

Co-processing and Utilization Technology of Waste from Beef Cattle and Poultry Breeding

Kaian Long

Xuanhan Vocational Secondary School, Sichuan Province, Dazhou, Sichuan, 636150, China

Abstract

With the advancement of large-scale livestock farming, the volume of waste from beef cattle and poultry breeding has surged dramatically, posing challenges to agricultural ecology and resource recycling. Traditional single-treatment methods exhibit low utilization efficiency, pollution transfer, and insufficient benefits. Beef cattle manure is rich in fiber, while poultry manure contains high levels of nitrogen and phosphorus. The complementary physicochemical properties of these two types of waste create favorable conditions for synergistic treatment. This study establishes a synergistic recycling system integrating anaerobic digestion, composting fermentation, and resource utilization, systematically investigating its energy recovery, fertilizer production, and ecological environmental application value. The research demonstrates that synergistic treatment significantly enhances organic matter degradation rates, optimizes carbon-to-nitrogen ratios, reduces ammonia nitrogen and greenhouse gas emissions, and achieves waste reduction, harmlessness, and resource utilization. This provides a practical technical pathway for the green, low-carbon, and sustainable development of livestock farming.

Keywords

beef cattle farming; poultry farming; waste treatment; synergistic utilization; circular agriculture

肉牛与家禽养殖废弃物协同处理及利用技术

龙开安

四川省宣汉职业中专学校, 中国 · 四川 达州 636150

摘 要

随着畜牧业规模化推进, 肉牛、家禽养殖废弃物量剧增, 成为农业生态与资源循环利用的制约因素, 传统单一处理模式存在利用率低、污染转移、效益不足等问题。肉牛粪污富纤维, 家禽粪便高氮磷, 二者理化特性互补, 为协同处理创造有利条件。本文构建厌氧消化、堆肥发酵与资源化利用协同循环体系, 系统探究其能源回收、肥料产出与生态环保应用价值。研究表明, 协同处理可显著提升有机物降解率, 优化碳氮配比, 降低氨氮及温室气体排放, 达成废弃物减量化、无害化与资源化, 为畜牧业绿色低碳可持续发展提供切实可行技术路径。

关键词

肉牛养殖; 家禽养殖; 废弃物处理; 协同利用; 循环农业

1 引言

肉牛与家禽养殖业在保障居民蛋白质供给、促进农村经济发展方面具有重要作用, 但伴随生产规模扩大, 养殖废弃物数量激增, 若处理不当将引发氨氮污染、水体富营养化及温室气体排放等环境问题。肉牛粪污含有较高的纤维素和木质素, 分解周期长; 家禽粪便富含氮、磷等速效养分, 发酵反应迅速。二者在有机成分及微生物活性上的差异, 使协同处理成为提升资源化效率的可行途径。通过科学配比、联合发酵与多级利用, 可在改善发酵性能的同时实现能量与养分的循环再生。近年来, 国内外学者在混合厌氧发酵、堆肥

协同与能源转化等领域进行了广泛研究, 取得了显著成效。本文将系统探讨肉牛与家禽养殖废弃物协同处理的机理与关键技术路径, 分析典型工艺的优化策略, 旨在为畜禽养殖废弃物的减量化、无害化与资源化利用提供技术支撑与理论依据。

2 肉牛与家禽养殖废弃物的特性分析

2.1 肉牛粪污的理化特征与处理难点

肉牛粪污以粗纤维、有机残渣和未完全消化的植物性物质为主, 含水率一般在 85% 以上, 碳氮比高达 25 : 1 至 35 : 1, 具有有机质含量高、降解速度慢的特点。其主要问题在于木质纤维素含量高, 微生物难以直接分解, 导致厌氧发酵产气效率偏低。若未经预处理直接排放或堆放, 不仅造成恶臭扩散, 还会因渗滤液中高浓度氨氮而污染地下水。肉

【作者简介】龙开安 (1975-), 男, 中国四川达州人, 本科, 高级讲师, 从事畜牧兽医研究。

牛粪污的高黏度与低易降解性,决定了单独处理难以实现高效转化,需通过与高氮类废弃物的协同处理改善微生物生长环境与营养平衡。

2.2 家禽粪便的组成特性与潜在风险

家禽粪便中含有大量可溶性有机物、蛋白质及尿酸,氮、磷含量高,碳氮比一般在 10 : 1 至 15 : 1 之间。其有机成分易被微生物分解,发酵活性强,能够为混合物提供充足的氮源与快速降解菌群。然而家禽粪便中氨氮浓度较高,若处理不当易造成氨挥发与酸碱失衡,影响厌氧系统稳定运行。同时,病原菌和抗生素残留亦构成潜在生物安全风险。通过与肉牛粪污混合处理,可在稀释污染物浓度的同时改善碳氮比和缓冲体系,提高反应系统的稳定性。

2.3 协同处理的理化互补性分析

肉牛与家禽粪污在理化特性上呈明显互补。肉牛粪污为碳源丰富、氮素不足的高 C/N 物料,家禽粪便则为氮素过剩、碳源不足的低 C/N 物料。两者按适宜比例混合后,可将 C/N 比调控至 20 : 1 至 25 : 1 范围,形成适合微生物繁殖的营养环境。协同处理不仅改善基质结构、提高通气性与水分平衡,还可促进细菌与真菌的共代谢作用,提升有机质降解速率。研究表明,混合比例为肉牛粪污 60% 至 70%、家禽粪便 30% 至 40% 时,厌氧发酵产气量提升约 25%,堆肥腐熟周期缩短 20%,实现显著的协同增效效应。

3 肉牛与家禽养殖废弃物协同处理的关键技术

3.1 厌氧消化协同发酵技术

厌氧消化是畜禽粪污资源化与无害化处理的核心路径,其本质是微生物在无氧环境中分解有机质生成沼气,实现能源回收与污染减量。肉牛与家禽废弃物协同厌氧发酵能在优化碳氮比(C/N)平衡的同时增强系统稳定性和产气效率。肉牛粪污中含有大量纤维素和木质素,需通过物理(粉碎、加热)或化学(碱化、氧化)预处理破坏细胞壁结构,以提高有机物可降解性。家禽粪便富含氮源,能促进产酸阶段的微生物代谢,改善反应体系的营养供给。为维持微生物群落活性,发酵温度宜控制在 35 ~ 38℃ 的中温区,并通过投加缓冲剂和微量元素(如镍、钴、钼等)稳定 pH 与代谢平衡。采用多级反应器设计可实现水解、产酸与产甲烷阶段的空间分离,提高甲烷浓度与能量转化率。协同厌氧体系中,甲烷产率比单一发酵提高 20% 以上,系统抗冲击能力显著增强,为养殖废弃物清洁能源化利用提供有效途径。

3.2 好氧堆肥与高温腐熟技术

堆肥是肉牛与家禽废弃物协同处理的重要方式,其核心是微生物在好氧条件下对有机物的降解与腐熟转化。肉牛粪污含水率高、结构疏松,通气性差;家禽粪便富含氮源、反应迅速,二者协同可调节 C/N 比并加快升温速率。堆肥温度应稳定在 55 ~ 65℃,可有效杀灭病原菌和寄生虫卵,抑制臭气与氨挥发。通过添加秸秆、稻壳、生物炭等辅料,

可改善堆体孔隙结构、增强氧扩散与水分调节能力。高温阶段主要进行蛋白质与纤维素降解,降温与熟化阶段则促进腐殖质形成。协同堆肥可使氮素损失率降低约 15%,腐熟时间缩短 20%,有机质矿化率提高 30% 以上。产物具有较高的养分含量和土壤改良价值,可作为高品质有机肥广泛应用于农田与园艺系统,实现废弃物的无害化与生态化利用。

3.3 资源化与能源化综合利用技术

肉牛与家禽粪污协同处理,核心目标是实现能源转化与养分循环双重利用。厌氧消化产生的沼气可供热、发电或作替代燃料,沼液沼渣经处理制成液体肥与土壤改良剂,适配农业施用;好氧堆肥产物富腐殖酸与稳定有机碳,能培肥农田、改良土壤微生态,亦可用于园林基质及生态修复。协同处理中结合膜分离等技术提取氨氮、磷钾资源,开发高附加值肥料,提升养分再生利用率。全程遵循减量化、无害化、资源化原则,构建养殖-处理-农用闭环生态链,同步实现废弃物能源化与肥料化,提升资源利用率,助推畜禽养殖绿色低碳循环转型。

4 协同处理过程中的系统优化与运行管理

4.1 混合比例与 C/N 比的动态调控

协同发酵与堆肥过程的稳定性与效率在很大程度上取决于混合比例及 C/N 比的动态控制。肉牛粪污碳含量高而氮含量不足,家禽粪便氮含量高而碳源相对不足,两者按科学比例混合可使 C/N 比维持在 20 : 1 至 25 : 1 的适宜范围内。若碳含量过高,会抑制氮循环和微生物繁殖;氮过量则易导致氨挥发、酸化及系统失稳。因此,应根据原料理化特征与含水率动态调配混合比例,并利用传感技术进行实时监测,包括温度、pH、C/N 比、氧含量与气体产量等关键参数。为提高反应均匀性,可采用物料分层投放、间歇翻堆与阶段性搅拌等方式,防止局部缺氧或热积累现象。通过引入自适应控制算法与模糊调节机制,实现发酵过程参数的智能优化,使协同体系在物料组成波动或环境变化条件下仍能保持高效稳定的运行状态。

4.2 发酵动力学与微生物群落优化

协同发酵本质是多微生物特定环境下的代谢协同,二者菌群优势互补:肉牛粪污富含纤维降解菌群,主导复杂有机物初级分解;家禽粪便富含产酸菌与甲烷菌,助力有机酸转化和甲烷生成。合理混配可构建稳定微生物生态系统,耦合优化纤维素分解、产酸及产气全过程。动力学研究显示,协同体系有机物降解速率常数较单一体系提升 20%-30%,甲烷转化效率亦显著提高。可通过高通量测序解析群落结构、识别关键功能菌群,接种复合菌剂或调控温度、pH、搅拌频率等优化菌群平衡,维持适宜碱度与温度梯度,保障高负荷下系统稳定性与抗冲击能力。

4.3 运行管理与环境控制策略

高效运行管理是协同处理系统长效稳定的关键。系统

设计需强化设备防渗、防腐与保温,反应器配备恒温控制和均匀搅拌功能,减少热量损耗与局部结壳。运行中搭建完善环境监测体系,多点采集并动态记录温度、湿度、气体浓度、流量及 pH 等指标,实现全程数据可视化管控。配套密闭收集与气体净化装置,如生物滤池、洗涤塔等,处理臭气与温室气体确保达标排放。管理上制定标准化规程与应急预案,明确岗位职责与监控流程,快速处置运行异常;引入物联网、智能诊断及远程运维技术,实现自动化管控与预测性维护,保障环境安全,达成高效清洁可持续运行目标。

5 协同利用的环境与经济效益分析

5.1 环境减排与生态修复效益

肉牛与家禽养殖废弃物协同处理技术在环境治理与生态修复方面具有显著成效。通过厌氧消化过程将高浓度有机污染物转化为清洁能源沼气,可有效降低废弃物中的 COD、BOD 及氨氮含量,污染削减率普遍超过 80%。在好氧堆肥阶段,高温环境促进病原菌、寄生虫卵及抗生素残留物的降解,大幅减少农业面源污染风险。协同处理后的沼渣、堆肥产品富含有机质和稳定性腐殖质,施用于农田可改善土壤结构、增强团粒性和水肥保持能力,同时提升土壤微生物多样性,促进土壤生态系统恢复。研究显示,每处理 1 吨混合粪污可减少约 1.2 吨二氧化碳当量排放,显著降低温室气体排放强度,为农业实现“碳达峰—碳中和”目标提供切实技术路径。此外,废弃物循环利用还可减少化肥使用量,缓解农业生态系统的营养失衡,实现环境修复与生态保护的协同效应。

5.2 资源循环与经济收益分析

协同处理技术不仅是环境治理手段,更是推动农业资源高效利用的重要环节。通过厌氧发酵获得的沼气可用于农场供热、生活燃料及发电上网,形成可再生能源循环体系。沼液与沼渣经脱水、稳定化处理后可制成液体或固体有机肥,实现养分再生与农田回补。堆肥产物因富含氮、磷、钾及腐殖酸,可作为高效有机肥广泛应用于生态农业与园艺产业。综合测算显示,每处理 1000 吨混合粪污可产沼气约 6 万立方米、沼渣堆肥约 150 吨,经济收益提升约 35%,同时节约化肥支出与废弃物运输成本。协同处理体系通过设备共用与区域化布局,降低建设与运营费用,提升能效与资源利用率。对于规模化养殖企业而言,该模式不仅增强了经济韧性,还构建了“能源—肥料—生态”三位一体的循环产业链,实现环境效益、经济效益与社会效益的多重叠加。

5.3 社会与政策支持价值

肉牛与家禽废弃物协同处理技术的推广应用,对推动农业绿色发展和乡村生态振兴具有重要社会价值。建立政府引导、企业主体与农户参与的多层治理模式,是实现区域畜禽粪污统一收集与处理的有效途径。政府部门应完善粪污资源化利用政策,提供财政补贴、税收优惠与信贷支持,鼓励社会资本投资沼气联产与肥能一体化项目。同时,应制定行业标准与技术指南,促进协同处理体系的规范化建设与运行。科研机构和技术推广部门应加强关键技术研发与成果转化,推动智能监测、微生物强化发酵等新技术在养殖废弃物处理中的应用。教育与培训体系的完善能提升农户环境意识与操作水平,促进技术落地与长期运行的稳定性。通过政策支持与社会协同,协同处理技术将成为农村绿色能源供应和生态循环农业建设的重要支撑,助力我国畜牧业向清洁、高效、低碳方向转型。

6 结语

肉牛与家禽养殖废弃物的协同处理与综合利用,是实现畜牧业绿色转型与农业生态循环的重要技术路径。通过科学配比与系统设计,可在优化 C/N 比、提升能源回收率与稳定发酵性能的同时,实现污染物减排与资源高效再生。协同处理体系兼具能源化与肥料化双重功能,促进养殖业从末端治理向源头减量与循环利用转变。未来应强化多学科融合研究,推进微生物群落调控、智能化监测与政策机制创新,建立可复制、可推广的区域化协同处理模式,为我国畜禽养殖废弃物的可持续管理提供理论基础与实践路径,推动农业生产迈向绿色、高效与低碳的新阶段。

参考文献

- [1] 董杏林,唐愚.湘潭县畜禽养殖废弃物资源化利用对策[J].中国畜牧业,2018,(08):60-61.
- [2] 李双来,规模化畜禽养殖场污染治理与废弃物资源化高效利用技术与示范.湖北省,湖北省农业科学院植保土肥研究所,2015-02-09.
- [3] 郭亚男,肉牛粪污和农业废弃物微生物发酵利用技术与示范.宁夏回族自治区,宁夏农林科学院动物科学研究所,2024-11-14.
- [4] 陈润东.肉牛养殖废弃物资源化利用的环保效益与技术路径[J].畜牧业环境,2025,(14):33-34.
- [5] 王悦,闫佳惠,张越杰.肉牛养殖废弃物资源化利用生态补偿偏好研究[J].农业技术经济,2024,(02):96-109.