国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

金凤凰

农业三新出版工程

农业新品种 新技术 新模式丛书

蔬菜水肥一体化管理实用技术

设施蔬菜高效生产技术推广协作组

主 编 郭世荣 束 胜





江苏凤凰科学技术出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

金凤凰

农业三新出版工程

农业新品种 新技术 新模式丛书

蔬菜水肥一体化管理实用技术

设施蔬菜高效生产技术推广协作组

主　　编　郭世荣　束　胜

编著人员　孙　锦　金永奎　张达余　倪宏正
杨雅婷　王军伟　李　蒙

江苏凤凰科学技术出版社

图书在版编目（CIP）数据

蔬菜水肥一体化管理实用技术 / 郭世荣，束胜主编. —南京：江苏凤凰科学技术出版社，2016.3
（农业新品种 新技术 新模式丛书）
ISBN 978-7-5537-4884-9

Ⅰ.①蔬… Ⅱ.①郭…②束… Ⅲ.①蔬菜园艺 Ⅳ.①S63

中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第141307号

农业新品种 新技术 新模式丛书
蔬菜水肥一体化管理实用技术

主　　编	郭世荣　束　胜
项目总策划	金国华　郁宝平　张小平
责任编辑	张小平　孔　敏
责任校对	郝慧华
责任监制	曹叶平　方　晨
出版发行	凤凰出版传媒股份有限公司 江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址	南京市湖南路1号A楼，邮编：210009
出版社网址	http://www.pspress.cn
经　　销	凤凰出版传媒股份有限公司
照　　排	南京紫藤制版印务中心
印　　刷	南京新世纪联盟印务有限公司
开　　本	880 mm×1 240mm　1/32
印　　张	4.125
字　　数	100 000
版　　次	2016年3月第1版
印　　次	2016年3月第1次印刷
标准书号	ISBN 978-7-5537-4884-9
定　　价	22.00元

图书如有印装质量问题，可随时向我社出版科调换。

前　言

江苏省农业三新工程是江苏省农业委员会、江苏省财政厅联合实施的一项重大农业科技推广专项，旨在支持农业新品种、新技术、新模式的集成示范与推广普及。该专项的实施为农业先进实用技术集成推广、培养农业实用科技人才发挥了重要作用，有效促进了全省粮食增产、农业增效和农民增收。

为进一步提高江苏省农业三新工程项目实施效果，着力推进项目实施的组织化、系统化和科学化，自2010年起，项目实施与省农业重大技术推广计划紧密衔接，实行三新工程重大技术推广协作组制度，每个协作组设一名首席专家，负责指导协作组内专题项目实施。各协作组针对每项重大技术的特点与生产需求，认真组织实施专题推广项目，包括制作一套技术推广挂图、摄录一部技术推广教学片、编写一本技术培训教材。我们将这套图文并茂、深入浅出的技术物化成果，结集出版为“农业新品种 新技术 新模式丛书”，主要面向广大农民及基层农技人员，宣传和推广农业重大技术，进一步扩大技术推广覆盖面，加快推进现代农业建设。

本套丛书的编写出版，得到全省各级农业部门、有关单位的大力支持，在此表示衷心感谢。

编委会

金凤凰农业三新出版工程

专家委员会首席专家

方智远　中国工程院院士，中国农业科学院蔬菜花卉研究所研究员
张齐生　中国工程院院士，南京林业大学教授
程顺和　中国工程院院士，江苏里下河地区农业科学研究所研究员
刘秀梵　中国工程院院士，扬州大学兽医学院教授

“农业新品种 新技术 新模式丛书”编委会

主　任：蔡　恒
副主任：姜雪忠　项　林　冯晓鸣　杜永林
委　员：尤兆祥　葛自强　王　芃　黄银忠　卢　建
储　健　曹卫东　王松松　陈福俊　王金成
张华胤　樊继刚　皮胜利　董立国　苏家富
马旭华　秦晓平　高学罗　盛中伟

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

第一章　蔬菜水肥一体化及其目的、意义 …… 1

一、蔬菜水肥一体化的概念 ……1
二、蔬菜水肥一体化的目的和意义 ……3
三、蔬菜水肥一体化技术优点和缺点 ……5
四、蔬菜水肥一体化应用中存在的主要问题 ……6
五、推进蔬菜水肥一体化应用的建议 ……7

第二章　蔬菜水肥一体化水源和肥料的选择 …… 9

一、蔬菜水肥一体化对灌溉水源的要求 ……9
二、蔬菜水肥一体化对肥料的要求 ……12
三、蔬菜水肥一体化肥料的主要种类 ……14
四、肥料间相容或不相容 ……17
五、肥料与灌溉水、设备的作用 ……20
六、水肥溶液配制常用的肥料配方 ……21
七、蔬菜水肥一体化灌溉施肥量的计算 ……23
八、蔬菜水肥一体化水肥溶液的配制和管理 ……28

第三章　蔬菜水肥一体化灌溉系统 …… 30

一、首部系统 ……30
二、主管网输送系统 ……34
三、支管灌溉喷灌设施 ……37
四、支管灌溉微灌设施 ……43
五、支管灌溉滴灌设施 ……47

六、支管灌溉其他设施……56

第四章　蔬菜水肥一体化施肥系统 …… 60

一、文丘里施肥器……60
二、泵吸式施肥系统……63
三、旁通施肥罐装置……64
四、重力自压施肥法……67
五、其他施肥方法……69
六、施肥过滤设施及压力装置 ……72

第五章　蔬菜水肥一体化灌溉施肥系统的设计与安装 …… 74

一、蔬菜水肥一体化灌溉施肥系统的设计 ……74
二、蔬菜水肥一体化灌溉施肥设施的安装 ……79
三、蔬菜水肥一体化灌溉施肥系统的运行与维护……85

第六章　主要蔬菜作物水肥一体化实用技术 …… 92

一、黄瓜水肥一体化技术 ……92
二、番茄水肥一体化技术 ……97
三、辣椒水肥一体化技术 ……103
四、茄子水肥一体化技术 ……107
五、西瓜水肥一体化技术 ……113
六、叶菜类蔬菜水肥一体化技术 ……119

主要参考文献 …… 124

后记 …… 125

第一章
蔬菜水肥一体化及其目的、意义

一、蔬菜水肥一体化的概念

蔬菜水肥一体化是在蔬菜生产中将水分灌溉与肥料施用融为一体，一起进行操作的农业新技术。水肥一体化技术是将可溶性固体或液体肥料，按土壤养分含量和作物种类、生育阶段的需肥规律和特点，配兑成的肥液与灌溉水，使水肥相融后，借助压力灌溉系统（或地形自然落差），通过可控管道系统和滴头、喷头形成滴灌、喷灌，定时、定量、均匀地浸润作物生育环境或根系生育区域，使主要根系土壤始终保持疏松和适宜的含水量，或使叶片得到肥水供应，向栽培的蔬菜植株提供水分和养分；同时根据不同蔬菜种类、不同生长期的需肥特点，土壤环境和养分含量状况，科学合理按比例直接提供给作物养分（图1–1、图1–2）。这项技术主要借助于灌溉系统，将灌水和施肥相结合，以灌溉系统中的水为载体，在灌溉的同时进行施肥，实现水肥一体化利用与管理，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。无土栽培中的水培和雾培同样属于水肥一体化技术。

该项技术适宜于自来水、井、水库、蓄水池等固定水源，且水质好、符合微灌要求，并已建设或有条件建设微灌设施的区域推广应用。

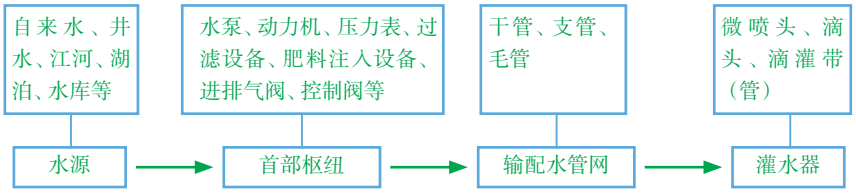


图1–1　蔬菜水肥一体化示意图



1


2

图1–2　水肥一体化在露地蔬菜种植上的应用



行家指点

水肥一体化技术可使灌水量、灌水时间、施肥量、施肥时间等达到很高的精度，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。

主要适用于塑料大棚、日光温室和露地蔬菜栽培（图1–3、图1–4），同样适用于果园栽培和棉花等大田经济作物栽培。



图1–3　水肥一体化在白菜基质栽培中的应用


1

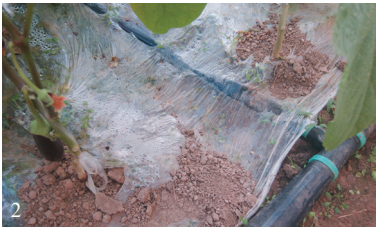

2

图1–4　水肥一体化在日光温室番茄种植上的应用

二、蔬菜水肥一体化的目的和意义

1. 水肥均衡供应

传统的蔬菜浇水和追肥方式，一般5~7天或15天左右浇一次水，先施肥再浇水，刚浇水时土壤水分、养分处于饱和，作物根系来不及吸收，由于短期缺少空气（氧气），导致根系水分和养分吸收受阻；但下次灌溉的前几天土壤中水分、养分又显得不足，根系吸收不到应有的水分和养分，导致作物“饱几天、饿几天、再撑几天”，不能均匀地“吃喝”，难以得到充足的水分和养分。而采用水肥一体化的滴灌技术，采取少量多次的灌溉策略，可以根据蔬菜作物需水、需肥规律随时供给，保证根系生长区域水肥的供应，防止过多水肥的流失，作物可以“吃得舒服，喝得痛快”。

2. 节水省肥显著

滴灌等水肥一体化技术直接把蔬菜作物所需要的肥料随水均匀地输送到植株的根部，作物可“细酌慢饮”，可减少40%的肥料施用量，大幅度地提高了肥料的利用率，灌水量也只有沟灌的30%~50%，节水达到35%~50%。

3. 省工省时省力

传统的沟灌先施肥再浇水，施肥费工费时；大水漫灌需要改水道，费工费力，非常麻烦。而使用膜下滴灌等水肥一体化技术只需打开阀门，合上电闸，几乎不用工，方便易行，节省劳力15~20个/亩[①]。

4. 保持土壤疏松

传统的沟灌一次浇水量大、间隔时间长，必然引起前期土壤含水饱和、后期土壤缺水，导致土壤板结及裂缝，破坏土壤结构，影响作物根系生长。膜下滴灌等水肥一体化技术，采取少量多次的灌溉策略，既防止了



要点提示

蔬菜水肥一体化的目的和意义在于：节水省肥、省工省力、土壤疏松、控温降湿、保护环境、减轻病害、增产高效。

①亩，我国农业生产上常用的土地面积单位，1亩=666.7 m^2。

土壤水分过多引起饱和，又避免了土壤水分过少引起干旱，始终保持土壤水分均匀、湿润疏松，保证良好的土壤结构，有利于根系生育。

5. 控温降湿明显

传统的沟灌一次浇水量大，冬季会使设施内土壤温度急速下降，加之造成的土壤板结、通透性差，使作物根系处于缺氧状态，易造成沤根现象，沟灌水分蒸发使设施内空气相对湿度急速提高、温度下降，不利于植物生长发育。而膜下滴灌等水肥一体化技术，能控制浇水量，保持较高的地温，地膜可防止空气相对湿度上升，避免了因浇水量过大而引起的作物沤根等问题（图1–5）。



图1–5　膜下滴灌水肥一体化技术

6. 保护环境

传统的沟灌浇水量大，刚浇水时土壤水分处于饱和状态，作物根系来不及吸收，30%以上的水分和养分渗入地下，尤其是化肥等大量水溶性肥料会对地下水造成污染，且大水漫灌引起的地温下降、空气相对湿度升高、土壤板结等破坏了作物的生育环境，而膜下滴灌等水肥一体化技术，可以少量多次防止肥水的下渗和土壤板结，保持地温和空气相对湿度，保护自然和生态环境。

7. 控制病害发生

大棚等设施栽培采用传统的沟灌，空气相对湿度会急速升高，极易导致霜霉病等病害发生；枯萎病、疫病等很多土传病害，随流水传播迅速。采用膜下滴灌等水肥一体化技术能降低棚内的空气相对湿度，减轻了霜霉病等病害的发生，可以直接有效地控制土传病害的发生，可节约农药用量20%～30%。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

8. 增产高效

滴灌等水肥一体化的工程投资（包括管路、施肥池、动力设备等）约为3 000元/亩，可以使用5年左右，每年节省的肥料、灌水和农药至少为700元/亩，增产幅度可达30%以上，增效幅度在40%以上，每年每亩净增效益1 500元以上。

三、蔬菜水肥一体化技术优点和缺点

1. 优点

（1）肥效快，水分、养分利用率高　肥料溶于水中形成浓度合理的水溶液，易于蔬菜作物根系吸收，以较快的速度在植物体内发挥生理代谢作用；水肥以少量多次的方式施入土壤，根系以“细酌慢饮”的形式吸收利用，基本无水肥剩余浪费，避免了过多水肥渗入土壤，防止了肥料施在较干的表土层溶解慢引起挥发损失，提高了水肥的利用率，水肥一体化施肥体系比常规施肥节省肥料35%～50%、节水30%～50%。

（2）有利于环境保护，改善生态条件　水肥一体化采取少量多次的策略，可以防止肥水下渗引起的地下水和河流的水体污染，有利于保护环境；少量多次可以防止土壤板结，保持土壤温度和空气相对湿度，温室气温提高2～4 ℃，地温提高2.7 ℃，空气相对湿度平均降低8%～10%，保护设施的生态环境，有利于防病和植物生育。

（3）可达到产量高、品质好的目的　水肥一体化灌溉可满足作物肥水“吃饱喝足”的需要，通过人为定量调控，杜绝了植株缺素症的发生，达到防病控病的目的，创造良好的生育环境，植株生育良好，产量提高15%～30%，品质优良（图1–6）。

2. 缺点

（1）需要一定的投资和设备　与传统的沟灌等相比，滴灌等水肥一体化需要增加施肥器（肥液罐、施肥池等）、管道、地膜、滴头或喷头等设备，需要一定的资金投入，一般每亩需增加500～800元。但肥水一体化可节本700元/亩，设施蔬菜作物增效1 500元/亩。

（2）需要生产者具有一定的文化知识水平　水肥一体化需要生产者识别肥料的种类，具有配制肥料溶液的能力，甚至要求生产者掌握植物




图1-6　水肥一体化番茄高品质基质桶式栽培

生长发育规律和对水分养分的要求，熟悉配方施肥的相关知识。生产者具有一定的文化知识水平和科技操作能力是从事现代农业的需要，是我国实现农业现代化的需要。

四、蔬菜水肥一体化应用中存在的主要问题

水肥一体化是一项重要的高效节水农业技术，不断受到政府、企业、农民的广泛关注和重视，应用范围和面积不断扩大，但与发达国家相比仍存在一定的差距。像以色列这样的缺水国家，更是将水肥一体化技术发挥到了极致，水肥一体化的应用比例高达90%以上；美国25%的玉米、60%的马铃薯、32%的果树也均采用水肥一体化技术，总体水肥一体化应用比例达到50%以上。我国属于水资源相对贫乏的国家，被列为世界上13个贫水国家之一，但我国的水肥一体化应用比例仅为7.8%，远低于世界平均水平。究其原因主要有以下几点：

1. 国家政策扶植力度不够，政府投入不足

水肥一体化技术是一项需要投入、标准高但效益好、消耗低的优势技术，发展水肥一体化技术需要可控管道系统、滴头、地膜等设施设备，前期需要投入一定的资金，农户、合作社或企业往往资金不足，而财政补贴机制未完全建立，补贴标准偏低、投入力度不够，制约了水肥一体化向较高层次的发展。此外，水肥一体化技术要求高，但水肥一体化的研究开发、技术培训、相关设施示范、综合配套服务、技术推广等

财政投入甚微，技术研发和推广经费不足，技术模式集成、水溶性肥料配套等方面研发不足，也限制了水肥一体化技术的推广应用。

2. 研究基础薄弱

我国研发、引进和利用水肥一体化技术已有30余年的历史，进行了一系列深入研究和广泛示范，取得了一些实用的技术成果，但总体而言水肥一体化技术的研究基础还比较薄弱，理论研究水平仍有待提高。不同区域、不同作物水肥互作效应及其机理尚不明确，实用有效的水肥一体化设备的研发能力相对落后，目前蔬菜生产水肥一体化管理技术大多仍以传统经验为主，缺乏量化指标和成套技术。

3. 重设备、轻技术现象严重

水肥一体化需要灌溉设备、水溶肥料与水肥一体化技术有机结合，但目前相关企业或生产上往往只注重灌溉工程和设备配套建设，仅重视农田灌溉，而忽视了水溶肥料与水肥一体化技术的研究与开发。

4. 产品质量有待提高

一些水肥一体化相关企业规模小、设备简陋、技术落后、生产不规范，导致产品质量难以保证，由于市场需求大，甚至出现假冒伪劣产品，制约了水肥一体化技术的推广应用和健康持续发展。

5. 农民主体作用发挥不够

作为蔬菜生产者的农业示范园及产业园、科技型企业及一些专业合作社具有一定的科技意识和技术水平，一般能够较好地应用水肥一体化技术。但面大量广的农户生产者中具备一定知识和技能的中青年劳动力大多外出打工，农村缺乏较高素质的劳动者，限制了水肥一体化技术的推广应用。此外，由于受到传统农业生产观念、方式和模式的影响，加之需要一定的投入，缺乏信息获取渠道，水肥一体化相关的技术推广、营销宣传不够，部分农民对水肥一体化技术的优点和效果认知不足，导致农民应用水肥一体化技术的主体作用发挥不够。

五、推进蔬菜水肥一体化应用的建议

蔬菜水肥一体化技术应用前景广阔。据统计，2012年我国蔬菜总面积约2.6亿亩，其中90%适合各种模式的水肥一体化技术，但应用面积不

到30%，设施蔬菜5 600万亩全部适合水肥一体化技术，同样应用面积未到60%，在蔬菜栽培中推广水肥一体化技术潜力巨大。2013年农业部发布了《水肥一体化技术指导意见》明确指出，到2015年新增水肥一体化技术推广面积5 000万亩以上，其中蔬菜水肥一体化推广面积占到50%以上。

1. 深化基础研究，加强技术攻关

针对水肥一体化技术对土壤营养及墒情检测、蔬菜栽培技术、环境调控、水肥管理、病虫害防治、农业机械等方面的新要求，开展技术攻关、技术集成，形成以水肥一体化为核心的蔬菜种植新模式。

2. 熟化关键技术产品，做到准确有效实用

依据区域特点、蔬菜种类、种植方式、种植模式和生产实际需求，集成熟化关键技术和配套产品。微灌用肥要求配方科学、水溶性好、价格适宜；微灌设备要求安装简易、使用方便、防堵性好；灌溉施肥方法、制度要针对性强、简便易行；土壤水分（墒情）检测要求实时自动、方便快捷。

3. 完善技术模式，便于应用

露地、设施栽培的重点区域选择主要栽培蔬菜种类，开展灌溉模式、灌溉设备、肥料种类、监测仪器等对比试验研究，摸索技术参数，建立完善不同栽培方式下主要蔬菜作物的水肥一体化技术模式，提高针对性和实用性，便于推广应用。

4. 加强试验示范，便于推广

政府财政设立专项，用于建立全方位、多层次、高标准的水肥一体化技术试验示范网络和系统，加强技术培训力度，促进大范围推广应用。

5. 建立合作推广机制，形成良好的推广模式

逐步形成科研院所、专业企业、蔬菜种植组织三位一体的合作推广机制。利用科研院所提供有效的科技支撑和技术指导，引导专业企业建立以技术服务带动产品销售的营销模式，为生产者提供灌溉系统维护、技术咨询等服务。发挥农业示范园及产业园的示范作用、科技型企业和蔬菜专业组织的带动作用和广大农民的主体作用，推进水肥一体化技术应用的规模化和标准化。

第二章
蔬菜水肥一体化水源和肥料的选择

一、蔬菜水肥一体化对灌溉水源的要求

水肥一体化的灌溉水源可选用地表水或地下水，也可选用经过处理并达到灌溉标准的自来水或污水。地表水包括河川径流、湖泊和汇流过程中拦蓄的地表径流。地表水水量充沛，矿化度相对较低，取用较为方便，但水温易受季节变化的影响，泥沙含量较大，且易受环境的影响。地下水分为浅层地下水和深层地下水，由于受地层吸附、过滤，加之埋藏相对较深，一般情况下水中杂质少、水温变化小，且污染少。但其位于地下，流量和流速较小，矿化度和硬化度相对较高。城市污水和灌溉回收水经处理达标后用于灌溉，是水资源的重复利用。进行蔬菜优质、高产、高效生产时，要求灌溉水源应该满足以下基本要求：

1. 水源充足

灌溉水源所提供的水量应充分满足灌溉系统用水量的要求。在确定灌溉面积的前提下，根据植物对水分的需求，选定或配置适量的水源。平原地区主要以河川湖泊径流为灌溉水源，如长江、湖泊、河流、池塘等；丘陵山区主要以当地径流为水源，通过修建水库、塘坝拦蓄当地径流。随着工业的发展，污水排出量日益增多，污水处理净化、科学利用，发展灌溉越来越受到人们的重视。

2. 水质好

灌溉水质主要指灌溉水中所含泥沙的粒径和数量、可溶盐的种类和数量、灌溉水温以及其他有毒有害物质的含量等，包括含沙量、含盐量、悬浮物、水温以及其他金属物质含量等。灌溉用水要控制在农田灌溉水质的

基本范围内（表2–1）。蔬菜灌溉用水水质还有其自身要求（表2–2）。

（1）水温　灌溉水的水温不能过高也不能过低。一般农作物正常生长的适宜水温为16～30 ℃，所以灌溉水温要基本符合这一要求，过高或过低对农作物的生长发育都有影响。由于地下水温相对比较稳定，因此，在冬季低温或夏季高温季节，可利用达标的地下水进行水肥灌溉。

（2）pH值　一般农业生产中灌溉用水的pH值范围要控制在5.5～8.5之间。由于污染或是地质原因，我国部分地区水体pH值超标，不能直接

表2–1　农田灌溉用水水质基本控制项目标准值

序号	项目类别		标准值
1	五日生化需氧量（毫克/升）	≤	40[a]，15[b]
2	化学需氧量（毫克/升）	≤	100[a]，60[b]
3	悬浮物（毫克/升）	≤	60[a]，15[b]
4	阴离子表面活性剂（毫克/升）	≤	5
5	水温（℃）	≤	25
6	pH值		5.5～8.5
7	全盐量（毫克/升）	≤	1 000[c](非盐碱土地区)，2 000[c](盐碱土地区)
8	氯化物（毫克/升）	≤	350
9	硫化物（毫克/升）	≤	1
10	总汞（毫克/升）	≤	0.001
11	镉（毫克/升）	≤	0.01
12	总砷（毫克/升）	≤	0.05
13	铬（六价）（毫克/升）	≤	0.1
14	铅（毫克/升）	≤	0.2
15	粪大肠菌群数（个/100毫升）	≤	2 000[a]，1 000[b]
16	蛔虫卵数（个/升）	≤	2[a]，1[b]

a.加工、烹调及去皮蔬菜。
b.生食蔬菜和瓜类。
c.具有一定的水利灌排设施，能保证一定的排水和地下水径流条件的地区，或有一定淡水资源能满足冲洗土体中盐分的地区，农田灌溉水质全盐量指标可以适当放宽。

需要全本请访问 www.ertongbook.com