

农业固体有机废弃物的环境危害及堆肥化技术展望

汪建飞, 于群英, 陈世勇, 段立珍 (安徽科技学院资源环境系, 安徽凤阳233100)

摘要 该文分析了露天焚烧作物秸秆和自然排放畜禽粪便的环境危害, 指出堆肥化处理农业固体有机废弃物是符合我国国情的重要举措。同时, 探讨了当前堆肥产业化过程中存在的问题及其解决措施。

关键词 作物秸秆; 畜禽粪便; 堆肥

中图分类号 X71 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2006)18-4720-03

随着我国集约化农业和加工业的迅速发展, 大量农业和加工业的固体有机废弃物被浪费掉, 如水稻、小麦、玉米、油菜等作物秸秆就地焚烧、规模化养殖后的畜禽粪便和加工业的下脚料等随地弃置, 这不仅严重污染了环境, 也极大地浪费了有机肥产品的原料。同时造成大量的养分资源(C、N、P、K、S及微量元素)流失于土壤—植物系统之外, 明显地削弱了我国农业可持续发展的能力。自20世纪90年代中期以来, 露天焚烧作物秸秆和自然排放畜禽粪便已成为我国广大农村生态环境所面临的严峻问题, 并波及城乡居民的生活环境。进入新世纪之后, 问题更加突出。

1 露天焚烧作物秸秆的环境危害

我国是农业大国, 据统计, 每年产生各种农作物秸秆有6亿多t, 其中水稻1.68亿t、小麦1.06亿t、玉米1.21亿t。20世纪80年代以来, 农村的能源结构、种植结构发生了较大变化, 农作物秸秆大量剩余, 焚烧农作物秸秆的现象屡禁不止, 造成资源浪费、污染环境等不良后果。另外, 露天焚烧秸秆还容易造成火灾, 烧伤人畜甚至致死。

1.1 损伤地力 土壤中含有许多对农作物有益的微生物。其对促进土壤有机质的矿质化、加速养分释放和改善植物养分供应起着重要作用。绝大多数土壤微生物在15~40℃范围内活性最强。表层土壤过火以后, 地下5cm处温度可达65~90℃, 高温抑制土壤中的微生物生长, 从而影响农作物养分的转化和供应, 导致土壤肥力下降。

1.2 污染大气 农作物秸秆中含有氮、磷、钾、碳、氢元素及有机硫等。特别是刚收割的秸秆尚未干透, 经不完全燃烧会产生大量氮氧化物、二氧化硫、碳氢化合物及烟尘, 氮氧化物和碳氢化合物在阳光作用下还会产生二次污染物臭氧等。在城市“热岛效应”的作用下, 城郊四周产生的大气污染物便自然向市区流动, 造成严重的大气污染。如2006年6月20日傍晚, 北京部分地区突然被一股刺鼻的烟雾所笼罩, 能见度急剧下降, 烟雾从南向北逐渐扩散, 南部城区污染物一度超标6~9倍。北京市环保局调查后认为, 周边河北地区大面积焚烧麦秸产生的烟雾被风吹到北京上空, 造成了空气严重污染。

1.3 影响交通 我国耕地倒茬时间短、复种指数高, 抢收、抢种约1周的时间, 客观上造成焚烧农作物秸秆的时间较为集中。燃烧秸秆形成的大量烟雾, 使能见度大大降低, 严重

干扰了正常的交通运输。在交通干线两侧和机场附近, 这种影响尤为突出。在焚烧期间, 空气能见度远低于机场运行最低标准, 成都双流机场和石家庄机场几乎年年都要被迫关闭, 每年造成数百万元的经济损失。

1.4 资源浪费 农作物秸秆中不仅含有大量纤维素、木质素, 还含有一定量的粗蛋白、粗脂肪、磷、钾等营养成分和许多微量元素。6亿t秸秆相当于300多万t氮肥、700多万t钾肥和70多万t磷肥, 约为全国每年化肥施用量的1/4。在田间焚烧农作物秸秆, 仅能利用所含钾的40%, 其余氮、磷、有机质和热能则全部损失。

2 自然排放畜禽粪便的环境危害

在我国, 除露天焚烧作物秸秆对环境造成严重污染外, 另一种严重的环境公害是养殖场畜禽粪便的自然排放。改革开放以来, 我国畜禽养殖业迅速发展, 养殖规模越来越大, 逐步发展成为一个独立的产业。随着畜禽养殖业集约化、规模化、工厂化的快速发展, 畜禽养殖业粪便废弃物的产生量也急剧增加, 目前已成为我国农业有机固体废弃物的主要生产源。根据2000年全国畜禽养殖统计资料, 全国畜禽粪便年产生量已达到20.1亿t, 其中猪粪4.83亿t、牛粪10.9亿t、羊粪2.29亿t、禽粪2.01亿t。各种污染成分的年产生量分别是, 氮约0.114亿t、磷约0.047亿t、COD_{Cr}约0.694亿t、BOD₅约0.65亿t。随着我国畜禽养殖业的进一步发展, 这一数字还将上升。

生产的高度密集, 使畜禽粪便量大大超过其周围环境的处理和合理使用的能力。畜禽粪便含有大量未被消化吸收的有机物、无机物、病菌等, 能造成大气、水体、土壤、生物等多方面的污染。

2.1 污染大气 由于畜禽高度密集, 厩舍内混浊灰尘、粪便、霉变垫料及呼出的二氧化碳等散发出恶臭。据报道, 一个年出栏10万头的猪场, 每天可向大气排放菌体360亿个、氨气381.6kg、硫化氢348kg、粉尘621.6kg, 污染半径可达4.5~5km。畜禽粪便自然排放在养殖场周边, 产生大量恶臭气体, 其中含有大量的氨、硫化氢等有毒、有害成分, 严重影响了畜禽养殖场周围的空气质量, 进而对养殖场的畜禽生长和周围居民的健康构成严重威胁。

2.2 污染水体 畜禽粪便能直接或间接进入地表水体, 导致河流严重污染、水体富营养化、水质严重恶化, 致使公共供水中的硝酸盐含量及其他各项指标严重超标。畜禽污水排入鱼塘和河流中, 还会导致对有机物污染敏感的水生生物逐渐死亡, 严重威胁着水产养殖业的发展。研究表明, 养猪场排放的污水、固体粪污随降水淋洗冲刷进入自然水体后, 可

基金项目 农业部948项目“固体有机废弃物高附加值资源化技术引进、创新研究与产业化开发”资助。

作者简介 汪建飞(1969-), 男, 安徽庐江人, 博士, 教授, 从事农业资源利用教学与研究。

收稿日期 2006-07-17

使水中SS、COD_G、BOD₅和微生物含量升高。进入水体的粪污中含有大量的有机物,一方面在水中微生物对其进行分解的过程中,消耗大量的溶解氧(DO);另一方面水体富营养化产生大量水生植物残体生物降解也消耗大量DO;最终导致水中的DO被耗尽,水体随之变黑发臭,这时水体的原有生态系统将难以得到恢复。同时,畜禽粪尿淋溶性极强,可以通过地表径流污染地下水,也可经过土壤渗透污染地下水。

2.3 危害土壤 少量的畜禽粪便不经过无害化处理就直接施入到土壤中,其中的蛋白质、脂肪和糖及部分有机污染物在土壤中可以较快地被分解而得到净化。但是,如果污染物排放量超过了土壤的自净能力,便会出现降解不完全和厌氧腐解,产生恶臭物质和亚硝酸盐等有害物质,引起土壤的组成和性质发生改变,破坏其原来的基本功能。由此还会致使种植的作物徒长、倒伏、晚熟或不熟,造成减产,甚至毒害作物。直接施用不经处理的畜禽粪便常常会引起作物幼苗的大面积死亡。

3 堆肥化处理是农业固体有机废弃物无害化和资源化利用的有效途径

目前,我国总有机固体废弃物年排放量约为41.3亿t,其中蕴含粗有机质为12.3亿t,氮、磷、钾总储量约为0.873亿t。在这些有机固体废弃物中,从氮、磷、钾养分资源来看,占主要地位的是畜禽粪便,产生量占固体废弃物的一半左右,其氮、磷、钾储量分别相当于0.49亿t尿素、1.19亿t过磷酸钙和0.34亿t氯化钾。作物秸秆则是当前我国第二大类农业固体有机废弃物,其氮、磷、钾总储量约为914万t。从有机质养分资源来看,占主要地位的是农作物秸秆。

作物秸秆和畜禽粪便就好象是农牧业生产中两把双刃剑,科学处理就会成为很好的、有利用价值的资源,处理不当就会造成环境危害。

近年来,随着人们环保意识的增加和国家对环境保护的高度重视,各级政府部门、相关机构和企业都投入了大量的人力、物力开展污染治理,针对当前在我国已颇为严峻的农业固体有机废弃物污染的现状开展研究和技术攻关,找到了许多很好的治理和利用方法。“十五”期间,农业部推荐的作物秸秆综合利用技术包括秸秆青贮、堆肥、气化、养菇、用于建材和直接还田等;畜禽粪便的处理和利用方式主要有固体圈肥、高温堆肥、膨化处理、水解处理、蚯蚓处理或是不加处理直接用作肥料等。在所有利用方式中,高温堆肥以其无害化程度高、腐熟程度高、堆腐时间短、处理规模大、成本较低、适于工厂化生产等优点而逐渐成为作物秸秆和畜禽粪便的首选处理方式。此外,以优质的腐熟堆肥作为基料,配制高附加值的多功能复混肥料和微生物有机肥料的前景也相当广阔。

堆肥化(Composting)是在微生物作用下通过高温发酵使有机物矿质化、腐殖化和无害化而变成腐熟肥料的过程。在微生物分解有机物的过程中,不但生成大量可被植物利用的有效态氮、磷、钾化合物,而且能合成新的高分子有机物—腐殖质,它是构成土壤肥力的重要活性物质。

传统有机肥料堆置技术,体积庞大,养分含量低,无害化程度差,生产应用受到很大局限。现代农业条件下,如何迅

速而有效地处理作物秸秆和畜禽粪便等农业固体有机废弃物,是科技工作者面临的新挑战。根据国际公认的废弃物“减量化、无害化、资源化”综合治理原则,生物堆肥处理是在人工控制条件下依靠细菌、放线菌等微生物,通过有目的的降解作用,把有机物转化为腐殖质的生物化学处理技术,从而达到原料的无害化和资源化。这是促进有机废弃物在农业生产中良性循环并促进环境污染问题得以真正解决的有效途径,是符合我国国情的最佳处理方法。

4 农业固体有机废弃物堆肥关键技术存在问题及解决措施

4.1 作物秸秆的快速腐解技术 农作物秸秆、植物残枝及农产品加工废弃物(酒糟、醋糟、中药渣等材料)中除粗纤维外,其他组分都较易降解,因此,粗纤维降解速度是决定秸秆腐熟快慢的关键。关于加快纤维素、木质素降解的研究,国内外已有大量文献报道。主要有物理的方法,如γ-射线辐照、微波处理等;化学的方法,如强酸或碱或氧化剂处理;生物的方法,如接种纤维降解细菌、放线菌、真菌或直接加酶进行处理等。也有将物理、化学及生物方法相结合进行处理。还有用化学-生物联用技术进行处理,提高腐熟速度,并减少成本和劳力。从处理的经济上的可行性和技术上的可操作性分析表明,秸秆的生物发酵腐解处理是研究的热点。

4.2 堆肥过程中的废气污染防治技术 在畜禽粪便的堆肥处理过程中,如果通气条件良好、微生物活动旺盛,有机物质的分解比较彻底,则产生的臭气物质浓度就相对较低。当通气不良而导致堆肥内部出现嫌气环境时,因有机物分解不彻底就会产生大量的低级脂肪酸和含硫化合物等臭气物质。粪便处理中臭气主要由氨和硫化氢的挥发引起的,有氧发酵中的局部厌氧环境是产生恶臭气味的重要原因,所以,保证堆肥中充足的氧气供应,从而控制硫化氢的形成和释放以及氨的挥发,可以较显著地减少臭气。因此,堆肥过程中尽量保持堆肥内部处于良好的好气状态,特别是堆肥前应对材料的水分含量和通气性进行调节。实行强制通风和定时搅拌是抑制堆肥过程中臭气产生的关键措施。

目前废气处理技术按照技术路线可分为3大类:物理方法、化学方法和生物方法。采用物理方法的主要技术有空气稀释法、活性炭吸附法和低温冷凝法等;采用化学方法的主要技术有湿法化学吸收法、焚烧法、催化氧化法和臭氧法等。

生物过滤法处理的技术原理是利用微生物将废气中无机和有机污染物或恶臭物质分解或转化为无臭、无害物质。Mithunbi等依据微生物组织形式、液相状态将生物废气处理技术分为生物滤池、生物洗涤塔、生物滴滤池和膜反应器4大类。相比较而言,在现有技术水平状况下,生物滤池处理成本最低,设备简单、易于操作和维护,可靠性较好,因此,在生产中应用也最广泛。目前生物滤池处理已被广泛应用于对于堆肥厂、水处理厂、食品加工厂和部分废气浓度较低的冶炼厂和化工厂的尾气处理。

用于废气处理的生物滤池技术在我国的研究处于起步阶段,尚未见到文献报道和相关专利。而欧美等发达国家对生物滤池技术研究已经在生物技术和工程设计两方面取得了重要进展。其中生物学技术研究已经深入到分子水平,研

究热点主要集中在利用现代分子生物学技术筛选、改造与构建高效降解废气微生物菌株和菌群结构来提高其降解效率和扩大降解底物范围;工程技术研究热点则集中在低成本耐用滤料介质选择复配、防止气流短路以及低能耗的滤池构架设计等方面。

4.3 畜禽粪便脱水技术 畜禽粪便中的含水量一般为75%~85%,这个含水量难以进行堆肥(由于湿度大、使堆肥温度上不来),从而大大限制了畜禽粪便的资源化利用,因此,畜禽粪便的脱水和堆肥干燥是堆肥的关键技术。

国外自20世纪30年代开始,就对固液分离的机械设备开展研发工作。经过数十年的发展,已经形成了技术成熟且系统化用于畜禽粪便固液分离的机械设备。如日本开发的挤压式固液分离机,具有结构简单、不堵塞等特点,该机器能将含水量80%以上新鲜畜禽粪便脱水至60%以下,且脱水能耗小、机械设备投资成本不高。

近10年来,国内有关用于粪便固液分离设备的研究取得了较大进展,我国“九五”科技攻关项目“规模化蛋鸡场粪污处理关键设备研究”和“规模化猪场粪污处理关键设备研究”开展了对XJG-25型斜板挤压固液分离机和螺旋机固液分离机的研究。这两种机械在养殖场推广使用,均取得很好的效果。但存在的普遍问题是在分离含纤维多的粪水时易堵塞,且机械故障多,易磨损,使用成本高。

因此,引进国外脱水机械和技术是解决高湿固体有机废弃物资源化的关键环节之一。

4.4 固体有机废弃物处理机械和工艺技术 目前常用的好氧堆肥技术有很多种,分类也较复杂。按照有无发酵装置可分为:开放式堆肥系统和密闭堆肥系统。相对于开放式系统,密闭堆肥系统有很多优点:堆肥周期短,堆肥设备占地面积小,能够进行很好的过程控制(水、气、温度),堆肥系统不受气候条件的影响,且能够对废气进行统一的收集处理,防止环境的2次污染。该系统在我国已被一些堆肥场采用,但

目前非常缺乏成功运行的搅拌设备和废气处理系统,导致堆肥场大气环境较差,且搅拌机械运行可靠性差,影响堆肥场的正常运行。因此,需要通过引进与消化国外先进技术,创新地研究出价格低、工作效率高的机械设备和高效的臭气消除系统。

作物秸秆与畜禽粪便的混合堆制是产生优质堆肥的最佳组合,但在发酵工艺方面仍没有大的突破,主要原因是秸秆的堆肥处理周期较长影响处理速度,在处理过程中若添加筛选的高效菌种和配合秸秆破碎则其腐熟时间可大大缩短。因此,在今后的秸秆堆肥处理中,除需要进行高效菌种的筛选外,还需考虑秸秆的简便、快速和低成本破碎技术,以增大堆肥秸秆与发酵菌的接触面积从而提高发酵速度。在此基础上,将新技术的引进吸收、消化整合与自主创新相结合,解决好畜禽粪便的脱水和堆肥场的废气防治等制约我国农业固体有机废弃物堆肥产业化的瓶颈问题,促进作物秸秆和畜禽粪便的资源化利用及工厂化生产。

参考文献

- [1] 张颖, 王晓辉. 农业固体废弃物资源化利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] 席北斗, 魏自民, 刘鸿亮. 有机固体废弃物管理与资源化技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [3] 曾光明, 黄国和, 袁兴中, 等. 堆肥环境生物与控制[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [4] 黄国锋, 吴启堂, 黄焕忠. 有机固体废弃物耗氧高温堆肥化处理技术[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(1): 159-161.
- [5] 李秀金, 董仁杰. 粪草堆肥特性的试验研究[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(20): 31-35.
- [6] 王岩, 王文量, 霍晓婷. 家畜粪尿的堆肥化处理技术研究-堆肥材料的发酵特性和氨气挥发[J]. 河南农业大学学报, 2002, 36(3): 283-287.
- [7] 任仲杰, 顾孟迪. 我国农作物秸秆综合利用与循环经济[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(11): 2105-2106.
- [8] BERTOLDI M, VALINI G A. The Biology of composting: a Review[J]. Waste Management & Research, 1983(1): 157-176.
- [9] CROMBIE G. Evolution of a Compost[J]. Hart Bocyde, 1982, 23(6): 17-25.
- [10] EGHBALL B, LESONG G W. Viability of seeds following nature windrow composting[J]. Compost Science & Utilization, 2000, 8(1): 46-53.