

以模型場設施探討舍飼養鵝廢水之處理性能⁽¹⁾

江兆弘⁽²⁾⁽⁴⁾ 胡見龍⁽²⁾ 林宗毅⁽³⁾

收件日期：109 年 8 月 13 日；接受日期：111 年 1 月 3 日

摘 要

鑒於高病原性禽流感疫情對養鵝產業造成嚴重經濟損失，過去開放式飼養轉型為舍飼飼養儼然已成為趨勢。為探討傳統開放式及舍飼養鵝廢水處理系統之差異，本研究先使用小型反應槽 (10 L) 進行批式饋料處理小型養鵝場廢水。結果顯示，養鵝廢水分別以小型反應槽在厭氧 (水力停留時間 HRT = 5 天) 或好氧 (HRT = 3 天) 狀況下處理，處理後廢水之懸浮固體 (SS)、生化需氧量 (BOD) 及化學需氧量 (COD) 分別為厭氧 (HRT 5 天) 的 110.0、60.2 及 476.0 mg/L 及好氧 (HRT 3 天) 的 89.0、29.0 及 201.0 mg/L，去除率分別可達 94.5、93.7 及 80.4% 和 95.2、97.0 及 91.8%。另依小型模型槽好氧處理模式，建置大型好氧槽 (有效容積 600 L) 進行養鵝廢水處理研究，結果顯示在好氧反應 (HRT 3 天) 之條件下，處理水 SS、BOD 及 COD 分別為 89.4、39.0 及 134.0 mg/L，其去除率分別為 92.4、94.5 及 96.0%。研究結論為鵝舍廢水經 HRT 三天之批式處理法，可達放流水標準。處理後水樣之微生物超出 50 CFU/mL 水禽用水含量之建議值，不適合直接回收使用。

關鍵詞：養鵝廢水、舍飼飼養、處理模式。

緒 言

國內肉鵝大部分為舍外開放式飼養，鵝隻容易遭受野外禽鳥影響而有罹病風險。為防範野鳥成為禽流感病毒傳染途徑，舍內飼養將成為養鵝產業永續經營之趨勢。依據胡 (2005) 研究結果顯示，鵝隻每日平均排泄糞尿量為 466 ± 12 g，理化性質分別為生化需氧量 (biochemical oxygen demand, BOD) 30 g/隻/日、濃度 65,000 mg/L；化學需氧量 (chemical oxygen demand, COD) 77 g/隻/日、濃度 166,000 mg/L；懸浮固體 (suspended solids, SS) 32 g/隻/日、濃度 70,000 mg/L。傳統開放式養鵝場設施包含水池、運動場及遮棚等，如推測三個區域堆置等量之糞尿量，則有 1/3 糞尿量經排泄於戲水池後排放。一般水池深度約 30 cm，經以直徑 1 mm 孔目進行固液分離後雖可濾除大部分鵝毛等雜質，但對於固液分離前後測量廢水水質並無顯著差異。具有水池之養鵝場每週如排放池水 2 次，每隻鵝產生廢水量 9 L，經固液分離鵝毛等雜質後再初步沉澱，少量濃稠部分以厭氧處理 3 至 5 天，大部分廢水直接經活性污泥法好氧處理 1 至 1.5 天即可達放流水標準。郭等 (1999) 指出飼養於舍內有水池或籠飼採用大量廢水沖洗之鴨隻，每日每隻用水量 36 L 左右，其 BOD 與 COD 濃度分別為 900 與 1,900 mg/L，亦建議可於固液分離後直接採活性污泥法處理。

傳統養鵝場排放水之 BOD、COD 及 SS 濃度分別為 21 – 167、51 – 975 及 26 – 1,305 mg/L，檢測結果雖因各養鵝場型態不同而有所差異，但大部分鵝場糞尿經大量池水稀釋後，廢水中所含之污染物質含量相對較養豬廢水低，經二段式處理後即可達放流水標準 (胡，2005)。當鵝隻飼養方式改為舍飼飼養後，舍內糞尿沖洗過程未經水池稀釋或因舍內池水量體較少，該鵝舍排放之廢水將有別於傳統開放式鵝場排放水之基本理化性質。廢水處理流程乃是依據廢水之水質項目及其濃度設計，有機廢水處理普遍採用生物處理方式 (蕭等，2011)，因此舍飼養鵝廢水處理模式需另行評估。故此，本研究探討舍飼養鵝廢水之水質特性，並建置模型場進行廢水處理試驗，期建立相關模式供產業參考。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2688 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(4) 通訊作者，E-mail: chjiang@tlri.gov.tw。

材料與方法

I. 機械設備

包括 0.5 馬力鼓風機 1 臺、直立式厭氧發酵槽及曝氣設施各 1 組。

II. 小型模型槽試驗

(i) 試驗材料

本試驗於行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場(以下簡稱彰化場)進行,使用 6 月齡之舍飼白羅曼鵝 381 隻,試驗期間以完全配合飼料餵飼,飼養期為 105 年 5 至 11 月,廢水處理及檢測期間為同年 9 至 11 月。鵝隻飲水及每週 3 次洗舍用水量平均為 3,000 L/日,平均隻日用水量為 7.80 L。

(ii) 試驗方法:以模型槽進行厭氧及好氧試驗。

1. 厭氧試驗:測定不同水力停留時間(hydraulic retention time, HRT)對廢水處理之效果。將廢水以 1 mm 孔目篩網濾除鵝毛等雜質,使用有效容積 10 L 之直立式小型厭氧發酵槽 3 座進行試驗,每座槽體每日分別批次置換 2.00、1.00 或 0.67 L 廢水以模擬厭氧處理 HRT 5、10 及 15 天後,並分別採取 8 L 進行水質檢測。上述步驟經重複進行 4 批次處理後取得之 BOD、COD 及 SS 數值再換算去除率。
2. 好氧試驗:以曝氣馬達做為供氣來源,使用有效容積為 90 L 之槽體 3 座進行活性污泥馴養,馴養期間量測並記錄各組污泥沉降量(sludge volume 30, SV30)及模型槽內溶氧量(dissolved oxygen, DO)。將廢水以 1 mm 孔目篩網濾除鵝毛等雜質,每座槽體分別以 HRT 分別為 1、2 及 3 天進行好氧處理並分別採 8 L 廢水進行檢測。上述步驟經重複進行 4 批次處理後,取得之 BOD、COD 及 SS 數值再換算去除率。

III. 大型模型槽試驗

(i) 試驗材料

本試驗使用 17 月齡之彰化場舍飼白羅曼鵝 426 隻,試驗期間以完全配合飼料餵飼,廢水處理及檢測期間為 106 年 8 至 11 月。鵝舍每週清洗 3 次,沖洗之用水量平均為 4,285 L/日,平均隻日用水量為 10.06 L。

(ii) 試驗方法

於鵝舍建置集水井及好氧處理槽 3 座,槽體體積各為 1,000 L,有效處理容積為 600 L,試驗期間以曝氣馬達作為供氣來源進行活性污泥馴養,馴養期間量測並記錄各組污泥之 SV30 及模型槽內之 DO 值。將廢水以 1 mm 孔目篩網濾除鵝毛等雜質後,各槽體分別以批次進水方式,以 HRT 分別為 1.5、2 及 3 天等 3 種好氧條件處理,並分別採集 8 L 廢水進行檢測。上述步驟經重複進行 4 批次處理後取得 SS、BOD 及 COD 之數值再換算去除率。

IV. 民間開放式及舍飼養鵝場排放水質調查

(i) 試驗材料

挑選嘉義及雲林地區各 1 場民間種鵝場及嘉義地區 1 場民間肉鵝場,於各場進行鵝舍清洗作業時,採集中段之排放水及舍內戲水池水 8 L 進行檢測。

(ii) 水質檢測

檢測項目包括 pH 值、導電度、SS、BOD、COD、總磷及總氮。

V. 微生物檢測

採集嘉義地區肉鵝場及雲林地區種鵝場各 1 場廢水樣品及彰化場大型廢水處理槽體處理後之排放水樣品各 100 mL,共計 3 場次之廢水樣品,委由國立中興大學獸醫學院動物疾病診斷中心進行微生物檢測,檢驗項目以水中大腸桿菌群及大腸桿菌檢測方法—酵素呈色濾膜法(NIEA E237.52B)計算大腸桿菌之 CFU (Colony-forming unit),另以聚合酶連鎖反應(polymerase chain reaction, PCR)檢測水中是否含有沙門氏菌(*Salmonella* spp.)、巴氏桿菌(*Pasteurella multocida*)及雷氏桿菌(*Riemerella anatipestifer*)之核酸。

VI. 分析方法

- (i) COD 以密閉迴流滴定法(NIEA W517.52B)分析(行政院環境保護署,2009a)。
- (ii) BOD 以微生物氧化水中物質所消耗之溶氧(NIEA W510.55B)計算(行政院環境保護署,2011)。
- (iii) SS 以水中總溶解固體及懸浮固體檢測方法:103 – 105°C 乾燥(NIEA W210.58A)分析(行政院環境保護署,2013)。
- (iv) 氫離子濃度以電極法(NIEA W424.52A)分析(行政院環境保護署,2009b)。
- (v) 導電度以導電度計法(NIEA W203.51B)分析(行政院環境保護署,2001)。

(vi) 總磷以分光光度計／維生素丙法 (NIEA W427.53B) 分析 (行政院環境保護署，2010)。

(vii) 總氮以水中總氮檢測法 (NIEA W423.52C) 分析 (行政院環境保護署，2004)。

VII 統計分析

試驗資料依統計分析系統 (SAS, 2014) 進行統計分析，使用一般線性模式程序 (General linear model procedure, GLM) 進行變方分析，呈顯著差異者再以最小平方平均值法 (Least squares means, LSMEANS) 計算平均值並比較組間差異，本次試驗顯著差異水準設為 $P < 0.05$ 。

結果與討論

I. 小型模型槽試驗

使用小型模型槽處理 6 月齡舍飼白羅曼鵝 381 隻產出之廢水，經 1 mm 直徑孔目篩網濾除鵝毛等雜質後，檢測排放水之 SS、BOD 及 COD 之濃度分別為 1,983、967 及 2,460 mg/L (表 1)。

表 1. 以 10 L 小型模型槽處理舍飼養鵝廢水－HRT 對處理效果之影響

Table 1. Effect HRT on the performance of wastewater treatment by the 10 L tank

Item	SS ¹ (mg/L)	BOD ¹ (mg/L)	COD ¹ (mg/L)	H ⁺ (pH)
----- Anaerobic treatment -----				
Raw wastewater	1,983 ^a	967 ^a	2,460 ^a	7.1
HRT, 5 days	110 ^b	60.2 ^b	476 ^b	7.0
HRT, 10 days	78.4 ^b	43.4 ^b	330 ^b	7.3
HRT, 15 days	118 ^b	78.9 ^b	427 ^b	7.3
Pooled SEM	117	90.7	257	0.1
----- Anaerobic treatment removal efficiency, % -----				
HRT, 5 days	94.5	93.7	80.4	—
HRT, 10 days	96.0	95.5	86.4	—
HRT, 15 days	93.3	91.2	79.5	—
Pooled SEM	1.9	1.8	3.6	
----- Aerobic treatment -----				
Raw wastewater	1,983 ^a	967 ^a	2,460 ^a	7.1 ^a
HRT, 1.5 day	347 ^b	376 ^b	1,090 ^{ab}	7.5 ^b
HRT, 2 days	116 ^b	44.8 ^b	342 ^b	8.0 ^b
HRT, 3 days	89.0 ^b	29.0 ^b	201 ^b	8.0 ^b
Pooled SEM	127	117	300	0.1
----- Aerobic treatment removal efficiency, % -----				
HRT, 1.5 day	84.4 ^b	58.1	52.0	—
HRT, 2 days	93.9 ^{ab}	95.1	85.4	—
HRT, 3 days	95.2 ^a	97.0	91.8	—
Pooled SEM	1.9	9.2	9.3	—

N = 4.

^{a, b} Means in the same column and category with the different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

Pooled SEM: pooled standard error of means.

¹ SS: suspended solids; BOD: biochemical oxygen demand; COD: chemical oxygen demand.

每日收集注入 3 座小型直立式厭氧模型槽 (有效容積 10 L) 之廢水, 每座每日分別各批次置換廢水 2、1 或 0.67 L, 以分別模擬厭氧處理 HRT 5、10 及 15 天, 取得各項數值換算去除率後進行統計分析。試驗結果顯示, 不同 HRT 處理後廢水之 SS 濃度分別為處理 5 天的 110.0 mg/L、10 天的 78.4 mg/L 及 15 天的 117.0 mg/L, 其 SS 去除率分別為 94.5、96.0 及 93.3%; 處理後廢水之 BOD 分別為處理 5 天的 60.2 mg/L、10 天的 43.4 mg/L 及 15 天的 78.9 mg/L, 去除率分別為 93.7、95.5 及 91.2%; 處理後廢水之 COD 分別為處理 5 天的 476.0 mg/L、10 天的 330.0 mg/L 及 15 天的 427.0 mg/L, 去除率分別為 80.4、86.4 及 79.5% (表 1)。其中 15 天處理組之 SS、BOD 及 COD 值雖較 10 天處理組稍高, 仍在放流水標準之內, 其各項去除率在統計上亦無顯著差異, 推測為採樣及檢測過程之誤差所致。依行政院環境保護署 (2019) 資料顯示, 畜牧業非草食性動物放流水標準之 SS、BOD 及 COD 分別為 150、80 及 600 mg/L, 本試驗以 10 L 小型厭氧模型槽處理後之排放水質均可符合標準。

在好氧處理試驗方面, 小型模型槽試驗組之舍飼養鵝廢水經直徑 1 mm 孔目進行固液分離後, 使用 3 組各 90 L 蓄水槽直接曝氣處理, 經完成活性污泥馴養後, 每日批次置換 2/3、1/2 或 1/3 槽體內廢水量, 分別模擬 HRT 1.5、2 及 3 天之處理效率。結果顯示, 3 種 HRT 處理後 SS 濃度分別為處理 1.5 天的 346.5 mg/L、2 天的 116.3 mg/L 及 3 天的 89.0 mg/L, 去除率則分別為 84.4、93.9 及 95.2%; BOD 方面, 分別為處理 1.5 天的 376.0 mg/L、2 天的 44.8 mg/L 及 3 天的 29.0 mg/L, 去除率為 58.1、95.1 及 97.0%; COD 方面, 分別為處理 1.5 天的 1,089.3 mg/L、2 天的 342.0 mg/L 及 3 天的 200.7 mg/L, 去除率為 52.0、85.4 及 91.8% (表 1)。研究指出, 高濃度有機廢水 (COD 高於 4,000 mg/L) 及低濃度有機廢水 (COD 低於 1,000 mg/L) 分別以厭氧及好氧處理較為合適 (Chan *et al.*, 2009), 本研究利用小型模型槽之試驗結果, 以好氧處理即可在短日數內得到良好之廢水處理成效, 與前述試驗結果相近。Chan *et al.* (2009) 亦指出好氧生物處理放流水之水質濃度, 可較厭氧生物處理者為低, 而好氧生物處理分解可溶性有機物之效率亦較厭氧生物處理者為佳 (Grady *et al.*, 1999), 相較小型模型槽厭氧及好氧處理試驗結果 (表 1), 以好氧模擬 HRT 2 天即可獲得與厭氧方式模擬 HRT 10 天相似之處理效率, 因此本研究設計大型模型槽試驗針對好氧處理進行探討。

II. 大型模型槽試驗

大型模型槽處理 17 月齡舍飼白羅曼鵝 426 隻產出之廢水, 經 1 mm 直徑孔目篩網濾除鵝毛等雜質後, 檢測原廢水 SS、BOD 及 COD 之濃度分別為 1,994、726 及 1,445 mg/L (表 2)。收集經濾除鵝毛等雜質後之廢水, 批次注入好氧處理槽 (有效容積 600 L), 並分別曝氣處理 1、2 及 3 天, 採集處理水後樣送驗, 各 HRT 之 SV30 與 DO 值分別低於 250 mL/L 及 6 mg/L。結果顯示, 不同 HRT 經檢測 SS 之濃度分別為處理 1 天的 405.0 mg/L、2 天的 153.5 mg/L 及 3 天的 89.4 mg/L, 去除率分別為 74.3、88.9 及 92.4%, BOD 之濃度分別為處理 1 天的 103.7 mg/L、2 天的 54.0 mg/L 及 3 天的 39.0 mg/L, 去除率分別為 85.0、92.5 及 94.5%, COD 之濃度分別為處理 1 天的 294.5 mg/L、2 天的 184.5 mg/L 及 3 天的 134.0 mg/L, 去除率分別為 79.1、87.1 及 90.6% (表 2)。經好氧處理 3 天後, SS、BOD 及 COD 濃度即可符合排放水標準。

以小型好氧模型槽裝載 90 L 廢水進行曝氣處理, 並於每日分別置換 2/3、1/2 及 1/3 槽體內廢水量模擬 HRT 1.5、2 及 3 天之結果顯示, 不同 HRT 對 SS 去除率分別為 84.4 至 95.2%; BOD 去除率為 58.1 至 97%; COD 去除率為 52.0 至 91.8%。相較於以有效容積 600 L 大型槽進行曝氣處理, 小型與大型好氧模型槽 HRT 於處理 2 天與 3 天後之 SS、BOD 及 COD 去除率結果相近 (表 3)。顯示在好氧處理下, 小型及大型模型槽在經過 HRT 至少 2 天之處理均可得到良好成效。本研究利用大型模型槽組之舍飼養鵝廢水 BOD/COD 比值約為 0.5 (726/1,445 mg/L), 與 Tchobanoglous *et al.* (2003) 建議廢水 BOD/COD 比值 ≥ 0.5 適合生物處理之研究結果相呼應, 顯示以批次活性污泥法進行好氧處理, 能有效應用於較高濃度之舍飼養鵝廢水。依據蕭等 (2011) 研究指出, 國內有色肉雞屠宰廢水之 COD、BOD 及 SS 平均為 1,127、551 及 459 mg/L, 廢水 BOD/COD 比值約為 0.49, 亦適用好氧生物處理, 經採批次活性污泥法在水力停留時間 24 h 處理後, 屠宰廢水之排放水 SS、COD 及 BOD 之去除率達 94.8、98.9 及 90.9%, 並符合法定放流水標準。肉雞屠宰廢水主要成分以脂肪、蛋白質、血液及其他有機物為主, 相較之下鵝舍排放廢水因摻雜細鵝毛及飼料導致 SS 濃度較高, 因此除應加強過濾效率外, HRT 處理 2 天以上可獲得較佳之去除率, 相較於本試驗之 BOD/COD 比值約為 0.5, 亦符合蕭等 (2011) 試驗須處理 2 天以上較佳之結論。

表 2. 以 1,000 L 大型模型槽處理舍飼養鵝廢水－HRT 對處理效果之影響

Table 2. Effects of HRT on the performance of wastewater treatment by the 1,000 L tank

Item	SS ¹ (mg/L)	BOD ¹ (mg/L)	COD ¹ (mg/L)	H ⁺ (pH)	Conductivity (µmho/cm at 25°C)
Aerobic treatment					
Raw wastewater	1,994	726 ^a	1,445 ^a	6.7	4,480 ^a
HRT, 1 day	405	104 ^b	295 ^b	7.6	1,440 ^b
HRT, 2 days	154	54.0 ^b	185 ^b	7.8	1,375 ^b
HRT, 3 days	89.4	39.0 ^b	134 ^b	7.9	1,485 ^b
Pooled SEM	544.7	43.1	67.2	0.1	340.8
----- Aerobic treatment removal efficiency, % -----					
HRT, 1 day	74.3	85.0	79.1	—	—
HRT, 2 days	88.9	92.5	87.1	—	—
HRT, 3 days	92.4	94.5	90.6	—	—
Pooled SEM	7.5	3.7	3.9	—	—

N = 4.

^{a, b} Means within items in the same column and category with the different superscripts differ significantly (P < 0.05).

Pooled SEM: pooled standard error of means.

¹ SS: suspended solids; BOD: biochemical oxygen demand; COD: chemical oxygen demand.

表 3. 小型 (10 L) 及大型 (1,000 L) 模型槽好氧處理對養鵝廢水之處理性能比較

Table 3. Comparisons of removal efficiency of pollutants from the teated geese wastewater by aerobic mode with small (10 L) and large (1,000 L) tank

Item	Tank	Removal efficiency (%)		
		SS	BOD	COD
HRT, 1 day	Small	84.4	58.1	52.0
	Large	74.3	85.0	79.1
	Pooled SEM	7.5	14.8	14.3
HRT, 2 day	Small	93.9	95.1	85.4
	Large	88.9	92.5	87.1
	Pooled SEM	3.4	1.3	4.2
HRT, 3 day	Small	95.2	97.0 ^a	91.8
	Large	92.4	94.5 ^b	90.6
	Pooled SEM	3.5	0.5	0.6

SS: suspended solids; BOD: biochemical oxygen demand; COD: chemical oxygen demand.

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

Pooled SEM: pooled standard error of means.

III. 民間養鵝場水質及微生物調查

為瞭解民間養鵝場之洗舍型態及排放水質，本研究於 105 至 106 年間至嘉義 (2 場) 及雲林 (1 場) 地區之民間養鵝場進行水樣採集。位於嘉義地區之 A 養鵝場飼養 10.5 月齡白羅曼種鵝 2,000 隻，鵝舍型態為水簾式高床鵝舍，飼養面積為 500 坪，舍內戲水池水量約 17,600 L，鵝糞以地下水沖洗清除，每日沖洗水量估計為 12,600 L，沖洗後之廢水匯流至舍內戲水池後一併排放，平均隻日用水量 (含戲水池與沖洗水用量) 為 15.0 L。嘉義地區 B 養鵝場飼養 15 週齡白羅曼肉鵝 2,500 隻，分飼於 2 棟非開放式鵝舍，鵝舍地面為磚造，舍內均設有戲水池，蓄水量總計 18,000 L，每日換水 2 次且不洗舍，平均隻日用水量為 14.4 L。雲林地區 C 養鵝場則飼養 3 歲齡白羅曼種鵝 2,000 隻，鵝舍型態為水簾式高床鵝舍，飼養面積為 500 坪，鵝糞以地下水沖洗清除，沖洗水

量每日估計為 7,000 L，沖洗後之污水匯流至舍內水溝後排放，平均隻日用水量為 3.5 L。本試驗分別採集 A、C 場沖洗鵝舍之廢水與 B 場戲水池之池水各 8 L 進行水質檢測，結果顯示，各場因飼養型態不同，導致用水量及所產生之水體濃度有所差異。經檢測民間鵝場排放水之 SS 為 543 – 5,260 mg/L，BOD 為 256 – 1,140 mg/L 及 COD 為 842 – 2,470 mg/L (表 4)，其中 C 場之沖洗水量較低，因此所採集之廢水濃度相較於其他 2 場有較大之差異。民間蛋鴨場依水池、飲水及床面等用途而異，廢水的物理化性狀亦產生極大差異，尤以籠飼蛋鴨舍之廢水之 SS、BOD 及 COD 濃度可達 $13,758 \pm 7,273$ 、 $6,032 \pm 3,017$ 及 $22,501 \pm 11,904$ mg/L (郭等, 1999)，一般鴨及鵝場等水禽廢水之 SS 濃度相較於本研究之大型模型槽試驗高出許多，建議可於進行廢水處理前加強固液分離及濾除羽毛雜質加以改善。

表 4. 養鵝廢水水質及微生物檢測結果

Table 4. Water qualities and microbes in goose wastewater

Item	Goose farm ¹			Large tank ¹
	A	B	C	
WC ² (L)	15.00	14.40	7.00	10.06
SS ³ (mg/L)	543	555	5,260	1,994
BOD ³ (mg/L)	256	425	1,140	726
COD ³ (mg/L)	842	723	2,470	1,445
H ⁺ (pH)	7.90	7.30	6.50	6.70
Conductivity ($\mu\text{mho}/\text{cm}$ at 25°C)	1,650	1,140	2,360	4,480
TP ³ (mg/L)	4.32	1.49	3.08	—
TN ³ (mg/L)	124	52.40	113	—
<i>E.coli</i> (CFU/mL)	—	1.8×10^5	6.6×10^5	2.3×10^2
<i>Salmonella</i> spp.	—	ND ⁴	ND	ND
<i>Pasteruella multocida</i>	—	ND	ND	ND
<i>Riemerella anatipestifer</i>	—	ND	ND	ND

¹ Farms A and B located in Chiayi area; Farm C located in Yunlin area; Large tank: wastewater of indoor goose house stored in the large tank with aerobic mode.

² WC: Water consumption (goose/day).

³ SS: suspended solids; BOD: biochemical oxygen demand; COD: chemical oxygen demand; TP: total phosphorus; TN: total nitrogen.

⁴ ND: not detected.

為瞭解鵝舍沖洗水中之微生物含量，分別取 B、C 養鵝場戲水池水及沖洗水樣，另自本試驗使用之大型好氧處理槽採集處理後水樣本進行大腸桿菌數等微生物檢測。結果顯示，採自 B、C 鵝場之廢水及大型好氧處理槽之處理水樣所含大腸桿菌數分別為 1.8×10^5 、 6.6×10^5 及 2.3×10^2 CFU/mL，顯示含菌量與每單位面積水禽飼養隻數相關，與 Abulreesh *et al.* (2004) 調查野生鴨與鵝出沒水池之含菌量得到相同之結論。另各場水樣中之 *Salmonella* spp.、*P. multocida* 及 *R. anatipestifer* 核酸 PCR 檢測結果均為陰性。本調查雖未於鵝舍內沖洗後之排放水或池水中檢測到 *Salmonella* spp.、*P. multocida* 及 *R. anatipestifer* 等水禽常見病原菌，惟水樣中之大腸桿菌數偏高，且本試驗以大型槽體經好氧處理後之水樣亦含有 2.3×10^2 CFU/mL 之大腸桿菌數，相較於水禽飲用水大腸桿菌數低於 50 CFU/mL 含量之建議 (劉等, 2013) 仍屬偏高，處理後之放流水應進行消毒降低大腸桿菌數至標準範圍後，再回收應用於沖洗鵝舍較符合生物安全之考量。

結 論

舍飼養鵝模式產生之廢棄物集中於沖洗廢水，相較於具有水池之傳統養鵝方式所產出之廢水有較高濃度之污染物。以小型模型槽模擬舍飼養鵝排放廢水厭氧及好氧處理模式，經好氧處理 2 天之 SS、BOD 及 COD 即可達放流水排放標準，而厭氧處理得到近似之去除效果需耗時 10 天。另以大型槽體進行舍飼養鵝廢水好氧處理，結果顯示

僅需停留處理 3 天，其 SS、BOD 及 COD 皆可符合放流水標準。由於處理後之放流水所含之大腸桿菌數仍偏高，在未經消毒處理前應不宜回收運用於鵝隻可接觸之範圍。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會提供研究經費【105 農科－2.4.3－畜－L1 (2)】，試驗期間承蒙行政院農業委員會畜產試驗所經營組蕭庭訓組長提供直立式小型厭氧發酵槽等器材，以及彰化種畜繁殖場王勝德場長、練慶儀主任及新竹分所涂柏安副研究員之協助，使研究得以順利完成，特此申謝。

參考文獻

- 行政院環境保護署。2001。行政院環境保護署環境檢驗所水質檢驗方法，水中導電度測定方法－導電度計法，NIEA W203.51B。https://www.epa.gov.tw/nica/CEF7F53949423F26。
- 行政院環境保護署。2004。行政院環境保護署環境檢驗所水質檢驗方法，水中總氮檢測方法，NIEA W423.52C。https://www.epa.gov.tw/nica/3F83B9E9B37CAB8D。
- 行政院環境保護署。2009a。行政院環境保護署環境檢驗所水質檢驗方法，水中化學需氧量檢測方法－密閉迴流法，NIEA W517.52B。https://www.epa.gov.tw/nica/9DFD1C9FBE6FA134?q=NIEA%20W517.52B。
- 行政院環境保護署。2009b。行政院環境保護署環境檢驗所水質檢驗方法，水之氫離子濃度指數 (pH 值) 測定方法－電極法，NIEA W424.52A。https://www.epa.gov.tw/nica/9DFD1C9FB E6FA134?q=NIEA%20W517.52B。
- 行政院環境保護署。2010。行政院環境保護署環境檢驗所水質檢驗方法，水中磷檢測方法－分光光度計／維生素丙法，NIEA W427.53B。https://www.epa.gov.tw/nica/2B74ED49B0407E51。
- 行政院環境保護署。2011。行政院環境保護署環境檢驗所水質檢驗方法，水中生化需氧量檢測方法，NIEA W510.55B。https://www.epa.gov.tw/nica/1DE7C315036837B8。
- 行政院環境保護署。2013。行政院環境保護署環境檢驗所水質檢驗方法，水中總溶解固體及懸浮固體檢測方法：103－105℃乾燥，NIEA W210.58A。https://www.epa.gov.tw/nica/545E417902E919B7。
- 行政院環境保護署。2019。放流水標準第二條附表 8。全國法規資料庫 https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawGetFile.ashx?FileId=0000247694&lan=C。
- 郭猛德、郭春芳、黃祥吉。1999。鴨糞廢水處理之研究。中國畜牧學會會誌 28：69-80。
- 胡見龍。2005。鵝：廢棄物管理。臺灣農家要覽畜牧篇。豐年社，臺北市，第 333-338 頁。
- 劉朝鑫、許振忠、張聰洲、林志勳。2013。水禽飼養管理與安全用藥手冊。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。臺北市，第 37-38 頁。
- 蕭庭訓、蘇天明、郭猛德、黃裕益、程梅萍。2011。以活性污泥法處理有色肉雞屠宰場廢水之研究。畜產研究 44：71-80。
- Abulreesh, H. H., T. A. Paget, and R. Goulder. 2004. Waterfowl and the bacteriological quality of amenity ponds. J. Water Health 2: 183-189.
- Chan, Y. J., M. F. Chong, L. L. Chung, and D. G. Hassell. 2009. A review on anaerobic-aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. Chem. Eng. J. 155: 1-18.
- Grady, Jr. C. P. L., G. T. Daigger, and H. C. Lim. 1999. Biological Wastewater Treatment. 2nd ed. Marcel Dekker. New York, USA.
- SAS Institute. 2014. SAS® University Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Tchobanoglous, G., F. L. Burton, and H. D. Stensel. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th ed. McGraw-Hill, USA.

Study on the treatment of wastewaters collected from indoor rearing operation of geese ⁽¹⁾

Chao-Hung Chiang ⁽²⁾⁽⁴⁾ Chien-Lung Hu ⁽²⁾ and Tsung-Yi Lin ⁽³⁾

Received: Aug. 13, 2020; Accepted: Jan. 3, 2022

Abstract

In view of the severe economic losses caused by the highly pathogenic avian influenza epidemic in the goose industry, the shift from feeding model from outdoor rearing to indoor rearing has become the inexorable trend. To understand the differences of wastewater treatment system between traditional outdoor-rearing and indoor-rearing lab-scale tanks, operated in anaerobic and aerobic modes, were used in current study to compare their performances for treatment of wastewaters collected from indoor and outdoor geese-rearing operations. Different hydraulic retention time (HRT) for testing wastewater in the lab-scale tanks was adopted for the study. Results showed that with the anaerobic mode operated at a HRT of 5 days, treated wastewater with SS 110.0, BOD 60.2, and COD 476.0 mg/L, corresponding to removal rate of 94.5, 93.7, 80.4%, respectively, was obtained. With the aerobic mode operated at a HRT of 3 days, effluent wastewater with SS 89.0, BOD 29.0, and COD 201.0 mg/L and rate of 94.5, 93.7, 80.4%, respectively, was obtained. Wastewater treated by a full-scale tank operated in aerobic mode with a HRT of 3 days had SS, BOD, and COD values of 89.4, 39.0, 134.0 mg/L and removal efficiencies of 92.4, 94.5, 90.6%, respectively. This study concludes that geese-rearing wastewater can be treated by a fed-batch operation mode with a HRT of 3 days for the wastewater in the tank. The reuse of the treated wastewater is not recommended because the microbial contents in the waste exceed the standard of waterpool usage of 50 CFU/mL.

Key words: Goose wastewater, Indoor rearing, Treatment model.

(1) Contribution No. 2688 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Changhua Animal Propagation Station, COA-LRI, Changhua 52149, Taiwan, R. O. C.

(3) Hsinchu Branch, COA-LRI, Miaoli 36841, Taiwan, R. O. C.

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