

设施农作制度

SHESHINONGZUOZHIDU

○郜庆炉 著

中国农业科学技术出版社

设施农作制度

郜庆炉 著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

设施农作制度/郜庆炉著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2003.6

ISBN 7-80167-525-8

I. 设… II. 郜… III. 保护地栽培-耕作制度
IV. S316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 052753 号

责任编辑
责任校对
出版发行
经 销
印 刷
开 本
印 数
版 次
定 价

冯凌云
马丽萍
中国农业科学技术出版社 邮编: 100081
新华书店北京发行所
北京奥隆印刷厂
850mm × 1168mm 1/32 印张: 8.25
1 ~ 1500 册 字数: 200 千字
2003 年 6 月第 1 版, 2003 年 6 月第 1 次印刷
22.00 元

序 一

建设有中国特色社会主义，必须从中国国情出发。我国最基本的国情是人口多，人均资源少，最大的产业是农业。但是目前我国农业尚不发达，许多农区沿用传统的生产方式，农业生产结构单一，手段落后，科学技术含量低，经营粗放，农业资源的利用效率不高。随着社会发展，人口增加对农产品需求数量的与日俱增与人均占有资源数量日益减少的矛盾愈加紧张。如何缓解这一矛盾是我国农业可持续发展亟待研究解决的一项重要课题。

设施农业是利用人工建造的设施，以可调控的技术手段实施生活要素的全方位调控，为农业生物生长发育提供良好环境条件，实现高产、高效生产的现代化农业生产方式。它通过对环境条件的人工调控，可以解决农业生物种群生长发育阶段对生活要素的需求与光、热、水、气、矿物质营养季节分配不相吻合的矛盾，在一定程度上克服了传统农业难以解决的限制因素，使资源配置合理，可以增加作物产量，改善品质，延长生长季节，并能使作物在露地不能生长的季节和环境正常生长，加强了资源的集约高效利用，从而大幅度增进了系统生产力。

世界上许多发达国家都十分重视设施农业的发展，美国、英国、法国、加拿大、荷兰、以色列、日本、韩国、澳大利亚等发达国家已形成成套技术、完整的设备设施和生产规范，并在向高层次、高科技和高度自动化、智能化

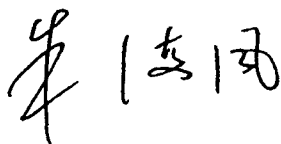
方向发展，将形成完全摆脱自然的全新技术体系。设施农业在我国古已有之，早在 2000 多年前就有利用暖房栽培葱、韭供皇室御用的记载，然而受制于设施条件和技术手段，发展十分缓慢，难成规模。新中国成立后，工业的进步及科学技术的发展，为设施农业的兴起提供了可能，特别是改革开放以来，我国的设施农业取得了长足的进步，以日光温室、塑料大棚为代表的设施农业生产以其显著的经济效益在我国各地蓬勃兴起，迅速发展，对我国菜篮子工程的顺利实施，尤其是蔬菜的周年均衡供应起到了巨大作用。至 2000 年，我国地膜覆盖面积已达 1062.48 万 hm^2 ，温室大棚面积已发展到 43.80 万 hm^2 以上，并仍有增加的趋势，总设施面积居世界之首。工程农业与农业工程相结合，为设施农业进一步快速发展创造了条件，设施农业正逐渐成为我国农业现代化的重要组成部分。

设施农业作为一种高投入、高产出、技术性很强的集约化农业生产方式，为求得高效益，必须科学合理的利用有限的面积与空间进行生产。然而，目前我国设施农业生产中，明显存在着设施农业类型结构和区域布局不尽合理、科技总体水平低、机械化水平低、作物种植体制不合理、设施栽培技术不配套等问题，严重制约了设施农业的进一步发展和效益的提高。针对这些问题，郜庆炉博士在系统总结国内外有关设施农业研究成果的基础上，从农作制度的角度对设施农业发展的理论和技术体系进行了深入细致的研究，《设施农作制度》便是他研究成果的结晶，同时也是他诸多研究成果中的得力之作。

本书首次把农作制度与设施农业结合起来进行研究，拓宽了农作制度的研究领域，丰富了农作学的研究内容；首次提出了设施农作制度的概念、内涵及其构建的理论，丰富了农作制度的理论体系；较为系统地研究了设施条件

下光照、温度、湿度、空气、土壤等主要生态因子的变化规律、相互间的关系及其对作物种植制度的影响，为设施条件下合理安排作物种类及品种，合理安排茬口，采用合理的种植模式等奠定了坚实的基础；首次确定了设施农作制度的技术框架和主要技术内容，充实了农作制度的技术体系。这些创造性的研究成果不仅丰富了农作学学科的理论和技术体系，而且对我国设施农业的持续高效发展有十分重要的指导作用。

我相信，这部著作的出版，一定会受到农作学学术界和从事设施农业研究和生产的科技人员及管理工作者们的欢迎。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely '朱一真' (Zhu Yizhen).

2003 年 1 月 16 日

序 二

我国是人口大国，以耕地为主体的农业自然资源严重短缺。目前人均耕地只有 0.078hm^2 ，不足世界人均耕地面积的 $1/3$ ，远低于发达国家的人均占有量。我国的耕地面积占世界总耕地的 7% ，而所承载的人口却占世界的 22% ，也就是说中国的土地压力数倍于世界平均压力。注重土地生产力的提高，是人口大国的国情所决定的，是有别于地多人少的美国依靠劳动生产力提高的农业发展道路的必然选择。

植物种群内在生产力的不断提高，是土地生产力持续增进的重要条件，然而要把这种内在生产力充分地化为现实生产力，必须借助于能够强化植物生活要素调控力度的农作制度进步，和相关的农作技术改进。农作制度发展的历史进程表明，传统农业发展阶段，植物生活要素的调控，只能局限于通过增加农田土壤肥力因素和改善肥力条件，实施对水分与矿质营养等土地因素的调控，通过地力培养提高光、热等宇宙因素的利用效率。近代科学技术发展，为全方位的调控植物生活因素提供了可能，使传统的用地与养地结合为特征的农作制度，有可能步入一个新的历史发展阶段。

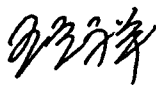
可以认为，农业的发展很大程度地在于不停顿地克服植物生活要素中的限制因素，持续增进有限资源的生产潜力，并使有限资源的潜在生产力变成现实生产力。方兴未

艾的设施农业，在人工可控的条件下，相当程度地实施生活要素的全方位调控，可以较好地解决农业生物种群生长发育阶段对生活要素的需求与季节分配不相吻合的矛盾，相当程度地克服了传统农业难以解决的限制因素，使资源配置合理，可以增加作物产量，改善品质，延长生长季节，并能使作物在露地不能生长的季节和环境中正常生长，加强了资源的集约高效利用，土地生产力相当于传统生产条件下的几倍、十几倍，甚至几十倍，为农业系统生产力的持续增进奠定了坚实的基础。实践证明，面对人口持续增长，耕地面积总量缩减，人均占有耕地面积下降难以逆转局面，和社会发展、生活改善对农业产品与日俱增的供需矛盾，可以预见设施农业必将成为我国农业与农村经济发展中的一个重要选择。

郇庆炉的《设施农作制度》是在学位论文研究工作基础之上经充实修改成书的。难能可贵之处在于：首次将农作制度与设施农业结合起来进行研究，拓宽了农作制度的研究领域，并赋予设施农作制度概念与内涵，不仅从宏观战略的角度研究了农作制度的发展趋势和方向，而且从农作制度角度对诸如全国各地设施农业生产类型的应用及分布、主要农业设施内的光照、温度、湿度、空气、土壤等环境因子的变化规律、特点及对作物种植制度的影响、设施条件下的作物布局、作物轮作与连作、设施条件下作物生活要素的综合调控技术等进行了较为深入的研究，提出了设施条件下的作物种植模式；从理论上展示了农作制度进一步发展促进农业和农村经济协调发展的方向，并较好地深入到农作学学科的理论范畴进行研究。显然，这是一部思路独到，具有相当的理论与实践意义，与农作制度发展密切相关的著作。

虽然《设施农作制度》中的一些研究仍是极为初步

的，需要进行进一步深入的研究。但其中提出的一些理论及相关的农作技术仍不失为我国设施农业与农作制度持续高效发展的参考价值；作为探讨农作制度的一个新的研究领域，这部著作的出版，可起到抛砖引玉、百家争鸣的作用。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '张祥' (Zhang Xiang).

2003年1月20日

前 言

农作制度演进的历史是人类对植物生活要素不断调控的过程。以往传统农业时期，人类对植物生活要素的调控仅局限于对水、肥等土地因素的调控，通过施肥、种植豆科植物、灌溉等措施增加肥力因素，改善肥力条件，提高对光、热、气等宇宙因素的利用效率，但限于科学技术水平难以对宇宙因素实施调控。集现代生物技术、农业工程技术、新材料、新设备而成的设施农业，不仅强化了人类对水肥调控的力度，还能根据植物生长发育的需要对光、热、气等生活因素进行全方位调控，在一定程度上克服了传统农业的限制因素，使资源配置合理，延长了生长季节，使作物在露地不能生长的季节和环境正常生长，加强了资源的集约高效利用，从而大幅度提高了有限资源的生产力，使生物种群的产量得以几倍、十几倍、乃至数十倍增加，品质也在一定程度上得以改善。当今在“人口、资源、环境与食物”的矛盾日益严重的情况下，设施农业生产作为现代农业的重要组成部分，是人口众多、资源短缺国家农业可持续发展的重要途径。设施农业由低级向高级发展的过程使得人类对植物生活要素进行全面调控成为可能，与设施农业相配套的设施农作制度也就成为我国农作制度发展的一个新趋势。

《设施农作制度》首次将设施农业与农作制度结合起来，在前人相关研究的基础上，对设施条件下主要环境因素的变化规律，资源生产潜力，不同种植体制资源高效利用的机理与模式等方面进行了探讨研究，提出了设施农作制度的概念，确立了设施农作制度构建的理论及技术体系。

全书共分7章。第1章在全面分析我国农作制度发展现阶段所面临的问题、设施农业在我国农业可持续发展中的作用和地位的基础上,说明设施农业开辟了我国农作制度发展的新领域,设施农作制度是我国农作制度发展的新方向。第2章对国内外设施农业的现状与发展状况、中国农作制度的历史与研究进展进行了概述,对中国农作制度研究改革中存在的主要不足进行了分析,明确提出了今后我国农作制度发展的趋势为设施农作制度、生态型农作制度、农业产业化经营型农作制度、粮食安全型农作制度。第3章对设施农作制度的有关概念进行了界定,明确了设施农作制度与传统农作制度区别的特点。同时在对设施农业生产实质、特点和设施农业生态系统的组成、类型、特点进行详细阐述的基础上,提出了设施农作制度构建的理论,即植物的生活因素与调控学说、多维用地原理、生物学原理、光能利用原理和农业技术经济原理。第4章通过对全国各地气候类型及特点分析,对我国目前存在的地膜覆盖栽培、塑料大棚栽培、普通日光温室栽培、节能型塑料日光温室栽培、现代化温室栽培等主要设施农业生产类型的应用及分布作了较详细的论述。第5章对地膜覆盖、塑料大棚、日光温室等主要农业设施内的光照、温度、湿度、空气、土壤等环境因子的变化规律、特点进行了较为深入的研究,并分析了这些生态因子对作物种植制度的影响。第6章阐述了设施条件下的作物布局,作物轮作的作用、不同类型作物茬口特性及其在轮作中的应用;分析了设施条件下连作障碍产生的原因、茬口安排中存在的主要问题,提出了设施条件下作物连作障碍的防治措施和作物茬口安排的原则;根据农业设施内的光照、温度、湿度、空气、土壤等环境因子在时间和空间上的变化规律及特点,提出了设施条件下作物地面立体种植和空间立体栽培的主要模式;根据设施条件下作物种群组成与空间配置及一年内种收作物的次数,把设施条件下的作物种植模式归纳为单作一熟型、单作多熟型、多作一熟型、多作多熟型等4种类型;并对塑料大棚、日光温室内的主要种植模式进行了归类介绍。第7章提出了设

施条件下作物生活要素的综合调控技术。

《设施农作制度》是在作者博士学位论文的基础上经充实修改成书的，其中倾注了导师王立祥教授的大量心血。在本文构思过程中，得到西北农林科技大学杨改河教授、史俊通教授、贾志宽教授、张嵩午教授、邹志荣教授、张保军教授，中国农业科学院信乃谕研究员，河南农业大学韩锦峰教授等的中肯指教；还得到杨正礼副教授、廖允成副教授、李军副教授、王龙昌副教授、王得祥副教授、海江波副教授、温晚霞副教授、王小丽副教授等的热心帮助。在有关资料观测、收集过程中得到中国农业科学院农田灌溉研究所段爱旺研究员、王广兴研究员、孙景生副研究员、刘祖贵副研究员、肖劲夫副研究员、吴海卿副研究员、研究生彭致功等的大力支持和帮助。在成书过程中，谷茂、樊庭录、张雄、路阳明等博士给予了无私的支持。

本书由河南职业技术学院重点项目（02112）资助出版。在成书出版过程中，河南职业技术学院领导和有关同志给予了大力支持和热情帮助，党委书记、原院长朱海风教授为本书写了序，表达了对青年学者的关爱之情。

在本书付梓出版之际，谨向上文提及和未提及的所有曾给予我关心、支持和帮助的单位和个人表示衷心感谢。

《设施农作制度》作为一部学术专著，不仅可供从事设施农业生产、管理和科研工作者阅读参考，也可作为高等农业院校本科生、硕士研究生《农作学》和《高级耕作学》教学的参考教材。鉴于著者的理论水平和科研经验有限，缺陷与纰漏在所难免，愿本书能引起广大同仁和有志之士对设施农作制度的关注和对本书的批评指正。

郭炎炉

2003年1月24日

目 录

第一章 引 言	(1)
第一节 设施农作制度提出的背景	(1)
一、我国农作制度发展现阶段所面临的问题	(1)
二、设施农业的兴起及在我国农业可持续发展中 的作用和地位	(5)
三、设施农业开辟了我国农作制度发展的新领域	(9)
四、设施农作制度——我国农作制度发展的重要 选择	(11)
第二节 设施农作制度研究的意义、内容及方法	(12)
一、设施农作制度研究的目的与意义	(12)
二、设施农作制度研究的内容	(14)
三、设施农作制度的研究方法	(14)
第二章 国内外设施农业与农作制度的现状及发展	(16)
第一节 国内外设施农业的现状及发展	(16)
一、国外设施农业的历史及发展概况	(16)
二、中国设施农业的现状及发展	(21)
第二节 中国农作制度的历史与研究进展	(28)
一、中国农作制度的历史演进	(28)
二、中国农作制度研究改革的主要成就	(33)
三、中国农作制度进一步发展的主要限制因素	(35)
四、中国农作制度研究改革中存在的主要不足及 发展趋势	(39)
第三章 设施农作制度及其理论基础	(42)
第一节 设施农作制度概述	(42)

一、设施农作制度的概念	(42)
二、设施农作制度与传统农作制度区别的特点	(44)
第二节 设施农业生产分析	(47)
一、设施农业生产的实质	(47)
二、设施农业生产的特点	(48)
第三节 设施农业生态系统及其特点	(51)
一、设施农业生态系统的定义	(51)
二、设施农业生态系统的类型	(52)
三、设施农业生态系统的组成	(52)
四、设施农业生态系统的特性	(54)
第四节 设施农作制度构建的理论	(60)
一、植物的生活因素与调控学说	(60)
二、多维用地原理	(65)
三、生物学原理	(67)
四、光能利用原理	(69)
五、农业技术经济原理	(71)
第四章 我国设施农业生产的类型及分布	(73)
第一节 我国的气候及特点	(73)
一、我国的气候	(73)
二、气温分布的特点	(74)
三、光照分布的特点	(77)
四、水分分布的特点	(77)
第二节 我国农业设施的主要类型及其调控功能	(78)
一、农业保护设施及其调控功能	(78)
二、农田水利工程设施及其调控功能	(80)
第三节 我国设施农业生产的主要类型及分布	(80)
一、田间地膜覆盖栽培型	(80)
二、塑料拱棚栽培型	(91)
三、温室栽培型	(96)

四、其他设施栽培类型的应用及分布	(104)
第五章 设施环境与作物种植制度	(107)
第一节 光照条件	(107)
一、植物生长发育对光照条件的要求	(107)
二、农业保护设施内的光照条件	(110)
三、农业保护设施内的光照条件对作物种植 制度的影响	(124)
第二节 温度条件	(125)
一、植物生长发育对温度条件的要求	(125)
二、农业保护设施内的温度条件	(129)
三、农业保护设施内的温度条件对作物种植 制度的影响	(145)
第三节 湿度条件	(147)
一、植物生长发育对湿度条件的要求	(147)
二、农业保护设施内的湿度条件	(148)
三、农业保护设施内的湿度条件对作物种植 制度的影响	(156)
第四节 空气条件	(157)
一、二氧化碳	(158)
二、有害气体	(160)
第五节 土壤条件	(161)
一、植物生长发育对土壤条件的要求	(161)
二、农业保护设施内的土壤变化及其对植物 生长发育的影响	(162)
第六章 设施条件下的作物种植制度	(168)
第一节 设施条件下的作物布局	(168)
一、地膜覆盖栽培的布局与发展	(168)
二、温室大棚栽培的布局与发展	(169)
第二节 设施条件下作物的轮作与连作	(170)

一、轮作	(170)
二、连作	(174)
第三节 设施条件下作物的茬口安排及熟制 (茬制)	(180)
一、设施条件下的茬口安排	(180)
二、设施条件下的熟制 (茬制)	(186)
三、农业保护设施夏季休闲期的利用	(191)
第四节 设施条件下的立体种植	(192)
一、设施条件下作物地面立体种植	(192)
二、设施条件下作物空间立体栽培	(196)
第五节 设施条件下的作物种植模式	(198)
一、设施条件下作物种植模式的类型	(198)
二、设施条件下的主要种植模式	(200)
第七章 设施条件下的作物生活要素综合调控制度	(223)
第一节 农业保护设施内的光照环境调控	(223)
第二节 农业保护设施内的温度环境调控	(226)
第三节 农业保护设施内的湿度环境调控	(230)
第四节 农业保护设施内气体的调控	(232)
第五节 农业保护设施内土壤状况的调控	(233)
参考文献	(236)

第一章 引言

第一节 设施农作制度提出的背景

我国是世界第一人口大国，面对人口增长，生活水平提高，社会对农业产品需求数量的与日俱增，发展中的我国农业自足问题，倍受国内外各界广泛关注，历史上的食物安全问题，长期困扰着我国政府和平民百姓，21 世纪谁来养活中国问题的出现，不难理解。对此，借助科学技术进步，发展农作制度，增进农业生产潜力，高效利用有限的农业资源，保障农产品有效供给，任重道远^[1~3]。

一、我国农作制度发展现阶段所面临的问题

社会需要与资源的可能是确立科学农作制度的前提，更是农业可持续发展决策的重要依据。

(一) 人口增长、人均资源数量下降难以逆转

作为人类衣食之源的农业赖以发展的特殊生产资料——土地，人均占有数量因人口增加，每况愈下。统计表明，1949~1999 年的 50 年间，全国人口由 5.4 亿增加到 12.2 亿，耕地面积由 9788.3 万 hm^2 减少到 9500 万 hm^2 ；人均占有耕地面积由 0.181 hm^2 下降到 0.078 hm^2 ，不足世界平均值的 1/3。多项研究表明，我国自然资源可能的适宜人口承载量为 8 亿~10 亿人，最大承载力为 15 亿~17 亿。目前，我国人口已进入有史以来的基数最大、人口数量的超常规增长阶段，预计 21 世纪 30 年代，将要突破 16 亿。按保持现有耕地规模，届时人均不足 0.06 hm^2 ，面对加强生态环境建设的“山川秀美”工程的实施，西部地区 $> 25^\circ$ 坡耕地退耕还林种草，耕地