉派生的,比如由于灌溉渠道及田间灌水的渗漏水抬高了灌区地下水位。当灌区地下水位过高时就会产生渍害或盐碱化危害,这时就需要降低地下水位的排水。灌溉与排水都是为了提高农产品产量和改良土壤服务的,在工程技术上有许多共同要研究的问题,所以一般合称为灌溉排水工程学。

灌溉排水主要是调节土壤水分状况,满足作物生长需要的适宜水分状况。但是,在调节土壤水分状况的同时还可以起到调节农田小气候和调节土壤的温热、通气、溶液浓度等作用。例如,盛夏炎热季节灌水可以起到降温作用;冬灌可以起到防冻作用;盐碱地冲洗灌水可以使土壤脱盐,降低土壤盐溶液浓度。排水后土壤的自由孔隙度增加,改善了土壤的通气状况,有利于作物根系的呼吸,对好气性细菌活动有利,可以使有机质分解为无机

养料,便于作物吸收利用。所以,灌溉排水是提高作物产量和改良土壤的重要工程措施。

世界各国的灌溉排水实践证明,进行科学的灌排能使作物产量成倍增长,在相应的农业技术措施配合下可以改良土壤,不断地提高土壤肥力。但是,在不合理的灌排条件下也会引起土地恶化,甚至产生一些不利的生态环境问题。

二、灌溉排水面临的任务

发展灌溉排水的目的是建设稳产高产农田,保证农业持续增产。但是近年来由于世界经济的发展,工业及城市建设用水增加,人们生活水平提高对水的需求量亦大为增加,致使日益紧缺的水资源更加紧张。许多已建成的灌区也因城市建设和经济发展的用水增加,用于灌溉的水量在不断地减少。我国北方及西北水资源紧缺地区,水资源已成为发展国民经济的突出制约因素。另一方面,目前的灌溉用水有效利用率低,水的浪费大。在规划不当和粗放的灌溉下也产生了一些生态环境问题。

针对上述问题和国外发展灌溉排水的经验,当前灌溉排水学科面临的任务可以归纳为以下几个方面。

1. 研究节水型农业和充分利用当地水资源的灌排措施。我国北方半湿润地区,一般少水年份也有400—500mm的降水;半干旱地区一般年份有200—400mm的降水。研究适应当地降水规律的作物组成,充分利用当地降水可以减少灌溉引水和减轻灌区的排水。例如,陕甘宁黄土高原区,土层厚,保水性强,冬小麦返青到成熟可利用前年降水在土壤中的储水200多毫米,有所谓的“夏收隔年墒”。考虑这一因素就可以减少灌溉引水量。华北春旱秋涝地区,选种秋季需水量大而产量高的作物,可以充分利用雨水,减少年灌溉引水量,减轻排水。为了充分利用当地降水,灌排措施的规划要有利于田间蓄水。

北方及西北缺水地区的冲洪积扇下缘、冲积平原、河川滩地及河谷地普遍存在有浅层地下水。浅层地下水如不开发利用,灌区地下水位太高,雨季会加重排涝任务,雨后还会产生渍害或盐碱化为害,靠单纯的排水是难以解决问题的。所以,合理开发利用浅层地下水能收到多重的效果。黄淮海平原旱、涝、碱综合治理的成功经验中,开发利用浅层地下水是重要内容之一。有的地区已使过去不能生长作物的重盐碱地改造成亩产粮食300—400 kg的高产稳产田。北京郊区在未开发利用地下水前靠引地面水灌溉,结果是灌区地下水位上升。在年降水量600mm情况下,不仅雨季产生大量径流,而且连年发生涝碱灾害。在开发利用地下水以后,年降水量620—710mm,雨水全被田间工程拦蓄,回灌补给地下水和增加土壤储水。不但没有产生雨水流失,而且也未引起涝碱灾害。地下水比地面水稳定可靠,在农业技术措施配合下,不但减少了亩用水量,而且提高了产量。1988年京郊的粮食亩产已超过千斤。

西北干旱地区由于常年需要灌溉,年引用地面水量大,灌区地下水位上升,土地盐碱化现象比较普遍。过去仅靠排水系统降低地下水位,困难很大。在开发利用浅层地下水的地方,基本上解决了排水和防止灌溉土地盐碱化的问题。

灌溉排水措施必须与农业综合技术措施相结合。灌溉排水措施可以减轻水旱灾害,为农业生产提供基本条件。但是,要大幅度的增产和不断地提高土壤肥力还必须靠优良品种的选用,增施有机肥,合理的轮作与耕作制度等农业综合技术措施来保证。农、林、牧综

合技术措施的采用,不但可以使灌溉农业持续发展,而且可以减轻灌溉排水的任务,充分发挥灌排工程的效益。例如,营造农田防护林可以改变农田的小气候,增加空气湿度,减少田间耗水。实行牧草轮作,近田养畜,增施有机肥提高土壤肥力后也增加了土壤的保水性,有利于充分利用降水资源,减轻灌排任务。

发展节水型农业和充分利用当地水资源就要研究各种作物的需水规律,当地降水的规律,合理的种植结构。研究降雨入渗规律,土壤水分运动,浅层地下水位的合理埋深,有利于田间水循环和水管理的灌排措施。

2. 研究提高灌溉水有效利用率的措施。目前我国年灌溉用水量占国民经济总用水量的80%以上,灌溉用水量大,有效利用率低,浪费大。因此,提高灌溉水有效利用率,节约水资源对促进国民经济全面发展具有重大意义。现在全国年平均渠系水有效利用率还不到50%,有的地区只有30—40%,从渠首引进的水量有半数以上沿程损失掉了。地面自流灌溉的土地平整不够,田间工程标准低,致使亩灌水量过大。现在全国年灌溉引水量约为 $4.6 \times 10^{11} \text{ m}^3$,有效灌溉面积7.2亿亩,每年实际灌溉面积约为6.25亿亩,平均亩引用水量为 736 m^3 ,西北干旱地区有的亩引用水量在 1000 m^3 以上,除去输水损失,亩用水量也偏大。超过作物需水浪费的水量抬高了灌区地下水位,导致土壤盐碱化。

提高灌溉水有效利用率的工程措施包括合理规划设计渠系,采用防渗措施减少输水损失;采用田间暗管输水;进行渠系建筑物配套;地面灌溉的土地平整、灌水沟、畦规格的研究,采用先进的喷、滴灌水技术均可减少亩用水量。在用水政策和科学管水方面进行改革亦会对节约用水起很大的促进作用。例如,研究水费政策,加强计划用水,实行定额配水,研究优化配水等措施。

3. 研究与灌溉排水有关的水利环境问题。干旱缺水地区由于灌溉在河流上中游大量引水,在灌溉面积上重新分配后,改变了流域原有的水平衡,从而引起了一些生态环境问题。例如,河流下游由于缺水致使河谷林减少,下游原来靠每年洪水维持的天然林木和草场干枯,沙漠扩大。河流归宿的内陆湖泊也因入湖年水量减少,有的已经干涸,有的水位下降,湖水矿化度提高,水产养殖减产,生态环境恶化。

在地下水开发利用方面,国内外都有超量开采,致使地下水位持续下降,形成大面积的降落漏斗。地下水位降深过大,轻则使提水成本增加,提水量减少,因而灌溉面积减少;重则引起地面下沉。沿海地区还会发生海水倒灌,水质恶化。据1983年调查我国北方地区出现大面积地下水位降落漏斗40多个,有的水位下降10—40多米。天津北站地面下沉量累计达1.7m。

水资源污染问题是目前发展中国家普遍存在的问题。据有关部门统计,我国现在每年排放的未加处理的工业、生活废污水约有280多亿吨。部分水源已遭严重污染,不符合灌溉水质标准的水源已达10%以上。工业、生活废污水对水源污染,减少可利用的灌溉水源,对灌溉是一大威胁。同时灌溉水淋溶了土壤中的盐分、农药、化肥中的有害物质,经排水系统排入江河湖泊亦会对自然水体产生不良后果。因此,在进行排水规划时对排出水量的水质要进行预测,以防对承泄区和下游用水造成不利影响。

以上几个与灌溉排水有关的水利环境问题对灌溉排水规划提出了更高的要求。在规划时对水资源开发利用要上、中、下游地面水、地下水统一规划,合理调配。在提高灌排效

益的同时还要提高水资源开发利用的社会效益和生态环境效益。

以上从宏观上阐述了我国灌溉排水的发展概况和主要研究的问题。学习灌溉排水这门课的重要方法,在于学会具体的分析当地的自然和经济条件,找出发展农业在水旱灾害方面存在的问题,拟定合理的灌排措施,采用先进可行的工程技术方案,使水资源的开发不但有利于农业增产,而且能促进国民经济的全面发展,并且对生态环境有利。

思 考 题

1. 我国各地区的大致自然条件与灌溉排水的主要任务?
2. 灌溉排水对我国农业生产的重要意义?
3. 我国现有灌排工程概况,存在的主要问题,发展方向?
4. 灌溉排水学科的主要内容有哪些?
5. 灌溉排水学科当前面临的重大课题有哪些?
6. 灌溉排水措施与农业技术措施的关系?

第一篇 灌溉排水原理

第二章 农田水分状况分析与灌溉排水措施

在进行灌区规划时首先要对农田的水分状况与作物的需水规律之间的关系进行分析，以便搞清天然状态下水分对作物生长满足的程度，从而确定是否需要人工灌溉或排水。

农田的水分状况包括水分的来源及其在农田的存在形式；大气水（空气中的水汽、大气降水及蒸发）、地面水（田面径流及积水）、土壤水、地下水之间的转化过程；水分的流出与蒸发排泄过程等。

农田的降水和浅层地下水是作物可以利用的当地水资源。但是，这些水只有转化成一定的土壤含水量，才能被作物所利用。因此，农田水分的时空变化过程与作物需水规律之间的关系是拟定灌排措施和进行灌区规划的基础。

第一节 农田水分与作物的关系

一、水分与作物生长的关系

没有水就没有生命，当然也就没有作物。水对作物的生理作用及环境影响主要有以下几点。

1. 水是作物利用太阳光能通过叶绿素进行光合作用，制造有机物的原料。尽管形成作物组织的水还占不到作物根系吸水总量的1%，但是作物生理活动却需要大量的水。一般草本作物形成1g干物质需要消耗300—800g的水。作物的产量在一定范围内随耗水量的增加而增加。各种作物的需水规律及需水量大小将在第三章中介绍。

2. 作物的根能在土壤中生长、茎能挺直、枝叶能伸展在空中，保持其姿态不断地生长，都离不开水的支撑作用。一般水占正常生长作物鲜重的70—90%。正是由于大量的水使作物的细胞膨胀，保持紧张度，才能使作物挺立。

3. 水是作物所需营养元素的溶剂和输送介质。土壤中的作物营养元素只有溶解在水中才能被根毛吸收，在叶水势与根水势差的作用下，水分通过作物组织内的导管运动，将营养输送到各个部分。

4. 水是作物躯体生长的动力之一。作物的细胞分裂和伸长要有充足的水分。缺水时作物植株瘦小就要减产。水稻、小麦在拔节抽穗时缺水，产量显著降低。

5. 蒸腾作用可以使作物降温，免于遭受高温之害。作物根系从土壤中吸取的水分90%以上消耗于叶面蒸腾。蒸腾除受作物生理作用外，也受作物生长环境（气温、空气湿度、风速等）的影响。在25℃下，作物每蒸腾1g水，消耗汽化热约580cal（卡）。所以在烈日下，蒸腾过程中消耗大量的太阳热能，使作物体温降低。

6. 水分对农田的温热状况、土壤的通气和养分状况影响很大, 所以作物正常生长需要一个适宜的水环境。

二、农田水分存在形式与作物生长的关系

水分在农田存在的形式及其量值的大小, 不只是影响作物的正常需水, 而且还会影响农田的温热、作物根的呼吸和对养分吸收的难易程度。灌溉排水在调节农田水分状况的同时, 亦起到调节作物生态环境的作用。

各种形式的农田水分对作物的影响及其调节措施简述如下。

1. 空气中的水气。空气中的水气, 即空气的湿度, 是影响作物蒸腾强度的主要因素。空气湿度低, 蒸腾强度大, 在土壤水分充足的情况下, 蒸腾旺盛可增加作物对水与养料的吸取, 从而加快生长。所以, 在一定程度下, 空气湿度低对作物生长有利。但是空气湿度太低, 蒸腾强度过大, 作物根系从土壤中吸取的水量不能满足蒸腾耗水的要求, 即入不敷出, 作物就会枯萎。这种现象一般称为大气干旱。产生大气干旱的原因是干热风所致, 干热风天气的指标是: 日最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 、日最小相对湿度 $\leq 30\%$ 、风速 $\geq 3\text{m/s}$ (或3级以上)。我国黄淮海平原及西北地区每年4—8月常有干热风出现, 对小麦的后期生长不利。新疆的吐鲁番盆地干热风出现在3—10月, 为时长, 为害大。

防止大气干旱的措施有: 设置防风护田林, 减小风速; 进行喷灌、雾灌, 降低气温, 增加空气湿度。

2. 地面水。水稻采用淹灌时, 不同生育阶段要求田面有一定的水层。旱作一般不允许田面长期积水。旱作受淹就要减产。拟开垦的灌区如果由于降雨过多, 地势低洼, 容易形成地面积水的就要采取排水措施, 排除地面水。稻田为了控制田面水层和排干晒田, 也必须有排水措施。

3. 土壤水。土壤水是作物生长的主要水分来源。但是, 土壤水只有一部分对作物是有效的。灌溉排水措施的主要任务就是通过调节土壤的含水量以适应作物对水的需求。同时, 通过调节土壤含水量, 达到调节土壤的温度、通气和养分吸收难易程度。

土层的厚度、土壤的理化性质, 特别是土壤的透水性和保水性是拟定灌溉排水措施的基础。

4. 地下水。地下水靠毛细管作用上升到作物根系活动层中的水量可以为作物所利用。但是地下水位如果太高, 距离地面小于1m, 则会造成根系活动层内土壤含水量过高, 通气不良, 根系呼吸困难, 有机质的分解减弱, 不利于作物对无机养料吸收, 从而造成减产。这种现象造成的减产, 一般称为渍害。有渍害的地区必须采取排水措施降低地下水位, 避免根系活动层中土壤过湿。在干旱、半干旱地区, 浅层地下水消耗于地面蒸发的比重很大, 当地下水矿化度高时 (如大于 3g/L), 地下水通过地表蒸发后造成表土盐分的积累, 形成盐渍害, 需要通过排水降低地下水位。

三、土壤水与作物的关系

土壤水按其形态分为气态水和液态水。液态水按含水量高低和水分所受约束力不同, 又可分为吸湿水、薄膜水 (亦称膜状水)、毛管水、重力水四种。各种水分与作物生长的关