



设施农业 理论与实践

张乃明 主编



化学工业出版社

设施农业 理论与实践

张乃明 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

设施农业理论与实践/张乃明主编. —北京: 化学工业出版社, 2006. 3

ISBN 7-5025-8473-0

I. 设… II. 张… III. 保护地栽培 IV. S62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 026757 号

设施农业理论与实践

张乃明 主编

责任编辑: 刘兴春 管德存

责任校对: 凌亚男

封面设计: 胡艳玮

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 14½ 字数 332 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8473-0

定 价: 29.80 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《设施农业理论与实践》编写人员名单

主 编 张乃明

副 主 编 李文祥 孟金贵 何忠俊 姬光海

编写人员 毛昆明 李文祥 何月秋 张乃明
 赵 燕 孟金贵 何忠俊 吴红芝
 陈建军 姬光海 秦太峰 王树明
 李 刚 苏有波 吴忠红 邓玉龙

前 言

随着农业产业结构的调整,以高投入高产出为特征的设施农业在我国得到迅猛发展,并一跃成为世界上设施栽培面积最大的国家。无论是北方的日光温室还是南方的塑料大棚,已经成为许多地方农业发展和农民增收的支柱产业。云南是我国设施栽培起步较早的省份之一,设施栽培作物以蔬菜花卉为主,其中鲜切花生产占全国的50%,并成为亚洲最大的鲜切花生产基地。伴随着温室大棚栽培年限的延长,设施农业生产中出现了一系列障碍问题已成为设施农业可持续发展的瓶颈。为此,云南省科技厅于2001年正式将“设施条件下关键栽培技术研究”列入云南省“十五”科技攻关计划。本书的主要内容就是4年来攻关项目所取得成果的总结,同时为了增强作为一本专著的系统性,我们在编写过程中也参阅了近年来国内外相关单位和科研人员在设施农业研究方面的最新研究结果与相关资料,在此表示衷心感谢。

为使本书能在推动全国设施农业健康持续发展发挥更大的作用,我们在编著过程特别注重了“三个结合”,即设施农业理论与实践的结合,重点问题与普遍性问题的结合,高新技术与常规技术的结合。全书共分8章,内容包括国内外设施农业发展概况,农业设施类型、结构、性能及建造,设施无土栽培,设施环境调控,设施土壤基本特性与连作障碍控制,设施蔬菜栽培技术,设施花卉栽培,设施病虫害防治等。

本书由张乃明教授主编,参加编著人员多数是攻关项目课题组成员,具体分工为:第1章由张乃明编写,第2章由何忠俊编写,第3章由孟金贵编写,第4章由陈建军、高阳俊、张乃明编写,第5章由张乃明、李刚、毛昆明、张玉娟、史静、褚素贞、邓玉龙、吴忠红编写,第6章由孟金贵编写,第7章由赵燕、吴红芝、李文祥编写,第8章由姬光海编写。全书由张乃明教授策划并统稿,本书的出版得到云南省“十五”科技攻关项目的资助,同时也得到化学工业出版社环境能源出版中心的大力支持;另外,李阳红、文波龙、王涛、李瑞娟、李泉、刘芳、曹娜等同志参与了部分书稿的文字输入及校对工作。在此一并表示感谢。

编者

2005年12月于昆明

目 录

1 设施农业发展概况	1	2.3.1 日光温室的设计与建造	35
1.1 设施农业的概念与兴起	1	2.3.2 塑料大棚的设计和建造	37
1.1.1 设施农业的概念	1	3 设施无土栽培	39
1.1.2 设施农业的特点	1	3.1 无土栽培的概念、分类和现状	39
1.1.3 设施农业兴起的背景	2	3.1.1 无土栽培的概念	39
1.2 国外设施农业发展概况	2	3.1.2 无土栽培的分类	39
1.2.1 荷兰	4	3.1.3 国内外无土栽培发展概况	40
1.2.2 日本	7	3.2 无土栽培的基质	42
1.2.3 美国	9	3.2.1 栽培基质选用的条件	42
1.2.4 以色列	11	3.2.2 基质种类及特性	46
1.2.5 全球设施农业发展的 新趋势	12	3.2.3 基质的处理和利用	49
1.3 国内设施农业发展现状	14	3.3 无土栽培营养液	51
1.3.1 发展现状	14	3.3.1 营养液的原料及其要求	51
1.3.2 云南设施花卉产业的现状	15	3.3.2 营养液的配方组成	54
1.3.3 我国设施农业发展中存在的 问题及对策	16	3.3.3 营养液的配制技术	59
2 农业设施类型、结构、性能及建造	18	3.3.4 营养液的管理	62
2.1 农业设施的类型、结构及性能	18	3.4 常用无土栽培技术	65
2.1.1 农业设施的类型	18	3.4.1 深液流技术	65
2.1.2 日光温室	18	3.4.2 营养液膜技术	67
2.1.3 塑料拱棚	22	3.4.3 浮板毛管技术	69
2.1.4 现代化温室	24	3.4.4 岩棉培技术	70
2.1.5 植物工厂	29	3.4.5 袋培技术	72
2.2 覆盖材料的选择	31	3.4.6 有机基质培技术	73
2.2.1 塑料薄膜	31	3.4.7 鲁 SC 型基质水培	74
2.2.2 硬质薄膜	33	4 设施环境调控	76
2.2.3 硬质塑料板	33	4.1 光照条件及其管理	76
2.2.4 玻璃	34	4.1.1 设施栽培环境下的光照条件	76
2.2.5 遮阳网	34	4.1.2 设施光照条件的调节与控制	79
2.2.6 不织布	34	4.2 水分条件及其管理	81
2.2.7 寒冷沙	34	4.2.1 水分与植物生长发育的关系	82
2.2.8 其他覆盖材料	34	4.2.2 设施条件水分环境调控	82
2.2.9 新型覆盖材料	35	4.3 温度条件及其管理	85
2.3 日光温室和塑料大棚的设计 与建造	35	4.3.1 设施栽培的温度环境对作物 生育的影响	85
		4.3.2 设施栽培中的热量平衡	86
		4.3.3 设施的热特性	86

4.3.4 设施内温度的分布	87	5.6.4 设施土壤持续利用对策	124
4.3.5 设施内温度环境的调节与 控制	87	6 设施蔬菜栽培技术	126
4.4 二氧化碳 (CO ₂) 施肥	88	6.1 辣椒	126
4.4.1 CO ₂ 对作物生育的影响	88	6.1.1 辣椒生长发育对环境条件 的要求	126
4.4.2 设施内 CO ₂ 浓度的变化	89	6.1.2 辣椒的生活周期	126
4.4.3 温室大棚设施内增施 CO ₂ 的 技术与效果	90	6.1.3 栽培品种分类及新优品种	127
5 设施土壤基本特性与连作障碍控制	94	6.1.4 栽培技术要点	128
5.1 设施土壤的酸化及其防治	94	6.2 西红柿	130
5.1.1 土壤酸化的成因	94	6.2.1 西红柿生长发育对环境条件 的要求	130
5.1.2 影响设施土壤酸化的因素	94	6.2.2 栽培品种分类及新优品种	131
5.1.3 设施土壤 pH 值统计特征	95	6.2.3 栽培技术	132
5.1.4 设施土壤酸化的防治	98	6.3 茄子	136
5.2 设施土壤的有机质变化特征	99	6.3.1 生长发育对环境条件 的要求	136
5.2.1 北方日光温室	99	6.3.2 栽培品种分类及新优品种	136
5.2.2 塑料大棚	101	6.3.3 栽培技术要点	137
5.3 设施土壤盐渍化及改良	103	6.4 西芹	140
5.3.1 设施土壤盐分累积特征	103	6.4.1 对环境条件的要求	140
5.3.2 不同年限大棚耕层土壤的 盐分组成特征	103	6.4.2 生长发育特性	141
5.3.3 不同年限大棚土壤硝酸盐 累积特征	105	6.4.3 类型和品种	142
5.3.4 设施土壤盐渍化的改良	107	6.4.4 塑料大棚西芹栽培技术	143
5.4 设施土壤养分失调与调控	110	6.5 生菜	145
5.4.1 大棚设施土壤养分的 一般特征	110	6.5.1 生菜生长发育对环境条件 的要求	146
5.4.2 不同棚龄大棚土壤养分特征 及分析	112	6.5.2 生育周期	146
5.4.3 不同土壤剖面层次养分的 分布特征	112	6.5.3 品种类型和新优品种	147
5.5 设施土壤重金属累积与控制	113	6.5.4 栽培技术	148
5.5.1 设施土壤重金属来源	113	6.6 黄瓜	149
5.5.2 土壤重金属危害	115	6.6.1 黄瓜生长发育对环境条件 的要求	150
5.5.3 土壤重金属累积状况	116	6.6.2 类型和新优品种	150
5.5.4 防治措施	118	6.6.3 栽培技术	152
5.6 设施土壤酶与土壤微生物区系 变化	120	7 设施花卉栽培	156
5.6.1 设施土壤酶	120	7.1 香石竹栽培技术	156
5.6.2 露地土壤与设施土壤	121	7.1.1 概述	156
5.6.3 现状	123	7.1.2 生物学性状	156
		7.1.3 生长习性	157
		7.1.4 繁殖	157
		7.1.5 移栽	158

7.1.6 采收及采收处理·····	160	与防治·····	169
7.1.7 病虫害防治·····	160	8.1.2 温室生菜主要病虫害的发生 与防治·····	171
7.2 百合栽培技术·····	160	8.1.3 温室油菜主要病虫害的发生 与防治·····	174
7.2.1 繁殖方法·····	160	8.1.4 温室甜椒主要病虫害的发生 与防治·····	177
7.2.2 栽培方法·····	162	8.1.5 温室茄子主要病虫害的发生 与防治·····	181
7.2.3 栽培管理·····	163	8.1.6 温室番茄主要病虫害的发生 与防治·····	187
7.3 月季栽培管理技术·····	164	8.1.7 温室黄瓜主要病虫害的发生 与防治·····	194
7.3.1 月季与玫瑰、蔷薇的 区别·····	164	8.1.8 温室西葫芦主要病虫害的发 生与防治·····	202
7.3.2 月季的形态特征·····	165	8.2 设施花卉常见病虫害防治·····	204
7.3.3 月季主要栽培品种·····	165	8.2.1 温室玫瑰重要病害的发生 与防治·····	204
7.3.4 生态习性·····	165	8.2.2 香石竹(康乃馨)病害及其 防治·····	206
7.3.5 繁殖·····	165	8.2.3 温室红掌病害及其防治·····	209
7.3.6 栽培管理·····	166	8.2.4 温室百合病害及其防治·····	212
7.3.7 切花采收·····	166	8.2.5 温室非洲菊病害及其防治·····	215
7.4 非洲菊·····	167	8.2.6 设施土传病害控制·····	218
7.4.1 形态特征·····	167	参考文献·····	221
7.4.2 种类与品种·····	167		
7.4.3 生态习性·····	167		
7.4.4 繁殖方法·····	167		
7.4.5 栽培管理·····	168		
7.4.6 病虫害防治·····	168		
7.4.7 采收·····	168		
8 设施病虫害防治·····	169		
8.1 设施蔬菜常见病虫害防治·····	169		
8.1.1 温室西芹主要病虫害的发生			

1 设施农业发展概况

1.1 设施农业的概念与兴起

1.1.1 设施农业的概念

设施农业是在不适宜生物生长发育的环境条件下,通过建立结构设施,在充分利用自然环境条件的基础上,人为地创造生物生长发育的生境条件,实现高产、高效的现代化农业生产方式。广义的设施农业包括设施种植和设施养殖。实际上设施农业就是利用农业工程手段,通过现代设施实现部分人工控制环境的种植业和养殖业。狭义的设施农业仅指设施种植业即植物的设施栽培,通常所说的设施农业一般指狭义的设施农业,这也正是本书论述的范围。近年来,发达国家设施农业已向“工厂化农业”过渡。例如,荷兰的计算机自控连栋大型温室,以色列的半自动连栋塑料大棚,以及法国、日本等国家的封闭式循环流水鱼类养殖车间。设施农业的关键作用,就是能解决农业生产中若干必需的气候条件,包括光、温、水、气等在时间和空间匹配上的不理想。我国设施农业的特点则在于适合中国国情的简易日光节能温室和塑料大棚的发明和大面积的推广应用。设施农业(installation agriculture),是集生物工程、农业工程、环境工程为一体的跨部门、多学科的系统工程,是在外界环境条件不适的季节通过设施及环境调节,为作物生长提供适宜的生长环境,使其在最经济的生长空间内,获得最高的产量、品质和经济效益的一种高效农业。以高技术、高投入、高产出为特征的设施农业不仅代表现代农业的发展方向,而且设施农业发展的程度已经成为衡量一个国家或地区农业现代化水平的重要标志之一。

总之,设施农业是依靠现代科学技术形成的高技术产业,是农业实现规模化、商品化、现代化的集中体现,也是农业高产、优质、高效的有效措施。鉴于目前设施农业技术主要是用于蔬菜、花卉和果树的保护栽培,因而本书以这方面的理论与应用技术为主要内容进行论述。

1.1.2 设施农业的特点

设施农业包括农作物的设施栽培和畜、禽水产的设施养殖,是应用适当的工程设施,在局部空间和一定程度上控制气候环境,实施相应的从品种选择,到栽培、养殖管理全过程的综合配套技术。因此,设施农业是以工程控制气候环境和种养技术相结合为特点的农业生产体系。

设施农业系统作为农业生态系统的一个子系统,既具有农业生态系统的一般特征,也具有与一般农业生态系统明显不同的自身特点。

人的干预和控制性强,包括对种群结构、环境结构、产品形态和流通、采收与上市等都由人的干预和控制。

物质能量的投入量大,设施农业是集约化程度非常高的现代农业生产方式,自然要求有大量物质能量的投入。

具有生态、经济的双重性，属于典型的生态经济系统。

设施农业生态系统的地域差异性显著。

1.1.3 设施农业兴起的背景

早在 2000 年前我国就有利用暖房栽培葱、韭菜供皇室御用的记载，这可称得上是最早的设施农业，然而受当时设施条件和技术手段的限制，很难形成规模。新中国成立以后，特别是改革开放以来，各种类型的农业设施如雨后春笋，层出不穷，工业的快速发展和科学技术的进步为设施农业的兴起创造了有利条件。现在的设施农业早已超越早先的瓜菜花卉等园艺植物，设施类型也从简单的地膜覆盖和小拱棚发展到具有自动控制光、温的大型现代化连栋温室。

纵观设施农业发展的历史，可以说工业的发展和科技的进步是设施农业兴起并迅速发展的基础。例如，17 世纪玻璃在欧洲的问世，才有了荷兰最早的玻璃温室；第二次世界大战后塑料薄膜在美国的发明，带来了世界范围内设施农业的一场革命；今天的设施农业已成为世界各国用以克服不利气候条件的影响，大幅度提高农产品产量和品质，实现全年生产均衡上市的有效方式。与发达国家相比，中国设施农业起步较晚，20 世纪 70 年代末开始在一些大城市郊区进行以地膜覆盖、塑料拱棚和日光温室为主的保护地栽培，经过 20 多年的发展，已初具规模。

我国人口多、人均资源少，农业仍然以传统的生产方式为主，种植结构单一、生产经营水平和农业资源的有效利用率都不高。人口增加对农产品需求的与日俱增与人均占有资源数量日益减少的矛盾愈加突出，为了加快我国农业现代化进程，针对我国人口众多、资源短缺、环境恶化、农业基础设施薄弱、抗御自然灾害能力不强、环境条件控制能力差等问题，本着立足国内目前生产上存在的问题，总结提高，引进国外先进技术，消化、吸收、集成、创新，形成有中国特色的工厂化高效农业体系，超前示范，促进我国现代农业发展，同时引导我国农业从目前粗放型、传统的经营方式向现代集约高效农业转变的思路，在国家科技部的领导和组织下，“九五”期间实施了“工厂化高效农业示范工程”项目，分别由北京、上海、浙江、辽宁、广东 5 省市组织实施。“十五”期间，地处西部的云南省，努力把蔬菜、花卉设施栽培作为新的支柱产业来打造，在科技攻关项目中首次将“设施条件下关键栽培技术研究”列入重点科技攻关计划。

1.2 国外设施农业发展概况

设施农业是科技含量高，高投入、高产出、高效益的集约化生产方式，目前代表设施农业最高水平的“植物工厂”已在日本、美国建成，可实现在智能控制条件下按设计工艺流程周年均衡生产。荷兰已研制出对设施光、温、水、气等环境进行综合调控的模拟模型软件，可根据作物对环境的不同需求，由计算机对设施内的环境因子进行自动监测与调控，使设施土壤连作障碍不成为影响作物生长的限制因子。以色列在设施灌溉技术方面处于世界领先地位，其高效、节水灌溉系统可把设施土壤的盐渍化程度控制在很低水平。美国在设施栽培综合环境控制技术方面所开发的高压雾化降温、加湿系统以及夏季降温用的湿帘降温系统处于世界领先水平，已能够开发完全人工智能控制的生态环境设施，这样可使设施内的气传和土传病害大大减轻。日本的温室设施可以通过计算机将温度、湿度、二氧化碳浓度和肥料等控制在最适合植物生长发育的水平上，其开发的

设施栽培计算机控制系统可以比较全面地对设施内栽培植物所需环境进行多因素检测控制。

设施内生产管理的机械化与设施环境调控自动化是工厂化农业的重要方面,目的是提高作业与控制的精度、作业效率、作业者的安全性与舒适性,实现省力化。设施栽培作业包括耕耘、育苗、定植、管理、防治病虫害、收获、产品包装等,作业项目多,需要大量人力。同时设施内高温、高湿、通风不良的作业环境非常需要发展自动化技术,其中,包括机械化育苗技术、机器人移栽、自动喷滴灌与自动施肥技术的开发,自动控制技术能充分发挥专家和工程技术人员智慧,将人工智能、网络高新技术专家系统引进温室内,用到复杂的管理、决策及咨询中去,有效地提高设施内智能化、自动化、科学化管理水平。国外的工厂化农业新发展可概况为以下4个方面。

(1) 种苗产业非常发达

近年来国外工厂化农业技术创新与发展呈现如下特点与趋向。荷兰、日本、以色列、韩国等非常重视温室运用品种选育,能为温室提供专用的耐低温、高温、寡照、高湿,具有多种抗性、优质高产的种苗。如荷兰境内有130个种苗专营公司,种子资源有强大优势,在脱毒、快繁等方面有很高的技术水平。荷兰是世界四大种子出口国之一,有4900个品种,1200hm²生产面积,种子出口达100多个国家。日本、韩国、以色列的蔬菜种子在我国也有较大面积种植,均有良好的表现。

(2) 单产水平高

工厂化农业是资金、技术密集型高产、高效的集约化栽培方式。荷兰温室番茄年产量达到40~50kg/m²,温室黄瓜年产量为60kg/m²,商品率高达90%以上,86%的产品销往世界各地。日本、以色列、韩国、西班牙等国单位面积优质蔬菜产出率也相当高,因而农户收入水平也高。如荷兰,420hm²蔬菜温室,以生产番茄、黄瓜、甜椒为主,产值高达12亿~14亿美元。

(3) 温室日趋大型化

大型温室设施具有投资省、土地利用率高、室内环境相对稳定、节能、便于作业和产业化生产等优点。如荷兰1975~1995年间,经营0.01~0.5hm²温室面积的农户由5900户降至1660户;而经营大于2hm²温室面积的农户由101户增至442户;经营总户数由9770户下降至4690户;平均每户经营面积由0.48hm²增至0.9hm²。表现出经营农户减少,面积增加,温室设施呈现大型化、规模化、连片产业化生产的趋势。

(4) 计算机智能化温室综合环境控制系统开始普及

工厂化农业的核心是对设施内栽培环境能有效地控制,进行机械化与自动化生产,营造适于作物生长的最佳环境条件,计算机智能化调控装置系采用不同功能的传感器探测头,准确采集设施内室温、叶温、地温、室内湿度、土壤含水量、溶液浓度、CO₂浓度、风向、风速以及作物生育状况等参数,通过数字电路转换后传回计算机,并对数据进行统计分析和智能化处理后显示出来,根据作物生长所需最佳条件,由计算机智能系统发出指令,使有关系统、装置及设备有规律运作,将室内温、光、水、肥、气等诸因素综合协调到最佳状态,确保一切生产活动科学、有序、规范、持续地进行。计算机有记忆及查询功能、决策功能,为种植者全天候24h提供帮助。采用智能化温室综合环境控制系统可使运作节能15%~50%,节水、节肥、节省农药,提高作物抗病性。

1.2.1 荷兰

荷兰位于西欧北部，是一个低海拔国家，国土面积为 $4.15 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，人口 1550 多万，是世界人口密度最大的国家之一。随着荷兰城市的发展和工业化的推动，截至目前，荷兰有 58% 的土地用于农业，其中草场占 31%，耕地占 23.6%。荷兰依据本国自然资源和环境条件确定农业发展战略，经过几十年的努力探索，走出了一条适合本国国情特点的农业发展之路。荷兰由农产品进口国成为出口国，到 20 世纪 60 年代后期净出口值排在世界第四、第五位，1989 年以来稳占世界第三位，仅次于美国和法国。每年农业净出口值保持在 130 多亿美元水平，占世界贸易额的 7.5%。荷兰的主要经验如下。

(1) 政府对设施农业发展采取宏观调控及符合国情的产业政策

荷兰地势平坦，降雨充足，但光照不足，荷兰政府为使有限的土地得到高效的利用，采取了一系列符合国家气候特点和国情的农业发展战略及政策：避开需要大量光照和生产销售价格低的禾谷类作物的生产，大力发展畜牧业、奶业和附加值高的园艺作物。20 世纪 60 年代，荷兰政府以节约土地，提高土地劳动生产率为目的调整农业结构和生产布局，使农业生产向产业化、集约化和机械化发展。至 70 年代在全国范围内实行了用资金替代土地，发展高效农业的重要措施。温室农业通过从私人银行和国外贷款中获得大量资金，迅速发展起来。在 7% 的耕地上建立起 $1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 面积由计算机自动控制的现代化温室，大力开发适宜温室生产的高产值的作物品种，使园艺作物基本上摆脱了自然气候的影响，也使有限的土地产生了可观的经济效益。

荷兰温室农业的发展体现了政府宏观调控的作用。政府在国内农业发展的不同阶段所采用的宏观政策是不同的。就温室农业而言，1983~1992 年 10 年中，荷兰的温室农业增值一直呈上升趋势。主要是政府实行了补贴政策，从事温室生产的农户均可获得 50% 的政府资助。同期，从事温室农业的农民收入也成几倍上扬，几年以后政府取消了补贴政策，温室农业增值开始趋缓。荷兰政府着重致力于农业宏观产业环境的营造，其一是通过信贷政策和补贴政策，鼓励重点发展的领域和产业“快步增长”，出口创汇；其二是积极参加欧盟事务。自 1995 年 3 月“申根协议”签订以来，整个欧洲成为荷兰的农产品市场；其三是加强水利工程和环境保护的建设，促使荷兰农业高效、持续发展；其四是在有效保护农业知识产权的基础上，进一步加强对农业高新技术和信息网络技术方面的投入；其五是帮助企业组织宣传，扩大国际交流合作。

(2) 集约化、规模化、专业化的生产水平高

荷兰耕地不足，促使其比任何国家都更注重提高劳动生产率。因此，大多农业企业都采用集约化、规模化的生产方式。这种专业生产有利于设施专业化配置，降低生产成本，提高产品质量并形成规模效益。同时专业化生产促进了专业领域的研究，使企业有长足的发展后劲，也为企业赢得了良好的市场份额。

(3) 规范有序的市场经营模式

在荷兰，农产品的销售是一个完整的体系，集贸市场在这个体系中扮演了提供商品生产信息及产品质量标准，调节市场供需，控制市场进程的重要角色。规范化的市场体系为荷兰的温室产品快速进入消费领域提供了优质的服务和保障。温室企业生产的产品均标有生产厂家、注册商标和产品品牌，消费者就是通过产品品牌从市场上购买自己满

意的园艺商品。荷兰温室产品市场分类较明确，比较集中的有花卉拍卖市场、蔬菜拍卖市场、温室作业机具和专用产品市场等。

(4) 国际化的市场体系

荷兰经济具有强烈的国际导向。1992年以后，欧洲内部壁垒消除，因统一市场的影响，西欧内在潜力扩大并对成员国提供一定程度的保护，使欧洲成员国内部各种经济活动更加活跃，也给荷兰园艺产品销往欧洲市场创造了更多的机会。荷兰农业产业纷纷看准欧洲和国际市场，充分发挥优越的地理位置，利用阿姆斯特丹、鹿特丹港的海运优势，阿姆斯特丹附近的斯基辅机场优势及发达的道路系统和公共运输网络，促使其产品大进大出，使荷兰成为欧洲大陆农产品分销中心。1997年，荷兰农业生产在欧洲所占市场份额达到8%，其中果蔬占7%。温室产品中的50%出口，便捷的航运使荷兰生产的鲜切花和蔬菜在2天之内运到欧洲、亚洲及北美等国家和城市。荷兰的温室无论从规模、面积、水平都居世界前列，但截至目前，荷兰却没有一家专门制造温室的企业，温室及配套设施的生产已经形成一种高度社会化、专业化、国际化的市场体系。荷兰温室的覆盖材料、保温材料等均从比利时、瑞典等国进口。温室建造的运作主要靠温室工程公司，在荷兰具有国际输出能力的温室工程公司约有七八家，这些公司通过市场调查获得需求信息，按用户要求进行温室设计、工程预算、材料购买、工程发包等，现已从荷兰、欧洲地区提供工程服务开始向世界各地，特别是发展中国家拓展业务。目前，荷兰温室建造已在世界市场占到80%。

(5) 集成化的工业技术在温室农业中被广泛应用

荷兰的工业基础雄厚，其中化工、食品加工、机械与材料、电子工业技术尤为先进。世界级的大型公司如化工业的壳牌、食品工业的联合利华、电子工业的飞利浦在国际工业舞台上扮演着重要的角色。在高度发达的工业化影响下，荷兰温室农业也具有高度工业化的特征。温室设施本身就是工业化集成技术的产物，由于摆脱了自然气候的影响，温室园艺产品的生产完全可以实现按照工业生产方式进行生产和管理。而且不仅体现在种植过程中有其特定的生产节拍、生产周期，还体现在产品生产之后的包装、销售方面。与工业生产如出一辙，因此被称之为工厂化农业。事实上荷兰的农业特别是温室农业是被当成工业来办的。温室产业中广泛采用现代工业技术，包括机械技术、工程技术、电子技术、计算机管理技术、现代信息技术、生物技术等。工业技术植入农业生产中，已经使荷兰温室农业赋予了工厂化生产的内涵，成为工业化大体系不可分割的部分。植物工厂是荷兰最具工业生产特点的现代化农业。在生产观叶园艺植物的现代化大型自控温室中，盆观植物均置放在栽培床上，从基质搅拌、装钵、定植、栽培、施肥、灌溉、钵体移动全部实现机械运作，室内温度、光照、湿度、作物生长情况、环境等全部由计算机监控。这种采取全封闭生产、完全摆脱自然条件束缚，实现全年均衡生产的现代化农业生产经营方式，带来了全新的理念：用现代科技支持现代农业，实现科技经济一体化，是农业融入现代经济社会的必然趋势。

(6) 网络化的农业科研、教育和推广体系

知识和科技是农业创新的手段，荷兰的农业知识体系（科研，教育和推广）为农业发展提供了巨大的支撑。农业政策和相关领域科研工作由荷兰政府主管农业的行政管理机构“农业、自然资源管理和渔业部（简称农渔部）”负责。农业研究包括基础研究、

战略研究、应用研究和实际研究，这些研究与成果推广主要来自三个方面：农业科学研究院、研究站，地区研究中心，大学如著名的瓦格宁根（wageningen）农业大学。农业领域推广工作组织结构分明。面向农民和种植者的直接管理与咨询服务工作包括社会经济推广和技术经济推广，这些工作由农渔部提供资助。农民和种植者直接获利的推广工作则由农业企业自身投入。农渔部通过示范项目加速知识推广和创新成果的应用，通过政府的推广部门和民间的各种技术咨询服务组织，把新技术推广到各个农户及科研试验站。推广部门三者有利结合形成高效“农业知识网络”，通过这个网络，农业科研的最新知识和技术成果可迅速传播到每个农户，并很快在全国推广普及。为刺激农业创新，解决教育、科研和推广体制中存在的因机构和研究课题重叠所致的不必要竞争等问题，以更加适应市场化的机制，从1996年开始，荷兰实行了农业知识体系改革，其目的是为了保持荷兰农业产业的持续发展和竞争力。改革使一部分科研机构从政府的全额支持中脱离出来，逐步实现自收自支。有关基础性研究、公益性研究机构以政府通过项目委托的形式择优赋予研究任务，形成一种竞争机制，研究机构在得到项目的同时也得到政府的资金支持。但这些机构多是非政府机构、非盈利机构，一部分业务要通过市场。例如，原农渔部系统13个研究机构，现并为7个，完全自立。改革以后的农业科研机构研究经费的构成大约分为三块：近50%的经费来自政府任务，50%来自企业和农民。这种改革被称资产私有化，事实上研究机构私有化，不是资产的个人化，不是私有制，而是国有资产以银行借贷的形式由不同组织和集体机构赎买下来，改变过去完全由国家包下来的做法，是荷兰政府为科研机构注入活力，刺激科研面向生产，企业面向市场的一种有效的手段。经过资产转移和机构重组，原来重复设置的研究机构和学科实行了优化组合。

目前，荷兰从事园艺生产的农户数量在减少，但农户的平均规模在稳步扩大。温室园艺是工厂化作业，非家庭工人的比例在增加，已占总劳动力的60%。1992~1997年，从事温室园艺生产的男性工人在减少，而同期女性工人的数量却以每年0.8%的增长率递增。1987~1997年间，荷兰的耕地面积年递减率为0.2%，而温室园艺用地面积却有所增加，区域性布局也发生了变化：将具有较大温室比例的荷兰南部省份温室集中起来，进行规模化生产，逐步缩小荷兰北部的温室面积。从事温室园艺企业和农户的投资走向也主要投向基础设施和玻璃温室。保护地园艺种植占荷兰农业生产力的1/5以上，温室园艺类生产的大约有9000农户，其中，近2/3专门种植花卉或盆景植物，1/3多经营蔬菜生产。近几年，盆栽和床培植物呈现出明显的增长趋势，切花面积略有增加，但温室蔬菜种植面积稍有下降。每户园艺温室的平均面积相对较大，并仍有继续发展的前景。20世纪90年代中期以后，荷兰温室园艺在经历了不良发展之后，又出现了良好的发展势头，这主要得益于收入的恢复和政府以节约能源、减轻环境压力和改善工作条件为重要内容的园艺温室结构改造拨款计划。与此同时，荷兰政府正着手一项以增强竞争力为目标的调整生产和适应市场环境的温室种植重建计划。

重视环境保护是近年来荷兰温室产业发展的一项重要任务。按照地表水污染法的一般规定：未来几年，温室生产部门要加大对环境的投资，将实现环境有害物质对水和土壤的零排放。温室园艺部门正实施一项农业企业与政府间签订的能量保护公约，以减少二氧化碳向环境的排放。1993年，荷兰政府签署了一项针对多年作物保护计划，规定1993~2000年间彻底抑制农业对杀虫剂的依赖，减少因使用杀虫剂引发的副作用。计

划中期评估结果表明,杀虫剂的用量已明显下降。近十几年,荷兰的有机农业得到提倡和发展,合成化学杀虫剂和无机化肥的施用量在明显减少,1986~1994年,有机农业耕作面积每年平均递增34%,有机农业产品价格越来越具有竞争力。荷兰农业经济和政治结构越来越多地受到世界经济全球化和国际经济政策自由化的影响,随着贸易一体化和国际化趋势的加强,特别是欧盟一体化的趋势进一步加速,国际上对荷兰农业体系的依赖与荷兰进口农业对国际市场的依赖的份额将同时增长,农产品出口总额仍呈增长趋势,温室园艺的国际市场也将稳步持续发展。

1.2.2 日本

1.2.2.1 日本设施农业的发展

日本以设施栽培为主的设施农业的发展经历了以下4个阶段。

① 设施栽培初级阶段 在昭和二十七年(1952年)以前为设施栽培初级阶段。设施骨架是用木条、木框、竹板、砖石材料搭设的木屋、小棚、近地面的阳畦(呈平面或屋脊式简易结构),覆盖油纸、玻璃,人工调节设施内温、湿度,进行蔬菜育苗、花卉栽培,栽培水平低、面积小、管理粗放。

② 设施栽培发展阶段 20世纪50年代初期以后,首先开发出了聚氯乙烯农膜(PVC),1952年春以农林水产省、农业改良局研究部为中心,联合农业技术研究部、园艺部、东北、东海、近畿、九州、各农事试验场园艺部和全国16个都、道、府、县的农业试验场,对PVC农膜进行了育苗、简易木罩架棚、小拱棚、大棚进行全面试验,取得了投资少、产量高、方便、适应性广的良好效果。1953年进入实用化阶段,PVC棚膜覆盖温室、大棚、中小棚迅速发展,以后开发了聚乙烯膜,加快了设施结构与设施栽培技术发展。

③ 设施栽培迅速发展阶段 20世纪60年代末至70年代初,随着热镀锌薄壁钢管骨架大棚及配套设施的开发利用,设施栽培发展更为迅速,二层保温幕、节能装置、复合环境控制、营养液栽培相继实用化,以及以后的避雨栽培等也相继得到发展,逐步淘汰了竹木结构简易大棚,又开发了玻璃纤维聚丙烯板、乙烯-醋酸乙烯农膜、硬质膜、聚酯膜、反光膜等产品用于大棚温室,使其性能更加全面可靠,实现安全化生产,在农户中广泛普及。

④ 工厂化研究开发阶段 进入20世纪80年代以后,大型双屋面温室及连栋大棚得到推广,使内部通风降温设备,保温、加温设备,灌水施肥装置,温、湿度调控等作业应用环境综合调控系统,实现了管理自动化、智能化。同时发展了无土栽培,包括NFT水培、深液流水培、水气培、滴灌岩棉培、基质袋培、槽培、沙培等各种营养液栽培方式。产品采后清选、分级、包装、预冷等作业实现自动化或半自动化。80年代,在日本相继建成了近十所植物工厂,例如农用日本协和(株)S型水气培设备建立的水气培蔬菜工厂,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20cm以上,一株番茄生产13000个果实,一株黄瓜生产3300条黄瓜,一株甜瓜生产90个甜瓜,开拓了生命科学新空间,这是高度工厂化生产的典型。最大限度的发挥了植物的生命力,其特点是:(a)不用农药,生产健康无污染绿色食品;(b)不用土壤,生产环境卫生、洁净;(c)产品富含各种维生

素；(d) 生育期提早，产量惊人；(e) 周年利用；(f) 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。

1.2.2.2 日本设施栽培现状与趋势

(1) 设施栽培现状

目前日本农户大量采用的设施是塑料钢架大棚，占到设施栽培总面积的80%，大棚的跨度有5.4m和4.5m两种，高度2.6~2.7m，棚架标准化，骨架为热镀锌薄壁钢管，可使用15年以上；也有用单栋管架棚连接成连栋棚，上都有排水沟，这可节省耕地，利于环境调控管理。除此以外，还有比大棚面积更小的中、小拱棚，其骨架多采用钢管。塑料大、中、小棚覆盖功能性聚氯乙烯农膜，约占80%（日本与欧美国家不同之处），具有耐候、流滴、防雹、阻隔紫外线、防病等多种功能，1985年后，随着聚乙烯功能膜的开发与普及，聚乙烯膜所占份额不断上升，其中，PO系特殊膜，使用期达5年以上。塑料大棚、中小棚主要用作春提前、秋延后栽培，并采取多层覆盖（如双层幕）保温，或用双拱架双层大棚或大棚套小棚，提高保温效果，二层覆盖材料为不织布或专用薄膜。栽培作物为番茄、茄子、甜椒、萝卜、生菜、西葫芦、南瓜、西瓜、甜瓜、菠菜、油菜等，可提早1个月和延后1~2个月收获，栽培技术规范系统，达到优质高产。炎夏季节覆盖遮阳网、防虫网或不织布等材料，栽培省力化、规范化。在农协、农业普及所的指导和帮助下，少数农户、设施园艺团体、高等学校或农业试验场以及先进设施园艺栽培大户、某些相关联的大公司、大企业，进入20世纪80年代后期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4~6m，宽度10m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。炎夏季节有的覆盖透光率为30%~60%遮阳布或普通遮阳网、不织布等覆盖材料，并可强制通风，淋水等降温、降温。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，为作物生育创造最佳的环境，种植高档园艺作物，如草莓、番茄、甜瓜、西瓜、黄瓜、茄子、甜椒等瓜果菜类，还种植部分少量的叶菜类，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。日本十分关注国外设施栽培发展动向，为了尽快提高日本园艺设施及配套设备水平，1997年，自法国、意大利、德国引进具有代表性的大型温室，1998年4月基本建成，旨在根据日本的气候和栽培特点，吸收国外先进温室结构与栽培经验，立足国内，消化吸收，全面改进提高日本温室结构与性能，主要引进的温室类型有以下几种。

① 法国双层充气大棚 高5~6m，拱圆形顶及侧边为双层可充气膜，骨架稀疏、体轻，省材质，边部开启高度1.5m，肩部向顶部的朝上方开窗，开窗方法自动化，覆盖耐候聚乙烯膜，多层覆盖，造价1200万~1500万（日）元/1000m²。

② 意大利薄膜温室 四栋（千叶、爱知、福岛、农户）双屋面连栋薄膜温室，高5~6m，顶部一侧可全部启闭，侧窗可开闭，有多层覆盖，电动作业，在风速10m/s时可自动关窗。使用期20年，造价2400万（日）元/1000m²。

③ 德国温室 侧边高4m，大型高形化，利于通风，跨梁6m，顶窗开启时两窗扇通过底部滑轮向中间收缩，即两窗呈合起状，实现顶部达到百分百的通风面。通风性

好，抗风强。

④ 日本米可多农业协同组合 1992 年自荷兰引进玻璃温室，内部配置栽培床，设置 NET 水培养液，自控装置（液温、EC 值、pH 值）及配套设备，造价 10 万（日）元/ m^2 ，农协和国家投资 60%~70%，自筹 30%~40%（3 万~4 万日元/ m^2 ），已经运营 6 年。室内有银条二层幕遮阳网， CO_2 施肥，栽培床自动移动装置，育苗装置、运输车等。播种、定值、收获、苗床清洗，人工作业。

（2）设施栽培发展趋势

① 20 世纪 80 年代中后期，中小拱棚面积缩小，改建温室大棚，并使其面积持续增加，其中大型双层面高性能温室增加较快。

② 夏秋季节防雨栽培，在 20 世纪 80 年代中期后急剧增加，1991 年达 $1.14 \times 10^4 \text{hm}^2$ ，较 1989 年增加 13%，不织布浮动栽培 1991 年达 $0.533 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。

③ 设施栽培中有加温设备的 10%，其中以石油燃料的占 94%，在设施中心精心管理、设置变温管理装置占 49%，降低能耗。1991 年营养液栽培面积 473hm^2 ，主要为蔬菜，花卉面积较以前增加 2.6 倍，增长最快。

④ 1991 年以前 6 年中，设施栽培增长最快的是北海道，增长 300%，冲绳增长 270%，福岡增长 260%，形成南北大幅度增加，而中部适宜地区增长变缓的趋势。

⑤ 栽培作物多样化 据园艺作物上市统计，1972 年共 40 种，以后每年增加；1986 年达 80 余种；1989 年上市栽培的大宗种类面积在 200hm^2 以上的有 17 种，总计达 100 种以上，果树设施栽培有落叶果树 12 种，长绿果树 23 种，以及一些小品种共达 40 余种。花卉设施栽培普及很快，其中鲜切花 18 种，盆（钵）栽花 10 种，还栽培如仙人掌等多肉植物、草花类、切枝类、切叶类等。

⑥ 栽培设施多样化 设施覆盖栽培目的是保护作物抗御不良的外界环境，覆盖有增温、保温（气温、地膜），防高温、防旱、防锈、防高湿的水分调节，防风、防虫、防鸟害以及防霜冻低温危害，旨在为作物创造一个适宜环境。随着生产需求与科研的深入，1964 年开始青岐县农民应用，由农业试验场研究整理、系统配套的避雨设施栽培 1989 年达 10156hm^2 ，蔬菜占 50%，其次是果树，主要是葡萄，花卉中以茶花最多，1991 年增长至 11413hm^2 ，增长 12.4%。

总之，通过吸收国外先进温室结构与栽培经验并结合国内气候和栽培特点，日本设施农业发展十分迅速。发展趋势可概括为以下 5 点：（a）中小拱棚面积缩小，大型双层面高性能温室增加较快；（b）夏秋季节防雨栽培面积增加；（c）设施栽培中以降低能耗为目的设置变温管理装置数量增加，蔬菜、花卉营养液栽培面积增长最快；（d）设施栽培形成南部和北部大幅度增加，而中部适宜地区增长变缓的趋势；（e）栽培作物多样化。另外，应用不织布进行浮动栽培已经普及，目的是保温、防冻、防异常变温、防风、防虫、防鸟等。

1.2.3 美国

美国设施农业始于 20 世纪 50 年代，到 20 世纪 70 年代中期，主要以芝加哥为中心的大片温室为主。据不完全统计，到目前为止，美国有 9250hm^2 温室，主要分布在南方的加利福尼亚州、亚利桑那州和东南部的佛罗里达州。在美国的北部，只发展冬季不加温的塑料大棚，而把温室企业发展中心转移到南方，可以节省大量能源。美国南部与北部相