


生态循环农业实用技术系列丛书


总主编 单胜道 隗斌贤 沈其林 钱长根

生物炭环境生态 修复实用技术

 Shengwutan Huanjing Shengtai Xiufu Shiyong Jishu

叶正钱 虞方伯 秦华 主编



 中国农业出版社



生态循环农业实用技术系列丛书

总主编 单胜道 隗斌贤 沈其林 钱长根

生物炭环境生态修复

实用技术

叶正钱 虞方伯 秦 华 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物炭环境生态修复实用技术 / 叶正钱, 虞方伯, 秦华主编. —北京: 中国农业出版社, 2015. 10

(生态循环农业实用技术系列丛书·农业废弃物循环利用实用技术系列丛书)

ISBN 978-7-109-21080-6

I. ①生… II. ①叶…②虞…③秦… III. ①活性炭—应用—土壤污染—污染防治—研究 IV. ①X53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 261303 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 魏兆猛

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 4.875

字数: 105 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 20.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



生态循环农业实用技术系列丛书

总主编 单胜道 隗斌贤 沈其林 钱长根

《节约集约农业实用技术系列丛书》

编辑委员会

主编 单胜道 沈其林 钱长根

编委 (按姓氏笔画排序)

王李宝 任 萍 庄应强 李晓丹 吴湘莲

沈其林 单胜道 施雪良 秦国栋 钱长根

徐 坚 高春娟 黄凌云 黄锦法 寇 舒

屠娟丽 楼 平 虞方伯

节约集约农业实用技术系列丛书

- 设施农业物联网实用技术
- 大中型沼气工程自动化实用技术
- 果园间作套种立体栽培实用技术
- 湿地农业立体种养实用技术
- 瓜果类蔬菜立体栽培实用技术
- 农业生产节药实用技术
- 测土配方施肥实用技术
- 水肥一体化实用技术

《农业废弃物循环利用实用技术系列丛书》

编辑委员会

主编 单胜道 隗斌贤 黄武 钱长根

编委 (按姓氏笔画排序)

王志荣 王惠松 叶正钱 任萍 向天勇
刘锐 许实 李国贤 肖丽娜 沈永根
张勇 郁建强 周青 单胜道 贺伟强
骆林平 秦华 钱长根 黄武 屠娟丽
虞方伯 魏俞涌

农业废弃物循环利用实用技术系列丛书

- 秸秆还田沃土实用技术
- 作物秸秆栽培食用菌实用技术
- 秸秆生料无农药栽培平菇实用技术
- 秸秆资源纤维素综合利用实用技术
- 秸秆能源化利用实用技术
- 秸秆切碎及制备固体成型燃料实用技术
- 蚕桑生产废弃物资源化利用实用技术
- 桑、果树废枝栽培食用菌实用技术
- 虾蟹壳再利用实用技术
- 沼液无害化处理与资源化利用实用技术
- 生物炭环境生态修复实用技术
- 屠宰废水人工湿地处理实用技术

《生物炭环境生态修复实用技术》

编 委 会

主 编 叶正钱 虞方伯 秦 华

编写人员 (按姓氏笔画排序)

王李宝 龙 珍 叶正钱 刘 畅

宋成芳 单胜道 洪孝挺 姚桂华

秦 华 顾逸仙 黄 武 黄文颖

黄其颖 程礼泽 虞方伯

编写单位 浙江农林大学

江苏省海洋水产研究所

浙江科技学院

浙江省农业生态与能源办公室

丛书序一

当今世界，人口快速增长、气候极端变化已成为国际社会关注的焦点和人类必须面对的重大课题。在此大背景下，世界各国纷纷推行绿色新政，绿色经济、循环经济、低碳经济正成为全球经济的发展趋势。综观世界农业发展历程，经历了从传统农业向石油农业、化学农业跨越的发展阶段，虽然极大地提高了农业生产力，但同时也带来严峻的挑战，化学物质的过度使用已成为环境污染、生态退化的助推因素之一。为此，世界农业正孕育着发展理念的重大变革，低碳农业、有机农业、白色农业（微生物产业）等体现生态循环理念的新兴业态，正在全球逐步兴起，并成为引领农业发展的趋势所向。需要引起我们特别关注的是，许多国家特别是发达国家，借助绿色革命全球化的大趋势，又进一步构筑了新的绿色壁垒，不仅要求进口产品优质安全，而且对产地环境、生产过程提出了更高、更苛刻的要求。

2013年中央农村工作会议指出：“小康不小康，关键看老乡。”目前我国农业还是“四化同步”的短腿，农村还是全面建成小康社会的短板。中国要强，农业必须强；中国要美，农村必须美；中国要富，农民必须富。农业基础稳固，农村和谐稳定，农民安居乐业，整个大局就有保障，各项工作都会比较主动。并明确要加快推进农业现代化，努力走出一条生产技术先进、经营规模适度、市场竞争力强、生态环境可

持续的特色新型农业现代化道路。

发展生态循环农业，按照减量化、再利用、资源化的原则，构建资源节约、环境友好的农业生产经营体系，既有利于应对气候变化，也有利于提升农产品的国际竞争力。生态循环农业以生态学原理及其规律为指导，不断提高太阳能的固定率、物质循环的利用率、生物能的转化率并以资源的高效利用和循环利用为核心，以低消耗、低排放、高效率为基本特征，切实保护和改善生态环境，防止污染，维护生态平衡，变农业和农村经济的常规发展为持续发展，把环境建设同经济发展紧密结合起来，在最大限度地满足人们对农产品日益增长的需求的同时，使之达到生态系统的结构合理、功能健全、资源再生、系统稳定、管理高效、发展持续的目的。生态循环农业是农业发展方式的重大革新，是综合运用可持续发展思想、循环经济理论和生态工程学方法，以资源节约利用、产业持续发展和生态环境保护为核心，通过调整和优化农业的产业结构、生产方式和消费模式，实现农业经济活动与生态良性循环的可持续发展。

发展生态循环农业，可以针对我国地域辽阔，各地自然条件、资源基础、社会与经济发展水平差异较大的情况，充分吸收我国传统农业精华，结合现代科学技术，以多种生态模式、生态工程和丰富多彩的技术类型装备农业生产，使各区域都能扬长避短，充分发挥地域优势，保证各产业都能根据社会需要与当地实际协调发展。可以运用物质循环再生原理和物质多层次利用技术，通过物质循环和能量多层次综合利用和系列化深加工，实现较少废弃物的生产和提高资源利用效率，实行废弃物资源化利用，降低农业成本，提高效益，

为农村大量剩余劳动力创造农业内部就业机会，保护农民从事农业的积极性。因此，完善生态循环农业模式，推广生态循环农业实用技术，对加快我国农业发展具有极其重要的现实意义。

然而，生态循环农业技术的开发与推广应用具有很强的外部性，它不仅能产生明显的经济效益，还会带来巨大的生态效益和社会效益，但这种外部性却很难内化为从事生态循环农业技术研究开发和推广应用部门的直接收益。因而，目前其研发和推广应用的动力仍显不足，不仅原有的优良传统技术没有得到很好发展，而且有自主知识产权并具有良好适用性和较高推广应用价值的实用技术较为缺乏。生态循环农业关键技术特别是农业生产资源节约集约利用、农业废弃物循环利用等方面的实用技术集成创新与推广应用滞后，极不利于我国农业的可持续发展。

欣喜“生态循环农业实用技术系列丛书”的问世，它首先贯彻了党的十八大绿色发展、循环发展、低碳发展的生态文明建设精神，同时符合中国现代农业科技发展之需求，也弥补了当今广大农村在实施生态循环农业中实用技术集成创新与推广的欠缺。

相信“生态循环农业实用技术系列丛书”的出版，能够有助于加快推进生态环境可持续的特色新型农业现代化的发展。

中国工程院 院士
国际欧亚科学院 院士

金黎明

2014年4月18日

丛书序二

从20世纪80年代开始，部分发达国家提出了生态农业概念，引起了世界各国的普遍重视。相对于传统农业而言，生态循环农业更加注重将农业经济活动、生态环境建设和倡导绿色消费融为一体，更加强调产业结构与资源禀赋的耦合、生产方式与环境承载的协调，是实现农业的经济、社会、生态效益有机统一的有效途径。生态循环农业是按照生态学原理和经济学原理，运用现代科学技术成果和现代管理手段，以及传统农业的有效经验建立起来的，它不是单纯地着眼于当年的产量和经济效益，而是追求经济效益、社会效益、生态效益的高度统一，使整个农业生产步入可持续发展的良性循环轨道。生态循环农业强调发挥农业生态系统的整体功能，以大农业为出发点，按“整体、协调、循环、再生”的原则，全面规划，调整和优化农业结构，使农、林、牧、副、渔各业和农村一、二、三产业综合发展，并使各业之间互相支持，相得益彰，提高综合生产能力。生态循环农业是伴随着整个农业生产的不断发展而逐步形成的一种全新农业发展模式。加快生态循环农业发展，既要注重总结与推广我国传统农业中属于生态农业的经验和做法，如：合理轮作、种植绿肥、施用有机肥等，还要加强研究与大力推广先进的生态循环农业新技术，如：为了减少白色污染而研制的光解膜、生物农药、生物化肥、秸秆还田、节水灌溉等。

加快发展生态循环农业，走资源节约、生态保护的发展路子，既有利于实现农业节能减排，减轻对环境的不良影响，又有利于改善农产品品质，提升产业发展水平，更好地将生态环境优势转化为产业和经济优势，满足城乡居民对农业的物质产品、生态产品和文化产品的需求，为农民增收开辟新的渠道。发展生态循环农业，通过优化农业资源配置，推行节约集约利用，有利于防止掠夺式生产带来的资源过度消耗；通过农业废弃物的资源化利用，有利于改善和保护生态环境，缓解环境承载压力，增强农业发展的协调性和可持续性。

2014年中央1号文件《关于全面深化改革加快推进农业现代化的若干意见》明确提出，要以解决好地怎么种为导向加快构建新型农业经营体系，以解决好地少水缺的资源环境约束为导向深入推进农业发展方式转变，以满足吃得好吃得安全为导向大力发展优质安全农产品，努力走出一条生产技术先进、经营规模适度、市场竞争力强、生态环境可持续的中国特色新型农业现代化道路。同时明确指出，要加大农业面源污染防治力度，支持高效肥和低残留农药使用、规模养殖场畜禽粪便资源化利用、新型农业经营主体使用有机肥、推广高标准农膜和残膜回收等试点，促进生态友好型农业发展。

为了适应我国农业发展的新形势以及中央关于农业和农村工作的新任务、新要求，“生态循环农业实用技术系列丛书”编写委员会组织有关高等院校、科研机构、推广部门、涉农企业等近30家单位长期从事生态循环农业技术研发的100多位技术研究和推广人员，从农业生产资源节约集约利

用、农业废弃物循环利用两大方面着手，选定20个专题进行了深入的理论研究与广泛的实践应用试验，形成了20部“实用技术”书稿。我相信这套丛书的出版，必将为加快我国生态环境可持续的特色新型农业现代化发展注入新的活力并发挥积极作用。

中国工程院院士

方智远

2014年4月22日

丛书前言

农业作为自然再生产与经济再生产有机结合的产业，离不开自然资源和生态环境的有效支撑。我国农业资源禀赋不足，且时间、空间分布上很不均衡，受经营制度、生产习惯等多种因素的影响，农业小规模分散经营，单纯依靠资源消耗、物质投入的粗放型生产方式尚未根本转变。随着经济社会的快速发展和人们生活水平的不断提高，城乡居民对农业的产品形态、质量要求发生深刻变化，既赋予了农业更为丰富的内涵，也提出了新的更高要求。在资源环境约束、消费需求升级、市场竞争加剧的多重因素逼迫下，我们正面临转变发展方式、推进农业转型升级的重大任务。随着工业化、城市化的快速推进以及农业市场化的步伐加快，农业受到资源制约和环境承载压力越来越突出，保障农产品有效供给、促进农民增收和实现农业可持续发展，更加有赖于有限资源的节约、高效、循环利用，有赖于生态环境的保护和改善，以增加资源要素投入为主、片面追求面积数量增长、污染影响生态环境的粗放型生产经营方式已难以为继。发展生态循环农业，运用可持续发展思想、循环经济理论和生态工程学的方法，加快构建资源节约、环境友好的现代农业生产经营体系，是顺应世界农业发展的新趋势和现代农业发展的新要求，是转变发展方式、推进农业转型升级的有效途径，是改善生态环境、建设生态文明的现实举措。发展生态循环农业，

有助于突破资源瓶颈制约，开拓农业发展新空间；有助于协调农业生产与生态关系，促进农业可持续发展；有助于推进农业产业融合，拓展农业功能，推动高效生态农业再拓新领域、再创新优势，为农业和农村经济持续健康发展奠定良好的基础。

为了加快生态循环农业技术集成创新，促进新型实用技术推广与应用，推动农业发展方式转变与产业转型升级，实现农业的生态高效与可持续发展。由浙江科技学院、嘉兴职业技术学院、浙江农林大学、浙江省农业生态与能源办公室、浙江省科学技术协会、浙江省循环经济学会共同牵头，邀请浙江大学、中国农业科学院、上海交通大学、浙江省农业科学院、浙江理工大学、浙江海洋学院、江苏省中国科学院植物研究所、温州科技职业学院、浙江省淡水水产研究所、江苏省海洋水产研究所、嘉兴市农业经济局、嘉兴市农业科学研究院、泰州市出入境检验检疫局、嘉兴市环境保护监测站、绍兴市农村能源办公室，上海市奉贤区食用菌技术推广站、乐清市农业局特产站、温州市篮丰农业科技开发中心等近 30 家单位长期从事生态循环农业技术与推广的 100 多位专家，合作开展生态循环农业实用技术研发及系列丛书编写，并按农业生产资源节约集约利用实用技术、农业废弃物循环利用实用技术 2 个系列分别进行技术集成创新与专题丛书编写。在全体研发与编写人员的共同努力下，研究工作进展顺利并取得了一系列的成果：发表了 400 余篇论文，其中 SCI 与 EI 收录 110 多篇；获得了 500 多个授权专利，其中发明专利 60 多个；编写了《农业生产节药实用技术》《湿地农业立体种养实用技术》《水肥一体化实用技术》《设施农业物联网

实用技术》《秸秆还田沃土实用技术》《生物炭环境生态修复实用技术》《沼液无害化处理与资源化利用实用技术》《桑、果树废枝栽培食用菌实用技术》《屠宰废水人工湿地处理实用技术》《蚕桑生产废弃物资源化利用实用技术》等系列丛书 20 分册，其中“节约集约农业实用技术系列丛书”8 册、“农业废弃物循环利用实用技术系列丛书”12 册。

生态循环农业实用技术研发与系列丛书编写工作的圆满完成，得益于浙江省委农办、浙江省农业厅有关领导的亲切关怀和大力支持，也得益于浙江大学、中国农业科学院、上海交通大学、浙江省农业科学院、浙江理工大学、浙江海洋学院等单位领导的全力支持与积极配合，更得益于全体研发与编写人员的共同努力和辛勤付出。在此，向大家表示衷心的感谢，并致以崇高的敬意！另外，还要特别感谢中国工程院院士、国际欧亚科学院院士金鉴明先生和中国工程院院士方智远先生的精心指导，并为丛书作序。

由于时间仓促，编者水平有限，丛书中一定还存在着许多问题和不足，恳请广大读者批评指正！

编委会
2014 年 3 月

前 言

随着资源耗竭加剧、环境污染和土壤退化等问题日益严峻，提高资源利用率、改善和修复被污染环境、保障农产品质量已经迫在眉睫。生物炭，特别是以清洁的农林生产及其加工产生的废弃物为原料生产获得的生物炭，作为一类新型环境功能材料已经引起广泛关注。除了在获取生物质能、废弃生物质资源化等方面有着重要作用外，生物炭还具有在土壤改良、水体净化、温室气体减排以及受污染环境修复等方面的应用潜力。这为应对和解决粮食危机、环境污染和全球气候变化等环境问题，提供了新的思路和途径。

生物炭施入土壤中不但可以增加土壤的有机质含量和提供养分，还可以有效地保存土壤水分和养料，调控土壤营养元素循环和改善土壤结构，提高土壤肥力。生物炭还能改变有毒元素的形态，抑制有毒元素对作物以及环境的危害，有助于植株正常生长和发育。生物炭进入土体后可以保存几百至上千年之久，因而能够长期保存、“固定”植物从大气中吸收的二氧化碳，相当于把碳在土壤中进行了长期固定。生物炭的碱性和微孔结构、巨大的比表面积，使其吸附能力超强，能够强烈吸附重金属和多种有机污染物。因此，制造生物炭不仅是一种固定二氧化碳的经济可行的方式，还能够提高农作物产量和质量，修复污染环境。生物炭拥有成本低、多功能等优点，使其可作为一类廉价高效的新型环境功能材料

应用于环境污染治理，在土壤改良、温室气体减排以及受污染环境修复等方面都展现出了巨大的应用潜力，已经受到社会各界的强烈关注。

本书根据当前国内外有关生物炭在环境污染领域的研究和应用情况，对生物炭的基本性质和污染物治理原理作了概述，介绍了生物炭在污染物治理方面的研究进展，以及某些研究成果在生产实践中得到应用的情况。因此，本书对多项具有实际可操作性的研究成果，及其已经在实践中应用的案例进行了详细介绍，以便推广这些研究成果，提高其在实践应用中的指导作用。由于生物炭原料、工艺对生物炭的性质影响巨大，因而在环境治理中的功效也存在很大的差异，因此，在实际应用中需要知晓所用具体生物炭的特点和性质，以便发挥其应有的作用。希望本书的出版可以为广大环境工作者和土壤工作者提供参考。

为了编写好本书，我们参阅了大量的文献资料，在此向这些资料的作者和单位表示诚挚的谢意！因文献众多，受篇幅所限，在书尾的“参考文献”中仅列出了部分主要参考资料。

鉴于编者水平有限，实践不足，加上生物炭研究正在蓬勃发展，相关技术研究尚处在不断发展之中，书中疏漏之处敬请读者指正。

作者

2014年9月