

文章编号:1672-058X(2009)02-0123-04

污泥堆肥的农用资源化研究进展

卢鹏,傅敏*

(重庆工商大学环境与生物工程学院,重庆 400067)

摘要:主要介绍了污泥堆肥的农用资源化利用,从重金属富集、施用量控制以及对农作物增产的影响等几方面概述了国内外污泥农用的研究成果,指出污泥堆肥在提高农作物产量,改善土壤的物理、化学、生物性质等方面有着积极的意义。

关键词:污泥;堆肥;污泥农用

中图分类号:Q 599.2

文献标识码:A

随着我国经济的迅速发展,城市污水的数量明显增加,导致大量的污水污泥需要处理。传统的污泥处理方法包括焚烧、卫生填埋等。焚烧过程中所有的病菌、病原体虽可被彻底杀灭,有毒有害的有机残余物也被氧化分解。但投资规模大,且垃圾焚烧后,资源被彻底破坏,这些因素不利于污泥的资源化处理。卫生填埋是目前应用范围最广的污泥处置方式,但因填埋场的占地面积较大,对渗滤液处理较为困难,处理不当还会对地下水造成污染等问题目前已限制了填埋处理的应用。因此,亟需推广一种对污泥处理效果好,且不会对环境造成二次污染的处理方法。

1 污泥的农业资源化利用

污泥的资源化利用方法有很多种,而把污泥的处置与农业资源化相结合无疑是资源化利用中最好的选择^[1]。

目前污泥的农业资源化利用分为间接施用和直接施用。污泥的直接施用是将未经处理的污泥直接施用于土地上,如农业、林业用地,受到严重破坏的土地,以及专用的土地场所^[2]。但因污泥中含有大量的重金属、病原菌、寄生虫、有机污染物等有害成分,所以污泥的直接施用也存在一些弊端,如缺乏相应的科学指导出现烧苗、死秧、虫害等现象,对作物、土壤产生一定的副作用等,致使施用量受到限制^[3]。污泥的间接施用主要有污泥厌氧消化后施用、堆肥化后施用等形式。目前应用较为广泛的是堆肥后施用。经高温堆肥后的污泥,不仅消除了污泥恶臭对环境的污染,同时也将病原菌等杀死,而且还可以通过转化重金属的存在形态,降低重金属的生物有效性。污泥中含有大量的有机质及作物生长所需的微量元素,可作为肥料或土壤改良剂施用于农田,用以改善土壤的物理、化学、生物性质,对农作物增产有积极作用。

我国是农业大国,因过去一段时间里大量施用化肥,已对土壤造成严重的破坏,有机质不断减少,土壤因盐化板结而导致肥力下降。故亟需改善土壤的性质,提高土壤肥力。而污泥堆肥恰好能满足这一需要,污泥堆肥后作为农用是最为可行的。其特点为:可大量处置,原则上达到国家相关标准即可农用;污泥参与农田的自然物质循环过程,对农作物有增产作用;污泥中有机质、腐殖质可改善土壤结构,是良好的土壤改良剂;污泥农业利用使生产费用降低,适合我国目前的发展状况^[4]。

收稿日期:2008-12-10;修回日期:2009-02-28。

作者简介:卢鹏(1984-),男,河北任丘人,硕士研究生,从事固体废弃物资源化研究。

*通讯作者:傅敏(1963-),男,教授,硕士生导师,从事水处理材料研究。E-mail:fumin1022@126.com。

2 污水污泥堆肥的原理和过程

2.1 污泥堆肥的定义

堆肥化实际上是利用自然界广泛分布的细菌、放线菌、真菌等微生物,人为地促进可降解的有机物向稳定的腐殖质生化转化的微生物学过程。其产物为堆肥,是处理有机固体废物并使之实现资源化的一种重要技术。污水污泥经堆制后,体积一般降为原来的 50% ~ 70%^[5]。由于堆肥法可以使有机废物稳定化,并能在高温发酵时杀灭致病菌,其最终产物还能作为肥料或土壤调节剂,使有机物循环再利用,因此堆肥法是符合可持续发展的有机废物处理方法,具有强大的生命力。堆肥按需氧程度一般分为好氧堆肥和厌氧堆肥两种。前者是在通气条件下借好氧微生物活动使有机物得到降解,好氧堆肥系统温度一般为 50 ~ 60 °C,最高可达 80 ~ 90 °C。故亦称高温堆肥。而厌氧则是利用微生物发酵造肥^[6]。

2.2 污泥好氧堆肥的原理

污泥好氧堆肥是在有氧的条件下,借助好氧微生物(主要是好氧菌)的作用来进行的。在堆肥过程中,污泥中的溶解性有机物质透过微生物的细胞壁和细胞膜为微生物所吸收,固体的和胶体的有机物先附着在微生物体外,由生物所分泌的胞外酶分解为溶解性物质,再渗入细胞。微生物通过自身的生命活动——氧化、还原、合成等过程,把一部分被吸收的有机物氧化成简单的无机物,并释放出生物生长活动所需要的能量,把另一部分有机物转化为生物体所必需的营养物质,合成新的细胞物质,于是微生物逐渐生长繁殖,产生更多的生物体。好氧堆肥具有对有机物分解速度快、降解彻底、堆肥周期短等优点。

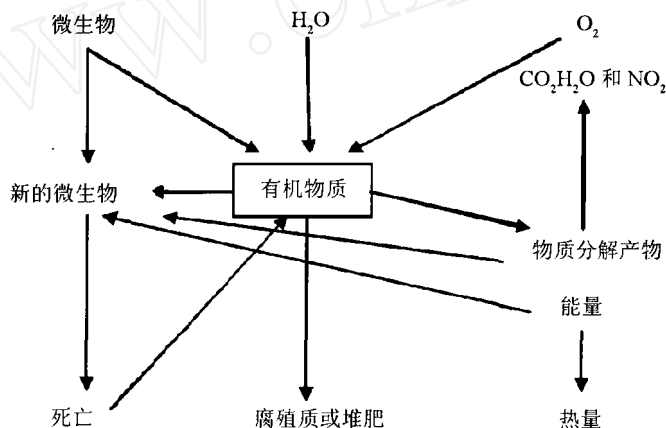


图 1 堆肥的物质转化过程

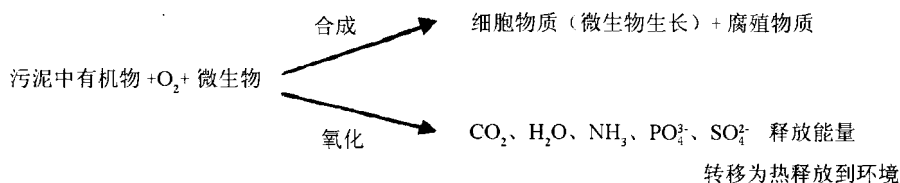


图 2 堆肥的好氧发酵过程

3 污泥堆肥农用的可行性研究

尽管污泥堆肥在农业利用方面有许多优点,但仍有许多问题需要解决来保证农业安全。重金属富集、施用量控制、对作物增产的影响始终是人们担心的重点。因此有必要进行深入的研究,使污泥堆肥产品更加趋于稳定、高效。从而在使污泥得到安全处理的同时,又能将其进行更好的资源化利用,保证其农业利用的安全性。

3.1 重金属富集

污泥中往往含有大量的 Cu、Zn、Ni、Pb 等重金属,若农田中长期施用会导致土壤污染、地力下降等问题。

而且农作物吸收重金属后通过食物链进入人体,严重威胁人类健康。所以重金属的富集被各国广泛关注。目前针对污泥中重金属的不利影响有两种考虑:一是将重金属转化为稳定形态,将其钝化;二是去除污泥中的重金属。Wei 等人在 3 a 的农田实验中研究施用污泥堆肥对重金属富集、农作物生长及农作物产量的影响。结果证明:重金属(Cu 和 Zn)在 0~20 cm 土壤中的富集与污泥中原有的重金属浓度密切相关^[7]。而 Liu 等对实验数据分析后得出:在好氧堆肥过程中重金属的含量不只与总的重金属含量相关,且与温度、pH 和有机物浓度相关;只有重金属 Cu 的浓度与其总浓度相关^[8]。故需对原有污泥中重金属的含量进行严格控制,且对土层范围内农作物的生长给予进一步的关注。此外,在堆肥过程中添加调理剂会对重金属起到稀释作用。杨玉荣等在污泥混合堆肥过程中,通过采用不同的填料配比对污泥进行处理。结果表明:通过污泥的混合堆肥,重金属的总量不会降低,但可被植物吸收和利用的重金属含量降低,降低了其生物有效性^[9]。李国学等利用污泥和稻草进行高温堆肥,通过添加不同的钝化剂研究其对重金属(Cu、Zn、Mn)形态的影响。实验结果表明:从对交换态重金属的钝化效果来说,草炭、粉煤灰、磷矿粉是 3 种有效的钝化剂^[10]。可见,一些常用的廉价的钝化剂可以有效的将重金属进行钝化,在实际生产中可以将粉煤灰等广泛存在的又相对廉价的物质应用于堆肥过程,既起到了废物利用又对堆肥过程起到积极的作用。

但无论是哪种类型的堆肥过程,都只是改变了污泥中部分重金属的化学形态,而只是将其转化为更为稳定的形态,降低其毒性。并不能从根本上降低重金属含量,重金属的形态随着环境条件的变化和时间的推移,最终仍会显现出其不利影响。因此需从对重金属的钝化方面着手,对重金属富集进行控制。

3.2 施用量控制

污泥经发酵后农用不仅可以消除其对环境的污染及对环境承载力的影响,也可使土壤肥力得到提高,土壤的物理、化学、生物性质得到改善。但污泥的不合理施用会对环境造成严重的二次污染。因此,需对污泥的施用量进行控制。Londra 等人在肥沃和贫瘠的土壤中分别施用不同比例的有机肥(含 62% 堆肥)进行实验,证明在施用率允许范围内($< 300 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)该有机肥可以改善土壤的物理性质,且在肥沃土壤中的施用效果优于贫瘠土壤^[11]。蔡全英等采用盆栽试验方法,探讨了不同性质土壤和不同施肥量对通菜和萝卜生长和产量的影响,结果表明:污泥施用量过高(达干土重的 4%,质量分数)时,会抑制萝卜幼苗的生长,且随污泥施用量的增加,萝卜地上部分和地下部分的产量呈降低的趋势^[12]。付华等将污水处理厂生活污水污泥施用于人工种植的新疆大叶苜蓿草地,结果表明:当污泥施用量过大($> 2 \text{ kg}/\text{m}^2$)时,苜蓿的地上和地下部分产量虽高于对照,但却呈下降趋势。分析认为很可能是因为较高的污泥施用量会使土壤含有较高的盐分和重金属。此外,污泥中所含的其他化学物质可能会对作物的生长产生抑制作用^[13]。

因此,在对农田大规模施用发酵污泥前,应先确定其污泥施用量。避免因施用不当对农作物的生长造成不利影响,对土壤及地下水等造成污染。要在大规模施用前做小田试验,若要添加其他肥料制成复合肥,还要对添加量进行确定。最终确定最佳施用量,继以大规模施用。

3.3 对增产的影响

污泥中富含大量植物所需营养元素,农用后会提高 N、P、K 等元素的含量,从而提高土壤肥力,促进农作物的生长,提高农作物的产量。已有实验表明,在相同施肥量条件下,污泥有机复合肥的肥效明显优于无机复合肥和混合肥。而污泥有机复合肥成本又略低于无机复合肥,因此,利用污泥制造有机复合肥具有良好的环境效益和经济效益。杨晓琴等分别对番茄、辣椒、茄子、莴苣 4 种农作物施用堆肥,结果表明:在常规施化肥基础上,增施污泥堆肥可明显提高农作物产量,且作物品质较高^[14]。董克虞在对燕山石化公司污水处理厂排放的鲜污泥发酵后施用于田间,结果表明:污泥堆肥后对 4 种农作物(小麦、水稻、玉米和棉花)都有明显的增产效果。当每公顷施堆肥 15~37 t 时,4 种农作物增产 30%~90%^[15]。解庆林等将城市污水污泥经过一次好氧堆肥发酵和二次厌氧堆肥发酵后,适当添加营养成分制成甘蔗专用复合肥进行田间实验。实验表明:该有机污泥复合肥在不同施肥水平上均可促进甘蔗的生长,肥效明显,尤其是施肥 $2400 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时增产效果最好,甘蔗产量达 $92369 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ^[16]。

此外,污泥堆肥后还可以作为市政绿化林肥使用。将符合污泥农用标准的污泥制备成肥料,既实现了污泥无害化,化害为利,又形成了生态的良性循环,具有很大的经济效益和社会效益,对推动可持续发展有重要意义。

据我国目前的发展形势,在市政污水处理厂建设污泥堆肥设施是可行的,且在中小污水处理厂推广 ASP 和 HASB 最为适用^[17]。污泥堆肥的广泛施用,不但降低了生产成本,而且为农民节省了开支。比较其他的污泥资源化方法,污泥堆肥农用在经济上具有其推广优势。

4 展 望

污泥的资源化处理是目前急需推广的污泥处理方式,较传统处理方式,有明显的推广优势及发展前景。而污泥堆肥,在污泥的资源化处理中又具有其自身优势。农业大国的自身条件,给污泥堆肥提供了广泛的利用空间与实用价值。但我国在污泥管理上,如对源头的控制、循环利用和最终处置等管理上仍存在很多问题。我国可以借鉴国外的成功经验加强对污泥的管理。首先,对污泥的源头进行控制,加大工业废水的处理力度,达标后才可进入城市管网。其次,应加大立法标准力度,尽可能的保证对污泥进行回用。最后,还应有重点的政府实验室做土壤肥料和植物组分分析,为农业服务,并适时指导农业生产。只要在重金属富集,施用量的控制等方面多做些深入的研究,使污泥堆肥更加稳定,肥力更强,无害化更完善,并对相关法律、法规及监测方法等加以完善,相信污泥堆肥农用会有广阔的前景。

参考文献:

- [1] 易红星,王建龙,李书军.我国污泥农用资源化的处置方法[J].石河子大学学报:自然科学版,2004,22(3):273-276
- [2] 李捷,熊必永,张杰.城市污水处理厂污泥的处置与农业的可持续发展[J].给水排水,2003,29(9):112-117
- [3] 曹春梅.重庆市城市污泥堆肥农用对土壤—植物系统的影响研究[D].重庆:西南大学,2008
- [4] 杨琦,刘广立.污泥处理和处置技术新进展[J].上海环境科学,1999,18(3):133-134
- [5] 杨国清.固体废物处理工程[M].北京:科学出版社,2000
- [6] 曾光明.堆肥环境生物与控制[M].北京:科学出版社,2006
- [7] WEI Y J, LIU Y G. Effect of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year field study[J]. Chemosphere, 2005, 59:1257-1265
- [8] LIU Y S, MA L L, LI Y Q. Evolution of heavy metal speciation during the aerobic composting process of sewage sludge[J]. Chemosphere, 2007, 67:1025-1032
- [9] 杨玉荣,穆国俊,魏静.重金属在污泥堆肥过程中的变化[J].农业环境科学学报,2006,25(增刊):226-228
- [10] 李国学,孟凡乔,姜华,等.添加钝化剂对污泥堆肥处理中重金属(Cu、Zn、Mn)形态影响[J].中国农业大学学报,2000,15(1):105-111
- [11] AGGELIDES S M, LONDRA P A. Effect of compost produced from town waste and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil[J]. Bioresource Technology, 2000, 71:253-259
- [12] 蔡全英,莫测辉,吴启堂.城市污泥及其堆肥对盆栽通菜和萝卜产量的影响[J].农业环境科学学报,2003,22(1):52-55
- [13] 付华,周志宇,张洪荣,等.苜蓿施用污泥效果的研究[J].草业学报,2001,10(4):64-71
- [14] 杨晓琴,王成瑞,杨居义.污泥堆肥农用效应研究[J].江苏环境科技,2008,21(1):30-32
- [15] 董克虞.城市污泥处置的最佳途径—污泥农用[J].农业新技术,2003(2):40-41
- [16] 解庆林,王敦球,李金城,等.污泥有机复合肥在甘蔗上的应用实验[J].桂林工学院学报,2000,20:41-44
- [17] WEI Y S, FAN Y B, WANG M J. A cost analysis of sewage sludge composting for small and mid-scale municipal wastewater treatment plants[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2001, 33:203-216

Research on sludge composting for agricultural resources

LU Peng, FU Min

(Environmental and Biological Engineering College, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: This paper presents the sludge compost as the resource in agricultural field. It recommends the domestic and international agricultural research results in heavy metal enrichment, the application rate and the impact on crop production, and points out that sewage sludge compost has active significance to promoting crop output and improving physical, chemical and biological property of soil and so on.

Key words: sewage sludge; compost; agricultural use

责任编辑:田 静