



普通高等教育“十五”国家级规划教材



北京市高等教育精品教材立项项目

设施农业工程工艺 及建筑设计

李保明 施正香 主编

农业工程类专业用

 中国农业出版社



普通高等教育“十五”国家级规划教材

北京市高等教育精品教材立项项目

设施农业工程工艺及建筑设计

李保明 施正香 主编

农业工程类专业用

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

设施农业工程工艺及建筑设计/李保明, 施正香主编.
北京: 中国农业出版社, 2006. 1
普通高等教育“十五”国家级规划教材
ISBN 7-109-10495-8

I. 设... II. ①李...②施... III. ①保护地栽培—
农业建筑—工程技术—高等学校—教材②保护地栽培—
农业建筑—建筑设计—高等学校—教材 IV. TU261

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 140642 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 彭明喜

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 24.25

字数: 575 千字

定价: 31.90 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

《设施农业工程工艺及建筑设计》教材被列入普通高等教育“十五”国家级规划教材，重点讲述现代农业生产以工厂化生产组织方式、工艺流程和生产工艺模式，以及合理的工程配套技术，是现代生物技术和工程技术有机结合及生物技术工程化的具体体现。全书共 12 章，主要包括动植物的生物学特点与行为习性，动植物生产对环境的要求，设施生产工艺流程与生产工艺模式，设施农业工程规划原理、设施农业生产建筑设计，设施生产设备，环境调控设备配套原则和配套技术等基本原理部分；猪、鸡、牛、羊的设施养殖工艺与工程配套，设施育苗工程工艺，设施园艺生产工程工艺，农业废弃物处理与利用工程工艺，园艺产品采后贮藏保鲜工程工艺等各论部分。

该书可作为农业工程类专业本科生专业教材，也可作为农业工程类专业或相关专业研究生参考教材。

主 编 李保明 (中国农业大学) 施正香 (中国农业大学)

副主编 黄仕伟 (中国农业大学)

编写者 (按姓氏笔画为序)

王 琪 (吉林农业大学) 王云龙 (中国农业大学)

宁中华 (中国农业大学) 刘继军 (中国农业大学)

曲英华 (中国农业大学) 闫恩城 (华南农业大学)

李保明 (中国农业大学) 张燕生 (中国农业大学)

杨静慧 (天津农学院) 周 清 (中国农业大学)

施正香 (中国农业大学) 梁宗敏 (中国农业大学)

梅晓岩 (沈阳农业大学) 黄仕伟 (中国农业大学)

谢小妍 (华南农业大学) 翟国勋 (东北农业大学)

主 审 王云龙 (中国农业大学)

前 言

设施农业工程工艺学是专门研究动植物设施生产的工艺与建筑设施和设备间相互作用的规律,并利用现代工程技术手段为动植物生产创造适宜的工艺条件,并组装成套的工程设备的新型交叉科学。《设施农业工程工艺及建筑设计》课程的内容体系是在深入分析我国农业与农村发展新阶段的特点,以及国外农业发展模式与经验的基础上,结合我国现代农业优势产业与区域发展要求,从分析动植物的生物学特性和形态特点、行为习性出发,研究动植物生长发育和生产的规律,探讨动植物生长发育过程与环境条件、工程装备及建筑设施间的相互关系,进而提出较为合理的生产工艺模式,并利用其工程手段将工艺技术物化,进行相关的工程技术与装备的配套。为现代农业实现高产、优质、高效、安全和生态提供硬件支撑与条件保障。课程内容将生物技术、现代农业生产知识、生物环境理论、环境控制工程、建筑工程、现代装备工程等学科进行很好地整合,为学生进行更好的研究设计与开发提供了开拓性的思路 and 理念,是一门综合性、开放性和设计性很强的课程。

《设施农业工程工艺及建筑设计》可作为农业工程类专业本科生专业教材,也可作为农业工程类专业或相关专业研究生参考教材及其他相关专业的教学参考用书。该教材已被列入普通高等教育“十五”国家级规划教材,本教材结合农业工程学科的特色,重点讲述现代农业生产以工厂化生产组织方式、工艺流程和生产工艺模式,以及合理的工程配套技术,是现代生物技术和工程技术有机结合及生物技术工程化的具体体现。全书共12章,内容涉及畜牧学、设施园艺学、动物行为学、农业建筑学、生物环境原理和环境管理、生物环境工程、建筑设备、农业机械等多个学科,主要包括动植物的生物学特点与行为习性,动植物生产对环境的要求,设施生产工艺流程与生产工艺模式,设施农业工程规划原理、设施农业生产建筑设计,设施生产设备,环境调控设备配套原则和配套技术等基本原理部分;猪、鸡、牛、羊的设施养殖工艺与工程配套,设施育苗工程工艺,设施园艺生产工程工艺,农业废弃物处理与利用工程工艺,园艺产品采后贮藏保鲜工程工艺等各论部分。

参加编写人员按章节次序为:第一章:李保明,王云龙;第二章:黄仕伟,施正香;第三章:黄仕伟,翟国勋;第四章:施正香,黄仕伟,刘继军;第五章:施正香,宁中华,黄仕伟;第六章:李保明,施正香;第七章:李保明,施正香;第八章:王琪,张燕生,施正香;第九章:曲英华,周清;第十章:李保明,杨静慧,

周清；第十一章：梁宗敏，谢小妍，闫恩城；第十二章：梅晓岩。主审：王云龙。

本教材作为北京市高等教育精品课程建设项目和中国农业大学研究生重点课程建设项目的主要成果，得到了北京市教委、中国农业大学研究生院和教务处的资助，中国农业大学相关部门及中国农业出版社的有关人员给予了很多的支持与帮助，中国农业大学农业生物环境与能源工程专业的臧强、王朝元、周道雷、席磊、蒋伟忠博士等，为本书做了很多前期工作，在此一并致谢。

专门围绕设施农业工程工艺设计编写的教材在国内外农业工程领域尚属首次。从拟出编写大纲初稿到书稿出版，历经3年时间。限于编者水平，书中不泛错漏之处，恳请读者批评指正，以便今后修改完善。

编 者

2005年10月于北京

目 录

前言

第一章 绪论	1
一、设施农业	1
二、设施农业工程技术	3
三、国内外设施农业工程工艺发展的概况及趋势	7
四、设施农业工程工艺学的主要研究内容与方法	10
复习思考题	11
第二章 设施农业工程规划设计原理	12
第一节 现代畜牧生产工程规划设计	12
一、场址选择	12
二、畜牧场工艺设计	15
三、畜牧场场区规划布局与功能分区	19
四、畜牧场配套设施与工程规划	29
五、设施畜牧工程设计步骤与内容	35
第二节 设施园艺工程规划设计	37
一、场址选择	37
二、温室群总平面规划	39
三、温室工程设计步骤与内容	44
第三节 设施农业工程规划设计阶段划分及其成果要求	45
一、规划设计阶段划分	45
二、规划设计成果要求	47
复习思考题	48
第三章 畜舍建筑设计总论	49
第一节 畜舍建筑设计的原则和依据	49
一、畜舍建筑设计原则	49
二、畜舍建筑设计的依据	50
第二节 畜舍建筑设计内容	58
一、畜舍类型选择	58
二、畜舍平面设计内容	59
三、畜舍剖面设计内容	60
四、畜舍立面设计	62

五、畜舍建筑构造设计内容	62
第三节 畜舍建筑设计的地域要求	65
一、东北、内蒙古地区——Ⅰ区	66
二、华北、西北等地区——Ⅱ区	66
三、华东、中南地区——Ⅲ区	66
四、华南地区——Ⅳ区	67
五、西南地区——Ⅴ区	67
六、青藏高原地区——Ⅵ区	67
七、新疆地区——Ⅶ区	68
复习思考题	68
第四章 规模化养猪工程工艺	69
第一节 养猪生产及其对环境的要求	69
一、猪的主要生物学特点与行为习性	69
二、猪对环境的要求	70
三、规模化养猪生产中的主要技术环节	72
四、我国养猪业生产的现状及发展趋势	73
第二节 现代养猪生产工艺模式	74
一、现代养猪生产工艺模式	74
二、福利型养猪生产工艺模式	75
第三节 规模化猪场生产工艺设计	77
一、猪场性质与规模	77
二、养猪生产工艺流程	78
三、确定繁殖节律	80
四、主要工艺参数	80
五、生产工艺模式的确定	82
六、主要环境参数	82
七、猪群结构与猪群周转	82
八、饲喂和饮水	85
九、运动	85
十、防疫	85
十一、清粪方式	85
第四节 养猪生产配套设备	86
一、猪栏	86
二、漏缝地板	89
三、饲喂设备	91
四、饮水设备	94
五、清粪设备	96

六、猪舍环境调控设备	97
第五节 猪舍建筑设计	98
一、猪舍建筑特点和要求	98
二、猪舍建筑平面设计	101
三、猪舍剖面设计	106
四、猪舍建筑构造设计	107
第六节 猪的舍饲散养生产工艺与工程配套	109
一、舍饲散养生产工艺中猪的饲养面积	109
二、不同猪群的暖床配置	109
三、不同猪群舍内设备配置	109
四、猪舍建筑配置	111
五、温度调控技术及设备配置	112
六、清粪系统配置	112
七、其他设备配置	112
复习思考题	112
第五章 规模化养鸡工程工艺	114
第一节 现代养鸡生产及对环境的要求	114
一、鸡的生理特点和行为习性	114
二、鸡对环境的要求	115
三、现代养鸡生产的特点	118
四、现代养鸡生产的技术环节	118
第二节 现代养鸡生产工艺模式	119
一、蛋鸡生产工艺模式	120
二、肉鸡生产工艺模式	122
三、户外散养生产工艺模式	123
第三节 现代养鸡生产工艺设计	124
一、鸡场性质与规模	124
二、鸡的饲养阶段划分与生产工艺流程	125
三、主要工艺参数	126
四、饲养方式	128
五、鸡群周转	128
第四节 养鸡生产配套设备	129
一、育雏设备	129
二、笼具	130
三、饮水设备	132
四、喂饲设备	133
五、清粪设备	134

六、集蛋设备	135
七、环境控制设备	135
第五节 鸡舍建筑设计	136
一、鸡舍类型及特点	136
二、鸡舍建筑环境的功能要求	139
三、鸡舍平面设计	139
四、鸡舍剖面设计	143
五、鸡舍建筑构造设计	145
第六节 孵化场工程工艺与配套设备	147
一、孵化条件	147
二、孵化场基本要求	150
三、孵化场配套设备	152
复习思考题	155
第六章 规模化养牛工程工艺	156
第一节 养牛生产及其对环境的要求	156
一、牛的主要生物学特点	156
二、牛的行为习性	157
三、牛对环境的要求	160
第二节 现代养牛生产工艺模式	161
一、奶牛生产工艺模式	161
二、肉牛生产工艺模式	164
第三节 养牛场生产工艺设计	165
一、牛场性质与规模	165
二、牛的饲养阶段划分与工艺流程	165
三、主要工艺参数	166
四、生产工艺模式	167
五、主要环境参数	168
六、牛群组成和周转	168
七、饲喂和饮水	168
八、运动	169
九、防疫	169
十、清粪方式	169
十一、粪便的处理和利用	170
第四节 奶牛场生产工艺与工程配套	170
一、牛舍建筑特点及要求	170
二、奶牛场配套设备	172
三、挤奶中心及其配套设备	178

四、青贮设施与青贮设备	182
第五节 肉牛生产工艺与工程配套	185
一、肉牛育肥方式	185
二、肉牛舍建筑	186
三、肉牛场设施	187
四、肉牛场设备	188
复习思考题	188
第七章 规模化养羊工程工艺	189
第一节 养羊生产及其对环境的要求	189
一、羊的生物学特点和行为习性	189
二、羊对环境的要求	191
三、规模化养羊生产的特点	192
四、规模化养羊生产中的关键技术环节	193
第二节 养羊生产工艺模式	194
一、放牧饲养生产工艺	194
二、半舍饲饲养生产工艺	196
三、舍饲饲养生产工艺	197
第三节 规模化羊场生产工艺设计	200
一、羊场的性质与规模	200
二、羊的饲养阶段划分与工艺流程	200
三、计划繁殖	202
四、羊群结构与周转	202
五、主要生产工艺参数	203
六、饲养管理	203
第四节 养羊生产配套设备	204
一、围栏设施	204
二、饲喂设备	205
三、饮水设备	207
四、药浴设施与设备	207
五、挤奶设备	208
六、养羊其他机械设备	209
七、粪污处理	209
第五节 羊舍建筑设计	210
一、羊舍建筑及其基本要求	210
二、羊舍建筑设计	212
三、羊舍建筑的构造设计	213
复习思考题	214

第八章 农业废弃物处理工程工艺	215
第一节 畜牧生产废弃物及其对环境的危害	215
一、臭气	216
二、污水	216
三、粪便	216
四、畜牧生产废弃物对环境的危害	218
第二节 粪污处理利用工程工艺与设施	220
一、畜禽粪便处理工程工艺	220
二、粪污处理设施与设备	222
三、沼气工程工艺及设施	227
第三节 农作物秸秆再利用工程工艺与设备	230
一、秸秆还田利用	231
二、秸秆氨化处理技术	233
三、秸秆气化技术	235
四、秸秆的压缩成型技术	237
第四节 有机污水处理新技术	238
一、AB 法	239
二、SBR 法	240
三、A ² /O 法	240
四、MSBR 法	241
五、CASS 工艺	241
六、Unitank 工艺	242
七、氧化沟	243
八、UCT 工艺与改进的 UCT 工艺	243
九、厌氧消化工艺新技术	243
十、ANAMMOX 工艺	245
复习思考题	246
第九章 工厂化育苗生产工程工艺	247
第一节 育苗生产及其对环境的要求	247
一、育苗生产对环境的要求	247
二、工厂化育苗的类型及操作程序	250
三、工厂化育苗的技术要点	252
第二节 穴盘育苗生产工程工艺	254
一、穴盘育苗工艺流程	255
二、穴盘育苗配套设施	255
三、穴盘育苗关键技术及设备	256
第三节 工厂化组培苗生产工程工艺	259

一、植物组培快繁生产工艺流程及配套设施	260
二、植物组培快繁生产关键技术及设备	261
三、无糖培养法(光独立营养培养法)	265
第四节 工厂化嫁接育苗生产工程工艺	267
一、嫁接育苗的基本方法	268
二、工厂化嫁接育苗技术	270
三、工厂化嫁接育苗设备	272
第五节 工厂化扦插育苗技术	273
一、扦插生根对环境的要求	274
二、促进生根关键技术	275
三、工厂化扦插育苗方法	275
四、工厂化扦插育苗形式与配套设备	276
复习思考题	278
第十章 设施园艺生产工程工艺	279
第一节 设施园艺生产特点与生产方式	279
一、设施园艺生产的作用	279
二、设施园艺生产的特点	280
三、设施园艺生产对环境的要求	281
四、设施园艺的生产方式	286
第二节 设施蔬菜生产工程工艺	290
一、设施蔬菜生产的特点	290
二、设施黄瓜生产工程工艺	292
三、水培生菜工厂化生产工程工艺	293
第三节 设施花卉生产工程工艺	296
一、设施花卉生产的特点及其作用	297
二、设施生产花卉的主要种类	298
三、设施花卉生产中的花期控制	298
四、蝴蝶兰工厂化生产工程工艺	299
五、红掌切花设施生产工程工艺	302
第四节 设施果树生产工程工艺	306
一、设施果树生产的特点及其作用	306
二、设施栽培果树的主要种类	307
三、设施果树生产对环境的要求	307
四、葡萄设施生产工程工艺	308
五、草莓设施生产工程工艺	311
复习思考题	314
第十一章 温室工程设计与工程配套	315

第一节 温室工程设计的基本要求	315
一、建筑要求	315
二、结构要求	317
三、配套设施要求	317
第二节 温室工程设计的内容	318
一、建筑设计	318
二、结构设计	323
第三节 温室工程设备配套	335
一、保温系统	335
二、加热系统	336
三、通风降温系统	337
四、灌溉系统	340
五、施肥系统	342
六、电器控制系统	342
七、苗床系统	343
八、其他配套设备	343
复习思考题	343
第十二章 园艺产品采后贮藏保鲜工程工艺	345
第一节 园艺产品采后贮藏保鲜工艺	345
一、园艺产品采后生理及采后病害	345
二、园艺产品采后保鲜处理工艺	352
三、净菜加工工艺	356
第二节 园艺产品贮藏保鲜工艺配套设施	357
一、园艺产品贮藏保鲜配套设施类型	357
二、园艺产品贮藏保鲜设施设计基本要求	358
三、通风贮藏库设计要点	359
四、机械冷库设计要点	360
五、气调贮藏库及其配套设备	362
复习思考题	366
主要参考文献	367

第一章 绪 论

我国的农业现代化建设已基本完成两个根本性的转变,即经济体制由计划经济向社会主义市场经济转变,生产方式由粗放型向集约型转变。在这具有历史性意义的伟大变革中,需要做好很多工作:整合农业生产资源,调整农业生产结构,改造农业生产环境,发展生态农业,组织科技下乡,培训农民和科技服务等项工作。是一场广泛而深刻的农业、农民、农村的改造和建设;也是一场当代工程技术投入农业生产的过程。农业现代化建设已经进入攻坚战阶段。

改革开放 20 多年,我国农业和农村发生了翻天覆地的变化,成功地解决了农产品短缺和农民温饱问题,加快了传统农业向现代化农业转变的步伐,开创了全面建设农村小康社会的新局面。经济体制、生产结构和生产方式的改革,涉及很多社会、经济、科技问题。就农业生产技术而言,一个崭新的学科及其生产技术——农业生物环境工程学和设施农业生产技术;在这场变革中发挥了强有力的推动作用,给农牧业生产潜力的发挥,注入了活力,显示出巨大的威力。

一、设施农业

“设施农业”一词是由“设施园艺”发展而来。相应的专业用辞源自日本的“施設园艺”即我国的“保护地栽培”。1987 年中国农业大学园艺系将这门课程定名为“设施园艺”,2001 年纳入国家教育计划,正式出版了教材。由于“设施园艺”已为国家确认,“设施畜牧业”、“设施农作”相继沿用,作为一种新的农业生产类型,产生了“设施农业”。

1. 概念 按照动植物生长发育所需要的环境条件,运用农业生物环境工程技术,创造适于农业生物生命活动繁衍后代的保护性环境空间,在这种环境工程设施内组织农业生产的,谓之设施农业。

设施农业包括设施园艺、设施畜牧业和设施农作。设施农作泛指适于室内栽培的农作物,如工厂化育秧、薯类生产等。

设施农业曾有多种冠称,如工程农业、可控环境农业、工厂化农业、装备型农业等。从其内涵和特征分析,以设施农业的称谓比较合适、确切。凡在有保护性环境空间内进行生产的农、林、牧、渔业,统称设施农业;具备农业设施的农业生产,才能构成设施农业。

2. 特点 设施农业的特点是农业生物技术与当代工程技术紧密结合的新型农业生产技术,设施农业工程技术必然需要了解动植物个体和群体(植株和群落)的生物学规律,根据它们的需要在工程设计中给以满足,从而促进了动植物的生产潜力的发挥。

(1) 特殊性。生物+工程,即生物技术+工程技术。

(2) 综合性。设施农业是当代科技成果的多学科交叉、渗透、汇集、融合而成。设施农业工程技术,是生物科学、环境科学、建筑科学、机械、能源(新能源)、材料(新材料)以及信息

技术等多学科领域所融汇的农业生产技术。连同生物技术本身的科技进步及其成果技术, 多学科交汇融合, 诸如育种、栽培、土壤、肥料、饲养、营养、繁殖、防疫等。设施农业涉及如此众多的学科, 之所以能够增产、增效, 是多学科的应用技术作用下的综合效应。

3. 特征 设施农业生产具备保护性的环境空间和适于作业的机具设备, 有条件做到如下几点:

(1) 高度集约生产。严密的生产组织, 严格的工艺流程, 严谨的生产节律, 完备的工程配套和通畅的产销信息; 在这些集约生产条件下, 设施农业能够做到稳产、高产、优质、低耗的农业生产效果, 从而达到生产获利。

(2) 长年均衡供应。在保护性环境空间进行农业生产, 有条件克服自然灾害, 克服农业生产的旺季淡季、大年小年的约束, 根据市场需要组织反季节生产, 满足人们对鲜活产品的需求。

(3) 改善人的作业条件。设施农业生产环境在满足动植物的生长繁衍条件的同时, 也改善了人的作业条件。因此, 设施农业机具设备应按人的操作空间, 符合人的体尺活动范围, 做好工程设计并予以实施, 体现“以人为本”的理念。

(4) 与时俱进, 不断创新。科学技术随着社会的发展而不断进步, 人们的生活方式随着价值观念的变化不断求新, 追求质量。农牧业产品在其商品化的过程中, 会随着市场的变化在品质、品位上不断提高, 打造具有优势的品牌, 而改型换代。如绿色食品从 A 级到 AA 级乃至 AAA 级中的有机食品、生态食品, 均要从生产的源头有所诉求, 追溯求源, 从生产工艺方面去考察。我国已加入世贸组织, 农业生产应该按照国际规范, 技术经济已在全球化约束下, 更要关注国际动态。如动物福利已在欧亚许多国家立法, 它对动物生产工艺、生产环境以及生产过程中所接触的物料, 均有严格的规定。因此, 在设施农业工程项目的规划设计时, 充分考虑国内外的科技动态, 要有创新意识。

4. 时机 我国农业处在生产结构调整和转型的宏观调控中, 设施农业可以发挥重要作用。发展设施农业是国家发展的需要, 是解决“三农”问题的需要。现代农业要求科技含量高, 注重投入产出比, 走农业产业化的道路。农牧业生产技术产业化是我国当前现代化农业建设中对农业生产技术发展的新阶段。发展设施农业是促进农业生产技术产业化的有效措施; 是发展农业、富裕农民、繁荣农村、解决“三农”问题的重要途径。

(1) “菜篮子”工程。设施农业有效地保证了“菜篮子”工程的成功实施, 从而满足了人们生活改善和营养需要, 提高了人民的身体健康素质。

(2) 科技普及。提高农民科技文化素质, 使现代科学技术流向农村, 从农民所从事最熟悉的农业生产入手, 紧密结合与农民最贴近的生产作业, 边学边用, 从设施农业生产技术切入农村, 是最方便有效的办法。

(3) 农民治穷致富, 落实富民政策。设施农业是增产增收的最佳途径。农民通过设施投入改善了生产条件, 从事高附加值农业生产, 当年就可以获得高额的经济回报。

(4) 培植农业经济新增长点。振兴农村经济促进资源转化, 组织农民转入技术经济; 种、养、加统筹发展, 有力地促进农业结构调整, 如多元农业、农业产业化、高附加值农业等, 均可借助设施农业形成农村经济新的亮点。

(5) 有利于社会稳定。发展设施农业有利于促进农村的富余劳动力转移, 增加就业机会, 拓