

现代温室技术及应用

XIANDAIWENSHIJISHUJIYINGYONG

◎ 主编 / 王乃江



西北农林科技大学出版社

陕西省自然科学基金项目 (2005C120)

联合资助

西北农林科技大学科研专项

现代温室技术及应用

主 编 王乃江

副主编 习世宏 郭连金

王 涛 白黎琼

西北农林科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代温室技术及应用/王乃江主编. —杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2008. 9

ISBN 978 - 7 - 81092 - 388 - 0

I. 现… II. 王… III. 温室栽培 IV. S62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 138443 号

现代温室技术及应用

主编 王乃江

出版发行 西北农林科技大学出版社

地 址 陕西杨凌杨武路 3 号 邮 编: 712100

电 话 总编室: 029 - 87093105 发行部: 87093302

电子邮箱 press0809@163. com

印 刷 西安华新彩印有限责任公司

版 次 2008 年 11 月第 1 版

印 次 2008 年 11 月第 1 次

开 本 787mm × 960mm 1/16

印 张 17

字 数 296 千字

ISBN 978 - 7 - 81092 - 388 - 0

定价: 29.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系

前 言

随着科学技术和农业经济的发展,我国设施农业有了全面发展,新技术、新材料和新产品不断涌现,各地建立了以温室为主要内容的规模化农业示范园区,极大地带动了当地农业经济的发展,为农民自主创业和脱贫致富起到了积极的示范作用。以温室育苗、栽培为主要内容的农业综合开发项目的实施,促进各地建立起了观赏温室、育苗温室等以林业生产为主的温室产业基地,同时,也出现了如蝴蝶兰、郁金香、月季等特色花卉的栽培温室和工厂化育苗基地。

为了进一步规范温室生产活动,提高温室建造的工程质量和温室生产的经济效益,我们在总结多年教学经验的基础上,结合近年来有关设施农业的最新研究成果和温室生产栽培经验,特意编写了这本教材。该教材在总结生产性温室类型和建筑材料的基础上,详细阐述了温室的规划设计、温室群的建设、温室生产技术等与温室有关的全部内容。教材特别注重了温室在生产中的技术应用,突出了温室育苗、温室无土栽培、温室果树栽培等以温室为基地的生产内容。

该教材由西北农林科技大学、新疆大学和广西上饶师范学院等三所大学长期从事设施栽培教学的教师和陕西省韩城市水管站的科研人员编写而成。西北农林科技大学的王乃江副教授编写第一章、第四章和第五章;广西上饶师范学院的郭连金老师完成了第二章和第三章的编写;新疆大学的王涛老师完成了第六章和第七章的编写。白黎琼同志编写了涉及的工程设计、施工等内容,并参与资料查寻、文字整理等工作。日本电产科宝(浙江)有限公司刘耀华完成插图的绘制和校对。

本书可作为农林类高等学校林业及相关专业设施栽培课程教学用书和温室生产基地、农业示范园区的参考用书,也可作为农民朋友和温室爱好者的参考书。

在本书编写过程中,得到了西北农林科技大学教务处、陕西省杨凌示范区生产力促进中心等单位的大力支持,我们对教材编写过程中给予支持的各个单位、各位老师、朋友和学生表示衷心感谢。

由于时间仓促和水平有限,谬误之处在所难免,请读者多提宝贵意见。

编 者

2008年5月11日 于杨凌

目 录

第一章 温室概述	(1)
第一节 温室的发展历史	(1)
一、国外温室产业的发展历史	(1)
二、我国温室产业的发展历史	(2)
第二节 温室的发展现状	(5)
一、国外温室产业现状	(5)
二、我国温室的发展现状	(8)
第三节 我国温室生产的特点	(11)
一、日光温室为我国温室主要的结构类型	(11)
二、温室栽培技术明显提高	(11)
三、温室研究相对滞后	(12)
第四节 我国温室发展中存在的主要问题	(12)
一、存在的问题与原因	(12)
二、应当采取的对策	(16)
第五节 我国温室的发展前景和趋势	(19)
第六节 温室技术课程内容和学习方法	(21)
第二章 温室的主要类型	(22)
第一节 温室的主要类型	(22)
一、按温室类型的演化和发展顺序分类	(22)
二、按温室的形式划分	(24)
三、按温室透明屋面的形式划分	(25)
四、按温室骨架建筑材料划分	(28)
五、按温室覆盖材料划分	(29)
六、按温室能源划分	(30)
七、按用途划分	(30)

八、按温室屋顶形式和形状划分	(33)
九、根据温度分类	(34)
十、按使用时间划分	(35)
第二节 日光温室的结构与性能	(35)
一、单屋面日光温室的结构与性能	(35)
二、双屋面日光温室的结构与性能	(62)
第三节 现代化温室的结构与性能	(63)
一、现代化温室的结构	(67)
二、现代化温室的性能	(77)
第三章 温室的建筑材料	(81)
第一节 温室的覆盖材料	(81)
一、温室生产对覆盖材料的要求	(81)
二、温室透明覆盖材料	(85)
三、半透明和不透明覆盖材料	(102)
第二节 温室的墙体材料	(112)
一、土墙	(112)
二、砖墙	(113)
第三节 温室常用的建筑材料	(114)
一、钢材	(114)
二、铝材	(115)
三、木材	(116)
四、竹竿	(116)
五、水泥预制材料	(116)
第四章 温室的环境特征及调节控制	(118)
第一节 光照	(118)
一、太阳辐射基本知识	(118)
二、温室自然光环境	(120)
三、温室光照的调控	(122)
第二节 温度	(124)
一、温室的温度特征	(124)
二、温室温度的调节	(127)

(130) 第三节 湿度	(131)
(130) 一、温室的湿度特征	(131)
(130) 二、温室的湿度调节	(132)
(130) 第四节 气体	(133)
(130) 一、温室的气体特征	(133)
(130) 二、温室气体的调节	(134)
(130) 第五节 土壤	(135)
(130) 一、温室的土壤特征	(135)
(130) 二、温室土壤的管理	(136)
(130) 第六节 综合环境管理	(137)
(130) 一、温室综合环境管理的意义	(137)
(130) 二、综合环境管理的方式	(138)
第五章 温室的规划设计与建设	(139)
(130) 第一节 温室设计的原则、要求和性能指标	(139)
(130) 一、温室设计的一般原则	(139)
(130) 二、日光温室建筑的特点与要求	(140)
(130) 三、温室建造的要求	(142)
(130) 四、温室的性能指标	(143)
(130) 第二节 日光温室的规划设计	(144)
(130) 一、日光温室的规划	(144)
(130) 二、日光温室的采光设计	(147)
(130) 三、日光温室的保温设计	(150)
(130) 四、温室结构设计	(152)
(130) 第三节 温室群的规划设计	(159)
(130) 一、建设场地的选择	(159)
(130) 二、日光温室群的建筑组成及布局	(160)
(130) 三、温室群规划	(161)
(130) 四、日光温室群规划设计的步骤	(166)
(130) 第四节 装配式育苗日光温室的设计	(167)
(130) 一、结构选形	(167)
(130) 二、基本尺寸的确定	(167)

三、墙体保温材料	(167)
四、构造设计	(168)
五、截面设计	(168)
六、整体稳定设计	(168)
第五节 日光温室的建筑施工	(168)
一、建筑与施工计划的制订	(168)
二、材料准备	(169)
三、建筑施工的程序和步骤	(171)
四、温室建设注意事项	(176)
五、提高温室生产能力的方法	(177)
第六章 温室现代化育苗	(179)
第一节 工厂化育苗	(179)
一、工厂化育苗的特点	(179)
二、工厂化育苗的场地与设备	(180)
三、工厂化育苗的管理技术	(182)
四、种苗经营与销售	(190)
第二节 温室容器育苗	(190)
一、温室容器育苗的概况及意义	(191)
二、容器的种类	(192)
三、容器规格	(195)
四、营养土的配制	(196)
五、营养土的施肥	(201)
六、营养土的酸碱度调节	(202)
七、菌根菌接种和拌种	(202)
八、容器育苗技术	(204)
九、容器育苗的温室调控	(209)
十、容器育苗机械设备	(212)
第三节 全光照自动喷雾扦插育苗	(216)
一、全光照自动喷雾扦插育苗装置及组成	(217)
二、扦插苗床建造	(217)
三、自动喷雾装置的安装	(218)

四、电热温床铺设	(218)
五、插穗要求	(219)
第七章 温室栽培	(222)
第一节 温室无土栽培	(222)
一、无土栽培概述	(222)
二、无土栽培的类型	(225)
三、无土栽培设备	(229)
四、营养液	(231)
五、营养液育苗	(238)
第二节 温室花卉的促成和抑制栽培	(239)
一、促成和抑制栽培的理论依据	(240)
二、促成和抑制栽培的方法	(241)
第三节 温室果树栽培	(246)
一、果树设施栽培的作用	(246)
二、果树设施栽培国内外概况	(247)
三、温室葡萄栽培	(250)
四、温室杏栽培	(252)
五、温室桃和油桃栽培	(254)
参考文献	(258)

第一章 温室概述

随着农业科学技术的发展、种植结构的调整和人口的增加,设施农业在全世界范围内得到了前所未有的发展,尤其是近年来全国各地新农村的建设和高新农业产业示范园区的建设,更使温室产业的水平和规模有了很大的提高和扩大,市场对温室方面人才的需求量大增,以现代化连栋温室和节能日光温室为代表的温室产业出现蓬勃发展的势头,温室工程技术也进入蓬勃发展的新时期。

温室是人类智慧与科技文明的结晶,是以资金传统密集、技术密集和劳动力密集为主要特征的集约型、高效型产业,它改变了传统农业生产的模式,打破了植物生长的地域和时空界限,推动了农业生产的发展和社会文明的进步。尤其是现代温室,将计算机技术应用于温室建设与管理,成为现代农业生产发展的生长点和助推器,是现代农业的代表模式和发展方向。

温室由于可控程度高,可以进行反季节生产,植物营养能够得到完全保证,病虫害相对较少,化肥用量少、耗水量可以人为控制,有效地降低了生产成本,并且产品的产量和品质有了明显提高,所以具有极大的发展潜力。目前,温室不仅用于蔬菜的反季节生产,实现周年均衡供应,而且,通过技术进步、科技创新和成果推广使温室技术向果树、花卉、草莓和食用菌等更多的领域发展,成为高效、高产农业新的增长点。温室产业的发展成为我国现代农业生产力水平的标志之一,可有力地推动农村地方经济的发展,是农民创收和发展“一村一品”的首选项目,越来越多地被应用于种植业、养殖业等现代化农林业规模化生产中。

第一节 温室的发展历史

一、国外温室产业的发展历史

国外设施园艺的发展以罗马帝国为最早,公元前3年—公元37年就有用

云母作覆盖材料进行全年生产黄瓜的记载。法国在 17 世纪最早用玻璃覆盖温床种植蔬菜,随后建成简单的玻璃温室。美国随着欧洲的大量移民,18 世纪建设以观赏为目的的温室,19 世纪在全国推广温室,随后温室建筑业开始进一步发展。

日本在 17 世纪初应用温床技术进行蔬菜栽培,19 世纪中叶引入欧美玻璃温室进行蔬菜、果树和花卉生产,到 19 世纪末期才有正式的简易温室诞生。

荷兰在 1750 年就有用木材建造加温温室的记载。19 世纪初全国利用温床和温室生产甜瓜、葡萄及促成栽培的生产已经非常成熟和普遍,从 19 世纪末就开始把玻璃盆覆盖在植物上用于透光和保温,后来采用不足 0.5 m 高的玻璃温箱种植作物。20 世纪初建成第一栋玻璃温室,20 世纪 50 年代初建起了木质结构的人字形玻璃温室,开始了保护地规模化生产,20 世纪中叶建成的连栋玻璃温室,至今仍在流行。荷兰温室类型的发展与中国极为相似:分为原始型、发展型和现代型三种。温室的结构材料由竹木结构向铝合金构架过渡,20 世纪 70 年代以后的温室基本上以铝合金构架为主。主要经历了 19 世纪末,玻璃盆覆盖的种植方法、早期种植用的玻璃温室、低矮的玻璃温室、20 世纪 50 年代人字形温室、现代温室几个阶段。

意大利从 20 世纪 50 年代初至今温室种植业发展异常迅速,目前已发展成为居日本后温室面积最大的国家。

20 世纪中叶,随着塑料工业的发展,尤其是农用塑料薄膜的出现,一些工业发达的国家利用塑料薄膜作覆盖地面和温室的覆盖材料,这种新型温室覆盖材料的出现使蔬菜和其他作物的生产均获得良好效果,极大地推动了温室产业的发展。

二、我国温室产业的发展历史

自古以来,我国农业就有精耕细作的优良传统。风障、阳畦、暖炕早就被古人应用于植物栽培当中,如汉代有“昼夜燃蕴火”种“葱韭菜菇”的庖舍,唐代花匠可使牡丹在寒冬绽放,这足以说明我们的祖先已经开始了比较原始的设施栽培。直到新中国的成立,我国农业生产力得到了极大的解放,温室和其他产业一样才得以蓬勃发展。

早在 20 世纪 30 年代,我国辽宁南部和北京地区已开始在冬季利用不加温“日光温室”生产新鲜蔬菜,到 50 年代中期,经专家的总结,这种“日光

温室”定型为“鞍山式日光温室”。限于当时的技术水平，严冬季节这种温室内的光热环境只能维持耐寒性强的叶菜类和葱蒜类蔬菜生长，尚不能生产喜温的茄果类、瓜类蔬菜。

50年代中后期在北京、辽宁、哈尔滨等地推广了北京改良式温室、鞍山改良式温室和哈尔滨改良式温室等单屋面温室。

60年代和70年代，随着我国塑料工业的发展，地膜覆盖、中小拱棚逐渐得到广泛应用，也推动了我国温室的发展（如新型单屋面温室、全光照温室和单屋面玻璃温室），我国还自行设计、建造出第一座大型连栋现代化温室——北京玉渊潭温室。

80年代，我国温室进入一个快速发展的时期，主要发展以塑料薄膜为覆盖材料的日光温室，1980年初，我国设施栽培的面积已经发展到0.62万 hm^2 。80年代中期，随着改革开放的不断深入和人民生活水平的不断提高，城乡对优质、鲜嫩蔬菜的要求与日俱增，技术人员对原有的日光温室在建筑结构、环境调控技术和栽培技术等方面进行了全面改进，使得在北纬 $32^\circ \sim 41^\circ$ 乃至 43° 以上的严寒地区，在完全不用人工加温或仅有极少量加温的条件下，实现了严冬季节喜温果菜的生产，并于元旦、春节上市，闯出了一条发展具有中国特色的设施园艺的道路。

到80年代末，日光温室面积由0.1万 hm^2 增至2.7万 hm^2 ，增加了27倍。与此同时，中国农科院蔬菜花卉研究所、北京四季青园艺场、上海花卉联营公司等国内比较有实力的研究单位 and 公司开始从美国、荷兰等国引进了现代化温室，由于引进温室时只考虑到硬件的引进，忽略了配套技术的引进，而且引进的温室也不符合我国的国情，因此绝大多数未能成功，一些温室相继拆除。

90年代，随着我国国民经济的发展和农业现代化进程的加快，温室的面积迅速增加，温室质量大幅度提高。90年代初期大面积推广第一代节能日光温室，90年代后期研制并推广第二代节能日光温室，同时从以色列、法国、荷兰、韩国、日本、西班牙、加拿大等国及中国的台湾地区引进现代化温室及配套技术，并自行设计出一批现代化温室，如连栋温室、智能温室，温室结构和生产性能有了大幅度的提高。1995年，北京建立了中以示范农场，从以色列引进1.2万 hm^2 塑料薄膜温室。1996年上海从荷兰、以色列引进了15万 hm^2 大型现代温室，到2000年，全国从荷兰、以色列、美国、法国、韩

国、日本等国已相继引进大型现代化温室 300 hm^2 左右。这一次引进吸取了 80 年代的经验教训，在温室引进中有了以下几方面改进：一是引进温室的内部设施配套较齐全；二是引进温室的同时，引进了国外的品种和栽培技术；三是在引进温室同时，采取请进来、派出去的方式进行技术培训；四是重视消化吸收工作。

进入 21 世纪，全国各地掀起了建设农业科技示范园的热潮，温室规模急剧扩大。据 1999 年春统计，全国地市一级以上的示范园已达 460 多个，大多数示范园都在引进国外智能型温室作为新设施、新技术。但由于多数示范园不顾国情，不顾本地及自身条件，贪大求洋，花巨款盲目全套引进设施设备，经营管理不善，技术水平跟不上，到目前为止，大多数农业示范园经济效益并不尽人意。

从“六五”到“八五”的 15 年间，我国科研人员在消化吸收日本塑料大棚骨架结构的基础上，首先对镀锌钢管装配式塑料大棚的骨架生产进行了国产化设计，并制定了相应的国家标准，极大地促进了塑料大棚在我国的推广应用。与此同时，日光温室也获得了迅速的发展。这 15 年中，我国的塑料拱棚从 0.62 万 hm^2 增加到 52.97 万 hm^2 ，增加了 85.4 倍。其中塑料大棚达到了 15.9 万 hm^2 ，占塑料拱棚的 30% 左右，日光温室从 0.1 万 hm^2 增加到 14.4 hm^2 ，增加了 144 倍，这期间我国设施农业经历了三个发展阶段。

第一阶段：保护地栽培

这一阶段为初级的保护地栽培，栽培设施比较简单。20 世纪 60 年代和 70 年代，随着我国塑料工业的发展，地膜覆盖、中小拱棚逐渐得到广泛应用。到 1980 年，我国设施栽培的面积已经发展到 6 200 hm^2 。这些措施能够有效地提高地温、减少水分蒸发、防止风霜，具有一定的抵抗自然灾害的能力，可使多种作物获得增产。

第二阶段：设施农业蓬勃发展

设施农业又称现代设施农业，是以一定的工程技术手段，为农业生物创造一个适宜的生长环境，使其在最理想的生长环境里获得最高的产量、最好品质 and 经济效益的一种现代高效农业。现代设施农业具有以下特点：①可实现反季节栽培、长年生产；②可实现高产，高效生产。可以延长生长季节，避免多种自然灾害对农业生产的影响；③设施农业通过一定的设施手段，可以控制一定的温度、湿度、光照，可以控制施肥、植保、灌溉等等；④设施

农业可以实现自动化、机械化操作。

随着我国农业的发展,极大地激发了广大农民的生产积极性,市场需求的高涨,刺激设施农业高速发展。从“六五”到“八五”的15年间,我国科研人员在消化吸收日本塑料大棚骨架结构的基础上,首先对镀锌钢管装配式塑料大棚的骨架生产进行了国产化设计,并制定了相应的国家标准,极大地促进了塑料大棚在我国的推广应用。与此同时,日光温室也获得了迅速的发展。这15年中,我国的塑料拱棚从0.62万 hm^2 增加到52.97万 hm^2 ,增加了85.4倍。其中塑料大棚达到了15.9万 hm^2 ,占塑料拱棚的30%左右,日光温室从0.1万 hm^2 增加到14.4万 hm^2 ,增加了144倍。

第三阶段:工厂化农业示范工程

在这一阶段,各地相继建立了农业高科技示范园区。农业高科技示范园区是密集型农业高新技术的基层区域。它是将现代的设施农业、节水农业、种苗的繁育和其他的一些高新技术、科技培训等,集成在一个相对集中的区域进行建设、示范。以带动地方经济发展为主要目的的农业高新技术区。农业高科技示范园区具有以下特点:①投入比较大,比一般农业生产投入要高几十倍甚至几百倍;②设施水平比较高;③技术含量和技术水平比较高;④示范园区对人才和操作人员或者说管理人员的素质要求比较高;⑤投入产出比较高,所生产的高技术产品在市场上价位高;⑥科技示范带动和科技培训的作用很明显。

为了加快我国农业结构调整,大幅度地提高农民收入,必须有效地利用现代工业技术和设施农业装备,利用现代工业化的管理和生产手段从事农业生产,使农业劳动生产率和土地产出率大幅度提高。在“九五”期间,国家科委启动了工厂化高效农业示范工程,先在北京、上海、辽宁、浙江、广东五省市组织实施,后又将天津市纳入工程之中。“十五”期间,各地的农业示范项目进一步发展,温室规模 and 产品质量有了极大的提高。

第二节 温室的发展现状

一、国外温室产业现状

近15年来,全世界的温室种植业有了迅速的发展。目前全世界温室种植

业的总面积为 397.9 万 hm^2 ，占温室总面积的 84.7%；亚洲 337.01 万 hm^2 ，占世界温室总面积的 84.7%；地中海各国 3.95 万 hm^2 ，占总面积的 31.7%；北欧 0.878 万 hm^2 ，仅占世界温室总面积的 2.2%。

从园艺设施来看，都以大型连栋温室为主，在亚洲主要分布在日本和韩国，中国主要以塑料大棚为主；就温室面积分布而言，依次为中国、日本、韩国、以色列、英国、法国、意大利、西班牙、葡萄牙、匈牙利、捷克、罗马尼亚、北欧和美洲。

目前，世界上塑料大棚栽培最多的国家是意大利、西班牙、法国、日本等国，这些国家的塑料大棚面积达 350 万 hm^2 。荷兰、英国、法国、德国、日本等国家都在发展以玻璃房温室为主的现代化温室，这种温室可以自动控制室内的温度、湿度、灌溉、通风、二氧化碳浓度和光照，每平方米温室一季可产番茄 30~50 kg，黄瓜 40 kg，相当于露地栽培产量 10 倍以上。目前，世界上玻璃房温室面积以荷兰为最大。

进入 20 世纪 80 年代以后，日本在大型双屋面温室及连栋大棚的推广，使通风降温设备，保温、加温设备、灌水施肥装置、温湿度调控等作业实现了管理自动化、智能化。同时发展了无土栽培，产品采后清选、分级、清洗、包装、预冷等作业实现自动化或半自动化。80 年代，日本相继建成了近十所植物工厂，利用全新的调控系统，水、肥、光、热、气等全部最大限度满足作物要求，采取水平放任栽培法，使番茄根茎粗 20 cm 以上，一株番茄生产 13 000 个果实，一株黄瓜苗生产 3 300 条黄瓜，一株甜瓜苗生产 90 个甜瓜，开拓了生命科学新空间，最大限度地发挥了植物的生命力。其特点是：①不用农药，可生产健康无污染绿色生产食品；②不用土壤，生产环境卫生、洁净；③产品富含各种维生素；④生育期提早，产量惊人；⑤周年利用；⑤作业简单，充分利用日光、气温、空气及营养液提供的肥料、水、空气。

目前日本农户一般大面积推广的设施是塑料管架大棚，占到设施总面积的 80%，也有连栋棚，除此以外，中、小拱棚多采用钢管做架。聚氯乙烯农膜覆盖大中小棚约占 80%。

日本的少数农户，80 年代后相继建立了大型单栋或连栋式高级双屋面温室。温室结构采用棚架组装式，温室高 4~6 m，宽度 10 m 以上，天窗、侧窗可自动启闭通风。聚酯增强耐候板材或氟素硬质薄膜覆盖，耐候期 8~10 年或 10 年以上。有双层或多层覆盖保温装置，开启自动化。炎夏季有的覆盖

有30%~60%遮阳光量的遮阳布或普通遮阳网、不织布覆盖材料,强制通风,淋水等降温、降湿。冬季有自动加温的暖房机(热风炉,燃油),夜暖膜覆盖。有自动供水系统,可行滴灌、渗灌、雾化降温。一年四季可按人的主观意志调控设施内环境,为作物生长发育创造最佳的环境,可种植高档园艺作物,如草莓、番茄、甜瓜、西瓜、黄瓜、茄子、甜菜等瓜果菜类,还有少量的叶菜类,以及苹果、桃、梨、枇杷、大樱桃、葡萄等多种果树,实现优质高产,全年均衡生产,周年供应,农户收入一般达到中等偏上水平。

1991年,日本建成亚洲最大的温室项目,该项目采用最先进的技术,由日本丰田花卉技术公司承建,项目占地4.9万 m^2 ,其中温室面积2.03万 m^2 ,可年产400万盆盆花或幼苗。

意大利的温室种植业,从20世纪50年代初的125 hm^2 发展到70年代的5000 hm^2 ,进而发展到90年代的26000 hm^2 ,增长了4.2倍,曾一度成为居日本之后温室面积最大的国家。且从过去几乎全部用于花卉种植发展至今天的花卉、装饰性植物、反季节蔬菜及苗圃的培育。其分布状况为:50年代初,意大利的温室主要集中在中北部的利古里亚和托斯卡纳大区,目前60%的温室种植面积已发展到南部的沿海地区。其结构为:约90%为塑料结构,少量为玻璃温室,其余的为冷温温室。

美国的温室面积已发展到1.9万 hm^2 ,其中花卉温室为1.3万 hm^2 。温室很少大面积集中分布,而是零星地分布在大城市郊区。68%的温室是由股份制企业修建与经营生产的。

美国的温室规模不大,但其设备与生产水平是世界一流的,而且在温室尖端技术的研究上处于领先地位。温室多数是玻璃温室,少数是双层充气的塑料薄膜覆盖。基本上全是全光型连栋的智能温室。供热系统、降温水帘等设备齐全,温室的光照、温度、湿度、二氧化碳、养分供应均由计算机自动调节控制。栽培基质一般采用专业化生产的人工基质,营养液通过滴灌供应。全美进行大规模温室生产的公司约在一千多家,温室生产的专业化程度很高,社会化服务十分周到,种子、种球、种苗及各种设备、材料等均由专业公司供应。主要产品都有明确的分级标准,按级论价,采后的分级、预冷处理、包装、贮藏保鲜技术早已形成配套体系。有的采用涂蜡保鲜,名贵切花则采用指形保鲜等。美国对工厂化农业尖端技术的研究非常重视,例如开展了太空中的工厂化农业自动化循环生产技术的研究,已有农业生物智能机器人操

作的全自动工厂化农业新技术,不到 20 m^3 的空间连续循环生产的食品可养活一个人,展示了工厂化农业的美好前景。

栽培技术方面,美国在无土栽培、温室管理、熊蜂授粉和机器人移苗方面技术比较成熟。美国在 20 世纪 50 年代就用无土栽培方法生产蔬菜,70 年代中期,无土栽培已形成相当大规模,在新建的温室里均已采用无土栽培的生产模式,80 年代以来,温室几乎都采用了无土栽培。美国温室中无土栽培蔬菜主要有番茄、黄瓜和生菜,其他叶菜也占一定比重,甜瓜较少,大多数温室用于种花。近 20 年美国温室内增施二氧化碳和营养液供给技术已得到普及,增施的浓度已达到空气中二氧化碳浓度的 3 倍,主要采用燃烧氢化合物方法获得。从 1991 年开始,技术人员把振荡授粉改为熊蜂授粉,可使作物产量提高 20% 左右,每个蜂箱 80 只蜂,能授 $1\,500\text{ m}^2$ 面积。机器人移苗实际上是一个机械手,前两个类似大头针的触角传感器,将育苗盘上的幼苗移到大苗孔的苗盘上,机械手平均 1.2 s 移一株,移栽几十万株幼苗的繁重劳动对机器人来说是很容易的。机器人能辨别苗的好坏,会把不好的苗抛到一边,只移栽好苗。现在技术人员正在研究太阳能消毒法,因为可以节约能源,而且消毒效果也基本可达到要求。虽说不能把病虫害全部杀死,但可大大减轻病虫害的传播。因为蒸气消毒太贵,化学消毒法污染环境,因此太阳能消毒法是理想的发展方向。

荷兰的总耕地面积为 200 万 hm^2 ,人均 0.127 hm^2 。温室种植面积约为 1 万 hm^2 ,荷兰农业劳动力为 29 万人,占社会劳动力的 4.9%,从事温室园艺作物生产的企业 1.6 万个,平均出口鲜花 35 亿株/年、盆栽植物 3.7 亿盆/年,出口蔬菜 9 亿美元/年,总价值达 34 亿美元/年。温室结构主要选用铝合金框架和玻璃覆盖材料,也有少部分 PC 板材温室,温室生产基本上实现了光、温、水、肥、气全面自动化。

二、我国温室的发展现状

我国设施农业起步较晚,但发展较快。目前世界塑料大棚和温室面积约 36.576 万 hm^2 ,而我国面积最大,塑料大棚和温室的建设面积已经从 20 世纪 90 年代初的 40 多公顷发展到现在近 15.67 万 hm^2 ,占世界 42.8%。我国现有大型温室面积约 200 hm^2 ,其中我国自行设计建造的温室约有 50 多公顷,从荷兰、日本、美国、以色列等国引进的约 174 hm^2 。在引进温室中,大多数为