

豬糞尿污泥之處理與利用⁽¹⁾

郭猛德⁽²⁾ 林晉卿⁽³⁾ 郭春芳⁽²⁾

收件日期：89 年 09 月 01 日 接受日期：89 年 12 月 13 日

摘 要

本研究目的在探討豬糞尿廢水處理場之污泥產量、性質、脫水方式、乾燥及有機肥利用等。試驗材料採用三段式豬糞尿廢水處理場產生之污泥，測試項目包括廢水處理場各階段之污泥性質與產量、污泥脫水方式比較、脫水污泥之乾燥與成分分析及污泥有機肥之利用。

試驗結果顯示，3,000 頭豬糞尿廢水處理場之污泥產量每日約 10.62 m^3 (水分 97.14%)，其中初沉污泥為 $8.33 \pm 2.81 \text{ m}^3$ ，占每日污泥量之 78%。豬糞尿污泥之臭味氣體，初沉污泥以 H_2S 與 NH_3 為主，厭氣污泥以 NH_3 為主；污泥脫水比阻抗值，初沉污泥為 $6.06 \pm 1.4 \times 10^6 \text{ s}^2/\text{g}$ ，厭氣污泥為 $14.41 \pm 3.74 \times 10^6 \text{ s}^2/\text{g}$ 。污泥脫水方式以帶濾式脫水機比曬乾床實用及易操作，但須添加高分子調理劑。而脫水後之污泥餅再以曬乾方式乾燥，其堆積厚度在小於 5 cm 及在污泥層上劃線者較易乾燥，可在 4 天內水分降至 40 % 以下。乾污泥之成分為有機質 50.2 ~ 65.9%、T-N 4.2 ~ 4.95%、 P_2O_5 9.6 ~ 10.9%、 K_2O 0.39 ~ 0.63%、Cu 590 ~ 760 ppm、Zn 0.4 ~ 0.6%(C/N 比 12 ~ 13)，屬極佳之有機肥料，可當栽培土與有機肥利用。豬糞尿污泥利用在栽培土上時，砂、泥炭土、污泥之適當比例為 5 : 4 : 1，可使發芽率與生長正常。豬糞尿污泥直接應用於種植白菜之結果，在生長與產量方面，每公頃以 1/2 化肥添加 20 ton 污泥對白菜之生長與產量最為有利，但每公頃污泥用量勿超過 40 ton 為宜。

關鍵詞：豬糞尿污泥、污泥產量與性質、污泥脫水與利用。

緒 言

豬糞尿污泥是豬糞尿廢水處理後濃縮沉澱的污濁物質，包括未分解的豬糞固體、懸浮固體、菌體等，其中約 95% 為未經分解之豬糞固體污泥，菌體污泥則量少(郭等，1995)。在厭氣處理槽中每分解 1 kg 的 COD 約產生 0.023 kg/TS 的污泥；在好氣處理槽中每分解 1 kg 的 COD 約產生 0.6 kg/TS 的污泥(郭等，1995)。這些污泥若未經適當處理而累積於廢水處理系統之槽內，廢水處理設備之容積因而減少，而直接影響處理效率及放流水之品質。國內設置三段式廢水處理系統之養豬戶都已感受到，污泥是廢水處理操作過程中最感困擾之問題，甚多養豬戶為減少麻煩與節省操

(1)行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1023 號。

(2)行政院農業委員會畜產試驗所畜牧經營系。

(3)行政院農業委員會台南區農業改良場。

作成本，而將污泥任意排放，造成二次公害污染問題。因此污泥處理與利用是目前亟待解決之問題。

豬糞尿污泥屬有機污泥，內含有各種肥料成分，以往因收集及脫水困難，國內外大都以液態直接施用於農地，譬如：台灣糖業公司曾直接施用豬糞尿於蔗田以增加甘蔗之產量(嚴，1995)。盧及許(1994)則利用曬乾床乾燥後之污泥於盤固草地，其最佳施用方式是先施以1/2化學肥料再施以相當於含N 230 kg/ha之污泥量，對盤固草產量最佳。目前豬糞尿廢水處理場之污泥脫水方式已改為污泥脫水機，具有加速污泥脫水處理能力，並產生大量含有高分子凝集劑之污泥餅，此種污泥是否會對作物或土壤產生影響，以及污泥性質與乾燥方式對作物應用結果都需加以探討。

材料與方法

I. 材料與設備

材料採用三段式設計之3,000頭豬糞尿廢水處理場所產生之污泥，來源包括初沉槽之污泥(屬生糞沉澱)、厭氣槽之污泥及終沉槽廢棄之活性污泥等。

設備包括污泥濃縮槽、污泥貯存槽、污泥曬乾床、污泥脫水機。儀器設備有原子吸收光譜儀、一般廢水分析設備、北川式臭味測定儀、污泥脫水比阻測定設備、毛細管吸引時間儀(CST)等。

II. 方法與設計

(i) 廢水處理場之污泥性質與產量測定

收集廢水處理場廢棄之初沉污泥、厭氣污泥及活性污泥，並測定污泥性質包括外觀顏色、惡臭氣體含量、污泥濃度、污泥脫水比阻抗值及污泥乾燥後加水後之變化。

污泥臭味氣體之測定，將現場收集之污泥置於5 L之發酵瓶內，經24小時產氣後利用北川式臭味測定儀以各種檢知管 H_2S 、 NH_3 、 CH_3SH 、 CO_2 等加以測定其含量。

於3,000頭養豬規模之廢水處理場實際測定每日之污泥產量，利用兩座污泥濃縮槽，一座(容積60 m³)收集初沉槽污泥，另一座(容積26 m³)收集厭氣槽與終沉槽之污泥，每日記錄污泥濃縮槽中之污泥容積，且每週一次收取污泥測定TS含量，以估算污泥量，連續測定10個月以上。並以帶濾式脫水機(圖1)將污泥脫水製成污泥餅，測其污泥餅水分及重量後，經乾燥後測其重量以估計每日產生之實際污泥乾物量。

(ii) 不同污泥脫水方式之測試

豬糞尿廢水處理場之污泥因含水分高，需經脫水製成污泥餅後，才易於運送及進一步利用為有機肥資源。本試驗為配合豬糞尿廢水場污泥處理之操作，採用兩種不同污泥脫水方式，一是污泥曬乾床(圖2)，另一是帶濾式脫水機。在3,000頭養豬規模之廢水處理場，為處理每日所產生的污泥，共規劃設計了三座曬乾床，佔地面積170.8 m²，可用於污泥脫水之實際容積為170.8 m² × 0.3m 約51 m³。為測試污泥曬乾床之實際應用情形，分別於不同季節時間(夏天6-9月；冬天12-3月)收集量測每次污泥脫水乾燥之時間與污泥重量等。帶濾式污泥脫水機之濾布寬100 cm，於調整正常情況下可全天候自動脫水操作，因配合現場管理每天運作6-8小時，測定方式為每月測定2週，連續測試6個月，每日將脫水後之污泥餅秤重及分析水分含量，而高分子凝集劑(polymer)之添加量在總固體物(TS)含量47,326 mg/L時添加之polymer濃度為0.1%。

(iii) 脫水污泥之乾燥與成分分析

經污泥脫水機脫水後，污泥餅之含水分介於78~83%之間，其黏性強易成團狀，無法

直接利用，需加以乾燥後才易於利用與儲存。為了測定脫水污泥於自然乾燥下水分損失之情形而進行本試驗。試驗材料為經脫水後之污泥，利用長 52 cm、寬 40 cm、高 15 cm 之塑膠盤子，底部打孔覆尼龍網。脫水污泥堆積於塑膠盤內之厚度分別為 2、5、7.5 及 10 cm 四處理組，每組三重複，並比較曬乾污泥劃線與不劃線對水分損失情形，全部共 24 處理組。試驗每日測定水分與重量變化，俟水分含量在 20% 以下時結束。

經脫水乾燥後之污泥，應用於各種作物前須先測定各種化學成分之含量與性質，以作為各種作物應用之肥料成分依據。豬糞尿污泥因包括初沉槽之生糞污泥、厭氣槽污泥及活性污泥槽之廢棄污泥等，加上於污泥儲存之處理時間與乾燥條件都對乾污泥之成分有所影響，因此將各種條件收集之乾污泥成分加以分析建立基本資料，供未來有機肥料應用時之參考。

(iv) 乾燥污泥之直接利用

1. 乾燥污泥當栽培土之測試

將經污泥脫水機後之脫水污泥曬乾後之乾污泥與泥炭土、砂土或樹皮堆肥與蛭石不同比例混合做成栽培土之可行性，乃以不同比例之乾污泥取代泥炭土與砂混合，當作栽培土種植空心菜。試驗設計分成 5 處理組，其砂、泥炭土與污泥之混合比例(體積比)分別為 A 處理組 5:5:0，B 處理組 5:4:1，C 處理組 5:3:2，D 處理組 5:2:3，E 處理組 5:1:4，每處理組 10 重複。試驗觀察其發芽率、存活數、生長情形及根部之發育情形觀察等。

2. 乾燥污泥作為有機肥利用之試驗

豬糞尿廢水處理所產生的污泥，內含有微生物菌體、有機物及 N、P 營養鹽，屬良好有機肥料，為測試其肥效與用量，收集之乾燥污泥經打粒後應用於小白菜試驗。試驗設計為完全逢機設計，7 處理組 6 重複，共 42 組。此試驗利用 20 L 之塑膠桶，每處理組種植小白菜 20 株，試驗處理分成 A 組全化學肥料，B 組 1/2 化學肥料，C 組 1/2 化學肥料加 10 噸污泥，D 組 1/2 化學肥料加 20 噸污泥，E 組 1/2 化學肥料加 30 噸污泥，F 組 1/2 化學肥料加 40 噸污泥，G 組全污泥 40 T/ha。全化學肥料組為每公頃施用 180 kg N、90 kg P_2O_5 、150 kg K_2O ，其中化學肥料之使用分成三次，1/3 當基肥，1/3 於播種後第 10~12 天追加，最後 1/3 於播種後 18~20 天施用。而污泥則全當基肥施用，於整地時灑於地面下 10 公分處。



圖 1. 帶濾式污泥脫水機

Fig. 1. Routine operation of a typical belt filter.

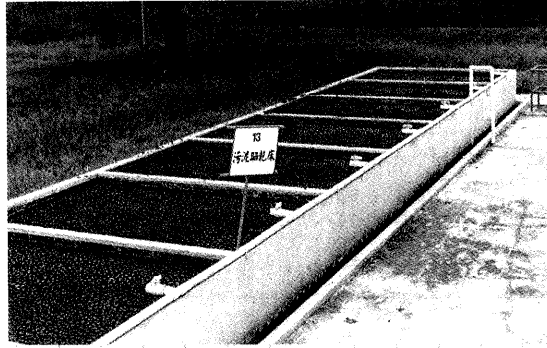


圖 2. 污泥曬乾床

Fig 2. Sand beds.

試驗期間除定期洒水、施用化肥及注意蟲害外，分別在第 2、3、4 週時每處理任選 10 株測定其高度，以了解其生長情形，並於試驗結束時收集稱重，包括葉、根及全株重量。此外，葉與根部亦都分別烘乾，以測定各種成分含量，本試驗連續進行三次。

結果與討論

I. 豬糞尿廢水處理場之污泥性質與產量測定

(i) 污泥性質

1. 初沉污泥(糞泥)係經固液分離機後之豬糞固體沉澱而來，其外觀呈黑色，具惡臭，易長蛆，所產生之主要氣體成分濃度分別為：硫化氫 (H_2S) 13.28 ± 8.47 ppm (1 ~ 26 ppm)， NH_3 15.54 ± 6.23 ppm (8 ~ 30 ppm)、甲硫醇 (CH_3SH) 0.5~10 ppm， $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ 6.51 ± 1.35 ppm (5 ~ 12 ppm)，污泥濃度介於 2 ~ 6.5% 間，依沉澱時間之長短及廢水中固體物含量之多寡而不同，沉澱時間長廢水中固體物多則污泥濃度較高，如在正常設計之水力停留時間 (HRT) 4~6 小時之情況下，污泥濃度介於 1 ~ 3% 者多，平均 TS 濃度 $50,691 \pm 869$ mg/L (29,750 ~ 65,580 mg/L)，污泥脫水比阻抗值平均 $6.06 \pm 1.4 \times 10^6 \text{ s}^2/\text{g}$ 。此種污泥乾燥後遇水則又會產生臭味、生蛆及發熱。因此不適合於直接當有機肥施用於農作物。
2. 厭氣污泥之性質依其在厭氣前後槽中不同停留時間而變化。厭氣前槽之污泥停留時間短，固體物未能完全發酵，因此污泥中尚有臭味及產生沼氣之現象。主要氣體成分之濃度 NH_3 44.4 ± 21.32 ppm (20~85ppm)、 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$ 26.72 ± 8.20 ppm (14.6~40 ppm)， H_2S 量少(低於 0.2 ppm)。污泥濃度介於 2~5% 間，TS 濃度 $27,457 \pm 11,046$ mg/L，污泥脫水比阻抗值 $14.4 \pm 2.74 \times 10^9 \text{ s}^2/\text{g}$ 。厭氣後槽因污泥停留時間長已測不出臭味氣體。
3. 終沉槽廢棄之活性污泥，其污泥性質依活性污泥培養濃度與生長情形之不同而有所差異。活性污泥培養得宜，則其污泥呈黃棕色，蓬鬆狀，泥土味。主要產生之氣體濃度為 H_2S 3~6 ppm、 CH_3SH 3~10 ppm， NH_3 含量少(0.2 ppm)，污泥濃度 0.4~1%。污泥含水分高，沉降佳，且易於收集。

以上數據顯示，豬糞尿中污泥之臭味以 NH_3 與 H_2S 為主，初沉槽污泥乾燥後加水又會產生發酵現象，且含 H_2S 及 NH_3 濃度較高易產生惡臭、熱及生蛆，應避免直接當有機肥施用以免危害作物。

(ii)污泥產量與脫水方式：

初沉槽之污泥每日產量約 $8.33 \pm 2.81 \text{ m}^3$ ($4 \sim 12 \text{ m}^3$)。其每日產量之變化如圖3，TS濃度介於 $29,000 \sim 65,000 \text{ mg/L}$ 間，平均 $47,517 \pm 9,816 \text{ mg/L}$ ($n = 30$)，依此估算每日約 395.82 kg TS污泥量。而厭氣污泥加上終沉槽廢棄污泥之每日平均產量為 $2.29 \pm 1.85 \text{ m}^3$ ($0.8 \sim 10.45 \text{ m}^3$)。初沉污泥加厭氣與終沉污泥每日約有 10.62 m^3 的濕污泥。其中初沉污泥佔總污泥產量的78%，厭氣污泥與終沉污泥約22%，顯示糞尿廢水處理場之污泥產量主由豬糞固體沉澱而來。此結果同郭等(1995)所得之結果相符合。

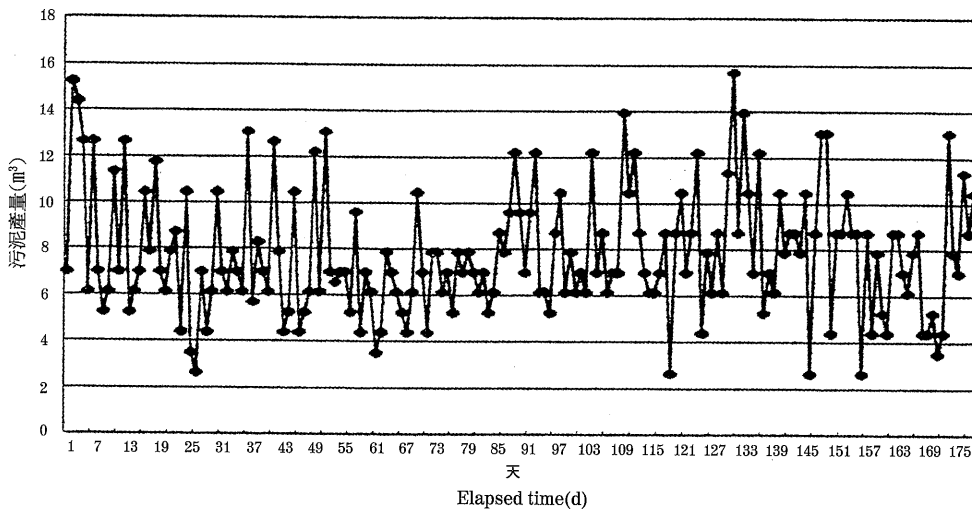


圖3. 豬糞尿廢水處理場初沉槽污泥每日產量變化情形

Fig.3. Daily variations of primary sludge production in piggery wastewater treatment plants.

污泥以晒乾床方式脫水，在夏季高溫時4天可乾燥，第5天可收集，乾污泥含水率8.5%，乾污泥黑又硬，每次收集之乾污泥量在 $300 \sim 400 \text{ kg}$ 間，依污泥曬乾床實際用於乾燥污泥用之面積推算每 m^2 約可產生 0.3 kg 的乾污泥；在冬季則乾燥困難，每次約需14天之久，每一循環需3週以上，含水率10.3%，依面積推算每 m^2 產生 0.1 kg 的乾污泥，因此每日廢水場產生之濕污泥量多於每日曬乾床可處理之量，造成無法完全處理每日廢水場所產生污泥之困擾，如遇雨天則無法乾燥，再加上費人工及所需之乾燥面積大，目前只適用於小養豬戶。利用帶濾式脫水機處理污泥時，當污泥之TS含量在 $47,326 \text{ mg/L}$ 時，polymer的添加濃度在0.1%即可，在每日產生脫水污泥約 $523 \pm 207 \text{ kg}$ ($300 \sim 980 \text{ kg}$)，含水率 $77.4 \pm 1.04 \sim 83.2 \pm 3.10\%$ ，經乾燥後每日約產生 $170 \pm 16 \text{ kg}$ (水分35%)乾污泥，每日需添加 $1 \sim 2 \text{ kg}$ 的高分子凝集劑，換算每公斤的乾污泥約需添加1.8元的高分子凝集劑。此種帶壓過濾式污泥脫水機，目前已有豬糞尿廢水污泥專用之污泥脫水機，可採自動控制操作，只要將polymer依需要濃度泡水調好後，就可全天候進行脫水處理之工作，應用上方便。此點同van der Rosest *et al.* (1993)提出之結果相同，認為帶濾式污泥脫水機是近幾年來被普遍採用之污泥脫水設備。

II. 脫水污泥自然乾燥之結果與成分

脫水污泥自然乾燥之結果以厚度 5 cm 以下及有劃線組之乾燥效果較佳 (圖 4)。脫水污泥之 2 cm 厚組在自然乾燥下 2 天水分降到 10% 以下, 重量也減少 61.1%; 5 cm 厚組水分含量有劃線者第 3 天降至 48.33%, 沒有劃線者維持在 53.22%; 7.5 cm 厚組在第 6 日降至 40% 左右, 10 cm 厚組有劃線在第 6 天降至 48.22%, 沒有劃線的為 53.36%。重量之減少方面 7.5 cm 與 10 cm 厚組, 有劃線者與無劃線結果在第 4 天開始就有明顯的差異存在, 因此將脫水污泥自然乾燥時能加以耙開對乾燥是有利的; 且以 5 cm 以下者乾燥較快, 5 cm 與 10 cm 厚之水分降至 40% 以下, 所需時間 5 cm 者是 4 天, 10 cm 者需 9 天。不但如此, 超過 5 cm 厚者因乾燥時間較長, 脫水污泥內易生蛆常造成臭味及蚊蠅之產生。

乾燥後之豬糞尿污泥經多次分析之結果, 其成分含量如下: 有機質 50.15 ~ 65.9%、pH 6.15 ~ 6.42、EC (1:10) 2.47 ~ 2.91 mS/cm、T-N 4.19 ~ 4.95%、 P_2O_5 9.61 ~ 10.90%、 K_2O 0.39 ~ 0.63%、CaO 10.28 ~ 16.5%、MgO 1.6 ~ 1.88%、Zn 0.4 ~ 0.6% 及 Cu 590 ~ 760 ppm; 亦即豬糞尿污泥含有大量的氮與磷且 C/N 在 12 ~ 13 間, 屬一種極佳的有機肥料 (盧及許, 1994)。但銅之含量較高應予注意, 據楊等 (1992) 指出, 豬糞尿污泥之 Cu 含量高達 1,500 ppm 以上, 堆積時可達 4,000 ppm。若與都市污水廠污泥成分做比較, 豬糞尿所產生的污泥肥料成分亦優於都市污水場之污泥, 其中以有機質與銅含量差異最大 (鍾等, 1992)。因此於農地施用時仍需注意降低銅之含量及長期追蹤調查, 以避免銅對土壤造成污染。有關污泥中各種重金屬溶出量經 TELP 儀之測定結果, 為 Zn 36.9 ppm、Cu 3.66 ppm、Cd 0.08 ppm、Cr 0.33 ppm 皆低於國家標準, 此結果可減少對施用豬糞尿污泥而產生之重金屬污染問題疑慮減至最低。

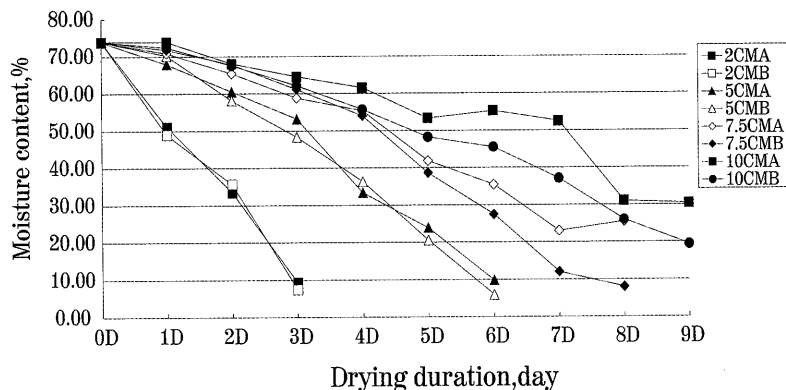


圖 4. 脫水污泥自然乾燥之水分變化情形。

Fig. 4. Variations in moisture content (w/w) of dewatered-sludge with different drying duration times.

III. 乾燥污泥之直接利用

(i) 乾燥污泥當栽培土之結果

將乾造污泥取代部分的泥炭土與砂混合 15 天後做栽培土, 以不同混合比例種植空心菜, 其空心菜的發芽率及生長情形示於表 1。該結果顯示除兩組之處理發芽率為 89% 外, 其餘發芽率均達 100%。28 天後的平均株高及株重, 以污泥取代部分泥炭土的栽培土均較對照組者高。因此若考慮發芽率及生長情形的評估因子, 培養土之砂: 泥炭土: 污泥之比例以 5:4:1 最為理想。

表 1. 不同比例污泥之培養土對空心菜發芽率及生長之影響

Table 1. The growth performance of water convolvulus planted in the soil medium containing various proportions of hog waste sludge

	Germination rate %	Plant height cm	Plant weight g/plant	Root length cm	Root weight g/plant
5 : 5 : 0(CK)*	100 ^a	26.3 ^b	5.29 ^b	20.9 ^c	2.67 ^c
5 : 4 : 1	100 ^a	32.4 ^a	11.8 ^a	26.1 ^a	4.67 ^a
5 : 3 : 2	89 ^b	31.2 ^a	10.0 ^a	23.3 ^b	3.31 ^b
5 : 2 : 3	100 ^a	29.2 ^a	8.7 ^{ab}	22.2 ^b	3.12 ^b
5 : 1 : 4	89 ^b	29.2 ^a	9.3 ^a	21.1 ^c	2.79 ^c

*sand : peat : sludge.

^{abc} Means with the same letters within the same column are not significantly different at the 5% level.

表 2. 豬糞尿污泥對白菜生長與產量之結果

Table 2. Effect of hog waste sludge on the plant height and yield of Chinese cabbage

Treatment	Test 1	Test 2	Test 3	Mean
	Plant height (cm)			
A	20.63 ± 1.39 ^a	22.85 ± 1.37 ^a	20.50 ± 0.73 ^a	21.33 ± 1.08 ^a
B	21.80 ± 1.13 ^a	17.3 ± 0.89 ^b	15.72 ± 1.17 ^c	18.27 ± 2.58 ^a
C	21.91 ± 0.65 ^a	17.50 ± 0.79 ^b	18.22 ± 0.45 ^b	19.21 ± 1.93 ^a
D	22.16 ± 0.30 ^a	17.66 ± 0.88 ^b	20.76 ± 0.85 ^a	20.19 ± 1.88 ^a
E	21.36 ± 1.53 ^a	17.78 ± 0.92 ^b	17.10 ± 1.93 ^b	18.75 ± 1.87 ^a
F	21.43 ± 0.96 ^a	18.19 ± 0.88 ^b	15.65 ± 1.36 ^b	18.42 ± 2.05 ^a
G	20.29 ± 1.86 ^a	13.97 ± 0.93 ^c	15.22 ± 1.30 ^c	16.49 ± 2.37 ^c
	Yield (kg)			
A	0.38 ± 0.03 ^b	0.92 ± 0.08 ^a	0.51 ± 0.05 ^a	0.68 ± 0.05 ^a
B	0.34 ± 0.04 ^c	0.53 ± 0.03 ^b	0.28 ± 0.05 ^b	0.38 ± 0.04 ^a
C	0.38 ± 0.02 ^b	0.56 ± 0.05 ^b	0.43 ± 0.04 ^b	0.46 ± 0.04 ^a
D	0.42 ± 0.02 ^a	0.51 ± 0.04 ^b	0.53 ± 0.1 ^a	0.49 ± 0.05 ^a
E	0.38 ± 0.02 ^b	0.54 ± 0.06 ^b	0.41 ± 0.98 ^b	0.44 ± 0.35 ^a
F	0.36 ± 0.03 ^{bc}	0.52 ± 0.05 ^b	0.29 ± 0.06 ^b	0.39 ± 0.0 ^a
G	0.32 ± 0.03 ^c	0.28 ± 0.04 ^b	0.28 ± 0.04 ^b	0.28 ± 0.12 ^b

^{abc} Means with the same letters within the same column are not significantly different at the 5% level.

A : Chemical fertilizer alone ; B : 1/2 Chemical fertilizer ; C : 1/2 Chemical fertilizer + 10 ton of sludge ; D : 1/2 Chemical fertilizer + 20 ton of sludge ; E : 1/2 Chemical fertilizer + 30 ton of sludge ; F : 1/2 Chemical fertilizer + 40 ton of sludge ; G : 40 Ton of sludge alone

(ii) 乾燥污泥種植白菜之結果

以每公頃不同量之乾燥污泥作為白菜生長所需之養分，經連續種植三批次之結果如表 2 所示。表 2 顯示，株高在第一次試驗中以處理四 (1/2 化肥加 20 ton 污泥) 顯著高於化學肥料組與添加 40 ton 污泥組 ($P < 0.05$)，但與其餘各組間則差異不顯著 ($p > 0.05$)。第二次試驗結果則以化肥組最好，添加 40 ton 污泥處最差 ($P < 0.05$)，與其餘各組間之差異也達顯著 ($P < 0.05$)。第三次試驗也以 1/2 化肥加 20 ton 污泥組之生長性較好，1/2 化肥組與 40 ton 污泥組最差，差異達顯著 ($P < 0.05$)。將三次試驗之結果加以平均，以化學肥料組之生長性最好，1/2 化肥加 20 ton 污泥次之，最差是 40 ton 污泥組，其餘各組間則差異小，顯示在白菜之生長方面除以全化肥組種植生長性較好外，在污泥之添加應用上以 1/2 化肥加 20 ton 污泥之生長效果較好，與全化學肥料組差異小，此結果與盧及許 (1994) 將污泥施用於盤固草牧草地之結果相似。施用污泥量達 40 ton 則會發生生長不良與發芽率不佳現象。

在白菜產量方面由表 2 結果顯示，第一次試驗以 1/2 化肥加 20 ton 乾污泥之產量最好，優於全化學肥料組 ($P < 0.05$) 外也與其餘各組間之差異顯著 ($P < 0.05$)，第二次試驗則以全化肥組之重量最佳，全污泥組最差全化肥組與其餘各組間差異達顯著 ($P < 0.05$)。第三次試驗結果以 1/2 化肥加 20 ton 污泥組最差，但與全化肥組差異小，與其餘各組間之差異顯著 ($P < 0.05$)。綜合三次之平均以全化肥組對白菜之產量最好，全污泥 40 ton 組最差，而 1/2 化肥添加污泥組間雖以 1/2 化肥加 20 ton 污泥組較好，但差異少，顯示污泥種植白

表 3. 豬糞尿污泥對白菜成分之影響

Table 3. Effect of hog waste sludge on chemical composition of Chinese cabbage

	Chemical composition						
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn
	%					— mg/kg —	
	Leaves						
A	4.41 ^a	0.79 ^a	8.59 ^a	1.49 ^a	0.41 ^a	5.83 ^a	38.0 ^a
B	4.08 ^a	0.67 ^a	8.26 ^a	1.08 ^a	0.36 ^a	2.83 ^a	28.5 ^a
C	3.94 ^a	0.82 ^a	8.11 ^a	1.04 ^a	0.30 ^a	7.20 ^a	38.3 ^a
D	4.14 ^a	0.71 ^a	7.78 ^a	1.33 ^a	0.34 ^a	6.00 ^a	34.3 ^a
E	4.53 ^a	0.72 ^a	7.48 ^a	1.25 ^a	0.42 ^a	4.33 ^a	29.2 ^a
F	4.67 ^a	0.64 ^a	6.96 ^a	1.50 ^a	0.43 ^a	6.33 ^a	28.8 ^a
G	4.38 ^a	0.59 ^a	6.26 ^a	1.18 ^a	0.37 ^a	4.50 ^a	25.3 ^a
	Roots						
A	3.33 ^a	0.77 ^a	7.83 ^a	0.66 ^a	0.25 ^a	6.67 ^a	36.7 ^a
B	2.78 ^b	0.55 ^a	6.64 ^a	0.78 ^a	0.24 ^a	8.50 ^a	39.2 ^a
C	2.80 ^b	0.46 ^a	6.65 ^a	0.97 ^a	0.22 ^a	8.50 ^a	39.2 ^a
D	2.65 ^b	0.39 ^b	5.87 ^a	0.67 ^a	0.22 ^a	5.33 ^a	34.2 ^a
E	3.16 ^{ab}	0.46 ^a	6.87 ^a	0.62 ^a	0.22 ^a	5.83 ^a	32.5 ^a
F	2.97 ^b	0.54 ^a	5.76 ^a	0.96 ^a	0.20 ^a	6.33 ^a	40.0 ^a
G	2.76 ^b	0.50 ^a	5.82 ^a	0.63 ^a	0.23 ^a	3.33 ^a	31.3 ^a

^{abc} Means with the same letters within the same column are not significantly different at the 5% level.

A : Chemical fertilizer alone ; B : 1/2 Chemical fertilizer ; C : 1/2 Chemical fertilizer + 10 ton of sludge ; D : 1/2 Chemical fertilizer + 20 ton of sludge ; E : 1/2 Chemical fertilizer + 30 ton of sludge ; F : 1/2 Chemical fertilizer + 40 ton of sludge ; G : 40 Ton of sludge alone

表 4. 不同污泥使用量對土壤中之成分及重金屬含量變化

Table 4. The chemical composition and heavy metal content of the soil receiving various amounts of dried hog waste sludge

Treatment	pH	E.C (mS/cm)	TN — % —	P — ppm —	K — ppm —	Zn — ppm —	Cu — ppm —	Ca — ppm —	Mg — me/100g —
A	6.65 ± 0.78 ^a	1.97 ± 0.69 ^{ab}	0.04 ± 0.08 ^a	129.00 ± 56.67 ^a	164.67 ± 30.35 ^a	6.65 ± 4.89 ^a	2.05 ± 1.08 ^a	8.73 ± 0.64 ^a	1.69 ± 0.53 ^a
B	6.35 ± 0.50 ^a	1.28 ± 0.19 ^a	0.06 ± 0.12 ^a	195.23 ± 197.18 ^a	198.00 ± 32.51 ^{ab}	9.44 ± 10.97 ^a	2.51 ± 2.25 ^a	7.12 ± 2.50 ^a	2.54 ± 1.98 ^a
C	6.65 ± 0.21 ^a	1.55 ± 0.36 ^{ab}	0.55 ± 0.11 ^a	246.33 ± 211.53	230.00 ± 8.72 ^b	30.84 ± 28.43 ^{ab}	9.00 ± 7.84 ^{ab}	230.00 ± 8.72 ^b	1.70 ± 0.59 ^a
D	6.55 ± 0.35 ^a	1.83 ± 0.34 ^a	0.09 ± 0.05 ^a	397.67 ± 389.26 ^a	204.00 ± 21.52 ^{ab}	48.81 ± 42.62 ^{ab}	14.42 ± 12.30 ^{ab}	204.00 ± 21.52 ^{ab}	3.14 ± 0.39 ^a
E	6.50 ± 0.42 ^a	2.40 ± 0.38 ^b	0.09 ± 0.04 ^a	415.67 ± 405.85 ^a	194.67 ± 35.50 ^{ab}	52.80 ± 50.63 ^{ab}	15.28 ± 14.13 ^{ab}	194.67 ± 35.50 ^{ab}	1.70 ± 0.64 ^a
F	6.60 ± 0.28 ^a	2.02 ± 0.40 ^{ab}	0.06 ± 0.03 ^a	388.50 ± 380.99 ^a	211.00 ± 0.06 ^b	52.06 ± 54.46 ^{ab}	15.06 ± 15.44 ^{ab}	211.00 ± 0.06 ^b	4.66 ± 3.06 ^a
G	7.15 ± 0.07 ^a	1.79 ± 0.82 ^{ab}	0.16 ± 0.01 ^b	597.33 ± 478.38 ^a	155.67 ± 19.86 ^a	119.31 ± 106.20 ^b	35.21 ± 31.2 ^b	155.67 ± 19.86 ^a	3.39 ± 3.56 ^a

^{abc} Means with the same letters within the same column are not significantly different at the 5% level.

A : Chemical fertilizer alone ; B : 1/2 Chemical fertilizer + 10 ton of sludge ; C : 1/2 Chemical fertilizer + 20 ton of sludge ; E : 1/2 Chemical fertilizer + 30 ton of sludge ; F : 1/2 Chemical fertilizer + 40 ton of sludge ; G : 40 Ton of sludge alone

菜不論生長性與產量方面以 1/2 化肥加 20 ton 污泥是最好之施用方式，如每公頃加 40 ton 污泥則對白菜之生長與產量皆不利。

為了解利用污泥所種植之蔬菜成分含量是否有差異存在，而將試驗種植之白菜收成烘乾測定其 N、P、K、Ca、Cu、Zn、Mg 等成分之含量 (表 3)。由表 3 之分析結果顯示，在菜葉部分之 N 含量以 1/2 化肥加 40 ton 污泥組最高，1/2 化肥與 30 ton 污泥次之，而純用 40 ton 污泥組之含量最低，顯示 N 肥之吸收以有機肥配合化學肥料是最佳組合，其結果與盧與許 (1994)、Ree. *et al.* (1993) 之試驗結果相同。而 P、K 之含量則以全化學肥料組含量較高，其他之 Ca、Mg、Cu 含量則以全污泥組含量較高，Zn 則以 1/2 化肥加 10 ton 污泥較高，但差異小 ($P>0.05$)。顯示污泥中的重金屬含量對產品之銅鋅含量未有影響，此結果與譚等 (1998) 之報告有機肥應用於蔬果之結果相同。

對根部之成分含量如表 3 之結果顯示，除 N、P、K 及 Mg 之成分含量以化肥組較高外，其餘成分則以含有機肥料組較高，但差異少，皆未達顯著標準 ($P>0.05$)，尤以 Cu 含量除 1/2 化肥組與 1/2 化肥加 10 ton 組較化肥組高外，其餘都較低，顯示在適量污泥施用之情況下對作物之影響小。

污泥施用對土壤中之成分含量變化如表 4 之結果顯示，污泥之施用短期內對土壤中之 pH、EC、T-N 之影響小，對 Zn、P、Cu 之影響較大，尤以土壤中之 Cu 與 Zn 含量隨污泥添加量之增加而提高，添加 40 T/ha 之污泥組 Zn 之含量比化肥組高 20 倍，銅高 17 倍之多，P 也高 4.6 倍，顯示污泥中之 Cu、Zn 及 P 含量多寡會影響土壤之成分含量。

綜合以上結果顯示，豬糞尿廢水處理場之污泥主要來自豬糞固體沉澱，約占 78%，而臭味氣體在初沉污泥為 H_2S 與 NH_3 ；厭氣污泥為 NH_3 。污泥脫水處理以帶濾式脫水機效果較佳，脫水後之污泥碳氮比在 12 ~ 13，屬一種極佳之有機肥料，直接利用為培土時砂、泥炭及污泥之適當混合比為 5 : 4 : 1。用於白菜種植時以 1/2 化肥加 20 ton/ha 污泥對白菜生長與產量最有利，對白菜的葉中成分沒有影響，但每公頃之污泥施用量勿超過 40 ton 為宜。

參考文獻

- 林財旺、張武莉。1995。豬糞尿處理場污泥堆肥化處理。中華生質能源學會會誌 14(3-4)：153 ~ 159。
- 郭猛德、沈添富、曾四恭。1995。豬糞廢水固形物含量對厭氣處理後污泥產量之研究。中畜會誌 24(4)：497 ~ 510。
- 楊盛行、隋婉君、魏嘉碧、陸之琳。1992。養豬場污泥之性質及其處理。農業資材對環境之影響研討會論文集。中華生質能源學會與國立台灣大學農業化學系出版 pp. 267 ~ 283。
- 盧啟信、許福星。1994。豬糞尿污泥在盤固草地之利用。畜產研究 27(3)：219 ~ 226。
- 盧啟信、許福星。2000。豬糞尿污泥對盤固草氮的吸收及產量之影響。畜產研究 33(2)：111 ~ 122。
- 譚鎮中、王銀波、李振州。1998。施用有機肥料對蔬果中硝酸與銅鋅含量之影響。農業廢棄物在有機農業之研討會論文集。桃園區農業改良場編印。pp. 101 ~ 108。
- 鐘仁賜、袁邵英、王一雄、林鴻淇。1992。污泥及都市廢棄物堆肥之肥料性狀。中華生質能源學會會報 11(1-2)：21 ~ 30。
- 嚴式清。1995。長期施用豬糞尿有機肥對地下水污染之影響及合理施用量之評估。有機肥料合理施用技術研討會論文集。台灣省農業試驗所。中華土壤肥料學會。pp. 14.1 ~ 14.12。

- Ree, R. M., L. Yan and M. Ferguson. 1993. The release and uptake of nitrogen from some plant and animal manures. *Biol. Fertil. Soil* 15 : 285-293.
- van der Roest, H. F., A. A. Salome and E. Koornneef. 1993. New generation belt press and decanters for sludge dewatering. *Wat. Sai. Tech.* 28(1) : 21-28.

The Characteristics and Utilization of Hog Waste Sludge ⁽¹⁾

M. T. Koh ⁽²⁾ C. C. Lin ⁽³⁾ C. F. Kuo ⁽²⁾

Received: Sep. 01, 2000; Accepted: Dec. 13, 2000

Abstract

The purpose of this study was to investigate the production and characteristics of hog waste sludge generated in piggery wastewater treatment plants. The items examined included sludge production from each stage of wastewater treatment, sludge dewatering methods, sludge constituents, and the utilization of sludge as organic fertilizer.

The results indicated that sludge production from a 3000-head piggery wastewater treatment plant was 10.6 m³ (97.1% moisture), which was mainly from primary clarifiers (i.e., 8.33 m³ 78%). The offensive odor generated from primary sludge was mainly attributed to H₂S and NH₃, while that generated from anaerobic sludge was NH₃. The specific resistance of dewatered sludges for primary sludge and anaerobic sludge were $6.06 \pm 1.4 \times 10^6$ sec²/g and $14.4 \pm 3.74 \times 10^6$ sec²/g, respectively. Comparing with the sand bed, the belt filter is easily operated in practice although a high molecular weight polymer must be used for the conditioning purpose. When the dewatered sludge cake with the thickness of less than 5 cm was dried further under sunlight, the moisture content could be reduced to 40% after 4 days of drying duration.

The constituents of dewatered sludge were: 50.2-65.9% organic matter, 4.2 - 5.0% T-N, 9.6 - 10.9% P₂O₅, 0.4 - 0.6% K₂O, 590 - 760 ppm of Cu, and 0.4 - 0.6% Zn (C/N = 12 - 13). The dewatered sludge can serve as an excellent organic fertilizer. When the proportion of sand, peats and sludge of the cultivation soil was formulated by 5:4:1, the germination rate and growth of the plant were fairly acceptable. When 1/2 chemical fertilizer was mixed with 20T of sludge per hectare, it was beneficial to the growth and production of Chinese cabbage. The amount of dewatered sludge used for per hectare of soil should not exceed 40 ton.

Key word: Hog waste sludge, Sludge characteristics and production, Sludge dewatering and recycling, Anaerobic reactor.

(1) Contribution No.1023 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

(2) Department of Livestock Management, COA-TLRI, Hsinhua, Tainan, Taiwan, R. O.C.

(3) Tainan District Agricultural Improvement Station of COA, Tainan, Taiwan, R. O. C.