



普通高等教育“十三五”规划教材

设施农业概论

汪李平 杨 静 等编著



SHESHI NONGYE GAILUN



化学工业出版社

要 录 容 内

前言
第一章 绪论
第一节 设施农业的概念
第二节 设施农业的发展
第三节 设施农业的类型
第二章 设施农业的规划
第一节 规划的原则
第二节 规划的内容
第三节 规划的步骤
第三章 设施农业的建造
第一节 建造的要求
第二节 建造的材料
第三节 建造的方法
第四章 设施农业的管理
第一节 管理的原则
第二节 管理的内容
第三节 管理的步骤
第五章 设施农业的效益
第一节 经济效益
第二节 社会效益
第三节 生态效益
第六章 设施农业的展望
第一节 展望的内容
第二节 展望的步骤
第七章 设施农业的附录
第一节 附录的内容
第二节 附录的步骤
参考文献
附录

普通高等教育“十三五”规划教材

设施农业概论

汪李平 杨 静 等编著



化学工业出版社

北京

内 容 提 要

“设施农业概论”是我国高等院校园艺、设施农业科学与工程、农学等专业的的基础必修课，也是近农专业、非农专业的公共选修课。《设施农业概论》由全国近 20 所农林院校园艺专业的任课教师合作编写，着重介绍了设施农业的概念和发展趋势；设施农业的类型、结构与性能；设施农业覆盖材料的种类和性能；设施环境的特征及控制方法；园艺作物的工厂化育苗技术；蔬菜、果树、花卉设施栽培技术要点；无土栽培技术要点；园艺植物工厂；设施养殖技术等知识，注重介绍当前设施农业中的动植物养殖、种植技术，理论结合实践，通俗易懂。

《设施农业概论》可作为高等院校近农专业、非农专业的公共选修课及园艺、农学、设施农业科学与工程、动物养殖等专业基础必修课的教材，也可供相关专业领域的技术人员、管理人员、从业人员、科研工作者参考。

普 通 高 等 教 育 “ 十 三 五 ” 规 划 教 材

图书在版编目 (CIP) 数据

设施农业概论/汪李平, 杨静等编著. —北京: 化学工业出版社, 2017.2

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-28874-5

I. ①设… II. ①汪…②杨… III. ①设施农业-高等学校-教材 IV. ①S62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 008678 号

责任编辑: 尤彩霞

装帧设计: 关 飞

责任校对: 王素芹

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: 北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 305 千字 2017 年 5 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: 39.80 元

版权所有 违者必究

普通高等教育“十三五”规划教材

《设施农业概论》

编写人员名单

高丽红	中国农业大学
李树和	天津农学院
朱世东	安徽农业大学
陈学好	扬州大学
郭得平	浙江大学
奥岩松	上海交通大学
刘明月	湖南农业大学
李建吾	河南农业大学
吴才君	江西农业大学
程 斐	青岛农业大学
徐 凯	浙江农林大学
刘政国	广西大学
束 胜	南京农业大学
魏 珉	山东农业大学
郝小磊	河南省农药检定站

前言

设施农业就是利用现代工程技术手段，在一定程度上克服自然条件的限制，为动植物的生产提供可控的、适宜的、最佳的生产环境。设施农业是农业生产发展的一个新的阶段。设施农业在促进农业农村发展、提高城乡居民生活水平、构建和谐社会等方面体现出越来越积极的意义和作用。

改革开放以来，特别是新世纪以来，我国设施农业得到了飞速的发展，并成为我国农业中最具活力的新兴产业之一。特别是随着我国四化（工业化、城镇化、信息化及农业现代化）的同步建设和一、二、三产业的深度融合，设施农业已成为农业现代化的重要标志之一。一方面塑料大棚、遮阳网、防虫网、防雨棚栽培的低成本、高效益，使之成为农业生产上减灾保供、增产增收和实现鲜活农产品周年均衡供给的重要途径，也成为广大农民脱贫致富、实现精准扶贫的有效方法；另一方面，现代化的连栋大棚、温室、植物工厂等现代化农业设施，无土栽培、立体栽培、智能化控制、物联网互联网等高级设施农业技术应用和生态餐厅、展示温室、展览温室等新形式，也将以高科技生态环保型农业，种养加（即种植、养殖、加工）综合型农业，休闲观光体验型农业，一、二、三产业融合的都市型农业等全新面目亮相，形成了独具特色的中国设施农业新业态。

我国设施农业虽然有了长足的进步，但与发达国家相比，还有较大的差距，仍然面临许多亟待解决的问题。新时期设施农业的主要任务就是推进设施农业科技创新，提高设施农业的装备水平、综合生产能力、抗风险能力和市场竞争力，加强设施农业装备社会化服务体系建设，促进设施农业装备区域协调发展，实现全天候动植物智能高效种养殖生产，实现我国由设施农业大国向设施农业强国的转变。

“设施农业概论”是我国高等院校园艺、设施农业科学与工程、农学等专业的基础必修课，也是近农专业、非农专业的公共选修课，《设施农业概论》由全国多所农林院校园艺专业的任课教师合作编写，本着实用、先进、科学的原则，尽量收集和采用国内外最新的相关技术和成果，以设施农业中关键设备及其利用技术为主线，主要介绍了设施农业的概念和发展趋势，设施农业的类型、结构与性能，设施农业覆盖材料的种类和性能，设施环境的特征及控制方法，园艺作物的工厂化育苗技术，蔬菜、果树、花卉设施栽培技术要点，无土栽培技术要点，园艺植物工厂，设施养殖技术等基础理论和实践技能。

《设施农业概论》可作为高等院校近农专业、非农专业的公共选修课及园艺、农学、设施农业科学与工程、动物养殖等专业基础必修课的教材，也可作为设施农业相关专业技术领域的人员、管理人员、从业人员、科研工作者的参考用书。希望本书的出版对我国设施农业的人才培养和促进设施农业产业的持续发展有所裨益。

由于时间紧迫，资料收集仓促，加之设施农业装备及技术日新月异，疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正，以便在再版时修订完善。

编著者
2017年3月

目 录

第一章 设施农业概述	1
一、设施农业的基本概念	1
二、国外设施农业的现状与发展趋势	2
三、我国设施栽培的发展	5
四、世界现代农业典范——荷兰现代设施农业	7
五、湖北蔬菜生产可持续发展的对策探讨	13
六、我国设施农业产业发展的主要任务和发展重点	16
思考题	18
第二章 农业设施的类型、结构与性能	20
一、温室	20
二、塑料拱棚	26
三、夏季保护设施	27
四、简易保护设施	28
思考题	32
第三章 覆盖材料的种类和性能	33
一、透明覆盖材料的种类与应用	33
二、其他覆盖材料	36
三、外覆盖保温材料	37
思考题	38
第四章 设施的环境特征及其控制	39
一、光照环境及其调节控制	39
二、温度环境及其调节控制	43
三、湿度环境及调节控制	45
四、气体环境及其调节控制	47
五、土壤环境及其调节控制	49
六、设施农业的综合环境控制	51
思考题	53
第五章 园艺作物的工厂化育苗	54
一、工厂化育苗的概况与特点	54
二、工厂化育苗的场地与设备	54
三、工厂化育苗的管理技术	56
四、种苗的经营与销售	62
思考题	62
第六章 蔬菜设施栽培	63

一、蔬菜设施栽培的现状	63
二、现代化温室黄瓜栽培技术	64
三、大棚番茄早熟栽培技术	66
四、苋菜大棚栽培技术	69
五、大棚辣椒秋延后栽培技术	71
六、大棚西瓜长季节栽培技术	73
七、芽苗菜工厂化生产技术	75
八、长江流域茄果类塑料大棚杂交制种技术	76
九、草菇设施栽培技术	78
十、食用菌工厂化栽培技术	81
思考题	86
第七章 花卉设施栽培	87
一、概述	87
二、月季设施栽培	89
三、非洲菊设施栽培技术	93
四、郁金香设施栽培技术	95
五、蝴蝶兰设施栽培技术	96
思考题	99
第八章 果树设施栽培	100
一、概述	100
二、葡萄设施栽培技术	103
三、桃设施栽培技术	111
四、草莓设施栽培技术	114
思考题	120
第九章 无土栽培	121
一、无土栽培技术发展的国际背景	121
二、我国无土栽培的发展简史	122
三、无土栽培的优点	122
四、无土栽培技术基础	124
五、我国无土栽培研究技术新成果及发展动向	129
六、有机生态型无土栽培技术	132
思考题	150
第十章 园艺植物工厂	151
一、植物工厂类型	151
二、植物工厂主要设施	153
三、植物工厂应用	156
思考题	159
第十一章 设施养殖技术	160
一、塑料大棚饲养肉鸡技术	160
二、樱桃谷鸭大棚饲养管理技术	163
三、大棚养殖美国青蛙	164

第一章 设施农业概述

一、设施农业的基本概念

(一) 设施农业的含义和包括的内容

农业生产是依靠动植物的自然繁殖机能及生长发育功能来完成的一个特殊生产过程,因而农业历来是一个受自然环境因素影响最大的产业。农业是弱质产业,其生产受自然条件的严重影响,受土地资源、土壤、气候(季节、气象、农时)、光、热、水、空气等条件的严重制约。所以,对农业生产的要求是“顺应天时”、“不违农时”、“因地制宜”。随着社会经济和科技的发展,农业这一传统产业正经历着翻天覆地的变化。近年来,国内外兴起的设施农业就是一种人类利用现代物质文明和科学技术向大自然挑战的结果。设施农业就是利用现代工程技术手段,在一定程度上克服自然条件的限制,为动植物的生产提供可控的、适宜的、最佳的生产环境。设施农业是农业生产发展的一个新的阶段。

设施农业是在环境相对可控的条件下,采用工程技术手段,进行动植物高效生产的一种现代农业方式。也就是具有一定设施、能在局部范围改善或创造环境气象因素、为动植物生长发育提供良好的环境条件而进行有效生产的农业。在称谓上,欧洲、日本等通常使用“设施农业(Protected Agriculture)”这一概念,美国等通常使用“可控环境农业(Controlled Environmental Agriculture)”一词。目前我国设施农业面积已占世界设施农业总面积85%以上,其中95%以上是利用聚烯烃温室大棚膜覆盖技术。我国设施农业工程已经成为世界上最大面积利用太阳能的工程,绝对数量优势使我国设施农业进入量变到质变的转化期,技术水平越来越接近世界先进水平。

设施农业包括:

(1) 设施栽培 目前主要是蔬菜、花卉、瓜果类的设施栽培,主要设施有各类塑料棚、各类温室和人工气候室(箱)等。

(2) 设施养殖 目前主要是畜禽、水产品和特种动物的设施养殖,主要设施有各类保温、遮阴棚舍和现代集约化饲养畜禽舍及配套设施设备。

设施农业是利用人工建造的设施,使传统农业逐步摆脱自然的束缚,走向现代工厂化农业生产的必由之路,同时也是农产品打破传统农业的季节性,实现农产品的反季节上市,进一步满足多元化、多层次消费需求的有效方法。设施农业在农林牧副渔业所占的比重标志着农业的进化程度,是农业产业升级的重要标志。

与传统的露地种养相比,设施农业具有受气候影响小、生产季节不受限制、生产效益高以及技术装备化、过程科学化、方式集约化、管理现代化的特点。

设施农业属于一种综合性概念,首先要有一个配套的技术体系做支撑,其次还应尽可能提升效益。这就要求设施设备、选用的品种和管理技术等紧密联系在一起。因此,发展设施农业,必须把它作为一个工程问题综合考虑,才能取得很好的效果和整体效益。设施农业是全新的生产技术体系,不等于大田栽培技术的移用,而应是采用必要的设施设备,同时选择

适宜的品种和相应的栽培技术。设施农业属于高投入高产出、资金、技术、劳动力密集型的产业。

设施农业是农业工程学科最具典型性的分支学科领域，是依靠科技进步形成的高新技术产业，是当今世界最具活力的产业之一，也是各国用以提供鲜活农产品的重要技术保障措施。

（二）设施农业生产和经营特点

1. 设施农业已成为一个产业

设施农业是一个综合概念，是作为整体存在的一个工程问题。也就是说，要有一个技术体系的支撑，而且必须要产生效益，这就要求设施设备、品种、管理等一整套体系共同来保证，单个考虑设施设备、技术、管理是不能进行设施农业生产的，各因子必须相互紧密联系在一起。因此，进行设施农业生产，必须把它们作为一个整体，综合考虑问题，才能取得较好的效果和整体效益。

2. 设施农业属于高投入高产出、技术和劳动密集型的产业

虽然可以因地制宜以相对少的投入取得相对高的产出，如日光温室就是具有鲜明中国特色的独特技术，但它的投入与常规技术的投入相比还是相对较高的。因此，要尽力争取保证高产出，包括适宜品种的选择、相应的栽培技术及茬口搭配等。要取得高的产出，主要是要提高产量或在淡季上市提高市场价值。茬口的安排也很重要，因为如果设施设备已完成投资，安排不好生产，空着就是损失。这方面做的较好的荷兰一家农业生产公司，生产生菜，自动化水培（采收、包装是靠人工），一栋大温室，上午采收，下午就栽种上下一茬，尽量不让温室空置。

3. 设施农业是新的生产技术体系

设施农业不等于大田栽培技术的移植，也不等于传统饲养技术的移植。

首先要有必要的设施设备，同时选择适宜的品种和相应的栽培技术。如果要栽种黄瓜，国内最好的每亩（即 667m^2 ）田地可以达到 1.0 万~1.5 万千克产量，一般就是 0.5 万千克左右。如果选用荷兰、以色列的栽培品种和技术，十个月采收期，每亩（即 667m^2 ）地可以达到 2.5 万~3.5 万千克的产量，这当然对设施设备也提出了更高的要求。

如果是进行鸡和猪的设施饲养，也必须要选择适宜的品种和相应的饲养管理技术才能达到生产要求。在保证料肉比要求的前提下，肉鸡 54 天、肉猪 120 天出栏并应达到相应的生产标准（活鸡 2~2.5kg/只、肉猪 90kg 以上/头）。

4. 设施农业的作用和意义

设施农业在整个农业中的比重目前还不是太大，比如蔬菜设施栽培，全国已有面积约 400 万公顷^①，蔬菜种植总面积则将近 2200 多万公顷，而全国耕地面积 1.4 亿公顷。但设施农业所起的作用和意义十分重大，涉及每个人的生活水平和生活质量，也涉及社会的稳定、经济的繁荣等。

二、国外设施农业的现状与发展趋势

（一）发达国家设施农业的基本情况

20 世纪 50 年代以来，设施农业的发展，取得了巨大进步。设施栽培的设施设备、专用

① 1 公顷=10000 平方米。

品种、栽培和管理技术形成完整的技术体系,克服了严寒、炎热等不利气候影响,实现了周年生产、均衡上市,而且使产量成倍增长、品质大幅度提高;设施养殖实现了大规模、集约化、工厂化生产,从设施设备、专用品种,到全价配合饲料、防疫、饲养管理等全套的技术体系,都实现了革命性的变革。以肉鸡生产为例,大体上饲料消耗下降了一半、饲养周期缩短了一半[料肉比(1.8~2.2):1,饲养周期54天]。

目前发达国家的设施农业,已形成成套技术,拥有完备的设施设备,生产规范,产量的可靠性与质量的保证性强,并在向高层次、高科技、自动化、智能化方向发展,将形成全新的技术体系。

荷兰是土地资源非常紧缺的国家,靠围海造田等方法扩大耕地,人均耕地面积约1000m²。全国有11000多公顷玻璃温室,并大力发展设施养殖和畜产品深加工,依靠设施园艺高新技术和畜产品,使农业迅猛发展,设施园艺已成为其国民经济的支柱产业,农产品出口值高达450亿美元,属于世界农产品出口大国。荷兰的花卉产业十分发达,主要靠设施栽培,是世界第一大花卉出口国,也是世界花卉贸易中心,从荷兰拍卖市场出口的鲜切花占世界贸易出口额的60%,其中荷兰本土生产的占40%(我国仅占1%),因此荷兰市场花卉的成交价被作为国际价格动向的指标。

日本是个岛国,人均耕地资源远低于我国,从20世纪60年代以来,日本高速发展蔬菜、花卉的设施园艺生产,实现了产品的高品质、多样化和周年均衡上市,20世纪80年代大体上能达到每天上市的品种在14种以上。日本的栽培设施主要是塑料大棚和临时采暖的塑料温室,也有一些玻璃温室,比较低,夏季通风降温有一定的问题。日本的设施栽培主要是蔬菜和花卉,也有一些瓜果类,如网纹甜瓜、草莓、葡萄等。

法国、西班牙等国,由于气候条件较好,冬天不太冷、夏天不太热,因此主要是塑料温室。

以色列的设施栽培发展得很快,虽然其具有干旱、沙漠气候、地理等不利因素,但其节水灌溉技术先进,利用光热资源的优势和节水灌溉技术,主要生产花卉和高档蔬菜,采用大型塑料温室,全自动控制,花卉生产温室1800hm²,年产10.7亿支鲜切花,出口量占世界第三位。

美国是农业生产大国,其总指导思想是发展适地栽培。由于国土横跨几个气候带,有条件发展适地栽培,通过公路和空运解决均衡上市,对设施栽培未十分重视。但近年来,随着人们生活质量的提高,对蔬菜、花卉等产品的品质和新鲜度提出了更高的要求,因此设施栽培有较快发展的趋势。另外美国对设施栽培的尖端技术的研究非常重视,比如在太空中的设施生产问题,已有成套的、全部机械手操作的全自动设施栽培技术。

另外,像韩国、哥伦比亚以及一些非洲国家也都在迅速发展设施农业生产技术。

(二) 世界设施农业发展的现状

设施农业的发展在欧洲已经有100多年的历史了。荷兰农民从19世纪末就开始把玻璃盆覆盖在植物上用于透光和保温,但大规模的现代型设施农业是近年来随着农业环境工程技术的突破而迅速发展起来的一种集约化程度很高的农业生产技术。随着现代工业向农业的渗透和微电子技术的应用,集约型设施农业在美国、荷兰、日本等一些发达国家得到迅速发展,并形成了一个强大的支柱产业。

由于设施农业摆脱了传统农业生产条件下的自然气候、季节的制约,不仅使单位面积产量及畜禽个体生产产量大幅度增长,而且保证了农牧产品,尤其是蔬菜、瓜果和肉、蛋、奶的全年均衡供应。近年来,世界各国发展设施农业主要包括以下内容。

1. 作物设施（保护地）栽培技术

(1) 地膜覆盖栽培 目前世界上大多数国家的大田所用的塑料薄膜一般为厚 0.2~0.3mm 的聚乙烯透明薄膜（只用 1 季）。用地膜覆盖农田，可以提高地温，保持土壤水分，促进有机质的分解，提高作物产量。应用地膜覆盖可使喜温作物向北推移 2~4 个纬度，即延长无霜期 10~15d，提高旱地水分利用率 30%~50%，在中、轻盐碱地上，配合营养钵育苗移栽，使棉花、玉米保苗率达 80%~90%。现在已研制出吸光、抑制杂草滋生的塑料地膜，同时利用生物技术正在研制可降解、无公害的生物地膜。另外，配合地膜覆盖栽培研制出铺设地膜的各种型号的覆盖机具。

(2) 园艺作物的温室栽培 近代园艺作物温室栽培主要包括塑料大棚温室栽培和现代化玻璃温室栽培两类。目前世界上拥有塑料大棚最多的国家是中国、意大利、西班牙、法国、日本等国。现代化玻璃温室主要以荷兰、日本、英国、法国、德国等国家为多。由于这种温室可以自动控制室内的温度、湿度、灌溉、通风、二氧化碳浓度和光照，每平方米温室一年可产番茄 60~80kg、黄瓜 80~100kg，或产月季花 180 枚，相当于露地栽培产量的 10 倍以上。当前，现代化温室发展的主要问题是能源消耗大、成本高，因此近年来一些发达国家大力研究节能措施。如室内采用保温帘、双层中空玻璃、多层覆盖和利用太阳能等技术措施，可节省能源 50% 左右。另外，有些国家，如美国、日本、意大利等国开始把温室建在适于喜温作物生长的温暖地区，也减少了能源消耗。

(3) 温室无土栽培技术 无土栽培技术是随着温室生产发展而研究采用的一种最新栽培方式。由于它所用的基质营养液或无基质营养液中完全具有、甚至超过土壤所供给的各种营养物质，因此更有利于各类作物的生长发育。目前世界上已有 100 多个国家将无土栽培技术用于温室生产。

(4) 植物工厂 植物工厂是继温室栽培之后发展的一种高度专业化、现代化的设施农业。它与温室生产的不同点在于，完全摆脱大田生产条件下自然条件和气候的制约，应用近代先进设备，完全由人工控制环境条件，全年均衡供应农产品。目前，高效益的植物工厂在某些发达国家发展迅速，初步实现了工厂化生产蔬菜、食用菌和名贵花木等。美国正在研究利用“植物工厂”种植小麦、水稻以及进行植物组织培养和快繁、脱毒。由于这种植物工厂的作物生产环境不受外界气候等条件影响，蔬菜如生菜种苗移栽 2 周后，即可收获，全年收获产品 20 茬以上，蔬菜年产量是露地栽培的数十倍，是温室栽培的 10 倍以上。此外，在植物工厂可实现无土栽培，不用农药，能生产无污染的蔬菜等。目前，LED 光源的开发利用使植物工厂的商业化应用成为可能。

2. 畜禽环境工程和设施技术

(1) 工厂化养畜禽技术 工厂化养畜禽的实质是：以现代化环境控制设施装备的畜禽舍创造最适宜的卫生环境和小气候，以机械、电器代替手工劳动，以先进的畜牧业技术（包括饲料配合、现代饲养管理方式及先进的繁殖技术）改善生产流程，从而取得高的劳动生产率，良好的饲养效率，最大的经济效益，达到高产、高效、优质、低耗的目标。

工厂化养殖畜禽自 20 世纪 70 年代兴起，现在已发展到工厂化养鸡、养猪、养肉羊和养奶牛等生产领域。其中以工厂化养鸡规模最大、效益最高，现被广泛采用。我国工厂化畜禽养殖的规模已经达到 80% 以上。

(2) 塑料暖棚养畜禽技术 在寒冷地区，冬季用塑料棚养畜禽，因成本低廉，近年也获较多应用，一般用厚度 300 μ m 的两层薄膜，中间用聚苯乙烯填充保温，内壁膜一般用白色或银色以反射光和热，外层多用黑色塑料膜以增加热量吸入，目前主要用于养鸡、猪、羊等。

(3) 草地围栏及供水系统 太阳能、电围栏以及放牧场防冻供水系统是现代化草地建设最基本的措施,美国、澳大利亚等国已普遍采用。

(4) 其他畜牧业的设施 目前国外研制出的畜牧业设施还有:比较先进的装卸和运输家畜(禽)的装置和设备;保护畜禽免受气候、疾病和应急因素影响的设施;饲料贮藏、调制加工的装置和设备;有效地处理和利用畜禽粪便的装置等。

(三) 世界设施农业发展的趋势

根据有关方面的调查研究资料(国家科技部、农业部)及有关专家的分析,近期及未来全球“设施农业”发展的趋势可归为以下6个方向。

1. 无土栽培发展迅速

在发达国家的设施农业中,无土栽培与温室面积的比例,荷兰超过70%,加拿大超过50%,比利时达50%。美、日、英、法等国的无土栽培面积分别达到250~400hm²。

2. 覆盖材料的多样化

北欧国家多用玻璃,法国等南欧国家多用塑料,日本应用聚氯乙烯膜,美国多用聚乙烯膜双层覆盖。覆盖材料的保温、透光、遮阳、光谱选择性能渐趋完善。

3. 温室生物防治技术得到进一步发展

为防治温室内部的化学物质污染,发达国家重视在温室内减少农药使用量,大力发展生物防治技术。如荷兰温室的甜椒生物防治的商品率已经达到80%~90%。

4. 广泛建立和应用喷灌、滴灌系统

以往,发达国家灌溉是以土壤含水量或水位为依据进行喷灌管理,现在世界上正在研究以作物需水信息为依据的自动化灌溉系统。

5. 向大型化方向发展

有关资料显示,目前农业技术先进的国家,每栋温室的面积基本上都在0.5hm²以上。连栋温室得到普遍推广,温室的栋高在4.5m以上,玻璃面积增大。温室空间扩大后,可进行立体栽培和便于机械化作业。

6. 向机械化、自动化方向发展

设施内部环境因素(如温度、湿度、光照度、二氧化碳浓度等)的调控由过去单因子控制向利用环境、计算机多因子动态控制系统发展。发达国家的温室作物栽培,已普遍实现了播种、育苗、定植、管理、收获、包装、运输等作业的机械化、自动化。

三、我国设施栽培的发展

(一) 我国设施农业发展简史

中国是世界上应用设施农业技术历史最悠久的国家之一,最早的文字记载见于西汉(公元前206~公元23年)的《汉书补遗》中:“大官园种冬生葱韭菜茹,覆以屋庑,昼夜燃蕴火,得温气乃生……”。到了唐代(7~9世纪),中国的设施栽培技术又有了进一步发展,大历十年(公元775年)王健在描述宫廷琐事的《宫词》中写道:“酒幔高楼一百家,宫前杨柳寺前花,内园分得温汤水,二月中旬已进瓜。”说明1200多年前,西安都城已用天然温泉水在早春季种植瓜类蔬菜。至明嘉靖年间(1522~1566),王世懋在其所著《学圃杂疏》中记载:“王瓜出燕京者最佳,其地人种之火室中,逼生花叶,二月初即结小实,中宦取之上供。”说明明朝北京的温室暖窖栽培已具相当的水平,经过明、清、民国近400年,西安、北京等古都为中心的劳动人民,在创造中国特有的单斜面暖窖土温室黄瓜等蔬菜的冬春茬栽

培方面积累了丰富的实践经验,但限于当时的社会条件和科学技术有限,设施栽培发展缓慢,且其产品始终为极少数封建官僚统治阶级所享用,直到新中国成立后,随着社会生产力和经济建设的发展以及人民生活水平的提高,设施园艺才得到了迅速发展。

(二) 我国设施农业的现状存在问题

1. 我国设施农业的发展成就

改革开放以来,在需求拉动、资金推动、政策带动下,我国设施农业发展取得长足进步,技术装备水平不断提高。

(1) 设施农业发展规模不断扩大 2010 年我国园艺设施面积超过 350 万公顷,其中日光温室面积超过 38 万公顷;生猪、蛋鸡、肉鸡、奶牛和肉牛的规模化养殖比例分别达到 64.5%、78.8%、85.7%、46.5%和 41.6%。设施水产中,海水与淡水养殖总规模已达 156 万公顷和 4358 万立方米。

(2) 设施农业装备体系初步构建 经过多年努力,初步形成了以设施品种繁育设备、设施栽培管理设备、营养和植保设备、温室设施设备以及设施农机具为主的设施园艺装备体系;以规模化饲养设备、养殖管理和标识设备、畜禽舍冲洗消毒设备、环境调控设备以及粪污处理设备为主的设施养殖装备体系;以工厂化基础设施、水质检测及处理设备、精准饲喂设备、产地保鲜设备为主的设施水产装备体系。这些体系为设施农业的安全稳定生产提供了物质基础。

(3) 设施农业产量和效益获得巨大提升 2010 年设施蔬菜总产量超过 1.7 亿吨,占蔬菜总产量的 25%;规模化养殖场猪肉、牛奶产量分别达到 3270.9 万吨、1662.6 万吨;设施水产品产量达到 780 万吨,约占水产品总产量的 15%。

(4) 设施农业支撑服务体系初步形成

设施农业生产专业化水平不断提高,社会化服务能力不断增强;初步建立了区域性技术创新平台,技术推广组织逐步发展;设施农业标准体系建设取得一定成效,仅设施园艺相关国家、行业和地方标准就超过 200 项;通过实施农村农技培训推广措施和加强设施农业学科建设,初步构建了设施农业人才保障机制。

设施农业在促进农业农村发展、提高城乡居民生活水平、构建和谐社会等方面体现出越来越积极的意义和作用。①有利于提升“菜篮子”均衡供应水平。设施农业摆脱了自然气候条件的制约,初步实现了“菜篮子”的周年均衡供应,而且通过设施装备与生产工艺的结合,设施农业逐渐从单纯的均衡供给向安全、适口、鲜活、多样、持续的功能转变,改变了农产品消费结构,提高了农产品品质和质量安全。②有利于增加农民的生产性收入。通过从事设施农业生产,农民可获得较为稳定的收入,相当数量农户的年总收入接近城镇居民的平均收入水平,设施农业已成为农民持续增收的有效途径。③有利于拓展城镇属地农民的就业渠道。设施农业不仅在生产环节吸纳了相当数量的劳动力,也带动了农产品加工、运输、销售和农村旅游等相关产业发展,创造了大量二、三产业就业机会,拓展了农民在城镇属地的就业渠道。④有利于提高农业生产资源利用率。设施农业通过先进技术、装备、工艺的综合运用,实现了能源的减量化和资源的高效利用,节能、节地、节水、节肥、节药效果显著,促进了农业发展方式从资源依赖型向创新驱动型和生态环保型转变。⑤有利于增强农业生产的减灾防灾能力。与传统农业生产相比,设施农业相对密闭的生产环境具有较强的防灾减灾能力,保障了在各种极端和恶劣天气条件下的安全生产,为稳定市场、保障民生发挥了重要作用。

2. 我国设施农业发展存在的问题

我国设施农业虽然有了长足的进步,但与发达国家相比,还有较大的差距,我国设施农业面临许多亟待解决的问题。

(1) 发展模式较落后,设施农业装备条件差 我国设施农业生产个体农户占绝大多数,规模化、标准化、信息化水平较低,综合生产能力、抗风险能力、市场竞争能力较差,设施装备种类少,技术含量、适应性和成套性还有待提高。

(2) 标准体系不健全,标准贯彻滞后 受设施农业多学科交叉性等因素影响,我国尚未建立完整的标准化体系,现行颁布的标准远不能满足设施农业快速发展的需求,制约了设施农业规范有序发展。

(3) 科技创新条件差,机制不完善 我国设施农业发展是由引进而带动的跨越式发展,技术基础薄弱,科技创新人才缺乏,基础条件较差,投入保障、创新协作、成果评价和知识产权保护等机制尚不完善,基础性关键技术创新成果少、针对性差。我国设施农业工程科技含量低,无论设施本身还是栽培管理,多以传统经验为主,缺乏量化指标和成套技术,不符合农业现代化的要求,与发达国家相比差距很大,尤其表现在作物的产量水平,尽管我国也有高产典型,但很不普遍,大面积平均单产与发达国家相距甚远。

(4) 推广体系不健全,技术应用水平较低 缺乏面向整个行业的技术推广平台和持续的技术扩散机制,产学研推、农机农艺结合不够紧密,大规模低水平重复建设等问题突出。

(5) 从业者素质较低,人力资源供应不足 设施农业专业人才缺乏,经营管理水平不高,从业者文化素质整体偏低,对新技术和新装备的接受能力较差。

针对以上问题,必须引起有关方面的足够重视,及时加以解决,才能使我国设施农业蓬勃发展的良好形势,得以持续发展。

四、世界现代农业典范——荷兰现代设施农业

“他山之石,可以攻玉”,下面介绍的荷兰的设施农业发展有许多方面可以值得我们学习和借鉴。

荷兰位于欧洲西部,西、北两面濒北海、东临德国、南接比利时,素有“欧洲海上大门”之称。面积四万多平方公里,与我国台湾大抵相同,约为湖北省的五分之一。人口1550多万,是世界人口密度最大的国家之一。

荷兰位于西欧北部,面临大西洋的北海,处于马斯河、莱茵河和斯凯尔特河的下河口地区,全国约有1/4的国土面积低于平均海平面,是一个低地国家。如果说德国人颇为自豪的是上帝给了他们得天独厚的自然条件,他们从来不用修水利,可以说是要风得风、要雨得雨,种什么长什么;而荷兰人引为自豪的则是他们与大自然抗争的精神。荷兰有句谚语:“当上帝创造世界时,把荷兰忘记了,因此荷兰人不得不自己创造出一个荷兰来。”在他们看来,没有任何东西是可以不劳而获的。荷兰人属日耳曼种族,相传从公元5世纪时就来到这里。那时河流泛滥,海水倒灌,遍地沼泽,生存环境十分恶劣。荷兰人的祖先披着海豹皮,捕鱼狩猎,九死一生地拼命劳作,通过筑堤治水,开河造船,办工业,兴贸易,到17世纪使荷兰成了海上强国,如今更是将自己的国家打造得物阜民丰。

值得一提的是荷兰的农业。从公元13世纪起荷兰人就开始利用传统风车作为排水动力,在天然淤积的滨海浅滩上围海造田。17世纪至19世纪,随着荷兰城市的发展和工业革命的推动,荷兰围海造田的技术不断提高,规模不断扩大,速度不断加快,不仅围海,还围湖造

田增加农业用地，扩大农业生产。截至目前，荷兰有 58% 的土地用于农业，其中草场占 31%，耕地为 23.6%。

第二次世界大战结束以后，荷兰依据本国自然资源和环境条件确定农业发展战略。经过几十年的努力探索，针对人口密度大、可耕地少、全年日照时间短的环境条件，走出了一条适合本国国情特点的农业发展之路，由农产品进口国成为出口国。到 20 世纪 60 年代后期净出口值排在世界第四、第五，1989 年以后稳居世界第三，仅次于美国和法国，2000 年后超过法国，稳居世界第二。2015 年，荷兰农产品出口继续实现快速增长，全年出口额达到 824 亿欧元，与 2014 年相比增长 7 亿欧元，增幅约一个百分点。2015 年，荷兰整体出口额为 4380 亿欧元，其中，农产品出口占 18.8%。数据再一次证明，荷兰是全球最主要的农产品出口国之一，位置仅次于美国居世界第二。对全球市场而言，荷兰是重要的花卉出口国，其花卉出口额超过 80 亿欧元。此外，荷兰还向全世界出口价值约 77 亿欧元的肉、72 亿欧元的奶和蛋、62 亿欧元的蔬菜以及 49 亿欧元的水果。他们的做法，对于正在实现转方式、调结构的中国的各个行业特别是亟待接轨转型之际的农业，有许多可资借鉴之处。

（一）荷兰的农业

1. 农田作物及园艺生产

农田作物生产主要以马铃薯、小麦、甜菜为主。荷兰是世界上最大的马铃薯出口国，其良种输出占国际良种市场的 60% 以上，种用和商品马铃薯销往世界 80 多个国家。园艺生产在荷兰占相当份额，主要是蔬菜、水果、花卉、植物、鳞茎和苗木，2013 年蔬菜出口居世界第一，鲜花占全球市场的 60%，大部分蔬菜鲜花在温室内生产，是园艺产品出口大国之一。荷兰园艺行业农户 2015 年平均收入约为 27.4 万欧元。

2. 畜牧业及渔业

荷兰乳品和肉类生产占农业总产值的 6%，是世界上最大的乳品、猪肉出口国。荷兰的牲畜设施、兽医兽药、种畜育种、牲畜饲料和饲喂技术都十分先进。荷兰养猪业极为发达，以数字化管理技术闻名，年存栏母猪约有 120 万头，年出栏商品猪 1000 万头，其中 500 万头内销、500 万头出口，还出栏 1500 万头仔猪，基本卖给周边国家。荷兰农业发达，尤以荷兰黑白奶牛与花卉最著称，2014 年荷兰泌乳牛存栏 160 万头，18000 个牧场，牛奶产量 127 亿千克，奶业总产值 120 亿欧元。

荷兰的渔业主要运用高效和现代化的拖网捕鱼船队和近海捕鱼船队从事生产，主要捕捞种类是鲱鱼、鲭鱼、鳕鱼等，同时还养殖贝类等水生动物并进行内河捕捞，其水产品出口超过进口，80% 销往国外，是欧洲的几个净出口国之一，2008 年水产品进口约 13 亿欧元，而出口则超过 20 亿欧元。

3. 农产品加工和机械

荷兰的农产品加工业处于世界领先地位。专用的、高度自动化的食品加工设备及符合环境要求的包装机械和包装材料、先进的食品加工技术使荷兰食品在国际市场上占很大份额。农产品和蔬菜有 60% 以上经食品和饮料制造业加工成高质量、高附加值的最终产品。发展最快的产品有：干酪、肉类制品、巧克力、糖果、马铃薯制品和饮料。目前，食品和饮料加工业的营业额约占荷兰工业总额的近 30%。

(二) 荷兰设施农业的特点

1. 政府对设施农业的宏观调控及符合国情的产业政策

荷兰地势平坦,降雨充足,但光照不足,全年光照时间只有1600h左右。荷兰政府为使有限的土地得到高效的利用,采取了一系列符合国家气候特点和国情的农业发展战略及政策:避开需要大量光照和生产销售价位低的禾谷类作物的生产,充分利用地势平坦、牧草资源丰富的优势大力发展畜牧业、奶业和附加值高的园艺作物。20世纪60年代,荷兰政府以节约土地、提高土地劳动生产率为目的调整农业结构和生产布局,使农业生产向产业化、集约化和机械化发展。至20世纪70年代在全国范围内实行了用资金替代土地、发展高效农业的重要措施。温室农业通过从私人银行和国外贷款中获得大量资金,迅速发展起来。在7%的耕地上建立起1万公顷面积由计算机自动控制的现代化温室,大力开发适宜温室生产的高产值的作物品种,使园艺作物基本上摆脱了自然气候的影响,也使有限的土地产生了可观的经济效益。

荷兰温室农业的发展体现了政府宏观调控的作用。政府在国内农业发展的不同阶段所采用的宏观政策是不同的。就温室农业而言,1983~1992年十年中,荷兰的温室农业增值一直呈上升趋势,主要原因是政府实行了补贴政策。从事温室生产的农户均可获得50%的政府资助。同期,从事温室农业的农民收入也呈几倍上涨。几年以后政府取消了补贴政策,温室农业增值开始趋缓。

市场是政府决策的晴雨表。荷兰是著名的种植种茎郁金香的国家,一段时间球根花卉贸易蓬勃发展,郁金香生产曾被视为疯狂的投机生意,市场曾一度失去控制,政府果断采取措施出面干涉,使得郁金香市场价格在24h内暴跌,从而快速扭转了生产和市场“畸形”的局面,使荷兰球根花卉产业得以持续发展。当产业处于健康发展阶段时,政府则引导行业协会充分发挥其积极作用,稳定市场。

荷兰政府着重致力于农业宏观产业环境的营造,其一是通过信贷政策和补贴政策,鼓励重点发展的领域和产业快步增长,出口创汇;其二是积极参加欧盟事务,自1985年6月“申根协议”签订以来,整个欧洲逐渐成为了荷兰的农产品市场;其三是加强水利工程和环境保护的建设,促进荷兰农业能够高效、持续发展;其四是在有效保护农业知识产权的基础上,进一步加强对农业高新技术和信息技术方面的投入;其五是帮助企业组织宣传,扩大国际交流合作。

2. 集约化、规模化、专业化的生产

荷兰耕地不足,促使其比任何国家都更注重提高劳动生产率。因此,大多农业企业都采用集约化、规模化的生产方式。荷兰温室农业无论是蔬菜或花卉,一般都是专业化生产、多品种经营。如维斯特兰德朗市的西红柿种植公司专业生产西红柿,与其他5家专营企业竟垄断了荷兰90%的西红柿市场。位于布莱斯维克市的红掌公司专门研究和种植红掌花卉,从育种研究、种苗生产到种苗出售,全部由企业运作。公司研制并经营的红掌花卉就达40多个品种。这种专业生产有利于设施专业化配置,降低生产成本,提高产品质量并形成规模效益。同时专业化生产促进了专业领域的研究,使企业有长足的发展后劲,也为企业赢得了良好的市场份额。

荷兰温室产品经营是一种全新的理念。追求经济利益的最大化,寻求独到的市场,完全按市场需求决定企业生产经营方向,有效地遏制了相同产业或产品挤占市场“独木桥”的弊端。各园艺生产企业都有各自的经营特色,独领风骚,使市场行为更加规范有序,如朗德维尔德种球经营公司,成立于20世纪初,企业的生产经营仅是对球茎植物的种球进行处理,