



设施蔬菜 物联网 云平台及 系列智能装备研发与应用

◎ 尚明华 等著



中国农业科学技术出版社



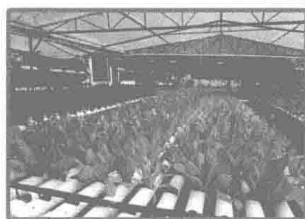
山东省农业科学院农业科技创新工程任务——“互联网+”农场关键技术及云应用（CXGC2016B15）

山东省2017年重点研发计划项目——“设施蔬菜环境精准监测与调控技术研究”（2017CXGC0201）

山东省2016年农业重大应用技术创新项目——“基于物联网的智慧农业园区信息化关键技术研究”

设施蔬菜 物联网 云平台及 系列智能装备研发与应用

◎ 尚明华 等著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

设施蔬菜物联网云平台及系列智能装备研发与应用 / 高明华等著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2018. 6

ISBN 978-7-5116-3698-0

I. ①设… II. ①尚… III. ①互联网络—应用—蔬菜园艺—设施农业—研究 ②智能技术—应用—蔬菜园艺—设施农业—研究 IV. ①S626-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 106374 号

责任编辑 崔改泵 李 华
责任校对 贾海霞
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) 82109708 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)
传 真 (010) 82106650
网 址 <http://www.castp.cn>
经销者 各地新华书店
印刷者 北京建宏印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 17.25
字 数 338千字
版 次 2018年6月第1版 2018年6月第1次印刷
定 价 105.00元

— 版权所有 · 翻印必究 —

《设施蔬菜物联网云平台及系列智能装备研发与应用》

著者名单

主 著：尚明华

副主著：刘淑云 王富军

著 者：李乔宇 穆元杰 刘 振 张 静

张亚宁 尹志豪 胥兆丽 李翠洁

秦磊磊 赵庆柱 马会会

前 言

山东省是蔬菜第一大省，在全国蔬菜产业中的地位十分突出，种植面积、产量、产值等主要指标一直位居全国首位。近年来，以日光温室、大中拱棚为代表的设施蔬菜产业取得了快速发展，2015年全省播种面积达到97.3万hm²，约占全国设施蔬菜的1/4。设施蔬菜产品质量安全水平不断提高，品牌不断发展壮大，生产、加工、市场、流通各环节相衔接的产业化格局已经基本形成。

虽然山东省设施蔬菜产业的多数指标均处于全国领先地位，但与荷兰、以色列等发达国家相比还存在一定差距，与兄弟省份相比也有一些不足之处，不能适应现代蔬菜产业发展的趋势和要求。一是设施装备自动化、智能化水平不高。设施内温、光、水、肥、气等小气候环境调控能力差，缺乏信息化基础设施，尤其是信息化装备水平较低，管理粗放，水肥资源浪费现象突出；设施环境信息采集和管理措施滞后，劳动强度大，生产效率低，抗灾减灾能力弱，容易受到极端灾害天气影响。二是设施蔬菜信息技术创新能力有待加强。山东省在主要设施和蔬菜类型精准化管理规程的制定实施、精准化环控模型研究开发等方面仍相对落后，缺乏成熟、可靠、易用的设施环境精准监测和智能调控装备。三是劳动力瓶颈越来越凸显。从事设施蔬菜生产的青壮年劳动力缺乏，劳动力成本节节攀升，从业者科技文化素质低、操作技能差等问题，已成为制约设施蔬菜进一步发展的瓶颈。山东省作为蔬菜大省，加强信息技术研究开发，推进实现设施蔬菜精准化生产管理，降低劳动强度，提高劳动生产效率，成为解决“谁来种菜”问题的十分现实和迫切的突破口。

针对以上主要问题，先后承担并开展了“设施蔬菜环境精准监测与调控技术研究示范”“‘互联网+’农场关键技术及云应用”“基于物联网的智慧农业园区信息化关键技术研究示范”等重大科研项目的工作。为确保研发工作的针对性和研发成果的实用性，一方面加强了与山东向阳坡生态农业股份有限公司等设施蔬菜生产企业的合作，带领团队成员深入企业生产现场，与菜农细致沟通交流，了解各种问题和瓶颈，做到有的放矢；另一方面，在济南市历城区唐王镇建立了设施蔬菜物联网试验基地，团队成员在大棚里挥洒汗水，亲自种菜、亲自管菜、亲自收菜，亲身体验设施蔬菜生产的全过程，实地试验验证研发的各类设备，发现问题及时改进。

通过上述措施，有效地推动和加速了项目研究进程，先后研发完成了“智农云宝”系列设施蔬菜环采与环控设备、“智农水肥”系列设施蔬菜水肥一体化精量施用设备及“设施蔬菜物联网测控平台”“设施蔬菜物联网管理平台”等一批实用化农业物联网产品，并在多家农业企业、专业合作社等进行了示范应用，均取得了良好效果，多家媒体对此进行了宣传报道。如《科技日报》——“物联网嫁接农业：一场田间的技术革命”；《中国农业新闻网》——“山东夏津首家农业物联网综合平台投入使用”；2017年2月7日《山东新闻联播》——“依托新型经营主体，提高农业供给质量”等。2016年10月，团队研发成果入选由山东省经信委、省科技厅、省农业厅、省新闻出版广电局联合发布的《山东省农业农村信息化应用解决方案（产品）推广目录》，成为全省农业农村信息化领域的主推产品。2017年12月，团队研发的农业物联网云服务平台被省经信委列入首批“山东省省级物联网示范平台”。

本书的编写目的，一是对团队前期的相关研发成果进行阶段性整理和总结，以便查找不足，继续前进；二是作为一份交流材料，请读者及专家指导指正。全书共分四章，分别介绍了设施蔬菜物联网的概念与背景、软件平台、硬件设备、应用案例等。因著者水平有限，又因时间、人力及资料等的限制，书中仍存在错误和遗漏之处，热诚希望读者把问题和意见随时告知，以便今后补充修正。

在本书撰写过程中，得到了单位领导的大力支持，农业物联网团队成员穆元杰、张静、刘振、尹志豪、张亚宁、李翠洁、胥兆丽、赵庆柱等付出了辛苦努力，在此表示衷心地感谢！

著者

2018年4月

目 录

第一章 概念与背景	1
第一节 设施蔬菜概述	1
第二节 设施蔬菜发展现状、问题与对策	11
第三节 农业物联网概述	21
第四节 农业物联网国内外研究、应用现状与趋势	34
第二章 设施蔬菜物联网软件平台	43
第一节 设施蔬菜物联网云平台总体设计	43
第二节 设施蔬菜物联网测控平台	49
第三节 设施蔬菜物联网管理平台	73
第四节 设施蔬菜物联网通信中间件及协议	124
第五节 设施蔬菜物联网移动端应用系统	139
第三章 设施蔬菜物联网硬件装备	162
第一节 设施蔬菜物联网环采设备	162
第二节 设施蔬菜物联网环控设备	184
第三节 设施蔬菜物联网水肥设备	196
第四节 设施蔬菜物联网其他智能装备	210
第四章 设施蔬菜物联网应用案例	222
第一节 日光温室环境监测与远程预警	222
第二节 日光温室无人化智能卷帘	233
第三节 日光温室无人化精准通风	238
第四节 蔬菜作物智能补光控制	243
第五节 蔬菜作物智能遮阳控制	248
第六节 日光温室蔬菜栽培环境一机全管	251
第七节 蔬菜作物水肥一体化精量施用	259
参考文献	263

第一章 概念与背景

第一节 设施蔬菜概述

一、设施蔬菜相关概念

(一) 概念由来

设施蔬菜是设施园艺的重要组成部分，设施园艺又是设施农业的重要组成部分。目前，我国设施蔬菜面积已占设施园艺面积的90%以上。由于设施蔬菜可以在露地自然环境不适宜生产的季节条件下进行栽培，在我国曾长期被称为“反季节栽培”“不时栽培”或“保护地栽培”等，直到20世纪90年代后，才逐渐使用“设施蔬菜”这一名词。

(二) 设施农业

广义的设施农业包括设施种植业和设施养殖业。设施农业是利用现代农业工程技术、管理技术和新型生产设备，控制动植物生长所需的土壤、光照、水分、空气等环境因子，依托适当的工程设施，在局部空间和一定程度上控制气候环境，从品种选择到生产管理全过程实施相应的成套技术，尽可能降低动植物生长对外部自然环境的依赖，实现动植物高效、优质、集约化生产的一种现代农业生产方式。设施农业的实质是对自然资源的合理配置、高效利用和可持续发展，是实现速生、高产、优质、低耗的一种有效手段。

(三) 设施园艺

设施园艺是利用人工设施（如温室、大棚、遮阳网等），在露地不适于园艺作物（蔬菜、花卉、苗木、食用菌等）生长的季节（寒冷或炎热）或地区，在局部范围内改变园艺生产的小环境，人为地为园艺作物生产提供适宜生长的温度、湿度、光照、水肥和气候等环境条件，实现在逆境环境下的正常生产。比如说在高寒冷凉地区、干旱缺水地区，利用覆盖塑料薄膜或建造玻璃温室，可以通过人工调节阳光、温度和水分，进而创造出适宜园艺作物生长的有利环境和条件，在

一定程度上摆脱对自然环境的依赖。

（四）设施蔬菜

设施蔬菜是指在蔬菜栽培过程中，在露地不适宜蔬菜作物生长的季节或地区，利用特定的设施（保温、增温、降温、防雨、防虫等），人为地创造出适于蔬菜生长的环境，生产优质、高产蔬菜的一种环控农业。蔬菜采用设施栽培能够有效避免低温、高温、强光照射等逆境环境对蔬菜作物的危害，摆脱蔬菜种植所受到的自然环境制约，实现全年均衡生产，解决夏季蔬菜淡季、秋冬反季、早春避寒栽培等问题。设施蔬菜可以在任何时间上市，能够缓解蔬菜产销的季节性、区域性与消费需求的均衡性、多样性之间的矛盾。生产者可以在冬季严寒季节、盛夏高温多雨季节提供新鲜蔬菜，通过反季节的产品差价来获得较高的经济效益。

从理论上讲，设施蔬菜生产方式既可以在不适宜蔬菜作物生长发育的任何地区生产，也可以在不适宜蔬菜作物生长发育的任何季节生产。但在实际生产中，人们多是选择可以有效节能的地区进行设施蔬菜的周年生产。伴随着设施蔬菜的周年生产，设施蔬菜生产中出现了全季节栽培、冬春茬栽培、春早熟栽培、越夏栽培、秋延后栽培、秋冬茬栽培等生产茬口。

二、设施蔬菜在蔬菜产业中的地位和意义

我国设施蔬菜发展具有悠久的历史，尤其是近年来发展迅猛，目前已经成为支撑农业和农村经济的一项重要产业。它的发展不仅为解决我国蔬菜周年供应问题提供了不可缺少的生产方式，也为农民增收提供了重要途径。随着社会经济的发展、人民生活的改善和科技水平的提高，设施蔬菜越来越受到人们的重视，设施蔬菜产业已经成为我国农业现代化发展的重要组成部分。

（一）设施蔬菜实现了蔬菜周年均衡供应

蔬菜是种植业中仅次于粮食的第二大农作物。蔬菜与粮食、畜禽及水产品一样，是人们日常饮食中必不可少的食物之一，我们身体所需要的许多营养来自摄入的蔬菜。蔬菜的营养物质主要包含矿物质、维生素、纤维等，这些物质的含量越高，蔬菜的营养价值也越高。从保健的角度来看，蔬菜的营养价值也不可低估，据1990年国际粮农组织统计，人体必需的维生素C的90%、维生素A的60%均来自蔬菜，可见蔬菜对人类健康的贡献之巨大。许多蔬菜还含有独特的微量元素，对人体具有特殊的保健功效，如西红柿中的番茄红素、洋葱中的前列腺素等。蔬菜可提供人体所必需的维生素、矿物质、碳水化合物、蛋白质、脂肪、膳食纤维等多种营养物质，其中一些营养物质是其他食物中所没有的，因此，日常生活中一个成年人每天应摄入200~500g蔬菜才能满足人体的需

要。由于每种蔬菜所含营养素种类和数量各异，而人体的营养需要又是多方面的，人们每天需要摄入多种不同种类的蔬菜，丰富多样的蔬菜是人人必需、天天必需的重要食物。

蔬菜又是一种鲜嫩食品，多数蔬菜不耐贮运，市场供应受当地当时蔬菜生产状况的影响很大。我国大部分地区的自然环境不适宜蔬菜的周年生产，一方面，我国北方地区冬季寒冷，难以在自然条件下生产蔬菜，常导致北方地区出现冬季蔬菜供应的淡季；另一方面，我国南方地区夏季炎热多雨，蔬菜自然条件下生产也较为困难，常导致南方地区蔬菜供应的淡季。蔬菜供应的不足，会直接影响人们的身体健康。随着人们生活消费水平不断提高，人们膳食结构不断趋于合理化，人们对于蔬菜类农产品的需求量以及种类不断增多，蔬菜周年均衡供应是我国蔬菜产业发展中的最大问题。

利用日光温室、塑料大棚等保护设施进行蔬菜提早、延后和遮阳等形式的栽培，人为地创造适合蔬菜生长的环境和条件，增加各个季节蔬菜生产的种类和产量，能够有效解决我国蔬菜周年均衡供应问题。截至2013年年底，我国设施蔬菜面积近370万 hm^2 ，其中日光温室95万余 hm^2 ，塑料大中棚近170万 hm^2 ，日光温室和塑料大中棚蔬菜面积约占设施蔬菜总面积的72%；设施蔬菜产量2.5亿t左右，人均占有量180kg以上，约占当年蔬菜总产量的32%。设施栽培的主要蔬菜种类包括茄果类、瓜类、豆类、甘蓝类、白菜类、葱蒜类、叶菜类、多年生类、食用菌类等10余大类的上百种，设施蔬菜产业的发展为我国蔬菜周年均衡供应提供了重要保障。

（二）设施蔬菜有利于蔬菜产业的可持续发展

近年来，我国蔬菜产业发展迅速，总体上满足了城乡居民对蔬菜数量、质量、品种日益增长的需要。虽然蔬菜产业近年来取得了长足的发展，但生产中重产量轻质量、产品质量安全水平不高等问题也不容忽视，农药残留、重金属等有毒有害物质超标现象较为突出。伴随着工业化和城市化的快速推进，工业“三废”等的排放给生产环境中的水、气、土壤等环境造成严重的危害，容易引起生态环境的恶性循环，最终危及人类。而当前露地蔬菜生产中存在规模化程度低，标准化生产技术缺失，生产过程中农业投入品使用不合理等问题，也导致蔬菜产品污染严重，因食用有毒有害物质超标的蔬菜而引发人、畜中毒的事件时有发生。蔬菜作为人民群众在日常饮食中不可或缺的农产品，其质量安全状况直接影响到广大人民群众的消费信心和幸福程度。在蔬菜种植方面，散小农户蔬菜种植存在区域分散、土地利用率低、过度使用化肥农药、水资源浪费严重等现象，在一定程度上浪费了宝贵的农业资源。

设施蔬菜栽培因其环境的封闭性和可控性，具备防控外部污染的先天条件，

能够有效控制种植过程中的环境因素和水肥药投入，抑制害虫、病害发生，减少农药用量，有效保障蔬菜质量安全，有助于实现蔬菜栽培过程规范化、蔬菜产品标准化、水肥药施用精准化，从而提高蔬菜的质量，促进蔬菜产业稳定健康可持续发展。

（三）设施蔬菜是发展新型现代蔬菜产业的重要手段

我国既是蔬菜生产大国，又是蔬菜消费大国，蔬菜是除粮食作物外栽培面积最广、经济地位最重要的作物。随着科技进步和人们生活水平的提高，蔬菜产业正向着品种多元化、布局区域化、技术标准化的方向发展。随着蔬菜消费市场的多元化发展，适应不同消费群体、不同季节、不同熟性的蔬菜新品种将不断涌现。质优味美型蔬菜、营养保健型蔬菜、天然野味型蔬菜、奇形异彩型蔬菜、绿色安全型蔬菜将会越来越多地进入千家万户。根据不同生态地区的气候特点和资源优势，不同蔬菜的优势产业区域将进一步扩大。根据产业特点划定的出口蔬菜加工区、冬季蔬菜优势区、高山蔬菜、夏秋延时菜和水生蔬菜优势区有着广阔的发展前景。国内外都加强蔬菜质量认证体系建设，无害化蔬菜将成为我国蔬菜产品的主体，农户在生产中避免使用高毒和剧毒农药的同时，应注意防止蔬菜生产中出现的硝酸盐污染和重金属污染。绿色蔬菜将是未来我国蔬菜发展的方向。

设施蔬菜可以综合运用现代高科技、新设备和管理方法，通过自动化、信息化和智能化等生产管理方式，在完全人工创造的环境中进行全过程的连续作业，从蔬菜品种选择、生产周期安排、育苗、定植、营养液管理、施肥施水、环境控制、病虫害防治、植株管理、授粉、采收等环节都可以实现严格控制。因此，设施蔬菜是实现蔬菜产业品种多元化、布局区域化、技术标准化的重要途径，是建设新型现代蔬菜产业的重要内容。信息技术等支撑下的设施蔬菜是实现传统农业向现代农业生产方式转变的重要体现。

（四）设施蔬菜有利于实现农民增产增收

过去的30年，设施蔬菜生产为农民增产增收和蔬菜产业结构调整作出了重要贡献。相比于大田作物和露地蔬菜，设施蔬菜产业的技术装备水平、集约化程度、科技含量以及比较效益都很高，通过规模化生产、集约化经营、标准化管理，使农业生产实现效益最大化，目前设施蔬菜的投入产出比可达1:4.5，是一个高投入、高技术集成、高产出的产业。对农民而言，设施蔬菜单位面积产值是大田作物的25倍以上，是露地蔬菜的10倍以上。多年的实践证明，设施蔬菜产业是一个富民产业，是农业增产和农民增收的产业，从而成为我国农业产业结构中的重要支柱性产业。

三、设施蔬菜栽培方式及特点

(一) 设施蔬菜栽培介质类型

设施蔬菜栽培方式按栽培的介质不同分为土壤栽培和无土栽培。

1. 土壤栽培

设施蔬菜土壤栽培是利用土壤作为蔬菜植根的基质，其特点是管理技术相对简单、易掌握，是我国设施栽培的主要类型，占整个蔬菜设施栽培面积的99%，土壤栽培主要有自然土栽培和人工营养土栽培。

自然土栽培，由于设施蔬菜种植品种比较单一，重茬多，土地复种指数高，蔬菜产量高，所以对土壤条件要求也较高。使用自然土栽培时，要求土壤高度熟化，熟土层厚度要大于30cm，土壤有机质含量不低于30g/kg，最好能够达到40~50g/kg；土壤结构要疏松，土壤的固、液、气三相比比例要适宜，固相占50%左右，液相占20%~30%，气相占30%~20%，总孔隙度在55%以上，这样的土壤才能有较好的保水保肥和供肥供氧能力；土壤的酸碱度要适宜，蔬菜设施栽培土壤的pH值最好在6.0~6.8，在这个范围内大多数蔬菜生长发育良好；要求土壤肥沃、养分含量高，土壤碱解氮含量在150mg/kg以上，速效磷110mg/kg，速效钾170mg/kg以上，氧化1.0~1.4g/kg，氧化镁150~240mg/kg，且含有一定量的有效硼、铜、锌、锰、铁、铜等微量元素。在细致整地和施足底肥的前提下，可以在土壤上覆盖地膜以提高地温，减少土壤水分蒸发，防止地面板结，能够显著降低棚内的空气湿度，减少病害的发生和传播，促进蔬菜的生长发育。

人工营养土栽培，设施蔬菜土壤栽培常因连作导致土壤次生盐渍化、土壤营养失调、土传病原菌大量集聚以及蔬菜作物自毒物质积累等，形成明显的连作障碍，解决连作障碍最经济有效的方式就是采用人工营养土栽培。人工营养土多是大田土壤与有机肥、有机质和适量的无机肥沤制而成。一般腐熟秸秆体积占50%左右，腐熟有机肥体积占25%左右，土壤占25%左右。也可以添加颗粒大小适中的菇渣、锯末等有机废弃物替代腐熟有机秸秆，再加少量的添加剂、保水剂和有益微生物等。人工营养土栽培通常采用沟槽式栽培，基本与无土栽培的做法类似，所不同的是将无土栽培中的基质和营养液换成人工营养土。人工营养土栽培的栽培槽设置方法有两种：一是地下挖沟，然后铺垫塑料薄膜，上填人工营养土，使人工营养土与土壤隔离；二是在地平面上垒砖槽或其他材料的栽培槽，槽内铺上塑料薄膜，上填人工营养土，使人工营养土与土壤隔离，解决连作障碍。

2. 无土栽培

无土栽培是指不用天然土壤而用营养液，或仅育苗时用基质，在定植以后

用营养液进行灌溉，利用营养液供给植物的栽培方法。为使植株得以竖立，可用石英砂、蛭石、泥炭、锯屑、塑料等作为支持介质，并可保持根系的通气。由于植物对养分的要求因种类和生长发育的阶段而异，所以配方也要相应地改变。例如，氮可以促进叶片的生长，叶菜类需要较多的氮；番茄、黄瓜要开花结果，比叶菜类需要较多的磷、钾、钙，需要的氮则比叶菜类少些。生长发育时期不同，植物对营养元素的需要也不一样。例如，番茄苗期的培养液里的氮、磷、钾等元素可以少些，长大以后就要增加其供应量；夏季日照长，光强、温度都高，番茄需要的氮比秋季、初冬时多，在秋季、初冬生长的番茄要求较多的钾，以改善其果实的质量。培养同一种植物，在它的一生中也要不断地修改培养液的配方。无土栽培所用的培养液可以循环使用，配好的培养液经过植物对离子的选择性吸收，某些离子的浓度降低得比另一些离子快，各元素间比例和pH值都发生变化，逐渐不适合植物需要。所以每隔一段时间需要调节培养液的pH值，并补充浓度降低较多的元素。但这种循环使用不能无限制地继续下去，用固体惰性介质加培养液培养时，要定期排出营养液或用点灌培养液的方法，供给植物根部足够的氧。当植物蒸腾旺盛的时候，培养液的浓度增加，这时需补充水。无土栽培成功的关键在于管理好所用的培养液，使之符合最优营养状态的需要。

由于无土栽培可人工创造良好的根际环境以取代土壤环境，有效防止土壤连作病害及土壤盐分积累造成的生理障碍，充分满足作物对矿质营养、水分、气体等环境条件的需要，具有省水、省肥、省工、高产、优质等特点，是加快作物生长，提高作物产量，扩大农业生产空间及实现工厂化高效种植的一种理想栽培方式。多年的实践证明，大豆、黄豆、菜豆、豌豆、小麦、水稻、燕麦、甜菜、马铃薯、甘蓝、叶莴苣、番茄、黄瓜等作物，无土栽培的产量都比土壤栽培的高。但无土栽培一次性投资大，营养液配制难度大，要求栽培技术高，普通农民难以掌握，因此目前面积还较小。随着蔬菜土壤栽培连作障碍的发生和耕地利用的需要，无土栽培类型在未来将得到长远的发展。

（二）设施蔬菜栽培设施类型

设施蔬菜按栽培的设施分为塑料拱棚蔬菜栽培、日光温室蔬菜栽培、连栋温室蔬菜栽培、遮阳网覆盖蔬菜栽培和防虫网覆盖蔬菜栽培。

1. 塑料拱棚蔬菜栽培

塑料拱棚（图1-1）是用竹竿、竹片、钢筋、波比钢管及钢筋水泥等材料制成拱形支架，在支架上面覆盖塑料薄膜而形成一定大小空间的设施叫做塑料拱棚。塑料拱棚四面无墙体，是我国设施栽培中最重要、应用最广泛的一类生产设施。塑料拱棚又分为塑料中小拱棚、塑料大棚和塑料防雨棚等类型。



图1-1 塑料拱棚

塑料中小拱棚一般是由竹竿和水泥柱建成，寿命长达3~10年，顶部呈弧形，上面覆盖塑料膜，也叫二棚、面包棚、冷棚。适合我国南方地区以及北方春、秋季节的种植使用。拱棚相对于日光温室而言保温性能稍低，可在棚内加设二膜或三膜，以增加夜间温度。塑料拱棚蔬菜栽培是我国各地普遍采用的简易设施蔬菜栽培形式，南北各地广泛采用，主要用于春提早、秋延后栽培。塑料拱棚具有结构简单、搭建拆除方便、投资成本低、使用便利、效果明显等优点，可以根据蔬菜对温度条件的不同要求，在不同时期覆盖不同种类的蔬菜，使更多种类的蔬菜早播种、早定植、早发育、早成熟，以降低生产成本，提高栽培效益。可按照先覆盖耐低温、抗旱的蔬菜作物，后覆盖较喜温的蔬菜作物，最后覆盖耐高温、耐热的蔬菜作物的顺序进行覆盖栽培。塑料小拱棚高度一般在1.5m以下，宽13m以下，长度一般在1m以上，可就地取材，用细竹竿、竹片等作拱杆，弯成拱形，两端插入土中上面覆盖一整块薄膜，四周卷起埋入土中。这种小拱棚不需要揭膜放风，温度升高后撤棚进行露地生产。塑料中拱棚比小拱棚大，而比塑料大棚小，其跨度一般4~6m，脊高1.5~1.8m，多为竹木结构，也可利用钢筋或钢管焊成中拱棚，性能优于小拱棚，次于大棚。中拱棚内平均最低气温比小拱棚高，比大棚低。由于中拱棚较低矮，面积小，外面可用草苫覆盖，增加防寒保温性能。中棚一般早春先覆盖后定植，定植后前几天不进行放风，随着温度的升高，逐步进行放风降温。早期用棚头进行放风，逐步加大通风量。当夜间温度稳定在蔬菜作物生长下限温度之上后，撤棚转入露天种植。

塑料大棚通常是指跨度在4m以上、中间高2.6~3m的塑料薄膜覆盖的棚室。塑料大棚根据骨架用材不同可分为折叠竹木结构、折叠焊接钢结构和镀锌钢管结构。覆盖材料有普通聚乙烯薄膜、多功能长寿膜、草被、草扇、折叠聚

乙烯高发泡软片、无纺布、遮阳网等。塑料大棚能充分利用太阳能，保温作用优于塑料中小拱棚，并通过卷膜能在一定范围调节棚内的温度和湿度。塑料大棚多用于瓜类、茄果类、豆类等蔬菜的春早熟和秋延后种植，也可以用于一年一大茬的长季节栽培。塑料大棚蔬菜栽培在我国各地都有分布，但东北地区需避开严寒冬季，华南地区需避开炎热夏季。塑料大棚蔬菜栽培主要是起到春提前、秋延后的保温栽培作用，一般春季可提前30~35天，秋季能延后20~25天，对解决春秋淡季蔬菜的供应有明显的效果。如在华北地区果菜类蔬菜露地栽培供应期只有4~5个月，而利用塑料大棚后供应期可延长到6~8个月。我国地域辽阔，气候复杂，利用塑料大棚进行蔬菜的设施栽培，对缓解蔬菜淡季的供求矛盾起到了特殊的重要作用。

热带、亚热带地区年均降水量达1 500~2 000mm，其中60%~70%集中在6—9月，多数蔬菜在这种多雨、潮湿、高温、强光的条件下病虫多发，土壤积水造成根系生长不良；雨水过多枝叶繁茂，生殖生长不良；水分供应不均衡，果实易产生裂果、腐烂，这种环境下露地蔬菜很难正常生长。利用塑料薄膜等覆盖材料，扣在大棚或小棚的顶部，四周不扣膜或扣防虫网，形成塑料防雨棚。塑料防雨棚可以使作物免受雨水淋洗，在南方夏季多雨季节进行蔬菜的生产，同时还可以进行夏季蔬菜和果品的避雨栽培或育苗。塑料防雨棚主要分为小拱棚型防雨棚、大棚型防雨棚和温室防雨棚三大类，小拱棚型防雨棚主要用作露地西瓜和甜瓜早熟栽培。小拱棚顶部扣膜，两侧通风，使西瓜、甜瓜开雌花部位不受雨淋，以利授粉、受精，也可以用来育苗。前期两侧膜封闭，进行保温、保湿促成早熟栽培，中后期两侧通风进行避雨栽培，是一种常见的先促成后避雨的栽培方式。大棚型防雨棚，即大棚顶上天幕不揭除，四周裙幕揭除，以利通风，四周可挂上20~22目的防虫网防虫，可用于各种蔬菜的夏季栽培。温室型防雨棚，东南沿海及华南地区多台风、暴雨，建立钢架温室状的防雨棚，顶部设天窗通风或锯齿状温室上部内侧通风，四周薄膜（玻璃）可以开启，顶部覆盖防雨，用作夏菜育苗或栽培。

2. 日光温室蔬菜栽培

日光温室又称暖房（图1-2），是我国特有的一种设施蔬菜栽培方式。日光温室指三面围墙，脊高2m以上，跨度6m以上，能透光、保温或加温，热量来源主要依靠太阳能辐射的保护栽培设施。日光温室最大的特点是不进行或基本不进行人工加温，完全或基本上依靠太阳能辐射来满足蔬菜作物对光照和温度的需要。日光温室是由两侧山墙、围护后墙体、支撑骨架及覆盖材料组成，白天依靠南屋面透光覆盖材料最大限度采光、积蓄热能，夜间依靠北面加厚的墙体、后坡和防寒沟、棉被、草毡等保温措施最小限度散热，从而最大限度的

利用太阳能资源，维持室内一定的温度水平，以满足蔬菜作物生长的需要。日光温室的种类较多，依不同的屋架材料、采光材料、外形及加温条件等又可分为很多种类。日光温室能在不适宜植物生长的季节，提供温室生育期和增加产量，多用于低温季节喜温蔬菜、花卉、林木等植物栽培或育苗等。日光温室的优点是采光性能和保温性能好、取材方便、造价适中、节能效果明显，适合小型机械作业。其缺点是环境的调控能力和抵御自然灾害的能力较差，主要种植蔬菜、瓜果及花卉等。



图1-2 日光温室

3. 连栋温室蔬菜栽培

连栋温室（图1-3）是指两栋以上温室连接在一起形成的一座温室，是温室的升级，实质就是一种超级大温室，用科学的手段、合理的设计、优秀的材料将原有的独立单间模式温室连起来。温室骨架多采用金属材料如镀锌钢材、铝合金等，覆盖材料有普通玻璃、钢化玻璃、丙烯酸树脂玻璃纤维板（FRA）等，覆盖材料包括玻璃、双层塑料薄膜、双层塑料充气薄膜、聚碳酸酯板材等，另外还配套外遮阳、内覆膜、水帘降温、滚动苗床、行走式洒水车、计算机管理系统、水培系统等。

20世纪80年代后期，我国先后从荷兰、美国、保加利亚、罗马尼亚、韩国、日本、以色列等国引进一批现代化大型连栋温室，在引进的基础上，我国自行设计研制开发了我国的大型连栋温室。现代化大型连栋温室自动化程度高，可采用燃煤、燃气、燃油等进行加温，采用强制通风、水帘降温等调控温度设施，环境指标可用计算机自动控制，是工厂化生产的雏形。连栋温室实现了环境控制的自动化，基本摆脱了自然环境的影响，土地利用率高，管理操作方便，适合机械化

生产，可实现蔬菜的周年生产，单位面积产出效益高，但这种温室的耗能大，一次性投资高，在我国还未实现大规模发展。

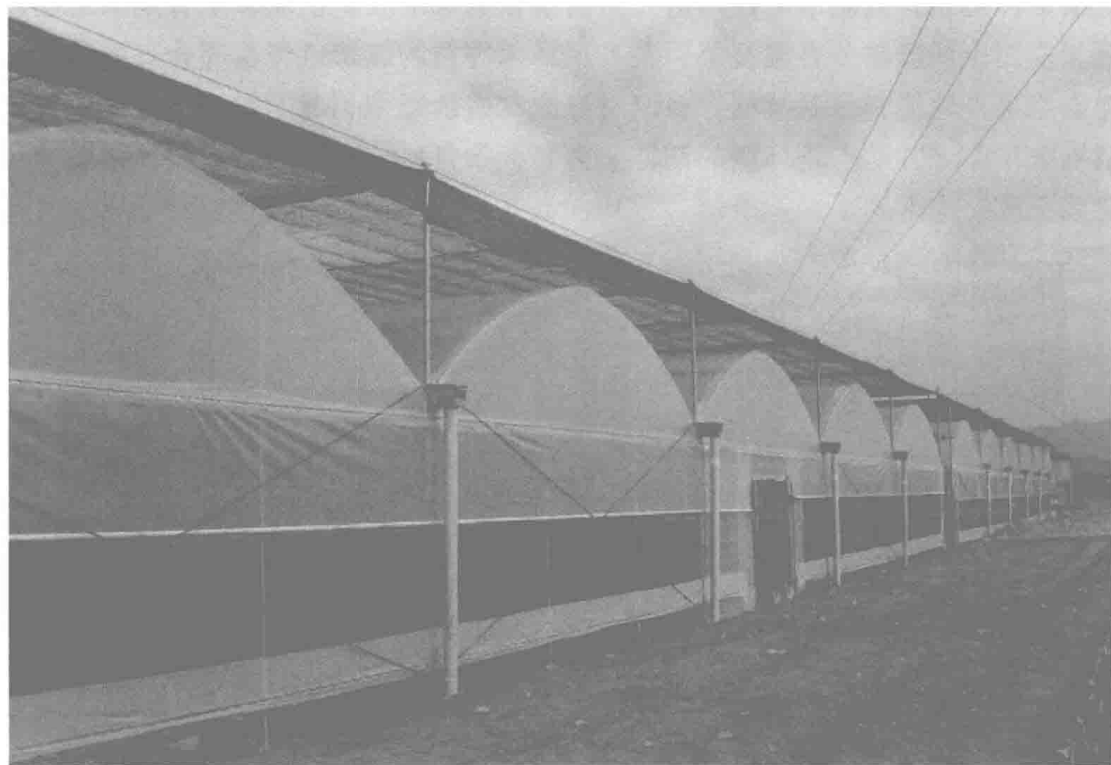


图1-3 连栋温室

4. 遮阳网覆盖蔬菜栽培

遮阳网又叫遮阴网、遮光网、寒冷纱或凉纱，是以聚烯烃、聚丙烯等作原料，加入防老化剂和色料，经拉丝编织成的一种轻量化、高强度、耐老化的新型网状农用塑料覆盖材料。遮阳网棚具有质轻、耐用、体积小，管理操作省工省力等特点，能实现避强光、降高温、防暴雨等多种功能，主要用于南方夏秋季节蔬菜栽培及育苗。遮阳网覆盖能够显著减少南方夏秋季节蔬菜栽培过程中，因强光高温、暴雨及病虫害等对蔬菜生产过程中造成的危害。遮阳网覆盖蔬菜栽培已成为我国南方地区解决蔬菜夏秋淡季的一种简易、实用、低成本、高效益的蔬菜设施栽培新技术，它使设施蔬菜栽培从冬季拓展到夏季，成为我国热带、亚热带地区设施栽培的特色。

5. 防虫网覆盖蔬菜栽培

防虫网是一种采用添加防老化、抗紫外线等化学助剂的优质聚乙烯原料，经拉丝编织20~30目而成，形似窗纱，具有抗拉力强度大、抗热耐水、耐腐蚀、耐老化、无毒无味的特点。防虫网覆盖蔬菜栽培，是以防虫网构建的人工隔离屏障，采用全程覆盖、封闭栽培，将害虫拒之于网外，从而收到防虫保菜的效果。