

垃圾好氧堆肥渗滤液与填埋场渗滤液比较

曾现来^{1,2},张增强²,刘旭东¹,巩如英¹,曾现洋³

(1. 中国环境管理干部学院 环境工程系,河北 秦皇岛 066004;2. 西北农林科技大学 理学院,陕西 杨陵 712100;
3. 聊城大学 数学科学学院,山东 聊城 252059)

摘 要:以配制的城市垃圾和实验室堆肥装置,通过 12 d 的堆肥,研究好氧堆肥渗滤液的成分,将其与新填埋渗滤液、成熟填埋渗滤液以及世界卫生组织标准(1984 年)进行详细比较。结果表明:堆肥渗滤液呈碱性,大于新填埋场和成熟填埋场渗滤液的 pH;COD、NH₄⁺-N 和 BOD₅ 等参数对比说明一次堆肥过程较新填埋场发酵过程成熟,但没有成熟填埋场发酵更彻底;堆肥渗滤液是一种有机营养的废水,同时富含大量的微生物。

关键词:城市生活垃圾(MSW);堆肥;填埋;渗滤液

中图分类号:X705

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)06-0325-03

Comparison Between Municipal Solid Waste Composting Leachate and Landfilling Leachate

ZENG Xian-lai^{1,2},ZHANG Zeng-qiang²,LIU Xu-dong¹,GONG Ru-ying¹,ZEN G Xian-yang³

(1. Department of Environmental Engineering in Environmental Management College of China, Qinhuangdao, Hebei 066004, China;2. College of Sciences in Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;3. School of Mathematical Sciences in Liaocheng University, Liaocheng, Shandong 252059, China)

Abstract:Physico-chemical analyses of aerobic composting in a Bench-scale test were determined after 12 d main-composting process, basing on main-made municipal solid waste. Also, the comparison among composting leachate, landfilling leachate and World Health Organization standard was finished. The results could be carried out as follows: pH value of composting leachate was over 7, more than those of landfilling leachate; Comparison of COD, NH₄⁺-N and BOD₅ indicated that the bio-degradation was speeded up during main composting than those during landfilling; Composting leachate was chemo-orano-trophic waste-water and was rich in microorganism.

Key words: municipal solid waste (MSW); composting; landfilling; leachate

好氧堆肥已经成为城市生活垃圾(MSW)处理的极为重要的有效方式,同时堆肥过程中由于垃圾的含水率较高而产生渗滤液也是不争的事实。有关堆肥渗滤液(Composting leachate, CL)的研究,国外曾做过相关的报道。Fischer 曾经对单一的可堆肥物料淋洗的渗滤液进行研究,测定了渗滤液的成分,得出 CL 是一种高浓度有机废水的结论^[1];Liu 等在实验室内进行了利用沸石去除 CL 中氨的研究^[2-3];Marchiol 等将 CL 处理土壤,研究了土壤的发芽率^[4];Jarecki 等进行了 CL 对植物生长的评价研究^[5];Joanna 等研究渗滤液回喷对九层皮植物生长的影响^[6];Guo 等研究 CL 离子在表层土壤中迁移转化^[7]。有关 CL 成分仍需要很多的工作要做,同时对 CL 和填埋渗滤液(Landfilling leachate, LL)成分的对比较是鲜见报道。本研究通过大量的实验,测定好氧 CL 的成分,并将其与 LL 进行比较,为 MSW 堆肥化渗滤液处理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 堆肥装置

堆肥装置如图 1 所示,其主要运行参数说明如下:该装

置制作材料为聚氯乙烯(PVC),长 1.00 m,宽 0.50 m,发酵仓主体高 0.60 m,风机的风量为 0.055 m³/min、风压 300 Pa,风机与自动控制装置相连,每 40 min 运行 5 min^[8]。

1.2 材料

堆肥物料(简称“堆料”)由杨凌的 MSW 和青草组成,二者从西北农林科技大学食堂和草地获得。增加青草的目的是调节物料的 C/N 比和含水率;MSW 为 60 kg,青草为 10 kg;用于堆肥的 MSW 是其中的有机成分,本研究包括蔬菜 30 g、厨房垃圾 29.5 kg 和纸类 0.5 kg,该配比来源于杨凌城市生活垃圾的组成^[9]。该堆肥物料的特点为:C/N 比 32:1, pH 7.60,挥发性有机物(VOC)为 63%,物料的粒径 4~8 cm,含水率 72%(适宜的含水率为 40%~65%^[10],这里是为了产生足够的渗滤液以备分析)。

1.3 分析方法

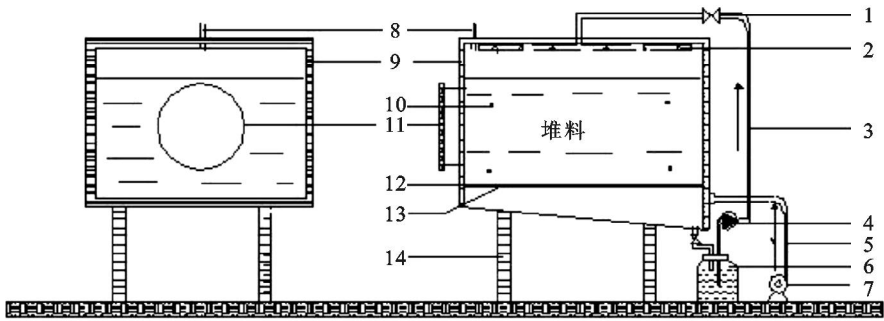
经过 12 d 堆肥,MSW 一次发酵完成,CL 在筒内(图 1)收集,取出部分进行测定。测定方法如下:色度采用稀释倍数法;总悬浮固体(TSS)采用过滤称重法;总硬度采用滴定法;BOD₅采用稀释接种法;电导率(EC)利用 115A+电极测定,浊度采用

收稿日期:2007-01-09

基金项目:陕西省科技攻关项目(2003 K02-G13);杨凌农业科技开发基金项目(2003J A13);中国环境管理干部学院科研基金(2006-028)

作者简介:曾现来(1980-),男,山东泰安人,硕士,主要从事固体废物处理及环境污染化学研究。

AQ2010 色度仪测定;其他待测指标采用 AQ4000 高级色度仪测定。测定过程插入标准物质作质量控制。



1. 阀门;2. 布水孔;3. 给水管;4. 水泵;5. 给气管;6. 水桶;7. 风机;8. 排气管;9. 保温层;10. 温度计插孔;11. 进出料口;12. 布气板;13. 布气孔;14. 支持架

图 1 堆肥装置的正视图和侧视

表 1 堆肥渗滤液、填埋场渗滤液和世界卫生组织标准的比较

参数/(mg·L ⁻¹)	堆肥 CL	新填埋场 LL < 2 a		成熟填埋场	WHO 标准
		范围	典型值	LL > 10 a	
pH	8.01 ~ 8.57	4.5 ~ 7.5	6	6.6 ~ 7.5	6.5 ~ 9.5
物理指标	颜色	黑色,稀释 800 ~ 1500 倍	-	黄褐色	-
	EC(mS/cm)	16.43 ~ 16.67	7.600 ~ 7.700 ^[11]	0.759 ~ 5.630 ^[11]	1.400
	浊度(FNU/FTU)	95 ~ 196	1005 ~ 2000 ^[11]	1245 ~ 2002 ^[11]	-
有机成分	COD	5000 ~ 10000	3000 ~ 60000	18000	100 ~ 500
	TSS	0.286 ~ 1.200	200 ~ 2000	500	-
	NH ₄ ⁺ - N	79.35 ~ 110.01	10 ~ 800	200	20 ~ 40
无机成分	磷酸盐	21.49 ~ 32.96	4 ~ 80	20	4 ~ 8
	总硬度(CaCO ₃)	89.55 ~ 159.57	300 ~ 10000	3500	200 ~ 500
	Ca ²⁺	24.65 ~ 52.00	200 ~ 3000	1000	100 ~ 400
	氯化物	12.97 ~ 20.13	200 ~ 3000	500	100 ~ 400
	硝酸盐	17.70 ~ 29.92	5 ~ 40	25	5 ~ 10
	铁	27.60 ~ 66.32 *	50 ~ 1200	60	20 ~ 200
	铜	33.16 ~ 60.73	0.89 ~ 1.82 ^[11]	1.45 ^[11]	0.03 ~ 0.10 ^[11]
生物指标	BOD ₅	3500 ~ 6000	2000 ~ 30000	10000	100 ~ 200
	细菌/L	(0.81 ~ 1.21) × 10 ⁸	-	-	-

注: *表示可溶性铁;除标注外,LL 的其它数据均引自参考文献[12]。

2 结果与讨论

2.1 测定结果

将 CL 的成分测定,其结果列于表 1。

2.2 结果分析

2.2.1 物理指标

pH:从表 1 中看出,CL 的 pH 的范围为 8.01 ~ 8.57;新填埋场渗滤液(New landfilling leachate,NLL)pH 的范围为 4.5 ~ 7.5,典型值为 6;成熟填埋场渗滤液(Mature landfilling leachate,MLL)的 pH 为 6.6 ~ 7.5。结果显示,CL 的 pH (碱性) > MLL 的 pH (中性) > NLL 的 pH (酸性),究其原因,CL 是经过堆料在好氧情况下发酵产生的,渗滤液相比 NLL 来讲有更长时间与氧接触的过程,避免了因厌氧产生有机酸的可能,同时由于其 NH₄⁺-N 的浓度较高(79.35 ~ 110.01 mg/L),使得渗滤液呈碱性。同时 3 种渗滤液均处在世界卫生组织(WHO)标准的范围内。

颜色:表 1 中显示,CL 呈黑色,色度 800 ~ 1 500,而 MLL 呈黄褐色。表明 CL 比 MLL 含有的还原物质更多,成分更加复杂。

电导率:电导率反映渗滤液中可溶性电解质的总量,主要包括 Cl⁻,Na⁺,K⁺,NH₄⁺,NO₃⁻ 和 SO₄²⁻ 等^[13]。表 1 中 CL 为 16.43 ~ 16.67 mS/cm,远大于 NLL 的 7.600 ~ 7.700 mS/cm 和 MLL 的 0.759 ~ 5.630 mS/cm。其原因是 CL 含有可溶性离子的总和更多,增加了渗滤液的电导率。同时,CL 的电导率大于 WHO 的标准。

浊度:浊度反映了溶液中 TSS 的多少,主要由水中的悬浮物和胶状颗粒物引起的。从表 1 中看出,CL 的范围 95 ~ 196 FNU,远低于 NLL 的 1 005 ~ 2 000 FNU 和 MLL 的 1 245 ~ 2 002 FNU。原因为 CL 的 TSS 为 0.286 ~ 1.200 mg/L,远小于 NLL 的 200 ~ 2 000 mg/L。

2.2.2 有机成分

COD:COD 反映了溶液中可被还原物质的多少。表 1 中显示,CL 的 COD 为 5 000 ~ 10 000 mg/L,略小于 NLL 的 COD 值,远大于 MLL 的 COD 含量。指示 CL 中可还原物质含量稍低于 NLL 含量,但远大于 MLL 含量。说明一次堆肥过程较新填埋场发酵过程成熟,但没有成熟填埋场发酵更彻底。

2.2.3 无机成分

NH₄⁺-N:MSW 中蛋白质、氨基酸、单肽和尿酸等含氮物

质的生物降解促进了 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的生成^[14], $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除挥发损失外,主要在物料和渗滤液两种介质中存在。据表 1 显示, CL 的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量为 79.35 ~ 110.01 mg/L, 低于 NLL 的 200 mg/L, 大于 MLL 的 20 ~ 40mg/L。同时, CL 的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量远远超过 WHO 的标准。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量的减少是垃圾走向腐熟的标志, 本研究结果说明一次堆肥过程较新填埋场发酵过程成熟, 但没有成熟填埋场发酵更彻底。

磷酸盐:从表 1 中看出, CL 的磷酸盐含量为 21.49 ~ 32.96 mg/L, 与 NLL 的磷酸盐相差不多, 但大于 MLL 的磷酸盐含量, 而且远远大于 WHO 标准的 0.1 mg/L。说明 CL 具有较高的营养成分, 如果不经处理进行排放, 极易造成水体的富营养化。

总硬度和 Ca^{2+} :表 1 显示, CL 的总硬度(以 CaCO_3 计)、 Ca^{2+} 分别为 89.55 ~ 159.57, 24.65 ~ 52.00 mg/L, 均低于 NLL 和 MLL 的相应物质的浓度。其原因推测为, 填埋过程中, 土壤母质中或其它介质中的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 进入渗滤液中, 增大 LL 的硬度。

氯化物:表 1 给出了 CL, NLL 和 MLL 的氯化物含量, CL 中氯化物的含量 12.97 ~ 20.13 mg/L, 远低于 NLL 的 500 mg/L 和 MLL 的 100 ~ 400 mg/L, 同时也低于 WHO 的标准值。据 Ekpo 等^[11]研究, 渗滤液中含有高浓度的 Ca^{2+} , Mg^{2+} 等离子促使高氯化物浓度出现的可能。上述分析讨论中, CL 的总硬度远低于 LL 的硬度, 解释了 CL 氯化物的浓度低于 LL 的浓度。

硝酸盐:表 1 中给出了 CL, NLL 和 MLL 硝酸盐的浓度。硝酸盐和磷酸盐同为溶液中的营养物质, 硝酸盐同样呈现 CL = NLL > MLL 的规律, 但与磷酸盐不同的是, CL 中硝酸盐含量低于 WHO 标准的 45 mg/L。

铁和铜:可溶性铁的含量、LL 中铁的含量及 WHO 的标准值被列于表 1 中。CL 中可溶性铁含量与 LL 中总铁的含量相差不大, 但却远大于 WHO 的标准。与铁显著不同的是, CL 中铜的含量均远大于 LL 和 WHO 标准中的铜含量。其原因有待进一步研究。

2.2.4 生物指标

表 1 中给出了 CL, NLL 和 MLL 溶液中 BOD_5 值。其中 CL 的 BOD_5 值为 3 500 ~ 6 000 mg/L, 低于 NLL 的 BOD_5 值 10 000 mg/L, 大于 MLL 的 BOD_5 值 100 ~ 200 mg/L。 BOD_5 值反映了渗滤液中可生物降解物质的含量, 其高低反映了垃圾发酵的快慢。而且, CL 的 BOD_5 值远大于 WHO 的标准。同时, CL 中的细菌经多次被监测, 其范围为 $(0.1 \sim 1.21) \times 10^8/\text{L}$ 。两参数说明 CL 是一种富含微生物、高浓度有机废水, 这与 Fischer^[1]的结论基本相同。

3 结 论

本研究以配置的城市生活垃圾为材料、以自制的堆肥装置为工具, 研究了一次发酵堆肥渗滤液的成分, 并将其与新填埋场和成熟填埋场渗滤液以及和世界卫生组织的标准对比。结果得出:

(1) 堆肥渗滤液 pH 呈碱性, 大于新填埋场和成熟填埋场渗滤液的 pH;

(2) COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 BOD_5 等参数对比说明一次堆肥过程

较新填埋场发酵过程成熟, 但没有成熟填埋场发酵更彻底;

(3) 堆肥渗滤液是一种有机营养废水, 同时富含大量的微生物。

参考文献:

[1] Fischer D K. Environmental impact of composting plants [C]// Bertoldi, Marco de. The Science of Composting. London:Blackie Academic & Professional, 1996:81 - 86.

[2] Liu C H, LO K. Ammonia removal from compost leachate using zeolite. . A study using continuous flow packed columns [J]. Journal of Environmental Science & Health, Part B - Pesticides, Food Contaminants, & Agricultural Wastes, 2001, 36(5):667 - 675.

[3] Liu C H, LO K. Ammonia removal from compost leachate using zeolite. . Regeneration of zeolite columns[J]. Journal of Environmental Science & Health, Part A - Toxic/ Hazardous substances & Environmental Engineering, 2001, 36(10):1825 - 1843.

[4] Marchiol L, Mondini C, Leita L, et al. Effects of municipal waste leachate on seed germination in soil-compost mixtures[J]. Restoration Ecology, 1999, 7(2):155 - 161.

[5] Jarecki M, Chong C, Voroney R. Evaluation of compost leachates for plant growth in hydroponic culture[J]. Journal of Plant Nutrition, 2005, 28(4):651 - 667.

[6] Joanna G, Calvin C, Gen L. Response of container-grown ninebark to crude and nutrient-enriched recirculating compost leachates [J]. HortScience, 2005, 40(5):1507 - 1512.

[7] Guo M, Chorver J. Leachate migration from spent mushroom substrate through intact repacked subsurface soil columns [J]. Waste Management, 2006, 26(2):133 - 140.

[8] 曾现来, 张增强, 张永涛, 等. 城市生活垃圾堆肥试验装置的设计[J]. 环境污染治理技术与设备, 2006, 7(10):109 - 112.

[9] 曾现来, 张增强, 张永涛, 等. 杨凌示范区城市生活垃圾处理对策研究[J]. 环境卫生工程, 2005, 13(6):35 - 38.

[10] Rynk R. On-farm composting handbook [M]. Publ. NRAES - 54. Northeast Reg. Agric. Eng. Serv., Ithaca, N Y. 1992.

[11] Ekpo B O, Ibok U J, Umoh N D. Geochemical evaluation of suitability of sites for hazardous waste disposal: a case study of recent and old waste-disposal sites in Calabar Municipality, SE Nigeria[J]. Environmental Geology, 2000, 39(11):1286 - 1294.

[12] Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues[M]. McGraw-Hill Press, 2000:417 - 419.

[13] Vadillo I, Carrasco F, Andreo B, et al. Chemical composition of landfill leachate in a karst area with a Mediterranean climate (Marbella, southern Spain) [J]. Environmental Geology, 1999, 37(4):326 - 332.

[14] 赵莉, 陈涛. 生活垃圾填埋场渗滤液中氨氮的脱除技术综述[J]. 重庆环境科学, 2003, 25(11):164 - 166.