

上篇 农业生物环境工程

第一章 农业生物环境工程概述

第一节 农业生物与环境工程

动物、植物、微生物等农业生物是生活在地球固、气、液三相界面上，经过亿万年大自然的选择和人工培育而发展起来。漫长的大自然为不同生物的形成构成了不同的生态环境，这些生物又在不同的生态环境中形成自己，且适应于该环境的结构和功能。生物的群落和无机环境所形成的物质和能量循环系统为生态系统。人们在同自然界长期斗争的过程中，一方面探索着生物世界的奥秘，另一方面探索着如何打破自然的限制。19世纪中期以来，工程学越来越多地向农业渗透，动植物要获得高产、稳产也越来越多地需要考虑农业生物与各种环境因素间的相互关系。1949年美国著名植物生理和园艺学家温特（F. W. Went）在美国加州帕萨迪纳创建了世界上第一座能控制光、温、湿和气体组分的人工气候室以来，在试验生态领域为“模拟生态环境”的研究引起了一场革命。从此，人们开始主动模拟各种环境因子进行科学研究，探索生物与环境因子及环境工程间相互作用的规律，为农业生物环境工程学的建立和发展奠定了基础，同时对打破四季与地域等自然的限制，为设施农业的发展开创了新的局面。近20年来，由于我国农业生物环境工程学的建立和发展，推动了我国专业化、集约化设施畜禽饲养、设施园艺栽培与设施水产养殖突飞猛进的发展，解决了长期困扰我国肉、蛋、奶、鱼、果、菜等食品长期供不应求的紧张

局面，为提高我国城乡人民的生活和农民脱贫致富作出了积极贡献。

制约农业生产的自然因素可概括为遗传与环境两个方面。遗传决定着农业生产的潜力，而环境则决定着这种潜力在多大程度上兑现的问题。农业生物环境工程其研究重点就是综合利用农业生物学和环境工程技术的各项成果，改善和控制农业生物全过程的环境条件，达到速生、优质、高产和低耗的目的。它在农业生产中的具体应用有温室环境控制工程、畜禽环境控制工程、水产养殖环境控制工程、农副产品贮藏保鲜环境控制工程、农业废弃物的综合利用和农业环境保护等。

由于农业生物环境工程学的建立与发展，将促使我国农业由单纯经验积累的传统技术转变为依赖于揭示客观规律的现代农业科学技术。在农业生物环境工程学的指引下，人们将从不同的深度和广度进一步开展研究农业生物与环境因素及环境工程间相互作用的规律，优化环境参数与环境工程设施，为生物创造一个一年四季均能适宜生长发育的生态环境，以实现农业生物速生、优质、高产、高效和均衡供应。

21世纪现代农业科学技术的发展，一方面将通过基因与遗传工程技术定向培育速生、优质、高产、低耗和抗逆的新品种，不断提高农业生物遗传学的潜力；另一方面通过农业生物环境工程学，优化不同生物的环境因素与环境工程设施，将生物遗传学的潜力变为现实的巨大生产力。如日本利用水培等高技术集成，实现了一棵番茄结出 13000 个果，一棵黄瓜结出 3300 条瓜，一棵网纹甜瓜结出 90 个果的奇绩；美国在人工模拟的地球生物圈 2 号运行 7 年，实现了单位面积食物生产量比地球表面高出 16 倍的优良成绩。由此，农业生物环境工程与设施农业为我国展现了极为诱人的前景。

设施农业专业化、集约化程度愈高，它对环境工程的依赖程度

就愈大。随着我国农业现代化的发展，专业化、集约化的设施畜禽饲养、设施园艺栽培与设施水产养殖等将得到蓬勃发展。

第二节 农业生物环境工程研究的内容与方法

一、农业生物环境工程研究的内容

农业生物环境工程因所研究农业生物的对象不同，所采用的工程技术措施也各有侧重。根据生产对象的不同和生产的不同阶段，农业生物环境工程大体可分为设施园艺环境工程、设施畜牧环境工程、工厂化水产养殖环境工程、食用菌生产环境工程和农副产品贮藏保鲜环境工程。上述各项研究对象就其共性而言，温度、湿度和通风换气是每个生产设施都应考虑和不可避免的，但就个性来讲，设施园艺环境工程主要研究植物（包括蔬菜、花卉、果树等）生长环境与生产设施之间的关系，除温、湿度环境外，光照、施肥（包括 CO_2 施肥和土壤（基质）施肥）和栽培技术是其研究的关键技术；设施畜牧环境工程侧重于研究饲养工艺、粪便处理，对光照的要求相对较小；水产环境工程则主要研究水环境，包括水温、水中溶氧、溶解有机质、氨和亚硝酸盐等对空气环境的要求不高；农副产品贮藏保鲜环境工程则侧重研究产品的后成熟过程与环境控制的关系。

水产环境工程虽然也属于农业生物环境工程的研究范围，但由于其研究对象主要为水体环境，与研究空气环境相比，从研究的方法和所采用的工程技术措施都存在很大的差异。此外，在本丛书中的水产养殖卷中将不可避免地要详细讨论水环境工程，因此，在本篇讨论中未将水产环境工程列入其中。同样的道理，食用菌生产环境工程将在微生物卷中重点阐述，本书也未包含。这样，本篇的内容将以空气环境为主，重点讨论设施园艺环境工程、设施畜

牧环境工程和产后贮藏保鲜环境工程，其章节的编排也按上述内容独立设置。

二、农业生物环境工程研究的方法

生物对环境因子的要求，涉及光、温、水、气、营养组分等彼此关联的综合动态环境。自然环境往往是复杂多变的，生物需要的环境条件也随着品种、生育阶段及昼夜生理活动中心的转移而不断变化。因此，在生物整个生育期中，外界或设施所能提供的环境条件，往往不可能完全满足或根本不能满足生物生长发育的需要。因此，必须根据生物需要的综合动态环境模型与外界气象条件，采取必要的综合环境调控措施，把各种环境因子维持在适宜生物生长发育的水平，以期达到优质、高产和低耗的目标。

在现代农业发展过程中，先进的生产技术与生产工艺总是通过一定的建筑结构、环境调控设施、机具等硬件作为载体，与优良的品种、科学栽培、饲养管理技术相结合而体现出来的。外界环境受四季、地域等自然的约束往往是不可控的。为了不受四季与地域的限制，现代设施农业首先必须利用一定的围护结构把一定的空间与外界环境隔离开来，形成一个半封闭的系统。这是区别于露地生产的先决条件。而环境工程则是在一定建筑设施的基础上，通过对半封闭系统的物质交换和能量调节来进一步改善和创造更佳的生育环境。二者相互制约，相辅相成。

农业建筑除了必须遵循建筑结构本身的科学规律，如在一定设计标准条件下的安全可靠、经济耐用外，更重要一点是它必须与环境工程设施密切配合，共同为生物服好务。如全阶梯、半阶梯蛋鸡高床笼养，大型连栋温室等都是农业生物环境工程与设施农业生产技术和生产工艺发展到一定阶段的产物。随着农业生物环境工程学的深入发展，将促使我国设施农业逐步由单纯经验积累的粗放型向依赖于揭示客观规律的集约高效型转变。如节能型日光

温室的兴起，充分利用了光热资源，解决我国北方地区蔬菜供应和农民脱贫致富作出了巨大贡献；蛋鸡高密度叠层笼养，大大节约了土地，降低了土建投资与环境污染，提高了蛋鸡的成活率、产蛋率与饲料报酬。总之，节约了资源，提高了生产效率、经济效益和环境生态效益。因此农业建筑将随着设施农业生产技术与生产工艺及新材料的应用而不断地优化设计和推陈出新，以期获得设施农业整体资源的节约、生产效益与效率的提高及设施农业的可持续发展。

三、环境调控的最终目标

农业生物环境调节控制并没有一个固定的统一的模式。农业生物的种类和品种不同，或同一品种的不同生育阶段，对环境的要求都是各不相同。所谓最优综合环境一般包括两个含义：一是获取速生、优质、高产为目标；二是获取最大经济效益为目的。对于科学研究与学科发展，往往以前者的最优环境控制为追求的目标，以尽量挖掘生产的潜力；对于生产企业，当然是以获得最大的经济效益为最优综合环境追求的目标。在市场经济的条件下，温室、大棚为了获得春提早带来的价格优势，如番茄等早熟促成栽培，往往采取以牺牲单产为代价少留几穗果促成早熟栽培。日光温室越冬栽培以降低产品产量和质量为代价实行不加温生产维持低温，以节约成本。随着市场经济逐步发育成熟，市场逐步实现周年均衡供应，价格的季节差额逐渐减小，优质高产与高效逐渐趋于一致。因此，最优综合环境随着市场经济的发展，又是一个相对动态发展概念。自然条件、科学技术、市场经济发展及专业化、集约化水平不同，最优综合环境的型式、内容将有所不同。最优综合环境控制技术必将随着现代设施农业的发展而不断地改进、完善和提高。

第三节 农业生物环境工程在我国的进展

一、农业生物环境工程在我国的兴起与发展

农业生物环境工程是 20 世纪 70 年代末在我国开始兴起的一门新型交叉、边缘学科。通过近 20 多年的引进、学习、消化、探索与发展，现已基本形成了具有自主知识产权的工厂化农业生产体系。在人工环境下可周年生产蔬菜、花卉、水果以及肉、蛋、奶、鱼等各类农副产品，使全国的副食品供应量在短短的 20 多年内达到了世界平均水平，取得了举世瞩目的成就。1978 年北京首先引进并建设红星机械化养鸡场；同年，玉渊潭建起了我国第一栋大型钢架玻璃温室；次年，四季青又从日本引进了第一栋现代化自动控制温室。几乎在同一起跑线上同时拉开了我国现代化设施园艺环境工程和畜牧环境工程的序幕。1979 年北京农业机械化学院（现中国农业大学东校区）设立农业建筑与生物环境工程大学本科专业，为学科建设和产业发展培养人才迈出了第一步。

1. 设施园艺环境工程

在 20 多年的发展过程中，我国设施园艺经历了从引进现代化大型温室，发展具有自主知识产权的日光温室，到工厂化农业兴起的曲折历程。引进国外现代化温室经历了两次发展高潮。第一次浪潮始于 1979 ~ 1994 年，历经 15 年的起落曲折。此间从日本、欧洲、美国等国引进现代化温室共计 20 多 hm^2 ，是我国开始引进、学习和消化吸收阶段。当时由于我国尚缺乏对现代化温室的设计和管理经验，对其技术内涵、适宜使用的地区和生产配套要求均认识不够充分，单纯引进了温室主体，而没有考虑其配套的种植品种和栽培技术，导致大部分引进温室不能正常生产。到 90 年代初，我国大型温室发展跌入了低谷。这期间随着改革开放的深入，国民

经济快速发展，人民生活水平不断提高，人们对蔬菜要求量迅速增长，促使我国农业科技工作者结合国情，在北方地区适时推出并改进发展了具有中国特色的日光温室。由于日光温室结构简单、节约能源、使用要求与建造成本农民易于接受，很快在北方广大农村得到普及推广，有效解决了全年蔬菜均衡供应，使城乡居民菜篮子得以满足。

到 20 世纪 90 年代末，随着人民生活从温饱向小康水平迈进，城乡居民消费结构发生了进一步变化，对蔬菜的需求已从数量型转到讲求品种、质量、营养、保健，对水果、蔬菜需求迅猛增加。日光温室由于操作空间小，受结构条件的限制，可控的环境条件有限，无法保证大规模花卉、水果、名特优蔬菜生产对环境要求的稳定控制，而且它单体面积小，群体占地面积大，土地利用率低，适应不了上规模、上水平发展现代设施园艺的要求。

随着 1995 年以色列在北京援建中以示范农场，又重新拉开了第二次引进外国大型现代化温室的浪潮。自 1995~2000 年短短 5 年中，我国各地掀起大办农业示范园区高潮，期间引进温室面积已超过 300hm²，相当于前 15 年第一次引进的 10 多倍。由于这次新浪潮是在总结第一次失败的教训基础上产生的，因而不再是只引进温室主体结构本身，而是包括了引进栽培品种、技术系统、经营管理专家等。国家科技部也不失时机地提出工厂化农业的概念，结合引进温室的消化吸收和自主创新，实施产业化政策，使我国现代化温室及其配套设备和技术的整体水平登上了一个新的台阶，其总体水平已基本接近或达到国外同类产品水平。

2. 设施畜牧环境工程

自 20 世纪 70 年代末以来，我国的规模化畜禽养殖业得到了迅速发展，各地相继建起了一大批大中型工厂化畜禽养殖场。以机械化蛋鸡场为最先发展项目，在 20 世纪 80 年代得到了空前发展，基本解决了我国城市鸡蛋和肉鸡的周年供应，而且季节价差基

本消失，目前我国养鸡业已经处于稳定发展阶段。

在发展养鸡业的同时，我国的工厂化养猪也迅速由分散经营向集约型转变，年出栏 3000 头以上的养猪场，出栏猪占全国出栏总量的 40% 左右，极大地稳定了市场。尽管人均消费猪肉量以及人口数量在不断增加，但母猪存栏数却相对减少，饲料利用率也在不断提高。

20 世纪 70 年代末，我国为了解决少数大城市居民喝奶难的问题，开始在都市郊区建立大型奶牛场。由于缺乏草场，饲养多以精饲料为主，无论是耗粮还是其它投入，都使牛奶成本较高，再加上城市近郊空气污染严重，容易引起牛奶污染，客观上给奶牛业发展带来了困难。90 年代，科技工作者，采用秸秆氨化技术，用过腹还田的方法，一方面解决奶牛的饲料供应，另一方面也消除了农村秸秆燃烧污染空气的问题，同时秸秆作为饲料也给农民带来了经济效益。因此，广大农村奶牛业，乃至肉牛业同时得到了迅速发展，在全国范围内建立了许多规模化养牛场，为城市鲜奶、奶制品及牛肉的供应起到了非常积极的作用。我国集约化设施养殖技术从起步到稳步发展，用 20 多年的时间走过了发达国家 40~50 年的发展历程，基本解决或稳定了我国城乡居民的肉、蛋、奶供应，取得了巨大的经济和社会效益。但就总体而言，我国工厂化设施养殖的技术距世界发达国家如美国、德国、法国、英国、丹麦等国家尚有较大差距，我国牛奶的人均占有量还远低于世界平均水平，奶牛业的发展任重而道远。

二、农业生物环境工程发展展望

1. 满足农业生物生产的功能需求，将永远是农业生物环境工程追求的目标

随着农产品价格趋稳，季节差价越来越小，农产品质量的提高将直接决定产品的价位和市场占有份额。农业生产设施的改进和

配套为农产品生产提供更适宜的生产环境将成为未来发展的重点。如温室屋面梁采用外卷边 C 型钢代替传统的矩形或圆形钢管,可使屋面结露形成有组织排泄,避免了直接滴落到作物表面给作物带来病害;拱圆形塑料温室屋面采用双圆弧尖屋顶将使屋面的流滴更顺畅。

特殊的生产对象配备专用的配套设备,使设施生产向专业化发展将是未来的发展方向。如专业化育苗温室,采用活动式栽培床,配备自走式喷灌车生产穴盘苗乃至嫁接苗现已在生产中开始应用;一品红、菊花等短日照植物,在温室生产中配以遮光设施可实现花卉的周年上市。这些都体现出专业化生产的需要。

市场的需求将打破常规设施配置,追求最大经济效益将是企业生产的要求。如常规的制冷系统用于温室生产其能源消耗运行成本将达到整个运行成本的 60% 以上,经常是入不敷出,而在一些特殊的条件下,这些设施的应用反而能给用户带来额外效益。如在珠海生产低温兰花,传统的内外遮阳与风机湿帘降温,也难以使其顺利越夏。但采用立体栽培,配空调系统和人工补光,不仅使兰花安全越夏,而且在冬季销售成了当地市场的抢手货,生产者因此而获得了巨大的经济效益。

2. 工厂化农业的发展将进一步挖掘设施农业发展的潜力

工厂化农业是指在相对可控环境下,采用工厂化生产,实现集约高效及可持续发展的现代生产方式。其主要特点是在设施农业的基础上增强了环境控制能力,提高了工厂化生产水平,实现了集约、高效经营,促进了可持续发展。

作为工厂化农业今后研究的重点,其内容包括环境控制计算机模拟模型、生物生长发育规律模拟模型研究向实用化方向发展、设施复合环境优化研究、生物学、园艺栽培学、微气象与生态学、农业生物环境工程与能源工程学、土木工程学、测试技术与自动化、计算机与信息科学、市场营销与经济学等学科之间相互渗透的综

合性研究将越来越受到重视，现代工业技术、生物技术、图象处理技术、核技术及因特网等高新技术将大量应用于生产，产品的高科技含量将占到越来越重要的比例。

3. 新技术、新工艺、新材料将给农业生物环境工程技术发展带来新的活力

计算机技术的发展和有限元技术的应用，使设施结构内力计算将从平面结构受力分析转向空间结构内力分析，对每个受力杆件的内力状况将更加明确，使设施结构的用材更经济、更合理。

先进生产工艺的不断涌现，将带动企业生产效益的不断提高。如畜禽养殖纵向通风替代横向通风后，不仅使畜禽舍的风机配套功率显著降低，最主要是舍内温湿度环境条件更加均匀。该技术的出现，将原来单栋的畜禽舍合并变成了连栋舍，每栋建筑变成了一个分场，使场区占地面积成倍减少，生产效率成倍提高。再如养鸡场高密度叠层笼养技术的出现使养鸡场养殖密度提高到了 $60 \sim 70$ 只/ m^2 ，使鸡场建设的投资显著下降，机械设备的生产效率提高，舍内环境改善，鸡饲料消耗减少，死淘率下降，使养鸡业的整体效益大大提高。

随着高分子材料的发展，温室透光覆盖材料也在日新月异的发展。保温性能好、透光率高的 PC 板材料正在逐步取代传统玻璃覆盖材料，塑料薄膜向功能膜方向发展，高强、长寿、无滴、高保温成了温室覆盖材料的基本要求。传统的 PVC、PE 膜逐步用各种添加剂改性或由 PO、PET(涤纶)膜所代替。外施无滴剂的出现，为塑料薄膜强度和无滴性同步创造了条件。转光膜的出现使温室的能量利用率有更大幅度地提高。以上这些事例都说明未来新技术、新材料和新工艺将会孕育出更高的社会生产力。

4. 节能技术研究将是设施农业工程永远的研究主题

能耗是温室生产成本的重要组成部分，在我国能耗一般占温室生产成本的 20% ~ 40%。温室能耗包括冬季加温能耗和夏季

降温能耗。近年来，在温室结构上采用双层充气膜覆盖或双层结构温室使温室的能耗降低了 10% ~ 20%；室内保温遮阳幕夏季可降温，冬季可保温，在温室生产中得到了大量应用；室外遮阳结合风机湿帘降温系统在南北方推广；畜禽舍纵向通风技术的应用、计算机控制技术开始普及，这些都对设施建筑的节能起到了重要作用。

未来在温室的研究方面将侧重温室自然通风系统的研究，对活动屋面温室将会给予特别的重视。温室配套设施将向智能化方向发展，设施环境调控和营养施肥等将以生产作物的整个生育期为对象，结合市场价格优化设计控制软件，使温室生产能根据周围环境与生产需要做到最经济的调控。

畜禽舍建筑在向高密度密闭式方向发展的同时，开敞式和半开敞式节能型畜禽舍也将有更大的发展。开敞式运动场的设置也将为畜禽创造更宽松的活动空间，同时能源投入也将最低。总之，由于受能源供应的限制和价格的约束，对各种节能措施的研究将永不停息，一些价廉的可再生能源利用技术如太阳能、风能等在有条件的地区将会得到积极倡导。节约能源，保护环境或开发废弃物再利用等技术未来将会有更大的发展。

第二章 设施园艺环境工程

第一节 设施园艺环境工程进展

一、设施园艺环境工程的内容

设施农业是农业生物环境工程学的一门分支学科，而设施园艺工程则是设施农业的重要组成部分。所谓设施园艺，就是在人工创造的特定的设施中栽培园艺作物 诸如蔬菜、花卉、苗木和果树 并且依靠调控光、温、湿、气、水、肥等综合环境条件 提高作物的经济产量和改进产品的品质。

设施园艺生产体系主要有三个方面。第一是工程技术，包括温室、塑料棚等设施 与外界环境隔离 设施内光、温、湿、气、营养等环境调节控制的设备以及某些农业生产作业（土壤耕作、植保、施肥等）的设备。第二是栽培技术 包括栽培工艺流程 作业技术及环境监控技术软件。第三是管理技术、生产技术、工程技术和生产组织、产、贮、运、销等的管理。设施园艺工程有悠久的历史 发展到今天 已形成众多的类型 其结构由简单到复杂 其功能由单一到综合，其管理由粗放到集约。

1. 简易园艺设施

简易的园艺设施包括风障、冷床、温床、简易覆盖、地膜覆盖、漂浮覆盖和遮阳覆盖等。这类设施结构简单、手段单一 环境调控能力往往仅以控制单项环境因子为主，使用局限性大。

2. 塑料棚

它是在固定的骨架上四周覆盖薄膜而搭成的棚室，以保护园

艺作物的生长发育。塑料棚的骨架由竹木、钢筋、钢筋混凝土、型钢或硬质塑料等组成。

塑料大棚有单栋、连栋之分。连栋通风好，抗风雪压力能力强；单栋采光好，建造费用小，是目前我国的主要类型。有的为了提高大棚的保温性，建成双层充气式塑料大棚。

3. 温室

温室类型众多、性能各异。从造型上分，有单坡面温室、双坡面温室两种。单坡面温室是我国传统的保护地设施，现时仍占主导地位。20世纪80年代中期以来，中国开发了高效节能日光温室。这种温室类型是在不加温温室基础上发展起来的，根据保温采光原理对温室进行了优化设计，并采用了新的材料使温室的采光、保温性能大大提高。即使在北纬40°的高寒地区，在严冬季节不加热也能生产喜温的果菜，因此经济效益十分显著。

双坡面温室的屋面是两个方向相反的采光面，侧墙和山墙也由透明材料组成，采光充分，是一种全光温室。双坡面温室有单栋和连栋之分。连栋温室是由两个或两个以上单栋温室相连接而成，栋与栋之间通过天沟连接，其典型代表是荷兰型温室。室内有比较完善的监测、控制环境的设备，机械化、自动化程度较高，所以是一种大型的现代化园艺设施。面积大、空间宽敞，适于作物充分生长，立体栽培，土地利用率高。但一次性投资大，能源消耗大，栽培管理和经营管理技术要求高，目前我国还较少，但发展的态势较强劲。

4. 无土栽培

不用自然土壤，用营养液或营养液与基质栽培园艺作物。无土栽培有两种型式。一类是固体基质栽培，特点是用砂砾、蛭石、泥炭、岩棉、碳化稻糠、锯末等固形物质固定作物的根系。这些固形物质一般孔隙度大、透气性好、有稳定的化学性质（如酸碱度、电导度等），不含毒物，能吸附营养液，所以能维持作物根系所需要的

氧气和营养。另一类是直接将根系连续的或断续的浸在营养液中，这种方式称为水培；或是将根系倒挂在栽培槽中，间断地向根系喷雾 提供营养液 这种方式称雾培。

无土栽培是在人工控制的条件下，充分满足作物根系对矿物质营养、水分、温度和气体等条件的要求，完全避免了自然土壤的束缚，而且可以根据园艺作物不同的生育阶段创造相应的根际环境，因此作物根系发达，吸收能力强，为优质高产奠定了基础。此外还有节水、省劳力、产品洁净等优点。

5. 植物工厂

由催芽、绿化、育苗、栽培、收获和包装等车间厂房组成。这些厂房和车间系根据园艺作物不同生育阶段的特点而设计，人为地控制室内的光、温、湿、气等环境条件和养份、水分以满足作物的要求。园艺作物在一个车间内完成了某一生育阶段以后便及时地转移到另一车间。在植物工厂里生产的特点是不断地播种，不断地收获，天天有合乎规格的产品出厂，供应市场。在植物工厂中，设置有连续的生产流水作业装置，应用电脑按事先设计的控制指标，按程序对各车间的综合环境条件、营养和动力设备进行自动监控；应用多层、立体、密植、快速栽培技术 充分利用面积和空间 能定时、定量用较短的时间大量生产同一种产品，因而大大提高了劳动生产率。

我国植物工厂目前主要限于芽菜和工厂化育苗，并取得一定成效，收到良好效果。

二、设施园艺环境工程的进展

纵观半个世纪以来 特别是近 20 年以来我国设施园艺的发展在以下几个方面取得了举世瞩目的成就。

1. 有效地解决了蔬菜周年均衡供应，为“菜篮子工程”的实施做出了巨大贡献，增加了农民收入，为致富奔小康开辟了新途径。

塑料大棚蔬菜生产,使北方春季鲜菜供应提前了 1 个月 秋季鲜菜供应又延后了 1 个月,南方在冬季可以生产果菜。而日光温室生产的成功为北方地区解决冬季果菜的供应提供了可靠的保证。由于日光温室透光保温性能优良,在无需加热消耗常规能源的情况下,也能在深冬季节满足喜温果菜的生育并形成产量,在元旦、春节期间上市。目前设施蔬菜的人均占有量达到 33 公斤/年,比 20 年前增加了 164 倍,大大丰富了人们的菜篮子,从根本上解决了新鲜蔬菜的周年供应,而且品种齐全。我国南方夏季高温、炎热多雨 过去主要靠苇帘遮阳 不仅费工、难贮运 而且成本高 难以大面积推广。而塑料遮阳网轻便、耐老化、遮阳降温、防暴雨、防冰雹、防台风以及防病虫效果好,得到迅速的推广应用,为解决南方夏秋蔬菜供应发挥了巨大作用。设施园艺生产创造的总收入约为 400 亿元,可使全国农民的人均纯收入增加 40 多元 成为农民致富奔小康的新途径。

2. 探索出了一条符合中国国情、具有中国特色的发展设施农业生产的道路。

我国是一个大陆性季风气候极强的国家,冬季严寒,夏季酷热,例如一月份我国各地气温较全球同纬度地区低,而且纬度越高,低得越多;夏季气温又比同纬度地区偏高,纬度越高,高得越甚。要靠消耗矿物燃料和电力维持温室的适温,无论冬夏所耗能源比欧美、日本等地区高得多 如冬季 667m^2 加温温室,我国与欧美日本相比能源消耗的费用要高 $1/2 \sim 3/4$ 。由此可见发展中国设施园艺只能走节能的道路,只能走继承我国传统农业的精华与吸取现代农业高新技术相结合的道路。十几年来北方日光温室生产、南方遮阳网覆盖生产已充分证实了这一点,10 多年来的实践证明,日光温室是发展我国设施农业的最佳选择。

3. 科研成果丰硕,理论联系实际。

我国设施园艺研究领域的科学研究工作有两个显著的特点,

一是密切联系实际，科研为生产服务，研究的内容都是生产中亟待解决的问题；二是研究水平不断提高，由定性到定量，不仅解决面临的实际技术问题，也进行了理论的探索。

“八五”期间对正在大面积推广的日光温室结构优化的研究，有了新的突破。在采光设计方面，提出了总体优化设计和最佳采光时段的思想。以采光屋面的整体曲面为研究对象，以所在地区冬季生长期截获的太阳辐射总量为依据，确定采光面的倾角和形状、温室高度、跨度等；同时根据温室拱架的受力分析采用样条函数拟合曲线最后确定采光面的形状，这种采光屋面能最大限度地截获冬季太阳能，具有最佳的承载能力，又能充分满足栽培作业的要求。同时在充分研究日光温室墙体保温机理的基础上，提出了异质复合墙体模式和各种建筑热环境参数。这些成果为日光温室的建造和环境管理提供了理论依据。

在温室环境调控方面先后对日光温室内光温湿气环境条件的形成进行了详尽的研究，掌握了丰富的实测资料，在此基础上建立了日光温室环境形成及时空变化的数学模型。此外还研制了不同气候类型的大型现代化温室及配套的环境调控系统，如风机 - 湿帘降温系统、地下热交换系统、通风开窗系统、 CO_2 气肥施放系统等等。近几年来利用计算机对环境进行自动化调控的研究也取得了初步成果。

南方遮阳覆盖的机理也取得突破性进展，提出了遮阳网覆盖的效应主要是降低了地温和叶温，降温增产效应与夏季天气类型关系极大，以晴热型天气降温增产效应最明显，这些结论对实际生产有重大指导意义。

新型覆盖材料的研制与开发取得了显著进展。80年代以来农用塑料薄膜的主攻方向是研究新型的功能性薄膜，如无滴膜、防老化长寿膜、多功能膜、转光膜等，先后推出了聚氯乙烯防老化及防雾滴棚膜、聚乙烯防老化及防雾滴棚膜、保温防病多功能膜等。

90年代初又开始研制开发醋酸-乙烯三层共挤高透光长寿无滴膜、高保温膜等。各种功能膜的性能均比普通棚膜明显提高,而且使蔬菜秧苗健壮,根系发达,座果率提高。地膜方面正在开发可降解膜,已取得了一定进展。近几年又开发出了各种无纺布保温被,作为日光温室夜间外保温覆盖材料,新型保温被保温性能与传统的草帘相当,但质量轻、防雨、耐老化,又不易污染、不损伤塑膜,大有发展前途。

第二节 园艺作物环境

一、种子苗育苗

(一) 种子苗育苗的特点

蔬菜、花卉等园艺作物,其种植方法有直播法和育苗法两种。直播法是将种子直接播种在田间,幼苗生长期间不再移植。育苗法是先把种子播在面积较小、有人工控制环境的设施中,待育成适龄壮苗后,再定植到保护地或露地。育苗也可以在环境适宜的季节露地生产。育苗法的优点是节约用地、便于管理、能缩短生育期、可做到周年生产。

(二) 种子萌发对环境条件的要求

种子萌发时要有综合的外界条件,必须有适当的水分、氧气和温度,三者相互影响,缺一不可,只有三者都合适,种子才会迅速萌发出土。

1. 水分

水分是控制种子萌发的重要因子。种子只有吸收一定的水分,其它化学变化和生理作用才能逐渐开始。种子萌发并开始生长时,还必须将贮藏物质如淀粉、蛋白质等转化为可溶性物质如葡萄糖、氨基酸等,运输到需要的地方去,这些物质的转变和运输都