



农业科学技术理论研究丛书

温室 生态经济系统分析

李萍萍 李冬生 等 著



科学出版社

农业科学技术理论研究丛书

温室生态经济系统分析

李萍萍 李冬生 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以我国各地,特别是南方地区常见的玻璃自控温室、连栋塑料温室和单栋塑料大棚三种蔬菜温室为对象,系统地分析温室生态经济系统的结构和功能。采用试验与调研相结合的技术路线,研究温室生态经济系统的组成和结构特点、温室小气候环境特点及温室作物的光合作用对环境因子的响应;比较不同类型温室和蔬菜种植方式下温室系统的能量流、物质流和价值流的特点,并建立相应的数学模型;探讨温室基本功能综合评价指标体系,提出温室生态经济系统功能结构改善的途径。本书既有微观技术,又有宏观分析,可以为我国温室种植业生产的科学管理和合理调控提供科学依据。

本书可以作为农业工程、农学、园艺、生态学等专业的研究生教材和设施园艺专业本科生教材,也可作为相关专业科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

温室生态经济系统分析/李萍萍,李冬生等著. —北京:科学出版社,2011.3
(农业科学技术理论研究丛书)
ISBN 978-7-03-030306-6

I. ①温… II. ①李…②李… III. ①温室栽培-生态经济-系统分析
IV. ①F307.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 023100 号

责任编辑:丛楠 景艳霞 / 责任校对:张小霞
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕耒设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年3月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2011年3月第一次印刷 印张:10 3/4

印数:1—2 000 字数:210 000

定价:33.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

20 世纪 70 年代后期以来,我国的设施农业得到突飞猛进的发展,我国成为世界上设施农业面积最大的国家,为农业增产、农民增收和农村发展作出了积极的贡献。随着设施农业的发展,设施结构也不断发生变化,结构简单的季节性中小拱棚所占的比例不断缩小,而装备水平相对较高的温室大棚的比例不断提高,特别是土地利用率高的连栋温室、环境控制程度高的现代化自控温室等已由“示范温室”变成了“生产温室”,在长江三角洲等经济发达地区发展很快,成为设施农业发展的方向。

温室产业的发展得益于温室农业研究取得的进展。长期以来,为解决蔬菜的季节性短缺问题,提高抗灾堵缺能力和土地生产力,我国许多科学技术工作者从装备与技术、工程与生物等多个方面对温室农业进行了研究,在温室结构设计、环境控制装备与技术、温室专用品种培育及高产栽培模式等方面都取得了显著的成果,推动了我国温室农业的快速发展。但是纵观我国几十年温室领域的研究,单项性的技术研究较多,而将技术与经济集成一体的研究较少;微观技术研究较多,而从生态系统角度进行微观与宏观结合研究很罕见,这在一定程度上制约了温室农业管理水平的提高和产业的发展。

李萍萍教授 1985 年从浙江农业大学农学系(现浙江大学农业与生物技术学院)硕士毕业后,长期在南京农业大学从事农业生态系统及耕作制度的研究。1995 年进入江苏大学(当时为江苏理工大学)农业工程博士后流动站,开始从事设施农业研究;博士后出站后,一直从事该领域的研究。15 年来,主持承担了国家自然科学基金项目“温室作物周年高产高效的生态环境优化调控研究(39870153)”和“基于信息融合的温室环境优化调控研究(30771259)”,江苏省自然科学基金项目“温室和大棚冬季综合环境动态优化控制研究(BJ98010)”和“基于信息融合的温室环境控制决策支持系统的基础研究(BK2006076)”,江苏省教育厅重大基础研究项目“基于作物生理生态模型的温室环境控制决策系统研究(08KJA210001)”等基础研究项目以及一批应用研究项目。其带领课题组在温室生态环境优化调控、温室高产高效栽培技术与模式、温室系统建模与仿真、温室管理的决策支持系统和专家系统等方面进行了一系列的试验研究,特别是将农业生态系统的研究方法移植到设施农业的创新研究中,将微观技术与宏观分析相结合,从生态经济系统的角度开展了深入的研究。本书是这些研究成果中的一部分,书中重点介绍了温室系统的小环境特点,不同环境下温室蔬菜作物光合作用的动态变化规律,不同类型温室及不

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 国内外温室农业的发展现状	1
1.2 温室农业的生态效益、经济效益和社会效益.....	2
1.2.1 生态效益	2
1.2.2 社会效益	3
1.2.3 经济效益	4
1.3 温室农业生产中的问题	4
1.4 温室生态经济系统研究的意义	5
参考文献.....	6
第 2 章 温室生态经济系统的结构分析	9
2.1 温室生态系统	9
2.1.1 温室中的生命系统	9
2.1.2 温室生态环境系统	11
2.2 温室环境调控系统.....	11
2.2.1 温室的框架结构子系统	11
2.2.2 温室环境调控子系统	12
2.3 经济管理系统.....	13
2.4 温室生态经济系统与一般农业生态经济系统结构的联系与区别.....	14
2.4.1 温室生态经济系统与一般农业生态经济系统结构的共性	14
2.4.2 温室生态经济系统与一般农业生态经济系统结构的差异性	15
参考文献	16
第 3 章 温室内的小环境及其调控特点	17
3.1 温室内冬春季小气候环境变化特点.....	17
3.1.1 试验设计.....	17
3.1.2 温度的变化特点	17
3.1.3 湿度的变化特点	19
3.1.4 光照变化特点	20
3.1.5 CO ₂ 浓度变化特点	21
3.2 温室大棚内多重覆盖的温度效应.....	22

3.2.1	试验设计	22
3.2.2	多重覆盖处理在不同天气条件下的夜间保温效应	23
3.2.3	多重覆盖下的白天温度和光照效应	24
3.3	夏季温室小环境及调控的特点	25
3.3.1	温室环境自控系统的夏季温湿度控制特点	25
3.3.2	塑料大棚夏季环境控制特点	26
	参考文献	28
第4章	温室主要蔬菜作物光合作用对环境的响应	29
4.1	生菜的光合作用对环境的响应	29
4.1.1	不同环境下生菜光合作用日变化规律	29
4.1.2	光、温和 CO ₂ 气体综合因子对生菜光合作用影响的数学模型	35
4.2	番茄光合作用对环境的响应	40
4.2.1	不同天气下的番茄光合作用日变化规律	41
4.2.2	番茄光合作用对环境因子的响应	43
4.3	温室黄瓜光合作用对环境的响应	49
4.3.1	不同天气下的水果黄瓜光合作用变化规律	50
4.3.2	温室水果黄瓜光合作用的光照响应	52
4.3.3	温室黄瓜光合作用与光温关系的类卡方模型	53
	参考文献	61
第5章	温室生态经济系统的初级生产力及模拟模型	64
5.1	生菜周年无土栽培的生产力	64
5.1.1	生菜温室营养液水培条件下的周年生产力	64
5.1.2	塑料大棚生菜基质栽培的周年生产力	67
5.2	温室长周期黄瓜的周年生产力	70
5.2.1	温室长周期黄瓜品种的生产力比较试验	70
5.2.2	长周期黄瓜基质栽培的管理要点	71
5.3	温室果菜与叶菜多茬复种的初级生产力	72
5.3.1	试验材料和方法	72
5.3.2	温室黄瓜与生菜一年四熟的净初级生产力	73
5.3.3	温室黄瓜和生菜的干物质分配和积累规律	74
5.3.4	温室黄瓜初级生产积累率二阶差分模型	77
	参考文献	82
第6章	温室生态经济系统的能量转化效率	84
6.1	温室生态经济系统能量流动概述	84
6.2	温室生态经济系统能流模型	85

6.3 温室蔬菜能量转化效率试验研究	85
6.3.1 温室蔬菜的热值变化动态	86
6.3.2 温室作物能量产出	87
6.3.3 温室人工辅助能投入及产投比	89
6.4 不同类型温室的人工辅助能转化率比较	92
6.4.1 不同类型温室人工辅助能投入	92
6.4.2 不同类型温室的经济器官产量和能量产出结果	94
6.5 温室生态经济系统能量流动耗散结构性	96
6.5.1 温室生态经济系统能量流动耗散结构性概述	96
6.5.2 温室生态经济系统热力学熵	97
6.5.3 温室生态经济系统扩展二分子能量连锁反应模型	98
参考文献	102
第7章 温室主要生态经济系统的氮、磷、钾流动特点	104
7.1 温室生态经济系统氮、磷、钾流动框架模型	104
7.2 温室栽培对土壤氮、磷、钾流动的影响分析	105
7.3 黄瓜、生菜周年四茬复种方式氮、磷、钾流动特征及吸收利用率	107
7.3.1 数据来源	107
7.3.2 氮素流动特征及吸收利用率	107
7.3.3 速效磷流动特征及吸收利用率	108
7.3.4 速效钾流动特征及吸收利用率	109
7.4 无土栽培条件下的物质流动特点	110
7.4.1 营养液栽培的物质流动特点	110
7.4.2 有机基质栽培的物质流动特点及氮素转化效率	112
7.4.3 无机基质栽培条件下氮、磷、钾与作物产量的反应模型	113
7.4.4 分式模型与常用的二次多项式模型的比较	121
参考文献	122
第8章 温室生态经济系统价值流动	125
8.1 温室生态经济系统价值流动及流动效率	125
8.1.1 温室生态经济系统价值流动概述	125
8.1.2 温室生态经济系统价值流动效率	127
8.2 温室生态经济系统价值流动模型	127
8.3 温室生态经济系统价值投入与产出分析	129
8.3.1 数据来源	129
8.3.2 生产温室价值投入分析	129
8.3.3 生产温室价值产出及价值流动效率分析	131

8.3.4 提高温室生态经济系统价值流动效率的本量利分析	132
参考文献	140
第9章 温室生态经济系统基本功能综合评价	141
9.1 温室生态经济系统基本功能综合评价的指标体系设计	141
9.2 温室基本功能综合评价方法——修正层次分析法	144
9.2.1 评价指标数据的标准化处理	144
9.2.2 评价指标权重的确定	144
9.2.3 温室基本功能综合评价值的计算	147
9.3 实证分析	147
9.3.1 数据来源	147
9.3.2 不同温室蔬菜种植类型基本功能综合评价与分析	148
参考文献	149
第10章 温室生态经济系统的结构改善途径及选型决策	150
10.1 温室功能与结构之间的关系	150
10.2 改善温室结构的途径	151
10.2.1 改善温室的物理结构	151
10.2.2 改善生物结构	152
10.2.3 改善投入结构	153
10.3 温室选型的风险决策	154
10.3.1 证据理论概述	154
10.3.2 温室选型风险效应评价模型	155
10.3.3 风险决策研究实例	158
参考文献	162

第 1 章 绪 论

温室农业是指在采用各种材料建成的、具有一定温度和其他环境因子调控能力的各类温室大棚等设施内进行作物栽培和畜禽养殖的方式,是农业生产的一种特殊形式。由于目前温室大棚大多是用来种植作物,且种植的作物种类主要是不耐储藏的蔬菜、鲜花等园艺植物,所以温室农业一般是指温室种植业,也称为温室园艺业。温室农业是设施农业中最重要的部分。

1.1 国内外温室农业的发展现状

国际上温室农业的发展源自 20 世纪 50 年代。温室农业的研究主要包括:适合不同的自然和经济条件的温室结构、温室环境控制的装备和技术、与温室环境条件相适应的作物品种和种植方式等方面,经过半个世纪的研究与实践,取得了快速的发展。在结构研究方面,荷兰的 Venlo 式玻璃连栋温室,以色列的连栋塑料温室等已在世界各国被推广;在环境控制装备方面,开发了能对温室的温度、湿度、光照、CO₂ 气体、营养液等综合环境因子进行计算机在线检测和控制的成套装备系统;在温室作物品种方面,筛选育成了耐低温弱光的品种及温室专用长采收期品种及其相应的一年一大茬的种植技术。此外,温室产业发达的国家还在温室作物的模拟模型、基于模型的环境控制技术、温室综合管理技术等方面进行了研究。这些研究成果经过集成后在生产上应用,使得生产不受气候和土壤条件的影响,在有限的土地上周年均衡地种植、供应蔬菜和鲜花已成为可能。目前,在温室生产发达的国家,黄瓜和番茄等园艺植物的周年产量可以达到 52~70.5 kg/m²^[1,2]。单个温室面积大、高度高、具有配套的环境自动控制系统以及相应的种植模式、专业化程度高等是发达国家温室农业的显著特点。

尽管根据史书的记载,我国温室农业已有几百年的历史,但是其真正地成为产业并得到快速发展源于 20 世纪 70 年代。目前我国各类农业设施面积已超过 335 万 hm²,为世界第一。设施的类型也由以季节性利用的中小拱棚等简易设施为主体,发展到周年可利用的温室和塑料大棚为主体(约占各类设施总面积的 50%)^[3];现代化的连栋温室和环境自动控制系统从依靠进口发展到能够完全国产化自主生产,并在一些城市郊区和经济发达的农村得到推广应用。由于温室大棚是农业设施中装备水平较高的部分,代表着一个国家和地区的设施农业发展水平,因此,对温室农业的研究一直是设施农业中研究的重点和热点。我国地域辽阔,各

地气候条件和社会经济条件差异大,温室大棚的类型也多种多样。例如,温室根据其结构不同可以分为温室和塑料大棚,单栋温室和连栋温室等;根据覆盖材料不同又可以分为塑料温室、玻璃温室和 PC 板温室等。在南方地区常见的是塑料大棚和塑料连栋温室,而在我国北方地区还有一类特殊结构的日光温室。

1.2 温室农业的生态效益、经济效益和社会效益

温室农业的快速发展,促进了我国农业特别是园艺业的高产、优质和高效发展。温室农业在生态、经济和社会效益方面显示出巨大的生命力。

1.2.1 生态效益

最大限度地利用光温等可再生资源,合理利用和保护土地、水等再生能力有限的资源,以及保护和改善农业生态环境,是农业发展的主要生态效益指标,温室农业在这方面起到了积极作用。

(1) 提高光温气候资源和土地资源的利用率。温室栽培与露地栽培的最大差别,在于温室内的温度高,在寒冷季节可以种植作物或者促进作物生长,土地的复种指数和集约利用程度提高,使得周年作物产量提高。目前,我国的温室作物蔬菜产量为 $20\sim 30\text{ kg/m}^2$, 尽管平均水平不足荷兰等温室园艺发达国家水平的 $1/2$,但仍比露地栽培产量成倍提高^[5],所以光温资源利用率及土地利用率也大幅度提高。

(2) 提高水资源的利用效率。温室栽培条件下,温室内空气湿度较大,土壤的蒸发量和作物蒸腾量比露地低,使得相同产量的需水量减少。而且大部分温室中,都采用滴灌与微喷等微灌技术及集水措施相结合,可以有效提高水资源利用,节水 $30\%\sim 50\%$ ^[6,7]。尽管温室中一些夏季降温措施需要消耗水资源,但一般湿帘降温系统中的水分进行循环利用,在微喷系统中需水量也很少,这两种方法在调节温度的同时,也调节了湿度,有利于克服或缓和作物光合作用午休现象,提高光合作用速率,实际水分利用率仍较高。

(3) 降低肥料的流失,提高肥料利用率。温室生产是在有覆盖物遮盖的条件下进行的,与露地农业相比,没有了雨水的淋溶,因此也就没有了养分随水流失,不仅使肥料的利用率大大提高,而且降低了对环境的面源污染。此外,生产者对温室的肥水管理一般比露地栽培精细,并注重有机与无机肥相结合,所以尽管土地集约化利用程度高,土壤肥力可以得到维持和提高^[8-14]。有研究表明^[15],温室、大棚长期蔬菜栽培条件下,土壤主要养分含量得到提高,土壤脲酶活性、中性磷酸酶和酸性磷酸酶活性也都有增加趋势,水稳性团粒增加,物理性状改善。

(4) 减少农药用量,降低对环境的污染。农药是农业生产对环境的主要污染源。露地栽培条件下,南方地区高温高湿季节里栽种小白菜等夏季绿叶蔬菜,3天不用农药作物就难以生长,产品内农药残留量大。温室栽培可以通过多种途径减少农药的使用量。例如,用防虫网覆盖进行封闭式栽培,对夏秋季多发的害虫具有良好的隔离作用,小白菜及其他绿叶蔬菜栽培中可以基本不用农药。对于土壤传染的病害,可以在夏季换茬时采用高温封棚消毒。在温室内还可采用黄板诱导和光诱导等物理方法防治害虫,取得较理想的防治效果^[16]。此外,在有必要进行化学防治时,可以采用密闭空间条件下的对靶喷雾技术,与常规喷雾方法相比,可减少用药量^[17,18]。

1.2.2 社会效益

我国是一个人均耕地资源严重短缺的国家,农产品生产的产量、质量和稳定性是农业的主要社会效益指标。多年的实践表明,温室栽培可以取得高产、稳产和优质的效果^[19,20]。

(1) 大幅度提高土地生产力,增加农产品产出。在温室栽培条件下,可以人为调节光、温、水、肥、气因子,使作物在较好的生态条件下生长,耕地产出可比露地成倍提高,使农业生产更好地满足社会对农产品的需求。温室栽培是高投入、高产出的技术集约和劳动力集约种植方式。

(2) 提高农产品生产与供应的稳定性。大田农业生产受到气候所左右,稳定性较差,尤其是蔬菜的抗灾堵缺、储运能力弱,更是难以克服严冬和酷暑季节蔬菜短缺的矛盾。温室栽培不但在冬季可以通过加温实现反季节栽培,还可以在夏季通过降温措施进行越夏栽培,在南方地区可有效避免夏季的台风、暴雨及虫害对蔬菜和瓜果等作物造成的毁灭性灾害,对于周年稳定供应新鲜蔬菜、改善人民群众的生活质量具有积极作用。

(3) 提高农产品的内在质量。温室栽培不但可以提高农产品外观质量,还可以采用防虫网覆盖栽培、有机基质栽培等技术生产无公害蔬菜、绿色食品蔬菜及有机食品蔬菜等,提高内在质量,对于保障人民群众的食物安全、提高健康水平具有积极的作用,应用前景广阔。

(4) 提高劳动生产率和农业现代化水平。温室的自动化和机械化栽培,可以改善劳动条件,降低劳动强度,节约人力资源,提高劳动生产率。温室栽培需要劳动者掌握更多的知识,因此也有利于提高农业劳动者的素质。温室栽培在各种农业新技术的示范中具有独特的功效,对于体现我国的农业现代化水平及促进农业现代化具有积极作用。

1.2.3 经济效益

农业技术的经济可持续性并不是看它是高投入还是低投入,而在于能否取得较高的产投比和单位土地面积的净收入。设施栽培尽管投入高,但它可以以下几个主要方面显示出经济活力。首先,高产带来高效。温室大棚栽培,由于产量比露地大幅提高,所以即使在相同的价格下其产值也高。其次,反季节栽培带来高效。温室大棚可以采用反季节栽培或秋延后、春提早栽培,在蔬菜等农产品伏缺或冬缺条件下供应其单价也相对较高,因此土地的总收入比露地生产大幅提高。再者,优质带来高效。在温室大棚里可以采用防虫网等清洁生产技术,无公害产品的优质优价产生的效益往往也很可观,增加了温室大棚栽培的经济效益潜力。因此,在温室大棚的造价相对合理、管理有序的条件下,一般都能收到较高的产投比,扣除折旧成本后仍有很大盈余,被农民称为“绿色金库”。

综上所述,近年来我国温室农业生产蓬勃发展,对促进农业增产、农民增收、农村发展及城乡人民的生活水平提高起到了积极的作用。因此各级政府都把发展设施农业作为发展高效农业的重要内容而加以大力推广和促进。温室农业已成为解决我国人多地少的矛盾、实现农业可持续发展的一条长远而有效的途径。

1.3 温室农业生产中的问题

尽管温室农业取得了显著的成效,但是发展也是不平衡的。由于不合理的管理等因素,温室种植业经过 30 多年的实践,在生态可持续性和经济可持续性方面也出现了一些不可忽视的问题。主要表现在以下三个方面。

(1) 能量投入过高,人工辅助能利用率较低。温室生态经济系统的能量来源主要是太阳能和人工辅助能,与农田蔬菜生态系统相比,人工辅助能在温室能量来源中的比例要高得多。为了创造温室作物生长的适宜条件,需要投入大量的电能、机械能和燃料。但是,一方面,我国环境控制的研究总体上较落后,无论是环境控制的硬件系统还是环境控制的技术都还有很多方面亟待提高;另一方面,不少温室经营者对环境合理控制的知识相当贫乏,导致环境控制的能耗很高。据葛晓光等的研究,我国温室中的投能水平可以达到农田的 8 倍以上,而产量只有一般农田的 2~3 倍,能量的产投比比一般农田低^[21-24]。因此,人工辅助能投入过大、能耗高,是温室生产中突出的问题之一。

(2) 肥料施用量过大,土壤生态问题严重。许多温室经营者为追求高产,不合理地加大施肥量,带来了严重的生态经济问题。首先,由于温室中用肥量大,再加上在覆盖物下不能得到雨水的冲淋,土壤内大量盐分随水分的蒸发向上运动,在土

壤表层聚集,产生土壤的次生盐渍化,影响作物持续增产^[25]。其次,过量施用肥料会导致肥料养分利用率低,不仅增加了生产成本,而且会加剧对环境的污染。再次,施肥过多还会影响温室作物的品质。氮素肥料是蔬菜中硝酸盐的主要来源,作物过量吸收硝酸盐可导致其在体内积累,最终造成产品硝酸盐含量过高^[26]。此外,随着长期的同科作物连作,土壤的连作障碍产生,并且随着温室种植年限的增长,土壤生态问题也可能随之加剧^[27]。

(3) 成本大幅提高,生产风险大。随着设施栽培向高档化发展,生产条件大大改善,同时成本也大幅提高。由于不少温室经营者不懂得如何经营温室,采用露地栽培中的大宗作物、常规品种和传统种植方式,产量不高,产品价格上不去,导致温室投资回收期明显变长,风险变大。如何改善系统的结构,增加收入、降低成本、提高温室生产者积极性,这些都是关系到温室产业能否可持续发展的大问题。

1.4 温室生态经济系统研究的意义

上述我国温室生产中所存在的三大问题,实质上是系统能量流动、物质流动和价值流动不合理所致。产生以上问题的原因,固然有技术研究和推广上的不足,但与我国在温室系统研究方面的严重滞后也密切相关。纵观我国对温室种植业生产研究可以发现,关于温室结构、环境调控、栽培管理、品种选育等装备和技术的研究很多,但将这些技术有机结合起来进行综合性研究较少,装备与技术之间的研究往往脱节。尤其是将温室作为一个系统,在研究作物生长与温室环境的关系、温室投入与产出的关系基础上,研究整体功能的发挥及其与温室结构之间的关系等方面还少有报道^[28,29]。

从另外一个方面说,国内外在农业生态经济系统方面进行了大量的研究,对不同类型农业生态系统的能量流动、物质流动和价值流动等功能的研究,对农作物与环境之间的生态关系、农业生态系统结构的优化、农业生态系统的决策管理等研究都有较多的报道^[23,30,33]。温室种植业是温室生态系统、温室经济系统和温室环境控制系统三个子系统所组成的一个复杂系统,可以说是一类特殊的农业生态经济系统,但是目前对这类系统仅有从工程角度或栽培角度出发的一些零星的分散的研究^[34-46],而对其结构与功能的研究严重滞后,很少有从系统角度综合研究温室生态经济系统基本功能的改善及其结构的优化方面的报道。

因此,要进一步提高温室农业的生态经济效益,实现可持续发展,必须要从生态经济系统高度对温室农业进行研究。通过系统研究,掌握温室环境的变化规律,温室作物生长与环境之间的关系,比较不同温室类型和不同温室作物种植方式下的初级生产力,揭示温室生态经济系统能量流动、物质流动和价值流动的规律和特

点,以及温室功能与其结构的关系,探索提高系统功能的结构改善途径,提出温室系统管理和决策的方法,为我国温室农业生产的科学管理、合理调控提供科学依据。

参 考 文 献

- [1] 张桃林. 中国农业机械化发展重大问题研究. 北京: 中国农业出版社, 2009: 12.
- [2] 张福漫. 强化科技创新大力提升我国设施园艺现代化水平. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3): 261-264.
- [3] 2009-05-19 叶贞琴司长在全国设施蔬菜生产经验交流会上的总结讲话. http://www.agri.gov.cn/gdxw/t20090519_1275830.htm. 2009-06-16.
- [4] 陈青云. 日光温室的实践与理论. 上海交通大学学报(农业科学版), 2008, 26(5): 343-350.
- [5] 黄丹枫, 葛体达. 荷兰温室园艺对上海农业发展的借鉴. 上海交通大学学报(农业科学版), 2008, 26(5): 351-356.
- [6] 谢永生, 于文德. 温室滴灌与常规灌溉的综合效益分析与评价. 见: 中国水利学会微灌工作组. 第八届全国微灌大会论文集. 酒泉. 2009. 491-496.
- [7] 单军, 唐丽, 林万光. 北京市设施农业节水现状与问题分析. 节水灌溉, 2009, 9: 27-29.
- [8] 葛晓光, 张恩平, 张昕, 等. 长期施肥条件下菜田-蔬菜生态系统变化的研究(I). 土壤有机质的变化. 园艺学报, 2004a, 31(1): 34-38.
- [9] 葛晓光, 张恩平, 高慧, 等. 长期施肥条件下菜田-蔬菜生态系统变化的研究(II). 土壤理化性质的变化. 园艺学报, 2004b, 31(2): 178-182.
- [10] 葛晓光, 高慧, 张恩平, 等. 长期施肥条件下菜田-蔬菜生态系统变化的研究(III)蔬菜产量与养分吸收量的变化. 园艺学报, 2004, 31(4): 456-460.
- [11] 葛晓光, 高慧, 张恩平, 等. 长期施肥条件下菜田-蔬菜生态系统变化的研究(IV)蔬菜生态系统的变化. 园艺学报, 2004, 31(5): 598-602.
- [12] 续勇波, 郑毅, 刘宏斌, 等. 设施栽培中生菜养分吸收和氮磷肥料利用率研究. 云南农业大学学报, 2003, 18(3): 221-227.
- [13] Tagliavini M, Baldi E, Lucchi P, et al. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria* × *Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. European Journal Agronomy, 2003, 23(1): 15-25.
- [14] Zaller J G. Vermicompost as a substitute for peat in potting media; Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Scientia Horticulturae, 2007, 112: 191-199.
- [15] 马云华, 王秀峰, 魏珉, 等. 黄瓜连作土壤酚酸类物质积累对土壤微生物和酶活性的影响. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2149-2153.
- [16] 刘明池, 窦铁岭. 蔬菜病虫害无公害栽培防治技术. 中国植保导刊, 2004(1): 40-42.
- [17] 汤伯敏, 高崇义, 林光武, 等. 日本常温烟雾机在华田间试验研究. 中国农机化, 2000(2): 33-35.
- [18] 陆军, 李萍萍, 贾卫东, 等. 温室轴流风送药雾靶标沉积试验. 农业机械学报, 2009, 40(12): 88-92.

- [19] 张真和,陈青云,高丽红,等.我国设施蔬菜产业发展对策研究(上).蔬菜,2010a,(5):1-3.
- [20] 张真和,陈青云,高丽红,等.我国设施蔬菜产业发展对策研究(下).蔬菜,2010b,(6):1-3.
- [21] Ozkan B, Fert C, Karadeniz C F. Energy and cost analysis for greenhouse and open-field production. *Energy*, 2007, 32: 1500-1504.
- [22] Canakci M, Akinci I. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy*, 2006, 31: 1243-1256.
- [23] Martin J F, Diemont S A W, Powell E, et al. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 115: 128-140.
- [24] 葛晓光.我国设施蔬菜生产面临的挑战与对策——蔬菜产业结构的调整与技术创新.沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 1-3.
- [25] 何文寿.设施农业中存在的土壤障碍及其对策研究进展.土壤, 2004, 36(3): 235-242.
- [26] 高祖明,章满芬.氮磷钾对叶菜硝酸盐积累和硝酸还原酶、过氧化物酶活性的影响.园艺学报, 1989, 16(4): 293-298.
- [27] 李文庆,张民,李海峰,等.大棚土壤硝酸盐状况研究.土壤学报, 2002, 39(2): 283-287.
- [28] Li P P, Hu Y G, Wang T Z. Preliminary Establishment of Greenhouse Economics World Congress, Agriculture Engineering for a better World; VDI GmbH. Dü Seeldorf, 2006.
- [29] 李萍萍,毛罕平,朱伟兴.现代温室种植业的系统分析和优化设计.农业系统科学与综合研究, 2002, 18(1): 7、8.
- [30] Ozkan B, Akcaoz H, Fert C. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 2004, 29: 39-51.
- [31] 王嘉,王植,琚慧媛,等.农业生态系统能量分析方法研究进展.沈阳大学学报, 2007, 19(2): 78-81.
- [32] 王汉芳,海江波,季书琴,等.农业生态经济系统的价值流及价值链研究.西北农业学报, 2005, 4(4): 194-197.
- [33] 陆宏芳,陈烈,林永标,等.基于能值的顺德市农业系统生态经济动态.农业工程学报, 2005, 21(12): 20-24.
- [34] Chen G Q, Jiang M M, Chen B, et al. Emergy analysis of Chinese agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 115: 161-173.
- [35] Hansson H, Öhlmér B. The effect of operational managerial practices on economic, technical and allocative efficiency at Swedish dairy farms. *Livestock Science*, 2008, 118(1-2): 34-43.
- [36] Mohammadi A, Omid M. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy*, 2010, 87(1): 191-196.
- [37] Brumfield R. Greenhouse cost accounting computer program; Extension and teaching tool. *Livestock Science*, 2008, 118(1): 34-43.
- [38] Ting K C, Dijkstra J, Fang W, et al. Engineering economy of controlled environment for greenhouse production. *Transactions of the ASAE*, 2010, 87(1): 191-196.

- [39] Lončarić R, Lončarić Z. The decision support system with economic analysis of field vegetable production. *Acta Hort. ISHS*, 2004, 655: 497-502.
- [40] 黄丹枫, 牛庆良. 现代化温室生产效益评析. *沈阳农业大学学报*, 2000, 31(1): 18-22.
- [41] 陈宝峰, 贾敬敦, 任金政. 我国工厂化农业企业经济效益影响因素分析. *农业工程学报*, 2003, 19(6): 260-263.
- [42] 唐致宗, 杨彩霞, 赵怀勇, 等. 河西走廊日光温室蔬菜经济效益分析. *中国蔬菜*, 2005, 8: 35, 36.
- [43] 郁樊敏. 上海郊区二种设施栽培蔬菜的经济效益分析. *中国蔬菜*, 2004, 1: 43-45.
- [44] 高艳明. 宁夏不同类型日光温室经济效益调查及分析研究. *中国农村小康科技*, 2005, 12: 18-21.
- [45] 赵财, 黄高宝, 邓忠. 三种节水灌溉技术对日光温室黄瓜生产效率及经济效益的影响. *甘肃农业大学学报*, 2006, 1: 52-55.
- [46] 李冬生, 李萍萍, 王纪章. 基于修正层次分析法的温室经济效益综合评价方法及应用研究. *江苏农业科学*, 2009, 6: 447-450

第2章 温室生态经济系统的结构分析

系统是指由相互作用和相互依赖的若干组成部分相结合的具有特定功能的有机整体^[1]。生态系统是在一定的空间内生物的成分和非生物的成分通过物质循环和能量流动互相作用、互相依存而构成一个生态学功能单位^[2],自然界凡是有生命体介入的系统,无论其空间大小都可以看成是生态系统。而生态经济系统则是由生态系统和经济系统相互交织、相互作用而成的自然与社会复合的复杂系统。农业系统是一类典型的生态经济系统。

温室作物生产是农业生产的一种特殊方式,所以它在结构上与农业生态经济系统有许多相同之处。但是由于它是在温室可控条件下进行的生产,除了一般农业生态经济系统有的作物生态子系统、经济管理子系统外,还必须有环境控制子系统,所以在结构上要复杂得多。本章对温室生态经济系统的结构组成以及其与农业生态经济系统的比较特征进行分析。

2.1 温室生态系统

温室生态系统包括生命系统和生态环境系统两个子系统。

2.1.1 温室中的生命系统

温室中的生命系统主要包括优势生物子系统、非优势生物子系统和土壤微生物子系统三个子系统。

1. 优势生物子系统

其主要成分为人工栽种的植物群体,是系统的主体成分。在设施栽培条件下,优势生物种类大体有以下几类。

(1) 以价值较高的、市场需求量大而稳定的、相对耐运输和储藏的果菜类为主体。主要是番茄、辣椒、茄子等茄果类作物(又称三茄作物),及黄瓜、西瓜和甜瓜等瓜果类作物,大都是采用生育期较长的品种。在普通温室和塑料大棚中,一般从秋季开始育苗并用小苗过冬,早春进行定植,即“春提早”栽培。夏季高温时节作物腾茬后,或者复种一茬或多茬绿叶蔬菜,或者进行季节性的休闲并利用高温进行基质