

农业固体废物分类及其污染风险识别和处理路径

丛宏斌¹, 沈玉君¹, 孟海波¹, 姚宗路², 冯 晶¹, 霍丽丽², 袁艳文¹,
代敏怡³, 吴雨浓¹, 盛晨绪³, 赵立欣^{2*}

(1. 农业农村部规划设计研究院 农业农村部农业废弃物资源化利用重点实验室, 北京 100125; 2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081; 3. 黑龙江八一农垦大学, 大庆 163319)

摘 要: 防治农业固体废物污染, 对保障农民身体健康, 维护农业生态安全, 促进农村经济社会可持续发展具有重要意义。在总结农业固体废物内涵和外延的基础上, 探讨农业废物的主要来源、分类方法和基本特征, 按照来源、毒性、组分和形态对农业固体废物进行了分类, 剖析来源单一与类型多样的双重性、潜在污染与重要资源的两面性、周年持续与季节波动的复杂性等农业废物的基本特征。识别农业种植固体废物、畜禽水产养殖固体废物、废旧农业投入品和农产品初加工固体废物的潜在污染风险。梳理农业固体废物污染防治、处理利用代表性法规政策, 分析农业固体废物全链条运营和监管体系, 提出“分类处理、多措并举, 统筹兼顾、绿色循环, 减量回用、精准处置”的农业固体废物处理利用技术路径与模式。该研究可为指导农业固体废物污染防治和处理利用提供基础支撑和决策参考。

关键词: 农业; 固体废物; 分类; 污染风险; 资源化利用

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.14.004

中图分类号: S21, TQ013

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2020)-14-0028-09

丛宏斌, 沈玉君, 孟海波, 等. 农业固体废物分类及其污染风险识别和处理路径[J]. 农业工程学报, 2020, 36(14): 28-36. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.14.004 http://www.tcsae.org

Cong Hongbin, Shen Yujun, Meng Haibo, et al. Classification of agricultural solid wastes and identification of pollution risks and utilization paths in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(14): 28-36. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.14.004 http://www.tcsae.org

0 引 言

农业固体废物指农业生产活动中产生的固体废物, 具有复杂性、污染性、季节性和多样性等特点, 是农业面源污染的重要来源, 威胁农业生态环境安全和农产品质量安全^[1-3]。保持良好农业生态和人居环境, 是贯彻习近平生态文明思想、树立绿色发展理念内在要求, 是促进农村经济社会可持续发展的基本保障, 是增进民生福祉的优先领域, 是实现乡村振兴的重要内容^[4]。

2020 年 4 月修订通过的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》, 首次将农业固体废物写入法律文件^[5], 明确了农业固体废物产生者的回收利用责任, 规定相关部门应组织建立回收利用体系, 规范其收集、贮存、运输、利用、处置行为, 防止污染环境。国家高度重视农业固体废物的处理利用, 2020 年中央一号文件《中共中央国务院关于抓好“三农”领域重点工作确保如期实现全面小康的意见》要求, 实施种养业废弃物资源化利用、无害化处理区域示范工程^[6]。

据估算, 全国每年约产生畜禽粪污 38 亿 t, 秸秆近 9

亿 t, 废旧农膜 200 多万 t, 生猪病死淘汰量约 6 千万头。农业固体废物量大面广, 乱堆乱放和随意焚烧带来的生态环境污染风险大^[7]。近年来, 在国家生态文明建设、农业绿色发展以及乡村振兴战略实施的大背景下, 农业固体废物污染防治和处理利用引起了全社会及相关学者的广泛关注, 针对农业固体废物处理技术与支持政策开展了大量研究, 推动产业技术进步和行业健康发展, 但相关研究主要集中在对秸秆、粪污、农膜等单一固体废物的研究上^[8-12], 对农业固体废物全局性、整体性、系统性问题的分析研判不足。

本文在总结农业固体废物内涵与外延的基础上, 探讨农业废物的主要来源、分类方法、基本特征等, 识别农业种植固体废物、畜禽水产养殖固体废物、废旧农业投入品和农产品初加工固体废物的潜在污染风险。梳理农业固体废物污染防治和处理利用的主要法规政策、运营与监管体系, 深入探讨农业固体废物处理利用技术路径与模式, 以期为指导农业废物的污染防治和资源化利用提供基础支撑和决策参考。

1 农业固体废物来源与分类

1.1 来源

环境保护部颁布的《农业固体废物污染控制技术导则: HJ 588—2010》界定, 农业固体废物指农业生产建设过程中产生的固体废物, 主要来自植物种植业、动物养殖业和农用塑料残膜等。国家标准《农业废弃物综合利

收稿日期: 2020-03-08 修订日期: 2020-05-19

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金 (CARS-02)

作者简介: 丛宏斌, 高级工程师, 主要从事农村能源与生物质能源技术与政策方面的研究。Email: dabinc123@163.com

*通信作者: 赵立欣, 研究员, 主要从事生物质能源开发利用技术与政策研究。Email: zhaolixin5092@163.com

用通用要求：GB/T 34805—2017》界定，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。《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》界定，农业固体废物是指在农业生产活动中产生的固体废物，相关条文中明确涉及的农业固体废物包括畜禽粪污、农作物秸秆、废旧农膜，但未对其外延进行详细说明^[6,13]。

农业生产活动是人类有意识的利用动植物（种植业、畜牧业、林业、渔业和副业），以获得生活所必需的食物和其他物质资料的经济活动。根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》的界定，农业固体废物源于农业生产活动，其外延非常广泛，既包括种养业直接产生的农作物秸秆、果木剪枝、尾菜烂果、畜禽粪便、病死畜禽等，也包括农产品初加工产生的果壳、玉米芯、花生壳等，还包括可收回的废旧农业投入品，如废旧农膜、废弃农药包装物、废弃水产养殖网箱等。

1.2 分类

研究农业固体废物分类方法并对其进行合理分类，有助于梳理农业固体废物的基本特征，系统分析和指导农业固体废物收集、存储、转运、利用和处置。根据中国固体废物分类的一般原则和基本方法^[14-16]，结合农业固体废物自身特点，本研究对农业固体废物按照其来源、毒性、组分和形态等进行了分类，具体分类方法与主要固体废物来源如表 1 所示。

表 1 农业固体废物分类方法和来源

Table 1 Agricultural solid waste classification technique and source

分类方法 Sorting technique	类型 Type	主要组成 Main source	备注 Remarks
来源 Source	农业种植 固废	农作物秸秆、果木剪枝、废菌包、 尾菜烂果等	废旧农业投入 品来自于农业
	畜禽水产 养殖固废	畜禽粪便、废垫料、病死畜禽、 废饲料等	种植、畜禽水产 养殖和农产品
	产地加工 固废	花生壳、玉米芯、果皮、蛋壳、 废羽毛等	初加工的各个 环节，一般为塑
	废旧农业 投入品	废旧农膜（地膜、棚膜、菌包膜）、 农药包装物、废旧网箱等	料或金属类轻 工业产品
毒性 Toxicity	一般固废	秸秆、畜禽粪污、果木剪枝、废 旧农膜、病死畜禽等	疫病病死畜禽 及其排泄物具 有危险特性，环
	危险废物	农药包装物	境污染风险大
组分 Component	易腐有机 固废	秸秆、畜禽粪污、果木剪枝、尾 菜、花生壳等	农业固废以有 机固废为主，既 有污染属性也 有资源属性
	难降解有 机固废	废旧农膜、农膜包装物（塑料类） 等	
	无机固废	农药包装物（石英类、金属类）、 废旧金属机具等	
形态 Existence state	固态废物	作物秸秆、果木剪枝、废菌包、 废旧农膜、农药包装物、花生壳、 玉米芯	农业固体废物 以固态废物为 主，封存性的液
	半固态废 物	畜禽粪污、养殖废垫料	态与气态废物 少见

注：指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的固体废物^[14]。

Note: Hazardous wastes are listed in the national catalogue or hazardous wastes identified according to the national standards^[14].

按照来源农业固体废物可分为农业种植、畜禽水产

养殖、农产品初加工固体废物和废旧农业投入品等，其中前三类以农业生产活动中自然产生的废物为主，多数为生物质；最后一类废旧农业投入品，一般为轻工业产品，与工业固体废物相似，来源于农业生产的各个环节。按照毒性农业固体废物可分为一般固体废物和危险废物，依据《国家危险废物名录（2016）》，农药包装物属危险废物，危废代码是 900-041-49，但在豁免管理清单明确其收集过程不按危险废物管理^[17]。病死畜禽虽未列入危险废物名录，但因其除含有常规病原菌，还可能含有口蹄疫、炭疽等高致死病毒^[18]，具有高危险特性，应进行无害化处理。按照组分可分为易腐有机固体废物、难降解有机固体废物和无机固体废物，农业固体废物以有机废物为主，尤其是易腐类有机固体废物占绝大多数，难降解有机废物和无机废物一般来源于农业投入品^[18-19]，按照形态可分为固体废物和半固体废物，其中以固体废物为主，有利于农业固体废物的储存和转运。

1.3 基本特征

农业固体废物来源广泛，外在形态和理化性质差异大，除具有一般固体废物的基本特征外，也有一些自身特征，主要体现在以下方面。

1) 统一来源与类型多样的双重性。农业固体废物全部来源于农业生产活动，但其类型复杂多样，以无毒性废物为主，但也包含有毒性废物，少数属危险废物，如农药包装物；以有机废物为主，也有无机废物；以固体废物为主，也有半固废废物。各类废物适宜的资源化利用和无害化处置技术路径差异大。

2) 潜在污染与重要资源的两面性。农业固体废物绝大多数来源于农业种植和畜禽水产养殖，尤其是农作物秸秆与畜禽粪便产生量大，是重要的生物质资源来源，但“用之则利、弃之有害”，若不能妥善处理，均是重大污染源，对土壤、水体和大气均存在污染风险。

3) 全年产生与季节波动的复杂性。农业是经济社会发展最重要的物质基础，农业固体废物与农业生产伴生，决定了农业固体废物产生的全年持续性。同时，农业生产，尤其是种植业具有明显的季节性，因此秸秆等农业固体废物的产生量呈季节性波动特征，对于农业固体废物的储存、转运和资源化利用有不利影响。

2 污染风险识别

农业固体废物有害成分可通过环境介质对大气、土壤或水体等产生污染，影响生态环境与农业可持续发展，直接或间接危害人体健康。农业固体废物危害环境不但取决于其物理、化学和生物特性，也与储运方式、利用途径和处置措施等有关。本研究系统识别不同情景和环节下的农业固体废物潜在污染风险。

2.1 农业种植固体废物

农作物秸秆、尾菜烂果、废菌包、果林剪枝等农业种植固体废物不同情景与环节下的主要污染风险如图 1 所示。废弃就地露天焚烧情景下，存在大气污染风险和交通安全隐患，引发了广泛关注。秸秆等农业种植固体废物露天焚烧排放的污染物主要包括颗粒物、氮氧化物等^[20-21]。在河流、

沟渠等水源地随意堆弃的秸秆、尾菜烂果等腐烂后, 有机物和微生物进入水体可造成水体污染。另外, 不经好氧发酵处理的废菌包随意堆弃, 存在杂菌、虫卵等污染风险。

在处理利用情景下, 收储运环节污染风险包括 2 方面: 一是在秸秆捡拾、打捆和转运过程中存在扬尘风险; 二是在储存过程中, 部分废物腐变后存在有机物或微生物污染水体风险, 以及挥发性有机物污染大气风险。转化利用环节污染风险包括燃烧条件下的氮氧化物等常规气体污染物排放风险、厌氧发酵条件下的甲烷泄露和沼液二次污染风险、热解气化过程中的焦油污染风险、堆肥过程中的臭气污染风险、基料化利用中杂菌污染风险等^[22-23]。另外, 有研究认为, 秸秆直接还田容易携带大量植物病原菌和虫卵, 并为其提供适宜的生长环境和营养物质, 增加土传病害风险^[24]。法规文件对农业种植固体废物污染防治也有具体规定, 如《中华人民共和国土壤污染防治法》指出, 国家鼓励和支持农业生产者综合利用秸秆、移出高富集污染物秸秆^[25-26]。

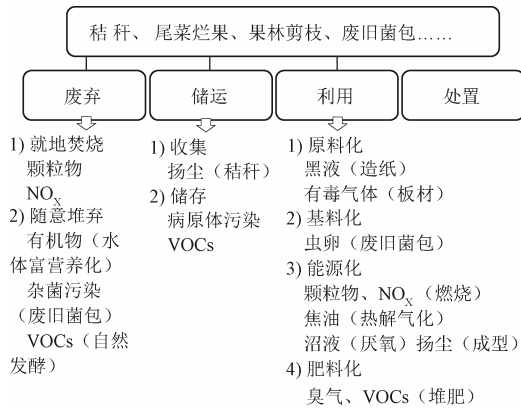


图 1 农业种植固体废物潜在污染风险

Fig.1 Potential pollution risks of solid wastes from agricultural planting

2.2 畜禽水产养殖固体废物

畜禽粪污、废垫料、病死畜禽、废饲料等畜禽水产养殖固体废物不同情景与环节下的主要污染风险如图 2 所示。废弃随意堆放情景下, 畜禽粪污对水体、土壤和大气均存在污染风险, 主要表现在有机物污染、病原微生物污染、抗生素污染、重金属污染、臭气污染和挥发性有机物污染等, 尤其是病死畜禽因携带不明病原体, 随意丢弃存在重大环境污染风险^[27-28]。

在处理利用情景下, 收储运环节主要存在病原微生物和挥发性有机物污染风险, 病死畜禽有特殊致病菌污染风险。转化利用环节污染风险包括厌氧发酵条件下的沼气泄露和沼液污染风险, 好氧堆肥过程中的臭气(NH_3 、 H_2S 等) 污染风险等^[29]。病死畜禽焚烧、深埋和化制无害化处置过程中, 也存在病原微生物、挥发性有机物和焦油等污染风险^[30]。法规文件对养殖固体废物污染防治有具体规定, 如《畜禽规模养殖污染防治条例》指出, 染疫畜禽以及染疫畜禽排泄物、染疫畜禽产品、病死或者死因不明的畜禽尸体等病害畜禽养殖废弃物, 应当按照有关法律、法规和国务院农牧主管部门的规定, 进行深

埋、化制、焚烧等无害化处理, 不得随意处置^[31]。

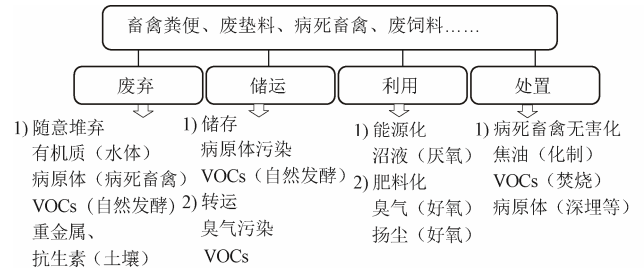


图 2 畜禽水产养殖固体废物潜在污染风险

Fig.2 Potential pollution risks of solid wastes from livestock and aquaculture

2.3 废旧农业投入品

废旧农膜、农药包装物、网箱等废旧农业生产投入品不同情景与环节下的主要污染风险如图 3 所示。废弃情景下, 废旧农膜对土壤和水体有微塑料等污染风险^[32]。农药包装物因其具有毒性, 属于危险废物, 随意丢弃后对土壤、大气和水体均有重大污染风险^[33]。

在处理利用情景下, 收储运环节污染风险包括: 1) 因地膜田间收集环节还存在技术瓶颈, 残留部分对土壤有微塑料等污染风险^[34]; 2) 农药包装物在储存转运过程中存在毒性气体污染风险。转化利用环节污染风险包括焚烧或热解技术条件下的挥发性有机物和焦油污染风险, 再生塑料颗粒生产过程中的废气、废水污染风险等。法规文件对废旧农业投入品污染防治也有具体规定, 如《农药包装废弃物回收处理管理办法(征求意见稿)》提出, 农药生产者(含向中国出口农药的企业)、经营者应当履行农药包装废弃物回收处理义务, 农药使用者应当妥善收集农药包装废弃物, 不得随意丢弃^[33]。

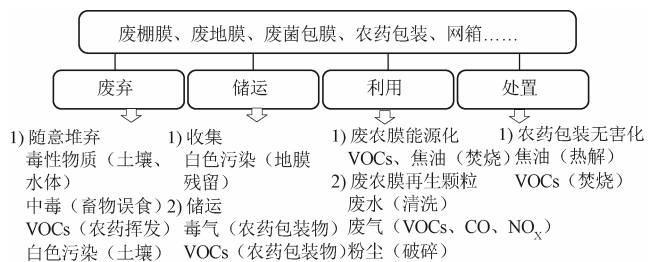


图 3 废旧农业投入品潜在污染风险

Fig.3 Potential pollution risks of solid wastes from abandoned agricultural inputs

2.4 农产品初加工固体废物

玉米芯、花生壳、稻壳等农产品初加工固体废物不同情景与环节下的主要污染风险如图 4 所示。与农业种植固体废物污染风险相似, 废弃情景下存在就地露天焚烧和随意堆放场两类污染风险。其在存储、转运和利用环节与农业种植固体废物的污染风险也基本相同。因农产品初加工产生的固体废物相对比较集中, 收集与利用成本较农业种植固体废物低, 利用难度小, 因此, 目前多数农产品加工固体废物的开发利用较好, 处理利用的各个环节存在的污染风险也相对较小^[35]。

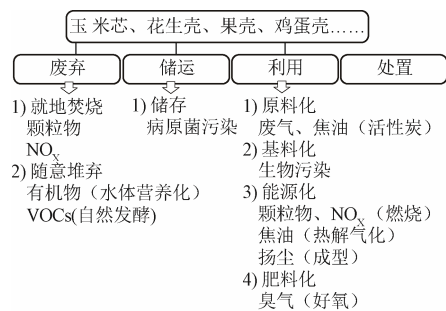


图 4 农产品初加工固体废物潜在污染风险

Fig.4 Potential pollution risks of solid wastes from agricultural product primary processing

3 处理利用体系和路径

3.1 主要法规与政策

经过多年努力，中国在农业固体废物污染防治和综合利用等方面，已基本形成了较完善的法规与政策体系。主要包括综合性法规政策与针对特定农业固体废物的专项条例政策，具体如表 2 所示。

涉及农业固体废物污染防治和处理利用的法律文件主要包括《中华人民共和国农业法》《中华人民共和国畜牧法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《中华人民共和国土壤污染防治法》《中华人民共和国大气污染防治法》

表 2 农业固体废物污染防治与利用主要法规政策

Table 2 Main regulations and policies for agricultural solid waste pollution prevention and utilization

分类 Classification	代表性法规/政策 Representative documents	发布部门与年份 Release department and year	核心内容 Key contents
综合性 法规政策 Comprehensive regulation and policy	中华人民共和国农业法	2012 版	1) 秸秆和养殖粪便、废水应综合利用或无害化处理；2) 保证畜禽粪便、废水及其他固体废弃物综合利用或者无害化处理；3) 病死动物尸体应当按照国务院兽医主管部门的规定进行无害化处理；4) 产生农业固体废物的单位和个人，应当采取回收利用等措施；5) 支持畜禽粪便处理、利用设施的建设；6) 禁止露天焚烧秸秆、落叶等产生烟尘污染的物质；7) 保证畜禽粪便、废水的综合利用或者无害化处理设施正常运转；8) 完善秸秆和畜禽粪污等资源化利用和废旧地膜和包装废弃物等回收处理制度；9) 提出扎实推进农业绿色发展重大行动，开展地膜生产者责任延伸制度试点；10) 推行农业绿色生产，促进主要农业废弃物全量利用；11) 提出“三基本”，即畜禽粪便、农作物秸秆、农膜基本资源化利用；12) 提出以就地消纳、能量循环、综合利用为主线；13) 提出畜禽粪污资源化利用行动、东北地区秸秆处理行动和农膜回收行动；14) 强畜禽粪污资源化利用，加强秸秆、农膜废弃物资源化利用；15) 打好农业农村污染治理攻坚战。
	中华人民共和国畜牧法	2015 版	
	中华人民共和国动物防疫法	2015 版	
	中华人民共和国固体废物污染环境防治法	2020 版	
	中华人民共和国土壤污染防治法	2020 版	
	中华人民共和国大气污染防治法	2018 版	
	中华人民共和国水污染防治法	2017 版	
	关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见	中共中央办公厅、 国务院办公厅 2017	
	关于全面加强生态环境保护，坚决打好污染防治攻坚战的意见	中共中央 国务院 2018	
	关于印发“无废城市”建设试点工作方案的通知	国务院办公厅 2019	
农作物 秸秆专项政策 Crop straw special policy	农业部关于打好农业面源污染防治攻坚战实施意见	农业部 2015	1) 把推进秸秆综合利用与农业增效和农民增收结合起来，加快推进秸秆综合利用；2) 提出划定的区域内禁止焚烧秸秆；3) 明确支持对象为从事秸秆成型燃料、秸秆气化、秸秆干馏等秸秆能源化生产的企业；4) 农业部成立秸秆沼气集中供气工程试点项目技术指导组；5) 推动产业化发展，拓宽秸秆利用渠道；6) 优先支持秸秆资源量大、焚烧任务重和综合利用潜力大的区域，整县推进；7) 推进粮棉主产区和北方地区冬季清洁取暖，推动秸秆综合利用高值化、产业化发展；8) 建立健全政府、企业与农民三方共赢的利益链机制。
	关于推进农业废弃物资源化利用试点的方案	农业部、国家发改委 等 2016	
	农业部关于实施农业绿色发展五大行动的通知	农业部 2017	
	农业农村污染治理攻坚战行动计划	生态环境部、农业农村部 2018	
	农业农村部关于深入推进生态环境保护工作的意见	农业农村部 2018	
	关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见	国务院办公厅 2008	
	关于发布秸秆禁烧和综合利用管理办法的通知	环保部，农业部等 1999	
畜禽粪污 专项政策 Livestock manure special policy	秸秆能源化利用补助资金管理暂行办法	财政部 2008	1) 畜禽养殖废弃物未经处理，不得直接向环境排放；2) 严格落实环评制度，完善污染监管制度，建立属地责任制度，落实主体责任制度等；3) 以畜禽养殖大县和规模养殖场为重点；4) 加快构建种养结合、农牧循环的可持续发展新格局；5) 加快推进畜牧大县畜禽粪污资源化利用；6) 农牧结合、种养平衡，资源化、减量化、无害化的处理，进行全程管理。
	关于做好秸秆沼气集中供气工程试点项目建设的通知	农业部 2009	
	关于进一步加快推进农作物秸秆综合利用和禁烧工作的通知	国家发改委、财政部、 农业部、环保部 2015	
	关于开展农作物秸秆综合利用试点促进耕地质量提升工作的通知	农业部、财政部 2016	
	关于开展秸秆气化清洁利用工程建设的指导意见	国家发改委 等 2017	
废农膜与 农药包装政策 Wasted agricultural film and pesticide packaging policy	农业农村部办公厅关于全面做好秸秆综合利用工作的通知	农业农村部 2019	1) 创新回收机制，推进农膜回收，提升废旧农膜资源化利用水平；2) 探索推动地膜生产者责任延伸制度试点；3) 农用薄膜回收实行政府扶持、多方参与的原则；4) 农药生产者、经营者应当按照“谁生产、谁经营、谁回收”，履行相应的农药包装废弃物回收义务。
	畜禽规模养殖污染防治条例	2014 版	
	关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见	国务院办公厅 2017	
病死畜禽 专项政策 Dead livestock special policy	关于做好畜禽粪污资源化利用项目实施工作的通知	农业部、财政部 2017	1) 强化生产经营者主体责任，落实属地管理责任，加强无害化处理体系建设；2) 用物理、化学等方法消灭其所携带的病原体；3) 确保有效杀灭病原体，清洁安全，不污染环境。
	畜禽粪污资源化利用行动方案（2017—2020 年）	农业部 2017	
	农业部办公厅关于统筹做好畜牧业发展和畜禽粪污治理工作的通知	农业部办公厅 2017	
病死畜禽 专项政策 Dead livestock special policy	畜禽规模养殖场粪污资源化利用设施建设规范（试行）	农业部办公厅 2018	
	农膜回收行动方案	农业部 2017	
	关于加快推进农用地膜污染防治的意见	农业农村部、发改委等 2019	
病死畜禽 专项政策 Dead livestock special policy	农用薄膜管理办法	农业农村部、工信部等 2020	
	农药包装废弃物回收处理管理办法（征求意见稿）	环境保护部、农业农村部 2019	
病死畜禽 专项政策 Dead livestock special policy	关于建立病死畜禽无害化处理机制的意见	国务院办公厅 2014	
	病死及病害动物无害化处理技术规范	农业部 2017	
病死畜禽 专项政策 Dead livestock special policy	关于进一步加强病死畜禽无害化处理工作的通知	农业农村部、财政部 2020	

《中华人民共和国水污染防治法》等,相关条文明确要求对秸秆、养殖粪便、废水、废旧农膜等进行资源化利用或无害化处理,防止污染土壤、水和大气,保护农业生态和农村环境,保障食品安全和人体健康等,为相关政策制定和行政监管提供了法律依据^[22,36-39]。以中共中央、国务院发布的《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》《关于全面加强生态环境保护,坚决打好污染防治攻坚战的意见》为统领,农业农村、生态环境和能源等政府主管部门陆续出台了系列政策文件,以农业废弃物无害化处理和资源化利用为重要手段,对农业面源污染防治、农村人居环境提升、农业绿色发展和可再生能源开发利用等进行了全面战略部署^[40-45]。

以国务院办公厅印发的《关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》为纲领,农作物秸秆污染防治和综合利用方面出台了系列政策文件,明确把推进秸秆综合利用与农业增效和农民增收结合起来^[46];划定的区域内禁止焚烧秸秆,严防大气污染;“农用优先、多元利用”,支持成型燃料、气化、干馏、沼气等秸秆能源化工程建设,鼓励秸秆清洁供暖;支持资源量大、禁烧任务重和利用潜力大的区域,整县推进;加快建立政府、企业与农民三方利益链接机制等。

以《畜禽规模养殖污染防治条例》和国务院办公厅印发的《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》为纲领,畜禽粪污污染防治和综合利用方面出台了系列政策文件,明确畜禽养殖废弃物未经处理,不得直接向环境排放;强化环评、污染监管、属地责任和主体责任等制度^[31,47];加快构建种养结合、农牧循环的可持续发展格局;加快推进畜牧大县畜禽粪污资源化利用;对源头减量、过程控制和末端利用各环节全程管理。

按照《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》的统一部署,废旧农膜和农药包装物的收集、利用和无害化处理方面出台相关专项政策,明确建立健全废旧地膜和农药包装废弃物回收处理制度,防控“白色污染”,促进农业绿色发展;探索推动地膜生产者责任延伸制度试点;农用薄膜回收实行政府扶持、多方参与的原则;农药包装废弃物回收应当按照“回收于农田、再用于农业”的原则充分资源化利用。

以国务院办公厅印发的《关于建立病死畜禽无害化处理机制的意见》为纲领,病死畜禽无害化处理方面出台了相关专项政策,明确强化生产经营者主体责任,落实属地管理责任,加强无害化处理体系建设^[48];通过物理、化学等方法处理病死及病害动物,消灭其所携带的病原体;减少深埋、化尸窖、堆肥等处理方式,确保有效杀灭病原体,清洁安全,不污染环境。

3.2 运行与监管体系

农业固体废物种类繁多、来源多样,其处理和利用体系不尽相同,如种养循环农业产业园区,集种植业、养殖业和固体废物处理利用于一体,秸秆、粪污等常规农业固体废物经过一定的工程技术手段直接在园区内循环利用,但多数情况下,农业固体废物处理利用运行与监管体系包括产生、收集、储存、转运和利用/处置等独

立环节,运行系统框架如图5所示。

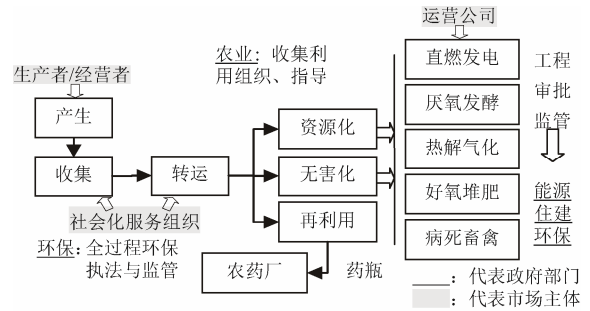


图5 农业固体废物处理利用运行与监管体系

Fig.5 Operation and supervision system of agricultural solid waste treatment and utilization

农业固体废物处理利用市场主体主要包括农业生产者/经营者、社会化服务组织和专业化运营公司等。农业固体废物产业于农业生产者/经营者,然后有专业的社会化服务组织负责农业固体废物的收集、储存和转运,最后,由专业公司运营直燃发电、沼气和有机肥工程等农业固体废物利用处理工程。根据《中华人民共和国环境保护法》谁开发谁保护,谁污染谁治理的基本原则,以及《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》相关规定,产生畜禽粪污、作物秸秆、废弃薄膜等农业固体废物的单位和个人,应当采取回收利用等措施,防止农业固体废物对环境的污染^[37]。生产者/经营者对农业固体废物污染防治负主体责任。

负责农业固体废物污染防治和处理利用指导监管的政府部门包括农业农村、生态环境、能源、住建等。《中华人民共和国农业法》规定,对于秸秆和养殖粪便、废水应综合利用或无害化处理,县级以上人民政府应采取督促有关单位进行治理^[36],强调了地方人民政府对农业固体废物污染防治与利用负属地责任;《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》规定,各级人民政府农业农村主管部门负责组织建立农业固体废物回收利用体系,推进农业固体废物综合利用或无害化处置设施建设及正常运行。《中华人民共和国土壤污染防治法》规定,地方人民政府农业农村主管部门应当鼓励农业生产者采取有利于防止土壤污染的种养结合措施^[23],因此,农业农村主管部门对农业固体废物污染防治与利用负指导和组织管理责任;生态环境部门依法进行全程监管。另外,能源、生态环境、住建等部门负责重大工程审批与建设监管。以相关法律文件为准绳,责任主体在系列政策文件中也进行了明确界定,如《农药包装废弃物回收处理管理办法(征求意见稿)》指出,县级以上地方人民政府农业农村主管部门应当调查监测本辖区农药包装废弃物种类、分布和产生量等情况,指导建立农药包装废弃物回收体系,合理布设县、乡、村农药包装废弃物回收站(点)^[49]。

3.3 处理利用路径与模式

在技术应用层面,经过多年探讨逐步积累了一批经济适用的农业固体废物循环应用模式,如基于种养循环的“畜沼果”、“畜沼茶”、“畜肥菜”等模式,基于

土壤改良的“秸炭果”、“秸炭烟”模式等，基于区域特点的“1+N”、“1+N+N+1”农业固体废物处理利用模式等^[2]。在运行体制机制方面，基于生产者责任延伸制，实践探索了农膜商品服务一体制、农药包装物回收奖励制、使用者押金返还制等，取得了较好的应用效果。

基于上述对农业固体废物基本特征、法规要求和应用模式的剖析，提出的农业固体废物利用处理技术路径与总体模式如图 6 所示。在种养加结合的农业固体废物循环系统中，除农业投入品和病死畜禽进出循环系统外，其他农业固体废物均基本源于并用于循环系统，其基本特征主要体现在以下方面。1) 分类处理、多措并举：将农业固体废物源头分类，分成生物质类、高风险类和一般塑料金属类，根据不同废物特征，选择适宜的技术路

径与措施，进行收集、储存、转运和资源化利用或无害化处理；2) 统筹兼顾、绿色循环：统筹农业生产和农民生活、农业种植和畜禽养殖、环境保护和社会发展的各方面，通过物质和能量的双循环，实现农业固体废物的资源化利用，获取农业生产的最佳综合效益；3) 减量回用、精准处置：废旧农业投入品尽可能回收再利用，如减少或杜绝使用一次农药包装物，推行农药包装循环使用等，规范农膜使用，降低回收难度，对于病死或染病畜禽，尤其是重大疫病畜禽，须精准处置，严防病原体扩散，危及人们健康。另外，由于我国各地经济社会发展水平、自然地理条件、人们生活习惯、农业固体废物产出量等均存在明显不同，需在遵循上述原则和思路的基础上，因地制宜制定农业固体废物处理利用路径^[43-44]。

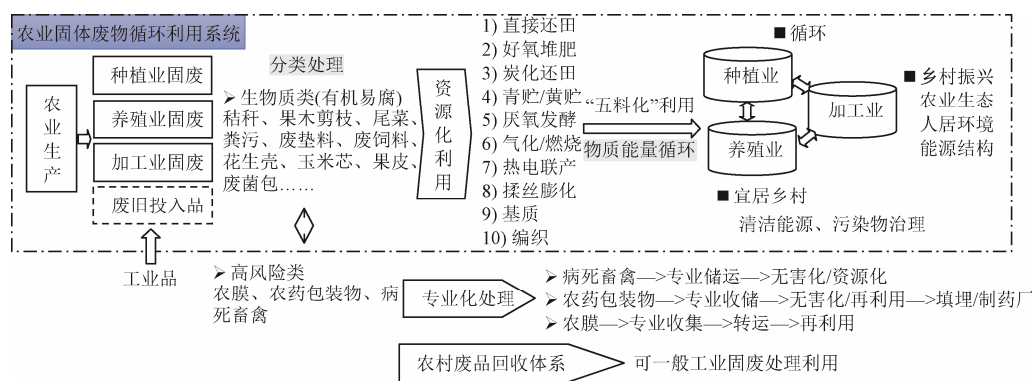


图 6 农业固废处理利用技术路径与模式

Fig.6 Technology paths and mode of agricultural solid waste treatment and utilization

4 结 论

1) 农业固体废物指农业生产活动中产生的固体废物，总结了农业固体废物内涵和外延，探讨了农业固体废物的主要来源、分类方法；按照来源、毒性、组分和形态对农业固体废物进行了分类，剖析了“来源单一与类型多样的双重性、潜在污染与重要资源的两面性、周年持续与季节波动的复杂性”农业固体废物基本特征。

2) 针对不同情景和处理利用环节，识别了农业种植固体废物、畜禽水产养殖固体废物、废旧农业投入品和农产品初加工固体废物的潜在污染风险。梳理农业固体废物污染防治、处理利用的综合性性和专项法规政策，分析了农业固体废物全链条运营和监管体系。

3) 基于对农业固体废物基本特征、法规要求和应用模式的剖析，从全局和系统出发，提出“分类处理、多措并举，统筹兼顾、循环利用，减量回用、精准处置”的农业固体废物利用技术路径与模式。研究为指导农业固体废物污染防治和处理利用提供重要的基础支撑。

[参 考 文 献]

[1] 唐红侠, 王卓玥, 贺蓉. 《固废法》应增加农村农业固体废物监管有关规定[J]. 环境与可持续发展, 2018, 43(6): 123-128.
Tang Hongxia, Wang Zhuoyue, He Rong. The “Solid Waste Law” should include the relevant provisions of rural solid waste in rural areas in China[J]. Environment and Sustainable

Development, 2018, 43(6): 123-128. (in Chinese with English abstract)
[2] 郭志达. 基于多元主体的农业废弃物协同治理推进策略研究[J]. 环境科学与管理, 2019, 44(10): 1-4.
Guo Zhida. Research on promotion strategy of agricultural waste cooperative management based on multi-subject[J]. Environmental Science and Management, 2019, 44(10): 1-4. (in Chinese with English abstract)
[3] 程琳琳, 何可, 张俊飏. 基于关系与结构嵌入的农户农业废弃物绿色处置行为分析[J]. 农业工程学报, 2018, 34(17): 241-249.
Cheng Linlin, He Ke, Zhang Junbiao. Analysis on agricultural wastes green disposal behavior of farmers based on relational and structural embeddedness[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2018, 34(17): 241-249. (in Chinese with English abstract)
[4] 郭志达. 基于多元主体的农业废弃物协同治理推进策略研究[J]. 环境科学与管理, 2019, 44(10): 1-4.
Guo Zhida. Research on promotion strategy of agricultural waste cooperative management based on multi-subject[J]. Environmental Science and Management, 2019, 44(10): 1-4. (in Chinese with English abstract)
[5] 中华人民共和国固体废物污染环境防治法[EB/OL]. [2020-04-30]. <http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202004/b6cf257b6b47818a275a37819c6b02.shtml>
[6] 中共中央国务院关于抓好“三农”领域重点工作确保如期

- 实现全面小康的意见[N]. 人民日报, 2020-02-06.
- [7] 关于印发《关于推进农业废弃物资源化利用试点的方案》的通知[EB/OL]. [2016-08-11]. http://jiuban.moa.gov.cn/zwllm/zcfg/nybgz/201609/t20160919_5277846.htm
- [8] 王红彦, 王飞, 孙仁华, 等. 国外农作物秸秆利用政策法规综述及其经验启示[J]. 农业工程学报, 2016, 32(16): 216-222.
- Wang Hongyan, Wang Fei, Sun Renhua, et al. Policies and regulations of crop straw utilization of foreign countries and its experience and inspiration for China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(16): 216-222. (in Chinese with English abstract)
- [9] 马晓轩, 蔡红珍, 付鹏, 等. 中国农业固体废弃物秸秆的资源化处置途径分析[J]. 生态环境学报, 2016, 25(1): 168-174.
- Ma Yaoyuan, Cai Hongzhen, Fu Peng, et al. Analysis of the reutilization methods for agricultural waste of straw in China[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2016, 25(1): 168-174. (in Chinese with English abstract)
- [10] 张曦, 孟海波, 刘文杰, 等. 蔬菜废弃物与畜禽粪便联合好氧发酵挥发性有机物排放特征[J]. 农业工程学报, 2019, 35(22): 193-199.
- Zhang Xi, Meng Haibo, Liu Wenjie, et al. Emission characteristics of volatile organic compounds during vegetable residues and livestock manure combined aerobic fermentation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(22): 193-199. (in Chinese with English abstract)
- [11] 夏湘勤, 席北斗, 黄彩红, 等. 畜禽粪便堆肥臭气控制研究进展[J]. 环境工程技术学报, 2019, 9(06): 649-657.
- Xia Xiangqin, Xi Beidou, Huang Caihong, et al. Review on odor control of livestock and poultry manure composting[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2019, 9(6): 649-657. (in Chinese with English abstract)
- [12] 胡灿, 王旭峰, 陈学庚, 等. 新疆农田残膜污染现状及防控策略[J]. 农业工程学报, 2019, 35(24): 223-234.
- Hu Can, Wang Xufeng, Chen Xuegeng, et al. Current situation and control strategies of residual film pollution in Xinjiang[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(24): 223-234. (in Chinese with English abstract)
- [13] 中华人民共和国环境保护部科技标准司. 农业固体废物污染控制技术导则: HJ 588-2010 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011-01.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 农业废弃物综合利用通用要求: GB/T 34805-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010-10.
- [15] 孙汉文, 安建华, 梁淑轩, 等. 固体废物污染状况分析与废物资源化的思考[J]. 河北大学学报: 自然科学版, 2006(5): 506-514.
- Sun Hanwen, An Jianhua, Liang Shuxuan, et al. Analysis and consideration for the contaminative status and resource of solid waste in China[J]. Journal of Hebei University(Natural Science Edition), 2006(5): 506-514. (in Chinese with English abstract)
- [16] 毕贵红, 王华. 城市固体废物管理源头政策调控系统动力学模型[J]. 环境工程学报, 2008, 2(8): 1103-1109.
- Bi Guihong, Wang Hua. Municipal solid waste management system dynamics model for prime policy intervention[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2008, 2(8): 1103-1109. (in Chinese with English abstract)
- [17] 关于征求《国家危险废物名录(修订稿)》(征求意见稿)意见的函[EB/OL]. [2019-09-05]. http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/201909/t20190910_733172.html
- [18] 周海滨, 沈玉君, 孟海波, 等. 病死畜禽无害化处理产物及其应用研究进展[J]. 家畜生态学报, 2018, 39(2): 86-90.
- Zhou Haibin, Shen Yujun, Meng Haibo, et al. Research Progress on the products and utilization of innocent treatment of dead livestock and poultry[J]. Acta Ecologiae Animalis Domastici, 2018, 39(2): 86-90. (in Chinese with English abstract)
- [19] 徐嘉祺. 农业废弃物分类回收策略研究[J]. 资源节约与环保, 2020(3): 122-123.
- Xu Jiaqi. Research on the strategy of agricultural waste separation and recovery[J]. Resource Conservation and Environmental Protection, 2020(3): 122-123. (in Chinese with English abstract)
- [20] 张景源, 杨绪红, 涂心萌, 等. 2014-2018 年中国田间秸秆焚烧火点的时空变化[J]. 农业工程学报, 2019, 35(19): 191-199.
- Zhang Jingyuan, Yang Xuhong, Tu Xinmeng, et al. Spatio-temporal change of straw burning fire points in field of China from 2014 to 2018[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(19): 191-199. (in Chinese with English abstract)
- [21] 吴文玉, 张浩, 何彬方, 等. 淮河流域秸秆焚烧关键期主要大气污染物浓度时空分布特征[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(4): 33-39.
- Wu Wenyu, Zhang Hao, He Binfang, et al. Spatiotemporal characteristics of criteria air pollutants during the critical period of straw burning in Huaihe River Basin[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2019, 35(4): 33-39. (in Chinese with English abstract)
- [22] 丛宏斌, 赵立欣, 孟海波, 等. 生物质热解多联产在北方农村清洁供暖中的适用性评价[J]. 农业工程学报, 2018, 34(1): 8-14.
- Cong Hongbin, Zhao Lixin, Meng Haibo, et al. Clean heating mode based on biomass pyrolytic poly-generation technology and its applicability evaluation in northern China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2018, 34(1): 8-14. (in Chinese with English abstract)
- [23] 张红玉, 路鹏, 李国学, 等. 秸秆对厨余垃圾堆肥臭气和渗滤液减排的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(9): 248-254.
- Zhang Hongyu, Lu Peng, Li Guoxue, et al. Effect of corn stalks addition on odors and leachate reduction during kitchen waste composting[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the

- CSAE), 2011, 27(9): 248-254. (in Chinese with English abstract)
- [24] 马书芳, 朱德慧, 曹辉辉, 等. 秸秆全量还田对农作物病虫害的影响及防控对策[J]. 中国植保导刊, 2016, 36(7): 75-77.
Ma Shufang, Zhu Dehui, Cao Huihui, et al. The effect of straw full return to the field on crop diseases and insect pests and the prevention and control measures[J]. China Plant Protection Guide, 2016, 36(7): 75-77. (in Chinese with English abstract)
- [25] 赵永强, 徐振, 张成玲, 等. 稻麦秸秆全量还田对小麦纹枯病发生的影响[J]. 西南农业学报, 2017, 30(5): 1063-1067.
Zhao Yongqiang, Xu Zhen, Zhang Chengling, et al. The effect of rice and wheat straw returning on Wheat Sheath Blight[J]. Journal of Southwest Agriculture, 2017, 30(5): 1063-1067. (in Chinese with English abstract)
- [26] 中华人民共和国土壤污染防治法[EB/OL]. [2018-08-31]. http://www.npc.gov.cn/zgrdw/npc/lfzt/rlyw/2018-08/31/content_2060840.htm.
- [27] 张振玲, 薛忠, 孙朋, 等. 死畜禽堆肥研究进展[J]. 家畜生态学报, 2018, 39(7): 86-90.
Zhang Zhenling, Xue Zhong, Sun Peng, et al. Research progress on dead livestock and poultry composting[J]. Journal of Domestic Animal Ecology, 2018, 39(7): 86-90. (in Chinese with English abstract)
- [28] 常玉海, 程波, 袁志华. 规模化畜禽养殖场环境影响评价与实例研究[J]. 农业环境科学学报, 2007(S1): 313-318.
Chang Yuhai, Cheng Bo, Yuan Zhihua. Environmental impact assessment and a case study on intensive livestock farming[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2007(S1): 313-318. (in Chinese with English abstract)
- [29] 沈玉君, 张朋月, 孟海波, 等. 通风方式对猪粪堆肥主要臭气物质控制的影响研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(7): 203-209.
Shen Yujun, Zhang Pengyue, Meng Haibo, et al. Effects of ventilation modes on control of main odor substances in pig manure composting[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(7): 203-209. (in Chinese with English abstract)
- [30] 曾中华. 病死及病害生猪无害化处理与资源化利用初探[J]. 农业开发与装备, 2019(11): 31-33.
Zeng Zhonghua. Preliminary study on harmless treatment and resource utilization of dead and diseased pigs[J]. Agricultural Development & Equipments, 2019(11): 31-33. (in Chinese with English abstract)
- [31] 国务院发布《畜禽规模养殖污染防治条例》[EB/OL]. [2013-11-26]. <http://politics.people.com.cn/n/2013/1126/c1001-23662445.html>.
- [32] 张斌, 王真, 金书秦. 中国农膜污染治理现状及展望[J]. 世界环境, 2019(6): 22-25.
Zhang Bin, Wang Zhen, Jin Shuqin. Current situation and prospect of agricultural film pollution treatment in China[J]. World Environment, 2019(6): 22-25. (in Chinese with English abstract)
- [33] 关于《农药包装废弃物回收处理管理办法(征求意见稿)》的说明[EB/OL]. [2019-09-27]. http://www.moj.gov.cn/news/content/2019-09/27/zlk_3233053.html
- [34] Aniruddha Sarker, Deen Mohammad Deepo, et al. A review of microplastics pollution in the soil and terrestrial ecosystems: A global and Bangladesh perspective[J]. Science of The Total Environment, 2020, 13, 92-96.
- [35] 李淑兰, 梅自力, 张顺繁, 等. 我国农产品加工废弃物的类型及主要利用途径[J]. 中国沼气, 2015, 33(4): 70-72.
Li Shulan, Mei Zili, Zhang Shunfan, et al. Types of agricultural product processing waste in our country and the main utilization methods[J]. China Biogas, 2015, 33(4): 70-72. (in Chinese with English abstract)
- [36] 《中华人民共和国农业法》[EB/OL]. [2013-01-04]. http://jiuban.moa.gov.cn/zwlwm/zcfg/flfg/201301/t20130104_3134804.html.
- [37] 中华人民共和国固体废物污染环境防治法[EB/OL]. [1995-10-30]. http://www.npc.gov.cn/wxzl/gongbao/1995-10/30/content_1481345.html.
- [38] 中华人民共和国大气污染防治法[EB/OL]. [2019-01-16]. http://www.moj.gov.cn/Department/content/2019-01/16/592_226964.html.
- [39] 中华人民共和国水污染防治法(2017 年修订)[EB/OL]. [2017-11-16]. http://sthj.ln.gov.cn/xxgk/flfg/gbfl/201711/t20171116_102777.html.
- [40] 中共中央办公厅国务院办公厅印发《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》[EB/OL]. [2017-09-30]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-09/30/content_5228960.html.
- [41] 中共中央国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见[EB/OL]. [2018-06-24]. http://www.gov.cn/zhengce/2018-06/24/content_5300953.html.
- [42] 关于印发《关于推进农业废弃物资源化利用试点的方案》的通知[EB/OL]. [2016-08-11]. http://www.gov.cn/zhengce/2015-08/18/content_2914857.html.
- [43] 丛宏斌, 姚宗路, 赵立欣, 等. 中国农作物秸秆资源分布及其产业体系与利用路径[J]. 农业工程学报, 2019, 35(22): 132-140.
Cong Hongbin, Yao Zonglu, Zhao Lixin, et al. Distribution of crop straw resources and its industrial system and utilization path in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(22): 132-140. (in Chinese with English abstract)
- [44] 丛宏斌, 赵立欣, 王久臣, 等. 中国农村能源生产消费现状与发展需求分析[J]. 农业工程学报, 2017, 33(17): 224-231.
Cong Hongbin, Zhao Lixin, Wang Jiuchen, et al. Current situation and development demand analysis of rural energy in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2017, 33(17): 224-231. (in Chinese with English abstract)
- [45] 农业农村部关于深入推进生态环境保护工作的意见[EB/OL]. [2018-08-20]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2018/201808/201809/t20180922_6157819.htm.
- [46] 捷音. 国务院办公厅印发《关于加快推进农作物秸秆综合利用的意见》[J]. 国际木业, 2008(10): 47.
- [47] 国务院办公厅关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用

- 的意见[EB/OL]. [2017-06-12]. http://www.moa.gov.cn/nybgb/2018/201808/201809/t20180922_6157819.htm.
- [48] 《关于建立病死畜禽无害化处理机制的意见》印发[EB/OL]. [2014-10-31]. http://www.gov.cn/xinwen/2014-10/31/content_2773746.htm.
- [49] 关于征求《农药包装废弃物回收处理管理办法（征求意见稿）》意见的函[EB/OL]. [2017-12-27]. http://www.gov.cn/xinwen/2014-10/31/content_2773746.htm.

Classification of agricultural solid wastes and identification of pollution risks and utilization paths in China

Cong Hongbin¹, Shen Yujun¹, Meng Haibo¹, Yao Zonglu², Feng Jing¹, Huo Lili², Yuan Yanwen¹, Dai Minyi³, Wu Yunong¹, Sheng Chenxu³, Zhao Lixin^{2*}

(1. Chinese Academy of Agricultural Engineering, Key Laboratory of Energy Resource Utilization from Agriculture Residue, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China; 2. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS, Beijing 100081, China; 3. Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: Agricultural solid wastes refer to the unwanted substances generated in agricultural production activities, indicating the features of complexity, pollution, seasonality, and diversity. Serving as an important source of agricultural non-point source pollution, the agriculture solid wastes have posed a great threat on the ecological environment, as well the quality and safety of food products. In China, the utilization of agricultural solid waste has been written into the law for the first time in April 2020, i.e., "law of the People's Republic of China on the prevention and control of environmental pollution by solid waste", where clearly defined the recycling responsibility of solid waste producers to prevent environmental pollution, including the collection, storage, transportation, utilization, disposal. A large amount of agriculture solid wastes have been eliminated due to disease, including 3.8 billion tons of livestock and poultry waste, nearly 900 million tons of straw, more than 2 million tons of discarded agricultural film, and 60 million pigs. It infers that there is extensive amount of agricultural solid waste, further to accelerate the risk of ecological environment pollution, particularly by disorderly dumping and random incineration. It is necessary to control pollution of agricultural solid wastes, thereby to maintain ecological safety and sustainable development of rural economy. This paper aims to identify the main source of agricultural solid wastes, classification method and the major characteristics, based on the connotation and extension of agricultural solid wastes. Agricultural solid wastes were classified according to the sources, toxicity, composition and morphology. The key features of agricultural solid wastes were identified, including the sources of single and dual nature in various types, potential pollution, the two sides of important resources, the anniversary variation, and the complexity of seasonal fluctuation. Potential pollution risks of solid wastes were determined, including solid wastes from agricultural cultivation, livestock, poultry, aquaculture, and primary processing of agricultural products, as well discarded agricultural inputs. Representative regulations and policies were sorted out for the prevention, treatment and utilization of agricultural solid wastes. The operation and supervision system can be clarified for the whole production chain of agricultural solid wastes in the near future. Technological paths and models were proposed for the treatment and utilization of agricultural solid wastes, including "classified treatment, multiple measures, overall consideration, green circulation, reduced reuse and precise disposal". This finding can provide the basic support and decision-making reference for the guidance to the treatment of agricultural solid wastes and their pollution prevention.

Keywords: agriculture; solid waste; classification; pollution risk; resource utilization