

农业行业标准

《畜禽粪便沤肥技术规范》

Technical Specification for Facultative Anaerobic Composting of
Livestock and Poultry Manure

(公开征求意见稿)

编制说明

农业行业标准《畜禽粪便沤肥技术规范》起草组

2025 年 12 月

目 录

一、工作简况	1
(一) 任务来源	1
(二) 标准制定背景	1
(三) 标准起草组成员	2
(四) 标准制定过程	3
二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据	6
(一) 标准编制原则	6
(二) 技术路线	7
(三) 本文件主要参考的其他标准	8
(四) 主要内容及其确定依据	9
三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益	27
(一) 试验验证的分析、综述报告	28
(二) 技术经济论证	41
(三) 效益分析	45
四、与国际、国外同类标准技术内容的对比及引用情况	46
五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因	46
六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系	46
七、重大意见分歧的处理依据和结果	47
八、涉及专利的有关说明	47
九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议	47
十、其他应当说明的事项	47

一、工作简况

(一) 任务来源

依据农业农村部农产品质量安全监管司《关于下达 2022 年农业国家和行业标准制修订项目计划的通知》(农质标函〔2022〕66 号), 项目计划号为: NYB-22003, 标准主要起草单位是 XXX 等。由 XXX 承担“畜禽粪便沤肥技术规范”编制任务, 本文件由全国畜牧业标准化技术委员会技术归口, 标准起草首席专家为 XXX。

(二) 标准制定背景

随着我国经济快速发展和生活水平不断提高, 畜禽养殖规模化逐年扩大, 畜禽粪便产生量迅速增加, 引发的环境污染问题日趋严峻。2020 年, 国务院办公厅印发《关于促进畜牧业高质量发展的意见》, 要求大力推进畜禽养殖废弃物资源化利用, 促进农牧循环发展, 明确到 2025 年全国畜禽粪污综合利用率达到 80%以上。据统计, 目前全国畜禽粪污年产生量约为 30.5 亿吨, 综合利用率达 79.4%。为实现畜禽粪便的高效资源化利用, 近年来国务院、农业农村部等相关部门陆续出台了《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》、《畜禽规模养殖污染防治条例》和《畜禽粪污资源化利用行动方案》等相关政策, 对畜禽粪便的资源化利用方式和利用率做出了相应的规定。

堆肥由于其技术操作简单、过程易于控制且运行成本适中, 已成为当前养殖场(户)处理畜禽粪便的关键技术, 普及率和成熟度较高。然而, 我国畜禽养殖规模差异较大, 中小型规模畜禽养殖场是我国畜禽养殖业的主力军, 占比高达 80%以上。针对大中型规模养殖场, 开

发了槽式、反应器和膜覆盖等系列工厂化堆肥以及粪肥回田技术装备。此外，农业农村部已编制形成了《畜禽粪便堆肥技术规范》（NY/T 3442-2019），有效规范了养殖场和集中处理中心的畜禽粪便及养殖垫料堆肥工艺流程。然而，中小型养殖场（户）产生的畜禽粪便多采用就地沤肥发酵的低成本简易处理方式，但存在相关技术支撑不足和缺乏相配的标准化体系等问题，造成畜禽粪便发酵周期差异大、无害化程度低、污染风险高，严重制约了我国畜禽粪污高效安全循环利用。

因此，亟需针对中小规模养殖场（户）就地处理利用的实际，结合国际和国内的研究成果和生产经验，制定较为系统全面的畜禽粪便沤肥技术规范。技术规范的制定能够有力规范和保障中小型规模养殖场畜禽粪便的无害化处理，促进畜禽粪便的绿色低碳处理和资源化利用，对推动我国农业绿色高质量发展具有重要意义。

（三）标准起草组成员

2022年7月，由XXX组织专家，成立标准起草组，制定工作计划，落实人员与分工，要求编制组成员着手收集整理畜禽粪便沤肥的案例和试验数据，追踪国内外相关标准、文献，并对我国实际畜禽粪便沤肥技术开展调研。起草小组成员如表1所示。

表1 起草小组人员信息

序号	姓名	工作单位	职务/职称	项目分工
1	XXX	XXX	XXX	负责标准编制工作的统筹安排和编写
2	XXX	XXX	XXX	具体负责组织编写
3	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
4	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
5	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改

序号	姓名	工作单位	职务/职称	项目分工
6	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
7	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
8	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
9	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
10	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
11	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
12	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
13	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
14	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
15	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
16	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
17	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
18	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
19	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
20	XXX	XXX	XXX	参与文本起草和修改
21	XXX	XXX	XXX	参与标准验证和文本起草
22	XXX	XXX	XXX	参与标准验证和文本起草
23	XXX	XXX	XXX	参与标准验证和文本起草
24	XXX	XXX	XXX	参与标准验证和文本起草

(四) 标准制定过程

1. 开展标准前期研究

2022年7月~2022年12月，标准起草组对国内外相关标准材料进行了全面查阅，包括有关畜禽粪便沤肥技术标准、现有技术规范类项目的相关法律法规和标准等。这些材料成为制定此次标准的依据，以确保其符合国家相关法律法规和管理规定的要求。此外，标准编制组还系统收集了全国部分养殖区畜禽粪便收集、处理、运输及利用等

方面的文献作为技术资料，并对国内外相关标准、规范和研究报告资料进行了对比分析。同时，标准起草组到全国畜禽养殖的典型省份进行了实地考察，了解不同畜禽种类、养殖规模以及气候和农作物条件下畜禽粪便收集、输送、沤肥、施用工艺技术和设备设施的情况，并进行归类总结和分析。

2. 起草并确定标准框架

在掌握丰富翔实的资料后，标准起草组就相应的细节问题多次与相关单位进行咨询，内部进行了标准框架和技术内容的多次讨论，在充分消化吸收资料的基础上于 2023 年 6 月形成了《畜禽粪便沤肥技术规范》标准框架。

3. 标准草案

2023 年 7 月至 2024 年 4 月中旬，标准起草组分别与北京、河北、甘肃、宁夏、内蒙古和云南等地方管理部门以及农业农村部环境保护科研监测所、中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心、西北农林科技大学、甘肃农业大学、内蒙古农业大学等科研单位的相关专家进行了深入讨论，相关专家对该标准提出了宝贵意见和建议，提出在实际生产中用户经常用“堆沤”来描述此类技术，编制组在调研讨论基础上，对标准的格式和内容进行了改进并进一步完善了标准框架、技术内容，并将标准名称改为《畜禽粪便堆沤技术规范》，形成了标准草案。

4. 形成标准征求意见稿

起草组按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准

化文件的结构和起草规则》的规则，在《畜禽粪便堆沤技术规范》标准草案基础上经过反复修改和完善，于 2024 年 5 月形成了《畜禽粪便堆沤技术规范》文本定向征求意见稿和编制说明。

5. 定向征求意见阶段

2024 年 5 月，起草组向 21 家单位发送“征求意见稿”，所有单位均回函并有建议或意见；收到建议或意见后，编制单位组织了修改，收到的建议或意见共计 98 条，其中采纳 78 条，不采纳 20 条。

表 2 征求意见单位名单

序号	征求意见单位名称	专家
1	中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所	张晴雯
2	中国农业机械化科学研究院集团有限公司	孙长征
3	中国科学院地理科学与资源研究所	郑国砥
4	中国科学院成都生物研究所	闫志英
5	农业农村部沼气科学研究所	雷云辉
6	农业农村部环境保护科研监测所	丁永祯
7	山东省农业科学院	张玉凤
8	湖北省农业科学院植保土肥研究所	陈云峰
9	北京市农林科学院	李吉进
10	云南农业大学	徐智
11	山东省农业机械科学研究院	齐自成
12	山东省畜牧总站	曲绪仙
13	贵州省农业资源与环境研究所	张邦喜
14	北京中持绿色农业技术有限公司	刘宗萌
15	乐山师范学院	江滔
16	中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心	王选
17	北京市畜牧总站	罗一鸣

18	北京合清环保环境工程有限公司	张广奇
19	华中农业大学	艾平
20	广东省现代农业装备研究所	曾庆东
21	机科发展科技股份有限公司	王涛

2024 年 5 月至 2025 年 11 月，经过广泛征求科研单位、管理单位、建设单位、施工单位和设计单位等各方专家意见，起草组根据定向征求意见对标准文本和编制说明进行修改和完善，形成《畜禽粪便堆沤技术规范》（预审稿）。

6. 标准预审阶段

2025 年 12 月 2 日，XXX 组织专家对农业行业标准《畜禽粪便堆沤技术规范》（预审稿）进行了认真审查。在听取起草组汇报的基础上，专家组审查了标准文本及编制说明，经质询讨论，提出如下修改意见：建议将标准名称修改为《畜禽粪便沤肥技术规范》；修改术语定义 3.1，删除 3.2、3.3、3.4；删除“一般要求”“沤肥贮存、运输和利用”章节，增加“记录”章节；修改“沤肥工艺”章节，删除“6.2 厌氧堆沤”；根据文本修改内容进一步补充完善编制说明。

专家组一致同意审查通过，建议标准起草单位按照专家组提出意见进一步修改后形成公开征求意见稿，报全国畜牧业标准化技术委员会秘书处。预审意见及意见汇总处理表见附件。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

（一）标准编制原则

在标准的编制过程中严格遵循国家有关方针、政策、法规和规章，标准的编写规则及表述按照《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文

件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）的相关规定，遵循科学、合理、可行的原则，力求做到规范、统一。

首先，在标准制定过程中，遵循政策和协调统一性原则。严格遵循国家有关方针、政策、法规和规章，严格执行强制性国家标准和行业标准，与同体系标准及相关的各种基础标准相衔接。

其次，主要技术指标的确定是以规范畜禽粪便沤肥处理场地要求、原料准备、预处理、工艺控制、环境保护与安全、成品质量要求、包装贮存和检测方法等为目标，确保先进性、适用性、可靠性、安全性和经济合理性等技术目标。

第三，广泛征求科研单位、管理单位、建设单位、施工单位和设计单位等专家意见，并与技术、设计和建设等方面的专家进行深入交流和研讨，进行适当的修改和规范，使标准既保持技术上的科学性和先进性，又具有生产上的适用性和可操作性。

（二）技术路线

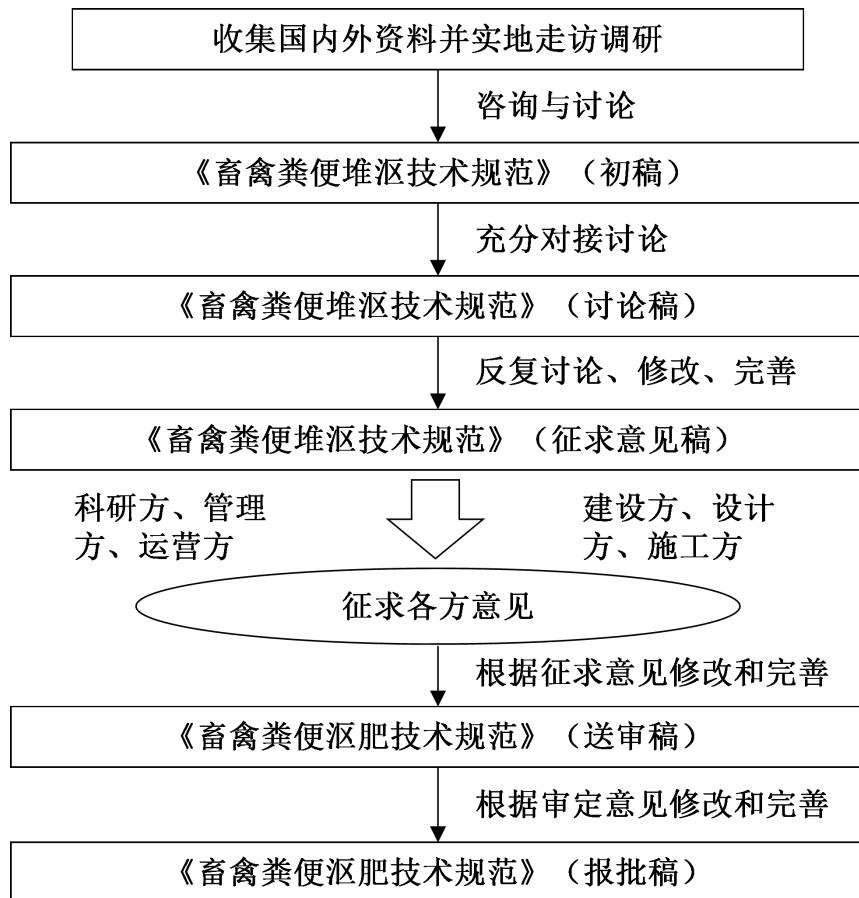


图 1 技术路线

(三) 本文件主要参考的其他标准

GB 7959-2012 《粪便无害化卫生要求》

GB 20287 《农用微生物菌剂》

GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》

GB/T 19524.1 《肥料中粪大肠菌群的测定》

GB/T 19524.2 《肥料中蛔虫卵死亡率的测定》

GB/T 25171-2023 《畜禽养殖环境与废弃物管理术语》

GB/T 27622-2011 《畜禽粪便贮存设施设计要求》

GB/T 36195-2018 《畜禽粪便无害化处理技术规范》

NY/T 525-2021 《有机肥料》

NY/T 3442-2019 《畜禽粪便堆肥技术规范》

NY/T 4754-2025 《畜禽养殖场粪污资源化利用设施技术要求》

(四) 主要内容及其确定依据

1. 术语和定义

标准内容:

原文 3.1

“沤肥处理 *facultative anaerobic composting*

将固体粪污经兼性厌氧发酵处理无害化的过程。

[来源: GB/T 25171-2023, 5.3.1.3] ”

理由及依据: 本标准的沤肥处理只针对畜禽固体粪污, 因此参考《畜禽养殖环境与废弃物管理术语》(GB/T 25171-2023) 中 5.3.1.3 对“沤肥处理”的定义, 即“将固体粪污等有机废弃物经兼性厌氧发酵处理的过程”, 在此标准的基础上进行修改, 将沤肥处理定义为“将固体粪污经兼性厌氧发酵处理无害化的过程”。

2. 场地选择

标准内容:

4.1 根据自然环境、地形特点等, 选择养殖场(户)内或周边下风向区域。

4.2 沤肥场所应防雨、防渗和防溢流, 满足安全和环保等要求。

4.3 沤肥场所容积要求按 NY/T 4754 中 6.2.1 的规定执行。

理由及依据:

(1) 选择养殖场(户)内或周边下风向区域的依据

固体粪污沤肥过程适用于就地就近处理方式，因此选择在养殖场（户）内或周边地区，便于固体粪污的处理与利用；同时沤肥过程中会产生有害气体、病原微生物与粉尘，因此选择在下风向区域，避免异味与病原菌的污染，保障周边人员健康与生物安全。参考《畜禽粪便无害化处理技术规范》（GB/T 36195-2018）和《农村有机废弃物沤肥肥料化利用技术规程》（DB4116/T 029-2022）中 4.1 场地选择中规定的“选择向阳、地势稍高、运输方便、平坦且离村距离不小于 500m 的田间地头、设施农业周边等”，本标准制定沤肥场所应当根据自然环境、地形特点等，选择养殖场（户）内或周边下风向区域。

（2）沤肥场所应防雨、防渗和防溢流的依据

沤肥场所防雨可避免雨水过度流入导致养分流失以及形成污水；防渗可防止高浓度有机物或重金属渗入土壤与地下水，造成长期污染；防溢流可确保溢出的废水能被收集处理，避免直接排至周边环境，从而保护生态环境。参考《畜禽粪便无害化处理技术规范》（GB/T 36195-2018），《畜禽粪便贮存设施设计要求》（GB/T 27622-2011），《农村有机废弃物沤肥肥料化利用技术规程》（DB4116/T 029-2022）中 4.2 对沤肥场安全要求规定的“原料存放区应防雨防水防火防渗”以及《畜禽养殖场粪污资源化利用设施技术要求》（NY/T 4754-2025）中 5.3 对粪污暂存设施规定的“粪污暂存池（场）应满足防渗、防雨、防溢流的要求”。本标准制定沤肥场所应防雨、防渗和防溢流，满足安全和环保等要求。

（3）沤肥场所容积要求

沤肥场所的容积是由固体粪污日产生量、沤肥周期及畜禽存栏量所决定，基于这三项指标准确计算出需要贮存与处理的固体粪污总质量，再通过标准化的容积密度换算为实际沤肥设施的容积，进而确保

设施容量精确匹配沤肥规模与处理周期。《畜禽养殖场粪污资源化利用设施技术要求》（NY/T 4754-2025）中，有对固体粪污沤肥设施有效容积有明确规定，即

$$V_{s,s} = \frac{VU_{i,s} \times P_s \times N_i}{\rho_i \times 1000}$$

式中：

$V_{s,s}$ ：固体粪污派肥设施有效容积，单位为立方米（ m^3 ）；

$VU_{i,s}$ ：第*i*种畜禽固体粪污日产生量，单位为千克每头（只）每天[kg/（头（只）（d）]；

P_s ：固体粪污派肥周期，单位为天（d）；

N_i ：第*i*种畜禽设计存栏量，单位为头（只）；

ρ_i ：第*i*种畜禽固体粪污容积密度，一般取值0.8，单位为千克每升（kg/L）。

3. 沤肥工艺

3.1 标准内容 5.1:

“固体粪污含水率不高于75%的，按照以下工艺处理：

——宜采用条垛式沤肥，可添加秸秆等辅料调节堆体孔隙度和含水率等性质；

——堆体高度宜不低于0.4m，宽度宜不小于0.8m；可在底部铺设含水率不超过20%的辅料，厚度宜为5cm~20cm。

——根据堆体中心温度确定沤肥时长：堆体最高温度未超过50℃，不少于60d；堆体最高温度超过50℃，不少于30d。

——堆体中心温度超过50℃时，可进行适当翻堆。”

理由及依据：

(1) 固体粪污含水率不高于75%的，宜采用条垛式沤肥的依据。

固体粪污的含水率是决定其物理状态和沤肥工艺选择的核心参数，对堆体稳定性、孔隙结构和氧气传输效率具有直接影响。当含水率适宜时，物料可维持稳定堆体，形成兼氧至缺氧的微生物活动环境，是实现有效沤肥的基础。一般而言，直接沤肥的理想含水率区间为45%~65%，此时堆体结构稳固，通气性最佳。然而，实际生产中，养殖场（户）的固体粪污常因清粪方式、管理水平、气候等因素导致含水率偏高且波动较大，固体粪污的含水率一般在50%~80%之间（表2）。编制组通过多地实地调研与案例分析发现，当固体粪污含水率不高于75%时，虽然物料已超出沤肥理想状态，但仍可维持堆体形态，并能在条垛表层及近表层维持一定的氧气交换，使沤肥过程得以在兼氧条件下进行。

表2 一般固体粪污的含水率

固体粪污	含水率 (%)	文献
猪粪	81.5	张景略, 徐本生. 土壤肥料学 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1990.
牛粪	83.3	
羊粪	65.5	
马粪	75.8	
鸡粪	50.5	
鸭粪	56.6	
鹅粪	77.1	
猪粪	68.7	全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
牛粪	75.0	
羊粪	50.7	
马粪	68.5	
驴粪	61.5	
骡粪	62.9	
兔粪	57.4	

鸡粪	52.3	
鸭粪	51.0	
鹅粪	61.7	
猪粪	82.0	
牛粪	80.0	
羊粪	68.0	
马粪	75.0	
鸡粪	80.0	彭里, 古文海, 魏世强, 等. 重庆市畜禽粪便排放时空分 布研 究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(4): 213—216.
鸭粪	80.0	
鹅粪	80.0	

当固体粪污含水率不高于 75%时, 选择条垛式作为主要推荐工艺, 是基于其与养殖场（户）现实条件的高度匹配性。条垛式沤肥工艺设施要求简单、建设与运行成本低、操作管理方便, 无需复杂设备或大型固定设施, 易于被养殖场（户）接受和应用。该方式直接将物料堆置成条垛于硬化地面上, 通过定期翻堆即可促进发酵, 是当前实现粪污资源化利用最为经济、普及的技术路径之一。全国畜牧总站发布的《规模以下养殖场（户）畜禽粪污资源化利用十大主推技术》中, 已将条垛式列为主推模式, 充分肯定了其适用性与推广价值。因此, 本标准将其作为地上沤肥的首选形式予以推荐。

对于含水率超过 75%的情况, 物料难以维持堆形, 需借助坑、槽等设施提供物理支撑, 并自然进入厌氧沤肥状态。因此, 可采用符合其物理和氧气条件的“厌氧沤肥”的方式, 即标准内容 5.2 所规定的“宜在坑、槽等设施进行沤肥。”

（2）可添加秸秆等辅料调节堆体孔隙度和含水率的依据

在沤肥过程中, 含水率过高会堵塞堆体孔隙, 导致厌氧环境, 产

生臭味，且温度难以上升。添加秸秆、锯末、稻壳等辅料进行调节，不仅能直接降低混合物料含水率，还能显著增加堆体孔隙度、改善氧气扩散条件、调控微生物生境，并协调碳氮比（C/N），从而为兼氧条件下的有效沤肥创造适宜条件。

编制组通过试验研究，系统评估了猪粪、反刍动物（牛粪、羊粪）和禽类（鸡粪）在添加辅料前后的沤肥效果。结果表明，添加辅料对实现有效升温（堆温 $\geq 50^{\circ}\text{C}$ ）至关重要。具体数据（见表3）显示，初始含水率超过75%的纯粪便（如牛粪77%、鸡粪78%）均无法有效升温（最高温度仅为 47°C 、 33°C ）；而通过添加玉米秸秆等辅料将含水率调节至适宜范围后，堆体最高温度均能稳定升至 50°C 以上，达到了无害化处理的基本要求。因此，本标准综合考虑理论机理与试验验证结果，推荐通过添加秸秆等辅料将混合物料含水率调节至75%以下（或直接选用含水率不高于75%的物料）。这一措施是确保沤肥过程快速启动、持续高温，并满足发酵效果与无害化要求的核心操作，均应视为符合本标准推荐的沤肥方法。

表3 不同辅料对固体粪污沤肥过程温度的调控效果对比

固体粪污种类	初始含水率（%）	辅料种类	最高温度 $^{\circ}\text{C}$	是否有效升温
牛粪	62	玉米秸秆	62	是
	67	腐熟物料	50	是
	70	锯末	55	是
	76	玉米秸秆	58	是
	71	玉米秸秆	63	是
	77	玉米秸秆	47	否
	58	玉米秸秆	50	是
羊粪	23	/	58	是

	49	/	51	是
	50	玉米秸秆	58	是
猪粪	64	/	29	否
	56	玉米秸秆	62	是
	68	腐熟物料	66	是
鸡粪	78	无	33	否
	66	玉米秸秆	68	是
	70	腐熟物料	67	是

(3) 堆体高度宜不低于 0.4 m, 宽度宜不小于 0.8 m 的依据

沤肥体系作为自然通风供氧的微生物发酵方式, 其条垛式堆体规格是决定发酵效率与无害化效果的关键参数, 当堆体高度与宽度过低时, 堆体热容量显著降低, 保温性能大幅下降, 微生物代谢产热快速散失, 导致堆肥启动慢, 腐熟效率低, 同时无法达到无害化处理所需的高温条件, 其规格的设定需兼顾发酵效率与实操可行性。各省农业农村厅、地方市场监督管理局等部门发布的现行标准为参数确定提供了核心依据。《畜禽粪便堆肥工程技术规范》(DB13/T 5429-2021)与《畜禽粪便与秸秆混合堆肥技术规程》(DB2306/T098-2019)给出宽度 0.8 m~2.0 m、堆体高度 0.6 m~2.0 m 的基础范围。结合规模以下养殖场(户)人力翻堆、简易管护的实际场景, 确定堆体高度宜不低于 0.4 m、宽度宜不小于 0.8 m, 由于其堆体构型具有显著的几何关联, 宽度与高度参数一旦确定, 长度即可依据场地荷载条件、物料总处置量及翻堆作业预留空间进行匹配设定。因此, 本标准要求中未对长度范围作出具体限定。

其中高度不低于 0.4 m 的设定, 核心是保障堆体保温层的厚度,

为堆体创造良好保温环境，避免因高度不足导致热量快速散失，确保堆体能够达到并维持 55°C以上的无害化杀菌温度，确保达到无害化效果，而宽度不小于 0.8 m 则能进一步优化堆体通风条件与热量留存效果，避免因宽度过窄导致发酵效率下降，兼顾了无害化处理要求与小规模作业的实操便利性。

编制单位为确认适宜的堆体规模，针对猪、反刍、禽类开展了多组不同规模的沤肥实验（表 4），证实高度不低于 0.4 m、宽度不小于 0.8 m 的堆体可稳定保障沤肥效果，确保堆体能够快速启动、持续高温，实现有效无害化和高效腐熟。编制单位选用猪粪添加玉米秸秆辅料进行结构调节，通过堆体温度监测分析，发现沤肥过程堆体由外向内可分为表面、保温层、中心升温区（图 2），其中保温层厚度约为 10 cm~20 cm，即可保证堆体中心区域正常升温，故堆体高度不宜低于 0.4 m。同时，编制选用鸡粪为主料，添加 10% 的玉米秸秆为辅料开展了不同堆体规模的沤肥实验，通过检测不同堆体规模不同点位的温度（图 3），发现规模为 0.4m×0.4m 的堆体在沤肥周期内未见明显升温，堆体最高温度仅 30.3°C，无法满足无害化所需的≥50°C 的要求；而 0.8m×0.8m 规模的堆体升温明显，最高温度达 64.3°C（图 4），充分验证了该高度和宽度对应的堆体可确保有效升温，实现沤肥腐熟。因此，综合上述文献、标准和试验数据，兼顾养殖场（户）实际操作的便利性与沤肥工艺的无害化、腐熟化要求，规定堆体高度宜不低于 0.4 m，宽度宜不小于 0.8 m。

表 4 不同堆体规格畜禽粪便沤肥过程升温效果对比

畜禽粪便种类	辅料种类	堆体长×宽 (m)	堆体核心最高温度℃	是否有效升溫
牛粪	芦苇秸秆	8.4×4.0	69.3	是
	芦苇秸秆	9.6×6.4	68.2	是
	芦苇秸秆	9.9×7.8	70.4	是
羊粪	椰糠	0.8×1.6	62.3	是
	椰糠	1.0×1.5	64.0	是
	椰糠	4.0×1.4	64.4	是
猪粪	玉米秸秆	0.9×0.8	51.9	是
	玉米秸秆	0.9×0.8	57.4	是
	玉米秸秆	0.9×0.8	56.0	是
鸡粪	玉米秸秆	0.4×0.4	30.3	否
	玉米秸秆	0.8×0.8	64.3	是
	玉米秸秆	1.2×1.2	69.4	是

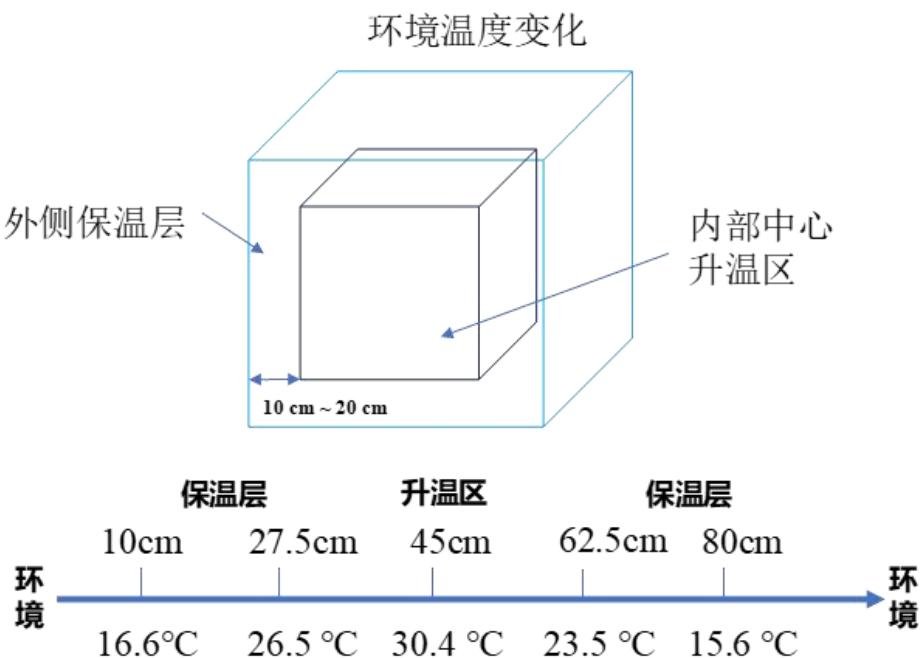


图 2 液肥堆体保温层示意图

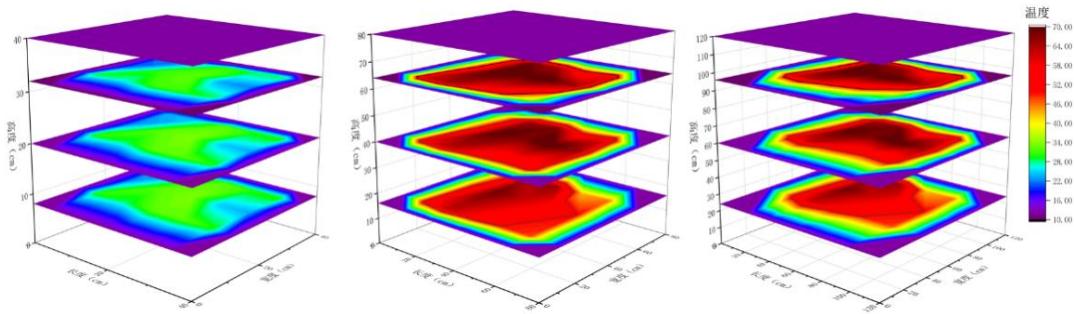


图3 不同堆体规模高温期（D10）温度三维图

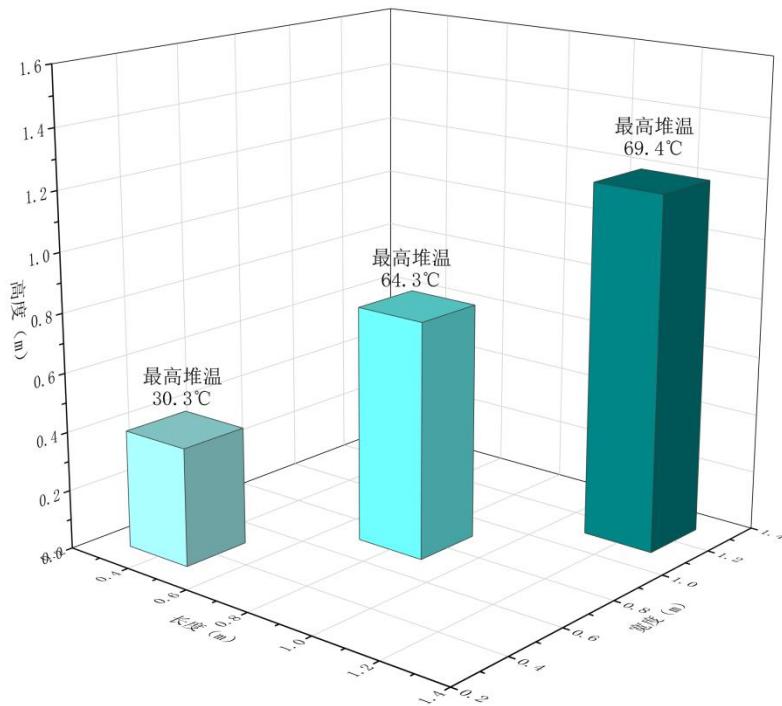


图4 不同堆体规模最高堆温示意图

(4)在底部铺设含水率不超过20%的辅料，厚度宜为5 cm~20 cm的依据。

沤肥底部铺设秸秆、锯末等辅料的目的在于构建防渗—透气协同的垫层体系，同时辅助优化堆体微环境。一方面，该垫层可通过自身多孔结构吸附、截留堆体渗滤液，避免渗滤液直接外排造成二次污染；另一方面，蓬松的辅料垫层能够打破底部板结状态，增大堆体与空气的接触面积，促进氧气向堆体深层扩散，改善传统沤肥底部易形成的

厌氧死角，为兼性微生物的生长代谢提供充足的氧气条件。

Jiang 等人发表的《Effect of moisture content during preparation on the physicochemical properties of pellets made from different biomass materials》论文中表明低于 20% 含水率秸秆、锯末等辅料的抗变形能力等物理性能最优，可避免辅料吸水饱和或被堆体压实从而堵塞孔隙，确保透气性与保水能力的平衡，同时，任钰汇等人发表的《基于秸秆膨化材料制备及其对农村废水吸附性研究》中也表明，高含水率会破坏纤维素间的氢键连接，影响秸秆等辅料的材料力学性能，超 20% 含水率会使其结构从多孔坚韧变为松软易变形，因此规定辅料含水率不超过 20%。时连辉等发表的《秸秆腐解物覆盖对园林土壤理化性质的影响》论文中表明覆盖层较薄（5 cm 以下）保水能力弱，陈军锋等发表的《冻融期秸秆覆盖量对土壤剖面水热时空变化的影响》论文中证明 20 cm 左右厚度的秸秆可有效吸收、储存水分，该厚度的辅料能有效防止渗滤液流出。因此，可在底部铺设含水率不超过 20% 的辅料，厚度宜为 5 cm~20 cm，既避免堆体渗滤液外排造成二次污染，又保障堆体内部氧气顺畅流通，构成兼具透水透气与防渗蓄液功能的垫层结构。

(5)“根据堆体中心温度确定沤肥时长：堆体最高温度未超过 50℃，不少于 60 d；堆体最高温度超过 50℃，不少于 30 d”的依据

为使沤肥产物可达到本标准中“沤肥的无害化要求”为最终目标，重点考量卫生学标准，即蛔虫卵和粪大肠菌群数。根据现有标准、文献等研究，温度是实现畜禽粪便发酵无害化的关键因素。在 50℃时，

大部分常见病原菌（如大肠杆菌、沙门氏菌）能被有效热灭活。参考好氧堆肥，50°C也为区分高温期和升/降温期的标志温度。此外，高温阶段有机物的强烈降解会产生氨和挥发性脂肪酸等代谢产物，通过酸碱胁迫和破坏细胞膜结构协同促进病原菌的灭活。因此，本标准以50°C为划分线，提出了在不同堆体温度条件下无害化所需的最低时长（单位：d）。沤肥时长的确定综合参考了已有文献、标准和编制单位的实际试验结果。参考好氧堆肥过程，《畜禽粪便无害化处理技术规范》（GB 36195-2018）中规定堆体温度超过50°C至少持续7 d。根据自然条件、沤肥规模和肥效需求，现有沤肥时长通常维持30 d至180 d。此外，编制单位利用猪粪、鸡粪和牛粪等不同类型的固体粪污开展实际沤肥试验，在沤肥不同时间不同点位处进行多点采样。图5列举了不同温度区间内，不同沤肥时间的病原菌残留数，数据均来自相关文献和编制单位开展的实际试验结果。结果表明，当中心温度达到50°C，时间维持在10 d以上，可满足无害化要求；当中心温度低于50°C，时间维持在50 d以上，可满足无害化要求。此外，编制单位开展的试验表明，当堆体中心温度达到50°C以上时，堆体周边温度不低于40°C，时间维持在30 d以上时，堆体不同点位处均能实现病原菌的显著灭活。因此，结合不同地区物料性质、工艺规模和气候条件等因素，可综合确定沤肥时长。

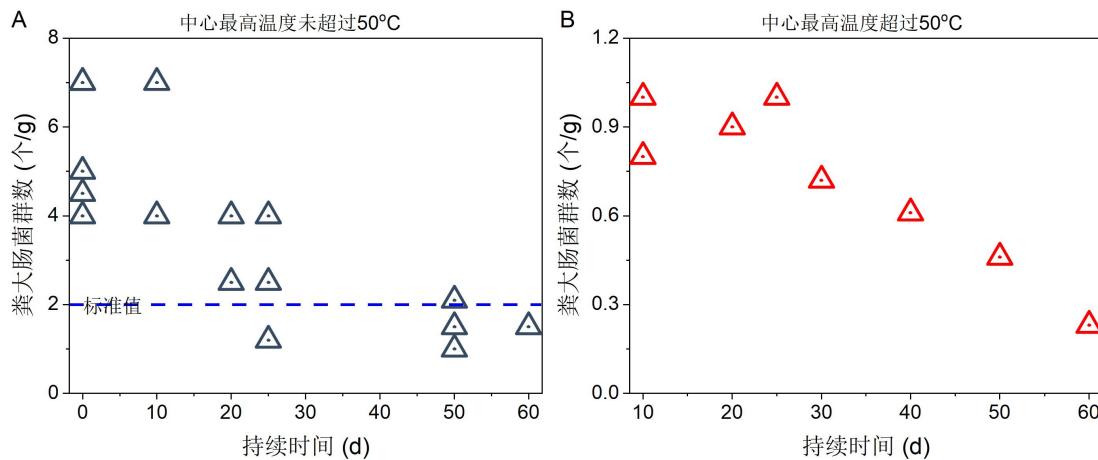


图 5 不同温度条件下固体粪污沤肥过程粪大肠菌群残留数

(6) “堆体中心温度超过 50℃时，可进行适当翻堆”的依据

固体粪污沤肥过程中，翻堆是调控发酵状态的关键操作之一。国内外大量研究表明，当堆体进入高温阶段（温度持续高于 50℃）后，通过翻堆可以有效改善堆体内部供氧、促进物料混合均匀、调节温度分布，并缓解局部厌氧导致的过度酸化问题，从而维持微生物活性、提高腐熟效率。

相关标准对翻堆管理提供了具体指导。例如，《畜禽粪便堆肥技术规范》（NY/T 3442-2019）规定，堆体温度高于 65℃时应通过翻堆等方式降温；《农业废弃物沤肥肥料生产技术规程》（DB21/T 3419-2021）则建议堆温升至 60℃时每 2–3d 翻堆一次，低于 50℃时可适当延长翻堆间隔。此外，编制单位开展的猪粪等物料沤肥试验表明，即使在无翻堆条件下处理 40d，物料的种子发芽率指数仍可满足《有机肥料》（NY/T 525-2021）的要求。基于以上研究、标准规定及实际试验情况，本标准建议在实际沤肥过程中，应依据堆体温度变化与物料状态进行适度翻堆，无需强制统一翻堆次数，以兼顾工艺轻简化与腐熟效果。

3.2 标准内容 5.2:

“固体粪污含水率高于 75% 的，符合以下要求：

- 宜在坑、槽等设施进行沤肥。
- 环境温度低于 20 °C，应不少于 90 d；环境温度 20 °C 以上，应不少于 60 d。
- 应在通风良好条件下进行作业，配备必要的防护措施。”

理由及依据：

(1) 含水率高于 75% 的，在坑、槽等设施进行沤肥的依据

固体粪污含水率高于 75% 的，在坑、槽等设施进行沤肥的依据。

依据同 3.1 节，理由和依据（1）。

(2) “环境温度低于 20 °C，应不少于 90 d；环境温度 20 °C 以上，应不少于 60 d”的选择依据

在坑、槽等设施进行固体粪污沤肥时，基本不进行或很少进行人为控制，其主要依赖自然条件。由于自然条件下，堆体处于缺氧或厌氧水平，粪污堆体温度与环境温度相近，而环境温度直接决定了沤肥时期微生物的发酵速度。因此，本标准以环境温度为准线，提出了固体粪污（含水率高于 75%）在不同环境温度条件下无害化所需的最低时长（单位：d）。参考粪污厌氧发酵过程，厌氧条件下可以生成中间代谢产物（如脂肪酸和氨氮）等，进而对病原微生物产生毒性从而有效灭活，并且随着温度的提高，有机质加速向中间代谢产物转化，也会提高细胞膜的流动性和通透性，使有毒化学物质更快地进入细胞质，加速病原微生物消亡。厌氧发酵通常可以在 10°C~60°C 范围内正常进行，然而参与有机物分解的微生物其适宜的活动温度通常在

20°C~40°C之间。当温度低于20°C时，大多数微生物的代谢速率会显著降低，严重影响发酵效率。因此，本标准以20°C为划分线，综合参考了已有文献和地方技术指南等，提出了在不同环境温度条件下沤肥时长（单位：d）。图6列举了公开文献资料中不同的温度区间条件下，不同沤肥时间的病原菌残留数。其中，温度在20°C以上持续30 d可显著提升实现无害化水平。综合参考相关地方技术指南，如辽宁省农业农村厅发布《畜禽粪污资源化利用技术（一）固体粪污沤肥技术》中规定：沤肥时间夏季不少于60 d，春秋季低于0 °C不少于90 d，冬季气温低于零下20 °C不低于180 d。综合考虑文献数据和地方技术指南、区域特性等因素，最终确定沤肥时长。

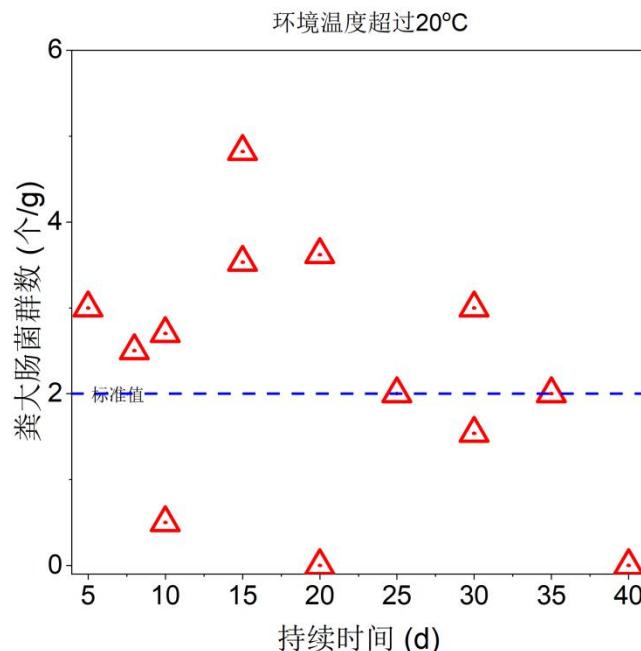


图6 不同温度条件下固体粪污沤肥过程粪大肠菌群残留数

(3) “应在通风良好条件下进行作业，配备必要的防护措施”的依据

高含水率固体粪污在沤肥处理过程，会产生硫化氢、氨气、甲烷

等有毒有害及易燃易爆气体，在通风不良的场所极易形成富气环境，对作业人员构成中毒、窒息等安全风险。为满足《畜禽粪便无害化处理技术规范》（GB/T 36195-2018）中“畜禽粪便处理过程应满足安全和卫生要求，避免二次污染发生”的通用原则，本标准针对此类风险作业场景，进一步明确规定作业人员须在良好通风及配备必要防护措施的情况下进行安全作业。

3.3 标准内容 5.3:

“宜在堆体表层覆盖厚度不低于2cm的秸秆、土壤或腐熟物料等。”

注：腐熟物料包括堆肥、厌氧发酵、贮存等工艺处理形成的无害化产物。”

理由及依据：

固体粪污沤肥过程会产生大量氨气和硫化氢等恶臭气体，造成严重的“邻避效应”。国家标准委、农业农村部、生态环境部联合印发的《关于推进畜禽粪污资源化利用标准体系建设的指导意见》中，明确将“气体管控”作为标准体系建设重点，要求推动减少气体排放。国内外已有大量研究表明，生物质废弃物或者土壤等物质覆盖于堆体表面，形成可吸附和降解气体的生物滤层，能有效控制恶臭气体的排放。如作物秸秆具有多孔结构，可通过物理阻隔和吸附截留臭气分子；土壤富含粘土矿物和胶体，可通过化学吸附/固定减少污染气体逸散；腐熟物料包括堆肥、厌氧发酵、贮存等工艺形成的对环境卫生无害的发酵产物，富含高活性和多样化的微生物群落，可通过生物降解和吸附实现控臭。这些覆盖物质可有效控制臭气排放，不阻碍空气扩散进入堆体，还可混入发酵产物中用作肥料。

填埋场表层通常覆盖土层和植被层，植被层采用自然土加表层营养土，厚度不宜小于 50 cm，其中营养土厚度不宜小于 15 cm。覆盖层过薄无法有效阻隔臭气、防渗、或提供足够的生物反应空间；过厚则占用填埋库容，增加工程成本与材料消耗。

编制单位通过开展羊粪、牛粪、猪粪、鸡粪等不同畜禽粪便沤肥试验，覆盖材料包含土壤、秸秆、腐熟物料等，覆盖厚度为 2~8 cm。结果表明，牛粪沤肥堆体表面覆盖 2 cm 厚的土壤，可以减少约 20% 的氨气排放。羊粪沤肥在添加了适量秸秆并采用无动力通风结构的前提下，使用 6 cm~8 cm 厚秸秆层对大型堆体（4 m×4 m×1.5 m）进行覆盖，可以减少约 34%~62.5% 的恶臭气体硫化氢排放。鸡粪沤肥堆体表面覆盖 6 cm 的秸秆，可以减少 6%~14% 的氨气排放。猪粪沤肥堆体表面覆盖 3 cm~10 cm 的秸秆，可以减少 11%~26% 的氨气排放；相同厚的熟料覆盖可以起到近似的效果，氨气减排率达到 9%~17%；相同厚度的土壤具有最好的减排效果（5 cm 下达到 25%），但是其密度较大，重力作用下可能会导致堆体塌陷。同时，覆盖层含水率过高、厚度过大，会影响堆体气体向外扩散，增加堆体内部压力，从而阻碍新鲜空气进入堆体，加剧堆体内部缺氧和厌氧环境，造成臭气的大量产生。因此，综合参考上述结果，确定覆盖不低于 2 cm 厚度即可保证臭气的有效减排。

3.4 标准内容 5.4:

“沤肥前可接种微生物菌剂或腐熟物料，微生物菌剂应符合 GB 20287。”

理由及依据:

在固体粪污发酵处理启动前，允许并鼓励接种特定的微生物菌剂或添加一定比例的腐熟物料，以加速发酵进程、提高腐熟质量、保障无害化效果。参照《畜禽粪便堆肥技术规范》（NY/T 3442）规定的“堆肥过程中可添加有机物料腐熟剂，接种量宜为堆肥物料质量的0.1%~0.2%。腐熟剂应获得管理部门产品登记。”《农用微生物菌剂》（GB 20287）规定了农用微生物菌剂产品的技术要求、检验方法、检验规则及包装、标识、运输和储存要求，是确保接种所用微生物菌剂安全、有效、质量可控的根本依据。编制单位通过对不同畜禽粪便沤肥试验发现，接种可优化堆体初始微生物群落，快速启动高温发酵过程。

4 沤肥无害化要求

标准内容 6:

“固体粪污经沤肥处理后，无害化指标应符合表1的要求。”

表 5 沤肥的卫生学要求

项目	卫生学指标	检测方法
蛔虫卵	死亡率≥95%	按照 GB/T 19524.2 的规定执行
粪大肠菌群数	≤10 ⁵ 个/kg	按照 GB/T 19524.1 的规定执行
蚊蝇	堆体中不应有活的蚊蝇幼虫，周边不应有活的蛆、蛹或新羽化的成蝇	-

理由及依据:

畜禽粪污处理过程，蛔虫卵、粪大肠菌群、蚊蝇是评价无害化进程和最终产品安全性的关键卫生学指标。在《畜禽粪便无害化处理技术规范》（GB/T 36195-2018）、《有机肥料》（NY/T 525）等多个

国家及行业标准当中，明确规定了蛔虫卵死亡率应 $\geq 95\%$ ，粪大肠菌群数应 $\leq 10^5$ 个/kg，且堆体中不应有活的蚊蝇幼虫，周边不应有活的蛆、蛹或新羽化的成蝇。满足这些要求可确保产品在粪肥还田过程中的不利影响较小，有效保障公共卫生与生态环境安全。为与国家现行标准体系保持一致，编制单位参考了 NY/T 525-2021 及 GB 7959-2012 等标准，制定了表 5 中的无害化指标要求，其检测方法分别按照 GB/T 19524.2（蛔虫卵死亡率测定）和 GB/T 19524.1（粪大肠菌群数测定）的规定执行。

5 记录

标准内容 7：

“沤肥过程中应形成记录，包括原料类型、处理量、环境温度、堆体温度、沤肥时间、产物保存时间、产物保存地点等。”

理由及依据：

建立并保持完整的过程记录，是确保沤肥工艺可控、质量可追溯的核心管理要求。系统记录原料、处理量、温度及时间等关键参数，能够实时反映发酵进程，是判断无害化效果、优化工艺运行、实现标准化生产的根本依据。

因此，本标准规定对上述关键过程参数形成记录，旨在通过数据化管理确保沤肥工艺始终处于受控状态，并为产品质量评价、生产问题追溯及管理体系合规提供可靠支撑。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

(一) 试验验证的分析、综述报告

为确保本文件各项技术参数设置合理、切实可行、具备必要性，从实验室试验研究、中试验证、全国示范推广三个层次进行验证分析，具体如下：

1. 实验室规模试验验证

(1) 辅料种类试验验证分析

试验过程以猪粪为主料，分别添加 5%、10%、15%（基于湿重）玉米秸秆作为辅料进行沤肥，混合物料 C/N 为 12~16，初始含水率为 56%~64%，各处理物料总重为 0.7~0.8 吨，设置成约长 0.9 m、宽 0.8 m、高 0.7 m 的长方体堆体，试验于 2022 年 10 月 31 日开始，至 12 月 10 日结束，历时 40 d。

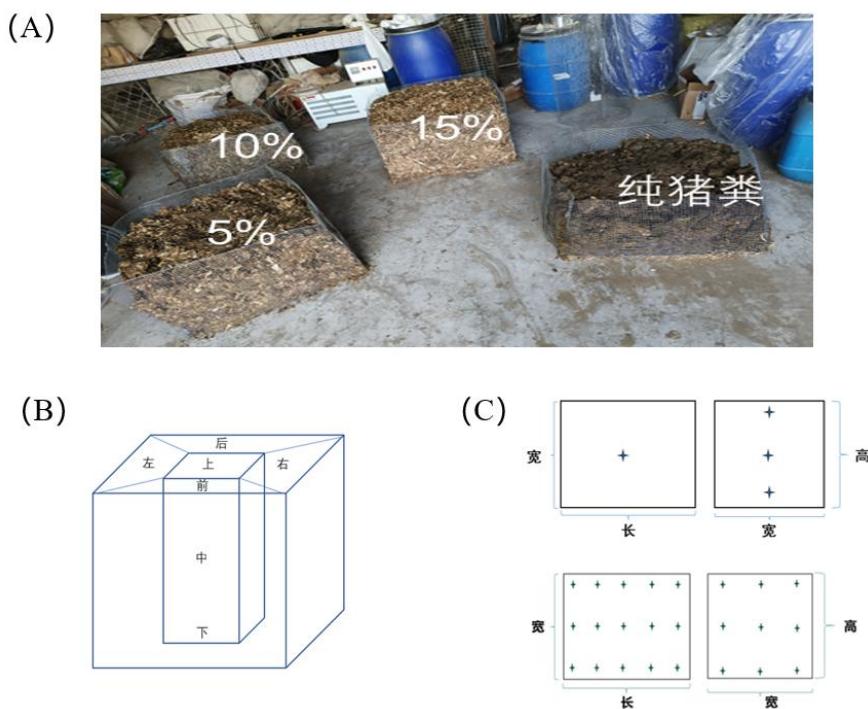


图 7 液肥实景图 (A) 及固体取样点位 (b) 、气体取样点位 (c)

结果表明，纯猪粪处理在整个液肥周期温度约为 20 °C 左右，未

达到 50.0 °C。添加 5%、10%、15% 秸秆最高温度分别为 51.9、57.4、61.0 °C，高温期持续 10d，可达到《畜禽粪污无害化处理技术规范》（GB/T 36195-2018）沤肥温度维持 50 °C 以上不少于 7 d 的要求。另外，氧气含量与温度呈负相关。沤肥结束时，各处理 pH、EC 符合《有机肥料》（NY/T525-2021）标准，10% 和 15% 秸秆可在 40d 内达到标准中关于种子发芽指数的要求（≥ 70.0%）。

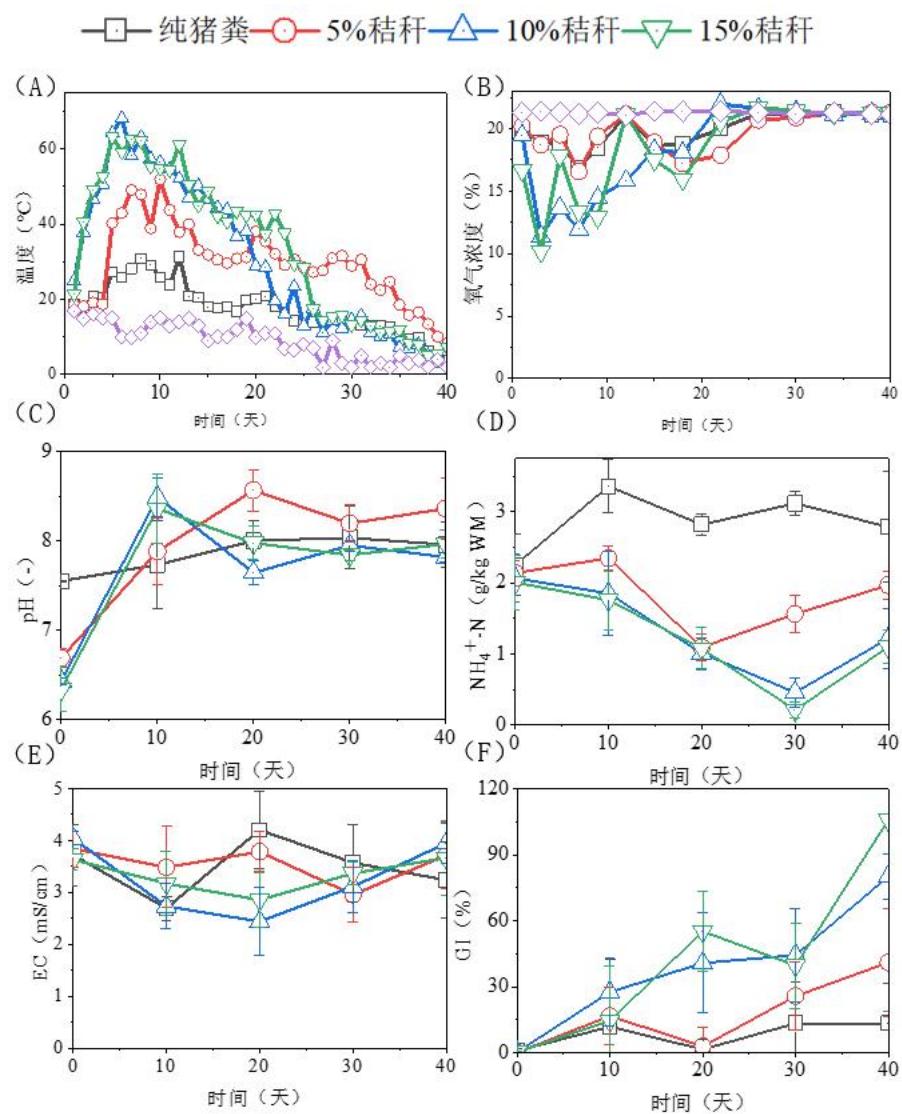


图 8 不同辅料比例对沤肥温度 (a)、氧气浓度 (b)、pH (c)、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ (d)、EC (e)、GI (f) 的影响

(2) 辅料种类试验分析

以猪粪为主料，分别添加 10%（基于湿重）玉米秸秆、甘蔗渣、烟末作为辅料进行沤肥，混合物料 C/N 为 10~17，初始含水率为 62%~68%，各处理物料总重为 0.9~1 t，设置成约长 1.0 m、宽 1.0 m、高 0.7 m 的长方体堆体。试验过程同上。

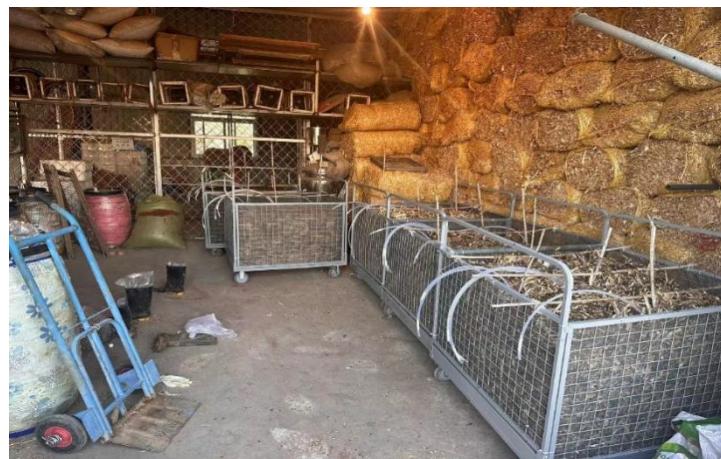


图 9 涸肥实景图

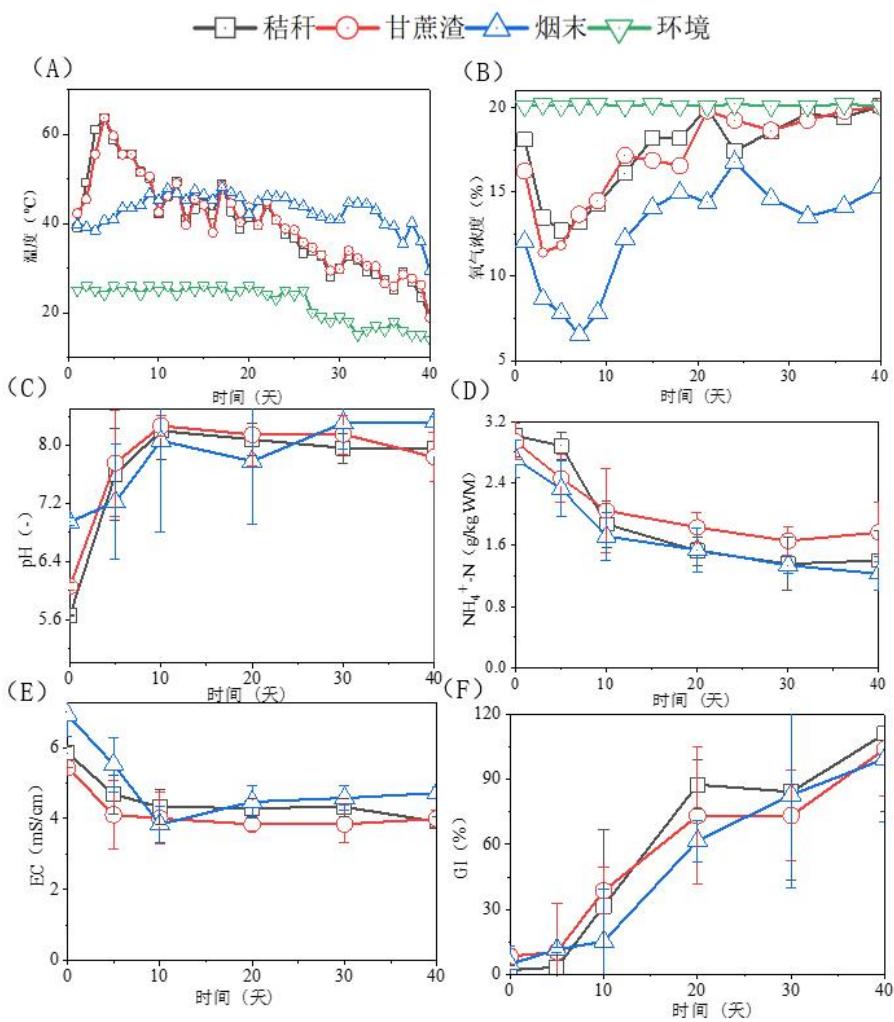


图 10 不同辅料种类对沤肥过程的影响

其中：温度（a）、O₂浓度（b）、pH（c）、NH₄⁺-N（d）、EC（e）、GI（f）
的影响

结果表明，对于不同辅料，烟末可使得沤肥温度保持在 40~50 °C。秸秆、甘蔗渣沤肥均在第 3d 达到 50.0 °C以上，高温期均持续 10d，可达到《畜禽粪污无害化处理技术规范》（GB/T 36195-2018）沤肥温度维持 50°C以上不少于 7 d 的要求。各处理各点位 O₂含量变化趋势与温度相反。沤肥结束时，各处理 pH、EC 值均满足《有机肥料》（NY/T 525-2021）要求，不会对植物产生毒害作用；秸秆、甘蔗渣、烟末处理的种子发芽指数可分别达到 111.2%、104.0%、99.5%，均已

达到腐熟要求（ $\geq 70.0\%$ ）。

（3）辅料粒径试验验证分析

以猪粪为主料，添加 10%（基于湿重）不同粒径的玉米秸秆作为辅料，秸秆粒径分别设置 0~2、2~5、5~10 m 进行沤肥，混合物料 C/N 为 12~16，初始含水率为 62%~68%，设置成约长 1.0 m、宽 1.0 m、高 0.7 m 的长方体堆体。试验过程同上。



图 11 涸肥实景图

结果表明，不同粒径秸秆处理分别在第 4、3、3d 达到 50.0 °C 以上，最高温度分别为 58.2、63.6、62.2 °C，其中，2~5、5~10 cm 精秆粒径的处理高温期均持续 10d，可达到《畜禽粪污无害化处理技术规范》（GB/T 36195-2018）沤肥温度维持 50.0 °C 以上不少于 7 d 的要求。不同处理各点位 O₂ 含量变化趋势与温度相反，2~5 精秆粒径处理可有效改善堆体结构，有利于 O₂ 扩散，氧气浓度更高。沤肥结束时，各处理 pH、EC 值、GI 值在沤肥结束时均达到《有机肥料》（NY/T525-2021）中腐熟要求，其中，2~5 cm 粒径的精秆 GI 值更高（111.2%），腐熟性能更高。

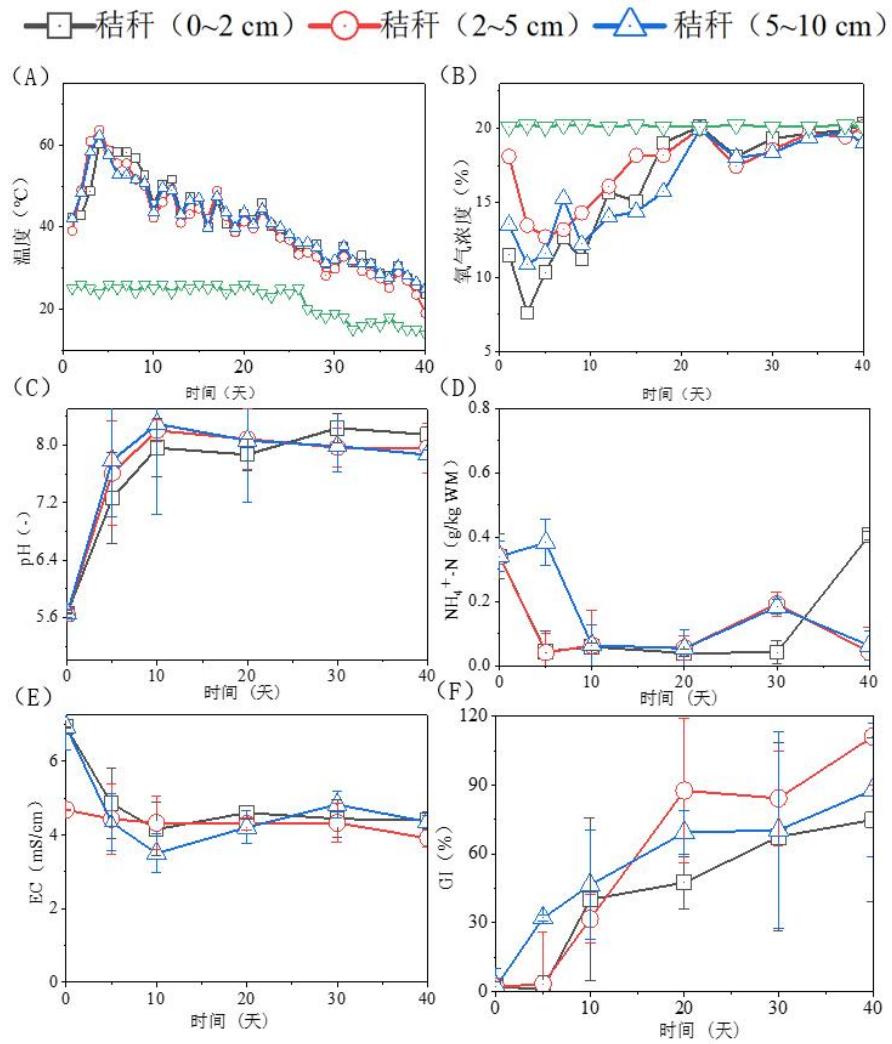


图 12 不同辅料沤肥对沤肥过程的影响

其中：温度（a）、氧气浓度（b）、pH（c）、NH₄⁺-N（d）、EC（e）、GI（f）的影响

综上所述，相比于传统粪污沤肥方式（纯粪污就地沤肥），通过将猪粪与沤肥粒径<5 cm 稻秆、甘蔗渣等辅料均匀混合，调节混合后的物料含水率为 45%~70%，调整混合后的堆体体积在 0.5 m³ 以上，堆体宽度为 1.0 m~2.0 m、高度为 0.8 m~1.5 m，在堆置 40 d 后，可有效改善堆体结构，促进氧气扩散，进而促进堆体快速升温、延长高温期持续时间，从而实现粪污快速腐熟，GI、pH、EC 等理化指标达到《有机肥料》（NY/T525-2021）标准。

2. 工程规模实验验证

(1) 辅料种类试验验证分析

以奶牛粪便为主料，分别添加 7.5%、15%、22.5%、30%（基于湿重）芦苇秸秆作为辅料进行沤肥，混合物料 C/N 为 19~29，物料总重为 4.3~8.8 t，设置成约长 9 m、宽 3 m、高 1.5 m 的条垛式堆体，试验于 2023 年 4 月 14 日开始，至 6 月 13 日结束，历时 60 d，于第 25d 翻堆。

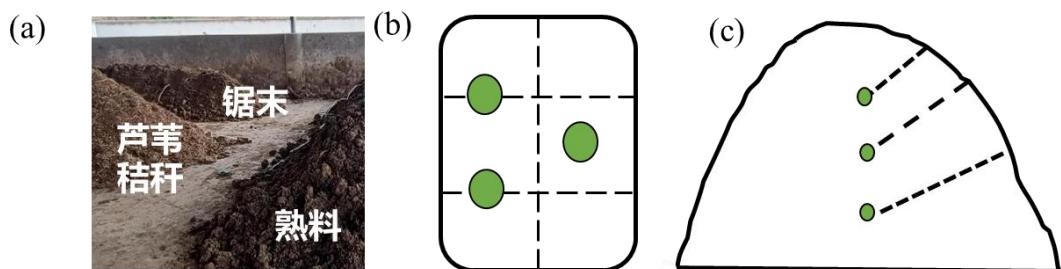


图 13 液肥实景图 (a) 及取样点位俯视图 (b)、侧面图 (c)

结果表明，秸秆和锯末处理分别在第 3 d、12 d 达到 50 °C 以上，且维持高温 10 d 以上。而熟料处理在整个液肥期间的温度均 < 50 °C。各处理的种子发芽指数在堆置 10 d 后升至 128% 以上，但在第 20d 显著下降，随后逐渐上升。液肥结束时，秸秆、锯末、熟料处理的 GI 分别为 117%、122%、97%。堆置 10 d 后，各处理物料体积减量率和减重率分别为 13%~33% 和 19%~40%，并且主要以水分蒸发散失为主，水分损失量占物料总损失量（湿基）的 73%~89%。液肥结束时，各处理的蛔虫卵死亡率均为 100%，高于《有机肥料》(NY/T 525-2021) 的标准值 (> 95%)。此外，秸秆和熟料处理的大肠菌群数满足标准值，锯末处理不满足。

表 6 汰肥结束时无害化指标

项目	秸秆	锯末	熟料	标准值	参考文献
蛔虫卵死亡率 (%)	100	100	100	≥ 95	NY/T 525-2021
粪大肠菌群数 ($\text{个} \cdot \text{g}^{-1}$)	23	> 1100	< 3.0	≤ 100	

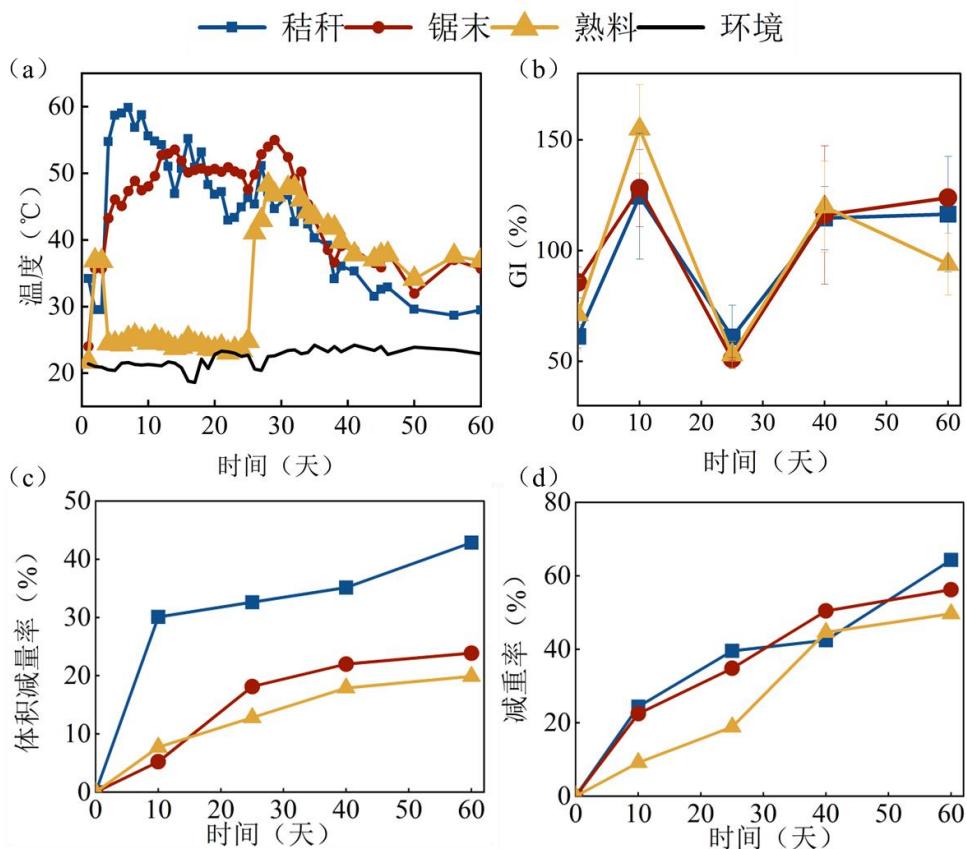


图 14 不同辅料种类对沤肥温度 (a)、GI (b)、体积减量率 (c) 和减重率 (d) 的影响

(2) 辅料比例试验验证分析

试验过程以奶牛粪便为主料，分别添加 7.5%、15%、22.5%、30%（基于湿重）芦苇秸秆作为辅料进行沤肥，混合物料 C/N 为 19~29。试验过程同上。



(a) 堆体正面图

(b) 堆体侧面图

图 15 汰肥实景图

结果表明，升温速度随秸秆添加比例增大而加快，添加 15% 及以上秸秆的处理能够在 4d 内达到 50 °C 以上，并维持高温期 9~16 d。各处理 GI 值在前 25d 呈现先上升后下降的趋势。GI 值第 10~25 d 显著下降，随后逐渐升高。沤肥结束时，7.5%、15%、22.5% 和 30% 处理的 GI 值分别为 96.0%、129.1%、116.5%、118.3%。堆体体积减量率在前 10d 增幅较大，与体积减量率相反，7.5% 和 15% 处理在前 10d 减重率最大（24%~31%），沤肥结束时，各处理减重率在 57%~64% 之间。沤肥结束时，各处理的蛔虫卵死亡率均为 100%，高于《有机肥料》（NY/T 525-2021）的标准值（> 95%）。此外，7.5%、15%、22.5% 处理大肠菌群数满足标准值要求，30% 处理不满足。

表 7 汰肥结束时无害化指标

项目	7.5%	15%	22.5%	30%	标准值	参考文献
蛔虫卵死亡率（%）	100	100	100	100	≥ 95	NY/T 525-2021
粪大肠菌群数 (个·g ⁻¹)	93	9.2	23	1100	≤ 100	

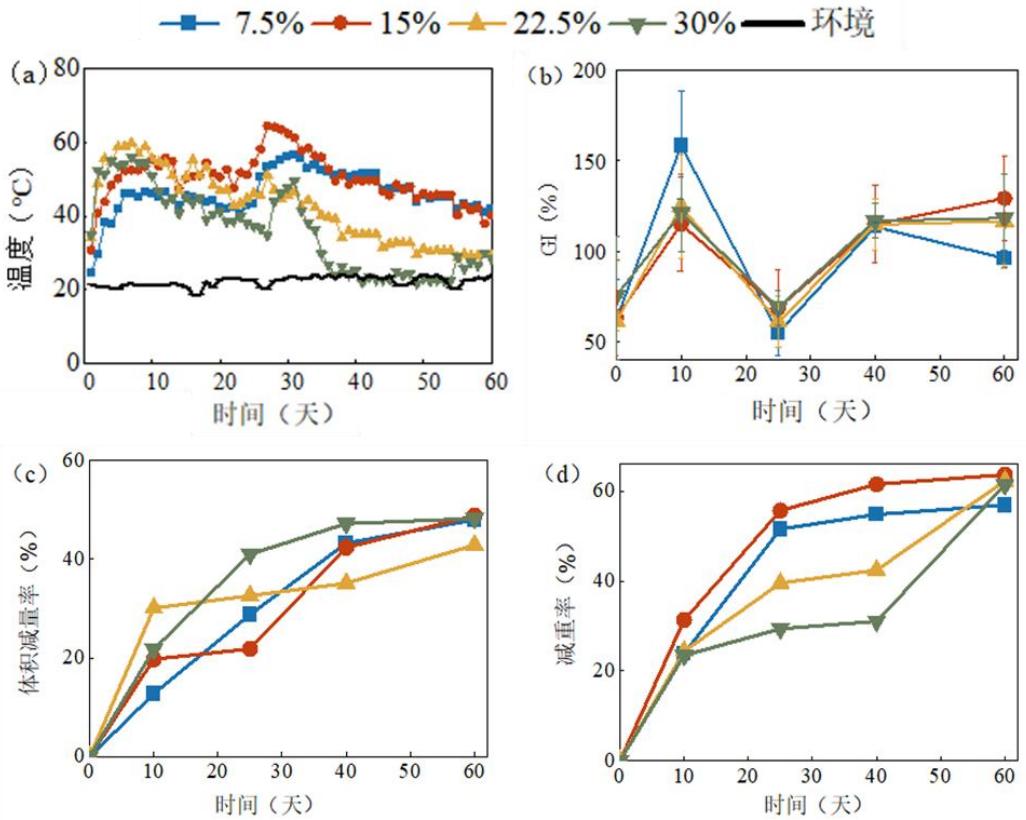


图 16 不同辅料比例对沤肥温度 (a)、GI (b)、体积减量率 (c) 和减重率 (d) 的影响

(3) 堆体规格试验验证分析

添加 15% (基于湿重) 芦苇秸秆作为辅料，分别设置 2、3、4 m 堆高进行沤肥。试验过程同上。

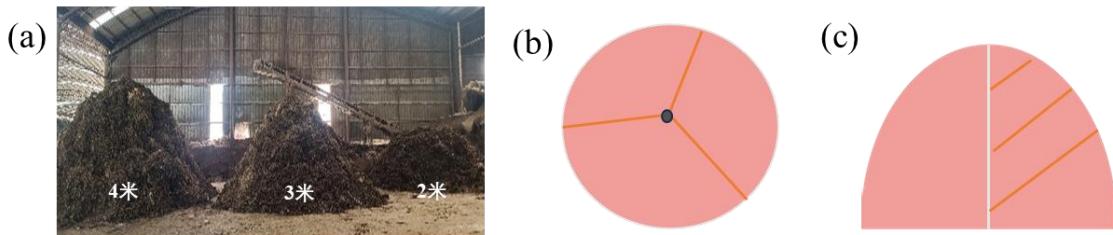


图 17 �沤肥实景图 (a) 及取样点位俯视图 (b)、侧面图 (c)

结果表明，各处理升温速度随着堆体高度增加而加快，以 3 米高处理维持高温时间最长，且各处理均维持 60 °C以上高温达 10d 以上。沤肥结束时，各处理 GI 值均 > 80%，符合有机肥腐熟标准，其中，

以3米高堆体的GI值最高（124.1%）。堆置25 d后，各处理物料体积减量率和减重率分别为6%~20%和38%~42%，并且主要以水分蒸发散失为主，水分损失量占物料总损失量（湿基）的70%~85%。沤肥结束时，各处理的蛔虫卵死亡率均为100%，高于《有机肥料》（NY/T 525-2021）的标准值(> 95%)。此外，3、4 m处理大肠菌群数均满足标准值，2 m处理不满足。

表8 沤肥结束时无害化指标

项目	2 m	3 m	4 m	标准值	参考文献
蛔虫卵死亡率 (%)	100	100	100	≥ 95	NY/T 525-2021
粪大肠菌群数 (个·g ⁻¹)	460	10	10	≤ 100	

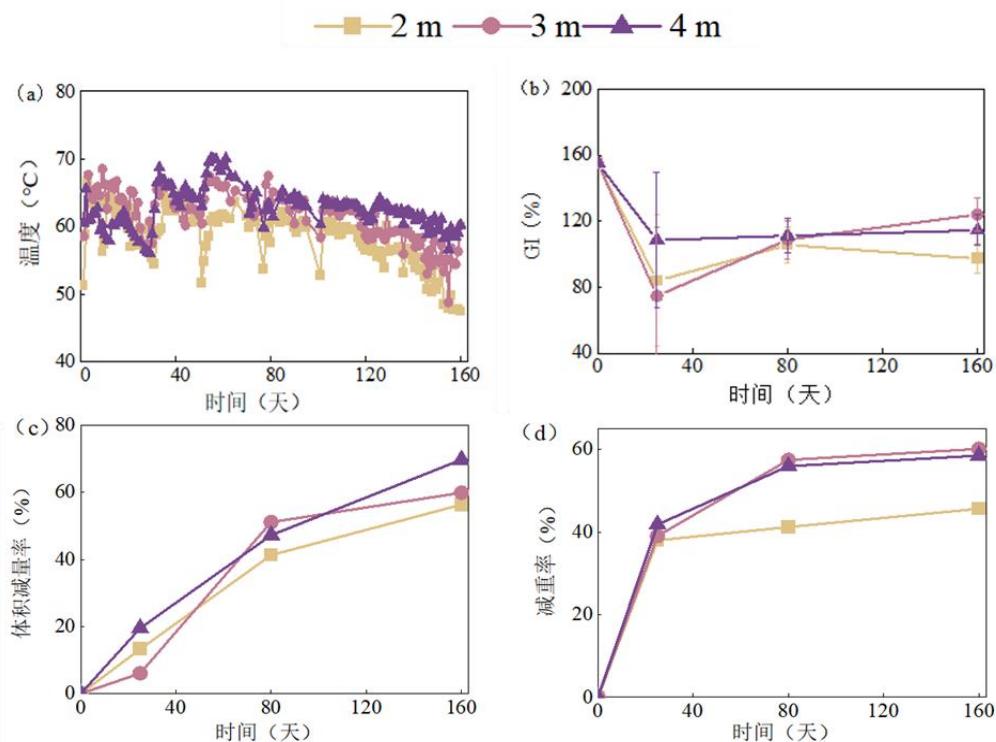


图18 不同堆高对沤肥温度(a)、GI(b)、体积减量率(c)和减重率(d)的影响

3. 开展了全国范围沤肥技术应用情况调研

明确了全国范围内辅料可用性,为本文件技术参数提供理论依据

编制单位调研取证了全国各个典型气候区域辅料特性,探明了各种辅料的性质差异,例如玉米秸秆、甘蔗渣、园林废弃物有机质含量较高,烟末总氮含量较高,且玉米秸秆、甘蔗渣、烟末等具有合适的C/N。在此基础上,明确了辅料种类和添加量显著影响了沤肥过程的含水率和产品腐熟度,验证了本文件对辅料种类、含水率的规定。监测了多个区域沤肥工程,基于堆体性质分析与氧气动力模型的构建,探明了氧气扩散特征与堆体温度的关系,明确了确保氧气扩散是堆体温度上升的关键。为确保本文件各项参数设置合理、规范、具备实际意义,对工程验证过程多项物理化学参数进行相关性分析,并重点关注病原菌(无害化)与种子发芽指数(腐熟度),证实了病原菌与含水率呈显著正相关,与温度呈现显著负相关;种子发芽指率与含水率、挥发性固体、氨态氮含量呈显著负相关;在保障孔隙率供气体传输前提下,含水率调控是沤肥启动的关键,保证腐熟度提升和无害化处理效果。

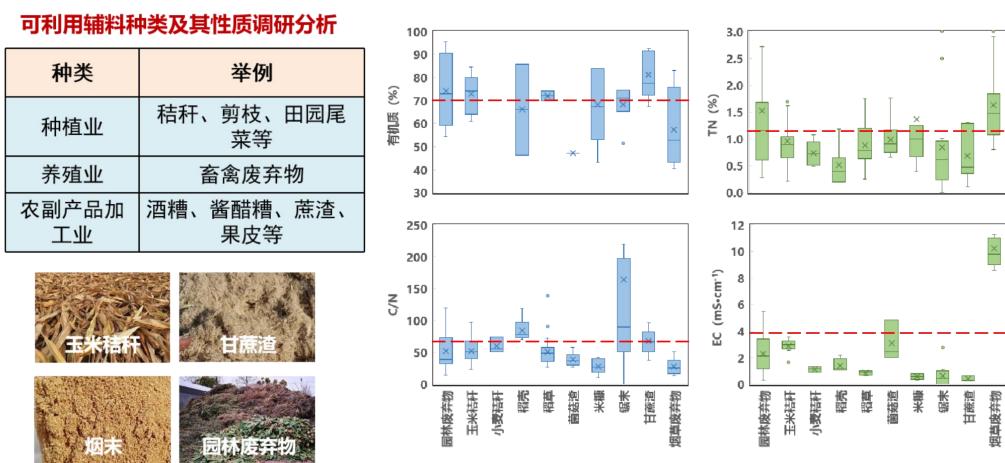


图 19 全国可利用辅料种类及其性质调研分析

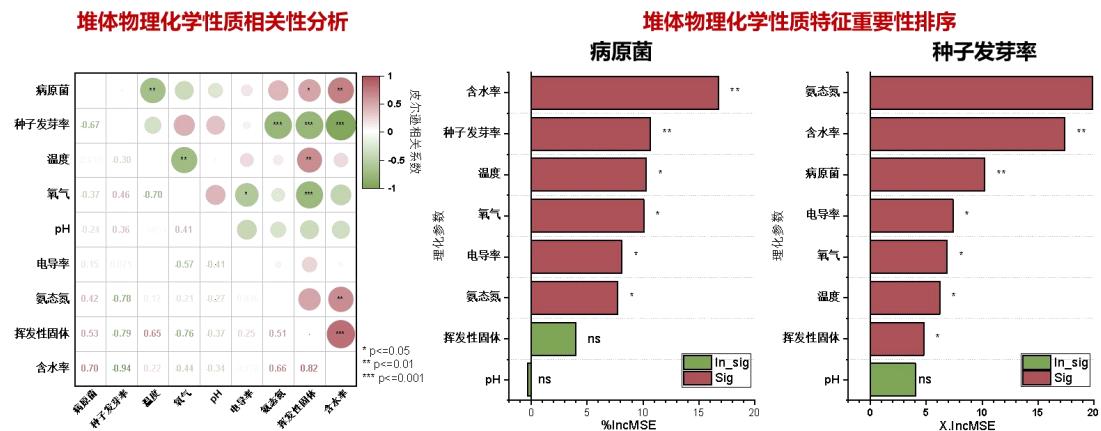


图 20 泡肥过程堆体各项理化性质重要性

调研了多个采取本标准参数泡肥工艺的养殖场, 进一步佐证了本标准的参数。

案例一：宁夏中卫市塞外奶牛养殖农民专业合作社牛粪泡肥工艺

该合作社位于宁夏回族自治区中卫市, 主营奶牛养殖, 此前采用的先螺旋挤压后脱水露天晾晒方式受市场需求影响大、粪污储存质量不稳定, 因此选择泡肥工艺优化处理。其泡肥工艺为: 以初始含水率约 60% 的奶牛粪为原料, 包括向奶牛粪中添加 0.15%、0.27% (干重) 菌剂和添加 10% 的腐熟物料 (图 21), 堆置时长约 30 d, 后堆置成 15m×3m×1.2m, 进行条垛泡肥, 堆体不做覆盖处理。相较于该合作社原工艺, 各泡肥工艺堆置至第 20 d 时种子发芽指数均超过 100% (图 22), 实现堆肥腐熟度达标, 其中添加菌剂的工艺腐熟效果更优, 同时奶牛粪中的有机质与养分也得到了有效保留。



图 21 塞外奶牛养殖农民专业合作社泡肥现场

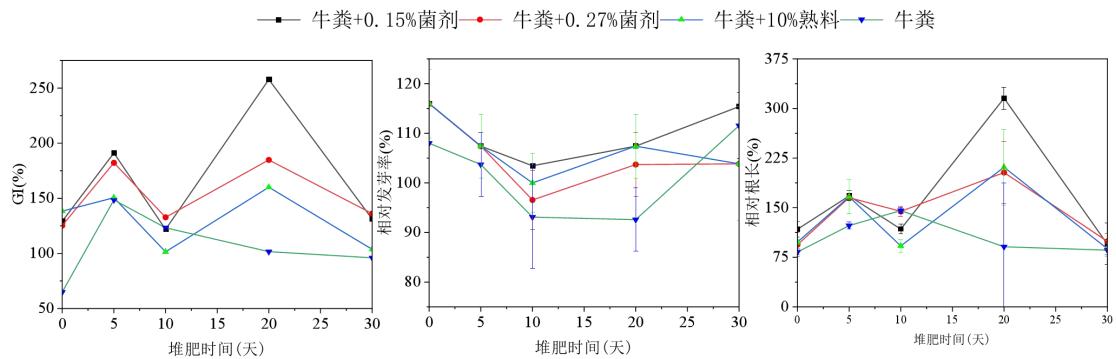


图 22 泡肥性能指标变化

案例二：宁夏西吉县兴隆镇西吉肉牛场牛粪泡肥工艺

该养牛场位于宁夏回族自治区固原市西吉县兴隆镇，养殖肉牛 270-280 头，因原有粪污处理方式效率低、资源化效果差，选择泡肥工艺优化处置。其泡肥工艺为：以含水率为 68% 肉牛粪为原料，在肉牛粪中添加 10% 糜醛渣或 50% 的腐熟堆肥，同时在堆体上覆盖土层，后堆置成 $5\text{m} \times 2.5\text{m} \times 1\text{m}$ 的条垛堆（图 23），堆置时长约 30 d，过程中搭配翻堆机辅助翻堆。最终该工艺实现堆肥高温期稳定维持 10 d 以上，堆置至第 20 d 时种子发芽指数超过 70%，腐熟度达标；同时覆盖土层的方式有效减少了氨气排放（图 24），堆肥的腐殖化程度与养分稳定性也得到了提升。

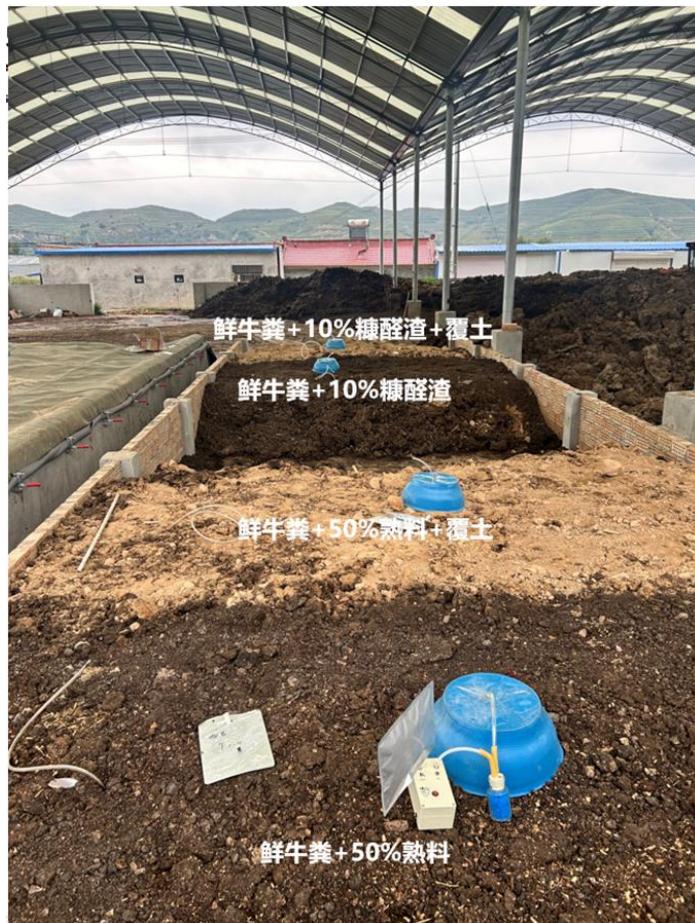


图 23 西吉县兴隆镇西吉肉牛场沤肥现场

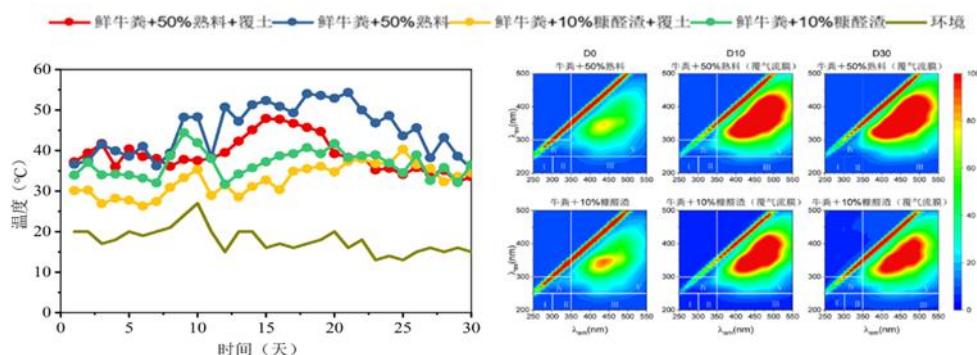


图 24 沤肥性能指标变化

案例三：宁夏中宁县中垦天宁牧业有限公司奶牛粪沤肥工艺

该公司位于宁夏回族自治区中宁县，主营奶牛养殖。为响应国家绿色农业发展要求，解决畜禽粪污带来的环境压力，实现粪污资源化利用，选择沤肥工艺进行处理。其沤肥工艺规格与参数为：堆体规格根据场地需求有 $3m \times 2m \times 2m$ 、 $3m \times 1m \times 1m$ 、 $3m \times 3m \times 3m$ 等多种

规格（图 25），以初始含水率 71% 的奶牛粪为原料，同时设置菌剂与腐熟堆肥添加方案，包括添加 0.05%、0.1%、0.15% 的复合菌剂，添加 10% 腐熟堆肥，堆置时长 42 d，堆体无覆盖处理，堆肥结束时所有处理的种子发芽指数均超过 80%，达到腐熟标准（图 26）。



图 25 宁夏中宁县中垦天宁牧业有限公司沤肥现场

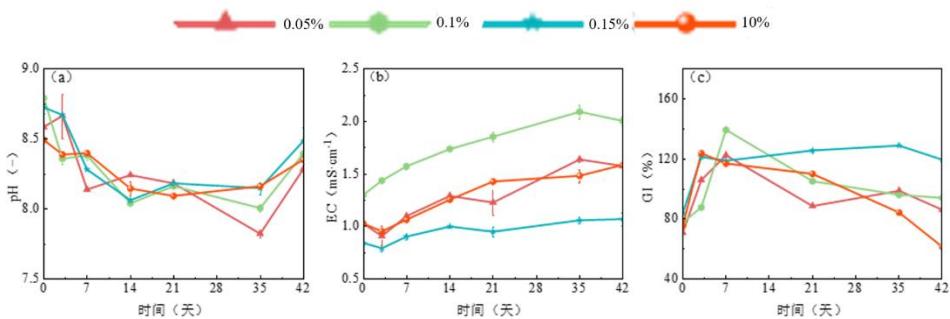


图 26 沤肥性能指标变化

案例四：甘肃省武威市凉州区柏树镇陈氏养猪场猪粪沤肥工艺

该养猪场位于甘肃省武威市凉州区柏树镇，养殖规模为 150 头猪。为解决猪粪污的环境污染问题、实现粪污资源化利用，选择沤肥工艺进行处理。其沤肥工艺规格与参数为：堆体规格统一为 2m×1.5m×1m 的条垛堆，按腐熟堆肥添加比例设 4 种处理形式（7.5%、15%、22.5%、

30% 的腐熟堆肥添加量），以初始含水率 70%的猪粪为原料，堆置时长约 60 d，堆体不做覆盖处理。堆肥期间，温度呈现先升后稳的趋势，各处理组温度峰值可达 60°C以上（图 27）。最终该工艺实现了堆肥的有效腐熟，不同腐熟堆肥添加比例的处理组均达成了稳定的粪污无害化与资源化效果。

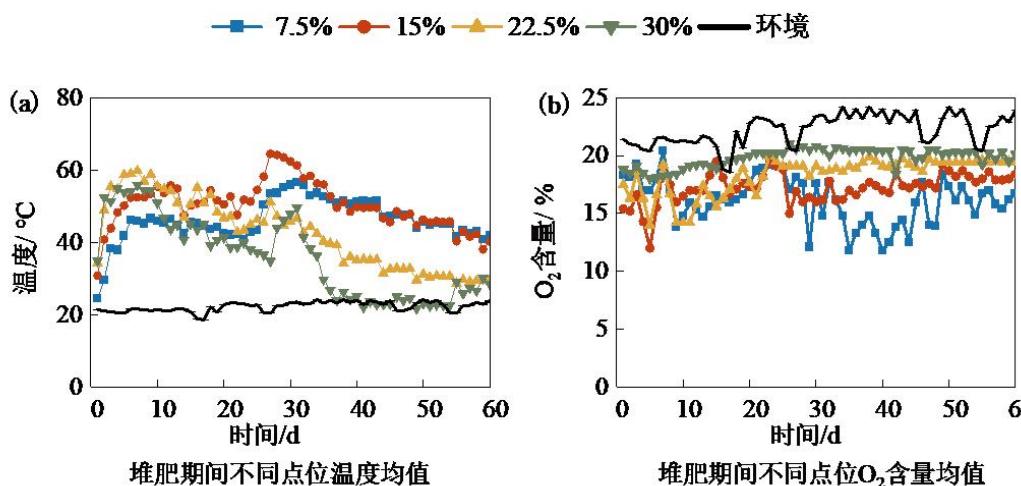


图 27 汰肥性能指标变化

案例五：云南省大理白族自治州牛粪沤肥工艺

云南顺丰洱海环保股份有限公司以洱海流域畜禽粪便、餐厨垃圾等有机废弃物资源化利用为核心业务。截至 2024 年，处理有机废弃物近 400 万吨，实现流域全覆盖。鉴于收集站点分布广泛，距离加工厂远，运输不便，导致处理成本增加。在收集站点，通过与芦苇秸秆、腐熟物料等混合，含水率达到 65%左右，堆置为高约 3 m 的堆体，发酵 10 d 便可实现堆体减量化 30%以上，运输成本可降低 28%以上，氮损失可减少 32%以上。



图 28 云南顺丰洱海环保股份有限公司沤肥现场

(二) 技术经济论证

通过技术经济性分析，沤肥技术显著降低了粪污处理成本，工程规模验证结果显示，与传统工程规模堆肥相比，以条垛式为代表的简易沤肥技术，在经济效益上表现出显著优势。一方面，通过省略高成本环节实现极低的设施投入，无需建设发酵车间、曝气系统和密闭臭气处理装置，仅需简易硬化地面，使单位投资成本较工程堆肥降低 70%-90%。另一方面，沤肥处理主要为就地消纳，极大地减少了粪污集中收、储、运环节所产生的物流成本和能耗，且依赖自然过程的简单运行，无需持续鼓风能耗、专用菌剂添加与复杂维护，主要成本为周期性翻堆，使运行成本至多仅为工程堆肥的 20%-40%。具体经济效益主要取决于畜禽粪便是否需要采购和短距离运输。此外，合理的沤肥工艺可显著减少氮损失，增加有机物中养分固定到腐殖质中，提升了资源利用率。同时，该技术符合国内实际情况，无需依赖国际技术标准或进口设备，在经济性、可操作性方面具有显著优势，适合用于规模化推广。

(三) 效益分析

1. 经济效益：沤肥技术通过减量化和资源化直接降低处理成本。

与需要建设集中处理中心、购置专用设备的槽式堆肥、反应器堆肥等技术相比，沤肥技术通常只需在养殖场内或附近建设具有防雨、防渗功能的简易堆沤设施（如半开放式堆沤池），单位投资成本可降低70%-90%；同时，沤肥处理主要为就地消纳，极大地减少了粪污集中收、储、运环节所产生的物流成本和能耗，运行成本至多仅为工程堆肥的20%-40%。

2. **社会效益：**技术推广促进了农牧业废弃物循环利用，改善了农村环境卫生，降低了粪污随意排放引发的公共卫生风险。沤肥后无害化指标保障了有机肥的安全性，间接提升了农田土壤健康与食品安全水平。

3. **生态效益：**规范的沤肥过程有利于有机质的腐殖化，并有助于减少氮素以氨气等形式挥发性损失。编制组研究表明，合理的沤肥措施可减少氮损失32%以上，降低了农业面源污染风险，有助于保护水体生态。同时，沤肥过程通过高温杀灭病原菌，减少化学消毒剂使用，符合绿色农业发展趋势。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比及引用情况

本文件制定过程中未采用国际标准，国内目前无同类标准。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本文件制定过程中根据国内实际情况制定，未以国际标准为基础进行起草。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本文件符合国家环保与畜禽粪污资源化利用的相关政策、法律法规和强制性国家标准要求，有利于现行法律法规和强制性标准的落实。在标准的编制过程中，部分条款直接引用自现行国家或行业标准写明的相关内容，属于原文引用，避免了二次引用和重复。因此，本文件的制定也符合目前我国对畜禽粪污资源化利用的技术标准规范，内容详实合理。

七、重大意见分歧的处理依据和结果

综合各方专家意见，没有重大分歧。

八、涉及专利的有关说明

经查，本文件不涉及专利和知识产权情况。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

本文件立项为推荐性标准，专家组建议作为推荐性标准制定，标准编写组没有异议。按照标准制定工作程序，同意以推荐性标准发布。本文件适用于畜禽养殖场（户）畜禽粪便的轻简化沤肥处理，对场地、工艺、无害化指标和记录等提出了要求，规范了畜禽粪便从产生到就地就近资源化利用的操作规范和相关的质量判断标准，对促进畜禽养殖粪污资源化利用具有重要的指导意义。

十、其他应当说明的事项

本文件属行业标准，旨在引导和推动我国农牧业实现种养循环、资源可持续，从而促进生态文明建设，符合乡村振兴、“碳中和、碳达峰”和可持续发展等国家重大战略要求，也是保障我国粮食安全的

重要举措。编写人员进行了多次国内外专家的咨询，依据现有标准、研究结果和相关专家经验，对其中关键参数进行了确定。因此，本文件是合理、规范且符合未来发展要求的，可作为畜禽粪便沤肥过程各环节的技术参考。

附件：

预审会议审查意见汇总处理表

标准名称： 畜禽粪便沤肥技术规范 共 3 页

标准项目承担单位： XXX 等

2025 年 12 月 2 日填写

序号	标准章 条编号	意见内容	提出 单位	处理 意见	备注
1	编制说明	补充首席专家。	专家组	采纳	
2	编制说明	征求意见的名单补充相关人员	专家组	采纳	
3	编制说明	建议正文内容用斜体。	专家组	采纳	
4	编制说明	背景描述 40 亿吨、利用率 60% 与现 存数据不一致，编制说明的中小型 与正文里面大型养殖场不一致，建 议统一。	专家组	采纳	
5	编制说明	建议明确界定沤肥的定义和范围 (养殖户)、验证的堆沤场对接情 况，验证情况。建议编制说明分区 域，分畜种，并通过企业验证，反 馈效果。	专家组	采纳	
6	编制说明	建议不考虑重金属、接种菌剂等， 可补充采用腐熟物料作为菌剂接种 简易方式。综合考虑堆体大小参数 设置，保证堆沤温度。	专家组	采纳	
7	编制说明	建议明确堆沤技术的无害化核心指 标，明确监测方法，尽量用简单指 标，实现堆沤肥无害化。建议原料 含水率不要做严格规定，防潮等难 实现措施，建议去除。建议通过延 长堆肥时间，避免对养殖场户对时 间不敏感，保证腐熟效果。	专家组	采纳	

8	正文	建议明确与堆肥技术规范区别与界定。明确定位为中小养殖场户，简易的固体粪便就地就近无害化处理的技术，建议蛔虫卵和大肠杆菌一定要规定，其他指标综合考虑。	专家组	采纳	
9	正文	建议正文题目英文题目检查完善。 建议将标准名称修改为《畜禽粪便沤肥技术规范》	专家组	采纳	
10	正文 3	建议将 3.1 修改为 涸肥处理，直接应用。	专家组	采纳	
11	前言	建议参考滚筒的前言。	专家组	采纳	
12	正文	删除“一般要求”“沤肥贮存”运输利用章节，增加“8. 记录”章节。 修改“沤肥”章节，删除“6.2 厌氧堆沤”章节。 按照 GB/T 1.1 要求进一步规范标准文本。 根据文本内容补充完善编制说明。	专家组	采纳	
13	1. 范围	修改为沤肥处理的场地要求、沤肥工艺、无害化类型和记录等要求。 修改为本文件适用于畜禽养殖场（户）的固体粪污就地就近沤肥处理。	专家组	采纳	
14	2. 引用	增加 NY/T 4754，删除 GB/T 27622 等应用标准	专家组	采纳	
15	术语与定义	修改术语 3.1 定义，删除 3.2 至 3.4 术语，建议定义在正文出现两次再定义。 3.2 修改为兼氧堆沤，固体粪污经兼性厌氧处理过程注：分为兼氧堆沤和厌氧堆沤。[来源：GB/T 25171,5.3.1.3 有修改]。全文将畜禽粪污替换成固体粪便。	专家组	采纳	
16	5. 场地选择	建议 5.1 修改为根据养殖场（户）自然环境、地形特点等，选择养殖场（户）周边下风向区域。 5.2 修改为沤肥场应防雨、防渗和防溢流，满足安全、环保要求。 5.3 修改为沤肥场所容积要求，按 NY/T 4754 中 6.2.1 的规定执行。删除 5.4 全文改为沤肥场。	专家组	采纳	

17	6 液肥工艺	建议删除工艺流程图，数字后面补充单位，所有参数数据在编制说明体现，菌剂等参数设定往后调，删除厌氧液肥，一起陈述。编制说明的代表性畜种要补充。	专家组	采纳	
18	6.1 兼氧堆沤	<p>删除原 6.1，修改为：固体粪污含水率不高于 75% 的，按以下工艺处理：</p> <ul style="list-style-type: none"> —宜采用条垛式沤肥，可添加秸秆等辅料调节孔隙度和含水率。 —堆体高度宜不低于 0.4 m，宽度宜不小于 0.8 m；可在底部铺设含水率不超过 20% 的辅料，厚度宜为 5 cm～20 cm。 —堆体最高温度未超过 50℃，不少于 60 d；堆体最高温度超过 50℃，不少于 30 天。 —堆体中心温度超过 50℃ 时，可进行适当翻堆。 	专家组	采纳	
19	6.1.3	将原 6.1.3 修改为：沤肥前可接种微生物菌剂或腐熟物料，微生物菌剂应符合 GB 20287。	专家组	采纳	
20	6.1.7	将原 6.1.7 修改为：宜在堆体表层覆盖不低于 2cm 的秸秆、土壤、腐熟物料等。	专家组	采纳	
21	6.2 厌氧堆沤	<p>删除原 6.2，修改为：固体粪污含水率高于 75% 的，符合以下要求：</p> <ul style="list-style-type: none"> —宜在坑、槽等设施进行沤肥； —环境温度低于 20℃，应不少于 90 天，20℃ 以上，不少于 60 天。 —应在通风良好条件下进行作业，配备必要的防护措施； 	专家组	采纳	
	7. 堆沤肥质量要求	<p>将原第 7 条修改为无害化要求。</p> <p>将蛔虫卵指标修改为蛔虫卵死亡率，指标修改为数值。</p>	专家组	采纳	
22	8. 贮存、运输和利用	将原来 8. 内容删除改为记录。 记录的包括原料类型和处理量、环境温度、堆体温度、沤肥时间等	专家组	采纳	

注：提出单位为专家组。