



果树水肥一体化

实用技术

GUOSHU
SHUIFEI YITIHUA
SHIYONG JISHU



宋志伟 邓忠 主编



化学工业出版社



果树水肥一体化

实用技术

GUOSHU
SHUIFEI YITIHUA
SHIYONG JISHU



宋志伟 邓忠 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

果树水肥一体化实用技术/宋志伟, 邓忠主编. —北京:
化学工业出版社, 2018.1
ISBN 978-7-122-31103-0

I. ①果… II. ①宋…②邓… III. ①果树-肥水管理
IV. ①S66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 294441 号

责任编辑: 邵桂林

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 王 静

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 7 $\frac{3}{4}$ 字数 202 千字

2018 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

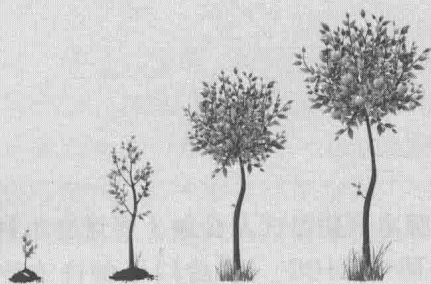
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究



编写人员 名单

主 编 宋志伟 邓 忠

副 主 编 孙发伟 杨首乐

编写人员 宋志伟 邓 忠 孙发伟

杨首乐 张兆欣 李 平

海建平

前言

Foreword

目前,水肥一体化技术在世界上被公认为是提高水肥资源利用率的**最佳技术**,1960年左右始于以色列。2012年国务院印发《**国家农业节水纲要(2012—2020)**》,强调要**积极发展水肥一体化**;2013年3月农业部下发《**水肥一体化技术指导意见**》,全国农技中心把水肥一体化列为“**一号技术**”加以推广,并在蔬菜、果树、花卉和半干旱地区的作物上不同程度地加以应用,在北京、天津、河北、山东、河南、广东、广西、内蒙古等地的应用面积逐年扩大。

果树水肥一体化技术是借助压力系统(或地形自然落差),按土壤养分含量和果树需肥规律和特点,将可溶性固体或液体肥料配兑成的肥液与灌溉水一起相融后,通过管道和滴喷头形成滴喷灌,均匀、定时、定量地浸润果树根系,满足果树生长需要。该技术具有“**水肥均衡、省工省时、节水省肥、减轻病害、控温调湿、增加产量、改善品质、效益显著**”等特点,水肥一体化技术工程投资(包括管路、施肥池、动力设备等)约为1000元/亩(1亩=667平方米),可以使用5年左右。水肥一体化技术比常规施肥可减少50%~70%的肥料用量,水量也只有沟灌的30%~40%,每年节省的肥料和农药成本至少为700元,增产幅度可达30%以上。

为更好推广果树水肥一体化技术,使技术人员和果农更好掌握和应用该项技术,我们联合灌溉技术和肥料施用技术等方面的专家编写了这本《**果树水肥一体化实用技术**》。本书在简要介绍了水肥一体化技术后,重点介绍了水肥一体化技术的主要设备、规划设计、设备安装与调试、系统操作与维护、灌溉施肥制度,主要北方落叶果树(苹果、葡萄、梨、桃等)、主要南方常绿果树(柑橘、荔枝等)和主要草本果树(香蕉、菠萝、西瓜、草莓等)水肥一体化技术应用等内容。本书具体介绍果树水肥一体化技术应用时主

要从灌溉类型、水分管理、施肥方案等方面入手,以我国目前推广应用较好的地区作为案例,以期对其他地区建设该项目有所帮助。该书适合灌溉企业、肥料企业、农业技术推广部门、园林园艺、经济林业等部门的技术与管理人员及种植户阅读,也可作为各层次科技人员及科研院所相关人员参考用书。

本书由宋志伟、邓忠主编,孙发伟、杨首乐副主编,张兆欣、李平、海建平参加编写,由宋志伟教授进行通稿和审定。本书在编写过程中得到化学工业出版社、河南农业职业学院、中国农业科学院农田灌溉研究所、开封市能源站、濮阳市林业科学研究所等单位领导和有关人员的大力支持,在此表示感谢。本书在编写过程中参考引用了许多文献资料,在此谨向其作者深表谢意。

由于笔者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请专家、同行和广大读者批评指正。

编者

2018年1月

目录

CONTENTS

第一章 水肥一体化技术简介	001
第一节 水肥一体化技术发展	001
一、水肥一体化技术概述	001
二、水肥一体化技术发展概况	003
第二节 水肥一体化技术特点	006
一、水肥一体化技术优点	007
二、水肥一体化技术缺点	010
第三节 水肥一体化技术各种系统特点	011
一、滴灌技术特点	011
二、微喷灌技术特点	013
第四节 水肥一体化技术系统组成	015
一、微灌系统的组成	015
二、微灌系统的分类	017
第五节 水肥一体化技术应用前景	021
一、推广水肥一体化技术的必要性	022
二、水肥一体化技术推广应用存在的问题	023
三、水肥一体化技术的发展方向	025
第二章 水肥一体化技术的主要设备	028
第一节 水肥一体化技术的首部枢纽	028
一、加压设备	028
二、过滤设备	035
三、控制和量测设备	046
第二节 水肥一体化技术的施肥设备	052
一、压差施肥罐	052
二、文丘里施肥器	054

三、重力自压式施肥法	061
四、泵吸肥法	062
五、泵注肥法	062
六、注射泵	063
第三节 水肥一体化技术的输配水管网	068
一、微灌用的管道	068
二、微灌用的管件	068
第四节 水肥一体化技术的灌水器	070
一、滴头	070
二、滴灌管	073
三、薄壁滴灌带	074
四、微喷头	074
五、灌水器的结构参数和水力性能参数	079
第三章 水肥一体化技术的规划设计	081
第一节 水肥一体化技术的信息采集与设计	081
一、项目实施单位信息采集	081
二、田间数据采集	083
三、绘制田间布局图	084
四、造价预算	084
第二节 水肥一体化智能灌溉系统设计	085
一、水肥一体化智能灌溉系统概述	085
二、水肥一体化智能灌溉系统总体设计方案	086
第四章 水肥一体化技术的设备安装与调试	094
第一节 首部设备安装与调试	094
一、负压变频供水设备安装	094
二、离心自吸泵安装	094
三、潜水泵安装	095
四、山地微蓄水肥一体化	096
第二节 管网设备安装与调试	098

一、平地管网	098
二、山地管网	103
第三节 微灌设备安装与调试	103
一、微喷灌的安装与调试	103
二、滴灌设备安装与调试	106
第五章 水肥一体化系统操作与维护	109
第一节 水肥一体化系统操作	109
一、运行前的准备	109
二、灌溉操作	110
三、施肥操作	111
四、轮灌组更替	126
五、结束灌溉	126
第二节 水肥一体化系统的维护保养	126
一、水源工程	127
二、水泵	127
三、动力机械	127
四、管道系统	127
五、过滤系统	128
六、施肥系统	129
七、田间设备	129
八、预防滴灌系统堵塞	130
九、细小部件的维护	130
第六章 水肥一体化技术的灌溉施肥制度	131
第一节 水肥一体化的灌溉制度	131
一、水肥一体化技术灌溉制度的有关参数	131
二、水肥一体化灌溉制度的制定	134
三、农田水分管理	137
第二节 水肥一体化技术的肥料选择	143
一、水肥一体化技术下的肥料品种与选择	143

二、氮磷钾储备液	153
第三节 水肥一体化技术的施肥制度	157
一、土壤养分检测	158
二、植物养分检测	159
三、施肥方案制定	163
第四节 水肥一体化技术中肥料配制与浓度控制	167
一、水肥一体化技术中肥料配制	167
二、水肥一体化技术设备运行中的肥料浓度控制	169
三、其他相关的计算公式和方法	172
第七章 主要北方落叶果树水肥一体化技术应用	174
第一节 苹果树水肥一体化技术应用	174
一、苹果树水肥一体化技术灌溉选择	174
二、苹果树水肥一体化技术水分管理	175
三、苹果树水肥一体化技术施肥方案	177
第二节 葡萄水肥一体化技术应用	181
一、葡萄水肥一体化技术灌溉类型	182
二、葡萄水肥一体化技术水分管理	183
三、葡萄水肥一体化技术施肥方案	184
第三节 梨树水肥一体化技术应用	189
一、梨树水肥一体化技术水分管理	190
二、梨树水肥一体化技术施肥方案	191
第四节 桃树水肥一体化施肥技术应用	192
一、桃树水肥一体化技术水分管理	193
二、桃树水肥一体化技术施肥方案	194
第八章 主要南方常绿果树水肥一体化技术应用	196
第一节 柑橘水肥一体化技术应用	196
一、柑橘水肥一体化技术灌溉类型	196
二、柑橘水肥一体化技术水分管理	198
三、柑橘水肥一体化技术施肥方案	199

第二节 荔枝水肥一体化技术应用	203
一、荔枝水肥一体化技术灌溉类型	204
二、荔枝水肥一体化技术水分管理	205
三、荔枝水肥一体化技术施肥方案	206
第九章 主要草本果树水肥一体化技术应用	209
第一节 香蕉水肥一体化技术应用	209
一、香蕉水肥一体化技术灌溉类型	209
二、香蕉水肥一体化技术水分管理	210
三、香蕉水肥一体化技术施肥方案	211
四、香蕉水肥一体化配套关键技术	215
第二节 菠萝水肥一体化技术应用	217
一、菠萝水肥一体化技术灌溉类型	217
二、菠萝水肥一体化技术水分管理	217
三、菠萝水肥一体化技术施肥方案	219
第三节 西瓜水肥一体化技术应用	221
一、西瓜水肥一体化技术灌溉类型	222
二、西瓜水肥一体化技术水分管理	223
三、西瓜水肥一体化技术施肥方案	223
第四节 草莓水肥一体化技术应用	226
一、草莓水肥一体化技术灌溉类型	227
二、草莓水肥一体化技术水分管理	227
三、草莓水肥一体化技术施肥方案	228
参考文献	231



第一章 水肥一体化技术简介

第一节 水肥一体化技术发展

水肥一体化技术是集节水灌溉和高效施肥于一体的现代农业生产综合水肥管理措施，具有显著的节水、节肥、省工、优质、高效、环保等优点，已广泛应用于果树生产上。

一、水肥一体化技术概述

我国是一个水资源匮乏的国家，人均淡水资源占有量为世界第 109 位，约为世界平均的 $1/4$ ，人均占用量仅为 2300 m^3 ，单位耕地灌溉用水只有 $178 \text{ m}^3/\text{亩}$ ，而且在时空分布上极为不均匀，旱灾频繁，降水不均匀。同时，我国是化肥生产和使用大国，据国家统计局数据，2013 年化肥生产量 7037 万吨（折纯），农用化肥施用量 5912 万吨；由于施肥的不科学，我国的肥料利用率不高，据 2005 年以来全国 11788 个“3414”试验数据表明，现阶段我国果树氮肥利用率不足 30%，距一般发达国家的氮肥利用率 40%~60% 的水平有很大差距，而磷肥、钾肥等肥料利用率与发达国家的差距更大。2015 年农业部制定了《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》，力争到 2020 年，主要农作物化肥使用量实现零增长，盲

目施肥和过量施肥现象基本得到遏制，传统施肥方式得到改变。其中，水肥一体化技术推广面积 1.5 亿亩、增加 8000 万亩。从 2015 年起，主要农作物肥料利用率平均每年提升 1 个百分点以上，力争到 2020 年，主要农作物肥料利用率达到 40% 以上。因此，寻求最佳的水肥管理措施，提高水肥资源利用率，对于解决目前资源短缺、提高资源利用率意义重大，也是发展现代农业、促进农业生产可持续发展的重要保障。

水分和养分的合理调节与平衡供应是作物增产的最关键因子，然而传统的灌溉和施肥是分开进行的。从施肥来看，传统的施肥方法如撒施、集中施、分层施用、叶面施用等肥料利用率都很低；从灌水来看，传统的方式是大水漫灌、沟灌等，水分利用效率也较低。在水肥的供给作物生长过程中，最有效的供应方式是如何实现水肥同步供给，充分发挥两者的相互作用，在供给作物水分的同时最大限度地发挥肥料的作用，实现水肥同步供应，即水肥一体化技术。

水肥一体化技术也称为灌溉施肥技术，是将灌溉与施肥融为一体的农业新技术，是精确施肥与精确灌溉相结合的产物。它是借助压力系统（或地形自然落差），根据土壤养分含量和作物种类的需肥规律及特点，将可溶性固体或液体肥料配制成的肥液，与灌溉水一起，通过可控管道系统均匀、准确地输送到作物根部土壤，浸润作物根系发育生长区域，使主根根系土壤始终保持疏松和适宜的含水量。通俗地讲，就是将肥料溶于灌溉水中，通过管道在浇水的同时施肥，将水和肥料均匀、准确地输送到作物根部土壤（图 1-1）。

水肥一体化技术在国外有一定的特定词描述，叫“Fertigation”，是“Fertilization（施肥）的 Ferti”和“Irrigation（灌溉）的 gation”组合而成，意为灌溉和施肥结合的一种技术。国内根据英文字意翻译成“水肥一体化”“灌溉施肥”“加肥灌溉”“水肥耦合”“随水施肥”“管道施肥”“肥水灌溉”“肥水同灌”等多种叫法，“水肥一体化技术”目前广泛被接受。针对具体灌水方式，又可称或分为水渠灌溉、管道灌溉、喷灌、微喷灌、泵加压滴灌、重力滴灌、渗灌等



图 1-1 果树水肥一体化技术应用

形式。水渠灌溉最为简单，对肥料要求不高，但这种水渠灌溉不利于节水；微喷灌、滴灌是根据作物需水、需肥量和根系分布进行最精确的供水、供肥，不受风力等外部条件限制；喷灌相对来说没有滴灌施肥适应性广。故狭义的水肥一体化技术也称滴灌施肥或微喷灌施肥。

二、水肥一体化技术发展概况

1. 国外水肥一体化技术的发展历史

水肥一体化技术是人类智慧的结晶，是生产力不断发展的产物，它的发展经历了很长的历史，水肥一体化技术起源于无土栽培技术。早在 18 世纪，英国科学家 John Woodward 利用土壤提取液配制了第一份水培营养液。后来水肥一体化技术经过了 3 个阶段的发展。

(1) 营养液栽培技术阶段 1859 年，德国著名科学家 Sachs 和 Knop，提出了使植物生长良好的第一个营养液的标准配方，并

用此营养液培养植物，该营养液直到今天还在使用。之后，营养液栽培的含义扩大了，在充满营养液的砂、砾石、蛭石、珍珠岩、稻壳、炉渣、岩棉、蔗渣等非天然土壤基质材料做成的种植床上种植植物均称为营养液栽培，因其不用土壤，故称无土栽培。1920年，营养液的制备达到标准化，但这些都是实验室内进行的试验，尚未应用于生产。1929年，美国加利福尼亚大学的 W. F. Gericke 教授，利用营养液成功地培育出一株高 7.5 米的番茄，采收果实 14 千克，引起了人们极大的关注。被认为是无土栽培技术由试验转向实用化的开端，作物栽培终于摆脱自然土壤的束缚，可进入工厂化生产。

(2) 无土栽培技术阶段 19 世纪中期到 20 世纪中期无土栽培商业化生产，水肥一体化技术初步形成。第二次世界大战加速了无土栽培的发展，为了给美军提供大量的新鲜蔬菜，美国在各个军事基地建立了大型的无土栽培农场。无土栽培技术日臻成熟，并逐渐商业化。无土栽培的商业化生产开始于荷兰、意大利、英国、德国、法国、西班牙、以色列等国家。之后，墨西哥、科威特及中美洲、南美洲、撒哈拉沙漠等土地贫瘠、水资源稀少的地区也开始推广无土栽培技术。

(3) 水肥一体化技术成熟阶段 20 世纪中期至今是水肥一体化技术快速发展的阶段。20 世纪 50 年代，以色列内盖夫沙漠中哈特泽里姆基布兹的农民偶然发现水管渗漏处的庄稼长得格外好，后来经过试验证明，滴渗灌溉是减少蒸发、高效灌溉及控制水肥、农药最有效的方法。随后以色列政府大力支持实施滴灌，1964 年成立了著名的耐特菲姆公司。以色列从落后农业国实现向现代工业国的迈进，主要得益于滴灌技术。与喷灌和沟灌相比，以色列应用滴灌技术以来，全国农业用水量没有增加，农业产出却较之前翻了 5 番。

耐特菲姆公司生产的第一代滴灌系统设备是用一流量计量仪控制塑料管子中的单向水流，第二代产品是引用了高压设备控制水流，第三、四代产品开始配合计算机使用。自 20 世纪 60 年代以来，以色列开始普及水肥一体化技术，全国 43 万公顷耕地中大约

有 20 万公顷应用加压灌溉系统。由于管道和滴灌技术的成功, 全国灌溉面积从 16.5 亿平方米增加到 22 亿~25 亿平方米, 耕地从 16.5 亿平方米增加到 44 亿平方米。据称以色列的滴灌技术已经发展到第六代。果树、花卉和温室作物都是采用水肥一体化灌溉施肥技术, 而大田蔬菜和大田作物有些是全部利用水肥一体化灌溉施肥技术, 有些只是一定程度上应用, 这取决于土壤本身的肥力和基肥应用科学。在喷灌、微喷灌等微灌系统中, 水肥一体化技术对作物也有很显著的作用。随着喷灌系统由移动式转为固定式, 水肥一体化技术也被应用到喷灌系统中。20 世纪 80 年代初期, 水肥一体化技术应用到自动推进机械灌溉系统中。

2. 我国水肥一体化技术的发展概况

我国农业灌溉有着悠久的历史, 但是大多采用大水漫灌和串畦淹灌的传统灌溉方法, 水资源的利用率低, 不仅浪费了大量的水资源, 同时作物的产量提高的也不明显。我国的水肥一体化技术的发展始于 1974 年。近 30 年来, 随着微灌技术的推广应用, 水肥一体化技术不断发展, 大体经历了以下 3 个阶段。

第一阶段 (1974—1980 年): 引进滴灌设备, 并进行国产设备研制与生产, 开展微灌应用试验。1980 年我国第一代成套滴灌设备研制生产成功。

第二阶段 (1981—1996 年): 引进国外先进工艺技术, 国产设备规模化生产基础逐渐形成。微灌技术由应用试点到较大面积推广, 微灌试验研究取得了丰硕成果, 在部分微灌试验研究中开始进行灌溉施肥内容的研究。

第三阶段 (1996 年至今): 灌溉施肥的理论及应用技术日趋被重视, 技术研讨和技术培训大量开展, 水肥一体化技术大面积推广。

自 20 世纪 90 年代中期以来, 我国微灌技术和水肥一体化技术迅速推广。水肥一体化技术已经由过去局部试验示范发展为大面积推广应用, 辐射范围由华北地区扩大到西北干旱区、东北寒温带和华南亚热带地区, 覆盖了设施栽培、无土栽培, 以及蔬菜、花卉、

苗木、大田经济作物等多种栽培模式和作物。在经济发达地区,水肥一体化技术水平日益提高,涌现了一批设备配置精良、专家系统智能自动控制的大型示范工程。部分地区因地制宜实施的山区滴灌施肥、西北半干旱和干旱区协调配置日光温室集雨灌溉系统、窑水滴灌、瓜类栽培吊瓶滴灌施肥、华南地区利用灌溉注入有机肥液等技术形式使灌溉施肥技术日趋丰富和完善。

灌溉施肥应用与理论研究逐渐深入,由过去侧重土壤水分状况、节水和增产效益试验研究,逐渐发展到灌溉施肥条件下水肥结合效应、对作物生理和产品品质影响、养分在土壤中运移规律等方面的研究。由单纯注重灌溉技术、灌溉制度逐渐发展到对灌溉与施肥的综合运用技术的研究。我国水肥一体化技术总体水平,已从20世纪80年代初级阶段发展和提高到中级阶段。其中,部分微灌设备产品性能、大型现代温室装备和自动化控制已基本达到目前国际先进水平。微灌工程的设计理论及方法已接近世界先进水平,微灌设备产品和微灌工程技术规范,特别是条款的逻辑性、严谨性和可操作性等方面,已跃居世界领先水平。1982年我国加入国际灌排委员会,并成为世界微灌组织成员之一,我国加强国际技术交流,重视微灌技术管理、微灌工程规划设计等的培训,培养了一大批水肥一体化技术推广管理及工程设计骨干和高学位人才。

但是,从技术应用的角度分析,我国水肥一体化技术推广缓慢。首先,只关注了节水灌溉设备,水肥结合理论与应用研究成果较少;其次,我国灌溉施肥系统管理水平较低,培训宣传不到位,基层农技人员和农民对水肥一体化技术的应用不精通;再次,应用水肥一体化技术面积所占比例小,深度不够;最后,某些微灌设备产品,特别是首部配套设备的质量与国外同类先进产品相比仍存在着较大差距。

第二节 水肥一体化技术特点

“有收无收在于水”“收多收少在于肥”,这两名农谚精辟地阐