

环境工程治理技术丛书

生态农业技术

国家环境保护局 科技标准司 编
环境工程科技协调委员会

中国环境科学出版社



环境工程治理技术丛书

生态农业技术

国家环境保护局 科技标准司 主持
环境工程科技协调委员会

中国环境科学出版社

1992

(京) 新登字 089 号

内 容 简 介

本书简要、系统地介绍了生态学原理在生态农业中的应用及生态农业的基本原理,并在此基础上较全面地介绍了当前我国生态农业建设的主要技术类型以及有关的一些实用技术,同时介绍了一些不同地区、不同类型的生态农业建设典型。

本书适合具有高中以上文化水平、从事有关生态农业建设、研究、乡村环境保护的科技人员,有关领导和农业大中院校的师生阅读。

环境工程治理技术丛书

生态农业技术

国家环境保护局 科技标准司 主持
环境工程科技协调委员会

卞有生 著

沈光范 黄文国 审校

责任编辑 陈菁华

*

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

三河县宏达印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

1992年8月 第 一 版 开本 787×1092 1/32

1992年8月 第一次印刷 印张 6 1/4

印数 1—4 000 字数 138千字

ISBN7-80093-166-8/X·612

定价, 3.90元

序

解决我国的环境问题，一靠政策，二靠管理，三靠科学技术。在政策上，我国已把环境保护列为一项基本国策并制定了一系列方针政策；在管理上，我们不断总结经验，加强制度建设，强化监督管理，正在建立环境保护工作的新秩序；在科学技术上，关键是要抓好两头，一头是集中财力物力和人力，围绕解决经济建设和社会发展中迫切需要解决的环境问题的关键性技术课题，认真开展科研攻关；另一头是大力开发和普遍推广效益好、见效快、适用性强的治理污染的技术成果，提高广大环境保护工作人员的业务水平和技术素质，帮助广大企业包括乡镇企业加速实现环境保护的技术进步。这是密切科技和生产的结合，迅速提高我国防治污染水平的重要途径。

十多年来，我国各科研院所、高等院校、设计单位以及工业地区的专业部门在污染防治、环境工程技术等方面取得了许多科技成果，积累了不少经验。把这些科技成果和经验加以归纳总结使多数人掌握，可以避免环保科研工作在一水平上的重复劳动。把国内科技研究同引进先进技术有效地结合起来，有利于加速对引进技术的消化、吸收和创新。

鉴于科学技术的重要性和交流、总结经验的迫切性，国家环境保护局科技司和国家环境保护局环境工程协调委员会组织编写了这套《环境工程治理技术丛书》，在编写的体例上既不同于一般的科研成果报告，又不同于一般的教科书，而

是突出应用性和经验的总结。

本套丛书的编辑委员会承担了组织选题、编写和审稿等具体工作。丛书的内容有单元技术和设备、处理工艺技术和环境污染区域综合防治；废水、废气、废渣的处理与利用和环境影响评价等。在治理技术的编写中，一般包括国内外的技术进展，工艺技术的特点和原理，设计计算和实例介绍与分析，其中有的还包括作者对一些技术问题的讨论和看法。承担编写和审稿的同志大都是多年在第一线上从事这方面工作的专家。本套丛书共几十本，计划分批付印出版。

虽然我们力图使本套丛书深入浅出，图文并茂，具有科学性、实用性和先进性，但由于篇幅所限，每个问题的论述不可能面面俱到，加之从编写到编辑出版时间较紧，而科学技术本身又在不断发展，所以丛书中的缺点和错误在所难免，希望得到读者批评指正。

张崇华

1990年4月

前 言

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，现代石油农业只会使问题变得更加严重。

近年来，国内外通过对“有机农业”、“生物动力学农业”、“石油农业”和“生态农业”的研究比较后发现，只有生态农业，只有进行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总趋势。

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式的、自给自足性质的古老农业的再现，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农业生产方式。作为一种科学、先进的生产方式，要完成高效能的管理—生产—加工—运销这个物质循环体系，必须依靠近代科学技术成就，因此生态农业并不反对施用化肥、农药和机械耕作，但坚持尽可能少用，主张科学施肥，提倡病虫害的生物综合防治。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动态平衡的高效、复合的人工生态系统。

伴随着生态农业的出现，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（或单元）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，而且涉及到自然资源的合理利用、农业环境保护等问题，因此，从一定的角度讲，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。

本书从这一角度出发，在简要阐述生态农业基本原理的基础上，系统、全面介绍了当前我国生态农业的十大技术类型，以及一些常用技术，同时介绍了我国不同地区、不同类型的一些生态农业建设典型。作者希望，通过这本书能使读者对生态农业这门新兴学科，对生态农业技术以及我国当前的发展概况有所了解。

由于作者水平及篇幅所限，本书尚不能全面反映我国生态农业建设研究迅速发展过程中所取得的理论成果和涌现出的典型事例，书中也还会有不足甚至错误之处，敬请读者批评指正。

作 者

1990年8月20日

目 录

前言	(vii)
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	(1)
第二节 当前国内外生态农业发展状况	(6)
第二章 生态农业的基本原理	(15)
第一节 什么是生态农业系统	(15)
第二节 生态农业系统的基本特点	(20)
第三节 生态农业系统建设的原则	(25)
第四节 生态农业系统中的能量流动	(28)
第五节 生态农业系统中的物质循环	(38)
第六节 分析生态农业系统的方法论	(61)
第三章 生态农业系统的主要技术类型及几种实用 技术	(70)
第一节 生态学原理及其在生态农业中的应用	(70)
第二节 生态农业系统的主要技术类型	(75)
第三节 生态农业建设中的几种实用技术	(91)
第四章 我国生态农业建设典型实例	(119)
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	(119)
第二节 水陆生态系统的典型——珠江三角洲的人工“基塘” 生产方式	(132)
第三节 河北省景县董庄村农、林、草并举改造盐碱地的生 态工程	(136)
第四节 丘陵地带生态农业建设的典范——浙江萧山县山一	

村.....	(140)
第五节 平原水网地区如何进行生态农业建设——江苏省吴 县张庄村的良性循环模式.....	(144)
第六节 海南省的林—胶—茶人工生态系统.....	(149)
第七节 兴建林场改善生态环境，促进农业生产的湖北省武 汉市宝丰村.....	(152)
第八节 生态学原理的巧妙应用——辽宁省大洼县西安生态 养殖场.....	(157)
第九节 青海省香日德农场植树造林，防风固沙，促进农业 生产良性循环.....	(164)
第十节 黄土高原生态农业建设的好途径——介绍草地农业 生态户.....	(168)
第五章 积极开展生态农业的建设研究，加速 实现我 国的农业现代化	(174)
第一节 我国生态农业建设的特点和当前存在的问题.....	(174)
第二节 如何进行生态农业建设.....	(178)
第三节 积极开展生态农业的建设与研究，加速实现我国的 农业现代化.....	(182)
参考文献.....	(186)

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

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t以上的石油，80%

万t钢材, 16万t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, 西德49人, 加拿大44人, 澳大利亚39人, 法国26人, 日本17人。

尽管如此, 石油农业的发展, 由于农业上高能量的投入, 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760L。每生产4.2KJ能量的水果和蔬菜则需投入8.4KJ的石油能源。生产每4.2J的动物蛋白需投入84~336J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40t。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3d, 越过美国3/5的国土, 毁掉耕地4500万亩。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12亿亩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128kg（纯氮）、磷肥72kg（ P_2O_5 ）、钾肥80kg（ K_2O ）。农药的用量每年则达到5.44亿kg，据估计到本世纪末，年用量将达10亿kg。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t，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，资本主义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。西德学者明确提出“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，我国各民族在艰苦卓绝地和大自然的斗争中，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。

30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，因此农业生态环境的保护，对我国具有特殊重要的意义。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村生态平衡。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范的主导思想，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、鱼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。当前生态农业的概念和理论已得到世界上越来越多的国家的重视。不仅发展中国家，即使典型的石油农业国家，对生态农业的认识和理解也在不断加深。走生态农业的道路，是当今世界农业发展的总趋势，所以不少人士认为，世界农业的发展已进入了一个新的发展阶段，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

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，而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、现代的良好牲畜管理方法和水土保持技术以及先进的有机废物和作物秸秆的管理技术。

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，通常使用凿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。

6. 氮素营养主要来源于豆科固氮、牲畜粪便和作物秸秆，只是对特别需氮的作物有限度地用一点化肥。

7. 农田杂草主要通过轮作、耕作和中耕除草来控制，极少用除草剂。

8. 病虫害主要通过轮作和保护天敌控制。

显然，这些具体作法就其单独而言并没有什么独特之处，有些是目前常规农业也在广泛采用的，有些是过去传统农业中使用的而现代的常规农业已不再使用了，但从特定的目的和指导思想出发将这些实践有机地配合起来，就形成了既不同于传统农业也不同于现代常规农业的生态农业（或生物农业、有机农业）。

在有关的理论研究方面，在美国比较著名的有宾夕法尼亚州的罗代尔研究中心，这个研究中心正式成立于1974年，但早在30年代，该中心的创始人J. I. Rodele即已开始了生态农业的实践和研究。此外在美国还有新英格兰小农场研究所（New England Small Farm Institute）、马萨诸塞州的新炼金术研究所（New Alchemy Institute）、新罕布什尔州的农村教育中心（Rural Education Center）、内布拉斯加州的小农场能量计划（Small Farm Energy Project）以及华盛顿州的耕作研究农场（Tilth Research Farm）。在美国许多州立大学中还有不同规模的有关生态农业或有机农业方面的研究计划或组织，其中比较有影响的是加利福尼亚大学设在圣克鲁兹岛上的第八分校，即环境和社会学院（College of Environment and Society）由 S. R. Gliessman 教授所领导的农业生态计划，研究工作的重点包括各种不同类型的替代农业的营养循环、杂草和病虫害的生物控制和复种（multiple cropping）等。佐治亚大学生态研究所 Odum 教授也领导着一个农业生态研究计划。

英国是研究生态农业最早的国家之一，早在1975年成立

了国际生物农业研究所，专门研究生态农业和生物农业的问题。在理论研究和实践试验方面均取得不少成果，特别是在实践试验方面，建立了很多不同规模、不同类型的生态农场，并出版了一些专门的学术期刊和文集。

发达国家在生态农业的研究方面，开展了很多工作，但从内容看，不外乎是围绕着农田营养问题和病虫及杂草控制这两大方面，因为这两方面是生态农业成功与否的关键所在。如前所述，现代常规农业是依靠化肥和农药来解决这两个问题，而常规农业所出现的许多弊病是与使用大量化肥和化学农药相联系的。生态农业自然要不用或尽可能少用这些化学物质，但又必须能维持一个相当高的产量，就必须将这两个问题放在首位来加以研究以找出解决办法。为此科学家们特别将注意力放在对轮作和间、复、套种以及耕作技术的研究上。这些技术是传统农业普遍采用的技术，具有解决农田的营养和控制杂草及病虫害的综合效果，尽管多年来对这些技术已作过很多研究，但从建立现代的生态农业系统出发，结合生态学的一些基本原理的研究就显得很不够，因此就不可能从生态学角度对这些技术作出全面的估价。对过去长期以来各地区的传统农业中行之有效的这一类技术进行重新研究和重新认识的工作已越来越受到科学家们的重视，并以此为基础进一步探讨新措施。显然，在这些研究当中，现代生态学的基本概念和原理如种群数量统计分析、等级结构、生态位、生物地理学原理、种群竞争、互惠共生、它感作用、优势、多样性、稳定性、生产力、物质循环和能量流动等都将是上述研究的基础。

几乎与此同时，发展中国家也开始了生态农业的理论研究和实践试验。其中特别是东南亚地区，70年代末期以来，