

XIANDAI SHUCAI GUANGAI JISHU

汪李平 郑秀国 编著

现代

蔬菜灌溉技术



金盾出版社
JINDUN CHUBANSHE

现代蔬菜灌溉技术

汪李平 郑秀国 编著

金盾出版社

内 容 提 要

本书由华中农业大学园艺林学学院汪李平教授等编著。内容包括:我国节水灌溉概况及发展趋势,蔬菜的合理灌溉与菜田排水,蔬菜灌溉水源及取水、供水,蔬菜灌溉方法,喷灌技术与应用,微灌技术与应用,棚室蔬菜节水灌溉技术。本书内容科学实用,语言通俗易懂。适合农业灌溉科研与生产单位、基层农村水利技术人员以及广大菜农阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代蔬菜灌溉技术/汪李平,郑秀国编著. —北京:金盾出版社,2007.6

ISBN 978-7-5082-4392-4

I. 现… II. ①汪…②郑… III. 蔬菜-灌溉 IV. S630.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 004654 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京 2207 工厂

正文印刷:北京天宇星印刷厂

装订:明珠装订厂

各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:5.75 字数:126 千字

2007 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1—10000 册 定价:7.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)



南方菜田排灌沟渠

简易可移动
大田喷灌



温室工厂化育苗
移动喷灌系统

温室无土栽培营养液
灌溉首部控制枢纽



压力补偿式滴头



滴灌带滴灌番茄



滴头滴灌甜瓜

目 录

第一章 我国节水灌溉概况及发展趋势	(1)
一、节水灌溉概念和意义	(1)
二、节水灌溉技术体系	(5)
(一)灌溉水资源优化调配技术	(5)
(二)节水灌溉工程技术	(5)
(三)农艺及生物节水技术	(6)
(四)节水灌溉管理技术	(7)
三、我国节水灌溉技术推广中存在的问题及对策	(7)
(一)喷灌、微灌技术的特点及我国发展现状	(7)
(二)我国喷灌、微灌技术推广缓慢的主要原因	(8)
(三)发展喷灌技术的主要途径	(9)
(四)发展微灌技术的主要途径	(9)
四、我国节水灌溉设备的研究和发展	(11)
(一)渠道防渗设备	(11)
(二)低压管道输水设备	(12)
(三)喷灌设备	(12)
(四)微灌设备	(13)
(五)行走式节水灌溉机具	(15)
(六)田间节水地面灌溉设备	(15)
(七)发展与展望	(15)
第二章 蔬菜的合理灌溉与菜田排水	(16)
一、蔬菜合理灌溉的理论基础	(16)
(一)蔬菜作物的需水规律	(16)

(二)蔬菜合理灌溉的指标	(17)
(三)蔬菜合理灌排的基本原则	(19)
二、水管理不当对蔬菜作物造成的影响	(21)
(一)水分不足引起的蔬菜生理病害	(22)
(二)土壤水分过多引起的蔬菜生理病害	(22)
三、菜田排水	(24)
(一)涝灾、渍害和盐害	(24)
(二)农田排水要求和排水标准	(25)
(三)涝、渍、盐治理	(27)
第三章 蔬菜灌溉水源及取水、供水	(28)
一、灌溉水源	(28)
(一)地面水源	(28)
(二)地下水源	(29)
(三)对灌溉水源的基本要求	(29)
二、取水设施	(32)
(一)管井	(32)
(二)大口井	(34)
(三)渗渠	(35)
(四)引泉	(38)
(五)岸边取水建筑物	(38)
三、提水设施	(40)
四、供水方式	(43)
(一)直接式供水方式	(43)
(二)自流式供水方式	(44)
(三)水塔	(45)
(四)高位水池	(46)
(五)压力罐	(47)

第四章 蔬菜灌溉方法	(49)
一、地面灌溉	(49)
(一)淹灌	(50)
(二)畦灌	(54)
(三)沟灌	(58)
(四)其他田间地面节水灌溉技术	(62)
二、地下灌溉	(64)
(一)地下灌溉系统的类型	(64)
(二)地下灌溉施工技术	(65)
三、地上灌溉	(66)
四、节水灌溉的管理技术	(66)
(一)管理体制	(67)
(二)管理层次	(68)
(三)管理技术	(68)
第五章 喷灌技术与应用	(70)
一、喷灌及其特点	(70)
(一)喷灌的定义	(70)
(二)喷灌的优点和缺点	(70)
(三)喷灌的适用范围	(73)
(四)国内外喷灌设备的发展趋势与选用	(73)
二、喷灌系统的组成及分类	(76)
(一)喷灌设备	(76)
(二)喷灌系统组成	(76)
(三)喷灌系统的分类	(77)
三、喷头的选择及组合形式	(78)
(一)喷头的分类	(79)
(二)喷头的基本参数和性能	(82)

(三)喷头的组合形式	(83)
四、喷灌技术要素	(83)
(一)喷灌强度	(84)
(二)喷灌均匀度	(85)
(三)水滴打击强度	(85)
五、喷灌系统的规划设计	(86)
(一)喷灌工程规划设计的原则和内容	(86)
(二)喷灌工程规划设计的基本资料	(88)
(三)喷灌工程规划设计步骤	(92)
第六章 微灌技术与应用	(110)
一、微灌及其特点	(110)
(一)微灌的定义	(110)
(二)微灌的优点和缺点	(111)
(三)微灌的适用范围	(113)
(四)影响我国微灌技术发展的主要原因	(113)
(五)国外微灌技术的发展情况	(115)
二、微灌系统的组成和分类	(117)
(一)微灌组成	(117)
(二)微灌分类	(119)
三、微灌设备	(122)
(一)灌水器	(122)
(二)管道与连接件	(123)
(三)微灌用过滤设备	(123)
(四)压差式施肥罐	(124)
(五)控制、量测与保护装置	(124)
四、微灌系统的规划设计	(125)
(一)微灌工程的布置	(125)

(二)微灌灌溉制度设计·····	(126)
(三)微灌系统工作制度的确定·····	(127)
(四)微灌工程流量确定·····	(128)
(五)微灌工程水力计算·····	(129)
(六)首部枢纽设计·····	(130)
(七)管道系统结构设计·····	(131)
(八)工程概预算·····	(131)
五、微灌系统的使用和管理·····	(132)
(一)水源工程·····	(132)
(二)水泵·····	(132)
(三)动力机械·····	(133)
(四)过滤器·····	(133)
(五)施肥施药装置·····	(134)
(六)管道系统·····	(134)
(七)灌水器·····	(135)
六、滴灌技术与应用·····	(135)
(一)滴灌概述·····	(135)
(二)滴灌工程的组成与分类·····	(140)
(三)滴灌灌水器·····	(143)
(四)滴灌工程的布置与设计·····	(147)
(五)膜下滴灌技术·····	(149)
第七章 棚室蔬菜节水灌溉技术·····	(154)
一、节水灌溉对蔬菜生长发育的影响·····	(154)
二、设施蔬菜节水灌溉方式及其评价·····	(156)
三、设施蔬菜生产优化灌溉制度建立的途径·····	(158)
四、设施内微灌系统的田间布置形式·····	(160)
(一)滴灌系统设施内毛管和滴头的布置·····	(160)

(二)塑料薄壁滴灌带、滴灌管在设施内的 布置·····	(160)
(三)微喷灌系统设施内毛管和微喷头的 布置·····	(162)
五、棚室微灌系统设计实例 ·····	(163)
(一)设计要求简述·····	(163)
(二)微灌系统布置·····	(163)
(三)微灌制度·····	(164)
(四)微灌系统设计·····	(164)
(五)自控系统设计·····	(165)
六、棚室蔬菜微喷灌系统的使用与管理 ·····	(167)
(一)设备及安装·····	(168)
(二)安装后的检查·····	(168)
(三)微喷灌系统的使用·····	(168)
(四)利用微喷灌施肥喷药·····	(168)
七、几种棚室蔬菜适宜的土壤湿度及灌水方法 ·····	(169)
(一)番茄·····	(169)
(二)辣椒·····	(169)
(三)茄子·····	(170)
(四)黄瓜·····	(171)
(五)西瓜·····	(171)
(六)秋冬大白菜·····	(173)
(七)夏秋甘蓝·····	(173)

第一章 我国节水灌溉概况 及发展趋势

一、节水灌溉概念和意义

灌溉农业的发展主要受水资源的制约,古代的劳动人民在与旱灾进行的长期斗争中,已懂得采用一些简单的节水农业技术 如夯实输水土渠的渠床减少输水渗漏损失;在蒸发量大的西北农田上铺上石子以减少农田土壤水分的蒸发损失等 对节约农业用水起到了一定作用。但是,由于社会条件和技术发展等原因 到 1949 年我国节水农业的基础十分薄弱,除了在少数灌区建设有少量渠道防渗外,其他地区基本上仍是空白 20 世纪五六十年代,水利部门开展了节水灌溉技术研究 到 70 年代初某些技术已在农业生产中大面积推广应用 如在自流灌区大力推广渠道防渗衬砌减少输水渗漏损失 田间开展平整土地、划小畦块,推行短沟或细流沟灌,建立健全用水组织,实行计划用水,按量收费。70 年代中期在机电泵站和机井灌区进行节水节能技术改造。70 年代中期至 80 年代初 在丘陵山区,土壤透水性强、水源奇缺以及实行抗旱灌溉的北方地区和南方经济作物区,推广喷灌、微灌等先进灌水技术 80 年代初至 90 年代初,在北方井灌区大面积发展低压管道输水灌溉技术。从 20 世纪 90 年代开始,进一步将节水灌溉工程技术、农业技术和管理技术有机结合,形成配套技术 并大面积推广田间灌溉科学用水技术,如小麦优化灌

溉、水稻浅湿灌溉、膜上灌、北方旱作坐水点种、蔬菜设施栽培配套微灌等。与此同时,以提高降水利用率为目标的旱地农业增产技术也得到大面积推广应用。这些技术的大范围推广应用,使我国节水农业的发展提高到一个新水平。

灌溉是人工补充农田作物生长所需水分的技术措施,一般要经过输配水、田间灌水和作物消耗水 3 个过程。输配水主要通过各级渠道来实现,对土质渠道而言,一般从水源到田间进水口,约有 50% 的水量会渗漏损失掉。田间灌水是指灌溉水进入田间以后,将分配到一定灌溉面积上,以满足作物生长需要。在此过程中,一部分水会形成深层渗漏损失,一部分水会通过土壤蒸发损失,还有一部分水量可能会从地表流失。如果田间灌水方法不当,用水管理粗放,田间水量损失可以占到进入田间总水量的 30%~40%。作物消耗水是指作物根系从土壤层中吸取水分供其生长并最后形成作物产量的过程。如果灌水过多,棵间蒸发量大,作物蒸腾量过多,也会造成水量损失。上述第一、第二个过程中的水量损失直接影响灌溉水的有效利用率。目前我国渠灌区的灌溉水利用率平均为 0.4。第三个过程的水量损失不大,可以通过覆盖保墒和其他农业措施来减少。

因此,节水灌溉可以定义为:通过采用各种工程节水技术措施、农业节水技术措施和行政管理节水措施等,来节约或减少从地表水(河流、水库等)、地下水或其他水源中引取的灌溉水量。从这一角度出发,全国性的节水灌溉行动正在进行中。从广义的节水概念和水文循环观点出发,节水灌溉即节约水资源量。它是通过各种措施,减少从某一流域或地区排向大海的地表水、无效流失水量的地下水以及从地表散失的无效蒸发量、过多的作物蒸腾量。上述 4 种情况都是无法回收的

水量,但人们可以控制,把它减少至最低限度。由此减少的水量就叫水资源节约量,有人认为这是真正的节水。这种定义容易引起人们的误解:认为渠道可以不进行防渗,让其渗漏后进入地下水,抽上来又可再利用;田间深层渗漏和废泄水量,也不算浪费,流到地下水又回归水中后,仍然进入了水循环,水资源总量并没有损失等。

其实上述2种定义是可以共存的,并不矛盾。节约灌溉用水量,可以减少引取的水资源量,实质上仍是节约了水资源量,两者是可以统一的。因此,各地在制定农业节水规划时,既要重视节约灌溉用水量,又要重视节约水资源量,并应根据当地的自然和经济条件,使两者结合起来。一般灌溉水都要通过修建灌溉工程才能取得,需要投入大量资金和劳力,因此引入灌溉系统后的水,就不能任意浪费。例如在冲积扇地带修建渠道,渗漏损失很大,如果没有防渗措施,灌溉水就难以流到田间;一些填方地段或土壤透水性大的渠段,即使投资较大也应考虑防渗;但对一些挖方渠段,土壤透水性小,如果防渗投资大,也可以不防渗,渗漏水量可以补给地下水,使其转化为地下水资源;特别在一些寒冷、地下水位较浅、衬砌工程易受冻胀破坏的地区,是否进行衬砌,则要慎重研究;对于进入田间的灌溉水量,不仅要采取工程技术措施,如平整土地、选取合理的沟畦规格和放水时间及流量等,改进地面灌溉状况,还要因地制宜地采用先进的喷灌、微灌技术等,减少水量损失,提高田间灌溉水的利用率。同时,各地还要重视采取农业技术措施,减少无益的棵间蒸发和农作物蒸发量,提高灌溉水的生产率。在某一流域或地区进行节水规划时,既要做好水资源的全面规划,对地表水、地下水和灌区回归水等进行统一调度和分配,同时要强调各用水部门厉行节约用水,特别是

节约农业用水,以达到水资源量的综合利用。

水是一切生命过程中不可替代的基本要素,水资源是国民经济和社会发展的基础资源。我国是世界上 13 个贫水国之一,人均水资源占有量 $2\,300\text{ m}^3$,只有世界人均水平的 $1/4$,居世界 109 位。而且时空分布很不均匀,南多北少,东多西少;夏秋多,冬春少;占国土面积 50% 以上的华北、西北、东北地区的水资源量仅占全国总量的 20% 左右。近年来,随着人口增加、经济发展和城市化水平的提高,水资源供需矛盾日益尖锐,农业干旱缺水和水资源短缺已成为我国经济和社会发展的主要制约因素,而且加剧了生态环境的恶化。

按现状用水量统计,全国中等干旱年缺水 $358\times 10^8\text{ m}^3$,其中农业灌溉缺水 $300\times 10^8\text{ m}^3$ 。20 世纪 90 年代以来,我国农业年均受旱面积达 $200\times 10^5\text{ hm}^2$ 以上,全国 660 多个城市中有一半以上发生水危机,北方河流断流的问题日益突出,缺水已从北方蔓延到南方的许多地区。由于地表水资源不足导致地下水超采,全国区域性地下水降落漏斗面积已达 $820\times 10^4\text{ hm}^2$ 。

发达国家的农业用水比重一般为总用水量的 50% 左右。目前,我国农业用水比重已从 1980 年的 88% 下降至目前的 70% 左右,今后还会继续下降,农业干旱缺水的局面不可逆转。北方地区水资源开发利用程度已经很高,开发的潜力不大。南方还有一些开发潜力,但主要集中在西南地区。

我国农业灌溉用水量,灌溉效率低下和用水浪费的问题普遍存在。目前全国灌溉水利用率约为 43%,每立方米水产出 1 kg 左右粮食,大大低于发达国家灌溉水利用率 70%~80%、每立方米水产出 2 kg 以上粮食的水平。通过采用现代节水灌溉技术改造传统灌溉农业,实现适时适量的“精细灌

溉”，具有重要的现实意义和深远的历史意义。

二、节水灌溉技术体系

灌溉用水从水源到田间，到被作物吸收、形成产量，主要包括水资源调配、输配水、田间灌水和作物吸收等4个环节。在各个环节采取相应的节水措施，组成一个完整的节水灌溉技术体系，包括水资源优化调配技术、节水灌溉工程技术、农艺及生物节水技术和节水管理技术。其中节水灌溉工程技术是该技术体系的核心，已相对成熟并得到普及，其他技术相对薄弱，急需加强研究开发和推广应用。

（一）灌溉水资源优化调配技术 主要包括地表水与地下水联合调度技术、灌溉回归水利用技术、多水源综合利用技术、雨洪利用技术。

（二）节水灌溉工程技术 主要包括渠道防渗技术、管道输水技术、喷灌技术、微灌技术、改进地面灌溉技术。直接目的是减少输配水过程的跑漏损失和田间灌水过程的深层渗漏损失，提高灌溉效率。

1. 渠道防渗技术 采用混凝土护面、浆砌石衬砌、塑料薄膜等多种方法进行防渗处理，与土渠相比，渠道防渗可减少渗漏损失60%~90%，并加快了输水速度。

2. 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，输配水的利用率可达到95%。另外，还能有效提高输水速度，减少渠道占地。低压管道输水技术在我国北方井灌区已经普及，但大型自流灌区尚处于试点阶段。

3. 喷灌技术 喷灌是一种机械化高效节水灌溉技术,具有节水、省工、节地、增产、适应性强等特点,被世界各国广泛采用。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,对地形、土壤等条件适应性强。与地面灌溉相比,大田作物喷灌一般可节水 30%~50%,增产 10%~30%,但耗能多、投资大,不适宜在多风条件下使用。

4. 微灌技术 包括微喷灌和滴灌,是一种现代化、精细高效的节水灌溉技术,具有省水、节能、适应性强等特点,灌水时可兼施肥,灌溉效率能够达到 90% 以上。微灌已由果树、蔬菜等少数经济作物向行播大田作物发展,如近年来新疆棉花滴灌发展迅速,取得了良好的节水增产效果。微灌的主要缺点是易于堵塞、投资较高。我国在引进、消化吸收国外先进技术的基础上,已基本形成了自己的微灌产品生产能力。

5. 改进地面灌溉技术 在今后相当长的时期内,地面灌溉仍将是我国的主要灌溉方式。地面灌溉并非大水漫灌,只要在土地平整的基础上,采用合理的灌溉技术并加强管理,其田间水利用率可以达到 70% 以上。如激光控制平地技术、改进畦(沟)灌溉技术、田间闸管灌溉技术、波涌灌溉技术等改进地面灌溉技术的集成配套与组合应用,形成适合不同类型灌区的田间工程设计和应用模式,可取得良好的节水增产效果。

(三)农艺及生物节水技术 包括耕作保墒技术、覆盖保墒技术、优选抗旱品种、土壤保水剂及作物蒸腾调控技术。目前,农艺节水技术已基本普及,但生物节水技术尚待进一步开发。如采用保水剂拌种包衣,能使土壤在降水或灌溉后吸收相当于自身重量数百倍至上千倍的水分,在土壤水分缺乏时将所含的水分慢慢释放出,供作物吸收利用,遇降水或灌水时