



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

农 业 生 物

环 境 工 程

● 崔引安 主编

● 农业建筑与环境工程专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

农业生物环境工程

崔引安 主编

ND20102

农业建筑与环境工程专业用

农业出版社

内 容 简 介

本书是崔引安教授等人，为农业建筑与环境工程专业本科生编写的专业教材。全书共11章，全面而扼要地论述了现代畜禽饲养、温室作物及果蔬贮藏保鲜与其环境因素及环境工程间相互作用的基本规律。重点介绍了现代农业建筑，如畜禽舍、温室及果蔬贮藏保鲜工程设施的光照、采暖、通风、制冷空调、蒸发降温及废弃物处理等环境调节与控制的基本原理、工程设计方法等。各章后面还引用和推荐一些较新的专著，以供读者进一步查阅参考。本书可作为农业大专院校农业建筑与环境工程类专业的教材，对农业工程类专业的师生及从事农业工程的科学工作者和工程技术人员也有一定的参考价值。

前 言

本教材是根据1988年6月全国高等农业院校教材指导委员会农业工程学科组会议所定的农业建筑与环境工程专业教学计划编写并报农业部审批的。

根据农业工程学科组会议的决定,《农业生物环境工程》课的教材由北京农业工程大学主编,东北农学院为副主编。1989年5月在北京农业工程大学召开了《农业生物环境工程》教材编写会议,成立了教材编写组,讨论和拟定了编写大纲,并开始分工编写。编写组由北京农业工程大学崔引安教授(主编)、东北农学院姚维祯教授(副主编)、北京农业工程大学周允将副教授、黄之栋高级工程师四人组成。崔引安负责绪论部分,周允将负责第一、二、三、四、六等五章,姚维祯负责第五、九、十等三章,黄之栋负责第七、八、十一等三章。经两次集体讨论修改,并由姚维祯、崔引安进行统编工作,最后由浙江农业大学崔绍荣教授进行了细致深入的审稿工作。

本教材是在周允将编写的《畜禽舍环境工程》与黄之栋编写的《温室与果蔬贮藏保鲜环境工程》两本讲义的基础上,经修改补充而成的。以上两本讲义曾在北京农业工程大学农业建筑与环境工程专业讲授多遍,并经过两次修改。在国内也有很多兄弟院校引用过这两本讲义。由于原讲义系将动物和植物分开编写,内容篇幅偏大,重复脱漏之处在所难免。新教材将动物和植物两部分合并起来编写,删除了不必要的重复部分,增加了新的内容,并增加农业废弃物处理一章,使内容更为充实完整。

本教材适合农业建筑与环境工程专业大学本科生作为专业教材,亦可供有关专业教师、科研及工程技术人员参考阅读。

在农业现代化建设迅速发展的今天,农业生物环境工程教材建设事业又十分年轻,恐难免会有疏漏和不妥之处,深望广大教师和读者批评指正,使本书再版时能得到不断改进。

目 录

绪论	1
第一章 农业建筑的保温和隔热	7
第一节 围护结构的传热	7
一、表面热转移	8
二、结构传热	9
三、平壁内部温度的计算	12
第二节 围护结构的热稳定性	13
一、室外热作用	13
二、简谐热作用下的传热特征	16
三、围护结构的热稳定性	18
第三节 农业建筑的保温	20
一、外围护结构的保温要求	20
二、地板的保温	24
三、围护结构保温层设置方案	25
四、保温材料	28
第四节 外围护结构的蒸气渗透和冷凝	29
一、围护结构表面冷凝和水蒸气渗透	30
二、围护结构蒸气渗透计算	31
三、内部冷凝水量的估算	32
四、内部冷凝的检验和控制	33
第五节 农业建筑隔热	37
一、双向谐波热作用下平壁的周期传热计算	37
二、温度波在平壁内的衰减和延迟计算	39
三、围护结构的隔热设计	42
第二章 农业建筑通风	49
第一节 农业建筑全面通风量的确定	49
一、有害气体浓度概念	49
二、通风的基本形式	50
三、全面通风换气量的计算	51
第二节 畜舍通风换气	54
一、畜舍通风换气的要求	54
二、畜舍的热湿平衡	56
三、畜舍通风换气量的确定	59
第三节 温室通风换气	61

一、换气设计的基本要求	61
二、设计换气量的确定	62
三、换气方式的选择	64
第三章 农业建筑自然通风	67
第一节 自然通风的原理和计算	67
一、热压作用下的自然通风	67
二、风压作用下的自然通风	68
三、热压和风压同时作用的自然通风	69
四、自然通风的计算	70
第二节 农业建筑的自然通风	74
一、自然通风的组织	74
二、自然通风畜舍	75
第四章 农业建筑的机械通风	79
第一节 农业建筑机械通风的型式与风机选择	79
一、农业建筑机械通风的基本型式	79
二、风机的类型和选择	83
第二节 进排气口气流分布	86
一、进气口空气射流	86
二、排气口空气流动规律	88
第三节 畜舍进排气口	89
一、缝隙式进气口	89
二、矩形进气口	92
三、排气口	93
第四节 通风管道水力计算	93
一、风管内的压力分布	93
二、通风管道的水力计算及风机选择	96
第五节 等量送风管道计算	102
一、均匀送风管道出口气流的流速和流量	102
二、均匀送风管道的设计要求	103
三、均匀送风管道的计算方法	103
第六节 通风空气的净化	104
一、灰尘的有害影响	104
二、除尘的方法	104
三、空气过滤器的种类	105
四、空气过滤器的主要性能指标	106
五、应用举例	106
第五章 农业建筑的光照	109
第一节 温室的自然采光	109
一、太阳辐射的光谱能量分布	109
二、辐射照度和光照度	110
三、温室内自然光照及其影响因素	112

第二节 温室的光照调节	118
一、人工补光	118
二、人工遮光	125
第三节 畜禽舍的光照	126
一、畜禽舍的天然采光	126
二、畜禽舍的人工光照	129
三、鸡舍的定时光照	129
第六章 农业建筑降温	132
第一节 蒸发降温原理	132
一、农业建筑降温的意义和降温方法	132
二、蒸发降温原理	134
第二节 畜舍降温	135
一、湿垫(或湿帘)风机降温系统	135
二、喷雾降温系统	137
第三节 温室降温	140
一、必要换气率与蒸发量的计算	141
二、湿垫风机系统的参数计算	142
三、温室的喷雾降温	144
第七章 农业建筑采暖	146
第一节 农业建筑的热平衡原理	146
一、农业建筑的热平衡	146
二、农业建筑的热平衡方程	146
第二节 农业建筑采暖设计热负荷计算	148
一、温室的热负荷计算	148
二、畜禽舍的热负荷计算	152
三、室内外设计温度	154
第三节 热水采暖系统	154
一、热水采暖系统的组成和分类	155
二、锅炉设备	155
三、散热器	156
四、热媒温度的选择	159
五、热水采暖系统的循环方式及管路布置	160
六、热水采暖系统的管道与附属设施	163
七、热水采暖系统的水力计算	167
八、热水采暖系统的调节	170
第四节 热风采暖系统	173
一、热风采暖系统的分类	173
二、热风采暖系统的结构和组成	173
三、送风温度和送风量	175
四、空气加热器的选择	176
第五节 局部采暖设备	177

一、畜禽舍用的局部采暖设备	177
二、温室用局部采暖设备	180
第八章 温室设施环境调节与控制	184
第一节 温室设施光照环境的调节控制	184
一、太阳辐射与光合有效辐射	184
二、光照环境与作物	187
三、温室设施的光照条件	190
四、光照调节与控制	192
第二节 温室设施温度环境的调节控制	195
一、温度与作物的生育	195
二、温室设施的温度特性	197
三、温室采暖	197
四、温室保温与节能	201
第三节 温室设施空气湿度环境的调节控制	203
一、温室设施的水分平衡与湿度条件	203
二、湿度与作物的生长发育	204
三、湿度环境的调节与控制	205
第四节 温室设施空气环境的调节控制	206
一、空气环境与作物的生育	206
二、CO ₂ 肥源与施用	208
三、有害气体的预防与控制	210
第五节 温室设施根圈环境的调节控制	210
一、土壤气体的调节	210
二、土壤水分调节	210
三、土壤施肥与消毒	217
第六节 温室设施综合环境调节与管理	217
一、综合环境调节的意义	217
二、综合环境调节与管理的方法	218
第九章 畜禽舍环境控制	220
第一节 畜禽环境因素及其影响	220
一、环境温度对畜禽的影响	220
二、相对湿度对畜禽的影响	222
三、空气流速对畜禽的影响	222
四、空气中有害气体对畜禽的影响	223
五、光照对畜禽的影响	223
第二节 畜禽舍环境控制要求	224
一、猪舍的环境要求	224
二、鸡舍的环境要求	225
三、牛舍的环境要求	225
第三节 畜禽舍环境控制系统设计要点	226
一、开敞式环境控制系统的设计要点	226

二、有窗式环境控制系统的设计要点	227
三、密闭式环境控制系统的设计要点	229
第四节 畜禽环境系统的节能	233
一、减少热能损失	233
二、减少通风耗能	234
三、利用排气中的余热	234
四、利用新能源	236
第十章 农业废弃物处理	238
第一节 畜禽粪便的特性	238
一、物理学特性	238
二、生物化学特性	240
三、化学特性	241
四、卫生学特性	242
第二节 畜禽粪便的收集、输送和贮存	242
一、畜禽粪便的收集	242
二、畜禽粪便的输送	248
三、畜禽粪便的贮存	249
四、畜禽粪便的收集、输送、贮存举例	251
第三节 畜禽粪便的处理	252
一、物理学处理	252
二、生物学处理	257
三、化学处理	269
四、饲料化处理	269
第四节 畜禽粪便管理系统规划	270
一、规划原则	270
二、系统类型	270
三、农田施肥的需用面积	271
四、排入公共下水道或水体的废水质量要求	272
五、粪便管理系统举例	272
第十一章 果蔬贮藏环境控制	274
第一节 贮藏保鲜的环境条件	274
一、温度	274
二、相对湿度	274
三、空气成分	274
第二节 贮藏保鲜的方式	275
一、简易贮藏	275
二、通风库贮藏	275
三、机械冷藏	275
四、气调贮藏	275
第三节 通风贮藏库的环境调控	276
一、通风系统的设置	276

二、通风量的计算.....	277
三、通风断面的确定.....	278
第四节 机械制冷原理与制冷剂选择	279
一、机械制冷原理.....	279
二、制冷剂的选择.....	281
第五节 冷藏库耗冷量的计算	283
一、库房冷分配设备负荷	283
二、制冷机机器负荷.....	288
第六节 氨制冷系统概述	289
一、库房系统.....	289
二、机房系统.....	291
第七节 制冷压缩机的工作原理及类型.....	291
一、活塞式制冷压缩机工作原理.....	292
二、冷库常用的中小型压缩机类型.....	293
第八节 制冷压缩机的选择计算.....	294
一、设计工况的确定	294
二、产冷量的计算.....	295
三、压缩机的电动机功率	296
第九节 制冷设备的选择	297
一、制冷压缩机的选择	297
二、冷凝器的选用.....	297
三、蒸发器的选用.....	299
第十节 制冷系统管道与机器设备的布置	301
一、制冷系统管道的选择与计算.....	301
二、机器设备的布置.....	302
第十一节 果蔬的气调库贮藏	302
一、气调库的建筑特点	303
二、气调库的绝缘.....	303
三、气调库的制冷.....	305
四、气调装置	305
第十二节 塑料薄膜帐与硅窗气调贮藏	308
一、塑料薄膜帐贮藏.....	308
二、硅窗气调贮藏.....	309

绪 论

《农业生物环境工程》是农业建筑与环境专业的一门专业课程。它的研究领域是农业生物（如畜禽，园艺作物等）在生长发育和产品转化过程中，生物体与各环境因素的相互关系及改善环境条件的调控措施。环境是指围绕着生物体周围的所有事物，即构成生物生长、发育、繁衍的空间外围事物。生物的环境一般可分为物理环境、化学环境和生物环境等。物理环境包括生物周围的光、热、空气、水、房舍和围栏等，其中的空气温度、湿度、太阳辐射和空气流动等，统称为热环境，这是本课程中主要的研究内容。化学环境是指生物周围空气中的化学物质，在生物环境工程中，关心的是空气中的有害物质，如一氧化碳、硫化氢、氨气等对畜禽生长发育的影响。生物环境是指生物个体以外的所有生物，包括空气、土壤、水中的微生物，体内及体外的寄生物，以及周围的其他同类群体等。这种同类生物之间的关系，即构成所谓的群体环境，或者称之为生物的社会环境。

在过去的传统农业阶段，普遍重视育种、防疫和病虫害防治、科学施肥或喂饲等生产技术，认为这些农业技术和有关的学科是推动农业生产发展的有效手段。随着科技和生产的发展，农业要向现代化迈进，那些传统的生产技术要继续推动农业生产发展已受到种种条件的制约，于是，开始把目光集中在生物环境问题上。制约农业生产的因素可以概括为两个方面，即遗传和环境。遗传决定生物生长发育的潜在可能性。而环境则决定生物的遗传潜力能在多大程度上得以实现。没有优良的遗传潜力是不能获得优异的农产品，但是再好的良种如果没有适宜的环境条件，就不能充分发挥其遗传潜力。因此用工程技术为农业生物创造适宜环境条件的农业生物环境工程，正在越来越受人们的重视。

一、农业生物环境工程和农业建筑

在辽阔的农村，各种各样的村镇建筑物可以分成农村民用建筑（包括公共建筑）和农业生产性建筑两大类。后者是指农业生产使用的建筑物，如畜舍、温室、粮食种子库、水果、蔬菜贮藏库等，可归纳为畜禽饲养建筑、种植园艺建筑、水产养殖建筑、农产品贮藏保鲜建筑等，范围十分广阔。随着农业现代化的进展，农村中各类建筑物的功能也已经有重大的变化，传统的农村建筑物主要是用来保护人和家畜，或者用于贮藏农副产品和农具等。如今的农业建筑不仅有上述的那些保护功能，而且要以适宜的形式来实现现代化的农业生产。因此，农业建筑的特点是要为农业生物创造适宜的生长环境，同时还要考虑农业工厂化生产工艺的要求，使整个生产过程实现机械化均衡生产。

农业与工业的区别在于它是通过生物的生长、发育来取得产品，也就是靠生物能的转化来取得产品。在地球上，具有一年四季都适合农业生物生长繁育的地域范围是有限的，因此有必要借助农业建筑来为农业生物提供适宜的生长环境。例如在温室或塑料大棚里，即使在寒冷的冬季，也能为黄瓜、西红柿等喜温蔬菜提供适宜的温度和湿度。在密闭式蛋鸡

舍里,在高密度的饲养条件下,夏季能降温防暑,冬季能保温除湿,为蛋鸡连续均衡产蛋提供了适宜的环境条件。在农业建筑物内,凭借现代科学技术和工程措施,在局部的小范围(如温室或畜禽舍)内,人工控制小气候,以充分地发挥农业生物的遗传效果。然而各种农业生物环境工程都有赖于一定的农业建筑才能得以实现,所以说农业建筑为生物提供适宜的环境创造了基本条件。

同样,农业建筑的设计必须满足农业生物集约化生产的工艺要求、其中很重要的就是要满足农业生物的适宜环境条件。没有现代化的环境控制技术来指导农业建筑的设计,也就无法实现农业生物的集约化生产。如果不用气调贮藏的原理来指导水果蔬菜气调贮藏库的设计施工,修建的气调库与一般的冷藏库没有多大差别,也就达不到气调贮藏保鲜的目的。过去有一些工程设计人员,由于缺乏农业生物环境工程方面的理论知识,误把农业建筑套用一般的工业和民用建筑的原则来设计,即使照抄国外的设计图纸,建造的农业建筑也都貌合神离,很难满足实际生产的需要,这种失败的教训值得我们深刻地反思。农业生产的地域性很强,产品的利润微薄,农业建筑必须因地制宜地设计施工,才能以较少的投入,取得良好的经济效益,国外将农业建筑与环境结合在一起,成为农业工程的一个重要分支,是有深刻的道理的。

二、农业生物环境工程的作用

农业生物环境调控的目的是为农业生物创造一个良好的生态环境,以达到高产、优质、速生和低耗。农业生物环境工程在农业生产中的作用可归纳为以下几个方面。

1.为农业生物创造适宜的生长繁殖环境,实现高产优质和全年均衡生产。农业生物在一个地方能否生存、繁殖以及它们生产力的高低都取决于它们能否适应当地的环境条件,或者在生产中能否为它创造一个适宜的环境。在生产中一般有两个解决的办法:一是从选种育种入手,培养适应当地环境条件的优良品种;二是采取各种环境工程和管理措施,改善农业生物的生活环境。目前在良好的育种和科学管理条件下,要进一步挖掘农业生物的生产潜力,环境条件就成为最薄弱的环节。

我国属大陆季风气候,由华南沿海的海洋气候向西北逐渐过渡为大陆性气候,大部分地区冬夏盛行相反方向的季风,使气候冬冷夏热,冬干夏雨,四季气候变化大,远不能满足农业生物的环境要求。从气温情况来看,一是气温年较差(多年内最热月份的平均温度与最冷月份的平均温度的差值)比较大。华南地区气温年较差为10—20℃;长江流域为20—30℃;华北和东北地区为30—40℃。农业生物的适宜温度一般都在10—20℃范围内,那么大部分地区在一年中只有几个月的月平均气温在适宜的温度范围中。二是极端气温的影响,夏季高温:日平均最高气温在华北平原及以南的广大地区能够超过30℃。冬季严寒,东北地区全年最冷时候(五天)平均温度一般在-15—-30℃。

在拥有环境工程设备的农业建筑里,可以改善外界恶劣气候对农业生物的影响,例如在大型蛋鸡舍里安装了纵向通风的湿垫—风机降温系统后,在炎热的夏季可减少大量死鸡的严重损失,而且还可以保持较高的产蛋率。在塑料大棚或温室内种植蔬菜,可以维持蔬菜的全年均衡生产,例如在加温的塑料大棚内,现代化的成套蔬菜育苗设施可以培育出茁壮的易于移栽的蔬菜秧苗,提早完成蔬菜的定植工作,也就提前了蔬菜的上市日期。

50年代以来,由于良种培育,改进饲养管理以及采用集约化生产方式,工业发达国家率先开发了现代化的畜牧场,应用先进的生产工艺和技术设备,在大型畜禽舍内实现机械化饲养管理和人工控制小气候,大大地提高了产量和劳动生产率。总的发展趋势是要因地制宜,农牧林相结合,大中小型相结合,并以缩短生产周期、增加产量、降低成本、提高生产效率为主攻方向。在现代化的肉鸡舍内只需八个星期即可将雏鸡饲养到1.5—2公斤的屠宰重量。同样可以在五个月左右育肥期内把仔猪饲养到100公斤左右的出栏屠宰重量。在大型蛋鸡舍内,蛋鸡年平均产蛋260枚,料蛋比一般都在3:1以下。在设计合理,调控管理良好的奶牛舍内,可以生产出无需消毒处理即可直接饮用的优质牛奶。

2. 农业生物环境工程发挥了节能作用,促使农业集约化生产向低消耗的方向发展。农业生产的本质在于将太阳能转变成食物,种植业是通过作物的光合作用同化太阳能变成食,饲养业是通过畜禽把饲料中的能量转化为畜产品。全世界每年平均约有40%左右的粮食用作饲料,工业发达国家平均达到60%。养殖业由于生产周期长,同时受畜禽能量转化率的限制,在向人类提供食品方面的效率是较低的。农业生物环境工程可以改善畜禽的环境条件,提高饲料的利用率和能量转化率。在实际生产中,由于不重视畜禽的适宜环境,冬季由于过度寒冷,喂饲的大量饲料被畜禽用于御寒,而不能转化为肉、蛋等产品。我国是一个养猪大国,但是猪的出栏率仅为80%左右,而世界水平为100—200%,这就是说,由于肉猪的出栏率低,相当于养了成亿头不出栏的猪,饲料的浪费是惊人的。在节能畜舍里,采用了保温隔热的建筑结构和节能通风系统,有效地为畜禽提供了适宜的环境条件,设计合理的供水给食系统,可以节约饮水和大量的饲料。日本的电力研究所为了利用夜间多余的电力,设计了双层玻璃结构的日光温室,夜间在双层玻璃的间层充入塑料小球来提高温室的保温能力。夜间用白炽灯补光,同时利用灯的发热量来补充温室热量。在进行适当的二氧化碳施肥后可使草莓的生长期缩短至原来的1/3,并且大大提高了草莓的产量。同样,利用组织培养技术和温室炼苗,也可缩短优良果木繁殖苗木所需的年限,可加速优良新品种的更新换代。

3. 农业生物环境工程是发展生态农业的重要工程措施。我国农村人多地少,人均耕地仅1.3亩,以占世界7%的耕地来养活占世界22%的人口,每年还递增1700万新生人口。农业生态系统负荷限度发出的警告,启示我们中国的农业发展方向必须走生态农业的道路。要按生态学原理和生态平衡等规律来进行生产和组织经济活动。广义的生态农业是应用生态平衡原则和生态学法则来进行农业生产和农村建设,把生态效益、经济效益和社会效益统一起来。在这个广阔的领域里,利用农业生物环境工程技术,充分提高太阳能的转化率,开发利用生物能,保护和改善农业环境,维护良好的生态平衡。在长期生产实践中创造的多种多样的生态农业模式,例如食物链生产型,桑基鱼塘型,农林牧复合型和立体利用型等,都是应用工程和管理措施把生物和环境适度调控,协调统一起来。我国农业现代化道路将是一条生态农业与现代科学技术相结合的道路,在传统农业的基础上,采取生物的和工程的措施,充分地利用农业生态资源,实现生态与经济的良性循环。

三、农业生物环境工程的内容

农业生物环境工程是农业工程的一个分支,它的研究重点是综合利用农业生物学和环境工程技术的各种成果,改善和控制农业生物生长全过程的环境条件,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；畜舍环境控制工程；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方面。

当前新技术革命正使世界农业发生深刻的变化，特别是生物工程技术由试验转向应用，用基因拼结法生产脱氧核糖核酸，用无性杂交、基因移植法培育新的动植物品种，将为农业生产开辟广阔的前景。在我国，农业科技水平比起发达国家来仍然比较落后，品种改良方面还有大量的工作亟待开发。一般说来搞品种改良所需的投入远比发展生物环境工程为少，因此农业生产中把育种工作放在优先的地位。另一方面，近年来生物工程的迅猛发展，为遗传育种开拓了一个崭新的领域。例如基因转移技术将牛的控制生长激素的基因嫁接到猪的染色体上以后，便可育成生长迅速、形体大的猪的新品种。使用细胞融合技术可以突破种间交配的限制，培育出新奇的生物品种。生物工程在遗传育种方面取得的突破性的重大进展，使遗传育种工作越来越受到人们的重视。但是，不管是使用传统的育种方法，还是利用生物工程（或称遗传工程）的新的育种方法，要想顺利地完成任务，缩短育种周期，大量繁殖迅速推广新品种，都需要应用农业生物环境工程来创造适宜的环境。

农业生物环境按农业设施内外来分，可分成农业设施外的大气环境和设施内的生物环境。农业设施内部环境是本课程的主要研究内容，将从热力学的角度，以空气温度、湿度、气流运动和太阳辐射等环境因素为中心，分析农业设施里热量和水汽的传递及其对农业生物体的效应，研究生产过程中改善和控制环境因素的工程理论和技术措施。此外也包括了其他物理和化学环境因素，如光照、有害气体等对农业生物的影响及工程控制措施。农业设施外的环境即一般的大气环境，人们对它的研究主要集中于大气污染的原因及防治，已有专门的学科和专业进行研究，不属于本学科的探讨范围。但是有很多设施农业，例如畜牧场，它们既害怕外界环境的污染，如外界有害气体和病原寄生物的传入，同时畜牧场本身的废弃物又可能对附近的环境造成严重的污染。畜牧场既要采取必要的措施来防止外界污染物的侵入，又要对场内的废弃物进行收集处理并加以综合利用。另外，在农业设施外面种植防风林，减轻风砂的为害；在柑桔北移扩大种植范围时，常采用熏烟，以及在树干外面缠绕塑料膜条等措施来预防霜害等，这些属于改善外围环境的措施。这虽然已涉及到大气环境，但在农业生物环境工程中也应研究解决。

在农业生物环境中，根据调控范围的不同，可分为整体控制和局部控制，前者是在整个农业设施内进行补充加热或通风换气；后者是在局部空间进行调控，例如雏鸡舍内采用育雏伞对雏鸡局部采暖。根据调控环境因素数量的不同，可分为综合环境控制，即对所有的环境因素同时加以控制；以及必要环境控制，如仅对农业设施中的温度进行调控。根据对农业生物控制方式来划分，有体外控制，如夏季对猪进行喷淋降温；与此相对的是体内控制，如提前将母猪移入产房，使怀孕母猪对产房内的致病源产生抗体，通过初乳将这些抗体传给仔猪，增强仔猪对舍内各种致病源的抗御能力。

在农业生物环境工程设计中，农业设施所能提供的环境控制的程度，主要取决于农业生物所要求的环境条件和外界的自然条件。应该指出，那种要在农业设施内创造最佳环境条件的提法，既缺乏理论根据，也是不切实际的。至今各类农业生物的最佳环境条件还没有完全研究确定下来，即使理论上已经确定了最佳的环境条件，实际生产中也要根据建

筑和设备是否经济合理,以及工艺和管理等具体条件,来修改环境控制的程度。农业生产的最终目的不是为农业生物创造最佳的环境条件,而是实实在在的经济效益。这就要求工程设计人员能够设计出从遗传学和经济学角度来说都是有利于生产的农业设施。要完成这个任务就不仅要有环境工程的知识,而且要掌握农业生物对环境因素反应的生物学原理。

总之,农业生物环境工程是工程和生物的两大门类学科互相渗透结合而形成的一种新的边缘学科。在本书内只能探讨其中的最基础的,最重要的,和最具有代表性的内容。

四、农业生物环境工程发展概况

农业生产过程总是受着自然环境和人为环境的双重影响,农业生产发展经历了原始农业,传统农业和现代农业三个阶段,农业生物环境工程也同样经历了这三个阶段不断地演进发展,下面对其发展概况作一简要的介绍。

在欧洲,温室于17世纪初起源于荷兰,当时为了满足欧洲许多王室在冬季也能欣赏到花卉和吃到新鲜水果的需求,在荷兰西部就出现了在石墙上方覆盖玻璃的温室,用来栽培葡萄和丁香花。迄今荷兰始终保持着温室生产的领先地位,现代化温室面积占世界首位。荷兰及其他欧洲国家的温室种植蔬菜多于花卉。美国直到19世纪方从欧洲引进温室技术,一直以种花卉为主,很少种植蔬菜。这是因为美国在加州南部洛杉矶一带大量生产蔬菜和水果,用冷藏火车运输供应其他地方。日本于19世纪末20世纪初才开始发展温室生产,以蔬菜为主。

到本世纪60年代中期,世界各国的温室发展很快,其中尤以日本增长迅速。近十年来更发展了蔬菜栽培工厂,厂内具有各种专业车间,进行流水作业,对车间内的温度、湿度、光照、二氧化碳含量和营养液等都进行自动监测和控制,再加上机械化、自动化作业,就完成了工厂化的生产。在此期间还出现了人工气候室,为农业生物环境科学研究提供了条件。

在我国,据汉书中循吏内的记载,早在两千年前即曾利用暖房栽培葱韭供皇室御用,但以后没有得到发展。直到新中国建国后的1954年,农业部开始抓温室推广工作,才有了迅速的发展。现在全国温室,大棚栽培面积已达11.2万公顷,其中塑料大棚占2/3。温室多分布于东北、华北等地区的大城市郊区,现已开始向南方省市扩展。塑料大棚大量分布于华北平原和黄淮海地区,在江浙一带利用塑料大棚栽种黄瓜、番茄,春季可提早一个月供应市场,秋天可延长采收期两三个月,云南则可进行周年生产。在多雨的季节里塑料大棚能保护蔬菜,减少暴雨造成的危害。

在国外,畜禽舍饲发展较晚,本世纪30年代人工合成维生素的成功和蛋白质工业的出现,40年代饲料添加剂的问世,随着饲料工业的发展,促使畜牧养殖业向现代化、集约化方向发展。50年代以后开始相继出现工厂化养鸡、养猪和养牛。舍饲方式为环境控制提供了条件,有利于实现作业机械化和自动化。在我国,从60年代初起步搞机械化养鸡,到70年代中期在广东,北京,上海等十多个大中城市郊区先后建立了一批规模较大的工厂化养鸡场和养猪场,在这些养殖场内都程度不同地进行了舍内环境的控制。实践证明这些设施在稳定肉蛋奶的供应方面发挥了显著的作用,获得了巨大的经济效益和社会效益。

我国人多地少,耕地严重不足,要脱贫致富,在有条件的地方因地制宜地发展设施农

业便是一条捷径。荷兰是一个人口仅1450万的小国,只有5.8%的劳动力(约27万)从事农业和渔业,人均耕地不过0.9亩,可是它却是世界上仅次于美国的农业出口大国,美国每年人均出口农产品只有200美元,而荷兰人均高达1200美元,是美国的六倍,其中的奥秘就是荷兰狠抓了设施农业,在种植业方面出口花卉,马铃薯种薯等高产值的农产品,而在畜牧业方面则进口饲料,出口肉蛋奶。这些都值得我们借鉴和学习。

五、农业生物环境工程教材的内容

由于农业生物环境工程涉及面很宽广,与它有关的学科必然也很多,在农业方面有关的学科有农学,园艺学,畜牧学等;在生物学方面,有植物生理,植物病理,家畜生理,家畜卫生等学科;在工业方面有流体力学,热力学和传热学,电机学,电子学,建筑材料等学科。

在学习本课程时并不要求一定要先学习上述这些农业和生物学方面的课程,只需根据本课程要求对有关学科进行适当的自学补充,就能掌握相关联学科的必要知识。

本课程的先修课程为农业生物环境原理,它主要讲授生物受环境影响的情况及如何适应环境变化的机理。本课程主要讲授如何用工程技术手段来为农业生物提供一个适宜的环境,以减少不良环境可能对农业生物造成的为害。农业建筑可与本课程同时进行学习,农业生物环境工程所提出的技术措施往往要求农业建筑与环境设备相配合来加以实现。例如通风系统所要求的檐窗、脊窗等结构由建筑物来构成,环境控制所要求的围护结构保温隔热能力也由一定的建筑结构来保证。反过来说,如果农业建筑没有生物环境工程的指导,那么设计出来的建筑必然无法满足生产工艺的要求,只不过是一般建筑供农业生产使用,体现不出农业建筑的特点。因此两者相互关联,不可偏废。

本书除绪论外共有十一章,第一到第七章从农业生物环境工程的共性出发论述农业建筑围护结构及环境控制设施的保温、隔热,防潮,通风,光照及温度调控等措施的技术要求,参数选择及设计方法。将植物环境工程和动物环境工程等融合在一起,进行综合论述。这样不仅解决了过去沿用教材分别论述所造成不必要的重复问题,又有利于使学生对基本概念和设计方法的融汇贯通。

第八至十一章分别论述了有关温室、畜禽舍、果蔬贮藏保鲜库及农业废弃物处理设施等方面的设计问题,使学生在掌握一般共性方面的知识后,加以综合应用来解决生产实践中具体工程问题。

第一章 农业建筑的保温和隔热

当建筑物围护结构两侧受到不同温度作用时,热量就会从高温一侧通过围护结构向低温一侧传递。冬季室内热量向室外传递,夏季围护结构的热量传递将随室内外温度昼夜的变化而变化。

农业建筑围护结构采取了保温和隔热措施以后,控制建筑结构的传热,为农业生物提供必要的适宜环境创造了条件。密闭式畜舍和果蔬贮藏库等要求与外界环境适当地隔离,因此对围护结构的保温隔热要求就更高。在一座农业建筑物里,无论是冬季减少室内的热量损失,还是夏季阻止室外热量的传入,其结果都是有效地缓和了室内温度的昼夜变化和季节变化,有利于减少采暖或通风设备的负荷,达到节能的目的。

应用传热学原理来研究建筑物围护结构的传热机理,需要作一些简化的假设。在北半球的温带地区,冬季室外气温寒冷,室内常保持 $12\sim 20^{\circ}\text{C}$,这时建筑结构两侧的温度差比较大,而昼夜温差与此比较则相对地较小,于是可以简化成稳定传热过程。即可以近似地认为,在冬季建筑物外围护结构两侧的空气温度都不随时间而变化,能保持一个稳定的温度差,通过外围护结构的热流量以及内部的温度分布也都不随时间而变化,那么就可以应用稳定传热和传湿的原理来研究冬季保温和防潮问题。

然而外围护结构所受的室外热作用(包括太阳辐射和空气温度)实际是昼夜不断地变化的,尤其夏季太阳辐射的昼夜变化非常大,它使通过外围护结构的热流量及其内部温度也与室外热作用一样,呈周期性地上下波动。因此应按周期性不稳定传热的理论来研究外围护结构的夏季隔热问题。

现代农业建筑大都采用轻型装配式结构,复合墙体和吊顶的轻质保温材料热容量小,整个结构的热稳定性差,当室内温度波动时,其内表面和内部的温度也容易引起显著的变化。因此即使在冬季室外温度条件下,这类轻型装配式农业建筑也要考虑不稳定传热的特征。

第一节 围护结构的传热

在均匀的单相系统中,热量的传递有导热、对流和辐射三种基本形式。建筑物围护结构内部还存在水蒸气的渗透和凝结,水分的相变也伴随着热量交换。因此在建筑物围护结构中,上述四种传热方式都可能存在。但是围护结构都要求保持干燥状态,以防潮湿降低保温性能和导致结构的破坏,所以一般不考虑结构内部的相变传热。

热量通过围护结构要经过表面吸热、结构本身的传热以及表面放热三个过程。围护结构表面吸热和放热过程的机理是相同的,一般总称为“表面热转移”,它既有结构表面与附近空气之间的对流和导热作用,又有表面与周围其他表面之间的辐射传热作用。结构实