

栽培设施学

主 编： 黄世衡

副主编： 范竹君

赵卫民



一九九九年一月

目 录

第一章	设施栽培概论-----	1
1.1	设施农业基础-----	1
1.2	设施农业的基本概念-----	1
1.2.1	设施农业的含义和内容-----	1
1.2.2	设施农业的作用和意义-----	2
1.2.3	发达国家设施农业的基本情况-----	2
1.3	我国设施栽培的状况-----	3
1.3.1	设施栽培的发展历史-----	3
1.3.2	设施栽培的现状-----	4
1.3.3	我国设施栽培存在的主要问题-----	4
1.3.4	我国设计栽培的发展趋势-----	5
第二章	农业生物环境工程-----	6
2.1	农业生物环境的构成-----	6
2.2	农业生物环境工程的构成与分类-----	7
2.3	农业生物环境的功能-----	8
第三章	日光温室的设计原理与合理结构-----	10
3.1	采光设计-----	10
3.1.1	光照对生物的影响-----	10
3.1.2	建筑结构与采光的关系-----	11
3.1.3	建筑材料与采光的关系-----	11
3.2	保温设计-----	12
3.2.1	温度对生物的影响-----	12
3.2.2	日光温室的热量平衡-----	13
3.2.3	建筑结构及材料与温度的关系-----	14
3.3	水分条件设计-----	15
3.3.1	水分对生物的影响-----	16
3.3.2	建筑结构及材料与温度的关系-----	17
3.3.3	温室的灌溉及排水方法-----	17
3.4	温室建筑场地的选择-----	19
3.5	建筑温室的合理布局及规划-----	20
3.5.1	温室单元划分的基本原则-----	20
3.5.2	各温室单元的合理布局-----	20
3.5.3	附属建筑的合理布局-----	21
3.5.4	温室场地的合理规划-----	21
第四章	温室环境工程-----	23
4.1	温室光照调节和控制-----	23

4.1.1	温室采光-----	23
4.1.2	温室补光-----	24
4.1.3	温室遮光-----	25
4.2	温室温度调节和控制-----	25
4.2.1	温室保温-----	25
4.2.2	温室采暖-----	26
4.2.3	温室降温-----	26
4.3	温室湿调节和控制-----	27
4.3.1	温室降湿-----	27
4.3.2	温室加湿-----	28
4.4	温室二氧化碳浓度控制-----	28
4.4.1	二氧化碳对植物的影响-----	29
4.4.2	二氧化碳的来源-----	29
4.5	温室综合环境控制-----	29
第五章	栽培设施-----	31
5.1	塑料棚栽培设施-----	31
5.1.1	塑料棚分类-----	31
5.1.2	塑料棚组成及构造-----	32
5.2	温室栽培设施-----	32
5.2.1	温室栽培设施的类型-----	33
5.2.2	温室栽培设施的覆盖材料-----	33
5.2.3	温室栽培设施的组成与构造-----	34
5.2.4	温室栽培设施的施工与管理-----	35
5.3	植物工厂栽培设施-----	35
5.3	植物工厂设施分类-----	36
5.3	植物工厂存在问题及研究方向-----	36
第六章	实用新技术设施-----	38
6.1	无土栽培设施-----	38
6.1.1	固体基质栽培设施-----	39
6.1.2	营养液栽培设施-----	41
6.1.3	穴盘无土育苗设施-----	42
6.2	储藏保鲜设施-----	43
6.2.1	预冷设施-----	43
6.2.2	通风储藏设施-----	44
6.2.3	冷藏储藏设施-----	44
6.2.4	气调储藏设施-----	45
6.2.5	减压储藏设施-----	45
6.2.6	冷藏运输设备-----	46
第七章	人工气候设施-----	48
7.1	人工气候室-----	48
7.1.1	人工气候室概况-----	48
7.1.2	人工气候室结构及功能-----	49

7.2	温室环境监测系统-----	50
7.3	温室环境控制系统-----	52
7.4	群体温室的网络管理-----	55
7.5	人工气候室在农业生物学中的应用-----	56

第一章 设施栽培概论

1.1 设施农业基础

设施农业是具有以工程控制局部气候环境为特点的农业生产体系。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生产管理全过程的成套技术，以发挥控制环境所提供的增加产量和提高产品质量的潜力，是使农业实现速生、高产、优质、低耗的有效手段。

从原始农业、传统农业到现代农业，都有不同程度控制局部气候环境的农业设施，但只有到了近代，随着科学技术的进步和生产水平的不断提高，才逐步形成了较高技术与管理水平的设施农业生产体系。

1.2 设施农业的基本概念

1.2.1 设施农业的含义和内容

设施农业是具有一定设施，能在局部范围改善或创造环境气象因素，为动植物生长发育提供良好的环境条件，而进行有效生产的农业。

设施农业包括：

一、设施栽培——目前主要是蔬菜、花卉、瓜果类的设施栽培，主要设施有各类温室，各类塑料棚，各类人工气候室等。

二、设施养殖——目前主要是畜禽、水产品和特种动物的设施养殖，主要设施有各类保温、遮荫棚舍和现代集约化饲养畜禽舍及配套设施设备。

设施农业是农业工程学科最具有典型的分支学科领域，是依靠科技进步形成的高新技术产业，是当今世界最具活力的产业之一，也是世界各国用以提供新鲜农产品的重要技术措施。

1.2.2 设施农业的作用和意义

设施农业已成为一个产业，它属于高投入、高产出、技术和农动密集型的产业，搞设施农业，必须把它们作为一个整体，一个工程来综合考虑问题，又有一个技术体系的支撑，就能取得好的效果和整体效益。设施农业在整个农业中的比重并不是太大，比如说设施栽培，全国1000万亩蔬菜种植面积将近1亿多亩，而全国耕地面积18亿亩。但它所起的作用和意义十分重大，涉及到高新技术在农业工程上的应用；涉及到农业生产的产业化和现代化发展；涉及到农业产品的多样化和商品质量及社会的稳定，经济的繁荣；以及到每个人的生活水平和生活质量都有直接关系。

1.2.3 发达国家设施农业的基本情况

目前发达国家的设施农业，已形成成套技术、完备的设备、生产规范、产量的可靠性与质量的保证性强，并在向高层次、高科技和自动化、智能化方向发展，将形成全新的技术体系。

荷兰是土地资源非常紧缺的国家，靠围海造田等手段扩大耕地，人均耕地仅1.33亩。全国有13000多公顷玻璃温室，并大力发展设施养殖和畜产品深加工，依靠设施园艺的高新技术和畜产品，使农业迅猛发展，设施园艺已成为国民经济的支柱产业，使农产品出口值高达450亿美元，成为仅次于美、法的世界第三大农产品出口国。荷兰的花卉产业十分发达，主要靠设施栽培，是世界第一大花卉出口国，是世界花卉贸易中心，从荷兰拍卖市场出口的鲜切花占世界贸易出口额的70%，其中荷兰自身生产的占60%（我国仅占1%），因此荷兰市场花卉的成交价被作为国际价格动向的指标。

日本是个岛国，人均耕地资源低于我国，从60年代以来，高速发展蔬菜、花卉的设施园艺生产，实现了产品的商品化、多样化和周年均衡上市。80年代大体上就能达到每天上市的品种在14个以上，日本的栽培设施主要塑料大棚和临时采暖的塑料温室，也有一些玻璃温室，但高度较低，夏委通风降温有一定的问题。日本的设施栽培主要是蔬菜和花卉，也有一些瓜果类、如网纹甜瓜、草莓、葡萄等。

法国、西班牙等国，由于气候条件较好，冬天不太冷，夏天不太热，因此主要是塑料温室。

以色列的设施栽培发展得很快，由于其干旱、沙漠气候、地理因

素，其节水灌溉技术先进，利用光热资源的优势和节水灌溉技术，主要生产花卉和高档蔬菜，采用大型塑料温室，全自动控制，花卉生产温室1800公顷，年产10.7亿支鲜切花，出口量占世界第三位。

美国是个大国，其总的指导思想是搞适地栽培，由于国土横跨几个气候带，有条件搞适地栽培，通过公路和空运解决均衡上市，过去对设施栽培不十分重视。但近几年来，随着人们生活质量的提高，对蔬菜、花卉等产品的品质和新鲜度提出了更高的要求，因此设施栽培有较快发展的趋势。另外美国对设施栽培的尖端技术的研究非常重视，比如在太空中的设施生产问题，已有成套的，全部机械手操作的全自动设施栽培技术。

另外，像韩国、哥伦比亚以及一些非洲国家也都在迅速发展设施农业生产。

1.3 我国设施栽培的状况

1.3.1 设施栽培的发展历史

我国设施栽培历史悠久，早在秦朝（公元前221~206年间）就利用小气候和温泉条件建造朝阳暖室，加盖覆盖物保温。到了汉朝，由于纸的发明，出现了以纸为透光保温材料的纸窗温室。到了唐朝，温室蔬菜生产已有一定规模。明、清时温室黄瓜栽培已达到相当的水平。河南省的开封、洛阳等古都城市郊区都有较悠久的温室蔬菜生产历史和丰富的栽培经验。

20世纪50年代我国的设施园艺生产技术，特别是温室生产有了较大发展。50年代初北京的三折式温室、鞍山式日光温室相继在东北、华北等地大量采用。50年代中期，从日本引进聚氯乙烯塑料薄膜，最初作为小棚的覆盖材料。60年代初我国先后生产出了聚氯乙烯塑料薄膜，1965年吉林长春市郊区出现了中国第一栋塑料大棚（面积约一亩），以后又利用塑料薄膜代替玻璃，使玻璃温室逐渐由薄膜所取代。1977年北京市玉渊潭乡自行设计施工国产型钢架、钢化玻璃温室，这是我国第一栋现代化连栋温室。80年代，我国先后从东欧、日本等国引进屋脊型和拱园型玻璃式硬塑料连栋温室，并附有环境自动调控系统及无土栽培设施，通过引进消化，已形成了一批专业研究机构和制造工厂。

1.3.2 设施栽培的现状

我国设施栽培历史悠久，但作为现代设施栽培起步较晚。改革开放以来，设施栽培发展迅速，到1996年，蔬菜、花卉设施栽培面积达到1000万亩，成为世界第一，其中塑料中小拱棚550万亩，塑料大棚200万亩，各种温室250万亩（主要是日光温室）。人均占有设施栽培面积达到发达国家80年代的水平，年生产鲜切花7亿枝，取得了巨大贡献。特别是利用具有鲜明中国特色的日光温室技术，在北纬40度以上的寒冷地区，依靠简易设施，冬春季节，一般不加温也能生产出黄瓜、番茄等喜温果菜，令世人瞩目。

最近几年，我国形成了发展设施农业的热潮，同时也较大规模地引进国外成套设施与栽培技术，突出地反映了国内对设施栽培成套技术的迫切需求。

1.3.3 我国设施栽培存在的主要问题

我国设施栽培虽然有了长足的进步，但与发达国家相比，还有较大的差距，主要表现在以下几个方面。

一、总体水平特别是科技水平低。我国现代设施栽培起步晚、基础差，没有把它作为一个整体和工程问题，从设施设备到栽培技术和生产管理不配套，生产不规范，难于形成大规模商品生产。

二、设施水平低，抗御自然灾害的能力差。目前只有钢管装配式塑料大棚和玻璃温室有国家标准和工厂化生产系列产品，但仅占设施栽培面积的10%，绝大部分是结构简单，农民自选建造的塑料棚和日光温室，只能起一定的保温作用，根本谈不上对光、温、湿、气等环境因子的调控。

三、机械化水平低。自动控制设备不配套，调控能力差，调控设备和仪器基本是空白，主要靠经验和单因子定性调控；无专用小型作业机具，作业主要靠人力。

四、设施栽培技术不配套。缺乏设施栽培的专用品种，栽培技术不成套、不规范、量化指标少，栽培管理主要靠经验，致使产品产量低、品质差。

1.3.4 我国设施栽培的发展趋势

在今后一段时期，我国设施栽培发展总的趋势，将在基本满足社会需求总量的前提下协调发展，着重于增加品种，提高质量，逐步实现规范化、标准化、系统化、形成具有我国特色的技术和设施体系；重视现有技术和新成果的推广应用，形成高新技术产业，实现大规模商品化生产。

一、我国设施栽培技术路线，将按照符合国情、先进、适用的方向发展，形成具有我国特色的技术体系。

二、随着国民经济的快速发展和人民生活水平的提高，对蔬菜、花卉提出了多品种、高品质、无公害的强烈要求，因此设施栽培的主要趋势是提高水平、提高档次；另外，在比较效益的驱使下，设施栽培，特别是果菜类，由城市近郊向远郊及外埠扩展和转移。

三、目前在山东、河北、辽宁、河南、华东等地形成了集中发展的生产基地，展现了规模化、专业化、产业化的发展趋势，以及针对高档蔬菜和花卉的外向型发展趋势。

第二章 农业生物环境工程

自然界的任何生物的生长，繁育都要求一定的综合环境条件，自然环境的变化，对生物的生长不总是有利的，自然环境中生物的生长随时受到自然环境变化的威胁，这严重制约了高产、高效农业的发展。

随着农业科学、环境科学及相关工程技术的发展，各种农业生物环境保护的农业设施工程先后问世，它们在优质、高产农业生产中发挥了重要作用。

2.1 农业生物环境的构成

农业生物环境是指以农业生物为中心的周围自然环境，包括农业生物进行生理代谢的能源；——光辐射；代谢的媒介——土壤、水和大气；代谢的循环物质—— CO_2 、 O_2 、 H_2O 、 H_2S 、矿物质等以及生物个体之外的其他生物群落。

农业生物环境类型很多，按环境的性质不同分为：物理环境、化学环境和生物环境。物理环境指环境中的光、热、水、气以及建筑；化学环境是指环境中的化学物质，包括土壤和水中的盐类，离子（ K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mn^{2+} 、等），空气中的有害气体，如 CO 、 H_2S 、 NH_3 等；生物环境是指生物个体以外的其他生物群落，包括土壤、水、空气中的微生物，生长的各类植物以及活动的各类动物。

按农业生物进行代谢的媒介不同分为：土壤环境、水环境、和大气环境。土壤环境为各种植物的生长发育提供水分和养分，又是各种微生物良好的栖息地，约有90%的微生物活动在土壤中；水环境为各类水生物，如鱼类、藻类，各种浮游生物等提供了生长、发育所需要的氧气、各种营养物质等；大气环境为各类农业生物的生长、发育所需要的光、热、气，而且为生物与外界进行物质和能量的交换提供媒介和通道。

农业生物环境按系统不同分为自然环境和工程环境。土壤环境、水环境、农田环境等，属于自然环境。自然环境是一个开放系统，它与外界环境有频繁的物质和能量的交换，受大环境变化的制约和影

响，环境因子难以控制。工程环境，如温室、储藏室、组织培养室、水培园艺室等，属于人工环境。它系统较小，同外界大环境有一定的联系，但生物与环境的物质和能量的交换基本在系统内进行。工程环境受外界影响较小，环境的主要因子，如光、温、湿等可以调控，它可为农业生物的生长繁育创造良好的条件，随着集约化、专业化、工厂化生产的发展，农业生物工程环境将有良好的发展及应用前景。

2.2 农业生物环境工程的构成与分类

农业生物环境工程属于“人工控制环境”，它是农业建筑工程技术，环境测控技术以及计算机管理技术基础上发展起来的。农业生物环境工程属于封闭式系统，生物与环境的物质和能量交换都是在系统内进行的。内部的环境因子如温度、湿度、光照、风速、二氧化碳浓度等，都靠人工调控介入，基本不受自然环境变化影响。

农业生物环境工程由农业建筑、环境调控和自动化管理三部分组成。

农业建筑的设计要为农业生物的生产提供空间和适宜的环境，要满足农业生物集约化、工厂化生产的工艺要求。环境调控和管理系统应能模拟与重演大自然生态环境，创造一年四季都适于农业生物生长、繁育的良好环境条件。

农业生物环境工程是农业建筑与生物环境的结合，是农业建筑工程技术、生物环境调控技术和计算机管理技术的综合作用。

农业生物环境工程类型很多，常按以下方法分类：

一、按系统分为封闭生态系统与半封闭生态系统

封闭生态系统与外界大自然环境隔绝，不受自然环境变化的影响。环境便于人工自动调控和管理，如宇航封闭模拟室，地下封闭生物光室等。

半封闭生态系统在某些方面与大自然环境相联系，在不同程度上受外界大自然环境变化的影响。系统环境的调控比较困难，如建筑在地面上的人工自然光温室，水产养殖场，果蔬冷藏保鲜室等。

二、按光源分为人工光系统和自然光系统

人工光系统其内部光照完全用人工光源来模拟自然环境下太阳光的光谱、光量。系统内光的变化，完全靠人工调控。

自然光系统，其内部光照是以自然光作为光源。把室外的太阳光

通过透过性良好的玻璃或塑料引入系统内，为了补偿天气变化、季节变化带来的光照不足，室内设有辅助人工光源。确保系统内光照充足，光质也好。系统内的其他环境因子，如温度、湿度、风量、二氧化碳等都采用控制方式介入，自然光系统结构简单，光的性能好，所以在生产实践中多采用。

三、按应用的范围分为植物生态模拟环境、动物生态模拟环境和动植物生态模拟环境

植物生态模拟环境又分为：细胞组织培养模拟室、作物栽培模拟室、蔬菜水培模拟室、果蔬储藏模拟室，微生物发酵模拟室，病原菌模拟室等。

动物生态模拟环境分为：昆虫培育生态环境模拟室、水产养殖环境模拟室、禽类养殖模拟室、畜舍环境模拟室等。

2.3 农业生物环境工程的功能

农业生物环境工程主要有两种功能：一是保护作用；二是调节控制作用。

一、保护作用

保护农业生物环境不受外界有害物质和有害气体（如 SO_2 、 NH_3 、 CO 等）的侵蚀和污染，使农业生物的生长、发育有一良好的生态环境，保护农业生物不受外界的自然灾害、如狂风、霜冻、冰雹、干旱、高温的威胁和伤害，充分发挥农业生物本身的替在功能，获得优质高产。

二、调节作用

任何一个生物的生长，繁育都要求一定的环境条件，这是在长期的自然选择中形成的。生物种类不同，对环境条件的要求也不尽相同，有的需要长日照，有的需短日照；有的需要温度高一些，有的则需要温度低一些，等等。

农业生物环境工程系统内的环境因子，如温度、湿度、光照、风量、 CO_2 浓度等，可以进行综合调节和控制，为不同生物的生长、繁育提供适宜的环境，使生物与环境得到较好的统一。

利用农业生物环境工程的综合调节作用，可以按排农业生物全年均衡生产，使环境资源和生态资源得到有较的利用，并使环境条件得到改善，可以发展生态农业，按生态学的原理和生态平衡的规律组织

生产，实现生态与经济的良性循环。

调节农业生物生产中有害物质和有害气体，如环境中的 NH_3 和 H_2S 等，不至于过高积累，危害农业生物的生长。

调节控制农业生物环境内的能量流动和代谢物质的循环、改善农业生物环境，维护良好的生态平衡。

第三章 日光温室的设计原理与合理结构

3.1 采光设计

太阳辐射既是日光温室的热量来源，又是栽培作物光合作用和能量来源。日光温室生产是在一年之中最大限度地把太阳辐射引进温室里来，所以搞好日光温室的采光设计是保证日光温室栽培取得成功并获得高产和高效益的关键。

3.1.1 光照对生物的影响

太阳光是一切生物进行生命活动的起始能源。光通过化学效应、光电效应、光热效应，实现光能的转换和能量的流动。

光对生物的影响来自两个方面，一是为生物的生理代谢提供能量；二是为生物形态的建成提供适宜的温度。

生物的光反应通过三个系统完成的：植物叶通过叶绿素吸收660nm附近的光波进行光合作用，将光能转换为化学能，以有机物的形式储藏起来；植物色素吸收660nm和730nm的光波，用于光形态的建成；胡萝卜素则吸收450nm附近的光波用于高能量形态的建成。

光强的变化影响着植物的光合作用和呼吸作用。植物在生命活动的过程中，进行着光合作用和呼吸作用。光合作用固定二氧化碳，产生单糖；呼吸作用释放二氧化碳，吸收氧气，氧化碳水化合物，为植物体内各种生物化学作用提供能量。呼吸作用是光合作用的逆过程。

一般光合作用在日出时开始，但速度很慢，经过一段时间后，固定二氧化碳速度才释放二氧化碳的速度。光合作用与呼吸作用相等时的光强度，称为光补偿点。在光补偿点以上，植物的光合作用速度一般随光强度的增加而增加，且在较大范围内是呈线性关系。当光合作用速度变得与光强度的增加无关时，此时的光强度称为光饱和点。

不同类型的植物，固定二氧化碳的速度差别很大，热带作物吸收二氧化碳的速度随光强增加呈线性增长，对光的依赖性强。

太阳到达地面的总辐谢能量，仅有6%转化为碳水化合物的化学能，而实际的农业生产水平，光合作用效率还没有达到6%，仅为1%左右。研究光能的转化，提高光合效率，是提高农业生产重要课题。

730nm 以上的光波，植物基本不吸收，但 730nm 以上光波的光热效应强，有利于提高植物体的温度，促进植物形态的建成和对水分的吸收。

3.1.2 建筑结构与采光的关系

植物对光的要求主要为三个方面，即光照时间的长短（光量），光谱成分的变化（光质）和辐谢强度，这些都随纬度、季节、时间、地形、地貌、海拔高度以及气象因素等的不同而变化。在设计温室采光时，必须根据不同植物的不同生态要求，给予以合理的处置。

建筑温室所使用的构件，同采光的关系极为密切。当构件的尺寸过大或使用的过密，则会产生过多的遮光，使植物的受光不均匀，对植物的生长发育造成不良影响。因此，在设计时如何采取合理的处置，尽可能把遮光面积压缩到最小的限度，在设计温室建筑结构时，注意以下几点：

一、构件的数量，在结构强度允许的前提下尽可能把构件数量压缩到最少限度。

二、构件尺寸，在结构应力允许的前提下，温室建筑构件断面的尺寸尽可能的压缩。

三、构件方向，温室建筑构件从使用方向上分有三种：垂直方向、南北方向和东西方向。其中垂直方向和南北方向的构件，固然也有遮光问题，但这些构件在温室的阴影，在一天当中会随太阳的东升西落而自西向东移动位置，所产生的遮光影响较小。而东西方向的构件在温室里所映阴影，却只能在一年当中随着太阳高度角各季节的大小变化，在南北方向极为缓慢的移动，而且构件距离在南越近移动的范围就越小，形成长时期的遮光，因此，在设计东西方向的建筑构件时，应当做到：能不用的就不用或尽量少用，必须使用的应尽可能的压缩断面尺寸和采用长方形的断面方式。

四、双层屋面减弱光的照度，双层屋面可以起到保温的作用，但光线通过两次吸收和反射，光的照度减弱，所以一般把下层屋面做成可以活动打开的屋面。

3.1.3 建筑材料与采光的关系

太阳光线通过采光覆盖材料（玻璃塑料或塑料薄膜等）透射到温

室，其照度和光谱成分的强弱，同采光面的倾斜度以及采光材料的质量和厚度有密切的关系。

太阳光照射到温室覆盖材料表面，一部分被反射掉，一部分被覆盖材料表面附着的灰尘吸收剩余的才透射到室内。反射、吸收和透过。

表3-1 几种覆盖材料透光率比较

品名	玻璃 3mm	聚碳酸酯中 空板二层 6mm	聚碳酸酯中 空板三层 16mm	聚碳酸酯 沾形板 0.8mm	保温无 滴膜 0.15mm	光谱选 择膜 0.15mm	聚氯乙 稀膜 0.1mm	醋酸乙 烯膜 0.1	聚乙 烯腊 0.1mm
透光率 (%)	88	82	76	90	80	80	87	85	77

表中的透光率是以光谱成分550nm的透过率，不同的覆盖材料，在不同的光谱成分中的透光率是不同的，如果从光谱成分的角度看，塑料薄膜能透过波长390nm的紫光紫外线，玻璃仅能透过波长440nm的紫光，因此塑料薄膜的紫外线透过量比玻璃好。在使用过程中随着覆盖材料的附着水滴、灰尘，透光率会不断下降。

3.2 保温设计

日光温室在密闭的条件下，严寒冬季只要天气晴朗，光照充足的午间室内气温可达到40℃以上，但是如果没有较好的保温措施，午后随着太阳高度角的变化，光照减弱，温度很快下降，特别是夜里间，由于外来热能来源已断绝，各种放热使室温下降到作物生育适温以下，遇到灾害性天气，往往发生冻害。因此，搞好保温设计，使其能满足作物正常生育对温度条件的要求。

3.2.1 温度对生物的影响

生物体内的所有化学过程，都需要在一定的条件下才能完成。

植物的生理代谢，生长发育，存在所谓生长、光合、呼吸“三基点温度”——即最高温度，适宜温度和最低温度。一般低于最低温度或高于最高温度，植物的生理代谢活动都不正常。表3-2为温带植物的生长、光合、呼吸三基点温度。

在最低温度以上，植物的生长速度随温度升高而加快，超过适宜温度，又慢慢趋势于缓慢。

表1-2 温带植物的三基点温度

代谢功能 温度	生长发育	呼吸作用	光合作用
最高(℃)		50	35~40
适宜(℃)	25~35	36~46	20~25
最低(℃)		-10	0~5

植物光合作用与呼吸作用的三基点温度并不完全一致，呼吸作用的三基点温度的范围更宽。当温度超过光合作用的适宜温度后，光合作用明显减弱，而呼吸作用在一定范围内仍然较强，这期间植物的积累减慢而消耗仍然较大。

生物酶促反应速度强烈地依赖于温度。温度升高时，酶促反应速度加快，一般每升高1℃，相对反应速度增加0.096，但当温度高于50℃时，大多数酶开始受害而失去作用。

植物细胞或其他物质的化学反应速度也取决于温度，一般用温度系数 θ_{10} 表示：

$$\theta_{10} = (K_2 / K_1)^{(10 / (t_2 - t_1))}$$

式中 K_2 ， K_1 为温度为 t_2 ， t_1 时化学反应速度常数，一般 $\theta_{10} = 2.5$ ，表示温度每升高1℃，反应速度增加9.6%。

植物的呼吸作用，光合作用和生长发育，明显受昼夜温度变化的影响。昼夜温差大，即白天温度较高，夜间温度较低，有利于增强光合作用，降低呼吸作用；有利于增加积累，减少植物体内有机物的消耗，有利于植物的生长；反之，则不利于植物生长。

3.2.2 日光温室的热量平衡

日光温室的热量来自太阳辐射，白天太阳光能幅射透入日光温室，被地面、墙体、温室的构件、作物以及空气吸收，以“热”的形式进行传递、交换。其中一部分热量传导到底层土壤或墙体中，到了夜间，随着气温的下降，这些热量就释放出来，在一定程度上有减缓气温下降的作用。因此在设计日光温室时，必须尽最大可能增强保温蓄热能力，保证温室能维持作物正常生育的温度。因此，了解日光温室热量平衡是十分重要的。

太阳以高能量的短波辐射透过覆盖材料进入室内，空气吸收太阳