

中国农业

生态工程的 理论与实践

卞有生 张凤廷 著



中国环境科学出版社

中国农业生态工程的 理论与实践

卞有生 张凤廷 著

中国环境科学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

中国农业生态工程的理论与实践/卞有生, 张凤廷著.
北京: 中国环境科学出版社, 1999.8

ISBN 7-80135-800-7

I. 中… II. ①卞… ②张… III. 农业科学: 生态学-中国 IV. SI81

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 11730 号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)

北京联华印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1999 年 8 月第 一 版 开本 850×1168 1/32

1999 年 8 月第一次印刷 印张 13 1/8

印数 1-1000 字数 350 千字

定价: 28.00 元



卞有生，男，江苏省镇江市人，1961年毕业于上海复旦大学。

卞有生同志是我国生态农业建设研究的主要创始人之一，先后主持完成研究课题40余项，18次获奖，特别是主持和领导的北京留民营生态村建设研究和胜利油田生态农场建设，分别荣获国家科技进步一等奖和二等奖成为我国生态农业建设的典范之一。留民营村首批荣获联合国“全球环境保护500佳”称号，并被命名为世界生态农业新村。卞有生同志先后出版《生态农业基础》、《留民营生态农业系统》、《生态农业技术》等专著15本，发表论文150余篇。

卞有生现为北京市环境保护科学研究院副总工程师、研究员、北京生态工程中心执行主席、北京市劳动模范、北京市有突出贡献的科学技术专家、国家有突出贡献的中青年专家。

责任编辑：刘大激

封面设计：郝 明

内 容 提 要

本书分上下两篇。上篇共四章，主要阐述了生态农业系统的基本原理。内容主要包括生态农业系统的特点、建设原则、主要技术类型及生态农业系统的评价指标体系和评价方法。下篇共七章，系统阐述了农业生态工程的理论及实践问题。内容包括农业生态工程建设规划的编制、数学模型的建立、农业生态工程中能量流、物质流、价值流、人工辅助能产投比的计算分析和研究方法，并以实例示范。最后介绍了10例我国不同规模、不同类型的农业生态工程成功的典型。

本书理论紧密结合实际。理论叙述系统、完整，实例典型生动。本书是作者20年来从事生态农业和农业生态工程建设研究的科学总结。

本书适合大专以上文化水平从事生态农业、农业环境保护和农业生态工程建设研究的科技工作者、领导干部阅读，亦可作为农业大专院校的教材和参考读物。

序

如何充分、合理地利用自然资源，持续、稳定地发展农业生产，同时又保护和改善农村生态环境，维护农业生态平衡，已成为我国当前农业发展、乡村建设和农村环境保护的重要问题。实践证明，传统农业解决不了这一问题，现代石油农业虽使农业的生物学产量大为提高，但也给农业环境带来不少的问题。

近 30 年来，国内外通过对“有机农业”、“生物动力学农业”等各种替代农业的研究比较后发现，只有生态农业，只有符合生态农业系统要求的乡村建设，才是农业发展和乡村建设的正确道路。走生态农业之路，已成为当今世界农业发展的趋势。我国政府十分重视生态农业的建设和发展，早在 1984 年 5 月，国务院发布的《国务院关于环境保护工作的决定》中明确指出：“各级环境保护部门要会同有关部门积极推广生态农业，防止农业环境的污染和破坏”。1985 年，国务院环委会转发了（85）国环字 006 号文《关于发展生态农业，加强农业生态环境保护工作的意见》，对生态农业在我国的试验、推广起到很大促进作用。特别是九十年代以后，以农业部为首七部委在全国开展的生态农业县试点建设和国家环保总局开展的生态示范区试点建设，更使生态农业在全国获得迅猛发展。

有些人把生态农业和国外推行的“有机农业”等同起来，也有人把它看成是封闭的、自给自足的古老农业的再现，都是不对的。生态学原理是研究包括人类在内的生物与环境相互关系的科

学,生态系统是近代生态学研究的前沿,而生态农业是以生态系统理论为依据而设计的、在实现农业现代化过程中保证农业持续发展的一种生产方式。因此,从这一角度看,生态农业是持续农业的基础。生态农业系统也决不是一个封闭的系统,它既有输出,也有输入,是输入和输出达到最佳平衡的高效、复合的人工生态系统。

伴随着生态农业的兴起,生态农业技术也随着发展起来。生态农业技术的最大特点是它的整体性和完整性,它是各种单科(单元)技术的装配和组合,其作用和意义已远不是单纯的为了增加农业的生物学产量,而是涉及到自然资源的合理利用、农业环境保护等问题,使农业的经济社会和生态效益更好地结合起来,因此生态农业技术也是一种资源利用技术、乡村环境保护和污染治理技术。

农业生态工程作为生态农业建设的重要措施和技术手段,在生态农业的建设和发展中具有十分重要的意义。

农业生态工程的实质是农业生物有机体在人工辅助和外来物质的参与下,运用生物共生、能量多级传递和物质循环再生的生态学原理,结合系统工程方法及现代技术手段,建立起来的农业资源高效综合利用的生产方式,是实现农业可持续发展的技术体系。因此,现代的农业生态工程,已不单单是植树、种草、兴修水利、小流域治理等等,而形成了物质、能量充分利用、多技术组合的复合人工生态系统。

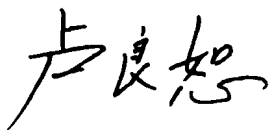
《中国农业生态工程的理论与实践》一书从这一角度出发,在介绍了生态农业(及生态农业系统)的基本原理后,系统阐述了农业生态工程的理论及实践问题,内容包括农业生态工程建设规划的编制、数学模型的建立、农业生态工程中能量流、物质流、价值流、人工辅助能产投比的计算分析和研究方法。每一理论问题的论述后均以实例示范,书的最后介绍了10例我国不同规模、不同类型的农业生态工程成功的典型。全书理论紧密结合实际,理论叙述系统、完整,实例典型、生动,是我国首次出版

对农业生态工程全面、系统论述的专著。相信此书问世，必将对我国农业生态工程的建设发展、生态农业的建设研究，起到一定的促进作用，并大大丰富我国农业生态学的研究内容，具有重要的理论和实践意义。

本书作者卞有生研究员二十年来一直从事生态农业和农业生态工程的理论研究和实践试验，具有扎实的理论基础和丰富的实践经验，取得多项在国内外有一定影响的研究成果，获得国家科技进步一等奖、二等奖等十余次奖励。这一新著的出版，体现了他不停地探索攀登的思想境界和努力进取精神。祝愿他取得更多更丰硕的成果。

最后，希望本书能引起各有关方面的关注，并希望读者指出不足之处，使我国农业生态工程更好、更快地发展。

中国工程院院士、主席团成员
中国农业及农村科学技术专家咨询委员会主任
中国农业科学研究院前院长

A handwritten signature in black ink, reading '卢良恕' (Lu Liangxi) from right to left.

1999年8月

目 录

上篇 生态农业系统的基本原理

第一章 生态农业的兴起及当前国内外发展状况	(1)
第一节 生态农业的兴起及其意义.....	(1)
第二节 当前国内外生态农业发展状况.....	(6)
第三节 生态农业与我国农业现代化.....	(14)
第二章 生态农业的基本原理	(20)
第一节 什么是生态农业系统.....	(20)
第二节 生态农业系统的基本特点.....	(25)
第三节 生态农业系统建设的基本原则.....	(30)
第四节 建设良好的生态农业系统.....	(34)
第三章 生态农业系统的主要技术类型及实用技术	(46)
第一节 生态学原理及其在生态农业中的应用.....	(46)
第二节 生态农业系统的主要技术类型.....	(50)
第三节 生态农业建设中的几种实用技术.....	(64)
第四章 生态农业系统生态经济评价指标体系及评价	
方法	(91)
第一节 生态经济评价的目的意义.....	(91)
第二节 当前国内外生态经济评价研究发展现状.....	(92)
第三节 农业生态系统生态经济评价的任务、内容	
与 方法	(95)
第四节 生态经济评价指标体系确定的原则.....	(101)
第五节 生态经济评价指标体系及评价方式的实际	
应用.....	(106)

下篇 农业生态工程的理论与实践

第五章 农业生态工程生态经济发展规划	(131)
第一节 生态经济规划及当前国内外研究发展状况.....	(131)
第二节 生态经济规划编制的指导思想和基本原则.....	(135)
第三节 生态经济规划编制的程序和方法.....	(138)
第四节 生态经济规划目标的确定.....	(143)
第五节 生态经济发展规划的结构框架.....	(150)
第六章 农业生态工程的数学模型	(157)
第一节 建立数学模型的目的及常用模型的类型 及选择.....	(157)
第二节 大型农业生态工程——胜利油田生态农场的 数学模型.....	(161)
第三节 中型(村级)农业生态工程——留民营农业 生态系统的数学模型.....	(175)
第四节 小型农业生态工程——庭院经济发展的数学 模型.....	(188)
第七章 农业生态工程中能量流的分析计算	(199)
第一节 农业生态工程中的能量.....	(199)
第二节 农业生态工程中的能量流动.....	(208)
第三节 农业生态工程中能量流及生态效率的分析 计算.....	(219)
第八章 农业生态工程中人工辅助能产投比的分析计算 ...	(245)
第一节 基本假设与计算方法.....	(246)
第二节 留民营农业生态工程系统人工辅助能产投比 的计算分析.....	(249)
第三节 胜利油田生态农场人工辅助能产投比的计算 分析.....	(259)
第四节 人工辅助能产投比计算分析中的几个问题.....	(270)
第九章 农业生态工程中物质流的计算分析	(274)

第一节	基本概念	(274)
第二节	农业生态工程中几种重要的物质循环	(281)
第三节	胜利油田生态农场物质流的计算分析	(291)
第十章	农业生态工程中价值流的计算分析	(319)
第一节	价值流研究分析方法	(320)
第二节	价值流流向与流量分析	(321)
第三节	价值流循环增值分析	(328)
第四节	管理环对价值流的控制	(336)
第十一章	我国农业生态工程典型实例	(341)
第一节	全球 500 佳、世界生态农业新村——北京市 大兴县留民营村	(341)
第二节	大型农业生态工程——胜利油田生态 农场	(354)
第三节	水陆生态系统的典型——珠江三角洲 的人工“基塘”生产方式	(366)
第四节	生态学原理的巧妙应用——辽宁省大洼 县西安生态养殖场	(370)
第五节	河北省景县董庄村农、林、草并举改造 盐碱地的生态工程	(376)
第六节	平原水网地区的农业生态工程——江苏省 吴县张庄村的良性循环模式	(379)
第七节	丘陵地带生态农业建设的典范——浙江 萧山县山一村	(384)
第八节	青海省香日德农场植树造林、防风固沙, 促进农业生态良性循环	(388)
第九节	贵州普定县蒙铺河开展小流域综合治理, 改善农业生态环境	(392)
第十节	建设生态工程, 实现生态恢复与重建的典型 ——辽宁盘山县的立体生态经济带	(400)

上篇 生态农业系统的基本原理

第一章 生态农业的兴起及当前 国内外发展状况

第一节 生态农业的兴起及其意义

20 世纪 70 年代初，美国的一些科学家，提出了一个口号：“保护每一头耕牛！”这个口号一提出，立即在世界上引起了普遍的反响。有人认为，像美国这样一个经济上高度发达、农业上已实现了机械化、电气化、化学化和水利化的典型现代农业国家，为什么提出这样的口号，是否要向传统农业倒退呢？一部分人则认为，这个口号很有战略眼光，又重新看到了美国农业的希望。但大多数人则对这一口号的提出不甚理解。

那么，美国为什么要提出这样的口号？它是在什么背景下提出的？其目的和意义又如何？要回答这些问题，还得从世界农业发展的历史及现状说起。

农业生产的根本目的，是生产出足够的粮食及其它副产品，

以满足人类不断增长的需要。这是一个关系到人类吃饭、穿衣的大问题。因此，农业问题理所当然地被世界各国所重视，成为经济生活中最活跃的一个部门。纵观一万年来农业发展的历史，从刀耕火种的原始农业发展到近代的传统农业，乃至现代的石油农业（又称能源农业），这种发展过程本身都是围绕着生产更多的粮食进行的。农业发展历史上的任何一次变革，特别是被称为三次革命的技术进步——杂交玉米的成功、农药的使用、石油农业的兴起等，也都是为了生产更多的粮食。其中又以石油农业的兴起和发展影响最为深刻。

所谓石油农业，是指农业对能源的利用和消耗来讲的，其实质是用高能量来换取高产量。捷克曾对农业发展与能源的关系做过一项为期 10 年的试验。结果表明，农产品每增加 1%，农用能源的消耗就要增加 2.5%。石油农业的一个基本思想，就是最大限度地向农业投入能量，以获取最高的农业产量。例如美国近 40 年来，投入农业的能源增长了近 80 倍。目前美国的农业，1 年要消耗 6000 万吨以上的石油，800 万吨钢材，16 万吨橡胶。这种高能量的投入，刺激了农业的迅猛发展，取得了一定的积极结果，使农业劳动生产率、土地生产率和农产品的商品率大大提高。若以每个劳动力能养活的人数计，美国为 56 人，加拿大 44 人，澳大利亚 39 人，法国 26 人，日本 17 人。

尽管如此，由于农业上高能量的投入，石油农业的发展带来了一系列的严重后果：

(1) 以石油为原料的化肥、农药的大量使用，加之耕作、灌溉、加工、运输都需要石油，因而严重地加剧了能源危机。例如目前美国的玉米生产，每公顷需要消耗石油 760 升。每生产 4.2 千焦能量的水果和蔬菜，则需投入 8.4 千焦的石油能源。每生产 4.2 焦的动物蛋白需投入 84~336 焦的石油能源。因此，绝大多数国家都不可能按照石油农业的方式去发展农业生产。

(2) 大量采用机械操作，加剧了自然生态的破坏。美国从 30 年代开始用机械化取代畜力耕种，中西部地区的农民无计划

地将大量草原垦为农田，造成土地裸露，风蚀加剧，地貌、土壤严重恶化。大自然的惩罚也接踵而至。1934年5月11日，在伊利诺斯、马里兰、北卡罗来纳等州刮起了巨大的黑风暴。据测定，大气的含尘量每平方公里达40吨。事后调查表明，这场风暴从土地破坏的西部干旱地区刮起，狂风连刮3天，越过美国3/5的国土，毁掉耕地300万公顷。同年7月20日，在堪萨斯、得克萨斯等州，又一次刮起了巨大的黑风暴。这一年全美国冬小麦减产51亿公斤。

由于石油农业忽视了有机肥料及覆盖物的作用，造成了严重的风蚀和水蚀，破坏了大量的农田。40年来，美国有8000万公顷农田因土壤流失遭到不同程度的破坏。

(3) 大量使用化肥和农药，不仅造成了能源的紧张，而且也造成了严重的环境污染。目前美国化肥的用量是1950年的10倍，在玉米生产中平均每公顷用氮肥128公斤（纯氮）、磷肥72公斤（ P_2O_5 ）、钾肥80公斤（ K_2O ）。农药的用量每年则达到5.44亿公斤，据估计到本世纪末，年用量将达10亿公斤。农药的大量使用，使害虫产生了抗药能力，目前美国已有364种害虫对60多种农药产生了抗药性。而在所使用的农药中，有90%进入农田生态系统（化肥有70%进入农田生态系统），造成严重的污染。据美国国家环境保护局的统计，每年由于暴雨径流从陆地带入河流的沉积物数量约30亿吨，其中25%来自农业土壤。这些沉积物中含有大量的氮、磷和钾，不仅造成了土壤肥力的下降，而且引起严重的水污染。这些问题的出现，使美国农业的进一步发展受到严重阻碍。

除美国外，其它一些石油农业国家，也不同程度地碰到了这些问题，迫使人们不得不去寻找新的农业发展道路。

在能源危机、物价上涨、环境污染、生态平衡破坏和失业人口增加的压力下，西方国家的经济学家们已意识到要重新考虑今后农业发展的技术政策。1975年《美国农业研究计划书》比较明显地反映了美国农业在环境和能源压力面前的新变化。该计划

书指出：“改造农业技术是世界大幅度提高粮食产量的唯一途径。重点应放在提高可更新资源的产品产量上，增加可更新资源对食物、饲料和工业的生产力，应成为国家的首要任务。农业研究上要求投入不可更新的资源最少，而获得的产量最多。”日本科学家也提出了要改变偏重于“无机农业”的做法，而转向“有机农业”的发展。德国学者明确提出“机械技术现代化”必须与“生物技术现代化”同时并进，并使之很好地结合。

在发展中国家，尽管农业的发展并未走石油农业的道路，但也在不同程度上受到石油农业的影响，单纯为了追求农业产量（其中又主要是粮食产量），而片面地向农业进行高能量的输入，盲目地推行机械化，大量使用化肥和农药，由此造成的问题也相当严重。资源的超量开采与不合理应用，生态平衡的破坏，生态状况的恶化，环境污染等均达到十分严重的程度，已成为农业发展的障碍。

我国是世界农业起源中心之一，有着长期的有机农业的基础。几千年来，我国各民族人民创造了光辉灿烂的古代农业科学技术，给人类留下了一笔宝贵的财富。但是，现代农业兴起以后，我们落后了。农业发展速度不快，劳动生产率不高，和四化建设对农业的要求差得很远。特别是由于长期以来我们对于生态环境、对于农业生态平衡问题认识不足，在一定程度上受到西方石油农业的影响，片面追求高能量的投入，没有正确处理好发展生产和保护生态环境，开发利用资源和保护增殖资源之间的关系，造成违背生态规律，片面追求农业产量，用单一的粮食生产结构去代替多层次和复杂结构的农业系统。在人口不断增长和耕地不断减少的情况下，往往是盲目提高复种指数，毁林毁草开荒，围湖围海造田，结果造成了生态平衡的破坏，生态状况日益恶化，土地沙化，水土流失严重，自然灾害频繁，农村能源严重不足，土壤有机质及营养元素含量大幅度下降等。其结果不仅造成农业发展速度缓慢，而且给农业的进一步发展带来极大困难。

40多年来，我们在这个问题上的教训是极为深刻的。我国

是农业国，80%的人口居住于农村，如何充分、合理地利用自然资源，在保护环境的同时发展农业生产，不但是当前农村经济发展的问題，也是我国农业现代化、实现农业可持续发展的大问题。因此，农业发展战略的研究，已成为我们这样一个人口众多的国家的一个急待解决的重要问题。

由此可见，无论是发达国家或是发展中国家，都面临着这样一个问题，即如何充分合理地利用自然资源，稳定、持续地发展农业，同时又保护环境和农业生态平衡。实践证明，传统的有机农业解决不了这一问题，石油农业会使问题变得更加严重。那么，什么是农业发展的正确道路呢？正是在这种情况下，提出了“生态农业”的概念和设想。

所谓生态农业，就是以生态学理论为依据，在某一定的区域内，因地制宜地规划、组织和进行农业生产。我们也可以说，生态农业就是要按照生态学原理，建立和管理一个生态上自我维持的低输入、经济上可行的农业生产系统，该系统能在长时间内不对其周围环境造成明显改变的情况下具有最大的生产力。生态农业以保持和改善该系统内的生态动态平衡为总体规划的主导思想，合理地安排生产结构和产品布局，努力提高太阳能的固定率和利用率，促进物质在系统内部的循环利用和多次重复利用，以尽可能减少燃料、肥料、饲料和其它原材料输入，以求得尽可能多的农、林、牧、副、渔产品及其加工制品的输出。从而获得生产发展、生态环境保护、能源的再生利用、经济效益四者统一的综合性效果。

可见，生态农业不仅可以避免石油农业所带来的一切弊病，而且可以有效地发展农业生产，充分、合理地利用自然资源，提高农业生产力，使农、林、牧、副、渔得到全面的发展。生态农业基地不仅是能量转化效率较高的农业生产场所，而且能起到维护自然生态平衡、保护环境、净化污染、提高氧气库的作用，提高生物能的利用效率和物质循环利用的效率，以创建一个优美、舒适、文明和高功能的生存环境，实现社会、经济的可持续发

展。因此,生态农业的概念和理论得到世界上越来越多的国家的重视。美国提出的“保护每一头耕牛”的口号正是这一发展趋势的形象说明。它表明,不但是发展中国家,即使像美国这样的典型石油农业国家,对生态农业的认识和理解也在不断加深。走生态农业之路,是当今世界农业发展的总趋势。普遍认为,世界农业的发展已进入了一个新的历史阶段,即生态农业阶段。

第二节 当前国内外生态农业发展状况

一、国外生态农业发展状况

1. 美国及西欧各国

由于生态农业不仅可以充分合理地利用自然资源,有效地提高农业生产力,而且可以保护农业生态环境,促进良性循环的形成,避免石油农业的弊病。所以生态农业的概念和原理一提出,立即得到广泛的重视和响应。一些发达国家纷纷开始了有关生态农业的理论研究和实践试验。到目前为止,西欧和美国大约1%左右的农民在从事生态农业的实践。在美国已有两万多个生态农场遍布全国各地,在实践中所采用的技术措施主要是:

(1) 应用现代农业机械,作物新品种,现代的良好牲畜饲养及管理方法,水土保持技术以及先进的有机废物和作物秸秆的利用技术。

(2) 完全不用或极少使用化肥、化学农药、生长调节剂和饲料添加剂等化学物质。

(3) 采用豆科绿肥和覆盖作物为基础的轮作,通常豆科作物占总面积的30%~50%,轮作形式与30年代到50年代的轮作制相似。

(4) 绝大多数生态农场不用有壁犁耕作,通常使用齿形或圆盘形装置浅耕,只是将土壤混合一下,但不把土壤翻转过来。

(5) 采用梯田、带状或等高作业等方式保持土壤免受侵蚀。