《区域性农业废弃物集中处理技术规范》农业行业标准

（征求意见稿）

编制说明

承担单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

标准负责人：潘君廷

联系电话：010-82108645

邮箱：panjunting@caas.cn

一、工作简况

## （一）任务来源

2022年，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、行业标准制定和修订项目任务通知》农质标函〔2022〕66号向中国农业科学院农业资源与农业区划研究所下达了《区域性农业废弃物集中处理技术规范》标准制定的任务，由中国农业科学院农业资源与农业区划研究所负责起草制定。

## （二）制定背景

我国是农业大国，农业生产（畜禽养殖以及种植业等）会产生大量废弃物。据第二次全国污染源普查数据，我国每年产生的畜禽粪污约30亿吨，综合利用率约80%，其中，畜禽养殖过程产生的污水量约20亿吨[1]。此外，我国秸秆年产量9亿多吨，综合利用率约88%，秸秆利用方式多种多样，但基本以肥料化还田利用为主[2]。近年来，多数规模化农业废弃物输出点已形成稳定“收-储-运-施”体系，但仍有中小型养殖场粪污、种植业废弃物及林业废弃物等农业废弃物未能被资源化利用[3]。这些畜禽粪污、农业秸秆等会对土壤、水体和空气造成污染，同时会导致资源浪费[4]。

农业废弃物中含有的有机质、氮、磷等营养成分，具有转化为生物沼气、有机肥等高附加值产物的潜力[5, 6]。针对区域性农业废弃物集中收集并处理、利用，不仅符合资源化利用需求，并且与污染防治攻坚任务相衔接，与绿色低碳发展要求相适应。近年来，国家和地方政府出台系列政策法规持续推进农业绿色循环发展。国务院办公厅、农业农村部等相继印发《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》《畜禽粪污资源化利用行动方案（2017—2020年）》《国务院办公厅关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》等，并在2021年启动绿色种养循环农业试点重点支持畜禽粪污资源化利用。目前，区域性农业废弃物目前存在资源化利用比例不足、集中处理边界不明确、粪污差别利用模式不清晰、处理中心选点缺乏依据等问题，制约农业废弃物资源化利用发展[7-9]。

此外，针对区域性农业废弃物的标准、规范等严重不足。现存农业废弃物资源化国标主要有《农业废弃物资源化利用 农产品加工废弃物再生利用》（GB/T 42546-2023）、《农业废弃物资源化利用 生物质资源综合利用》（GB/T 42679-2023）等，目前针对区域性特定情况农业废弃物集中处理规范尚不明确。

针对现存问题，建立完整区域性农业废弃物集中处理技术规范具有重要意义。本标准拟从集中处理中心的选址与布局、农业废弃物收储运、工艺设计、运行管理等方面，制定相关技术规范，为“十四五”农业资源环境保护工程建设提供依据。截至目前，以“农业废弃物”为标题，在全国农业食品标准公共服务平台查询，共获得与农业废弃物相关的标准7条，其中仅有农业废弃物或水稻秸秆等单一品类农业废弃物堆肥相关的技术规程，而关于区域性农业废弃物集中处理技术相关的操作规范等并未涉及。因此，本项目的设立不存在与其他标准的交叉重复。在欧美国家，虽然也将农业废弃物进行循环利用，但因地里因素，尚未见区域性农业废弃物集中处理技术的相关报道[10]。《区域性农业废弃物集中处理技术规范》编制组在多年农业面源污染防控研究及编制的《密集养殖区畜禽粪便收集站建设技术规范》（NY/T3670-2020）的基础上，针对收集站收集的农业废弃物的处理处置设施建设问题，制定《区域性农业废弃物集中处理技术规范》标准，为农业废弃物集中处理的合理选址、优化设计、建设工艺、技术要求等提供标准。

## （三）起草过程

**1．起草阶段**

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所接到任务后，立即成立标准编制小组，并明确了主要成员的职责。专项小组广泛搜集、整理并对比了国内外关于不同区域规模化输出点农业废弃物特征、现有处理技术与方案（如技术和经济利弊分析）等文献资料。重点包括东北高纬度地区农业废弃物处理面临的困境；山东省玉米秸秆处理处置方案；南方水稻秸秆、稻壳等处理处置方案；沿江河湖海地区渔业废弃物处理处置方案等。为全面把握国内地区性农业废弃物处理处置的现状与实际需求，开展了深入的实地调查研究工作。小组积极走访各大院校、地方企业、农户/养殖户，同时与国内同行专家交流以广泛听取意见，并组织了细致的讨论与科学的分析。在充分查阅、调研、听取意见后，正式开启初稿编制工作。

在系统查阅国内外关于区域性农业废弃物集中处理相关情况并掌握了丰富翔实的资料后，标准编制小组就相应的细节问题多次与相关单位进行电话咨询，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2022年3月中旬形成了《区域性农业废弃物集中处理技术规范》（初稿）。

经过标准制定小组在《区域性农业废弃物集中处理技术规范》（初稿）基础上反复修改和完善，于2022年5月形成了《区域性农业废弃物集中处理技术规范》（讨论稿）。进一步征求多位领域专家及潜在用户意见，于2025年3月形成《区域性农业废弃物集中处理技术规范》（征求意见稿）和《区域性农业废弃物集中处理技术规范编制说明》。

**2．征求意见阶段**

同时在标准牵头起草单位和农业农村部农业资源环境标准化技术委员会所在单位网站进行公开征求意见。

**3．下一步计划**

按照征求意见情况进行修改，开展标准审查，申请标准报批。

二、标准编制原则和确定标准主要内容

## （一）标准编制原则

**1. 规范性。**本标准按照《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）进行编制。编制过程中，依照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《中华人民共和国循环经济促进法》《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国水污染防治法》等纲领性法律法规，参考了国家、地方发布的有关农业废弃物利用、农业废弃物收储运、废弃物集中处理技术等相关标准和农业经营主体的相关政策。

**2. 科学性。**本标准重点针对农业废弃物处理的技术参数、操作规程等方面进行编制，符合现有国家及行业法规要求。充分借鉴国内外相关标准和技术指南的经验，并充分继承已有工作基础与数据。广泛征求科研单位和管理单位等专家意见，并与具有丰富实际经验的菜农进行深入交流和研讨，进行适当的修改和规范，使标准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。

**3. 适用性。**本标准主要技术指标的确定是以规范区域性农业废弃物集中处理技术为目标，以农业需求为导向，适用于我国农业农村、生态环境行业的技术部门、管理部门以及相关企业单位。为中小型养殖场粪污、种植业废弃物及林业废弃物等农业废弃物集中处理的合理选址、优化设计、建设工艺、技术要求等提供标准。

**4. 系统性。**本标准在制定过程中，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，严格执行农业行业标准，与同体系标准及相关的各种基础标准相衔接。

参考标准如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **标准/规范名称** | **标准/规范号** |
| 1 | 密集养殖区畜禽粪便收集站建设技术规范 | NY/T3670-2020 |
| 2 | 农业废弃物资源化利用 农产品加工废弃物再生利用 | GB/T 42546-2023 |
| 3 | 农业废弃物资源化利用 生物质资源综合利用 | GB/T 42679-2023 |
| 4 | 农业社会化服务 农业废弃物综合利用通用要求 | GB/T 34805-2023 |
| 5 | 循环经济绩效评价 农业废弃物资源化利用 | GB/T 42681-2023 |
| 6 | 农业废弃物资源化利用 农业生产资料包装废弃物处置和回收利用 | GB/T 42550-2023 |
| 7 | 畜禽养殖污水监测技术规范 | GB/T 27522-2023 |
| 8 | 制取沼气秸秆预处理复合菌剂 | GB/T 30393-2013 |

## （二）确定标准主要内容的论据等

**3.1 封面**

1）由于本次是新制定标准，封面中，标准号，ICS及备案号均暂未列。

2）封面下面标准发布时间和标准实施时间也未标注。

3）《“十四五”全国农业绿色发展规划》提出推进废弃物资源化利用，支持在畜牧养殖大县、粮食和蔬菜主产区、生态保护重点区域开展绿色种养循环农业试点，整县推进粪肥就地消纳、就近还田；全面实施秸秆综合利用行动，实行整县集中推进。围绕规划体现的区域性思路，本标准使用“区域性农业废弃物”，与相关法规保持一致。

**3.2 前言**

1）按照GB/T 1.1-2020的内容要求起草。

2）列出了标准的提出及归口单位

3）根据本标准制定的单位的实际情况，列出了标准的主要起草单位和排名。

4）根据本标准制定的参与人员的实际情况，列出了标准的主要起草人的姓名和排名。

**3.3范围**

本文件规定了区域性农业废弃物集中处理的基本要求，处理中心的选址与布局、原料收储运、工艺设计和运行管理等内容。

本文件适用于区域性农业废弃物集中处理及利用。

**3.4规范性引用文件**

本标准涉及的标准文件如下，对于构成本标准都是必不可少的。

GB/T 26624 畜禽养殖污水贮存设施设计要求

GB/T 34805 农业废弃物综合利用 通用要求

GB∕T 40750 农用沼液

GB 50016 建设设计防火规范

GB/T 51063 大中型沼气工程技术规范

GH/T 1270 秸秆收储运体系建设规范

NY/T525 有机肥料

NY/T 1220.2 沼气工程技术规范 第4部分：运行管理

NY/T 2065 沼肥施用技术规范

NY/T 3442 畜禽粪便堆肥技术规范

本标准的制定，充分参考了已有的国家标准、行业标准，标准中涉及的农业区域处理中心设施的建设、运行以及农业废弃物的处理和资源化利用要求与相关国家和行业标准中的要求一致，不与现行标准要求冲突。

**3.5术语和定义**

本标准共涉及两个术语和定义，均是区域性农业废弃物集中处理需要界定的关键概念，且有相关出处和界定依据。

**农业废弃物**

农业废弃物指农业生产和加工过程中废弃的生物质，包括种植业废弃物、林业废弃物和养殖业废弃物。定义主要依据《农业废弃物综合利用 通用要求》（GB/T 34805）、《农业固体废物污染控制技术导则》（HJ 588-2010）中关于农业废弃物的描述。

**区域性集中处理中心**

根据一定范围内的资源禀赋，或按照乡镇级及以上行政区域划分，或按照30 km及以上空间距离范围划分，集中处理区域内农业废弃物的地方。范围界定主要依据《“十四五”全国农业绿色发展规划》中支持整县推进粪肥就地消纳、就近还田、全面秸秆综合利用的要求。

**3.6基本要求**

主要根据标准国标《畜禽养殖业污染物排放标准》 GB 18596的要求提出，农业废弃物集中处理应符合减量化、资源化和无害化原则，并要求集中处理过程中须满足卫生要求，避免二次污染。

国标《农业废弃物综合利用 通用要求》 GB/T 34805中规定了从事区域性农业废弃物集中处理的企业和组织的要求，因此根据该条要求规定符合本标准的企业和组织。

根据《中华人民共和国安全生产法》等相关法律法规的要求，农业废弃物集中处理中心应建立配套的处理过程控制方案、运行管理机制与应急机制。

本条规定了区域性农业废弃物集中处理的基本要求，从事相关活动的企业和组织应满足。

**3.7选址与布局**

选址与布局方面综合《畜禽规模养殖污染防治条例》《动物防疫条件审查办法》《建筑设计防火规范》（GB 50016）等法规以及其他相关的标准，统筹考虑当地资源禀赋与末端产品需求，以及收集、处理和利用各个环节潜在的各项可能的环境风险，提出如下的区域性农业废弃物集中处理中心建设的选址与布局要求。

应避免在下列区域内建设农业废弃物集中处理中心：

a) 生活饮用水水源保护区、风景名胜区、自然保护区的核心区及缓冲区；

b) 城市和城镇居民区，包括文教科研、医疗、商业和工业等人口集中地区；

c) 国家或地方法律、法规规定需特殊保护的其他区域。

应选择在居民区全年主导风向的下风侧，并应远离居民区，且应满足卫生防疫的要求。

应选择在交通便利的位置，或便于产品有效应用的位置。

选址与设计应符合《建筑设计防火规范》要求。

应确立区域性集中处理中心的服务范围，统筹区域内农业废弃物的可收集量，科学设计、合理布置全过程各个环节，实现区域种养循环农业的可持续发展[11]。

应分开生活区和生产区，生活区位于厂区的上风向。

应配置一定面积的种植试验示范区。

应建设雨水收集系统，经处理符合要求后排入自然水体。

**3.8 原料收储运**

本条规定主要对农作物秸秆和畜禽粪污的收集储存和运输进行了规定。主要根据农作物秸秆和畜禽粪污的特点，尤其是农作物秸秆季节性产生特点，南北方耕作制度、气候不同等特点，畜禽粪污总固体含量变化大，参照《秸秆收储运体系建设规范》（GH/T 1270）以及所调研的安徽、江西、河北、河南、云南、黑龙江等地企业的经验做法，给出如下原料收储运规定。

针对农作物秸秆收集、贮存及运输，本标准规定应在集中处理场区内或附近设置秸秆原料长期堆放场所，同时在场区外设置秸秆原料临时堆放场所[12]。其中，秸秆原料贮存场地的总容积根据可收集半径内的原料特性、耕作制度、需求量等因素确定，且符合GB 50016要求。

针对粪污，本标准建议输至区域性集中处理中心部分的畜禽粪污宜为高浓度粪污。一方面减少运输过程中含水量大增加的运输成本，另一方面提高后续消化或堆肥的效率，保障沼气或有机肥产量[13]。此外，养殖场应坚持清洁生产，雨污分离，采用节水措施，减少污水产生量。为保障安全运输，以及粪污浓度，标准规定采用全量化粪污处理模式的养殖场应控制粪污总固体（Total Solids，TS）高于6%，采用封闭罐装车运输[14]；采用传统的干清粪、水冲粪和水泡粪等工艺的养殖场，宜对养殖场进行栏舍和饮水器改造[15]；若养殖场无法进行改造，应增设自主污水处理设施，对粪尿水进行浓缩分离，保证高浓度部分粪污TS高于6%。鲜粪和固液分离的粪渣等TS高于17%的，采用货运车辆运输，四周应无缝隙，并采取增设顶盖等措施，以此避免粪污在运输途中出现“跑、冒、滴、漏”等现象[16]。对于运输路线，采用养殖场-区域性集中处理中心点对点运输，并严格遵守养殖场和区域性集中处理中心的消毒制度[17]，既保证效率又保证可控管理。畜禽粪污原料贮存场地布局要求应符合GB/T 26624相关要求。

**3.9 工艺设计**

根据目前农业废弃物主流处理方式以厌氧消化和好氧堆肥为主。根据厌氧消化和好氧堆肥工艺特点及要求，系统梳理并参阅了相关的标准和研究文献，结合项目组前期调研的黑龙江博能、江西正合、河北京安、山东民和、云南顺丰等企业的经验做法，从工艺技术要求、厌氧发酵工艺技术要求、好氧发酵工艺技术要求、沼气利用技术要求、沼液还田工艺技术要求和有机肥技术要求等方面给出了工艺设计规定。



图1 农业废弃物集中处理工艺流程图

利用微生物处理废弃农业废弃物并回收资源的两大途径是厌氧发酵和好氧发酵，为合理化处理不同特点物料，本标准规定区域性农业废弃物集中处理中心分别配备厌氧发酵工艺和好氧发酵工艺。其中，TS低于15%的物料宜以厌氧发酵为主，TS高于15%的物料宜以好氧发酵为主[18]。

农业废弃物集中处理厌氧发酵工艺应包括原料贮存及预处理，厌氧发酵，沼气、沼渣和沼液综合利用等环节。厌氧发酵产生的沼渣由于不存在有毒有害物质，因此可直接还田利用也可进入好氧发酵工艺进行制肥[19]。区域性集中处理中心厌氧发酵处理，设计、建设、安装、验收及运行维护应符合《大中型沼气工程技术规范》 GB/T 51063的相关规定。

农业废弃物集中处理好氧发酵工艺可包括原料预处理及混料、腐熟发酵、陈化发酵和筛选包装等环节。根据发酵影响因素，本标准建议应根据TS含量、碳氮比等发酵工艺要求，按照比例混合各类农业废弃物[20]。处理工艺流程按《畜禽粪便堆肥技术规范》 NY/T 3442规定执行。

沼气工程生产的沼气应采用居民供气、企业自用、发电、提纯制备生物天然气等方式进行消纳；若存在不能消纳的沼气，应设置火炬进行焚烧处理。用于居民供气沼气设计施工和管理运营应按照《沼气工程技术规范 第4部分：运行管理》 NY/T 1220.4 执行

沼液应腐熟完全并达到无害化处理的要求，符合《农用沼液》GB∕T 40750要求。沼液可用于农作物基肥、追肥和浸种应按《沼肥施用技术规范》 NY/T 2065执行。

**3.10运行管理**

综合目前厌氧消化工程、好氧堆肥工程、秸秆综合利用各类工程的管理情况和特点，并依据《中华人民共和国安全生产法》等法律法规和《密集养殖区畜禽粪污收集站建设技术规范》 NY/T3670等标准根据本标准特点对运行管理进行了系统的要求和规定。

应明确农业废弃物集中处理中心管护主体、责任和义务，建立健全事故应急处理体系，并制定相应的安全生产、职业卫生、环境卫生、自然灾害等应急预案。

应建立农业废弃物处理台账制度，记录农业废弃物集中处理情况。

农业废弃物应合理组织规划，避免在农业废弃物集中处理中心长时间堆积。

应严格采取相关措施防止二次污染。

应根据所选工艺设备系统的结构、性能、用途等制定管理制度、操作规程。

应对农业废弃物进行日常检查维护，做好各项设施设备的定期巡检，确保连接部位无泄漏，发现问题应及时处理。

未经批准不应在生产区使用明火作业，必须使用明火作业的，应采取安全防护措施，并在相关人员指导下操作。

三、主要试验（或验证）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）主要试验（或验证）的分析

本标准四川绵阳、湖南桃源、贵州玉屏、江西新余渝水区等地进行了初步验证，区域内畜禽粪便全部资源化，秸秆能源化利用率提高10%，化肥使用率降低50%，产气率与利用率分别提升25%以上，实现了全过程的商业化运营。在湖南省桃源县进行验证，全县域农业废弃物能源化利用的原料物流成本降低10%，存量沼气池/工程产气率提升10%-20%。在贵州省玉屏侗族自治县开展验证，实现390户农户周年稳定供热与供气。在江西新余渝水区开展验证，区域农业废弃物整体资源化的运行投入降低20%-30%，能源化率提升10%-20%；减少储存空间60%以上，原料的物流能量损失在5%以内；全过程温室气体排放减少30%。与同类小型堆肥项目相比，处理成本降低20%，能效指标降低30%。与同类沼气集中供气项目相比，原料物流成本减少20%，产气率提升10%-30%，运行收益提升20%。

## （二）综述报告

目前，我国已有农业废弃物处理相关国家标准的前期基础。《农业废弃物资源化利用 农产品加工废弃物再生利用》（GB/T 42546-2023）规定了农产品加工废弃物再生利用的总体要求、农产品加工废弃物分类及主要利用方式、直接利用、基质化利用、肥料化利用、饲料化利用、深加工利用和贮存、运输与记录。适用于农产品加工过程中产生的废弃物。《农业废弃物资源化利用 生物质资源综合利用》（GB/T 42679-2023）确立了农业生物质废弃物综合利用总则，规定了秸秆收储运、肥料化利用、饲料化利用、基料化利用、能源化利用及原料化利用的要求，以及畜禽粪污收贮运、堆肥利用、低温厌氧利用、能源化利用、基料化利用、昆虫转化利用及全量还田利用的要求。适用于农作物秸秆、畜禽粪污的综合利用。《循环经济绩效评价 农业废弃物资源化利用》（GB/T 42681-2023）规定了农作物秸秆、畜禽粪污资源化利用绩效评价的评价原则、评价指标体系、评价方法和评价程序。适用于县级及以上区域农作物秸秆、畜禽粪污资源化利用的绩效评价，或相关涉农企业农作物秸秆、畜禽粪污资源化利用的绩效评价。《农业固体废物污染控制技术导则》（HJ 588-2010）规定了农业植物性废物、畜禽养殖废物和农用薄膜等三种农业固体废物污染控制的原则、技术措施和管理措施等相关内容。适用于指导农业种植、畜禽养殖等产生的固体废物污染控制管理，实现农业废弃物资源化、减量化、无害化。

## （三）技术经济论证、预期的经济效果社会效益和生态效益

经济效果：本标准的颁布将加速实现区域性农业废弃物资源化利用，末端输出天然气与商品有机肥将产生直接经济效益，同时将为当地提供就业岗位，消化区域劳动力，产生间接经济效益。

社会效益与生态效益：本标准的颁布将规范区域性农业废弃物集中处理，为大规模养殖区畜禽粪便、农业秸秆等的科学化、规范化和指标化处理处置提供依据。最大化实现农业废弃物资源化，对科学实施区域生态循环农业示范、典型流域农业发展、乡村振兴保驾护航，加快实现农业废弃物高效可持续化利用，生态效益和社会效益显著。以江西新余渝水区为例：农业废弃物整体资源化的运行投入降低20%-30%，能源化率提升10%-20%；减少储存空间60%以上，原料的物流能量损失在5%以内；全过程温室气体排放减少30%。与同类小型堆肥项目相比，处理成本降低20%，能效指标降低30%。与同类沼气集中供气项目相比，原料物流成本减少20%，产气率提升10%-30%，运行收益提升20%。

四、与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本标准制定过程中未采用国际标准，国际无同类参考标准，无国外样品、样机数据对比。

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

国际尚无类似标准。

六、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准的制定主要是规范我国区域性农业废弃物集中处理技术，扩大其应用范围，与现行的法律、法规无冲突，引用的相关标准协调一致，无冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、涉及专利的有关说明

无。

九、实施标准的要求，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

《区域性农业废弃物集中处理技术规范》兼顾了养殖和农业废弃物处理企业经济效益和环境效益，能够适应我国农业环境保护的要求。本标准完成后，将在增强学科交流和数据共享、促进农业环境学科发展方面具有重要的意义。建议联合相关的标准化研究机构、农业废弃物处理公司和企业统一组织标准宣传，并提供技术咨询。

建议采取政府推动、项目带动、工程示范、技术培训和政策补贴等措施贯彻实施本标准。在各级政府的支持下，优先在养殖聚集区等农业废弃物聚集区进行推广应用，通过部分具有代表性的企业的示范，逐渐进行更大规模的推广。

组织措施：建议由农业部门确定具体监管部门和执法部门来贯彻执行。

技术措施：首先进行技术培训。选取具有代表性的农业企业进行技术推广，建立示范工程，以点带面，逐步推广。

过渡办法：建议优先在养殖聚集区等农业废弃物聚集区推广，通过政策推动、经费支持、运行补贴等方式逐步促进本标准的落实。

十、其他应予说明的事项

无。

**参考文献：**

[1] 生态环境部. 第二次全国污染源普查公报 [EB/OL]. 2020.

[2] 石祖梁, 邵宇航, 王飞, 王久臣, 孙仁华, 宋成军, 李想. 我国秸秆综合利用面临形势与对策研究 [J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(10): 30-36.

[3] 王子臣, 沈建宁, 管永祥, 盛婧. 小型分散畜禽场粪污综合治理思路探讨——以武进区礼嘉-洛阳片区畜禽养殖业为例 [J]. 农业环境与发展, 2013, 30(2): 11-14.

[4] 单英杰, 章明奎. 不同来源畜禽粪的养分和污染物组成 [J]. 中国生态农业学报 (中英文), 2012, 20(1): 80-86.

[5] NGUYEN T H, DOAN Q-V, KHAN A, DERDOURI A, ANAND P, NIYOGI D. The potential of agricultural and livestock wastes as a source of biogas in Vietnam: Energetic, economic and environmental evaluation [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2024, 199: 114440.

[6] WANG Y, BARAL N R, YANG M, SCOWN C D. Co-Processing Agricultural Residues and Wet Organic Waste Can Produce Lower-Cost Carbon-Negative Fuels and Bioplastics [J]. Environmental Science & Technology, 2023, 57(7): 2958-2969.

[7] 沈玉君, 张玉华, 向欣, 王延昌, 程红胜, 罗煜. 农业废弃物资源化利用工程模式构建 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(11): 210-216.

[8] 杨铮, 李宏庆, 翟家宁, 张丽华, 南琼. 农业废弃物养分循环利用技术模式评估模型的研究进展 [J]. 应用生态学报, 2022, 33(12): 3213-3219.

[9] RAVIV O, BROITMAN D, AYALON O, KAN I. A regional optimization model for waste-to-energy generation using agricultural vegetative residuals [J]. Waste Management, 2018, 73: 546-555.

[10] BONCIU E, PĂUNESCU R A, ROȘCULETE E, PĂUNESCU G. Waste management in agriculture [J]. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development, 2021, 21(3).

[11] 王耀华, 叶俊, 朱洪光, 范碧英. 中小型养殖场粪污集中处理沼气工程点区域优化布局研究 [J]. 中国农机化学报, 2015, 36(1): 266-271.

[12] 张斯梅, 杨四军, 石祖梁, 常志州. 江苏省稻麦秸秆收集利用现状分析及对策 [J]. 生态与农村环境学报, 2014, 30(06): 706-710.

[13] LAN X, ZHEN F, YANG J, ZHANG Q, ZHANG Z, QU B, ZHAO J. Performance evaluation of a self-designed wheat straw anaerobic digestion reactor with high organic loading rate [J]. Biomass and Bioenergy, 2025, 194: 107640.

[14] 王兰, 邓良伟, 王霜, 张云红, 郑丹, 宋立, 王智勇. 畜禽粪污沼气发电工程中的加热能量平衡分析 [J]. 中国沼气, 2016, 34(06): 65-71.

[15] 雷小文, 朱才箭, 苏州, 李建军, 郭添福, 钟云平. 我国中小猪场粪污减排模式探讨 [J]. 中国猪业, 2021, 11(11): 46-48.

[16] 尹燕, 张凯, 裴强, 闫军保, 徐源畅, 樊静雅. 畜禽粪污厌氧发酵全量利用模式效果分析 以河南省潢川县为例 [J]. 农业工程, 2023, 13(12): 49-53.

[17] 张德江, 唐建宏, 李朝国. 规模化养鸡场饲料和鸡粪运输生物安全新措施 [J]. 中国禽业导刊, 2012, (13): 54-54.

[18] ZHAO K, YIN X, WANG N, CHEN N, JIANG Y, DENG L, . . . HE L. Optimizing the management of aerobic composting for antibiotic resistance genes elimination: A review of future strategy for livestock manure resource utilization [J]. Journal of Environmental Management, 2024, 370: 122766.

[19] 马艳茹, 张朋月, 刘森泓. 温室沼液还田利用技术及前景展望 [J]. 农业工程技术 (温室园艺), 2019, 39(28): 10.

[20] GUO R, LI G, JIANG T, SCHUCHARDT F, CHEN T, ZHAO Y, SHEN Y. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost [J]. Bioresource technology, 2012, 112: 171-178.