

禽舍高锰酸钾和中草药熏蒸消毒效果对比研究

齐军喆¹, 张月娟², 李桂伶^{2*}

¹北京农业职业学院智慧农业工程学院, 北京

²北京农业职业学院教务处, 北京

收稿日期: 2026年8月1日; 录用日期: 2026年8月27日; 发布日期: 2026年9月2日

摘要

为筛选适配规模化禽类养殖的高效、安全、环保消毒工艺, 破解传统消毒技术适配性不足, 综合效益失衡的行业痛点, 本研究对比分析高锰酸钾-甲醛熏蒸与中草药熏蒸两种消毒方式在封闭式肉鸡禽舍内的消杀效果、养殖适配性、经济成本及环境效益。试验以标准化封闭式肉鸡禽舍为试验载体, 以环境细菌总量、优势致病菌杀灭率、肉鸡生理生长指标、消毒综合成本、环境残留及设备损耗为评价指标, 量化剖析两种熏蒸消毒工艺应用优劣。结果显示: 高锰酸钾-甲醛熏蒸杀菌性能突出, 禽舍常见大肠杆菌、沙门氏菌杀灭率可达90%以上, 适用于疫病暴发后的应急消杀与空舍深度消毒, 但存在金属设备腐蚀作用强、肉鸡应激反应发生率高、甲醛残留易造成次生环境污染等缺陷; 中草药熏蒸依托多靶点抗菌机制, 消毒效果稳定性强、肉鸡刺激性低、无化学残留污染, 可降低养殖应急、优化禽舍微生态环境, 仅速效细菌消杀性能略低于高锰酸钾-甲醛熏蒸。本研究明确两种熏蒸消毒工艺适配场景, 可为规模化肉鸡养殖场消毒工艺标准化选型、绿色生态养殖体系构建提供理论依据与实践参考。

关键词

禽舍消毒, 高锰酸钾-甲醛熏蒸, 中草药熏蒸, 消毒效能, 绿色养殖

A Comparative Study on Fumigation Disinfection Effects of Potassium Permanganate and Compound Chinese Herbal Medicines in Poultry Houses

Junzhe Qi¹, Yuejuan Zhang², Guiling Li^{2*}

¹College of Smart Agricultural Engineering, Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing

*通讯作者。

文章引用: 齐军喆, 张月娟, 李桂伶. 禽舍高锰酸钾和中草药熏蒸消毒效果对比研究[J]. 药物资讯, 2026, 15(5): 471-480. DOI: 10.12677/pi.2026.155050

Abstract

To develop an efficient, safe, and eco-friendly disinfection technique suitable for large-scale poultry production and solve the industrial bottlenecks of poor applicability and unbalanced comprehensive benefits associated with traditional disinfection strategies, the present study comparatively investigated the sterilization efficacy, breeding adaptability, economic cost, and environmental performance of two fumigation approaches (potassium permanganate-formaldehyde fumigation and Chinese herbal medicine fumigation) in enclosed broiler houses. Using standardized enclosed broiler houses as the experimental platform, a series of evaluation indices were determined, including total airborne bacterial abundance, inactivation rate of predominant pathogenic bacteria, physiological and growth parameters of broilers, comprehensive disinfection cost, environmental residue level, and equipment loss, so as to quantitatively evaluate the practical advantages and limitations of the two fumigation disinfection technologies. The results demonstrated that potassium permanganate-formaldehyde fumigation possessed superior bactericidal capacity, with the inactivation rates of common poultry pathogens such as *Escherichia coli* and *Salmonella* exceeding 90%. This technique is suitable for emergency disinfection during disease outbreaks and thorough sanitization of empty poultry houses. However, it presents prominent disadvantages, including severe corrosion to metal facilities, a high incidence of stress responses in broilers, and secondary environmental pollution induced by residual formaldehyde. In contrast, Chinese herbal medicine fumigation achieves antibacterial effects through a multi-target mechanism, and is characterized by stable disinfection performance, negligible irritation to broilers, and zero chemical residues. This approach can effectively alleviate breeding stress and improve the indoor microecological environment of poultry houses, with only a slight deficiency in rapid bactericidal efficiency compared with potassium permanganate-formaldehyde fumigation. This study clarifies the applicable scenarios of the two fumigation disinfection technologies. The findings can provide a reliable theoretical basis and practical reference for the standardized selection of disinfection schemes and the establishment of green ecological breeding systems in large-scale commercial broiler farms.

Keywords

Poultry House Disinfection, Potassium Permanganate-Formaldehyde Fumigation, Chinese Herbal Medicine Fumigation, Disinfection Efficiency, Green Breeding

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景及现状

禽类养殖是我国畜牧业核心组成部分,行业集约化、规模化转型进程中,高密度饲养模式大幅提升舍内病原微生物交叉传播风险,细菌性群体性疫病高发,造成禽只死亡率上升、生产性能下降、兽药投入成本增加,制约禽类养殖产业提质增效[1][2]。规范化禽舍消毒是禽类疫病防控核心环节,消杀环境病原体、切断疫病传播的关键防控手段[3]-[5]。

当前国内养殖环保管控、畜禽食品安全标准持续升级,传统化学熏蒸消毒弊端不断凸显。高锰酸钾-甲醛熏蒸为代表的化学成熟消毒工艺,凭借强氧化性可快速灭杀细菌、病毒、真菌等多种病原微生物,杀菌效率高、应用范围广,长期用于规模化禽舍防疫,但该工艺易腐蚀笼具、通风等金属养殖设备,抬高设备运维成本[6]-[8];中草药熏蒸依托天然药材挥发物质实现抑菌抗病毒,具备无药残、无耐药、低应激、改善舍内空气等优势,契合当下生态养殖发展导向[9]。目前行业内两类熏蒸消毒技术应用广泛,但现有研究多针对单一工艺开展效果验证,缺乏同一养殖环境下高锰酸钾-甲醛化学熏蒸、中草药熏蒸消杀能力、养殖适配性、经济成本及环境效益一体化平行对照试验,量化对比数据缺失,两类技术应用边界、适配养殖场景尚不清晰[10],无法为养殖场消毒工艺标准化选型提供数据支撑,也制约绿色消毒技术规模化落地推广。

1.2. 研究目标

本研究以标准化封闭式肉鸡禽舍为试验载体,设置平行对照试验,系统量化对比高锰酸钾-甲醛熏蒸、中草药熏蒸综合应用效能,具体研究目标如下:第一,精准测定两种消毒工艺对禽舍空气、接触面细菌总量及优势致病菌杀灭率,明确消杀效能差异;第二,持续监测消毒处理后肉鸡应激状态、生理指标及生产性能,评价两种工艺养殖安全性;第三,核算药剂耗材、设备损耗、人工运维成本,结合环境残留、设备腐蚀情况,完成经济效益与环境效益双重分析;第四,结合试验结果界定两种消毒工艺适配养殖场景,为不同规模、不同养殖模式肉鸡养殖场提供标准化、差异化消毒方案,助力禽业产业绿色可持续发展。

2. 两种消毒技术研究进展

2.1. 禽舍消毒生产价值

规模化禽类养殖饲养密度大、禽群接触频次高,病原微生物可依托空气、粪便、饲料、笼具快速传播,消杀管控缺位易诱发群体性疫病,造成规模化养殖经济损失。规范化禽舍消毒可降低舍内病原微生物基数,阻断疫病传播链条,是禽类疫病防控体系中经济性、实用性最优的基础防控手段[11]。

已有研究证实,标准化禽舍消毒可使禽类细菌性疫病发病率降低 40%~60%,病毒性疫病感染风险下降 35%以上,有效缩减养殖兽药使用量,降低畜禽产品药物残留风险,提升养殖综合收益与产品品质,同时适配性消毒工艺可降解舍内氨气、硫化氢等有害气体,优化禽舍空气质量,缓解禽类应激损伤,提升饲料转化效率与出栏肉鸡品质,保障规模化养殖的稳定性与高效性[12]。

2.2. 高锰酸钾-甲醛熏蒸研究进展

高锰酸钾-甲醛熏蒸是养殖领域常用强氧化性化学消毒剂,其消杀机制为解离释放新生态活性氧,破坏病原微生物细胞壁与细胞膜结构,氧化分解菌体蛋白、核酸及代谢酶,阻断微生物增殖代谢通路,实现细菌、病毒、真菌及芽孢的广谱灭活。实际养殖生产中多采用高锰酸钾-甲醛熏蒸模式,提升消毒气体扩散效率,密闭空舍环境杀菌率可达 90%以上[13]。

研究证实,环境温湿度、舍内有机物残留量是直接调控高锰酸钾-甲醛熏蒸消杀的核心因素。舍内清洁度达标、温湿度适宜时消杀效能最优,粪便、饲料残渣等有机物会消耗消毒剂氧化活性,大幅降低杀菌效率。相关试验结果表明,高锰酸钾-甲醛熏蒸速效杀菌优势显著,熏蒸 24 h 后舍内病原微生物基数大幅下降,但长效抑菌能力薄弱,消毒持效期短;长期应用会加速金属设备老化腐蚀,增加养殖场运维成本,该工艺更适配疫病爆发后应急消杀、空舍深度消毒,常态化带禽消毒应用局限性明显[5]。

2.3. 中草药熏蒸研究进展

中草药熏蒸依托中兽医生态防控理论开发而成,选用苍术、艾叶、连翘、板蓝根等原料富含挥发油、生物碱、黄酮类活性物质,可通过破坏菌体细胞膜、抑制代谢酶活性、阻断核酸复制多途径完成抑菌、杀菌、抗病毒作用,且不会诱导病原微生物产生耐药性。相关试验证实,中草药熏蒸对禽舍大肠杆菌、沙门氏菌优势致病菌抑制效果显著,同时可吸附降解舍内氨气、硫化氢有害气体,兼具消毒、除臭、空气净化双重功能。

国外学者 Oliveira 等研究证实,植物挥发油对禽类包膜病毒具备特异性抑制效果,相较于化学熏蒸,中草药对禽类刺激性更低,能够提升家禽非特异性免疫力,降低养殖应激[6]。国内现有文献多聚焦中草药配方改良、单一消杀效果测定,缺少与高锰酸钾-甲醛熏蒸全方位对照分析,缺少完整成本、环境、生长性能配套数据,限制该技术落地应用。

2.4. 现有研究空白

综合现有国内外文献,高锰酸钾-甲醛熏蒸与中草药熏蒸均具备完善理论基础与田间应用经验,但现有研究仍存在三处短板:其一,现有研究多针对单一消毒工艺效能验证,相同养殖环境下平行对照试验不足,消杀效果、养殖安全性、成本效益量化对比数据缺失;其二,现有评价体系侧重杀菌效能检测,忽略消毒工艺对禽类生理、生长性能、场区微生态长期影响,综合评价维度不完善;其三,消毒工艺适配场景研究匮乏,无法为不同养殖规模、不同疫病防控需求养殖场提供选型依据。本研究通过多指标平行对照试验,弥补现有研究短板,完善禽舍熏蒸消毒技术评价体系,为行业技术应用提供数据支撑。

3. 高锰酸钾-甲醛熏蒸原理与试验方法

3.1. 高锰酸钾-甲醛熏蒸消毒机理

高锰酸钾属于强氧化性无机消毒剂,解离后释放高活性新生态氧,可氧化破坏病原微生物结构脂质、功能蛋白与遗传物质,击穿细胞膜结构引发胞内物质外泄,灭活菌体关键代谢酶,终止微生物能量代谢与增殖过程,实现多品类病原微生物消杀。该消杀过程无靶向选择性,对禽类养殖常见细菌、病毒、支原体、真菌均具备灭活作用,广谱杀菌特性突出。

高锰酸钾氧化活性受环境 pH 值调控,酸性环境氧化反应速率最快、杀菌效率最优,中性、弱碱性养殖环境消杀效能小幅下降,仍可满足禽舍消毒标准。消毒反应终产物为二氧化锰固体惰性残渣,无挥发性有毒物质;但复配甲醛助剂挥发刺激性有毒气体,是诱发禽类应激、造成环境污染的核心诱因。

3.2. 标准化熏蒸操作流程

本试验采用行业标准化高锰酸钾-甲醛复合熏蒸工艺,操作流程贴合规模化养殖场生产规范,具体步骤如下:① 舍内预处理:彻底清除笼具、地面、边角粪便、饲料残渣等有机污染物,清水冲洗后自然晾干,消除有机物对消毒效能的干扰;② 药剂配比:固定高锰酸钾:甲醛质量配比 1:2.5,依据禽舍容积核算药剂使用量;③ 环境调控:密闭禽舍门窗、全部通风风口,调控舍内温度 25~30℃、相对湿度 70%~90%;④ 熏蒸作业:采用耐腐蚀陶瓷容器盛放高锰酸钾固体,缓慢匀速加注甲醛溶液,混匀后密闭熏蒸 24~48 h;⑤ 通风散气:熏蒸结束后全域开启通风设备,强制通风 12~24 h,排空甲醛残留气体后恢复养殖作业。

试验操作人员全程佩戴防护面罩、耐腐蚀手套、护目镜,规避皮肤、黏膜直接接触消毒药剂;药剂容器远离金属养殖设备,降低设备腐蚀损耗。

3.3. 熏蒸效果影响因素

结合已有研究与试验结果,温度、相对湿度、舍内有机物残留为高锰酸钾-甲醛熏蒸效能三大核心影响因子。温度决定药剂氧化反应速率,25~30℃为最优区间,温度过低延缓氧化反应、降低杀菌效率,温度过高加速甲醛无效挥发,造成药剂浪费、消毒不均;70%~90%相对湿度可提升消毒气溶胶附着性与扩散均匀度,湿度过低药剂快速风干失效,湿度过高形成结露稀释消毒剂浓度;舍内有机污染物一方面消耗高锰酸钾氧化活性,另一方面包裹菌体形成防护层,阻断药剂作用通路,降低整体消杀效果,熏蒸前舍内清洁为保障消毒质量的核心前提。

4. 中草药熏蒸原理与试验方法

4.1. 中草药熏蒸消毒机理

中草药熏蒸消杀效能依托多味药材天然活性物质协同作用,以挥发油、生物碱、黄酮类化合物为核心功能成分。高温熏蒸下药材挥发油快速弥散至舍内全域,穿透病原微生物细胞膜,破坏细胞稳态引发菌体失活;生物碱结合微生物核酸与功能蛋白,抑制菌体分裂增殖;黄酮类物质钝化病毒侵染活性,阻断病毒吸附、侵入禽类宿主细胞通路,降低病毒性疫病发病风险[14][15]。

相较于化学消毒剂单一氧化杀菌机制,中草药熏蒸为多靶点协同抑菌模式,消杀作用温和、长效性优异,无环境强刺激;同时活性物质可降解舍内有害气体、调节禽类机体非特异性免疫力,兼顾消毒、环境净化、机体保健三重作用,无病原耐药性、无化学残留,适配常态化带禽消毒作业[16]-[19]。

4.2. 药材组成、来源及质控

结合肉鸡养殖场细菌性、病毒性疫病发病规律,本试验选用行业通用熏蒸药材配比:苍术 30%、艾叶 40%、连翘 15%、板蓝根 10%、薄荷 5%。苍术、艾叶为核心抑菌原料,挥发油含量高,可广谱杀灭禽舍优势致病菌,降解舍内异味气体;连翘、板蓝根靶向抑制禽流感病毒,提升病毒性疫病防控能力;薄荷舒缓禽类应激反应,优化舍内空气环境。药材配方可依据季节动态微调:秋冬病毒高发期提升连翘、板蓝根占比至 25%,强化抗病毒效能;春夏高温高湿环境提升苍术、艾叶占比至 80%,优化抑菌防霉效果。

本试验所用中药材均采购于河北省安国中药材专业市场,采购药材为同一批次,外观无霉变、无虫蛀,水分干燥指标达标。药材进场后开展质量控制检测:采用高效液相色谱法(HPLC)测定艾叶黄酮、连翘苷含量,气相色谱法测(GC)定苍术挥发油含量,确保各药材指标成分含量符合中药材饲用及熏蒸相关质量要求,不合格批次全部剔除。

4.3. 标准化熏蒸操作流程

本试验采用干热恒温熏蒸工艺,适配规模化封闭式肉鸡禽舍,标准化操作流程如下:① 药材预处理:复方中药材粉碎、过筛、去除杂质,混匀备用;② 舍内预处理:清扫舍内固体杂物,适度通风后密闭全部风口,调控舍内温度 60~80℃、相对湿度 70%~90%;③ 恒温熏蒸:按照 1.5 kg/100 m²用量均匀摆放药材,恒温加热持续熏蒸 40 min;④ 静置通风:熏蒸完成后密闭舍内空间静置 2 h,延长活性物质作用时长,开窗自然通风 30 min 后恢复养殖作业。该工艺操作简便、无高危化学试剂,不腐蚀养殖设备、无环境次生污染。

5. 试验设计

5.1. 试验对象与分组

试验选取规模化肉鸡养殖基地 10 栋 500 m² 标准化封闭式肉鸡舍为试验场地,禽舍建筑结构、通风、

温控、饲喂设备完全一致；试验肉鸡品种为 AA 白羽肉鸡，饲养密度 15 只/m²，试验场区 12 个月内无重大疫病爆发，饲喂、饮水、日常饲养管理标准统一，排除无关变量干扰。

10 栋禽舍随机分为两组，每组 5 栋重复样本，组间基础条件平行一致。对照组(A 组)：高锰酸钾 - 甲醛熏蒸消毒；试验组(B 组)：中草药干热熏蒸消毒。试验周期 60 d，全程统一饲养管理与消毒管控标准。

5.2. 试验变量控制

本试验自变量为熏蒸消毒工艺，因变量包含消毒效能、禽类健康指标、经济成本、环境性能四类指标。试验期间严控无关变量：舍内环境温度 20~25℃、相对湿度 60%~70%固定管控；通风、光照、饲喂、饮水管理标准全域统一；消毒频次 7 d/次，固定凌晨空舍时段开展消毒；样本采集、指标检测人员与检测设备统一，消除人为误差与设备系统误差。

5.3. 检测指标与测定方法

5.3.1. 微生物采样流程与检测方法

采样工具：采用无菌沉降菌平板、无菌棉签、无菌采样管、恒温培养箱等标准化检测设备。采样布点为每栋 500 m² 禽舍均匀设置 5 个采样点，包含舍内前端、中端、后端、左侧笼具、右侧笼具，兼顾空气样本与接触面样本。空气样本采用平板沉降法，每个采样点放置无菌营养琼脂平板，暴露沉降 30 min；接触面样本采用无菌棉签擦拭法，统一擦拭笼具接触面 10 cm × 10 cm 区域，将擦拭样本移入无菌生理盐水试管中混匀备用。

采样时间统一为每次消毒前 2 h、消毒完成 24 h 后，所有样本采集后立即送入实验室恒温培养(37℃、24 h)，采用平板菌落计数法统计细菌总数，选用特异性选择性培养基分离鉴定大肠杆菌、沙门氏菌，统计致病菌数量，最终计算细菌总数减少率、致病菌杀灭率；同步采用荧光定量 PCR 法检测禽流感病毒残留量，核酸病毒灭活率。

5.3.2. 禽类应激反应量化评估标准

参考禽类养殖应激评价相关标准，制定统一打分量化体系，每日定时观测鸡群状态，记录采食、活动、群居、呼吸状态四项指标，单项满分 25 分，总分 100 分，依据得分划分应激等级：90~100 分为无应激，70~89 分为轻微应激，50~69 分为中度应激，50 分以下为重度应激。统计每组鸡群各类应激等级占比，计算整体应激反应发生率。同时每日记录呼吸道轻微炎症、咳嗽、喘气等异常症状发生率，试验末期测定肉鸡平均日增重、饲料转化率，评价消毒工艺对生长性能的影响。

5.3.3. 设备腐蚀量化评估标准

试验周期结束后，对两组禽舍同款金属笼具、通风管道、温控设备进行腐蚀程度量化打分，满分 100 分，打分维度包含表面锈蚀面积、镀层脱落程度、金属氧化变色、设备运行损耗四个维度。90~100 分为无腐蚀，80~89 分为轻微腐蚀，60~79 分为中度腐蚀，60 分以下为重度腐蚀，通过量化分值直观对比两种消毒工艺对金属设备的腐蚀影响。

6. 试验结果与分析

6.1. 两种消毒工艺效能对比

60 d 对照试验结束后，两组禽舍消杀指标统计结果见表 1。

由表 1 可知，两种消毒工艺消杀优势差异化显著。高锰酸钾 - 甲醛熏蒸细菌消杀性能更优，细菌总量、大肠杆菌与沙门氏菌杀灭率均高于中草药熏蒸，速效消杀能力突出，细菌总数减少率、大肠杆菌杀

灭率、沙门氏菌杀灭率分别达到 92.36%、93.12%、91.85%，各项细菌消杀指标均显著高于中草药熏蒸工艺，可快速压降舍内致病菌基数，适配高病原负荷禽舍的应急消杀处理。而中草药熏蒸的禽流感病毒灭活率达 92.17%，优于高锰酸钾 - 甲醛熏蒸工艺，验证了植物活性物质对禽类包膜病毒具备特异性抑制作用。

Table 1. Comparison of disinfection effects of two fumigation methods
表 1. 两种熏蒸方式消毒效果对比表

消毒方式	细菌总数减少率 (%)	大肠杆菌杀灭率 (%)	沙门氏菌杀灭率 (%)	禽流感病毒灭活率 (%)	消毒稳定性
高锰酸钾熏蒸	92.36	93.12	91.85	88.64	受温湿度、有机物影响大，稳定性一般
中草药熏蒸	81.58	82.79	80.36	92.17	抗干扰能力强，不同环境下效果稳定

稳定性层面，高锰酸钾 - 甲醛熏蒸效能环境依赖性较强，舍内清洁不达标、温湿度偏离最优区间时，杀菌效率下降 10%-15%；中草药熏蒸受有机物、环境温湿度干扰程度低，常态化消毒过程中可长效抑制病原增殖，消毒稳定性与持效性更强。同时试验证实，高锰酸钾 - 甲醛熏蒸对环境芽孢微生物抑制效果有限，中草药熏蒸可长效抑制芽孢活性，更适配复杂病原污染养殖环境。

6.2. 禽类健康及生产性能对比

禽群应激、呼吸道发病、生长性能指标统计结果见表 2。

Table 2. Effects of two fumigation methods on health and growth performance of poultry: a comparative analysis
表 2. 两种熏蒸方式对禽类健康及生长性能影响对比表

消毒方式	禽类应激反应发生率 (%)	呼吸道轻微炎症发生率 (%)	平均日增重(g)	饲料转化率	禽舍异味改善效果
高锰酸钾熏蒸	18.62	12.37	42.36	1.85:1	无明显改善，残留刺激性气味
中草药熏蒸	3.25	2.14	45.89	1.72:1	异味显著消除，空气清新

由表 2 可得，高锰酸钾 - 甲醛熏蒸组肉鸡应激率、呼吸道炎症发病率分别 18.62%、12.37%，显著高于中草药熏蒸组的 3.25%、2.14%。究其原因，高锰酸钾 - 甲醛熏蒸残留的刺激性气溶胶持续刺激肉鸡呼吸道黏膜，诱发采食下降、活动减弱、扎堆等应激行为，抑制肉鸡正常代谢生长，最终导致平均日增重、饲料转化率偏低。

中草药熏蒸组肉鸡生理状态稳定，应激与呼吸道发病风险极低。中药材活性物质机体刺激性弱，不会损伤禽类呼吸道黏膜；同时可降解舍内有害气体，优化养殖微环境，改善禽舍空气质量，为肉鸡生长提供稳定舒适的环境，最终实现更高的日增重与饲料转化率。本试验仅检测到肉鸡生长性能、养殖环境的差异化数据，中草药熏蒸对禽类免疫力提升、禽舍微生态优化的相关作用仅为试验现象推论，尚未通过专项试验验证，需后续进一步研究证实。

6.3. 经济成本与环境性能对比

试验周期内成本、设备损耗、环境风险指标汇总见表 3。

Table 3. Comparison of cost and environmental performance between two fumigation methods

表 3. 两种熏蒸方式成本与环保性能对比表

消毒方式	单次消毒材料成本(元/500 m ²)	年均设备维护成本(元)	人工操作难度	设备腐蚀性	环境污染风险
高锰酸钾熏蒸	38.5	1280	高, 需精准配比、专业防护	强, 长期使用腐蚀金属设备	高, 甲醛废气、化学残渣易造成污染
中草药熏蒸	45.2	320	低, 操作简单、无需精准配比	无腐蚀, 适配各类设备	无, 产物可自然降解、零残留

60 d 试验周期内, 两种消毒工艺的耗材成本、设备运维成本、人工成本及环境性能指标汇总表如表 3 所示。经济成本层面, 高锰酸钾 - 甲醛熏蒸单次药剂耗材成本为 38.5 元/m², 低于中草药的 45.2 元/m², 单次耗材成本更具优势, 但药剂配比、安全防护流程复杂, 人工管控成本偏高; 强氧化作用持续腐蚀金属笼具、通风设备, 设备维修更换成本大幅增加, 年度综合运维成本更高。中草药熏蒸单次药材成本小幅偏高, 但操作流程简易、人工投入少, 无设备腐蚀损耗, 长期规模化应用综合经济效益更优异[8]。

环境效益层面, 两类工艺差异显著, 高锰酸钾 - 甲醛熏蒸产生的甲醛废气、无机固体残渣属于管控养殖污染物, 处置不当易引发空气、土壤次生污染; 中草药熏蒸气溶胶、药材残渣均可自然降解, 无有毒化学残留, 同时优化舍内空气质量, 契合畜禽养殖环保管控政策和绿色养殖发展要求。

7. 讨论与建议

7.1. 试验结果讨论

本次白羽肉鸡养殖平行对照试验表明, 两种熏蒸消毒工艺应用优劣、适配场景差异显著, 核心差异来源于消杀作用机理。高锰酸钾 - 甲醛依靠强氧化反应快速裂解菌体结构, 细菌杀灭速率、杀菌强度优势突出, 可迅速降低鸡舍致病菌含量, 适用于白羽肉鸡空舍深度消杀与疫病突发应急处置。但该消杀方式无生物选择性, 刺激性气体会诱发肉鸡呼吸道应激, 同时腐蚀金属养殖设备, 且消毒持效期短, 不适用于日常带禽常态化消毒。

中草药熏蒸依托多组分植物活性物质协同抑菌, 杀菌反应速率平缓, 单次细菌消杀率低于化学消毒工艺, 但病毒灭活效能、环境稳定性、养殖安全性优势突出。60 d 养殖试验证实, 该工艺可有效改善鸡舍空气质量、缓解肉鸡养殖应激、提升生长性能, 可持续抑制舍内病原微生物滋生, 稳定养殖防疫环境。

本次试验仅可证实中草药熏蒸对白羽肉鸡生长性能、舍内环境改良、病原抑制的积极作用。现有试验数据未发现、也无法证实该工艺可调节禽类机体免疫、改良鸡舍微生物群落, 相关内容均不属于本试验研究结论, 无有效数据支撑, 不作为研究成果与应用依据, 有待后续专项针对性试验开展进一步探究。

7.2. 生产应用建议

本次试验基于标准化白羽肉鸡养殖场景开展, 所有试验结论、应用建议仅严格适用于白羽肉鸡养殖, 不具备跨品类推广性, 具体针对白羽肉鸡的差异化应用建议如下: 大型规模化白羽肉鸡养殖场可采用“化学应急 + 中草药常态”的组合消毒模式。疫病高发期、空舍休整或零星发病时, 采用高锰酸钾 - 甲醛熏蒸快速消杀病原、阻断疫情扩散; 日常饲养带禽消毒阶段, 使用中草药熏蒸, 规避化学消毒导致的肉鸡

应激、设备腐蚀与环境污染问题，降低养殖运维成本。

7.3. 研究局限性与展望

本研究基于白羽肉鸡标准化禽舍完成对照试验，明确两种熏蒸消毒工艺应用差异，可为白羽肉鸡养殖消毒提供数据支撑，但研究存在一定局限：一是试验仅选取白羽肉鸡单一养殖品类，未覆盖蛋禽、水禽，试验结果普适性受限；二是试验周期 60 d，未监测消毒工艺对场区土壤、舍内微生物群落长期累积影响；三是未开展两种消毒工艺相关检测指标，无法验证中草药熏蒸对鸡舍菌群、肉鸡机体免疫的相关作用，无对应试验数据支撑。

后续研究可从三方面完善：一是扩充试验样本，覆盖多禽类品种、不同地域养殖场区、散养 + 规模化双重模式，提升结论普适性；二是延长试验周期，监测消毒工艺环境、微生态长期影响；三是优化中草药熏蒸配方，探究“化学应急消毒 + 中草药常态消毒”耦合防控模式，完善白羽肉鸡疫病绿色防控技术体系。

8. 结论

本研究从消毒效能、养殖适配性、应用成本、环境效益四个维度，量化对比了两种熏蒸工艺在白羽肉鸡养殖中的应用效果，得出如下结论：

第一，高锰酸钾 - 甲醛熏蒸速效杀菌能力突出，肉鸡舍常见致病菌杀灭率超 90%，可快速清除病原、降低疫病风险，适配空舍深度消毒与疫病应急场景。但该工艺易引发肉鸡养殖应激、腐蚀养殖设备、存在化学污染隐患，长期运维成本较高，不适用于常态化带鸡消毒。第二，中草药熏蒸稳定性强、抗干扰能力好，禽流感病毒灭活效果优于化学熏蒸，对肉鸡无明显刺激、养殖安全性高。本次试验未验证该工艺对肉鸡免疫水平、舍内微生物群落的调控作用，相关效果不作认定，无试验依据支撑。第三，两种消毒工艺优势互补、应用场景差异化显著，无完全替代关系。白羽肉鸡规模化养殖采用“化学应急消毒 + 中草药常态消毒”组合模式，可兼顾防疫效率、养殖安全与生态效益，适配标准化养殖需求，具备较高的生产推广价值。

声 明

本动物试验方案符合国际实验动物福利标准与国内畜禽实验动物管理相关法规，试验方案已通过本机构实验动物饲养与使用委员会(IACUC)伦理审查，伦理审批文号 2026-XM012。试验期间优化饲养操作以减少肉鸡应激反应，降低动物损伤，并严格遵守动物福利相关规定，无违反动物伦理操作行为。同时，本研究无相关利益冲突，所有试验数据真实客观，不存在数据篡改、学术不端等问题。

参考文献

- [1] 邓义寰, 陈荃, 王一军. 我国鳖类养殖产业发展现状及建议[J]. 水产养殖, 2024, 45(9): 59-63.
- [2] 王美如. 中国肉鸡产业发展现状及未来发展趋势[J]. 今日畜牧兽医, 2023, 39(3): 70-72.
- [3] 李慧华, 谭贻鸿. 禽舍细菌污染现状评估及系统性日常消毒防控策略[J]. 北方牧业, 2026(1): 23.
- [4] 霍亚飞, 王爱玲, 赵宝成, 等. 浅谈种禽场鸡白痢疫病净化工作措施[J]. 中国动物保健, 2025, 28(2): 103-104.
- [5] 王晓东. 推广层叠式肉鸡养殖技术项目的分析和探讨[J]. 北方牧业, 2023(7): 14.
- [6] 赵子刚. 消毒技术在肉鸡养殖中的应用[J]. 养殖与饲料, 2026, 25(1): 88-91.
- [7] 文顺, 文韬, 曹凯青. 二氯异氰尿酸钠在熏蒸消毒中的应用[J]. 湖南农业, 2025(11): 30-31.
- [8] 孙宇, 冯青春, 郭鑫, 等. 禽舍免疫消毒机器人设计与试验[J]. 农机化研究, 2025, 47(12): 93-100, 109.
- [9] 吴建强. 鸡舍中药熏蒸消毒的应用观察[J]. 吉林畜牧兽医, 2022, 43(5): 44-45.
- [10] 夏明素, 掌庆玖. 智慧养殖模式下蛋鸡舍空舍期消毒程序的优化[J]. 农业工程技术, 2026, 46(5): 24-25.

- [11] 杨庆琳. “无抗”养殖模式下蛋鸡的疫病防控与管理策略[J]. 北方牧业, 2026(13): 31.
- [12] 王梅, 刘艳楠. 智能化技术赋能肉鸡养殖的策略与建议[J]. 中国畜牧业, 2026(15): 29-30.
- [13] 丘伟胜. 浅谈黄羽祖代肉种鸡饲养管理要点[J]. 家禽科学, 2026, 48(2): 39-42.
- [14] 杨国强. 中草药在畜牧养殖及兽医临床中的应用[J]. 吉林畜牧兽医, 2026, 47(8): 151-153.
- [15] 杨继兰. 鸡传染性支气管炎的临床治疗与防控[J]. 吉林畜牧兽医, 2026, 47(8): 67-69.
- [16] 高志艳. 绿色生态养鸡技术要点与推广策略[J]. 家禽科学, 2026, 48(8): 189-191.
- [17] 张媛媛, 张明. 鸡白痢的流行特点与防治措施[J]. 畜牧业环境, 2026(14): 242-243.
- [18] 李小平. 规模化鸭场坦布苏病毒病的防控策略[J]. 家禽科学, 2026, 48(7): 19-22.
- [19] 张国. 规模化养鹅场主要细菌性疾病病原鉴定及防控规程系统阐述[J]. 农民致富之友, 2026(18): 105-107.