

中国现代科学全书·农业工程

CHINESE ENCYCLOPAEDIC SERIES OF MODERN SCIENCES · AGRICULTURAL ENGINEERING

农业生物环境 与能源工程

**Agricultural Bio-Environmental and
Energy Engineering**

主 编 杨邦杰

副主编 周长吉 王革华 王松涛

中国农业科学技术出版社

中国现代科学全书·农业工程卷

农业生物环境与能源工程

主 编 杨邦杰

副主编 周长吉 王革华 王松涛

图书在版编目(CIP)数据

农业生物环境与能源工程/杨邦杰主编. —北京:中国农业科学技术出版社,2002.4

ISBN 7-80119-669-4

I. 农... II. 杨... III. ①农业环境:生物环境
②农业工程-能源 IV. ①S181 ②S21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 018552 号

责任编辑	杜 洪
出版发行	中国农业科学技术出版社 (北京中关村南大街 12 号)
经 销	新华书店北京发行所发行
印 刷	河北廊坊市丰威纸塑印刷厂
开 本	850×1168 1/32 印张:15.25
印 数	1-1000 册 字数:370 千字
版 次	2002 年 4 月第一版 2002 年 4 月第一次印刷
定 价	30.00 元

中国现代科学全书总编辑委员会

名誉主编	胡 绳	钱伟长	吴阶平	周光召
	许嘉璐	罗豪才	季羨林	王大珩
	郑必坚			
主 编	姜士林	郭德宏	刘 政	程湘清
	卞晋平	王洛林	许智宏	白春礼
	卢良恕	徐 诚	王洪峻	明立志

农业工程卷编辑委员会

主 编	陈 志			
编辑委员	汪懋华	杨小柳	杨邦杰	诸慎友

前 言

农业生物环境与能源工程是中国现代科学全书·工学·农业工程卷的第三卷。农业工程卷包括四卷:农业机械化工程、农业水土工程、农业生物环境与能源工程、农业电气化与自动化。

写作分工如下:

主 编	杨邦杰	中编及全书主编
副主编	周长吉	上编主编
	王革华	下编主编
	王松涛	全书统编

撰稿人

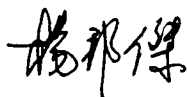
绪论 杨邦杰

上编	周长吉	王一鸣	薛文通	李保明	杨其长
	陈端生	徐师华	王修兰	王新谋	齐 飞
	周新群	张学军	蒋卫杰	郑光华	程勤阳
	王云龙	罗中岭	黄之栋		

中编	杨邦杰	沈 瑾	韩 杰	张瑞红	李秀金
	刘 红	李长生			

下编	王革华	姚向君	易维明	李申生	周孟津
	沈德昌				

本书的作者主要是目前工作在本领域教学、科研与工程第一线的中青年专家、学者与教授。作者大多具有硕士、博士学位,有国内国外的学习与工作经验,其中有些作者目前在美国任教与工作。本书以作者的研究成果为主,介绍了这一学科的主要内容,代表了当前本学科的科学技术发展水平。



工学博士

中国农业工程研究设计院副院长、总工程师

绪 论

一、农业生物环境与能源工程

农业生物环境与能源工程是研究设施农业系统中环境因素与动植物生长繁育的相互作用规律及其调控手段、工程设施以及农村能源开发利用的学科。重点研究农业生物环境控制技术及其工程设施,研究农村能源系统的理论与技术,保护农村生态环境,为实现优质、高产、高效和可持续发展的现代化农业与现代化农村服务。

农业生物环境与能源工程是农业工程的学科之一。本学科是应用工程技术模拟养殖与种植生态环境而发展起来的。80年代初,农业机械化专业开始设置农业生物环境工程与农村能源研究课程。1986年,农业生物环境工程与农村能源分别列为农业工程的二级学科。由于两个二级学科具有相近的学科基础,应用方面相互依存,1997年合并为“农业生物环境与能源工程”,本书将农业生物环境与能源工程作为农业工程的学科之一进行讨论。

二、意义与目标

1. 中国与发达国家农业的主要差距在工程技术方面

农业工程学是在工业化国家发展起来的。西方国家在其现代化过程中,是以工业革命为标志的。由于工程技术的发展,对农业的现代化起了重要作用。先进的工程技术结合生物技术与农艺的发展,形成了今日的农业工程学。正是由于农业工程科学与技术的高度发达,美国、加拿大与澳大利亚才能用2%左右的农业人口养活98%左右的国民,而且有大量的农产品出口;正是由于农业

工程科学与技术的高度发达,才使以色列、荷兰这样资源极其匮乏的国家居于农业发达国家的前列。

2. 中国的农业现代化要靠农业工程技术

中国的农业与农村经济发展进入历史性的新阶段。粮食和其它主要农产品的供给实现了由长期短缺到总量基本平衡、丰年有余的历史性转变。我国经济社会发展进程中的这一历史性跨越,为农业和农村经济的发展创造了新的条件和机遇,也提出了新的要求。过去为解决温饱而主要追求产量增长的农业生产,就可以在保持总量平衡的基础上突出质量和效益,向多样化、高品质的方向发展,促进人民生活质量的提高;过去由于短缺而以提供初级产品为主的农业,就可以将更多的农产品用于发展畜牧业和各类加工业,更大规模地实现转化增值,使农业成为有活力的现代产业。过去迫于生存压力而过度开垦的土地,就可以有计划、分步骤地退耕还林、还草、还湖,逐步恢复生态的良性循环,创造更加适合于人民生存与发展的自然环境,实现可持续发展。提高品质、加工增值、保护环境,实现可持续发展与农业现代化要依靠农业工程科学与技术,特别是农业生物环境与能源工程科学技术。

3. 农业生物环境与能源工程为农业现代化与可持续发展提供关键技术

中国是传统的农业国,现代工程技术的发展比起农业的发展历史是很短暂的一页。多年来农业机械化一直是农业工程技术的主流。80年代发展起来的生物环境工程科学促进了设施农业技术的进展,特别是日光温室与集约化养殖的发展为解决北方大城市的蔬菜与肉蛋奶供应问题产生了重大作用,成为城市菜篮子工程建设的关键技术。我国的国情是地少人多。设施农业极大地提高土地的生产率、提高品质、避免自然灾害。农业生物环境与能源工程是农业工程学科中发展最快的领域,设施农业是农业现代化的标志之一。农村能源工程技术的发展为农村的能源与环境建设

作出了贡献,是农业与农村经济可持续发展的科学技术基础。

4. 农业生物环境与能源工程的研究目标

农业生物环境与能源工程的研究目标是:

- (1)农业生物与环境的关系、环境控制技术与工程设施设计;
- (2)集约化养殖的环境保护及废弃物处理与利用;
- (3)农村能源的理论与技术,重点是生物质能与可再生能源的理论与技术,以及保护农村生态环境。

农业生物环境工程以生物技术与信息技术为基础,研究生物与环境的关系,研究适于生物生存发展的环境控制技术与工程设施设计,是生物技术与工程技术结合的前沿领域。

三、本书讨论的内容

本书介绍农业生物环境与能源工程的科学与工程体系及其发展。全书分上中下三编。上编介绍农业生物环境工程,包括:设施园艺环境工程、畜牧环境工程、贮藏保鲜技术、生物环境自动控制技术。中编介绍集约化畜禽养殖的环境保护与废弃物利用,包括养猪场、养鸡场与养牛场的废弃物处理与利用技术。下编介绍农村能源工程,包括生物质能、沼气、太阳能、风能技术以及农村能源与环境建设。

目 录

绪论	(1)
----------	-----

上篇 农业生物环境工程

第一章 农业生物环境工程概述	(1)
----------------------	-----

第一节 农业生物与环境工程	(1)
---------------------	-----

第二节 农业生物环境工程研究的内容与方法	(3)
----------------------------	-----

第三节 农业生物环境工程在我国的进展	(6)
--------------------------	-----

第二章 设施园艺环境工程	(12)
--------------------	------

第一节 设施园艺环境工程进展	(12)
----------------------	------

第二节 园艺作物环境	(17)
------------------	------

第三节 温室结构	(30)
----------------	------

第四节 温室光环境控制	(59)
-------------------	------

第五节 温室湿热环境控制	(71)
--------------------	------

第六节 无土栽培技术	(85)
------------------	------

第七节 温室节水灌溉技术	(98)
--------------------	------

第八节 CO ₂ 施肥技术	(112)
--------------------------------	-------

第九节 温室节能	(117)
----------------	-------

第三章 畜牧环境工程	(131)
------------------	-------

第一节 我国畜牧环境工程技术的进展	(131)
-------------------------	-------

第二节 畜禽环境	(135)
----------------	-------

第三节 畜禽养殖工程工艺与建筑设施	(144)
-------------------------	-------

第四节	畜禽舍环境控制技术	(164)
第四章	农产品贮藏环境和设施	(190)
第一节	贮藏环境	(190)
第二节	贮藏设施	(195)
第三节	贮藏环境的控制和管理	(218)
第五章	生物环境自动控制技术	(232)
第一节	国内外生物环境控制技术现状	(232)
第二节	生物环境因子控制方法	(238)
第三节	生物环境参数检测技术	(248)
第四节	温室自动控制系统	(254)
第五节	畜禽舍设施环境自动控制	(260)
中篇 集约化养殖的废弃物处理与利用		
第六章	集约化养殖的环境保护与废弃物利用	(265)
第一节	集约化养殖的废弃物	(265)
第二节	集约化养殖的环境问题	(266)
第三节	畜禽养殖废弃物的利用价值	(269)
第四节	养猪场污染治理和废弃物利用	(275)
第五节	养鸡场污染治理和废弃物利用	(286)
第六节	气味的产生及其控制技术	(308)
第七章	畜禽养殖场废弃物处理的工艺与装备	(316)
第一节	养猪场废弃物处理与利用的典型 工艺与设备	(316)
第二节	养鸡场废弃物处理与利用的典型 工艺与设备	(323)

第三节	养牛场废弃物处理	(327)
第八章	集约化养殖废弃物处理与利用技术展望	(329)
第一节	发展趋势	(329)
第二节	大中型养猪场粪污处理技术发展	(330)
第三节	养鸡场鸡粪处理技术发展	(331)
第四节	未来几个重点研究领域	(333)
下篇 农村能源工程		
第九章	农村能源及其发展	(341)
第一节	农村能源的概念	(341)
第二节	农村能源建设的发展	(344)
第三节	农村能源展望	(346)
第十章	生物质能	(356)
第一节	生物质直接燃烧技术	(357)
第二节	生物质气化技术	(360)
第三节	其它生物质转化技术	(367)
第十一章	太阳能	(369)
第一节	太阳能应用的理论基础	(369)
第二节	太阳能热利用技术与设备	(374)
第十二章	沼气	(398)
第一节	沼气发酵基本原理	(398)
第二节	沼气发酵工艺装置	(410)
第三节	典型沼气工程	(423)
第四节	沼气与发酵残留物的利用	(433)

第十三章 风能	(440)
第一节 我国风能资源的分布	(440)
第二节 风力机的组成	(443)
第三节 风力发电	(445)
第四节 风力提水	(446)
 第十四章 农村能源与环境	(458)
第一节 农村能源对环境的影响	(458)
第二节 农村能源与环境综合建设	(460)
 参考文献	(473)

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,又是一个相对的动态发展概念。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。