



生态农业工程技术

杨文宪 张秋明等 编著

The
technology
in
the eco - agricultural
engineering

中国农业科技出版社

生态农业工程技术

主 编：杨文宪 张秋明

副主编：王文忠 刘昆明 赵建生 杜艳萍

中国农业科技出版社

(京)新登字 061 号

图书在版编目(CIP)数据

生态农业工程技术/杨文宪主编. —北京:中国农业科技出版社,1999.5
ISBN 7-80119-794-1

I. 生… II. 杨… III. 生态系统-环境保护-农业技术 IV. S181

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 15541 号

生态农业工程技术

责任编辑	黄 卫
技术编辑	
出版发行	中国农业科技出版社 (北京海淀区白石桥路 30 号)
经 销	新华书店北京发行所
印 刷	山西省社会科学院印刷厂
开 本	787×1092 毫米 1/16 印张:38.75
印 数	1—6000 册 字数:900 千字
版 次	1999 年 5 月第一版 1999 年 5 月第一次印刷
定 价	99.00 元

《生态农业工程技术》

主 编 杨文宪 张秋明

副主编 王文忠 刘昆明 赵建生 杜艳萍

编 委 (按姓氏笔划排序)

王文忠	双树林	刘昆明	池宝亮
杨文宪	张秋明	张伟基	杜艳萍
武雪萍	赵建生	郝 赤	徐生瑞
高志强	郭常莲	韩巨才	籍增顺

统稿人：王文忠

《生态农业工程技术》

内 容 简 介

本书融国内外传统农业技术精华和现代高新农业技术为一体,集众家技术所长,从持续发展的战略高度出发,以新的视角、崭新的思路构建了本书的基本框架,形成以生态农业技术为主体,理论与实践相结合的三大板块(理论篇、技术篇和实践篇)。全书共分十三章:第一章:生态农业的概念与原理;第二章:农业环境及其生态作用;第三章:农业生态系统能流与物流;第四章:节水与节能生态工程技术;第五章:施肥技术;第六章:有害生物综合防治技术;第七章:立体养殖技术;第八章:农业副产品综合利用技术;第九章:新能源和可再生能源的开发与应用;第十章:农业生态系统的恢复、改造与重建;第十一章:我国不同地区典型生态农业模式;第十二章:生态农业建设综合评价;第十三章:计算机在生态农业建设中的应用。本书较为全面地反映了我国生态农业技术与模式的发展水平和趋势。

本书具有较强的理论性、操作性和实用性,可作为高等本专科院校,从事有关生态学、农业生态学教学与科研人员的参考书,也可供从事生态农业建设的科研人员、领导工作者和实践者等参考。

序

农业是维持人类生存与发展中最主要、最基本的产业,也是国民经济的基础,人类社会文明大厦的基石。农业的持续发展关系着一个国家经济的持续发展。因此,农业和农村经济的可持续发展是我国国民经济可持续发展的根本保证,也是关系国家能否长治久安的关键所在。

农业问题是一个世界性问题,各国都在积极探索适合与自己国情相适应的农业发展模式。中国作为一个发展中国家,与其它发展中国家相比,尤其有着自身特殊的国情:庞大的人口基数和持续增长的态势在一个相当长的时期内难以改变,加之近年来工农业、交通运输业的迅速发展带来的环境污染。因此,在相当长的一段时间内我国将面临着人地矛盾突出,资源相对拥有量较少,环境污染严重与生态环境脆弱、抵御自然灾害能力差,经济高速增长的支撑力不足这四大不容回避的现实问题,严峻的形势呼唤着新的农业发展模式。80年代初,我国农村诞生了生态农业这一崭新的农业生产形式,并在短短十几年里得到长足发展,特别是生态农业县建设模式在各地涌现,显示出它的强大生命力和美好前景。大量实践证明:发展生态农业是符合我国国情的,生态农业建设既有利于保护和改善生态环境及资源永续利用,也有利于促进经济与社会的协调发展;最终实现生态效益、经济效益和社会效益的相统一。可谓是具有中国特色的可持续农业。因此,中国的生态农业建设很快受到国际组织的广泛关注和我国政府的大力支持。我国政府不仅把生态农业作为一种可持续农业发展模式载入中国21世纪议程,以指导和推动中国农业的可持续发展,还把发展生态农业正式列入国家“九五计划和2010年远景目标纲要”和“中国环境与发展十大对策”之一。中共中央十四届五中全会建议中再次提出“大力发展生态农业,保护农业生态环境”的问题。由此可见,发展生态农业不仅是我国现代化建设中的一项跨世纪的重大工程,更是事关国家长治久安的宏伟事业。

江泽民总书记继1997年8月5日针对黄土高原的生态环境问题,作出治理水土流失,建设生态农业,再造一个山川秀美的西北地区的重要批示后,又于1998年3月15日明确宣布:“到下世纪中叶,在全国建立起适应国民经济可持续发展的良好生态环境,大部分地区做到山川秀美、江河清澈。”这样,在全国推行生态农业新模式就更加紧迫了。《生态农业工程技术》一书的编著者,以其战略眼光、超前意识,及时将自己多年的工作实践和理论研究成果及国内外有关生态农业的理论、实践和技术编著成书出版。不仅是适应当前我国农业建设的紧迫需要,同时,对于我国生态农业发展与生态环境建设将起到有力的推动作用。

《生态农业工程技术》一书是一部关于生态农业建设的理论、实践和技术集于一身的著作,以生态农业技术为核心,与生态农业基本理论和生态农业建设实践融为一体。对充实和发展生态农业理论和指导生态农业建设,具有较高的学术价值和实践意义。该书较为全面而又系统地阐述了生态农业的基本理论,尤其是鲜明地提出了“生克与互补、循环与再生和平衡与补偿”等三个论点。这是非常有益的探索,可以推动生态农业理论不断完善和发展。从互补、循环、再生、高效、协调的视角出发,将生态农业工程技术分为:节水与节

能技术;施肥技术;有害生物综合防治技术;立体养殖技术;农业副产品综合利用技术;新能源和可再生能源开发与利用及农业生态系统恢复、改造与重建七个部分。并逐一给予较为详细而又全面的介绍,具有一定的系统性,可操作性和实用性。以其翔实的资料将全国各地生态农业建设中的成功经验与代表性的生态农业模式作了典型的剖析和介绍,给读者以系统而又全新的概念,即生态农业是一个有别于传统农业的高产、优质、高效的新型农业;是一条农村通向经济迅速发展、脱贫致富的金光大道,也是中国农业实现可持续发展的希望之路

总之,这是一本论述较为全面,具有一定理论高度和学术水平,有较高应用价值的有关生态农业建设的学术著作。它能帮助农村工作干部摆脱传统农业的束缚,自觉以新思路、新模式推行农业和农村经济建设。希望它成为农村工作干部的良好益友。我相信它对于关心我国农业和农村事业的人们,也将是一本有益的资料。

石山^①
1999.1.5 于北京

^① (序作者:系原中国科学院副秘书长,国务院农村发展研究中心顾问;现中国生态经济学会副理事长,国土经济研究会副理事长)

目 录

理 论 篇

第一章 生态农业的概念及原理	(1)
第一节 生态系统的概念、组成和结构	(1)
一、生态学及生态系统的概念	(1)
二、生态系统的组成与结构	(2)
第二节 农业生态系统的功能	(8)
一、能量概念及基本规律	(8)
二、农业生态系统的生产及能流	(9)
三、农业生态系统中的物质循环	(15)
四、生态系统的信息传递	(31)
第三节 生态农业建设的基本原理	(33)
一、生态学原理	(33)
二、生态经济学原理	(40)
第二章 农业环境及其生态作用	(47)
第一节 概述	(47)
一、农业环境与生态因子	(47)
二、生态因子的作用规律	(48)
第二节 光生态作用	(50)
一、光性质与光周期的生态作用	(50)
二、光照强度的生态作用	(52)
第三节 水的生态作用	(54)
一、陆地植物水分平衡及其生态作用	(54)
二、渍水土壤和水体的生态作用	(59)
第四节 空气的生态作用	(61)
一、碳素营养	(61)
二、二氧化碳的生态调节作用	(62)
三、风的生态作用	(62)
第五节 土壤生态作用	(63)
一、土壤营养条件	(63)
二、土壤酸碱条件及其生态作用	(66)
第六节 温度条件及其生态作用	(68)
一、温度与植物生理过程	(68)
二、植物对温度条件的需求与适应	(70)

第七节 生物之间的生态作用	(73)
一、动物对植物的生态作用	(74)
二、植物之间的生态作用	(74)
第三章 农业生态系统能流与物流	(77)
第一节 能量分析方法	(77)
一、概念与定律	(77)
二、能流	(77)
三、生态系统的效率和生态金字塔	(81)
四、能流语言符号	(82)
五、能流分析步骤	(83)
六、能值换算方法	(91)
第二节 农业生态系统的物流特征	(101)
一、主要特征指标	(101)
二、具体步骤	(101)
第三节 我国农业能流及物流特征分析	(104)
一、具有较高的初级生产力水平	(105)
二、具有较高的输入与输出水平和资源转化效率	(105)
三、具有较高的加工率和生物转化率	(106)
四、具有较高的有机物还田水平和土壤库正平衡趋势	(107)

技 术 篇

第四章 节水与节能生态工程技术	(109)
第一节 水状况、水问题与对策	(109)
一、水资源状况	(109)
二、缺水危机及其原因	(110)
三、节水潜力与基本出路	(112)
第二节 节水农业工程技术	(113)
一 节水灌溉工程技术	(113)
二 节水农艺技术	(120)
三 节水管理技术	(128)
第三节 节约能源技术	(129)
一、节能的重要性及其战略意义	(129)
二、节能的方法和途径	(131)
三、今后推行节能工作的措施和建议	(139)
第五章 施肥技术	(141)
第一节 作物施肥的基本原理	(141)

一、养分归还(补偿)学说	(141)
二、最小养分律	(142)
三、报酬递减律	(143)
四、因子综合作用律	(144)
第二节 化学肥料的种类、性质和施用技术	(144)
一、氮肥	(144)
二、磷肥	(148)
三、钾肥	(150)
四、复合肥料	(151)
五、微量元素肥料	(153)
第三节 配方施肥的技术和方法	(155)
一、配方施肥技术的形成	(156)
二、配方施肥的定义和内容	(156)
三、配方施肥的基本方法	(157)
四、配方施肥中无机养分的计算	(163)
五、配方施肥在我国农业生产中所起的作用	(164)
第四节 主要农作物施肥技术	(165)
一、冬小麦施肥技术	(165)
二、玉米施肥技术	(167)
三、棉花施肥技术	(169)
四、水稻施肥技术	(171)
五、蔬菜施肥技术	(173)
六、苹果树的施肥技术	(176)
第六章 有害生物综合防治技术	(182)
第一节 有害生物综合防治的发展概况	(182)
一、有害生物防治在农业生产中的作用	(182)
二、有害生物防治的历史与现状	(183)
三、我国有害生物防治的方针	(184)
第二节 有害生物综合治理的原理及原则	(185)
一、有害生物综合治理的基本概念	(185)
二、有害生物综合治理的生态学基础	(186)
三、有害生物综合治理的经济学原则	(192)
四、有害生物综合治理的策略与设计	(196)
第三节 有害生物综合治理的方法	(199)
一、植物检疫	(199)
二、农业防治法	(201)
三、生物防治法	(209)
四、物理及机械防治法	(216)

五、化学防治法	(220)
第七章 立体养殖技术	(221)
第一节 动物的营养需要	(221)
一、维持的营养需要	(222)
二、生长和繁殖的营养需要	(223)
三、动物生产的营养需要	(229)
第二节 饲料的营养物质及其功能	(236)
一、水分	(236)
二、蛋白质与动物营养	(237)
三、脂肪与动物营养	(239)
四、碳水化合物与动物营养	(240)
五、矿物质与动物营养	(241)
六、维生素与动物营养	(244)
第三节 饲料的营养特性与日粮配合	(249)
一、各类饲料的特性和利用	(249)
二、日粮配合	(255)
第四节 猪的科学饲养	(259)
一、猪的生物学特性	(259)
二、种母猪的饲养管理	(260)
三、提高仔猪成活率	(262)
四、商品猪的饲养管理	(264)
五、预防猪病的一些措施	(269)
第五节 养禽技术	(271)
一、家禽的生物学特性	(271)
二、家禽的孵化	(272)
三、鸡的饲养管理	(274)
四、鸭和鹅的饲养管理	(280)
第六节 池塘养鱼技术	(281)
一、主要养殖鱼类的生物学特性	(282)
二、池塘的环境条件	(284)
三、池塘施肥	(287)
四、池塘鱼苗、鱼种培育	(288)
五、池塘成鱼养殖	(293)
六、鱼类的越冬	(300)
第七节 立体养殖模式	(302)
一、以草食动物为主的立体养殖模式	(302)
二、以猪为主的立体养殖模式	(305)
三、以鸡为主的立体养殖模式	(305)

四、以鸭为主的立体养殖模式	(307)
五、以鱼为主的立体养殖模式	(308)
第八章 农业副产品综合利用技术	(318)
第一节 农业副产品综合利用的目的、地位和意义	(318)
一、农业副产品综合利用的目的	(318)
二、农业副产品综合利用的战略地位	(318)
三、农业副产品综合利用的意义	(318)
第二节 食用菌生产技术	(319)
一、香菇栽培技术	(319)
二、平菇栽培技术	(322)
三、木耳栽培技术	(326)
四、猴头菌栽培技术	(332)
五、灵芝栽培技术	(335)
六、食用菌多层次生产技术	(338)
第三节 秸秆处理与综合利用	(346)
一、秸秆青贮	(346)
二、秸秆碱化处理与氨化饲料	(347)
三、麦秸优化处理技术	(349)
第四节 单细胞蛋白(SCP)的生产技术	(349)
一、糟渣原料生产 SCP 技术	(350)
二、多菌种混合固体发酵生产技术	(351)
三、深层培养法生产 SCP	(353)
第五节 动物副产品综合利用技术	(353)
一、动物皮、毛、蹄角和骨骼的综合利用	(353)
二、动物脏器的综合利用	(360)
第九章 新能源和可再生能源的开发与应用	(365)
第一节 开发利用新能源和可再生能源的重要现实意义	(365)
一、加快发展与利用新能源和可再生能源是实施环保绿色工程、改善农业生态环境的重要保证	(365)
二、加快发展与利用新能源和可再生能源是国民经济高速发展的迫切需要	(366)
三、加快发展与利用新能原和可再生能源有利于促进农业和农村经济的发展	(367)
第二节 生物质能利用技术	(368)
一、户用沼气池	(368)
二、大中型畜禽场沼气工程	(370)
三、沼气综合利用	(373)
四、生物质气化	(377)

第三节 太阳能利用技术	(379)
一、日光温室	(380)
二、阳光塑料大棚	(383)
三、太阳畜禽舍	(386)
四、太阳房	(390)
五、太阳热水器	(393)
六、太阳光伏发电系统	(396)
第四节 风能和地热能利用技术	(402)
一、风力发电	(402)
二、地热资源开发利用技术	(405)
第五节 开发利用新能源和可再生能源的基本对策和措施	(408)
一、提高认识、加强领导,进一步增强抓好新能源和可再生能源的建设工作的紧迫感和责任感	(408)
二、制定优惠和保护政策	(408)
三、加强产业化建设,培育新能源和可再生能源市场	(409)
四、建立和完善新能源和可再生能源技术、产品标准化和质量监测体系	(409)
五、依靠科技进步,努力提高科技含量	(410)
六、开展国际合作,引进国际先进技术和资金	(410)
第十章 农业生态系统的恢复、改造与重建	(411)
第一节 水土流失的生态恢复工程	(411)
一、我国水土流失概况	(411)
二、水土流失造成的危害	(411)
三、水土流失的生态恢复工程技术措施	(412)
第二节 盐碱地改造的生态工程	(443)
一、盐碱地对农业生产的影响	(443)
二、盐碱地改造的生态工程	(443)
第三节 沙漠化生态恢复工程	(450)
一、沙漠化概况	(450)
二、沙漠化的治理工程	(450)
第四节 矿区土地复垦与生态重建工程	(453)
一、矿区土地复垦的概念及方式	(453)
二、矿区复垦与生态重建工程	(453)
第五节 农业环境综合治理工程	(463)
一、农业环境现状与问题	(463)
二、废水的处理与利用工程	(465)
三、城市垃圾的处理与利用	(471)
四、农用化学物质的污染防治措施	(475)

实践篇

第十一章 我国不同地区典型生态农业模式	(481)
第一节 各类生态农业模式的基本特征	(481)
一、结构特征	(481)
二、功能特征	(481)
三、层次特征	(482)
第二节 平原区生态农业模式	(483)
一、平原区农业生态特点	(483)
二、平原区典型生态农业模式	(484)
三、平原区多业综合发展的生态农业模式实例分析	(487)
第三节 山区、丘陵区生态农业模式	(492)
一、山区、丘陵区农业生态经济特点	(492)
二、山区、丘陵区生态农业模式	(493)
三、山区、丘陵区生态农业建设技术要点	(500)
第四节 城郊区生态农业模式	(501)
一、城郊区农业生态特点与问题	(502)
二、城郊生态农业建设的原则	(503)
三、城郊生态农业模式的类型	(504)
四、城郊型生态农业模式实例分析	(505)
第五节 江湖塘区生态农业模式	(509)
一、江湖塘区农业生态特点	(509)
二、江湖塘区农业生态问题	(510)
三、江湖塘区生态农业模式与实例分析	(511)
四、江湖塘区生态农业建设技术要点	(514)
第六节 生态农业县建设实例分析	(516)
一、生态农业县建设的标准	(516)
二、甘肃省泾川县资源开发利用型模式	(516)
三、四川省大足县的整体规划模式	(522)
第十二章 生态农业建设综合评价	(525)
第一节 生态农业评价的目的、意义和任务	(525)
一、生态农业评价的目的和意义	(525)
二、生态农业评价的任务	(525)
第二节 生态农业综合评价的依据和内容	(526)
一、生态农业评价的理论依据	(526)
二、生态农业综合评价的种类和内容	(527)
第三节 生态农业综合评价的原则和程序	(530)

一、生态农业综合评价的原则·····	(530)
二、生态农业综合评价的程序·····	(531)
第四节 生态农业综合评价指标体系的建立·····	(533)
一、生态农业综合评价指标体系设置的原则·····	(533)
二、生态农业综合评价指标体系·····	(533)
第五节 生态农业评价方法·····	(538)
一、确定指标权重的基本原则和方法·····	(538)
二、评价标准(基准值)的确定·····	(545)
三、生态农业的评价方法及模式·····	(546)
四、生态农业综合评价的常用数学模型·····	(548)
第六节 县级生态农业建设综合评价方法及其应用·····	(552)
一、数据收集及量化·····	(553)
二、县级生态农业的评价方法·····	(554)
三、闻喜县生态农业建设的综合评价·····	(562)
第十三章 计算机在生态农业建设中的应用·····	(569)
第一节 应用概况·····	(569)
一、科学研究·····	(569)
二、信息服务·····	(570)
三、信息管理决策系统·····	(572)
四、自动化生产·····	(573)
第二节 数学模型·····	(573)
一、模型概述·····	(573)
二、系统评价及诊断·····	(575)
三、农业生态系统分析及模拟·····	(576)
四、生态农业区划模型·····	(578)
五、系统预测·····	(580)
六、最优规划模型·····	(581)
七、农业生态系统模型分析举例·····	(582)
第三节 数据库系统·····	(583)
一、数据库数据模型及数据库功能·····	(583)
二、生态农业基础数据库建设·····	(584)
三、生态农业常用指标计算方法库·····	(587)
四、农业生态数据库的维护与管理·····	(592)
第四节 专家系统·····	(593)
一、专家系统的结构·····	(594)
二、专家系统的分类·····	(595)
三、生态农业专家系统的设计实例·····	(596)
四、山西旱地农业信息系统的设计与实现·····	(598)

第一章 生态农业的概念及原理

农业是国民经济的基础,也是国民经济中一项基础产业。农业的生产实质上是在人类的有计划,有目的的作用下,利用生物(植物、动物、微生物)的特殊生物学性能,不断地与环境进行物质、能量交换;创造出人类生存所需要的各种农、林、畜产品,以满足人类生存与发展的需要。在漫长的人类历史长河中,人类在不断探索着,如何才能更有效地合理地最大限度利用资源,从自然界获得最多,最好的产品来保证和提高人类的生存生活质量和生活水平。

第一节 生态系统的概念、组成和结构

一、生态学及生态系统的概念

生态学(Ecology)是研究生物与外界环境之间相互关系的科学。生态学这一定义是由德国生物学家赫克尔(E. Haeckle),1866 首先提出:生态学的英文名称 Ecology,来源于希腊文的 oekologie,由 oikos 和 logos 两个词根构成,前者(oikos)的意思是住处与栖居地,后者(logos)表示科学,从字义表示出最初对生态学的认识,则是研究生物有机体与其栖居环境间相互关系的科学。随着人类对生态学不断探索和研究以及系统科学的渗透和应用,在不同阶段有着不同的认识。美国生态学家奥德姆(E. P. Odum 1976, 1983)的生态学定义是:“生态学是研究生态系统的结构和功能的科学”。我国著名生态学家马世骏认为“生态学是研究生命系统和环境系统相互关系的科学”。迄今,被生态学界广泛接受的生态学定义则为:“生态学是研究生物与环境之间相互关系的科学;其实质是研究生命系统与非生命系统之间的物质循环;能量流动和信息传递的规律与调控机制。”使生态学作为一门独立的科学走向新的阶段。

生态学的知识源远流长,它是人类在长期的生产实践中,不断总结人类生产活动与环境之间相互作用的产物和高度的理论概括。随着人类对自然界的不断地探索和深入研究,生态学依自然界的生物有机个体、种群、群落,生态系统乃至生物圈为研究对象,分别形成了:个体生态学(第一代生态学)、群体生态学(第二代生态学)、生态系统生态学(第三代生态学)和系统生态学(第四代生态学)。

种群(population):是指在一定地域中,同种个体组成的集合体。譬如:一个池塘中的全部草鱼、一片草原中的全部绵羊、一块农田中的全部小麦,或者一块农田中全部的玉米螟等,都可以看作是一个种群。群体生态学(Population ecology)则是以某一空间范围中的某一种群体为研究对象,研究该种群的大小、分布、结构、繁殖、演替与迁移,行为以及时间

和空间上的动态分布规律和调节机制的学科。群体生态学的形成对农业生产发展产生了深刻的影响。

生物群落(Biotic community):指生存于一定地区或环境内的多个生物种群的聚集,包括植物和动物,由多个相互依存,相互作用,不可分割的不同种群的有机结合,是生态系统的基本结构和功能单位。

生态系统(Ecosystem):是指一定区域中由多种大小、形态和生理特性不同的生物组成的生物群落与环境构成的相互作用,相互联系的有机整体。系统生态学就是以生态系统为研究对象;视有生命的生物群体(包括植物、动物、微生物和人类)与无生命的环境为一整体加以研究。研究这一整体内的物质与能量的循环、转化和交流。从而使生态学的发展推上一个新的台阶。

随着生态学的迅速发展和系统科学在生态学上的应用;生态学进入一个新的时代,即系统生态学。系统生态学是以系统科学理论为指导,采用系统分析的方法研究整个生态问题。这为农业科学的发展奠定了坚实的理论基础,也为农业科学生产的可持续发展提供有力的理论依据。因此,掌握和了解生态学的基本概念和理论,对于科学地指导农业生产,尤其是对发展生态农业有着极为重要的意义。

二、生态系统的组成与结构

(一)生态系统的组成

所谓生态系统,前已述及,但也可简写为如下表达式:

$$\text{生态系统} = \text{生物群落} + \text{环境}$$

生态系统的组成成分如下:

1. 无机环境 是在漫长的地理环境发生,发展,演替中形成的,其中各种因素为生物生存发展重要物质基础,可利用,更需要保护。

2. 生产者 亦称自养生物,主要指绿色植物,绿色植物利用自身光合作用的特殊功能,从外界环境中吸收 CO_2 、 H_2O 和营养物质,在太阳光的作用下,合成蛋白质、脂肪和碳水化合物等有机化合物,将太阳辐射能转变为化学潜能的形式,贮存在有机体(或有机物质)内,一方面供给本身的生长、发育的需要,另一方面也供给其它生物和人类食用或提供能源,它是自然界固定、转化太阳光为化学潜能的主力军和中流砥柱,因此也称为“初级生产者”。

3. 消费者 即异养生物,主要有动物,取食植物或其它动物。它在生态系统中的物质和能量转化中起着双重作用,既是消费者,也是生产者,以消耗初级生产产品形式,吸收营养物质和能量维持自身生长、发育和繁殖;在维持生态系统的平衡、稳定和物质能量循