

文章编号: 1000-2642(2006)03-0389-04

不同填料对城市污泥堆肥堆体温度动态变化影响*

贺亮¹, 赵秀兰^{1*}, 李承碑²

(1. 西南大学资源与环境学院, 重庆 400716 2. 厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 以稻草、木屑、树叶为填料, 采用人工翻堆堆肥工艺, 研究了 4 种填料组合下城市污泥堆肥过程中的温度变化及层次差异。结果表明, 与填料的木质素含量有关, 填料木质素含量低, 堆体温度升高快, 最高温度较高。堆肥过程中堆体各层次的温度均为中层高于上层和下层, 堆肥初期, 堆体上层温度低于下层, 随后则高于下层, 堆肥腐熟时 3 层温度趋于一致。以稻草等木质素含量低的物质作填料, 堆体上层温度升高快, 各层次最高温到达时间差异小, 最高温相差大。

关键词: 填料; 城市污泥; 堆肥; 温度; 层次变化

中图分类号: S 141.4

文献标识码: A

EFFECT OF DIFFERENT BULKING AGENTS ON TRANSFORMATION OF NITROGEN DURING SEWAGE SLUDGE COMPOSTING

HE Liang¹, ZHAO Xiulan^{1*}, LI Chengbei²

(1. College of Resources and Environment Southwest University, Chongqing 400716 China 2. College of Chemistry and Chemical Engineering Xiamen University Xiamen Fujian 361005 China)

Abstract Rice straw, sawdust and tree leaves were used as bulking agents to investigate the changes in temperature, total N, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ during sewage sludge composting by artificial turnover protocol. The results showed that using rice straw or rice straw plus sawdust as bulking agents was beneficial to killing the pathogens and accelerating composting due to faster temperature increase and a longer high temperature period. Water soluble $\text{NH}_4^+\text{-N}$ increased to the maximum on the 14th day of composting, followed by a rapid decline thereafter. The content of $\text{NO}_3^-\text{-N}$ started to rise gradually 14 days after the commencement of composting. Contents of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ in the composting piles with sawdust or tree leaves were lower than those in the piles with rice straw or rice straw plus sawdust. Total N in the piles decreased during composting due to loss of NH_3 through volatilization, mainly in the first 28 days of composting. Sawdust helped to decrease N loss.

Key words bulking agent; sewage sludge; composting; temperature; layer variability

污泥堆肥化是当前城市污泥资源化最有效的途径之一^[1]。污泥堆肥材料的含水率、通风系统、温度、pH、C/N、填料等因素均影响堆肥进程和最终产品的质量^[2~6]。在诸多因素中, 填料是堆肥及堆肥过程的主要控制因素, 其选择直接影响堆体内微生物的

发酵过程。温度是堆肥过程的核心参数^[7], 可反映污泥中微生物的变化^[8]。堆体温度在高温阶段持续的时间、升温和降温速率都与填料选择和混合比例有着密切的关系。对温度的测定, 国内外大多数学者通常测定的是堆体中层的温度, 这是不准确和不全面

* 收稿日期: 2005-02-20

基金项目: 重庆市科委攻关资助项目(2004)

作者简介: 贺亮(1981-), 男, 四川宜宾人, 西南大学硕士研究生, 从事固体废弃物处置技术研究。

* 为通讯作者

的。Frinstein等^[9-13]发现不同层次的温度相差很大,中层温度明显高于上层和下层,因而中层温度只能表示堆体中层并不能代表整个堆体的腐熟情况。

不同填料对堆体温度变化的影响不同,堆体不同层次的温度变化也表现出不同的特点^[10-14],了解这种差异对调控堆肥过程,提高堆肥效率和堆肥产品质量具有重要意义。本论文研究了不同填料对城市污泥堆肥温度的层次变化影响,以期对污泥堆肥控制提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以城市污泥作为堆肥基质,以稻草、木屑和树叶为堆肥的填充料。城市污泥取自重庆市某污水处理厂,木屑来自学校附近的木材加工厂(主要为松木加工的副产品),稻草和树叶(主要为刺桐树叶)来自学校附近的农村,各原料的主要成分如表1。

表1 污泥及填料基本性质

Table 1 Properties of sewage sludge and bulking agents

	全氮 (g · kg ⁻¹)	全碳 (g · kg ⁻¹)	含水率 (%)	木质素 (%)	pH	C/N
污泥	22.9	178	76.00	-	7.35	7.78
稻草	7.7	466	12.29	11.93	6.63	60.50
树叶	11.5	232	13.23	15.7	6.95	20.20
木屑	0.7	465	12.56	32.6	5.55	664

1.2 试验方法

试验设4个处理,编号分别为处理I、处理II、处理III和处理IV,各处理物料组合见表2。将堆肥物料充分混匀,堆制成2.0m×1.0m×1.0m的堆体。堆肥开始时,调节混合物料的水分含量至60%~70%,以人工翻堆方式进行通气,堆肥时间为50d。堆肥前2周每3d翻堆1次,之后每周翻堆1次。

表2 不同填料堆肥试验设计

Table 2 The experimental design of different bulking agents composting

处理	物料组合	湿重比
I	污泥+木屑+稻草	6:1:1
II	污泥+稻草	2:1
III	污泥+木屑+树叶	5:1.3:0.5
IV	污泥+木屑	4:1

堆肥过程中,在堆体几何中心的下层(0~0.4m)、中层(0.4~0.7m)和上层(0.7~1.0m)放置3支温度计,于每天上午9:00和下午15:00测定下层、中层和上层的温度,取其算术平均值描述堆肥过程中的温度变化,同时测定环境温度。

2 结果与讨论

2.1 不同填料的堆体温度动态变化

图1为各处理堆肥温度变化曲线。总体上看,各处理堆肥都经历了升温过程(25~50℃)、高温持续过程(50℃以上)和降温过程(35~50℃)^[1],符合污泥堆肥温度动态变化3阶段理论^[9]。

填料不同,堆肥温度变化出现一定的差异(见表3)。堆肥初期,4个处理堆体温度前期上升速率分别为2.24、2.54、1.52、1.42/d,分别在21、18、23、22d达到最高温度,最高温度分别为67.8、65.5、58.8、55.2℃,即升温快慢为处理II>处理I>处理III>处理IV,处理I和处理II堆体的温度较高,而处理III和处理IV堆体的温度较低。之后,4个处理堆体温度逐渐下降,速率分别以1.06、0.91、0.84、0.70/d降温快慢为处理I>处理II>处理III>处理IV,39d时后堆肥开始进入冷却和后熟阶段,4个堆体的温度趋于一致。

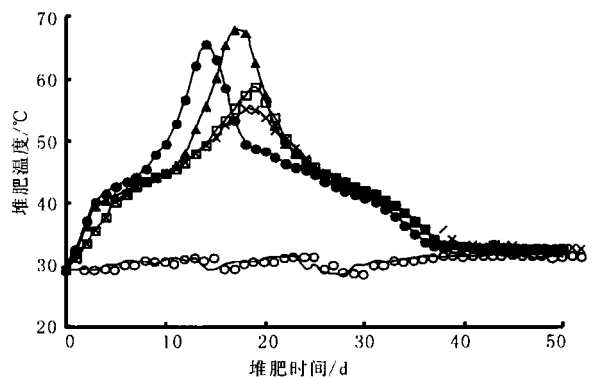


图1 堆肥温度的动态变化

Fig 1 Temperature dynamic of compost with different bulking agents

—▲— I —●— II —□— III —x— IV —○—环境温度

表3 不同填料高温堆肥的堆体温度特性

Table 3 Temperature characteristics of the aerobic compost with different bulking agents

处理	升温速率 (°C · d ⁻¹)	最高温度 /°C	到达时间 /d	降温速率 (°C · d ⁻¹)
I	2.24	67.8	21	1.06
II	2.54	65.6	18	0.91
III	1.52	58.8	23	0.84
IV	1.42	55.2	22	0.70

堆肥灭菌与堆体温度和高温期持续时间有关。我国《粪便无害化卫生标准(GB 7959-87)》将堆肥温度在50~55℃以上维持5~7d作为灭菌的标准。按照这一标准,4个处理的堆体温度在≥50℃分别有9、7、8、8d,其中持续时间≥55℃分别为7、5、4、2d,均达到该标准的要求。本研究4个处理均能达到很好

的灭菌效果,以处理 I 最佳。

上述结果表明,堆体温度及高温阶段持续的时间与填料性质有着密切的联系,并且直接影响堆体的堆肥效果。堆肥过程中,微生物消耗部分水溶性有机物和养分而活动强烈并大量繁殖。处理 II 和处理 IV 含有大量不易被微生物分解的木质素,水溶性有机质含量低,微生物活动受到抑制,堆体温度难以升高,在 $50 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 以上持续时间较短,不利于杀灭病原菌、寄生虫卵、孢子等;而处理 I 和处理 II 填料中木质素含量较低、纤维素含量高的堆体温度较高,且在 $50 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 以上持续时间较长。由此,填料含稻草的堆体更

有利于堆肥速度和灭菌效果的提高。

2.2 不同填料对堆体不同层次温度动态变化的影响

图 2 为 4 个处理上、中、下 3 层次的温度动态变化曲线。各处理不同层次的温度并不相同,但升降规律却相似,即中层温度最高,堆肥初期下层温度高于上层,随着堆肥过程的进行,堆体上层温度逐渐高于下层,随后 3 个层次的温度趋于一致。但是,受填料性质的影响,不同堆体各层次温度升降的时间是不同的(表 4)。上层和上层升温速率均为:处理 II > 处理 I > 处理 III > 处理 IV, 下层升温速率为:处理 III > 处理 IV > 处理 II > 处理 I。

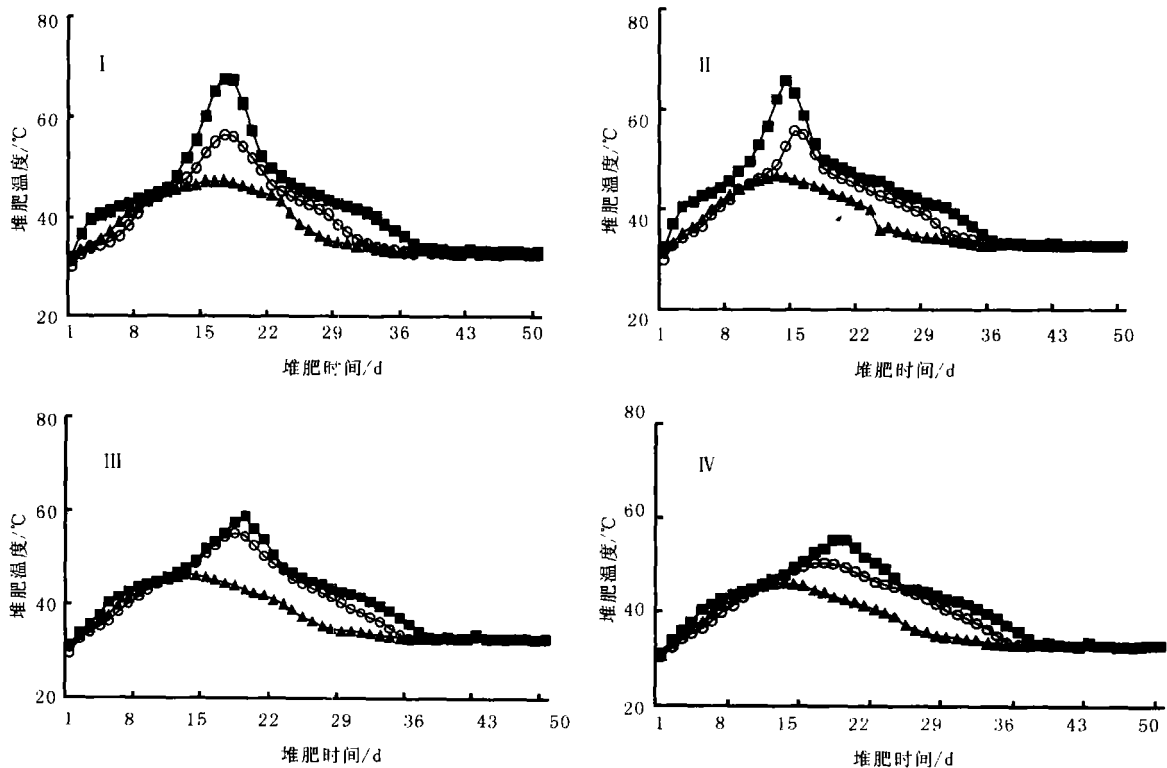


图 2 不同填料堆体不同层次温度的动态变化

Fig 2 Temperature dynamic at the different position of compost with different bulking agents

—▲—下层 —■—中层 —○—上层

上述结果表明,填料中的木质素低,堆体中上层温度升高快,各层次温度达到最高的时间差异小,堆体最高温相差大,相应的堆腐速率、腐熟程度也存在差异,因此在生产上必须注意堆体不同层次的腐熟情况的影响,可采用鼓风+翻堆的通风方式来减小不同层次腐熟程度的差异。

3 结 论

3.1 在城市污泥堆肥过程中,填料中含有木质素较低的稻草的堆体温度较高,且在 $50 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 以上持续

时间较长,堆肥速率和灭菌效果较好。

3.2 堆体不同层次的温度表现为中层温度高于下层和上层,初期下层温度高于上层,随着堆肥过程的进行,堆体上层温度逐渐比下层高,冷却和后熟阶段堆体各层次温度趋于一致。

3.3 堆体各层次温度的变化受填料木质素含量的影响。与木质素高的填料相比,木质素低的填料,堆体中上层温度升高快,各层次最高温到达时间差异小,温度相差大。

表4 不同填料堆体不同层次的温度变化特性

Table 4 Temperature characters at the different layer of compost with different bulking agents

处理编号	层次	升温速率 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}^{-1}$)	最高温度 ($^{\circ}\text{C}$)	降温速率 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}^{-1}$)
I	上层	1.63	56.4	0.72
	中层	2.24	67.8	1.06
	下层	1.08	47.3	0.43
II	上层	1.83	55.8	0.65
	中层	2.54	65.6	0.91
	下层	1.27	46.7	0.37
III	上层	1.50	55.1	0.70
	中层	1.52	58.8	0.84
	下层	1.30	46.4	0.37
IV	上层	1.36	50.4	0.53
	中层	1.42	55.2	0.70
	下层	1.29	46.2	0.39

参考文献:

- [1] 朱小山, 孟范平, 赵希锦. 城市污泥的处理技术及资源化展望[J]. 四川环境, 2002, 21(4): 8-12.
- [2] 李艳霞, 陈同斌, 罗维, 等. 中国城市污泥有机质及养分含量与土地利用[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2064-2473.
- [3] L G X, ZHANG F S. Solid Waste Composting and Production of Organic Fertilizer (in Chinese) [M]. Beijing Chemical Industry Press, 2000: 86.
- [4] FNSTEIN M S, MILLER F G, STROM P F. Waste treatment composting as a controlled system [J]. Biotechnology, 1986, 8(3): 396-443.
- [5] FNSTEIN M S, MILLER F G, STROM P F. Monitoring and evaluating composting process performance [J]. Journal of the Water Pollution Control Federation, 1986, 58(4): 272-978.
- [6] HAUG R T. The Practical Handbook of Compost Engineering [M]. Florida Lewis Publishers, Boca Raton, 1993: 66.
- [7] GOLUEKE C G. Overview of Composting Research [J]. BioCycle, 1984, 25(4): 64-55.
- [8] N E Y F. Engineering and Technology Handbook about Waste Air Water and Refuse Disposing (in Chinese) [M]. Beijing Chemical Industry Press, 2000: 121.
- [9] 赵庆祥. 污泥资源化技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 10.
- [10] FNSTEIN M S, MORRIS M L. Microbiology of municipal solid waste composting [J]. Advances in Applied Microbiology, 1975, 19: 113-151.
- [11] 陈同斌, 黄启飞, 高定, 等. 城市污泥堆肥温度动态变化过程及层次效应 [J]. 生态学报, 2002, 22(5): 736-741.
- [12] 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.
- [13] 黄启飞, 黄泽春, 高定, 等. 城市污泥堆肥温度的空间变异性研究 [J]. 生态学报, 2002, 22(6): 716-721.
- [14] 黄国锋, 钟流举, 张振铤, 等. 猪粪堆肥化处理过程中的氮素转变及腐熟度研究 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(11): 1459-1462.
- (上接第 388 页)
- [4] 陈微, 张德颐. 植物组织中硝酸还原酶的提取测定和纯化 [J]. 植物生理学通讯, 1980(4): 45-49.
- [5] 孙世芹, 阎秀峰. 喜树叶片硝酸还原酶活性的测定方法 [J]. 东北林业大学, 2004, 32(3): 83.
- [6] 黄有凯, 罗曼. H-13 木霉对水稻硝酸还原酶及氮、磷、钾的影响 [J]. 微生物学通报, 2003, 30(6): 15.
- [7] 周国英, 李倩茹, 刘君昂. 松乳菇菌丝深层培养营养因子及发酵条件研究 [J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(2): 246-249.
- [8] 林亲雄, 陈京元. 碳源和氮源对松乳菇菌丝生长的影响 [J]. 食用菌学报, 2002, 9(1): 46.
- [9] 张儒发, 刘益湘. 松乳菇孢子简易分离法 [J]. 食用菌, 1994, 16(3): 14.
- [10] LONDEBERY G. Utilization of various nitrogen sources in particular bound soil nitrogen by mycorrhizal fungi [J]. Stud For Suec, 1970, 79: 1-9.
- [11] READ A D, SMITH S E. Mycorrhizal Biomass. Academic Press [J]. London, 1997: 210-230.