

□ 全国高等学校“十二五”农林规划教材



设施作物栽培学

主编 郭世荣



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

□ 全国高等学校“十二五”农林规划教材

设施作物栽培学

主 编 郭世荣

副主编（按姓氏笔画为序）

王秀峰 李天来 张绍铃 高丽红

编 者（按单位笔画为序）

山东农业大学 王秀峰

上海交通大学 黄丹枫 王世平

中国农业大学 高丽红

华中农业大学 别之龙

西北农林科技大学 李建明 胡晓辉 杨振超

扬州大学 江解增

沈阳农业大学 李天来 何莉莉

河北农业大学 张广华 高洪波

南京农业大学 郭世荣 张绍铃 黎星辉

房伟民 孙 锦 吴华清

向增旭 徐迎春 李 娟

审 稿 南京农业大学 李式军



内容简介

本教材集中反映 21 世纪以来国内外设施作物栽培领域的新理论、新成果、新技术和新动态,重点介绍我国近年来采用的先进、实用、节能、低碳和高效的设施作物栽培新技术。教材充分体现“基本”、“新”和“实用”的原则,力求做到理论联系实际,服务于生产。

本教材共分 8 章。主要讲授设施作物生产的发展概况及其在农业和国民经济中的地位、设施环境与设施作物、设施作物栽培制度、设施作物繁殖与育苗技术、设施蔬菜栽培技术、设施花卉栽培技术、设施果树栽培技术及其他设施作物栽培技术等。

本教材既是一本高等院校设施农业、植物生产类专业学生的适用教材,又可作为设施作物生产、科研、推广工作者和农业相关部门技术、管理人员实用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

设施作物栽培学/郭世荣主编. —北京:高等教育出版社,2012.4

ISBN 978 - 7 - 04 - 034231 - 4

I. ①设… II. ①郭… III. ①设施农业 - 作物 - 栽培学 - 高等学校 - 教材 IV. ①S31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 030501 号

策划编辑 潘超 责任编辑 潘超 特约编辑 潘超
封面设计 张楠 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400 - 810 - 0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京北苑印刷有限责任公司	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787mm × 1092mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	21	版 次	2012 年 4 月第 1 版
字 数	500 千字	印 次	2012 年 4 月第 1 次印刷
购书热线	010 - 58581118	定 价	35.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 34231 - 00

数字课程

设施作物栽培学

登录以获取更多学习资源!

登录方法:

1. 访问 <http://res.hep.com.cn/34231>
2. 输入数字课程账号(见封底明码)、密码
3. 点击“LOGIN”、“进入 4A”
4. 进入学习中心

账号自登录之日起一年内有效, 过期作废。
使用本账号如有任何问题,
请发邮件至: life@pub.hep.cn

设施作物栽培学

内容介绍 | 纸质教材 | 相关资源 | 版权信息 | 联系方式

4A 学习中心

欢迎登录

账号

密码

LOGIN

■ 内容介绍

这是一个开放式的网络教学平台, 与《设施作物栽培学》教材配套使用。该网站资源是教材内容的扩展和补充, 包括各章图片和专题, 可供学有余力的学生学习和教师教学参考, 也可供设施作物生产、科研、推广工作者和农业相关部门技术、管理人员参考。

高等教育出版社 2012

<http://res.hep.com.cn/34231>

“设施农业科学与工程”本科系列教材 编写委员会

主任委员 邹志荣（西北农林科技大学）

副主任委员（按姓氏笔画为序）

王秀峰（山东农业大学）

李天来（沈阳农业大学）

陈青云（中国农业大学）

郭世荣（南京农业大学）

委员（按姓氏笔画为序）

朱世东（安徽农业大学）

吴凤芝（东北农业大学）

别之龙（华中农业大学）

邵孝侯（河海大学）

黄丹枫（上海交通大学）

崔世茂（内蒙古农业大学）

序

设施农业是在相对可控的环境条件下，利用必要的设施和设备，实现集约化高效可持续发展的现代农业生产方式。随着现代设施设备和信息技术的不断更新，设施农业成为现代农业发展的典型代表。世界各国竞相投入，大力发展设施农业，提高本国的农业发展水平。我国已经成为全球设施农业大国之一。但要成为设施农业强国，不断缩小与农业发达国家在农业技术装备水平和农产品国际竞争力方面的差距，仍需投入大量的人力物力，特别是要突破设施农业人才短缺对我国设施农业发展的瓶颈制约，开展以培养一大批优秀的设施农业专门人才和高素质劳动者的设施农业高等教育，势在必行。

2002年，教育部颁布了新的专业目录，本科增加了“设施农业科学与工程”专业，培养学生掌握生物学、园艺学、农业工程的基础知识，对学生进行设施设计与建造、设施环境调控、设施设备开发与应用、设施农业生产经营与管理等方面的基本训练，使他们具有从事设施农业的技术推广与开发、工程设计、经营管理、教学与科研的基本素质和能力。设施农业学科迎来了发展的契机。

但由于设施农业学科属于新兴交叉学科，为了做好该学科的人才培养工作，还需要开展大量的基础性学科建设工作，教材建设是其中之一。根据这种需要，全国同行专家组织召开了教材建设研讨会，组建了“设施农业科学与工程”本科系列教材编写委员会。经讨论达到共识，本专业核心课程应包括设施农业栽培、设施农业工程和设施环境调控三部分内容，确定首批出版11本教材。这套教材以实施素质教育、培养学生的实践能力和创新能力为出发点，根据“设施农业”是一个包含生物、工程、环境三方面内容的新兴交叉学科的特点组织素材，在教材中，新知识和新方法相互渗透，相互融合，浑然一体。这套教材的出版，标志着设施农业学科的理论体系基本得以确立，也反映出该学科的最新发展水平。

这套教材的出版在国内外尚属首创，解决了新专业教学急需。教材的编写是根据各院校和编者的优势安排的，但由于缺乏可以借鉴的经验，错误和纰漏在所难免，恳请广大读者和同行专家批评指正。

邹志荣

2006年10月于西北农林科技大学

前 言

随着现代工程、建筑、材料和信息等技术对农业的渗透融合，促使现代农业的内涵发生了根本性的变化。21 世纪，现代高新农业正向绿色环保农业、低碳农业、休闲养生农业乃至航天农业等方向发展，而设施农业则成为现代高新农业的基础和支撑点。设施农业由于其生产条件的可调控性，一定程度上打破了传统农业的地域性和季节性限制，大幅度改善了农产品的品质、增强了资源的集约高效利用、提高了农业生产力，它使农业的土地生产力相当于传统生产条件下的几倍、十几倍乃至几十倍，从而使设施农业成为优质、高效、高产和集约化生产的代表，它以高投入、高产出、高效益、绿色环保和可持续发展为特征，成为许多国家国民经济的重要支柱产业。设施农业的发展规模和科技水准，也成为一个国家 and 地区农业现代化的标志和水平。

20 世纪 80 年代以来，我国科技工作者和菜农对具有中国特色的传统日光温室进行了技术改造，在 -20°C 以下的高纬度、高寒地区，实现了不加温条件下冬季喜温果菜的生产与供应，从根本上扭转了我国北方地区冬季蔬菜长期短缺的局面；而我国热带、亚热带暖地，夏季采用遮阳网、避雨棚和防虫网等覆盖栽培，以及开放型的大棚与温室，有效地缓解了南方夏秋淡季的蔬菜供应。目前，我国设施农业已经驶入了高速发展的快车道，目前，全国设施作物栽培面积已达 400 余万 hm^2 。设施农业已成为我国具有较大优势的技术密集型和劳动密集型的农业新产业，它在缓解我国人多地少的矛盾、解决水与石化能源等资源不足的难题、保障农副产品的安全稳定供应等方面，发挥了日益重要的作用。

以园艺作物为主体的设施作物栽培在我国设施农业生产中始终占有举足轻重的地位，它基本代表了我国设施农业的总体规模和发展水平。20 世纪 90 年代以来，我国设施作物栽培的规模和地域范围不断扩大，涉及领域不断拓展，设施作物生产已从蔬菜扩展到了花卉、瓜果、特种经济植物、食用菌、中草药、林木与大田作物育苗等领域，栽培作物的种类和品种不断扩大、丰富。与此同时，一些教学和科研机构也出版了一系列的图书和教材，多是就一种或几种作物的设施栽培原理、方法和技术进行阐述，为我国设施作物生产的发展发挥了积极的作用。然而，随着科学技术的不断发展，设施农业生产的产业化和规模化水平不断提高，设施栽培作物的种类日渐多元化，生产管理技术也逐渐高科技化，这就亟需一本能及时反映国内外设施作物栽培先进水平、紧跟时代发展要求的设施作物栽培学教科书，以适应和满足当前教学、科研和生产的急需。有鉴于此，高等教育出版社组织国内相关领域的专家、学者编写了这本《设施作物栽培学》教材，本书以蔬菜、果品、花卉、经济作物、茶树及中草药等作物的设施栽培技术为主要内容，力求反映现代设施农业的新技术、新成果、新动态，努力做到理论联系实际，服务于生产，促进我国设施作物栽培技术

水平的提高。

依据参编人员的专业和学术特长安排编写任务，按章次序分别为：第一章由郭世荣编写，第二章由李天来编写，第三章由王秀峰、孙锦编写，第四章由别之龙编写，第五章由高丽红、李建明、胡晓辉、张广华、杨振超、江解增及何莉莉编写，第六章由房伟民、黄丹枫、徐迎春编写，第七章由张绍铃、王世平、吴华清编写，第八章由黎星辉、向增旭编写，实验指导由高洪波、李娟编写。全书由郭世荣教授与孙锦副教授统稿完成。本书承蒙南京农业大学李式军教授审稿，并提出许多宝贵的修改意见。在编写过程中得到各参编单位的大力支持与合作，在此一并谨致衷心的感谢。

在编写过程中以“基本”、“新”和“实用”为原则，力求做到理论联系实际，注重教材的先进性和实用性。但由于编者水平所限，疏漏、不妥、缺点和错误在所难免，恳请读者不吝赐教，以便再版时修改完善。

编 者

2011年10月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 设施作物的范畴及设施作物栽培学	1
第二节 设施作物生产简史与现状	3
第三节 设施作物生产在农业和国民经济发展中的地位	10
第二章 设施环境与设施作物	14
第一节 温度环境与设施作物	14
第二节 光照环境与设施作物	24
第三节 气体环境与设施作物	29
第四节 湿度环境与设施作物	35
第五节 土壤特性与设施作物	40
第六节 综合环境与设施作物	48
第三章 设施作物栽培制度	52
第一节 作物栽培设施的类型	52
第二节 设施栽培介质类型与固体栽培基质	63
第三节 设施作物栽培的茬口安排	70
第四节 设施作物立体栽培	81
第四章 设施作物繁殖与育苗技术	90
第一节 设施作物繁殖方式和技术	90
第二节 穴盘育苗	108
第三节 嫁接育苗	114
第四节 水培育苗	121
第五章 设施蔬菜栽培	125
第一节 概述	125
第二节 瓜类蔬菜的设施栽培	127
第三节 茄果类蔬菜设施栽培	148
第四节 根茎叶菜类蔬菜设施栽培	162

第五节	水生蔬菜与野菜设施栽培	178
第六节	设施食用菌栽培	187
第六章	设施花卉栽培	198
第一节	概述	198
第二节	切花设施栽培	201
第三节	盆花设施栽培	223
第四节	观叶植物设施栽培	255
第七章	设施果树栽培	260
第一节	概述	260
第二节	葡萄设施栽培	266
第三节	桃、樱桃和杏设施栽培	281
第四节	草莓设施栽培	292
第八章	其他设施作物栽培	301
第一节	茶树设施栽培	301
第二节	药用植物设施栽培	306
实验指导	309
实验一	瓜类蔬菜嫁接育苗技术	310
实验二	设施番茄植株调整技术	311
实验三	温室花卉种类识别	313
实验四	盆花设施栽培管理技术	314
实验五	设施葡萄扦插繁殖技术	316
实验六	设施栽培作物种类及栽培制度调查	318
参考文献	320

第一章 绪 论

设施作物栽培是利用温室等保护设施进行作物生产的一种新型生产方式,属于环境调控农业的领域,是现代农业的主要形式和重要标志。近年来设施栽培的面积在迅速扩大,作物种类在不断增加,设施作物栽培的研究内容在不断更新,涉及的学科领域越来越广泛;了解国内外设施作物栽培的产生、发展以及现状,了解设施作物生产在农业和国民经济发展中的地位 and 作用,都有利于学习好设施作物栽培的相关知识,掌握好设施作物栽培的专业技能,真正理解设施作物栽培的精髓。

第一节 设施作物的范畴及设施作物栽培学

设施作物栽培是利用温室等农业保护设施进行新鲜农产品生产的一种栽培形式,它是与露地作物栽培相对应的一种生产方式。主要是指在露地不适用于作物生育的季节或地区,利用温室等特定的人工保护设施,人为地创造适于作物生长发育的小气候环境,根据人们的消费需要,有计划地生产优质、高产、高效的蔬菜、花卉、水果等农产品,以满足人民日益增长的对安全优质农产品的需求。它能实现园艺产品的周年生产、均衡供应和高品质栽培,是高效农业、都市农业、生态农业、观光休闲农业和出口创汇农业的重要组成部分,也是现代集约高效农业的典范。

一、设施作物

随着保护设施的不断发展和设施栽培水平的不断提高,设施作物的种类也在不断增加。目前设施栽培作物以园艺作物为主体,主要包括蔬菜、花卉和果树,尤其在我国蔬菜栽培占有较大比例。据2008年统计,设施蔬菜栽培面积达到336.7万 hm^2 ,占全国设施园艺总面积96.2%,占世界设施蔬菜总面积的80%以上;另外,中草药的栽培也逐渐进入保护设施,水稻、玉米、棉花等大田作物的育苗也越来越多地采用设施育苗的方式。主要设施作物种类见图1-1所示。

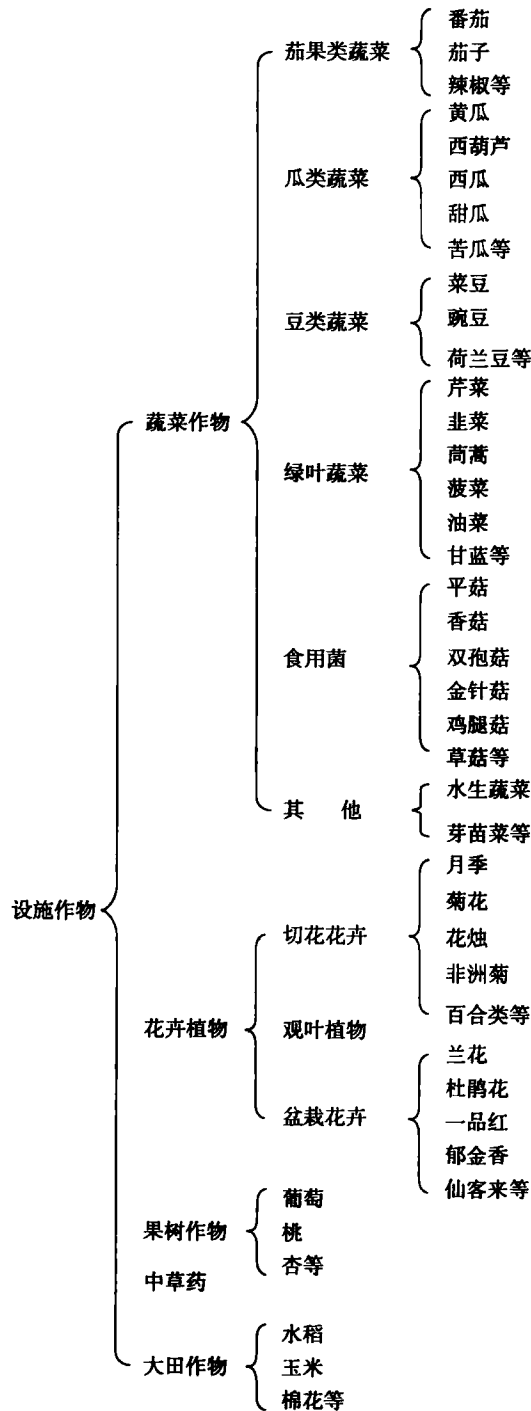


图 1-1 设施栽培主要作物种类

二、设施作物栽培学

设施作物栽培学是研究设施作物生理、生态特性,了解设施小气候环境与作物的相互关系,研究设施作物栽培制度、繁殖方法和育苗技术以及设施作物优质高效栽培技术的一门综合性、应用性学科。它是集现代园艺科学、植物生理生态学、农业信息科学和现代农业经济学等于一体的多学科交叉的学科领域,设施作物栽培学已从普通的作物栽培跨入了高科技发展的新时代,它要求从事该领域的科技人员,必须具有宽厚坚实的多学科基础知识和基本技能,同时必须不断地学习、消化、吸收新知识、新理念和新信息,才能成为合格的设施作物栽培的技术和管理人才。

第二节 设施作物生产简史与现状

一、中国设施作物生产的发展历史与现状

(一) 产生

中国是世界上应用设施园艺技术栽培作物历史最悠久的国家之一。早在公元前 500 余年的《论语》中就记载有“不时不食”,是不时栽培的语源。

后又见于西汉(公元前 206 年—公元 23 年)的《汉书补遗》中:“太官园种冬生葱韭菜茹,覆以屋庇,昼夜燃蕴火,待温气乃生。”说明 2 000 多年前,我国已能利用保护设施在冬季栽培葱和韭菜。

到了唐朝中国的设施栽培又有了进一步的发展,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,内苑分得温汤水,二月中旬已进瓜”。说明多年前,西安都城已用天然温泉水在早春季节种植瓜类作物。

到了宋代,早在宋徽宗(1101—1125 年)时期,江苏苏州虎丘山麓就有建立“花厢”设施栽培香花的记载。

到了元朝(1279—1368 年)王祯著的《农书》中记载:“至冬移根藏以地屋荫中,培以马粪,暖而即长”,又说:“就旧畦内,冬月以马粪覆之,于向阳处,随畦用蜀黎篱障之,遮北风,至春,疏其芽早出”,“十月将稻草灰盖三寸,又以薄土覆之,灰不被风吹,立春后,芽生灰内,即可取食”。说明 700 余年前,已有阳畦、风障蔬菜栽培。

至明嘉靖年间(1522—1566 年),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”。这说明 400 多年前,北京的温室暖窖栽培已具相当的水平,2 月份即可采收黄瓜果实。

可见经过唐、宋、元、明、清、民国千余年,以西安、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作物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水平,设施作物栽培发展极其缓慢,矮小的土温室延续用于作物栽培竟达千年之久,且其栽培产品价格昂贵、数量极少,被视为奢侈品,始终为极少数统治阶级所享用。

直到新中国成立后,尤其是改革开放后30多年,由于生产关系的改变,随着科学技术水平、社会生产力、经济发展和人民生活水平的大幅度提高,设施作物栽培才得到了迅速发展,直至今日,先后经历了几个具有明显特色的发展阶段。

(二) 总结推广阶段

新中国成立初期,为了适应大规模经济建设的需要,我国科技人员对北京、西安、济南、沈阳、太原等北方各地农家传统的简易覆盖、阳畦(冷床)和土温室的结构、性能和栽培技术广泛开展了调查研究,总结了农民长期积累起来的丰富经验,写出了《济南市郊区冬季蔬菜保护地栽培调查》等多份调查报告,出版了《北京市郊区温室蔬菜栽培》等普及型科技图书。这些调查研究工作,推动了传统保护地作物栽培先进经验的迅速推广,对刚刚建立起来的农村集体经济的巩固和发展,起到了极大地促进作用。在总结农民传统经验的基础上,科技人员还开展了保护地丰产栽培试验和理论研究工作,研究改进了一些保护设施,进行了提高、改良、推广并形成了以风障、阳畦和北京改良式温室等保护地设施为主的栽培作物技术体系,与露地生产一起,排开播种,分期上市,对改善北方居民冬春蔬菜等副食品供应起到了一定的补充作用。

(三) 塑料拱棚和地膜覆盖栽培推广普及阶段

塑料制品,特别是塑料薄膜广泛应用于设施栽培,使保护设施的结构、建造和生产成本发生了根本性的变化,极大地促进了设施栽培的普及和提高。

1. 塑料拱棚栽培

20世纪50年代中期开始,从日本引进农用聚氯乙烯(PVC)塑料薄膜,建造中小拱棚用作蔬菜育苗和早熟栽培,效果良好。60年代初,随着国产塑料工业的建立与发展,生产出的农用PVC和聚乙烯(PE)薄膜迅速替代玻璃而成为各种保护设施的主要覆盖材料,极大地推动了我国设施栽培的发展,形成了新型的中小拱棚塑料覆盖栽培技术体系。

1965年吉林省长春市英俊乡福利村首先创建了我国第一座竹木骨架的塑料薄膜大棚,占地667 m²,早春黄瓜比普通露地栽培提早1个多月采收,经济效益和社会效益显著,此后塑料薄膜大棚迅速在全国范围内推广。1975年、1976年、1978年在农业部主持下先后在吉林省长春市、山西省太原市和甘肃省兰州市召开了第一、第二、第三次全国塑料大棚生产科研协作会议,对全国各地发展起来的塑料大棚结构、性能以及栽培技术、科研成果进行了交流研讨,促进了塑料大棚作物栽培技术的普及和提高,塑料大棚作物栽培技术已从中国北方的华北、东北和西北向南方的长江流域发展,从平原向山区丘陵地区延伸。在推广过程中,由中国农业工程研究设计院在“六五”(1981—1985)期间作为农业部组织的科技攻关内容,研制成装配式热镀锌钢管塑料大棚系列产品,并制订了相应的国家标准,为塑料大棚在全国大面积推广奠定了技术基础。据统计,1978年全国塑料大棚栽培面积仅为0.53万hm²,至1988年即发展到1.93万hm²,至1999年已发展到了46余万hm²,2006年已达到109余万hm²,2008年已达到128万hm²,成为我国设施栽培的主体构型,近年来

我国塑料大棚正向着连栋化、高大化、规模化方向发展。

2. 地膜覆盖栽培

到20世纪70年代末期,日本专家石本正一率先将本国的塑料薄膜地面覆盖技术及农膜工业化装备引荐到我国,由于地膜覆盖可提高地温、保水保肥、保持土壤疏松、防除病虫害杂草,抵御低温、干旱、盐碱等胁迫,使作物早种早收、增产增收,且具有操作简单、投资低、经济效益十分显著的特点,因而从1979年开始,由农业部组织14省市试验示范,取得成功,并于1982年开始迅速推广到大江南北,为广大农户所欢迎,1980年地膜覆盖栽培面积0.17万 hm^2 ,1981年为0.73万 hm^2 ,1982年增加到2.1万 hm^2 ,至1989年全国地膜覆盖面积达到26.7万 hm^2 ,1996年突破700万 hm^2 ,并从蔬菜作物扩展到棉花、玉米、糖料、花生等经济作物,目前我国设施土壤栽培基本全部采用地膜覆盖技术,据资料自1984年至1994年全国累计推广2553万 hm^2 ,新增产值约576亿元,纯效益约488亿元,其发展速度之快、应用作物种类之多、社会经济效益之大,为世界农业推广史上所罕见。

(四) 日光温室和夏季设施栽培普及推广阶段

在塑料拱棚和地膜覆盖栽培大发展后,北方和南方亚热带地区早春和晚秋淡季缺菜期间新鲜蔬菜供不应求的状况有所缓解,但还不能从根本上解决北方冬季和南方夏季鲜菜严重短缺的局面,同时由于受社会、经济条件限制,尤其是石油、煤炭等能源价格的高涨,南菜北运或就地发展加温温室生产,也未能成为有效措施。

1. 日光温室栽培

20世纪30年代辽宁省鞍山市海城县农民创建了玻璃日光温室,但只是作为家传手艺,发展极慢;80年代中期,辽宁省大连市瓦房店和鞍山市海城等地的科技工作者和菜农经过长期探索,对原有传统的日光温室结构进行技术改造,研发高效节能型的拱园式塑料日光温室及其配套栽培技术,在北纬 $40^{\circ}\sim 41^{\circ}$ 高纬度地区, -20°C 气候下进行冬春茬黄瓜不加温栽培,实现了元月份上市,4月初结束,667 m^2 产量超5000kg、产值超1万元。为解决我国北方地区冬季鲜菜供应,开辟了一条节能、简易、实用的新途径,引起高度关注。1984年底人民日报以《冬天里的春天》为题介绍了辽宁日光温室蔬菜生产情况,并称之为伟大的创举。随后农业部组织科研部门,对其结构、性能进行优化、改进,在我国北纬 $33^{\circ}\sim 46^{\circ}$ 广大北方地区大面积推广普及,日光温室从1984年的0.33万 hm^2 猛增到1990年的2.28万 hm^2 ,2000年达到40万 hm^2 ,2008年约73.3万 hm^2 ,从而使我国北方地区冬春蔬菜淡季缺菜得到了有效缓解,且与传统加温温室相比极大地节约了能源,减少了二氧化碳的排放量,在我国设施作物栽培发展史上谱写了辉煌的篇章。

2. 夏季设施栽培

在南方亚热带和热带地区,为了克服夏秋季高温、暴雨、高湿、台风和病虫害多发等灾害性气候与不利环境的胁迫而造成的夏秋蔬菜淡季。1987年以江苏武进塑料二厂生产农用遮阳网在全国示范推广为契机,苏、沪、穗、浙等省市迅速掀起了以遮阳网代替传统的芦帘荫棚覆盖来生产夏秋季蔬菜的风潮。由于遮阳网远较传统芦帘覆盖省工、省力、节本,而且简易实用,在夏秋蔬菜抗高温育苗与栽培,夏菜延后,秋菜提前种植提早上市和果菜制种等方面显示其突出的作用,不到10年,推广遮阳网达13.7万 hm^2 。目前在我国南方地区和北方的夏秋季已广泛采用遮阳网覆盖遮阳、降温,为缓解南方地区夏秋淡季的蔬菜供

应提供了一条简易有效的新途径,并使我国的设施栽培季节从冬季拓展到夏季。

在南方地区小白菜等叶菜几乎每天必食,每餐必有,有“三天不吃青,肚里冒火星”的谚语,但小白菜等绿叶蔬菜在病虫害多发的夏秋季栽培需大量施用农药,带来了产品的严重污染,所以屡屡因食用农药残留量超标的蔬菜产品而发生中毒事件。防虫网是继遮阳网之后,又一项夏季设施栽培科研成果,江苏省镇江市1995年率先推广应用夏秋蔬菜的防虫网覆盖栽培技术,获得了显著的经济、社会和生态效益,1996年在全市推广25 hm²,此后南方各地在夏季人们天天喜食,但又病虫害多发,很易农药残留量超标的小白菜(我国北方称油菜)中迅速推广应用,2001年已迅速推广到2 500 hm²,目前已在南方各地广泛应用。

在我国南方地区的夏秋高温、多雨季节,尤其是梅雨季节,为避雨防湿,减轻病害蔓延,将冬春季使用的塑料拱棚等设施只留顶部的薄膜覆盖、四周打开或加盖防虫网,形成防雨棚,使夏秋季茄、瓜、豆类蔬菜和葡萄等水果免遭涝渍危害,若配合遮阳网覆盖,还具有遮阳降温的作用。目前在蔬菜育苗,高档夏菜和欧亚种葡萄栽培中避雨栽培被广泛应用。

(五) 温室现代化与新技术应用时期

1. 温室现代化

我国第一座连栋温室1977年建于北京市原玉渊潭公社,虽然起步较晚,但它是我国自行设计建造的型钢构架、钢化玻璃覆盖温室,主要用于周年栽培黄瓜、番茄等果菜。改革开放后,北京、哈尔滨、上海、大庆、深圳和广州等城市,先后从日本、荷兰、罗马尼亚、美国等引进现代化温室,1979—1994年的15年间引进现代化温室面积约21.1 hm²,这些连栋温室约50%用于蔬菜生产、40%用于花卉生产,由于严重缺乏现代化温室的管理经验,仅引进温室的现代化建筑结构,忽视了配套设备、栽培品种和技术的同步引进,加之大型连栋温室冬季主要靠加温才能生产,能源成本较高,而当时国内经济与消费水平尚低,除个别单位靠地方政府补贴勉强维持外,多数单位连年亏损难以为继,只好停产。“九五”期间再次出现大型连栋温室引进高潮,1995年北京中以合作农场率先从以色列引进现代化大型连栋全自控塑料温室;1996年上海市从荷兰引进15 hm² Venlo型现代全自控玻璃温室,经3年运营,基本取得了成功;到2000年短短4年期间,全国各地相继从荷、以、美、法、日、韩和西班牙等10多个国家引进了175.4 hm²现代温室,同时还引进了与之配套的设备、品种、栽培技术和管理人员,取得了良好的效果。同时,特别重视研究开发国产化现代温室设施,据不完全统计,截至2000年全国大型现代温室总面积已达588.4 hm²,其中进口的占185.4 hm²(含20世纪80年代引进的),国产的为403 hm²。通过引进、消化、吸收,推动了我国温室现代化水平的提高,此后我国各地国产连栋塑料温室(大棚)发展较快,据统计2008年全国已发展到1.3万hm²连栋大型温室,主要用于工厂化种苗生产、高档蔬菜及花卉栽培、都市休闲观光农业和特需园艺的生产,但目前仍呈现出较大的发展空间。

2. 穴盘育苗技术

工厂化穴盘育苗技术与现代化温室同时发展起来的,穴盘育苗20世纪60年代由美国最先研究开发,70年代实现了商品化生产,80年代在欧、美、日普及推广,已成为先进、高效、实用的现代化育苗技术系统。1987年北京郊区花乡从美国引进穴盘育苗生产线,建立起我国第一个穴盘育苗场;“八五”和“九五”期间穴盘育苗被列为国家重点科研项目,

1999年已在全国建立起40多家穴盘育苗场；“十五”、“十一五”穴盘育苗被农业部列为主要推广技术，随着园艺产业的规模化、产业化发展，在全国各地县（市）、乡（镇）纷纷兴建育苗中心，穴盘育苗已成为我国蔬菜、花卉等园艺作物的主要育苗技术，成为设施育苗的主要形式，并在玉米、棉花等大田作物上得到了应用，已为广大农民所接受和广泛使用，传统的营养钵育苗已被高效的穴盘育苗所替代。

3. 无土栽培技术

关于我国的无土栽培，1937—1941年，上海的四维农场（Safeway Farm）在虹桥附近采用“基质培”栽培番茄，供应当时聚居于上海的大批国内外豪富；1941年上海化学工业出版社出版余诚如、陈怀圃合著的《无土种植法浅说》一书；二次大战结束后的1946—1948年，驻南京的美军顾问团在御道街附近办了一个无土栽培农场，进行砾培；1969年台湾在龙潭农业职业高校进行无土栽培试验研究；1975年，山东农业大学由于特需供应的任务，在大陆率先开展西瓜、黄瓜、番茄等蔬菜作物的无土栽培实用化生产，先后研制出半基质培的“鲁SC-I型”和“鲁SC-II型”无土栽培装置；就全国而言，推广应用无土栽培技术是在20世纪80年代改革开放以后，随着国际交流和旅游业的发展而发展起来的；1985年中国农业工程学会下设无土栽培学组，“七五”、“八五”期间农业部把蔬菜无土栽培列为科研项目，届时北京、南京、杭州、广州、山东等地相继研究开发出适合国情的高效、节能、实用的蔬菜无土栽培技术，作为具有中国自主知识产权的农业高新技术实现了国产化，并在全国推广。全国无土栽培面积从1982年不到2 hm²增加到1990年的15 hm²，到了1999年已达到200余hm²，2005年达到1500 hm²，目前在1万hm²以上，且主要以简易型的有机基质槽式栽培为主，现仍处于蓬勃发展的强劲势头。

4. 网室栽培技术

由于人们健康意识的不断增强和消费水平的不断提高，对无（少）农药、无（少）化肥的绿色农产品需求激增，防虫网覆盖作为无虫少病栽培的关键技术被列为无公害蔬菜生产的重要推广项目，在全国各地广泛应用；防雨（避雨）棚在我国台湾地区的应用由来已久，在大陆各地推广应用则始于20世纪90年代初，为防止夏季台风、暴雨、涝渍，防治病虫害而设置，目前在蔬菜育苗，都市城郊夏季速生叶菜和江南地区欧亚种葡萄栽培中日益普遍采用，并向遮阳、避雨与防虫相结合的夏季保护设施栽培方向发展。

我国以蔬菜设施栽培为主体的设施作物生产在20世纪90年代以后进入高速发展期，全国设施栽培面积从1978年的5300 hm²增加到2008年的350万hm²，30年间约增长660倍。并且日光温室和塑料大棚等大型保护设施在21世纪初进入高速增长期，目前占设施总面积的80%以上，而塑料小拱棚等简易设施的比例则从20世纪80年代初的70%下降到目前的20%以下，表明我国设施栽培的设施硬件水平有明显提高。不仅冬季设施栽培面积高速增长，遮阳网、防虫网、防雨棚等夏季设施栽培面积也得到高速发展，但新兴的现代化大型温室占设施总面积的比率不到1%，而且主要分布在经济发达地区，作为都市农业或以经营高档蔬菜、花卉和种苗为主，就全国范围而言，以节能技术体系为核心的日光温室和塑料大棚多重覆盖栽培仍是我国设施栽培的主导形式。

我国设施栽培总面积1998年位居世界各国之首，2005年我国设施蔬菜栽培面积已占世界设施蔬菜总面积的80%以上，为欧洲、南美洲、东亚、美国总和的8倍多，其中塑料温室（含塑料大棚）面积是上述地区和国家总和的11倍多，2008年我国大型设施栽培面积