

节水灌溉技术

JIESHUIGUANGAIJISHU

张兴旺 主编



飞天出版传媒集团



甘肃文化出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

节水灌溉技术 / 张兴旺主编. -- 兰州 : 甘肃文化出版社, 2015.9

ISBN 978-7-5490-0912-1

I. ①节… II. ①张… III. ①农田灌溉—节约用水
IV. ①S275

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第 215708 号

节水灌溉技术

张兴旺 | 主编

责任编辑 | 宋姝鹏

封面设计 | 刘小梅

出版发行 |  甘肃文化出版社

网 址 | <http://www.gswenhua.cn>

投稿邮箱 | press@gswenhua.cn

地 址 | 兰州市城关区曹家巷 1 号 | 730030(邮编)

营销中心 | 王 俊 贾 莉

电 话 | 0931-8454870 8430531(传真)

印 刷 | 甘肃北辰印务有限公司

开 本 | 787 毫米×1092 毫米 1/16

字 数 | 458 千

印 张 | 21

版 次 | 2015 年 9 月第 1 版

印 次 | 2015 年 9 月第 1 次

书 号 | ISBN 978-7-5490-0912-1

定 价 | 42.00 元

版权所有 违者必究(举报电话:0931-8454870)

(图书如出现印装质量问题,请与我们联系)

前言

新中国成立以来,我国农田灌溉事业蓬勃发展,取得了显著成绩。但随着工农业用水、城乡用水的日益增加,灌溉用水制度管理粗放,水的有效利用率不高,工程设备不配套,老化失修严重,泥沙淤积问题突出,水质污染日趋严重,管理机构体制不顺、机制不活等,都给我国农田水利发展提出了新的要求。

本教材为国家骨干高等职业院校项目建设重点建设专业——农业水利工程技术专业课程系列教材之一。本书以农业水利工程技术专业及其岗位群的培养目标为指导,依据“节水灌溉技术”课程标准,围绕农业水利工程技术专业职业岗位群典型工作任务,以工作任务为载体,筛选并重构了教材内容。

全书共分五个项目:项目一、农田灌溉用水量计算;项目二、渠道灌溉工程;项目三、井灌工程;项目四、喷灌工程;项目五、微灌工程。主要是培养学生对中小型灌区节水改造的规划设计能力,因此,从教学内容的组织方式上针对该课程特点,将课程内容有机结合起来。首先,在教学实践中充分重视绪论对学生了解课程全貌的教学作用;课堂讲授全程采用多媒体教学手段,形象、直观地将各章节的教学内容有机的联系起来,就课程涉及的基本内容、目前国内外的研究现状与发展趋势,以及工程及研究工作中存在的问题、各种不同的学术观点,也给学生一个大致的交代,以增强学生发现问题、分析问题、解决问题的能力与自觉性;通过教学实验、校外教学基地实地教学与课程设计等实践性环节,鼓励学生注重所学知识的应用,提高分析问题和解决问题的能力,以避免学生死学书本知识,而忽略实际应用的现象。

本书是高职高专水利工程、农业水利工程等专业的教材,也可作为水利类专业成人高等教育的参考教材,同时也可供农业水利工程技术人员参考。

编委会

主 编：张兴旺

编 委：冯永斌 李 莹 张正红 张常利 严 维

目 录

contents

节水灌溉技术课程描述	(001)
项目一 农田灌溉用水量分析	(010)
任务一 农田水分状况分析	(010)
任务二 农作物需水量计算	(022)
任务三 作物灌溉制度制定	(039)
任务四 农田灌溉用水量计算	(055)
项目二 渠道灌溉	(069)
任务一 灌溉水源及取引水工程规划设计	(069)
任务二 灌溉渠道系统规划布置	(085)
任务三 田间工程规划布置	(131)
任务四 渠道防渗工程设计	(154)
项目三 井灌工程	(179)
任务一 单井设计	(179)
任务二 井灌区规划设计	(193)
任务三 井灌工程施工技术及管理	(203)
项目四 喷灌工程	(210)
任务一 喷灌系统的组成与分类	(210)
任务二 喷灌的主要设备及性能参数认知	(217)
任务三 喷灌工程规划设计	(234)
任务四 喷灌工程施工技术及管理	(270)
项目五 微灌工程	(280)
任务一 微灌系统组成及分类认知	(280)
任务二 微灌技术产品分类及性能参数认知	(282)
任务三 滴灌工程规划与设计	(295)
任务四 滴灌系统防堵设计	(314)
任务五 滴灌工程施工技术及管理	(318)

节水灌溉技术课程描述

一、节水灌溉的概念

节水农业是提高用水有效性的农业,是水、土、作物资源综合开发利用的系统工程。衡量节水农业的标准是作物的产量及其品质,用水的利用率及其生产率。节水农业包括节水灌溉农业和旱地农业。节水灌溉农业是指合理开发利用水资源,用工程技术、农业技术及管理技术达到提高农业用水效益的目的。旱地农业是指降水偏少灌溉条件有限而从事的农业生产。节水农业是随着近年来节水观念的加强和具体实践而逐渐形成的。它包括三个方面的内容:一是农学范畴的节水,如调整农业结构、作物结构,改进作物布局,改善耕作制度(调整熟制、发展间套作等),改进耕作技术(整地、覆盖等),培育耐旱品种等;二是农业管理范畴的节水,包括管理措施、管理体制与机构,水价与水费政策,配水的控制与调节,节水措施的推广应用等;三是灌溉范畴的节水,包括灌溉工程的节水措施和节水灌溉技术,如喷灌、滴灌等。

节水灌溉是根据作物需水量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、生态环境效益而采取的多种措施的总称。

节水灌溉,主要是对符合一定技术要求的灌溉而言。节省灌溉用水,首先要提高天然降水利用率,同时把可以用于农业生产的各种水源,如地表水、地下水、灌溉回归水、经过处理以后的污水以及土壤水等都充分、合理地利用起来。广义的节水灌溉包括了农业高效用水的许多措施,如雨水蓄集、土壤保墒、井渠结合、渠系水优化调配、农艺节水、用水管理等。

节水灌溉技术是节水农业的核心技术,是农业水利工程专业理论与实践紧密结合的专业学习领域之一,它是在总结国内外灌溉工程先进经验的基础上,调节农田水分状况和改善地区水情变化,科学合理地运用灌溉制度、灌水方法、灌溉工程措施和管理等,合理利用有限水资源,服务于农业生产和生态环境良性发展的一门综合性科学技术。

二、节水灌溉技术的主要内容

节水灌溉的最终目的是以最少的水量消耗获取尽可能多的农作物产量、最高的经济效益和生态环境效益。节水灌溉是一个完整的体系,由以下几部分组成。

(一)水源开发与优化利用技术

1.雨水集流技术。在我国北方干旱缺水的地区,采取各种措施把有限的降雨汇集存储起来,供农村饮水和农作物灌溉用。其主要做法有以下几种。

(1)水窖。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内储存。单个水窖蓄水量一般为 $30\sim 50\text{m}^3$ 。

(2)蓄水池。在渠旁、村庄附近选择有可能汇集降雨径流或调蓄山泉、溪水的天然洼地或人工挖成蓄水池,实行蓄引结合,长蓄短用;还可以用渠道将各蓄水池连起来形成“长藤结瓜”式的系统。蓄水池容积从几百立方米到几千立方米。为减少渗漏,池底及池壁应进行防渗处理。

(3)塘坝。在有较大汇水面积的洼地、溪谷筑坝拦蓄水。在我国南方一般称这种蓄水能力在 10万 m^3 以下的微型水库为“塘坝”。由于蓄水量较多,塘坝的拦水坝,取水及排洪建筑物等应参照小型水库的技术要求进行正规设计和施工。

2.劣质水利用技术。在水源十分紧缺的地区,对一些劣质水源,如微咸水、污水等,在搞清水质的基础上,可根据土壤积盐状况、农作物不同生育期耐盐能力,直接利用微咸水进行灌溉,或者咸淡水掺混后使用。利用微咸水灌溉时,特别要注意掌握灌水时间、灌水量、灌水次数,同时与耕作栽培技术措施密切配合,防止土壤盐碱化。城市或工矿企业排放的废水含有各种重金属元素、有害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后,才能用于灌溉非直接食用的农作物。污水处理需要专门的技术与设施。我国有些地区直接引用污水进行灌溉,或处理后的污水未达标准即用来灌溉蔬菜等食用作物,不仅引起农业环境的污染,而且危害人体健康,应当引起重视。

3.灌溉回归水利用技术。一些灌区渠系和田间产生的渗漏水、退水、跑水可收集起来作为下游地区的灌溉水源。使用回归水之前,要化验确认其水质是否符合灌溉水质标准。

4.井渠结合——地表水、地下水互补技术。有些自流灌区在干旱季节地表来水少,轮灌周期长,供水不足,可采用井渠结合,打一部分机电井,提取地下水补充地表水的不足。而抽取地下水以后,地下水位降低,又能起到“腾空”地下库容,增加雨季降水及灌溉水入渗补给地下水的作用。地表水、地下水两者互为补充,提高了水资源的有效利用率。

5.储水灌溉技术。把河流冬季多余的闲水引到田间灌溉,存储到土层中,供春季作物吸收利用,以缓解春季河流来水不足与供水紧张的矛盾。在南方地区也可将冬季的雨水、灌溉水储蓄于水田中,称为冬水田,以供次年春耕之用。

(二)节水灌溉工程技术

1.喷灌技术。喷灌是把由水泵加压或自然落差形成的有压水通过压力管道送到田间,再经喷头喷射到空中,形成细小水滴,均匀地洒落在农田,达到灌溉的目的。喷灌几

乎适用于除水稻外的所有大田作物,以及蔬菜、果树等。它对地形、土壤等条件适应性强。但在多风的情况下,会出现喷洒不均匀、蒸发损失增大的问题。与地面灌溉相比,大田作物喷灌一般可省水 30%~50%,增产 10%~30%。最大优点是使农田灌溉从传统的人工作业变成半机械化、机械化,甚至自动化作业,加快了农业现代化的进程。

2.微灌技术。微灌是通过管理系统与安装在地面管道上的灌水器,如滴头或微喷头等,将有压水按作物实际耗水量适时、适量、准确地补充到作物根部附近土壤进行灌溉。它可以把灌溉水在输送过程中以及到了田间以后的深层渗漏和蒸发损失减少到最低限度,使传统的“浇地”变成为“浇作物”。由于它只向作物根区土壤供水,故也称其为局部灌溉。微灌可分为微喷灌、滴灌等。微灌是用水效率最高的节水技术之一。它的另一特点是可以把作物所需养分掺混在灌溉水中。在灌水的同时进行施肥,既减少用工又提高肥效,促使作物增产。以色列、美国等国家的微灌技术达到了很高的水平,基本实现了灌溉过程自动化,但是造价昂贵,因此主要用于大棚和温室的蔬菜、花卉以及果树等高产值经济作物的灌溉。我国在学习、引进、消化吸收国外先进技术的基础上,初步形成了自己的微灌产品生产能力。

3.渠道防渗技术。我国各类灌区渠道总长度达数百万公里,大多数为土渠,水的渗漏损失很大。为了减少输水过程中的这部分损失,采用建立不易透水的防护层,如混凝土护面、浆砌石衬砌、塑料薄膜防渗等多种方法,进行防渗处理,既减少了水的渗漏损失,又加快了输水速度,提高了浇地效率,深受群众欢迎,成为我国目前应用最广泛的节水技术之一。与土渠相比,混凝土护面可减少渗漏损失 80%~90%,浆砌石衬砌减少渗漏损失 60%~70%,塑料薄膜防渗减少渗漏损失在 90%以上。

4.低压管道输水技术。用塑料或混凝土等管道输水代替土渠输水,可大大减少输水过程中的渗漏和蒸发损失,水的利用率可达 95%。另外,还可减少渠道占地,提高输水速度,加快浇地进度。由于缩短了轮灌周期,有利于控制灌水量,因而也有一定的增产效果。管道输水系统通常由地下管道和地面移动管道(闸管)组成。如果不考虑将来发展喷灌的要求,通常采用低压管材。井灌区利用井泵余压可以解决输水所需压力问题,在我国北方井灌区低压管道输水技术推广较快。大型自流灌区如何以管道代替土渠输水,尚有若干技术问题有待研究解决。

5.膜上灌水技术。膜上灌水,俗称膜上灌,是在地膜覆盖栽培的基础上,把过去的地膜旁侧灌水改为膜上流水,水沿放苗孔和地膜旁侧渗水或通过膜上的渗水孔,对作物进行灌水。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,可得到较常规地面灌水方法相对高的灌水均匀度。膜上灌投资少,操作简便,便于控制灌水量,加快输水速度,可减少土壤的深层渗漏和蒸发损失,因此,可以显著提高水的利用率。这种技术在新疆已大面积推广,与常规的玉米、棉花沟灌相比,省水 40%~60%,并有明显增产效果。

6.抗早点浇技术。在我国东北和西南部分地区,一般年份降雨基本可以满足作物生

长对水分的需要。但在春季播种期常遇干旱出苗率低而减产。为解决播种期土壤墒情不足的问题,群众在实践中创造了抗早点浇(俗称“坐水种”)的方法,即在土穴内浇少量水,下种,覆土。过去多靠人力作业,近年来已在很多地方向机械化、半机械化发展,将开沟、注水、播种、施肥、覆土等多道工序一次完成,大大提高了效率。

7.沟畦灌水技术。渠道防渗和低压管道输水两项技术只解决减少输水损失问题,田间灌水过程中还有很大节水潜力。沟畦灌已有漫长的历史,在当代科技发展日新月异的新形势下,一些新技术与之结合,使其重新焕发出生命力。例如,国外采用激光扫描仪控制平地机刀铲的吃土深度,可使地面高低差别控制在1cm以内。另外缩短灌水沟沟长,采用涌流间歇灌水等都可使田间灌水有效利用率大幅度提高。这些先进技术在我国正在研究试验。目前生产上普遍推广的沟畦灌水技术是以人力为主,在精细平整土地基础上大畦改小畦,长沟改短沟,使沟畦规格合理化,可使灌水定额减少20%~25%,这种技术充分发挥了我国劳动力资源丰富的优势,花钱很少,技术简单易行。

8.土壤墒情监测与灌水预报技术。用先进的科学技术手段,如张力计、中子仪、电阻法等监测土壤墒情,数据经分析处理后配合天气预报,预报适宜灌水时间、灌水量,做到适时适量灌溉,有效地控制土壤水分含量,达到既节水又增产的目的。这种技术要与其他节水技术措施配套使用。

9.灌区输配水系统水的量测与自动监控技术。真正实现优化配水、合理调度、高效用水,还必须及时准确地掌握灌区水情,如水库、河流、渠道的水位、流量、含沙量乃至抽水灌区的水泵运行情况等技术参数,对几十万亩、几百万亩的大型灌区尤其必要。这是实施节水灌溉的基础技术工作。高标准的节水灌溉工程应在数据采集、数据计算机处理的基础上实现自动监测控制。

(三)农业耕作栽培节水技术

1.耕作保墒技术。采用深耕松土,疏松保墒,中耕除草,增施有机肥,改良土壤结构等耕作方法,可以疏松土壤,增大活土层,增强雨水入渗速度和入渗量,减少降雨径流流失,切断毛细管,减少土壤水分蒸发,既提高天然降水的蓄集能力,又可减少土壤水分蒸发,保持土壤墒情,是一项行之有效的节水技术措施。

2.覆盖保墒技术。在耕地表面覆盖地膜、秸秆等材料可以抑制土壤水分蒸发,减少降雨地表径流,起到蓄水保墒,提高水的利用率,促使作物增产的效果。这种技术除了保墒以外,还有提高地温、培肥地力、改善土壤物理性状的作用。覆盖的材料可以就地取材,例如用作物的残茬、秸秆、草肥等,甘肃等地也有用沙石覆盖的,叫作“沙田”。随着近代高分子材料工业的发展,塑料薄膜覆盖保墒栽培技术已广泛应用,成为保墒省水增产效果非常显著的新技术。据观测,地膜覆盖可增加耕作层土壤水分1%~4%,在干旱地区全生育期可节水1500~2250m³/hm²,并可增产40%以上。还有的施用特制的高分子化学物质,如合成酸渣制剂等,在土壤表面形成一层覆盖膜,起到既阻隔土壤水分蒸发,

又不影响降水入渗土壤的效果。

3.施用化学制剂节水。施用化学制剂可以提高土壤保水能力,减少作物蒸腾损失。例如,喷施黄腐酸(抗旱剂1号)可以抑制作物叶片气孔开张度,使蒸腾减弱。又如,由具有强吸水性能的高分子材料制成土壤保水剂,它能使土壤在降水或灌溉后吸收相当自身重量数百倍、上千倍的水分,膨胀形成水分不易离析的凝结,在土壤干旱时将所含水分慢慢释放出来供作物吸收利用,以后遇降水或灌水还可再吸水膨胀,重复发挥作用。我国从法国进口了少量这种保水剂,正在进行田间观测。

4.优选抗旱品种,调整种植结构。

(四)节水管理技术

用科学方法进行用水管理也可挖掘很大的节水潜力。只有在重视工程节水技术、耕作栽培节水技术的同时,重视和加强节水管理,才能收到事半功倍的效果。

1.改进和完善灌溉制度,用节水型的灌溉制度指导灌水。如广西、江苏等省(自治区)推广的水稻“浅、湿、薄、晒”灌水技术,为水稻生长创造良好的水、肥、气、热环境,既节水,又促进增产,比常规灌溉省水10%~20%,节水 $1500\text{m}^3/\text{hm}^2$ 以上,增产5%~10%。

2.制定适合不同地区自然和社会经济条件的农业节水技术政策,使干部和广大群众都明确在一定条件下应当优先采用哪些技术。

3.制定和完善有利于节水的政策、法规。例如确定合理水价,促使人们珍惜水、节约用水;制定鼓励和奖励政策,使为节水付出的代价得到合理补偿,奖励对节水做出贡献的单位和个人。

4.建立健全节水管理组织和节水技术推广服务体系,完善节水管理规章制度,把节水管理责任落实到每项工程、每个干部职工、每个农民。总结交流推广先进经验,举办不同层次的节水技术培训班,普及节水科技知识,加强节水宣传,使节水观念深入人心,成为人们的共识和自觉行动。特别要重视对农民的培训教育,农民是直接用水者,应通过各种形式让农民参与灌溉用水管理,使其在节水灌溉工作中发挥更大的作用。

三、我国水资源状况

(一)我国水资源概况

我国水资源总量为2.8万亿 m^3 。其中地表水2.7万亿 m^3 ,地下水0.83万亿 m^3 ,由于地表水与地下水相互转换、互为补给,扣除两者重复计算量0.73万亿 m^3 ,与河川径流不重复的地下水资源量约为0.1万亿 m^3 。中国水资源总量并不算多,排在世界第6位,而人均占有量更少,在世界银行统计的153个国家中排在第88位。中国水资源地区分布也很不平衡,长江流域及其以南地区,国土面积只占全国的36.5%,其水资源量占全国的81%;其以北地区,国土面积占全国的63.5%,其水资源量仅占全国的19%。按照国际公认的标准(人均水资源低于 3000m^3 为轻度缺水;人均水资源低于 2000m^3 为中度缺水;人均水资源低于 1000m^3 为严重缺水;人均水资源低于 500m^3 为极度缺水),按人均水资源

量我国属于轻度缺水,21 世纪中期人口达到 16 亿后,为 $1750\text{m}^3/\text{人}$,属中度缺水。目前有 16 个省(区、市)人均水资源量(不包括过境水)低于严重缺水线,有 6 个省、区(宁夏、河北、山东、河南、山西、江苏)人均水资源量低于 500m^3 。

我国多年平均降水总量 6.2 万亿 $\text{m}^3/\text{年}$,折合平均降水深 648mm。低于全球陆面降水的 834mm 和亚洲陆面降水的 740mm。各地年降水量分布极不平衡。东南沿海和西南部分地区年平均降水超过 2000mm。长江流域为 1000~1500mm,华北、东北为 400~800mm,西北内陆地区年平均降水量不到 200mm。

(二)我国水资源特点

1.总水量不少,但人均、亩均水量较少。

2.水资源空间分布不均,北方:人口占 1/2,耕地占全国的 64%,却只占总水量的 18%,南方:耕地占全国的 36%,却占总水量的 82%。西北:面积占全国的 35.3%,水量只有全国的 4.6%。

3.水资源时间分布不均,我国为温带季风气候,降雨集中在每年 6 月至 9 月。

4.水量的年内、年际变化大,水旱灾害频繁。

我国年均水、旱灾害面积约 4 亿亩,占耕地面积的 26%。平均三年发生一次较严重的水、旱灾害。主要旱灾区分布在松辽平原、黄淮海平原、黄土高原、四川盆地、云贵高原至湛江一带,以黄淮海平原受旱最严重。洪涝灾害主要发生在大江、大河的中下游平原,其中以长江中下游平原最为严重。

5.水土流失和泥沙淤积严重,破坏了生态平衡,增加了江河防洪困难,降低了水利工程效益。我国水土流失面积 150 万 km^2 ,黄土高原是水土流失最严重的地区,面积达 45.4 万 km^2 ,占黄土高原总面积的 71%,涉及 138 个县。

全国平均每年进入河流的悬移质泥沙约 35 亿吨,水库淤积严重,降低了防洪标准和供水效益。“黄河斗水,泥居其七。”黄河多年平均含沙量 $36.9\text{kg}/\text{m}^3$ (陕县),是一条名副其实的“流沙河”。多年平均输沙量 16 亿吨,其中 4 亿吨淤积下游河道,平均每年淤高 4cm。12 亿吨输入渤海,平均每年造陆 13.8km。淤积使部分河段高出地面 20 多米,“船从头上过,水在树梢流”。号称“万里黄河第一坝”三门峡水利枢纽工程是新中国成立后治黄规划中确定的第一期重点项目。水库建成运用后,虽然给黄河下游防洪、灌溉、发电等方面带来了巨大效益,但在建造时没有考虑排沙,泥沙淤积问题日益突显。三门峡水库 1960 年工程蓄水,到 1962 年,水库就淤积了 15 亿吨泥沙,到 1964 年,淤积了 50 亿吨,渭河变成悬河,黄河回水大,有逼近西安之势。不得不再建小浪底水库。

6.北方地区地表水资源相对贫乏,地下水是主要水资源,但过量开采已相当严重,地下水枯竭现象严重。全国已形成区域地下水降落漏斗 100 多个,面积达 150000 km^2 。华北平原深层地下水已形成了跨冀、京、津、鲁的区域地下水降落漏斗,有近 70000 km^2 面积的地下水位低于海平面。

7.天然水质良好,但人为污染日趋严重。全国废污水排放量:1985年,328亿 m^3 ;1990年,354亿 m^3 ;1999年,401亿吨;2002年,631亿吨(不包括火电直流冷却水),其中工业废水占61.5%,生活污水占38.5%。80%~90%的废污水未经处理直接排入水域,使海洋、河流、湖泊、水库、地下水遭受了不同程度的污染。

四、节水灌溉技术发展现状及发展趋势

(一)节水灌溉技术发展现状

节水灌溉技术的基本特点是高技术、高投入和管理现代化,有无效益则是维系节水灌溉能否持续发展的基础。

1.喷灌技术

自20世纪60年代“红火”以来,喷灌技术一直是机械化大面积解决灌溉问题的最主要技术。随着这项技术在生产中的广泛应用和各类喷灌机在技术、经济、适应性等方面的考核,目前世界上已趋于将软管卷盘式自动喷灌机、平移式自动喷灌机及人工移管式喷灌机三大类受欢迎的机型大面积推广。

近年来,喷灌技术又在喷洒农药、降低能耗、施水方式等多用途利用方面取得了很大突破。如美国林赛公司在平移式喷灌机上对喷头装置和喷洒方式进行了改进,水量损失大大减少,水的利用率可提高到0.9以上。法国等国在提高软管卷盘式的能量利用率上做了不少工作,使驱动旋转和过流损失减少了很多,很大程度上改善了这种机型耗能较多的“先天不足”的弊病。在综合利用机型上,英国、美国等国将平移式喷灌机作为田间的综合作业机械,将所有的作物种植环节以此一机包办,其不仅可完成作物的所有老观念种植环节的耕、耙、播、收等,还可以完成其他许多新作业项目。

2.微灌技术

20世纪80年代发展起来的微灌技术,近10年来有了很大的进步,随着设施农业的发展,微灌技术和设备更是如虎添翼,已趋于完善的地步。

微灌技术的发展最有典型性的应首推以色列,除了大田作物很少应用外,他们几乎将微灌技术应用到有作物的各处,包括林园、阳台、花园,甚至于室内装饰植物。近几年微灌设备有很大突破,20世纪80年代,仅灌水器(滴头、微喷头)有100余种,现在逐步淘汰,形式变少,品种系列化。滴灌多采用滴灌带。微喷头多采用旋转与折射相结合的形式,使出水孔口相对变大不易堵塞;射程相对增加,使喷灌强度变小,均匀度提高;水滴直径绝大多数为细小水滴,而不是雾状,使能耗大大减少。

3.渠道防渗工程技术

世界各国,如美国、日本、印度、前苏联、巴基斯坦、伊朗、加拿大等,由于渠道渗漏损失的水量很大,均非常重视并积极开展渠道防渗工程研究和建设工作。这些国家渠道防渗工程建设发展快、技术水平高、节水效果显著。如美国把渠道防渗作为水利工程挖潜措施之一,早在1946年就开始研究,到1990年,美国共建防渗渠道9656km。目前已

形成统一的设计和施工技术标准,施工机械化程度高,工程质量好。防渗材料多采用混凝土,约 1/3 采用压实土防渗,塑膜等新型材料目前正在发展推广中。日本也十分重视渠道防渗,现有干、支渠道已经全部防渗,田间渠道也基本防渗,它们大量使用工厂化生产的钢筋混凝土预制构件,现场施工以机械施工为主,渠道防渗工程标准高、质量好。

4. 管道输水灌溉技术

管道输水灌溉技术在国外发展较早。目前,世界发达国家的管道输水灌溉技术应用十分广泛,甚至有逐步代替田间地面渠道灌溉系统的趋势。美国到 1984 年管道输水灌溉面积已发展到 9648 万亩,占全美国地面灌溉面积的 46.9%。苏联用地下管道代替明渠的发展速度已超过防渗渠道,到 1984 年,地理管道系统已占总灌溉渠系统的 63%,管道总长 21.8 万 km。以色列、英国、瑞典有 90% 以上的灌溉土地实现了管道输水。日本已经由部分管道输水向多级组合的完整的管道系统发展,且管网的自动化、半自动化给水控制设备较完善。其他如罗马尼亚、保加利亚等国家,管道输水灌溉技术发展也都比较快。

5. 地下灌溉

近 10 年来,世界上兴起了研究新型地下灌溉热潮,地下灌溉不仅在机理上、技术上、经济上,而且在生态环境保护上、水资源保护上,都被认为是最有发展前途的节水灌溉技术。这种技术主要用在草地、果园、棉田、小麦、玉米、蔬菜、花卉等作物上。地下灌溉在意大利、美国、德国、法国、日本、俄罗斯及中国等国研究较多,发展较快,面积在稳定增加。

(二) 节水灌溉发展趋势

1. 当今世界水为农业服务的关系非常明确,节水灌溉已成为农业现代化的主要标志,有效保护利用淡水资源,合理开发新的灌溉水源已成为农业持续发展的关键。

2. 生态农业、有机农业、设施农业、立体农业等高效节水农业模式和先进节水灌溉技术,特别是营养液喷、微灌、地下灌、膜下灌等大有发展潜力。

3. 喷灌技术进一步向节能节水及综合利用项目方向发展。从综合条件考虑,在各类喷灌机中,平移(包括中心支轴)式全自动喷灌机、软管卷盘式自动喷灌机及人工移管式喷灌机等是推广重点。

4. 世界各国非常重视从育种的角度高效节水,一是选择不同品种的节水的作物;二是培育新的节水品种。

5. 地下灌溉已被世人公认为是一种最有发展前途的高效节水灌溉技术,尽管目前还存在一些问题,使应用推广的速度较慢,但科技含量愈来愈高,许多理论实践问题会逐渐得到解决。

6. 地面灌溉仍是当今世界占主要地位的灌水技术,输配水向低压管道化发展;田间灌水探索节水技术较多,如激光平地、波涌灌溉等;在管理上采用计算机联网控制,精确灌水,达到时、空、量、质上恰到好处地满足作物不同生育期的需水;在田间规划上,由于

土地平整度高,多以长沟、长畦、大流量进行田间灌水。

7.增墒保水机械化旱地农业大有发展前途,如保护性带状耕作技术、轮作休闲技术、覆盖化学剂保水技术、深松深翻技术等。

五、本学习领域的主要内容和特点

由于本学习领域十分注重实践性和综合性,根据这一特点,本教材着重阐述节水灌溉工程技术的灌溉用水量的计算,各种灌溉工程技术的设备认知、设计方法、施工方法、施工组织管理等方面的基本原理和知识。

根据现代农业发展需求和用人单位对高职人才的专业能力要求,通过对原灌溉排水工程技术和节水灌溉技术教材内容的整合,融入情境教学方式,并根据认知规律、灌溉工程项目实施的先后顺序,本教材分五个项目:农田灌溉用水量分析、渠道灌溉工程、井灌工程、喷灌工程、微灌工程。

1.农田灌溉用水量分析。以农田水分状况和灌溉用水量为研究对象,主要介绍农田水分状况分析方法、农作物需水量计算过程、制定作物灌溉制度方法、农田灌溉用水量计算等内容。

2.渠道灌溉工程。以传统地面灌溉和节水型地面灌溉为研究对象,主要包括灌溉水源及取引水工程规划设计、灌溉渠道系统规划布置、渠系建筑物规划布置、田间工程规划布置、渠道防渗及防冻胀工程设计、渠道工程施工技术和管理等。

3.井灌工程。以井灌区的节水灌溉为研究对象,主要包括单井设计、井灌区规划设计、井灌工程施工技术和管理等。

4.低压管道输水灌溉工程。以管道在输配水过程中的节水节能为研究对象,主要包括低压管道输水系统的组成与分类认知、低压管道输水系统的主要设备认知、低压管道输水灌溉工程规划设计、低压管道输水灌溉工程施工技术和管理等。

5.喷灌工程。以喷灌设备、工程设计及施工为研究对象,主要包括喷灌系统的组成与分类认知、喷灌的主要设备及性能参数认知、管道式喷灌系统规划、机组式喷灌系统规划、喷灌工程施工技术和管理等。

6.微灌工程。以微灌设备、工程设计及施工为研究对象,主要包括微灌系统组成及分类认知、微灌技术产品分类及性能参数认知、微灌系统辅助设施规划设计、膜下滴灌系统的规划设计、地下滴管系统的规划设计、滴灌系统防堵设计、滴灌工程施工技术和管理等。

本教材以阐述节水灌溉技术的需水量计算、节水设备、工程设计、施工技术、施工组织管理的基本原则和基本方法为主,对于农业耕作栽培节水技术和节水管理技术,由于学时和篇幅的限制,仅结合相关工程技术的论述作适当介绍。

根据教材的内容和特点,学习时应着眼于掌握基本概念、基本原理、基本方法等,并密切结合课程实训、生产实习、课堂作业、课程设计等教学环节综合运用所学知识,这样才能有效地掌握本学习领域的理论知识和操作技能,满足用人单位对专业技能的要求。

项目一 农田灌溉用水量分析

在进行灌区规划时,首先要对农田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,从而确定作物播种前(或作物移栽前)及其全生育周期内的灌水次数、每次的灌水时间、灌水定额、灌溉定额、灌区需水量和可发展的灌溉面积,这就是农田灌溉用水量分析需要解决的主要问题。

任务一 农田水分状况分析

1.1 任务描述

在校内实验田,合理选择有代表性的取样点,根据土壤物理性质表(设定值),依据灌溉试验规范等,分别采用烘干法和酒精燃烧法测定土壤水分含量,计算该土壤的无效水含量、有效水含量和过多水含量。

表 1-1 土壤物理性质表(设定值)

土壤性质	田间持水量(占干土质量的百分数,%)	凋萎系数(占干土质量的百分数,%)
沙土	12	4
沙壤土、轻壤土	18	6
中壤土	25	8
重壤土	26	13
黏土	28	14

1.2 相关知识

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农作物生长满足的程度,从而确定是否需要人工灌溉或排水。

农田水分状况是农田地面水、土壤水和地下水的数量及其在时间上的变化,包括水分的来源及在农田的存在形式: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。农田土壤水与作物生长关系最为密切,它直接影响到作物生长的水、气、热、养分等状况。而地面水和地下水只有通过一定的转化关系变为土壤水分,才能为作物直接吸收利用。农田水利措施的目的在于改变和控制农田水分状况。调节土壤中气、热和养分状况,改善田间小气候,使得作物处于良好的生长条件下,达到提高产量和品质的目的。因此,农田土壤水分状况是作物生长环境的核心。

一、农田水分存在的形式及其对作物的影响

农田水分存在四种基本形式,即大气水、地面水、土壤水和地下水,农田水分在农田中存在形式及其量值的大小,不仅影响作物正常需水,而且还会影响农田的温热、作物根系的呼吸和对养分吸收的难易程度,其中土壤水是与作物生长关系最密切的水分存在形式。

1. 空气中的水汽

空气中的水汽,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分的吸取,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,会造成太多的水分损失,同时,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(大气干旱)。产生大气干旱的原因是干热风所致。干热风危害的气象指标,各人研究结果不一,冬麦、春麦不同,地区之间也不一致。一般说,对于高温低湿型:轻干热风为日最高气温大于等于 $29^{\circ}\text{C}\sim 34^{\circ}\text{C}$,14 时风速大于等于 $2\sim 3$ 米/秒。重干热风为日最高气温大于等于 $32^{\circ}\text{C}\sim 36^{\circ}\text{C}$,14 时相对湿度小于等于 $20\%\sim 30\%$,14 时风速大于等于 $2\sim 4$ 米/秒。雨后热枯型:小麦成熟前 10 天内有一次降雨过程,雨后转晴升温, $2\sim 3$ 天内日最高气温达 30°C 以上。预防大气干旱的措施:营造防护林带,搞好农田水利建设以便灌溉(浇灌、喷灌),以及施用化学药剂等。

2. 地面水

水稻采用淹灌时,不同生长阶段要求田面有一定的水层。对于旱作物一般不允许田面长期积水。旱作物受淹时间过长就要减产。拟开荒的灌区如果由于降雨量过多,地势低洼,容易形成地面积水时,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

土壤水按其形态不同可分为固态水、气态水和液态水三种。固态水——土壤水冻结时形成的冰晶;气态水——存在于土壤空气中的水蒸气,有利于微生物的活动,故对植物根系有利,由于数量很少,在计算时常忽略不计;液态水是存储在土壤中的液态水分,是土壤水分存在的主要形态,对农业生产意义重大,液态水按其受力和运动特性可分为吸着水、毛管水、重力水三种类型。在一定条件下土壤水可由一种形态转化为另一

种形态。

(1) 吸着水

吸着水包括吸湿水和膜状水。在土壤颗粒的分子引力作用下,土颗粒吸附空气中的水分子在其表面,成为吸湿水。吸湿水被紧紧地束缚在土粒表面,接近固态水的性质,其密度可达 1.4~1.7 克/立方厘米,热容量低达 0.5~0.8 卡/立方厘米。吸湿水对溶质没有溶解能力,导电性极弱甚至不导电,冰点下降到 -78°C ,不能呈液态流动,也不能被植物根系吸收,是土壤中的无效含水率。当空气相对湿度接近饱和时,吸湿水达到最大,此时的土壤含水率称为吸湿系数。不同质地土壤的吸湿系数不同,吸湿系数一般在 0.034%~6.5%(占干土质量的百分数)。

当土壤含水率达到吸湿系数后,还有剩余的吸收力,虽然这种力量已不能够吸着动能较高的水汽分子,但是仍足以吸引一部分液态水,在土粒周围的吸湿水层外围形成薄的水膜,以这种状态存在的水称为膜状水。尽管重力也不能使膜状水移动,但它本身却能从水膜较厚处往较薄处移动(见图 1-1),不过移动的速度极缓慢。因此,与吸湿水相比,这种水又称为松束缚水。由于部分膜状水所受吸引力,超过植物根的吸水能力,更由于膜状水移动速度太慢,不能及时补给,所以植物只能利用土壤中所有膜状水的一部分。当土壤还含有全部吸湿水或部分膜状水时,植物就已呈凋萎状态。作物下部叶子开始凋萎时的土壤含水率,叫作初期凋萎系数,若补水充分,作物的叶子又会舒展开来。



图 1-1 膜状水移动示意图

植物发生永久凋萎时的土壤含水率,叫作凋萎系数,也称凋萎含水率或萎蔫点。它包括全部的吸湿水和部分膜状水,是可利用水的下限。凋萎系数不仅取决于土壤性质,而且与土壤溶液浓度、根毛细胞液的渗透压力、作物的种类和生育期有关。凋萎系数难以实际测定,一般取吸湿系数的 1.5~2 倍作为凋萎系数的近似值。膜状水达到最大时的土壤含水率,称为土壤的最大分子持水率。它是土壤借分子吸引力所能保持的最大土壤含水率,它包括全部的吸湿水和膜状水,其值为吸湿系数的 2~4 倍。

(2) 毛管水

土壤的孔隙系统,是一个复杂的毛管系统。因此,土壤具有毛管力(势)并能吸持液态水。毛管水就是指借助于毛管力(势),吸持和保存土壤孔隙系统中的液态水,它可以从毛管力(势)小的方向朝毛管力大的方向移动,并能够被植物吸收利用,是

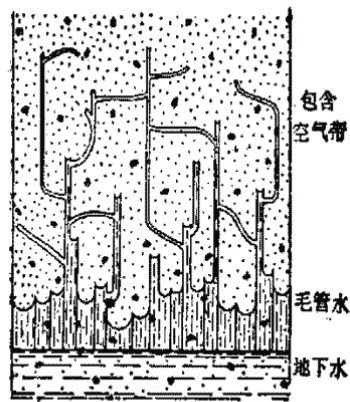


图 1-2 毛管活动层以及土壤中分支毛管示意图