

高等农林院校规划教材

设施农业 概论

李建明 主编 邹志荣 主审



化学工业出版社

高等农林院校规划教材

设施农业概论

李建明 主编

邹志荣 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书共分十一章,分别详细介绍了工厂化农业设施的设计与建造、现代设施农业园区的设计原理、设施农业机械与设备、设施农业环境调控技术、工厂化育苗、设施农业种植和养殖、设施环境消毒与病虫害防治、设施农业信息技术以及设施农业园区经营管理与保障体系建设等内容,理论结合实践,具有较强的实用性和可读性。

本书可作为高等农林院校的农学、园艺、畜牧、兽医、植物保护、农林经济等相关专业的师生教学用书,也可作为广大农业技术人员、农林生产管理人员的实用技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

设施农业概论/李建明主编. —北京:化学工业出版社, 2010.8

高等农林院校规划教材

ISBN 978-7-122-08872-7

I. 设… II. 李… III. 保护地栽培-高等学校-教材 IV. S62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 117568 号

责任编辑: 尤彩霞
责任校对: 王素芹

装帧设计: 杨 北

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 11½ 字数 299 千字 2010 年 8 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: 28.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员

主 编	李建明
参编人员	李建明 (西北农林科技大学)
	张 勇 (西北农林科技大学)
	周长吉 (农业部规划设计研究院)
	裘丽娟 (西北农林科技大学)
	李清明 (山东农业大学)
	魏 民 (山东农业大学)
	胡晓辉 (西北农林科技大学)
	郭世荣 (南京农业大学)
	胡春梅 (南京农业大学)
	孙治强 (河南农业大学)
	陈新昌 (河南农业大学)
	李胜利 (河南农业大学)
	李亚玲 (山西农业大学)
	温祥真 (山西农业大学)
	张 智 (西北农林科技大学)
	穆大伟 (海南大学)
	江雪飞 (海南大学)
	李明晖 (西南大学)
	夏显力 (西北农林科技大学)
	李 敏 (西北农林科技大学)
主 审	邹志荣 (西北农林科技大学)

前言

设施农业作为现代农业的主要表现形式,是指在相对可控的环境条件下,采用工业化生产与管理措施,实现高效可持续发展的现代超前农业生产方式。它具有标准化的技术规范,集约化、规模化的生产经营管理方式。它集成现代生物技术、农业工程、环境控制、管理、信息技术等学科,以现代化农业设施为依托,具有科技含量高、产品附加值高、土地产出率高和劳动生产率高的特点,是我国农业新技术革命的跨世纪工程。

由于设施农业科学是一个交叉性综合学科,目前已出版的教材均为设施农业科学与工程大学本科的专业教材,内容较为庞大,不能满足非本专业教学与农业园区生产与管理科技人员的实际需要,因此,由西北农林科技大学组织,全国7个农业院校参加编写了本教材。该教材既可以满足从事设施农业技术与管理人员的需要,又可以作为大中专学生了解设施农业知识的教材。

本书共分为11章,涉及了设施农业相关的主要内容,如国内外设施农业的发展现状及前景、作用与意义;现代设施农业基地规划原理;设施农业温室设计与建造;设施农业环境调控技术;工厂化育苗原理与技术;设施农业种植与养殖管理技术;设施环境消毒与病虫害控制技术;设施农业信息技术;设施农业园区经营管理与保障体系建设等内容。

参加编写人员按章节次序是:第一章由李建明(西北农林科技大学)编写;第二章由李建明、裘丽娟(西北农林科技大学)编写;第三章由张勇、周长吉(西北农林科技大学,农业部规划设计研究院)编写;第四章由孙治强、陈新昌、李胜利(河南农业大学)编写;第五章由魏民、李清明(山东农业大学)编写;第六章由胡晓辉、李建明(西北农林科技大学)编写;第七章由郭世荣、胡春梅(南京农业大学)编写;第八章由李明晖(西南大学)编写;第九章由江雪飞、穆大伟(海南大学)编写;第十章由李亚玲、温祥真(山西农业大学)、张智编写;第十一章由夏显力、李敏(西北农林科技大学)编写。全书由西北农林科技大学园艺学院邹志荣教授(西北农林科技大学)审稿。

由于编者水平有限,不当之处在所难免,恳请读者批评指正,以便今后修改完善。

编者

2010年4月

目 录

第一章	绪论	1
	第一节 设施农业的概念和作用.....	1
	第二节 设施园艺生产的现状与展望.....	2
	第三节 设施园艺发展展望.....	7
第二章	工厂化农业设施设计与建造	9
	第一节 设施的主要类型与性能.....	9
	第二节 温室设计原理	18
	第三节 温室建造与施工	22
	第四节 温室工程概预算	30
第三章	现代设施农业园区设计原理	33
	第一节 园区场地选择	33
	第二节 园区总体规划	34
	第三节 园区专项规划	39
第四章	设施农业机械与设备	46
第五章	设施农业环境调控技术	68
	第一节 设施光环境及其调控	68
	第二节 设施温度环境及其调控	72
	第三节 设施湿度环境及其调控	77
	第四节 设施气体环境及其调控	79
	第五节 设施土壤环境及其调控	85
第六章	工厂化育苗	88
	第一节 工厂化育苗的概念及发展现状	88
	第二节 工厂化育苗设施与设备	89
	第三节 工厂化育苗工艺流程和方式	93
	第四节 工厂化育苗质量控制	95
第七章	设施农业种植技术	101
	第一节 设施种植方式.....	101
	第二节 设施作物种类.....	101
	第三节 设施栽培技术.....	103
第八章	设施养殖	114
	第一节 设施养殖基础知识.....	114
	第二节 设施养猪.....	115
	第三节 设施家禽业.....	119
	第四节 设施养牛.....	124
第九章	设施环境消毒与病虫害防治	129
	第一节 环境与基质消毒.....	129

第二节	设施作物病虫害及其防治·····	135
第十章	设施农业信息技术·····	145
第一节	设施农业环境自动化控制技术·····	145
第二节	设施农业管理专家系统·····	150
第三节	温室作物生长模型·····	156
第十一章	设施农业园区经营管理与保障体系建设·····	162
第一节	经营管理的目标与内容·····	162
第二节	设施农业园区经营管理·····	162
第三节	设施农业园区保障体系建设·····	173
参考文献	·····	178

第一章 绪 论

第一节 设施农业的概念和作用

一、设施农业的概念

设施农业是指在相对可控的环境条件下,采用工业化生产与管理方式,实现高效可持续发展的现代超前农业生产方式。它具有标准化的技术规范,集约化、规模化的生产经营管理方式。它集成现代生物技术、农业工程、环境控制、管理、信息技术等学科,以现代化农业设施为依托,具有科技含量高,产品附加值高,土地产出率高和劳动生产率高的特点,是我国农业新技术革命的跨世纪工程。设施农业是面对多变的自然气候条件,为作物的生命活动创造一个优化的生长、发育、储存环境,既要兼顾生产率、高产、高品质、低成本、高效益、环境良好等可持续发展目标,还须顾及产品的市场需求、市场竞争的压力。

二、设施农业对社会经济发展的作用与意义

首先,使人类社会物质文明生活更加丰富多彩,增强了人类克服自然灾害、适应自然环境变化的能力。设施农业突出了对环境条件的控制能力和为作物的生长发育提供最适宜环境条件的特点,它综合采用现代科学技术,持续大幅度地提高单位面积的作物产量,不仅使产品数量和质量得到了提高,而且在北方寒冷地区也实现了周年生产与周年供应上市,物质生活更加丰富多彩。受气候条件的限制,世界上许多国家的农产品常常只能在一个季节进行,而不能做到周年供应,况且,干旱、盐渍、风沙、寒冷、冰雹等自然环境危害越来越严重,给农业带来巨大的压力。所以,提高单位面积产量和周年生产已成为本世纪农业的基本要求。设施农业为解决这一问题提供了有效的途径。目前,荷兰拥有现代化玻璃温室约 1.5 万公顷,占世界玻璃温室的 1/4,其每年在蔬菜、花卉等高档农产品方面的出口总额达 450 亿美元;以色列拥有各类温室 3000 多公顷,年产鲜花 10 亿支以上,花卉出口占世界前三位。现在,这些国家的工厂化设施农业均已形成了完整的技术体系,其现代化温室已达到能根据植物对环境的不同需要,由计算机对设施内的温、光、水、气、肥等因子进行自动监测和调控。同时,部分蔬菜和花卉品种还实现了从育苗、定植、采收到包装上市的专业化生产和流水线作业;其设施畜禽生产系统,专业分工明确,从育种、孵化、育雏、育成到产蛋(育肥)等环节均可在专业车间内进行,畜禽可以在完全密封且环境可控的条件下进行生产,并通过人工补光、自动供料、乳头饮水、皮带式粪便输送、自动检蛋以及屠宰加工等专业化设备的使用,实现畜禽生产的规模化和自动化作业。

近几年来,中国的设施农业得到了快速发展,单位面积产量大幅度提高,产品质量进一步优化,蔬菜人均占有量超过了世界平均水平,大中城市基本实现了蔬菜的周年供应;中国设施畜牧业的发展,使肉蛋产品保持了十几年的持续高速增长,人均肉蛋占有量自 1990 年以来已连续 9 年高于世界平均水平。水产养殖的设施化水平不断提高,设施农业已经成为中国大中城市菜篮子工程不可缺少的重要组成部分。

其次,使人类社会的精神文明生活丰富多彩。首先,设施农业科技的发展与产业化使人

类从繁重的传统农业劳动中解放出来。日本一所大学建立的一植物工厂，利用四台机器人进行蔬菜生产，完成育苗、定植、生长期管理、采收及包装等一系列工作，不需要人参与劳动。其次设施农业科技的应用使人们的劳动环境、劳动条件、劳动的趣味性有了极大的改进。劳动不再是一种又脏又累又无味的工作，而是一种环境优美、积极有趣的工作，比真正的工厂劳动条件好得多。因为该环境中无噪音、无异味、无灰尘等。所以设施农业将会吸引更多的人员去参加，提高农业劳动者的社会地位。再次，设施农业能够大幅度减少劳动者人数，能够解放出更多的劳动力，从事其它劳动，全面提高全社会的生活质量。

三、园艺设施的发展简史

1. 世界园艺设施的发展大体上分三个阶段：

第一，原始阶段：2000 多年前，我国使用透明度高的桐油纸作覆盖物，建造温室。古代的罗马是在地中挖成长壕或坑，上面覆盖透光性好的云母板，并使用铜的烟管进行加温，此时可以说是温室的原始阶段。

第二，发展阶段：主要是二次世界大战后，玻璃温室和塑料大棚等真正发展起来，尤其以荷兰、日本为首的国家发展迅速，而且附加设备增多起来。

第三，飞跃阶段：20 世纪 70 年代后，大型钢架温室出现，自动控制室内环境条件已成现实，世界各国覆盖面积迅速增加，室内加温、灌水、换气等附加设备广泛运用，甚至出现了植物工厂，完全由人类控制作物生产。今后将向着节能、高效率、自动管理的方向发展。

2. 我国设施农业发展历史与概况

《汉书》记载：“太官园种冬生葱韭菜茹，覆以屋庑，昼夜（燃）蕴火，待温气乃生。”这段叙述比较详细地记载了生产场所、加温方式和种植作物，说明我国在汉代就有了保护地蔬菜栽培技术。

20 世纪 40 年代，多数只是应用沙土、瓦片、风障等简易设施。到了 20 世纪 60 年代，形成了应用近地覆盖、风障覆盖畦、阳畦、土温室组成的保护地生产体系，主要以补充淡季蔬菜供应为主要生产目的。20 世纪 70~80 年代，塑料大棚的发展已遍及全国，传统园艺设施经过不断改进，其优势在这个阶段被最大限度地发挥，到 20 世纪 80 年代末，形成以塑料拱棚为主体，与风障畦、地膜覆盖、温室等设施相互配套的设施园艺生产体系，达到了蔬菜周年均衡供应的生产目的。进入 20 世纪 90 年代，市场对优质蔬菜、水果、花卉的需求量增加，设施园艺生产的目的，由满足数量型周年均衡供应转向追求质量、效益。

21 世纪以来，我国设施园艺发展更为迅速，逐步形成了具有中国特色、符合中国国情的以节能为中心的设施园艺生产体系。其中节能日光温室、普通日光温室和塑料大棚发展最快，以蔬菜栽培为主体的设施园艺面积已达 250 多万公顷，栽培面积居世界第一位。

第二节 设施园艺生产的现状与展望

一、园艺设施面积及内部装备

到目前为止，世界上主要园艺设施国的温室面积统计如表 1-1 所示。

从设施总面积上看，中国居世界第一，荷兰位于第二。但从玻璃温室和人均温室面积上看，荷兰居世界第一。从设施内栽培的作物来看，蔬菜生产占到总生产面积的 80% 左右，其中果菜类可占 90% 左右，果菜中最最多的是草莓、黄瓜、甜瓜、番茄、西瓜、茄子、甜椒等蔬菜，而我国西甜瓜在温室内生产较少，剩余 20% 是花卉和果树，又以花卉为主。花卉生产主要是切花类、钵物类和花坛用苗类。果树生产，主要栽培葡萄、桃、柑橘、梨等。

表 1-1 世界各国温室和大棚面积

温 室 类 别		玻璃温室/hm ²	塑料温室/hm ²	合计/hm ²
欧 洲	荷兰	10004	74	10078
	西班牙	164	24938	25102
	意大利	3731	24938	28669
	法国	3485	4292	7777
	罗马尼亚	1435	4070	5505
	希腊		3478	3478
	德国	3690	1110	4800
	英国	2419		2419
	欧洲其它国家	16072	11100	27172
	美 国	2500	4500	7000
	南美洲		2000	2000
	东亚	2000	55000	57000
	中国	3500	2557000	2560500
	总计	49000	2766500	2815500

注：引自张真和讲稿。

其次，我们再看一下设施内的设备，见表 1-2。

表 1-2 温室内部装备状况（日本，1987 年）

项目	种类	玻璃温室/100m ²		塑料温室/100m ²	
		总面积	比例/%	总面积	比例/%
设施总面积		18.912	100	402.355	100
加温面积		16.176	35.5	127.621	31.7
自动灌水装备		10.819	57.2	134.576	33.4
CO ₂ 发生装备		3.466	18.2	5.215	1.3
一层保温幕		8.183	43.3	141.597	35.2
多层保温幕		6.245	33.0	45.710	11.4
设有保温幕		14.428	76.3	187.307	46.6
自动天、侧窗开闭		8.417	44.5	12.472	3.1
换气窗		4.991	26.4	56.728	14.1
水耕栽培		1.057	5.6	1.393	0.3

从表 1-2 可见，温室内装备有加温、多层幕、换气扇、自动灌水、CO₂ 气体施肥以及水耕栽培设施，为自动控制环境因子创造了条件。

二、国外设施农业发展现状与趋势

以荷兰、以色列、西班牙、美国、日本、法国等国家为代表，其明显的特征是设施结构多样化，生产管理自动化，生产操作机械化，生产方式集约化，是以现代工业装备农业，现代科技武装农业，现代管理经营农业。

1. 设施结构的创新与发展

设施农业生产的场地是温室，所以其科技创新重要内容之一是温室的设计及建造技术的创新。温室结构设计的目的就是要创造一个满足植物生长对光、温、湿、空气等环境因素要求。良好的温室设计应具有高透光率、低热损耗、足够的通风效率、适当的结构强度、低的建筑费用和运行成本。这些因素的优化与组合同时与建设区的气候条件紧密结合。世界各发

达国家都依据本国条件创造研制出适宜于本地气候环境特点的温室。欧洲国家以西班牙、意大利、法国、德国、希腊等六为主，其温室栽培面积占欧洲共同体国家的 90%。

当前，国外温室产业发展呈以下态势。温室建筑面积呈扩大化趋势，在农业技术先进的国家，每栋温室的面积都在 0.5hm² 以上，便于进行立体栽培和机械化作业；覆盖材料向多功能、系列化方向发展，比较寒冷的北欧国家，覆盖材料多用玻璃，法国等南欧国家多用塑料，日本则大量使用塑料；无土栽培技术迅速发展；由于当今科学技术的高度发展，采用现有的机械化、工程化、自动化技术，实现设施内部环境因素（如温度、湿度、光照、CO₂ 浓度等）的调控由过去单因素控制向利用环境计算机多因子动态控制系统发展；温室环境控制和作物栽培管理向智能化、网络化方向发展，而且温室产业向节约能源、低成本的地区转移，节能技术成为研究的重点；广泛建立和应用喷灌、滴灌系统。

2. 温室环境控制与自动控制技术创新

环境控制的目的是要为植物的生长创造适宜的光、温、湿、气、肥等优化的环境条件，要对复杂生态系统中使用的各种设备的运行状态和多种环境因素的协调配合进行监测诊断，制定灵活多样的控制策略和管理决策，要适应多变的市场环境，调节作物生长过程和成熟上市时间，以获得更好的经济效益；要创造更为均匀的生长环境保证产品品质的均一性与商品价值。

3. 生物技术的创新

设施农业生产专用品种的创新为设施农业生产的高效奠定了基础；对作物生长发育过程的研究更为深入，由此建立作物生长的模型；生物工程技术在设施农业中得到了应用，例如组培技术与无土栽培技术的结合，使脱毒马铃薯的生产产量提高了一倍，效益提高了 4 倍。在栽培技术上实现了周年生产，产量得到大幅的提高。

4. 生产技术与产业发展

工业的发展和科技的进步是设施农业发展的基础，17 世纪玻璃在欧洲的问世，荷兰便有了最早的玻璃温室；二战后塑料薄膜在美国的发明及其后来在现代温室上的应用带来了世界范围内设施农业的一场革命。20 世纪 70 年代以来，随着现代工业向农业的渗透和微电子技术的应用，集约型设施农业在荷兰、以色列、美国和日本等一些发达国家得到迅速发展，并形成了强大的支柱产业。

美国国土比较辽阔，自然、地理条件比较复杂，对设施农业的要求多种多样。美国经济发达，科技水平高，因而温室发展很快，对设施栽培尖端技术如太空设施生产技术的研究已形成成套的、全自动设施栽培技术体系，尽管温室种植面积并不大，但温室技术、无土栽培的研究工作在世界居领先地位。美国 2002 年的温室面积为 12000 多公顷，主要集中在南部气候温和地区，以周年生产高品质的新鲜花卉为主，盆花和切花销售量最大，而蔬菜很少，蔬菜栽培面积大约只有 400hm²。玻璃、薄膜、塑料板材都应用的也很普遍，温室骨架一般都经过很好的防腐处理，寿命长达 20~30 年。

日本设施农业技术居世界前列，是设施农业技术强国，日本政府采取扶持高效设施农业的政策，每年补助额高达 170 亿日元，已经实现了“植物工厂”的实用化，能够完全不受自然条件的限制，像工业生产那样每天有计划地生产出高质量、无公害的蔬菜产品。

三、国内设施农业发展概况与趋势

1. 基本情况

我国蔬菜生产在北方采用传统的加温温室由于煤火费用太高，产量效益相对低下，这在能源短缺的我国，无法大面积发展，节能型日光温室便应运而生。1985 年，辽宁省在海城地区采用塑料日光温室，冬季不加温生产黄瓜取得成功，并且由第一代节能型日光温室发展到第

二代节能型日光温室。1999年全国设施栽培面积达139.6万公顷。20世纪80年代末90年代初又迅速发展遮阳网覆盖栽培,至1997年达到6万公顷(主要在南方)。近年来,设施农业面积有了更快的发展,到2008年年底,全国设施农业总面积达到5020万亩[●](表1-3)。

表 1-3 全国设施农业种类面积

单位:万亩

年度	小拱棚	大中棚	节能日光温室	普通日光温室	加温温室	连栋温室	合计
1978	5.6	1.9			0.5		8.0
1982	10.6	2.7	0.0	1.6	0.7		15.5
1984	32.5	8.3	0.2	4.7	1.8		47.4
1986	80.9	20.5	0.9	12.7	3.8		118.8
1988	118.1	32.2	3.3	21.4	5.0		180.0
1990	144.9	50.1	11.3	22.9	6.0		235.1
1992	214.9	85.9	33.3	23.6	7.6		365.3
1994	334.6	160.1	94.3	54.5	8.3		651.9
1996	563.5	383.8	188.0	107.4	14.5	0.2	1257.1
1998	819.9	783.9	310.7	130.6	37.8	1.0	2083.0
2000	1036.8	1069.1	425.3	175.2	42.7	1.9	2749.0
2002	1137.2	1236.9	574.7	175.1	35.7	1.6	3159.5
2004	1483.1	1599.7	587.9	161.7	22.1	11.0	3865.5
2006	1614.3	1636.0	680.7	143.2	26.6	11.6	4112.3
2008	1918.2	1953.2	926.5	173.5	29.0	19.6	5020.0

注:引自张真和讲稿。

据统计,我国设施栽培面积最大的省份是山东、河北、河南、辽宁、江苏和陕西。而高效节能日光温室面积最大的省份为山东、河北、辽宁等省(表1-4)。

表 1-4 2008 年全国主要省市设施农业总面积

单位:万亩(万公顷)

省 份	面 积	省 份	面 积
山东省	173.8(1300)	重庆市	41.74(19.6)
河南省	173.2(392.1)	辽宁省	35.82(653.2)
广东省	118.5	陕西省	35.64(130)
四川省	118.2(150)	黑龙江省	33.14(34)
江苏省	116.1(295)	甘肃省	31.75(95)
广西壮族自治区	113.2(690)	内蒙古自治区	25.17(73.4)
河北省	112.3(790)	山西省	24.32(117.07)
湖南省	104.6(86)	吉林省	21.53(75)
湖北省	101.8(110)	海南省	18.92
安徽省	70.38(235.5)	新疆维吾尔自治区	18.68(41)
浙江省	67.19(170)	上海市	13.62(10)
福建省	63.81(45)	天津市	12.04(43.95)
江西省	55.55	北京市	8.16(22.2)
云南省	52.30(60)	宁夏回族自治区	6.14(73)
贵州省	49.45(5.4)	青海省	2.77(5)
福建省	63.81(45)	西藏自治区	1.90(3.3)
江西省	55.55		

● 1亩=666.7平方米。

各种设施的效益与其设施状况、所处地理位置,该地区市场发展水平、种植作物种类以及栽培者技术水平和生产中投入,都有很大的相关性。

2. 我国设施农业发展的趋势

(1) 新设施、新技术应用发展趋势

目前国外设施农业的发展呈现以下的趋势:①温室建筑面积增大。大型化扩大每栋温室的面积,有利于节省材料、降低成本、提高采光率和提高栽培效益。②机械化、自动化。设施内部环境因素(如温度、湿度、光照度、二氧化碳浓度等)的调控技术应用,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。③无土栽培。无土栽培具有节水、节能、省工、省肥、减轻土壤污染、防止连作障碍、减轻土壤传播病虫害等多方面优点。④覆盖材料多样化。除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,现已开发了多种覆盖材料。例如聚碳酸酯塑料板(多制成波浪板)透光好、耐冲击强度好,使用寿命长;双层或多层聚碳酸中空板(PC板)重量轻、保温好,价格比较便宜;还研制了新技术遮阳膜,具有不同的遮光率和保温性能,可供用户根据需要选用。⑤发展温室生物防治。减少农药用量,发展超低量喷雾设备,开发生物防治技术。⑥温室内部广泛使用喷灌或滴灌等节水灌溉系统。

(2) 以农业园区建设为核心的辐射发展模式

为推动我国设施农业生产的发展步伐,国家科技部、农业部及个地方政府把设施农业技术研究和示范项目列入农业产业,1996年在上海、北京、沈阳、浙江、广东等地建立了蔬菜和苗木工厂化高效生产示范区。

1) 上海蔬菜高科技推广中心 占地约85.3hm²,其中包括从荷兰引进的智能型温室两栋,每栋占地1000m²,每公顷费用1200万元,智能温室主要可控因素有温度、湿度、光照、水、肥。该中心的其余设施为大棚,每个大棚占地约667m²,费用为1.5万元,大棚的用膜是从以色列引进的,架子为镀锌的,温室内使用的微型机械可用于翻地、开沟、施肥、打药、松土、覆膜、运输等。这套系列机械是从欧美地区用得较多的设备引进后进行多次改进后形成的。

2) 沈阳市蔬菜科技示范区 占地约3.3hm²,共建成22栋日光温室,每栋占地400~467m²,温室结构采用的是鞍山型的二代,砖墙式结构,跨度6m,高度2m,原种蔬菜,现改种花卉,并在温室内加有暖气片,内有无土栽培技术。每栋造价约4.5万元。现在正在新建1栋占地667m²的新型智能温室,是由清华大学设计的,全铝合金半地下的玻璃型温室,后墙带操作间,总造价约150万元,用于种植花卉,可自动调控的因素有湿度、温度、光照、水、肥等。

3) 北京蔬菜高科技示范园 顺义县沿河乡“蔬菜高科技示范园区”占地30hm²,计划投资1200万元,已投入1000万元,其中市投入480万元,日光温室生产上采用6项新技术:①特种蔬菜品种(四个系列100个品种);②温室生产农机配套设备(20台套);③工厂化育苗;④滴灌;⑤遮阳网;⑥立体栽培。现已实现每667m²日光温室年产值1.5万元,利润0.6万元,大棚年产值1万元,利润0.4万元。

示范园区经营管理采取以下7项措施:①园区由乡多种经营公司领导,建立园区管委会;②各温室、大棚集体经营,个人承包;③菜农来自本乡,用期1~2年;④园区列为农业部绿色蔬菜特供基地;⑤蔬菜注册商标“沿特”、“京沿”;⑥产品直销饭店、超市;⑦园区每年投入生产保险金5万元。

4) 陕西省在杨凌投资2亿元建立了现代农业示范园,主要展示现代化温室生产技术、现代农业节水、设施设备、生物资源并进行人才培训。

3. 我国设施农业面临的问题及对策

① 数量较大,质量较差 虽然设施栽培面积已达 250 万公顷,但 90%以上的设施仍以简易型为主,有些仅具简单的防雨保温功能,抗御自然灾害能力差,根本谈不上对设施内温、光、水、肥、气等环境因子的调控,一旦受到恶劣气候的影响,蔬菜产量和品质即受严重冲击;设施内作业空间小,立柱多,不便于机械操作,只能靠手工作业,更谈不上自动化管理;保温、采光性能差,强度弱,难以抵御雨雪冲击,年年维修,年年冲垮。对于农户而言,一家一户还能随时补修,只不过增加维修费。对于企业来说,大规模专业化生产,年年维修是很不协调的。所以要搞设施农业产业化就必须从设施水平和管理水平上提高。具体来说,改造普通型温室,逐步升为提高型温室。要改土墙为砖墙,改竹木水泥为钢架骨架,改草帘为保温被覆盖,改手工操作为小型农机操作,改单纯温室骨架为内部装备调节环境功能的设备,逐步向现代化、自动化方向发展。

② 设施种类齐全,内部功能较差 从我国设施农业来看,虽然有温室、大棚、中小棚、遮阳棚、阳畦等种类齐全的设施,但内部控制环境的设备较少。比如调节室内温度高低仍靠人工打开窗户,拉开薄膜进行自然通风散热;灌溉仍然照露地那样大水漫灌,而不是喷滴灌;施肥仍是盲目追化肥,而不是定量定时施用。温室的栽培方式落后,科技含量低,缺少科学系统的育种体系,而且没有得到足够的重视,大多数高产优良品种还依赖于进口,作物的产量比较低。因此,必须逐步改善,才能提高设施水平。

③ 机械化程度低,劳动强度大 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。

④ 生产技术不规范,产量较低 与发达国家相比较,我国设施栽培作物产量的相对较低,其原因之一是生产管理技术不规范,没有标准化生产技术,管理粗放。大多数农户仍沿用传统的管理方法去种植,难以提高单产。因此,必须研究推广日光温室标准化栽培技术;增施有机肥和二氧化碳气肥,以提高品质和产量;变温管理和综合防治病虫害,稳产高效。

⑤ 设施养殖业而言,主要表现为:

a. 畜舍环控能力差,受季节和气候条件影响明显 中国工厂化畜禽舍普遍缺乏四季适宜的环境调控技术,抗极端冷热气候能力差,使蛋鸡全周期死亡率高于发达国家 20~25 个百分点,年产蛋量每只低 3~4kg,猪出栏率低 50~60 百分点。

b. 机械化自动化程度低 中国工厂化畜禽舍日常管理还主要以人力为主,喂料、清粪、检蛋以及通风、补光、加热、降温等设备的开关控制还主要由手工来操作,机械化自动化程度低,人均管理畜禽数远远低于发达国家的水平。

c. 畜禽粪便的污染,已经成为制约工厂化养殖业的关键因素 目前绝大多数畜禽场自净能力很差,粪污处理功能不健全不完善,甚至不经处理即行排放,造成对周围环境的污染,已经对我国畜产品的出口造成了较大影响。

第三节 设施园艺发展展望

一、需要研究的主要问题

设施园艺发展到今天,已经从结构、管理技术初步形成一定的规格化,也在园艺生产中占有重要地位,但从长远看,还有以下几方面的技术开发需要进一步探讨、研究。

① 适宜于不同地区、不同生态类型的新型系列温室及相关设施的研究开发,提高我国自主创新能力和设施环境的自动化控制技术水平。

② 设施配套技术与装备的研究开发,包括温室用新材料、小型农机具和温室传动机构、自动控制系统等关键配套产品,提高机械化作业水平和劳动生产率。

③ 温室资源高效利用技术研究开发,如节水节肥技术、增温降温节能技术、补光技术、隔热保温技术等,降低消耗,提高资源利用率。

④ 设施栽培高产优质栽培技术研究,特别是依据节能日光温室环境特点的水分管理技术研究。

⑤ 实用无栽培技术研究,特别是沙化地栽培技术研究。

⑥ 自主知识产权的品种选育研究,改变我国设施园艺主栽品种长期依赖国外进口的局面。

⑦ 设施农业生产安全技术研究,如绿色产品生产技术、环境控制与污染治理技术、土壤和水资源保护技术等。

二、中国设施农业的发展前景展望

在国民经济发展的总趋势下,人民生活要实现从温饱向小康和富裕型过渡,人们对肉蛋奶、水产品以及蔬菜水果等农副产品的需求会越来越大,而人均土地资源将会逐渐减少。因此,以高产、优质、高效为目标的设施农业将会得到更大的发展。具体表现:

① 城郊型设施农业将会在规模和技术水平上得到快速推进。随着城市化进程的加快,到2020年我国城市人口将占总人口的50%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规模和技术上得到更加快速的发展。同时,设施农业作为一个新兴产业,在技术和资金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。

② 设施农业的结构将进一步趋于合理,设施内配套技术、操作机械、环境调控设施将进一步完善,并实现可持续发展,在引进、消化、吸收发达国家温室生产技术的基础上,开发出具有集热、蓄热和保温、调温能力的大型智能化连栋温室;开发出透光保温合一型材料、遮光保温合一型材料、光调节薄膜和生物可降解薄膜等新型复合材料;研究温室微环境内的生态循环过程,减少化肥和农药的投入,控制最佳灌溉,实现设施农业的可持续生产。

③ 一大批高产、优质、抗劣性强适宜于设施农业生产的品种将会得到进一步开发和应用。在设施条件下将实现基因工程育苗和组培育苗实用化,开发出具有抗逆性强、抗病虫害、耐贮和高产的温室作物新品种,全面提高温室作物的产量和品质。对引进的优良动物品种进行驯化和选育,在规模化饲养条件下充分发挥其高产的遗传潜力。

④ 设施农业的区域辐射面积将进一步扩大。中国的设施农业区域将从目前的华北、东北和沿海地区向西北地区和一些欠发达地区辐射,由于这些地区的自然资源对发展设施农业十分有利,只要得到资金、技术等方面支持,将会有有一个高速发展和快速增长的势头。因此,设施农业将对中国的扶贫工作和西部大开发战略的实施具有重大意义。

第二章 工厂化农业设施设计与建造

第一节 设施的主要类型与性能

一、温室概述

以采光覆盖材料作为全部或部分围护结构材料,可供冬季或其它不适宜露地植物生长的季节栽培植物的建筑统称为温室。目前,利用高科技技术可以对温室内的各种环境因子,包括温度、光照、湿度、CO₂施肥等进行自动控制和调节,根据生产作物的生长习性和市场的需要,部分地、或甚至完全摆脱自然环境的约束,人为创造适宜作物生长的最佳环境,生产出高品质、高产量的产品,以满足不同消费群体的需要。

二、温室结构形式和分类

温室由于在使用功能、建筑造型与平面布局、覆盖材料等方面的不同,有各种各样的结构形式和命名方式,同一个温室从不同的角度、按不同的方法也可分为不同的类型。

① 按使用功能分类 根据温室的最终使用功能,温室可分为生产性温室、试验(教育)性温室和允许公众进入的商业性温室。蔬菜栽培温室、花卉栽培温室、养殖温室等均属于生产性温室;人工气候室、温室实验室等属于试验(教育)性温室;各种观赏温室、零售温室、商品批发温室等则属于商业性温室。

② 按建筑造型和布局分类 按温室造型分类沿温室跨度方向,温室具有不同的立面造型,据此可将温室划分为单坡面温室、双坡面温室。单坡面温室又可根据前坡与后坡的投影长度比例划分为1/2式、2/3式、3/4式、全坡式等几种。按屋面形状,温室有圆拱形、折线形、锯齿形、尖顶形和平顶形等多种形式。根据温室平面的不同布局和组合形式,温室又可分为单栋温室和联栋温室。单栋温室就是以—个标准单元作为—个独立的子项进行建设,而联栋温室则是将多个“单栋”温室通过天沟连接起来,单坡面温室也属于单栋温室中的一种。

③ 按温室主体结构材料分类 由于温室发展历史较长,温室主体结构材料也多种多样,大体上可分为两大类,即金属结构温室和非金属结构温室。例如钢结构温室、铝合金结构温室等均属于金属结构温室;木结构温室、竹结构温室、混凝土结构温室、玻璃钢结构温室等均属于非金属结构温室。

④ 按覆盖材料种类分类 根据覆盖材料的不同,温室可分为两大类,一类为薄膜型温室,另一种为硬质覆盖材料温室。薄膜型温室中,包括各种单层、双层覆盖的塑料温室,如单栋或联栋塑料温室、日光温室等;硬质覆盖材料温室包括玻璃温室、PC板(单层板、双层板、波浪板等)、玻璃钢温室等。

⑤ 按加温方式和覆盖材料热阻进行分类 按加温方式和覆盖材料热阻的不同,温室可划分为连续加温温室、间歇加温温室和不加温温室三类。连续加温温室定义为:配备采暖设施,冬季室内温度始终保持在10℃以上的温室。

⑥ 按温室建造的经济性及综合功能分类 塑料大棚是指以塑料薄膜为覆盖材料的简易

单栋拱圆形保护地设施，跨度在6m以上，中高2.6~3m，长度在30m以上，用塑料薄膜覆盖的棚室。这类大棚起初多用竹木搭建骨架，20世纪90年代以后，骨架逐渐被钢筋焊接桁架和装配式骨架所取代。以其构建简单、组装方便、单位面积成本低等优点，已成为适合目前我国国情且能够广泛应用的种植设施。

日光温室的定义是，南（前）面为采（透）光屋面，东、西、北（后）三面为保温围护墙并有保温后屋面的单坡面型塑料薄膜温室，在冬季不采暖或较少采暖而又可越冬生产植物的温室称为日光温室。在寒冷地区，尽可能多地吸收太阳辐射，有效地蓄热、隔热、保温，从而最大限度地利用太阳能、减少辅助加温消耗的温室，通常被称作节能日光温室。

实质意义上的现代温室，指的是骨架有采用经热镀锌防锈处理的型钢构件组成，具备相应的抗风雪等荷载的能力；采用玻璃、塑料薄膜、硬质塑料、PC板等透光材料覆盖及其相应的卡槽、卡簧、铝合金型材等紧固、镶嵌构件，具有透光和保温的性能要求；配备有遮阳、降温、加温、通风换气等配套设备和栽培床、灌溉施肥、照明补光等栽培设施；还有环境调控的控制设备等，形成完整成套的技术和设施设备。

三、大棚的结构类型与性能

① 大棚的结构类型 大棚是由一定数量拱形骨架连接，借以支撑和固定塑料薄膜而形成的具有一定高度的保护设施。塑料大棚是指以塑料薄膜作为透光覆盖材料的单栋拱棚，一般跨度在6.0~12.0m，脊高2.4~3.5m，长度在30~100m以上，大棚一般无加温设施。

大棚可依照栋数多少分为单栋和连栋；以大棚屋顶的形状，可分为拱圆形、屋脊形、圆形；以建筑材料可分为竹木结构、钢筋水泥结构、全钢结构和装配式钢管结构。

目前生产中应用的大棚，按棚顶形状可以分为拱圆形和屋脊形，但我国绝大多数为拱圆形。按骨架材料则可分为竹木结构、钢架混凝土柱结构、钢架结构、钢竹混合结构等。按连接方式又可分为单栋大棚、多连栋大棚（图2-1~图2-3）。

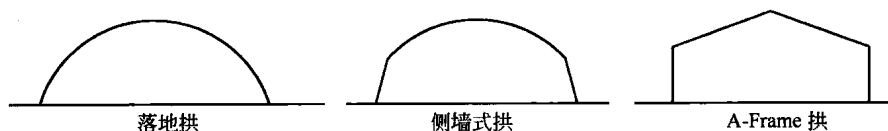


图 2-1 单栋塑料薄膜大棚的类型

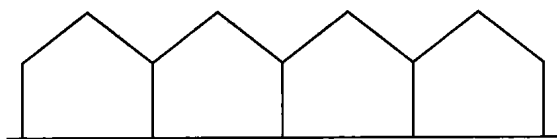


图 2-2 A-Frame 型连栋塑料薄膜温室

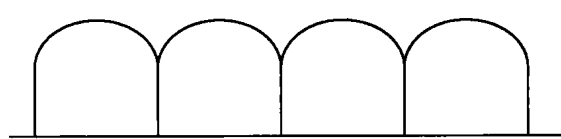


图 2-3 圆拱型连栋塑料薄膜温室

塑料薄膜大棚的骨架是由立柱、拱杆（拱架）、拉杆（纵梁、横拉）、压杆（压膜线）等部件组成，俗称“三杆一柱”。这是塑料薄膜大棚最基本的骨架构成，其它形式都是在此基础上演化而来。大棚骨架使用的材料比较简单，容易造型和建造，但大棚结构是由各部分构成的一个整体，因此选料要适当，施工要严格。

② 中拱棚 中拱棚的面积和空间比小拱棚大，人可在棚内直立操作，是小棚和大棚的中间类型，常用的中拱棚主要为拱圆形结构。

③ 竹木结构大棚 这种大棚的跨度为8~12m、高2.4~2.6m、长40~60m，每栋生产面积333~666.7m²。由立柱（竹、木）、拱杆、拉杆、吊柱（悬柱）、棚膜、压杆（或压膜线）和地锚等构成。