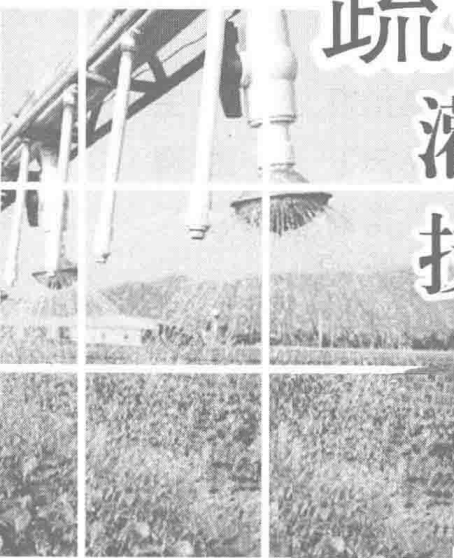


张洪昌 李星林 王顺利 主编

蔬菜 灌溉施肥 技术手册



 中国农业出版社



蔬菜 灌溉施肥 技术手册

张洪昌 李星林 王顺利 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

蔬菜灌溉施肥技术手册 / 张洪昌, 李星林, 王顺利
主编. —北京: 中国农业出版社, 2014. 6
ISBN 978-7-109-19334-5

I. ①蔬… II. ①张… ②李… ③王… III. ①蔬菜-
灌溉-技术手册 ②蔬菜-施肥-技术手册 IV. ①S63-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 139356 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 杨天桥

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 9.25

字数: 230 千字 印数 1~3000 册

定价: 30.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

编写人员名单

主 编：张洪昌 李星林 王顺利
副 主 编：丁云梅 巩春霞 李 菡 闫柳芳
编写人员：张洪昌 李星林 王顺利 丁云梅
 巩春霞 李 菡 闫柳芳 刘自新
 王 校 殷成燕 谭根生 赵春山





世界发达国家非常重视农业生产水肥管理。以色列以“沙漠之国”打造“农业强国”的奇迹闻名于世，其主要措施之一就是发展水肥利用率高的灌溉施肥。灌溉施肥是将灌溉与施肥有机结合的一项现代农业新技术，主要是借助新型微灌系统，根据土壤养分含量和作物需水需肥规律，在灌溉的同时将可溶性固体肥料或液体肥料配兑成肥液，与灌溉水一起均匀、准确地输送到作物根部土壤，供作物吸收，并且精确控制灌水量、施肥量、灌溉次数和施肥时间，达到“以水调肥”和“以肥促水”的水肥耦合效应。由于灌溉过程主要是根部灌溉，肥料也随水直接被输送到根系的周围，直接被作物吸收利用，大大减少了灌溉和肥料的投入，提高了水资源和肥料的利用率。

我国是世界水资源最贫乏、肥料浪费最多的国家之一，大力发展节水节肥的技术已经迫在眉睫。灌溉施肥具有节水节肥节药，省工增产，方便田间作业，防止土壤板结和环境污染等优点；应用灌溉施肥，是解决当前农业缺水、肥料利用率低的根本性措施，对发展无公害、绿色农业和可持续农业具有重要意义，是助推现代

农业快速发展的重要手段之一。

灌溉施肥引自于以色列等灌溉农业发达国家，在我国许多地区示范推广取得了显著成效。蔬菜是用水和用量比较大的作物，合理的灌溉施肥是提升蔬菜产量和品质，减少环境污染的重要措施。为了普及和推广这项新技术，应中国农业出版社之邀，我们组织有关技术人员编写了《蔬菜灌溉施肥技术手册》。

本书系统描述了灌溉施肥的技术原理，系统的组成、管理和维护，详细介绍了灌溉施肥系统中肥料的选择、应用以及蔬菜水肥管理要点，灌溉施肥在露地和设施蔬菜栽培上的具体应用，可为基层农业技术推广人员和广大种植业主提供技术指导，促进蔬菜生产水肥资源管理趋于更加合理和科学化，实现蔬菜产业优质、高产、高效。

本书可作为农业院校农学、园艺、植保、植物营养、土肥等专业师生的参考书，也可作为农业技术推广人员、示范园管理人员和菜农的参考书和相关专业的培训用书。

本书在编写过程中参考引用了许多文献资料，在此谨向其原作者深表谢意。

由于作者水平所限，书中缺点和疏漏在所难免，恳请专家、同行和读者提出批评和建议。

编 者

2014年6月



前言

第一章 灌溉施肥技术概述	1
一、灌溉施肥的含义	1
二、灌溉施肥的形式	2
三、灌溉施肥的优点	3
四、灌溉施肥的局限性	6
五、灌溉施肥技术的应用前景	7
六、蔬菜生产推广灌溉施肥技术的必要性	9
第二章 灌溉施肥系统的组成与维护	12
第一节 蔬菜生产中常用的灌溉施肥系统	12
一、冲施灌溉	12
二、喷灌	17
三、微灌	20
第二节 灌溉施肥系统的组成	28
一、灌溉施肥系统的组成	28
二、几种主要灌溉施肥系统	31
第三节 灌溉施肥系统的施肥方式	32
一、微重力自压施肥法	33
二、文丘里施肥器法	33

三、压差式施肥罐法	35
四、注肥泵法	37
第四节 灌溉施肥系统的维护	39
一、灌溉施肥的安全保护	40
二、系统与灌溉设备的维护	41
三、滴灌对水质的要求及水处理技术	42
第三章 灌溉施肥的水分管理	44
第一节 农田灌溉基础	44
一、灌溉的基本原理	44
二、影响作物耗水的主要因素	48
三、高峰期耗水量	50
第二节 微灌条件下土壤水分分布和变化	51
一、微灌条件下土壤水分分布特征和变化（以滴灌为例）	51
二、喷灌条件下土壤水分分布特征和变化	55
第三节 土壤基质势和灌溉频率对作物的影响	56
一、土壤基质势对作物生长和耗水的影响	56
二、灌溉频率对作物生长和耗水的影响	58
第四节 灌溉施肥的水分管理	60
一、土壤墒情监测和耗水量估算	60
二、灌溉施肥水分管理	65
第四章 灌溉施肥的养分管理	66
第一节 作物营养与施肥	66
一、作物获得养分的主要方式	66
二、土壤中养分的形态与转化	68
三、植物吸收营养元素的影响因素	72
第二节 适于灌溉施肥系统的肥料	74
一、选择肥料的原则	74
二、微灌施肥常用肥料	77

三、配制混合肥料的基本原则	81
四、微灌施肥中的肥料施用	82
五、用于灌溉系统的有机肥品种选择	84
六、肥料及其与其他因素的相互作用	86
第三节 灌溉施肥营养母液的配制	89
一、常用配方	89
二、养分含量的换算	92
第四节 养分的管理	95
一、土壤养分的监测	95
二、植株养分的监测	98
三、施肥方案的制定	108
四、灌溉施肥注意事项	115
第五章 蔬菜灌溉施肥管理	118
第一节 蔬菜的水分管理	118
一、蔬菜水分需求特点	118
二、合理水分管理策略	121
三、蔬菜灌溉制度的确定	125
第二节 蔬菜的养分管理	128
一、蔬菜养分需求特点	128
二、菜田土壤养分供应的特点	132
三、保护地蔬菜栽培的土壤环境特点	134
四、菜田土壤养分资源管理	136
五、菜田土壤养分丰缺指标	137
六、土壤栽培条件下蔬菜的养分推荐	142
第六章 露地蔬菜栽培及灌溉施肥	151
第一节 大白菜	151
一、大白菜生物学特性	151
二、大白菜生长的水肥需求	155

三、秋季大白菜灌溉施肥	156
四、施肥存在的问题及推荐施肥	160
第二节 马铃薯	161
一、马铃薯生物学特性	161
二、马铃薯生长的水肥需求	168
三、马铃薯微灌施肥	169
四、施肥存在的问题及推荐施肥	171
第三节 西瓜	172
一、西瓜生物学特性	172
二、西瓜生长的水肥需求	176
三、西瓜灌溉施肥	177
第四节 芹菜	179
一、芹菜生物学特性	179
二、芹菜生长的水肥需求	182
三、秋季露地芹菜灌溉施肥	183
第五节 花椰菜	185
一、花椰菜的生物学特性	185
二、花椰菜生长的水肥需求	188
三、花椰菜灌溉施肥	188
第六节 菠菜	190
一、菠菜的生物学特性	190
二、菠菜生长的水肥需求	193
三、菠菜灌溉施肥	194
第七节 茄子	196
一、茄子生物学特性	196
二、茄子生长的水肥需求	199
三、茄子灌溉施肥	200
第八节 辣椒	202
一、辣椒生物学特性	202
二、辣椒生长的水肥需求	206

三、辣椒灌溉施肥	207
四、施肥存在的问题及推荐施肥	208
第九节 萝卜	209
一、萝卜生物学特性	209
二、萝卜生长的水肥需求	213
三、萝卜灌溉施肥	214
四、施肥存在的问题及推荐施肥	214
第十节 甘蓝	215
一、甘蓝生物学特性	215
二、甘蓝生长的水肥需求	219
三、甘蓝灌溉施肥	219
四、施肥存在的问题及推荐施肥	221
第十一节 芦笋	222
一、芦笋生物学特性	222
二、芦笋微灌施肥	226
第十二节 大蒜	227
一、大蒜生物学特性	227
二、大蒜生长的水肥需求	231
三、大蒜灌溉施肥	232
第十三节 加工番茄	234
一、对环境条件的要求	234
二、加工番茄膜下滴灌技术	235
三、施肥存在的问题及推荐施肥	237
第七章 设施蔬菜灌溉施肥技术	239
第一节 番茄	239
一、北京地区温室（大棚）番茄微灌施肥	239
二、华北地区日光温室番茄灌溉施肥方案	241
三、温室樱桃番茄灌溉施肥	243
第二节 黄瓜	243

一、设施冬春茬黄瓜灌溉施肥	243
二、华北地区日光温室越冬黄瓜滴灌施肥方案	244
第三节 青椒(甜椒)	246
第四节 西葫芦	248
第五节 草莓	250
第六节 茄子	251
第七节 生菜	252
一、温室(大棚)结球生菜滴灌施肥	252
二、设施生菜灌溉施肥方案	255
第八节 辣椒	256
第九节 西瓜	257
第十节 甜瓜	260
附录	265
附录一 农田灌溉用水水质标准	265
附录二 蔬菜作物经济产量吸收氮磷钾养分的大致数量	266
附录三 作物营养缺素症状诊断检索表	267
附录四 蔬菜作物营养缺素症状诊断检索表	268
附录五 我国耕地土壤的养分状况	273
附录六 蔬菜种植土壤有效养分状况分级	277
附录七 主要蔬菜作物栽培适宜的土壤酸碱度	278
附录八 化肥单位用量换算	278
主要参考文献	281

第一章

灌溉施肥技术概述

一、灌溉施肥的含义

农业生产在追求作物最高产量、最佳品质和最低生产成本的同时也要保持可持续发展。实现这个目标的前提是要有一个最优且平衡的水分和养分供应，同时环境、土地和水资源的保护也是需要考虑的一个重要方面。通常根据作物对养分的需求供应养分，合理调节水肥的平衡供应，使作物发挥最大的生长潜力。

通过灌溉系统为作物提供营养物质的过程叫灌溉施肥，使作物在吸收水分的同时吸收养分。灌溉施肥技术是把农作物生长发育的两个基本要素“水分”和“养分”相结合建立的一种现代先进农业技术。这项技术主要是借助灌溉系统，将灌溉和施肥结合，利用灌溉系统中的水为载体，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。通俗地讲，就是根据作物的需水需肥规律和土壤水分、养分状况，将配制好的肥液与灌溉水一起，适时、适量、准确地随水施肥，直接到达作物根部土壤中供作物吸收。灌溉施肥可使灌水量、灌水时间、施肥量、施肥时间都达到很高的精度，具有水肥同步、集中供给、一次投资、多年受益的特点，从而达到提高水肥利用率的目的。这一技术主要适用于大棚、日光温室蔬菜等设施农业栽培，以及葡萄、苹果、梨树等果园和其他如棉花、芦笋等经济效益较好的作物。

灌溉施肥是精确施肥与精确灌溉相结合的产物，具有显著的节水、节肥、省工效果。灌溉施肥技术的英文专用词是“Fertigation”，是Fertilization（施肥）与Irrigation（灌溉）组合，意为灌溉和施肥结合的一种技术。国内有“灌溉施肥”“水肥一体化”“加肥灌溉”“水肥耦合”“管道施肥”“随水施肥”“肥水灌溉”等多种叫法。针对具体的灌溉形式，又可称为“滴灌施肥”“喷灌施肥”“微喷灌施肥”等。由于灌溉施肥技术在我国属于新鲜事物，目前没有统一的专用术语，本书按英文原意称为“灌溉施肥”。

二、灌溉施肥的形式

依据灌溉水中养分浓度是否变化，灌溉施肥有肥液浓度不恒定施肥（按数量施肥）和肥液浓度恒定施肥（按比例施肥）两种方式。肥液浓度不恒定即在施肥过程中，随着施肥时间的延长，灌溉水中养分浓度越来越低，最后趋于零（图1-1）。肥液浓度恒定即在施肥过程中肥液浓度始终保持一个恒定值（图1-2）。

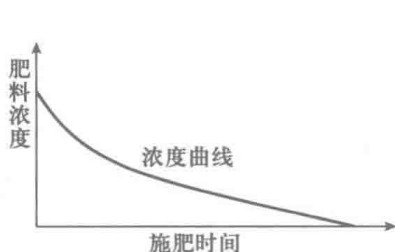


图 1-1 肥料浓度随施肥时间的变化



图 1-2 肥料浓度随施肥时间的变化

按灌溉设备喷头的移动性，灌溉施肥分为小流量固定设施灌溉施肥技术和机械化灌溉施肥技术。机械化灌溉施肥有拖管、侧向滚动、移动喷枪、线状移动、时针式等多种形式。

灌溉施肥技术可与任何一种灌溉技术结合（图 1-3）。

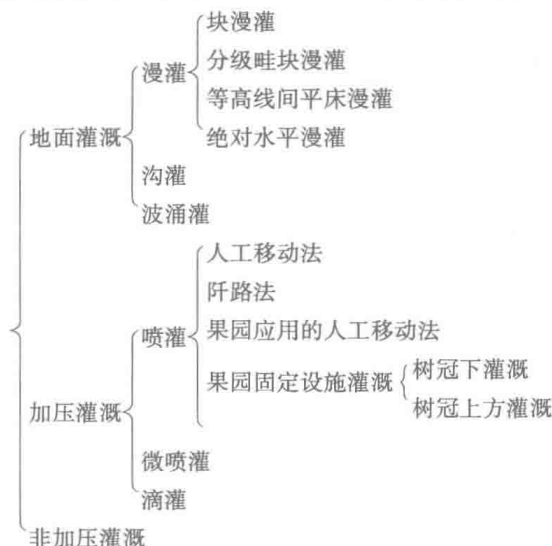


图 1-3 灌溉施肥的主要形式

目前大力推广的是微灌施肥和滴灌施肥技术。

三、灌溉施肥的优点

与常规施肥方法相比，通过灌溉系统施肥有以下优点：

1. 节水、节肥，显著提高肥料的利用率

灌溉施肥技术能同时向作物根部提供水分和营养物质，可充分保证养分有效供给和根系快速吸收。灌溉施肥中水肥相互作用，发挥水肥的最大效益，显著减少了水的用量，在设施栽培中，滴灌施肥、微灌施肥等可节水 30%~40%。因水肥溶液在土壤中均匀分布，使得养分分布高度均匀，提高了根系的吸收效率。灌溉施肥技术能根据作物的需求和天气变化情况，准确提供需要的养分，施用均匀一致；灌溉施肥能提高养分的有效性，促进作物对养分的吸收，同时还能显

著降低由于养分下渗、挥发和固定带来的损失。传统施肥和灌溉都是分开进行的，肥料施入土壤后，由于没有及时灌水或灌水量不足，肥料存在于土壤中，根系并没有充分吸收。在灌溉时土壤可以达到水分饱和，但灌溉的时间很短，因此根系吸收养分的时间也短。据调查，常规施肥肥料利用率只有30%~40%，滴灌施肥利用率达80%以上。在田间滴灌施肥系统下种植番茄，氮的利用率可达90%，磷达到70%，钾达到95%。肥料利用率的提高意味着施肥量减少，从而节省了肥料，与普通施肥相比，灌溉施肥一般可节省化肥30%~50%，并增产10%以上。

2. 显著提高土壤和作物的生产能力

灌溉施肥能获得较高产量和最优产品品质。陡坡地和沙化土壤、石化土壤、浅薄土壤和盐碱土等有土壤障碍和难以利用的土壤，都能应用灌溉施肥技术提高土地产出能力。如砂地或砂丘因持水能力很差，水分几乎没有横向扩散，传统的浇水容易深层渗漏，通常作物很难正常生长。采用微灌施肥技术，可保证作物在这些不利条件下正常生长。国外已有利用先进的滴灌施肥技术开发沙漠、进行商品化作物栽培的成功经验。以色列在南部沙漠地带广泛应用微灌施肥技术生产甜椒、番茄、花卉等，成为冬季欧洲著名的“菜篮子”基地。

3. 减少病虫害，抑制杂草生长，提高作物抗逆能力，改善作物品质，增产增效

通过灌溉施肥，土壤湿度可控制在作物生长适宜的范围，提高土壤养分有效性，促进作物根系对营养的吸收贮备，还可降低土壤表面湿度，明显减少病虫害发生，并抑制杂草生长，进而又可减少农药的用量。灌溉施肥的作物由于长势好，相对提高了作物的抗逆境能力，可大大提高农产品的产量和品质，提早上市时

间，并减少水肥、农药的施用量和劳力等的成本投入，经济效益和社会效益显著。

4. 简化田间施肥作业，减少施肥用工，显著降低投入成本

灌溉施肥能最大程度节省劳动力、运输和燃料等成本，减少肥料和除草剂等投入。特别对蔬菜和大棚内栽植的作物尤为明显。在果树栽培中，水肥管理耗费大量的人工。每次施肥要挖穴或开浅沟，施肥后要灌水。利用设施灌溉施肥后水肥同步管理并可自动控制，可节省劳动力投入。现在劳动力价格越来越高，应用灌溉施肥技术可显著节约生产成本。

5. 改善土壤环境状况，防止土壤退化和环境污染

灌溉施肥严格控制灌溉用水量、化肥施用量、施肥时间，不破坏土壤结构，可使土壤保持适宜的水、肥、气、热环境，土壤微生物生长旺盛，有利于土壤养分转化。可防止地下水位随水上涨，减轻土壤酸碱度变化和次生盐渍化等土壤退化现象。同时，灌溉施肥可减少养分向根系分布区以下土层的流失，尤其是硝态氮的淋溶损失可以大幅度减少，从而避免或减轻土壤和地下水的污染，保护环境。

6. 灵活、方便、准确地控制施肥数量和时间，便于微量元素肥料施用

根据作物营养规律有针对性地施肥，做到缺什么补什么，实现精确施肥。可以根据作物的营养特点，拟定各个时期的配方，为作物提供完全营养。根据灌溉的流量和时间，可以准确计算单位面积所用的肥料数量。微量元素通常应用螯合态，价格较贵，而通过微灌系统可做到精确供应，提高肥料利用率，降低施用成本。