

堆肥化技术在产业废弃物资源化处理中的应用

王志勇¹, 石春芳², 冷小云², 曹菊梅³

(1. 内蒙古包头市土壤肥料工作站, 内蒙古 包头 014010; 2. 内蒙古科技大学 数理与生物工程学院, 内蒙古 包头 014010; 3. 内蒙古包头北郊污水处理厂, 内蒙古 包头 014010)

摘要:堆肥化技术作为一种生物处理处置技术, 在处理固体废弃物的同时还可获得有利用价值的产物, 是废弃物资源化处理的主要研究方向。目前, 国内外研究者对不同行业产业废弃物的堆肥化处理均有相应研究, 为探寻产业废弃物的综合治理模式, 从农林固体废弃物、工业固体废弃物、餐厨垃圾三方面介绍堆肥化技术在产业废弃物资源化处理中的应用, 分析了存在的问题, 并提出了研究方向。

关键词:产业废弃物 堆肥技术 资源化

中图分类号:S141.1; Q939 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)02-0147-03 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.02.0147

产业废弃物指工农业生产企业在生产过程中未被利用的副产物, 主要包括工业生产加工过程中产生的废渣、粉企、碎屑、污泥以及稻秆、树枝、养殖粪污、食用菌废料等农林固体废物。常用的处理方式有填埋、焚烧、堆肥化等方式, 其中, 填埋不利于资源的回收利用, 焚烧处理虽然效率比较高, 但处理过程中容易产生二次污染, 而堆肥化作为一种生物处理处置技术, 不仅可以实现固体废弃物的无害化、减量化和资源化, 还可以利用其产物对受损生态系统进行修复, 如对碱滩地、受污染土壤、荒漠等受损生态系统进行生态修复。

堆肥化主要是依靠自然界的微生物对有机物有控制地进行生物降解, 使有机物矿质化、腐殖化和无害化, 最终变成腐熟肥料。在微生物分解有机物的过程中, 不但生成大量可被植物吸收利用的有效态氮、磷、钾化合物, 而且还可合成一类构成土壤肥力的重要活性物质——腐殖质。堆肥化技术是一种长期、有效、环保的产业废弃物资源化处理方式, 不少研究者利用该技术对不同行业废弃物的处理进行过研究, 本文主要介绍堆肥化技术在农林固体废弃物、工业固体废弃物、餐厨垃圾三方面的应用。

1 堆肥化技术在农林固体废弃物处理中的应用

1.1 园林废弃物

园林废弃物是指在自然条件下或养护过程中产生的草坪草屑、树枝、树叶等废弃物, 具有可降解有机碳物质比例高(包括少数可溶性糖、有机酸、淀粉等易降解的物质以及较难降解的纤维素、半纤维素和木质素)、不含有害物质、可单独收集、来源丰富等特点。对其进行堆肥化处理, 主要是将其作为原料, 或者添加一定配比的其它辅料, 在适合条件下利用微生物对有机物质进行降解, 经过一定时间的好氧发酵, 有机可腐物转化为有机营养物或腐殖质, 最终得到腐熟的堆肥产品。

国外发达国家在推动园林废弃物资源化利用方面做了大量工作, 一方面通过立法及政府的支持来推动, 如美国环境保护署在 1994 年颁布的园林废弃物和城市固体废弃物堆肥的 EPA530-R-94-003 法则、日本在 20 世纪 90 年代初提出的《再生资源利用促进法》、德国在 1996 年颁布的《循环经济与废弃物管理法》等法则; 另一方面, 通过加强园林废弃物堆肥化的技术攻关来推动园林废弃物资源化的利用, 如添加高效菌剂、严格控制原料粉碎粒度及堆肥参数等实现园林废弃物的快速腐熟, 将产品应用于环保及种植业方面。

我国园林废弃物的堆肥化研究相对起步较晚, 2007 年中华人民共和国建设部 215 号《关于建设节约型城市园林绿化的意见》中指出“鼓励通过堆肥、发展生物质燃料、有机营养基质和深加工等方式处理修剪的树枝, 减少占用垃圾填埋库容, 实现循环利用”, 为园林废弃物处置和循环利用奠定一定的基础。国内发展较快的城市如北京、广

收稿日期: 2015-12-15

基金项目: 包头市科技计划资助项目(2014Z1010-3); 内蒙古自治区自然科学基金资助项目(2015MS0332)

第一作者简介: 王志勇(1981-), 男, 内蒙古自治区乌兰察布市人, 硕士, 研究员, 从事盐碱地改良研究。E-mail: nmndwzy@163.com。

通讯作者: 石春芳(1978-), 女, 内蒙古自治区包头市人, 副教授, 从事环境生物技术研究。E-mail: 13848273693@163.com。

州、深圳、上海等主要是通过设定地方标准等及政府资金补贴实现园林废弃物的堆肥化,堆肥产品主要作为土壤改良基质、有机肥及园林覆盖物等,但尚存在技术环节未成熟、缺乏商品化程序、产品质量良莠不齐、相关法律法规不完善等问题。

1.2 秸秆

秸秆是指成熟农作物的茎叶(穗)部分,如玉米、水稻、棉花、大豆、薯类、油菜、甘蔗等粗粮在收获籽实后的剩余部分,其中富含氮、磷、钾、钙、镁和有机质,是一种具有多用途的可再生生物资源。目前,其主要的利用方式是作为动物饲料过腹还田、作为农村燃料及建房原料、作为有机肥直接还田、作为食用菌的生产原料、作为造纸业的原料等。这几种方式在我国现有技术水平下并未能很好的解决大量秸秆剩余的问题,于是,大部分农民每年把大量剩余的秸秆就地焚烧,造成了极大的资源浪费,也造成了环境污染。合理有效利用秸秆成为世界农业领域一项具有战略意义的研究课题,秸秆堆肥还田正是一种经济有效的方法。秸秆堆肥可从根本上解决秸秆问题,其堆肥后的利用形式多种多样,如利用秸秆发酵产酒精;将秸秆发酵处理给畜禽作为饲料食用;利用农作物秸秆作为无土栽培基质等。秸秆堆肥化技术运行成本低廉、操作简单方便,可实现农作物的增产增收;但存在堆肥周期长,堆肥效果易受温度影响等问题,因此秸秆腐熟剂的研究仍是该领域的研究热点。

1.3 畜禽粪便固体废弃物

畜禽粪便是农业生产及养殖业中产生的富含氮、磷、钾和有机质等营养物质的有机固体废弃物,其中氮、磷、钾的总贮藏量约为 0.63 亿 t,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。由于其氮磷钾和有机质含量丰富,将其堆肥化处理是其主要资源化利用方式。

畜禽粪便的堆肥处理是指将畜禽粪便和其它辅料按一定比例混合,利用堆肥物料中固有微生物包括细菌、真菌和放线菌等的联合作用将有机物逐步降解成小分子物质、 CO_2 、 H_2O 、无机盐以及高分子物质腐殖酸,经过高温发酵后,畜禽粪便中的病原菌和杂草种子全部被杀灭,体积减小,达到无害化、减量化和资源化。有关此方面的研究,研究者在堆肥的填充料选择、堆肥过程各种影响因素的参数指标(如水分、C/N、氧含量、温度、pH、有机质含量、接种剂)、堆肥的主要技术、堆肥腐熟度的主要判断指标等方面开展了大量工作。

2 堆肥化技术在工业固体废弃物处理中的应用

2.1 制药菌渣堆肥处理

抗生素菌渣是发酵类抗生素生产过程中发酵液经过滤后的固体废弃物,其主要成分是剩余的发酵培养基,含有菌丝残体、菌种的代谢产物及少量的抗生素残留,已被环保部列入《国家危险废物名录》,其主要的无害化处理方法是焚烧法。

但焚烧法造成了极大的资源浪费,研究者不断探寻其资源化处理的可行方法,张红娟等探讨了林可霉素菌渣堆肥化处理的可行性,设计了林可霉素菌渣与牛粪的联合堆肥实验。结果表明堆肥过程对抗生素残留的降解效果显著,堆体基本无植物毒性^[1];郭夏丽等^[2]在牛粪中添加不同比例的青霉素菌渣和林可霉素菌渣进行混和堆肥,以评价不同种类不同含量的菌渣对于堆肥过程的影响,结果表明,菌渣对于微生物的多样性和数量都有一定的抑制作用、堆肥中基本检测不到林可霉素残留,说明堆肥过程可实现菌渣的无害化;陈希、杨莲以青霉素菌渣、市政脱水污泥、木屑和稻秆等为原料,好氧堆肥法为主要工艺,全面探讨了堆肥法处理抗生素菌渣的可行性,结果表明好氧堆肥法可成功保留菌渣中的营养成分,去除抗生素残留,是一种有效地处理手段^[3-4]。

2.2 剩余污泥

剩余污泥是污水处理厂处理污水过程中产生的固体废弃物,含有各种细菌、活性微生物、未降解或难降解物质、微生物自身氧化残留物及胶体等物质,其主要的处理方式有焚烧、填埋、投海、土地利用等方式,其中土地利用是污泥资源化利用的主要方式。但剩余污泥中存在的有机污染物和重金属的环境污染风险制约了大规模土地利用,若将其堆肥化处理,则堆肥产物中的有害物质含量将大幅度降低,可用于土地利用。研究者针对此方面进行了大量研究,如潘飞采用新型堆肥工艺,将构建的复合菌群 DF-1 接种至啤酒废水处理剩余污泥中,试验结果表明堆肥产品性质稳定,腐熟化后质量减量化达 35% 以上^[5];朱刚利用室内装置进行了剩余污泥好氧堆肥控制技术实验室研究,结果表明堆肥处理后的污泥对农作物几乎没有抑制作用,毒性基本消除^[6];卢鹏利用自行设计的污泥好氧堆肥装置对污水处理厂剩余污泥进行堆肥发酵,试验结果表明污泥经过好氧堆肥处理后,含水率、VS 含量、TP、TN、TK 含量、重金属含量均有下降,堆肥熟料的施用能够使植

物正常生长^[7]。这些研究结果表明剩余污泥经堆肥处理后,其堆肥产品属于有机肥,各项指标均符合国家标准。

2.3 烟草废弃物

烟草废弃物是指烟草生产过程中被废弃的烟叶、烟末、干烟筋、干烟茎、烟根等下脚料,其中富含具有较高利用价值的生物有机成分和次生代谢产物及氮、磷、钾、微量元素等养分。但由于其本身具有生物毒性,无法直接作为肥料还田,因此需进行发酵腐熟处理。自然发酵时间较长,腐熟慢,为实现烟草废弃物肥料化利用,研究者对烟草废弃物快腐堆肥条件及其堆肥产品在农作物上的应用等方面开展了大量研究工作^[8-11]。如从烟叶表面、烟叶、土壤和环境分离代谢烟碱的微生物;利用烟叶下角料有机肥作为蔬菜种植的肥料,考察其对蔬菜生长发育的影响,结果表明,其增产效果好于鸡粪型有机肥,能够明显促进蔬菜的生长;利用不同原料配比和微生物菌剂对烟草废弃物快腐堆肥条件进行研究,这些研究成果为烟草废弃物高温堆肥奠定了基础。由于烟草废弃物中含有烟碱,因此堆肥产品中烟碱的降解率及相应降解菌的研究需进一步研究,此外,添加不同辅料的堆肥工艺及腐熟度评价指标也需进一步研究。

3 堆肥化技术在餐厨垃圾处理中的应用

餐厨垃圾是指食物在生产、运输、分配和消费过程中产生的食物废料和食物残余,可分为生餐厨垃圾和熟餐厨垃圾两类,生餐厨垃圾指食物在烹煮前的处理过程中所废弃不用或不适合食用的部分,熟餐厨垃圾指家庭厨房或餐饮业经烹煮后而未食用的部分。其主要成分有糖类、脂质、蛋白质、纤维素、半纤维素、木质素 6 种,化学成分以 C 含量最高,其次分别为 N、Na、K、Ca、P。由于其含水量和有机质含量高,若处置不当会对环境造成污染,传统的处置方式主要有焚烧、填埋、粉碎直排、做家畜饲料等,堆肥化处理技术在其处理中的应用也有相关报道。如研究餐厨垃圾堆肥理化特性变化的规律、影响堆肥产品的因素、堆肥中微生物种群结构的变化、堆肥过程中水解酶活性的变化等方面^[12-16]。这些研究结果表明餐厨垃圾经堆肥后,堆肥产品有机质、氮、磷含量高,重金属含量低,有毒有害物质含量少,可作为作物肥料和土壤调理剂。但餐厨垃圾堆肥产品普遍存在含水率高、油脂含量高、有臭气等问题,需在堆肥时,针对不同的原料,添加相应的辅料以调整含水量、增加腐熟度。

4 结论与讨论

随着工业化进程的不断加快,企业规模的不断扩大,社会人口的不断增加,所产生的各类废弃物数量巨大,以远远超出环境容纳量,势必会引发一系列环境问题。探寻合理的治理模式,开展产业废弃物处理方面的科学研究,使生态、经济、社会环境协调发展具有十分重要的意义。在以“无害化、减量化、资源化”为原则的前提下,采用生物堆肥处理是一种可行的技术途径。目前堆肥化技术在有机废弃物处理的应用较多,对于产业废弃物处理的应用研究较少,今后可在利用不同原料堆肥、筛选不同的堆肥菌剂、探寻堆肥影响因素、优化工艺控制条件、评价堆肥产品品质等方面开展相关的应用研究工作。

参考文献:

- [1] 张红娟. 抗生素菌渣堆肥化处理研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2010.
- [2] 郭夏丽, 席晓黎, 张红娟, 等. 抗生素菌渣堆肥进程中微生物群落的变化[J]. 环境工程学报, 2012(12): 4671-4675.
- [3] 陈希. 青霉素菌渣与城市污泥混合堆肥处理工艺研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [4] 杨莲. 青霉素菌渣混合堆肥过程生物特性分析[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
- [5] 潘飞. 啤酒厂剩余污泥堆肥高效菌群构建及其新型堆肥工艺研究[D]. 上海: 东华大学, 2010.
- [6] 朱刚. 城镇污水厂剩余污泥好氧堆肥控制技术研究[D]. 长春: 吉林建筑大学, 2014.
- [7] 卢鹏. 剩余污泥好氧堆肥及蚯蚓处理研究[D]. 重庆: 重庆工商大学, 2010.
- [8] 万虎, 赵海刚, 宋纪真, 等. 高浓度烟碱降解菌的筛选、鉴定及降解特性[J]. 烟草科技, 2009(4): 50-53.
- [9] 毛家伟, 张翔, 孙春河. 烟叶下角料有机肥对番茄和黄瓜生长发育的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(25): 10983-10984.
- [10] 竹江良, 汤利, 刘晓琳, 等. 猪粪比例对烟草废弃物高温堆肥腐熟进程的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(4): 779-784.
- [11] 李少明, 汤利, 范茂攀, 等. 不同微生物腐熟剂对烟末高温堆肥腐熟进程的影响[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(2): 783-786.
- [12] 杨延梅, 席北斗, 刘鸿亮, 等. 餐厨垃圾堆肥理化特性变化规律研究[J]. 环境科学研究, 2007(2): 72-77.
- [13] 刘有胜, 杨朝晖, 曾光明, 等. PCR-DGGE 技术对城市餐厨垃圾堆肥中细菌种群结构分析[J]. 环境科学学报, 2007(7): 1151-1156.
- [14] 牛俊玲, 郑宾国, 梁丽珍. 餐厨垃圾堆肥过程中水解酶活性变化的研究[J]. 中国农学通报, 2012(11): 284-288.
- [15] 任连海, 黄燕冰, 王攀. 含盐量对餐厨垃圾堆肥理化特性变化规律的影响[J]. 重庆大学学报, 2014(7): 104-109.
- [16] 罗珈柠, 郑思俊, 王妍婷, 等. 原料对餐厨垃圾堆肥产品的影响及其绿地应用适宜性分析[J]. 环境工程学报, 2014(11): 4977-4983.