

密闭箱处理蛋鸡粪的氧化亚氮氨气排放研究

谢军飞, 李玉娥, 董红敏, 黄宏坤, 余 群

(中国农业科学院农业气象研究所, 北京 100081)

摘 要: 采用密闭箱处理蛋鸡粪的方法, 研究了密闭箱内产生的氧化亚氮、氨气的排放规律、影响因子及两者存在的内在联系。结果表明, 氧化亚氮的产生与有机质的含量以及蛋鸡粪内部的氧气状况密切相关; 氨气与氧化亚氮的逐日排放变化规律存在很大的相似性; 蛋鸡粪的内部温度作用表现不明显, 受外界气温影响很小。

关键词: 密闭箱; 蛋鸡粪; 氧化亚氮排放; 氨气

中图分类号: X701 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2002)06 – 0524 – 03

Emission of Nitrous Oxide and Ammonia from Closed Composting Bins Containing Layer – Hen Manure

XIE Jun-fei, LI Yu-e, DONG Hong-min, HUANG Hong-kun, YU Qun

(Agrometeorology Institute, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: It has been found from our test that under a relative constant amount of both nitrous oxide and ammonia, the well – known green house gases, was released from closed composting bins full of layer – hen manure. It has been also found that both nitrous oxide and ammonia released from the bins were correlated well with the organic matters inside the bins. So were with the contents of oxygen. In contrast, the amounts of the both gases released were not well correlated with the temperature of the composted manure.

Keywords: closed bins; layer – hen manure; emission nitrous oxide; ammonia

随着全球气候变暖、土地沙漠化以及淡水资源的缺乏, 温室气体导致的全球气候变化已成为严峻的环境问题。IPCC(The Intergovernmental Panel on Climate Change)第三次评估报告指出, 在 1990—2100 年, 全球平均气温很有可能上升 1.4℃—5.8℃^[1、2]。经研究, 引起全球变暖的温室气体排放源很多, 其中农业源温室气体排放是一个非常重要的组成部分, 它主要涉及到农田、反刍动物及动物废弃物三个方面。但目前, 研究动物废弃物温室气体排放的机理规律及影响因子还较少^[3、4]。

在过去的 20 多年里, 我国养殖业取得了惊人的发展, 动物废弃物作为农业源温室气体排放的一部分, 它对全球气候变化的作用越来越大。研究各类动物废弃物温室气体排放对认识全球气候变化有着非常重要的意义。

1 材料与方法

1.1 实验设计

本实验的地点设在中国农业科学院气象实验站

内, 该站位于北京海淀区, 实验场地长为 15 m、宽为 10 m。在场地上从东往西摆放四个密闭箱, 箱高、宽、长均为 1 m, 并依次编号为处理 1、处理 2、处理 3、处理 4, 通过排气管(内径为 5 cm, 外径为 7 cm)与电动泵相连(进行负压通风), 结合温度、湿度、氨气、二氧化碳传感器组成了密闭仓/箱式堆肥系统(NaturTech®CM – Pro Composting System), 由美国 muller 公司设计提供(见图 1);同时还使用了温度数据采集器 Datalogger DT600 采集部分温度数据。



图 1 密闭仓/箱式堆肥系统

Figure 1 NaturTech®CM – Pro Composting System

将 4 种组分的蛋鸡粪分别装入处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 进行处理, 其中处理 2 作为处理 1 的重复。其有关处理组分参数见表 1。

表 1 蛋鸡粪组分参数

Table 1 Component parameters of Layer – hens Manure

箱处理编号	组分	水分含量/%	C/N
处理 1	秸秆与鸡粪	60	10.8
处理 2	秸秆与鸡粪	60	10.8
处理 3	纯鸡粪	60	8
处理 4	锯末与鸡粪	60	9.9

1.2 样品采集与分析

在实验开始阶段，考虑到蛋鸡粪内部有机质丰富，内部化学反应激烈，每天早上 10:00 至 11:30 时间段每箱取两次气样，下午 15:00—16:30 每箱取两次气样。在实验中后期，考虑到反应比较稳定，即在同样时间段内，每时间段内每箱取一次气样。每次取箱内气体前，先对箱外周围大气取样作为本底。用医用针筒采样后，立即转移至已抽真空的气袋(银箔锡、体积为 1 L)。样品及时运回实验室，用 HP5890 II 气相色谱仪测定样品气袋中 N₂O 的浓度，其测定原理是指用注射器等方法把需测定的样品气体注入仪器检定系统，系统再将所得电信号转换成数字信号，输入计算机。氨气通过传感器来测量，对超过传感器测定范围的氨气浓度用化学方法测定。

在测定过程中所用的标准气体由国家计量研究院标气研究中心提供。氧化亚氮标准气体的浓度分别为 0.311、0.999 μL · L⁻¹。

1.3 温室气体通量计算

温室气体的通量表示单位时间单位面积气体质量的变化，正值表示气体从动物废弃物排放到大气，负值表示气体从大气流向动物废弃物。本密闭仓/箱式堆肥系统结构类似动态箱，故可用动态箱法来计算通量。动态箱法又称开放箱法，其工作原理是让一定流量的空气通过箱子，通过测量箱体入口处和出口处空气中被测气体的浓度来确定被罩表面该气体的交换通量。根据气体不可压缩原理和物质守恒定律，在此系统中，F 值可由下式确定^[5]：

$$C_2 \times Q_{\text{入}} \times \rho + F \times A = C_1 \times Q_{\text{出}} \times \rho$$
$$F = (C_1 - C_2) \times Q \times \rho / A$$

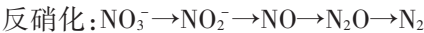
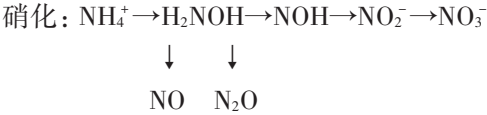
式中：Q = Q_入 = Q_出为流经箱体的气体流量，m³ · d⁻¹；A 为箱的底面积，m²；C₁ 和 C₂ 分别为入口和出口处所流出的混合比气体浓度；ρ 为空气密度，g · m⁻³；F 为待测气体的排放通量，g · m⁻² · d⁻¹。

2 结果与讨论

2.1 N₂O – N 排放通量

氧化亚氮(N₂O)是一种受人类活动影响的重要温室气体，由于 N₂O 在大气中的驻留时间长达 140 年，因而其温室效应是等质量 CO₂ 的 310 倍 (IPCC, 1995a)，在增温贡献中约占 6%，而且还是平流层中导致臭氧层被破坏的光化学过程的主要参与者。

动物废弃物中产生氧化亚氮主要是生物硝化和反硝化两个主要过程^[6、7]，其基本通式如下：



生物硝化过程可简单表述为：蛋白质水解产生氨基酸，氨基酸在微生物作用下氨化分解产生氨气，氨气遇水形成铵离子，铵离子通过一系列的中间反应形成 NO₃⁻，同时某些中间体自身化学分解产生氧化亚氮。而反硝化作用是指在通气不良的条件下，将 NO₃⁻ 作为电子受体进行呼吸代谢产生 N₂O。这些过程受许多外界条件制约，受动物废弃物内部通风状况、水分含量、氮素状况、温度、pH 值等影响，比较复杂。田森林^[8] 等对近年国内外有关氮化物迁移转化过程研究所取得的新成果作了较为全面的概括，包括氮化物在不同的生态环境中的硝化和反硝化的规律，转化的动力学以及数学模式等。

为了便于分析，我们把氧化亚氮浓度变化值转换成氧化亚氮含氮 (N₂O – N) 排放通量，单位为千克每公顷每天 (kg · hm⁻² · d⁻¹)，通过图 2 发现，整个实验过程各处理的 N₂O – N 排放通量逐日变化比较接近，在实验前期，N₂O – N 排放通量很大，并出现两个较大高峰。值得注意的是，处理 4 相比其它三种处理排放较大，至后期，N₂O – N 排放通量已对应很小，各处理没有明显差异。

这是因为在实验前期虽然通风泵持续的负压通风会起到降温的作用，但箱内温度仍有很高的数值，

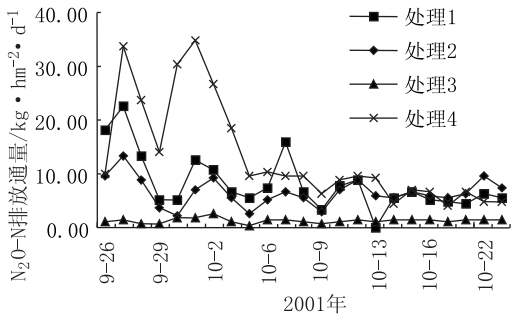


图 2 4 种箱处理下的氧化亚氮含氮排放通量逐日变化
Figure 2 The change in N₂O – N flux at four bins day by day

鸡粪内部有机质丰富, 化学反应比较充分, 产生了大量的 NO_3^- 。在此基础上进行硝化反硝化的过程产生了大量的氧化亚氮, 至后期, 有机质大量被消耗, 含量下降, 反应缺乏底物而趋于平缓。

有机质分解提供硝化或反硝化作用所需能量, 其含量和 C/N 比是影响氧化亚氮排放的两个方面。C/N 比影响微生物分解有机质, 若 C/N 比大于 (25—30): 1, 有机质分解慢, 微生物活性弱, 氧化亚氮排放会受到抑制; 若 C/N 比小于 (25—30): 1, 微生物活性强, 则促进氧化亚氮排放。本实验各处理的 C/N 比 (见表 1) 有利于氧化亚氮排放。

我们注意到氧化亚氮含氮排放通量在中期有一定的上升, 这是因为箱内温度与外界气温有一定的差值, 产生了大量的冷凝水, 使动物废弃物内部干湿交替 (见表 2), 促进了氧化亚氮的排放。绝对含水量大时, 废弃物内部易处于嫌气环境, 反硝化作用会有所增强。

表 2 各处理的绝对含水量变化 (%)
Table 2 The change of absolute containing water amount at four bins

日期	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4
2001-9-25	64.23	64.23	59.13	60.56
2001-10-02	67.06	54.81	61.22	54.32
2001-10-09	51.89	68.73	45.07	40.84
2001-10-14	55.37	67.96	42.77	40.11
2001-10-21	55.72	58.42	59.13	46.25

经测氧仪测定, 发现密闭箱内蛋鸡粪内部氧气含量较足 (见图 3), 在这种有氧条件下, 硝化作用是产生 NO 与 N_2O 的主要来源。从图 3 还可以发现, 在氧气含量比较高的状况下, 并不利于氧化亚氮的产生,

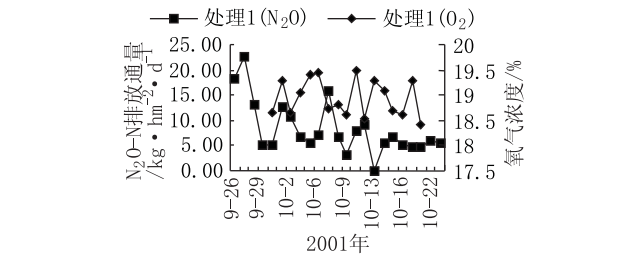


图 3 在处理 1 中, 箱内氧气浓度与氧化亚氮含氮排放通量的相互关系
Figure 3 The relation between oxygen content and N_2O -N flux in treatment-1

这可能与影响反硝化作用有关。

2.2 氨气排放通量

在密闭箱堆肥处理中, 产生的臭味气体主要形式是氨气, 基本产生在堆肥的升温及高温期, 由于它与 NH_4^+ 易于相互转化, 所以它会间接地影响温室气体

的产生排放。结合有机质分解产生氧化亚氮的过程, 我们可以得出氨气的分步还原通式如下^[9]:



通过图 4 可以发现, 整个实验过程各处理的氨气排放体积比浓度逐日变化比较接近。在实验前期, 氨气排放很大, 并出现两较大高峰。至后期, 浓度下降迅速, 氨气排放对应很小, 各处理间没有明显差异。

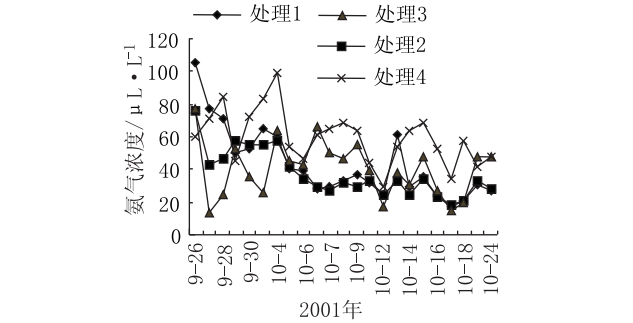


图 4 4 种处理下的氨气浓度逐日变化
Figure 4 The change of ammonia concentration at four sorts treatments day by day

尤其值得注意的是, 在实验前期, 处理 4 相比其它 3 种处理氨气排放较大, 与上面讨论的氧化亚氮排放通量中处理 4 逐日变化规律非常类似, 即氨气与氧化亚氮之间隐含着某种必然联系。

从氨气的分步还原通式可以看出氨气可以逐步转换成 NO_3^- , 与氧化亚氮排放有一定的关系。当氨气排放较大时, 可以说明密闭箱内氨气浓度较大, 相应的参与硝化的量较多, 导致氧化亚氮排放也较大。从图 5 更能直观地看出几乎相同的变化趋势。从某种意义上来说, 减少氨气的排放, 就是减少温室气体的排放。另外, 相关研究指出^[10], 废弃物内部的湿度以及温度影响氨气的产生, 湿度大, 则使氨气大量溶解; 当堆温 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 以上, 有助 NH_4^+ 转变为 NH_3 挥发。

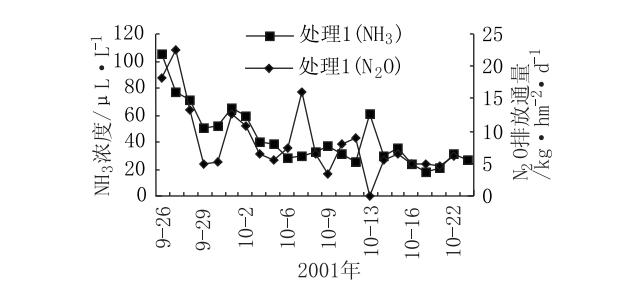


图 5 氧化亚氮、氨气的逐日变化
Figure 5 The change of nitrous oxide and ammonia