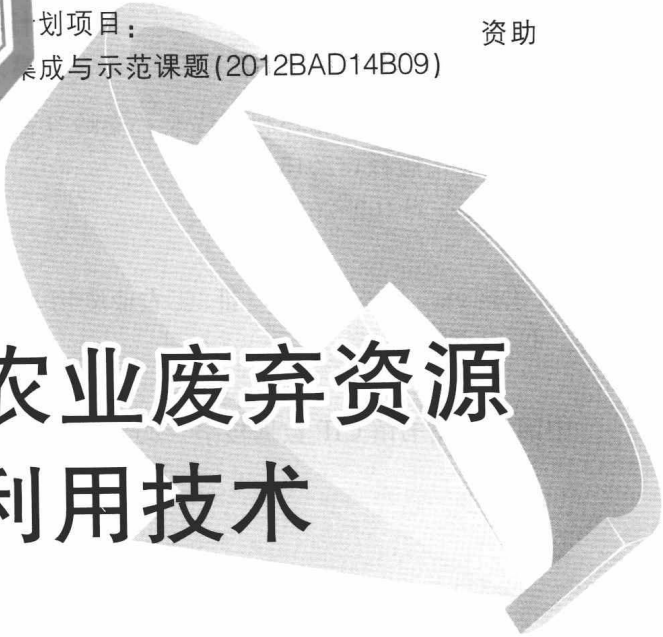


“十二五”国家科技支撑计划项目：
京郊农业产业循环技术集成与示范课题（2012BAD14B09）资助

现代农业废弃资源 循环利用技术

秦 岭 刘克锋 等 著

 中国农业出版社



计划项目：

资助

集成与示范课题(2012BAD14B09)

现代农业废弃资源 循环利用技术

秦 岭 刘克锋 等著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代农业废弃资源循环利用技术 / 秦岭等著. —北京: 中国农业出版社, 2015. 5
ISBN 978-7-109-20376-1

I. ①现… II. ①秦… III. ①农业废物—循环使用—研究 IV. ①X71

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 075786 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 姚 红

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 5 月第 1 版 2015 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 880mm×1230mm 1/32 印张: 11.625

字数: 350 千字

定价: 45.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编：秦 岭 刘克锋

副主编：蒋林树 王绍辉 陈青君

编 者：张文娜 王俊杰 姜 荣 姜奕晨

王顺利 张国庆 曹庆芹

审 稿：高 凡

目 录



第一章 农业废弃物循环利用发展概述	1
第一节 农业废弃物定义和分类	1
第二节 农业废弃物对环境的影响	2
第三节 农业废弃物循环利用理论基础	6
第四节 国内外农业废弃资源循环利用现状	10
第五节 我国农业废弃物资源化存在主要问题	13
第二章 农作物秸秆资源化利用循环模式与技术	16
第一节 农作物秸秆种类	16
第二节 秸秆循环利用模式与技术	22
第三节 秸秆循环利用模式的物流及能流分析	44
第四节 秸秆循环利用模式的特征及效益分析	57
第五节 秸秆资源利用趋势分析	77
第六节 秸秆产业化利用发展保障措施与建议	87
第三章 畜禽粪便资源化利用农业循环模式与技术	95
第一节 畜禽粪便污染及防治概况	95

第二节	我国畜禽养殖环境监测与评价	119
第三节	畜禽粪便特性及资源化处理概述	129
第四节	畜禽粪便肥料化利用技术及农业循环模式	134
第五节	畜禽粪便饲料化利用技术及农业循环模式	150
第六节	畜禽粪便能源化利用技术与农业循环模式	161
第四章	食用菌产业的农业循环模式与技术	171
第一节	食用菌在自然循环和经济循环中的地位	172
第二节	食用菌产业特点及在农业中的作用	176
第三节	食用菌可持续农业生态系统	184
第四节	林业—农业—养殖业与食用菌生态链	188
第五节	秸秆菌业发展现状与主要难点分析评价	207
第六节	食用菌产业与农业生态循环中需要解决的问题	218
第五章	以沼气开发利用为纽带的农业循环模式与 技术	220
第一节	沼气技术在我国应用发展的历程	220
第二节	沼气技术的原理	221
第三节	沼气开发对环境的影响	228
第四节	国家对农村沼气的政策	233
第五节	以沼气为纽带的生态农业循环模式	238
第六节	沼气后续服务体系	250
第七节	沼气开发利用存在的问题与对策	262
第八节	沼气综合开发利用实例	279

第六章 园林废弃物资源化利用技术与循环模式	301
第一节 国内外园林废弃物资源化利用现状	301
第二节 园林废弃物堆肥化处理关键技术	310
第三节 园林废弃物资源化利用产业发展模式	323
第四节 园林废弃物资源化利用产业发展存在问题与建议 ...	328
第七章 农业废弃物资源化利用发展趋势与政策	
建议	339
第一节 农业废弃物循环利用发展前景与趋势	339
第二节 农业废弃物资源化的发展战略	343
第三节 农业废弃物资源化利用工程模式构建	345
第四节 农业废弃物循环利用对策与建议	354
参考文献	357

第一章 农业废弃物循环利用 发展概述

第一节 农业废弃物定义和分类

农业废弃物是指在整个农业生产过程中被丢弃的有机类物质。主要包括作物生产过程中的植物废弃物，渔牧业生产过程中产生的动物废弃物，农业加工过程中产生的加工类废弃物和农村城镇生活垃圾等。狭义的农业废弃物特指秸秆和畜禽粪便。农业废弃物按其来源不同，可分为以下几种类型：①种植业废弃物，主要是指农田和果园残留物，如作物秸秆、果树枝条、杂草、落叶、果实外壳等。②养殖业废弃物，主要是指畜禽粪便和栏圈垫物等。③农副产品加工后的剩余物。④农村居民生活废弃物，包括人粪尿及生活垃圾。根据废弃物的形态，又可将其分为固体废弃物、液体废弃物和气态废弃物（图 1-1）。

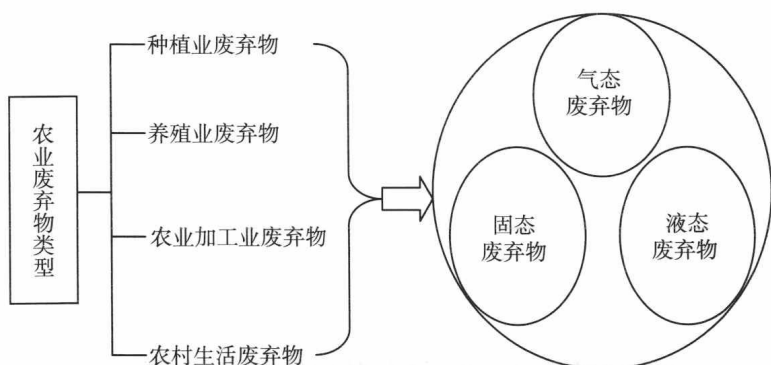


图 1-1 农业废弃物的分类（引自彭靖，2009）

初步估算，我国农业废弃物年产生量 39 亿 t。其中，畜禽粪便 26 亿 t，农作物秸秆 7 亿 t，蔬菜废弃物 1 亿 t，生活垃圾 2.5 亿 t，

其他 2.5 亿 t (图 1-2)。未来 20 年,我国农业废弃物的产生总量仍将呈持续增长趋势,畜禽养殖对环境的污染将更加严重。依据经济发展与农业废弃物产生量的关系,预计到 2020 年全国农业废弃物产生量将超过 50 亿 t,其中秸秆将达到 9.5 亿~11 亿 t,畜禽粪便将达到 41 亿 t (孙振钧, 2006)。

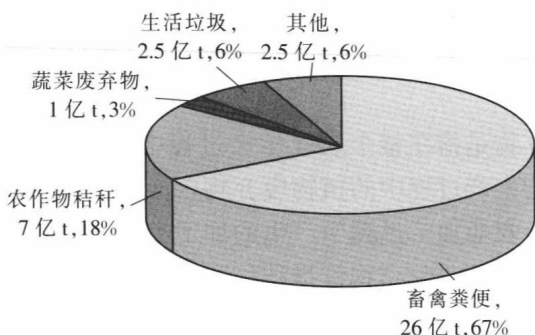


图 1-2 我国农业废弃物年产量分布图
(引自“十二五”科技支撑项目汇报用 ppt)

从循环农业的角度看,农业废弃物是某种物质和能量的载体,是错位的农业资源。统计显示,按目前的技术水平,中国年产农业废弃物能转化成 $3.11 \times 10^9 \text{ m}^3$ 沼气,户均达 $1.28 \times 10^3 \text{ m}^3$,可由此缓解农村的能源短缺;若将农作物秸秆用作发电,以 1 t 秸秆产生 1 kW·h 电量计算,年产 $5 \times 10^8 \text{ t}$ 秸秆就能生产 $5 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 电量;再将农业废弃物作为肥料,可提供氮 (N) 2.26×10^5 万 t、磷 (P_2O_5) $4.59 \times 10^4 \text{ t}$ 、钾 (K_2O) $2.72 \times 10^5 \text{ t}$;作为饲料,仅玉米秸秆能提供 $1.9 \sim 2.2 \times 10^8 \text{ t}$ 。可见,我国农业废弃物资源化利用的空间之大,循环农业前景之广,效益之巨。

第二节 农业废弃物对环境的影响

“农业源污染”是一个环境保护新概念,以前被称为“农村面源污染”,泛指广大农村地区在农业生产和农民群众生活过程中所

产生的、未经合理处置的污染物对水体、土壤和空气及农产品造成的污染，具有位置、途径、数量不确定，随机性大，发布范围广，防治难度大等特点。主要来源有两个方面：一是农村居民生活废物，二是农业生产过程中不合理使用而流失的农药、化肥、残留在农田中的农用薄膜和处置不当的农业畜禽粪便、恶臭气体以及不科学的水产养殖等产生的水体污染物。

一、污染大气

我国种植业每年有近 $1.0 \times 10^9 \text{ t}$ 的农业废弃物（秸秆）未能资源化利用（胡明秀，2004），焚烧是其主要形式。秸秆燃烧过程中会产生 CO 、 CO_2 和 SO_2 等有害气体（周正广，2003），对环境造成污染。如 CO 会破坏动物血红蛋白载氧功能，导致生物窒息死亡； CO_2 是温室气体，大量排放会加剧地球温室效应；甲烷是另一重要温室气体，在温室效应中的贡献率约为 15% 左右，其中来自于农田土壤微生物活动、农作物秸秆燃烧以及畜禽养殖业三个方



图 1-3 大气污染（图片来源新华网）

面的贡献率合计高达 70%（江传杰，2005）。秸秆燃烧时产生大量烟尘和 SO_2 ，后者既是酸沉降的发生源，也是许多疾病的诱因。畜禽粪便经微生物分解产生氨、硫化氢、乙醛、硫酚和挥发性脂肪酸等具有恶臭气味的物质（王伟加，2004）。这些物质会刺激动物神经系统，对呼吸中枢产生毒害，危害畜禽生长。

二、污染水体

据统计 2012 年我国畜禽粪便产出量超过 30 亿 t，远远超过我国固体废弃物的总量。这些畜禽粪便仅有一小部分作为肥料施入农田，绝大多数未经处理直接排入环境，是造成江河湖泊、水库富营养化的主要原因之一（曾昭鹏，2003）。粪便中含磷有机物进入河流湖泊中后，与硝酸盐产生协同作用，恶化水质，威胁鱼类、贝类、藻类和微生物生存。



图 1-4 水体污染（图片来源新华网）

三、污染土壤

农业废弃物污染土壤、继而毒害作物的方式有直接和间接之别，直接方式系指高浓度的畜禽粪便未经处理直接用做肥料可使作物徒长、倒伏、晚熟或不熟，根系腐烂，毒害作物，造成作物减产。但更多情况下，畜禽粪便是以间接方式影响作物：①畜禽养殖场堆置的大量畜禽粪便，在土壤微生物作用下经氨化、硝化等化学反应生成亚硝酸盐，随地表径流（或渗）进入土壤或进入地下水，污染土壤和地下水（江传杰，2005）。②粪便中大量的钠、钾盐与硝酸盐长期滞留土壤中，通过反聚作用使土壤孔隙变少，通透性降低，土壤结构破坏，生产力降低。③畜禽养殖饲料中添加的铜、锌、铁、砷等重金属大部分会随粪便排出，铜和锌的浓度过高会影响土壤还原力，而砷是一种剧毒物质，倘若作物继续在这些金属元素污染的土壤里生长，即便可以存活，也会被作物大量吸收，并通过食物链迁移至人类，带来严重的食品安全问题。④焚烧作物秸秆，既会造成大量养分流失，农田生态系统的物质循环遭阻断，土



图 1-5 土壤污染（图片来源新华网）

壤肥力下降，又会破坏土壤表层团粒结构，从而影响作物生长。此外，畜禽粪便能促进某些有害微生物及寄生虫种群增长，后者可以诱发作物生病，无法正常生长。

四、传播疾病

家畜粪便中含有大量生物病原体，包括肠道病菌、病毒和寄生虫卵。畜禽的粪便是微生物的良好载体，携带病菌的畜禽粪便能使病菌维持长时间的传染能力。这些粪便不及时处理，就会导致疾病的传播。而且，许多疾病可以在畜禽和人之间传播，影响人类健康。调查显示，粪便未进行无害化处理而导致的生物性污染，会造成农村人群肠道传染病，寄生虫病发病率和感染率较高，甚至儿童蛔虫感染率高达70%以上（祝学礼，2002）。更为不幸的是这些畜禽粪便还可造成周围环境大量蚊蝇孳生，后者可造成畜患疾病的进一步传播和蔓延。此时，畜禽生长出现问题，甚至大量死亡。蚊蝇大量孳生也可引起疟疾和流脑等疾病，威胁附近居民的生活状态与健康。

第三节 农业废弃物循环利用理论基础

一、农业生态学理论

（一）概念及内涵

农业生态学是生态学在农业上的分支，是用生态学和系统论的原理和方法，将农业生物与其自然环境作为一个整体，研究其中的相互作用、协同演变，以及社会经济环境对其调节控制规律，促进农业全面持续发展的学科。

农业生态学的根本任务是运用生态学的理论和方法，分析研究农业领域中的生态问题，探讨协调农业生态系统组分结构及其功能，促进农业生产的持续高效发展。农业生态学不仅要进行基础性的理论研究，更要为发展农业生产提出切实可行的技术途径，要理论与实践紧密结合。

（二）农业生态学的基本原理

农业生态学的基本原理，通常包括四方面的内容：个体生态、种群生态、群落生态和生态系统生态。美国科学家小米勒总结出的农业生态学三定律如下：

农业生态学第一定律：我们的任何行动都不是孤立的，对自然界的任何侵犯都具有无数的效应，其中许多是不可预料的。这一定律是 G. 哈定（G. Hardin）提出的，可称为多效应原理。农业生态学第二定律：每一事物无不与其他事物相互联系和相互交融。此定律又称相互联系原理。农业生态学第三定律：我们所生产的任何物质均不应地球自然生物地球化学循环有任何干扰。此定律可称为勿干扰原理。

农业生态学的基本原理的应用思路，是模仿自然生态系统的生物生产、能量流动、物质循环和信息传递而建立起人类社会组织，以自然能流为主，尽量减少人工附加能源，寻求以尽量小的消耗产生最大的综合效益，解决目前人类面临的各种环境危机。

二、循环经济理论

（一）概念及内涵

循环经济是指在投入少量的原料和能源等前提下，使资源被最大化地再生循环利用，最终实现经济的可持续发展。近年来，循环经济的研究和发展已受到各学术领域及各级政府的高度关注，作为一种新型的资源利用模式及发展理念，其已成为当前实施可持续发展战略的一个重要途径（崔和瑞，2004）。从生态经济的角度，循环经济是一种生态经济，它以生态学规律为指导来从事人类各项经济活动（肖波等，2005；冯之浚，2007）。循环经济是一种经济形态，它通过提高资源利用率，将传统的发展方式演变为依靠生态资源循环发展的方式（吴季松，2005）。从清洁生产与再生循环利用的角度，循环经济是一种将清洁生产和废弃物综合利用融合为一体的经济（曹凤中，2003）。循环经济是一种经济发展的模式，通过废弃物资源再生循环利用及清洁生产，以实现废弃物资源利用最大

化,排放最小化和污染最小化的目标(周宏春,2005;周宏大,2006)。从可持续发展的角度,循环经济是一条实现经济可持续发展途径(王金南等,2002)是一种以可持续发展理念为基础的新型发展模式,它以可持续发展为目标,从根本上解决经济增长与环境资源间的矛盾(解振华,2005)。

(二) 基本原则

循环经济发展遵循 3R 原则,即减量化原则、再利用原则和再循环原则。

减量化原则本质上是用少量的原料和能源投入来实现既定生产目的或者消费目的,继而从经济活动源头就开始注重节约利用资源并减少环境染。减量化原则在生产、消费等不同环节具有不同的表现。在生产环节,减量化原则常要求产品向小型化及轻型化发展;在消费环节,减量化原则要求产品包装应尽量简单朴实非豪华浪费,从而实现减少废弃物排放的目的。

再利用原则要求制造的产品与包装的容器都能以初始形式被反复地使用,其反对当今各国一次性用品的使用,生产商应将制品与其包装当作某种日常生活用具来设计,使其能够被反复使用。再使用原则要求制造商应最大程度地延长其生产产品的使用期,通过再利用,从而防止产品过早地被废弃。

再循环原则要求完成某种产品的使用功能后能将其重新变成可利用资源,而不是成为不可再生利用的废弃物。依据循环经济的理念,再循环有两类情形,一种情形是原级再循环,是指废弃物被循环地用来生产同种规格或者品种的新产品,如易拉罐再生易拉罐,报纸再生报纸等;另一种情形是次级再循环,是指将废弃物转化成为其他某些产品的原料。

三、农业可持续发展理论

(一) 概念及内涵

可持续发展包含经济、生态、社会三方面的协调与统一。人类生存及发展,需要讲求经济效益、关注生态和谐和追求社会公平,

以实现人类全面发展。可持续发展激励经济的增长,并非以保护环境为名来取消这种经济增长,因为经济发展是一个国家综合实力及社会财富的基础,可持续发展不单单注重于经济增长的数量,同时更加注重于经济发展的质量,可持续发展要求改变传统意义上的高投入、高消耗及高污染的生产与消费模式,实现清洁生产及文明消费,从而达到提效、节源及减废的目的,协调统一经济建设、社会发展及自然承载能力,保护并注意改善全球生态与地理环境、以可持续的发展方式来利用自然资源及环境成本,将人类发展程度控制在地球的承载能力以内。相较于以往将社会发展和环境保护对立的做法,生态可持续发展更为强调环境保护,大力倡导通过转变传统的发展模式,从人类发展源头及根本上来解决生态环境的各种问题。

(二) 基本原则

可持续发展需要遵循的基本原则主要包括公平性原则、共同性原则及持续性原则。

首先是公平性原则,从可持续发展的角度看,主要包括两方面的公平,一是本代人的公平;二是代际间的公平。一方面可持续发展要求满足人的基本需求,并给予公民机会以满足其所示高品质的生活的愿望。当今世界发展现状呈现的是部分人富裕,同时也有相当大部分的人仍处在贫困的状态,总体贫富差距较大,两极分化的现象也较为严重,这样的世界不具备实现可持续发展的条件。由此,要实现可持续的发展,就需要赋予全球公民以公平的分配及发展权,优先考虑消除可持续发展过程中的贫困问题。另一方面,要认清人类赖以生存的自然资源的有限性,本代人坚决不能因个人的需要就在某种程度上来损害后代人满足其需求的条件,即是要求自然资源与环境,要给历代人公平利用的权利。

其次是共同性原则,鉴于全球各国历史文化水平存在一定的差异,可持续发展的具体目标、政策及实施的步骤就不是唯一的。但可持续发展作为全球各国发展的共同目标,其最终目的与利益是相通,要达到共同的总体目标,就有必要联合全球来共同行动,从而

促使人与人、人与自然间的和谐，保持良好的互利共生关系。

第三是持续性原则，持续性原则的核心思想在于人类的经济建设与社会发展均不能超越自然资源和生态环境的承载能力。自然资源与环境是人类生存和发展的基石，可持续发展离不开资源与环境，如若离开其一，人类的生存与发展就无从谈及。可持续发展以保护地球自然生态系统为基础，人类的发展应充分考虑对自然资源的消耗速度，必须以不损害自然为前提，依据持续性的原则来合理调整生活方式，确定合理的消耗标准，防止过度生产和消费。

第四节 国内外农业废弃资源循环利用现状

农业废弃物资源化利用技术，是世界各国普遍需要解决的大课题。特别是随着自然资源日趋短缺和废弃物数量剧增，农业废弃物资源化利用越来越受到人们的重视。我国农业废弃物再利用有着悠久的历史，堆肥和沼气技术在传统的生态理念指引下被广泛应用，近些年来，我国农业废弃物资源再利用的方式主要有能源化、肥料化、饲料化和材料化等。对于植物纤维废弃物的资源化利用而言，主要采用废物还田、加工饲料、固化、炭化、气化、制造复合材料、制造化学品等技术；畜禽粪便的资源化利用则主要采用肥料化技术、饲料化技术和燃料化技术等。

一、农业废弃资源能源化利用现状

农业废弃物是农村能源的重要组成部分，在解决农村能源短缺和农村环境污染方面有重要的价值。近年来，中国先后对禽畜粪便厌氧消化、农作物秸秆热解气化等技术进行了攻关研究和开发，已经取得了一定成绩，生物质能高新转换技术不仅满足农民富裕后对优质能源的迫切需求，也在乡镇企业等生产领域中得到应用。目前，农业废弃物能源化的方向有：高效沼气和发电工程系统研究；组装式沼气发酵装置及配套设备和工艺技术研究；中热值秸秆气化装置和燃气净化技术研究；移动式秸秆干燥粮食工艺及成套设备研