

# 不同水分和物料配比条件下堆肥氨气排放量研究

田野, 刘善江\*, 陈益山

(北京市农林科学院植物营养与资源研究所, 北京 100097)

**摘要:** 结合北京市平谷区桃树种植的具体农业生产状况, 选用北京市周边具有代表性的鸡粪、金针菇菇渣和桃树枝作为堆肥研究对象, 使用实验室堆肥设备进行好氧堆肥, 对堆肥产生的氨气排放量及规律进行研究。研究结果表明, 堆肥水分从 50% 增加为 60%, 氮损失率增加约 10%; 单位质量堆肥氨气的排放量减少比例与桃枝添加比例成正相关。建议鸡粪与桃枝的比例控制在 1:2.5, 堆肥水分控制在 50% ~ 60%, 以降低堆肥过程中的氨气排放量, 减少氮损失。

**关键词:** 堆肥; 氨气排放; 桃枝; 水分

堆肥是畜禽粪便资源化和无害化处理的有效方法之一, 成熟的堆肥可以提高农作物产量, 改善土壤的理化性质; 不成熟的堆肥由于未发酵完全, 本身产生大量的氨气, 对农作物的生长产生不利影响, 对空气环境也造成污染。研究表明, 以鸡粪作为主要原料的堆肥氨气的释放量高达  $17.3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ <sup>[1]</sup>。低浓度的氨气对皮肤和呼吸道粘膜有刺激作用, 长期暴露于氨气环境下的畜禽体重增加缓慢、饲料转化率低<sup>[2]</sup>。堆肥过程中大量氨气的释放是造成堆肥中氮素流失的最主要途径, 其导致的氮损失率在 19% ~ 77% 之间, 从而导致堆肥肥效降低<sup>[3-4]</sup>。影响好氧堆肥过程氨气释放的因素主要有曝气量、物料 C/N、堆体 pH 值、温度、含水率、堆肥添加剂以及堆体微生物群落等<sup>[5-9]</sup>, 通过合理调控和优化组合这些因素, 可以对好氧堆肥过程中氨气释放进行最优的原位控制, 达到有效地减少堆肥过程中的氨气排放和保氮效果<sup>[10-13]</sup>。

北京市平谷区桃树种植面积近 1.47 万  $\text{hm}^2$ , 每年冬、夏产生的果树枝条废弃物多达 8 ~ 10 万 t, 有效利用率不到 10%, 大量桃枝的随意焚烧和堆积对周边环境造成严重污染<sup>[14]</sup>。桃枝的资

源化利用是目前北京市平谷区政府亟待解决的问题。

本文结合北京市平谷区桃树种植的具体农业生产状况, 选用北京市周边具有代表性的鸡粪、金针菇菇渣和桃树枝作为堆肥研究对象, 使用实验室堆肥模拟设备进行好氧堆肥, 通过改变堆肥水分和物料配比, 对堆肥产生的氨气排放量进行研究, 以期得到鸡粪和桃枝堆肥的最佳水分和物料配比, 从而可以有效降低堆肥产生的氨气排放量, 同时实现桃枝的资源化利用, 为实现北京市平谷区大桃产业链环境友好型转变提供技术参考。

## 1 材料与方法

模拟堆肥氨气排放试验于 2017 年 12 月开展, 试验地点在北京实验室。

### 1.1 试验原料

采用鸡粪、金针菇菇渣和桃树枝粉渣作为堆肥试验主要原料。鸡粪采自北京市大兴区北臧村镇佳园养殖场, 金针菇菇渣采自天津市宝坻区和泰丰种植场, 桃树枝粉渣采自北京市平谷区刘家店镇生态桥工程。试验原料采集到实验室后, 均干燥粉碎, 过 2 mm 筛后进行成分检测, 鸡粪、金针菇菇渣、桃树枝粉渣的主要指标见表 1。

### 1.2 模拟堆肥系统

结合实验室堆肥模拟的实际情况, 设计了一种新型模拟堆肥系统, 主要包括堆肥罐、输气控制系统和监测系统, 见图 1。

收稿日期: 2019-01-15; 录用日期: 2019-03-08

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目 (2018YED0800405-01、2017YFD0801204-03); 北京市农林科学院平台与创新能力建设项目 (KJCX20170302)。

作者简介: 田野 (1982-), 男, 山东青岛人, 高级工程师, 硕士, 从事农业面源污染、土壤评价与改良、肥料与农产品安全研究。  
E-mail: 82tianye@sina.com。

通讯作者: 刘善江, E-mail: Liushanjiang@263.net。

表 1 堆肥原料鸡粪、桃枝、金针菇的主要指标

名称	全氮 (N %)	磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	钾 (K <sub>2</sub> O %)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/kg)	有机质 (%)	水分 (%)	pH 值	有机碳 (%)	全硫 (%)	粪大肠菌 群数 (个/g)	C/N
鸡粪	3.21	4.32	3.1	1.01 × 10 <sup>4</sup>	59.6	57.5	42.3	8.63	26.5	0.367	> 1 100	8 : 1
桃树枝	1.39	0.75	1.1	2.10 × 10 <sup>3</sup>	302	73.8	15	7.99	38.5	0.088	> 1 100	28 : 1
金针菇	0.96					47.2	30		19.8			21 : 1

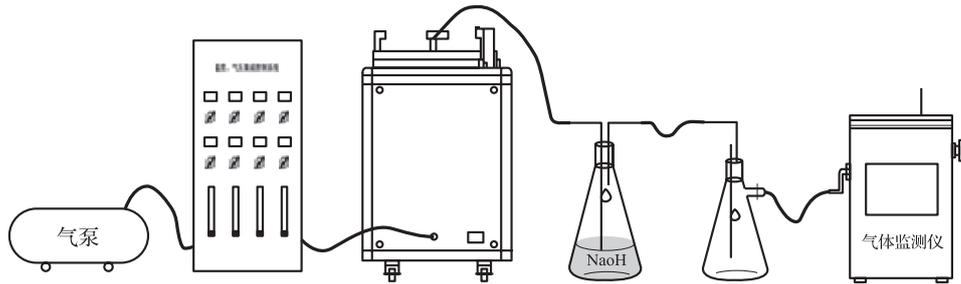


图 1 实验室堆肥模拟气体监测系统

本文采用了一种新型堆肥发酵罐，包括外罐体和内罐体。内部罐体可容纳体积为 60 L 的圆柱体，外罐体和内罐体之间填充保温材料。顶盖上连接采气管路，底部放置有送气装置。

输气控制系统主要包括气泵和气流控制系统两部分。气泵采用无油空气压缩机，转速 1 380 r/min，公称容积流量 240 L/min，额定排气压力 0.7 MPa。气流控制系统主要通过气压阀和流量计调节每路输送空气的气压，从而保证每个堆肥罐体的输气压力一致。

堆肥监测系统主要包括温度实时监测系统和气体实时监测系统两部分。温度实时监测系统是通过堆肥罐体顶部的温度监测探头，实时将温度显示在主控制面板上。温度监测探头为长 50 cm 的不锈钢管，分别在钢管的顶端和距离顶端 25 cm 处安装温度探测器。温度监测探头从堆肥罐顶部延伸至罐体的 2/3 处，温度探测器记录的温度分别为罐体 1/3 和 2/3 处的温度，从而保证罐体内堆肥温度的真实性。气体实时监测系统主要包括空气干燥冷凝器和气体缓冲瓶。在线式氨气质量监测仪的氨气监测量程为 0 ~ 1 000 mg/L，每 5 min 采集一次氨气浓度，24 h 连续监测。空气干燥冷凝器为 3 000 mL 玻璃三角瓶，瓶口有橡胶塞，橡胶塞上有一长一短两根玻璃管，瓶内装有固体 NaOH，用于吸收堆肥产生的气体中的水分。气体缓冲瓶为 2 000 mL 的抽滤瓶，瓶口有橡胶塞，橡胶塞上有一长一短两根玻璃管，

短管靠近抽气口，便于气体采集。在线式氨气质量监测仪、空气干燥冷凝器和气体缓冲瓶通过硅胶管相连。

### 1.3 运行参数及数据计算

#### 1.3.1 堆肥设备运行参数

试验采用新型堆肥发酵罐，罐体内部有效容积为 60 L，尺寸为  $\phi 6 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  的圆柱体。罐体通风为每通风 30 min 停止 30 min，罐体底部气体压力为 0.4 MPa。堆肥主发酵周期为 18 d，在堆肥第 10 d 进行翻堆操作。气体检测器的抽气泵流速为 0.4 L/min。

#### 1.3.2 氨气数据结果计算

在线式氨气质量监测仪测定 NH<sub>3</sub> 浓度单位  $c \text{ mg}/(\text{L} \cdot 5 \text{ min})$ ，取 6 h 内氨气的平均浓度为  $c_{6i} \text{ mg}/(\text{L} \cdot 6 \text{ h})$ ， $i$  表示从监测开始的第  $i$  个 6 h 数， $i=1, 2, 3, \dots$ 。气体检测器的抽气泵流速为 0.4 L/min，则 360 min 堆肥罐体中单位质量堆肥产生的 NH<sub>3</sub> 质量为：

$$C_i = \frac{C_{6i} \times 0.4 \times 360}{m}$$

$m$  为罐体堆肥质量，单位 kg；

$C_i$  为单位质量堆肥 6 h 氨气排放量，单位  $\text{mg}/(\text{kg} \cdot 6 \text{ h})$ ；

单位质量堆肥主发酵期氨气排放总量为：

$$M = \sum_i^n C_i$$

M 为单位质量堆肥主发酵期氨气排放总量, 单位 mg/kg;

单位质量堆肥主发酵期 N 排放总量为:

$$M_N = M \frac{14}{17}$$

$M_N$  单位质量堆肥主发酵期 N 排放总量, 单位 mg/kg;

N 损失率计算:

$$N \text{ 损失率} (\%) = \frac{M_N}{TN} \times 100$$

TN 为堆肥总氮含量, 单位 %。

## 2 评价方案

目前北京周边企业习惯堆肥采用鸡粪与菇渣为 1:1 的添加比例, 含水率在 50% ~ 60% 之间。北京市周边果树种植面积较多, 尤其平谷地区的桃树种植面积较大。根据对北京市周边堆肥企业实际堆肥配比调研结果, 结合北京市果树种植较多的现状, 设计评价方案一和方案二, 对含水率分别为 50% 和 60% 的习惯堆肥、鸡粪与桃枝不同配比的堆肥效果进行评价, 每个处理设 3 个平行。

### 2.1 方案一 50% 含水率不同处理试验

试验设计 4 个鸡粪堆肥工艺处理, 每个处理设 3 个平行试验, 工艺处理见表 2。

表 2 鸡粪堆肥工艺处理

处理	内容
处理 1-1 (CK1)	鸡粪与金针菇渣按照 1:1 的质量添加, 鸡粪和金针菇渣含水率均为 50%
处理 1-2	鸡粪与桃枝按照 1:1 的质量添加, 鸡粪和桃枝含水率均为 50%
处理 1-3	鸡粪与桃枝按照 1:2.5 的质量添加, 鸡粪和桃枝含水率均为 50%
处理 1-4	鸡粪与桃枝按照 1:5 的质量添加, 鸡粪和桃枝含水率均为 50%

试验方案一中 4 个处理的各物料的添加比例和实际添加量 (以 24 kg 总量计) 见表 3。

试验过程中, 在堆肥第 10 d 对罐体中堆肥进行翻堆操作, 翻堆完毕继续进行试验。

表 3 不同处理的添加比例

处理	物料添加比例	实际添加量 (以 24 kg 总量计)
处理 1-1 (CK1)	鸡粪:金针菇渣: 水 =1:0.69:0.15	鸡粪 13 kg, 金针菇渣 9 kg, 水 2 kg
处理 1-2	鸡粪:桃枝:水 =1:0.69:0.15	鸡粪 13 kg, 桃枝 9 kg, 水 2 kg
处理 1-3	鸡粪:桃枝:水 =1:1.71:0.71	鸡粪 7 kg, 桃枝 12 kg, 水 5 kg
处理 1-4	鸡粪:桃枝:水 =1:3.5:1.5	鸡粪 4 kg, 桃枝 14 kg, 水 6 kg

### 2.2 方案二 60% 含水率不同处理试验

试验设计 4 个鸡粪堆肥工艺处理, 每个处理设 3 个平行试验, 工艺处理见表 4。

表 4 鸡粪堆肥工艺处理

处理	内容
处理 2-1 (CK2)	鸡粪与金针菇渣按照 1:1 的质量添加, 鸡粪和金针菇渣含水率均为 60%
处理 2-2	鸡粪与桃枝按照 1:1 的质量添加, 鸡粪和桃枝含水率均为 60%
处理 2-3	鸡粪与桃枝按照 1:2.5 的质量添加, 鸡粪和桃枝含水率均为 60%
处理 2-4	鸡粪与桃枝按照 1:5 的质量添加, 鸡粪和桃枝含水率均为 60%

试验方案二中 4 个处理的各物料的添加比例和实际添加量 (以 24 kg 总量计) 见表 5。

表 5 不同处理的添加比例

处理	物料添加比例	实际添加量 (以 24 kg 总量计)
处理 2-1 (CK2)	鸡粪:金针菇渣: 水 =1:0.72:0.78	鸡粪 9.6 kg, 金针菇渣 6.9 kg, 水 7.5 kg
处理 2-2	鸡粪:桃枝:水 =1:0.72:0.78	鸡粪 9.6 kg, 桃枝 6.9 kg, 水 7.5 kg
处理 2-3	鸡粪:桃枝:水 =1:1.78:1.58	鸡粪 5.5 kg, 桃枝 9.8 kg, 水 8.7 kg
处理 2-4	鸡粪:桃枝:水 =1:3.56:2.94	鸡粪 3.2 kg, 桃枝 11.4 kg, 水 9.4 kg

试验过程中, 在堆肥 10 d 对罐体中堆肥进行翻堆操作, 翻堆完毕继续进行试验。

### 3 结果与分析

#### 3.1 氨气排放监测结果分析

方案一和方案二中 50%、60% 含水率下不同处理堆肥主发酵期单位质量堆肥氨气排放量见图 2、图 3。

从图 2、图 3 可以得出如下结论:

(1) 所有处理堆肥主发酵过程中均有两次氨

气大量产生的时间, 第一次是堆肥初期的第 3 ~ 4 d, 第二次是翻堆(堆肥第 10 d 翻堆)过后的第 2 ~ 3 d。

(2) 不同含水率处理下鸡粪与金针菇渣堆肥主发酵过程中氨气的最大排放量较鸡粪与桃枝堆肥发酵的处理均明显偏高, 且鸡粪与金针菇渣堆肥处理的氨气主发酵时间较鸡粪与桃枝处理提前 1 d。

根据图 2、图 3, 依据 1.3.2 计算得出方案一和方案二中不同处理堆肥主发酵期单位质量堆肥氨气排放总量, 见表 6。

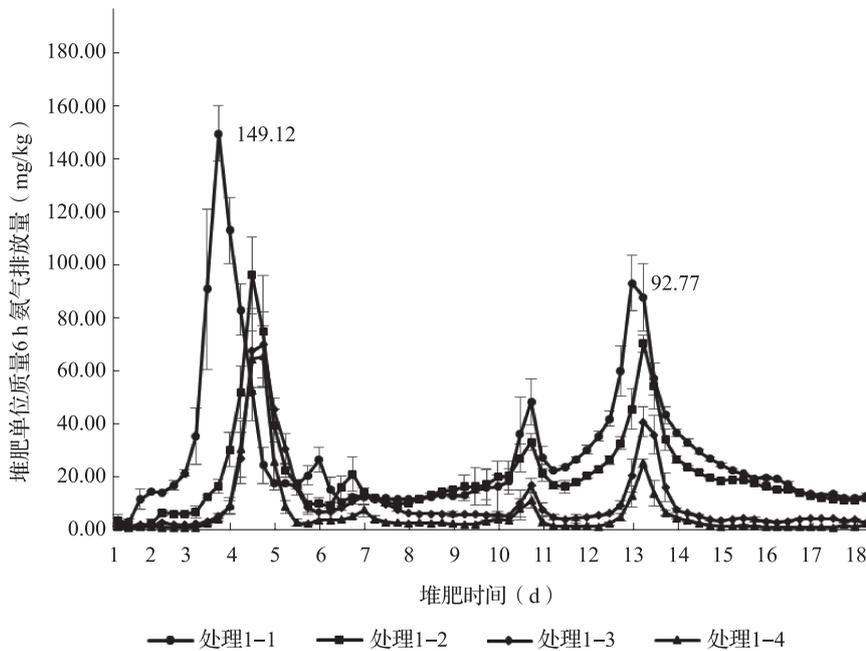


图 2 方案一堆肥主发酵期单位质量氨气排放量

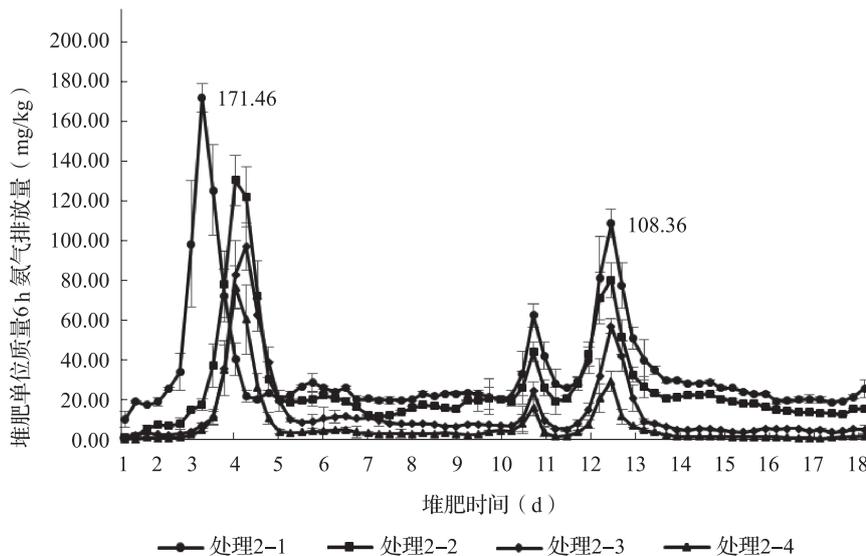


图 3 方案二堆肥主发酵期单位质量氨气排放量

表 6 不同处理堆肥主发酵期单位质量堆肥氨气排放总量 (%)

处理	单位质量堆肥氨气排放总量	单位质量堆肥 N 排放总量	堆肥初期 TN 含量	N 排放损失率
处理 1-1 (CK1)	0.19 ± 0.02ab	0.16 ± 0.02ab	1.12 ± 0.21a	14.32 ± 3.93a
处理 1-2	0.14 ± 0.03bc	0.11 ± 0.03bc	1.05 ± 0.19ab	10.52 ± 1.64b
处理 1-3	0.07 ± 0.02d	0.06 ± 0.02d	0.88 ± 0.32ab	6.83 ± 1.28cd
处理 1-4	0.04 ± 0.02d	0.03 ± 0.01d	0.82 ± 0.24ab	3.74 ± 0.68d
处理 2-1 (CK2)	0.23 ± 0.07a	0.19 ± 0.05a	0.81 ± 0.19ab	23.54 ± 1.25a
处理 2-2	0.17 ± 0.04ab	0.14 ± 0.03ab	0.78 ± 0.22ab	17.93 ± 1.90b
处理 2-3	0.09 ± 0.02cd	0.07 ± 0.01cd	0.68 ± 0.17b	10.27 ± 3.24c
处理 2-4	0.05 ± 0.02d	0.04 ± 0.02d	0.70 ± 0.19ab	5.74 ± 0.71d

注: 同一列不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

结合表 6 可以得出如下结论:

(1) 所有处理堆肥主发酵过程中鸡粪与桃枝堆肥产生的氨气排放总量较鸡粪与金针菇菇渣(习惯堆肥)产生的氨气均有减少。在 50% 水分和 60% 水分的不同处理中, 鸡粪与桃枝按照 1:2.5 和 1:5 的质量添加比例的处理较习惯处理产生的氨气排放总量减少, 且均差异显著, 鸡粪与桃枝按照 1:1 的质量添加比例的处理较习惯处理产生的氨气排放总量减少, 且均无显著差异, 说明鸡粪与桃枝添加比例达到 1:2.5 ~ 1:5, 堆肥产生的氨气排放总量较鸡粪与金针菇菇渣(习惯堆肥)产生的氨气显著减少。

(2) 堆肥习惯处理 50% 水分和 60% 水分的氮损失率分别为 14.3% 和 23.5%, 说明堆肥水分从 50% 增加为 60%, 水分增加 10%, 氮损失率增加约 10%, 水分是堆肥氮损失多少的重要因素之一。造成这一现象的原因可能有两个方面: 一方面可能是由于随着含水量的增加, 堆肥中水溶性铵根离子更多的溶解于水中, 随着水蒸气的挥发更容易以氨气的形式排出; 另一方面可能是由于随着含水量的增加, 堆体中的空隙被水占据的比例会增大, 导致堆体中样品的比例会减少, 形成局部的厌氧状况, 导致氨气的排放增加。建议鸡粪与桃枝

堆肥中含水率控制在 50% ~ 60% 为宜, 以减少氮损失。

(3) 除处理 1-3 与处理 1-4 的 N 排放损失率无显著差异外, 其余处理的 N 排放损失率均有显著差异, 说明随着桃枝添加比例的增加, N 排放损失率显著减少, 减少比例与桃枝添加比例成正相关。处理 1-1 与处理 1-3, N 损失率由 14.32% 减少 6.83%; 处理 2-1 与处理 2-3 比较, N 损失率由 23.54% 减少为 10.27%, 不同含水率条件下鸡粪与桃枝添加比例达到 1:2.5 时的 N 损失率较习惯处理分别减少 7.40% 和 13.27% 且差异显著, 说明调节 C/N 是有效控制堆肥氨气排放的重要手段之一<sup>[15-18]</sup>。

(4) 鸡粪与桃枝添加比例为 1:2.5 和 1:5 时, 不同水分处理的氨气排放总量差异均不显著, 50% 水分处理的 N 损失率差异也不显著, 只有 60% 水分处理的 N 损失率差异显著, 这可能是由于当鸡粪与桃枝添加比例达到并超过 1:2.5 时, N 元素在堆肥中的比例大幅减少, 因此产生的氨气总量变化不明显造成的。

结合以上 4 点结论, 考虑到对鸡粪的实际利用率和氨气对空气的污染, 建议鸡粪与桃枝的比例控制在 1:2.5 左右为宜。

### 3.2 堆肥温度监测结果分析

堆肥过程温度需要经过3个阶段,即升温阶段、高温阶段和降温阶段,其中高温阶段是最为重要的环节<sup>[19-21]</sup>。本文设计的温度监测系统中温度监测探头分别放置在罐体1/3和2/3处,随着堆肥

发酵时间的增加,两处温度分别代表堆体临近表面和堆体内部的温度,本文取每天9:00和15:00堆肥罐中两温度探头测量的平均值代表堆肥当天整体温度,研究堆肥主发酵过程中堆体温度的变化。本文方案一和方案二堆肥温度变化趋势见图4、图5。

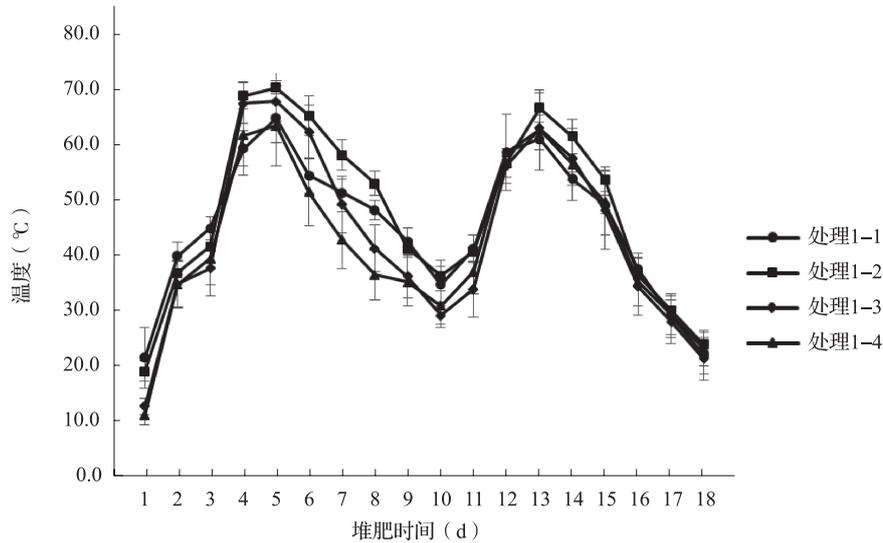


图4 方案一堆肥主发酵期堆肥温度变化趋势

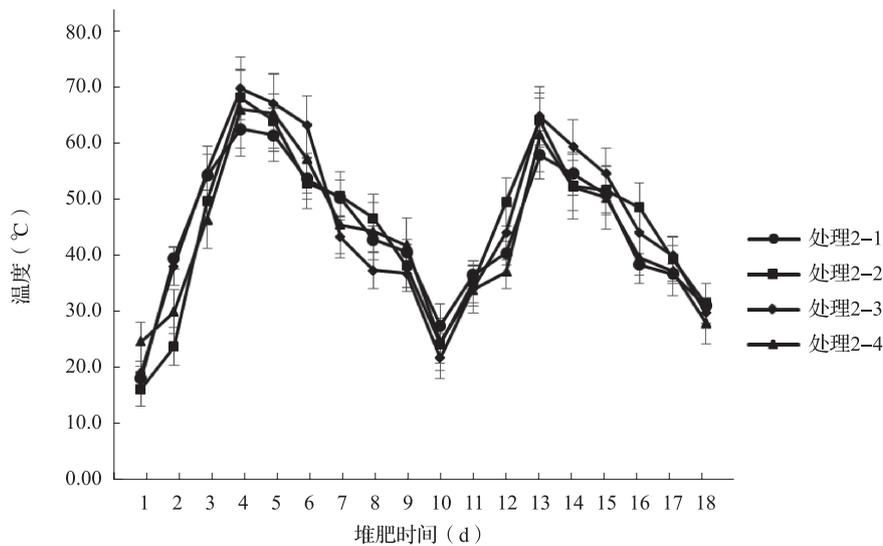


图5 方案二堆肥主发酵期堆肥温度变化趋势

由图4、图5可以看出,所有堆肥处理均表现出相似的温度变化趋势,即堆肥前4d升温速度很快,堆肥第4~5d温度达到最高,最高值在65~70℃之间,随后温度逐渐下降,堆肥第11d温度达到堆肥过程中的最低点,在20~35℃之间,随后温度迅速升高,在第13d达到另一个高峰,之后逐渐降低。从所有处理的温度趋势图来看,堆肥主发酵期堆肥温度变化与堆肥过程中氨气的排放量

变化趋势一致。氨气的两次最大排放量分别出现在第4和第13d左右,与温度的最高值基本在同一时间段。第10d温度较附近温度明显偏低的原因是由于堆肥第10d的翻堆造成堆体温度趋于外界环境温度(20℃)。方案一较方案二,在第10d的温度相差近10℃,可能是由于方案二中水分含量较方案一偏高,导致在翻堆过程中水蒸气带走的热量较方案一要多。

### 3.3 堆肥产品质量评价

对堆肥主发酵期 18 d 的堆肥产品进行质量评价, 按照 NY 525-2012《有机肥料》标准规定的方法进行检测, 本文以推荐的处理 2-3 (60% 含水率, 鸡粪与桃枝按照 1:2.5 的质量添加) 的检测结果为, 检测结果见表 7。

由表 7 可以看出, 处理 2-3 (60% 含水率, 鸡粪与桃枝按照 1:2.5 的质量添加) 的堆肥质量符合

有机肥料标准, 达到肥料腐熟要求, 可以用于农业生产。表 7 中 pH 和水分结果在标准规定的上限, 因此, 随着堆肥时间的增加, 堆肥质量会进一步提高。其他处理在堆肥 18 d 的检测结果基本达到或接近 NY 525-2012《有机肥料》规定的有机肥料相关指标, 随着堆肥时间的增加, 所有处理也全部符合有机肥料标准。

表 7 处理 2-3 堆肥 18 d 堆肥产品质量评价

序号	检验项目名称	单位	标准值	检验结果	单项判定
1	有机质的质量分数 (以干基计)	%	≥ 45	77	合格
2	总氮 (N) 的质量分数 (以干基计)	%	—	1.66	—
3	磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 的质量分数 (以干基计)	%	—	2.45	—
4	钾 (K <sub>2</sub> O) 的质量分数 (以干基计)	%	—	1.97	—
5	总养分 (N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +K <sub>2</sub> O) 的质量分数 (以干基计)	%	≥ 5.0	6.1	合格
6	水分 (鲜样) 的质量分数	%	≤ 30	30	合格
7	酸碱度 (pH)		5.5 ~ 8.5	8.5	合格
8	总镉 (Cd) (以干基计)	mg/kg	≤ 3	0	合格
9	总铬 (Cr) (以干基计)	mg/kg	≤ 150	0	合格
10	总铅 (Pb) (以干基计)	mg/kg	≤ 50	1	合格
11	总汞 (Hg) (以干基计)	mg/kg	≤ 2	0	合格
12	总砷 (As) (以干基计)	mg/kg	≤ 15	2	合格
13	粪大肠菌群数	个/g	≤ 100	<30	合格
14	蛔虫卵死亡率	%	≥ 95	未检出	合格

## 4 结论

通过对上述两个实验方案的结果进行分析, 得出如下结论:

(1) 鸡粪与金针菇渣堆肥处理的氨气主发酵时间较鸡粪与桃枝处理提前 1 d。鸡粪与桃枝添加比例达到 1:2.5 ~ 1:5, 堆肥产生的氨气排放总量较鸡粪与金针菇渣 (习惯堆肥) 产生的氨气显著减少。

(2) 堆肥习惯处理 50% 水分和 60% 水分的氮损失率分别为 14.3% 和 23.5%, 说明堆肥水分从 50% 增加为 60%, 水分增加 10%, 氮损失率增加约

10%, 水分是堆肥氮损失多少的重要因素之一。建议鸡粪与桃枝堆肥中含水率控制在 50% ~ 60% 为宜, 以减少氮损失。

(3) 随着桃枝添加比例的增加, N 排放损失率显著减少, 减少比例与桃枝添加比例成正相关。不同含水率条件下鸡粪与桃枝添加比例达到 1:2.5 时的 N 损失总量较习惯处理分别减少 7.5% 和 13.2% 且差异显著, 说明调节 C/N 是有效控制堆肥氨气排放的重要手段之一。

(4) 考虑到对鸡粪的实际利用率和氨气对空气的污染, 建议鸡粪与桃枝的比例控制在 1:2.5 左右为宜。

(5) 堆肥主发酵期堆肥温度变化与堆肥过程中氨气的排放量变化趋势一致。

### 参考文献:

- [1] Mao I F, Tsai C J, Shen S H, et al. Critical components of odors in evaluating the performance of food waste composting plants [J]. *Science of the Total Environment*, 2006, 370 (2-3): 323-329.
- [2] Wathes C M, Demmers T G M, Teer N, et al. Production responses of weaned pigs after chronic exposure to airborne dust and ammonia [J]. *Animal Science*, 2004, 78 (1): 87-98.
- [3] Tiquia S M, Tam N F. Fate of nitrogen during composting of chicken litter [J]. *Environmental Pollution*, 2000, 110 (3): 535-541.
- [4] Tiquia S M, Richard T L, Honeyman M S. Carbon, nutrient, and mass loss during composting [J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2002, 62 (1): 15-24.
- [5] 姚红艳. 有机废弃物堆肥处理保氮技术研究 [J]. *农业与技术*, 2015, (9): 19-21.
- [6] 张玉兰, 孙彩霞, 段争虎, 等. 堆肥原位保氮技术研究进展 [J]. *土壤通报*, 2010, 41 (4): 1000-1004.
- [7] Fukumoto Y, Osada T, Hanajima D, et al. Patterns and quantities of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions during swine manure composting without forced aeration—effect of compost pile scale [J]. *Bioresource Technology*, 2003, 89 (2): 109-114.
- [8] Shen Y, Ren L, Li G, et al. Influence of aeration on CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub> emissions during aerobic composting of a chicken manure and high C/N waste mixture [J]. *Waste Management*, 2011, 31 (1): 33-38.
- [9] 魏洪飞. 基于氮素损失原位控制和渗滤液零排的厨余垃圾堆肥技术参数 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2011.
- [10] Jiang T, Schuchardt F, Li G, et al. Effect of C/N ratio, aeration rate and moisture content on ammonia and greenhouse gas emission during the composting [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2011, 23 (10): 1754-1760.
- [11] Velascovelasco J, Parkinson R, Kuri V. Ammonia emissions during vermicomposting of sheep manure [J]. *Bioresource Technology*, 2011, 102 (23): 10959-10964.
- [12] Jeong Y K, Kim J S. A new method for conservation of nitrogen in aerobic composting processes [J]. *Bioresource Technology*, 2001, 79 (2): 129-133.
- [13] Malińska K, Golańska M, Caceres R, et al. Biochar amendment for integrated composting and vermicomposting of sewage sludge—The effect of biochar on the activity of *Eisenia fetida* and the obtained vermicompost [J]. *Bioresource Technology*, 2017, 225: 206-214.
- [14] 裴丽荣. 北京市循环农业发展方向探析——以平谷区为例 [J]. *农业展望*, 2017, (11): 99-104.
- [15] 秦莉, 沈玉君, 李国学, 等. 不同 C/N 比对堆肥腐熟度和含氮气体排放变化的影响 [J]. *农业环境科学学报*, 2009, 28 (12): 2668-2673.
- [16] 黄向东, 韩志英, 石德智, 等. 畜禽粪便堆肥过程中氮素的损失与控制 [J]. *应用生态学报*, 2010, 21 (1): 247-254.
- [17] 赵建荣, 高德才, 汪建飞, 等. 不同 C/N 下鸡粪麦秸高温堆肥腐熟过程研究 [J]. *农业环境科学学报*, 2011, 30 (5): 1014-1020.
- [18] Garcia C, Hernandez T, Costa F, et al. Evaluation of the maturity of municipal waste compost using simple chemical parameters [J]. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1992, 23 (13-14): 1501-1512.
- [19] 魏自民, 李英军, 席北斗, 等. 三阶段温度控制接种法对堆肥有机物质变化影响 [J]. *环境科学*, 2008, 29 (2): 540-544.
- [20] 郑国砥, 高定, 陈同斌, 等. 污泥堆肥过程中氮素损失和氨气释放的动态与调控 [J]. *中国给水排水*, 2009, 25 (11): 121-124.
- [21] 白帆, 王晓昌. 粪便好氧堆肥过程中温度对有机物的降解和氮的保持特性影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2011, (3): 68-71.

### Study on ammonia emission from composting under different moisture and material ratios

TIAN Ye, LIU Shan-jiang\*, CHEN Yi-shan (Institute of Plant Nutrition and Resource, Beijing Academy of Agriculture and Forest Science, Beijing 100097)

**Abstract:** Based on the agricultural production situation in Beijing, the representative chicken manure, *flammulina velutipes* mushroom residual and peach branch around Beijing were selected as the research objects of composting, aerobic composting using laboratory composting simulation device was carried out to study the ammonia emission from composting and its regularity. The results showed that, the content of compost moisture increased from 50% to 60%, and the nitrogen loss rate increased by about 10%, the reduction ratio of ammonia emission per unit mass compost was positively correlated with the addition ratio of peach branches. It is suggested that the ratio of chicken manure to peach branches should be controlled at 1:2.5 and the content of moisture should be controlled at 50% ~ 60% in order to reduce ammonia emission and nitrogen loss during composting.

**Key words:** compost; ammonia emission; peach branch; moisture