

通风方式和气温对猪粪堆肥的影响

廖新倮, 吴银宝

(华南农业大学 动物科学学院, 广东 广州 510642)

摘要: 研究机械强制通风、人工翻堆以及低温对猪粪堆肥的影响. 试验物料以猪粪和稻草为主, 每组物料量 1 170 kg, 试验在冬末春初进行, 共持续 60 d. 结果表明, 堆至第 4 d 两组堆温均可升至 60 °C; 整个过程出现堆肥的升温、高温维持和降温 3 阶段. 两种通风方式最大的差异是氨态氮与硝态氮的变化规律不同, 堆制初期, 人工翻堆组氨态氮增加幅度比机械通风组大, 两组氨态氮均于 20 d 后开始下降, 并于 30 d 后稳定在 20 mg/kg 的水平; 而硝态氮含量在堆肥 0~20 d 差异不大, 20~60 d 机械通风组的硝态氮含量增加明显比人工翻堆组多. 堆制结束两组物料 C/N、水溶性碳、磷、钾、腐殖质含量差异不显著. 研究还表明, 华南地区冬春季猪粪堆肥可以有效进行, 采用何种通气方式, 在我国需兼顾成本和管理因素.

关键词: 猪粪; 堆肥; 通风; 气温

中图分类号: S811.5; X713

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2003)02-0077-04

猪粪堆肥过程主要是微生物利用猪粪中养分的过程, 同时实现养分的转化. 堆肥进程和效果, 与堆温的变化发展紧密相关; 而堆体通气状态则是影响堆温发展的重要因素. 通气可以促进好氧微生物的活动, 提供微生物分解有机物所需氧量, 通气状况会影响物料氮的转化, 并进而影响氮损失、空气污染等^[1], 因此, 许多研究认为, 通风供氧是猪粪堆肥成败的关键因素之一^[2~4]. 有关研究普遍认为, 人工翻堆虽然简单, 但占地大, 堆形受翻堆手段(机械参数)的限制, 供氧不均衡(只是在翻堆时候供氧), 后期物料干燥, 不利于菌尘的控制; 而机械强制通风, 供氧量和供氧方式可以控制, 没有阶段性供氧的缺陷, 也便于调节物料的湿度, 占地小, 成本低^[3]. 本文试图比较机械强制通风和人工翻堆对猪粪堆肥理化指标和养分的影响, 尤其是探讨与氮有关的过程. 另一方面, 猪粪堆肥也常在冬季环境下进行. 国内外的研究主要是从如何通过控制通气供氧和调节物料养分与湿度等来控制堆体的温度发展, 或者通过发展封闭式(closed/contained systems)堆肥避免低温气候的直接影响^[5]. 在我国现有的生产力水平, 敞开式(open systems)堆肥更加普遍, 在敞开式堆肥中, 堆体直接暴露在外, 外界气温对堆肥进程影响极大, 特别是冬季低温的影响. 因此, 有必要探讨冬末春初低温环境对猪粪堆肥的影响程度.

1 材料与方法

1.1 试验分组

试验分 2 组. 第 1 组采用 500 W 鼓风机实行间歇式机械通风, 每天通风 3 次, 每 4 h 通风 30 min, 每天累计通风 90 min; 第 2 组采用人工翻堆, 5 d 1 次. 试验从冬季开始、春季结束, 共持续 60 d.

1.2 堆肥物料及其特性

堆肥原料是猪粪和稻草, 含水率(w)分别为 69.04% 和 8.10%, 全氮分别为 26.56 和 8.37 g/kg⁻¹, 全碳分别为 352.80 和 412.80 g/kg⁻¹, C/N 分别为 13.28 和 49.32. 猪粪鲜样和切成 3 cm 长的稻草按 2:1($m:m$)的比例进行混合, 并加水调节混合物料的含水率, 混合后物料 C/N 是 24.9:1, 含水率(w)是 68.8%, 并按混合物料质量的 1% 添加自制的除臭剂. 每组物料质量为 1 170 kg, 堆肥池长、宽和高分别为 2.0、1.5 和 1.8 m, 堆体用塑料布覆盖.

1.3 采样与测定

采样时间: 堆肥当天采样 1 次, 以后每隔 10 d 定点采样 1 次, 全期累计采样 7 次.

采样方法: 采样点位于堆肥表层下 30 cm 处, 分前、后、左、右、中 5 点采样, 每次采样 1 kg.

温度测定方法: 每天上午 9:00 和下午 4:00 测定堆体温度, 同时记录周围环境温度. 每处理组 2 支温度计, 分别在堆体中部前、后定点插放, 温度计插入堆体 30 cm 深.

收稿日期: 2002-12-02

作者简介: 廖新倮(1968-), 男, 副教授, 博士.

基金项目: 华南农业大学芭田基金资助项目(BJ2000-06)

1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

鲜样测定指标及方法^[7]: 水溶性碳采用重铬酸钾容量法-外加热法, 水溶性氮采用 1 mol/L NaOH 浸提-Zn-FeSO₄ 还原蒸馏法, 氨态氮(NH₃-N)采用碱解扩散法, 硝态氮(NO₃⁻-N)采用差减法. 风干样测定指标及方法: 全氮采用 H₂SO₄-水杨酸-混合盐消煮法, 有机质采用重铬酸钾容量法-外加热法, 总磷采用 H₂SO₄-HNO₃ 消煮-钒钼黄比色法, 总钾采用 H₂SO₄-HNO₃ 消煮-火焰光度法, 腐殖质采用 0.1 mol/L Na₄P₂O₇+0.1 mol/L NaOH 提取, 重铬酸钾容量法.

2 结果与分析

2.1 两种通风方式物理想化指标的差异

2.1.1 堆温变化 图1(a)表明, 堆至第4 d, 两试验组堆温可以升至60℃左右, 并在55℃以上维持6 d, 之后堆温逐步下降; 堆至第30 d后, 堆温已趋稳定. 在前30 d机械通风组的堆温比人工翻堆组稍高, 在后30 d机械通风组的堆温则稍低于人工翻堆组, 差异不显著($P>0.05$). 这不仅与机械通风在堆制初期可提供充足的氧气以保证微生物对堆肥有机物料的好氧发酵有关, 而且与堆制后期有机物料消耗后, 通气可促进堆体的通风散热有关. 在60 d的堆肥进程中, 不同堆制时间堆温差异显著($P<0.05$), 该差异主要体现在前30 d, 而后30 d堆温变化差异已不显著. 试验期间气温在15℃左右. 这表明, 从堆温来看, 在气温15℃左右的环境下, 不论机械通风还是人工翻堆, 堆肥的3个阶段(升温、高温维持和降温)同样可以发生和发展.

2.1.2 堆肥物料C/N变化 图1(b)表明, 在堆肥过程中, 两试验组的物料C/N变化不大, 其主要原因是堆肥过程全氮含量有所降低, 而且降低的幅度接近于全碳含量, 这就使固相C/N在堆肥结束时仍保持在25:1的水平.

2.1.3 物料氨态氮变化 图1(c)表明, 物料氨态氮变化主要发生在堆制的前30 d内, 并显示了机械通风与人工翻堆两组间的显著差别. 一般来说, 猪粪中有机氮含量较高, 堆制初期, 微生物迅速分解物料基质, 物料氨态氮含量增加. 但是, 物料氨态氮的变化结果主要取决于堆制过程氨态氮的产生与转化、转移(积累)两过程的平衡. 在堆制的头20 d, 人工翻堆组物料氨态氮显著升高, 这可能与人工翻堆组每5 d

翻堆1次、氨态氮容易积累(即不容易转移)有关, 也有可能氨态氮难以转化有关; 而机械通风组氨态氮有起伏, 但总体上变化不大, 主要是间歇式机械通风氨态氮难以累积(即转移). 第20 d后, 两组物料氨态氮均开始迅速下降; 从第30 d至第60 d, 氨态氮已稳定在20 mg/kg的水平, 符合堆肥腐熟的标准.

2.1.4 物料硝态氮变化 图1(d)表明, 两组物料硝态氮的变化差异主要发生在堆制的后40 d, 而在头20 d差异相对较小, 而且在堆制头20 d, 硝化很难发生. 在堆制20~30 d, 机械通风组的硝态氮含量迅速增加, 而人工翻堆组则开始下降, 两种趋势都维持到第60 d. 这主要是由于机械通风组通气充分, 促进硝化作用, 氨态氮更多地向硝态氮转变; 而1次倒堆所提供的氧在短时间内即被消耗掉. 因此, 与机械通风组比较, 在人工翻堆条件下, 堆体更多时候处在缺氧状态, 硝化作用较弱, 硝态氮含量变化不明显.

2.1.5 物料水溶性碳的变化 图1(e)表明, 在堆制初期10 d, 由于微生物对堆肥基质的分解, 水溶性碳迅速增加, 其中机械通风组增加幅度比人工翻堆组大, 这与两个试验组堆温的变化一致, 说明了堆肥过程通风—有机质分解—堆温的关系. 堆至第10 d, 水溶性碳含量均达到最高, 此后, 水溶性碳逐步下降, 这是微生物利用水溶性物质的结果; 至第30 d, 水溶性碳含量已趋于稳定, 相邻两次采样间差异已不显著($P>0.05$).

2.2 两种通风方式所获堆肥养分含量的比较

2.2.1 堆肥中磷含量比较 物料磷含量随着堆制天数的延长有逐步增加的趋势; 从整个试验期来看, 物料磷含量组间差异不显著($P>0.05$), 如图1(f)所示.

2.2.2 堆肥中钾含量变化比较 堆肥过程物料钾含量变化有起伏, 总趋势增加, 但增幅不大. 比较图1(f、g)看出, 猪粪与稻草堆肥, 钾与磷含量变化态势接近, 但物料含磷明显较含钾高, 这也进一步证实了生产实践上普遍反映猪粪堆肥往往钾养分不足的问题. 图1(g)中, 第20 d机械通风组物料钾含量升幅较大的原因, 有待结合堆肥钾素变化机制作进一步研究.

2.2.3 堆肥中腐殖质含量的比较 图1(h)表明, 堆肥过程腐殖质变化呈下降趋势. 物料腐殖质含量下降主要发生在堆制的前10 d内. 这主要是由于有机质分解时, 微生物活动愈强, 矿化强度愈大, 形成的腐殖质愈少. 两组间腐殖质含量差异不显著($P>0.05$).

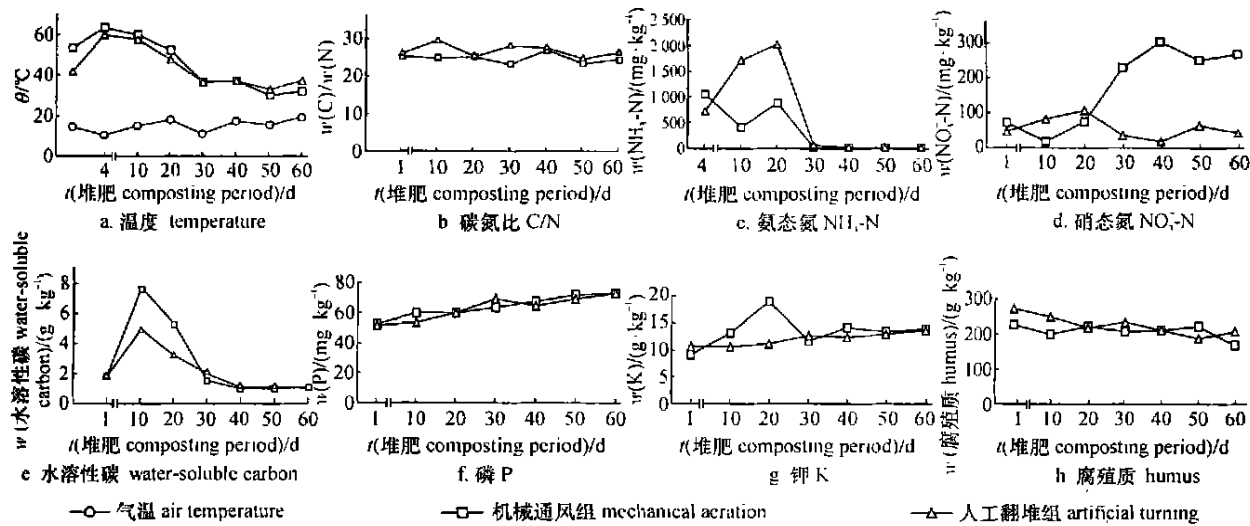


图 1 两种通风方式物料理化指标及所获堆肥养分含量
Fig. 1 Variation of the physical and chemical indexes and the nutrient content in compost

3 讨论与结论

3.1 通风方式对猪粪堆肥的影响

机械通风与人工翻堆, 在促进猪粪堆肥腐熟进程上没有显著差别, 例如, 两种方式下物料温度都是在 30 d 后开始进入稳定阶段, 物料水溶性碳都是在第 10 d 达到最高值. 这可能与两种方式下都存在供气不足有关, 无论是静态通风或者翻堆供气都很难满足微生物对氧的需要. 两种通风方式下所获得的最终堆肥, 其养分含量在氨态氮和硝态氮上存在明显的差异, 而其他指标无显著差异; 机械通风可以促进氨态氮向硝态氮的转化. 机械通风或人工翻堆在实践上的取舍, 更取决于规模、现场和业主的条件; 但从试验过程可看出, 单纯的机械通风其最后物料的均匀度不如人工翻堆的, 从这点来讲, 如果采用机械通风最好结合一定次数的人工翻堆, 以获得质地更加均匀的最终堆肥产品.

3.2 低温对猪粪堆肥的影响

物料 C/N、水分和通气状况固然是影响堆肥升温的重要因素, 而环境温度对堆温也构成一定影响. 当环境温度发生变化或环境温度过低时, 堆温也会发生相应的变化, 尤其发生在堆体体积较小时, 这种影响就更加剧烈^[8]. 本研究表明, 尽管环境气温较低, 由于堆肥体积较大, 堆肥过程中微生物分解产生的热量不易散失, 因此从堆温的变化仍然可以比较清楚地区分出堆肥的 3 个阶段(即升温、高温维持和降温), 在堆至第 30 d 时, 各项指标已基本满足腐熟的标准. 尽管如此, 其最高堆温为 60 °C 左右, 低于常

规的堆肥高温 70 °C. 这就表明环境温度对堆温的变化有一定影响, 但在华南地区冬、春季的气温条件下, 猪粪堆肥仍然可以有效进行.

3.3 猪粪堆肥中氮转化过程的进一步探讨

在动物废弃物堆肥中, 氮始终是一个复杂的问题. 因为动物废弃物中有机氮含量高, 氮的转化关系到臭气、肥效和养分损失等诸多因素, 而氮的转化过程涉及氨化、硝化、反硝化、挥发(如 N_2 、 NH_3 、 N_2O)和生物吸收固定等, 并受微环境中氧的含量所制约. 在堆肥中, 氨态氮的变化趋势主要取决于高温、pH 值和基质中氨化细菌的活性^[9]. 在猪粪堆肥中, 在不同条件下, 虽然物料氨态氮最高含量出现的时间不同, 但试验结果表明, 物料氨态氮最高含量出现的时间均落在堆制的初期, 例如 10 或 20 d 内. 上文分析可知, 机械通风组物料氨态氮头 20 d 有起伏, 且总体上变化不大, 这主要是由于间歇式机械通风氨态氮难以累积(即转移), 氨态氮挥发构成臭气成分之一也在此发生. 与厌氧条件比较, 好氧堆肥氨的挥发大大提高, 但其产品含氨态氮低. 本试验也表明, 堆制 20 d 后, 由于机械通风组堆体通气条件好, 硝化容易发生, 物料硝态氮迅速升高, 所以氮的转化几乎可以描述为完全的硝化过程. 而人工翻堆组物料硝态氮比较低, 主要与氧不足所引起的硝化作用弱有关; 第 20 d 时人工翻堆组氨态氮升至最高, 此后便开始迅速下降, 而硝化过程又很弱, 此时氨态氮主要被微生物用来合成自身所需的蛋白质, 氮转化为生物量态氮.

因此, 猪粪处理与利用造成空气污染以及氮损失的两个主要环节是, 好气堆制过程挥发和施用在

土表时发生挥发,前者主要发生在头30 d,还包括主要发生在堆肥中期的氧化二氮(N₂O)的释放。

所以,机械通风组氮转化过程可描述为:堆制开始,有机氮氨化,产生氨态氮,部分氨态氮经通风挥发进入大气中,第20 d后,进入以硝化为主的阶段;而人工翻堆组氮转化可描述为:堆制开始,有机氮氨化,产生氨态氮,并积累,第20 d后,微生物吸收固定作用强烈,氮转化为生物量态氮。揭示氮转化过程将有助于研究减少动物粪便堆制过程产生臭气和减少养分损失的措施。

参考文献:

[1] KIRCHMANN H, LUNDVALL A. Treatment of solid animal manures: identification of low NH₃ emission practices [J]. *World J Microbio and Biotechno*, 2000, 16(2): 147—150.

[2] 魏源送, 王敏健, 王菊思. 堆肥技术及进展[J]. *环境科学进展*, 1999, 7(3): 11—23.

[3] 徐红, 樊耀波, 王敏健. 污泥堆肥的通风及控制技术[J]. *环境科学进展*, 1999, 7(4): 120—126.

[4] SARTAJ M, FEMANDES L, PATNI N K. Performance of forced, passive, and natural aeration methods for composting manure slurries[J]. *Trans of the ASAE*, 1995, 40(2): 457—463.

[5] GASSER J K R. Composting of agricultural and other wastes [M]. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1985. 30—31, 105—107, 116.

[6] PETER J S, BRIAN A K. Compost utilization in horticultural cropping systems [M]. London: Lewis Publishers, 2001. 56—58, 61—80.

[7] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 第2版. 北京: 中国农业出版社, 1992. 33—36, 55—57, 320—324.

[8] 李艳霞, 王敏健, 王菊思. 环境温度对污泥堆肥的影响[J]. *环境科学*, 1999, 20(6): 63—66.

[9] 李国学, 张福锁. 固体废物堆肥化与有机复混肥生产[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000. 31—33.

The Effect of Aeration Type and Air Temperature on Swine Manure Composting

LIAO Xin-di, WU Yin-bao

(College of Animal Science, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: Swine manure composting with straw, was operated with mechanical aeration and artificial turning and conducted at low air temperature. The volume was 1 170 kg for each treatment. The experiment lasted 60 days through winter and spring. The results indicated that temperature for the two piles could reach 60 °C on the 4th day of composting and that temperature rise, high temperature maintenance and temperature drop was observed throughout the composting process. Difference in NH₃-N and NO₃⁻-N transmutation was observed between the two types of aeration. In early stage of composting, NH₃-N transmutation in the artificial turning pile was higher than that in the mechanically aerated pile. NH₃-N decreased after 20 days and kept at 20 mg/kg after 30 days. There was no significant difference in NO₃⁻-N level between the two treatments during the first 20 days of composting. However, NO₃⁻-N level for mechanical aeration was higher than that for artificial turning during the latter 40 days of composting. There was no significant difference in C/N, soluble carbon, phosphorus, potassium and humus between the two types in the end. It indicated that swine manure composting could be carried out effectively in South China during the winter and spring, and with aeration means available on the site.

Key words: swine manure; composting; aeration; air temperature

【责任编辑 柴 焰】