

畜禽废弃物高温好氧堆腐过程中气体产生与变化

任顺荣¹, 院多本华夫², 前川孝昭²

(1. 天津市农业科学院土壤肥料研究所, 天津 300192; 2. 日本国立筑波大学农林工学系)

摘要:利用通气方法对3种禽畜废弃物进行了高温好氧堆腐发酵试验,堆腐物内部温度维持在70℃左右,对发酵过程中O₂、CO₂、NH₃、CH₄、H₂S的逐日变化量进行了测定。结果表明,CO₂、NH₃的产生量与堆腐材料的C/N有关。对于发酵中产生恶臭的NH₃,猪粪发酵中最高值比试验开始时增加了350倍,鸡粪增加了120倍,而乳牛粪只增加了23倍,其最高值远低于猪粪和鸡粪。猪、鸡粪发酵过程中有CH₄、H₂S产生,乳牛粪中未被检出。易分解有机物含量高、C/N低的堆腐材料,在充气、高温条件下,2~3 d可达到腐解高峰,1周左右气体产生趋于平稳下降,完成1次发酵。

关键词:畜禽废弃物; 高温; 好氧发酵; 气体

中图分类号:S141.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672 – 2043(2004)02 – 0355 – 04

The Gas Generation and Transformation In the Process of High Temperature Aerobic Composting for Animal Wastes

REN Shun-rong¹, K. Intabon², T. Maekawa²

(1. Institute of Soil and Fertilizer Sciences, Tianjin Academy of Agricultural Science, Tianjin 300192, China; 2. Departement of Agricultural and Forest Engineering, University of Tsukuba, Tsukuba 305 – 8577, Japan)

Abstract: Three kinds of Animal wastes were tested for high temperature aerobic composting fermentation by employing aeration method. The inner temperature of composting material maintained about 70℃. The daily changes of O₂, CO₂, NH₃, CH₄ and H₂S were measured in the process of fermentation. The amount of CO₂ and NH₃ related to the C/N ratio of composting material. The amount of NH₃ that generated and caused the offensive odor during the fermentation varied with different composting materials. The maximum values of NH₃ in the porcine manure and hen manure fermentation were 350 and 120 times higher respectively than those in the beginning of experiment, while that of dairy cattle manure was 23 times higher, far less than those of hen and porcine manure. CH₄ and H₂S generated during the hen and porcine manure fermentation, but no CH₄ and H₂S measured during the dairy cattle manure fermentation. The composting material with high content of easily decomposed organic matter and low C/N ratio reached the peak of decomposition in two or three days under the condition of aeration and high temperature. After one week or so, generated gas began to decrease stably and first fermentation completed.

Keywords: animal wastes; high temperature; aerobic composting; gas

高温快速堆肥化技术是将农畜产废弃物作为有机肥料,还原于土壤的微生物处理的一种方法。近年来,相关的研究很多^[1~3],和以往的利用数个月的长时间嫌气性堆肥化技术制造堆肥不同的是,对家畜排泄物等废弃物实施短时间的好气性发酵方法制得堆肥。这个堆肥化技术是固体有机废弃物的处理方法之一。其原理是利用家畜粪便中含有的有机物分解过

程中的微生物增殖力^[4]。在这个堆腐过程中,有机物发酵产生的高热,可使堆肥内部的温度达到70℃,不仅有机物分解快,而且恶臭发生少。因此,该方法得到普遍地应用^[5,6]。

本研究利用好气性方法对几种畜禽粪便进行了高温堆肥化试验,并对堆肥化过程中的各种气体的发生量逐日地进行测定,为排出气体的消臭处理和减轻氮素挥发损失提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

收稿日期: 2003 – 05 – 16

作者简介: 任顺荣(1955—),男,江苏宜兴人,副研究员,博士,主要从事废弃物处理与资源化和土壤肥料方面的研究工作。

E – mail: renshunrong@sohu.com

试验采用新鲜的猪粪、鸡粪和乳牛粪。乳牛粪和鸡粪采自筑波大学农林技术中心的禽畜饲养场,猪粪采自技术中心相邻的农家猪舍。

表 1 堆腐材料基础分析(%)

项目	T - C	T - N	C/N
猪粪	34.20	3.43	10.00
鸡粪	27.25	2.49	11.10
乳牛粪	38.60	1.73	22.35

利用高感度全 N、C 分析仪(岛津 SUMIGRAPH NC - 90)测定。

1.2 试验装置

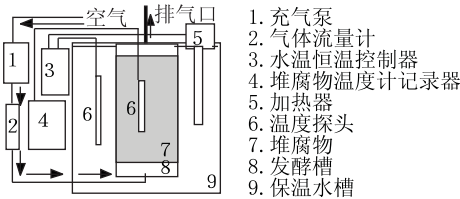


图 1 堆腐发酵试验装置示意图

Figure 1 Diagram of composting experimental devices

发酵槽高 30 cm、直径 12 cm,用硬质塑料制作,固定在保温水槽中。发酵槽周围温度由水槽温度维持,保温水槽用 500 W 管式加热器升温,温度采用 Omron 公司制 ESA - XPT 型恒温器控制,发酵槽堆腐物的温度由热电偶记录仪记录。

1.3 试验方法

将 3 种试验材料在自然通风下,含水量调整在 60% ~ 65% [4,7],搓碎。称取 1 000 g 试验材料装入发酵槽中,发酵槽上下各留 5 cm 空间。采用强制通气方法通气。空气利用充气泵从发酵槽底部供给,通气量为堆腐材料(干) 0.5 L · min⁻¹ · kg⁻¹ [7],采用球式气体流量计控制。保温槽水温第 1 d 设定在 50 ℃,第 2 d 发酵槽内堆腐物温度达 60 ℃ 以上时,将水槽水温设定在 70 ℃ 左右,并 70 ℃ 保温。发酵时间为 7 d,每天定时用专用塑料气体采集袋(1 L)在排气口采取气体样品进行测定分析。试验设 2 次重复。

测定方法: O₂、NH₃ 和 H₂S 分别采用专用气体检测管(ガステック社)及检测管用气体采取器(ガステック社 GV - 801 型,)测定;CO₂、CH₄ 利用气相色谱仪(岛津制 GC - 8A)测定,色谱柱(column)填充剂 Porapak - Q(P - Q),以 N₂ 载体,色谱柱(Column)温度为 60 ℃,检出器温度设定为 80 ℃。

2 结果与讨论

2.1 堆腐过程中 O₂ 的浓度变化

如图 2 所示,在堆肥化发酵腐解过程中,猪粪和鸡粪是在试验开始 24 h 后测定时为最低值,较开始时分别减少 5 和 4 个百分点。第 2 d 便回升接近开始浓度,然后趋于稳定。乳牛粪与猪粪、鸡粪相比峰值出现较晚,且变化幅度也相对小,减少了 2 个百分点。

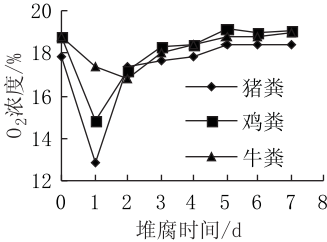


图 2 堆腐发酵过程中 O₂ 的浓度变化

Figure 2 Changes of O₂ concentration during the course of composting

2.2 堆腐过程中 CO₂ 的浓度变化

3 种堆腐材料的 CO₂ 发生量变化与氧气浓度变化是互为消长的。均是在试验开始到 24 h 后发生急剧变化。同时,O₂ 浓度相应降低(图 3)。猪粪最高值比开始值 0.4% 增加了 7.7 个百分点,鸡粪增加了 4.2 个百分点,乳牛粪变化幅度最小,增加值约是猪粪的 35%。峰值过后逐日降低,第 5 d 开始趋于稳定,3 种材料一致。

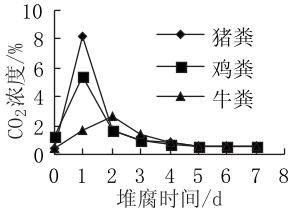


图 3 堆腐发酵过程中 CO₂ 的浓度变化

Figure 3 Changes of CO₂ concentration during the course of composting

2.3 堆腐过程中 NH₃ 的产生与浓度变化

图 4 所示,NH₃ 是在试验的第 1 d 急剧增加,第 2 d 后达到最高,鸡粪从开始的 0.005% 升到 0.6%,增加了 120 倍。猪粪从开始的 0.001% 升到 0.35%,增加了 350 倍。乳牛粪与二者相比氨气产生较少,从 0.000 6% 增加到 0.014%。虽然增加了 23 倍,但起始值和峰值与猪粪、鸡粪相差较大。而后逐日减少,第 5 d 后呈稳定降低趋势。

2.4 堆腐过程中 CH₄ 的产生与浓度变化

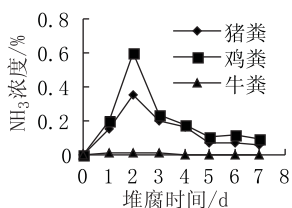
图 4 堆腐发酵过程中 NH_3 的产生与变化

Figure 4 Generation and changes of NH_3 during the course of composting

3 种材料中乳牛粪堆腐发酵中 CH_4 没有被检出。猪粪从 0 开始逐日增加, 第 3 d 后达到最高的 1.51%, 然后急剧减少, 从第 5 d 后未检出。鸡粪与此不同, 从开始的 1.48% 到 24 h 后的 1.20%, 然后逐日增加, 虽增加幅度不大, 但直至第 7 d 后仍未见下降的趋势(图 5)。

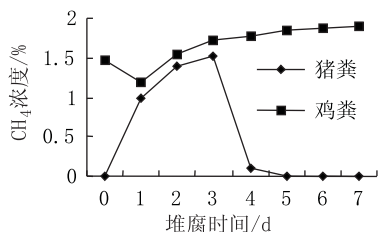
图 5 堆腐发酵过程中 CH_4 的产生与变化

Figure 5 Generation and changes of CH_4 during the course of composting

2.5 堆腐过程中 H_2S 的产生与浓度变化

H_2S 在发酵中产生的浓度不高, 在乳牛粪发酵中未检出(图 6)。鸡粪发酵中第 4~6 d 被检出, 浓度只有 $0.4 \sim 0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。猪粪从 0 开始, 24 h 后达到 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。然后逐日减少, 至第 7 d 浓度为 $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2.6 讨论

从试验结果看, 试验材料不同其气体的产生量也不同。乳牛粪与猪粪、鸡粪相比产生的气体量少, 而且 CH_4 和 H_2S 没有检出。可能是由于乳牛粪所含易分解有机物质少、C/N 比高, 且堆腐发酵时内部疏松通气

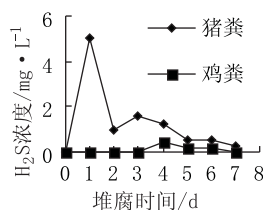
图 6 堆腐发酵过程中 H_2S 的产生与变化

Figure 6 Generation and changes of H_2S during the course of composting

均匀的原因。猪粪和鸡粪腐解中被检出的气体组分比牛粪多, 如除 CO_2 、 NH_3 以外, CH_4 和 H_2S 也被检出。随着堆肥化的进行, 猪粪的 CH_4 和 H_2S 逐日减少。鸡粪发酵中 H_2S 的产量很小, 但 CH_4 到试验结束还有产生。是否因为 C/N 比低的材料, 特别是猪粪和鸡粪在发酵腐解过程中可能有嫌气微环境产生, 有 CH_4 菌和 H_2S 产生菌等微生物参与的可能性。同时可以推测, 可能在 70°C 附近的环境下仍有微生物在活动。在高温阶段, 高温微生物其各种酶的反应速率大于中温微生物的反应速率, 生理最佳温度为 70°C [14]。

一般认为, 含氮物质含量高、C/N 比低的有机质材料, 容易被分解 [6]。猪、鸡粪的易分解性有机物质含量比乳牛粪高, C/N 比低。从 O_2 和 CO_2 的浓度变化看, 乳牛粪的腐解速度与猪、鸡粪相比缓慢的倾向和原因 [11] 的论述是一致的。

气体发生趋势与 Atkinson [8] 的试验结果一致。正像结果中说明的那样, 含氮物质高, C/N 比低的禽畜粪便如不经处理直接施入土壤中, 粪便中所含有的各种易分解性的有机物急剧分解, 有机态氮素急剧地无机化, 使土壤中无机态氮素浓度增高。特别是氨态氮的浓度过高时, 会引发作物生育障碍, 这是被普遍认知的 [9]。有机物急剧分解时, 还会产生大量的二氧化碳等气体, 对作物根的呼吸作用产生不好的影响 [10]。再者, 易分解有机物急剧分解的同时, 微生物的活动旺盛, 土壤中的酶急速并且大量地被消耗, 很可能发生土壤中氧不足的状态, 引起土壤还原状态。在这种还原状态下, 由于嫌气微生物的作用, 会生成有机酸等有害代谢产物, 从而抑制和妨害种子发芽和根的生长 [12, 13]。

对于腐解发酵过程中产生恶臭的主要因子 NH_3 , 可添加调理剂和无机盐, 控制发酵中 NH_3 的挥发, 减少氮素损失。同时也可减少硫化物的挥发。如天然沸石对 CO_2 、 NH_3 、 H_2S 等高级性分子就具有很强的亲和力, 有很高的吸附性能。

3 结语

(1) 由于堆腐发酵材料不同, 其堆腐发酵过程中产生的气体组成、产生量和变化规律也不尽相同。从 O_2 和 CO_2 的峰值看, 乳牛粪的发酵速度比猪、鸡粪慢。

(2) CO_2 和 NH_4 产生量与堆腐材料的 C/N 有关。C/N 低的猪、鸡排泄物在堆腐发酵过程中, 有 CH_4 、 H_2S 发生, 但 C/N 高的乳牛粪却没有检出。

(3) 易分解有机物含量高、C/N 低的堆腐材料, 在高温堆腐发酵环境下, 可在 2~3 d 达到急剧分解高峰。1 周左右气体的变化趋于平稳下降, 可完成 1 次发酵。

另外, 经 7 d 高温快速堆腐发酵的堆腐物, 其易分解有机物质的急剧分解已趋于稳定, 但根据花粉培养^[16]的腐熟度检定结果看, 经 7 d 的高温快速堆肥化处理的堆腐物, 还不能作为完熟的堆肥使用。因此, 经短时间快速堆肥化的堆腐物, 有必要再放置一段时间, 使其充分分解直至完熟。

参考文献:

- [1] 木村俊範, 清水浩. 家畜ふんの堆肥化に関する基礎的研究(第 1 報)小容積堆肥化実装置の開発-[J]. 農業機械学会誌, 1981, 43(2): 221-227.
- [2] Taiganides E P. Composting of Feedlot waste Animal Waste[M]. Applied Science Publishers Ltd, 1979. 241-251.
- [3] 田中宏幸. 家畜ふん尿のコンポストイング[J]. 畜産の研究, 1976, 30(1): 217-221.
- [4] 鳥巢 諒, 木村茂信, 田代克己. 牛ふんの急速堆肥化への含水率と通風量の影響[J]. 農業機械学会誌, 1980, 42(1): 135-139.
- [5] 扇元敬司. コンポストの微生物(1)[J]. 畜産の研究, 1979, 51(1): 9-18.
- [6] 松垣繁光. 家畜ふん尿のコンポストイング(堆肥化)とその技術

- (1)[J]. 畜産の研究, 1978, 32(5): 617-621.
- [7] 木村俊範, 清水浩. 家畜ふんの堆肥化に関する基礎的研究(第 2 報)——常温通気での発酵限界と物性改良材の効果について-[J]. 農業機械学会誌, 1981, 43(3): 475-480.
- [8] Atkinson C F, Jones D D and Ganthier J J. Putative anaerobic activity in aerated composts[J]. *Journal of Industrial Microbiology*, 1996, 16(3): 182-188.
- [9] 松崎敏英. 家畜ふん尿の農作物への施用技術[J]. 畜産の研究, 1976, 30(1): 205-210.
- [10] Parr J F. Chemical and biological considerations for land application of agricultural and municipal waste, Organic Materials as Fertilizer Soils. Bulletin 27 SIDA/FAO, : 1975, 227-252.
- [11] 原田靖生. 家畜排泄物および I 理物の特性[J]. 畜産の研究, 1990, 44(1): 128-134.
- [12] 王林权, 周春菊, 王俊儒, 等. 粪肥堆腐过程中有机酸的变化[J]. 植物营养与肥科学报, 2000, 6(4): 430-435.
- [13] 松垣繁光. 家畜ふん尿のコンポストイング(堆肥化)とその技術(2) [J]. 畜産の研究, 1978, 32(6): 756-760.
- [14] 赵由才. 生活垃圾资源化原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002. 144.
- [15] 李增军, 张启军. 天然沸石及其在农业中的应用[J]. 农业环境保护, 1995, 14(1): 41-42.
- [16] 任 順荣, 院多本 華夫, 張 振亞ら. 花粉管生物判定法によるコンポスト腐熟度および品質評に関する研究(Ⅲ)——コンポストの化学的組成と花粉管伸長との関係-[J]. 農業施設, 2000, 30(4): 11-20.