



21世纪 高等职业技术教育通用教材

# 设施园艺学

胡繁荣 主编  
喻景权 主审

海交通大学出版社

21 世纪高等职业技术教育通用教材

---

# 设施园艺学

主 编 胡繁荣  
副主编 王秀林 沈玉林  
主 审 喻景权

上海交通大学出版社

## 内 容 提 要

本教材系统地介绍了设施园艺的历史、现状及研究内容,园艺设施的基本结构和覆盖材料;设施园艺的环境特点和调控技术以及各种栽培技术,同时还设计了能力模块,突出技能训练。

本教材适合高职高专园林园艺专业学生使用,也可供农技人员及农民朋友参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

设施园艺学/胡繁荣主编. —上海:上海交通大学出版社,2003

21世纪高等职业技术教育通用教材

ISBN7-313-03152-1

I. 设... II. 胡... III. 设施园艺—高等学校: 技术学校—教材 IV. S62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 066467 号

### 设施园艺学

胡繁荣 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

太仓市印刷厂有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14 字数:337千字

2003年1月第1版 2003年1月第1次印刷

印数:1-2050

ISBN7-313-03152-1/S·576 定价:21.00元

---

版权所有 侵权必究

# 21 世纪高等职业技术教育通用教材

## 编 审 委 员 会

### 主 任 名 单

(以姓氏笔划为序)

#### 编审委员会顾问

白同朔 詹平华

#### 编审委员会名誉主任

王式正 叶春生

#### 编审委员会主任

闵光太 潘立本

#### 编审委员会常务副主任

东鲁红

#### 编审委员会副主任

王永祥	王俊堂	王继东	牛宝林
东鲁红	冯伟国	朱家建	朱懿心
吴惠荣	房世荣	郑桂富	赵祥大
秦士嘉	黄 斌	黄永刚	常立学
薛志兴			

## 序

发展高等职业技术教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年青的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育界传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和需求的教材却还不多。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大学、彭城职业大学、沙洲职业工学院、上海交通高等职业技术学校、上海交通大学技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、立信会计高等专科学校、江阴职工大学、江南学院、常州技术师范学院、苏州职业大学、锡山职业教育中心、上海商业职业技术学院、潍坊学院、上海工程技术大学等百余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21世纪高等职业技术教育通用教材》,将由上海交通大学出版社等陆续向读者朋友推出,这是一件值得庆贺的大好事,在此,我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表示敬意。

高职教育的教材面广量大,花色品种甚多,是一项浩繁而艰巨的工程,除了高职院校和出版社的继续努力外,还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导,并设立高等职业教育教材基金,以资助教材编写工作,促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心,理论教学与实践训练并重,二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

阳春三月,莺歌燕舞,百花齐放,愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园,群芳争妍,为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献!

叶春生

# 前 言

设施园艺是把生物技术、农业工程和环境控制有机结合在一起,创造最适合植物生长的环境条件,从而实现优质、高产、高效的集约化农业,是现代化农业的重要组成部分,也是当今世界各国最有活力的新兴产业之一。通过设施栽培不仅能周年生产优质鲜嫩的蔬菜、水果和花卉,满足市场的需要;而且能大幅度增加产量、改进品质、增加农民的收入。随着农村农业产业结构的不断调整,设施园艺生产进入了蓬勃发展的新时期。为适应社会发展和高等职业技术教育改革的需要,我们编写了这本《设施园艺学》教材,供高职高专园艺、园林、设施园艺、现代农业(艺)、设施农业等专业使用,同时也可供职业培训之用,还可供农技推广人员和农民朋友阅读参考。

根据农业高职院校职业性、技艺性特点,遵照培养应用型人才的目标和以能力为本位的教育思想,本教材内容突出实用性、实践性、应用性、先进性和前瞻性。

本教材不仅涉及与设施园艺有关的内容非常丰富,如设施园艺发展的历史、现状和展望;设施园艺的研究内容;园艺设施的基本结构和覆盖材料;设施园艺的环境特点及调控技术;无土栽培技术;设施园艺种苗工程技术;设施蔬菜栽培技术;设施蔬菜病虫害防治技术;设施果树、花卉栽培技术;设施园艺机械化工程技术及生长调节剂在园艺植物上的应用等,同时突出技能训练,设计了园艺设施的构建、园艺植物的组织培养、环境检测与调控、灌溉技术等能力模块。每一个能力模块由若干个技能单元组成,每一个技能单元又分解为若干个可操作的单项技能。

在教材编写过程中,全体参编人员付出了辛苦的劳动。胡繁荣担任主编,副主编为王秀林、沈玉英。全书分工如下:沈玉英编写第3、10章和能力模块2等内容,施雪良编写第6章和能力模块4等内容,王秀林负责设施园艺编写大纲的修订、第4章等内容,胡繁荣编写第0、1、2、5、7、8、9、11、12、13、14、15以及能力模块1、3等内容,并负责全书的统稿。本教材承蒙浙江大学博士生导师喻景权教授认真、细致地审阅了全部内容,并提出了许多宝贵的意见。书中引用借鉴了有关专著的研究资料和图片,在编写过程中,还得到了浙江省金华职业技术学院和上海交通大学出版社的大力支持,在此一并致谢。

由于编写时间仓促,加上编者水平所限,一定有许多错误和不足之处,敬请老师、同学和园艺业界的广大朋友提出宝贵意见。

编者

2002年3月

# 目 录

<b>0 绪论</b> .....	1
0.1 设施园艺的内容 .....	1
0.2 设施园艺的历史与成就 .....	1
0.3 设施园艺工程技术的展望 .....	4
0.4 如何学好设施园艺学 .....	8
<b>1 简易园艺设施</b> .....	9
1.1 地面简易覆盖 .....	9
1.2 近地面保护设施 .....	11
<b>2 温室</b> .....	19
2.1 温室分类 .....	19
2.2 玻璃温室 .....	19
2.3 日光温室 .....	21
2.4 塑料温室 .....	27
2.5 双层充气温室 .....	29
2.6 温室的遮阳系统 .....	30
2.7 温室降温系统 .....	32
2.8 温室开窗系统 .....	33
2.9 温室的加温方式 .....	34
2.10 温室的栽培系统 .....	35
2.11 温室的环境控制系统 .....	36
<b>3 塑料棚</b> .....	38
3.1 塑料小棚 .....	38
3.2 塑料中棚 .....	40
3.3 塑料大棚 .....	41
<b>4 南方夏季保护地设施</b> .....	45
4.1 塑料遮阳网覆盖栽培 .....	45
4.2 防雨棚 .....	48
4.3 防虫网 .....	49
4.4 无纺布 .....	51

<b>5</b>	<b>地膜覆盖栽培</b> .....	53
5.1	地膜的种类和性能.....	53
5.2	地膜覆盖栽培早熟高产机制.....	57
5.3	地膜覆盖栽培技术.....	62
<b>6</b>	<b>园艺设施的环境特征及其调节控制</b> .....	65
6.1	园艺设施的光环境及其调控.....	66
6.2	园艺设施的温度环境及其调控.....	75
6.3	园艺设施的湿度环境及其调控.....	83
6.4	园艺设施的气体环境及其调控.....	87
6.5	园艺设施的土壤环境及其调控.....	90
6.6	园艺设施的不利环境及抗御技术体系.....	95
6.7	园艺设施的综合环境管理.....	98
<b>7</b>	<b>园艺设施的规划设计</b> .....	100
7.1	园艺设施规划设计的重要性 .....	100
7.2	园艺设施的建筑特点与要求 .....	100
7.3	场地的选择与布局 .....	101
7.4	园艺设施建筑计划的制定 .....	103
7.5	园艺设施基地建设的投资估算与经济分析 .....	106
<b>8</b>	<b>设施园艺机械化工程技术</b> .....	108
8.1	概述 .....	108
8.2	设施园艺机械种类及工作过程 .....	111
<b>9</b>	<b>无土栽培</b> .....	117
9.1	无土栽培工程技术分类及特点 .....	117
9.2	无土栽培的营养液与肥料 .....	119
9.3	水培 .....	125
9.4	基质栽培及设备 .....	130
9.5	无土栽培的管理技术 .....	135
<b>10</b>	<b>设施园艺种苗工程技术</b> .....	137
10.1	设施栽培对品种的基本要求.....	137
10.2	现代育苗技术.....	137
10.3	组织培养.....	150



<b>11 蔬菜设施栽培技术</b> .....	153
11.1 蔬菜设施栽培特点 .....	153
11.2 蔬菜设施栽培制度 .....	154
11.3 番茄的设施栽培技术 .....	160
<b>12 蔬菜设施栽培病虫害综合防治技术</b> .....	163
12.1 蔬菜设施栽培病虫害发生特点 .....	163
12.2 蔬菜设施栽培病虫害防治主要任务和基本原则 .....	164
12.3 蔬菜设施栽培主要病害综合防治技术 .....	166
<b>13 花卉设施栽培技术</b> .....	173
13.1 花卉设施栽培概述 .....	173
13.2 设施栽培花卉的主要种类 .....	174
13.3 切花设施栽培技术 .....	174
13.4 盆栽观花植物设施栽培技术 .....	179
13.5 盆栽观叶植物设施栽培技术 .....	180
<b>14 果树设施栽培技术</b> .....	184
14.1 果树设施栽培概述和种类 .....	184
14.2 葡萄设施栽培技术 .....	185
14.3 草莓设施栽培技术 .....	188
<b>15 设施栽培中生长调节剂的应用</b> .....	190
<b>16 技能训练</b> .....	192
16.1 园艺设施的构建 .....	192
16.2 园艺植物组织培养 .....	196
16.3 环境检测与调控 .....	200
16.4 灌溉系统及其应用技术 .....	204
<b>参考文献</b> .....	209

# 0 绪 论

## 0.1 设施园艺的内容

设施园艺是指在外界自然条件不适宜园艺植物生长的季节,采用塑料中小拱棚、塑料大棚、温室或连栋温室等人工设施及相关联的加温保温、降温降湿、通风遮光等设备装置,人为地创造适合园艺植物生长发育的小气候环境而进行的园艺植物生产。它通过人工、机械或智能化技术,有效地调控设施内光照、温度、湿度、根域土壤水分与营养、CO<sub>2</sub>浓度等环境要素,有效地克服外界不良条件的影响,科学、合理地利用国土资源、光热资源、人力资源,从而有效地提高劳动生产率和优质农产品的产出率,大幅度增加经济效益、社会效益和生态效益。

设施园艺学是“集建筑工程、环境工程、生物工程为一体,跨部门、多学科的综合科学,是包括设施设备的标准化与规范化技术,设施内的栽培技术、种苗技术、植保技术、采后加工技术、无土栽培技术及新型覆盖材料的开发应用,设施内环境的调控技术以及农业机械化、自动化、智能化等系统工程技术的总称”。

设施环境工程学科既研究作物与环境间的定性、定量关系,还要掌握各种调控手段、调控设备的运用,以及现代化的自动控制技术,计算机管理等,使作物与环境达到最理想、最完美、最和谐的统一,从而实现高产、优质、高效的生产目的。

建筑工程学科则是建造出能够满足作物对光、温、湿、气、土五个环境因子需要的设施类型,为作物提供最优的生育空间。这就需要有科学合理的总体规划设计、设施选型和结构优化设计及环境调控设计(如采暖、保温、降温、加湿与除湿,灌溉与施肥,通风换气,CO<sub>2</sub>气体施肥等)、建筑材料的选择和计算、建造施工技术。

## 0.2 设施园艺的历史与成就

### 0.2.1 我国设施园艺的历史

我国设施栽培蔬菜历史悠久。在 2000 多年前就已经在室内加温栽培蔬菜。到了唐朝,温室种菜又有发展。例如,唐诗有:“酒慢高楼一百家,宫前杨柳寺前花,内苑分得温汤水,二月中旬已进瓜。”说明 1200 多年前已用天然温泉进行瓜类栽培。到了元朝已有风障栽培韭菜的技术。清朝时候,北京有了“北京式土温室”。建国后,随着生产的发展,人们对蔬菜产量、品质需求水平的提高,有力地促进了设施蔬菜栽培技术的发展。各地根据气候和物资条件,因地制宜,就地取材,发展设施栽培,由简单到复杂,由小型到中大型,逐步形成多种类型、多种方式的设施栽培技术体制。

从发展的情况看,20 世纪 40 年代在设施蔬菜生产上仅少量应用风障、阳畦、简易覆盖及土温室;50 年代大量应用近地面覆盖、风障、冷床、温床覆盖、土温室等,面积不断扩大,水平不

断提高,以后出现了改良阳畦、东北立窗式温室、北京改良温室、加温温室以及鞍山式温室,多以玻璃为覆盖透明材料;50年代末60年代初发展了塑料小棚覆盖及大型温室,以阳畦、温室、日光温室、塑料中小棚为主体的设施栽培取得迅速发展;1966年首先由长春市建立了我国第一栋塑料大棚,70年代在东北、华北、西北的广大地区普及推广,成为设施栽培发展的新热点,有力推动了我国设施栽培向新的高度发展;塑料大棚也由简单的竹木结构向竹木水泥混合结构、焊接式短柱钢结构、薄壁热镀锌钢管组装式大棚发展;70年代中后期,随着生产水平迅速提高,我国开始自己设计建造自动化程度高的现代化连栋玻璃温室。目前,塑料大棚、中棚及日光温室为我国主要的设施结构类型,尤其是不加温的节能型日光温室,已成为我国北方温室的主导类型。

“九五”期间,在科技部的领导和组织下,实施了“工厂化高效农业示范工程”项目,我国有20多个省市区从荷兰、美国、以色列、加拿大、法国、日本、韩国、西班牙、意大利以及我国台湾省引进了现代化温室设备及配套技术,通过消化、吸收与技术创新,取得一批重大科技成果,有力地推动了我国工厂化农业的发展。其科技创新主要成就有:

(1) 现代工厂化农业设施粗具规模。一批由我国自行设计、制造,具有中国特色的现代温室设施总面积达10032公顷;建造了具有我国自主知识产权的五种优形温室设施,较国外产品价格降低了40%,节能30%~45%。

(2) 种子种苗技术创新成绩显著。在“工厂化高效农业示范工程”实施过程中,筛选和培育了我国不同气候区域的蔬菜良种达550个,有的可以取代进口种子。建立了一批育苗工厂,初步实现了蔬菜育苗工厂、良种、标准和商品“四个现代化”。

(3) 蔬菜设施栽培实现优质高产。建立了温室蔬菜高产稳产的标准,并提出了管理量化指标,以及计算机辅助决策系统、无公害蔬菜病虫害综合防治系统等。

(4) 工厂化设施环境综合调控技术达到国际先进水平。上海自行设计制造了我国首座面积为3300m<sup>2</sup>的智能化连栋塑料温室,其智能化、自动化环境调控系统及配套装置技术先进、性能稳定;创造性地建造了辽沈I型日光温室、适于东南地区的系列连栋节能温室等,有的关键技术已达到国际先进水平,在我国适宜地区已得到推广应用。

(5) 采后处理技术提高到新水平。初步建立了蔬菜采收、预冷、分级加工、包装、贮藏、流通等技术体系,完善了采后预冷、低温加工、保鲜、低温冷藏运输、空调柜销售等冷链流通系统,研究开发了压差预冷设备,建造冷库,提出了十种主要蔬菜冷链流通操作规程,将我国采后处理技术提高到了一个水平。

(6) 与工厂化高效农业相关联的产业也获得迅速发展。

## 0.2.2 我国设施园艺发展特点

我国改革开放以来,农业种植结构得到了调整,这极大地调动了广大农民发展设施园艺的积极性,设施农业工程技术的发展出现了前所未有的大好形势。其特点突出地表现在:

### 1. 设施蔬菜栽培由城镇郊区向农作区发展

设施蔬菜栽培已从大中城市近郊及老菜区,向广大农作区发展,目前在山东寿光、苍山,河北永年,辽宁海城、北宁,河南扶沟,安徽和县等广大农作区发展了一大批集中连片大规模产业化设施栽培生产基地,并建立了相应的大市场,成为全国大流通的蔬菜集散中心。

## 2. 设施蔬菜栽培区向南扩展

设施蔬菜栽培过去多集中在东北、华北及西北地区,后向黄河中下游的黄淮平原发展,成为新的主产区。近年来设施栽培在沿长江流域、长江中下游以及长江以南的广大地区,如安徽、浙江、江苏、湖北、江西等省发展迅猛,形成了新的发展热点。

## 3. 节能日光温室发展迅速

节能日光温室以其结构性能优越,建造容易,适合我国目前经济、技术水平,能实现高产高效的突出功能而受到广大农民的青睐,发展速度很快,配套设备及技术日趋完善,对解决我国北方冬春季节鲜菜供应的巨大作用越来越被人们所认识。

## 4. 设施结构趋于大型化

温室、大棚等大型园艺设施在园艺设施中所占的比重增加,1981~1982年度中小拱棚占总设施面积的69%,薄膜温室及大棚占14%和17%;而到1995~1996年度温室、大棚面积已分别上升到26%和27%,说明我国设施结构趋于大型化。

## 5. 种植作物种类多元化

过去设施栽培的作物种类非常单调,90%以上是黄瓜、番茄、芹菜、白菜、甘蓝等。随着市场的开放,设施内作物的种植结构得到不断调整。设施内种植的种类向名、特、优、新蔬菜,向多种类多品种方向迅速发展,向甜瓜、西瓜、草莓、食用菌以及桃、油桃、苹果、大樱桃、葡萄等高产值的果树作物方向发展,向月季、菊、满天星、香石竹等切花,杜鹃、仙客来以及小仓兰、郁金香等盆花、球根花方向发展。设施栽培已突破蔬菜向多元化方向迈进。

## 6. 无土栽培发展迅速

无土栽培具有节肥、节水、省力、省农药和高产、优质等特点,是设施农业工程技术的重要内容。当前,我国无土栽培中应用较多的是由中国农业科学院蔬菜花卉研究所推出的成本低、管理简单、产品质量达到国家绿色食品标准的有机生态型无土栽培技术。

## 7. 绿色食品芽苗菜生产开始普及

在设施内生产AA级绿色食品芽苗菜已在全国一些城镇开始普及,作业方法简单、成本低廉,可以生产豌豆芽苗、香椿芽、萝卜芽、荞麦芽、菊苣芽等10余种芽苗菜。生产过程中不施化肥,禁施农药,其产品能达到中国绿色食品发展中心所提出的AA级绿色食品的标准,在扩大设施内栽培面积、开拓营销市场方面很有前景。因此它不仅有丰富的经济效益,而且社会效益、生态效益也十分显著。

## 8. 设施类型多样化

我国目前的园艺设施主要有塑料大棚、中小拱棚、加温温室、普通温室和节能型日光温室等设施;有遮阳网及避雨栽培,有不织布、防虫网覆盖夏季抗虫栽培等多种栽培类型,可进行秋冬茬、冬春茬、早春茬、夏秋季抗热栽培等。设施类型的多样化和栽培种类品种的多样化使某

些蔬菜种类和品种可周年生产、周年均衡供给,不仅有效地丰富了菜篮子,而且对发展农村经济、脱贫致富,对社会稳定、促进国民经济发展都有重要的意义和作用。

## 0.3 设施园艺工程技术的展望

### 0.3.1 国外设施园艺现状与发展

目前,世界各国均在以设施园艺为切入点,建造现代园艺设施。通过投入自动化、机械化、微电子智能化的高新技术,使设施内温度、湿度、光照、营养等综合环境自动控制,以达到作物所需的最佳状态;使生产作业高度自动化和机械化,达到科学配置和合理利用资源。由于自动化和智能化高科技的应用,栽培环境不受自然条件的影响,使园艺产品现代化生产成为现实。

近代设施园艺工程技术水平高、发展速度快的国家有荷兰、意大利、美国、法国、日本、以色列等。这些设施园艺发达的国家,虽然温室、塑料大棚、中小拱棚及地膜覆盖面积远远不如我国,但在设施园艺工程装备质量、规范化程度、自动化和机械化水平、覆盖材料的质量与性能以及设施内配套装置、控制系统、农机具、无土栽培设施等研究开发都较我国先进。

面对 21 世纪世界人口膨胀、资源短缺、环境恶化、食物安全供给矛盾突出等严峻问题,发达国家在设施园艺工程技术研究开发方面投入巨资,进行了大量综合性的研究和科学探索,取得了显著的成就:

#### 1. 建立植物工厂

植物工厂是继温室之后新设计制造出的一种高度集约化、自动化、工厂化生产的农业设施工程,是个密闭的建筑物。它与温室不同点在于可以完全摆脱外界自然条件和不良气候的影响和制约,应用近代先进的技术设备、装置,按照不同作物对环境条件的需求,实现人工控制生育环境,全年均衡进行农产品生产,达到高产、优质、均衡供给的目的。

目前,高效益的植物工厂在某些发达国家发展迅速,已经实现了工厂化生产蔬菜、食用菌和名贵花木等。美国现在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脱毒、快繁。据报道,近年日本已有企业建立了面积为 1500 m<sup>2</sup> 的植物工厂,并安装有农用机器人,从播种、培育到收获实现了智能化。由于这种植物工厂的作物生长环境不受外界气候等条件影响,蔬菜种苗移栽两周后即可收获,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,荷兰、美国采用工厂化生产蘑菇,每年可栽培 6.5 个周期,每平方米产菇 25.3 kg。

目前,美国、日本、奥地利、澳大利亚等国建立的植物工厂有 30 余座,主要用于科学研究和探索。植物工厂建造成本高,尚未达到实用化阶段,降低设备投资和运行成本是今后重要的研究课题。

#### 2. 生物圈 2 号

建立在美国南部亚利桑那州的“生物圈 2 号”,是与世隔离的、从事专门研究的特殊设施,总面积为 1.58 hm<sup>2</sup>。按地球上热带海洋、热带雨林、沙漠、沼泽、灌木丛、草原以及集约农业等分为 7 个区,用现代科学的方法生产作物。第一批进去的 8 人都是各种科学家,进行为期 2 年

的研究;第二批进去 6 人,进行 1 年研究;第三批进去 6 人,进行 5 年研究。尽管存在不少问题,但“生物圈 2 号”的作物产量比地球上高 16 倍。我们居住的地球被称为“生物圈 1 号”。生物圈 3 号、生物圈 4 号将分别建立在南极和北极。生物圈 5 号将发射到月球,以解决人类长期在宇宙空间的生存问题,时间估计在 2020 年。

### 3. 美国宇航局的无土栽培研究

美国宇航局委托一些大学和研究机构,研究用最小的面积生产供 1 个人在太空中的必要食物,并研究人的排泄物等的充分循环再利用问题。最新技术为:每平方米面积可种植小麦 10 000 株(种 1.2 m<sup>2</sup> 的小麦就够一个人吃的面粉),玉米株高仅 40~50 cm 就成熟了;西红柿每平方米种 100~120 株。目前,支持一个人在太空中生活,吃的东西包括麦、薯、豆、菜等,每人只需 6 m<sup>2</sup> 就够了,这些作物从种到收一般为 50~60 d。

在基础理论方面,过去认为各种植物都有个“光饱和点”,超过饱和点,光照强度增加,植物的产量是不会增加的。现在通过航天植物生产研究,认为只要各种条件配合好,光强增加,植物的产量可直线上升。

### 4. 南极的无土栽培

南极这块终年寒冷、无固定居民的大陆,现在世界上已有 40 多个国家在那里建立了科学考察站,南极居民就是各国的科学考察人员。南极人生活上最缺乏的是什么呢?不是缺少粮食和肉类,而是蔬菜和绿色植物,无土栽培将会使这个问题得到解决。

### 5. 机器人移苗与灌溉

现在蔬菜、花卉和苗木生产的数量激增,育苗中移苗需要很多人工,由于按时工资不断提高,促使了移苗机器人的诞生。所谓机器人,实际上是一个机器手,前面有两个类似大头针的传感器,是具有视觉和触角的两种功能的综合体。机器手将育苗盘上小苗孔的幼苗移栽到大苗孔的苗盘上,平均 1.2 s 移 1 株,移栽几十万株苗的繁重劳动,对机器人来说是很容易的。并且它能辨别好苗和坏苗,具体操作时能把好苗有条不紊地移栽到预定的位置上,而把坏苗抛到一边。

机器人还能指挥灌溉。新式的育苗盘底部设有排水孔,机器人能准确测出育苗盘的水分,根据光反射和折射的原理来准确测定植物需水量,进行适量灌溉,这样就没有多余的水流出,既节约用水,减少病害发生,又能保持环境清洁。

我国目前移苗还是用人工,并根据种植者的经验进行灌溉。

### 6. 耐低温弱光优良品种的选育

世界上设施农业最发达的国家首推荷兰。荷兰培育的多种作物在低温、弱光的外界环境下生长良好。北欧的冬季和春季,阴天多、晴天少,但设施内培育的黄瓜仍结果累累,抗病,皮较光滑,适合于单果塑料包装。这种果实商品性好,放在室内常温条件下 10d,仍然能保持新鲜。中国的黄瓜品种大多不耐弱光,果皮刺多,不适合于单果塑料包装,在国际市场上竞争能力差。

荷兰培育的卡鲁素(Carusu)番茄品种,在世界各地都表现良好,果形整齐,不易裂果,产量

高。中国的番茄容易裂果,耐贮性差。

荷兰的月季花每年每平方米产 250~350 枝,中国产 150 枝。荷兰切花出口量占全世界总出口量的 71%,每年出口  $9.2 \times 10^8$  枝。另外,哥伦比亚占 9%,以色列占 6%,意大利占 5%。

### 7. 育苗基质及营养液的自动调节系统

西欧过去认为草炭育苗好,后来改为岩棉,现在认为椰子壳纤维育苗最好。

欧洲共同体已规定,21 世纪全部温室作物生产必须实行无土栽培。配制营养液是个重要技术,发达国家无土栽培的营养液配制已实现自动化,由计算机控制营养液的酸碱度和电导度,还能根据太阳辐射强度来调整植物所需要的元素,而我国无土栽培的营养液配制,基本上还是用人工调节。

### 8. 设施内环境调控与智能化管理系统

设施内栽培,根据作物不同生育阶段所需要的最佳条件,设定量化指标,由环境综合控制系统即智能化管理系统对设施内的温度、湿度、照度、 $\text{CO}_2$  浓度、土壤水分、营养等综合因子进行监测和有效的调控,使其充分满足不同作物在不同生育阶段对环境条件的需求,以发挥最大的生产能力。日本在植物工厂内通过智能化综合环境调控,对番茄、甜瓜、黄瓜进行水气耕栽培,单株结果数番茄达 12000 个,黄瓜 3300 条,甜瓜 90 个,显示了巨大的生产潜力。

智能化综合管理系统可以与气象、市场、周边农作物生产网络、病虫害发生测报以及 Internet 相接,通过计算机网络可以了解各方面的信息,指导高产高效的栽培作业,实现信息网络化、环境调控自动化、各项作业机械化,进入设施农业工程技术高层次、工厂化新境地。

## 0.3.2 我国设施园艺与先进国家的差距及对策

### 1. 差距

(1) 技术路线落后。发达国家工业基础好,科技先进,经济实力强,发展设施园艺采用了高投入、高产出、高效益的技术路线,实践证明是成功的。而我国经济实力不强,且农产品比价较低,生产上采取低投入、低能耗,设施简易,产出和效益不充分技术路线。

(2) 设备、设施装备水平低。我国目前园艺设施多为结构简单、性能较差、抗御自然灾害能力不强的竹木结构塑料大棚、中小拱棚以及就地取材建造的节能型日光温室,而现代化温室数量相对较少。

(3) 设施环境调控能力差。我国塑料大棚、中小拱棚及温室一般均无自动环境调节装置,基本上靠手工作业通风、降温、排湿来完成设施内的生育环境调节,而增温、增光则更多地依赖于太阳辐射。设施环境调控完全处于被动局面。

(4) 劳动生产率与机械化水平低。我国目前的设施栽培各技术环节均由手工作业完成,工效低。

(5) 缺乏专用品种,产量水平低。我国设施栽培专用品种及其对设施环境的适应能力、产量和质量水平与国外品种相比相差较远。专用良种缺乏,设施装备落后,环境调控能力不强,加之配套技术不规范,使我国设施园艺高产、优质、高效技术体系不能形成。我国设施栽培的黄瓜、番茄产量仅  $7 \sim 8 \text{ kg/m}^2$ ,而荷兰温室黄瓜、番茄 1 季产量可达  $30 \sim 50 \text{ kg/m}^2$ ,较我国高

出3~5倍。

(6) 采后加工处理技术滞后。设施园艺产品采后加工处理是增强商品性、提高产品档次、增加产值的有效方法,国外对设施园艺产品的加工包装非常考究,其程序包括产品预冷、清选、分级、加工包装、张贴商标等系列过程。部分产品的加工包装实现了自动化和机械化。在保冷、保鲜、保质的条件下,尽量减少流通环节,尽快到达消费者手中。对出口产品的加工、分级、包装规格要求更高。

我国园艺产品采后加工技术较过去虽然有所改进和提高,但其分级加工包装设备、采后产品加工贮藏配套技术与世界发达国家相比严重滞后。我国园艺产品加工率仅占15%,而发达国家一般在60%以上,甚至达到100%。设施产品加工设备和技术落后的局面与我国设施栽培面积急剧扩大,产量增加,广大市民对提高产品质量的要求和出口创汇是不相适应的。生产—加工—销售有机结合、互相促进,完全与市场经济发展相适应的管理体制和运行机制尚未形成,而分散经营、各自为战的传统的栽培方式与落后的销售方式阻碍了设施园艺工程技术全面深入地发展。

(7) 资源浪费严重。我国目前的设施园艺是劳动力密集型的传统栽培法,是资源依赖型农耕方式,对土地、种子、化肥、水资源、光热资源都存在严重的浪费现象。化肥的大量施用还造成了土壤及生态环境的污染。节能型日光温室实际上的利用面积仅为50%。采用大水漫灌的灌溉方式,水分利用率仅为30%~40%,这与先进国家自动化、科学化节能节水技术相差甚远。

## 2. 今后研究的课题

针对我国设施栽培发展现状及其与国外先进国家的差距,考虑我国目前的实际情况和可能,应在如下几个方面深入研究开发,以尽快将我国设施农业工程技术提高到一个崭新的阶段。

(1) 加强种苗技术研究开发。科研单位、新品种选育专营单位、高等院校应充分利用我国丰富的种质资源和世界先进的育种技术,选育适于设施内耐低温寡照、抗病、优质、高产的专用品种,这是大幅度增加单产、改进和提高产品质量的基础;同时对于那些设施栽培面积大、集中连片、产业化程度高的地区应研究适应我国栽培习惯且适用性、技术性、经济效益都好的工厂化育苗技术,使蔬菜集中生产,分散供给,逐步改变家家搞大棚、户户育菜苗的落后局面。

(2) 提高园艺设施总体装备水平。针对我国目前大棚、中小拱棚、温室、节能型日光温室结构简单、牢固性差、性能不强、抗御自然灾害能力差的现实,应根据目前的经济实力和可能,对量大面广的设施按照科学的设计原理,选用高强度材料进行逐步改造,以增强性能,提高抗灾能力。

吸收国外温室建造的经验,根据我国经济、技术、需求和气候条件的实际,研制开发具中国特色的现代温室或连栋大棚,在保证质量、增强牢固性和适用性的条件下,要尽力降低温室造价。温室以轻型耐用,抗风雪荷载力强,性能好,便于组装,能控制环境为原则。

(3) 提高设施环境的能力。我国目前已从国外引进大量大型连栋智能化现代温室,其自动化和智能化综合环境调控能力强。但是,我国仍有 $1.333 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>以上的设施栽培面积结构简单,环境调节仍以人工手动为主,自动化程度很低,劳动强度高,作业环境差,工作效率低。所以在考虑设施环境自动化、智能化的时候,应注重对国外自动化环境调控系统的消化吸收。



在研究开发我国设施综合环境调控装置专家管理系统时,一方面要参照国外的经验,另外也应结合我国气候与栽培特点,试验、总结并提示不同作物生长发育、产量形成以及病虫害发生与温、光、湿、气、土等环境要素的关系参数,逐步实现设施环境调控自动化、智能化,使管理规范、科学化,将设施农业工程技术水平提高到一个新的高度。

(4) 提高劳动者素质,增产增效。我国设施栽培发展速度很快,大型的产业化的设施园艺区域多集中在以粮棉生产为主的农作区。这里技术水平相对较低,总体产量水平与先进国家相比差距甚远,还未脱离传统的经验式的管理。所以提高劳动者的文化素质,用设施栽培的高新技术和科学化栽培管理技术武装农民、教育农民,使其全面、系统地掌握高产、高效栽培技术并能灵活运用,是大幅度增加产量、提高经济效益的基础条件。

(5) 开展采后处理及加工商品化技术的开发研究。随着人们生活水平的提高和对园艺产品外观及内在质量要求的不断提高,国家对出口农产品质量提出了更高的要求,传统的方法已完全不能满足高度商品化的需求,所以对设施园艺产品进行采后分级、清选、包装、预冷、加附商标等系列化采后处理就成为必不可少的生产环节。因此要研究开发采后加工的设备及相配套的先进加工技术,这是提高产品档次、增加产品附加值、强化商品性、增加效益、满足需求不可少的措施之一。

## 0.4 如何学好设施园艺学

学习设施园艺学,不仅要了解环境条件的调控原理,园艺设施结构,性能变化规律,而且要掌握一般的设计原理及施工要求。因此,要在学习植物学、植物生理及生化、农业气象、土壤及农业化学、植物保护、园艺机械、电子计算机应用等课程的基础上,进一步学习研究园艺植物的形态特征和生物学特性等;要学会将园艺植物这些特性与园艺设施环境特征有机地结合,充分发挥有利的环境因素,改善或消除不利的环境因素。设施栽培是反季节栽培,作物经常会遇到逆境,如低温、寡照或高温、高湿等,所以,除掌握一般的植物生理学知识外,对逆境生理的有关理论,应特别注意学习掌握,使环境调控做到有的放矢。

设施园艺学是一门实践性强的应用学科,学习者应经常深入生产实践,通过实际观察和操作,掌握其知识和技能。

### 思考题

1. 设施园艺的内容包括哪些?
2. 简述我国设施园艺发展的现状、存在的问题与今后研究方向。
3. 何为植物工厂、航天植物生产和生物圈2号?
4. 简述国外设施园艺发展的现状和趋势。