

合性评估框架,使公众参与成效兼具可量化和可解释的双重属性,为制度优化与政策修订提供科学依据。

5.3 公众满意度、政策响应度与环境改善度的测度体系

公众参与效果的评估测度体系可以通过满意度、响应度和改善度三个维度构建综合评价体系。公众满意度反映了参与渠道的便捷性、程序透明度以及反馈及时性的社会感知;政策响应度展现了政府和企业对公众意见的吸收程度及行动力度;环境改善度则以污染减排、生态修复和环境质量提升作为量化指标。通过建立多维指标体系与权重模型,能够实现公众主观认知与客观环境数据的动态耦合。测度体系的科学化有助于识别公众参与的关键影响因素,揭示参与深度与环境绩效之间的内在关联,为政策优化提供量化依据。该体系在促进科学决策和社会共治方面具有重要的现实指导意义。

6 提升公众参与实效的对策与机制创新

6.1 强化制度保障与公众权利意识培育

公众参与的实效提升,离不开制度保障与权利意识的双重强化。通过完善法律法规和政策体系,可以为公众在环境事务中的知情权、参与权和监督权提供明确的依据。政府应构建责任明晰的制度架构,明确各部门在信息公开、意见征集与反馈处理中的职责边界,形成规范化的运行机制。在公众层面,需通过教育宣传和社会动员,提升环境权利意识,使参与行为从被动反应转变为主动表达。学校教育、媒体传播与社区培训,均可成为培育权利意识的重要载体。制度保障与意识提升相辅相成,有助于构建公民自觉参与、政府开放透明、社会共建共享的环境参与格局,为实现长效治理奠定坚实基础。

6.2 完善多元协同的环境治理参与平台

公众参与的深化依赖于多元协同的平台建设。政府、企业、社会组织及公众应在开放互动的平台上实现信息共享与协同决策。构建跨部门、跨区域的协作机制,推动环境治理从单向行政管理转向社会协同治理。数字化平台的建设为多方协作提供技术支撑,通过在线意见征集、舆情互动与政策追踪等功能,提升公众参与的便利性与透明度。社会组织在平台中可发挥桥梁作用,促进专业知识转化与社会资源整合。通过制度化平台保障公众表达的持续性与有效性,形成

多元主体共同参与的生态体系,使环境治理过程更加公开、协商且高效。

6.3 构建基于数据支撑的公众参与反馈与激励机制

数据技术的进步为公众参与提供了科学化与精准化的有力支撑。通过构建环境信息数据库及动态反馈系统,能够实现公众意见的实时收集、分类与深度分析,为决策部门提供可靠的量化依据。政府可借助数据发掘技术,精准识别公众关注的热点问题及参与趋势,从而提升政策响应的速度与精准度。建立公众意见反馈的闭环机制,确保每一次参与都能获得有效回馈,进一步增强公众的信任感。通过积分评价、信用加分及社会荣誉等多元化激励机制,有效调动公众的积极性,推动公众参与常态化。数据支撑体系的不断完善,不仅提升了环境治理的科学性,也为公众参与的制度创新提供了坚实的技术保障,有力促进了环境治理的智能化与透明化发展。

7 结语

环境保护实践中的公众参与,不仅是社会治理现代化的重要组成部分,更是生态文明建设的内在需求。借助制度建设、平台创新及数据支撑,公众在环境决策、执行和监督中的角色日渐突出,有效促进了治理结构的民主化和科学化。尽管当前公众参与已取得显著成效,但在参与深度、机制完善及反馈效能等方面仍需进一步加强。未来,应持续完善法治保障体系,健全多元协同机制,推动信息公开与公众监督的常态化运作。通过制度、技术与文化的融合创新,构建政府、企业与社会公众协同共治的长效机制,为打造人与自然和谐共生的现代化环境治理体系提供持续动力和坚实的制度支撑。

参考文献

- [1] 周皓.广州市生态环境保护社会宣传工作的思考与对策[J].中国轮胎资源综合利用,2025,(09):156-158.
- [2] 田红星.自然保护地社区合作管理的法理解析[J].法治研究,2025,(05):103-118.
- [3] 李全喜,单景泽.公众参与视角下坚持和完善生态文明制度体系路径探赜[J].学习论坛,2025,(04):26-33.
- [4] 陈丽云.加快推进钢铁行业环保设施向公众开放,营造全员监督、公众参与的良好社会氛围[J].世界环境,2025,(03):52-53.
- [5] 杜少中.用新媒体讲好环境故事,进一步动员公众参与[J].世界环境,2025,(03):16-18.

Study and Industrialization of Agricultural Waste Resource Utilization under Circular Agriculture Model

Kechao Song Huaifeng Hua Cunming Dong

Jiangsu Siweibo Biotechnology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211800, China

Abstract

Driven by agricultural modernization and ecological civilization initiatives, the resource utilization of agricultural waste has become a pivotal component of circular agriculture systems. China's agricultural production generates substantial waste including crop residues, livestock manure, by-products from agricultural processing, and agricultural films. Improper disposal of these wastes not only causes environmental pollution but also wastes renewable resources. Based on circular agriculture theory, this study analyzes the types, characteristics, and resource utilization pathways of agricultural waste, explores technical approaches for energy conversion, fertilizer regeneration, and material reuse, and conducts comparative research on industrialization cases in typical regions. By establishing an integrated "crop-livestock combination-energy-fertilizer conversion-industrial cycle" model, the study proposes industrial development strategies featuring multi-stakeholder collaboration, policy guidance, and technological support. Research findings demonstrate that agricultural waste resource utilization not only reduces waste volume and enhances environmental safety, but also promotes agricultural structural optimization and green industrial upgrading, providing effective support for sustainable agricultural development and carbon neutrality goals.

Keywords

Circular agriculture; Agricultural waste; Resource utilization; Industrialization; Ecological agriculture

循环农业模式下的农业废弃物资源化利用研究与产业化

宋克超 华怀峰 董存明

江苏思威博生物科技有限公司, 中国·江苏南京 211800

摘要

在农业现代化与生态文明建设的双重推动下, 农业废弃物资源化利用成为循环农业体系的关键环节。我国农业生产中产生大量秸秆、畜禽粪污、农产品加工副产物及农业薄膜等废弃物, 若处理不当, 既会造成环境污染, 也浪费了可再生资源。本文基于循环农业理论, 分析农业废弃物的种类、特征与资源化途径, 探讨其在能源转化、肥料再生和材料再利用等方面的技术路径, 并对典型区域的产业化案例进行比较研究。通过建立“种养结合—能肥转化—产业循环”模式, 提出多主体协同、政策引导与技术支撑的产业化发展策略。研究表明, 农业废弃物资源化不仅能减量化、无害化废弃物, 还能促进农业结构优化与绿色产业升级, 为农业可持续发展与“碳中和”目标提供有效支持。

关键词

循环农业; 农业废弃物; 资源化利用; 产业化; 生态农业

1 引言

随着农业生产规模化与集约化的推进, 农业废弃物的产量逐年增长。据统计, 我国每年产生农作物秸秆约 8 亿吨、畜禽粪污超 35 亿吨、农产品加工废弃物约 2 亿吨。若未能有效利用, 这些废弃物将引发土壤退化、水体富营养化与温室气体排放等环境问题。循环农业模式通过“减量化—再利用—再生资源化”的闭环管理, 实现农业物质与能量的内部循环, 为解决农业面源污染与资源浪费提供新思路。当前,

农业废弃物资源化利用技术已从单一处理向系统集成、产业链协同转变。然而, 技术碎片化、产业分散化与政策支持不足仍制约其推广与规模化发展。本文旨在从循环农业的系统视角出发, 研究农业废弃物的资源化利用路径、技术体系与产业化机制, 为构建绿色、高效、可持续的现代农业提供理论与实践支持。

2 循环农业模式的理论基础与系统结构

2.1 循环农业的概念与内涵

循环农业以生态学原理为基础, 强调农业生产体系内物质循环与能量再生。其核心在于通过科技创新与系统设计, 将农业废弃物转化为生产资料, 实现“资源—产品—再

【作者简介】宋克超(1989—), 男, 中国甘肃张掖人, 本科, 工程师, 从事土壤微生物区系调控研究。

生资源”的闭环循环。与传统农业相比，循环农业不仅关注产量与经济效益，更重视资源效率、环境友好与生态平衡。它通过“种养结合”“农工结合”“废弃物回用”等机制，实现农业系统的多层级物质流与能量流循环，促进农业由线性增长向生态循环转型。

2.2 循环农业的系统构成与功能层次

循环农业体系通常由“生产—加工—再利用—再生”四个功能层次构成。生产层面涵盖种植与养殖的协同布局，加工层面实现副产物收集与转化，再利用环节侧重于能源与肥料的再生，最终通过再生层形成生态修复与经济回馈。各环节间通过信息与物质流耦合形成闭环结构，体现了系统的协同性与可持续性。通过合理设计，可在区域范围内实现农业、畜牧业、加工业与环保产业的融合，形成高效的循环链条。

2.3 循环农业的经济与生态价值

循环农业不仅能有效缓解农业污染问题，还具有显著的经济与社会效益。其经济价值体现在废弃物变资源、资源变产品的增值效应；生态价值则表现为土壤修复、碳汇增强与生态系统服务功能提升。通过资源再利用，可减少化肥使用量20%—30%，降低农业碳排放约15%。在“双碳”战略背景下，循环农业的推广对于构建绿色农业产业体系与推动农村生态文明建设具有战略意义。

3 农业废弃物的类型、特征与资源化潜力分析

3.1 秸秆类废弃物的利用特征

秸秆是农业废弃物中产量最高、覆盖范围最广的类型之一，其主要化学成分为纤维素、半纤维素与木质素，具备较高的碳含量与能量密度。长期以来，露天焚烧秸秆造成的空气污染与碳排放问题严重，而循环农业的发展为其提供了多元化的利用途径。秸秆肥料化是最基础的资源化形式，通过机械粉碎与还田，可显著提高土壤有机质与保水能力；秸秆饲料化则利用生物发酵或氨化处理，提高其可消化率，成为反刍动物的重要饲料来源。秸秆燃料化利用通过成型燃烧、气化或热解技术，将其转化为生物质能源，为农村清洁能源结构转型提供支撑。此外，秸秆还可作为造纸、建筑材料及生物基塑料的原料。未来，应通过热化学与生物化学协同转化技术，实现秸秆从低附加值原料向高值化产品的转变，构建农业废弃物资源化与材料化的双循环体系。

3.2 畜禽粪污的资源转化途径

畜禽粪污是农业废弃物中污染潜力最大但资源化价值也最高的类型。其富含有机质、氮、磷、钾等营养元素，是有机肥料的重要来源。传统粪污排放不仅造成水体富营养化，还会增加温室气体排放。现代循环农业通过厌氧消化、堆肥发酵、膜分离与液体肥料生产等技术实现粪污资源化利用。厌氧发酵可产出沼气，用于供电、供热与炊事，其副产物沼渣和沼液则作为高效肥料还田，实现“能肥结合”。堆

肥发酵能在高温条件下杀灭病原菌并促进有机质矿化，提升肥料品质。近年来，部分养殖场已构建“粪污—能源—肥料—农田”的闭环循环模式，实现了废弃物减量化与生态化利用，形成了以能源回收和养分循环为核心的高效生态农业系统，推动了农村可持续发展。

3.3 农产品加工废弃物与农业塑料的再利用

农产品加工副产物及农业塑料废弃物是循环农业体系中不可忽视的资源。果蔬皮渣、谷壳、油料饼粕等富含纤维素、蛋白质及活性物质，可通过微生物发酵、提取及化学改性技术转化为有机肥、生物饲料或功能性材料。例如，油料饼粕可制成有机肥或生物炭，谷壳粉经热解可制得多孔炭吸附材料，用于土壤修复与水质净化。与此同时，农业塑料薄膜和包装废弃物的“白色污染”问题日益突出。通过建立分类回收体系与再造循环机制，可显著提升塑料利用率。新兴的可降解地膜与生物基塑料技术为塑料污染治理提供了有效解决方案，既降低了环境压力，又延伸了农业产业链的循环价值。通过加工废弃物与塑料再利用的协同治理，农业生产体系正逐步向“零废弃、全循环”的绿色模式迈进。

4 农业废弃物资源化的关键技术体系

4.1 生物转化技术在废弃物利用中的应用

生物转化技术是农业废弃物资源化利用的核心环节，通过微生物的代谢作用和酶促反应，将有机废弃物转化为高附加值产品或清洁能源。其主要形式包括堆肥化、厌氧消化与微生物发酵等。堆肥化是将有机质分解为稳定腐殖质的过程，不仅能提升有机肥的养分含量和生物活性，还能有效杀灭病原菌与杂草种子，减少环境风险。厌氧发酵可生成沼气，用于发电或供热，其副产物沼渣、沼液可作为优质有机肥返回农田，实现“能肥结合”。近年来，微生物群落结构优化与酶促反应控制技术的发展，使生物转化过程的碳氮平衡与发酵效率显著提升。通过强化反应器设计与温度调控，可实现高浓度有机质的高效分解。生物转化技术不仅实现废弃物的减量化与无害化，还在农业循环体系中形成能量回收与养分再生的闭环模式，为农业可持续发展提供重要技术支撑。

4.2 热化学转化与能源化利用技术

热化学转化技术是实现秸秆及木质废弃物能源化利用的重要途径，其核心包括热解、气化和燃烧三大技术路径。热解技术在缺氧条件下将生物质分解为可燃气、焦油与生物炭等多种产物，具备能量转化效率高、碳排放低的特点。气化技术则通过高温裂解生成合成气，可用于发电、供热或制取液体燃料与化工原料，实现从固体到气体能源的高效转化。燃烧技术在农业废弃物处理中的应用逐渐从单一焚烧向高效余热回收与梯级利用转变。现代农业能源系统中，通过多级热能回收装置，可将废热用于物料干燥、发酵温控与温室供能，构建“能源—废热—再利用”的循环体系。与传统燃料相比，生物质热化学转化过程碳中性特征显著，可有效