

中国设施园艺

区域发展研究

吕英民 张振贤 王秀芹 主编



中国林业出版社

中国设施园艺

区域发展研究

吕英民 张振贤 王秀芹 主编

中国林业出版社

国家“十一五”科技支撑计划
“设施园艺技术标准研究”(2006BAD07B10)资助出版

主 编: 吕英民 张振贤 王秀芹
副 主 编: 程堂仁 张强英 高寿利 王舒黎
编写人员: 吕英民 张振贤 王秀芹 程堂仁 张强英 高寿利 王舒黎
张英杰 李婷婷 吴沙沙 刁义维 李 彦 吴锦娣 焦雪辉

图书在版编目(CIP)数据

中国设施园艺区域发展研究 / 吕英民, 张振贤, 王秀芹主编. -- 北京: 中国林业出版社, 2010.8

ISBN 978-7-5038-5909-0

I. ①中… II. ①吕… ②张… ③王… III. ①园艺—

保护地栽培—区域发展—研究—中国 IV. ①F326.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第167538号

中国林业出版社·环境景观与园林园艺图书出版中心

责任编辑: 贾麦娥

装帧设计: 张 丽

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

电话 010-83227584

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京画中画印刷有限公司

版次 2010年9月第1版

印次 2010年9月第1次

开本 210mm×285mm

印张 7.75

定价 60.00元

前言



设施园艺作为现代农业发展的一种重要体现形式,集合了土地、劳动力、资金和技术等要素,是高投入、高产出的集约型农业。我国不同区域自然条件、社会、经济条件的差异性,决定了不同区域设施园艺发展模式的不同。目前国内有关设施园艺的区域性及适应性研究比较薄弱,区域的划分比较粗略,很多研究是基于单一地区、单一类园艺作物或单个技术环节的,缺乏全国范围内的系统研究。如何在全国设施园艺产业发展的基础上,把握整体,对各区域进行合理有序的规划非常有必要。

本书通过调查研究、系统综合、个例分析等方法,深入设施园艺产业的重点发展区域,调查了全国6个省(山东、江苏、广东、陕西、甘肃、云南)、2个直辖市(上海、北京)的35个县、市,基本涵盖了设施园艺产业的重点发展区域。分析了我国不同地区设施园艺发展现状、设施园艺发展类型、区域设施园艺发展优势和劣势等特点,对不同地区设施园艺区域发展模式进行了系统深入的研究。紧紧围绕“区域特色”展开分析研究,因地制宜,制定不同地区特定条件下适合的区域发展模式,最终真正实现设施园艺安全高效生产。经过研究分析,得出以下结论:

(1)建立了全国不同地区,主要是以山东、上海为中心的华东地区,以北京为中心的华北地区,以云南为中心的西南地区,以广东为中心的华南地区,以陕西为中心的西北地区主要设施类型数据库,详细记录了不同设施类型的结构参数、基本性能和适用范围;

(2)根据各地区设施园艺产业的发展基础和特色,特别是设施花卉产业,分析了全国的设施园艺产业区划;以传统行政区划为基础,对华北地区、华东地区、华南地区、西南地区和西北地区分类汇总,提出了不同地区设施园艺产业发展的优势和不足,重点发展的设施类型、设施栽培园艺作物和设施产业区划。并在此基础上,根据不同地区的自然、社会、人文条件制定了区域设施园艺发展规划,探讨了设施园艺区域发展模式。并在此基础上,制定了草莓和非洲菊的生产技术规范。

本研究为中国设施园艺的产业区划和地区农业结构调整与布局提供了参考依据,并探讨了设施园艺技术标准的最新研究进展,具有一定的利用价值。

编者

2010年8月5日

目 录



1 引言	1	3.2.1 我国花卉产业的规模与产值	40
1.1 设施园艺的概念、内容与特点	1	3.2.2 我国花卉产业的主营产品	44
1.1.1 设施园艺的概念	1	3.2.3 设施花卉经营实体	44
1.1.2 设施园艺的内容	1	3.2.4 全国主要城市设施花卉产业分析	45
1.1.3 设施园艺的特点	1	3.3 设施园艺区域发展分析	52
1.2 国内外设施园艺发展历史、现状和前景	2	3.3.1 华北地区	52
1.2.1 国外设施园艺发展	2	3.3.2 西北地区	57
1.2.2 国内设施园艺发展历史、现状和前景	4	3.3.3 华东地区	63
1.3 研究的目的和意义	10	3.3.4 华南地区	70
1.4 研究内容	11	3.3.5 西南地区	72
1.5 技术路线	11	4 设施园艺区域发展模式基础理论研究	76
2 我国设施园艺设施类型数据库的构建	12	4.1 研究方法	76
2.1 研究方法	12	4.2 研究内容	76
2.2 研究内容	12	4.2.1 设施园艺区域发展模式建立的指标选择	76
2.3 塑料大棚温室	13	4.2.2 设施园艺区域发展模式建立的原则	76
2.3.1 我国塑料大棚的类型	13	4.2.3 区域发展模式指标评价分析	77
2.3.2 塑料大棚的性能分析	17	5 不同地区设施园艺区域发展模式的建立 ...	85
2.4 日光温室	17	5.1 西北地区设施园艺区域发展模式	85
2.4.1 日光温室概述	17	5.1.1 陕西省	85
2.4.2 日光温室的结构类型	18	5.1.2 甘肃省	86
2.5 现代化温室	33	5.1.3 西北其他地区	86
2.5.1 华东型连栋温室	33	5.1.4 设施类型区划	87
2.5.2 华南型连栋温室	33	5.1.5 西北地区日光温室设施区划方案	88
2.5.3 华北型连栋温室	35	5.2 华北地区设施园艺区域发展模式（以北京市为例）	88
2.5.4 Venlo型温室	36	5.2.1 设施园艺产业发展区位分析	88
2.5.5 小结	37	5.2.2 设施园艺产业发展模式	89
3 我国设施园艺区域发展现状研究	38	5.3 西南地区设施园艺区域发展模式	91
3.1 全国不同地区设施园艺产业现状	38	5.3.1 设施园艺发展模式建立的基础理论分析	91
3.2 设施花卉区域发展现状	40		

5.3.2 西南地区设施园艺区域发展模式的建立	92	6.2 研究内容	98
5.4 华东地区设施园艺区域发展模式	94	6.3 结果与分析	98
5.4.1 山东省	94	6.3.1 标准的分类	98
5.4.2 上海市	95	6.3.2 设施园艺技术标准化研究内容	99
5.5 华南地区设施园艺区域发展模式（以广东省为例）	97	6.3.3 设施园艺标准化制定情况	99
6 设施园艺区域发展模式下的技术标准研究	98	6.3.4 设施园艺生产技术标准拟定研究	106
6.1 研究方法	98	参考文献	116

Contents



Preface

1 Introduction

- 1.1 The concepts, contents and features of protected horticulture 1
- 1.2 The history, current status and prospects of external and internal protected horticulture 2
- 1.3 The purpose and significance of the study 10
- 1.4 The contents of the study 13
- 1.5 The technical line of the study 11

2 Construction of protected horticulture database of China 12

- 2.1 The methods of the study 12
- 2.2 The contents of the study 12
- 2.3 Plastic shed greenhouse 13
- 2.4 Solar greenhouse 17
- 2.5 Modern greenhouse 33

3 The study on current situation of regional development of protected horticulture in China 38

- 3.1 The current situation of protected horticulture industry in different area of China 38
- 3.2 The current situation of regional development of protected flowers 40
- 3.3 The analysis of protected horticulture regional development 52

4 The study on the basic theory of regional development mode of protected horticulture 76

- 4.1 The methods of the study 76
- 4.2 The contents of the study 76

5 Establishment of regional development mode of protected horticulture in different area 85

- 5.1 Protected horticulture development models of Northwest China 85
- 5.2 Protected horticulture development models of North China 88
- 5.3 Protected horticulture development models of Southwest China 91
- 5.4 Protected horticulture development models of East China 94
- 5.5 Protected horticulture development models of South China 97

6 The study on technical standards basing on regional development mode of protected horticulture 98

- 6.1 The methods of the study 98
- 6.2 The contents of the study 98
- 6.3 Results and analysis 98

references 116

1 引言



1.1 设施园艺的概念、内容与特点

1.1.1 设施园艺的概念

不同的发展时期,不同的地区,不同的研究人员,对设施园艺的概念有着不同的理解。本书综合查阅到的文献,主要有以下4种:

①“设施园艺是指采用各种保护设备与方法,进行蔬菜与花卉等作物生产,主要包括塑料薄膜覆盖、塑料小棚、塑料温室和现代玻璃温室等类型”(中国农业科学院,1991)。

②“设施园艺是利用温室、塑料大棚等保护设施栽培蔬菜、花卉等园艺作物的生产方式,这些设施需要有一定的大小和高度,人可以在其内站立,操作自如”(《农业大词典》,1998)。

③“设施园艺是指在不宜园艺作物(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”(张福漫,2001)。

④“设施园艺是指在外界自然条件不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”(胡繁荣,2003)。

1.1.2 设施园艺的内容

设施园艺学是一门多学科交叉的应用性学科,集建筑工程、环境工程、生物工程为一体,内容丰富,涉及领域广泛,主要包括设施园艺技术的发展概况、在农业中的地位、园艺栽培设施的类型、结构与性能、覆盖材料的种类和性能、开发与应用、设施环境特性及其综合调控、设施作物育苗技术、主要设施作物生产栽培技术,其中包括种苗技术、植保技术、采后加工技术、无土栽培技术、设施设备标准化与规范化技术、农业机械化、自动化、智能化(张福漫,2006)。随着科技的不断进步,设施园艺生产自动化栽培技术成为设施园艺学研究的重点内容,同时对生态环境的要求越来越高,生态农业成为当今设施园艺学的热点内容。

1.1.3 设施园艺的特点

设施园艺已经成为现代农业中非常重要的一部分,在山东、辽宁、河北等地设施园艺产业已成为当地的支柱产业,它以工程技术、工业技术、信息管理技术和装备为基础,在很大程度上提高了土地利用、劳动生产率、产品商品率等,具有传统农业不可比拟的优势。

(1) 高投入、高产出,技术和劳动密集型产业
设施园艺产业是一项高投入的产业,以日光

温室为例,最简易的干打垒竹木结构草苫保温日光温室,造价在33元/m²以上,草苫换成棉被需再增加投资15元/m²以上;砖、混凝土无立柱钢架结构温室造价为90~120元/m²,尚不包括水、电、路等基础设施建设(王宏丽等,2008)。同时受到配套设备增加和物价上涨等因素影响,温室的建筑成本也在不断上涨,由最初土温室10元/m²,增加到现在100元/m²以上,部分现代日光温室甚至达到300元/m²(潘百涛等,2008)。而大型连栋温室造价就更加昂贵,以PC板温室为例,全PC板造价约为500元/m²。但同时设施园艺也是一项高附加值、高产出的现代化产业。根据抽样调查分析显示,设施园艺生产的年综合平均产值20.22元/m²,年净产值15.68元/m²,比露地生产高3~5倍,投入产出比达到1:4.45。2008年,全国设施园艺产值为7079.75亿元,占园艺产业的51.31%,占种植业的25.25%,相当于畜牧业的34.39%,是渔业的1.36倍、林业的3.29倍。其中设施蔬菜播种面积444.45万hm²,产量2470亿kg,产值6769.71亿元,净产值5248.98亿元,用22%的蔬菜播种面积,创造了36.84%的产量、63.1%的产值、61.54%的净产值(设施园艺发展对策研究课题组,2010)。同时,设施园艺学是跨部门多学科的综合科学,内容丰富,为劳动和技术密集型产业。作为一门新兴产业,设施园艺具有广阔的市场前景和强大的生命力。

(2) 人工创造适宜小气候,反地域、反季节进行农业生产

设施园艺中的温度、光照、湿度、水肥、土壤条件、植物营养以及综合环境条件都可以人工调控,因此可以根据当地的气候、地理、人文和社会、经济条件自主选择设施类型、栽培作物、设施设备和技术,进行实时实地的农业生产,从而可以创造植物生长的适宜环境,提高农业生产率。

(3) 有利于高效利用资源,建设节约型社会

中国是一个水资源和土地资源严重缺乏的国

家,人均水资源占有量为2300m³,是世界人均水平的1/4。同时人均耕地是世界人均平均水平的1/3,据推测,2010年,我国人均耕地为0.09 hm²,2020年,人均耕地仅为0.07hm²。同时在经济的发展过程中,存在着资源的严重浪费和不合理利用,设施园艺借助于现代化农业设施、设备、计算机技术,可以在很大程度上实现资源的有效利用,节约能源,实现可持续发展。

(4) 有利于促进农业产业化、现代化、集约化和标准化

设施园艺涉及多门学科,依托于现代生物技术、现代工程技术、现代信息技术和现代管理技术,因此可以在很大程度上把握植物生长规律,为植物生长创造最佳环境条件,克服部分自然因素的制约;人工调配资源,实现资源的合理配置,发挥农业资源的最大效益;同时结合现代化农业设备和计算机技术,吸收高科技人才、现代化设备和管理经验,最终实现设施园艺产业现代化、标准化生产。

1.2 国内外设施园艺发展历史、现状和前景

1.2.1 国外设施园艺发展

1.2.1.1 国外设施园艺发展历史和现状

人类从何时开始进行设施栽培生产尚无准确的定义,据记载,国外保护地栽培的最早记载为柏拉图(公元前4世纪)在他的著作中提及的植物保护地栽培,罗马哲学家Seneca于公元1世纪记载了农民用云母片和半透明的滑石板做覆盖材料,利用太阳光热进行黄瓜的早熟栽培。

设施栽培的真正兴起大约是17世纪前后,15~16世纪,英国、荷兰、法国和日本等国家就开始建造简易的温室,栽培时令蔬菜或小水果(高峰等,2009)。日本江户时代庆长年间(1596~1615)静冈县采用草框油纸窗温床培育早春苗,进行瓜果类蔬菜的早熟栽培。到了16、17世纪,欧洲各地形成了

设施栽培蔬菜的技术；1684年，英国伦敦郊外的Chelsea农场，在双层的建筑物的一层用玻璃围住进行作物促成栽培，到1717年，开发成屋顶和四周都用玻璃覆盖的温室，17世纪法国、德国也相继有了温室生产。美国的温室是16世纪随着欧洲的移民而引入，18世纪初有了文字记载，19世纪初各地推广改进温室，19世纪中叶成立了温室建筑业；第二次世界大战期间，英国和美国的军人在荒岛上用无土栽培技术生产蔬菜，形成了工厂化农业的雏形。1994年，借助于工程技术，美国建立了第一个植物人工气候室，开展了植物对自然环境的适应性和抗御能力的基础研究和应用研究(现代温室园艺，2005)。

19世纪后期，温室栽培技术从欧洲传入美洲及世界各地，中国、日本、朝鲜等国家开始建造单屋面温室。20世纪60年代以来，设施园艺在世界各国取得了飞速的发展，生产型高级温室开始建成。奥地利最先建成了番茄生产工厂；美国成功研制无土栽培技术，使温室栽培技术产生一次大变革。到20世纪70年代以后，日本、美国、荷兰、以色列、英国等国家相继致力于工厂化设施园艺的研究与开发，形成了一套完整规范的技术体系(张英等，2008)。到目前为止，荷兰共有1.2万 hm^2 大型连栋现代化温室，是世界上拥有最多、最先进玻璃温室的国家，并能全面有效地调控设施综合环境条件，生态农业发达，商品率高达90%以上，86%产品出口销往世界各地；日本也是设施园艺大国，是世界上果树设施栽培面积最大、技术最先进的国家，设施园艺水平居世界前列，目前日本拥有温室总面积达5.4万 hm^2 ，在环境调控和封闭式育苗技术等方面取得了令人瞩目的成就；以色列是一个缺水的国家，依靠先进的设施园艺技术在沙漠地带的不利自然条件下，设施园艺生产达到较高水平，现拥有温室0.3万 hm^2 ，多数为现代化大型连栋温室，温室的设备材料、滴灌技术和种植技术均属世界一流(高峰等，2009)。此外英国、韩国、美国、德国等国家都是设

施园艺产业较发达的国家。

1.2.1.2 国外设施园艺发展新特点

(1) 设施产品多样化、特色化、专业化、规模化

依托于现代化农业技术，设施园艺产品呈现多样化特点，一些能产生高附加值的植物，如香料、特种植物、工业用原料植物、药用植物、食用菌及其他特种观赏植物等都已成为温室栽培的主要品种，温室类型和栽培品种趋于多样化。而且各国结合自己的经济、自然条件，行成了自己独特的设施园艺产品，以花卉为例，荷兰重点发展花卉种苗、种球、鲜切花等生产；美国则在草花、花坛花卉及盆花方面领先；同时哥伦比亚、以色列、日本等国家在国际花卉市场也占有相当的分量。

(2) 设施设备先进，生产力发达

随着经济技术在设施园艺产业的不断渗透，各国设施产业专业化和规模化程度加强，在农业技术先进的国家，每栋温室的面积都在0.5 hm^2 以上，便于进行立体栽培和机械化作业；未来的计算机人工智能系统和气象站、种苗公司、生产资料、病虫害测报等相连接，不仅做到栽培环境全自动控制，而且可综合分析农资市场、气象、种苗、病虫害等情况，进行产量、产值的预测，为生产者提供更为广泛的信息情报和确切的决策依据。在国外，机器人的研发应用已被广泛重视，并取得初步成果。如日本、韩国研究开发了瓜类、茄果类蔬菜嫁接机器人(高翔等，2007)。以色列的温室设备材料、滴灌技术、种植技术及栽培品种的开发和培育均属世界一流，尤其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(Sinaia, 2007)。温室配套设备不断现代化，以水暖锅炉为主、点燃装置全部自动化的加温系统，电动天窗机构、手动及电动侧窗通风系统，内保温及外遮阳系统， CO_2 增肥系统，轴流风机、水肥及营养液一体化供给设备，新型覆盖材料，多功能、小型、轻便、高性能的设施园艺耕作

机具、播种育苗装置等,设施园艺产业专业化程度加强。

(3) 栽培技术先进,无土栽培应用广泛

无土栽培发展迅速,成为主要栽培方式,无土栽培具有节水、节能、省工、省肥、减轻土壤污染、防止连作障碍、减轻土传病虫害等多方面优点(高峰等,2009)。无土栽培有多种形式,但以简便、实用、投资少、效益高的岩棉培、袋培、浅层营养液培(NET)三种形式应用面积较大(吉红,2007)。据资料表明,全世界设施栽培面积大约为60万 hm^2 。面积在1万 hm^2 以上的国家有日本、西班牙、荷兰、美国、韩国、土耳其;面积在3000~5000 hm^2 的国家有加拿大、意大利、英国、葡萄牙、罗马尼亚、希腊;面积在1500~2000 hm^2 的国家有以色列、德国、比利时、智利、保加利亚、突尼斯、埃及等(张英等,2009)。目前,世界上已有100多个国家将无土栽培技术用于温室生产,在发达国家的设施园艺中,无土栽培与温室面积的比例,荷兰超过70%,加拿大超过50%,比利时50%;欧共体明确规定,进入21世纪,所有欧共体国家园艺作物要全部实现无土栽培。

此外,温室生产由成本高的地区向成本低的地区转移;采用机械化、工程化、自动化技术,实现温室技术质量标准化、加工工艺流程化、经营管理科学化的运营模式是世界各国都在追寻的目标;温室环境控制和作物栽培管理向智能化、网络化化发展;温室节能技术成为研究的重点。

1.2.2 国内设施园艺发展历史、现状和前景

1.2.2.1 我国设施园艺历史与现状

我国设施园艺栽培历史可以追溯到公元前2世纪,据汉代学者卫宏所撰《诏定古文官书序》记载,“秦既焚书,遭密令冬种瓜于骊山坑谷温处,瓜实成”。但是关于这段记载的可靠性尚有争议。我国种植植物温室始建于汉朝(公元前206年至公元

23年)。西汉都城遗址汉未央宫,内有扶荔宫和温室殿,种植荔枝及南方引进的植物。《汉书卷八十九·诏信臣传》中记载:“太官园种冬生葱韭菜茹,覆以屋庑,昼夜燃蕴火,待温气乃生,信臣以为此皆不时之物”(蔬菜栽培学,1961)。这段史料比较详细地记载了生产场所、加温方式和种植作物,证明我国至迟在汉代已经有了保护地栽培蔬菜技术。《植物名实图考》也说到:“北地冬寒,培韭黄味美,即汉时温养之类”。

到了唐朝,公元618~907年,人们开始利用温室种植瓜类和花卉。诗人王建在宫前早春诗中曰:“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”,这是用温泉水进行促成栽培的描述(北京农业大学,1980)。

宋朝是我国设施园艺产业发展的一个重要时期。由于市场的需要,大大促进了当时花卉业的发展,花卉栽培技术趋于精细,创造了许多促成栽培新技术。其中最著名的为周密著《齐东野语》中记载的南宁临安马塍所创造的堂花法,即利用纸窗温室进行反季节栽培:“凡花之早放者名曰堂花,其法以纸饰密室,凿地作坎,缚竹置花其上,粪土以牛溲硫磺,然后置沸汤于坎中,少候,汤气熏蒸,则扇之微风,盎然盛春融淑之气,经宿则花放矣”(北京农业大学,1980)。

元朝时园艺种植业有了进一步的发展,蔬菜栽培技术也有新的创造,阳畦风障韭韭技术,在农书中已有记载。据王祯《农书》记载:“至冬,移根藏以地屋荫中,培以马粪,暖而即长;高可尺许,不见风日,其叶黄嫩,谓之韭黄。”又言:“就归畦内,冬月以马粪覆阳处,随畦内蜀黍篱障之,用遮北风。至春,其芽早出;长可二、三寸,则割而易之,以为尝新韭。”明清时期,随着商品经济的进一步发展,传统保护地栽培技术在京郊得到更多应用和发展,出现了专门为宫廷提供鲜花的专业养花区,利用火室、火坑、风障、阳畦种菜已经非常普遍(北京市郊区蔬菜栽培技术调查组,1956)。

明清时期,商品经济的发展和城市的繁荣,助长了社会上对反季节花卉、蔬菜瓜果的需求,保护地栽培面积有所扩大,栽培技术不断提高。明代(1368~1644年)王世懋所撰《学圃杂疏》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,以备春盘荐生之用。”以后又相继创北京式的土温室和改良式温室。到清代末期,出现了现代意义上的温室,其结构形式为一面坡式,以玻璃作为透光材料,夜间采用草帘保温(北京农业大学,1980)。

中华人民共和国成立后,人民生活水平不断提高,普通老百姓对反季节蔬菜也有了需求。蔬菜周年供应问题被列入国家制定的1956~1967年12年科学技术发展远景规划中蔬菜研究的中心问题,标志着政府开始介入并成为设施园艺发展的重要推动力量。为了尽快推广保护地栽培技术,1956年,农业部组织全国各地25个单位的蔬菜干部33人,组成北京市郊区蔬菜栽培技术调查组,对京郊蔬菜栽培技术进行了全面调查。这是国家第一次有组织、有计划地开展保护地栽培调查总结工作,堪称新中国保护地生产发展的开端,同时也带动地方政府开展了对本地保护地生产技术的总结和推广(北京市郊区蔬菜栽培技术调查组,1956)。

20世纪60年代末,我国的设施园艺始终徘徊在小规模、低水平、发展速度缓慢的状态。70年代初地膜覆盖技术引入我国,对保温、保墒起到了一定的作用。由于经济发展、生产需要和技术进步,80年代,相继出现了塑料大棚和温室。90年代开始,我国设施园艺逐步向规模化、集约化方向发展,技术水平有了大幅度提高。现代设施园艺已超越早先的瓜、菜、花卉等园艺作物的范畴,广泛地用于特种作物、水产养殖、畜禽饲养、林果生产等诸多农业领域(王晓卿,2003)。90年代中期开始,我国现代温室快速发展。至1998年共引进温室175.4hm²。引进的国家有荷兰、法国、以色列、西班牙、美国、日本、韩国等,基本涵盖了现代温室发达的国

家和地区;引进温室的主要类型包括单屋脊和双屋脊的大型连栋玻璃温室,拱圆形、锯齿形、双层充气和双层结构的塑料膜温室,以及聚碳酸酯板(PC)温室等,代表了现代温室的所有类型;引进温室的配套设备包括遮阳、通风、降温、加温、保温、自动控制和计算机管理,以及栽培床、活动苗床、喷滴灌、自走式采摘车、自动化穴盘育苗、水培设备等,也基本包括了所有先进的配套设备(张红萍等,2004)。

我国在“九五”、“十五”期间,在科技部的领导和组织下,实施了“工厂化高效农业研究与示范”项目,我国农业工程科技人员利用引进的现代化温室设备及配套技术,通过消化、吸收与技术创新,进行了品种选育、设施栽培、配套设备及温室中温度、湿度和CO₂等环境因子综合调控技术的研究与攻关。一大批科技成果相继诞生,有效地促进了我国设施园艺的发展。国内先后出现了一批农业科技园区和设施种植企业,以及温室设备及配套材料生产厂家,有力地推动了我国温室制造业和设施种植业的发展,我国的设施蔬菜、花卉等产业取得了突飞猛进的发展。在消化吸收国外先进技术的基础上,我国还进行了具有自主知识产权的工厂化生产专用蔬菜品种的选育,初步建立了温室黄瓜、番茄栽培环境、生产、管理专家决策支持系统,并对上述品种的高效栽培模式进行了研究,对蔬菜工厂化育苗技术、花卉苗木工厂化栽培快繁技术、雄蜂授粉繁育技术等进行了开发,取得了可喜成果。同时针对食品安全问题,进行了生物制剂、控释肥、蔬菜采后无公害处理、设施蔬菜有害残留快速检测技术的研究,初步建立了规范化、标准化的栽培技术体系,有效提高了我国主要园艺产品的市场竞争力。

硬件方面进行了系列现代化连栋温室的研究开发、辽沈型日光温室结构优化与改进、西北型单跨及双跨日光温室的开发以及大型现代连栋温室冬季保温与夏季降温配套工程技术、温室配套生产设施的研究,推出了13种优化棚室构型,15种综合利用

和立体种植模式,黄瓜、番茄、辣椒、韭菜、芹菜等主要设施蔬菜栽培技术规范,以及嫁接育苗、设施环境调控为主的蔬菜病虫害综合防治等 9 项新技术。此外在微雾蒸发降温、雾帘降温、集中雾化降温、覆盖材料、滴灌设备、热风补温系统的研制及相关试验,均取得了相应成果。如北京市农业机械研究所研发了具有我国特色的节能日光温室及适用于不同领域的新型系列温室、现代化温室环境智能控制系统等设施;国家农业信息技术研究中心进行了温室环境监控系统和决策支持系统的研究开发;北京农林科学院蔬菜研究中心开展了蔬菜品种选育与高效栽培技术研究;中国农业大学以及中国农科院蔬菜花卉研究所在环境控制与栽培技术等方面进行了卓有成效的研究。但在设施园艺生产关键技术方面还有许多问题值得进一步研究。目前,国内从事温室制造的企业已从 20 世纪 80 年代的 5~6 家发展到 300 余家,中国农业科技示范园区已发展到 4000 多个,其中地市级以上的农业科技示范园已达 500 多个(科技部“十五”工厂化高效农业示范工程项目)。

1.2.2.2 我国设施园艺存在的问题及发展对策

(1) 我国设施园艺存在的问题

我国设施园艺的发展为丰富设施园艺产品,提高人民的生活水平,做出了巨大贡献。但与国外设施园艺发达国家相比,我国设施园艺产业整体发展水平还很低,归结起来主要有以下几方面:

① 区划体系不完善,缺乏系统布局

目前我国设施园艺的迅猛发展存在一定的盲目性,高科技示范园区遍及全国,但内容雷同。设施园艺有较强的地域性,必须因地制宜才有效果。而目前一些地区或单位,没有从当地的实际情况和气候特点出发,盲目模仿别人,不惜重金进口外国大型温室,甚至还有个别领导把园艺设施建设作为“形象工程”,“政绩工程”,只顾建设而没有明确的生产目的,效益很差。这些现代化温室冬季需要加温,

夏季还需降温,耗能多、运行成本高,不适合中国国情,加之缺乏高素质的管理人才和“大锅饭”的管理体制,使得生产不但不能赢利,还严重亏损,体现不出高科技示范作用,挫伤了生产者的积极性,对今后设施园艺工程的发展带来负面影响。

目前,我国的设施园艺基本分成三种形式:第一种是现代化科技园区,多由政府投资兴办,一大二公,其中问题不言而喻;第二种是农民自己的设施产业,农民自主经营,靠市场调节,没有系统的生产、销售与服务机制;第三种是私人投资兴建的设施园区,经营方式具有一定的竞争力,但也遭受行业外部无序的软环境之苦,同样无法应付和处理设施园艺产业发展面临的设施材料、设备、生产项目和品种选择、市场信息调研、产品销售渠道开拓等一系列问题。从国家整体设施园艺行业来看,三种形式各行其是,条块分割,基本上处于一种盲目发展状态。此外,我国幅员辽阔,无论气候特点、经济特点、市场消费与需求特点都千差万别,设施园艺的发展既要考虑自然条件是否适宜,同时也要具备经济基础和技术人才。因此要以可持续发展为目标,全面规划设施园艺生产布局,开展设施园艺发展战略研究,主要开展设施园艺布局、区划、产业化模式及技术体系等方面研究。

② 设施结构简陋,缺乏综合配套设备

目前全国塑料小拱棚共有 130.6 万 hm^2 ,几乎都是竹木结构;塑料大中棚 139.4 万 hm^2 ,竹木骨架结构的占 60% 以上;日光温室和加温温室 78.2 万 hm^2 ,竹木土墙架构的简易温室约占 80%;大型园艺设施 219.33 万 hm^2 ,其中塑料棚室 218.45 万 hm^2 ,占 94.1%;玻璃温室 0.887 万 hm^2 ,占 16.3%(设施园艺发展对策研究课题组,2010)。多数设施结构类型简单,同时综合配套设施欠缺,抵御外力能力较差,设施安全生产得不到有利保障。2008 年 1 月上中旬的南方雨雪天气,损毁大棚 4 万 hm^2 ,设施损失约 60 亿元;2009 年 10 月末 11 月上中旬的大范围雨雪天气,造成 5.86 万 hm^2 温室大棚损毁,设施损失 300 多亿

元。这两场大面积雨雪灾害,特别是2009年的雨雪灾害,垮塌的大多是那些巨型棚室、修缮更新不及时的棚室和近年来新建的低劣棚室。因此促进设施结构改进和完善,已经迫在眉睫。

③ 机械化程度差,生产率较低

在多数发达国家,设施灌溉、施肥、采摘、运输基本实现自动化操作,而在国内生产作业仍以人力为主,特别是空间较小的设施类型,很难进行机械化操作,机械化程度低,劳动强度大,人均管理面积小,劳动生产率低,温室黄瓜、番茄产量通常只有 $10\sim 30\text{kg}/\text{m}^2$,而荷兰的温室蔬菜产量为黄瓜 $60\sim 100\text{kg}/\text{m}^2$ 、番茄 $50\sim 70\text{kg}/\text{m}^2$,差距明显(设施园艺发展对策研究课题组,2010)。

④ 环境控制能力差,普遍缺少环境调控设备

温、光、水、气等小气候要素调控能力差,特别是病虫害严重,由于棚室内夜温偏低、湿度大,设施环境调控设备和能力跟不上,致使霜霉病、灰霉病、叶霉病、早疫病、晚疫病、黄瓜细菌性角斑病等低温高湿病害在我国设施蔬菜生产上呈多发趋重态势。

⑤ 相关配套技术滞后,标准化建设落后

关键技术和基础性研究不够,配套工程设施方面的研究和开发不足,导致产业化水平低,标准化程度差,优质品比率、产品质量及产后加工技术与国外比有较大差距,同时在各项技术标准的制定方面较为落后,而设施园艺产业发达国家,在产品质量、检测技术和包装等方面制定了全面的标准。

尤其是在设施花卉方面,我国相对更加落后。荷兰通过健全质量监控机构制定严格质量标准,实行质量认证制度和产品质量信誉认可等措施来确保产品质量,通过荷兰植物保护局、NAKB(荷兰花卉检查署)、国家新品种鉴定中心等机构执行,是当今世界上花卉质量标准评价最为彻底的国家;其他国家如日本颁布了包括月季在内的13种切花的质量标准;英国颁布了涵盖了34类种球产品的质量分级标准;法国制定了关于百合等切花的质量等级标

准;此外俄罗斯、菲律宾、以色列等国家也相继制定了部分花卉的国家标准。

(2) 解决办法和对策

根据我国国情,吸收国外成功经验,进行自主创新,形成我国独特的温室结构、规模、装备及生产技术体系势在必行:

① 确定温室重点发展区域,推动科学规划

我国幅员辽阔,无论气候特点、经济特点、市场消费与需求特点都千差万别,设施园艺的发展既要考虑自然条件是否适宜,同时也要具备经济基础和技术人才。我国的设施园艺规模虽然已达 $350\text{万}\text{hm}^2$,但尚无权威性的全国发展区划。由于缺乏科学规划引导,发展方向不明确,政策扶持和投资引导重点不突出,致使各地发展设施园艺随意性大,设施功能和市场定位不准,设施类型、栽培作物、季节茬口雷同,区域比较优势得不到充分发挥。从大范围上考虑节能,同时支持重点区域的规模化发展和规范化建设,如渤海湾地区、河套地区、黄河中下游平原等光热资源好的地带,应以适度规模的温室为重点;江浙等多台风的南方地区,应以发展防雨栽培、大棚生产为主;对全国进行科学合理的区域划分,充分利用地域优势,开发地域特色设施园艺。

② 积极改进温室结构,做到因地制宜

以效益为目标,以节能为基础,积极推动标准化设施类型的研究和推广,立足国内现状,发挥地域优势,以充分利用太阳能的温室结构为主攻方向,开发不等屋面温室、不等高度的光能利用结构,开发新型结构的温室类型;扩大单栋规模,增加环境调控设备,是提高单位面积产量和生产效率的重要手段。以单栋面积在 $1500\sim 3000\text{m}^2$ 为宜,并适当提高温室高度,增加作物生长空间,既利于操作,又可缓冲环境要素的剧变;同时加强地域之间的差异性研究,制定全国设施区划,因地制宜,充分实现农业资源的合理配置。

③ 积极推动机械化,开发特色农机器具

目前我国温室结构主要以竹木、钢木和钢架为

主,其中竹木和钢木结构的温室约占70%~90%。这类结构的温室拱架跨度小、框架高度低、温室内支柱多、作业空间小,不利于机械作业。并且由于温室骨架承载能力差,致使自动卷帘机、覆盖物等温室配套机具无法配置使用。因此积极推动机械化操作,首先需要改进温室结构,同时需要实现规模化经营。在荷兰,一个从事温室生产的农户平均经营2~3hm²以上的温室,而在我国一般一个农户平均经营温室面积仅为0.03hm²。由于农户经营温室面积较少,多数农户不愿投资购买和使用机具,致使温室生产大部分作业采用非机械方式完成,因此温室生产规模化经营程度小亦是温室机械化生产的制约因素之一。

此外,要积极推动配套技术的研究和开发,以在技术上支撑设施园艺产业的机械化,如无土栽培技术、营养液调控技术、环境控制技术、二氧化碳施肥技术、基质消毒技术、机械化作业技术、嫁接技术、采后处理技术等,以及与此相匹配的基础设施、机械设备和工程材料,主要有框架结构、覆盖材料、通风系统、控温系统、空气循环系统、二氧化碳施肥系统、灌溉施肥系统、植保系统、人工补光系统、保温节能系统、计算机控制系统等。

④ 加强基础技术研究,提高环境调控能力

大力发展无土栽培,改善茬口安排,防止连作障碍,控制根际环境。过量施肥加剧设施园艺连作障碍的问题在我国普遍存在,一些重点设施园艺生产地区,土壤pH值已降至5以下,钙、镁、硫、硼等中微量元素缺乏引起的脐腐、顶腐、缩果、茎裂、花而不实等生理病害呈多发趋重态势;土壤盐分含量比露地菜田高数倍甚至10倍以上;据余海英等对某省主要设施栽培地区土壤盐分累积变化规律的调查研究,由于过量施肥,设施土壤连续种植4年左右,土壤的平均含盐量即达到1861.28mg/kg,EC值为0.53mS/cm,已超过茄果类蔬菜发生生育障碍的临界点(>0.5mS/cm)。而无土栽培由于所用的基质营养液或无基质营养液中完全具有、甚至超过土壤所

供给的各种营养物质,因此更有利于各类作物生长发育。目前世界上已有100多个国家将无土栽培技术用于温室生产(王晓卿,2003)。

⑤ 规范行业标准,加速标准化进程

在塑料大棚发展的早期,为规范装配式塑料大棚骨架的制造和安装,便于不同厂家之间零配件的通用与互换,由中国农业工程研究设计院(农业部规划设计研究院)主持制定了我国第一部设施农业的国家标准:GB4176-1984《农用塑料棚装配式钢管骨架》,于1984年颁布实施,并且一直沿用至今。2000年,国家标准重新整理,这一标准转化为农业行业标准,编号改为NY/T7-19。此后直到2002年,国家才颁布了第一部关于温室行业的标准——《日光温室使用技术条件》,编号为NY/T610-2002。此外,《温室建设标准》、《日光温室建设标准》、《温室地基基础设计、施工与验收规范》、《温室齿条开窗机》、《温室齿条拉幕机》、《日光温室效能评价技术规范》、《设施园艺工程专业名词术语标准》、《温室通风系统设计规范》和《温室透光覆盖材料无滴性测定方法与检验规则》等,还在起草或申报之中。相比温室主体结构及其设备,温室灌溉设备与技术方面可供借用或参考的标准相对比较完善。国家水利行业对标准的研究比较系统,其中很多微灌技术方面的标准,如SL103-1995《微灌工程技术规范》、SL/T67.2-1994《微灌灌水器技术条件》、SL/T68-1994《微灌用筛网过滤器标准》等都可直接应用在温室设计上。根据国家气候区划和生产要求,提出温室标准化配套与定型设计。

在建筑结构工程、材料工程和节水、节能工程方面;在配套设施方面,包括育苗播种机械、耕作收获机械、灌溉施肥植保机械、传感执行机械、加温通风设备、预冷储藏设备、包装分级机械、运输机械、基质消毒设备等;在环境调控方面,包括加温、保温、降温、保湿、土壤处理、CO₂施肥等方面;在生产销售方面,包括种苗、采后保鲜、运输、储存、拍卖等一系列环节,积极推动标准化研

究,以国家课题为中心,结合地方实际生产经验,开展一系列关键技术和课题攻关,全面实现标准化建设。

1.2.2.3 未来中国设施园艺的发展方向

我国设施园艺技术发展方向概括如下:

(1) 标准化

设施与设施园艺产品生产向标准化方向发展,2001年10月我国机械工业联合会首次发布了有关温室设施的机械行业标准6项,为规范我国温室产业迈出了可喜的第一步,其中包括日光温室结构、连栋温室结构、温室工程术语、湿帘降温装置、温室电气布线设计规范、温室加温系统设计规范。标准化将会成为设施园艺产业的主导发展方向,包括制订温室及配套设施的性能、结构、设计、安装、建设、使用标准;设施栽培工艺与生产技术规程标准;产品质量与监测技术标准等。

(2) 自动化

设施园艺与控制技术结合,实现光、温、水、肥、气等因子的自动监控和作业机械的自动化控制。研究开发具有我国自主知识产权的用于环境调控的各种设备装置及探测头,真正实现自动化、机械化和智能化管理,达到使作物高产、高效、优质的目的。

(3) 现代化

对具有我国自主知识产权的高效节能型日光温室,加速其设施设备现代化,作业机械化、自动化和智能化的进程;进行植物工厂的研发,采用营养液栽培和自动化综合环境调控,实现高技术密集型自动化、现代化控制生产体系;加强设施配套技术与装备的研究开发,包括温室用新材料、小型农机具和温室传动机构、环境监测等关键配套产品,提高机械化作业水平和劳动生产率。

(4) 可持续化

研究开发温室冬季生产节能技术、增温保温技术、太阳光热资源利用技术;强化工厂化农业生态环保意识、无公害绿色食品生产意识,在设施生产

中建立绿色产品生产技术保障体制;与生物技术结合,开发出抗逆性强、抗虫害、耐贮藏和高产的温室作物新品种,利用生物制剂、生物农药、生物肥料等专用生产资料,向精确农业方向发展,为社会提供更加丰富的无污染、安全、优质的绿色健康食品;加强采后加工处理技术的研究开发,包括采后清洗、分级、预冷、加工、包装、储藏、运输等过程的工艺技术及配套设施、装备等,提高产品附加值和国际市场竞争力,从而实现设施园艺产业的可持续发展能力。

(5) 特色化

近年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,种质资源有强大优势,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。因此随着国际形式的不断变化,开发具有自主知识产权的设施设备、设施产品,形成区域特色,参与国际分工细作,从而实现国家品牌战略。

我国幅员辽阔,气候区域丰富,每个气候区域温室的环境要求相差甚远,对温室材料的要求也各不相同,为达到运行的高效益,温室设备配置上也有较大出入。而且,同一气候带,由于种植品种的不同,对温室的要求也有较大差异。因此,不可能用同一种温室和环境条件去应对不同气候带上各种不同种植内容的要求。只有在提出全国温室的气候区域布局,再根据温室内种植品种的要求和建设单位的投资水平,才能因地制宜地合理确定温室的形式及其设备配置。

然而,工厂化高效农业示范工程是一个庞大的系统工程,涉及的技术领域较多,需要有计划、有

步骤地研究解决,并逐步加以完善,不可能在短短5年就能实现总体目标。也就是说,尽管“九五”

“工厂化高效农业示范工程”项目取得了一定的成就,“十五”期间国家重点科技攻关、“863”计划和国家自然科学基金又启动了一批相关项目,但工厂化高效农业项目无论是在工程的整体配套设施的完善程度上,还是在生产的稳定性、产业化程度和现代化水平上,都还只能算是工厂化农业的雏形,与发达国家的农业现代化相比,仍有相当距离,特别是温室生产环境自动控制系统、耐低温弱光温室长季节栽培专用品种、工厂化育苗技术规范 and 标准、温室生产技术规范 and 标准、温室生产专家管理系统、温室生产小型机械和覆盖材料等方面还相差甚远。尤其要强调的是不同地区由于自然条件、社会经济条件的不同,设施园艺区域发展的模式和相应的技术标准是不同的,而人们往往忽视了这一点。总而言之,截至目前我国设施园艺还远没有完全实现因地制宜并在可控环境下生产,因此,加强这一方面的技术创新和研究将是一项长期的任务。

可以预测在未来5~10年内,我国设施园艺将继续以节能和无害化优质生产技术创新为核心,将我国具有特色的日光温室众多技术成果科学组装,带动整个设施园艺产业的发展。同时要瞄准产品出口的总目标,重点围绕温室环境调控配套工程技术与设施,适于工厂化生产的农作物专用品种,工厂化农作物高效节能现代育苗技术体系及专家管理系统,土壤盐渍化障碍及主要作物生理障碍的发生机理及防止技术,园艺作物高效节能和无害化生产关键技术组装及专家系统建立与示范等技术体系加以创新;提高设施环境控制水平、工厂化育苗技术水平、种植工艺水平、产后处理技术水平。主要研究重点有如下方面:园艺设施与环境研究;设施内专用园艺作物品种研究;设施园艺作物栽培基础研究,主要开展园艺设施内土壤营养运移规律及作物吸肥规律,设施

园艺作物生理障碍发生机制,光合产物运转、代谢及分配规律,生长发育规律及生长模型,幼苗产后运输过程中生理变化规律,诱导抗病机理、逆境生理等方面研究;设施园艺作物生产技术体系研究,主要开展设施园艺作物种植模式,工厂化节能育苗及幼苗运输技术体系,生理障碍综合防止技术,有机肥配方研制及施肥技术,节水生产技术,节能生产技术,高产、优质、无公害生产技术体系,生长发育调控物质及调控技术,栽培专家管理系统,综合防治病虫害技术体系等方面研究;设施园艺产品采后保鲜技术研究,主要开展设施园艺作物采后生理、采后处理及贮藏保鲜技术,园艺产品质量监测、化学农药残留检测技术,以及园艺产品标准制定等方面研究。

1.3 研究的目的和意义

设施园艺的发展,改变了农业生产的传统方式,摆脱了传统农业受自然环境的束缚,改变了园艺作物生产季节特征和抗逆能力,从而使园艺作物生产的遗传潜力得以超常规地发挥,大大提高了土地利用率、资源产出率、劳动生产率和产品商品率,对改善农村生态环境,加速传统农业向现代农业的转变,实现农业的高效、持续发展,培育农村经济发展新的增长点,无疑具有重要的战略意义。建设现代农业,推进农业产业化与现代化,调整农业结构,提高农产品竞争力,提高农业生产效率和效益,改善农民生产条件,增加农民收入。此外,高投入和高产出的生产方式,带动了其他产业(建材、钢铁、塑料薄膜、肥料、农药、种苗、架材、环境控制设备、小型农业机械、保温材料等行业)的快速发展,促进城镇化进程和农村劳动力转移,全面实现小康社会建设目标,都对设施园艺的发展提出了更加迫切的要求。

通过详细分析各地区设施园艺产业的发展现状和设施发展的有利条件,因地制宜,提出科学、有效的产业发展途径,对于推动设施园艺的产业发展