

蚯蚓处理对脱水城市污泥性能的影响

乔艳云, 宋志伟, 潘宇 (黑龙江科技大学环境与化学工程学院环境工程系, 黑龙江哈尔滨 150022)

摘要 [目的]研究蚯蚓处理对脱水城市污泥性能的影响。[方法]以城市污水处理厂的脱水污泥作为研究对象,探讨蚯蚓处理对其性能的影响。[结果]新鲜脱水污泥经蚯蚓处理后,pH、有机质含量降低,EC值显著升高,使污泥性质趋于稳定,污泥的微生物活性增强,有害微生物得到抑制,全氮、全磷、全钾含量降低,速效氮、速效磷、速效钾含量升高。[结论]蚯蚓处理可以很好地实现污泥的减量化、无害化和资源化。

关键词 蚯蚓;城市污泥;脱水;性能

中图分类号 X 705 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)27-0059-03

Effect of Earthworm Treatment on the Performance of Dewatered Municipal Sludge

QIAO Yan-yun, SONG Zhi-wei, PAN Yu (School of Environment and Chemical Engineering, Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin, Helongjiang 150022)

Abstract [Objective]The research aimed to study the effect of earthworm treatment on the performance of dewatered municipal sludge. [Method]Taking the dewatered sludge of urban sewage treatment plant as the research object,the effect of earthworm treatment on its performance was discussed. [Result]After the treatment of the fresh dewatering sludge,the pH and the content of organic matter decreased,and the EC value increased significantly,making the sludge properties tend to be stable,the microbial activity of the sludge was enhanced,and the harmful microbes were suppressed. The content of total nitrogen,total phosphorus and total potassium decreased,and the content of available nitrogen,available phosphorus and available potassium increased. [Conclusion]That earthworm treatment can achieve reduction,innocuous and resourceful of the sludge.

Key words Earthworms;Municipal sludge;Dehydration;Performance

城市污泥是城市生活污水处理过程中产生的副产物。据统计,截至2016年底,我国累计建成城镇污水处理厂3 552个,处理能力达1.79亿m³/d。根据《“十三五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》,我国“十三五”的城镇污水处理能力计划提升至2.68亿m³/d。按照1万t水产7t 80%湿泥计算,2020年我国湿泥年产量将达到6 847.4万t。随着城市污水厂数量和规模的不断增加,污泥的产量还会继续增加。

污泥中含有丰富的有机质、N、P、K及其他元素,具有很高的土地利用价值,但同时也含有难降解的有机物、重金属、盐类、少量的病原微生物和寄生虫卵等,会带来一系列环境安全问题^[1-4]。目前世界各国的污泥处理、处置技术手段主要有焚烧、填埋、干化、堆肥及土地利用^[5-6]等,这些方法或多或少都存在着一定的缺陷,不仅不能从根本上实现污泥的资源化,处理不当甚至会造成二次污染^[7-10]。城市污水污泥的有效处理处置问题越来越严峻,成为亟待解决的难题。

城市污泥的蚯蚓处理技术是近年来发展起来的一项新型生物处理技术。这种技术是基于蚯蚓的生态功能,将城市污泥研磨、消化,最终以蚯蚓粪形式排出。蚯蚓通过与消化道内微生物的协同作用,将污泥中的有机有害物消化,并能于蚯蚓体内富集重金属、消除病原菌,最终将污泥转化成富含营养物质的生物有机肥。因此,城市污泥的蚯蚓生物处理技术是一种城市污泥的有效处理途径^[11-12]。笔者以蚯蚓处理前后的污泥、蚯蚓粪为研究对象,对其表观性状、化学指标、微生物数量、养分含量等指标进行研究,旨在揭示蚯蚓处

理对污泥性质的影响,为城市污泥的规模化处理与利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 该研究所选用的蚯蚓品种为大平三号,购于四川省团坝镇蚯蚓养殖场。供试污泥取自黑龙江科技大学生活污水处理厂的脱水污泥,含水率在85%左右。

1.2 试验方法 取高10.9 cm,上口直径14.5 cm,下口直径10.1 cm,底部有透气孔的塑料盆,盆底部垫一层纱布,防止蚯蚓从缝隙逃逸。在每盆中分别装入2 kg的基质土,给蚯蚓建立一个缓冲生活空间,在不同盆中分别接种100条大平3号蚯蚓,蚯蚓平均体重在0.4 g/条左右,盆上做好标记。在每盆上面加入新鲜污泥750 g,设3个重复。将它们放在阴凉的暗处,盆上套上塑料袋保湿,然后盖上报纸遮光。室内温度在20~25℃,定期喷洒蒸馏水使物料湿度保持在(70±10)%。经30 d蚯蚓处理后,将蚯蚓取出,采集蚯蚓粪样品进行测试分析。

1.3 测定方法 含水率测定采用烘干称重法。pH测定采用污泥与水比为1:2搅拌,取上清液,用pH计直接测定。电导率(EC值)的测定采用污泥与水比为1:4搅拌,用电导率测定仪直接测定。有机质含量的测定采用重铬酸钾氧化法-外加热法。全氮测定采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法。速效氮测定采用碱解扩散法。全磷的测定采用硫酸-过氧化氢消煮-钼钒黄比色法。速效磷的测定采用柠檬酸浸提-钼钒黄比色法。全钾采用NaOH熔融火焰光度法。速效钾采用1 mol/L中性醋酸铵溶液浸提火焰光度法。细菌、放线菌和真菌数量测定采用梯度稀释平板涂布法。粪大肠杆菌测定采用多管发酵法。所有试验数据均以干基统计。

1.4 数据分析 数据采用配对数据t检验统计分析。

基金项目 哈尔滨市科学技术局项目(2015RAXXJ039);国家自然科学基金面上项目(51678222)。

作者简介 乔艳云(1976—),女,黑龙江鹤岗人,副教授,硕士,从事固体废物物的生物处理研究。

收稿日期 2018-05-23

2 结果与分析

2.1 污泥经蚯蚓处理前后主要化学指标的变化 污泥经蚯蚓处理前后的 EC 值、pH、有机质的差异见表 1。从表 1 可以看出,污泥经蚯蚓处理后转化为蚯蚓粪,EC 值上升了 38.48%,pH 降低了 20.66%,有机质的含量下降了 38.32%。经过显著性检验,污泥与蚯蚓粪 EC 值、pH、有机质含量的差异均达到极显著水平($P<0.01$)。蚯蚓处理使污泥的 pH、有机质的含量极显著降低,使 EC 值极显著升高。

表 1 污泥经蚯蚓处理前后主要理化指标的变化

Table 1 Changes of main physicochemical indexes of sludge before and after treatment by earthworm

样品 Sample	EC 值	pH	有机质 Organic matter//g/kg
污泥 Sludge	4.47±0.01 A	7.60±0.12 A	577.77±1.14 A
蚯蚓粪 Wormcast	6.19±0.06 B	6.03±0.04 B	356.35±0.29 B

注:每列数据后不同大写字母为差异性极显著($P<0.01$)
Note:Different capital letters after each column of data indicate extremely significant differences ($P<0.01$)

电导率是反映污泥中无机离子含量和矿化度的重要指标。污泥处理过程中,蚯蚓和体内微生物的活动使有机物分解,污泥矿化、无机化、可溶性盐析出从而含盐量大幅提高^[13],因而 EC 值显著升高。

蚯蚓处理使污泥的 pH 降低。分析其原因可能由于蚯蚓处理污泥有机物分解的过程中,形成了中间产物有机酸所致^[13],也可能与有机物彻底氧化分解产生 CO₂ 有关,另外在污泥降解过程中,NH₃ 的挥发也可能导致 pH 有所降低。

蚯蚓处理使有机质含量下降,是由于蚯蚓与微生物的协同作用加速了有机物质的分解转化^[14]。蚯蚓在污泥中活动和吞食,改善了污泥中微生物的生存条件和氧供应状况,促进有机质在好氧环境下被微生物分解利用,并以 CO₂ 和 H₂O

排出,从而导致了蚯蚓粪中有机质含量降低。

2.2 污泥经蚯蚓处理前后微生物数量的差异 污泥经蚯蚓处理前后的微生物变化情况见表 2,细菌、放线菌、真菌的数量有不同幅度提高,尤其真菌的数量变化最大,粪大肠杆菌数量有所下降。蚯蚓处理后,细菌数量增加了 4.47%,放线菌数量增加了 93.69%,真菌数量上升了 403.12%,粪大肠杆菌数量下降了 66.87%。经显著性检验,细菌数量变化显著($0.01<P<0.05$),放线菌、真菌、粪大肠杆菌数量变化均极显著($P<0.01$)。

污泥经蚯蚓处理以后细菌、放线菌和真菌的数量都得到了提高,表明在蚯蚓处理污泥的过程中,蚯蚓能够提高污泥中微生物的数量和活性。因污泥中含有大量的碳源、氮源、有机物等营养物质,为微生物的生长繁殖提供充足的食物来源。同时蚯蚓活动制造了大量孔洞,形成了良好的通气条件,改善了污泥的性状,这些条件都促进了微生物的生长繁殖。

粪大肠杆菌群是一类对人畜健康都会产生危害的病原微生物。污泥中含有的大量粪大肠菌,如果不经有效处理直接排放,会对人类生活造成一定程度的危害。污泥通过蚯蚓处理后,粪大肠菌群数量大大减少,在一定程度上控制了污泥中一些病害的发生。蚯蚓一方面通过吞食活动直接减少了病原微生物的数量,另一方面通过自身活动改变了污泥中微生物区系的构成,形成了有益微生物的优势菌群,抑制了病原菌的生长和繁殖,间接地减少了粪大肠杆菌的数量。还有研究认为,蚯蚓体内具有独特的抗菌与免疫系统,可以产生对抗外源性病原体致病作用的活性物质,可以抑制病原微生物生长,对污泥中的病害起到了生物防治的作用^[15]。

表 2 污泥经蚯蚓处理微生物数量的变化

Table 2 Changes of the numbers of microorganisms in the sludge treated by earthworms

样品 Sample	细菌 Bacteria//10 ⁶ 个/g	放线菌 Actinomyces//10 ⁵ 个/g	真菌 Fungus//10 ⁵ 个/g	粪大肠杆菌 Fecal E. coli//10 ⁵ 个/g
污泥 Sludge	4.92±0.02 a	5.23±0.03 A	4.81±0.04 A	4.86±0.02 A
蚯蚓粪 Wormcast	5.14±0.06 b	10.13±0.06 B	24.20±0.06 B	1.61±0.01 B

注:每列数据后不同大写字母为差异性极显著($P<0.01$),不同小写字母为差异性显著($P<0.05$)
Note:Different capital letters after each column of data indicate extremely significant differences ($P<0.01$), and different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$)

2.3 污泥经蚯蚓处理前后养分含量的变化 从图 1 可以看出,经蚯蚓处理后污泥中全氮含量下降了 53.91%,全磷含量下降了 7.44%,全钾的含量下降了 5.80%;污泥经蚯蚓处理后速效氮的含量上升了 11.43%,速效磷含量上升了 20.83%,速效钾含量上升了 3.13%。经显著性检验,全氮、速效氮、速效磷的含量差异显著($0.01<P<0.05$),全磷、全钾、速效钾的含量差异不显著。

在处理过程中,蚯蚓运动和摄食,创造了良好的有机物分解条件,微生物和蚯蚓的活动加速了污泥中全氮的分解,蚯蚓利用氮素合成自身生命物质生长并增殖,同时蚯蚓活动也造成了污泥中全氮的挥发损失,因此全氮含量降低、速效 N 增加是因为随着有机质的分解,促进了全氮向有效氮的转

化,增加了污泥的肥力。

经蚯蚓处理后,污泥中全磷含量降低、速效磷含量增加。变化的原因与污泥中蚯蚓和微生物的协同作用有关,随处理时间延长,一部分磷被蚯蚓和微生物利用,因而污泥中全磷含量随之降低。蚯蚓活动促进了磷的矿化,促使污泥中全磷向速效磷转化,从而增加了污泥中速效磷含量。

污泥经蚯蚓处理后,蚯蚓粪中全钾含量略有降低,速效钾含量略有升高,但变化都不明显,与刘小丽^[16]的研究结论一致,表明蚯蚓粪中钾的含量取决于原来污泥中钾的含量。

污泥的速效养分是评价其肥力的重要指标。污泥经过蚯蚓处理以后,速效养分增加。速效氮、速效磷、速效钾能被

植物直接吸收利用,或者经简单转化后即可利用。因此蚯蚓处理为污泥的土地利用奠定了营养基础。

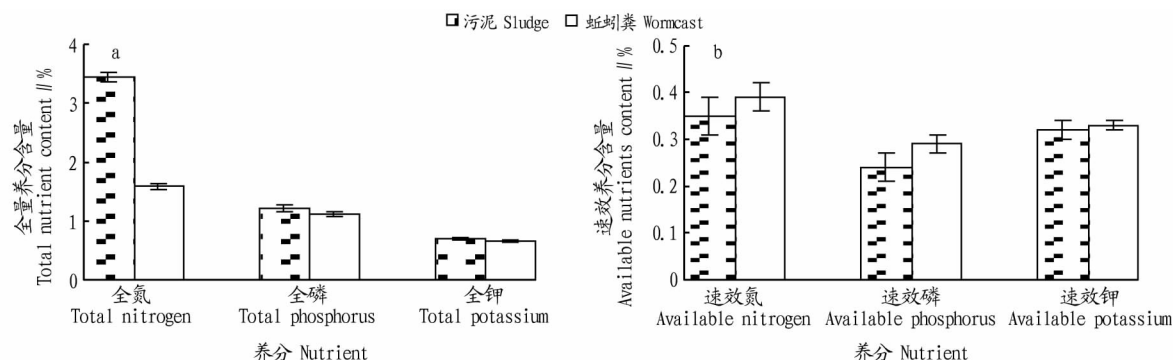


图1 蚯蚓处理前后污泥和蚓粪全量养分(a)和速效养分(b)含量的差异

Fig. 1 Differences of total nutrient (a) and available nutrients (b) content between sludge and earthworm manure before and after treatment by earthworm

3 讨论与小结

通过 30 d 的试验,蚯蚓在未经发酵的新鲜脱水污泥中能够正常生存,并且体重有所增加。所选污泥来自校园内生活污水处理产生的脱水污泥,重金属含量相对较低且病原微生物数量较少,污泥中富含有机质、氮、磷、钾等营养元素,有利于蚯蚓的生存和摄食。研究结果表明,脱水污泥不需进行堆肥发酵或其他预处理,可以直接喂食蚯蚓。

脱水城市污泥经过蚯蚓处理以后,理化性质发生明显改变,污泥的 pH 和 EC 值下降,有机质含量降低,性质更趋于稳定。细菌、放线菌、真菌的数量有不同幅度提高,粪大肠杆菌数量降低,说明蚯蚓处理使污泥的微生物活性增强,有害微生物得到抑制。处理后的污泥全氮、全磷、全钾养分含量降低,速效氮、速效磷和速效钾的含量增加,有利于在农业中应用。蚯蚓处理为城市污泥资源化利用拓展了一条有效途径。

参考文献

[1] 张芳芳,苏亚勋,陈庆斌. 污泥营养土对黑麦草生长和土壤理化性质的影响[J]. 天津农业科学,2017,23(7):33-36.
[2] 白莉萍,齐洪涛,伏亚萍,等. 北京地区不同城镇污水处理厂堆肥污泥的营养含量和重金属污染[J]. 环境科学,2014,32(12):4648-4654.
[3] 李桃,李伟,李筱梅,等. 山西省城市污泥农用潜力与安全施用[J]. 环

境工程学报,2015,9(7):3455-3460.
[4] 罗景阳,冯雷雨,陈银广. 污泥中典型新兴有机污染物的污染现状及对污泥土地利用的影响[J]. 化工进展,2012,31(8):1820-1827.
[5] 李雄伟,李俊,李冲,等. 我国污泥处理处置技术应用现状及发展趋势探讨[J]. 中国给水排水,2016,32(16):26-30,35.
[6] 姜玲玲,孙琳. 我国污泥处理处置现状及发展趋势分析[J]. 环境卫生工程,2015,23(3):13-14,17.
[7] 王涛. 污泥堆肥技术现状及应用中需注意的问题[J]. 中国环保产业,2014(2):30-35.
[8] 熊云武,林晓燕,龚亚龙,等. 城市污泥安全农用研究进展[J]. 现代农业科技,2016(3):228-229.
[9] 张旭东,明珠. 城市生活垃圾和污泥填埋场的恶臭污染问题及其控制对策探讨[J]. 环境与可持续发展,2013,38(6):67-69.
[10] 廖艳芬,漆雅庆,马晓茜. 城市污水污泥焚烧处理环境影响分析[J]. 环境科学学报,2009,29(11):2359-2365.
[11] 张可贵,张克峰,王洪波,等. 蚯蚓堆肥处置城市污泥研究进展[J]. 安徽农业科学,2013,41(28):11374-11376.
[12] 陆志波,邓德汉,陈巧燕,等. 蚯蚓处理污泥的环境适应性[J]. 同济大学学报(自然科学版),2009,37(5):646-650.
[13] GUPTA R, GARG V K. Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting [J]. Journal of hazardous materials, 2008, 153(3): 1023-1030.
[14] 邱江平. 蚯蚓及其在环境保护上的应用Ⅲ:蚯蚓在处理有机废弃物和生活污水上的应用[J]. 上海农学院学报,2000,18(1):53-58,66.
[15] 李娟,吴永胜,杨雪,等. 蚯蚓抗菌肽的研究进展[J]. 安徽农业科学,2016,44(3):62-63.
[16] 刘小丽. 蚯蚓处理对城市污泥肥效及重金属生物有效性的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2003:31.

(上接第 31 页)

[25] TYCKO B, ASHKENAS J. Epigenetics and its role in disease [J]. The journal of clinical investigation, 2000, 105(3): 245-246.
[26] COULDREY C, LEE R S F. DNA methylation patterns in tissues from mid-gestation bovine foetuses produced by somatic cell nuclear transfer show subtle abnormalities in nuclear reprogramming [J]. BMC Developmental Biology, 2010, 10: 1-17.
[27] SAHER SUE HAMMOUD B S, JAHNVI PURWAR B S, CHRISTIAN PFLUEGER M S, et al. Alterations in sperm DNA methylation patterns at imprinted loci in two classes of infertility [J]. Fertility and sterility, 2009, 94(5): 1728-1733.
[28] SUZUKI J JR, THERRJEN J, FILIION F, et al. In vitro culture and somatic cell nuclear transfer affect imprinting of SNRPN gene in pre-and post-implantation stages of development in cattle [J]. BMC Developmental Biology, 2009, 9: 1-13.

[29] 吴婉丽,许继国,吴同山,等. 长白和蓝塘猪印记基因 *IGF2* 和 *H19* 的时空表达研究[J]. 华南农业大学学报,2013,34(3):388-393.
[30] OWENS P C, GATFORD K L, WALTON P E, et al. The relationship between endogenous insulin-like growth factors and growth of pigs [J]. Journal of animal science, 1999, 77(8): 2098-2103.
[31] FLORINI J R, EWTON D Z, FALEN S L, et al. Biphasic concentration dependency of stimulation of myoblast differentiation by somatomedins [J]. Journal of animal and veterinary advances, 1986, 250: 771-778.
[32] AYESH S, MATOUK I, SCHNEIDER T, et al. Possible physiological role of H19 RNA [J]. Molecular carcinogenesis, 2002, 35(2): 63-74.
[33] HARK A T, SCHOENHERR C, KATZ D J, et al. CTCF mediates methylation-sensitive enhancer-blocking activity at the H19/Igf2 locus [J]. Nature, 2000, 405(6785): 486-489.
[34] BELL A C, FELSENFELD G. Methylation of a CTCF-dependent boundary controls imprinted expression of the *Igf2* gene [J]. Nature, 2000, 405(6785): 482-485.