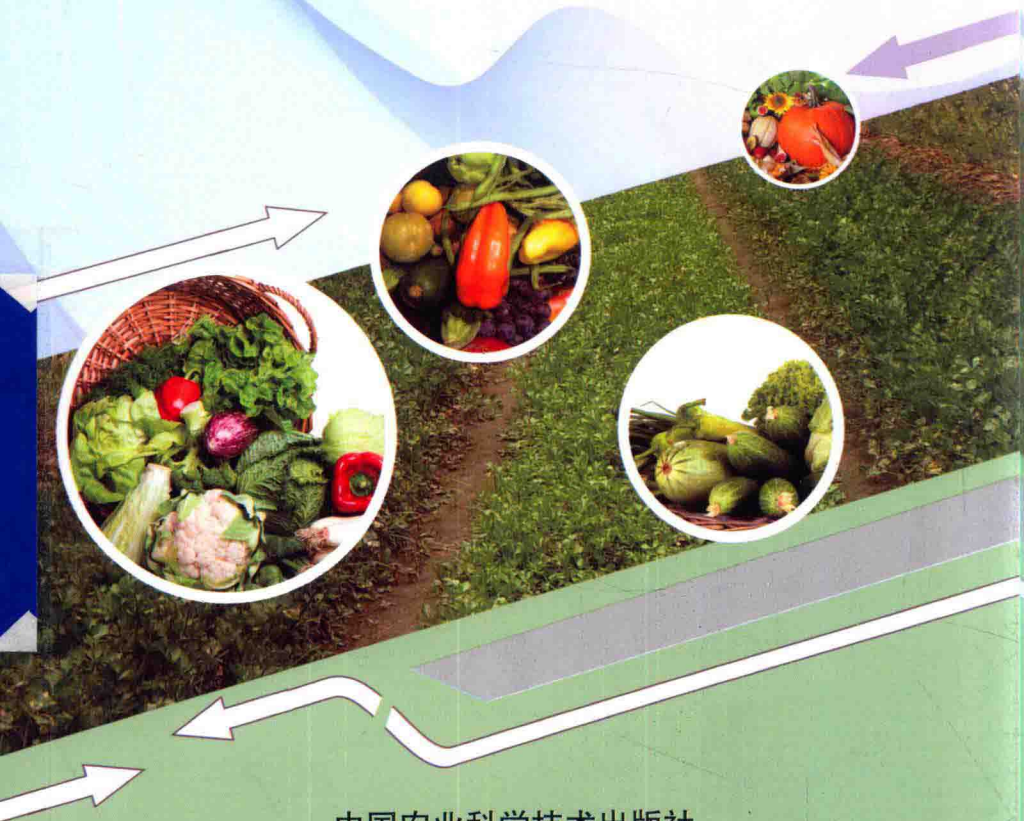




新型职业农民培育规划教材

设施蔬菜生产经营

◎ 王昌友 唐才禄 王占荣 主编



中国农业科学技术出版社



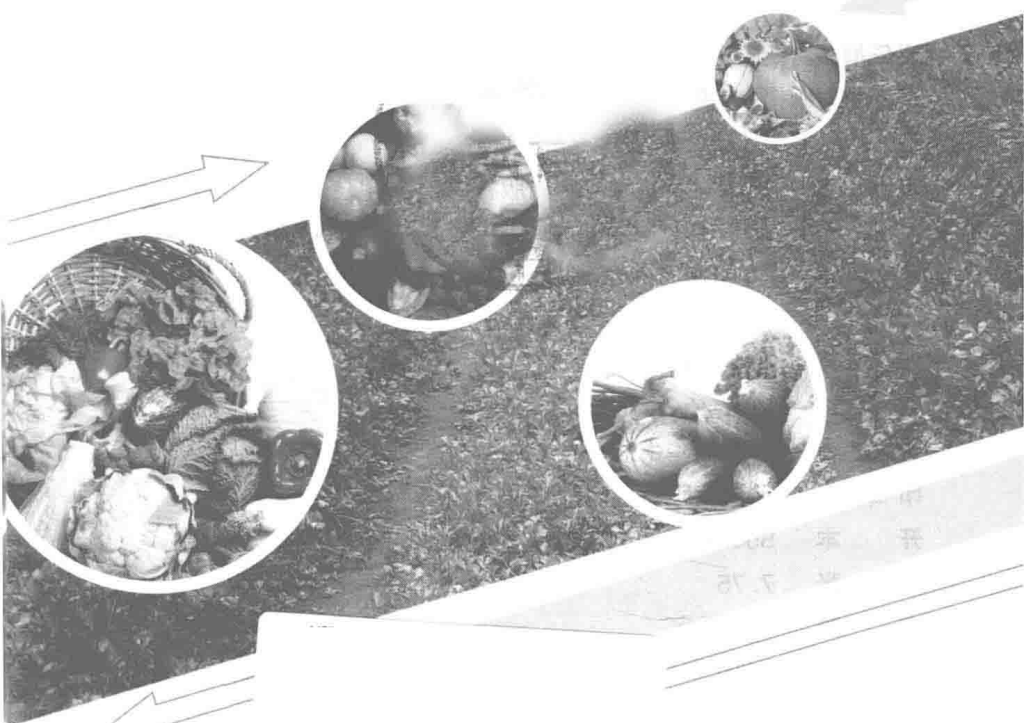
新型职业农民培育规划教材

5626

51

设施蔬菜生产经营

◎ 王昌友 唐才禄 王占荣 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

设施蔬菜生产经营 / 王昌友, 唐才禄, 王占荣主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2015. 8

ISBN 978 - 7 - 5116 - 2195 - 5

I. ①设… II. ①王…②唐…③王… III. ①蔬菜园艺 - 设施
农业 - 技术培训 - 教材 IV. ①S626

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 169745 号

责任编辑 张孝安 白姗姗

责任校对 贾海霞

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106638 (编辑室) (010)82109704 (发行部)
(010)82109709 (读者服务部)

传 真 (010)82106650

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 850mm × 1 168mm 1/32

印 张 7.75

字 数 194 千字

版 次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价 28.80 元

◀ 版权所有 · 翻印必究 ▶

《设施蔬菜生产经营》

编 委 会

主 编 王昌友 唐才禄 王占荣

副 主 编 王国平 王 涛 刘 艺

李 源

编 者 刘晓红 董晓萌 董 杨

袁洪彬 任长青 李永尽

黄伟明

前 言

新型职业农民是现代农业从业者的主体，开展新型职业农民培育工作，提高新型职业农民综合素质、生产技能和经营能力，是加快现代农业发展、保障国家粮食安全、持续增加农民收入、建设社会主义新农村的重要举措。党中央、国务院高度重视农民教育培训工作，提出了“大力培育新型职业农民”的历史任务。实践证明，教育培训是提升农民生产经营水平，提高新型职业农民素质的最直接、最有效的途径，也是新型职业农民培育的关键环节和基础工作。

为贯彻落实中央的战略部署，提高农民教育培训质量，同时也为各地培育新型职业农民提供基础保障——高质量教材，按照“科教兴农、人才强农、新型职业农民固农”的战略要求，迫切需要大力培育一批“有文化、懂技术、会经营”的新型职业农民。为做好新型职业农民培育工作，提升教育培训质量和效果，我们组织一批国内权威专家学者共同编写一套新型职业农民培育规划教材，供各新型职业农民培育机构开展新型职业农民培训使用。

本套教材适用新型职业农民培育工作，按照培训内容分别出版生产经营型、专业技能型和专业服务型三类。定位服务培训对象、提高农民素质、强调针对性和实用性，在选题上立足现代农业发展，选择国家重点支持、通用性强、覆盖面广、培训需求大的产业、工种和岗位开发教材；在内容上针对不同类型职业农民特点和需求，突出从种到收、从生产决策到产品营销全过程所需掌握的农业生产技术和经营管理理念；在体例上打破传统学科知识体系，以“农业生产过程为导向”构建编写体系，围绕生产过

程和生产环节进行编写，实现教学过程与生产过程对接；在形式上采用模块化编写，教材图文并茂，通俗易懂，利于激发农民学习兴趣，具有较强的可读性。

《设施蔬菜生产经营》是系列规划教材之一，适用于从事现代设施蔬菜产业的生产经营型职业农民，也可供专业技能型和专业服务型职业农民选择学习。本教材根据《生产经营型职业农民培训规范（设施蔬菜生产）》要求编写，主要介绍了从培养蔬菜生产高技能人才出发，以强化技术应用能力为主线，着眼于培养新型农民应职岗位综合能力，以提高农民实际操作能力为主线，以传播新技术、新品种、新方法为重点，全面、系统地介绍了包括茄果类、叶菜类等蔬菜设施生产的先进实用技术。这些都是广大农民在蔬菜生产中非常关注和盼望解决的现实问题，贴近农业生产、贴近农村生活、贴近农民需要。该书内容充实、知识丰富、技术新颖，具有鲜明的特色和很强的创新性，既遵循现代农业特点，又符合农民技术人员的阅读理解水平，基本做到了让农民技术人员看得懂、学得会、用得上，为广大蔬菜科技工作者及菜农阅读参考。

由于编者的学识和经验水平有限，书中难免出现错漏或不妥之处，敬请广大读者和同行指正。同时本书参考引用了一些资料，参考文献在书后列出，在此特表示感谢！

编 者

2015 年 4 月

目 录

模块一 国内外设施蔬菜生产概况	(1)
一、发达国家蔬菜设施生产技术进展	(1)
二、我国设施蔬菜生产发展的现状与展望	(6)
三、设施蔬菜生产的特点	(9)
四、设施蔬菜生产的意义	(11)
模块二 设施蔬菜生产的设备	(13)
一、设施类型	(13)
二、设施覆盖材料	(36)
三、设施环境控制与作业机械设备	(44)
模块三 设施蔬菜栽培模式	(55)
一、土壤栽培	(55)
二、无土栽培	(56)
模块四 设施蔬菜茬口安排	(64)
一、东北、西北地区设施蔬菜茬口安排	(64)
二、黄淮渤海湾地区设施蔬菜茬口安排	(66)
三、长江流域设施蔬菜茬口安排	(68)
四、华南地区设施蔬菜茬口安排	(71)
五、西南云贵高原地区设施蔬菜茬口安排	(73)
模块五 设施蔬菜生产准备	(75)
一、生产设施检修	(75)
二、环境调控设备的检修	(77)
三、设施与土壤消毒	(78)
四、周边环境清理	(81)

五、施用基肥	(82)
六、土壤耕作	(85)
模块六 设施育苗模式与技术	(87)
一、育苗模式	(87)
二、育苗技术	(98)
模块七 设施环境特点与调控	(105)
一、设施温度特点与调控	(105)
二、设施光环境特点与调控	(111)
三、设施空气湿度特点与调控	(114)
四、设施二氧化碳与有害气体特点与调控	(116)
五、设施土壤环境特点与调控	(122)
六、设施综合环境调控	(128)
模块八 设施蔬菜栽培技术	(131)
一、果菜类蔬菜	(131)
二、叶菜类蔬菜	(150)
模块九 设施蔬菜病虫害防治技术	(173)
一、病虫害的田间调查与预测预报	(173)
二、主要蔬菜害虫的识别与防治	(177)
三、主要蔬菜病害的识别与防治	(185)
四、优化施药技术	(211)
五、病虫害的综合防治技术	(213)
模块十 设施蔬菜产业经营管理	(218)
一、当前我国设施蔬菜生产经营管理现状	(218)
二、设施蔬菜产业的生产管理	(227)
三、设施蔬菜产业的经营管理	(232)
参考文献	(240)

模块一 国内外设施蔬菜生产概况

设施蔬菜生产又称为蔬菜保护地栽培,指在不适宜露地蔬菜生长发育的寒冷或炎热季节,利用保温防寒或降温防热设备,人为地创造适宜蔬菜生长发育的小气候条件而进行蔬菜栽培的生产方式,或者说是利用多种设施设备,采取相应措施调节蔬菜生育时期,达到提前或延后蔬菜供应期的生产目的生产方式,从而获得高产、稳产、优质、高效的栽培方法。它是现代农业的一个发展方向。

一、发达国家蔬菜设施生产技术进展

设施蔬菜生产是当前设施农业中一个重要组成部分,当前世界各国均以科技含量高、附加值高、效益高的设施蔬菜产业发展作为当前设施农业发展的切入点,从而有力的推进现代农业可持续发展。

(一) 发达国家蔬菜设施生产现状

设施蔬菜生产最早的国家是罗马帝国,距今已有 2 000 多年的历史,法国、德国、英国、日本、荷兰、加拿大、以色列是利用温室栽培园艺植物最早及最先进的国家,它们完全摆脱了自然条件的限制,自动化、智能化水平很高。

目前,世界上塑料大棚最多的国家是中国、意大利、西班牙、法国、日本等国。现代化玻璃温室主要以荷兰、日本、英国、法国、德国等国家为最多。

（二）发达国家设施蔬菜生产技术发展进展

1. 温室管理智能化、数字化技术得到快速发展

目前，国际上研究的热点是实现对设施内温度、湿度、光照、水分、营养、 CO_2 浓度等综合环境因子的自动监测与调控。在一些工厂化农业生产发达国家，如荷兰、日本、法国等，设施环境自动化控制技术已经得到广泛应用。在详尽研究作物生理与环境互作关系的基础上，充分利用作物与环境关系的量化指标和信息化技术，基本形成设施作物从育苗到栽培及产后分级、包装等一整套规范化、标准化的生产技术体系。荷兰瓦赫宁根大学通过将作物管理模型与环境控制模型相结合，实现温室智能化管理，大幅度降低了系统能耗和运行费用。近年来，英国、丹麦农业部专门立项进行温室环境（温度、光照、湿度、通风、 CO_2 、施肥等）计算机优化与自动化控制等课题的研究。日本千叶大学利用遥感技术和图像检测装置检测植物群落的生长状况，用于生产管理和智能化环境控制。以色列、澳大利亚等陆续研制了采用计算机技术的先进监测仪器，利用各种类型的传感器对作物、土壤及环境参数进行测量，经过传输、A/D 转换，将数据存入计算机中，再由计算机进行分析和处理。如以色列 ELDAR - GAL 公司生产的植物生理生态监测仪，能同时监测叶片温度、根茎直径、果实大小、叶片二氧化碳交换、太阳辐射、空气温湿度、土壤湿度等十几个参数，来实时监测作物的长短期反应，并将这些参数进行分析处理，与专家系统结合，从而进行精确控制。随着网络技术的应用，温室智能化、网络化管理技术也得到了较快的发展。

2. 温室节能技术和设备的应用是发展方向

欧美等发达国家目前将节能作为温室领域最重要的研究课题。发达国家的温室产业基本上都是依赖于消耗天然气和石油发

展起来的，每生产 10 千克的黄瓜大约需要消耗 5 升燃油。近年来，随着《京都议定书》的执行，一些发达国家在研究如何减排 CO_2 ，纷纷投入大量的科研经费用于节能技术研究。

(1) 先进覆盖材料的运用。提高覆盖材料透光技术，大幅度提高覆盖材料的透光率、增加太阳光的入射量。例如，荷兰瓦赫宁根大学开发了一种叫 zigzag 的板材，对反射光二次利用，透光率可达 89%，最高达到 93% ~ 95%。一些国家还开发出了温室屋顶清洗机械装置，用于清洗屋顶的灰尘，增加温室的透光率。另外，对温室覆盖材料的内侧进行镀膜处理，可以阻止温室内部长波向外辐射，减少热损耗，节能 25% 以上。

(2) 热能的充分利用和余热回收技术大大降低了能源的消耗。如温室锅炉的烟筒普遍装有余热回收系统，余热回收效率可达 75% 以上，尽可能减少热损耗。另外是浅层地能的利用，利用土壤作为蓄热源，夏季把低温冷源抽到地上，用于温室降温，把经过热交换的热量打到地下，冬季把高温热源抽上来，在热泵作用下升温至 45 ~ 50℃，这样只需要稍许加温就可以用于温室采暖，节能幅度达 65% ~ 70%。

(3) 温室屋脊结构优化技术。通过缩小屋脊和扩大温室单栋面积来合理采光和减少热损失。温室结构向高大发展，脊高 6 米的新型温室迅速增加，单栋面积也扩大至 100 米 × 200 米，有的达到 200 米 × 200 米以上，大型温室有利于温度稳定及提高光合作用效率。荷兰近年来为了提高温室总体密封性能，节约能源，对屋顶铝材结构进行了较大改进，增加了密封胶条，提高了密封性能，有效减少了玻璃由于热胀冷缩发生的破损。

(4) 优化环境，提高单位面积产量技术。通过配套机械工程和微电子技术，使设施内温度、湿度、光照、水分、营养、 CO_2 浓度等综合环境因素自动调控到作物生育所需的最佳状态，生产作业高度自动化和机械化，达到科学利用资源、能源，提高土地

利用率、劳动生产率和优质农产品产出率，作物单产大幅度提高。如荷兰温室番茄年平均产量可达 40 ~ 50 千克/平方米，黄瓜年产量 60 千克/平方米以上，商品率高达 90% 以上，使产品单位产量的耗能率大大降低。

3. 无土栽培技术、资源高效利用技术被广泛重视

在无土栽培营养液闭路循环技术方面，欧盟规定 2000 年之前所有的温室无土栽培系统必须采用闭路循环系统（Closed System），通过对营养液的回收、过滤、消毒、补充营养等措施，结合新的营养液的补充，又重新回到温室循环使用。该系统可实现节水 21%、节肥 34%，而且还可以大幅度地减少营养液外排对周边环境的污染，提高营养液利用效率。

在雨水收集利用方面，通过一系列的管路系统将温室天沟的雨水收集起来，传送到温室附近的蓄水池中，再通过过滤净化等措施，输送到温室进行灌溉，每公顷*温室需配备约 1 500 立方米贮水罐（池），能够解决 75% 温室作物的用水。

4. 病虫害综合防治技术

国外设施蔬菜生产病虫害的防治一般采用生物防治和物理防治手段相结合进行综合防治，尽量减少化学药剂的使用，实现对蔬菜自身和环境的零污染。

5. 有机食品高产技术

随着全球经济的发展和社会的进步，人们对生活质量和食品品质产生了独特的要求，追求纯天然、无污染的健康食品已成为一种时尚。在欧洲，共有 1.25 万个农场在 55 万公顷的农田里实行有机耕作。日本从事有机农业生产的农户占全国农户总数的 30% 以上，提供的有机农产品达 130 多种，其中，有 40 多种出口到欧美国家。美国从事有机农业生产的农民从 20 世纪 90 年代初

* 1 公顷 = 15 亩，1 亩 ≈ 667 平方米，全书同

的1 000多户增加到当前的数万户，向市场提供的有机农产品也增加到200多种。利用生物防治技术、生态调控技术防治设施蔬菜病虫害越来越普遍。目前，国际上工厂化生产天敌昆虫的公司已有80多家，已经商品化生产的天敌昆虫达130多种。如荷兰Koppert公司，设施蔬菜主要害虫的天敌昆虫如粉虱天敌浆角蚜小蜂、丽蚜小蜂，斑潜蝇天敌潜蝇姬小蜂，蚜虫天敌食蚜瘿蚊以及对许多害虫均有良好控制作用的赤眼蜂、瓢虫、草蛉、捕食螨等，在该公司均有商品化的产品。

6. 植物工厂技术

奥地利、丹麦、日本等国先后建立了植物工厂。植物工厂是在全封闭设施内周年进行园艺作物生产的高度自动化控制体系。代表当今世界温室设施及温室自动监控系统最高水平的是由奥地利Ruttner教授设计的Complexsystem和日本中央电力研究所推出的蔬菜工厂等。这类植物工厂采取全封闭生产，人工调控光照，立体旋转式栽培，不仅全部采用电脑监控，而且还利用机器人、机械手进行播种、移栽等工作，完全摆脱了自然条件的束缚，真正实现了工厂化农业的数字设计、调控与管理。植物工厂一年中可多茬次栽培，生菜、菠菜栽培期较露地缩短 $1/4 \sim 1/2$ ，产量可达150千克/平方米，为露地栽培的10~20倍。植物工厂播种、定植、采收、肥水以及温湿度管理等完全由计算机操作、自动化作业，为工厂化农业发展展现了美好前景。日本、韩国研究开发了瓜类、茄果类蔬菜嫁接机器人。日本研制了可行走的耕耘、施肥机器人，可完成多项作业的机器人，能在设施内完成各项作业的无人行走车，用于组织培养作业的机器人等。

（三）发达国家蔬菜生产经营主体与规模

1. 国外发达国家农业经营主体

国外发达国家的农业经营主体主要是大、中、小家庭农场，

美国、加拿大主要是以大型家庭农场为主；法国等欧洲国家以中型家庭农场为主；日本属于小型家庭农场为主。

2010年美国的家庭农场平均面积2 540亩，190万个家庭农场中300亩以下的62万个，50亩以下的23万个；法国现有农场57万个，平均农场面积730亩；日本现有农场251万个，平均农场面积27亩。美国农场平均从业人口数1.6个，法国农场平均从业人口数1.9个，日本农场平均从业人口数1.0个，从国外家庭农场的场均从业人数看，每个农场平均从业人数都在2个以内。说明国外家庭农场的专业化、规模化、机械化程度都比较高。

2. 国外发达国家农业经营规模

从近几年的农场经营状况看，美国大农场资本投入与能源消耗太大，生产成本较高；日本的小型家庭农场又不利于机械化的优势发挥，生产效率降低带来了生产成本的提高。家庭农场根据机械化程度的高低不同，适宜规模应为300~1 000亩，蔬菜生产的家庭农场适度规模应为30~100亩。

二、我国设施蔬菜生产发展的现状与展望

（一）我国蔬菜设施生产现状

我国设施蔬菜产业主要集中在环渤海和黄淮海地区，约占全国总面积的60%；其次是长江中下游地区，约占20%；第三是西北地区，约占7%。主要集中分布在山东、辽宁、河北、江苏、浙江、宁夏回族自治区、内蒙古自治区、上海等省区。

1. 设施蔬菜生产面积和产量稳步增长

连栋温室、节能日光温室、塑料大棚以及中小拱棚协调发展，同时产量和效益获得巨大提升。2010蔬菜播种面积2.3亿亩左右，产量5亿吨，人均占有量增为370千克左右，其中设

施蔬菜面积超过 5 250 万亩，其中，日光温室面积超过 38 万公顷；总产量超过 1.7 亿吨，占蔬菜总产量的 25%。2013 年我国蔬菜播种面积 3.13 亿亩左右，产量 7.3 亿吨，人均占有量由 370 千克左右增加到 536 千克，设施蔬菜面积 5 793 万亩，产量达到 2.6 亿吨。

2. 设施蔬菜装备水平显著提高

生产的耕种、灌溉、植保等作业机械装备及温室智能化环境控制装备水平不断提高，生产环境明显改善，劳动强度有效降低。

3. 设施蔬菜收入效益明显

从实际情况看，设施蔬菜是高效产业，1 亩设施蔬菜一般纯收入 2 万多元，是 1 亩露地蔬菜纯收入的 10 倍、1 亩粮食作物纯收入的 30 倍。

4. 内陆及东北地区积极发展设施蔬菜产业

一是集中在大中城市周边，以满足城市在蔬菜淡季的自给率；二是集中在全国蔬菜产业规划的重点县。现阶段发展比较突出的有吉林、山西、陕西、四川、甘肃、湖北等地区。

(二) 我国设施蔬菜生产技术进展

进一步加强科技创新和新技术、新材料、新产品的开发利用，形成具有中国特色的设施农业生产体系。

1. 设施结构现代化

适宜不同地区、不同生态类型的新型系列温室大棚及其相关设施的研究开发，提高了中国自主创新能力和设施环境的自动化控制技术水平。

2. 生产管理科学化

温室资源高效利用技术研究开发，如节水节肥技术、增温降温节能技术、补光技术、隔热保温技术等，降低消耗，提高资源

利用率。

3. 生产环境调控智能化

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、自动控制系统等关键配套产品,提高机械化作业水平和劳动生产率。

4. 生产面积规模化

设施蔬菜属于资金、技术密集型产业,资金投入大,技术要求高,单户农民身处农村,在资金的争取、技术和品种的引进及使用方面,有很大的局限性。农民单家独户的分散经营与大市场的矛盾日益突出。种植户对市场的捕捉能力、预测能力、判断能力和把握能力不够。实现蔬菜设施生产规模化也是蔬菜设施生产标准化的基础。

5. 生产质量优质化

设施蔬菜生产优质化是提高设施蔬菜产品竞争力,实现设施蔬菜生产高效性的基础。对设施蔬菜生产高产优质栽培技术和不同品种、不同生态类型模式化栽培技术研究以及安全技术研究,如绿色产品生产技术、环境控制与污染治理技术、土壤和水资源保护技术等将是蔬菜设施生产的发展方向。

(三) 我国蔬菜生产主体及规模

1. 我国蔬菜生产的主体

目前,我国蔬菜生产的主体以家庭农户、蔬菜生产专业大户、家庭农场、农民专业合作社和蔬菜生产经营企业为主。家庭农户和蔬菜生产专业大户主要分布在我国大、中、小城市的郊区;家庭农场和农民专业合作社主要分布在有蔬菜生产优势条件的农村。

2. 我国蔬菜生产的规模

目前,我国蔬菜生产家庭农户的生产规模一般为3~5亩;

蔬菜生产专业大户生产规模一般为 10 ~ 20 亩；家庭农场生产规模一般为 30 ~ 50 亩；农民专业合作社生产规模一般为 50 ~ 100 亩；蔬菜生产经营企业建设的蔬菜生产基地或园区生产规模一般为 100 ~ 300 亩。2012 年底统计，我国的家庭农场总数有 87.7 万个，平均家庭农场经营规模在 200 亩，其中，50 亩以下的占 48.42 万个，占家庭农场总数的 55.2%；50 ~ 100 亩的 18.98 万个，占家庭农场总数的 21.6%；100 ~ 500 亩的 17.07 万个，占家庭农场总数的 19.5%；500 ~ 1 000 亩的 1.58 万个，占家庭农场总数的 1.8%；1 000 亩以上的 1.65 万个，占家庭农场总数的 1.9%。

三、设施蔬菜生产的特点

（一）设施蔬菜生产必须有相应的设施、设备，资金投入大

实现设施蔬菜栽培的一个先决条件，必须要有足以改善自然气候条件，使之适合于不同栽培茬口蔬菜生产满足蔬菜生长发育需要的设施。如塑料大棚、日光温室等设施 and 温控、光控、通风等设备。

（二）设施内有特殊的小气候条件

1. 光照弱、光质发生变化

进行设施栽培时光线必须透过玻璃、塑料薄膜或硬质塑料等采光材料，阳光经过单层、双层或多层覆盖物，又由于采光材料的老化、尘土污染、水滴折射以及建筑方位与太阳角度的变化，其入射率和入射量比露地低，尤其是紫外线和红外线的入射量受玻璃的影响透入很少，或基本不透入。

2. 温度上升快、温度高，昼夜温差大

在设施密闭晴天中午前后的条件下设施内温度可高达 40 ~