

水簾式豬舍空氣污染物之調查⁽¹⁾

蕭庭訓⁽²⁾ 蘇天明⁽²⁾ 郭猛德⁽²⁾ 黃裕益⁽³⁾ 程梅萍⁽²⁾⁽⁴⁾

收件日期：100 年 4 月 25 日；接受日期：101 年 1 月 6 日

摘要

本試驗之目的為調查水簾式豬舍內外之空氣品質提供養豬場空氣污染防治技術參考。熱涼季於豬舍內及外量測空氣污染物（氨氣、三甲基胺、二氧化碳）及環境因子（風速、溫度及溼度），量測點分別為豬舍內前方、中間、後方及風扇出口處，採樣點高度為離床（地）面 120 cm 處，並於豬舍內豬床表面量測氨氣與三甲基胺，量測時段為上午 8 時 30 分至 11 時 30 分及下午 13 時 30 分至 16 時 30 分。結果顯示豬床表面之氨氣與三甲基胺濃度不論熱或涼季均高於離床面 120 cm 處之量測點，且氨氣與三甲基胺濃度熱或涼季均以豬舍後方顯著高於豬舍內其他量測點及風扇出口處（ $P < 0.05$ ）。粉塵平均濃度以風扇出口處顯著高於豬舍內前方及中間之採樣點（ $P < 0.05$ ）。風扇出口處之平均異味污染物濃度為 99.0 OU/m³，已超過環保標準，水簾式豬舍應設置空氣污染防治設施。

關鍵詞：水簾式豬舍、空氣污染物、氨氣、三甲基胺、粉塵、異味。

緒言

從事畜牧生產除生產管理技術外，飼養過程中所產生之廢水、廢棄物、空氣污染物等環境保護議題，一直是為人詬病且不容忽視的問題，且分別受水污染防治法、廢棄物清理法及空氣污染防治法等環保法令之規範。近年來由於生活品質提昇，人們愈來愈注重工作環境之品質及安全性，Donham *et al.* (1989) 指出長期在牧場工作者易患呼吸道疾病、乾咳、支氣管炎、氣喘、非傳染性鼻竇炎、鼻塞等職業病，並建議工作者不要暴露在超過 1500 及 7 ppm 之二氧化碳(CO₂)及氨氣(NH₃)環境下，Reynolds *et al.* (1996) 建議牧場工作人員之暴露總粉塵與氨氣限值為 2.5 mg/m³ 與 7.5 ppm，Wathes (1998) 建議動物飼養環境之總粉塵與氨氣分別不超過 3.4 mg/m³ 與 20 ppm。依據空氣污染防治法規（行政院環境保護署，2007）公告畜牧場周界異味污染物濃度限值，既設牧場及新設牧場分別為 50 及 30 OU/m³，畜牧場周界氨氣濃度限值為 < 1 ppm。畜牧場所產生的惡臭一直是民眾申訴率最高的公害項目之一，若環保人員稽查時，於畜牧場周界所採集空氣樣品，其檢驗結果超過排放標準，將遭受罰鍰、甚至停養

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1725 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) 通訊作者，E-mail: mpcheng@mail.tlri.gov.tw。

等重大處分，因此豬舍空氣品質的管控是當前重要的課題。

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、粒狀污染物（粉塵與生物氣膠）及異味污染物等（Heber *et al.*, 1988; Maghirang and Puma, 1996; Seedorf, 2004; O'Neill and Phillips, 1992）。氨氣從畜舍釋放出來造成嚴重的環境問題（Hartung and Phillips, 1994），其主要來源為豬糞尿中尿酸、尿素、胺和未消化蛋白質中之氮藉由尿素酶分解產生（Mobley and Hausinger, 1989）。豬舍內 H₂S 及異味污染物之來源分別為新鮮或貯存糞便（腸道或環境微生物分解）、飼料及動物本身，且 Blanes-Vidal *et al.* (2009) 証實空氣中異味污染物與含硫化合物濃度成正相關。粉塵則主要由飼料、乾糞便、及豬隻表皮層代謝後散布至空氣中。影響畜舍中氨氣、異味污染物與粉塵等空氣污染物散逸之因素有畜舍型態、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、地板型態與材質等有關（Costa *et al.*, 2009; Aarnink *et al.*, 1997; Groot Koerkamp, 1994; Takai *et al.*, 1998; Lachance *et al.*, 2005; Lim *et al.*, 2004）。張等（1997）調查國內豬場環境中氨氣濃度低於 5 ppm，二氧化碳則介於 600 - 894 ppm 之間，國外研究對於豬舍散逸之氨氣濃度差異相當大，介於 0.8 - 24.7 ppm 之間（Kim *et al.*, 2008; Blunden *et al.*, 2008; Predicala *et al.*, 2001; Groot Koerkamp *et al.*, 1998）。一些研究指出豬場環境之總粉塵濃度介於 0.15 - 2.19 mg/m³（張等 1997, Aarnink, 1997; Takai *et al.*, 1998; Costa *et al.*, 2009），肉豬舍、保育舍散逸之異味污染物濃度為 7 - 765 OU/m³（Miller *et al.*, 2004; Lim *et al.*, 2001; Zhu *et al.*, 2000），O'Neill and Phillips（1992）指出豬排泄物及豬舍內環境有超過 150 種異味成分。

水簾式豬舍採固定式風扇排氣，直接影響周界空氣品質，本研究宗旨為調查水簾式豬舍內空氣品質之基本資料及風扇出口處之空氣污染物濃度，藉以謀求豬舍空氣污染物去除方法，以降低環境污染，提昇養豬產業之競爭能力，達永續經營之目的。

材料與方法

I. 試驗豬舍及環境控制

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 m²，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 Tri-Bar 式熱浸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。

豬舍內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（百分比），室內溫度低於 23°C 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°C 時則啟動水簾馬達淋洗水簾；室內溫度達到 30°C 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% 時則關閉水簾馬達並以最大通風量運轉。

II. 空氣污染物之採樣

熱涼季分別於豬舍外水簾處、豬舍內前、中、後及豬舍外風扇出口處量測空氣污染物。氨氣及三甲基胺，採樣點分別在豬舍內前、中、後之豬舍床面及離床（地）面 120 cm 高度採樣；CO₂、溫度、溼度及風速分別在豬舍內前、中、後離床面 120 cm 高度及風扇出口處採樣；粉塵採樣點分別在為豬舍內前、中、後離床面 120 cm 高度、水簾外及風扇出口處；異味污染物採樣點為風扇出口處，另於舍內豬床面量測氨氣與三甲基胺，量測時段為上午 8 時 30 分至 11 時 30 分及下午 13 時 30 分至 16 時 30 分，採樣頻率為 1 小時 1 次。採樣期間之肉豬飼養頭數維持在 70 頭左右，體重介於 45 - 120 kg 之間。

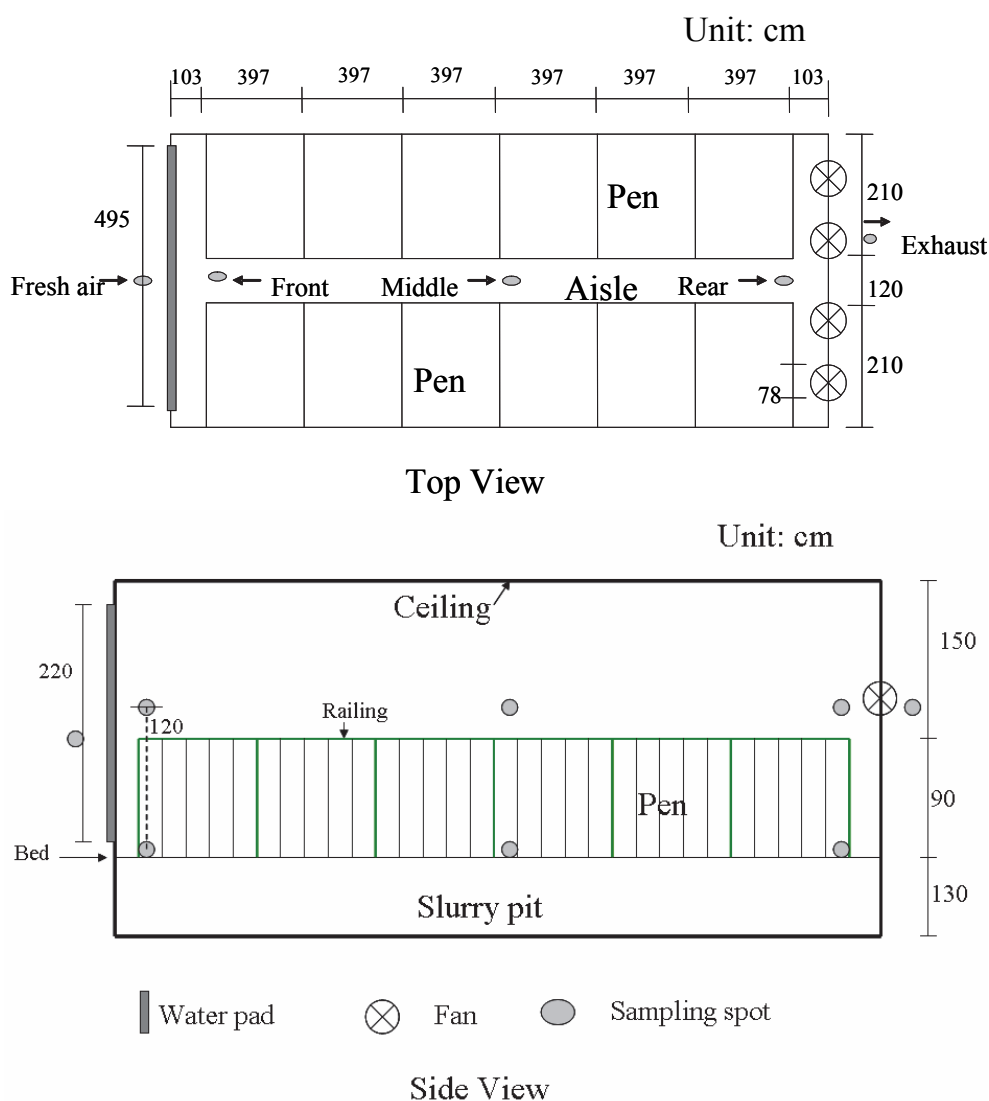


圖 1. 空氣污染物採樣點配置圖。

Fig. 1. Location of the sampling spot of the air pollutants.

III. 環境因子量測及各項污染物分析方法

- (i) 溫濕度之量測採用熱敏式溫濕度計 (Lutron Electronic Enterprise Co. LTD., Taiwan), 測量溼度範圍為 10% - 95%, 解析度 0.1%, 精確度為 $\pm 3\%$; 溫度量測範圍為 0 - 50°C, 解析度 0.1°C, 精確度為 $\pm 0.8^\circ\text{C}$ 。
- (ii) 風速量測以熱線式風速計 (Lutron Electronic Enterprise Co. LTD., Taiwan), 量測範圍 0.2 - 20.0 m/s, 解析度 0.1 m/s。
- (iii) 粉塵之收集採用粉塵收集器 (Gast Manufacturing Co. LTD., England.) 以直徑 47 mm, 孔徑 0.45 μm 之濾紙採樣, 採樣後將濾紙置於培養基攜回實驗室 (Wang *et al.*, 2002)。濾紙於採樣前及採樣後置於定溫 45°C 之烘箱 24 小時後稱重。

- (iv) 氨氣、三甲基胺採用北川式氣體檢知器測定。
- (v) 異味污染物以 10 L 之氣體採樣袋 (Tedlar gas sampling bag, SKC, USA) 採集空氣樣品，以三點比較式嗅袋法測定 (環保署檢驗方法 NIEA A201.10A)。
- (vi) 二氧化碳採用攜帶式分析儀測定 (Portable CO₂ indicator, model RI-411A, Riken Keiki Co., JAPAN)。

IV 資料分析：豬舍內、外之空氣污染物測定資料，利用 SAS 套裝軟體 (SAS Institute Inc, 1988)，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，並以鄧肯氏新多變域測定法 (Duncan's New Multiple Range Test) 比較採樣點或採樣時段之差異性。

結果與討論

I. 豬舍內外環境因子調查

熱季 (7 - 9 月) 風扇出口處之平均風速 (3.92 m/s) 顯著高於豬舍內 (0.77 - 2.06 m/s)，且豬舍內以豬舍後方 (2.06 m/s) 高於中間 (0.77 m/s) 及前方 (1.02 m/s)；平均溫度則以風扇出口處 (29.0°C) 顯著高於豬舍內之量測點 (27.4 - 27.6°C)；豬舍內濕度 (89.5% - 90.3%) 顯著高於豬舍外 (78.2%) (表 1)。顯示水簾式豬舍在熱季能將溫度控制在穩定的範圍內，平均降溫效果在 1.4 - 1.6°C，降溫的同時使濕度提高約 12%。

涼季豬舍內平均風速則以豬舍後方 (1.13 m/s) 高於其他量測點；豬舍內平均溫度保持在 26.1 - 26.4°C，顯著高於舍外之 23.5°C；豬舍內平均濕度 (81.2% - 83.5%) 亦顯著高於舍外 (69.5%)。

表 1. 涼熱季豬舍內外環境因子

Table 1. The environmental factors at the inside and outside of the pig house in hot and cool season

Season	Sampling spot	Temperature	Humidity	Wind velocity
		°C	%	m/s
Hot season	Front (inside)	27.4 ^b ± 1.15	89.5 ^a ± 4.14	1.02 ^c ± 0.20
	Middle (inside)	27.4 ^b ± 1.16	90.3 ^a ± 3.82	0.77 ^c ± 0.37
	Rear (inside)	27.6 ^b ± 1.15	90.1 ^a ± 4.03	2.06 ^b ± 1.11
	Exhaust	29.0 ^b ± 1.10	78.2 ^b ± 3.38	3.92 ^a ± 0.75
Cool season	Front (inside)	26.1 ^a ± 2.07	81.2 ^a ± 9.93	1.00 ^{ab} ± 0.90
	Middle (inside)	26.1 ^a ± 1.89	81.7 ^a ± 11.9	0.57 ^b ± 0.46
	Rear (inside)	26.4 ^a ± 1.64	83.5 ± 11.9	1.13 ^a ± 0.84
	Exhaust	23.5 ^b ± 0.71	69.5 ^b ± 6.87	0.89 ^{ab} ± 0.19

Hot season: Data were measured from July to September.

Cool season: Data were measured from October to November.

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

II. 豬舍內及風扇出口空氣污染物濃度

(i) 熱季調查結果

由表 2 豬舍內外空氣污染物調查結果，在豬舍內前方、中間、後方及風扇出口處高度 120 cm 之 CO₂ 濃度以後方顯著高於前方、中間及風扇出口處；氨氣與三甲基胺濃度均以後方顯著高於豬舍內其他量測點及風扇出口處 (P<0.05)，豬舍內前方、中間、後方及風扇出口處之平均氨氣與三甲基胺濃度分別為 0.59、0.56、1.33 及 0.68 ppm 與 0.22、0.68、1.38 及 0.82 ppm。豬舍內前方、中間及後方床面之平均氨氣與三甲基胺濃度分別為 4.04、3.80 及 8.66 ppm 與 5.10、4.50 及 8.70 ppm，以豬舍後方高於前方及中間 (P<0.05)。

(ii) 涼季調查結果

涼季在豬舍內前方、中間、後方及風扇出口處高度 120 cm 之 CO₂ 平均濃度以後方顯著高於前方及風扇出口處；氨氣與三甲基胺平均濃度均以豬舍後方及風扇出口處顯著高於豬舍內前方及中間量測點 (P<0.05)，豬舍內前方、中間、後方及風扇出口處之氨氣與三甲基胺平均濃度分別為 0.15、0.40、1.34 及 1.73 ppm 與 0.12、0.63、1.27 及 1.23 ppm (表 2)。豬舍內前方、中間及後方床面之氨氣與三甲基胺平均濃度分別為 3.74、1.47 及 7.50 ppm 與 3.10、1.04 及 5.98 ppm，以後方高於前方及中間 (P<0.05)。

熱涼季在豬舍內外所量測之空氣污染物濃度不論豬床(地)面或 120 cm 高度均為豬舍後方為最高 (P<0.05)，顯示水簾式豬舍後方之空氣品質最差。

III. 日間豬舍內空氣環境因子及污染物濃度之變異

將豬舍內外之環境因子及空氣污染物濃度變化依熱、涼季與上、下午之採樣時段進行統計分析，分別如表 3 及表 4。由表 3 顯示熱涼季上午時段之溫度及風速皆低於下午時段，濕度則上午時段高於下午時段 (P<0.05)。熱季於床面高度 120 cm 之 CO₂、氨氣與三甲基胺濃度，上、下午之採樣時段並無差異，豬床面之氨氣濃度上、下午時段無差異，而三甲基胺濃度上午時段高於下午時段 (表 4)。涼季於採樣高度 120 cm 之 CO₂ 與氨氣濃度以上午時段高於下午時段 (P<0.05)，三甲基胺濃度上、下午之採樣時段並無差異，豬床面之氨氣濃度上、下午時段無差異，而三甲基胺濃度上午時段高於下午時段。

本試驗熱涼季豬舍內之 CO₂ 平均濃度介於 610 ppm 與 735 ppm 之間與張等 (1997) 調查台灣開放式豬場之 CO₂ 濃度介於 600 ppm 與 894 ppm 之間大致符合，但較國外研究為低，如 Predicala *et al.* (2001) 在自然通風和機械通風豬舍內測得 CO₂ 濃度分別為 1106 (378 - 2095) ppm 和 1417 (550 - 2225) ppm。Pederson *et al.* (1998) 調查北歐國家肥育豬場發現 CO₂ 濃度介於 455 - 2355 ppm，平均為 1400 ppm。熱涼季氨氣平均濃度在豬舍內及外離床(地)面 120 cm 處與豬床表面量測結果與張等 (1997) 指出豬場環境內氨氣低於 5 ppm 及 Blunden *et al.* (2008) 豬場之夏、秋季之氨氣濃度平均為 2.0 ppm (0.48 - 5.41 ppm)、3.51 ppm (2.68 - 6.26 ppm) 之結果相似，較 Kim *et al.* (2008) 研究豬舍氨氣平均濃度為 7.5 (0.8 - 21.4) ppm、Predicala *et al.* (2001) 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) ppm 和 11.9 (5.2 - 24.7) ppm 及 Groot Koerkamp *et al.* (1998) 所述北歐地區豬場之氨氣濃度平均為 14.8 ppm (12.1 - 18.2 ppm) 為低，本試驗對於氨氣量測結果較國外研究為低，可能與環境溫度、通風量及糞尿清除頻率有關。熱涼季豬舍內下午之風速與溫度均高於上午，乃因輻射熱蓄積於豬舍建築或環境中使溫度上升，使豬舍通風系統提高風扇轉速，增加通風量所致。

表 2. 涼熱季豬舍內外空氣污染物濃度

Table 2. The air pollutants concentrations at the inside and outside of the pig house in hot and cool season

Season	Sampling spot	Sampling height				
		120 cm			0 cm	
		CO ₂ [§]	NH ₃	(CH ₃) ₃ N	NH ₃	(CH ₃) ₃ N
		ppm				
Hot season	Front (inside)	525 ^c ± 36.6	0.59 ^b ± 0.91	0.22 ^c ± 0.39	4.04 ^b ± 2.70	5.10 ^b ± 1.06
	Middle (inside)	605 ^b ± 35.6	0.56 ^b ± 0.56	0.68 ^b ± 0.46	3.80 ^b ± 2.60	4.50 ^a ± 1.93
	Rear (inside)	20 ^a ± 67.7	1.33 ^a ± 1.08	1.38 ^a ± 0.82	8.66 ^a ± 3.63	8.70 ^a ± 2.20
	Exhaust	622 ^b ± 54.8	0.68 ^b ± 0.29	0.82 ^b ± 0.49	—	—
Cool season	Front (inside)	613 ^b ± 148	0.15 ^b ± 0.33	0.12 ^b ± 0.21	3.74 ^b ± 3.34	3.10 ^b ± 2.60
	Middle (inside)	678 ^{ab} ± 185	0.40 ^b ± 0.48	0.63 ^b ± 0.68	1.47 ^c ± 1.37	1.04 ^c ± 1.45
	Rear (inside)	738 ^a ± 242	1.34 ^a ± 1.69	1.27 ^a ± 1.33	7.50 ^a ± 4.28	5.98 ^a ± 4.49
	Exhaust	600 ^b ± 72.9	1.73 ^a ± 1.72	1.23 ^a ± 1.13	—	—

[§]CO₂: Carbon dioxide; NH₃: Ammonia; (NH₃)₃N: Trimethylamine.

Hot and season same as Table 1.

^{a,b,c} The same as Table 1.

—: No sampling.

表 3. 涼熱季日間豬舍內外環境因子

Table 3. The environmental factors at the inside and outside of the pig house at day times in hot and cool season

Season	Sampling spot	Temperature	Humidity	Wind velocity
		°C	%	m/s
Hot season	Morning [#]	27.1 ^b ± 1.17	91.3 ^a ± 4.71	1.52 ^b ± 1.23
	Afternoon [#]	28.4 ^a ± 0.97	84.9 ^b ± 4.82	2.05 ^a ± 1.43
Cool season	Morning [#]	25.1 ^b ± 1.63	85.2 ^a ± 9.50	0.69 ^b ± 0.88
	Afternoon [#]	27.0 ^a ± 1.66	77.5 ^b ± 11.8	1.12 ^a ± 0.49

[§]The same as Table 1.

[#]The sampling time was 8:30 to 11:30 for morning sampling and 13:30 to 16:30 for afternoon sampling.

^{a,b} The same as Table 1.

表 4. 涼熱季日間豬舍內外空氣污染物濃度變化

Table 4. The air pollutants concentrations at the inside and outside of the pig house at day times in hot and cool season

Season	Sampling spot	Sampling height				
		120cm			0 cm	
		CO ₂ [§]	NH ₃	(CH ₃) ₂ N	NH ₃	(CH ₃) ₂ N
ppm						
Hot season	Morning. [#]	610 ± 77.9	0.76 ± 0.99	0.70 ± 0.70	5.77 ± 4.53	6.71 ^a ± 3.23
	Afternoon [#]	624 ± 80.1	0.87 ± 0.76	0.84 ± 0.74	5.30 ± 2.90	5.52 ^a ± 1.69
Cool season	Morning. [#]	735 ^a ± 271	1.11 ± 1.73	0.92 ± 0.64	4.12 ± 4.38	4.83 ^a ± 4.82
	Afternoon [#]	622 ^b ± 88.8	0.45 ± 0.54	0.61 ± 1.39	4.34 ± 3.87	2.50 ^b ± 2.46

[§]The same as Table 1.

[#]The same as Table 3.

^{a,b}The same as Table 1.

IV. 豬舍周界異味污染物分析

於豬舍內飼養肉豬 70 隻，豬隻體重介於 110 - 125 kg，於豬舍外風扇出口處，以 10 L 之氣體採樣袋採集空氣樣品進行異味污染物分析，總計採樣分析 12 個樣品，僅有 4 次分析值低於 50，不合格率達 66.7%，平均濃度為 99.0 ± 68.7 OU/m³，範圍 30 - 235 OU/m³（如圖 2），顯示豬舍之異味污染物濃度變化相當大。

Miller *et al.* (2004) 機械通風肉豬舍風扇出口端之異味污染物為 525 OU/m³，Lim *et al.* (2001) 評估保育舍排氣處之異味污染物濃度平均為 199 (94 - 635) OU/m³。Zhu *et al.* (2000) 指出 475 頭保育豬舍風扇出口處之異味污染物濃度為 765 OU/m³，而本試驗對於異味污染物調查結果較國外研究為低，可能與環境溫度、通風量及糞尿清除頻率有關。根據空氣污染防治法規「固定污染源空氣污染物排放標準」（行政院環境保護署，2007）公告畜牧場周界異味污染物濃度限值，既設牧場及新設牧場分別為 50 及

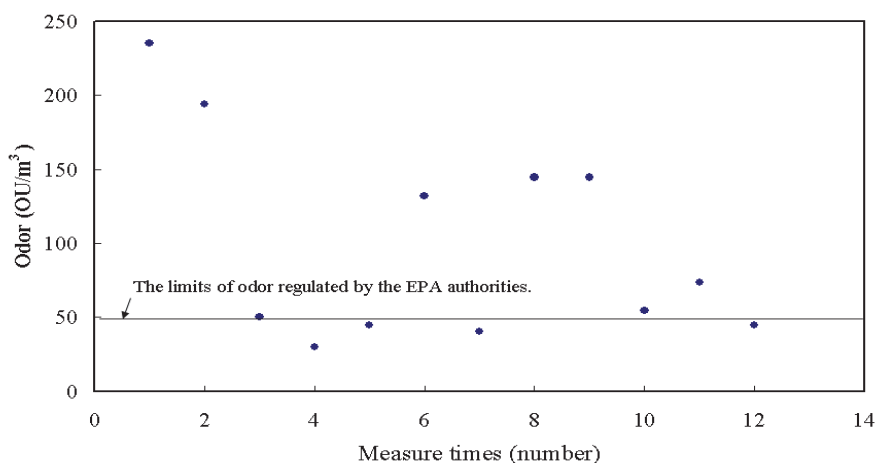


圖 2. 豬舍排出氣體之異味污染物濃度。

Fig. 2. The odor concentration in exhausted gas from pig house.

V. 豬舍內及外之空氣之粉塵量

熱季於水簾外、豬舍前、中、後及風扇出口處量測得之粉塵量平均分別為 0.183、0.047、0.132、0.146 及 0.234 mg/m³ (表 5)，以風扇出口處顯著高於豬舍內前方靠近水簾處 (P<0.05)，且水簾外與豬舍風扇出口處之粉塵量無統計上差異，豬舍前方及中間部分較水簾外之粉塵量為低，乃因當水簾之馬達啟動時，水簾網狀物表面佈滿水滴，室外之粉塵被水簾網狀物及水簾表面之水滴吸附而減少粉塵量，表示水簾兼具淨化空氣品質功能。

表 5. 涼熱兩季豬舍內外粉塵量

Table 5. The dusts concentrations at the inside and outside of the pig house in hot and cool season

Sampling site	Hot season	Cool season	Mean
	mg/m ³		
Fresh air	0.183 ^{ab} ± 0.068	0.213 ^a ± 0.033	0.193 ^{ab} ± 0.059
Front (inside)	0.047 ^b ± 0.007	0.038 ^c ± 0.018	0.041 ^c ± 0.015
Middle (inside)	0.132 ^{ab} ± 0.015	0.130 ^b ± 0.022	0.131 ^b ± 0.018
Rear (inside)	0.146 ^{ab} ± 0.051	0.254 ^a ± 0.166	0.191 ^{ab} ± 0.120
Exhaust	0.234 ^a ± 0.117	0.220 ^a ± 0.106	0.230 ^a ± 0.107

^{a, b, c} The same as Table 1.

涼季於水簾外、豬舍前、中、後及風扇出口處量測得之粉塵量分別為 0.213、0.038、0.130、0.254 及 0.220 mg/m³ (表 5)，以水簾外、豬舍後、風扇出口處顯著高於豬舍內前方及中間 (P<0.05)，水簾外與豬舍風扇出口處之粉塵量無統計上差異。粉塵之生成受眾多因素影響，包括風速、溫度、溼度、飼養策略、豬床面材質、排泄物之管理及豬隻活動情形等。

Predicala *et al.* (2001) 指出自然通風和機械通風豬舍測得粉塵濃度分別為 2.19 mg/m³ 和 2.13 mg/m³，Takai *et al.* (1998) 之研究指出豬舍內之粉塵量平均為 2.19 mg/m³，Haeussermann *et al.* (2008) 量測肥育豬舍內及風扇出口處之總粉塵量為 0.35 及 0.31 mg/m³；而張等 (1997) 調查開放式豬場環境之總粉塵平均濃度介於 0.15 - 0.34 mg/m³。本試驗結果不論豬舍內前方、中間、後方所量測得之粉塵量均較上述之文獻值為低，可能受豬舍型態及飼養密度影響。

本研究之豬舍內粉塵量平均值熱季為 0.108 mg/m³ 比涼季 0.141 mg/m³ 為低，此結果與 Aarmink (1997) 報告春夏季之粉塵濃度較冬季為低相類似。根據勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準，目前容許濃度為 8 小時日時量平均容許濃度，總粉塵為 10 mg/m³ (行政院勞工委員會，1995)，由本試驗結果顯示水簾式豬舍內之總粉塵並未超越此標準。

結論與建議

本試驗調查結果顯示水簾式豬舍內氨氣及粉塵濃度並未超越勞工工作容許濃度，我國目前容許濃度為八小時日時量平均容許濃度，總粉塵為 10 mg/m³，氨氣為 50 ppm。水簾式豬舍外風扇出口處異味污染物平均濃度為 99.0 ± 68.7 OU/m³，範圍 30 - 227 OU/m³，顯示豬舍外之異味污染物濃度變化相當大，若按空氣污染防治法規「固定污染源空氣污染物排放標準」異味污染物與氨氣的周界濃度標準農業區

內既設畜牧場分別為 50 OU/m³與 1 ppm，養豬場有可能面臨空氣污染之環保問題，應謀求防治方法。另水簾式豬舍後方之空氣品質較差，飼養者宜從降低飼養密度或加強通風管理著手，以尋求改善方法。

誌謝

本試驗承蒙南臺科技大學沈韶儀博士、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。空氣污染防治法規－固定污染源空氣污染物排放標準。中華民國 96 年 9 月 11 日行政院環境保護署環署空字第 0960068131 號令修正。
- 行政院勞工委員會。2003。勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準。
- 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。
- Aarnink, A. J. A. and M. J. M. Wagemans. 1997. Ammonia vitalization and dust concentration as affected by ventilation systems in houses for fattening pigs. Transactions of the ASAE. 40(4): 1161 - 1170.
- Blanes-Vidal, V., M. N. Hansen, A. P. S. Adamsen, A. Feilberg, S. O. Petersen and B. B. Jensen. 2009. Characterization of odor released during handling of swine slurry: Part I. Relationship between odorants and perceived odor concentrations. Atmospheric Environment 43: 2997-3005.
- 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. Atmospheric Environment 42: 3315-3331.
- 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 Engineering 104(1): 118-124.
- Donham, K. J., P. Haglund, Y. Peterson, R. Rylander and L. Belin. 1989. Environmental and health studies of farm workers in Swedish swine confinement buildings. Brit. Ind. Med. 46(1): 31-37.
- Groot Koerkamp, P. W. G. 1994. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens. In relation to sources, processes, building design and manure handling. J. Agric. Eng. Res. 59: 73-87.
- Groot Koerkamp, P. W. G., J. H. M. Metz, G. H. Uenk, V. R. Philips, M. R. Holden, R. W. Sneath, J. L. Short, R. P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schröder, K. H. Linkert, S. Pedersen, H. Takai, J. O. Johnsen and C. M. Wathes. 1998. Concentrations and emissions of ammonia in livestock building in Northern Europe. J. Agric. Eng. Res. 70(1): 79-95.
- Haeussermann A., A. Costa, J. M. Aerts, E. Hartung, T. Jungbluth, M. Guarino and D. Berckmans. 2008. Development of a dynamic model to predict PM10 emissions from swine houses. Journal of Environmental Quality 37(2): 557-564.
- Hartung, J. and V. R. Phillips. 1994. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. J. Agric. Eng. Res. 57: 173-189.
- 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. Transaction of the ASAE. 31(3): 882-887.

- 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. *Journal of Environmental Management* 88: 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.
- Lim, T. T., A. J. Heber, J. Q. Ni, D. C. Kendall and B. T. 2004. Effects of manure removal strategies on odor and gas emissions from swine finishing. *Transactions of the ASAE*. 47(6): 2041–2050.
- Lim, T. T., A. J. Heber, J. Q. Ni, L. Sutton and D. T. Kelly. 2001. Characteristics and emission rates of odor from commercial nurseries. *Transactions of the ASAE*. 44(5): 1275–1282.
- Maghirang, R. G. and M. C. Puma. 1996. Airborne and settled dust levels in a swine house. *ASHRAE Trans.* 9(1): 126–130.
- Miller, G. Y., R. G. Maghirang, G. L. Riskowski, A. J. Heber, M. J. Robert and M. E. T. Muyot. 2004. Influences on air quality and odor from mechanically ventilated swine finishing buildings in Illinois. *Food, Agriculture & Environment* 2(2): 353–360.
- Mobley, H. L. T. and R. P. Hausinger. 1989. Microbial ureases: significance, regulation and molecular characterization. *Microbiological Reviews* 53(1): 85–108.
- O'Neill, D. H., I. W. Stewart and V. R. Phillips. 1992. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings. 2. The costs of odour abatement systems as predicted from ventilation requirements. *J. Agric. Eng. Res.* 51(3): 157–165.
- Pedersen, S., H. Takai, J. O. Johnsen, J. H. M. Metz, P. W. G. Groot Koerkamp, G. H. Uenk, V. R. Phillips, M. R. Holden, R. W. Sneath, J. L. Short, R. P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schröder, K. H. Linkert and C. M. Wathes. 1998. A comparison of three balance methods for calculating ventilation rates in livestock building. *J. Agric. Eng. Res.* 70(1): 25–37.
- 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. *Transactions of the ASAE*. 44(5): 1291–1298.
- Reynolds, S. J., K. J. Donham, P. Whitten, J. A. Merchant, L. F. Burneister, and W. J. Popendorf. 1996. Longitudinal evaluation of dose-response relationships for environmental exposures and pulmonary function in swine production workers. *American Journal of Industrial Medicine* 29: 33–40.
- SAS. 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 edition. Cary, NC, U.S.A.
- Seedorf, J. 2004. An emission inventory of livestock-related bioaerosols for Lower Saxony, Germany. *Atmospheric Environment* 38: 6565–6581.
- Takai, H., S. Pedersen, J. O. Johnsen, J. H. M. Metz, P. W. G. Goot Koerkamp, G. H. Uenk, V. R. Phillips, M. R. Holden, R. W. Sneath, J. L. Short, R. P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schröder, K. H. Linkert and C. M. Wathes. 1998. Concentrations and Emissions of airborne dust in livestock building in Northern Europe. *J. Agric. Eng. Res.* 70(1): 59–77.
- Wang, X., Y. Zhang, G. L. Riskowski and M. Ellis. 2002. Measurement and Analysis of Dust Spatial Distribution in a Mechanically Ventilated Pig Building. *Biosystems Engineering* 81(2): 225–236.
- Wathes, C. M. 1998. Aerial emissions from poultry production1. *World's Poultry Science Journal* 54(3): 241–251.
- Zhu, J., L. D. Jacobson, D. R. Schmidt and R. E. Nicolai. 2000. Daily variations in odor and gas emissions from animal facilities. *Applied Engineering in Agriculture* 16(2): 153–158.

Survey of the air pollutants in the water pad pig house⁽¹⁾

Ting-Hsun Hsiao⁽²⁾ Tein-Ming Su⁽²⁾ Meeng-Ter Koh⁽²⁾
Yu-I Huang⁽³⁾ and Mei-Ping Cheng⁽²⁾⁽⁴⁾

Received: Apr. 25, 2011; Accepted: Jan. 6, 2012

Abstract

The purpose of this study was to survey the air quality inside and outside of the water pad pig house. Data can be used for developing air pollutants control technique. Air quality, including ammonia, carbon dioxide, trimethylamine, dust and odor concentrations of water pad pig house, were measured in hot and cool seasons in this study. The sampling sites were at the front, middle and rear of the pig house and close to the fan outside the house. The sampling point was 120 cm above the floor and floor surface of the house. The results showed at the ammonia and trimethylamine concentrations of floor surface were higher than those of 120 cm above the floor both in hot and cool seasons. The ammonia and trimethylamine concentrations of samples collected at rear of the house were significantly ($P < 0.05$) higher than those collected at other sites of the house and the fan outside the house. The dust concentrations of the gas collected near the water pad outside the house, at front, middle and rear of the house and near the fan outside the house were 0.183, 0.047, 0.132, 0.146 and 0.234 mg/m³ in hot season, and 0.213, 0.038, 0.130, 0.254, and 0.220 mg/m³ in cool season. The average dust concentration of the fan outside the house was significantly higher than that of front, middle of the house. The average odor concentration of exhausted gas was 99 OU/m³, which did not meet the EPA standards. A pollution control equipment is needed for water pad pig house to improve the air quality.

Key words: Water pad pig house, Air pollutants, Ammonia, Trimethylamine, Dust, Odor.

(1) Contribution No. 1725 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Livestock management Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan712, Taiwan, R. O. C

(3) Department of Bio-industrial Mechatronics Engineering, National Chung-Hsing University, Taichung, 402, Taiwan, R. O. C

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

