

堆体覆盖物对城市污泥堆肥保氮效果研究

陈莹¹, 孙克君^{1,2}, 张俊涛¹, 刘新鲁¹, 廖宗文², 刘聪¹, 阮琳¹

(1 广州市园林科学研究所, 广东 广州 510405;
2 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

摘要:以城市污泥和面包虫屎为堆肥物料,选取膨润土和蚯蚓粪作为堆体覆盖物,采用室内模拟堆肥方法,研究了堆体覆盖物在堆肥过程中的保氮效果.结果表明:联合使用膨润土和蚯蚓粪可以起到较好的保氮作用,并且堆肥物料表面先覆盖蚯蚓粪再覆盖膨润土的效果优于先覆盖膨润土再覆盖蚯蚓粪,其7 d的NH₃累积释放量较对照降低79.58%.

关键词:城市污泥; 堆肥; 堆体覆盖物; 保氮
中图分类号:X705 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2012)02-0146-03

Effect of Mulching Material on Preserving Nitrogen During
Municipal Sludge Composting

CHEN Ying¹, SUN Ke-jun^{1,2}, ZHANG Jun-tao¹, LIU Xin-lu¹, LIAO Zong-wen², LIU Cong¹, RUAN Lin¹
(1 Guangzhou Institute of Landscape Gardening, Guangzhou 510405, China;
2 College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Bentonite and wormcast were used as mulching material, and indoor simulation experiments were carried out to study the effect of the superstratum of pile on preserving nitrogen during municipal sludge composting. The results showed that wormcast combined with bentonite could play a good role in preserving nitrogen during municipal sludge composting. The effect of covering the pile with wormcast firstly and bentonite secondly was better than that of covering the pile with bentonite firstly and wormcast secondly. Compared to control, the accumulative amount of ammonia emission of the treatment of covering the pile with wormcast firstly and with bentonite secondly decreased by 79.58%.

Key words: municipal sludge; composting; the superstratum of pile; preserving nitrogen

城市污泥是指城市生活污水、工业废水处理过程中产生的固体废弃物,是城市污水处理厂的经常性产物^[1]. 目前,各城市都在加大污水处理厂的投入以提高污水处理率,而污水处理能力的快速增长又会造成城市污泥量的大幅增加,污泥处理工作面临着巨大的压力^[2-3]. 与填埋、焚烧、海洋倾倒等方式相比,城市污泥堆肥资源化具有成本低、能耗低、污染低等优点,已成为环保领域的一个研究热点,并倍受人们关注^[4-5]. 近年来,国内外有关专家对城市污泥堆肥资源化进行了大量研究^[6-10],技术日趋成熟,但

城市污泥堆肥过程中氮素损失与臭味污染问题仍然是制约城市污泥堆肥产业进一步发展的难题^[11-12]. 本文以城市污泥和面包虫屎为堆肥物料,采用室内模拟堆肥试验研究堆体覆盖物膨润土和蚯蚓粪在堆肥过程中的保氮、除臭效果,为提高城市污泥堆肥效率,减少恶臭、酸雨等环境污染提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 材料
城市污泥,取自广州市大坦沙污水处理厂,有机

收稿日期:2010-12-01
作者简介:陈莹(1983—),女,硕士;通信作者:孙克君(1978—),男,高级工程师,博士,E-mail:skj1978@163.com
基金项目:国家建设部研究开发项目(2007-K6-40);广州市科技计划项目(2006z2-I0011);广东省教育部产学研结合项目(2010B090400159)

质 301.66 g · kg⁻¹; N 33.54 g · kg⁻¹; P₂O₅ 25.95 g · kg⁻¹; K₂O 10.23 g · kg⁻¹; pH 5.69; EC 2.264 mS · cm⁻¹; 含水率(*w*) 80%. 样品取回后立刻转移到塑料容器中,密封保存于 4 ℃下,备用.

面包虫屎,即面包虫的粪便,购于广州市芳村花地湾花鸟鱼虫市场,有机质 667.8 g · kg⁻¹; N 16.7 g · kg⁻¹; P₂O₅ 9.55 g · kg⁻¹; K₂O 9.50 g · kg⁻¹; pH 7.00; EC 4.08 mS · cm⁻¹; 含水率(*w*) 9.78%.

膨润土,购于广州玉信化工有限公司, pH 6.91, EC 0.57 mS · cm⁻¹; 蚯蚓粪,购于佛山市南海晟美特生物技术有限公司, pH 6.30, EC 0.80 mS · cm⁻¹.

1.2 方法

城市污泥与面包虫屎按体积比 1:1 混匀配成堆肥物料,将 1 000 g 堆肥物料装入广口玻璃瓶中,堆肥物料表面覆盖一定量的覆盖物. 本试验设 5 个处理:对照(CK),堆肥物料表面不覆盖任何物质;T1,堆肥物料表面覆盖 200 g(约 1 cm 厚)膨润土;T2,堆肥物料表面覆盖 200 g(约 1.5 cm 厚)蚯蚓粪;T3,堆肥物料表面覆盖 100 g 蚯蚓粪,再覆盖 100 g 膨润土;T4,堆肥物料表面覆盖 100 g 膨润土,再覆盖 100 g 蚯蚓粪. 然后,将一个装有 NH₃ 吸收液(硼酸-混合指示剂溶液)100 mL 的烧杯(规格 150 mL)放进广口玻璃瓶中,盖塞,使用石蜡密封,防止漏气. 于 50 ℃下恒温培养 7 d,每天上午 11 点更新 NH₃ 吸收液.

NH₃ 释放量的测定采用酸滴定法. pH 测定:水样体积比 10:1,振荡 1 h 后,离心过滤,取滤液测定 pH. 铵态氮含量的测定:采用 2 mol · L⁻¹ KCl 浸提-

靛酚蓝比色法测定试验前堆肥物料和试验结束后各处理堆肥物料中铵态氮含量. 硝态氮含量的测定:采用 2 mol · L⁻¹ KCl 浸提-紫外分光光度法测定试验前堆肥物料和试验结束后各处理堆肥物料中硝态氮含量.

2 结果与分析

2.1 各处理 NH₃ 释放量

已有的研究^[13]表明,NH₃ 不是致臭的唯一物质,但 NH₃ 挥发量与其他致臭物质的挥发是相关的(*r*² = 0.94),即:减少 NH₃ 的挥发,可以减少恶臭. 模拟堆肥试验结果(表 1)显示,堆肥物料表面覆盖 200 g 膨润土可显著降低 NH₃ 排放,起到除臭效果,与 CK 相比,前 7 d 的 NH₃ 每天释放量均显著降低,7 d 的 NH₃ 累积释放量仅为 0.65 × 10⁻³ mol,较 CK 降低 91.44%;堆肥物料表面先覆盖 100 g 蚯蚓粪、再覆盖 100 g 膨润土也可显著降低 NH₃ 释放,与 CK 相比,前 7 d 的 NH₃ 每天释放量均显著降低,7 d 的 NH₃ 累积释放量为 1.55 × 10⁻³ mol,较 CK 降低 79.58%;与 CK 相比,堆肥物料表面先覆盖 100 g 膨润土,再覆盖 100 g 蚯蚓粪的处理前 7 d 的 NH₃ 每天释放量均显著降低,7 d 的 NH₃ 累积释放量为 2.30 × 10⁻³ mol,降低 69.70%;而堆肥物料表面覆盖 200 g 蚯蚓粪的处理,与 CK 相比,前 3 d 的 NH₃ 每天释放量显著降低,后 4 d 的 NH₃ 每天释放量增加,但总体来看,7 d 的 NH₃ 累积释放量仍可降低 25.30%.

表 1 各处理 NH₃ 释放量¹⁾
Tab. 1 The amount of ammonia emission

处理	<i>n</i> (NH ₃)/(× 10 ⁻³ mol)							合计
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	
CK	2.47 ± 0.06a	1.35 ± 0.01a	1.17 ± 0.01a	0.72 ± 0.01b	0.51 ± 0.00b	0.60 ± 0.01b	0.77 ± 0.00b	7.59 ± 0.09a
T1	0.00 ± 0.00c	0.03 ± 0.00e	0.06 ± 0.00e	0.13 ± 0.00e	0.10 ± 0.00e	0.13 ± 0.00e	0.20 ± 0.00e	0.65 ± 0.02e
T2	0.32 ± 0.01b	0.50 ± 0.00b	0.69 ± 0.01b	0.83 ± 0.01a	1.02 ± 0.00a	1.14 ± 0.00a	1.17 ± 0.01a	5.67 ± 0.04b
T3	0.07 ± 0.00c	0.12 ± 0.00d	0.16 ± 0.01d	0.24 ± 0.01d	0.27 ± 0.00d	0.34 ± 0.01d	0.35 ± 0.00d	1.55 ± 0.04d
T4	0.03 ± 0.00c	0.18 ± 0.00c	0.26 ± 0.00c	0.43 ± 0.01c	0.43 ± 0.00c	0.53 ± 0.00c	0.44 ± 0.00c	2.30 ± 0.02c

1) 表中数据为 3 次重复的平均值 ± 标准误,同列数据后凡具有一个相同小写字母者,表示差异不显著(*P* > 0.05, Duncan's 法).

2.2 各处理堆肥物料中 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 含量的变化

城市污泥与面包虫屎按体积比 1:1 混匀配成的堆肥物料中 NH₄⁺-N 含量为 837.78 mg · kg⁻¹,经 7 d 发酵降解后, NH₄⁺-N 含量变为 918.38 mg · kg⁻¹,增加 9.62%. 堆肥前期,有机氮在微生物酶的作用下转化为简单的有机含氮化合物,再转化为 NH₃^[14],生成

的氨主要以 NH₄⁺-N 的形式存在于堆料中,使 NH₄⁺-N 的含量不断增加^[15]. 与 CK 相比,T1 堆肥物料表面覆盖 200 g(约 1 cm 厚)膨润土的处理堆料中 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 含量均较低,可能与覆盖物膨润土较厚,阻碍氧气进入堆体,进而影响氮素转化有关,也可能与 pH 较高(表 2),加剧了氨挥发,挥发出来的氨又被具有吸附性和阳离子交换性能的膨润土吸附有

关;T2 堆肥物料表面覆盖 200 g(约 1.5 cm 厚)蚯蚓粪没有提高堆料中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量,一方面与单独使用蚯蚓粪,保氮效果不佳(表 1),仍然造成大量氨挥发有关;另一方面与覆盖物蚯蚓粪吸附了一定量的 NH_3 有关.而联合使用蚯蚓粪和膨润土在降低氨释放(表 1)的同时,又可以保证堆肥物料中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量,对降低堆肥臭气污染和堆肥产品营养价值具有双重作用,但蚯蚓粪和膨润土的加入顺序对其效果有较大影响,堆肥物料表面先覆盖 100 g 蚯蚓粪、再覆盖 100 g 膨润土的效果较优于堆肥物料表面先覆盖 100 g 膨润土、再覆盖 100 g 蚯蚓粪.

表 2 各样品中 pH 及 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量
Tab.2 The pH value and contents of ammonium nitrogen and nitrate nitrogen in samples

处理	pH	$w^{1)}/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	
		$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$
反应前物料	7.24	$837.78\pm1.87\text{e}$	$902.85\pm1.96\text{f}$
CK	7.15	$918.38\pm2.09\text{c}$	$1448.96\pm4.67\text{b}$
T1	7.23	$732.83\pm2.01\text{d}$	$1361.75\pm3.07\text{d}$
T2	7.17	$856.22\pm1.93\text{d}$	$1384.53\pm3.12\text{c}$
T3	7.11	$964.30\pm2.25\text{a}$	$1499.16\pm5.07\text{a}$
T4	7.07	$956.33\pm1.66\text{b}$	$1340.61\pm3.67\text{e}$

1) 表中数据为 3 次重复的平均值±标准误,同列数据后凡具有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$, Duncan's 法).

3 结论

堆体表面覆盖一定量的蚯蚓粪和膨润土可以降低堆肥过程中氨气的排放量,而氨气是堆肥产生臭气的重要组分,因此对降低臭味污染也有一定的功效,但仅覆盖蚯蚓粪对降低堆肥过程氨气排放的效果不理想, NH_3 累积释放量仅降低 25.30%.

单独使用堆体覆盖物膨润土或蚯蚓粪导致堆肥中铵态氮和硝态氮含量降低,降低了堆肥产品的营养价值.

联合使用膨润土和蚯蚓粪在降低堆肥过程中氨释放的同时,也可以保证堆肥物料中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量,对降低堆肥臭气污染和堆肥产品营养价值具有双重作用,但膨润土和蚯蚓粪不同的放置顺序,其效果差别较大,堆肥物料表面先覆盖 100 g 蚯蚓粪、再覆盖 100 g 膨润土的效果较优于堆肥物料表面先覆盖 100 g 膨润土再覆盖 100 g 蚯蚓粪.

城市污泥堆肥过程中氮素损失与臭味污染问题制约了城市污泥堆肥产业进一步发展.利用蚯蚓粪和膨润土覆盖堆体降低氮素损失与臭味污染,具有

操作简单、成本低廉等优点,而且蚯蚓粪和膨润土本身也具有一定的农用价值,利于培肥土壤.但本研究仍处于初期探索阶段,其作用机理还有待进一步研究,并且如何将其用于大规模生产是今后的研究重点.

参考文献:

[1] 陈玲,赵建夫,李宇庆,等.城市污水厂污泥快速好氧堆肥技术研究[J].环境科学,2005,26(5):192-195.
[2] 高伟,陈同斌,郑国砥,等.城市污泥堆肥过程中 H_2S 的释放动态及其控制策略[J].环境科学学报,2005,25(11):1470-1475.
[3] 李艳霞,陈同斌,罗维,等.中国城市污泥的有机质及养分含量与土地利用[J].生态学报,2003,23(11):2464-2474.
[4] 赵书勤,吴星五.城市污水污泥堆肥化技术的研究进展[J].四川环境科学,2003,22(6):9-12.
[5] 李宇庆,陈玲,赵建夫,等.城市污水厂污泥快速高效堆肥技术研究[J].农业环境科学学报,2005,24(2):380-383.
[6] 陈同斌,黄启飞,高定,等.城市污泥好氧堆肥过程中积温规律的探讨[J].生态学报,2002,22(6):911-915.
[7] 占新华,周立祥,黄焕忠.城市污泥堆肥中水溶性有机物的理化特性变化[J].中国环境科学,2003,23(4):390-394.
[8] 张桥,吴启堂,黄焕忠,等.城市污泥与稻草堆肥的腐熟度指标研究[J].农业环境科学学报,2004,23(4):782-786.
[9] 吕彦,马利民.快速堆肥对污泥中重金属的影响[J].东华理工学院学报,2005,28(1):30-33.
[10] 莫测辉,蔡全英,吴启堂,等.城市污泥及其堆肥施用对通菜中有机污染物的累积效应[J].环境科学,2002,23(5):52-56.
[11] 贺亮,赵秀兰,李承碑.不同填料对城市污泥堆肥过程中氮素转化的影响[J].西南师范大学学报:自然科学版,2007,32(2):54-58.
[12] 袁守军,牟艳艳,郑正,等.城市污水厂污泥高温好氧堆肥氮素转变行为研究[J].环境污染治理技术与设备,2004,5(10):47-50.
[13] GLORIA N A,BARRETTO M C,MDRAES C J, et al. Evaluation of gypsum and some phosphates as inhibitors losses in manures[J]. Revista-Brasileria-de-Ciencia-do-solo, 1992,15(3):297-301.
[14] 黄懿梅,曲东,李国学.调理剂在鸡粪锯末堆肥中的保氮效果[J].环境科学,2003,24(2):156-160.
[15] FANG M, WONG J W C, MA K K, et al. Co-composting of sewage sludge and coal fly ash: Nutrient transformations[J]. Bioresour Technol, 1999,67(1):19-24.

【责任编辑 周志红】