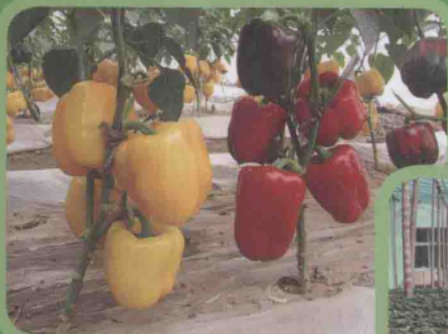


设施蔬菜

土肥实用技术

赵永志 主编



中国农业科学技术出版社

设施蔬菜

土肥实用技术

赵永志 主编



反社

图书在版编目 (CIP) 数据

设施蔬菜土肥实用技术 / 赵永志主编. -- 北京 :
中国农业科学技术出版社, 2014.1
ISBN 978-7-5116-1386-8

I. ①设… II. ①赵… III. ①蔬菜园艺 - 设施农业
IV. ①S626

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 225512 号

责任编辑 徐 毅 张志花
责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010) 82106636 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)
传 真 (010) 82106631
网 址 <http://www.castp.cn>
经 销 者 各地新华书店
印 刷 者 北京华联印刷有限公司
开 本 889mm × 1194mm 1/16
印 张 15
字 数 360 千字
版 次 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷
定 价 39.00 元

编写委员会

主 编 赵永志

副 主 编(以姓氏笔画为序)

王立平 刘 彬 曹 华

编委成员(以姓氏笔画为序)

于跃跃	石建红	石文学	王崇旺	文方芳
王胜涛	王维瑞	王亚慧	王艳均	刘继远
刘唯一	刘 瑜	刘自飞	曲明山	朱 文
陈 娟	李昌伟	李 冲	李 萍	李书玲
李新旭	李旭军	吴文强	张海伶	张林武
金 强	金丽华	季 卫	孟卫东	杨涵默
周向东	哈雪姣	赵国龙	高 飞	高振新
郭 宁	贾小红	徐 凯	阎连波	崔同华
曹洪凤	梁金凤	鲁宏斌	鲁利平	韩亚钦
廖 洪	谭晓东			

作者简介

赵永志，中共党员，推广研究员，北京市土肥工作站站长，兼任现代农业产业技术体系北京创新团队土肥水功能研究室主任、岗位专家，北京“12316 农业服务热线”首席专家；农业部耕地质量建设与管理专家指导组成员，国家科学技术奖评审专家，中国品牌农业产业联盟专家顾问委员会副主任，北京市新农村建



设专家委员会委员，北京市人力资源和社会保障局、北京市科委、北京市委组织部高级专家库专家，北京市翱翔计划评审专家，农业部、北京市农业技术高级职称评审专家，农业部、北京市科技项目与科技成果评审专家，中国农业科学院硕士研究生学位评审专家，中国农业大学硕士研究生校外特聘导师，中国管理科学研究院学术委员会特约研究员，中国科技研究交流中心特约研究员。

《中国农技推广》《中国当代创新人才》《科技创新引领跨越发展》《引领中国科技的创新力量》《北京农业》等期刊编委，《科学中国人》《中国博学聚萃》《京郊日报》专家顾问；北京土壤学会副理事长、北京农学会副理事长，北京低碳学会、北京山区研究会、中国科学家协会、中国农学会、中国农技推广协会、中国科技成果管理与研究会常务理事，中国土壤学会、中国农业经济法研究会理事。

1983年毕业于北京农业大学农学系，一直从事农业科技研究推广与农业科技管理工作。2000年以来，主持部市级重点科技项目30多项，获部市级科技成果奖16项，其中一等奖5项，二等奖8项，发明专利4项，主持或参与多项农业标准制定，在国家级重点刊物发表论文40多篇、出版技术专著12部。多次被局级以上单位或部门授予先进工作者称号，2009年被评为中国土壤肥料60年具有影响人物；2010年被评为北京市先进工作者、中国时代改革创新百佳先锋人物、科技成果管理与研究科技影响力人物、科学中国人（2010）年度人物；2011年被评为时代先锋——中国优秀共产党员、中国文化传播发展时代影响力人物、中国金桥奖先进个人、北京市科普先进工作者；2012年被评为北京市农委系统优秀共产党员、全国十大优秀推广专家、中国农业技术推广协会先进个人、2012自主创新杰出人物、北京市突出贡献专家。

前言

进入 21 世纪以来,随着我国经济快速发展,农业面临的资源短缺压力越来越大,党和政府对此高度重视,在党的十八大报告和历年的中央“一号文件”中多次提出要大力发展现代农业,将现代农业技术的研究、推广和创新作为突破资源环境约束、化解不确定性风险、实现农业稳定增长的重要手段。设施农业作为现代农业发展的一种重要形式,通过汇集土地、资金、技术和劳动力等要素,形成了以高产、集约、抗风险、高效益为主要特征的生产方式,有效促进农业综合生产能力的增强和农业产业结构的调整。北京市作为国际化的大都市,面临的耕地与水资源短缺的压力更为紧迫,市委、市政府在发展都市型现代农业的规划中明确要求全市“十二五”期间要发展设施蔬菜面积 35 万亩(1 亩 $\approx 667\text{m}^2$),产值效益提高 20%。设施生产实现规模化、集约化、智能化和工厂化,强化生产标准,完善配套体系。确保首都市民的菜篮子充足供应和改善。

土肥技术是设施蔬菜生产的关键技术之一。当前京郊设施农业生产中存在的土壤板结、肥力下降、作物缺素病害加剧、产品风味寡淡、质量不高的情况都与土肥水管理有直接关系。设施耕地质量的保育和改良,科学的水肥管理,作物的养分供应与栽培配套技术等都是提高设施农业经济效益水平的重要环节。为提高农业科技人员、设施农业投资创业人员和一线设施蔬菜生产者的土肥管理技术水平,北京市土肥站编写了《设施蔬菜土肥实用技术》一书,书中内容来自长期从事基层农业技术推广人员理论联系实际总结并参考国内外研究成果。较为系统全面地介绍了设施蔬菜土肥及配套栽培技术,实用性与可操作性很强。

全书分为设施栽培简述、设施土壤基本特性与改良技术、设施常用肥料种类及施用方法、设施土肥配套技术、设施蔬菜需肥特点与施肥技术、设施蔬菜高产高效栽培技术、设施蔬菜缺素症及防治方法七个部分,在本书的编写过程中,作者引用了一些相关书籍的图片和资料,在此向其作者深表谢意。

由于时间仓促以及作者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编者

2013 年 9 月

序

“庄稼一枝花，全靠粪当家”，这是千百年来农民对粪肥重要性的经验总结。

中国是一个有着 5 000 年农耕文化的农业大国，自古以来在积肥、施肥技术上，都有丰富的实践经验，并对生产产生深远影响。早在商代，就已将人粪尿作肥料，西周时将田间杂草亦作肥料。汉代肥料种类又增加蚕粪、羊粪、麋鹿粪、杂草、豆萁、动物骨汁及蚕蛹汁等。

在肥料的施用上，古人也有其伟大的贡献。成书于南宋绍兴十九年（公元 1149 年）的《陈旉农书》中的《粪田之宜》篇提出了“药粪”的理论，篇中强调施肥要“相视其土之性类，以所宜粪而粪之，斯得其理矣。俚语谓之‘粪药’，以言用粪犹用药也。”认为施肥要根据不同性状的土壤，施以它所适宜的肥料，就像给人治病时要根据病情，对症下药一样。这是中国古代在施肥认识上的一次重大发展，并为合理的施肥技术奠定了理论基础。

《陈旉农书·粪田之宜》不仅对土壤施肥方面的总结有重要新发展，而且提出“地力常新壮”这一杰出理念。这是中国人自很早以来就有的信念，即用施肥和其他相应措施可使土壤肥美，并能维持和提高地力的思想，正是在这一理念指引下，才使中国的农田，经过几千年的耕种，仍能保持肥力而未出现衰竭。

随着时代的发展，科学的进步，肥料的制作、施用技术有了空前的进步，促使农产品尤其是蔬菜产品质量、产量取得了极其显著的进步。本书作者集多年工作的实践和研究成果，主编出《设施蔬菜土肥实用技术》一书。该书以科学的基本理论为依据，对设施土壤基本特性与改良技术、设施常用肥料种类及施用方法、设施土肥配套技术、设施蔬菜需肥特点与施肥技术、设施蔬菜高产高效栽培技术、设施蔬菜缺素症及防治方法等方面较为全面系统地提出一整套先进实用的新技术。这是一本理论与实践高度结合的专业著述，想必会受到农业科技人员和农民朋友的欢迎。

中国古代农业采用了“天人合一”的哲学思想，使中国农业在数千年之前即已发明、运用了与自然相和谐的农业生产技术。由这一伟大的哲学思想所产生的中国农耕文化，影响到当今世界，而且也会影响到世界的未来。作为中华民族的子孙，我们应该继承、发扬、光大中国的农耕文化，为世界现代化农业作出更大的贡献。

衷心祝愿以赵永志为站长的北京市土肥站的科技工作者们再接再厉，为全国现代化农业的建设作出更大的贡献。

中国工程院院士

方智远

2013 年 9 月

目 录

CONTENTS

第一章 设施栽培简述	1
第一节 设施栽培的概念与特征	1
第二节 设施栽培的发展现状与趋势	2
第三节 设施栽培的主要功能	7
第四节 设施栽培主要类型及特点	10
第二章 设施土壤基本特性与改良技术	23
第一节 设施土壤环境特征及影响因素	23
第二节 设施土壤物理环境	24
第三节 设施土壤化学环境	33
第四节 设施土壤微生物环境	42
第五节 设施土壤主要问题	43
第六节 设施土壤管理方法	45
第三章 设施常用肥料及施用方法	50
第一节 氮肥	50
第二节 磷肥	57
第三节 钾肥	61

第四节 中量元素肥料	64
第五节 微量元素肥料	68
第六节 复混肥料(复合肥料)	75
第七节 水溶肥料.....	85
第八节 微生物肥料	93
第九节 有机肥料	98
第十节 有机-无机复混肥料	101
第十一节 农家肥和绿肥	103
第四章 设施土肥常用配套技术.....	108
第一节 生物秸秆反应堆技术	108
第二节 二氧化碳补充技术	109
第三节 石灰氮施用技术	112
第四节 土壤改良剂应用技术	114
第五节 水肥一体施用技术	117
第五章 设施蔬菜需肥特点与施肥技术	119
第一节 黄瓜需肥特点与施肥技术.....	119
第二节 番茄需肥特点与施肥技术	120
第三节 茄子需肥特点与施肥技术.....	121
第四节 甜(辣)椒需肥特点与施肥技术.....	123
第五节 结球甘蓝需肥特点与施肥技术	124
第六节 芹菜需肥特点与施肥技术.....	125

第七节 结球生菜需肥特点与施肥技术	127
第八节 花椰菜需肥特点与施肥技术	128
第九节 胡萝卜需肥特点与施肥技术	129
第十节 白萝卜需肥特点与施肥技术	130
第十一节 菠菜需肥特点与施肥技术	132
第十二节 芥蓝需肥特点与施肥技术	133
第十三节 菜心需肥特点与施肥技术	134
第十四节 西瓜需肥特点与施肥技术	135
第十五节 甜瓜需肥特点与施肥技术	136
第六章 设施蔬菜高产高效栽培技术	138
第一节 黄瓜高产高效栽培技术	138
第二节 番茄高产高效栽培技术	143
第三节 茄子高产高效栽培技术	149
第四节 甜(辣)椒高产高效栽培技术	154
第五节 芹菜高产高效栽培技术	158
第六节 结球生菜高产高效栽培技术	162
第七节 花椰菜高产高效栽培技术	165
第八节 白萝卜高产高效栽培技术	168
第九节 芥蓝高产高效栽培技术	171
第十节 西瓜高产高效栽培技术	175
第十一节 草莓高产高效栽培技术	179

第七章 设施蔬菜缺素症及防治方法	184
第一节 黄瓜缺素症及防治方法	185
第二节 番茄缺素症及防治方法	191
第三节 茄子缺素症及防治方法	197
第四节 甜(辣)椒缺素症及防治方法	201
第五节 结球甘蓝缺素症及防治方法	205
第六节 芹菜缺素症及防治方法	209
第七节 花椰菜缺素症及防治方法	213
第八节 胡萝卜缺素症及防治方法	217
第九节 西瓜缺素症及防治方法	221
第十节 草莓缺素症及防治方法	225
参考文献	229

第一章

设施栽培简述

第一节 设施栽培的概念与特征

一、设施栽培概念

所谓设施农业,是指通过现代农业工程技术,利用人工建造的设施,创造并调节对作物生长发育有利的温度、湿度、光照、水肥等环境条件,进而在一定程度上摆脱对自然环境的依赖以进行速生、高产、优质农产品生产的新型农作方式(图 1-1)。设施农业在一定程度上克服了传统农业条件下自然气候的制约,加强了资源的集约高效利用,从而大幅度提高了农业生产力,使单位面积产出大幅度增长,设施农业是工厂化农业、环境安全农业的基础,同时也是实现农产品周年均衡,满足多元化、多层次消费需求的有效生产方式。

设施农业是农业现代化的重要组成部分,是现代农业生产技术与工程技术的集成,涉及建筑、材料、机械、环境、自动控制、品种、栽培、管理等多种学科和多种系统。



图 1-1 现代化连栋温室

二、设施栽培特征

设施农业打破了传统农业地域和时季的“自然限制”,具有高投入、高技术含量、高品质、高产量、高效益、无污染、可持续发展等特征。

(一) 高技术与装备集成

当前的农业生产设施不仅包含了一般农业机械,同时还包含许多高科技农业装备,从以塑料大棚及日光温室为主要结构类型向具有人工环境控制自动化,操作机械化的连栋大型日光温室和植物工厂发展。

(二) 高效利用能源

能充分利用太阳光热资源,减少环境污染。根据农业部联合有关部门对新一代节能型日光温室试验表明,每年每亩可节约燃煤约 20t。

(三) 人工调节环境

在一定程度克服了传统农业在外界环境(主要是气候条件)和资源(土地、水、热)等方面难以解决的限制因素,加强了资源的集约高效利用。

(四) 高投入、高效益

以薄膜、PVC 板、玻璃为覆盖材料的大型现代化连栋温室,集约利用土地,自主环境控制,便于机械操作,大幅度提高了农业系统的生产力,使单位面积产出成倍乃至数十倍地增长。

第二节 设施栽培的发展现状与趋势

一、国外设施栽培的发展现状

20 世纪 70 年代以来,西方发达国家设施农业发展迅速,目前全世界设施农业面积已超过 $4 \times 10^6 \text{hm}^2$ 。设施农业发达的国家主要有荷兰、以色列、美国和日本。比较发达的国家有法国、西班牙、澳大利亚、英国和韩国等。上述国家的设施农业在设备标准化、种(苗)专门化、栽培规范化、覆盖材料新型化、环境调控综合化及采后加工商品化等方面具有较高的水平,设施农业已发展成为由多学科技术综合支持的技术密集型产业,技术向自动化、智能化和网络化方向发展,有的已成为其国民经济的重要支柱产业。发达国家设施农业优势突出表现在以下方面。

(一) 生产操作机械化、自动化程度高

设施生产作业包括耕耘、育苗、定植、浇水、施肥、病虫害防治、清选、分级、包装等基本实现了自动化或半自动化(图 1-2)。

日本、韩国开发了多种小型、轻便、多功能、高性能的设施园艺耕作机具、播种育苗装置、灌水施肥装置、温湿度调节装置、二氧化碳施肥装置以及自动嫁接装置等;以色列温室装有幕帘、天窗及遮阳网,可根据光照强度自动移动调节,温湿度、空气流动、水肥施用也实行自动化、机械化。

另外,园艺专业机器人的开发应用已取得初步成果。日本开发了育苗移栽机器人,可行走的耕耘、施肥机器人,果类收获机器人等;美国开发出能辨别秧苗质量

并进行分拣的移苗作业机器人。

设施环境常年处于高温、高湿、通风不良的环境,设施生产的机械化与设施环境调控自动化能提高作业与控制的精度、作业效率和作业者的安全性与舒适度。



图 1-2 北京小汤山采用无土栽培技术生产番茄,集成滴灌施肥、熊蜂授粉、轨道采摘车、环境自动调控等多种技术

(二) 单产水平高

设施生产由于部分克服自然条件限制,可进行高强度生产,提高单位面积产出量。荷兰温室番茄通常在 11 月播种,12 月定植,次年 3 月开始采收,一直采收到次年 11 月。其栽培密度为 $2.5 \text{株}/\text{m}^2$,温度控制在白天 22°C ,夜间 18°C 。一般用单秆整枝,用绳子吊蔓。当下部果实采收后进行疏叶放蔓,约 2 周向下放一次,保持植株高 2.7m 左右,使下部茎平铺,上面继续生长。番茄主茎可长达 10 余米,结 35 穗果,每平方米产量

可达 50 ~ 60kg。黄瓜栽培季节类似；主茎可长达 10 ~ 25m，每平方米产量达到 60 ~ 70kg。日本、以色列、韩国、西班牙等国单位面积蔬菜产出率也相当高，因而农户收入水平高。

（三）温室面积大型化

大型温室土地利用率高、室内环境相对稳定、便于作业和产业化生产，有利于节省材料、降低成本、提高采光率和栽培效益。国外农业技术先进的国家，连栋温室得到普遍发展，建筑结构也形成一套相应标准。每栋温室的面积基本上都在 0.5hm² 以上，室高一般在 4.5m 以上，最高的有 6m 左右。这种大空间温室可进行立体栽培，便于机械化作业。

（四）智能化温室广泛普及

智能温室的核心技术是能对设施内栽培环境进行有效地控制，进行机械化与自动化生产。智能调控装置系统将不同功能的传感器探测头分散在温室各个部位，准确采集室内空气温度、地表温度、室内湿度、土壤含水量、EC 值、二氧化碳浓度以及作物叶片反射光等信息，通过网络传输后进入中心控制机房，智能软件系统对数据进行统计分析和智能化处理后，根据控制参数，向温室物联网设备发出指令，使有关装置及设备有规律地运作，将室内温、光、水、肥、气等诸因素综合协调到最佳状态，保证生产科学、有序、规范、持续地进行。设施内部环境因素（如温度、湿度、光照度、二氧化碳浓度等）的调控由过去人工单因子控制向计算机多因子动态控制发展。智能系统可 24h 值班，节约大量人工成本。采用智能化温室综合环境控制系统可节水、节肥、节省农药，

提高作物抗病性，比传统设施综合节能 15% ~ 50%。发达国家中荷兰温室的运作基本由计算机控制操作，配套温室设施出口额占世界贸易的 80%。

（五）无土栽培成为主要栽培方式

无土栽培可分为无固体基质和有固体基质栽培两大类型，无固体基质类型是指作物根系生长在营养液或含有营养的潮湿空气之中，又可以分为水培和喷雾培两种（图 1-3）。有固体基质类型是指作物根系生长在天然或人工合成的基质中，利用这些基质来固定植株并保持和供应营养液和空气。基质通常选用沙、岩棉、石砾、泥炭、锯木屑、蛭石等。无土栽培可以方便调节作物根系环境中的水、气矛盾，做到精准施肥和养分循环利用，具有不会发生连作障碍、土传病虫害轻、节水、节能、省工、省肥、保护环境等多方面优点，成为当今栽培学领域里飞速发展的一项新技术。西方发达国家设施无土栽培技术发展十分迅速，荷兰无土栽培面积超过 70%，加拿大超过 50%，比利时达 50%。日本专门开发计算机控制的营养液配制和供给的闭路循环系统，其无土栽培作物产量占温室总产量比例是：草莓 66%、青椒 52%、黄瓜 37%、番茄 27%。



图 1-3 采用支架式管道营养液栽培的生菜

二、我国设施栽培的历史与现状

我国设施农业的发展历史悠久,汉代即有冬季加温生产葱、韭、菇的记载,但当时的设施生产是为少数上层的封建统治者服务,受制于设施条件和技术手段,设施农业发展十分缓慢,难成规模。直到中华人民共和国成立后,随着社会的发展进步和人民生活水平的提高,设施栽培的面积逐步扩大,技术的研究开发工作不断加强。20世纪50年代,我国从前苏联引进的保护地栽培技术,用于简易的设施农业。60年代末,我国北方大中城市郊区才初步形成了由简单覆盖、风障、阳畦、温室等构成的一整套保护地生产技术体系。70年代,地膜覆盖技术由日本引入中国,很快得到推广,运用于设施生产的保温、保墒、保肥,80年代,以日光温室、塑料大棚、遮阳网覆盖栽培为代表的设施园艺取得长足进步,形成了以塑料棚为主,与风障、地膜覆盖、阳畦、温室等相配套的保护地蔬菜生产体系。90年代以来,我国较大规模地引进国外大型连栋温室及配套栽培技术,设施农业也以超时令、反季节的设施园艺作物生产为主迅猛发展。2012年我国设施园艺面积5790余万亩,设施园艺产业净产值为5800多亿元,按绝对面积计算为世界第一。设施园艺的发展基本上解决了我国长期以来蔬菜供应不足的问题,并实现了周年均衡供应,达到了淡季不淡、周年有余的要求。

在设施园艺研究领域,我国也取得了一定的进展,不仅试验研究出比较适合我国气候条件与国情的园艺设施,而且在保护地栽培、节水灌溉、机械化育苗以及蔬菜花卉无土栽培等方面的研究也取得了一

定成就,初步形成了以设施品种繁育设备、设施栽培设备、营养和植保设备、温室监测设备以及设施农机具为主的设施园艺装备体系。

我国设施栽培正处于巩固、完善、提高、再发展的比较成熟阶段。设施设备的总体水平有了明显提高,设施类型向大型化发展,设施栽培的技术水平不断提高,设施蔬菜的总产和单产大幅度提高,栽培作物的品种不断扩大和丰富。

目前,我国设施农业较为普遍采用的几种模式有:简易覆盖型(主要以地膜覆盖为典型代表)、简易设施型(主要包括阳畦、中小拱棚)、一般设施型(如塑料大棚、加温温室、日光温室以及微滴灌系统等)、工厂化农业(育苗车间)。其中,以节能日光温室、普通日光温室和塑料大棚发展最快。简易覆盖型、简易设施型和一般设施型农业技术含量低,经营粗放,经营规模较小,比例近20年来下降了近1/3。工厂化农业在我国尚处于实验阶段,但代表我国设施农业的发展方向。

我国设施化农业与发达国家相比目前还存在较大差距。表现在以下方面。

(一) 科技含量低

发达国家发展工厂化农业采取的是“高投入、高产出”的高科技路线,我国由于技术和经济的原因,采用的是低投入、低能耗的技术体系,栽培管理主要靠经验,与数量化和指标化生产管理的要求相差甚远,温室种植品种也大多是从常规品种中筛选出来的,还没有专用型、系列化的温室栽培品种,设施条件下农产品的产量和品质始终在低水平上徘徊。

（二）温室结构简易

虽然我国设施栽培面积已居世界首位，但仍以简易型为主，有些仅具简单的防雨、保温功能，环境控制能力低，抗御自然灾害能力差，不能对设施内温、光、水、肥、气等环境因子做到综合调控。一旦受到恶劣气候条件的影响，蔬菜产量和品质即遭受严重冲击。虽然简易设施在一定程度上适应了比较落后的农村经济状况和较低的生活水平的需求，但土地利用率低，作业空间小，不便于机械操作，随着我国土地可利用面积减少，已经不能达到现代农业发展的要求。

（三）机械化程度低

机械化水平低也是制约我国设施农业发展的瓶颈。我国设施栽培的作业机具和配套设备尚不完善，生产仍以人力为主，劳动强度大，劳动生产率低，温室每亩年均用时 3 600h 以上，按人均管理面积计算仅相当于日本的 1/5，西欧的 1/50 和美国的 1/300。现有的产品机型不多，且多为借用已有的露地用小型耕耘机械。

（四）设施栽培技术不配套

设施栽培技术不配套、不规范、缺乏量化指标，栽培管理主要靠经验，致使产品的产量和品质始终在一个低水平上徘徊。

总的来看，当前我国设施农业发展中面临着诸多问题和挑战，特别是大规模、低水平、高速度的发展结构性矛盾亟待解决。但随着城镇化的加快和居民消费方式的转变，人民群众对高品质安全设施农产品的消费需求呈刚性增长，为设施农业的快速发展，提供了强劲的动力。“十二五”时期，必须加快转变发展方式，统筹协调

区域发展，提高设施装备水平，提升产业发展质量，促进设施农业可持续发展。

三、设施栽培的技术发展趋势

我国党和政府将“加快发展设施农业”作为现代农业发展的重要内容，肯定了设施农业的重要性，为设施农业发展提供了积极的政策环境，设施农业发展正处在重要战略机遇期，必将进一步促进各地发展设施农业的决心和热情。随着我国科技创新能力不断提高，新技术、新材料、新装备层出不穷，设施农业的发展将获得更加有力的技术和产业支撑。

设施农业不仅在促进农业结构调整、实现农业增效、农民增收中发挥着越来越重要的作用，而且在改善农业生产条件、推动传统农业向现代农业的历史性转变中也产生着积极的影响。可以说，设施农业是实现农业现代化的重要举措，也是提高农业科技含量，提高土地产出率，提高农业效益，提高农民素质，转变农民观念，增加农民收入，加快脱贫致富步伐的一项富民工程。

预计到 2020 年城市人口将占总人口的 40% 以上，要满足如此众多的城市人口对农副产品的需求，利用有限的土地创造出更多的农产品，必然要求设施农业在面积和技术上得到高速发展。城郊型设施农业将会在面积和技术水平上得到快速推进。同时，设施农业作为一个新兴产业，在技术和资金上将会得到进一步扶持，使其向规模化、专业化和产业化方向发展。随着社会的进步和科学技术的发展，设施农业的发展将向着地域化、节能化、专业化发展，由传统的作坊式生产向高科技、自动化、

机械化、规模化、产业化的工厂型农业发展,为社会提供更加丰富的无污染、安全、优质的绿色健康食品。

设施生产技术的发展方向。

(一) 与现代工业技术融合趋势明显

传统设施农业大部分生产环节由人工完成,效率低,使得发展设施农业的目的和效果大打折扣。今后,设施农业通过更大程度引入工业技术,改善设施农业装备和机械化水平,在建筑结构工程、材料工程、自动控制工程和配套机械和装备方面进一步丰富和发展。

1. 主要生产环节实现机械化和自动化更丰富、更完善

在种植过程中普及播种育苗和移栽机械,在生长管理过程中使用营养液精确灌溉与余液回收再利用装备、废弃物处理装备、植保和土壤消毒装备;在收获过程使用采收、分级、包装机械化装备等。

2. 覆盖材料更轻便,更多样,寿命更长

除了目前已广泛使用的玻璃纤维增强塑料板(FRP),聚乙烯(PE)薄膜、聚氯乙烯薄膜(PVC)等常用材料外,市场已经出现更具优点的覆盖材料。例如,聚碳酸酯塑料板(波浪板),透光好,耐冲击强度高,使用寿命长;双层或多层聚碳酸中空板(PC板),重量轻,价格便宜等。正在开发的材料还有兼具透光保温和遮光保温合一型透光材料,具有不同的遮光率和保温性能光调节薄膜,生物可降解薄膜等覆盖材料等,进一步提升大型连栋温室主体结构的集热、蓄热和保温能力。

3. 环境自动化控制系统应用更广泛

实现光、温、水、肥、气等因素的自

动监控和合理利用,充分满足作物生长所需。如美国已开发的高压雾化降温、加湿系统及夏季降温用的湿帘降温系统等。

(二) 结构设计地域化

不同地区的自然、经济、技术、市场条件不一,生产水平差距明显,必须因地制宜,找出适合本地的、先进性与实用性相结合的设施农业类型。例如,以色列地处沙漠,在设施灌溉技术方面处于世界领先地位,其高效节水灌溉系统可把设施土壤的盐渍化程度控制在很低水平。美国的温室多为大型连栋温室,主要分布在南部,以节约能源。北部只发展冬季不加温的塑料大棚。

我国在发展设施栽培中也要注意区域适应性、有计划、有目的地发展形成符合当地条件的设施农业发展体系,提高土地利用率、标准化水平和周年生产能力,而不是盲目照搬其他国家或地区的模式。

(三) 设施建造与产品生产标准化

设施建造与产品生产标准主要包括。

1. 主体结构和环境管理控制标准

如温室主体及配套设施的性能、设计、安装、建设和使用标准。

2. 栽培工艺与生产技术规程标准

重点开展无土栽培技术、无公害、绿色栽培技术和病虫害综合防治体系研究,减少化肥和农药的投入,实现节水节能。

3. 产品质量与监测技术标准

加强耕地质量、农残检测、产品等级划分等环节产品品质的标准研究应用,及时反馈到生产过程中,提高产品质量。