

灌溉施肥

初级教程

全国农业技术推广服务中心 编著



GUANGAI SHIFEI
CHUJI JIAOCHENG

 中国农业出版社

灌溉施肥初级教程

全国农业技术推广服务中心 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

灌溉施肥初级教程 / 全国农业技术推广服务中心编著.
北京: 中国农业出版社, 2010. 1
ISBN 978-7-109-14256-5

I. 灌… II. 全… III. ①灌溉—技术—教材②施肥—技术—教材 IV. S275 S147.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 226028 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100125)
责任编辑 贺志清

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 8.75

字数: 190 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 18.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 彭世琪 吴 勇

编写人员 (按姓氏笔画排序)

李 涛 李云开 李光永 吴 勇

张承林 陈 清 徐飞鹏 顾亚萍

康跃虎 彭世琪

前言

[灌溉施肥初级教程]

灌溉施肥 (Fertigation) 是将灌溉 (Irrigation) 与施肥 (Fertilization) 结合在一起的现代农业新技术, 它将肥料溶于灌溉水中, 借助压力灌溉系统在灌溉的同时将肥料输送到作物根部土壤。微灌系统的局部湿润灌溉使得作物根区环境与传统灌溉方式下的根区环境有着根本的不同, 其有效管理有赖于对灌溉和施肥及其相互关系的深刻理解, 并在灌溉及施肥策略上做相应调整。为了确保微灌系统的良好管理并从中获取可观的经济效益, 必须应用灌溉施肥一体化技术。微灌系统在我国温室和蔬菜及果树如番茄、黄瓜、苹果、葡萄、荔枝、香蕉等, 以及在园林和其他大田作物如棉花、玉米、马铃薯、甘蔗等作物上的应用发展很快。2007 年中央 1 号文件提出建设现代农业, 为灌溉施肥技术的发展创造了前所未有的机遇。伴随着中国农业现代化的进程, 灌溉施肥技术变得越来越重要。

从 2000 年开始, 全国农业技术推广服务中心连续举办了七期灌溉施肥技术培训班和 3 次灌溉施肥研讨会, 参加培训 and 会议的人数累计超过 1 500 多人。2006 年, 全国农业技术推广服务中心开始组织灌溉施肥技术等级培训, 以期培养更多的灌溉施肥技术应用型人才。同年全国农业技术推广服务中心与中国农业大学等单位共同发起成立了全国灌溉施肥协作网。同时为满足培训需要和普及灌溉施肥技术着手编写《灌溉施肥初级教程》。

参加本教材编写人员如下: 第一章由彭世琪、吴勇编写, 第二章由李光永编写, 第三章由康跃虎编写, 第四章由张承林编写, 第五章由李涛编写, 第六章由陈清编写, 第七章由张承林、李涛编写, 第八章由徐飞鹏、李云开、顾亚萍编写。全书由全国农业技术推广服务中心彭世琪和吴勇统编和审核定稿。

以上专家为本教材的编写无私地奉献出了多年的研究成果，付出了辛勤的劳动，相信《灌溉施肥初级教程》的出版将对灌溉施肥技术的普及起到积极的推动作用。

本教材的初稿曾于 2007 年首次试用于第七期灌溉施肥培训班，在正式出版稿中根据应用效果和学员的反馈意见进行了增补和修订，希望能够更好地满足培训和学习的需要。由于编写经验及水平所限，书中错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 10 月

目 录

[灌 溉 施 肥 初 级 教 程]

前言

第一章 灌溉施肥技术及应用	1
第一节 灌溉施肥概述	1
一、灌溉施肥的基本概念和主要特点	1
二、灌溉施肥技术带来的农业技术新理念	3
三、国外灌溉施肥发展概况	5
第二节 我国灌溉施肥技术的研究与发展	6
一、灌溉施肥设备产品研究与开发	6
二、灌溉施肥应用基础理论研究	6
三、灌溉施肥应用技术体系研究	7
第三节 灌溉施肥技术应用前景	8
一、灌溉施肥技术推广应用现状	8
二、灌溉施肥技术应用前景	9
第二章 微灌施肥系统与设备	11
第一节 微灌的种类与组成	11
一、微灌系统种类	11
二、微灌系统的组成	11
第二节 灌水器与管道及其控制设备	12
一、灌水器	12
二、管道与连接件	15
三、控制、量测与保护装置	16
第三节 过滤设备	18
一、旋流水砂分离器	18
二、砂过滤器	19
三、筛网过滤器	21
四、叠片式过滤器	22
第四节 施肥施药装置	22
一、压差式施肥罐	22

二、开敞式肥料罐自压施肥装置	23
三、文丘里注入器	23
四、注射泵	23
第三章 灌溉施肥农田水分管理	25
第一节 农田灌溉基础	25
一、灌溉的基本原理	25
二、影响作物耗水的主要因素	27
三、高峰期耗水量	28
第二节 主要微灌技术条件下土壤水分分布特征和变化规律	29
一、微灌条件下土壤水分的分布特征和变化规律（以滴灌为例）	29
二、喷灌条件下土壤水分分布特征和变化规律	31
第三节 土壤基质势和灌溉频率对作物生长和耗水的影响	32
一、土壤基质势控制对作物生长和耗水的影响	32
二、灌溉频率对作物生长和耗水的影响	35
第四节 灌溉施肥农田水分管理方法	35
一、简便实用土壤墒情监测方法和耗水量估算方法	35
二、灌溉施肥农田水分管理	38
第四章 微灌施肥养分管理	40
第一节 用于灌溉系统的肥料	40
一、概述	40
二、化肥的特性及选择	40
三、用于灌溉施肥的化肥种类	44
四、用于灌溉系统的有机肥种类	46
五、肥料间及肥料与其他因素的相互作用	47
第二节 配置氮磷钾贮备液	49
一、常用配方	49
二、养分含量的换算	51
第三节 养分的监测	53
一、土壤养分的监测	53
二、植株养分的监测	55
第五章 微灌施肥制度设计与应用	60
第一节 制定微灌施肥制度的依据	60
一、概述	60
二、制定灌溉制度的依据	60
三、制定施肥制度的主要依据	62

第二节 微灌施肥制度制定	65
一、灌溉制度的拟定	65
二、施肥制度的拟定方法	68
三、微灌制度和施肥制度拟合方法	70
第三节 微灌施肥制度应用注意事项	70
一、拟定微灌施肥制度应注意的问题	70
二、应用微灌施肥制度应注意的问题	71
第六章 蔬菜的灌溉施肥管理	72
第一节 蔬菜的生长特点	72
一、蔬菜干物质及养分累积特点	72
二、根系的生长与根层调控	73
第二节 蔬菜养分管理策略	76
一、蔬菜养分需求特点	76
二、土壤栽培条件下蔬菜的养分推荐	77
第三节 设施蔬菜的水分管理	84
一、蔬菜的水分需求特点	84
二、合理的水分管理策略	85
三、蔬菜灌溉制度的确定	87
第四节 蔬菜水肥一体化技术的应用	90
一、设施番茄水肥一体化技术	90
二、设施黄瓜水肥一体化技术	94
第七章 果树灌溉施肥应用实例	97
第一节 荔枝滴灌施肥	97
第二节 香蕉灌溉施肥	100
第三节 柑橘灌溉施肥	104
第四节 葡萄滴灌施肥	105
第五节 苹果微灌施肥	107
第八章 微灌系统工程的施工	110
第一节 施工准备	110
一、熟悉设计文件	110
二、踏勘施工现场	111
三、技术交底与图纸会审	111
四、施工组织设计	111
五、施工现场准备	112

六、组织机构与施工管理	112
第二节 工程材料与设备的采购、现场验收及保管	112
一、设备与材料的采购	112
二、设备与材料的现场验收	113
三、主要材料的堆放与保管	114
第三节 灌溉系统泵站施工与首部设备安装	114
一、泵站施工	114
二、首部枢纽设备安装	116
第四节 管道工程的施工安装	119
一、施工放线与管槽开挖	119
二、管道安装的一般要求	120
三、硬塑料管材及其连接	120
四、田间辅助设施的安装施工	122
第五节 微灌灌水器的施工安装	124
第六节 试水回填与竣工验收	124
一、水压试验	124
二、管槽回填	125
三、竣工验收	126
主要参考文献	128

□□□□□□□□□□□□□□□□

第一节 灌溉施肥概述

1. 灌溉施肥技术的基本概念 灌溉施肥又称为水肥一体化技术，它是借助压力灌溉系统，将肥料配兑成肥液在灌溉的同时将肥料输送到作物根部土壤，适时适量地满足作物对水分和养分需求的一种现代农业新技术。因采用滴灌、微喷、小管出流和渗灌等微灌方式，又称作微灌施肥。灌溉施肥系统由水源工程、首部枢纽、输配水管网和灌水器四部分组成。在这个系统中，配备有施肥罐和施肥调控设备，可以实现随水施肥。灌溉施肥的英文单词 Fertigation 就是由 Fertilization（施肥）和 Irrigation（灌溉）两个词组合形成的一个新的英语单词，表明了灌溉和施肥之间的紧密关系。

2. 灌溉施肥技术的主要特点 与传统的大水漫灌不同,微灌是根区局部灌溉,作物根区土壤一直保持局部湿润状态,这引起土壤水分状况及根区环境产生极大改变,并深刻影响着肥料在土壤中的分布、移动和转化,水和肥料更加紧密地联系在一起。

一是作物根区土壤局部湿润。在大多数情况下,灌水器根据作物株行距设置,使水直接输入到作物根区土壤周围。土壤的湿润比依据作物的不同在 30%~90% 之间。在地下部分,湿润深度控制根系深度范围内。还可根据土壤的入渗特性选用相应的灌水器,调节灌水强度,使其不产生地表径流和深层渗漏。

二是大幅度减少了灌水量。局部灌溉直接导致了灌水量减少,同时由于深层渗漏、地面径流和地面蒸发的减少,较之传统地面灌溉如沟灌、渠灌或管灌,水分利用率和利用效率大大提高。应用微灌设备的实践表明,一般可以减少灌水量 1/3 以上,以较小的水资源满足较大范围的农业灌溉。

三是灌溉次数增加。利用灌溉设备进行灌水时,由于每次进入土壤中的水量较少,需要增加灌溉次数才能满足作物生长需求。与传统地面灌溉相比,微灌施肥系统可以很容易地做到这一点。

四是灌溉的均匀度提高。传统的地面灌溉，水流在推进的过程中不断下渗，地块的长度越长，完成灌溉的时间就越长，最终进水端地块将会得到更多的水，与末端的灌水量差距很大。如果地块不平整，低洼处水量过多，而地势高处水分则不足。微灌系统能够做到有效地控制每个灌水器的出水流量，所有灌水器灌溉时间相同，无论地块大小，地势高

低，每个灌水器出水量是一致的，作物得到的水量相同，因而灌溉的均匀度较高，一般可达80%~90%，有利于保证作物产品质量的一致性。

五是对水源和地形的适应范围广。微灌可以将很小的泉水和溪流用于大田灌溉中，而喷灌和地面灌溉需要较大流量的水源。微灌是采用压力管道将水输送到每棵作物的根部附近，可以在任何复杂的地形条件下有效地工作，甚至在某些陡坡不易种植的地里或在乱石滩上种植的书也都可以采用微灌。

(2) 在施肥方面，主要有以下几个特点：

一是施肥量减少。在微灌条件下，湿润土体范围变小，如果仍按照传统方式大量施肥，就会造成湿润区域养分浓度过高，对根系造成盐害。因此，灌溉施肥条件下每次施肥量和总的施肥量都会大量减少，总施肥使用量一般会减少1/3以上。同时，由于灌水量的减少，较少有土壤水渗漏损失，大水漫灌造成的肥料流失的现象也会相应减少。

二是施肥次数增加。水的供应量会影响到施肥，作物根系只能吸收湿润土体区域内的养分，在湿润区域外土体的养分很难被利用。由于每次施肥量较小，养分消耗相对较快，因此，要保持作物根系周围的适宜土壤养分离子浓度，就需要增加施肥频率。分次施肥可以减少土壤溶液中养分浓度的波动，有利于作物的生长发育。

三是施肥变得可控。微灌灌溉的可控性，使得施肥变得容易控制，要求更加精确。通过微灌系统进行施肥，相当于“用勺喂”作物，给作物“打点滴”，可以容易、准确地控制施肥的时间、次数、养分品种和量，甚至浓度；可根据植株、土壤监测结果以及品质需要等及时调控养分供应。微灌的均匀性意味着作物养分供应的均匀性，控制所有作物长势一致。

3. 灌溉施肥带来养分管理革新 从以上特点可以看出，灌溉施肥技术给作物养分管理带来了革命性的变化。

传统施肥：施肥次数少，一次施肥量大；施肥的成分和时间由每年（季）肥料淋失量、作物带走量、土壤残留量以及养分形态间的转化等来确定；考虑的时间尺度一般为一年或一季。

灌溉施肥：少量多次；根据种植计划、作物养分需求、适时的植株和土壤测试结果、作物反应以及市场对农产品的需求等确定肥料品种及施肥时间；时间尺度可以是月、周、天，甚至小时。

微灌施肥开辟了养分利用的新天地，养分管理进入了微观时代，增强了人们对农业生产控制水平和能力。

4. 灌溉施肥技术的效益 自2002年开始，在有关部门的支持下，农业部开展了灌溉施肥在蔬菜、果树上的应用研究与示范，在华北地区、西北地区组织了灌溉施肥示范项目，应用了7种微灌模式：一是设施蔬菜单棚单井膜下滴灌模式，适合于一家一户的单棚操作；二是蔬菜微喷灌模式，适合在露地和大棚的叶菜种植；三是地埋滴灌模式；四是果树滴灌模式，首部采用压差式施肥罐或文丘里施肥器；五是果树小管出流灌模式，其出水量较大，并且不易堵塞；六是果树微喷灌模式，首部安装加肥泵或者大容量贮肥灌；七是棉花膜下滴灌模式。涉及的作物包括番茄、黄瓜、大白菜、生菜、架豆、西瓜、辣椒、西葫芦、苹果、桃、枣、樱桃、葡萄、梨、棉花、马铃薯、加工番茄、制种玉米等，在节水、节肥、节药、节地、省工、增产和节本增收等方面显示了优点。

(1) 节水效果：项目区的试验和示范结果表明：滴灌与沟灌及畦灌相比，蔬菜亩^①节水 50~70m³，节水率为 25%~35%；果树亩节水 40~60m³，节水率为 20%~30%。

(2) 节肥效果：山东、山西省项目区的试验和示范结果表明：微灌施肥与沟灌和畦灌相比，蔬菜亩节肥（折合标肥）30~50kg，节肥率为 20%~30%。果树亩节肥（折合标肥）40~60kg，节肥率为 25%~35%。同时，提高了肥料利用率，减少了肥料的损失和对土壤及地下水的污染。

(3) 节药效果：山西省项目区的试验和示范结果显示：滴灌施肥技术应用后，一是减轻了大水漫灌带来的病虫害传播；二是减少了土壤水分蒸发，降低了大棚内的空气湿度，减轻了病害发生程度；三是减少了农药的使用量。山西省项目区对大棚黄瓜滴灌施肥监测结果表明：与常规种植相比，作物生长期室内湿度降低 13.6 个百分点，温度提高 3.2℃；病虫害发生率减少 10.15 个百分点，减少 78.68%，亩节省农药投资 120 元。

(4) 节地效果：山西省稷山、永济等市调查，实施滴灌施肥种植与常规种植相比，棉花亩节地 3%，亩节地增收 33.48 元；日光温室亩节地 5%，亩节地增收 500 元。

(5) 省工效果：微灌是管网供水，便于自动控制微灌和集约化管理，一个人每天可灌溉约 100~200 亩土地。山西省项目区调查结果表明：实施滴灌施肥可明显减少灌水、施肥、打药、中耕等劳动用工，与常规种植相比，棉花亩减少劳动用工 4 个，节省投资 40 元；葡萄亩减少劳动用工 10 个，节省投资 100 元；日光温室蔬菜亩减少劳动用工 6 个，节省投资 60 元。

(6) 增产效果：根据北京、山东等地的田间对比试验，蔬菜平均每亩增产 12%，平均亩增产蔬菜 460kg，果树平均每亩增产 6.5%，增产果品 160kg。

(7) 增收效果：据北京、山东、新疆等地项目区的调查，蔬菜平均每亩节本增收 800 元，果树平均每亩增收节支 640 元，棉花平均亩增收 200~400 元。

(8) 品质效果：据北京市项目区组织的测定显示，滴灌施肥可保持土壤适中的含水量，减少氮肥用量，樱桃番茄的果实维生素 C 含量增加了 8.3%，酸度下降 8.9%，可溶性固形物提高 10.8%，明显优于常规畦灌。山西省测定显示，滴灌施肥的葡萄单粒重、含糖量与常规种植相比分别增加 1.6~23.3 克/个、1.2%~2.6%，且果穗适中、松散，色泽鲜红、外观光洁，品质提高一个等级。日光温室黄瓜、番茄果实外观美、口感好，优质率明显提高。稷山县 500 亩红提葡萄膜下滴灌核心示范区红提葡萄含糖量、果粒重与常规种植区相比，2003 年分别增加 2.1%、203 克/个，2004 年分别增加 2.6%、2.9 个/亩。

二、灌溉施肥技术带来的农业技术新理念

1. 灌溉模式带来农业技术体系的变化 农业生产中，灌溉和施肥的目的都是为了得到较高的产量，特别是在我们这样一个人口大国，粮食及农产品需要立足于基本自给。过去的高产栽培是以大水大肥种植模式为主，充分的灌溉也造成肥料的流失，增加了肥料的用量。采用灌溉设备，核心的因素是水，带来了农业技术的革命性变化。首先，水肥一体

① 亩为非法定计量单位，1 亩≈667m²。

化管理。使用微灌模式，土壤中的水环境变化，进而影响到肥料的应用。全地面灌溉转变成根区灌溉，使水的利用模式转变，土壤中水的环境、水的运作规律也发生了重要的变化，成为在作物种植技术中的核心技术。微灌中水的改变带来了肥料的用量、施用方法的改变。施肥技术转变为随水施肥，灌溉制度和施肥制度要进行拟合，以保证肥料使用量得到恰当的控制。其次，实现了精确地灌溉和施肥。小流量、多次的精确地灌溉，使我们可以根据作物对水的需求来精确进行灌溉的设计和管理，灌水量更加精确，灌溉时间更加精确。而肥料只有在灌溉区域中，才能被作物吸收利用，灌溉区域之外的土壤水如果不足，可以溶解和提供的养分就少。水的定位和精确促进了肥料施用的定位和精确。少量多次的施肥也由于微灌设备的使用而变的十分容易操作。第三，由于微灌技术的应用，土壤耕作、作物品种、种植密度、病虫害防治等方面都随着水的变化而改变。在这些技术变化当中，水和肥料的变化最为突出，同时由于水和肥的关系更为密切，因此，也成为微灌技术中的核心，因此灌溉施肥在一个种植环境里面体现了很强的技术性，是一个全新的农业种植技术体系。

2. 灌溉施肥模式使农业种植融入了工业化管理的思路 灌溉施肥由于设备的引进，使灌溉可以精确地进行管理，甚至使用计算机系统来控制，彻底改变了地面灌溉的粗放模式，带给农业生产工业化管理的思路，充分体现了现代农业的特征。主要体现在以下几个方面：一是规模效应。虽然灌溉设备可以一家一户地安装使用，但是一个农户应用难以体现出灌溉设备的生产管理优势和效益优势。更多的情况是以一套设备的控制面积来进行管理，既可以降低设备成本，又促使农民组织起来，提高规模效应。二是作物生产的标准化。在灌溉施肥中的灌水、施肥及栽培管理方案都要预先计划和拟定，然后，通过灌溉设备来实现精确灌溉的要求。农民可以按作物需求进行灌水控制，滴头定位保证灌水均匀一致，并可以精确地计算生产中的灌水量。通过灌溉设备可使施用的肥料少量、多次地随水进入作物根系附近的土壤，每次的施肥量也可以精确地计算出。三是产出的质量控制。工业生产中，一批原料按一定的工艺过程投入之后，可以得到多少产品是明确的，并且在质量上具有一致性。在灌溉设备应用条件下，通过水、肥及栽培技术的标准化，使得农作物生产过程就像工业上生产一个批号的产品一样，整个种植就是一个程序化过程，何时灌水、何时施肥、灌多少水、施多少肥都十分明确，并且可以根据预期的产量和农产品调整种植管理的各个环节，特别是在日光温室生产中，种植品种和灌溉施肥制度一旦确定，就基本可以预期得到多少产量，农产品的品质保证率也极大地提高，有利于农产品的商品化和市场化。灌溉设备可以实现计算机控制，提高技术到位率，同样也提高农业技术管理水平。

3. 灌溉施肥技术推广应用以高效益为目标 灌溉施肥设备的应用使农业种植的生产成本下降。以甘肃省在武威、白银和酒泉的项目区实际投入来看，应用滴灌施肥，棉花、葡萄和籽瓜的亩生产成本分别下降了 68 元、34 元和 61 元（表 1-1）。

表 1-1 甘肃省灌溉施肥项目实施成本比较（元）

项 目	传统方式下 3 年平均成本			灌溉施肥平均成本		
	棉花	葡萄	籽瓜	棉花	葡萄	籽瓜
种子费	100	80	80	100	80	80
化肥费	51	45	38	31	20	19

(续)

项 目	传统方式下 3 年平均成本			灌溉施肥平均成本		
	棉花	葡萄	籽瓜	棉花	葡萄	籽瓜
农家肥费	80	50	30	80	50	15
农药肥	10	10	10	8	8	8
农膜费	65	0	45	65	30	45
水费	52	60	80	40	45	70
电费	20	20	15	26	28	20
投劳	80	60	50	40	30	30
亩成本合计	458	325	348	390	291	287

但是,要应用灌溉施肥技术,首先要花钱买灌溉施肥设备。无论对于农民还是政府,设备的投入都需要有足够的产值效益才能够具有吸引力。因此,增收是推广灌溉施肥技术中非常重要的目标。仍然以甘肃省在武威、白银和酒泉的项目区实际投入来分析,一套大田应用的滴灌设备,当年亩投资 600~850 元。其中:首部设备每亩投资 325~380,可用 12~15 年;PVC 管材及管件每亩投资 86~102 元,可用 25~30 年;滴灌毛管如果选择 1 年用产品,每亩每年投入 170 元,如果选择 4 年用产品,当年亩投入 360 元。以 12 年产品折旧计算,每年的亩投入 130~200 元。如果由农民自己购买和应用灌溉设备,就需要在单位农田中有较高的农产品产出和经济收入,农民才会有积极性。即使是政府出资扶持农民购买和应用灌溉施肥设备,也需要考虑最终的经济效益。

三、国外灌溉施肥发展概况

1960 年沙漠地区农业用水的缺乏首次促进了以色列滴灌的发展。随后经过 40 余年的发展,灌溉施肥技术已经广泛地应用在温室、大田及各种蔬菜、果树、花卉等,特别是可以利用计算机技术来控制灌溉和施肥,节省人力并可以对灌溉和施肥进行精确地控制,因而受到广泛欢迎,在世界各国迅速推广。根据国际灌排委员会调查,1991 年世界微灌面积为 1 768 987hm² (约合 2 650 万亩),至今微灌在世界总灌溉面积中所占比重约 0.8%。美国的微灌面积最大,为 606 000hm²,其他国家微灌面积排序为:西班牙 (160 000hm²),澳大利亚 (147 011hm²),南非 (144 000hm²),以色列 (104 302hm²)。这些为微灌面积较大的国家,超过 4 万 hm² 以上的国家还有意大利、埃及、墨西哥、日本、印度、法国和泰国。以微灌面积占各国总灌溉面积的比重来排序,则塞浦路斯所占比重最大,为 71%,其次为以色列 (51%),约旦 (21%),南非 (13%)。美国、西班牙和澳大利亚微灌占总灌溉面积的 3%~8%。微灌的应用以经济作物为主,各类作物所占比例为:果树为 55.4%,蔬菜 (包括大田和温室) 为 12.5%,大田作物 (包括棉花、甘蔗等) 为 7%,花卉 (包括苗圃和温室) 为 1.5%,其他作物 (包括玉米、花生、药材等) 为 23.6%。

第二节 我国灌溉施肥技术的研究与发展

一、灌溉施肥设备产品研究与开发

我国自 20 世纪 70 年代中期开始引进微灌技术，但是灌溉企业发展起步是在近十几年。从产品生产看，已经形成灌溉产品门类齐全、品种多样的生产能力，国内灌溉设备企业达到了 300 多家，几乎可以生产灌溉设备的所有配件和成套设备。低成本的滴灌带在新疆的研制成功，使滴灌技术从温室走向田间，新疆大面积番茄、棉花和葡萄等使用滴灌技术，形成对滴灌设备较大的需求量，带动微灌设备生产企业在最近几年内迅速发展，在北京、天津、山东、新疆、河北、甘肃、四川、福建、江苏、陕西、吉林等地都有了较大规模的微灌设备生产企业。从企业规模看，我国灌溉设备生产企业以中小型企业居多，特别是随着国有企业体制改革逐步深入，一些国有及集体所有制灌排生产企业改制和重组，更进一步加剧了国内灌排设备生产企业的小型化、民营化和家族化。据统计资料，企业固定资产在 500 万元以下的约占 30%，企业固定资产在 500 万~1 000 万元之间的约占 42%，企业固定资产在 1 000 万~3 000 万元之间的约占 20%，企业固定资产在 3 000 万元以上的仅占 8%。其中约 60% 的企业为民营股份制企业，大约 30% 是家族式管理企业。多数生产企业的历史较短，企业年龄在 10 年以上的仅占 20% 左右。从产品质量看，国内灌溉设备产品质量与国际上灌溉设备产品质量有较大的差距。例如，我国滴灌管（带）主要是 1~3 年用产品，而国外大多是 5~20 年用产品。叠片过滤器、减压阀等关键设备我国还不能够生产，大多从国外进口。

二、灌溉施肥应用基础理论研究

1. 微灌条件下的土壤水分运动规律及利用效率的研究 微灌是小流量、长时间的灌溉模式，土壤水分运动规律发生了很大的变化。已有的研究成果主要是滴灌频率对作物根系分布层土壤水分的影响、土壤水势控制对作物根系分布层土壤水分的影响、滴灌频率对作物产量、蒸散量和水分利用效率的影响、施肥装置的水力性能、灌溉施肥的水分生产效率研究等，为滴灌条件下量化指标灌溉制度的建立、灌溉施肥制度的制定提供了理论基础和方法。

2. 微灌条件下的水肥互作机理及肥料利用效率研究 在许多基础研究中，主要是针对微灌带来的土壤水分数量和分布改变情况下的肥料施用研究，研究的重点成果主要在滴灌施肥条件下土壤养分特别是氮、磷、钾、钙、镁的空间运移和分布规律；不同类型区代表性作物的需水、需肥规律和水肥互作机理；田间作物生长条件下土壤养分、盐分的运移规律、分布特征、监测（或诊断）方法；养分、盐分调控机理和调控；滴灌条件下的不同施氮量对蔬菜生长的影响；不同灌溉频率与施氮量对温室蔬菜生长的影响；酸性滴灌肥料对作物根区养分有效性的效应；施肥装置对施肥均匀性影响的田间评估等。

3. 在盐碱土壤上应用滴灌技术的机理研究 我国新疆、宁夏等内陆地区气候干旱、

降水稀少、土地沙化、土壤盐碱化严重，这里也是我国最重要的灌溉农业区和重要的粮棉产区。随着微灌技术在该地区应用成功，滴灌在盐碱地应用基础和技术研究也得到了进一步的发展，已经开展的研究主要有：微咸水滴灌条件下作物的抗盐性，微咸水灌溉矿化度对番茄和黄瓜等蔬菜的产量、蒸散量、水分利用效率和灌溉水利用效率的影响，在西部盐碱地区滴灌土壤的盐分运动规律和技术体系，滴灌盐碱地资源开发利用技术，包括盐分淋洗和调控技术、灌溉制度、施肥灌溉制度、作物栽培模式、综合农艺管理技术等。

4. 灌溉施肥技术对农产品品质的观测研究 灌溉施肥对农产品品质的影响特别受到农业企业和农民的关注，研究方法主要是通过观测和果实的测定。由于灌溉和施肥模式的改变直接影响了作物的生长环境，许多研究观测了在日光温室中畦灌与滴灌、不同灌水量等对农产品品质的影响。而在微灌中肥料的使用量显著地减少，氮、磷、钾的配比和肥料品种发生了很大变化，观测了在减少氮肥用量、增加钾肥用量的情况下不同施氮量、施钾量对果品产量与品质的影响；在另外一些研究中，则观测了在微灌施肥系统中应用钙、镁、硫等中微量元素对减少果树花后落果和裂果的影响。

三、灌溉施肥应用技术体系研究

1. 灌溉施肥制度的研究进展 灌溉施肥制度是指在微灌条件下灌溉制度和施肥制度的拟合集成，是保证滴灌设备高效利用的重点技术。目前已经形成了华北地区保护地番茄、黄瓜、辣椒、生菜等主要蔬菜品种上的灌溉施肥技术，探索了苹果、桃、葡萄、柑橘等主要果树滴灌条件下的灌溉量、灌水时间、灌溉次数的制定原则与方法，形成了果树施肥量、施肥配方、施肥时间和基肥、追肥比例的制定原则和方法，探索了不同作物灌溉制度与施肥制度拟合的原则与方法，以及地面灌溉与滴灌联合运用的灌溉制度。包括用负压计确定灌溉时间的方法，用放置在冠层顶部的蒸发皿估算灌溉量的方法等。

2. 肥料配制原则与方法研究进展 灌溉施肥中的肥料配制是指在微灌条件下肥料品种的选择原则和配制技术。由于灌溉施肥技术体系中追肥的数量和次数与常规施肥有很大的不同，特别是肥料是通过灌溉系统进入到作物根区，既要保证肥料品种比例，又要避免因肥料沉淀造成灌溉系统的堵塞，因此肥料品种选择和搭配非常重要。在应用研究成果方面，已经初步形成了不同 pH 条件下磷、钾肥料品种及配比方案，既可避免肥料之间的拮抗作用，又可缓解滴头堵塞问题；形成了应用灌溉设备调控灌水和施肥，对减少果树大小年产量差异的灌溉施肥技术体系；形成了可溶性专用肥料选择及配制方法。

3. 微灌条件下氮肥用量控制研究进展 提高氮肥利用率一直是一个科技攻关课题。北京、山西、山东等地土肥技术人员研究了灌溉施肥的氮肥吸收率，观测了氮肥微灌条件下在土壤中的分布特点，得出滴灌条件下 10~20cm 深度的棉花侧根量高于常规灌溉 10% 以上，在严格控制灌溉水量的情况下 0~30cm 根系周边的养分元素浓度增加，氮素吸收率为一般氮肥施用方法的 1 倍以上的基本数据，形成了微灌施肥中不同蔬菜、果树的氮肥控制的技术参数和方法。

4. 自动化控制系统研究进展 灌溉施肥系统的自动化控制是农业现代化领域研究的趋势与热点问题之一，一直受到科研人员的关注。从 20 世纪 80 年代后期开始，计算机技