

“十一五”国家重点图书

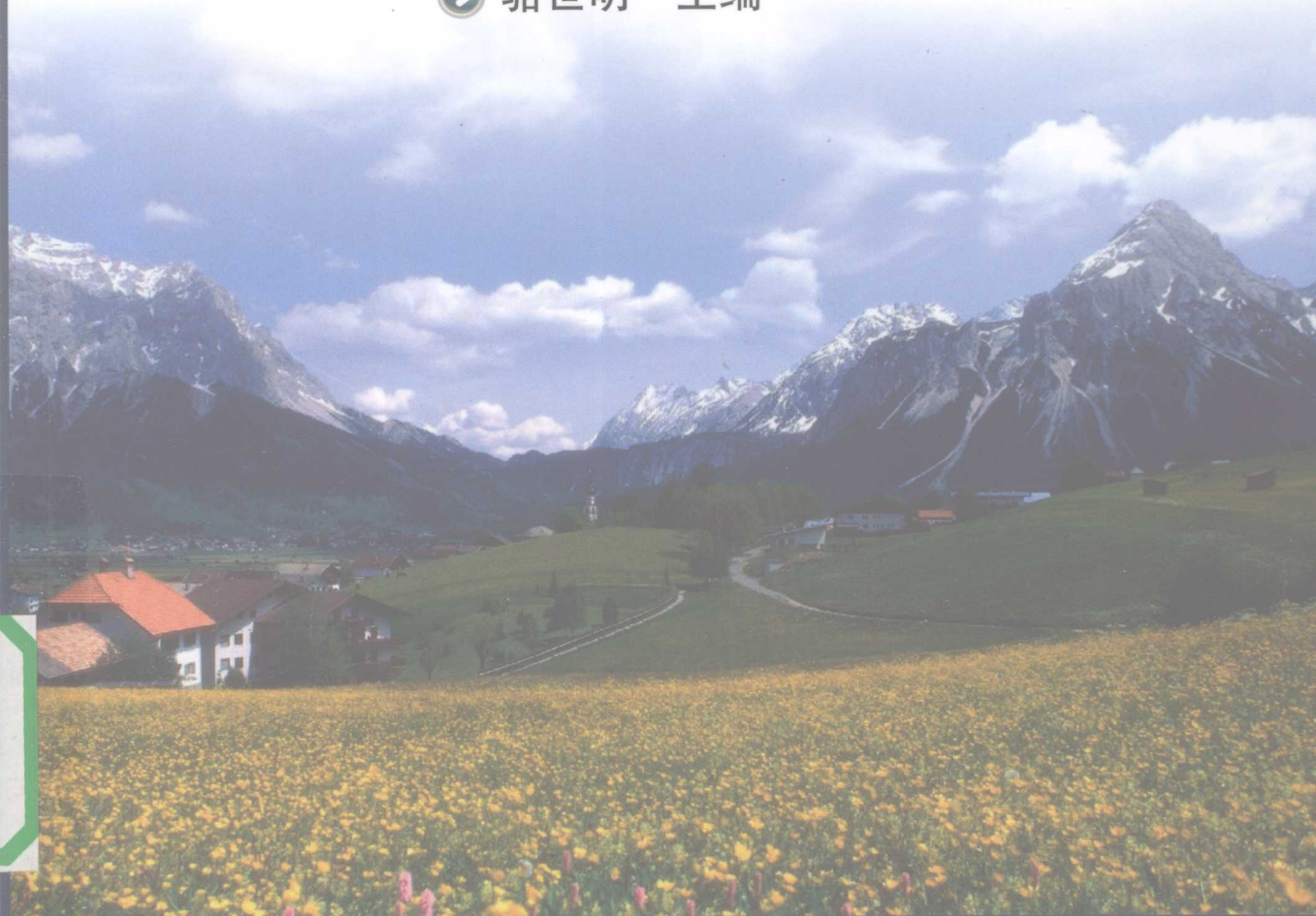
生态农业与农业生态丛书

生态农业

的模式与技术

SHENGTAI NONGYE DE MOSHI YU JISHU

◎ 骆世明 主编



化学工业出版社

本书是《生态农业与农业生态丛书》之一。全书共分十三章，主要介绍了生态农业道路的必然性、生态农业建设的基本原理和方法体系、生态农业模式（一元产业模式、二元产业模式、多元产业模式、克服逆境模式）、生态农业技术（节水节能技术、废弃物利用技术、营养供给技术、病虫害控制技术）、生态农业的流域模式布局和生态农业的管理等内容，具有较强的实用性和参考价值。

本书可作为农业、生态领域研究人员、技术推广人员和管理人员的参考用书，也可作为高等院校农业、生态与环境等相关专业师生的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

生态农业的模式与技术/骆世明主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 2

(生态农业与农业生态丛书)

ISBN 978-7-122-04683-3

I. 生… II. 骆… III. 生态农业 IV. S-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 009315 号

责任编辑: 刘兴春

文字编辑: 荣世芳

责任校对: 吴 静

装帧设计: 周 遥

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 463 千字 2009 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 56.00 元

版权所有 违者必究

前 言

从中国学者们开始提倡生态农业到现在已经有约三十年历史了。假如说当初提出生态农业建设是一种深思和远虑，那么现在开展生态农业建设可以说是十分现实和紧迫了。在农业对于资源、环境和生态的压力逐渐明朗，重大农业生态环境事件时有发生背景下，2008年10月12日发表的《中共中央关于推进农村改革发展若干重大问题的决定》提出“促进农村可持续发展。按照建设生态文明的要求，发展节约型农业、循环农业、生态农业，加强生态环境保护。”“发展现代农业，必须按照高产、优质、高效、生态、安全的要求。”该决议在确立农业和农村发展目标的时候非常清晰地提出在2020年“资源节约型、环境友好型农业生产体系基本形成。”这些提法都是前所未有的，表明国家领导层已经非常清楚地认识到农业必须兼顾其社会效益、经济效益和生态环境效益，而且计划出台一系列的“健全农业生态环境补偿制度，形成有利于保护耕地、水域、森林、草原、湿地等自然资源和农业物种资源的激励机制。”

在解决了是否需要建设生态农业的问题之后，如何建设生态农业将是我们行动起来的时候急需回答的问题。我们这本书希望能够给那些准备这样做的各地领导、专家、技术人员和农民提供一些有益的启示和指引。

本书在内容安排上首先介绍基本原理和方法，然后介绍生态农业模式，接着介绍生态农业技术体系，最后谈生态农业的管理。在本书的第一章对于生态农业道路的必然性进行了论述之后，第二章系统介绍了生态农业建设的基本原理和方法体系。大农业可以分为农、林、牧、副、渔等产业。为了应用的方便，我们先把生态农业的模式按照农业内单一产业构成的模式、两个产业结合构成的模式和多个产业构成的模式分别在第三章、第四章、第五章给予介绍，然后在第六章介绍了克服风沙、盐碱、水土流失等逆境的生态农业模式。在生态农业技术方面，按照节水节能技术、废弃物利用技术、营养供给技术、病虫害控制技术的顺序，分别在第七章、第八章、第九章、第十章给予介绍。第十一章是对于生态农业模式与技术流域和区域上的一个综合，分别按照华南、西北、西南、东北、华北、长江中下游介绍了一些典型模式。由于生态农业在我国起步于农业还是分散经营的小农经济年代，在不少人的眼里，把生态农业与小农经济挂钩，与传统经验挂钩。这个印象不全面，实际上生态农业更与大生产挂钩，与现代科技挂钩。农业生产规模化是增加农业对科学技术、经营管理、社会需求、生态环境敏感度的重要因素，生态农业必然要适应社会大生产的变革，逐步走向规模经营的道路。在第十二章，通过分析一些成功的典型案例，向读者介绍这方面的经验。第十三章着重介绍了政府在生态农业建设中的管理功能。在本书中，为了使比较复杂的模式和技术能够更好地被读者直观理解和运用，我们特意加入了比较多的插图。对于想更加详细了解其中一些细节的读者，我们还在每章的后面附了主要的参考文献。

本书的编写人员及分工如下：骆世明编写第一章、第二章，蔡昆争编写第三章，张卫建、陈长青编写第四章，章家恩编写第五章，李凤民编写第六章、第七章，黎华寿、吴银宝和申时立编写第八章，林文雄和陈冬梅编写第九章、第十章，黎华寿编写第十一章，王建武编写第十二章，陈雨海和周勋波编写第十三章。全书由骆世明进行统稿，并对插图进行修改和比较多的补充。

本书编写人员来自全国各地。从事生态农业和农业生态学的教学、科研和实践的时间较

长，希望通过团队的互补和集体努力，使本书能够为更加广泛的读者服务。然而，限于时间和水平，疏漏之处在所难免，希望读者能够提出宝贵的意见和建议，一起为生态农业的发展做出贡献！

本书包括了国家支撑计划“珠江三角洲集约化农田循环高效生产技术集成研究与示范(2007BAD89B14)”和广东省科技计划项目“珠江三角洲农田资源循环模式与规模化配置技术研究(2008A020100011)”的部分研究成果，并得到教育部“农业生态学教学团队”培育项目的支持。

编者

2009年1月

目 录

第一章 中国农业的发展道路	1
第一节 世界农业发展的历史和趋势	1
一、农业起源与生态环境的关系	1
二、传统农业的发展与农业文明	2
三、农业的工业化及其危机	3
四、发达国家对农业未来发展的探索	5
第二节 中国农业的发展和未来的选择	5
一、中国传统农业的宝贵遗产	6
二、中国农业发展方向的探讨	8
第三节 中国生态农业的发展	10
一、生态农业的构思和初步探索阶段	11
二、形成共识和扩大试点阶段	11
三、深入思索和迎接挑战阶段	12
参考文献	12
第二章 生态农业总论	14
第一节 农业生态系统	14
一、农业生态系统的结构	14
二、农业生态系统的功能	16
三、农业生态系统的调节控制	19
第二节 生态农业建设	21
一、区域生态规划	22
二、循环体系设计	23
三、生物多样性和资源节约型技术	24
第三节 生态农业依据的原理	25
一、生物与生态环境关系的原理	25
二、生物种群之间相互关联的原理	26
三、生态系统的能物流原理	27
四、经济和生态经济原理	28
第四节 生态农业模式与技术的设计与选用	31
一、生态农业模式的类型	31
二、生态农业模式的设计	33
三、生态农业技术体系	34
参考文献	38

第三章 一元产业构成的生态农业模式	39
第一节 单一种植业生态模式	39
一、种植业生态模式的设计原则	39
二、作物间作	40
三、作物套作	42
四、作物轮作	44
第二节 养殖业为主的生态模式	46
一、分层立体养殖	46
二、畜禽综合养殖模式	46
三、动物的轮养、套养	46
四、牛-鸡-猪-鱼循环模式	47
五、在养殖业内部进行合理的循环	47
第三节 林业生态模式	48
一、混交林	48
二、乔灌草相结合的模式	48
三、林药间作	48
第四节 渔业生态模式	49
一、鱼的分层放养	49
二、鱼的轮养、套养	49
三、鱼蚌混养	50
四、鱼鳗混养	50
参考文献	50
第四章 二元产业构成的生态农业模式	51
第一节 二元产业构成生态农业模式的内涵与意义	51
一、农牧结合及其重要性	51
二、农林复合及其重要性	52
三、渔牧结合模式	53
第二节 农牧结合的典型模式	54
一、稻鹅结合模式	54
二、稻鸭共作模式	56
三、稻鱼共作模式	59
第三节 农林复合典型模式	65
一、桐农复合模式	65
二、杨农复合模式	68
三、胶农复合模式	70
第四节 渔牧结合模式	73
一、渔牧结合模式概述	73

二、渔牧综合经营模式	74
参考文献	74
第五章 多元产业构成的生态农业模式	75
第一节 多元产业构成的生态农业模式概述	75
一、多元产业生态农业模式的理论基础	75
二、多元产业生态农业的基本类型	75
第二节 多元产业复合生态农业模式的结构与功能	76
一、农林牧复合生态模式	76
二、林农渔复合生态农业模式	78
三、农牧渔复合生态农业模式	79
四、林牧渔复合生态农业模式	83
五、以沼气为纽带的复合产业生态模式	84
六、以腐生食物链为纽带的多元产业生态模式	85
七、以农副产品加工为纽带的多元产业生态模式	88
八、以生态旅游为纽带的多元产业生态模式	89
九、综合案例——北京蟹岛都市循环农业模式	91
参考文献	92
第六章 克服逆境的生态农业模式	93
第一节 水土流失防治的生态农业模式	93
一、基本原理	93
二、南方地区水土流失防治生态农业模式	94
三、华北山地水土流失防治生态农业模式	96
四、黄土高原水土保持型生态农业模式	98
五、黄土高原集水型生态农业模式	99
第二节 风沙防治生态农业模式	101
一、北方农牧交错带风沙防治生态农业模式	102
二、北方干旱区绿洲风沙防治生态农业模式	103
第三节 盐碱地治理模式	105
一、西北内陆干旱区绿洲农业盐碱地治理生态农业模式	106
二、华北与黄河三角洲盐碱地治理生态农业模式	108
三、东北盐碱地治理生态农业模式	110
参考文献	112
第七章 生态农业节水、节能技术体系	113
第一节 地膜覆盖技术	113
一、基本背景和原理	113
二、平铺地膜覆盖技术	114
三、沟垄地膜覆盖集水技术	115

第二节 节水灌溉技术体系	117
一、分区交替灌溉	117
二、冬小麦非充分灌溉节水	119
三、新疆棉花膜下滴灌技术	120
第三节 秸秆覆盖与保护性耕作技术体系	122
一、新疆保护性耕作模式	123
二、北京郊区春玉米保护性耕作	124
第四节 日光温室节水、节能技术体系	126
一、简易保护地栽培	127
二、西北阴阳日光温室	129
参考文献	131
第八章 生态农业的废弃物处理利用技术体系	132
第一节 农村生活污水生态处理技术	132
一、农村生活污水污染现状和污水处理的策略	132
二、农村生活污水处理与再利用技术	133
第二节 畜禽废弃物的资源化利用技术	143
一、畜牧业粪便的资源化利用技术	144
二、畜牧业污水的处理技术	156
第三节 农林牧业废弃物能源工程技术	159
一、沼气厌氧发酵及其残余物利用技术	160
二、生物质气化利用技术	165
第四节 秸秆的综合利用技术	166
一、秸秆热解气化工程技术	166
二、秸秆还田养地技术	166
三、秸秆作为食用菌培养基质技术	167
四、作物秸秆的饲料转化技术	167
第五节 固体废物及有机废弃物的利用	168
一、控制固体废物污染的技术政策	168
二、生物源有机废弃物的综合利用	169
三、生活垃圾处理	169
参考文献	171
第九章 生态农业的营养供给技术体系	174
第一节 植物生产的营养供给技术体系	174
一、中国植物养分资源的概况	174
二、生态农业中养分高效利用和控制原则	175
三、生态农业建设中的养分高效利用技术	176
第二节 动物生产的营养供给技术体系	183

一、中国饲料资源的概况	183
二、生态农业建设中的饲料资源配方设计原则	184
三、提高饲料转化效率技术	185
四、饲料加工工艺中饲料加工设备或加工过程管理	189
五、减少动物生产对环境污染的技术体系	190
第三节 健康食品的养分供应技术体系	192
一、健康食品的概念与范围	192
二、健康食品养分供应的技术体系	193
参考文献	194
第十章 生态农业的病虫害控制技术体系	196
第一节 植物生产的病虫害控制技术体系	196
一、生态农业的作物生产病虫害防治原理	196
二、生态农业的作物病虫害防治技术	197
第二节 动物养殖的疾病控制技术体系	203
一、生态农业的动物养殖疾病防治原理	203
二、生态农业的动物养殖病虫害防治技术	204
第三节 健康食品生产体系的病虫害防治技术	207
一、无公害食品生产的病虫害防治技术	207
二、绿色食品生产的病虫害防治技术	207
三、有机食品生产的病虫害防治技术	208
四、健康食品生产体系控制病虫害的典型范例——AA级绿色食品大米 生产病虫害防治技术	208
参考文献	209
第十一章 生态农业的流域模式布局	210
第一节 生态农业的流域模式布局的基本规律	210
第二节 华南典型流域系列模式	213
一、华南典型流域的生态农业模式	214
二、华南典型流域生态农业模式的布局	216
第三节 西南典型流域系列模式	219
一、三峡库区的流域生态农业模式	219
二、丘陵坡地水保型生态农业优化模式	220
三、喀斯特山地立体农林复合型生态农业模式	221
第四节 长江中下游地区典型流域系列模式	221
一、千烟洲生态农业模式	221
二、山地立体开发模式	221
三、闽东南特色农业生态模式	222
四、洞庭湖区生态农业布局	222

第五节 西北典型区域系列模式	223
一、黄土高原丘陵水保型生态农业模式	223
二、干旱区降水集流农业模式与“五配套”模式	225
三、北方农牧交错带生态农业布局	226
第六节 东北典型流域系列模式	228
一、立体农林复合型水土保持生态农业模式	228
二、黑土区农牧结合优化模式	228
三、三江湿地生态农业模式	229
第七节 华北典型流域系列模式	229
一、山区综合开发型模式	229
二、黄淮海(防护)林-粮棉-牧模式	230
三、天津宝坻区域生态农业模式	230
参考文献	231
第十二章 生态农业产业化模式的选择与运作	232
第一节 生态农业产业化发展的特点及大尺度生态优化的基本原则	232
一、农业产业化发展的生态经济特征	232
二、大尺度生态优化的基本原则	236
第二节 龙头企业的生态农业模式与运作	238
一、龙头企业的生态经济特征	238
二、龙头企业生态模式的结构设计与功能配置	240
三、龙头企业生态模式的运作与管理	241
第三节 区域主导产业的优化生态农业模式与运作	242
一、区域主导产业的生态经济特征	242
二、北京平谷大桃生态农业产业化模式解析	245
三、北京平谷大桃产业生态模式的运作与管理	249
第四节 生态农业的循环经济模式	251
一、循环经济与生态工业园	251
二、生态产业链的设计	252
三、生态工业园循环经济模式的设计、运作与管理	256
第五节 大尺度生态经济优化的制度与技术创新	259
一、大尺度生态经济优化的制度创新	260
二、大尺度生态经济优化的技术创新	261
参考文献	263
第十三章 生态农业的组织与管理	264
第一节 生态农业的评价与规划	264
一、生态农业的评价	264
二、生态农业规划	265

第二节 生态农业的法规与政策.....	267
一、生态农业的管理法规保障.....	268
二、生态农业相关的政策法规分析.....	268
第三节 生态农业建设的政府组织与领导.....	273
一、生态农业建设的政府组织与领导概述.....	273
二、生态农业的培训与推广.....	274
参考文献.....	276

第一章 中国农业的发展道路

中国是一个古老的农业国家，是世界农业发源地之一，而且是一个农业文明没有中断过的国家。在近代中国工业化和现代化过程中，中国农业的发展道路问题一直是从国家领导到平民百姓都关注的问题。在 20 世纪 50~60 年代曾经提出过中国农业的现代化就是机械化、化学化、水利化、电气化。改革开放以后，人们又提出了多个农业现代化的概念，如科学化、集约化、社会化、商品化，还有现代科技、现代装备、现代管理、现代农民等概念。2007 年中国共产党第十七次代表大会的报告正式提出了要“走中国特色农业现代化道路”。在 20 世纪 80 年代初，我国学者就提出了走生态农业道路的构想。到底中国农业道路该如何走，我们可以通过了解发达国家的农业发展轨迹以及中国农业发展中遇到的问题，探讨中国的现代农业道路。

第一节 世界农业发展的历史和趋势

人类维持自身生存最开始是通过采集植物性食物和渔猎动物性食物。后来，在世界多个气候不稳定的半干旱区域分别开始了植物和动物的驯化过程，使得食物供应变得稳定和有保障。依赖人力和畜力为主，依靠自身投入维持的传统农业在各国发展了相当长的时间。这些传统农业在世界各地曾经滋养和培育了辉煌的农业文明。然而大多数农业文明却又神秘地消失了。到了 18 世纪以英国为首的国家开始了以机械和动力为核心的工业化的过程，这个过程使得手工业生产被生产效率大幅度提高的工业化过程所替代。在这些工业化国家，农业也不可避免地出现了工业化过程，实现了农业的机械化、水利化、电气化和化学化。这样，农业的劳动生产率提高、生产规模扩大、农业人口下降、农产品的商品率大幅度提高。农业也采用了与工业企业类似的公司形式或者农民合作组织的形式进行现代管理。然而农业的工业化过程不到 100 年，就与工业化本身一样遇到了很多问题。最突出的就是资源、环境和生态问题。工业化过程的经济起伏的周期还可以通过改进管理来不断克服，在工业化国家纷纷走向后工业化阶段以后，通过信息化和高新技术提高资源利用效率、通过循环经济体系的建立减少资源的浪费已经受到普遍重视。国际社会通过温室气体减排、臭氧层保护等国际法律框架约束人类自己的行为。社会经济的可持续发展已经成为不可逆的趋势。在这个背景下，工业化农业也必须改弦更张。在近半个世纪里，发达国家曾经尝试过“有机农业”、“生态农业”、“生物动力学农业”、“自然农业”等替代方式。通过免耕减少水土流失，通过农牧结合减少家畜粪便污染和对化肥的依赖，通过病虫综合防治减少化学农药的使用，通过滴灌和喷灌减少水资源的浪费等技术更是被普遍接受。这些变化也深刻影响到健康农产品的品牌认证、市场地位、消费认可。工业化中直线的、剥夺式的、控制性的、局部的、分析的思维方式逐步被扬弃，在可持续发展的大潮中，循环的、协调的、综合的思维形式逐步得到认可。

一、农业起源与生态环境的关系

尽管关于现代人类是非洲单一起源还是多个起源还有些争论，但是现代人类在这个世界上出现至少已经有了 5 万年以上的历史却是不争的事实。在这个漫长的时期内，人类一直通

过采集渔猎的方式，利用自然界生产的食物养活自己。在食物丰富的热带雨林中，一直到现在，很多与现代文明隔离的土著居民还没有完全脱离采集渔猎的生活方式，在菲律宾棉兰老岛一个原始密林里的塔萨人，直到 20 世纪 60 年代被外界发现时还是居住在岩洞里，并以采集渔猎为生，男女各尽所能，平均分配食物。在美洲的哥伦比亚和委内瑞拉交界的莫迪洛涅斯山谷森林中，当人们在 20 世纪 70 年代发现居住其中的尤卡斯人的时候，发现他们也是过着采集渔猎的生活，使用石斧、石刀、弓箭。

大约一万年地球从第四纪大冰期缓过来，气候总体开始变暖，但是温度和湿度还有比较大的波动。这个时候，在一些植物生长容易受到气候波动影响的半干旱区域，人们发现带回来的植物种子在居住地附近能够长起来，而且通过拔除竞争植物、选留表现好的植株等方式，产出籽实还越来越多，于是第一批植物被逐步驯化为农作物。动物的驯化也有类似的过程，例如猪被驯化的过程先是一些被捕捉的野猪由于吃不完，暂时圈养起来，后来发现这样不仅可以保证肉食均衡供应，而且还可以让野猪在人工方式下完成其繁殖过程。第一批动物就这样被逐步驯化成为家畜。

根据考古，可以把分散在世界各地的农业起源地大约分为三个相对集中的农业生物驯化中心，即中东中心、中美洲中心和华北中心，以及每个农业起源中心靠南的副中心，即非洲副中心、南美副中心和南亚副中心。中东中心包括沿幼发拉底河及底格里斯河流域的伊拉克、叙利亚、土耳其东南，一直到约旦高原和以色列的弧形地带。在这个半干旱气候环境下人类驯化了小麦、大麦、燕麦、山羊和绵羊。中美洲中心处于墨西哥南部半干旱的山地，这里是玉米的起源地。位于其南部以秘鲁安第斯山脉为核心的南美驯化中心，人类驯化了棉花、木薯、甘薯、花生、辣椒、南瓜等。在半干旱的黄河流域和相对湿润的长江流域，中华民族的祖先驯化了粟、黍、菽（大豆）、水稻、猪、狗等。在我国和其他亚洲的热带和亚热带区域人们还利用了桑、茶、芋头、柑橘、荔枝、龙眼等作物。

农业的起源与生态环境及生物类型都有很大关系。大多数农业起源区域都与不稳定的半干旱环境相关，这种波动的气候环境所产生的食物供应波动是促使人们寻求稳定食物来源的重要动力。有适合被驯化的生物类型也是很重要的。在澳大利亚，袋鼠、袋熊这样的动物就很难被驯化为农业生物。直到欧洲移民之前，澳大利亚土著居民还是从事渔猎采集方式。

二、传统农业的发展与农业文明

主要农业生物的传播与人类的迁移和交流活动有很大关系。人类基因的研究与农业考古的证据表明，农业最初的传播速度是比较慢的，水稻从中国大陆到达东南亚各地前后大约花了三千年，而且是随着人口的迁移实现的。农业从中东向欧洲的传播大约一年一公里，这其中既有人口的迁移，但更多是通过技术传授方式实现的。

最初的农业是采用刀耕火种形式进行。人们为了种植作物，用刀把树木砍伐，用火把植被烧毁，再播作物种籽。连续收获几年后，土壤肥力开始下降，这时人们就离开退化了的土地，让植被重新自然恢复，自己又去寻找合适的地段，重复同样的过程。由于人少地多，同一地段大约几十年到上百年后才可能重新被利用。这种刀耕火种的方式至今还在不少热带、亚热带偏远区域存在，我国云南和海南一些偏远地区还少量残存着。然而，当今由于人口密度大，要砍伐的森林面积越来越大，弃耕地段的自然恢复时间越来越短，因而出现不可持续的严重问题。因此，我国各地已经禁止实行刀耕火种。

在河流中下游的冲积平原，土地相对肥沃。只要避开每年河水泛滥阶段，加上耕作制度的进步，人们就可以相对固定地在一个地段连续进行农业生产。这种固定耕作地段的农业方式逐步成为世界各地传统农业的主要方式。为了维护土地肥力，在亚洲，传统上主要通过轮

间套作方式和使用堆肥厩肥的方式实现。在欧洲，则大量通过农、林、牧轮流实施的“三圃制”方式实现。

相对固定的农业和相对稳定的食物供应加速了人口的增长，催生了以建立灌溉系统为纽带的相对集中的国家治理制度，还抚育了社会的文化和科学发展。研究表明农业起源的大约一万年前的全世界人口大约有 1000 万，到 18 世纪中叶，大规模工业化开始前，全世界的人口达到了 5 亿。在主要的农业起源地，几乎毫无例外地出现了灿烂的农业文明。在中东中心创造的是古巴比伦文明，公元前 3500 到公元前 3200 年间开始由苏美尔人创造的文明产生了神秘的文字、堂皇的城堡和精美的雕刻艺术。其南部的非洲中心是闻名的古埃及文明。在公元前 5000 年就开始创造了灌溉系统、文字、历法、数学、天文、金字塔和雕刻，狮身人面像、法老尸体制作成的木乃伊留存至今。在墨西哥南部先后出现过奥尔梅克文明、玛雅文明和阿兹特克文明。玛雅文化形成于公元前 2500 年，在公元 250~900 年玛雅文化进入盛期。玛雅文明创造了独特的美洲金字塔、天文历法和雕刻艺术。在南美中心则出现过位于秘鲁的印加文明。在公元前 1000 年就起步的文化创造了自己的宗教、社会组织和城堡。在华北农业发源地，在公元前 5000 年至公元前 3000 年新石器时期仰韶文化广布于黄河流域，集中在陕西、山西、河南一带，发现的陶器制造、纺织做衣、绘画雕塑、文字、历法、宫室营建等，同文献记载中炎帝、黄帝时代的创造发明相吻合。在南亚今天的印度和巴基斯坦交界附近，公元前 2600 年就开始产生了哈帕拉文明，这里出土了赤陶玩偶、竞技者、珠宝、动物雕像、铜器和铜雕等，玻璃制品也首先在这里产生。

很多古代的农业文明都没有延续下来，而是中断了、消失了。埃及文明在公元前 500 年左右开始先后被波斯、马其顿和罗马帝国所入侵，自身文明被改变了方向。有些显然是在现代工业文明的入侵下被扼杀的，例如美洲的阿兹特克文明和印加文明就是在 15 世纪欧洲殖民者发现新大陆后，被派遣的军队所最终毁灭的。然而有些文明却消失得相当神秘，比如说中东的古巴比伦文明直到 17 世纪才被人们重新发现，南亚的哈帕拉文明在 1920~1921 年才被发现。这些文明都有过内部混乱和战斗的痕迹，但是探究其根本原因很可能是由于人口膨胀，最终引起供不应求，进而引起生态环境的破坏，生产基础进一步削弱，文明的基础发生根本性的动摇。关于中东的古巴比伦文明和周边类似文明的毁灭，恩格斯在《自然辩证法》中写道：“美索不达米亚、希腊、小亚细亚以及其他各地的居民，为了想得到耕地，把森林都砍完了，但是他们梦想不到，这些地方今天竟因此成为荒芜不毛之地。因为他们把森林砍完之后，水分积聚和存储的中心也不存在了。阿尔卑斯山的意大利人，因为要十分细心地培育该山北坡上的松林，而把南坡上的森林砍光了，他们预料不到因此却把他们区域里的高山畜牧业的基础给毁灭了，他们更预料不到这样做就使山泉在一年中的大部分时间都枯竭了，而且雨季又使洪水倾泻到盆地上去。”人们认为印度哈帕拉文明的消失也与生态环境的破坏有关，一方面是干旱地区的灌溉使土地盐碱化，另一方面是翻耕土地的尘土遮蔽改变了地面的辐射平衡，使半干旱区的空气下沉，降雨进一步减少。

历史的教训值得今天借鉴。事实上今天很多经济后进的发展中国家还在重演类似古代农业文明因生态环境破坏而面临的危机，内部混乱，农业生产不足，饥荒频发，仅仅因为国际社会的及时救援才不至于出现更大的人道主义危机。一个更加迫切的问题是在工业化手段如此强大的今天，假如我们没有吸取过去的教训而把地球的资源、环境、生态基础破坏以后，我们将无路可走，也没有谁能够拯救我们。

三、农业的工业化及其危机

欧美国家的工业化过程自然延伸到农业领域。在 18 世纪中叶开始的工业化是一个科学

技术大进步的年代。1860年法国的莱恩瓦首先创造了一台内燃机，而且装了一台汽车和轮船。1876年的第一台四冲程内燃机由德国工程师奥托制造出来，1883年改煤为汽油的内燃机在德国研制成功。这样在19世纪末，运输动力体系逐步成熟。美国1910年开始使用拖拉机，并到第二次世界大战时期迅速增长。拖拉机的总数在20世纪50年代后期开始稳定下来，标志着农业机械化的普及。法国、英国、日本等工业化国家的农业机械化过程也先后在20世纪40~60年代完成。

在1910年前后，德国Fritz Haber和Carl Bosch发明通过固氮生产氨的方法让他们分别于1918年和1931年获得诺贝尔奖。1940年德国化学家李比西提出了最小因子定律，这个理论表明土壤的养分不足会成为限制植物生长的因素。这样农业使用化学肥料取得了发展的基础，以氮肥生产为基础的化肥工业在二战后迅速增长。1938年以 N 、 P_2O_5 、 K_2O 为代表的世界化肥产量为900万吨，这个数字在1955年达到了2230万吨，1965年为4800万吨，1975年为9200万吨。

1866年孟德尔发现了不同形状杂交遗传的比例规律，这个规律1900年被重新发现。摩尔根提出了染色体含有遗传基因的学说，并且在1915年出版《孟德尔遗传学原理》，1919年出版《遗传的物质基础》，1926年出版《基因论》。这些遗传规律的发现为现代育种打下了坚实的基础，发掘了丰富多彩的作物资源，并最终促成了20世纪60年代以小麦高产育种和水稻高产育种为核心的农业“绿色革命”。

1882年法国波尔多的P. 米亚尔发现了硫酸铜和石灰混合液可以防止葡萄病害，发明了波尔多液，从此开创了无机杀菌剂防止植物病害的工作。1945年，瑞士的化学家穆勒(Paul Hermann Mueller)合成了DDT(Dichloro-diphenyltrichloroethane)，而且发现DDT能够杀虫。由于DDT控制了蚊虫，减少了人类病害传染，而且农业害虫的防治效果显著，穆勒还因此于1948年获得诺贝尔生理和医学奖。从此人类合成的化学农药数量越来越多，到2000年全世界农药有效成分的产量达到243万吨，其中除草剂占36%，杀虫剂占25%，杀菌剂占10%，其他农药占29%。2007年，光中国生产的农药有效成分就达173.1万吨，成为世界第一大农药生产国。

工业化农业就这样在机械、化肥、农药、水利和良种的支撑下发展起来了。工业化农业极大提高了劳动生产率和土地生产力，解放了大批劳动力，进一步促进了工业和服务业的发展。工业化农业发展了大约100年，这种农业形式产生的资源、环境和生态问题逐步突出。资源问题主要涉及石油、煤、磷矿等不可更新资源的大量消耗，也涉及大规模机械操作以后产生的森林过伐、草原过牧、渔场过捕问题。环境污染问题主要涉及化肥和农药的大量使用对环境造成的污染，还涉及食品安全和畜牧业对环境的污染问题等。生态问题有森林、草原和渔业等生物资源的减少，也有推广作物和家畜优良品种加速了农家品种消失，农业的生物多样性基础下降，还有水土流失、沙尘暴等生态问题。

引起全世界环境意识觉醒的书《寂静的春天》有很多内容就与农业的化学品使用有关。1962年美国海洋学家卡尔逊在这本书中写到：“这些化学物质中有许多应用于人对自然的战争中，从19世纪40年代中期以来，二百多种基本的化学物品被创造出来用于杀死昆虫、野草、啮齿动物和其他一些用现代俗语称之为“害虫”的生物。这些化学物品是以几千种不同的商品名称出售的。这些喷雾器、粉剂和喷洒药水现在几乎已普遍地被农场、果园、森林和家庭所采用，这些没有选择性的化学药品具有杀死每一种‘好的’和‘坏的’昆虫的力量，它们使得鸟儿的歌唱和鱼儿在河水里的欢跃静息下来，使树叶披上一层致命的薄膜，并长期滞留在土壤里——造成这一切的原来的目的可能仅仅是为了少数杂草和昆虫。谁能相信在地球表面上撒放有毒的烟雾弹不给所有生命带来危害呢？它们不应该叫做‘杀虫剂’，而应当

称为‘杀生剂’。”

四、发达国家对农业未来发展的探索

发达国家目前已经普遍认识到了工业化农业的资源、生态和环境问题。解决的思路有两个方面，一方面是工业化技术的改进，另一方面是采用完全不同于工业化农业的思路的替代途径。

在改进现有的技术方面，人们不断获得新的突破，例如通过信息化提高机械效率，减少现代农药的能耗。通过生物能源、水力、风能、地热能、太阳能等再生能源的发掘利用以减少对不可更新能源的压力。通过对农药化学成分的仿生改造和使用方法的改进，使农药对非靶标生物的危害下降。控释肥、有机无机复合肥的研制和施肥方法的改进减少了化肥的流失，提高了肥料的作物利用率。

采取替代途径的思路五花八门，影响比较大的就有有机农业、自然农业、生态农业、生物动力学农业等。这些替代农业形式的基本思路都在于减少对化肥农药的依赖，尊重自然规律，更多地发掘自然的力量，重视建立农业生态系统的生态平衡。1972年成立的国际有机农业联盟所领导的有机农业运动反对使用化肥、农药和激素，也反对使用转基因作物。有机农业主张通过作物轮作、秸秆使用、家畜粪肥使用、豆科绿肥等方式维系土壤肥力、减少作物病虫害。有机农业运动还推行了有机食品认证。20世纪40年代起在日本发起的自然农业主张学习中国道教的“无为”思想，尽量少干扰自然过程，以免引起恶性循环的产生。目前日本成立了自然农法国际研究开发中心，积极推广有关技术。1971年美国密苏里大学的土壤学教授在 *Acres* 杂志上首先表达了生态农业思想，认为通过增加土壤腐殖质就可以导致植物和动物的健康，实际上可以不使用农药，或者仅仅用“波尔多”对付一些病害和用轻油对付杂草。1981年英国 Sussex 大学的 M. K. Worthington 通过对欧洲调查和自己实践后在“*Agriculture and Environment*”上发表了自己对生态农业的认识，他定义生态农业为：“建立和管理生态上能够自我维持，低输入，经济上有生命力，目标是在环境、伦理、审美方面不出现长远和重大的不可接受变化的小型农业。”2002年组建国际“生态农业伙伴”比较重视在景观范围内对农业发展作出规划和布局调整，协调自然保护、农业生产和农民生活三个方面的关系。

如何既能满足社会对农业产出的需求，同时还能够减少对资源、环境、生态的压力？局部农业技术改进与根本农业制度替代之间谁更加适合未来发展的实际？这两种方式还在相互借鉴、不断改善、交叉发展的过程之中。

第二节 中国农业的发展和未来的选择

中国农业是世界上最古老的农业发源地之一，而且农业文明一直没有中断过。在悠久的农业文明中，中国的社会经济曾经长期领先于世界，而且留下了众多宝贵的农业文化遗产。然而在18世纪中叶以后的工业化进程中，由于中国闭关自守而落后了。经过艰苦卓绝的奋斗，中国人民终于摆脱了封建和殖民的枷锁，几经曲折之后，建立起一个改革开放的环境，走向了用信息化带动工业化的道路。在新的历史条件下，中国的农业也在发生着巨大变化，产量和产值不断攀升。然而隐忧也存在，在农机、化肥、农药、兽药、激素使用迅速增加，工业化手段不断得到加强的同时，资源、环境、生态的巨大压力已经显现出来，洪涝、干旱、赤潮、蓝藻、沙尘暴、泥石流变得频繁，生态安全与食品安全事故成为公众关注的问