



面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

设施园艺学

张福漫 主编



中国农业大学出版社

面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

设施园艺学

张福漫 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

设施园艺学/张福漫主编. —北京: 中国农业大学出版社, 2001. 7

面向 21 世纪课程教材

ISBN 7-81066-201-5/S · 164

I. 设… II. 张… III. 园林植物-设施-教材 IV. S62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 045896 号

出版 中国农业大学出版社
发行 新华书店
经销 新华书店
印刷 涿州市星河印刷厂
版次 2001 年 7 月第 1 版
印次 2001 年 7 月第 1 次印刷
开本 16 印张 22.5 千字 415
规格 787×980
印数 1~5 050
定价: 30.00 元

图书如有质量问题本社负责调换

社址 北京市海淀区圆明园西路 2 号 邮政编码 100094

电话 010-62892633 网址 www.cau.edu.cn

中华农业科教基金会简介

中华农业科教基金会经中国人民银行批准，民政部注册登记，于1995年12月20日成立。基金会得到国家科委、中国人民银行、民政部、农业部等部委的大力支持；得到国内外企业界、知名人士的积极响应。基金会归口农业部管理，接受中国人民银行和民政部监督。

中华农业科教基金会的宗旨是：通过广泛吸收国内外和社会各方面的资金，用以支持中国农业科教事业，补充国家主渠道对农业科技的投入，以加快实施“科教兴农”战略。

中华农业科教基金会的任务是：发展农业科教事业，推动农业科技进步，提高农业劳动者素质，促进中国农业发展和农村经济繁荣。基金会资助农业基础研究、应用研究、试验示范、成果推广和农业科教前沿重大课题的研究；资助有突出贡献和有发展潜力的中青年农业科技人才；资助优秀农业科技著作的出版；奖励在中国农业科教事业中做出重要贡献的个人。

中华农业科教基金会将根据政府制订的农村经济发展规划，定期公布资助方向。资助项目的遴选实行“公开申请，专家评审，民主公正，择优资助”原则。基金会建立严格的筹资、管理和使用制度，公正、合理、规范、科学、有效地使用农业科教基金，向捐赠者公开收支帐目，接受监督。

中华农业科教基金会热忱欢迎国内外企业、社团、各界人士向本基金会捐赠资金，本基金会可根据捐赠者的意愿，设立名人基金、专项基金等。

园艺设施



镀锌钢管塑料大棚



日光温室结构



竹木小拱棚



连栋塑料薄膜温室



日光温室群



连栋玻璃温室



日光温室



PC板连栋温室



日光温室黄瓜



日光温室桃



温室百合花



工厂化育苗



生菜水培



温室番茄基质槽培

主 编 张福幔

参编人员 (按姓氏笔划为序排列)

吕国华

李天来

陈端生

张福幔

黄丹枫

责任编辑 赵玉琴

封面设计 郑 川

前 言

随着国民经济的不断发展,科学技术的不断进步,农业现代化高潮的到来,我国的农业正面临着发展的新阶段。通过科技的创新,为加速传统农业向现代农业的转变,实现数量型农业向质量、效益型农业的跨越,我国农村正在经历种植业结构的调整。许多地区,尤其在大中城市周围,粮田面积日趋减少,代之而起的是高附加值的园艺产品,尤其是设施园艺生产,得到了前所未有的发展。为适应社会发展的需要,适应高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的需要,我们编写了这本《设施园艺学》。本教材是国家教育部面向 21 世纪教学内容和课程体系改革 04-13 项目研究成果。

《设施园艺学》的前身,可追溯到 20 世纪 60 年代初期,由原北京农业大学主编的《蔬菜栽培学·保护地栽培》(1961 年 8 月,初版),1980 年进行了全面修订,出版了第一版;1989 年再次修订,出版了第二版,一直沿用至今。原来的保护地栽培学是蔬菜栽培学的一个分册,只限于蔬菜设施栽培的相关内容,授课对象为高等农业院校园艺系蔬菜专业的学生。进入 20 世纪 90 年代以来,已远远不能满足学科发展的需要。随着人民生活水平的提高,对蔬菜、花卉乃至果品,市场的需求量越来越大,如何周年均衡供应的问题也日益突出。尤其是近年来国家级、省市级大量的农业高科技示范园区的建立,设施园艺成为主要示范内容,因此原有的“蔬菜保护地栽培”,已不能适应社会发展的需要。原北京农业大学园艺系,在 1991 年率先向蔬菜、花卉、果树三个专业的本科生开出了“设施园艺学”课程,受到学生欢迎。以后全国许多兄弟院校也先后开出类似的课程,但这些课程都是各个院校开设的,没有正式出版的教材,无论任课教师还是学生,甚至从事设施园艺科研及生产的研究人员或园艺工作者,也迫切需要有一本中国设施园艺的专著,本教材就是在这样的背景下编著的。

全书共分 7 章,涉及了与设施园艺有关的丰富内容,如中国设施园艺发展的历史、现状及前景,设施园艺的特点,在国民经济中的地位与作用;园艺设施的类型、结构、性能、应用;设施园艺的覆盖材料;设施园艺的环境特点及调节控制;园艺设施的规划设计与建设;这些内容是以设施园艺的范畴为出发点,大大拓展了原来只针对蔬菜保护地栽培的局限。第六章“园艺作物的设施栽培”,重点讲授主要蔬菜、花卉、果树设施栽培的技术要点,而不是面面俱到。第七章“园

艺作物无土栽培”也是如此，因为这两章的内容在相关的栽培学专著中会有详细论述，但是从保持设施园艺学科完整性考虑，撰写这两章还是非常必要的。

参加编写人员按章节次序有：第一章：张福墁（中国农业大学 西区），第二章：李天来（沈阳农业大学），第三章：陈端生（中国农业大学 西区），第四章：张福墁（中国农业大学 西区），第五章：吕国华（石河子大学农学院），第六章：黄丹枫（上海交通大学农学院），第七章：张福墁（中国农业大学 西区）。

实验指导一：李天来，二：陈端生，三：张福墁。

本教材的编写是一次新的突破与尝试，也是果树、蔬菜、花卉合并为大园艺专业后，高等农业院校园艺学科教学的需要。本书已被列为高等教育“面向 21 世纪课程教材”，在编写过程中得到了参编单位大力的支持与合作，天津农业科学院蔬菜研究所安志信研究员，认真审阅了部分重点章节，提出了许多宝贵意见，在此一并表示深深的谢意。

在编写过程中，由于主编水平有限，又是一次新的尝试，缺点错误在所难免，恳请读者批评指正，以便今后修改完善。

编者

2000 年 12 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 设施园艺在国民经济中的意义和作用	(1)
一、设施园艺的概念.....	(1)
二、设施园艺与人民生活的关系.....	(1)
三、设施园艺在国民经济中的地位和作用.....	(2)
第二节 设施园艺的历史、现状及前景	(4)
一、我国设施园艺发展历史及现状.....	(4)
二、世界设施园艺发展历史及现状.....	(8)
三、设施园艺发展前景展望.....	(10)
第三节 设施园艺的主要内容与特点	(12)
一、设施园艺的主要内容.....	(12)
二、设施园艺的特点.....	(13)
三、如何学好设施园艺学.....	(14)
第二章 园艺设施的类型、结构、性能及应用	(16)
第一节 简易园艺设施	(16)
一、地面简易覆盖.....	(16)
二、近地面保护设施.....	(19)
第二节 地膜覆盖	(32)
一、地膜覆盖的方式.....	(32)
二、地膜覆盖的效应.....	(34)
第三节 塑料薄膜中、小拱棚	(38)
一、小拱棚.....	(38)
二、中拱棚.....	(41)
第四节 塑料薄膜大棚	(42)
一、塑料薄膜大棚的类型.....	(42)

二、塑料薄膜大棚的结构	(43)
三、塑料薄膜大棚的性能	(48)
四、塑料薄膜大棚的应用	(56)
五、荫棚	(57)
第五节 温室	(58)
一、温室的类型	(59)
二、单屋面温室	(60)
三、双屋面温室	(75)
四、现代化温室(连接屋面温室)	(76)
第三章 园艺设施的覆盖材料	(90)
第一节 园艺设施覆盖材料的发展	(90)
一、园艺设施覆盖材料的沿革	(90)
二、园艺设施覆盖材料的种类	(91)
三、设施园艺生产对覆盖材料的要求	(93)
第二节 透明覆盖材料及其应用	(96)
一、农用塑料薄膜的种类、特性及应用	(96)
二、地膜的种类、特性及应用	(107)
三、硬质塑料板材的种类、特性及应用	(111)
四、硬塑料膜	(112)
五、反光膜	(113)
六、玻璃	(113)
第三节 半透明与不透明覆盖材料	(115)
一、无纺布	(115)
二、遮阳网	(117)
三、外覆盖保温材料种类、特性及应用	(122)
第四章 园艺设施的环境特征及其调节控制	(124)
第一节 光照环境及其调节控制	(125)
一、园艺设施的光照环境特点	(125)
二、园艺设施的光环境对作物生育的影响	(126)
三、园艺设施光照环境的调节与控制	(129)
第二节 温度环境及其调节控制	(142)
一、园艺设施的温度环境对作物生育的影响	(142)
二、园艺设施的温度状况及特点	(145)

三、园艺设施温度环境的调节与控制·····	(155)
第三节 湿度环境及调节控制 ·····	(164)
一、园艺设施内的湿度环境对作物生育的影响·····	(164)
二、空气湿度的调节控制·····	(167)
三、土壤湿度的调节与控制·····	(171)
第四节 气体环境及其调节控制 ·····	(174)
一、园艺设施的气体环境对作物生育的影响·····	(174)
二、园艺设施气体环境的调节与控制·····	(177)
三、园艺设施内空气的流动·····	(184)
第五节 土壤环境及其调节控制 ·····	(185)
一、园艺作物对土壤环境的要求·····	(185)
二、园艺设施土壤环境特点及对作物生育的影响·····	(187)
三、园艺设施土壤环境的调节与控制·····	(189)
第六节 设施园艺的综合环境管理 ·····	(195)
一、综合环境管理的目的和意义·····	(195)
二、综合环境管理的方式·····	(197)
三、设施园艺计算机综合环境管理系统·····	(201)
四、设施园艺计算机综合环境管理的发展趋势·····	(204)
第五章 园艺设施的规划设计与建设 ·····	(206)
第一节 园艺设施的总体规划与设计 ·····	(206)
一、园艺设施规划设计的重要性·····	(206)
二、园艺设施的建筑特点与要求·····	(206)
三、场地的选择与布局·····	(207)
四、园艺设施建筑计划的制定·····	(210)
五、园艺设施基地建设的投资估算与经济分析·····	(214)
第二节 园艺设施的结构设计 ·····	(216)
一、园艺设施的荷载·····	(216)
二、园艺设施结构设计的力学基本概念·····	(221)
三、园艺设施结构设计的实例分析·····	(226)
第三节 园艺设施的建筑与施工 ·····	(236)
一、建筑与施工计划的制定·····	(236)
二、材料准备(日光温室为例)·····	(237)
三、建筑与施工的程序和步骤·····	(238)

四、现代化大型温室的设计与施工·····	(242)
第六章 园艺作物的设施栽培 ·····	(245)
第一节 园艺作物的工厂化育苗 ·····	(245)
一、工厂化育苗的概况与特点·····	(245)
二、工厂化育苗的场地与设备·····	(246)
三、工厂化育苗的管理技术·····	(248)
四、种苗的经营与销售·····	(255)
第二节 蔬菜设施栽培技术要点 ·····	(260)
一、蔬菜设施栽培概述·····	(260)
二、设施栽培蔬菜的主要种类·····	(261)
三、几种主要蔬菜的设施栽培技术要点·····	(261)
第三节 花卉设施栽培技术要点 ·····	(278)
一、花卉设施栽培概述·····	(278)
二、设施栽培花卉的主要种类·····	(279)
三、几种主要花卉的设施栽培技术要点·····	(280)
第四节 果树设施栽培技术要点 ·····	(287)
一、果树设施栽培概述和种类·····	(287)
二、几种主要果树的设施栽培技术要点·····	(288)
第七章 园艺作物无土栽培 ·····	(298)
第一节 无土栽培的历史与现状 ·····	(298)
一、世界无土栽培发展的历史与现状·····	(298)
二、我国无土栽培发展的历史与现状·····	(300)
三、无土栽培技术前景展望·····	(301)
第二节 无土栽培的方式与设备 ·····	(304)
一、水培及设备·····	(305)
二、喷雾栽培(雾、气培)及设备·····	(308)
三、基质栽培及设备·····	(309)
第三节 无土栽培的营养液 ·····	(317)
一、营养液的组成·····	(318)
二、营养液元素的有效形态·····	(319)
三、营养液的配制·····	(321)
四、营养液的管理·····	(325)
第四节 主要园艺作物无土栽培技术要点 ·····	(327)

一、番茄	(327)
二、黄瓜	(329)
三、莴苣(叶用)	(331)
四、草莓	(332)
五、甜瓜	(333)
六、月季	(334)
七、香石竹	(336)
八、菊花	(337)
附：实验指导	(339)
实验一 园艺设施类型的调查	(339)
实验二 园艺设施小气候观测	(340)
实验三 日光温室设计与规划	(342)
参考文献	(345)

第一章 绪 论

第一节 设施园艺在国民经济中的意义和作用

设施园艺是农业生产的重要方面，与人民生活水平和质量关系密切，也是实现农业现代化的重要途径。当今，人类社会已进入了高科技成为推动社会发展原动力的知识经济时代，设施园艺以其丰富的内涵和高科技含量等特点，越来越显示出其强大的生命力和广阔的发展前景。

一、设施园艺的概念

设施园艺 (protected cultivation, cultivation under cover) 是指在不适宜园艺作物 (菜、花、果) 生长发育的寒冷或炎热季节，利用保温、防寒或降温、防雨设施、设备，人为地创造适宜园艺作物生长发育的小气候环境，不受或少受自然季节的影响而进行的园艺作物生产，称之为设施园艺。由于生产的季节往往是在露地自然环境下难以生产的时节，又称“不时栽培”或“反季节栽培”、“错季栽培”等。

蔬菜的设施栽培，在我国长期以来也被称为“保护地栽培”。

二、设施园艺与人民生活的关系

蔬菜、花卉和水果，是人民生活中不可缺少的副食品。随着人民生活水平的不断提高，特别是解决了温饱而步入小康之后，园艺产品的需求量迅速增加，成为农业产业结构调整的重要内容。

蔬菜生产是农业生产的重要组成部分，由于蔬菜中含有丰富的维生素、矿物质、碳水化合物、蛋白质、脂肪等多种营养物质，某些是粮食作物或其他动物性食品中所没有的，因此与人民健康息息相关，人人必需，天天必需。蔬菜是副食品中占主导地位的园艺作物，也是我国设施园艺生产面积居首位的作物，据有关部门统计，我国目前菜田面积达 1 330 万 hm^2 ，其中设施栽培面积已突破 140 万 hm^2 (2000 年)。设施蔬菜的人均占有量 1980—1981 年只有 0.2 kg，1999 年增加到 59 kg，增加了 290 多倍，预计到 2010 年将达到 70 kg。蔬菜设施栽培之所以发

展很快,是因为自然季节的限制,使我国很多地区不可能一年四季进行露地蔬菜生产,蔬菜消费的经常性,与生产的季节性存在很大矛盾,严寒冬季或炎热多雨的夏季,许多蔬菜难以在露地生长,只能靠设施栽培,才能做到周年生产、均衡供应。尽管依靠大市场流通或贮存保鲜,也对蔬菜周年均衡供应起到很大作用,但人民生活水平提高后,对蔬菜质量要求越来越高,蔬菜的新鲜度与质量关系很大,很多不耐贮运的蔬菜只能靠各种园艺设施,进行反季节栽培,才可能有高质量产品供应市场,满足人民生活的需要。

随着人民生活水平的提高,花卉也逐渐成为人们生活中不可缺少的内容。它是美的象征,也是社会文明进步的体现。花卉是城乡园林绿化和美化的重要材料,也可起到调节空气温、湿度,吸收有害气体,吸附烟尘,净化环境的作用。花卉是人类精神文明的反映,花卉艳丽的色彩,沁人心脾的芳香,能令人赏心悦目,心旷神怡,既可陶冶情操,还有利人们身心健康。花卉生产是园艺生产重要组成部分,经济效益日趋显著。据有关方面报道,1999年我国花卉栽培面积已达8.8万 hm^2 ,占全世界的1/3。在设施园艺生产中,花卉栽培的面积增加得很快,反季节栽培的花卉,经济效益已超过蔬菜。一些高档花卉的栽培,尤其需要环境的保证,所以设施栽培必不可少。据北京市农业技术推广站统计,到1999年底,北京现代化温室总面积达299 100 m^2 ,其中用于花卉(或蔬菜、花卉)生产的面积占66.37%,反映了温室花卉生产的经济效益是比较高的。

果树设施栽培在我国起步较晚,除草莓、葡萄、桃近年来发展较快以外,其他果树尚处于试验阶段,很多果树设施栽培尚属空白。但随着国民经济发展,人民生活水平不断提高,对外开放不断扩大,果品出口需求的增长,也需要果品供应新鲜多样,品质上乘,尤其那些成熟期早、不耐贮运、供应期短的果树,如樱桃、桃、李、杏、葡萄等,在设施栽培条件下,可使其成熟期提早2个月以上,是解决人们对淡季水果需求的重要途径。

三、设施园艺在国民经济中的地位和作用

(一) 设施园艺在国民经济中的地位 我国农业发展正面临着耕地不断减少、人口不断增加、社会总需求不断增长的严峻形势。自1992年以来,全国耕地面积每年约减少30万 hm^2 ,而总人口却以0.17%的速度递增,预计21世纪中全国人口将达到16亿,耕地将减少1 033.33万 hm^2 。在人均自然资源相对短缺的情况下,使我国主要农副产品的总供给与不断增长的总需求,能否保持基本平衡和协调发展,是关系到人民生活、经济发展、国家繁荣、社会安定的根本性问题。而蔬菜、花卉、水果,则是与人民生活关系极为密切,产品附加值高,经济效益显

著，占有重要位置的农副产品。

改革开放以来，我国农业生产取得了长足的进步，从中央到地方，各级政府主要领导大抓“米袋子”和“菜篮子”，使全国人民的生活水平由温饱转向了小康，现在正向中等发达国家水平努力。近年来，设施园艺面积大幅度增加，仅蔬菜设施栽培1991—1999年就增加了8.8倍，比1981年增加了193.8倍，总面积跃居世界第一位。对解决大中城市蔬菜供应、丰富城乡人民的菜篮子起到了重要作用。但是从今后发展看，面对资源紧缺、人口膨胀的严峻现实，必须改变农业低效高耗的增长方式，要走技术替代资源的路子，最终要走向农业工业化的发展道路。只有这样，才有可能在有限的土地资源上，创造出高产、优质、高效的农产品。因为设施农业是人工控制环境，使动、植物获得最适宜的生育条件，从而延长生产季节，获得最高的产出，而设施园艺则是设施农业的重要方面。党的十五届三中全会做出了“中共中央关于农业和农村工作若干重大问题的决定”，其中谈到今后工作重点时，提到了“现代集约化种养技术”，这里面的“种”指的就是设施园艺，这充分说明它与人民生活水平与生活质量的提高关系极为密切。

从今后发展看，不仅城市人口对园艺产品的需求越来越多，质量越来越高，而且由于城市化进程的加快，原来在城镇郊区进行园艺生产的农民，有相当数量转成了消耗产品的居民，必须有充足的园艺产品保证扩大的需求。而这又不能靠扩大耕地面积解决，只能通过设施栽培途径提高单产。例如，荷兰温室番茄产量可达 54 kg/m^2 ，黄瓜 72 kg/m^2 ，是露地栽培的十几倍甚至几十倍，正是因为荷兰温室环境控制设备和栽培技术水平高，可全天候生产，因此大大提高了土地利用率和生产效率。

从我国农村改革开放进行产业结构调整看，粮食面积减少后种什么？实践证明，发展设施园艺是一条脱贫致富、逐步实现农业现代化的有效途径。许多发达国家的经验证明，发展设施农业是实现农业现代化的必由之路，而设施园艺则是设施农业重要方面之一，充分反映了设施园艺在国民经济中的特殊地位。

(二) 设施园艺在园艺作物周年生产中的作用 设施园艺的作用因地而异，由于地区的自然条件不同，市场的需求不同，采用的设备及生产方式各有特点，就其生产作用而言，试以蔬菜为例可概括为：

1. 育苗 秋、冬及春季利用风障、阳畦、温床、塑料棚及温室为露地和设施栽培培育各种蔬菜幼苗，或保护耐寒性蔬菜的幼苗越冬，以便提早定植，获得早熟产品。夏季利用荫障、荫棚等培育秋菜幼苗。

2. 越冬栽培 利用风障、塑料棚等于冬前栽培耐寒性蔬菜，在保护设备下越冬，早春提早收获，如风障根茬菠菜、韭菜、小葱等，大棚越冬菠菜、油菜、芜