

# 肉雞雞糞墊料堆肥化過程溫室氣體產量<sup>(1)</sup>

程梅萍<sup>(2)</sup> 鄭閔謙<sup>(2)</sup> 廖仁寶<sup>(3)</sup> 蕭庭訓<sup>(2)(4)</sup>

收件日期：105 年 6 月 15 日；接受日期：105 年 9 月 29 日

## 摘 要

本試驗旨在探討送風量對肉雞之雞糞墊料堆肥處理產生之溫室氣體量之影響，提出溫室氣體排放係數及減低排放量之策略。試驗於箱型送風式堆肥舍堆置白肉雞雞糞墊料，送風時間分別為 3、0.5 及 0 min/hr，堆置期間每日記錄堆肥中心溫度，每週測量 3 次溫室氣體產量，分析堆肥樣品成分 1 次。由堆肥上部空間氣體濃度分析結果估算，氧化亞氮排放係數分別為 0.62、1.27 及 1.23%  $N_2O-N/\text{initial N}$ ，甲烷排放係數則分別為 1.59、1.96 及 2.04%  $CH_4-C/\text{initial C}$ ，有送風量愈高甲烷排放係數愈低的趨勢。排放之甲烷、氧化亞氮及電力消耗，換算為二氧化碳當量分別為 0.32、0.43 及 0.42 kg/kg initial dry matter，送風 3 min/hr 可以減少排放 24% 二氧化碳當量。

關鍵詞：雞糞墊料、堆肥、溫室氣體。

## 緒 言

依據行政院環境保護署我國國家通訊第 2 版，臺灣 2008 年農業部門溫室氣體排放為 11,474 千公噸二氧化碳當量，其中以畜牧腸胃發酵排放占 4.24%，畜牧排泄物處理排放占 4.34%。畜牧排泄物處理甲烷排放，主要來自有機物之厭氧分解，占農業部門排放量之 28.32%；氧化亞氮則來自含氮化合物之好氧或厭氧分解，僅占農業部門排放量之 0.47% (行政院環境保護署，2011)

肉雞之雞糞墊料產量與墊料、種類、用量及墊料重複使用次數、飼料效率等因素相關，肉雞產生之雞糞墊料乾物質重量約 0.7 – 2.0 kg/bird (Bolan *et al.*, 2010)。國外研究指出 1000 隻白肉雞產生 1.1 – 1.4 公噸 (1.1 – 1.4 kg/bird) 雞糞墊料 (Collins, 1996)。我國的調查資料則指出：紅羽及黑羽土雞雞糞墊料乾物質產出量分別為 1.27 kg/bird 及 1.05 kg/bird (程等，2015)。而雞糞之處理與再利用方式主要以堆肥化生產有機肥、厭氧消化 (anaerobic digestion) 產生沼氣 (biogas) 及直接燃燒發電為主，惟運輸成本為集中處理之限制因素 (Kellerher *et al.*, 2002)。堆肥化處理具有可分散處理之優勢，但是堆肥化過程中有氮素及其他營養源損失、設施損耗、人力及臭味等問題 (Sweeten, 1988)。含木屑 (wood shavings) 雞糞強制送風堆肥化過程，氮損失超過 59% (Tiquia and Tam, 2000)；在好氧及厭氧雞糞堆肥化過程中，氮損失分別為 50 及 26%，其中只有 17% 及 < 1% 是以氨 (ammonia) 型態揮發，因此脫氮 (denitrification) 作用應為損失主要途徑 (Mahimairaja *et al.*, 1994)。相較於連續送風，以間歇送風方式進行堆肥化，可降低溫室氣體排放 (Keener *et al.*, 2001)。以雞糞：稻殼：米糠：廢菇包體積比 5：1：1：3 混合進行強制送風，送風量 3 m<sup>3</sup>/min，每 30 min 送風 17 min，2 – 3 天翻堆一次，未接種氨氧化菌 (ammonia oxidizing bacteria, AOB) 者，45 天堆肥化期間，總氮以 17.95% 以氨型態揮發，8.73% 以氧化亞氮型態揮發 (Xie *et al.*, 2012)。

然而，堆肥化處理過程中溫室氣體排放量，亦受到堆肥型態、碳氮比 (C/N)、水分、通氣 (aeration) 程度等因素之影響 (Brown *et al.*, 2008; Ahn *et al.*, 2011)。而豬糞以強制送風、自然通風及翻堆方式較靜置堆積排放之甲烷與氧化亞氮換算為二氧化碳當量 (CO<sub>2</sub>eq)，分別為 0.14、0.24 及 0.59 倍 (Park *et al.*, 2011)，即強制送風對於堆肥過程中溫室氣體排放之減量效果最佳，惟該研究未提出強制送風所消耗電力換算為二氧化碳當量之數據。由於甲烷與氧化亞氮是在有機物質進行厭氧分解時甲烷化 (methanogenesis) 與脫硝 (denitrification) 作用的產物，以上之文獻皆提出畜牧

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2510 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所經營組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所遺傳育種組。

(4) 通訊作者，E-mail：hsiaosir@mail.tlri.gov.tw。

排泄物處理時，以好氧方式處理並且強制送風可以減少溫室氣體排放量。但送風過程中，所消耗之動力(電力或油料)所產生之溫室氣體應評估在內。因此，若計算動力，強制送風方式是否仍能減少溫室氣體排放量，仍有待評估。

本研究擬探討送風量對肉雞之雞糞墊料堆肥處理產生之溫室氣體量之影響，提出適當之送風量供參考。

## 材料與方法

### I. 材料來源與規格

收集雲林縣某商業白肉雞場白肉雞出售後之雞糞墊料，其組成為雞糞與稻殼，每組約 1,145 kg (1,026 隻白肉雞產生) 加水 504 kg 混合，於箱型送風式堆肥舍 (寬 197 × 長 291 cm) 堆置製作堆肥。

### II. 試驗設計

試驗分為 1、2、3 三組，送風時間分別為每小時 0.5 分鐘、3 分鐘及 0 分鐘，送風量為 800 L/min。堆置期間每日記錄堆肥中心溫度，每週測量 3 次堆肥上部空間氣體甲烷與氧化亞氮濃度。另外，每週量測堆肥高度並以採樣器採取 6 處堆肥樣品混合後，分析其成分。採取堆肥樣品分析 pH、電導度、水分、灰分、總氮、總磷及有機碳等。甲烷與氧化亞氮採樣方式為在堆肥表面放置採氣罩 (長 30 × 寬 30 × 高 60 cm)，採氣罩底部插入堆肥表層 1 cm，1 小時後分別由採樣口抽取氣體樣品 50 mL，送回實驗室進行氣體成分分析。由堆肥上部空間氣體之甲烷與氧化亞氮濃度，估算堆肥於發酵期間產生之甲烷與氧化亞氮總量。其計算方式為：

$$\text{排放總量} = \sum \text{濃度 (mg/m}^3\text{)} \times \text{採樣器體積 (m}^3\text{)} \times \text{堆肥面積} / \text{採樣面積} \times \text{發酵時數} / \text{採樣時數}$$

### III. 分析方法

#### (i) 氣體成分分析

甲烷以氣相層析儀 GC-FID (Varian CP3400, CA, USA) 定量分析，分析條件注射器 150°C、管柱 120°C、偵測器 150°C，攜帶氣體為氮氣。氧化亞氮以氣相層析儀 GC-ECD (Varian CP3800, CA, USA) 定量分析，分析條件注射器 100°C、管柱 80°C、偵測器 200°C，攜帶氣體為 P10 (程, 2012)。氮氣以北川式檢知管 (光明理化，東京，日本) 測定之。

#### (ii) 堆肥成分分析

堆肥樣品以 55°C 烘乾磨粉後，取 1 g 加 10 mL 蒸餾水混勻，1 小時後以 pH 計 (THM210, Radiometer) 及攜帶式電導度計 (Winlab) 測定酸鹼值及電導度。水分含量以常壓乾燥法 (105°C)；灰分以乾灰化法 (600°C 燃燒 4 小時)；總氮以凱式法 (regular Kjeldahl method, Bremner and Mulvaney, 1982)；總有機碳以總有機碳分析儀 (Total Carbon Analyzer, multi-EA4000, Analytik jena, Germany) 分析之。

## 結果與討論

### I. 不同送風量肉雞雞糞墊料堆肥發酵情形

白肉雞雞糞墊料堆肥堆置後第 3 天達最高溫，第 1、2 及 3 組分別為 68、68 及 63°C，送風有助於提高起始堆肥發酵溫度 (圖 1)。在第 22 天各組溫度皆已降至 50°C 以下，進行翻堆後，各組溫度皆達 67°C 高峰，而後溫度開始下降，至第 37 天進行第 2 次翻堆，翻堆後最高溫第 1、2 及 3 組分別為 58、50 及 65°C，且第 1、2 組溫度快速下降至 40°C，此結果可判斷，第 1、2 組分解作用已趨向穩定，僅未送風之第 3 組仍在快速發酵期。第 63 天進行第 3 次翻堆，第 2 組已無明顯溫升，第 1 組則溫度略升至 38°C，第 3 組仍可達 58°C 高溫。因此，第 78 天僅進行第 1、3 組的第 4 次翻堆，第 2 組則結束發酵試驗，翻堆後，第 1 組已無明顯溫升，第 3 組最高溫至 50°C，第 93 天結束堆肥化試驗。堆肥堆置時，3 組堆肥高度皆為 56 cm，第 7 天高度下降為 48 – 50 cm，其後堆肥高度呈現緩慢下降趨勢。

由堆肥成分變化的情形 (圖 2) 可看出，堆肥發酵第 1 週 pH 值下降、EC 上升，而後 pH 值呈上升趨勢。水分含量在堆肥化過程中逐步降低，第 2 次翻堆 (37 天) 前水分含量下降速率較快，由起始約 50% 下降至約 30%，至試驗結束，水分含量約為 25%。堆肥乾物質中有機質 (OM) 含量由起始約 76% 下降至 68%；總磷 (Total P) 有上升之趨勢；碳氮比 (C/N) 在堆肥化前後則無明顯之變化，皆為 12 左右。而以固液分離後之豬糞製作堆肥未添加其他調整材，起始之碳氮比約為 18，堆肥化過程中比值會下降至 10 – 12 (程等, 2012)。雞糞墊料起始之碳氮比較低，未添加含碳較高之調整材，則碳氮比未下降，因此碳氮的損失相近 (表 2)。

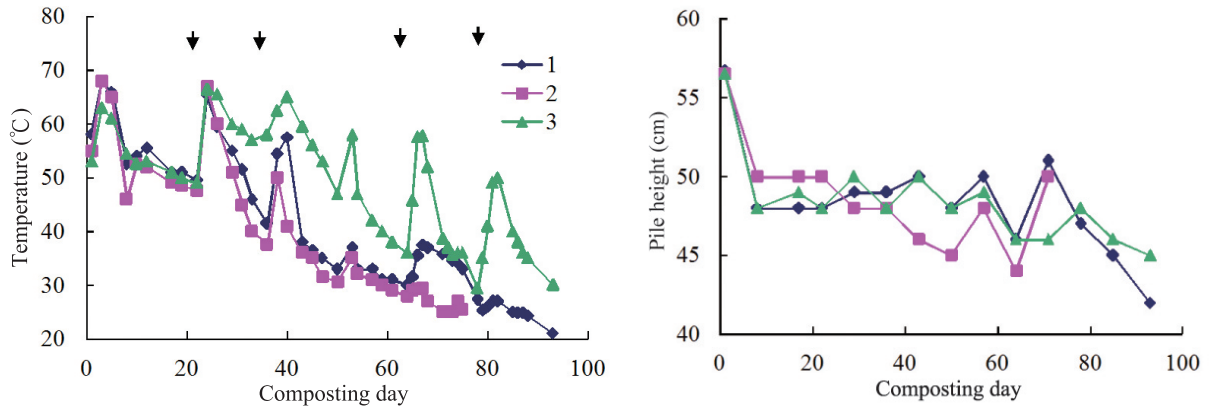


圖 1. 白肉雞雞糞墊料堆肥溫度與高度變化圖 (標示箭頭處為翻堆日)。

Fig. 1. The temperature and height of the piles during composting of broiler litter (A naos indicate the day of turning compost mass).

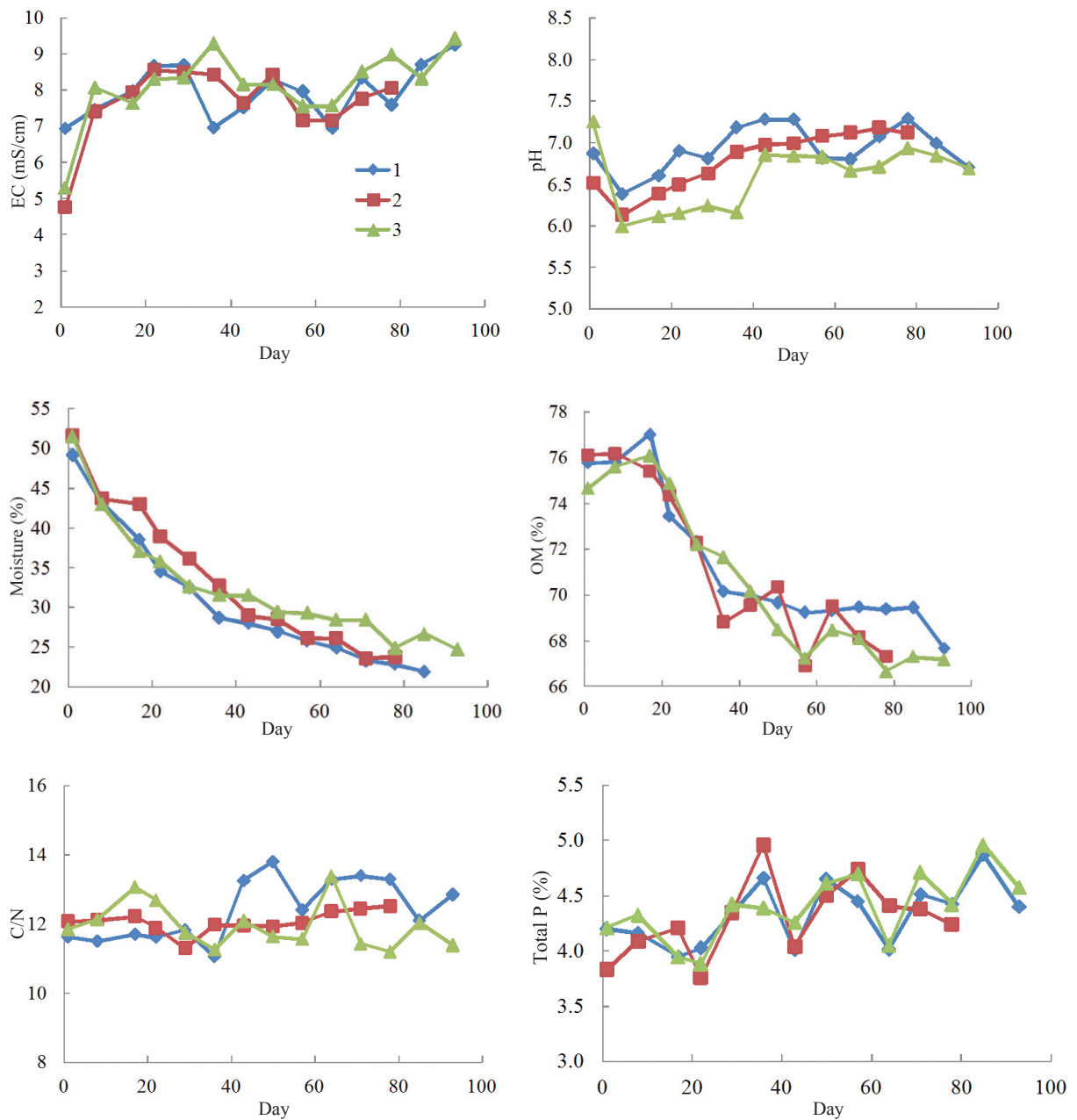


圖 2. 肉雞雞糞墊料堆肥期間成分變化圖。

Fig. 2. Components changes during composting process of broiler litter.

## II. 不同送風量肉雞雞糞墊料堆肥溫室氣體排放量

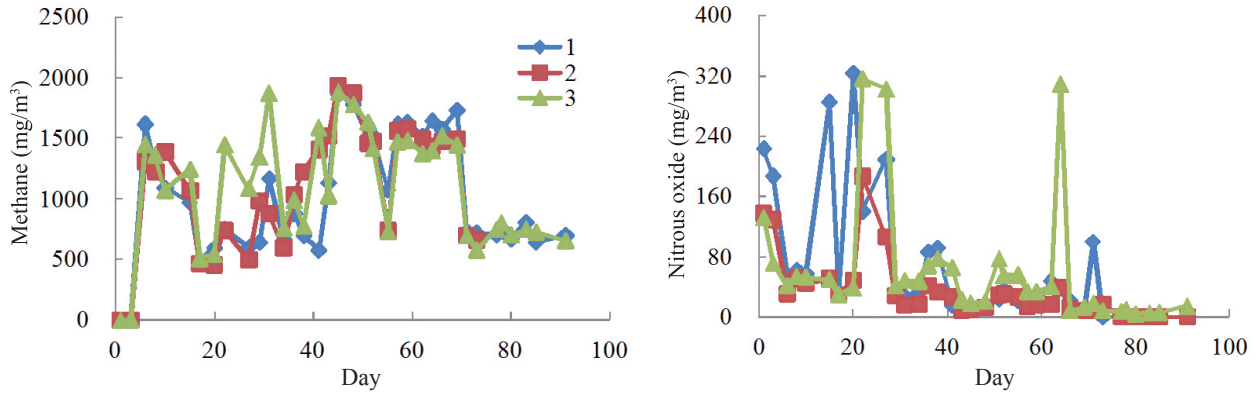


圖 3. 肉雞雞糞墊料堆肥期間上部空間氣體之氧化亞氮及甲烷濃度。

Fig. 3. The nitrous oxide and methane concentrations of the headspace gas during composting process of broiler litter.

由肉雞雞糞墊料堆肥上部空間氣體之甲烷濃度 (圖 3) 可知, 第 1 次翻堆前甲烷濃度高峰為約  $1,500 \text{ mg/m}^3$  各組差異不大, 第 1 至 2 次翻堆期間 (第 22 – 37 天), 第 3 組甲烷濃度較高, 高峰約為  $1,870 \text{ mg/m}^3$ , 第 1、2 組則分別為  $1,180$  及  $980 \text{ mg/m}^3$ 。第 2 至 3 次翻堆期間 (第 38 – 63 天), 第 1、2 組堆肥化已趨穩定, 而第 3 組則仍於快速發酵期 (圖 1), 然而其甲烷濃度則無明顯差異 (圖 2)。由白肉雞雞糞墊料堆肥上部空間氣體之氧化亞氮濃度 (圖 3) 可知, 肉雞雞糞墊料堆肥上部空間氣體氧化亞氮濃度最高值約為  $330 \text{ mg/m}^3$  (圖 3)。第 1 次翻堆前第 1 組較其他組有較高的氧化亞氮濃度; 第 1 至 2 次翻堆期間 (第 22 – 37 天), 第 3 組濃度較高。不同送風時間之肉雞雞糞墊料堆肥發酵期間, 上部空間氣體甲烷與氧化亞氮濃度差異不大 (圖 3)。第 20 至 35 天期間, 第 3 組較其他 2 組有較高之甲烷濃度。堆肥化第 2 天, 第 1 組較其他組有較高的氧化亞氮濃度。第 3 次翻堆後第 2 組氧化亞氮低於其他組; 第 4 次翻堆後第 3 組氧化亞氮高於其他組。

由肉雞雞糞墊料堆肥上部空間氣體之甲烷與氧化亞氮濃度 (圖 3) 估算堆肥於發酵期間產生之溫室氣體總量。計算結果在堆肥期間 3 組之甲烷總量分別為  $7.51$ 、 $6.54$  及  $8.12 \text{ kg}$  (表 1), 即為  $9.37$ 、 $8.00$  及  $9.93 \text{ g/kg initial dry matter}$ , 第 2 組低於其他組; 氧化亞氮量分別為  $0.51$ 、 $0.25$  及  $0.47 \text{ kg}$ , 即為  $0.64$ 、 $0.30$  及  $0.58 \text{ g/kg initial dry matter}$ , 第 2 組亦低於其他組。而將送風所消耗電力以 1 度電產生  $0.612 \text{ kg}$  二氧化碳當量 (經濟部能源局, 2011) 計算, 3 組試驗期間排放二氧化碳當量, 分別為  $0.43$ 、 $0.32$  及  $0.42 \text{ kg/kg initial dry weight}$ , 第 2 組雖所耗電力較多, 但總體二氧化碳排放當量低於其他組。此結果表示肉雞雞糞墊料堆肥送風  $0.5 \text{ min/hr}$  不足以減少溫室氣體排放, 而送風  $3 \text{ min/hr}$  每公斤乾雞糞墊料產生  $0.86 \text{ kg/kg}$  二氧化碳當量 (含電力消耗) 未送風者每公斤乾雞糞墊料產生  $0.67 \text{ kg/kg}$  二氧化碳當量, 相較之下送風  $3 \text{ min/hr}$  可以減少排放  $24\%$  二氧化碳當量。

表 1. 不同送風時間肉雞雞糞墊料堆肥於發酵期間產生溫室氣體總量估算

Table 1. Estimated amounts of GHG production during composting processes of broiler litter with various aeration condition

Pile	Aeration	Power consumed	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> eq <sup>1</sup>	CH <sub>4</sub> <sup>2</sup>	N <sub>2</sub> O <sup>2</sup>
	min/hr	kWh	----- kg/pile -----	-----	kg/kg	g/bird/life cycle	
1	0.5	7.8	7.51	0.51	0.84	7.81	0.53
2	3	46.4	6.54	0.25	0.67	6.15	0.23
3	0	0	8.12	0.47	0.86	7.68	0.45

<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>eq = (power × 0.612 kg + CH<sub>4</sub> / 16 × 44 × 25 + N<sub>2</sub>O × 298) / initial dry weight; where, global warming potential 1 mole CH<sub>4</sub> = 25 mole CO<sub>2</sub>eq, 1 mole N<sub>2</sub>O = 298 mole CO<sub>2</sub>eq.

<sup>2</sup> calculated by 1.12 kg of broiler litter produced during the life cycle of one bird.

豬糞堆肥同樣以  $3$ 、 $0.5$  及  $0 \text{ min/hr}$  (風量為  $1,000 \text{ L/min}$ ) 間歇送風處理, 試驗期間 103 天總計排放二氧化碳當量, 換算為每公斤乾豬糞產生之二氧化碳當量分別為  $0.15$ 、 $0.20$  及  $0.63 \text{ kg/kg initial dry weight}$  (程等, 2012); 本試驗雞糞墊料堆肥產生之二氧化碳當量  $0.32$ 、 $0.43$  及  $0.42 \text{ g/kg initial dry weight}$  較豬糞堆肥高, 比較其甲烷排放量為  $9.48$ 、 $5.20$  及  $23.4 \text{ g/kg initial dry weight}$  與本試驗  $8.00$ 、 $9.37$  及  $9.93 \text{ g/kg initial dry weight}$  差距不大,

然而其氧化亞氮排放量為 0.07、0.19 及 0.15 g/kg initial dry weight，較本試驗 0.64、0.30 及 0.58 g/kg initial dry weight 低，推測其原因為豬糞堆肥起始之碳氮比約為 18，雞糞墊料堆肥起始之碳氮比 12，雞糞墊料中含氮量相對較高，氮之損失較高。研究指出，雞糞墊料以木屑調整碳氮比至 20 及 25，以靜置堆肥法每 2 – 6 天翻堆一次，結果其總氮損失率分別為 85.90% 及 80.33%，有顯著差異 (Ogunwande *et al.*, 2008)。豬糞以玉米穗軸 (cornstalk) 調整碳氮比至 15、18 及 21，並以 60 L 堆肥裝置 (composting vessel) 進行小型送風堆肥試驗，結果低碳氮比顯著造成較高的氨氮及甲烷排放，但對氧化亞氮之排放影響則不顯著 (Jiang *et al.*, 2011)。

### III. 雞糞墊料堆肥化期間乾物質及碳氮損失率

本試驗堆肥期間第 1、2 及 3 組乾物質損失率分別為 15.7、18.9 及 15.3%，總氮損失率分別為 34.1、29.5 及 18.6%，總有機碳損失率分別為 24.5、29.1 及 24.2% (表 2)。而以堆肥起始含氮量計算，僅 1.12 – 1.34% 以氨氮型態揮發，0.62 – 1.27% 以氧化亞氮型態排放至大氣中；以起始含碳量計算，僅 1.59 – 2.04% 以甲烷型態排放至大氣中。

表 2. 白肉雞雞糞墊料堆肥期間氮碳損失率及溫室氣體排放係數

Table 2. Carbon and nitrogen loss rate and GHG emission factors during the composting process of broiler litter

Pile	DM	TN	TOC	NH <sub>3</sub> -N	N <sub>2</sub> O-N	CH <sub>4</sub> -C
	----- loss % -----			----- EF % <sup>1</sup> -----		
1	15.7	34.1	24.5	1.34	1.27	1.96
2	18.9	29.5	29.1	1.18	0.62	1.59
3	15.3	18.6	24.2	1.12	1.23	2.04

<sup>1</sup> Emission factor (EF): nitrogen or carbon contents of accumulated the emission gas ÷ initial nitrogen or carbon of the composting material.

以送風的方式提供氧氣，可以提高有機質的分解率，但太高的送風量，使堆肥高溫期縮短，反而影響有機質之分解；雞糞加木屑碳氮比調整至 28，堆肥化過程中強制送風，送風量 0.3、0.5 及 0.7 L/min/kg organic matter (OM) 時，有機質損失率分別為 14.0、15.4 及 12.8% (Gao *et al.*, 2010)。相較於該試驗，本試驗總有機碳損失率 (24.2 – 29.1%) 較高，應為雞糞墊料未加木屑調整，起始堆肥所含之總有機碳及有機質，多來自較木屑易分解之雞糞所致。而本試驗送風量較高的第 2 組總有機碳及乾物質損失最多，此結果則與上述試驗相符。而以間歇送風 (30 min-on/30 min-off) 於 60 L 之醱酵槽，送風量分別為 0.01、0.1 及 0.2 m<sup>3</sup>/min/m<sup>3</sup> 進行雞糞、玉米穗軸及乾草混合 (碳氮比 20) 堆肥化，結果總有機碳損失率分別為 24.30、51.47 及 45.77%；乾物質損失分別為 17.89、35.34 及 33.04%；總氮損失率分別為 1.74、14.65 及 24.93%，低送風量組無法產生 50°C 以上高溫，使得有機碳及乾物質損失最低 (Shen *et al.*, 2011)。相較之下，本試驗未送風及低送風量組因有進行翻堆而可達高溫，且兩者之間有機碳及乾物質損失率無差異 (15.3 vs. 15.7% 及 24.3 vs. 24.5%)，然而高送風量產生較高之有機碳及乾物質損失率 (18.9% 及 29.1%)，此結果亦與上述文獻相符。此外，在總氮損失率方面，以對總氮之損失較高，由本試驗結果間歇送風 3、0.5 及 0 min/hr 之結果，總氮損失率分別為 29.5、34.1 及 18.6%，顯示送風 (好氧) 會提高總氮損失率，此結果與 Mahimairaja *et al.* (1994) 在好氧與厭氧雞糞堆肥化過程中，氮損失分別為 50 及 26% 結果相同。

### IV. 雞糞墊料堆肥化期間溫室氣體排放係數

本試驗之雞糞墊料堆肥以 3、0.5 及 0 min/hr 間歇送風處理，甲烷中碳 (CH<sub>4</sub>-C) 排放係數則分別為 1.59、1.96 及 2.04%，送風量愈高甲烷排放係數愈低的趨勢。然而，豬糞堆肥相同送風時間時，估算甲烷排放係數 (emission factor, EF) 分別為 0.22、1.18 及 5.31%，甲烷中碳 (CH<sub>4</sub>-C) 排放係數則分別為 0.17、0.89 及 3.98% (程等, 2012)，亦有相同之趨勢；惟雞糞墊料堆肥以送風降低甲烷排放之效果較豬糞堆肥小。文獻指出，送風量 0.01、0.1 及 0.2 m<sup>3</sup>/min/m<sup>3</sup> 進行雞糞堆肥化，結果低送風量組甲烷及氧化亞氮濃度最高，其餘兩組無差異 (Shen *et al.*, 2011)。另有研究指出，豬糞混合木屑共 778.9 kg，水分約 68%，每 1 – 2 周翻堆一次，70 天堆肥期間甲烷排放係數 1.9 g CH<sub>4</sub>/kg OM (Fukumoto *et al.*, 2003)，估算甲烷中碳 (CH<sub>4</sub>-C) 排放係數約為 0.25%。此外，Brown *et al.* (2008) 整理多篇報告，其中豬糞、牛糞添加調整材堆肥化期間，甲烷的排放係數在 0.2 – 2.5% 之間，本試驗甲烷排放係數亦在此範圍之內。

本試驗之雞糞墊料堆肥分別以 3、0.5 及 0 min/hr 間歇送風處理，氧化亞氮中氮 (N<sub>2</sub>O-N) 排放係數分別為 0.62、

1.27 及 1.23%，氧化亞氮排放係數則分別為 0.97、1.99 及 1.93%；相同送風時間時豬糞堆肥氧化亞氮排放係數分別為 0.30、0.81 及 0.66%，氧化亞氮中氮 ( $N_2O-N$ ) 排放係數則分別為 0.19、0.51 及 0.42% (程等, 2012)，雞糞墊料堆肥之氧化亞氮排放係數較高，與雞糞墊料堆肥碳氮比較低有關。Chadwick *et al.* (2011) 整理多篇報告包括靜置與送風處理牛及豬糞堆肥化期間，氧化亞氮的排放係數在 0.1 – 4.3% 之間。Brown *et al.* (2008) 亦整理多篇報告，其中豬糞添加調整材堆肥化期間，氧化亞氮的排放係數在 0.1 – 4.6% 之間，本試驗氧化亞氮排放係數在這些文獻範圍以內。此外，本試驗氧化亞氮排放係數與 IPCC 值 (IPCC, 2006) 相近，即 IPCC 堆肥排放係數在有強制通風之堆肥化過程為 0.006 kg  $N_2O-N$ /kg N (0.6%)、未強制通風僅翻堆者為 0.01 kg  $N_2O-N$ /kg N (1%)；本試驗送風 3 min/hr 組則為 0.62%、未強制送風組為 1.23%。

## 結 論

箱型送風式堆肥舍堆置白肉雞雞糞墊料製作堆肥，送風時間 3、0.5 及 0 min/hr，氧化亞氮中氮 ( $N_2O-N$ ) 排放係數分別為 0.62、1.27 及 1.23%，與 IPCC 值相近，甲烷中碳 ( $CH_4-C$ ) 排放係數則分別為 1.59、1.96 及 2.04%，有送風量愈高甲烷排放係數愈低的趨勢。排放之甲烷、氧化亞氮及電力消耗，換算為二氧化碳當量分別為 0.32、0.43 及 0.42 kg/kg initial dry weight，送風 3 min/hr 則可以減少排放 24% 二氧化碳當量。

## 參考文獻

- 行政院環境保護署。2011。中華民國第二版國家通訊，臺北，臺灣。
- 經濟部能源局。2011。99 年我國電力排放係數。[http://www.moeaboe.gov.tw/promote/greenhouse/PrGHMain.aspx?PageId=pr\\_gh\\_list](http://www.moeaboe.gov.tw/promote/greenhouse/PrGHMain.aspx?PageId=pr_gh_list)
- 程梅萍、廖仁寶、李恒夫、蕭庭訓。2012。送風量對豬糞堆肥溫室氣體產量之影響。畜產研究 45(4)：319-326。
- 程梅萍、鍾承訓、蘇天明、洪靖崎、李春芳、蕭庭訓。2015。有色肉雞雞糞墊料產出量及組成。畜產研究 48(4)：288-296。
- Ahn, H. K., M. Mulbry, J. W. White and S. L. Kondrad. 2011. Pile mixing increases greenhouse gas emissions during composting of dairy manure. *Bioresour. Technol.* 102: 2904-2909.
- Bolan, N. S., A. A. Szogi, T. Chuasavathi, B. Seshadri, M. J. Rothrock Jr. and P. Panneerselvam. 2010. Uses and management of poultry litter. *World Poult. Sci. J.* 66: 673-698.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. in: *Method of Soil Analysis Part 2*. ed. A. L. Page. Academic Press. N.Y. pp. 610-616.
- Brown, S., C. Kruger and S. Subler. 2008. Greenhouse gas balance for composting operations. *J. Environ. Qual.* 37: 1396-1410.
- Chadwick, D., S. Sommer, R. Thorman, D. Fanguero, L. Cardenas, B. Amon and T. Misselbrook. 2011. Manure management: Implications for greenhouse gas emissions. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167: 514-531.
- Collins, E. 1996. Poultry Litter Management and Carcass Disposal. Fact Sheet No. 10. Virginia Cooperative Extension. <<http://www.ext.vt.edu/pubs/farmasyst/442-910/442-910.html>>(accessed 2015.04.16).
- Fukumoto, Y., T. Osada, D. Hanajima and K. Haga. 2003. Patterns and quantities of  $NH_3$ ,  $N_2O$  and  $CH_4$  emissions during swine manure composting without forced aeration - effect of compost pile scale. *Bioresour. Technol.* 89: 109-114.
- Gao, M., B. Li, A. Yub, F. Liang, L. Yang and Y. Sun. 2010. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. *Bioresour. Technol.* 101: 1899-1903.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. Emissions from livestock and manure management. in: *Agriculture, forest and other land use 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. S. Eggleston eds. Kanagawa Japan.
- Jiang, T., F. Schuchardt, G. Li, R. Guo and Y. Zhao. 2011. Effect of C/N ratio, aeration rate and moisture content on ammonia and greenhouse gas emission during the composting. *J. Environ. Sci.* 23: 1754-1760.
- Keener, H. M., D. L. Elwell, K. Ekincia and H. A. J. Hoitink. 2001. Composting and value-added utilization of manure from a swine finishing facility. *Compost Sci. Util.* 9: 312-321.

- Kelleher, B. P., J. J. Leahy, A. M. Henihan, T. F. O'Dwyer, D. Sutton and M. J. Leahy. 2002. Advances in poultry litter disposal technology - a review. *Bioresour. Technol.* 83: 27-36.
- Mahimairaja, S., N. S. Bolan, M. J. Hedley and A. N. Macgregor. 1994. Losses and transformation of nitrogen during composting of poultry manure with different amendments: An incubation experiment. *Bioresour. Technol.* 47: 265-273.
- Ogunwande, G. A., J. A. Osunade, K. O. Adekalu and L. A. O. Ogunjimi. 2008. Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency. *Bioresour. Technol.* 99: 7495-7503.
- Park, K. H., J. H. Jeon, K. H. Jeon, J. H. Kwag and D. Y. Choi. 2011. Low greenhouse gas emissions during composting of solid swine manure. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167 : 550-556.
- Shen, Y., L. Ren, G. Li, T. Chen and R. Guo. 2011. 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. *Waste Manag.* 31(1): 33-38.
- Sweeten, J. M. 1988. Composting manure and sludge, *Proc. Natl. Poultry Waste Management Symp.* Columbus, OH, pp. 38-44.
- Tiquia, S. M. and N. F. Y. Tam. 2000. Co-composting of spent pig litter and sludge with forced-aeration. *Bioresour. Technol.* 72: 1-7.
- Xie, K., X. Jia, P. Xu, X. Huang, W. Gu, F. Zhang, S. Yang and S. Tang. 2012. Improved composting of poultry feces via supplementation with ammonia oxidizing archaea. *Bioresour. Technol.* 120: 70-77.

# Greenhouse gas emission from the composting process of broiler litter<sup>(1)</sup>

Mei-Ping Cheng<sup>(2)</sup> Min-Chen Cheng<sup>(2)</sup> Ren-Bao Liaw<sup>(3)</sup> and Ting-Hsun Hsiao<sup>(2)(4)</sup>

Received: Jun. 15, 2016; Accepted: Sep. 29, 2016

The purpose of this study was to evaluate the green house gas emission factors (EF) and the effect of aeration condition on the EFs of the composting process of broiler litter and propose strategies for reducing GHG emission. The broiler litter was piled in the composting plants with 3, 0.5 and 0 min/hr of aeration, respectively. The composting temperature was recorded daily. The GHG from the compost was measured triple a week. The composition of compost was analyzed once weekly. Total amounts of the green house gases emitted during the composting processes were calculated by the GHG concentration of headspace gas of compost plants. The results showed the EFs of nitrous oxide were 0.62, 1.27 and 1.23% N<sub>2</sub>O-N/initial N and 1.59, 1.96 and 2.04% CH<sub>4</sub>-C/initial C, respectively. The more aeration time it was given, the less amount of methane emitted. Taking the power consumed into account, the total carbon dioxide equivalent of were 0.32, 0.43 and 0.42 kg/kg initial dry matter for the aeration condition of 3, 0.5 and 0 min/hr, respectively. The results of this study showed 3 min/hr of aeration could reduce 24% of the GHG from the broiler litter composting process.

Key words: Broilers litter, Compost, Greenhouse gas.

---

(1) Contribution No. 2510 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Animal Management Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan, 712, Taiwan, R.O.C.

(3) Animal Breeding Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan, 712, Taiwan, R.O.C.

(4) Corresponding author, E-mail: hsiaosir@mail.tlri.gov.tw.