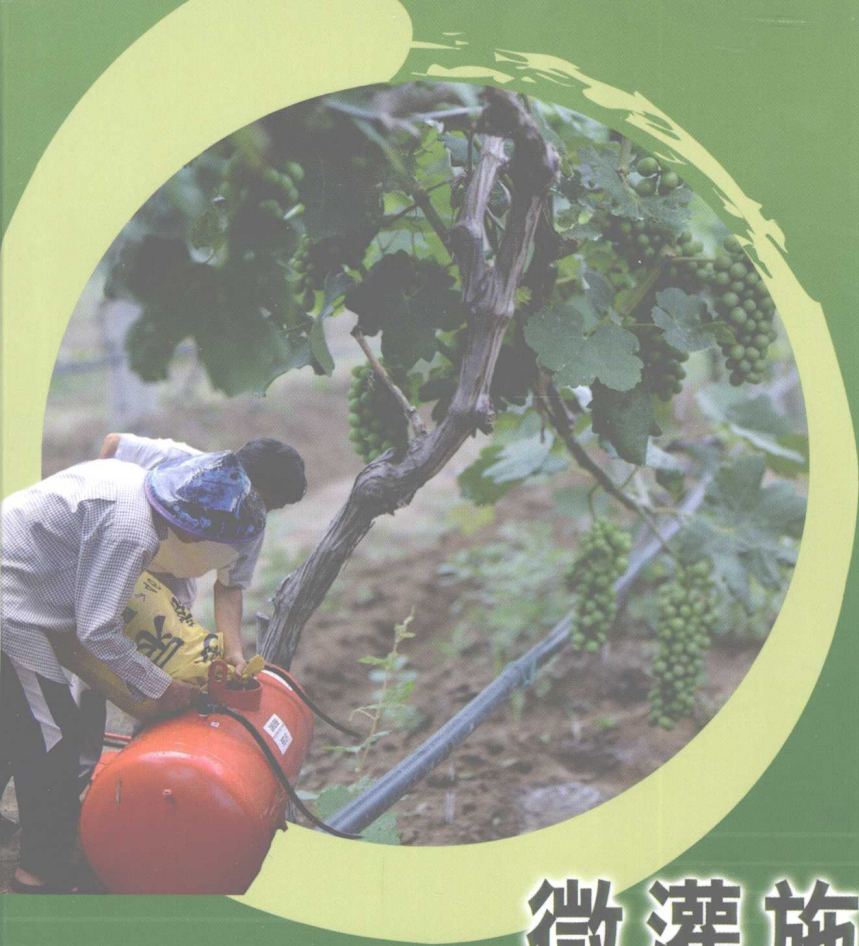




微灌施肥 农户操作手册

彭世琪 崔勇 李涛◎主编

微灌施肥农户操作手册

彭世琪 崔 勇 李 涛 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

微灌施肥农户操作手册 / 彭世琪, 崔勇, 李涛主编.
北京: 中国农业出版社, 2008. 11
ISBN 978-7-109-13078-4

I. 微… II. ①彭…②崔…③李… III. 施肥-技术手册
IV. S147.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 165587 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
2008 年 11 月第 1 版 2009 年 2 月北京第 2 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 4.25

字数: 120 千字 印数: 5 001~13 000 册

定价: 10.00 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 崔 勇 李 涛

参编人员（按姓氏笔画排序）

万广华 王明国 冯洪恩

孙大鹏 李 涛 吴 勇

张国进 郑育锁 黄以华

崔 勇 彭世琪

前 言

微灌包括滴灌、微喷、渗灌和小管出流灌等形式。在微灌系统中加入施肥设备，以微灌系统的水为载体，在灌溉的同时进行施肥，称为微灌施肥，因此微灌包括了灌水和施肥两个方面。

1974 年，我国引进微灌技术，已经建立起门类较为齐全的微灌设备生产企业。微灌设备已经在蔬菜、果树、棉花等经济作物上逐步推广。但是一些地方由于使用不当，应用效果不尽理想，微灌设备很快就因为堵塞等问题而报废了。应用微灌设备需要配套的技术，这些配套技术包括微灌条件下不同作物和不同土壤条件下的灌溉制度、施肥制度和栽培管理，以及不同作物的微灌设备配置、设备的操作和维护方法等内容。我国虽然引进微灌设备 30 多年，但在如何让农民用好微灌设备方面的配套技术研究才刚刚起步。我们总结了各地农业部门微灌施肥技术集成研究成果和应用实践，组织编写了这本《微灌施肥农户操作手册》。

全书分为六章。第一章微灌施肥技术，介绍微灌施肥技术概念、微灌施肥系统的主要设备。第二章微灌施肥系统的操作与维护，介绍微灌施肥系统的操作和维护

保养的基本方法。第三章微灌施肥制度的确定，介绍微灌灌溉制度、施肥制度的拟定方法和拟合灌溉施肥制度，以及微灌肥料的选择与配制。第四章蔬菜微灌施肥制度，介绍黄瓜、番茄、茄子、辣椒、生菜、芦笋、西葫芦、甜瓜等蔬菜的需水、需肥规律和典型微灌施肥制度。第五章果树微灌施肥制度，介绍苹果、葡萄、油桃、大樱桃、梨树、桃树等果树需水、需肥规律和典型微灌施肥制度。第六章其他作物微灌施肥制度，介绍棉花、马铃薯、制种玉米、加工型番茄、西瓜、草莓等作物的需水、需肥规律和典型微灌施肥制度。

本书编写的目的，一是为基层农技人员和农户正确地应用微灌施肥技术提供参考资料，二是希望更多同行借鉴，并深入开展微灌施肥理论和方法研究，以不断提高我国微灌施肥技术水平。

编 者

2008 年 10 月

目 录

前言

第一章 微灌施肥技术	1
第一节 技术简介	1
第二节 设备简介	6
第二章 微灌施肥系统的操作与维护	20
第一节 微灌施肥系统的操作	20
第二节 微灌施肥系统的维护保养	25
第三章 微灌施肥制度的确定	30
第一节 微灌灌溉制度的拟定方法	30
第二节 施肥制度的拟定方法	41
第三节 拟合灌溉施肥制度	50
第四节 微灌肥料的选择与配制	51
第四章 蔬菜微灌施肥制度	64
第一节 黄瓜	64
第二节 番茄	66
第三节 茄子	69
第四节 辣椒	72
第五节 生菜	75
第六节 芦笋	77

第七节 西葫芦	79
第八节 甜瓜	81
第五章 果树微灌施肥制度	87
第一节 苹果	87
第二节 葡萄	93
第三节 油桃	97
第四节 大樱桃	100
第五节 梨树	102
第六节 桃树	104
第六章 其他作物微灌施肥制度	108
第一节 棉花	108
第二节 马铃薯	112
第三节 制种玉米	115
第四节 加工型番茄	117
第五节 西瓜	119
第六节 草莓	123
主要参考文献	126

第一章

微灌施肥技术

第一节 技术简介

一、基本概念

微灌 (micro irrigation) 是利用微灌设备组装成微灌系统, 将有压水输送分配到田间, 通过灌水器以微小的流量湿润作物根部附近土壤的一种局部灌水技术。根据组成微灌系统的灌水器不同, 微灌系统分为滴灌系统、微喷灌系统、小管出流灌系统以及渗灌系统等。相比地面灌溉, 微灌的灌水速度和灌水量都十分小, 灌水的时间延长。根据滴头、滴水带、渗水管、微喷头和小孔出流微管等灌水器的不同, 不同单个灌水器流量范围在 2~225L/h。

微灌施肥 (fertigation) 是借助微灌系统, 将灌溉和施肥结合, 利用微灌系统中的水为载体, 在灌溉的同时进行施肥, 实现水和肥一体化利用和管理, 使水和肥料在土壤中以优化的组合状态供应给作物吸收利用。

1974 年, 我国开始引进微灌技术, 至今已经建立起门类较为齐全的微灌设备生产企业, 微灌设备得到普遍的认可。但是由于设备投入比较高, 主要在蔬菜、果树、棉花等经济作物上应用。

二、微灌施肥技术特点

相对于地面灌溉而言, 微灌条件下的土壤水、肥运行规律与

大水漫灌条件下有很大的不同，这些不同带来灌溉和施肥的理论和方法的革命性变化，因而成为一种全新的灌溉和施肥技术。

一是局部灌溉。微灌灌水集中在根系周围，蔬菜微灌湿润面积占种植地块的60%~90%，果树微灌湿润面积占种植面积的30%。也就是说，在微灌条件下，一部分土壤没有得到灌溉水。在地下部分，因作物根系分布深度不同，水的湿润深度控制在30~100cm以内，就不会产生水的地下渗漏损失。局部灌溉可造成局部土壤pH的变化和土壤养分的迁移，并在湿润区的边峰富集。

二是高频率灌溉。由于每次进入土壤中的水量比较少，土壤中贮存的水量小，需要不断补充水分来满足作物生长耗水的需要。在生产实践中，通过计算作物日耗水量来计算灌水的时间间隔和每次的灌水量。在高频率灌溉情况下，土壤水势相对平稳，灌溉水流速保持在较低状态，可以使作物根系周围湿润土壤中的水分与气体维持在适宜的范围内，作物根系活力增强，有利于作物的生长。

三是施肥量减少。作物根系只能吸收溶解在土壤水中的养分，而微灌使作物根系周围的土壤含水量保持在一定的范围内，如果一次大量施肥会使作物根系周围的土壤盐离子浓度太高，对作物造成危害。在微灌条件下，大水漫灌造成的肥料流失现象基本不存在，每次施肥量都是根据作物生长发育的需要设计的，既减少了施肥量，又有利于作物吸收利用，提高肥料利用率。

四是施肥次数增加。微灌使土壤水的移动范围缩小，在微灌水湿润范围之外的土壤养分难以被作物吸收利用。滴灌使根系周围的养分在不断地迁移，要保证作物根系周围适宜的养分浓度，就要不断地补充养分。在微灌施肥管理中，要考虑作物不同生育期对养分需求的不同及各养分之间的关系，因此，微灌施肥技术使施肥更加精确。

五是微灌对水质的要求比较高。一般的灌水器，滴水孔只有1mm左右。灌溉水中只要有大于0.1mm的微粒就可能堵塞灌水器的出水孔，因此，无论是无机的还是有机的微粒，如果水中含有沙子、微生物微粒等，都有可能造成灌水器的堵塞，因而使整套设备无法正常运转，甚至报废。因此，使用微灌设备，一是要选择水质，二是要有适宜的过滤装置。

三、灌溉施肥制度

微灌施肥最重要的配套技术就是灌溉施肥制度。所谓制度，就是在一定的条件下技术的规范化、制度化和标准化。灌溉制度就是指在一定气候、土壤等自然条件和一定的农业技术措施下，为使作物获得高额而稳定的产量所制定的一整套田间灌水制度，它包括作物播种前及全生育期内的灌水次数、灌水日期和灌水定额及灌溉定额。灌水定额是指一次灌于单位面积上的灌水量。灌溉定额是各次灌水定额之和。灌水定额和灌溉定额用 $\text{m}^3/\text{亩}$ ^①表示。灌溉施肥制度则是针对微灌设备应用和作物产量目标提出的，可以定义为，在一定气候、土壤等自然条件下和一定的农业技术措施下，为使作物获得高额而稳定的产量所制定的一整套灌溉和施肥制度。包括作物播种前及全生育期内的、按作物产量目标制定的灌溉施肥次数、灌溉施肥时间、灌溉施肥数量及灌溉施肥定额。灌溉施肥制度是使水和肥料一体化应用，因此，灌溉施肥制度的制定相对灌溉制度的制定难度要大很多。

我国微灌施肥制度的研究还处于起步阶段，只有少数的蔬菜、果树形成了比较成熟的微灌施肥制度。从技术理论上讲，微灌改变了水在土壤中的运行规律，带来养分在土壤中的运行规律的变化。我国作物类型、气候特点和土壤条件复杂多样，农民种

① 亩为非法定计量单位，1亩=667m²。

植管理水平和作物产量水平差异很大，也给微灌施肥制度的制定带来了诸多不确定的因素。灌溉施肥制度涉及到水利、农学、土壤、肥料等多学科，特别是要紧密地与作物生长需水需肥特点结合，拟合灌溉制度与施肥制度形成新的微灌施肥制度。研究和提出不同区域、不同作物的微灌施肥制度，将是当前和未来农业生产应用微灌设备重要的基础性工作。

四、微灌施肥的成本与效益

微灌施肥技术的应用需要两方面的资金投入，一是一次性设备的投入，二是常规的生产资料的投入。设备投入资金多少决定于配置的设备质量和规模，质量好的设备，投入的资金就多一些。不同的设备可能控制的面积在 1 到几百亩之间，控制面积大的设备总投资高，但平均到单位面积的投入相对较低。二是生产过程中的投入。由于微灌设备的使用，可以使肥料、农药、用工等许多投入都相应减少。实践证明，应用微灌施肥技术的效益是十分显著的。下面给出一个实际的例子来计算一下投入与效益。

表 1-1 分别列出了大棚和露地应用微灌施肥技术的设备投入和使用成本的实际范例。

表 1-1 微灌施肥设备投入与使用成本

作物	面积 (亩)	首部 (元)	管件 (元)	滴灌管/ 带 (元)	其他 (元)	投资合计 (元)	亩平均投 资 (元)	设计使用 年限
大棚番茄	1	200	350	1 100	0	1 650	1 650	7
大棚草莓	0.6	490	306	595	90	1 481	2 468	6
露地葡萄	172.5	26 269	47 393	107 453	0	181 115	1 049	8
露地棉花	270	28 608	151 200	103 275	15 000	283 083	1 048	12
露地马铃薯	200	40 000	70 000	50 000	0	160 000	800	10

其中，大棚番茄使用的是国产首部、管件和进口滴灌管。大

棚草莓使用的首部采用了高档次文丘里施肥器。棉花滴灌管使用年限为 4 年，在系统设计使用年限内需更换 2 次滴灌管；露地马铃薯滴灌带使用年限为 2 年，在系统设计使用年限内需更换 4 次滴灌带。

从表 1-1 可以看出，一个大棚滴灌施肥设备一次性投资亩均 1 650~2 468 元，露地作物滴灌施肥设备一次性投资亩均 800~1 104 元。其投资差异有两个原因，一是国产设备与进口设备价格差别较大。二是种植管理模式。露地作物如葡萄、棉花等一个首部控制面积较大，平均到单位面积的一次性投入相应减少。同时栽培密度和管网布设方式不同，也会带来投资的不同。

一般情况下，应用微灌施肥设备的农产品品质好，产量高。表 1-2 则显示了使用滴灌施肥设备情况下的生产成本、产量、效益和投资回报。

表 1-2 微灌施肥设备效益及投资回报

作物	年产量 (kg/亩)	单价 (元/kg)	销售收入 (元/亩)	年生产 成本 (元/亩)	年纯 收入 (元/亩)	设备回收 年限 (年)	设备使用 年限内预计 收入 (元/亩)
大棚番茄	12 500	2.00	25 000	3 000	22 000	1	152 350
大棚草莓	2 631	10.00	26 310	8 955	17 355	1	98 880
露地葡萄	4 500	1.50	9 000	2 000	7 000	1	54 950
露地棉花	402	5	2 010	365	1 645	1	17 924
露地 马铃薯	2 060	1	2 060	500	1 560	1	13 800

由表 1-2 可以看出，在生产管理到位的情况下，所有作物应用微灌施肥设备当年即可收回成本；蔬菜、水果应用微灌施肥亩收益在 7 000~20 000 元之间；棉花、马铃薯等亩收益在 1 500 元左右。

微灌施肥与传统灌水和施肥相比，一是提高了水资源利用效

率，二是具有节水、节肥、节本、省工、省力的特点，三是提高了农产品品质，增加了产量，进而增加了农业种植的收入。表 1-3 列出了在一些作物上应用微灌施肥与常规技术相比的水分利用效果。

表 1-3 微灌施肥技术效果

作物	灌溉及 施肥方式	平均产量 (kg/亩)	灌溉水量 (m ³ /亩)	耗水量 (m ³ /亩)	水分利用 效率 (kg/m ³)	水分利用 效益 (元/m ³)	备注
番茄	沟灌冲肥	3 586.6	230	332.5	10.79	17.8	
	滴灌施肥	5 102.8	176	310.5	16.43	27.11	
棉花	常规施肥	54.3	165	426.7	0.16	2.4	产量为皮棉
	滴灌施肥	54.2	61.3	323	0.23	3.45	
葡萄	常规施肥	855.2	125	515.2	1.66	4.98	
	滴灌施肥	1 102.3	70	457.4	2.41	7.23	
大桃	常规施肥	1 208.4	160	456	2.65	5.30	
	滴灌施肥	1 430.9	100	349	4.1	8.20	

从表 1-3 可以看出，微灌施肥与传统灌水相比，节水 37.5%~62.8%，水分利用效率提高到 1.5 倍左右；除棉花外，增产 18%~42%。

第二节 设备简介

常用的微灌施肥设备按灌水器的出水形式可以分为滴灌、微喷灌和小管出流 3 种类型。一套微灌施肥设备包括首部枢纽、输配水管网和灌水器 3 个部分。从经典的滴灌施肥系统的配置看，从水源到灌溉点，一般设备的排列顺序有：水泵（包括电机）、逆止阀、施肥（药）装置、压力表、过滤设备、压力表、阀门、流量表、进排气阀、干管、压力调节器（电磁阀）、支管、毛管、灌水器。根据微灌施肥首部控制规模和水质，设备的配置方式会

有所不同。

一、首部枢纽

首部枢纽的作用是从水源取水、增压，并将其处理成符合微灌施肥要求的水流送到系统中去，包括加压设备（水泵、动力机）、过滤设备、施肥（药）设备、控制及测量设备等。

（一）加压设备

加压设备的作用是满足微灌施肥系统对管网水流的工作压力和流量要求。加压设备包括水泵及向水泵提供能量的动力机。微灌施肥系统常用的水泵有离心泵、潜水泵等，动力机可以是柴油机、电动机等。在井灌区，如果是单户农户小面积使用微灌施肥设备，最好使用变频器。在有足够自然水头的地方可以不安装加压设备，利用重力进行灌溉。

（二）过滤设备

过滤设备的作用是将灌溉水中的固体颗粒（砂石、肥料沉淀物及有机物等）滤去，避免污物进入系统，造成系统和滴头堵塞。过滤设备安装在输配水管道之前。在供水量需要调蓄或含砂量很大的水源情况下，需要修建蓄水池和沉淀池。沉淀池用于去除灌溉水源中的大固体颗粒。为了避免在沉淀池中产生藻类植物，应尽可能将沉淀池或蓄水池加盖。过滤器包括离心式过滤器、砂介质过滤器、网式过滤器、叠片式过滤器等。

1. 离心式过滤器 离心式过滤器又叫水砂分离器。常见的结构形式有圆柱形和圆锥形两种。它由进口、出口、漩涡室、分离室、储污室和排污口等部分组成。离心式过滤器的泥砂颗粒最终从底部的排污管排出。离心式过滤器能连续过滤高含砂量的灌溉水，缺点是不能除去与水比重相近和比水轻的有机质等杂物，特别是水泵启动和停机时过滤效果下降，会有较多的砂粒进入系

统，因此，只能作为初级过滤器，还需要其他类型的过滤器对水质进行再处理。离心式过滤器的水头损失较大（图 1-1）。

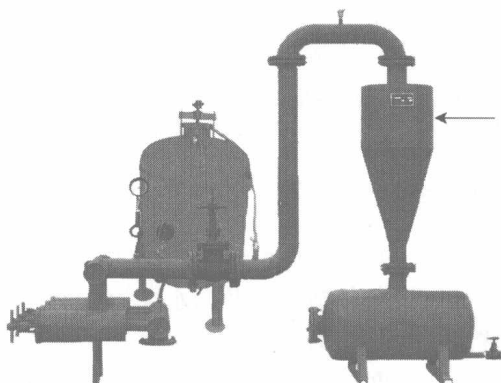


图 1-1 离心式过滤器

2. 砂介质过滤器 砂石介质过滤器是利用砂石作为过滤介质，污水通过进水口进入滤罐，经过砂石之间的孔隙截流和浮获而达到过滤的目的。水源含杂质多的情况下和为保证持续供水，可以多个过滤器联合使用。砂介质过滤器带有反冲洗功能，可根据需要定期清洗滞留在砂石间的污物。水流反向流过砂床时，使砂床膨胀向上，砂粒之间间距增大，被截流在孔隙之间的各种污物被水冲动，并带出砂床，经反冲洗管排出。每次冲洗时要冲到排出口的污水变清为止。砂石过滤器过滤可靠、清洁度高，缺点是价格高、体积大、重量重。

3. 筛网过滤器 筛网过滤器的过滤介质是尼龙筛网或不锈钢筛网。主要用于过滤灌溉水中的粉粒、砂和水垢等污物，也可用于过滤含有少量有机污物的灌溉水，但当有机物含量稍高时过滤效果很差，尤其是当压力较大时，大量的有机污物会挤过筛网而进入管道，造成系统与灌水器的堵塞。筛网过滤器种类很多，按安装方式可分为立式和卧式；按制造材料可分为塑料和金属；

按清洗方式可分为人工清洗和自动清洗；按封闭与否可分为封闭式和敞开式。筛网过滤器是一种简单而有效的过滤设备，造价也较便宜，在国内外微灌施肥系统中使用最为广泛（图 1-2）。

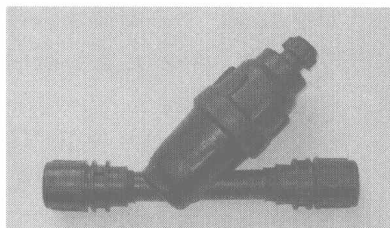


图 1-2 筛网过滤器

4. 叠片过滤器 叠片过滤器和其他过滤器一样，也是由滤壳和滤芯组成。滤壳材料一般为塑料、不锈钢或涂塑碳钢，形状有很多种。滤芯形状为空心圆柱体，由很多两面带有微米级正三角形沟槽的环形塑料片组装在中心骨架上组成。每个过滤单元中被弹簧和水压压紧的叠片便形成了无数道杂质无法通过的滤网，总厚度相当于 30 层普通滤网。

（三）施肥（药）设备

微灌施肥系统用于向输水管道注入可溶性肥料或农药溶液的设施称为施肥（药）设备。施肥（药）设备应安装在过滤设备之前。

1. 压差式施肥罐 压差式施肥罐一般由储液罐、进水管、供肥液管、调压阀等组成，并联安装在输水管道上。其工作原理是在输水管上的两点形成压力差，并利用这个压力差将肥料、药剂注入系统管道。施肥罐为承压容器，运行时承受与管道相同的压力，一般用抗压能力强的塑料或金属材料制造。压差式施肥罐的优点是加工制造简单，造价较低，不需外加动力设备。缺点是肥料溶液浓度变化大，同时，罐体容积有限，需要频繁添加化肥或药剂。

2. 开敞式肥料罐（池） 开敞式肥料罐（池）通常用在单棚独立灌溉系统或自压灌水系统中。开敞式肥料罐（池）可以是任意的塑料桶（罐）或池等，只需把这个肥料罐（池）放在自压水