

# 珠江三角洲

## 循环农业的理论与实践

王建武等  
编著

# 珠江三角洲循环农业的理论与实践

王建武 等 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

珠江三角洲循环农业的理论与实践/王建武等编著

·—北京：中国农业出版社，2010.8

ISBN 978-7-109-14912-0

I. ①珠… II. ①王… III. ①珠江三角洲—农业经济—经济模式—研究 IV. ①F327.65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 163130 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 刘爱芳

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月北京第 1 次印刷

开本：889mm×1194mm 1/16 印张：23

字数：680 千字

定价：80.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误，请向出版社发行部调换)

本书得到国家支撑计划“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)”的资助。项目承担单位：华南农业大学和广东省农业科学院。

## 编辑委员会

□□□□□□

顾 问：骆世明 廖森泰

主 任：王建武

副主任：杨少海 蔡昆争

成 员（按姓氏拼音排序）：

艾绍英	蔡全英	曹先维	蔡昆争	陈 洪	陈汉才
陈琼贤	程艳波	崔理华	顾文杰	黄道强	黄陆凯
黄农荣	黄 庆	贾兴娜	匡石滋	赖穗春	黎国喜
李 武	李春雨	李桂花	李康活	李志贤	廖森泰
廖新佛	廖宗文	林伟仲	刘怀珍	刘可星	陆秀明
骆世明	年 海	秦 钟	全 锋	宋 钊	汤丹峰
唐明灯	唐湘如	田 卡	田世尧	王建武	王艳红
卫泽斌	吴启堂	谢方文	徐培智	徐志宏	许田芬
杨少海	易干军	曾鑫年	张发宝	章家恩	张水清
张新明	张 艳	郑海波	钟旭华	周少川	

# 序

□□□□□□

《珠江三角洲循环农业的理论与实践》一书的出版是一件值得高兴的事情。本书汇集了国家“十一五”支撑项目“农田循环高效生产模式关键技术集成研究与示范”在广东的课题“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”的主要研究成果。

循环农业相关的概念提出很早，但是要系统地开展研究和在实际生产中应用却不是那么容易。循环农业需要结合整个农业生态系统的结构、功能、投入、产出和效益才能够很好理解，循环农业有相应的一套研究方法体系、评价体系、实践模式和配套技术。大多农业科研人员在单一专业中长期开展研究，因此扩大视野、转变思维、接受循环农业的系统观念、学习新方法等实属不易。育种专家长期关注新品种的产量和品质，现在还需要了解新品种在减量、再生和循环中的作用。栽培专家长期关注施肥、用水和灌溉对作物产量和品质的影响，现在还需要关注养分、农药、水分和能量的来龙去脉和整体平衡。畜牧专家长期关注畜禽的饲料利用效率和产出效率，现在还要考虑废弃物的农业资源化。环境专家不仅关注环境的污染和治理，现在还要关注污染土地、污泥和污水的农业利用。对于农业企业家或者农户来说，让循环农业付诸实践也不容易，因为循环农业能够产生巨大的资源、生态和环境效益，但是却不一定能够同时产生足够显著的经济效益。生产者必须找到一个能够把这两者结合得好的模式与技术，并且很好地组织种、养、加等多部门、多工种协调实施。对于地方政府来说，要组织领导循环农业也非易事，因为循环农业往往涉及农业、畜牧、水产、林业、环保、商业、财经、工商、教育、宣传等多部门，而且尽管已经颁布实施了《中华人民共和国循环经济促进法》，但是可供循环农业实践利用的执行细则，如生态补偿制度、产品认证制度、教育推广制度、奖惩制度等还没有完善。这就需要地方领导在认识循环农业时能够高瞻远瞩，并且具备强有力的动员能力和组织协调能力。

在“十一五”后期才执行的这个支撑计划克服了各种困难，在广东珠江三角洲拉开了一个良好的序幕。课题主持人王建武教授通过不懈努力，成功地把分散在各个专业和不同单位的研究人员紧紧团结在一起。各课题人员在深厚的专业基础上根据循环农业的需要加深、拓宽、联合，并且与生产一线紧密结合。在书中我们可以看到在农田中开展了秸秆、畜禽排泄物、污泥的循环和再利用，在水稻、蔬菜和香蕉中规范了减量技术，研究涉及了猪、牛、鸭等畜禽，生产承托单位既有数个大公司，也有连片小农户。研究中获得了一批与循环农业过程和效益相关的数据资料，尝试了新的评价方法。总之，通过这个支撑项目的开展，科研人员开拓了新领域，生产者进行了新尝试，地方政府对循环农业发展给予了新支持。本书的出版是广东循环农业研究和实践的一个重要里程碑，可喜可贺。

“十二五”是我国转变生产方式、实现节能减排关键的时期，循环、低碳、生态是农业生产方式转变不可避免的关键词。我衷心希望本书的出版不仅能够鼓励已经参加了本项目研究和实践的有关专家、企业家、农民和政府官员能够在未来岁月继续关注循环农业，进一步深入开展循环农业的研究和实践，而且可以让更多的读者借鉴广东前一段开展循环农业研究的经验，更加广泛地开展探索。让具有循环农业特征、且源远流长的东方农业能够在新的历史时期“靓丽转身”，绽放出更加绚烂的光彩！

农业部生态农业重点开放实验室 骆世明

2010年7月22日

# 前 言

□□□□□□

循环农业是基于循环经济理论之上的一种新型农业发展模式，讲求通过系统组成成分耦合关系的优化、新型亚系统的拓展以及系统与系统互作关系的正确应用，挖掘系统内涵潜力，实现生态、经济和社会效益的同步提升，是未来农业现代化的必然选择。

珠江三角洲城镇化水平已达 73%，国内生产总值占全省的 74%，是广东省乃至全国最富裕、最发达的区域之一。珠江三角洲地区经济发达，城乡一体化程度高，农业光热水资源丰富，但耕地资源短缺，人地矛盾十分突出。该地区现代化集约农业起步早，创汇型现代种植业效益高，集约化高投入引起的资源浪费和生态环境问题突出。随着现代农业规模化、产业化发展，一方面蔬菜、水果等经济作物面积迅速扩大；另一方面，种植制度向单一化方向发展，水田和菜地等连作障碍问题突显。集约化农业对外部资源的依赖程度很高，高投入引起的生态环境问题严重，同时，快速城市化和工业化导致的外源污染和畜牧业大规模发展引起的内源污染对农田生态系统的健康、农产品的安全和区域生态环境安全的威胁日益扩大。针对珠江三角洲现代农业发展中的问题，开展现代高效益农田资源循环生物模式优化和配置，多元化农田农用化学品减量、有害物质减排，城乡废弃物纳入农田循环的清洁化处理等技术集成研究与示范，构建该区域集约化农田循环高效生产模式与技术体系，对促进珠江三角洲地区循环农业模式的形成和经济社会可持续发展具有重要的意义。

2008 年，科技部启动了“农田循环高效生产模式关键技术集成研究与示范”支撑计划项目，我们有幸承担了“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)”的任务，课题针对珠江三角洲集约化现代农业发展中的“高投入、高产出、高污染、高浪费、高风险、低效益”等突出问题，以区域生态安全、环境安全和粮食安全为导向，以农田生态系统为主要研究对象，以主要农作物的高效安全生产技术集成与示范推广为核心，以资源的节约化、集约化和高效化利用、农业的标准化与产业化发展为目标，重点开展三方面的研究：(1) 通过对水田农牧结合循环模式、水旱轮作循环模式，旱地冬种与周年生产等多作多熟模式优化配置技术体系的研究，构建现代化农区种植业规模化配置模式，形成标准化的技术体系，建立资源高效利用的新型复合种植模式并大面积示范；(2) 通过对水稻、蔬菜、甜玉米、马铃薯、香蕉生产中农用化学品减量施用技术、水肥调控减排技术、秸秆综合利用技术的研究与集成，为多作多熟模式提供减量化投入关键技术的支撑；(3) 针对城乡废弃物纳入农田循环的问题，重点进行废弃物和废水无害化处理与资源化利用技术研究；开展污染农田生态系统中重金属和农药等污染的去除技



术和综合治理技术研究,建立城乡废弃物资源化利用与农田污染治理的种植业清洁生产体系。经过两年多的努力,课题组围绕“鸭稻共作”、“菜—稻—菜”、“稻—稻—马铃薯”、大豆间套作等循环高效农田生产模式的建立,水稻、蔬菜、香蕉减量化投入关键技术以及城乡废弃物纳入农田循环的清洁化处理技术开展了大量的研究工作,并通过关键技术和模式的集成,在广州番禺区、肇庆高要市和惠州惠东县进行大面积示范,取得了显著的经济、社会和生态效益,为实现珠江三角洲地区主要农作物生产过程中农用化学品的减量化使用、农业废弃物的资源化利用、物质和能量的多级循环利用以及农田生态系统结构和功能的定向培育和调控,促进珠江三角洲现代农业的可持续发展提供了有力的科技支撑。

本书汇集了课题组理论研究和实践探索的成果。全书共分十四章,第一章从理论上总结了循环农业模式类型及其优化设计方法。第二章至第五章分别报道了“鸭稻共作”、“菜—稻—菜”、“稻—稻—马铃薯”、大豆间套作四种高效循环模式的优化配置关键技术研究结果。第六章至第八章分别描述了水稻、常年菜地和香蕉综合减量化技术研究与集成。第九章至第十章介绍了畜牧业废弃物与猪场废水综合利用技术、城市污泥农业综合利用技术。第十一章至第十三章从农田污染防控和修复的角度分别总结了农业污水处理、重金属污染和农药污染的修复与治理技术研究结果。第十四章探讨了循环农业综合评价方法并对珠江三角洲循环农业的发展现状进行了评价。

全书的总撰稿人为王建武,负责本书整体结构和内容安排,拟定撰写提纲,并完成书稿统编。各章编写人员如下:

第一章 骆世明

第二章 章家恩

第三章 李康活 周少川 黄庆 黄道强 徐培智 赖穗春 刘怀珍 陆秀明

第四章 唐湘如 黎国喜 李武 贾兴娜 陈洪 张新明 全锋 汤丹峰  
曹先维

第五章 王建武 年海 李志贤 程艳波

第六章 钟旭华 廖宗文 蔡昆争 刘可星 黄农荣 田卡 张水清 郑海波

第七章 陈汉才 陈琼贤 廖森泰 徐志宏 李桂花 张艳 宋钊

第八章 匡石滋 李春雨 田世尧 易千军

第九章 顾文杰 张发宝 徐培智 杨少海 廖新佛

第十章 吴启堂 卫泽斌 许田芬 谢方文

第十一章 崔理华 林伟仲 黄睦凯

第十二章 艾绍英 王艳红 唐明灯

第十三章 蔡全英 曾鑫年

第十四章 王建武 秦钟

感谢骆世明教授长期以来对本人研究工作的指导。广东省科学技术厅农村处刘家平处长和黄江康副处长一直关注和支持循环农业方面的研究工作。中国农业大学高旺盛教授、

中国科学院沈阳应用生态研究所武志杰研究员、中国农业科学院环发所曾希伯研究员、广东省农业科学院廖森泰副院长为本项目的开展提供了大量的建设性意见和建议。华南农业大学农学院苏雄武书记、张桂权院长、年海副院长、陈勇副院长、蔡昆争副教授在我科研工作繁重的情况下分担了许多行政事务。华南农业大学热带亚热带生态研究所的全体同仁为本项目的开展提供了重要支撑。谨此一并致以诚挚的谢意。

珠江三角洲循环农业的实践研究涉及农学、园艺学、生态学、土壤肥料学等众多的学科，知识面广、发展迅速，限于作者的知识水平和研究深度，书中难免有缺点和错漏与不当之处，敬请读者批评指正。

王建武

2010年7月20日于广州华南农业大学

# 目 录

□□□□□□

## 序 前言

<b>第一章 循环农业模式的类型及其构建</b> .....	1
第一节 循环农业在农业可持续发展中的地位 .....	1
第二节 循环农业模式的类型及其技术体系 .....	3
第三节 循环农业的研究与设计 .....	9
<b>第二章 鸭稻共作模式的优化配置技术与生态效应研究</b> .....	17
第一节 鸭稻共作生态农业模式的结构与功能概述 .....	17
第二节 鸭稻共作对水稻生长的影响 .....	21
第三节 鸭稻共作对稻田土壤生物多样性的影响 .....	28
第四节 鸭稻共作对稻田水体环境的生态效应 .....	34
第五节 鸭稻共作模式的控草效应 .....	39
第六节 鸭稻共作模式的控虫效果 .....	46
第七节 鸭稻共作模式与技术的优化配置与集成 .....	52
<b>第三章 “菜—稻—菜”水旱轮作模式技术集成研究</b> .....	60
第一节 “菜—稻—菜”水旱轮作模式与减量化的必要性 .....	60
第二节 “菜—稻—菜”水旱轮作模式与减量化基础研究 .....	61
第三节 “菜—稻—菜”水旱轮作模式与减量化技术体系 .....	69
第四节 “菜—稻—菜”水旱轮作模式与减量化技术推广 .....	77
<b>第四章 “稻—稻—马铃薯”模式优化配置技术研究</b> .....	82
第一节 早稻、晚稻“五增四减”栽培技术研究 .....	82
第二节 冬种马铃薯高产高效栽培技术研究 .....	95
<b>第五章 大豆间套作模式优化配置技术研究</b> .....	112
第一节 大豆间套作模式技术集成的思路 .....	112
第二节 甘蔗/大豆间作减量施氮对甘蔗产量、品质及经济效益的影响分析 .....	122
第三节 甘蔗/大豆间作减量施氮对群体养分利用率的影响分析 .....	125
第四节 甘蔗间种大豆及配套根瘤菌技术研究 .....	128
第五节 甜玉米/大豆间作模式的效益分析 .....	132

第六节 甘蔗间种大豆在珠三角地区的实践 .....	134
<b>第六章 水稻减量化技术集成与秸秆综合利用技术研究 .....</b>	<b>139</b>
第一节 广东水稻的氮肥减量潜力分析 .....	139
第二节 水稻氮肥减量的理论与技术研究 .....	140
第三节 秸秆综合利用技术研究 .....	142
第四节 水稻减量化技术集成与示范 .....	150
<b>第七章 蔬菜减量化生产模式与技术研究 .....</b>	<b>154</b>
第一节 丰产、抗性强的蔬菜新品种筛选和应用 .....	154
第二节 土壤氮养分诊断指标及经济施氮量研究 .....	156
第三节 土壤磷营养诊断指标及经济施磷量研究 .....	159
第四节 土壤钾营养诊断指标及经济施钾量研究 .....	162
第五节 广东珠三角洲菜田土壤养分现状调查研究 .....	166
第六节 增施有机肥、减少化肥施肥技术研究 .....	169
第七节 蔬菜残茎叶等农业废弃物无害化处理技术研究 .....	173
第八节 菜田循环灌溉水污染物处理技术研究 .....	178
第九节 蔬菜水肥一体化节水节肥技术研究 .....	180
第十节 进行良好轮作制度 .....	183
第十一节 嫁接育苗技术解决药剂无法防治的病害 .....	184
第十二节 采用工厂化育苗对减量化的效果 .....	185
<b>第八章 香蕉减量化模式和技术集成 .....</b>	<b>188</b>
第一节 香蕉减量化的必要性与技术体系 .....	188
第二节 香蕉减量化生产技术模式 .....	190
第三节 香蕉减量化技术的研究与示范 .....	195
<b>第九章 畜禽废弃物堆肥技术与“猪—沼—菜”模式研究 .....</b>	<b>216</b>
第一节 有机固体废弃物好氧堆肥技术 .....	216
第二节 微生物菌剂对好氧堆肥过程的影响 .....	219
第三节 表面活性剂 APG 在好氧堆肥中的应用 .....	222
第四节 好氧堆肥过程中的保氮技术 .....	228
第五节 堆肥技术产业化示范 .....	233
第六节 猪场废弃物无害化处理模式与技术研究 .....	237
<b>第十章 城市污泥综合利用模式与技术研究 .....</b>	<b>243</b>
第一节 引言 .....	243
第二节 污泥农用及其限制因素 .....	244
第三节 堆肥技术 .....	245
第四节 环保施肥器技术 .....	246
第五节 特种植物处理转化技术 .....	253
第六节 污泥植物处理与肥水利用综合模式 .....	255

---

<b>第十一章 农业污水处理工程与循环利用技术研究</b> .....	260
第一节 概述 .....	260
第二节 材料与方法 .....	262
第三节 结果与分析 .....	266
第四节 结论 .....	275
<b>第十二章 重金属污染农田的修复与治理技术研究</b> .....	277
第一节 引言 .....	277
第二节 作物累积重金属的差异 .....	278
第三节 施肥对重金属污染农田的修复效应 .....	283
第四节 土壤改良剂对作物吸收重金属的阻控及应用 .....	287
第五节 其他措施对重金属污染的调控效应 .....	292
第六节 结语 .....	293
<b>第十三章 农药等污染农田的修复与治理技术研究</b> .....	296
第一节 蔬菜基地土壤中有机污染特征 .....	297
第二节 毒死蜱和邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯复合污染的生物效应 .....	302
第三节 修复有机磷农药的特异材料筛选 .....	310
第四节 邻苯二甲酸酯污染土壤修复的农艺措施 .....	312
<b>第十四章 珠江三角洲循环农业发展的综合评价</b> .....	316

# 第一章

## 循环农业模式的类型及其构建

循环农业是循环经济的重要组成部分，是对直线型工业化农业大进大出模式的反思结果，是农业可持续发展的一种重要形式。在这一章将介绍循环农业的类型及其设计与研究的一些重要方法。

### 第一节 循环农业在农业可持续发展中的地位

自从上世纪 60 年代世界遭遇了环境和生态危机，引起了生态环境意识的觉醒以后，人们就认识到传统农业不足以应付人口增长的需求，常因为过牧、滥伐和过捕等造成了生态退化，而农业工业集约化过程又引起严重的资源和环境问题。认识问题仅仅是一个开始，要解决问题却是一个更加艰难和漫长的过程。世界上有人进行了“生物动力学农业”、“自然农法”、“有机农业”、“生态农业”等各种替代方法的积极尝试。在 80 年代，各种探索的替代方法在农业可持续发展的框架下被统一了起来。中国自从 80 年代初就一直积极进行了生态农业建设的实践。在进入 21 世纪后又陆续提出了清洁生产、循环农业、低碳农业等概念。在深入分析循环农业之前，有必要分析循环农业在农业可持续发展中的地位。

#### 一、循环农业及其相关概念

1. “循环农业”是针对大进大出的“直线农业”的革命。循环农业是通过农业生态系统的模式与技术体系设计，促进物质循环利用，从而减少对资源投入的压力和环境压力，实现资源高效利用的一种农业形式。（见图 1-1）循环农业是循环经济在农业的实践。人们通常用“减量”（reduce），“再利用”（reuse）和“循环”（recycle）这三个以 R 开头的英文单词来描述循环经济的关键。应当说“循环”是体系构建的核心，“再利用”是循环体系的技术关键，而对资源投入和对污染排放的“减量”是效应。

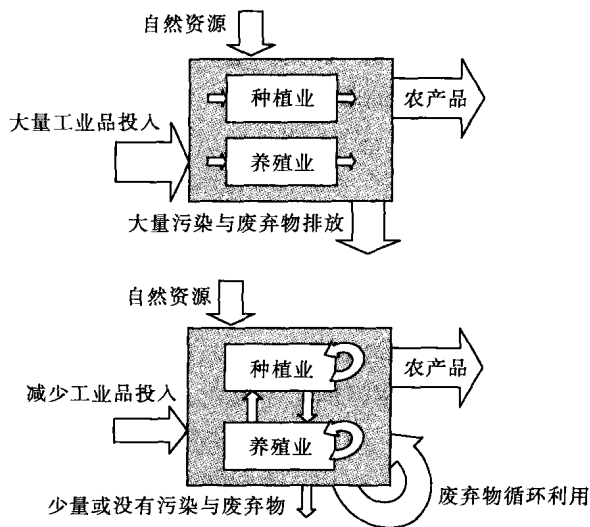


图 1-1 工业化农业的基本格局（上）与循环农业的基本格局（下）

2. 可持续发展是针对不可持续发展而言的，更多的是关注到发展的时间可延续问题。可持续发展

不仅关注到当代，而且特别关注到子孙后代的长远发展。可持续发展包括了经济的可持续发展、社会的可持续发展和生态的可持续发展。可持续发展着重关注的是发展的长远趋势和结果。循环农业是实现可持续发展目标的一个重要的方法。

3. 清洁生产的概念相对于循环经济提出得更加早一些。清洁生产是针对环境治理从末端治理向生产过程治理的转变、由被动向主动的转变所提倡的一种生产方式。清洁生产的对立面是污染生产。清洁生产是就生产过程的产出要清洁来说的。实现清洁生产有很多途径。循环经济就是实现清洁生产的一种重要方式。

4. 低碳经济是一种对碳资源依赖程度低、碳排放量低、碳固定量大的经济形式。低碳经济的概念最初是在英国提出来的。传统工业道路实际上是一条严重依赖碳推动的经济。人们认识到人类所依赖的经济体系不能再建立在碳的基础上。依靠燃烧煤与石油会产生大量二氧化碳，造成全球的温室气体效应，而且最终资源也会枯竭。目前发展的碳替代途径有各种可再生能源，以及节约能源的各种资源节约型生产方式。循环经济实际上在能源节约方面有重要的作用，因此也是实现低碳经济的重要方式。相应地，循环农业是实现低碳农业的一种重要方式。

5. 在中国实施的生态农业实际上是在人们普遍重视农业的社会效益和经济效益的时候，提出要重视农业的生态环境效益，尽量协调农业三大效益的一种农业可持续发展的方式。生态农业建设的关键是区域景观层面的农业生态规划，生态系统层面的循环系统设计和生物层面的生物多样性关系重建。因此从生产输出结果来说，生态农业属于清洁生产的一种方式，从减少碳依赖的效果来说是实现低碳农业的手段，从循环设计的生态系统结构来说也属于循环农业体系，从实践后果来说生态农业是实现农业可持续发展的重要途径。

## 二、循环农业在生态农业中的地位

传统农业的各个专业往往重视的是单个种植对象或养殖对象的高产、优质、高效问题，因此经常出现关注点以外的作物秸秆和畜禽粪便浪费现象，同时造成严重的面源污染问题等。中国的生态农业建设实际上是在跳出传统专业的狭窄视野，从生态系统水平上认识农业各部分的相互关系以后提出的一种农业生产方式。中国的生态农业更加强调重视系统各组分之间的关系处理（见图1-2）。

1. 在宏观层面方面，生态农业涉及农业区域各种土地方式的关系处理，因此需要通过农业区域的生态规划，处理好生态保护与物种保护用地、农业用地与工业用地、生活用地与景观用地等的关系，实现生态、生活、生产格局的合理安排。就农业来说，也有种植业用地和养殖业用地的关系，种植业中经济作物、粮食作物、饲料作物的布局关系处理。由于农业生态规划关乎全局，影响面广，时间跨度长，属于基础性的工作，需要稳定的思路和比较长的实施时间。

2. 在生态系统层面，生态农业就是要把分散了的各个组分重新按照生态系统的结构重新组装起来，形成循环体系。农业生态系统中的生物包括生产者、消费者和分解者，农业生态系统还包括与农业生物关系密切的各种土体、水体、气体环境，以及如温室、畜舍、水库鱼塘等人工建造的环境。当各种生物及其环境有机地重新连接起来，就有可能形成物质循环利用和能量流动畅顺的一个产出高、收益好的农业生产体系。

3. 在生物层面，生态农业涉及群落设计、种群设计和物种设计。在理念上，一改工业化农业眼中只有一种目标农业生物，其他生物都需要排除的思路，把多种农业目标生物与多种其他非目标生物的关系看成是一种可以利用和协调的资源。在群落层面把不同生态位的物种或品种组装起来，实现对光照、温度、水分、地力、养分等资源的充分利用，减少病虫害的爆发。在种群、物种和品种层面引入有害生物的天敌种群和拮抗种群，引入有利于养分分解和有机物转化的生物种群，引入具有抗逆性强、资源利用效率高和品质优良的农业生物品种，建立良好的生物多样性关系，有利于实现高产、优质、高效、生态、安全的目标。

循环农业在生态农业中最重要的自然是生态系统层面的循环体系构建，然而在区域宏观层面循环农业体系也要求有一个恰当的土地利用布局，例如种植业与养殖业的土地利用面积、位置与距离对于有效实现

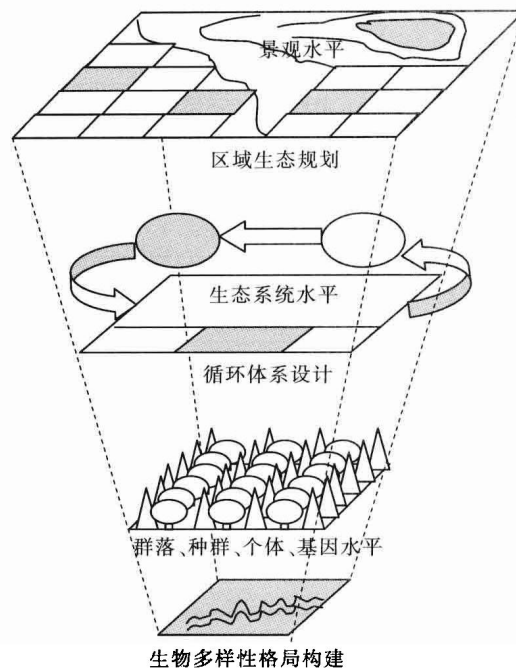


图 1-2 生态农业建设几个关键措施之间的关系示意图

来源：骆世明．生态农业的景观布局、循环设计及生物关系重建．中国生态农业学报，2008，(16) 4：805-809

循环体系建设是至关重要的。在生物层面中不同的生物组合是实现循环农业的物质循环和能量流动所需要配套考虑的重要环节。因此可以说在生态农业建设中，生态系统层面的循环体系组建是循环农业的核心，区域农业的生态规划是实现循环农业的基础，生物层面的生物多样性关系调整是循环农业实现的依托。

## 第二节 循环农业模式的类型及其技术体系

生态农业模式实质就是生态农业建设实践中组分关系相对稳定的一类常用的农业结构。生态农业可以按照生物组织层次分为相互套叠的三个层次的模式类型（见表 1-1）。循环农业可以按照实施循环的农业生态系统规模分为农田循环模式、农牧循环模式、农村循环模式、城乡循环模式、全球循环模式（见图 1-3）。

表 1-1 生态农业模式的基本类型

生物层次	模式基本类型	分类型	举 例
生态景观	景观模式	(1) 生态安全模式	农田防护林模式，水土流失防治模式
		(2) 资源安全模式	集水农业模式，自然保护区设置模式
		(3) 环境安全模式	污染土地修复模式，污染源隔离模式
		(4) 产业优化模式	流域布局模式，农田作物布局模式，种养布局模式
		(5) 环境美化模式	乡村绿化模式，道路景观设置模式
生态系统	循环模式	(1) 农田循环模式	秸秆堆肥回田模式
		(2) 农牧循环模式	猪—沼—果模式，四位一体模式
		(3) 农村循环模式	卫生厕所和农家肥堆沤回田模式
		(4) 城乡循环模式	加工副产物利用模式，城市有机垃圾利用模式
		(5) 全球循环模式	碳汇林营造模式



(续)

生物层次	模式基本类型	分类型	举 例
生物多样性组成	立体模式	(1) 山地丘陵立体模式	果草间作模式, 橡茶间作模式
		(2) 农田平原立体模式	桐农间作模式, 作物轮间套作模式
		(3) 水体立体模式	鱼塘立体放养模式
		(4) 草原立体模式	饲料植物混合种植模式, 家畜混养与轮牧模式
生物多样性组成	食物链模式	(1) 食物链延伸模式	腐生食物链模式(沼气、食用菌、蚯蚓)
		(2) 食物链阻断模式	污染土地的植物生产模式(仅种植花卉、树木等)
个体基因	品种搭配模式	(1) 抗逆性搭配模式	耐低磷大豆、抗稻瘟病水稻的利用
		(2) 资源效率搭配模式	高光合效率、高水分利用效率品种的利用

来源: 骆世明. 论生态图农业模式的基本类型. 中国生态农业学报, 2009, (17) 3: 1-6

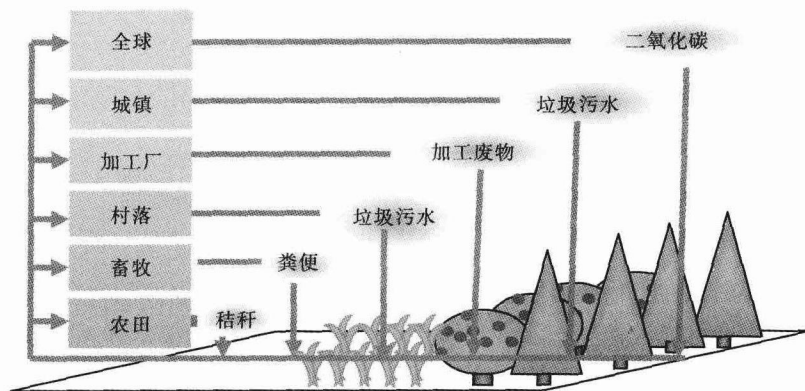


图 1-3 构建系统规模不同的各种农业循环模式

## 一、农田循环模式

农田循环模式的核心是作物秸秆的循环利用。秸秆一度作为农作物养分的重要来源, 目前由于化肥的大量使用, 秸秆对于机械耕作的不便, 秸秆反而成为很多人眼中的累赘。秸秆曾经是牲畜的重要饲料来源, 然而由于家庭养殖的下降, 以及集约化养殖中商品饲料的使用, 秸秆饲料利用比例持续下降。秸秆曾经是很多家庭煮饭和取暖的重要燃料, 然而煤、天然气、液化石油气等商品燃料的逐步普及, 很多农户逐步告别了传统的烧秸秆习惯。因此, 秸秆往往在作物收获后在田间晾干后就地燃烧。这就造成了有机质和氮、磷等养分的大量损失。密集的燃烧还会造成严重的空气污染。有些地方在收获季节, 因为秸秆燃烧引起能见度降低, 还直接导致飞机不能正常起降。

农作物秸秆可以重新作为饲料、燃料、肥料或培养基利用来实现循环。因此农田循环模式可以分为以下几个类型:

### (一) 秸秆—饲料利用类型

利用玉米、小麦、水稻等禾本科作物的秸秆作为牛、羊等草食动物的饲料是很好的循环方法, 直接喂饲、制成颗粒或者先通过微生物发酵都可以。为了增加秸秆的饲料价值, 可以通过添加尿素等调节氮比, 适当增加一些必要元素, 调节水分和酸碱度, 通过微生物发酵, 增加秸秆的适口性和营养特性, 增加秸秆的消化利用率。

### (二) 秸秆—燃料利用类型

目前秸秆直接作为燃料已经从简单的农村柴灶直接燃烧, 发展到了用秸秆粉碎造粒的气化燃具, 从一家一户的燃具到集中进行中小规模的秸秆气化与生物质能发电。例如辽宁省辽阳市农村发展秸秆气化