

陈铭泽, 吴昊鹏, 冯晨, 等. 染疫动物尸体无害化与资源化利用研究进展[J]. 华中农业大学学报, 2022, 41(4): 10-19.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2022.04.002

染疫动物尸体无害化与资源化利用研究进展

陈铭泽, 吴昊鹏, 冯晨, 周文兵, 肖乃东, 蔡建波

华中农业大学资源与环境学院/生猪健康养殖省部共建协同创新中心, 武汉 430070

摘要 非洲猪瘟的肆虐引起人们对染疫动物尸体无害化处理的关注。目前, 染疫动物尸体的无害化处理存在技术单一落后、二次污染严重、资源化程度低、补贴短缺等问题。常见的无害化处理方式中, 化制法、好氧发酵法和碱水解法是目前应用广泛且表现优异的主要方法, 其中好氧发酵法最易掌握, 且无害化和资源化综合效果最佳; 辅热好氧发酵法显著提高了处理效率, 且配套设备的研制提高了工程应用的可能性。本文在简要介绍染疫动物尸体无害化处理方法和国内外应用现状的基础上, 结合我国国情, 从技术水平、社会宣传、国家政策等角度分析讨论, 认为好氧发酵法是解决我国染疫动物尸体问题最具前景的处理方式, 并对该领域未来发展方向进行了展望。

关键词 染疫动物尸体; 无害化; 资源化; 化制法; 好氧发酵; 农业废弃物; 高值化利用

中图分类号 S851.2⁺3; X713 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2022)04-0010-10

我国畜牧业的快速发展, 满足了人们对肉、蛋、奶产品不断增多的需求^[1], 其在我国农业和国民经济中的作用越来越重要。畜禽养殖中, 动物疫情是导致畜禽大规模死亡的重要原因, 有资料显示, 规模化养殖场中, 家禽病死率约 12%~20%, 猪病死率为 8%~12%, 羊病死率 7%~9%, 牛病死率约 2%~5%, 其他家畜死亡率 2% 以上^[2], 所以畜禽业会产生大量动物尸体。2018 年, 首次在中国境内发现非洲猪瘟(African swine fever, ASF), ASF 的暴发让我国养猪业蒙受了巨大的经济损失^[3]。相比自然死亡的动物尸体, 染疫死亡的动物尸体携带大量的病原微生物^[4], 其中多种导致人兽共患病^[5], 若处理不当, 会造成水、土壤等环境污染, 甚至再次引发疫情, 威胁人类的生命健康安全^[6-7]。

为实现染疫动物尸体的有效处理, 2017 年农业农村部(原农业部)发布了《病死及病害动物无害化处理技术规范》(http://www.gov.cn/gongbao/content/2013/content_2547154.htm, 以下简称《规范》), 介绍了焚烧法、化制法、高温法、深埋法、化学处理法的适用对象、操作规范及注意事项, 为染疫动物尸体的无害化处理提供了基本依据。是否实现无害化和

资源化, 是染疫动物尸体处理方法最重要的评价标准。无害化即杀灭病原微生物, 防止动物疫病传播和扩散, 保障畜禽业健康发展和公共卫生安全^[8]; 资源化则是利用染疫动物尸体资源, 开发生物质能和高价值的肥料等产品, 实现资源利用价值的最大化。本文对染疫动物尸体无害化处理的几种关键方法进行对比, 并着重阐述好氧发酵法的优势, 以期对染疫动物尸体资源化利用提供技术参考, 促进我国畜禽业的绿色可持续发展。

1 染疫动物尸体处理方法

1.1 深埋法

《规范》中深埋法是将病死动物投入深埋坑中并覆盖、消毒的处理方法。此法适用于发生动物疫情或自然灾害以及偏远地区病死动物的处理, 严禁用于患有炭疽等芽孢杆菌类疫病以及牛海绵状脑病、痒病的染疫动物尸体的处理。深埋法的掩埋地点要求地势高燥, 处于下风向, 远离饮用水源地等地区。进行深埋时, 对掩埋坑的大小、位置以及消毒剂的使用都有严格要求, 确保杀灭病原微生物。深埋后, 需分次进行彻底消毒, 设置警示标识并按时巡查, 若发

收稿日期: 2022-02-21

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0800804-01); 中央高校基本科研业务费专项(2662017JC018)

陈铭泽, E-mail: wyl668393284@163.com

通信作者: 周文兵, E-mail: zhouwb@mail.hzau.edu.cn

生塌陷及时加盖覆土。

深埋法利用微生物的分解功能来杀灭病原微生物,实现土壤自净作用,控制动物疫病传播,达到无害化的目的。这一方法在我国普遍使用,操作简便易行,处理成本也较低,不易产生气味,能一定程度上提高土壤有机质含量,增强土壤肥力^[9]。但深埋地下的染疫动物尸体降解所需时间较长,过程中极易污染水体和土壤,其本身携带病原微生物,容易造成二次污染^[10],且依靠分解作用杀灭病原微生物并不可靠,存在极大的安全隐患。另外,深埋法占地面积大,由于土地资源紧张,又要考虑水源、风向等因素,很难找到合适的深埋地点,特别是我国南方部分地区地下水水位较高,居民密集,寻找合适的深埋场地十分困难^[9]。

深埋法的规范化要求使处理程序更加繁复,大规模处理时要消耗大量人力、物力和财力,处理后需要专人监管,在操作难度和成本上优势微弱;而最大的问题是二次污染,深埋处理无害化程度低,生物安全得不到保证,大量使用漂白粉和生石灰也会造成污染。虽然Gwyther等^[11]认为染疫动物尸体深埋对环境的污染并不大,但业界普遍认为这种方法会对环境造成负面影响,且对人类社会发展基本无资源化的价值。考虑到以上问题,美国和欧盟已经禁止采用深埋法处理染疫动物尸体^[1,12]。我国部分地区采用焚埋结合的方法进行尸体的无害化处理,其效果比单一深埋处理好^[4]。综合此法利弊,我国今后也将逐渐取缔这种处置方式,建议仅用于偏远地区零星染疫动物尸体处理,确保过程按规范进行,并受有关部门监管。

1.2 焚烧法

《规范》中焚烧法适用对象众多,基本包括所有需要无害化处理的染疫动物尸体,可分为直接焚烧法和碳化焚烧法。焚烧法首先将染疫动物尸体破碎,投至焚烧炉的燃烧室,然后在富氧或无氧条件下进行氧化反应或热解反应,在850℃以上高温下,充分燃烧染疫动物尸体最终变为灰烬^[6]。高温是杀灭病原微生物最有效的条件,焚烧法被认为是最可靠的无害化方法。

焚烧法能够将全部有毒、有害病原微生物彻底杀灭,安全且快速,剩余少量灰烬可用作有机肥^[6],可达到显著的无害化和减量化效果。但焚烧法投入成本较高,需要消耗大量的能源,某些焚烧厂投资比较少,存在燃烧不充分的可能,简单的燃烧又不能保证

染疫动物尸体的无害化^[9];焚烧过程中产生的烟气处置不当会造成二次污染,建立烟气处理系统,会进一步增加处理成本。Rier^[12]研究发现,焚烧释放二噁英和呋喃等致癌物,会对人类的生殖、发育和免疫系统产生负面影响。在实际应用中,焚烧法处理还会造成废水排放超标,加剧环境污染。

美国认为焚烧法花费过高,因而较少使用^[13],也有些发达国家已淘汰此法^[14]。欧盟国家禁止使用该法,仅允许作为一种应急措施使用,但在偏远地区也可使用^[15]。我国较完善的焚烧处理方法是集中焚烧,在养殖户集中分布的地区,联合建立焚化处理厂,同时分建冷库,用于保存染疫动物尸体,最终统一运输到焚化厂集中处理^[16]。有些地区为减少投资,借用垃圾焚烧厂设备处理染疫动物尸体,也可保证无害化效果^[9]。焚烧法费用过高,污染严重,在资源化方面表现较差,大规模使用此法不适合我国国情,也不符合现代生态循环农业的理念,若不能实现技术革新,该方法很可能被淘汰,仅作为处理特定病原微生物的手段。

1.3 化制法

化制法是指在干热+压力或蒸汽+压力的作用下,实现染疫动物尸体的无害化处理。在《规范》中,化制法不得用于患有炭疽等芽孢杆菌类疫病,以及牛海绵状脑病、痒病的染疫动物尸体的处理。化制法可分为干化法和湿化法。干化法是将染疫动物尸体放到干热、高压的灭菌容器中,最大的特点是蒸汽与染疫动物尸体不直接接触^[17-18];湿化法使用高温蒸汽直接与染疫动物尸体接触,高温高压可杀灭病原微生物,将处理后的尸体破碎后再处理。经化制得到动物油脂与肉骨粉,动物油脂可制作生物柴油,肉骨粉可制作有机肥,均有良好的经济效益,在无害化的同时实现资源化的高值利用^[6,16,19]。

化制法灭菌效果好、处理时间短、安全性高,可用于大部分染疫动物尸体的处理,是实现染疫动物尸体无害化和资源化的重要途径。但此法缺点也很明显,化制法对设备的要求很高,一次性投资大,设备的运行和维护费用高昂,还需单独设立车间或建场;处理过程产生废气和污水,污染环境;产品质量不稳定,虽有研究证明化制过程可以降低朊病毒的传染性,但目前的化制工艺并不能完全灭活,仍会引起疯牛病的传播^[20];对工作人员操作技术要求也高,适用于国家或地区的中心城市染疫动物尸体处理^[21]。

目前,化制法在国外的应用评价也不尽相同,美

国、澳大利亚和欧盟国家视化制法为无害化处理的基本方法之一,但这些国家具体政策不同,发展前景也有差异^[4]。化制法在欧盟国家普遍使用,其中一些国家要求化制处理后的产物进一步焚烧处理,今后也更青睐此法;而在美国,对化制产品的管控越来越严格,化制成本增加,相关部门规定不可用病死反刍动物的化制产品制作反刍动物饲料,化制厂正在逐渐减少^[11,13,22]。国内应用化制法较多,技术较为成熟,已经研制出直接化制整头病死猪的设备,减少了人体接触感染的风险,但由于成本偏高,小规模养殖场仍倾向于其他低成本的处理工艺^[14]。肖乃东等^[23]针对化制法所得肉骨粉和废水使用微波强化的硫酸水解,制备氨基酸液体肥料,若能解决能耗问题,在制肥业更具竞争力。对于过程中产生的废水,郝理想等^[24]使用“气浮+水解酸化+MBR+消毒”组合工艺处理病死畜禽废水,此法处理后的废水理化指标满足广东省地方排放标准《水污染物排放限值》(DB44/26—2001),可为化制法废水的处理提供工艺参考。

化制法在无害化和资源化层面中表现较好,尽管成本高、规模小,但总体来看,化制法仍是具有前景的一种染疫动物尸体处理方法,下一步研究应集中在优化工艺、减少成本上。

1.4 发酵法

1) 好氧发酵。好氧发酵法即为好氧堆肥法,是将染疫动物尸体和辅料混合,分别作为氮源和碳源,在人工控制温度、湿度、压力和pH条件下,利用细菌、真菌等微生物对有机物进行分解腐熟,使其逐渐趋于稳定化和腐殖化,最终形成有机肥料。好氧发酵过程中产生的高温,能杀灭蓝耳病毒、伪狂犬病毒、细小病毒、流感病毒、传染性胃肠炎病毒、流行性腹泻病毒、圆环病毒等病原微生物^[25],最终达到减量化、无害化、稳定化的处理目的。根据堆肥原料的需要和堆置方法的不同,可将好氧堆肥大致上分为频繁翻堆堆肥、静态堆肥和发酵仓堆肥^[26]。对于染疫动物尸体的堆肥,目前多选择静态堆肥或发酵仓堆肥。静态堆肥翻堆频率较低,底部可以通气,物料的理化性质会逐渐均匀一致,一方面,低频率翻堆可使动物尸体周围的菌群正常降解,不被干扰;另一方面,少翻堆可避免病原微生物形成气溶胶,减少工作人员感染和疫情传播的风险,因此,该法适用于染疫动物尸体的处理;而发酵仓堆肥需要有专门的堆肥设备,在密闭的容器中控制反应条件,达到无害化的

目的,也常用于染疫动物尸体的处理^[26-28]。

好氧发酵法技术成熟、成本低、设备要求简单、技术操作简便,并且最终产物为有机肥,实现了资源可持续利用,其中发酵仓堆肥不易受场地和天气条件影响,发酵仓的参数容易控制,堆肥效率更高,产品质量更好。好氧发酵法在中小型养殖场普遍使用,在我国正逐渐替代深埋法。但操作过程存在安全隐患,病原微生物存在未全部灭活的可能,且该法耗时较长,发酵仓堆肥由于设备容积限制,只适用于小型染疫动物尸体的处理,不适合处理大规模的染疫动物尸体^[17]。

在传统好氧发酵法基础上,谭鹤群等^[29]与聂杰^[30]辅以高温处理染疫动物尸体,优化了工艺参数并研制装备,在温度60℃、通风量10 L/(L·min)时,能将冰冻状态的病死猪在3 d内转化成干颗粒状物料,游离氨基酸含量为20.74 g/kg,产物中未检出大肠杆菌,能满足后续有机肥生产的要求。汪豪^[27]继续优化该工艺,认为玉米秸秆作为辅料的综合性能最佳,在发酵温度60℃、通风量为8 L/(L·min)时,病死猪:辅料为1:5.5时,发酵成品粗蛋白含量可达8.54%~9.55%。杨军香等^[31]提出一种高温生物降解无害化处理技术,将病死畜禽尸体和辅料先在140℃高温灭菌,再降温至70℃加入生物降解酶,总耗时6 h左右,所得产物再进行60 d的堆肥,即可作为肥料使用,堆肥前的处理过程安全迅速,不产生废水和废气,降低了成本。因此,外加热源辅助好氧发酵,是提升发酵效率和无害化水平的常用手段。

好氧发酵法可以同时实现无害化和资源化,操作简单,成本较低,经验也较丰富。简单堆肥在我国已流行多年,堆肥可露天进行,也可在设备中进行,以增加堆肥的效率和品质;与其他方法对比,好氧发酵法不需要耐酸、耐碱设备,过程耗时较长但安全性相对较高,还可与其他废弃物共同利用,收益更高,适合在我国绝大部分养殖企业推广使用。近年来以好氧发酵原理为基础,辅以高温条件和一体化处理设备,达到了更佳的无害化和资源化的效果。因此,沈玉君等^[10]认为好氧发酵法是染疫动物尸体处理的主要发展方向。

2) 厌氧发酵。厌氧发酵分为沼气法和化尸窖法。① 沼气法。厌氧发酵法中常见的是沼气法,又称厌氧消化法,是利用厌氧细菌的分解作用,将有机物转化为沼气、肥料和二氧化碳。在处理染疫动物尸体时,中温(35℃)条件耐冲击负荷和有毒物质的

能力强,耗能方面也具优势^[32]。厌氧发酵技术在染疫动物尸体无害化处理上具有较大的潜力,可以杀死病原微生物和寄生虫卵,同时获得能源沼气,而沼液和沼渣可用作有机肥料、饲料或饲料添加剂^[16,33],综合利用程度高,实现染疫动物尸体无害化的同时还可获得较高的经济效益。沼气法在国外应用发展迅速,但此法处理高蛋白有机废物易引发氨抑制问题^[32],不是主要的染疫动物尸体处理方法。成潇伟等^[34]丰富了沼气法的应用,研制出病死猪与猪粪混合厌氧发酵方法,此法有较好的经济效益。魏东辉等^[33]研究了温度和接种比例2个关键因素对病死猪厌氧发酵的影响,认为接种比例为4:6~7:3,中温的发酵条件可显著提高病死猪厌氧发酵的甲烷转化率和挥发性固体降解率,为实现染疫动物尸体无害化处理和资源化利用的产业化模式提供了参考。我国沼气工程建设也较完善,有良好的推广基础,但需要相关人员进行安全监管和沼气设施的定期维护,适宜于配备大中型沼气工程的规模养殖场推广和使用,产沼气式厌氧发酵法将是我国染疫动物尸体无害化处理和资源化利用的发展方向之一。

②化尸窖法。化尸窖又称密闭沉尸井,是按照技术规范要求,使用砖和混凝土结构施工建设的密封池,用来沉积染疫动物尸体,池内环境与外界隔绝,厌氧菌发挥分解作用,让其自然腐烂降解实现无害化。化尸窖法主要优点是操作简单易行、设施投入低、运行成本低,检修与清理方便,可依照处理规模快速修建;化尸窖为密闭厌氧环境,受外界条件限制少,臭味气体不外泄;处理过程使用化尸剂,更快杀灭病原微生物,提高了化尸池使用效率,一般使用年限大于10 a^[1,16]。化尸窖的缺点是只能使用其容积的3/4,且一次性使用,用完后封口再造;虽然内部密闭,仍受温度影响,冬夏处理时间相差很大^[35];无害化过程比较缓慢,占用土地较多;集中处理批量的染疫动物尸体过程中,某些病原微生物长期生存,需做好防渗工作,否则易造成二次污染。化尸窖法在我国一些地区已普遍使用。洪江庭^[36]使用“化尸窖+化尸菌”综合配套技术处理病死猪尸体,可有效杀灭病原体、阻断传染源、快速分解病死猪尸体、提高化尸窖的利用率、延长使用年限。

化尸窖法与深埋法有众多类似之处,优点和缺点基本相同,随着国家出台相关规范要求,实施难度都会增加,化尸窖法对地理位置要求不高,无害化程度相比深埋法稍高但仍不够可靠,而且2种方法都没

有实现资源化,若要推广使用,必须实现技术突破,如化尸窖内产物可资源化利用,窖体可多次使用。

1.5 水解法

1)酸水解法。酸水解法是将染疫动物尸体破碎,投入耐酸密闭的容器内,将染疫动物尸体与硫酸反应,在一定温度、压力条件下进行分解,经过数小时,容器内的动物尸体完全分解为液态水解产物^[1]。有研究表明,酸水解法每1 000 kg处理物要加入水150~300 kg,98%的浓硫酸300~400 kg,资源消耗极大^[6]。

酸水解法可水解蛋白质、脂肪和糖类,得到氨基酸、甘油、脂肪酸等小分子物质,基本无残渣剩余,病原微生物在酸性环境无法生存,减量化、无害化效果显著。这种方法缺点也很明显,需要消耗大量的硫酸,过程中容易产生酸雾,操作过程危险,也会污染水、空气和土壤;该法需严格遵守各种物料的添加顺序,操作难度也较大;对设备要求高,消耗大量试剂,成本也较高,后期的酸处理再次增加了成本,过程收益低^[1,16]。沈其荣等^[37]应用酸水解原理,利用病死猪蛋白生产农用液体氨基酸产品。Liu等^[38]将酸水解病死畜禽得到的氨基酸作为添加剂用于有机肥生产,将酸解与堆肥结合,找到一种低成本、高质量的有机肥生产方法。吕娜娜等^[39]使用高温酸水解病死畜禽制成的氨基酸有机肥用于黄瓜生长实验,研究结果表明施用氨基酸有机肥可改善土壤理化性质,增强土壤生物肥力,提高根系可吸收利用的速效养分及游离氨基酸含量,增加黄瓜产量。

酸水解法常用于各种蛋白质产品的水解,可完全水解为氨基酸,是制作氨基酸肥料的常用方法,原理简单,但危险系数高,消耗资源也很大,因此,酸水解应用较少。对该法的研究应聚焦于成本和过程的污染控制,若能优化酸水解技术,解决上述问题,酸水解法也是一种可行的无害化和资源化利用方法^[40]。

2)碱水解法。碱水解法是将染疫动物尸体投入高温、高压、密闭的钢合金容器中,以氢氧化钠或氢氧化钾作催化剂,在碱性条件下水解,这种环境可以破坏病毒的蛋白质外壳和朊病毒的肽键,彻底灭活病原微生物,产物是包含多肽、氨基酸、糖类和皂类等物质的无菌水溶液^[12,35]。

碱水解法反应温度为150℃,反应时间3~6 h,能将固体废料质量降低97%,高效灭活包括朊病毒在内的病原微生物,生物安全性高,在无害化评价中

独具优势:不产生有害气体,操作简单,费用低,减量化程度高,处理效率高;缺点是处理量受容器体积限制,处理能力不足,存在溢出碱性物质的可能^[35]。

在国外运用碱水解法处理染疫动物尸体较多,技术比较成熟,并已商业化应用多年,是欧盟国家处理病死动物的主要方法之一,在美国也越来越受到青睐^[41]。该法在国内未引起重视,研究较少,尚无实际应用的报道,仅在安全性高的实验室有研究和应用^[40]。王涛等^[42]研制出了一种综合性的碱化水解设备,处理能力为10 kg,处理周期6 h,可彻底水解大鼠、兔等实验动物,并完全灭活嗜热脂肪芽孢杆菌,产物为无菌水溶液和固体残渣。周文兵等^[43]利用酸水解和碱水解处理染疫动物尸体和麸皮高温发酵无害化后产物,制备出低盐分的氨基酸液体肥料,丰富了水解法的应用。碱水解法在灭活朊病毒方面有很大优势,无害化程度高又兼具资源化利用的优点,有巨大的研究价值和发展潜力。因此,就目前的研究来看,碱水解是实现染疫动物尸体无害化和资源化的重要方法之一。我国需要加强对碱化水解法的研究,以进一步提高染疫动物尸体无害化处理水平。

1.6 其他新兴方法

其他新兴的染疫动物尸体无害化和资源化方法包括水热法^[44]、气化法^[12]和生物转化法^[45],其中较受关注的是水热法。水热法以水作为溶剂,反应温度低、过程污染小,在水解生物质方面已有多年研究。水热法处理染疫动物尸体,将尸体中大量的蛋白质、脂肪和少量的糖类物质水解,气、固、液三相产物可分别作燃气、生物柴油和有机饲料,废液、废渣可用于生产沼气,在资源化利用方面有很大优势。王金泽等^[44]利用猪、鸡、鸭的肉和骨作为材料进行水热实验,气、固、液三相产物的产率存在明显差异,这是由于原料中蛋白质和脂肪含量的不同造成的;在高温下液态产物发生二次反应,使产物成分更复杂,这些结果与国外的研究结果一致^[46];液相产物中含有高热值的长链烷烃,可作液体燃料,在能源领域具有广阔的应用前景。

总体而言,水热法处理染疫动物尸体在无害化和资源化方面均有不错的表现,但目前这仅是实验室条件下的研究结果,水热法处理实际生产中复杂的染疫动物尸体的效果还有待研究。

2 基于我国染疫动物尸体无害化与资源化现状的思考与建议

相比发达国家,我国当前针对染疫动物尸体的无害化与资源化利用的水平总体不高,这需要依据我国的国情和不同地区的具体条件筛选和优化无害化与资源化方法,并从社会和政策导向层面,包括从养殖户教育、社会宣传、政策制定等方面加强引导,并加大科技研发的投入,不断提高染疫动物尸体无害化与资源化的科技水平。

2.1 筛选并优化适合我国国情的无害化与资源化方法

深埋法无害化效果差,资源利用程度低;焚烧法成本高,污染大气环境;酸水解法操作危险,酸处理困难;厌氧发酵法中化尸窖法相比深埋法有一定的优势,但仍存在资源利用程度低的问题,以上方法缺点明显,大概率会被淘汰。

厌氧发酵法中的沼气法在我国有一定的基础,但在染疫动物尸体处理上,尚未进行系统深入研究,而与畜禽粪便结合的沼气法正在研究中,有一定的潜力;水热处理从目前实验室的研究结果来看优势突出,但尚未规模应用,缺少实践数据支撑,可先作中试研究,检验其潜力。

化制法、好氧发酵法、碱水解法是染疫动物尸体无害化资源化方法中潜力最大的方法,安全性普遍较高且产物可利用,无害化和资源化方面都有不错的表现。优化后的高温好氧发酵法、化制法和碱水解法均需在金属容器中进行,处理量受容器体积限制,相比之下,好氧发酵法处理量较大,但处理速度不及其他2种方法。碱水解法是安全性最高的方法,对朊病毒的去除率最高。目前我国对化制法和好氧发酵法使用较多,化制法技术成熟,是欧盟国家青睐的方式,产物为肉骨粉和动物油脂,主要的争议是化制产品的安全性和动物饲料产品的伦理问题,但化制法仍是较优的处理选择;好氧发酵法中的简单堆肥兼顾成本和收益,辅热好氧发酵法又解决了堆肥效率低的问题,该法是最适合我国推广应用的无害化处理方式^[47]。碱水解法在我国研究较少,仅在实验室进行过小型动物试验,而国外已经应用多年,在安全性和资源化方面最具潜力,是我国需要努力突破的方向。

我国主要推广好氧发酵法,该法是最易掌握的染疫动物尸体资源化处理方法,还可利用大量的秸

秆废弃物,小型养殖场可依附大型养殖场联合处理,加强储运环节支持,同时进一步研发高温辅热好氧发酵等高效、高值的处理方式;其次是建立化制法产品的安全标准,提高产品认可度;而碱水解法短时间不会在我国应用,但仍要探索其反应机制。总之,需结合具体情况,依成本、处理量、资源化产物等要求灵活选用无害化处理方法,因地制宜,学习发达国家的先进经验,结合我国国情,选用与我国发展阶段相适应的方式解决该问题。

2.2 加强无害化与资源化技术研发与推广应用

实现我国染疫动物尸体无害化处理全覆盖,需要从业人员积极承担社会责任,政府部门加大研发投入和推广力度,并加强国际间技术交流合作。处理技术是否先进,应综合考虑多种因素,如设备成本、运维成本、产品效益、占地面积、技术难度、环境影响等。碱水解法在欧美发达国家已经实现商业化应用,而我国对该技术缺乏深入研究,仍处于实验室研究阶段,若此法在各因素评价中优势明显,则必须重视其技术研发,为无害化技术提供新思路,促进我国畜禽业可持续发展。高亮等^[48]基于高温好氧发酵法的原理,研制出集多种功能于一身的处理设备,实现染疫动物尸体就地无害化处理,虽仍需改良优化,但展现了该行业“一体化”技术发展方向。

同时应加大技术推广力度,大型养殖企业与科研单位合作,双方优势互补,推广运行和维护费用经济的无害化技术,线上建立技术交流指导平台,随时提供咨询帮助,线下定期进行现场教学和技术指导,让安全性高、效益好的无害化设备走进养殖场,从源头做好无害化处理^[30]。随着我国经济发展和科技投入,技术问题都将得到解决,染疫动物尸体高值化利用得以实现,同时重视推广和服务,将安全、环保、经济的无害化处理技术覆盖整个畜禽业。

2.3 加大对养殖户无害化处理的扶持

俞国乔等^[49]认为我国广大养殖户的“低、小、散”问题突出,这导致养殖产品质量参差不齐、安全性差。散养户不具有染疫动物尸体处理的常态化需求,不能负担且无必要购置高成本的专用处理设备,额外的运维费用和复杂的操作技术,也让散养户敬而远之。部分养殖户对染疫动物尸体的危害认识不到位,缺乏环保意识,存在丢弃或浅坑掩埋病死动物的行为,甚至将染疫动物当作合格产品售卖,这些行为给生态环境和人民健康埋下了巨大的安全隐患,在《中华人民共和国动物防疫法》《中华人民共和国

畜牧法》《病死动物无害化处理技术规范》等相关法律法规颁布实施后,此类现象得到有效控制。

针对我国国情,一方面,加快小型处理设备的普及,优化设备使用方法,简化操作程序,降低操作难度,增加过程安全性,目前碱式水解法和高温辅热好氧发酵法较符合要求,可优先推广,让养殖户体验受益;另一方面,找到染疫动物处理各个环节出现的问题,着力解决收集运输方面存在的不足,合理分布无害化处理点,提高效率,实现集约化管理,集中无害化处理,使其成为规范有序的产业链,实现最大规模的资源化。同时,无害化处理反作用于养殖户,加快养殖业转型,向规模化和集约化养殖发展,提高养殖水平和质量。

2.4 加强社会宣传引导

大众对染疫动物尸体的无害化处理仍处于认识阶段,很多人将其看作一种农业废弃物,而不是生物质资源。在双碳目标背景下,生物质是一种新能源,在能源化方面有巨大潜力,染疫动物尸体可转化为新能源燃料。染疫动物尸体的无害化和资源化应同等重视,双管齐下开发利用,在实现碳达峰、碳中和目标中发挥积极作用,促进我国发展全面绿色转型^[50],社会各界应积极承担责任,宣传染疫动物尸体无害化资源化处理的必要性,这是事关民生、保障民生的内在要求。ASF的突然袭来极大冲击了我国生猪供应市场,猪肉价格疯涨,严重影响了市场秩序,根本原因是缺少对动物疫情的正确认识,未及时采取有效措施。各类宣传媒体应发挥各自优势,通过广告、广播、手机短信、宣传栏、新媒体等多种渠道及时发布权威信息,普及畜禽养殖知识和动物疫情的危害,提高大众的动物防疫意识,拒绝不合标准的动物产品,接受合格的染疫动物尸体产品,利用市场规律发展畜禽附加产业,让染疫动物尸体以资源利用的角度进入大众视野。通过媒体的传播作用,让公众对畜禽行业的纵深发展从认识到了解,同时促进畜禽业按照更严苛的标准进行可持续发展。

2.5 完善国家补贴政策,适应发展趋势

实现染疫动物尸体的无害化处理,对养殖户的政策鼓励应是最基础的一步。在进行无害化处理前,染疫动物尸体的收集和暂存是一大问题,个体养殖户不能做到疫情上报、及时存运和科学处理,根本原因是国家的补贴政策不能调动养殖户的积极性,例如国家对病死猪的补贴政策,对年出栏50头以上养猪场的无害化处理补助为每头猪80元,50头以下

的养猪场则不享受补贴^[7-8],这显然不能调动50头以下小型养殖户的积极性。舒畅等^[51]分析2015年北京养殖户的数据后得出结论,购买养殖保险的养殖户更倾向于生物发酵等资源化的处理方式,建议按处理方式分等级全覆盖养殖保险政策;李燕凌等^[52]分析上海、浙江两地样本,发现补贴政策的实施提高了病死猪无害化处理比重,鼓励政策能够调动养殖户对动物尸体无害化处理的积极性,从根本上解决问题。

政府及相关部门要继续完善畜禽养殖的监督管理,探索服务现代畜禽业发展和公共卫生安全的政策体系,通过提高补偿标准和无害化设备财政补贴,降低补贴对象门槛,让养殖户主动进行无害化处理^[53]。

3 结论与展望

在染疫动物尸体的无害化与资源化处理的主要方法中,深埋法和化尸窖法除被允许在个别情况下使用外,大概率会被取缔;焚烧法若无技术创新也将面临被淘汰的命运;酸水解法在克服技术和经济瓶颈后有一定的应用前景;化制法在我国应用较多,虽无明显缺陷,但化制产品的认可度低,一定程度上限制了其应用,对化制产品肉骨粉的深度应用研究仍将继续;综合考虑成本与效益,辅热好氧发酵法最适合我国实际应用,是我国染疫动物尸体处理的主要发展方向;碱水解法在朊病毒去除方面独具优势,资源化程度较高,但目前我国对该方法缺乏研究,未来需着力攻关技术难题,实现规模化应用;产沼气式厌氧发酵法和水热法在实验室条件下也有良好表现,尚需中试生产数据支撑。

对农业废弃物的高值化利用,是我国经济社会未来可持续发展的必然要求。目前,我国经济已转向高质量发展阶段,而绿色发展是经济高质量发展的内涵,重要内容是防治污染的产生,其中畜禽业染疫动物尸体的无害化和资源化问题十分突出^[54]。如何合理有效进行染疫动物尸体的无害化处理和资源化利用,是关系到公共卫生安全和畜牧业健康可持续发展的关键。未来一段时期,我国染疫动物尸体的处理应面向服务于建设资源节约型和环境友好型社会的目标,将染疫动物尸体作为一种生物质资源,提高重视程度,研究开发无害化和资源化并重、成本易接受的处理方法和技术,推动政策完善,迎来畜禽养殖、有机肥生产、生物质能生产等相关行业的升级

转型,为染疫动物尸体资源提供更广阔的应用空间。

参考文献 References

- [1] 孙林,刘平,陈金和,等.病死畜禽无害化处理技术的研究进展[J].饲料博览,2020(3):54-59.SUN L,LIU P,CHEN J H,et al.Research progress on harmless treatment technology of dead livestock[J].Feed review,2020(3):54-59(in Chinese with English abstract).
- [2] 王兴平.病死动物尸体处理的技术与政策探讨[J].甘肃畜牧兽医,2011,41(6):26-29.WANG X P.Discussion on technology and policy of disposal of dead animal carcasses[J].Gansu animal and veterinary sciences,2011,41(6):26-29(in Chinese).
- [3] 黄霞,康喜龙,孟闯,等.非洲猪瘟病毒及其疫苗研究进展[J].生物学杂志,2021,38(6):99-103.HUANG X,KANG X L,MENG C,et al.Research progress on African swine fever virus and its vaccines[J].Journal of biology,2021,38(6):99-103(in Chinese with English abstract).
- [4] 远德龙,宋春阳.病死畜禽尸体无害化处理方式探讨[J].猪业科学,2013,30(6):82-84.YUAN D L,SONG C Y.Discussion on harmless treatment of dead livestock and poultry carcasses[J].Swine industry science,2013,30(6):82-84(in Chinese).
- [5] 陆敬刚,孙长华,吴华俊.畜禽产品质量安全风险分析及对策措施[J].中国家禽,2012,34(11):57,59.LU J G,SUN C H,WU H J.Quality and safety risk analysis of livestock and poultry products and countermeasures[J].China poultry,2012,34(11):57,59(in Chinese).
- [6] 周汝顺,易建希,李艳平,等.非洲猪瘟形势下病死猪无害化处理方式探讨[J].湖南畜牧兽医,2019(6):12-15.ZHOU R S,YI J X,LI Y P,et al.Discussion on harmless treatment of dead pigs under the situation of African swine fever[J].Hunan journal of animal science & veterinary medicine,2019(6):12-15(in Chinese).
- [7] 浦华,白裕兵.我国病死动物无害化处理与发展对策[J].生态经济,2014,30(5):135-137,156.PU H,BAI Y B.Current situation and advices to harmless disposal of animal carcasses in China[J].Ecological economy,2014,30(5):135-137,156(in Chinese with English abstract).
- [8] 路平,李蕾,周宏鹏,等.病死畜禽无害化处理工作的思考[J].中国家禽,2015,37(7):62-64.LU P,LI L,ZHOU H P,et al.Thoughts on harmless treatment of diseased livestock and poultry[J].China poultry,2015,37(7):62-64(in Chinese).
- [9] 邹铁柱,张龙.病死畜禽的无害化处理[J].畜禽业,2021,32(11):19-20.ZOU T Z,ZHANG L.Harmless treatment of diseased livestock and poultry[J].Livestock and poultry industry,2021,32(11):19-20(in Chinese).
- [10] 沈玉君,赵立欣,孟海波.我国病死畜禽无害化处理现状与对策建议[J].中国农业科技导报,2013,15(6):167-173.SHEN Y J,ZHAO L X,MENG H B.Present status of harmless disposal of dead livestock and poultry in China and counter-measures[J].Journal of agricultural science and technology,2013,15(6):167-

- 173(in Chinese with English abstract).
- [11] GWYTHYR C L, WILLIAMS A P, GOLYSHIN P N, et al. The environmental and biosecurity characteristics of livestock carcass disposal methods: a review [J]. Waste management, 2011, 31(4):767-778.
- [12] RIER S E. Environmental immune disruption: a comorbidity factor for reproduction? [J]. Fertility and sterility, 2008, 89 (2): 103-108.
- [13] 王汝都, 李海滨. 美国猪场尸体处理方法分析与借鉴[J]. 家畜生态学报, 2014, 35(1): 74-77. WANG R D, LI H B. Analysis of the methods for the disposal of swine carcasses in USA [J]. Acta ecologicae animalis domestici, 2014, 35(1): 74-77(in Chinese with English abstract).
- [14] 刘良, 吴霞, 杨振鸿. 病死猪无害化处理技术探究[J]. 猪业科学, 2019, 36(11): 46-49. LIU L, WU X, YANG Z H. Study on harmless treatment technology of diseased and dead pigs [J]. Swine industry science, 2019, 36(11): 46-49(in Chinese).
- [15] 张振玲. 病死猪无害化处理的方法、问题及建议[J]. 猪业科学, 2019, 36(11): 50-55. ZHANG Z L. Methods, problems and suggestions of harmless treatment of diseased pigs [J]. Swine industry science, 2019, 36(11): 50-55(in Chinese).
- [16] 全国畜牧总站体系建设和推广处. 病死畜禽无害化处理主推技术[J]. 中国畜牧业, 2013(24): 48-51. National Animal husbandry Station System Construction and Extension Department. The main technology of harmless treatment of diseased livestock and poultry [J]. China animal industry, 2013(24): 48-51(in Chinese).
- [17] 张焕忠, 魏祥法, 成建国. 病死畜禽无害化处理新技术[J]. 家禽科学, 2016(8): 21-24. ZHANG H Z, WEI X F, CHENG J G. New technology of harmless treatment of diseased livestock and poultry [J]. Poultry science, 2016(8): 21-24(in Chinese).
- [18] 刘舒. 病死猪无害化处理方法及其技术要点[J]. 兽医导刊, 2020(15): 52. LIU S. Harmless treatment method and technical key points of diseased and dead pigs [J]. Veterinary orientation, 2020(15): 52(in Chinese).
- [19] 黄一霖. 病死猪无害化处理要点[J]. 福建畜牧兽医, 2021, 43(6): 90-91. HUANG Y L. Key points of harmless treatment of diseased pigs [J]. Fujian journal of animal husbandry and veterinary medicine, 2021, 43(6): 90-91(in Chinese).
- [20] 周海宾, 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 H B, SHEN Y J, MENG H B, et al. Research progress on the products and utilization of innocent treatment of dead livestock and poultry [J]. Journal of domestic animal ecology, 2018, 39(2): 86-90(in Chinese with English abstract).
- [21] 麻觉文, 洪晓文, 吴朝芳, 等. 我国病死动物无害化处理技术现状与发展趋势[J]. 猪业科学, 2014, 31(10): 90-91. MA J W, HONG X W, WU C F, et al. Research progress on the products and utilization of innocent treatment of dead livestock and poultry [J]. Swine industry science, 2014, 31(10): 90-91(in Chinese).
- [22] 王汝都, 霍磊. 美国对猪尸体的处理方法[J]. 畜牧与兽医, 2013, 45(9): 101-103. WANG R D, HUO L. American treatment of pig carcasses [J]. Animal husbandry & veterinary medicine, 2013, 45(9): 101-103(in Chinese).
- [23] 肖乃东, 王艳珍, 周文兵, 等. 一种微波强化病死猪化制废水和肉骨粉水解制备氨基酸液体肥料的方法: CN107522518 A [P]. 2020-10-23. XIAO N D, WANG Y Z, ZHOU W B, et al. A method of amino acid liquid fertilizer production from hydrolysis of dead pig wastewater and meat and bone meal by microwave intensification: CN 107522518 A [P]. 2020-10-23(in Chinese).
- [24] 郝理想, 张志贤. “气浮+水解酸化+MBR+消毒”组合工艺处理病死畜禽废水[J]. 广东化工, 2021, 48(21): 136-137. HAO L X, ZHANG Z X. Treatment of dead livestock and poultry wastewater by the combined process of air flotation/hydrolysis acidification/MBR/disinfection [J]. Guangdong chemical industry, 2021, 48(21): 136-137(in Chinese with English abstract).
- [25] 王苗利, 王贵升, 孙圣福, 等. 生物发酵法处理病死猪后堆体温度及微生物含量的跟踪监测[J]. 中国动物检疫, 2015, 32(8): 27-30. WANG M L, WANG G S, SUN S F, et al. Monitoring of temperature and micro-organism amount in stacks of dead pigs treated with bio-fermentation [J]. China animal health inspection, 2015, 32(8): 27-30(in Chinese with English abstract).
- [26] 范时. 染疫动物尸体堆肥菌剂的制备及效果评价[D]. 大连: 大连理工大学, 2012. FAN S. The preparation and evaluation of thermophilic microorganism agent for composts of infectious carcasses [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2012(in Chinese with English abstract).
- [27] 汪豪. 病死猪高温好氧发酵工艺研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2020. WANG H. Study on thermophilic aerobic fermentation technology of dead pigs [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2020(in Chinese with English abstract).
- [28] 陈志宇, 苏继影, 栾冬梅. 畜禽粪便堆肥技术研究进展[J]. 当代畜牧, 2004(10): 41-43. CHEN Z Y, SU J Y, LUAN D M. Advances in composting of livestock manure [J]. Contemporary animal husbandry, 2004(10): 41-43(in Chinese).
- [29] 谭鹤群, 聂杰, 万鹏, 等. 病死猪辅热快速好氧发酵工艺参数优化与装备研制[J]. 农业工程学报, 2019, 35(8): 262-268. TAN H Q, NIE J, WAN P, et al. Process parameter optimization and equipment development of thermophilic aerobic fermentation of dead pigs [J]. Transactions of the CSAE, 2019, 35(8): 262-268(in Chinese with English abstract).
- [30] 聂杰. 病死猪高温好氧发酵工艺研究与装备研制[D]. 武汉: 华中农业大学, 2019. NIE J. Study on process technology and equipment of thermophilic aerobic fermentation of dead pigs [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2019(in Chinese with English abstract).
- [31] 杨军香, 黄萌萌, 全勇, 等. 病死畜禽高温生物降解无害化处理技术研究与应用[J]. 中国家禽, 2016, 38(8): 1-4. YANG J X, HUANG M M, QUAN Y, et al. Research and application of high temperature biodegradation harmless treatment technology for diseased livestock and poultry [J]. China poultry, 2016, 38(8): 1-4

- (in Chinese).
- [32] 陈思思,戴晓虎,薛勇刚,等.高蛋白有机废弃物厌氧消化系统稳定性及其耐氨氮机制解析[J].环境科学学报,2016,36(7):2580-2588.CHEN S S,DAI X H,XUE Y G,et al.Anaerobic digestion of protein-rich organic wastes: system stability and the mechanism on resistance of ammonia nitrogen[J].Acta scientiae circumstantiae,2016,36(7):2580-2588(in Chinese with English abstract).
- [33] 魏东辉,李文哲,殷丽丽,等.病死猪厌氧发酵特性研究[J].环境工程,2017,35(6):98-102.WEI D H,LI W Z,YIN L L,et al.Study on anaerobic fermentation characterization of the dead pig[J].Environmental engineering,2017,35(6):98-102(in Chinese with English abstract).
- [34] 成潇伟,朱洪光,张涛,等.病死猪与猪粪混合厌氧消化产气性能研究[J].中国沼气,2016,34(3):9-13.CHENG X W,ZHU H G,ZHANG T,et al.Biogas production performance of anaerobic co-digestion of dead pig and pig manure[J].China biogas,2016,34(3):9-13(in Chinese with English abstract).
- [35] 宋建德,黄保续,袁丽萍,等.有关国家常用病死动物无害化处理方法应用情况研究[J].中国动物检疫,2013,30(9):11-15.SONG J D,HUANG B X,YUAN L P,et al.Common methods for carcass disposal in some countries[J].China animal health inspection,2013,30(9):11-15(in Chinese with English abstract).
- [36] 洪江庭.化尸窖无害化处理病死猪综合配套技术措施[J].养猪,2013(5):77-79.HONG J T.Comprehensive supporting technical measures for harmless treatment of dead pigs in chemical cellars[J].Swine production,2013(5):77-79(in Chinese).
- [37] 沈其荣,李荣,刘红军,等.一种利用病死猪蛋白生产的液体氨基酸复合物及其应用:CN103804032A[P].2014-05-21.SHEN Q R,LI R,LIU H J,et al.A liquid amino acid complex produced from protein of sick and dead pigs and its application:CN103804032A[P].2014-05-21(in Chinese).
- [38] LIU H J,CHEN D D,ZHANG R F,et al.Amino acids hydrolyzed from animal carcasses are a good additive for the production of bio-organic fertilizer[J/OL].Frontiers in microbiology,2016,7:1290 [2022-02-21].<https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01290>.
- [39] 吕娜娜,沈宗专,王东升,等.施用氨基酸有机肥对黄瓜产量及土壤生物学性状的影响[J].南京农业大学学报,2018,41(3):456-464.LÜ N N,SHEN Z Z,WANG D S,et al.Effects of amino acid organic fertilizer on cucumber yield and soil biological characters[J].Journal of Nanjing Agricultural University,2018,41(3):456-464(in Chinese with English abstract).
- [40] 张振玲,徐海飞,赵炳凯,等.碱化水解法在死畜禽无害化处理中的应用与研究现状[J].黑龙江畜牧兽医,2017(11):84-86.ZHANG Z L,XU H F,ZHAO B K,et al.Application and research status of alkalization hydrolysis in harmless treatment of dead livestock and poultry[J].Heilongjiang animal science and veterinary medicine,2017(11):84-86(in Chinese).
- [41] POLLARD S J T,HICKMAN G A W,IRVING P,et al.Exposure assessment of carcass disposal options in the event of a notifiable exotic animal disease: application to avian influenza virus[J].Environmental science & technology,2008,42(9):3145-3154.
- [42] 王涛,吴金辉,衣颖,等.小型染疫动物组织碱水解处理设备的研制[J].医疗卫生装备,2016,37(3):5-7.WANG T,WU J H,YI Y,et al.Development of miniature alkaline hydrolysis digester for infected animal tissue disposal[J].Chinese medical equipment journal,2016,37(3):5-7(in Chinese with English abstract).
- [43] 周文兵,王艳珍,朱端卫,等.一种低盐高浓度的氨基酸液体肥料的制备方法:CN106588340A[P].2020-04-24.ZHOU W B,WANG Y Z,ZHU D W,et al.A preparation method of low salt and high concentration amino acid liquid fertilizer:CN106588340A[P].2020-04-24(in Chinese).
- [44] 王金泽,邵敬爱,张雄,等.典型病死畜禽水热转化特性研究[J].可再生能源,2019,37(1):7-12.WANG J Z,SHAO J G,ZHANG X,et al.Study on the characteristics of hydrothermal transformation of dead livestock carcasses[J].Renewable energy resources,2019,37(1):7-12(in Chinese with English abstract).
- [45] 杨燕,严欢,赵智勇,等.以黑水虻为媒介处理两种疫病致死猪的安全性检测[J].养猪,2016(4):85-86.YANG Y,YAN H,ZHAO Z Y,et al.Safety detection of pigs killed by two diseases treated by black horsefly as vector[J].Swine production,2016(4):85-86(in Chinese).
- [46] MUPPANENI T,REDDY H K,SELVARATNAM T,et al.Hydrothermal liquefaction of *Cyanidioschyzon merolae* and the influence of catalysts on products[J].Bioresource technology,2017,223:91-97.
- [47] 张振玲,董淑红,孙朋,等.死亡动物无害化处理技术及当前我国死猪处理对策[J].家畜生态学报,2018,39(9):83-86.ZHANG Z L,DONG S H,SUN P,et al.Review of harmless disposal technology of animal carcasses and current strategies on disposing dead swine in China[J].Journal of domestic animal ecology,2018,39(9):83-86(in Chinese with English abstract).
- [48] 高亮,李福欣,褚斌.病死动物无害化处理一体机的试制研究[J].家畜生态学报,2020,41(12):73-78.GAO L,LI F X,CHU B.Research on an prototype integrated machine for harmless treatment of sick and dead animals[J].Journal of domestic animal ecology,2020,41(12):73-78(in Chinese with English abstract).
- [49] 俞国乔,何世山,朱家新,等.病死动物无害化处理的思考[J].畜牧与兽医,2014,46(10):131-132.YU G Q,HE S S,ZHU J X,et al.Thoughts on harmless treatment of diseased and dead animals[J].Animal husbandry & veterinary medicine,2014,46(10):131-132(in Chinese).
- [50] 胡鞍钢.中国实现2030年前碳达峰目标及主要途径[J].北京工业大学学报(社会科学版),2021,21(3):1-15.HU A G.China's goal of achieving carbon peak by 2030 and its main approaches[J].Journal of Beijing University of Technology (so-

- cial sciences edition), 2021, 21(3): 1-15 (in Chinese with English abstract).
- [51] 舒畅, 乔娟. 养殖保险政策与病死畜禽无害化处理挂钩的实证研究: 基于北京市的问卷数据[J]. 保险研究, 2016(4): 109-119. SHU C, QIAO J. The impact of linking breeding insurance to farmers mode selection for dead livestock and poultry disposal: based on the questionnaire data of Beijing[J]. Insurance studies, 2016(4): 109-119 (in Chinese with English abstract).
- [52] 李燕凌, 车卉, 王薇. 无害化处理补贴公共政策效果及影响因素研究: 基于上海、浙江两省(市)14个县(区)773个样本的实证分析[J]. 湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2014, 38(5): 42-47. LI Y L, CHE H, WANG W. The study of efficient and affecting factors of harmless disposal subsidy public policy: based on the empirical analysis of 773 samples of 14 counties (districts) in Shanghai and Zhejiang Province [J]. Journal of Xiangtan University (philosophy and social sciences), 2014, 38(5): 42-47 (in Chinese with English abstract).
- [53] 张翎, 乔娟. 政策性养殖保险对病死畜禽处理的影响: 基于疫病防控要求的视角[J]. 农村经济, 2021(4): 95-101. ZHANG X, QIAO J. Influence of policy-based breeding insurance on the disposal of sick and dead livestock: based on the requirements of disease prevention and control [J]. Rural economy, 2021(4): 95-101 (in Chinese).
- [54] 李容德. 绿色金融支持农村畜禽废弃物处置面临的现实困境与破解路径[J]. 金融与经济, 2018(5): 89-92. LI R D. Green finance supports the realistic dilemma and solution of rural livestock and poultry waste disposal [J]. Journal of finance and economics, 2018(5): 89-92 (in Chinese).

Progress of harmless disposal and resource utilization of infected animal carcasses

CHEN Mingze, WU Haopeng, FENG Chen, ZHOU Wenbing, XIAO Naidong, CAI Jianbo

College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University/The Cooperative Innovation Center for Sustainable Pig Production Co-Sponsored by Province and Ministry, Wuhan 430070, China

Abstract The ravages of African swine fever (ASF) have drawn attention to the harmless disposal of infected animal carcasses. The harmless treatment of infected animal carcasses has current problems including single and backward technology, serious secondary pollution, low degree of resource utilization, and shortage of subsidies. Among the common methods of harmless treatment, rendering, aerobic fermentation and alkaline hydrolysis are the main methods that are widely used and perform well. Among them, aerobic fermentation is the easiest to master, and has the best overall effect of harmless treatment and resource utilization. The auxiliary thermal aerobic fermentation significantly improved the treatment efficiency, and the development of supporting equipment improved the possibility of engineering application. Based on a brief introduction of the harmless treatment of infected animal carcasses and the application status of it at home and abroad, combined with national conditions in China, this article analyzed and discussed the technical level, social publicity, and national policies of harmless disposal and resource utilization of infected animal carcasses. It is considered that aerobic fermentation is the most promising way to solve the problem of infected animal carcasses in China. The future direction of this field was prospected.

Keywords infected animal carcasses; harmless treatment; resource utilization; rendering; aerobic fermentation; agricultural waste; high-value utilization

(责任编辑:赵琳琳)