

# 生物濾材去除豬舍氨氣與異味之評估<sup>(1)</sup>

蕭庭訓<sup>(2)</sup> 黃裕益<sup>(3)</sup> 沈韶儀<sup>(4)</sup> 程梅萍<sup>(2)(5)</sup>

收件日期：102 年 9 月 23 日；接受日期：102 年 12 月 20 日

## 摘 要

本試驗旨在評估不同生物濾材對豬舍產生之氨氣及異味的去除率。試驗將密閉式豬舍高床下之空氣，注入裝填蛇木屑 (fern chips, F)、蛇木屑混合堆肥 (fern chips mixed with compost, FC)、椰殼纖維 (coir, C) 及椰殼纖維混合堆肥 (coir mixed with compost, CC) 4 種濾材之管柱，設定空床停留時間 1 min，於管柱進出口量測氨氣及異味濃度。結果顯示管柱進口之平均氨氣與異味濃度為 7.3 ppmv 與 175，經過 F、FC、C 及 CC 組濾材處理後之出口氨氣濃度與異味濃度平均分別為 0.2、0.5、0.3 及 1.8 ppmv 與 22.2、16.9、18.6 及 24.1，去除效果顯著。平均氨氣去除率以 CC 組之 75%，顯著低於其他各組之 92% 以上去除率 ( $P < 0.01$ )。異味去除率 F、FC、C 及 CC 組分別為 87.3%、90.3%、89.3% 及 86.2%，各處理組間無顯著差異。管柱試驗結果顯示，使用蛇木屑、蛇木屑混合堆肥及椰殼纖維做為濾材，可做為密閉式高床豬舍床下空氣中氨氣與異味的去除材料，惟實場規模生物濾床試驗尚待進行。

關鍵詞：生物濾材、豬舍、氨氣、異味。

## 緒 言

養豬業於飼養過程中所產生之廢水、廢棄物及空氣污染問題，為不容忽視的環境問題，管理者除專經於飼料營養、疾病防治及生產管理技術外，尚需面對廢水處理、廢棄物及空氣污染問題。現今，畜禽飼養場所逸散之空氣污染問題被檢舉的案例越來越多，尤其是惡臭問題受到居民抗議及檢舉事件日益增加趨勢。依據固定污染源空氣污染物排放標準 (行政院環境保護署，2007) 規定，畜牧場周界氨氣濃度不得超過 1 ppmv、既設與新設牧場之異味濃度分別不得高於 50 與 30，但養豬場異味高於此限值的機率頗高，因此畜牧場惡臭的防制技術有日益迫切需要。

豬舍內產生之空氣污染物，主要包括：孢子、氨氣、二氧化碳、硫化氫、內毒素、粒狀污染物 (粉塵與生物氣膠) 及異味等 (Heber *et al.*, 1988; Maghirang and Puma, 1996; Seedorf, 2004)，且與畜舍型態、環境溫度、相對溼度、風速、季節、飼養策略、飼養密度、糞便貯存及清除方式、糞尿 pH、豬隻體重及活動情形、地板型態及材質等有關 (Costa *et al.*, 2009; Lachance *et al.*, 2005; Lim *et al.*, 2004)。由於作業環境品質及動物福利愈來愈受重視，一些文獻指出牧場工作者暴露於高空氣污染物濃度之畜舍將影響健康 (Dosman *et al.*, 1988; Donham *et al.*, 1989)，並建議工作者不要暴露在氨氣超過 7 ppmv 之環境下，Wathes (1998) 則建議動物飼養環境之氨氣不超過 20 ppmv。

降低豬舍內之氨氣和異味等空氣污染物方法，包括從飼料營養著手，如降低日糧粗蛋白質含量 (Le *et al.*, 2009; Lynch *et al.*, 2008; O'Shea *et al.*, 2009) 或日糧中加入添加劑增加豬隻腸道微生物多樣性，藉以降低腸道 pH，減少氨氣及異味逸散 (Murphy *et al.*, 2011; Halas *et al.*, 2010; Sauer *et al.*, 2009)；或者，加強畜舍清

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2070 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所經營組。

(3) 國立中興大學生物產業機電工程學系。

(4) 南台科技大學餐旅管理系。

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

洗，如肉豬舍內糞尿溝 1、7、14、42 天清除 1 次，以每日沖洗組較其他組降低氨氣逸散 51% – 62% (Lim *et al.*, 2004)；或利用管末處理，如利用遮陽網及微霧噴霧設備，安裝於開放式養豬場周界去除逸散之空氣污染物 (蕭等, 2012)；另 O'Neill *et al.* (1992) 綜合歸類異味控制方法有熱焚化、觸媒焚化、吸附、吸收、生物洗滌、生物濾床、煙囪擴散、臭氧處理、紫外線處理及化學處理等方法。養豬場空氣污染物屬生物性廢氣，其處理方式一般採生物處理法，主要分為生物濾床法 (biofilter)、生物洗滌器 (bioscrubber)、生物滴濾床 (biotrickling filter)，其處理程序為分解污染物成二氧化碳、水、微生物增殖及無機鹽 (Szántó *et al.*, 2007)。國外利用生物濾床去除畜牧設施逸散之空氣污染物相當普遍，例如利用椰子殼混合堆肥或牛糞與木屑混合物為濾材 (Hong and Park, 2005) 去除堆肥化之氨氣、生物濾床去除保育舍內氨氣及異味 (Hartung *et al.*, 2001)、去除豬舍通風口之氨氣與異味 (Sun *et al.*, 2000; Chen *et al.*, 2009)。

本試驗嘗試農業廢棄資材充當濾床材質，探討對豬舍逸散之氨氣及異味去除效果，作為養豬場空氣污染防制之參考依據，使養豬產業與環境保護得以兼顧並永續經營。

## 材料與方法

### I. 試驗豬舍設施與管理

本試驗之水簾式試驗豬舍，長 26.2 m，寬 5.8 m，豬舍內左右側各 6 欄，計 12 欄，每欄面積 8.3 m<sup>2</sup>，其中 1 欄設磅秤設施，豬舍兩側安裝氣窗可自動或手動控制開閉。床面採用全條狀鍍鋅抗蝕金屬條狀床面。其他控制尚包括環境溫溼度控制系統、水簾通風系統 (含蜂巢水簾片及變速風扇與控制系統)、糞尿溝沖水系統、自動餵飼設施等。

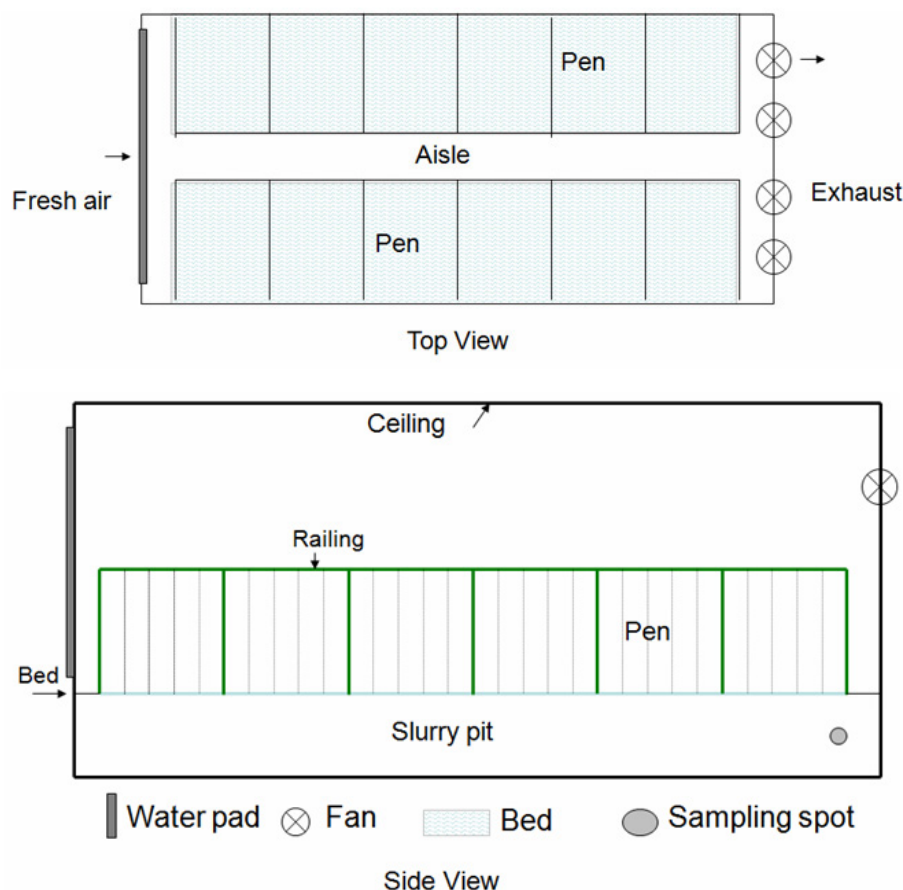


圖 1. 本試驗密閉式豬舍配置。

Fig. 1. Diagram of the close-type pig house of this study.

水簾式試驗豬舍內裝設溫溼度感應器與通風控制系統連線，當室內溫度升高時提高風扇運轉率，室內溫度低於 23℃ 時則維持最小通風量 (25%) 以維持畜舍空氣流通，保持豬隻生理基本需求；室內溫度高於 29℃ 時則啟動抽水馬達及水簾降溫設備；室內溫度達到 30℃ 以上時則以最大通風量 (100%) 運轉，以增加室內空氣流速，當室內溼度高於 95% 時則關閉抽水馬達且以最大通風量運轉。

豬舍內飼養肉豬 76 頭，移入時肉豬體重平均約 40 kg，飼養至 115 kg 出售，水及飼料採任食，飼養期間每日沖洗豬床下糞尿溝 1 次。

## II. 濾材管柱試驗

本試驗以 0.5 馬力鼓風機抽自豬舍高床下之氣體作為試驗材料，並經由混合桶均勻進入各管柱進行去除空氣中氨氣及異味試驗 (圖 2)。管柱模型直徑 15 cm 之壓克力圓管，反應區高為 40 cm，容積為 7.0 L，管柱內之濾材含水率調整為約 60% (Nicolai *et al.*, 2002; Von Bernuth *et al.*, 1999)，空床停留時間 1 min，即使用氣體流量計 (gas flow meter) 控制豬舍床下空氣經混和筒後以 7 L/min 流速每日 24 hr 連續由管柱下方進氣，管柱上方排氣。試驗管柱裝填之生物濾材包括蛇木屑 (Fern Chips；直徑  $1.21 \pm 0.23$  mm，長  $16.0 \pm 1.90$  mm) 及椰殼纖維 (Coir)，皆先以畜試所三段式豬糞尿廢水處理場之活性污泥槽廢水浸泡 24 hr 以吸附水分並植種微生物。試驗分為 4 組分別填充蛇木屑 3.8 kg (F)、蛇木屑 3.8 kg 混合堆肥 (compost) 0.42 kg (FC)、椰殼纖維 5.2 kg (C) 及椰殼纖維 5.4 kg 混合堆肥 0.42 kg (CC) 等組，其中蛇木屑混合堆肥及椰殼纖維混合堆肥組分別以蛇木屑、椰殼纖維之容積比混合堆肥 (5 : 1)。

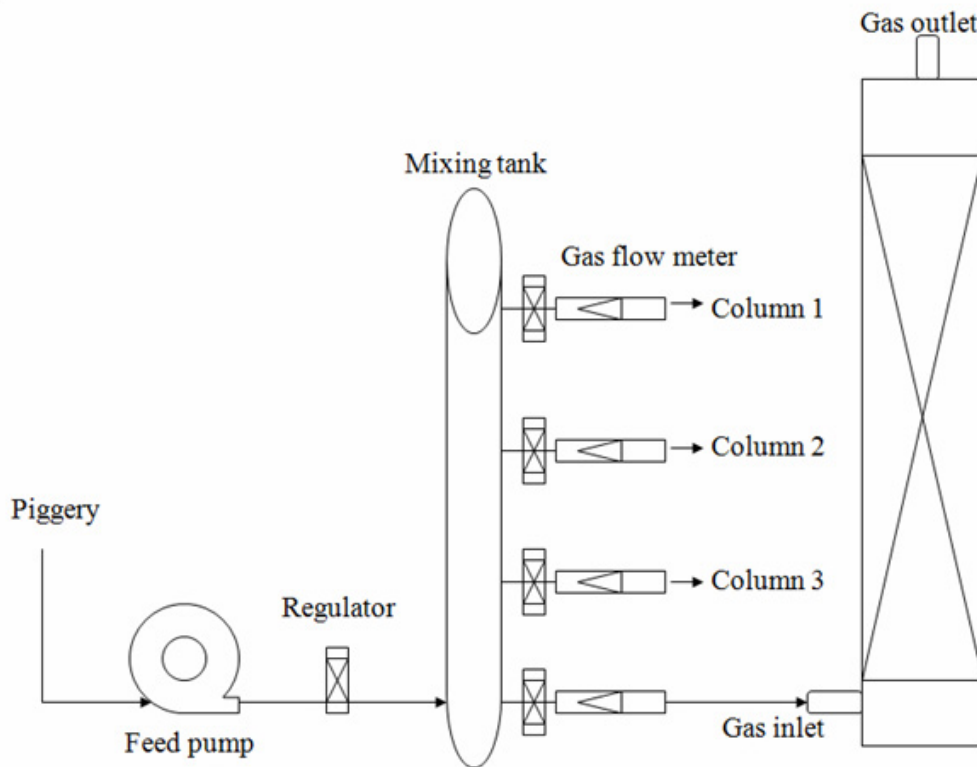


圖 2. 本試驗濾材管柱試驗配置圖。

Fig. 2. Diagram of filter columns of this study.

## III. 空氣污染物及濾材樣品採樣與分析

試驗進行中於濾材管柱入口及出口採集空氣樣品，分析項目包括異味、氨氣等並紀錄大氣溫溼度。試驗前及結束後分析濾材含水率、pH、各型態氮、有機質。空氣污染物及濾材理化性狀分析方法分述如下：

- (i) 氨氣以空氣中氨氣檢測方法—靛酚／分光光度法分析 (NIEA A426.72B)，採樣流量 2 L/min，採樣時間為 15 min。

- (ii) 異味以攜帶型氣體採樣器 (Personal air sampling pump, SKC, USA) 直接採樣入 10 L 之氣體採樣袋 (Tedlar gas sampling bag, SKC, USA) 採集空氣樣品，以異味污染物官能測定法 – 三點比較式嗅袋法 (NIEA A201.13A) 測定。
- (iii) 濾材含水率依環保署公告之方法測定 (NIEA R213.21C)，pH 值依環保署公告方法分析 (NIEA S410.62C)。
- (iv) 濾材中凱氏氮 (TKN)、全氮 (Total-N)、銨態氮 ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )、硝酸態氮 ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) 等依照農業肥料標準 AFS 肥料檢驗方法分析。

#### IV. 資料分析

濾材管柱試驗所得之資料包括氨氣與異味濃度利用統計分析系統 (Statistical Analysis System; SAS)，進行統計分析，以一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure; GLM) 進行變方分析，並以鄧肯氏新多次變域測定法 (Duncan's New Multiple Range Test) 比較各處理間差異之顯著性。

## 結果與討論

### I. 不同生物濾材對豬舍高床下空氣中氨氣去除效率

試驗期間豬舍高床下抽出空氣中氨氣濃度有隨豬隻飼養天數而升高之趨勢 (圖 3)，其氨氣濃度範圍為 3.3 – 14.3 ppmv。而經 F、FC、C 及 CC 4 組生物濾材處理後，於試驗期間第 0 – 38 天管柱出口氨氣濃度均未超過 1 ppmv (固定污染源空氣污染物排放標準)。CC 組之出口氨氣濃度於第 39 天竄升為 2.8 ppmv，第 39 – 63 天之氨氣濃度介於 1.1 – 7.9 ppmv 之間，皆超過固定污染源空氣污染物排放標準，此期間氨氣去除率為 15 – 85%，平均 49%。其他各組出口氨氣濃度僅 C 組在第 59 天；FC 組在第 50、51 天略超出 1 ppmv，分別為 1.1、1.3、1.4 ppmv。試驗期間各組進出口氨氣濃度平均值如表 1。

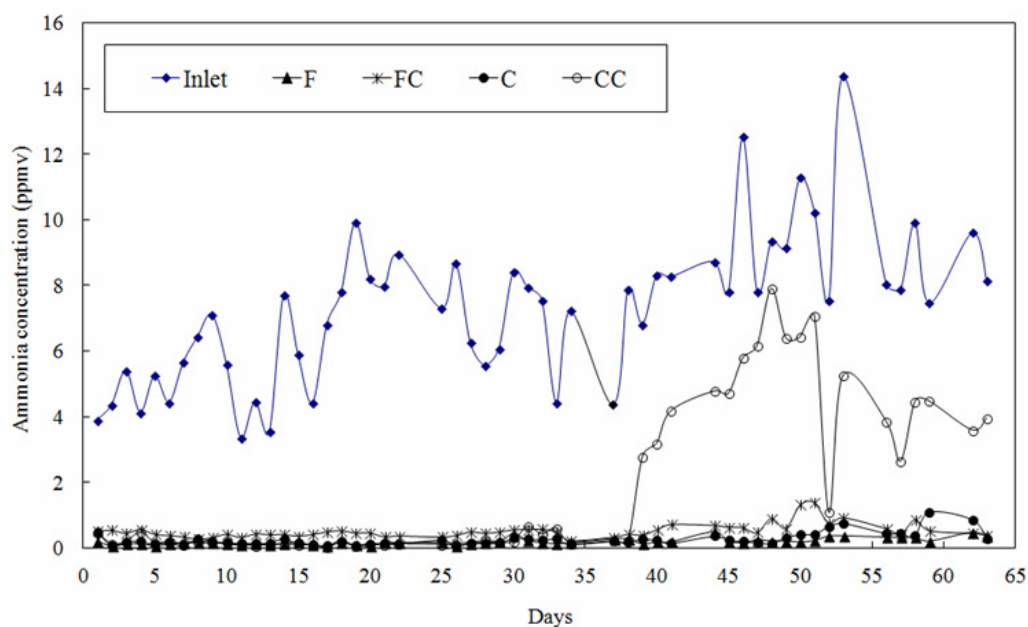


圖 3. 濾材管柱試驗期間各組生物濾材管柱進出口氨氣濃度隨時間變化圖。

Fig. 3. Ammonia concentrations of inlet and outlet gas vs. time for each filter column.

密閉式豬舍內高床下空氣導入各濾材管柱進口，測得其平均氨氣濃度為 7.3 ppmv (表 1)，F、FC、C 及 CC 組管柱出口平均氨氣濃度分別為 0.2、0.5、0.3 及 1.8 ppmv，且各組之出口氨氣濃度均顯著低於入口 ( $P < 0.05$ )，顯示各組濾材對氨氣皆有去除效果。F、FC 及 C 組之出口氨氣平均濃度顯著低於 CC 組。試驗期間 F、FC、C 及 CC 組對於密閉式豬舍內高床下之氨氣去除率平均值分別為 97.0%、92.7%、96.3% 及 75.0%，顯示 CC 較其他 3 組有較差的去除率。



表 1. 不同濾材對氨氣與異味去除率

Table 1. Ammonia and odor removal rate by different filter materials

Sampling site	Filter*	Ammonia		Odor	
		Mean $\pm$ SD	Removal rate	Mean $\pm$ SD	Removal rate
		ppmv	%	OU/m <sup>3</sup>	%
Inlet		7.3 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>	—	175 $\pm$ 52.6 <sup>a</sup>	—
Outlet	F	0.2 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	97.0	22.2 $\pm$ 4.8 <sup>b</sup>	87.3
	FC	0.5 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	92.7	16.9 $\pm$ 2.9 <sup>b</sup>	90.3
	C	0.3 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	96.3	18.6 $\pm$ 3.3 <sup>b</sup>	89.3
	CC	1.8 $\pm$ 0.30 <sup>b</sup>	75.0	24.1 $\pm$ 4.2 <sup>b</sup>	86.2

\* F: fern chips; FC: fern chips mixed with compost; C: coir; CC: coir mixed with compost.

a, b, c Means in the same column with different superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

張等 (1997) 及 Kim *et al.* (2008) 分別指出開放式養豬場環境內氨氣濃度低於 5 ppmv 及 7.5 (0.8 – 21.4) ppmv, Blunden *et al.* (2008) 亦指出夏、秋季養豬場之氨氣濃度平均為 2.0 (0.48 – 5.41)、3.51 (2.68 – 6.26) ppmv, 另 Predicala *et al.* (2001) 指出在自然通風和機械通風豬舍測得氨氣濃度平均為 6.6 ( $< 1 - 17.1$ ) ppmv 和 11.9 (5.2 – 24.7) ppmv。Lim *et al.* (2012) 以風扇抽出商業肥育豬場床下糞尿溝上方空氣, 在 3 個採樣點 2 個試程試驗中, 氨氣濃度為 4.0 – 50.4 ppmv, 平均值為 10.7 – 18.8 ppmv。本試驗之密閉式豬舍內高床下氨氣平均濃度為 7.3 ppmv, 與以上文獻值差異不大。

Sheridan *et al.* (2002) 以木片 (wood chips) 為濾材, 在濾床空塔停留時間 (EBRT) 為 1.9 – 4.7 秒時, 氨氣之去除效率為 54% – 93%; Hartung *et al.* (2001) 長期 (6.5 年) 利用生物濾床法去除保育舍內氨氣, 在 EBRT 3 – 40 秒時, 去除效率分別為 15% – 36%。Lim *et al.* (2012) 以木片為濾材去除商業肥育豬場糞尿溝排出空氣中之污染物, 其中以填充高度 25.4 cm, EBRT 0.6 秒時, 濾床對氨氣去除率為 45.8%。相對於這些文獻, 本試驗之濾材對豬舍氨氣去除率較高, 為 75% – 97%。探討其原因, 除濾材種類不同外, 關鍵因素還有空床停留時間 (EBRT)。Lim *et al.* (2012) 的研究指出當濾床高度為 12.7 及 25.4 cm 時, 濾床 EBRT 分別為 0.3 及 0.6 sec, 氨氣去除率則為 31.2% 及 45.8%, 即較高的 EBRT 有較高的去除率。本試驗之濾材高度 40 cm, EBRT 則為 60 sec, 應該為氨氣去除效率較高之原因。

## II. 不同生物濾材對豬舍高床下空氣中異味去除效率

試驗期間豬舍高床下抽出空氣中異味濃度 (稀釋至嗅覺閾值) 平均值為 175, 經濾材管柱 F、FC、C 及 CC 組之處理後平均異味分別為 22.2、16.9、18.6 及 24.1 (表 1), 均低於畜牧場周界異味標準。各組濾材管柱出口之異味濃度均顯著低於進口 ( $P < 0.05$ ), 顯示各組濾材對豬舍高床下抽出空氣中異味皆有顯著去除效果, 其去除率平均分別為 87.3%、90.3%、89.3% 及 86.2%, 且各組間無顯著差異。

Sheridan *et al.* (2002) 指出以生物濾床去除豬舍異味 77% – 95%; Hartung *et al.* (2001) 利用生物濾床法去除保育舍內異味效率為 78% – 80%; Chen *et al.* (2009) 利用木碎片及硬木充當濾材去除肥育豬舍糞尿溝之異味分別為 82.3% 及 70.1%; Martens *et al.* (2001) 利用乾糞便、椰子皮、木屑及堆肥木屑混合物作為生物濾床之基質, 對於異味去除可達 40% – 83%。本試驗結果顯示各組濾材對豬舍內高床下異味去除效果可達 86% 以上, 與上列文獻相符。本試驗之結果另顯示, 各組濾材試驗可有效去除豬舍逸散之氨氣及異味, 可作為畜牧設施之空氣污染防制策略參考。

## III. 濾材試驗前後之理化性狀

F、FC、C 及 CC 各種濾材於試驗前、後之組成分析結果如表 2。分析結果顯示試驗前 (day 0), FC 及 CC 組總氮及各型態氮分別較 F 及 C 組高, 顯示添加堆肥會增加濾材含氮量。此外, F 及 C 組濾材 pH 6.12 及 7.02 分別較添加堆肥之 FC 及 CC 組之 6.74 及 7.27 高, 添加堆肥也提高了濾材的 pH 值。

比較各組濾材試驗前後 (day 0 vs. day 63) 之理化性狀, 發現 F、FC 及 C 組管柱下層 (接近管柱進口) 之 pH 均有高於管柱上、中層與試驗前之趨勢, 顯示吸附氨氣於濾材中而導致濾材 pH 上升 (程等, 2010); 而試驗後各組中、上層濾材 pH 值均低於試驗前, 此可能因所吸附之銨氮轉化為硝酸氮之故 (程

等, 2010)。對應於濾材之各型態氮之分析結果, 各組試驗後濾材之銨態氮及硝酸態氮含量均比試驗前為高, 多為由上而下遞增, 表示豬舍內高床下之氨氣吸附於濾材且轉換成銨氮, 且進行硝化作用將銨氮轉換為硝酸氮, 導致試驗後濾材銨氮及硝酸氮濃度較試驗前高。Hong and Park (2005) 亦指出試驗後之生物濾材總氮含量較試驗前為高相符, 表示濾材吸收、吸附及分解氨氣之過程複雜, 且效果與濾材 pH、含水率、溫度等有關。各組管柱上、中、下濾材含水率, 發現各組濾材之含水率除組 C 組外均較試驗前為低, 管柱內椰殼纖維含水率較試驗前為高可能原因為椰殼纖維為纖維狀較易吸附高床下之水氣。

雖然 F、FC、CC 組在濾材管柱試驗期間皆能保持相當高的氨氣去除率 (圖 3、表 1), 但由試驗後 (day 63) 濾材中總氮含量變化可以推測其後續氨氣去除率。試驗後 F 組上、中、下層總氮分別增加 0%、0%、0.07%; FC 組為 0.03%、0.04%、0.1%; C 組則為 0.01%、0.06%、0.07%, 以下層總氮增加率為基準估算, F 組上、中層仍有 0.07%、0.07% 的總氮吸收餘裕; FC 組有 0.07%、0.06%; C 組則有 0.06%、0.01%, F、FC 組濾材尚有較高的氨氣去除潛力。以同樣方法評估在試驗第 39 天氨氣去除率已遽降的 CC 組, 可以發現其上、中層僅有 0.02%、0.01% 的總氮吸收餘裕。

## 結論與建議

利用蛇木屑、蛇木屑混合堆肥、椰殼纖維及椰殼纖維混合堆肥等組去除豬舍高床下之氨氣與異味, 除椰殼纖維混合堆肥組於管柱試驗進行第 39 天後氨氣濃度皆超出 1 ppmv 外, 其餘大致可符合行政院環境保護署 (2007) 公告畜牧場周界異味與氨氣限值。管柱試驗結果顯示使用蛇木屑、蛇木屑混合堆肥及椰殼纖維做為濾材, 在空床停留時間設定為 60 sec 之條件下, 可做為密閉式高床豬舍床下空氣中氨氣與異味的去除方法。未來應增加濾床壓降及降低空床停留時間等設計參數, 建立實場型生物濾床操作, 提供養豬場空氣污染防制參考。

表 2. 各組濾材於試驗前後之組成

Table 2. Composition of biofilter media before and after the column study

Filter*	Sampling time	Sampling site	pH	MC	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	TKN	Total-N
	day		(-)	(%)	----- (mg/kg dry mass) -----			(%)
F	0		6.12	61.1	270	37	660	0.07
	63	upper	5.30	55.5	320	84	550	0.07
	63	middle	5.37	54.1	380	128	590	0.07
	63	lower	7.14	55.8	710	210	1,230	0.14
FC	0		6.74	56.6	1,150	205	1,240	0.14
	63	upper	6.08	57.6	1,090	184	1,540	0.17
	63	middle	6.25	53.3	1,580	170	1,640	0.18
	63	lower	7.28	54.3	2,100	210	2,180	0.24
C	0		7.02	78.9	63	470	1,420	0.13
	63	upper	6.83	77.5	290	25	1,250	0.14
	63	middle	7.01	79.8	340	35	1,350	0.19
	63	lower	7.31	80.1	480	60	1,930	0.20
CC	0		7.27	73.6	380	440	2,040	0.25
	63	upper	6.66	55.5	560	800	2,570	0.34
	63	middle	6.67	56.1	610	970	2,570	0.35
	63	lower	7.21	60.0	960	1,030	2,570	0.36

\* F: fern chips; FC: fern chips mixed with compost; C: coir; CC: coir mixed with compost.

## 誌 謝

本試驗承蒙本所技工陳漢興先生、勞務外包技術工楊秀治小姐等協助完成，特此致謝。

## 參考文獻

- 行政院環境保護署。2007。固定污染源空氣污染物排放標準。行政院環境保護署 96 年 9 月 11 日修正。
- 張靜文、鍾弘、黃金鳳、蘇慧貞。1997。養豬場作業環境暴露危害研究。勞工安全衛生研究季刊 5(3)：1-22。
- 程梅萍、廖仁寶、蕭庭訓。2010。以生物濾床去除堆肥場臭味之研究。畜產研究 43(3)：259-272。
- 蕭庭訓、陳水財、黃裕益、程梅萍。2012。開放式養豬場逸散空氣污染物之去除。畜產研究 45(4)：327-338。
- Blunden, J., V. P. Aneja and P. W. Westerman. 2008. Measurement and analysis of ammonia and hydrogen sulfide emissions from a mechanically ventilated swine confinement building in North Carolina. *Atmos. Environ.* 42(14): 3315-3331.
- Chen, L., S. Hoff, L. S. Cai, J. Koziel and Z. Brian. 2009. Evaluation of wood chip-based biofilters to reduce odor, hydrogen sulfide, and ammonia from swine barn ventilation air. *J. Air Waste Manage* 59: 520-530.
- Costa, A., F. Borgonovo, T. Leroy, D. Berckmans and M. Guarino. 2009. Dust concentration variation in relation to animal activity in a pig barn. *Biosystems Eng.* 104(1): 118-124.
- Donham, K. J., P. Haglund, Y. Peterson, R. Rylander and L. Belin. 1989. Environmental and health studies of workers in Swedish swine confinement buildings. *Brit. J. Ind. Med.* 40: 31-37.
- Dosman, J. A., B. L. Graham, D. Hall, P. Pahwa, H. H. McDuffie, M. Lucewicz and T. To. 1988. Respiratory symptoms and alterations in pulmonary function tests in swine producers in Saskatchewan: Results of a survey of farmers. *J. Occup. Environ. Med.* 30: 71-720.
- Halas, D., C. F. Hansen, D. J. Hampson, B. P. Mullan, J. C. Kim, R. H. Wilson and J. R. Pluske. 2010. Dietary supplementation with benzoic acid improves apparent ileal digestibility of total nitrogen and increases villous height and caecal microbial diversity in weaner pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 160: 137-147.
- Hartung, E., T. Jungbluth and W. Buscher. 2001. Reduction of ammonia and odor emissions from a piggery with biofilters. *T. ASAE.* 44(1): 113-118.
- Heber, A. J., M. Steoik, J. M. Faubion and L. H. Willard. 1988. Size distribution and identification of aerial dust particles in swine finishing building. *T. ASAE.* 31(3): 882-887.
- Hong, J. H. and K. J. Park. 2005. Compost biofiltration of ammonia gas from bin composting. *Bioresour. Technol.* 96(6): 741-745.
- Kim, K. Y., H. J. Ko, H. T. Kim, Y. S. Kim, Y. M. Roh, C. M. Lee and C. N. Kim. 2008. Quantification of ammonia and hydrogen sulfide emitted from pig buildings in Korea. *J. Environ. Manage* 88(2): 195-202.
- Lachance, Jr. I., S. Godbout, S. P. Lemay, J. P. Larouche and F. Pouliot. 2005. Separation of pig manure under slats: to reduce releases in the environment. *ASAE Paper No.* 054159.
- Le, P. D., A. J. A. Aarnink and A. W. Jongbloed. 2009. Odour and ammonia emission from pig manure as affected by dietary crude protein level. *Livest. Sci.* 121(2-3): 267-274.
- Lim, T. T., A. J. Heber, J. Q. Ni, D. C. Kendall and B. T. Richert. 2004. Effects of manure removal strategies on odor and gas emissions from swine finishing. *T. ASAE.* 47(6): 2041-2050.
- Lim, T. T., Y. Jin, J. Ni and A. J. Heber. 2012. Field evaluation of biofilters in reducing aerial pollutant emissions from a commercial pig finishing building. *Biosystems Eng.* 112(3): 192-201.
- Lynch, M. B., C. J. O'Shea, T. Sweeney, J. J. Callan and T. V. O'Doherty. 2008. Effect of crude protein concentration and sugar-beet pulp on nutrient digestibility, nitrogen excretion, intestinal fermentation and manure ammonia and odour emissions from finisher pigs. *Animal* 2: 425-434.
- Maghirang, R. G. and M. C. Puma. 1996. Airborne and settled dust levels in a swine house. *ASHRAE Trans.* 9(1):

126–130.

- Martens, W., M. Martinec, R. Zapirain, M. Stark, E. Hartung and U. Palmgren. 2001. Reduction potential of microbial, odour and ammonia emissions from a pig facility by biofilters. *Int. J. Hyg. Envir. Heal.* 203(4): 335–345.
- Murphy, D. P., J. V. O'Doherty, T. M. Boland, C. J. O'Shea, J. J. Callan, K. M. Pierce and M. B. Lynch. 2011. The effect of benzoic acid concentration on nitrogen metabolism, manure ammonia and odour emissions in finishing pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 163(2–4): 194–199.
- Nicolai, R. E., K. Janni and D. Schmidt. 2002. Biofilter design information. Extension Program. BAEU–18 Revised. Department of Biosystems and Agricultural Engineering, University of Minnesota. <http://www.bae.umn.edu/extends/aeu/baeu18.html>.
- O'Neill, D. H. and V. R. Phillips. 1992. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3. Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. *J. Agric. Eng. Res.* 53(1): 23–50.
- O'Shea, C. J., B. Lynch, M. B. Lynch, J. J. Callan and J. V. O'Doherty. 2009. Ammonia emissions and dry matter of separated pig manure fractions as affected by crude protein concentration and sugar beet pulp inclusion of finishing pig diets. *Agric. Ecosys. Environ.* 131: 154–160.
- Predicala, B. Z., R. G. Maghirang, S. B. Jerez, J. E. Urban and R. D. Goodband. 2001. Dust and bioaerosol concentration in two swine-finishing buildings in Kansas. *T. ASAE.* 44(5): 1291–1298.
- Sauer, W., M. Cervantes, J. Yanez, B. Araiza, G. Murdoch, A. Morales and R. T. Zijlstra. 2009. Effect of dietary inclusion of benzoic acid on mineral balance in growing pigs. *Livest. Sci.* 122: 162–168.
- Seedorf, J. 2004. An emission inventory of livestock-related bioaerosols for Lower Saxony, Germany. *Atmos. Environ.* 38: 6565–6581.
- Sheridan, B., T. Curran, V. Dodd and J. Colligan. 2002. Biofiltration of odour and ammonia from a Pig Unit – a pilot-scale Study. *Biosystems Eng.* 82(4): 441–453.
- Sun, Y., C. J. Clanton, K. A. Janni and G. L. Malzer. 2000. Sulfur and nitrogen balance in biofilters for odorous gas emission control. *T. ASAE.* 43(6): 1861–1875.
- Szántó, G. L., H. V. M. Hamelers, W. H. Rulkens and A. H. M. Veeken. 2007.  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CH}_4$  emissions during passively aerated composting of straw-rich pig manure. *Bioresour. Technol.* 98: 2659–2670.
- Von Bernuth, R. D., K. Vallieu and H. Nix. 1999. Experiences with a biofilter on a slatted floor hog barn. ASAE paper No. 994148. St. Joseph, MI: ASAE.
- Wathes, C. M. 1998. Aerial emissions from poultry production. *World Poultry Sci. J.* 54(3): 241–251.



# Evaluation the effect of biofilter media on reducing ammonia and odor emissions from a pig house<sup>(1)</sup>

Ting-Hsun Hsiao <sup>(2)</sup> Yu-I Huang <sup>(3)</sup> Shao-I Sheen <sup>(4)</sup> and Mei-Ping Cheng <sup>(2)(5)</sup>

Received: Sep. 23, 2013; Accepted: Dec. 20, 2013

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of different biofilter media on reducing ammonia and odor emissions from a pig house, for meeting the environmental regulations promoting air quality in the pig farm. Air beneath the slotted floor in the closed pig house was conducted into four pilot-scale biofilter columns filled with fern chips (F), fern chip mix with compost (FC), coir (C) and coir mix with compost (CC), respectively. The empty bed retention time (EBRT) was set at 60 second, and the ammonia and odor concentrations in the inlet and outlet gases of each column were measured. Results showed that the averages of the inlet concentrations of ammonia and odor were 7.3 ppmv and 175, respectively. Average concentrations of ammonia and odor after treating by F, FC, C and CC biofilters were 0.2, 0.5, 0.3, 1.8 ppmv and 22.2, 16.9, 18.6, 24.1, respectively. Ammonia and odor removal efficiencies of these biofilters were significant. CC biofilter had a significantly lower ammonia removal rate (75%) than others ( $> 92\%$ ,  $P < 0.01$ ). The odor removal rates by F, FC, C and CC biofilters were 87.3, 90.3, 89.3 and 86.2%, respectively and there was no significant difference among biofilters. The results show that F, FC and CC biofilters can reduce ammonia and odor emissions beneath the slotted floor in the pig house. However, a full-scale biofilter study still needed to evaluate the feasibility of this technology.

Key words: Biofilter, Pig house, Ammonia, Odor.

---

(1) Contribution No. 2070 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Livestock management Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R.O.C.

(3) Department of Bio-industrial Mechatronics Engineering, National Chung-Hsing University.

(4) Department of Hospitality Management, Southern Taiwan University.

(5) Corresponding author, E-mail: mpcheng@mail.tlri.gov.tw.