

# 三段式處理對不同濃度養豬廢水之處理效果<sup>(1)</sup>

蘇天明<sup>(2)(4)</sup> 鍾承訓<sup>(2)</sup> 蕭庭訓<sup>(2)</sup> 程梅萍<sup>(3)</sup>

收件日期：109 年 1 月 20 日；接受日期：109 年 6 月 9 日

## 摘 要

養豬場沖洗水用量愈少，廢水量相對減少，但廢水中污染物的濃度將隨之提高。為降低養豬場廢水量，本試驗旨在探討不同濃度之養豬廢水經過三段式處理後，對各處理階段水質之影響。試驗期間共使用平均體重 52.9 – 112 kg 的 LD (藍瑞斯 ♀ × 杜洛克 ♂) 閹公豬 20 頭，飼養於代謝架上任飼，每日收集個別豬隻糞便及尿液分別秤重後混合，依重量比調製糞尿：水 = 1 : 1 (A 組)、1 : 2.5 (B 組) 及 1 : 5 (C 組) 等 3 種不同濃度廢水後，以三段式處理系統模槽進行約 11.5 日處理，調查各處理階段水質變化。結果 A、B 及 C 三組經固液分離後廢水的化學需氧量 (chemical oxygen demand, COD) 分別為 12,360、7,080 及 4,770 mg/L，經厭氧再經曝氣處理後則為 1,810、728 及 358 mg/L；三組廢水經固液分離後廢水的生化需氧量 (biochemical oxygen demand, BOD) 分別為 3,130、2,050 及 1,290 mg/L，經厭氧再經曝氣處理後則為 357、114 及 55 mg/L，A 組和 B 組的 COD 和 BOD 濃度未能符合養豬廢水放流水標準，顯示處理較高濃度的廢水須有較長的水力停留時間。因此，後續將探討延長厭氧及好氣處理階段的水力停留時間對水質淨化效果。

關鍵詞：生長肥育豬、三段式處理系統、廢水濃度、水質。

## 緒 言

臺灣地區河川坡陡流急，水資源蓄存不易。經濟部水利署 (2019a) 指出，臺灣地區從民國 38 年到 106 年期間的年平均降雨量為 2,511 毫米，而民國 106 年的年降雨量雖達 936 億立方公尺，但年入海水量為 619 億立方公尺，約 66% 雨水入海。經濟部水利署 (2019b) 水資源供需統計表登載，臺灣地區 106 年農業用水量約 118 億立方公尺，占年總用水量 70% 以上，而畜牧業年總用水量為 6,596 萬立方公尺，分別約占年總用水量及農業用水量的 0.07% 及 0.56%。由於水資源蓄存利用不易，且隨著氣候變遷、極端氣候的影響下，水資源欠缺問題更將日趨嚴重。另依據行政院環境保護署 (2018) 修正發布的事業及污水下水道系統水污染防治費收費辦法規定，畜牧業放流水已從民國 106 年開始依照放流量及其水質徵收水污染防治費，豬隻節水飼養刻不容緩。

臺灣省畜產試驗所 (1993) 以體重 100 kg 的肉豬為一個動物單位 (animal unit, AU)，每日糞 (1.7 kg)、尿 (3.3 L) 排泄量合計 5 kg/AU、豬舍沖洗水則以糞尿排泄量 5 倍估算，獲得每頭每日的廢水產生量為 30 L，作為規劃實地面豬場三段式廢水處理設施的設計參數；估計原廢水在固液分離階段可以去除 0.1 kg/day/AU (含水率 65%) – 0.2 kg/day/AU (含水率 85%) 的固形物，廢水經固液分離後的生化需氧量 (BOD) 和懸浮固體 (suspended solids, SS) 濃度分別低於 5,000 與 4,700 mg/L，經厭氧處理後分別低於 800 與 700 mg/L，再經好氣處理後可符合 BOD 80 mg/L 與 SS 150 mg/L 之放流水標準 (行政院環境保護署，2019)。夏 (2001) 指出，以飼養 100 頭母豬規模的一貫作業豬場 (在養頭數約 1,000 頭) 而言，實地面豬舍每日需用水量約 189 m<sup>3</sup>，條狀地面用水量則約需 113 m<sup>3</sup>，條狀地面每日需用水量約為實地面豬舍的 60%。實地面結構的豬舍，豬隻糞、尿皆存積在床面上，為了維持豬舍清潔通常會每日清洗，而條狀地面豬舍 (泛指能使豬糞、尿下掉到糞尿溝機會的地面結構) 由於部分糞、尿已下掉到糞尿溝，將可減少清洗頻率，如果再利用處理後之回收水沖洗糞尿溝，更能大幅減少用水量。蘇等 (2016, 2018) 將肉豬飼養於實地

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2641 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主任秘書室。

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

面 (SOF 組)、部分條狀地面 (PSF 組) 或全條狀地面 (TSF 組) 等 3 種地面結構豬欄，結果地面結構對生長肥育期豬隻的採食量和飼料效率皆無顯著影響。在熱季 (蘇等, 2016) 生長期豬隻 PSF 及 TSF 組沖洗水量分別為 SOF 組的 84.1% 及 42.8%，廢水量則為 SOF 組的 85.0% 及 48.5%。肥育期 PSF 及 TSF 組沖洗水量分別為 SOF 組的 74.3% 及 35.1%，廢水量則為 SOF 組的 64.8% 及 37.7%。蘇等 (2018) 在涼季於相同豬舍進行的研究，也得到一致的結果。顯示在豬舍設置部分條狀地面或全條狀地面，可有效節省豬舍的沖洗水量及減少廢水產量，但廢水的化學需氧量 (COD)、BOD 和 SS 濃度也會因而提高。

在水資源欠缺及水污染防治費徵收等多項因素驅使下，節水養豬是產業永續經營必走的路徑。養豬用水減量後，廢水濃度勢必提高，宜探討依照目前的三段式處理模式及水力停留時間來處理高濃度廢水，可否符合法令規範及可行的因應方式，以供業者參酌應用。因此，本試驗參考蘇等 (2016, 2018) 試驗結果，模擬豬隻飼養在實地面 (SOF 組)、部分條狀地面 (PSF 組) 及全條狀地面 (TSF 組) 之糞尿與豬舍沖洗水量比例調製三種濃度原廢水，應用三段式處理模槽，探討各階段處理之水質變化。

## 材料與方法

### I. 試驗動物飼養

在 2015 年 5 月至 9 月期間，使用平均體重 52.9 kg 的 LD (Landrace ♀ × Duroc ♂) 肉豬共 20 頭，分批飼養於代謝架上，在豬隻平均體重 112 kg 時下代謝架。每日餵飼飼糧 (表 1) 2 次，以隔餐飼料槽中無剩餘料為度，飲用水充分供應。試驗動物飼養於行政院農業委員會畜產試驗所經營組豬場內，動物之使用、飼養及實驗內容，經「行政院農業委員會畜產試驗所實驗動物照護及使用小組」審查同意。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The compositions of experimental diet

Items	% (dry matter basis)
<b>Ingredients</b>	
Corn meal, CP 7.8%	73.32
Soybean meal, CP 43.8%	19.00
Molasses	2.00
Wheat bran	3.00
Limestone, pulverized	1.00
Dicalcium phosphate	1.00
Choline chloride, 50%	0.08
Salt	0.40
Vitamin premix <sup>1</sup>	0.10
Mineral premix <sup>2</sup>	0.10
Total	100.00
<b>Calculated value</b>	
Digestible energy, kcal/kg	3,369
<b>Analyzed (n = 4)</b>	
Crude protein, %	15.50
Cu, mg/kg	11.7
Zn, mg/kg	88.6

<sup>1</sup> Vitamin premix provided per kilogram of diet as following: Vitamin A, 6000 IU; Vitamin D<sub>3</sub>, 800 IU; Vitamin B<sub>12</sub>, 0.02 mg; Vitamin E, 20 IU; Vitamin K<sub>3</sub>, 4 mg; Riboflavin, 4 mg; Pantothenic acid, 16 mg; Niacin, 30 mg; Pyridoxine, 1 mg; Folic acid, 0.5 mg; and Biotin, 0.1 mg.

<sup>2</sup> Mineral premix provided per kilogram of diet as following: Fe (FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O), 140 mg; Cu (CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O), 7 mg; Mn (MnSO<sub>4</sub>), 20 mg; Zn (ZnO), 70 mg; and I (KI), 0.45 mg.

## II. 糞尿收集及處理

試驗期間每日收集個別豬隻糞便及尿液，分別秤重後混合，以人工攪拌均勻後，依重量比分別以 1:1 (A 組)、1:2.5 (B 組) 及 1:5 (C 組)，加入平日供應沖洗豬舍的農塘水，模擬豬隻飼養在全條狀地面 (TSF 組)、部分條狀地面 (PSF 組) 及實地面 (SOF 組) 之糞尿量與農塘水量比例，調製 3 種不同濃度廢水之後，進行三段式廢水處理流程 (圖 1)，每處理 2 重複。



圖 1. 廢水處理流程。A：糞尿收集；B：固液分離；C：厭氧處理；D：好氣處理。

Fig. 1. The wastewater treatment process. A: Manure collection; B: Solid-liquid separation; C: Anaerobic treatment; D: Aerobic treatment.

## III. 廢水處理流程

- (i) 調製後的廢水以間隙 0.20 mm 之不銹鋼材質分離桶進行固液分離。
- (ii) 收集固液分離後之處理水注入三槽式厭氧發酵模槽 (槽體容積：長 × 寬 × 深 = 200 cm × 30 cm × 40 cm；有效容積：長 × 寬 × 深 = 196.5 cm × 29.0 cm × 35.5 cm ≈ 202 L)，每槽注入 20 L/day，水力停留時間 (hydraulic retention time, HRT) 約 10 天。
- (iii) 收集厭氧處理後之處理水，以蠕動馬達輔以定時器 (每 4 小時進水 3 L；進水 3 小時停 1 小時、進水量約 1 L/hr)，注入以曝氣器輔以曝氣條通入空氣之曝氣槽 (槽體容積：長 × 寬 × 深 = 30 cm × 30 cm × 40 cm；有效容積：長 × 寬 × 深 = 28 cm × 28 cm × 35 cm ≈ 27.4 L)，HRT 約 1.5 日。

## IV. 調查與分析項目

- (i) 豬隻上代謝架及下架時分別磅重，記錄每日採食量，計算在代謝架上期間之生長性能。
- (ii) 每日收集豬隻糞便及尿液，每週採集糞便 1 次，分析銅 (copper, Cu) 及鋅 (zinc, Zn) 濃度。測定固液分離後固形物的含水率並秤重。
- (iii) 系統穩定後，每 2 週分析各處理組固液分離後、厭氧處理後和好氣處理後水質中 COD、BOD、SS、總氮 (total nitrogen, TN)、總磷 (total phosphorus, TP)、Cu 及 Zn 濃度 1 次。

## V. 分析分法

- (i) 水質 pH 值及電導度測定：分別依照行政院環境保護署公告之 NIEA W424.53A (2019) 及 NIEA W203.51B (2001) 方法進行分析。
- (ii) 水質 COD、BOD 及 SS 濃度測定：分別依照行政院環境保護署公告之 NIEA W515.54A (2007)、NIEA W510.55B



(2011) 及 NIEA W210.57A (2006c) 方法進行分析。

(iii) 水質總氮濃度

1. 水中凱氏氮、氨氮、硝酸鹽氮及亞硝酸鹽氮之測定，分別參照行政院環境保護署環境檢驗所 NIEA W451.51A (2006a)、NIEA W448.51B (2005a)、NIEA W419.51A (2006b) 及 NIEA W418.53C (2015) 方法分析之。

2. 總氮：參照行政院環境保護署環境檢驗所 NIEA W423.52C (2004) 方法計算之。水中總氮濃度 = 水中硝酸鹽氮濃度 + 水中亞硝酸鹽氮濃度 + 水中凱氏氮濃度。

(iv) 水質總磷濃度：依照行政院環境保護署公告之 NIEA W444.51C (2005b) 方法分析之。

(v) 尿液及水質 Cu 及 Zn 濃度分析：將樣品定量 50 mL 後加入 3 N 的鹽酸 10 mL，以錶玻璃覆蓋置 350°C 電熱板進行酸解，再經過濾及定量後，以原子吸收光譜儀測定之。

(vi) 糞便 Cu 及 Zn 濃度分析：樣品經水分測定後，取樣放入灰化爐 (NEYTECH-2-525)，在 550 – 650°C 溫度下灰化約 6 小時。樣品灰化、冷卻後，加入 3 N 的鹽酸 10 mL，以錶玻璃覆蓋置 350°C 電熱板進行酸解、過濾並定量後，以原子吸收光譜儀 (Atomic absorption spectrometer Z8100, Hitachi) 測定之。

## VI. 統計分析

試驗豬隻生長性能及糞尿排泄量平均值及標準偏差以 Excel 2007 計算。其他分析資料利用 SAS 統計分析套裝軟體的一般線性模式程序 (general linear model procedure) 進行變方分析 (SAS, 2002)，再以特奇公正顯著差異測驗法 (Tukey's honest significant difference, HSD)，檢定各處理組間的差異顯著性 ( $\alpha = 0.05$ )。

## 結果與討論

### I. 豬隻生長性能及糞尿排泄量

試驗期間 (2015 年 5 – 9 月) 共使用平均體重 52.9 kg 的豬隻 20 頭，分批飼養於代謝架上，上架期間平均約 70 日，在平均體重 112 kg 時下架，期間的平均日增重、採食量及飼料效率 (增重 / 採食量) 分別為 0.85 kg/d、2.38 kg/d 及 0.36 (表 2)。蘇等 (2016) 在熱季 (6 – 9 月) 使用平均體重 48.3 kg 的 LD 肉豬飼養至平均體重 115 kg，結果各處理組的平均日增重、採食量與飼料效率分別為 0.70 – 0.77 kg/d、2.28 – 2.49 kg/d 與 0.31 – 0.32。蘇等 (2012a) 在熱季 (5 – 8 月) 使用平均體重 30 kg 的 LYD 肉豬飼養至平均體重 110 kg，結果各處理組的日增重、採食量及飼料效率分別為 0.78 – 0.81 kg/d、2.33 – 2.69 kg/d 及 0.30 – 0.34。本試驗獲致之生長性能結果與蘇等 (2016) 及蘇等 (2012a) 皆相近。

表 2. 試驗豬隻生長性能及糞尿排泄量 (n = 20)

Table 2. The growth performance and manure excretion of experimental pigs

Items	Mean	SD	Range
Initial body weight, kg	52.9	7.8	43.2 – 74.3
Final body weight, kg	112	11	101 – 135
Test days, day	69	10	57 – 87
Gain, kg/day	0.85	0.07	0.75 – 0.98
Intake, kg/day	2.38	0.13	2.03 – 2.58
Feed efficiency, gain/intake	0.36	0.02	0.34 – 0.39
Fecal volume, kg/day	0.79	0.14	0.61 – 1.18
Moisture content, %	65.3	4.4	55.2 – 73.2
Cu <sup>1</sup> , mg/kg	101	8	828 – 116
Zn <sup>1</sup> , mg/kg	825	58	704 – 914
Urine volume, kg/day	4.20	0.63	3.16 – 5.29
Cu, mg/kg	0.74	0.46	0.26 – 2.11
Zn, mg/kg	5.41	2.37	2.53 – 13.09

<sup>1</sup> dry matter basis.

本試驗主要是要獲取足夠的豬隻糞尿以進行廢水處理實驗，豬隻飼養頭數及糞尿排泄量係參考蘇等 (2009) 估計。蘇等 (2009) 指出，體重 50 及 100 kg 的豬隻糞便排泄量與含水率分別為 816 及 980 g/d 與 76.6 及 67.7%，尿液量則為 3,390 及 3,960 g/d，而本試驗豬隻糞便、尿液平均排泄量及糞便含水率分別為 0.79、4.20 kg/d 及 65.3%，除了豬隻適應階段 (上架後約 7 天) 外，皆足供調製試驗所需之廢水使用。

糞便 (乾基) 的 Cu 與 Zn 濃度分別為 101 與 825 mg/kg，而尿液則僅 0.74 與 5.41 mg/kg，顯示飼糧中未被豬隻利用的 Cu 和 Zn 主要係由糞便排出 (蘇等, 2012b; Underwood, 1977)。本試驗飼糧 (乾基) Cu 和 Zn 含量分別為 11.7 和 109 mg/kg (表 1)，而糞便 Cu 與 Zn 含量則為 101 與 825 mg/kg，分別為飼糧的 8.66 倍和 7.60 倍。蘇等 (2012b) 使用 4 種不同 Cu 及 Zn 含量或型式 (硫酸鹽型式與蛋白質螯合型式) 的飼糧餵飼生長肥育期豬隻，結果糞便 Cu 及 Zn 的含量隨著飼糧的 Cu 及 Zn 添加量增加而顯著提高，而硫酸鹽型式與蛋白質螯合型式的 Cu 及 Zn 添加量相同時，糞便的 Cu 及 Zn 含量無顯著差異。

## II. 不同濃度廢水各處理階段水質變化

本試驗係使用平常供應沖洗豬舍的農塘水來調製試驗用廢水，在試驗期間農塘水的 COD、BOD、SS、TN、TP、Cu 和 Zn 濃度，以及 pH 值和 EC 分別為 32 mg/L、8 mg/L、4 mg/L、0.84 mg/L、1.42 mg/L、0.01 mg/L 和 4 mg/L，以及 7.43 與 0.11 mS/cm。A 組 (糞尿：農塘水 = 1：1)、B 組 (糞尿：農塘水 = 1：2.5) 和 C 組 (糞尿：農塘水 = 1：5) 調製完成的廢水，固液分離的固形物以 A 組顯著較 B 組及 C 組為多，B 組固形物的分離量也較 C 組為多 ( $P < 0.05$ )，而各組固形物的含水率相近 (表 3)。

經固液分離後，各組廢水的 pH 值皆在 8.5 以上，A 組的 COD、BOD 與 SS 濃度及 EC 皆顯著較 B 組及 C 組為高，而 B 組也較 C 組為高 ( $P < 0.05$ )，銅和鋅濃度則以 A 組顯著較 C 組為高 (表 3)。廢水再經約 10 天的厭氧處理後，各組廢水的 pH 值降到約 7.7，A 組的 EC 顯著較 B 組和 C 組為高，Cu 和 Zn 濃度也較 B 組和 C 組為高 ( $P < 0.05$ )。A 組水質的 BOD 和 SS 濃度分別為 960 mg/L 和 910 mg/L，明顯較臺灣省畜產試驗所 (1993) 預期之水質 BOD 和 SS 濃度分別低於 800 mg/L 和 700 mg/L 為高。再經過 1.5 天的好氣處理後，pH 值皆在 8.0 以上，A 組的 EC 顯著較 B 組和 C 組為高。A 組的 COD、BOD 和 SS 濃度，以及 B 組的 COD 和 BOD 濃度皆高於現行放流水標準 (行政院環境保護署, 2019)。因此，高濃度廢水可能必須延長厭氧及好氣處理的水力停留時間，以符合法令規範。

經過三段式處理後，A 組的 TN 濃度顯著高於 B 組和 C 組 (表 3)，而各組間總磷濃度皆相近。蔡及周 (2005) 研究指出，養豬廢水經三段式處理後的放流水含有 227 – 254 mg/L 的總氮和 25 – 29 mg/L 的磷酸態磷，曾等 (2003) 也指出，處理後的放流水氮和磷的濃度分別在 200 – 400 mg/L 和 20 – 100 mg/L，本試驗在好氣處理後 C 組的總氮和總磷濃度分別為 324 和 44 mg/L，與曾等 (2003) 的研究結果相似。陳等 (2010) 調查彰化芳苑地區 2 家養豬場經過固液分離的廢水中 Cu 和 Zn 濃度，平均分別為 5.0 – 12.0 mg/L 和 19.6 – 36.5 mg/L，本試驗各組經固液分離後 Zn 的濃度皆明顯較陳等 (2010) 所調查的數值為高。經過三段式處理後，A 組的 Cu 濃度也較 C 組為高 ( $P < 0.05$ )，而各組 Cu 和 Zn 濃度皆符合 3.0 mg/L 以下及 5.0 mg/L 以下之現行放流水標準。

本試驗 C 組係模擬實地面豬舍每日沖水 1 次，糞尿排泄量與沖洗水比例 1：5 之設計，與臺灣省畜產試驗所 (1993) 以 1 頭體重 100 kg 的豬為 1 個動物單位，糞尿排泄量 5 kg/day/AU、以 5 倍的水沖洗後，每個動物單位每日產生 30 L 的廢水，作為規劃廢水處理設施設計參數相似。臺灣省畜產試驗所 (1993) 估計原廢水可以固液分離去除 0.1 kg/day/AU (含水率 65%) – 0.2 kg/day/AU (含水率 85%) 的固形物，換算為乾物量約 30 – 35 g/day/AU，本試驗豬隻糞尿排泄量 (表 2) 與臺灣省畜產試驗所 (1993) 估計量相近，C 組每日共需用糞尿：沖洗水 = 1：5 之廢水 40 L，即約需使用 1.3 頭豬的糞尿來調製，固液分離去除了含水率 77.3% 的固形物 1.36 kg/日，換算為乾物量約 0.31 kg/日，即每頭豬固液分離的乾物量約 238 g/日，約為臺灣省畜產試驗所 (1993) 估計量的 6.81 – 7.95 倍，應與本試驗固液分離後使用固液分離桶，其間隙 (0.20 mm) 較一般豬場使用的固液分離機 (間隙多在 0.5 – 0.75 mm) 為小有關。臺灣省畜產試驗所 (1993) 估計廢水經固液分離後的 BOD 與 SS 濃度分別低於 5,000 與 4,700 mg/L，經厭氧處理後分別低於 800 與 700 mg/L，再經好氣處理後可符合 BOD 80 mg/L 與 SS 150 mg/L 之放流水標準。本試驗 C 組經固液分離、厭氧處理和好氣處理後 BOD 與 SS 分別為 1,294 與 1,854 mg/L、210 與 104 mg/L 和 55 與 29 mg/L，皆低於較臺灣省畜產試驗所 (1993) 估計值，此與固液分離去除的乾物量應有關係。顯示，固液分離階段去除較多的固形物，有助於三段式處理的水質淨化效果。

## III. 各處理階段 COD、BOD 及 SS 處理效率

C 組廢水經三段式處理後 COD、BOD 及 SS 的去除率皆較 A 組為高 ( $P < 0.05$ )。臺灣省畜產試驗所 (1993) 估計厭氧處理和好氣處理階段的去除率分別為 85 和 90%，而本試驗 C 組除了厭氧處理階段的 SS 去除率外，皆

無法達到其預估之去除率，推測與 C 組經固液分離後的水質，即較臺灣省畜產試驗所 (1993) 估算的水質明顯為低有關。整體而言，A 組、B 組和 C 組固液分離後的廢水，經過厭氧處理和好氧處理後，COD 的去除率皆達 84% 以上，而除了 A 組 (86.6%) 外，BOD 和 SS 的去除率皆達 90% 以上 (表 4)。

表 3. 不同濃度養豬廢水各處理階段之水質

Table 3. Water qualities of pig wastewater at different concentration during the module of three-step treatment system

Items	Group A <sup>1</sup>	Group B	Group C	SE
Solid-liquid separation (n = 18)				
Solid weight, kg/d	3.40 <sup>a</sup>	2.03 <sup>b</sup>	1.36 <sup>c</sup>	0.12
Moisture, %	76.9	76.3	77.3	0.5
Solid dry matter, kg/d	0.80 <sup>a</sup>	0.48 <sup>b</sup>	0.31 <sup>c</sup>	0.03
After solid-liquid separation (n = 9)				
COD, mg/L	12,360 <sup>a</sup>	7,080 <sup>b</sup>	4,770 <sup>c</sup>	630
BOD, mg/L	3,130 <sup>a</sup>	2,050 <sup>b</sup>	1,290 <sup>c</sup>	210
SS, mg/L	5,580 <sup>a</sup>	2,870 <sup>b</sup>	1,850 <sup>b</sup>	350
TN, mg/L	2,200 <sup>a</sup>	1,681 <sup>b</sup>	939 <sup>c</sup>	114
TP, mg/L	1,164 <sup>a</sup>	640 <sup>b</sup>	385 <sup>b</sup>	71
Cu, mg/L	1.24 <sup>a</sup>	0.90 <sup>ab</sup>	0.58 <sup>b</sup>	0.11
Zn, mg/L	84.52 <sup>a</sup>	50.31 <sup>ab</sup>	44.90 <sup>b</sup>	11.43
pH value	8.64	8.71	8.70	0.03
EC, mS/cm	11.20 <sup>a</sup>	6.32 <sup>b</sup>	5.25 <sup>b</sup>	0.53
After anaerobic stage (n = 9)				
COD, mg/L	3,420 <sup>a</sup>	1,590 <sup>b</sup>	790 <sup>c</sup>	150
BOD, mg/L	960 <sup>a</sup>	350 <sup>b</sup>	210 <sup>c</sup>	50
SS, mg/L	910 <sup>a</sup>	270 <sup>b</sup>	100 <sup>c</sup>	180
TN, mg/L	1,910	1,340	1,200	217
TP, mg/L	103	101	94	8
Cu, mg/L	0.34 <sup>a</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.07
Zn, mg/L	7.60 <sup>a</sup>	4.92 <sup>b</sup>	4.34 <sup>b</sup>	0.42
pH value	7.63 <sup>b</sup>	7.63 <sup>b</sup>	7.76 <sup>a</sup>	0.02
EC, mS/cm	12.75 <sup>a</sup>	8.60 <sup>b</sup>	6.63 <sup>c</sup>	0.24
After aerobic stage (n = 9)				
COD, mg/L	1,810 <sup>a</sup>	728 <sup>b</sup>	358 <sup>c</sup>	98
BOD, mg/L	357 <sup>a</sup>	114 <sup>b</sup>	55 <sup>b</sup>	28
SS, mg/L	185 <sup>a</sup>	67 <sup>b</sup>	29 <sup>c</sup>	9
TN, mg/L	816 <sup>a</sup>	460 <sup>b</sup>	324 <sup>c</sup>	23
TP, mg/L	32	30	44	4
Cu, mg/L	0.16 <sup>a</sup>	0.06 <sup>ab</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.03
Zn, mg/L	3.30	2.74	2.14	0.53
pH value	8.50 <sup>a</sup>	8.44 <sup>a</sup>	8.07 <sup>b</sup>	0.05
EC, mS/cm	9.08 <sup>a</sup>	5.76 <sup>b</sup>	4.36 <sup>c</sup>	0.18

<sup>1</sup> Three different concentrations of wastewater were made up by mixing manure and water at 1:1 (Group A), 1:2.5 (Group B) and 1:5 (Group C) by weights.

<sup>a, b, c</sup> Means with in same row without the same superscripts differ (P < 0.05).

表 4. 不同濃度養豬廢水在厭氧及好氣處理階段的水質處理效率 (n = 9)

Table 4. Removal efficiencies of pig wastewater at different concentrations on the anaerobic and aerobic stages

Items	Group A <sup>1</sup>	Group B	Group C	SE
Removal rate of anaerobic stage (%)				
COD	71.1 <sup>b</sup>	74.0 <sup>ab</sup>	81.2 <sup>a</sup>	2.3
BOD	64.6 <sup>b</sup>	76.4 <sup>ab</sup>	79.4 <sup>a</sup>	3.7
SS	86.1	89.0	94.4	2.7
Removal rate of aerobic stage (%)				
COD	46.6	49.2	50.2	3.2
BOD	64.7	61.0	63.2	4.0
SS	43.3 <sup>b</sup>	63.3 <sup>a</sup>	69.8 <sup>a</sup>	4.5
Total removal rate (%)				
COD	84.5 <sup>b</sup>	88.5 <sup>ab</sup>	91.6 <sup>a</sup>	1.2
BOD	86.6 <sup>b</sup>	93.0 <sup>a</sup>	95.1 <sup>a</sup>	1.4
SS	96.6 <sup>b</sup>	97.3 <sup>b</sup>	98.3 <sup>a</sup>	0.2

<sup>1</sup> Described as in Table 3.

<sup>a, b</sup> Means within same row without the same superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

豬隻節水飼養是養豬產業永續經營後續必循路徑，惟試驗結果發現，A 組 (糞尿：農塘水 = 1：1) 廢水經過固液分離、厭氧處理 10 日和好氣處理 1.5 日後，水質仍高於放流水標準。蘇等 (2016, 2018) 指出，全條狀地面及部分條狀地面豬舍的廢水量，僅約實地面豬舍的 37 – 53% 及 60 – 85%，顯示養豬場若由實地面豬舍改建為條狀地面豬舍，其廢水處理設施應尚有餘裕容積以延長水力停留時間。因此，後續在廢水處理技術方面，將先從延長厭氧處理及好氣處理階段的水力停留時間著手，期望高濃度廢水經過三段式處理後可符合放流水標準。另外，近年來在農政及環保機關通力合作下，已訂定了多項畜牧廢水再利用法令，將厭氧處理後或再經過好氣處理的廢水施灌於農地再利用，亦屬可行之途徑。

## 參考文獻

- 行政院環境保護署。2018。事業及污水下水道系統水污染防治費收費辦法。https://oaout.epa.gov.tw/law/Law\_Content.aspx?id=FL040165。
- 行政院環境保護署。2019。放流水標準。https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=O0040004。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2001。水中導電度測定方法－導電度計法。https://www.epa.gov.tw/niea/CEF7F53949423F26。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2004。水中總氮檢測方法。https://www.epa.gov.tw/niea/3F83B9E9B37CAB8D。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2005a。水中氨氮檢測方法－靛酚比色法。https://www.epa.gov.tw/niea/4034F5B8E3A33B00。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2005b。水中總磷之手動消化流動注入分析法－比色法。https://www.epa.gov.tw/niea/EF23E2B52E6F2345。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2006a。水中凱氏氮檢測方法。https://www.epa.gov.tw/niea/A77EA35EE03E009A。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2006b。水中硝酸鹽氮檢測方法－分光光度計法。https://www.epa.gov.tw/niea/A2C719F96BBB14FD。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2006c。水中總溶解固體及懸浮固體檢測方法－103°C – 105°C 乾燥。http://www.niea.gov.tw/niea/WATER/W21057A.htm。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2007。水中化學需氧量檢測方法－重鉻酸鉀迴流法 (NIEA W515.54A)。http://www.niea.gov.tw/niea/WATER/W51554A.htm。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2011。水中生化需氧量檢測方法 (NIEA W510.55B)。http://www.niea.gov.tw/niea/WATER/W51054B.htm。



- 行政院環境保護署環境檢驗所。2015。水中亞硝酸鹽氮檢測方法—比色法。<https://www.epa.gov.tw/niea/A02878363E409CE6>。
- 行政院環境保護署環境檢驗所。2019。水之氫離子濃度指數 (pH 值) 測定方法—電極法。<https://www.epa.gov.tw/niea/E6CD30848FCE3378>。
- 經濟部水利署。2019a。中華民國 107 年水利統計，壹、水資源運用。[https://www.wra.gov.tw/News\\_Content.aspx?n=2953&s=19176](https://www.wra.gov.tw/News_Content.aspx?n=2953&s=19176)。
- 經濟部水利署。2019b。106 年水資源供需統計表—修正表。[https://www.wra.gov.tw/News\\_Content.aspx?n=2945&s=7394](https://www.wra.gov.tw/News_Content.aspx?n=2945&s=7394)。
- 臺灣省畜產試驗所。1993。豬糞尿處理設施工程設計、施工手冊 (修訂本)。臺灣省畜產試驗所專輯第 21 號，第 C—F 頁。
- 夏良宙。2001。豬舍設備。畜牧要覽養豬篇 (增修版)。中國畜牧學會，臺北市，第 285-292 頁。
- 曾四恭、吳建輝、鄭榮春、郭猛德、馬冀芳。2003。生物處理法去除養豬廢水中氮之研究 (上)。飼料營養雜誌 11：66-75。
- 陳琦玲、郭鴻裕、周明顯、徐慶霖、張簡水紋、廖崇億、張筱瑜、蔡震達。2010。以槽車載運固液分離後養豬廢水再利用試驗計畫 (芳苑案)。期末報告。
- 蔡孟潔、周楚洋。2005。豬糞尿水之生物去氮除磷。農業機械學刊 14：1-12。
- 蘇天明、李免蓮、吳遵文、蕭庭訓、李恒夫、廖宗文、郭猛德。2009。不同體重肉豬糞尿排泄量及其成分調查。中畜會誌 38：97-107。
- 蘇天明、劉士銘、李恒夫、蕭庭訓、廖宗文、郭猛德。2012a。不同型式銅鋅及其用量之飼糧對生長肥育豬生長性能及屠體性狀之影響。畜產研究 45：55-66。
- 蘇天明、劉士銘、李恒夫、蕭庭訓、廖宗文、郭猛德。2012b。不同銅鋅濃度飼糧對生長肥育豬糞便及堆肥中銅鋅濃度之影響。畜產研究 45：107-120。
- 蘇天明、翁義翔、鍾承訓、鄭閔謙、蕭庭訓、程梅萍。2016。地面結構對熱季豬隻生長性能及豬舍用水量、廢水量之影響。畜產研究 49：26-34。
- 蘇天明、翁義翔、鍾承訓、蕭庭訓、程梅萍。2018。地面結構對涼季豬隻生長性能與豬舍廢水量。畜產研究 51：75-83。
- SAS. 2002. SAS procedure guide for personal computers. Version 6th Ed. SAS Institute Inc. Cary, NC. U.S.A.
- Underwood, E. J. 1977. Trace elements in human and animal nutrition (4th ed.), Western Australia.



# Treatment effects of three-step treatment on pig wastewater with different concentrations <sup>(1)</sup>

Tein-Ming Su <sup>(2)(4)</sup> Cheng-Hsun Chung <sup>(2)</sup> Ting-Hsun Hsiao <sup>(2)</sup> and Mei-Ping Cheng <sup>(3)</sup>

Received: Jan. 20, 2020; Accepted: Jun. 9, 2020

## Abstract

The reduction of flushing water reduces wastewater in pig farms but will increase the concentration of pollutants in wastewater relatively. The study aims to investigate the effect of wastewater concentration on the water quality at different treatment stages after the three-step treatment process, in order to reduce the wastewater product from pig farms. A total of 20 LD (Landrace ♀ × Duroc ♂) castrated boars with an average body weight between 52.9 to 112 kg were fed ad libitum in individually metabolism cages, while feces and urines of individual pigs were collected separately, weighed and recorded after mixture daily. Three pollutants concentrations of wastewater were made up by mixing manure and water at 1:1 (group A), 1:2.5 (group B) and 1:5 (group C) by weight ratio, then processed with a module of three-step treatment system with a treatment period for about 11.5 days to measure the changes in water quality at each processing stage. The results showed that the wastewater of group A contained higher ( $P < 0.05$ ) concentrations of chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD) and suspended solids (SS) in each treatment stage than those of groups B and C. Group A wastewater had higher electrical conductivity (EC) and concentration of copper and zinc than those of group C ( $P < 0.05$ ). The CODs of the three groups A, B and C of wastewater having undergone solid-liquid separation were 12,360, 7,080 and 4,770 mg/L, respectively, and 1,810, 728 and 358 mg/L, after the three-step treatment process. The BODs of the three groups of wastewater after solid-liquid separation were 3,130, 2,050 and 1,290 mg/L, respectively, and 357, 114 and 55 mg/L, after the three-step treatment. The concentrations of COD and BOD in groups A and B failed to meet the standards for pig wastewater discharge, indicating that the treatment of higher concentrations of wastewater requires a longer hydraulic retention time (HRT). Therefore, further research will be conducted to investigate the effect of extending the HRT of anaerobic and aerobic processing on the purification of water quality.

Key words: Grower-finisher pig, Three-step treatment system, Wastewater concentration, Water quality.

---

(1) Contribution No. 2641 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Livestock Management Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Chief Secretary Office, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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