

# 豬厭氣醱酵污泥水於農地利用之研究<sup>(1)</sup>

黃憲榮<sup>(2) (3)</sup> 許晉賓<sup>(2)</sup> 陳芳男<sup>(2)</sup> 王治華<sup>(2)</sup>

收件日期：95年6月7日；接受日期：96年5月16日

## 摘要

豬厭氣醱酵污泥水（簡稱豬厭污泥水）為未經過固液分離之豬場排泄物與沖洗水，直接進入厭氣醱酵槽，經厭氣處理後之污泥水。此污泥若不清除，容易使醱酵槽之功能降低。本試驗為將污泥水清理後，澆灌至盤固草地，探討豬厭污泥水灌溉盤固草地對土壤性狀變化、牧草產量及品質之影響，解決污泥處理之問題，作為往後輔導農民養豬場廢水處理設施之參考。處理分為灌溉清水組（對照組）、灌溉污泥水400(AW400)與灌溉污泥水800(AW800) kg N/ha/yr。每兩月施肥一次，每8週採收一次，試驗期間為91年7月至93年6月。試驗結果顯示對照組、AW400組及AW800組盤固草之粗蛋白質含量及單位產量，三者之間具顯著差異 ( $P < 0.05$ )，而其中以AW800組最高；在中洗纖維含量，對照組顯著低於AW400組及AW800組 ( $P < 0.05$ )，而AW400組及AW800組兩者差異不顯著；在酸洗纖維含量，AW800組顯著高於對照組 ( $P < 0.05$ )。植體分析顯示，總氮 (TN) 及鋅 (Zn) 含量在三組之間具顯著差異 ( $P < 0.05$ )，而其中以AW800組最高；磷酐 ( $P_2O_5$ ) 及銅 (Cu) 含量在AW400與AW800兩組均高於對照組 ( $P < 0.05$ )。土壤性狀方面，在0-15 cm之深度採樣上，pH及有機質 (OM) 在AW400與AW800無顯著差異；但兩組均顯著高於對照組 ( $P < 0.05$ )。在P、Cu、Zn含量及導電度(EC)，三組之間具顯著差異 ( $P < 0.05$ )。在土壤15-30 cm深度上，除了N含量外，其他如pH、OM、N、P、Cu、Zn含量及EC，三組均呈顯著差異 ( $P < 0.05$ )，而其中以AW800組最高。在土壤30-60 cm深度上，pH在AW400與AW800差異不顯著，但兩組均顯著比對照組為高 ( $P < 0.05$ )；OM及N方面，AW800組比對照組與AW400顯著較高 ( $P < 0.05$ )；而P、Cu、Zn含量及EC，三組之間呈顯著差異 ( $P < 0.05$ )。在土壤1 m深之滲漏水成分上，AW800組之EC顯著高於AW400組 ( $P < 0.05$ )；TN、NH<sub>3</sub>N及P含量三組之間均具顯著差異 ( $P < 0.05$ )，而其中以AW800組最高；在NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N及K含量，AW400與AW800兩組均顯著高於對照組 ( $P < 0.05$ )。由以上結果顯示，豬厭污泥水，富含植物所需之營養份，且灌溉800 kg組之Cu、Zn在土壤0-15 cm深度上分別為28.5 mg/kg及89.6 mg/kg，均未超過國家管制標準。

關鍵詞：厭氣醱酵、農地、土壤污染。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1365號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場。

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

## 緒言

沒有土壤處理及利用，家畜禽廢棄物及廢水達不到環保再利用之目的（USEPA, 2000），做好土壤管理可使肥效提高，且在施肥技術上應列為首要。近年來由於農地長期使用化學肥料，土壤急速酸化，有機腐植質含有率降低，土壤無法團粒化，導致農地之肥力及地力下降（洪，2003）。一般畜禽尿之處理方式以資源回收利用為最上策，畜禽糞尿中含有植物所需之營養成分外，亦具有改良土壤理化性狀之功能，如能充分利用不但可節省化學肥料之開支，亦可免除禽畜糞尿處理之花費及問題（沈，2002）。Tzeng *et al.* (2000) 以土壤處理事業廢水，是藉由土壤廣大之表面積及離子交換能力，去除廢水中之污染物進而防治地下水源之污染。厭氣醱酵之目的是在沒有氧的情況下利用微生物，進行溶解或非溶解性的有機物的轉換，將主要污染物轉換成甲烷氣，以降低總固形物（TS）之含量，少部分的污染物則轉換成微生物質量，也就是污泥的產生（環訓所，2005）。這些污泥顆粒上附著大量菌體且其成分複雜，含有甚多可供作物生長所需之養分，如N、P及水分等營養元素，所以它本身可視為一種資源。歐美等國均將其直接排放於田間，作為水份及植物營養補充（Edwards, 2000）。盧及許（1994）指出豬糞尿處理產生的污泥，含有高濃度的OM及作物可利用之養分，此等污泥經利用於田間試驗，可顯著提高盤固草量，並改善土壤肥力及提高土壤pH值。本研究在探討豬厭污泥水施用於盤固草（A254）地後對牧草產量、品質及地力之影響，並探討灌溉豬厭污泥水後，在土壤及植體中是否有重金屬Cu、Zn的累積，俾供評估豬厭污泥水施用於牧草地可行性之參考。

## 材料與方法

### I. 試驗污泥水來源：

來自豬舍未經固液分離，直接經由臥置式厭氣醱酵槽（Bench-scale horizontal anaerobic fermenter）之厭氣醱酵處理後之污泥水，如圖1。

### II. 試驗方法：

- (i) 試驗地點為畜產試驗所高雄種畜繁殖場之牧草區，其土壤質地屬於砂質壤土，而土壤有效深度分級屬於淺層（20-50 cm），小區面積0.03公頃，共九區為0.27公頃，試區相隔1 m。試驗共分三處理組，每處理組三重複。處理分為(1)澆灌清水為對照組（CF）；處理組(2)、(3)分別澆灌豬厭污泥水，澆灌量相當含AW400及AW800 kg N/ha/yr之廢水量。試驗期間另外施用推荐量之化學肥料，依台灣省作物施肥手冊，盤固草之推薦肥料量N：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：K<sub>2</sub>O = 400：150：140 kg/yr（台灣省政府農林廳，1996）。
- (ii) 試驗期間為91年7月至93年6月，每兩月施肥一次，割後一週澆灌，盤固草（*Digitaria decumbens Stent*）A254品種。每8週採收一次。
- (iii) 分析項目：
  1. 污泥水成分分析：施灌前分析豬厭污泥水之總氮（TN）、磷酐（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>）、pH、導電度（electrical conductivity, EC）、有機質（OM）、總固形物（TS）（依據環保署水質檢驗方法，1997）、重金屬Cu及Zn以0.1 M HCl抽出量採用AA吸光儀法。並計算各小區之施灌量。
  2. 滲漏水：收集之設施（如圖2），每次降雨後收集滲漏水之樣品1000 ml以供分析，

並將滲漏水抽乾，以便收集下次降雨之滲漏水分開。分析項目為EC、TN、銨態氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）、硝酸態氮（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）、P及K（環保署，1997）。

3. 土壤：試驗期間延續2年之每年6月及12月，採土壤深度15 cm、30 cm、60 cm之樣品二次。每處理組分別分析N、P、pH、EC、TS（環保署，1997）。Cu及Zn以0.1 M HCl抽出量採用AA吸光儀法。

4. 植體：

- (1) 於植體開花期時採樣乙次測定。試驗農地全部有九區，分對照組（澆灌清水）、400 kg組（AW 400）及800 kg組（AW 800）各三區。
- (2) 各小區植體之採樣，採斜直線（採樣法分為左上、中、右下，各採一樣品，總共一小區採三樣品，而下次為右上、中、左下也採三樣品）。
- (3) 每樣品是從每分區斜直線三點之1 m<sup>2</sup>區域內採出，各分區之三點所採之新鮮盤固草總重，總共約為1 kg。各植體分析項目為乾物量（DM）、粗蛋白（CP）、酸洗纖維（ADF）、中洗纖維（NDF）、總氮（TN）、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、Cu、Zn。
- (4) 乾旱期間，試驗地採不定時之灌溉清水，即當土壤稍乾枯時，則9區之試驗地就定時定量供給清水灌溉，使試驗草有充足之水分供應。



圖1. 厭氧醱酵後之豬糞污水。

Fig. 1. Pig wastewater after anaerobic fermentation.



圖2. 塑膠滲漏水之收集管。

Fig. 2. Percolation water collector placed at 1 m soil depth.

### III. 統計分析

試驗所得資料以套裝軟體之統計分析系統（SAS, 1996）進行統計分析，以一般線性模式程序（GLM）進行變方分析，並以鄧肯式新多變域檢定法（Duncan's new multiple range test）比較各處理組間之差異顯著性。

## 結果與討論

試驗所用豬厭污水之性狀分析（表1），顯示整試驗灌溉中期及灌溉末期之採集豬厭污水成分分析，pH分別為7.24、7.18；EC為0.39、0.55 dS/m，通常EC做為水中鹽類濃度的測定，豬場排放水需要排放至農田灌溉溝渠，則排放水中之EC應符合台灣省農田水質標準，其EC之濃度要在0.75 dS/m（台灣省政府建設廳，1978）以下。OM為1.1%、2.46%；TN為0.05%、0.12%（本場糞尿水直接流入臥置式厭氧醱酵槽，無先經固液分離機分離，因此總氮含量會較高）；TS為5.07、28.9 mg/L； $\text{P}_2\text{O}_5$ 為0.28%、0.21%；Cu為47.5、33.8 mg/L；鋅為128、100 mg/L。

表 1. 試驗用豬厭氣消化污泥水之性狀分析

Table 1. The characteristics of treated pig anaerobic wastewater

Item	Middle of irrigating <sup>1</sup>	End of irrigating <sup>2</sup>
pH	7.24 ± 0.12 <sup>#</sup>	7.18 ± 0.09
EC (dS/m)	0.39 ± 0.03	0.55 ± 0.03
O.M (%)	1.12 ± 0.23	2.46 ± 0.18
Total N (%)	0.05 ± 0.01	0.12 ± 0.03
TS (mg/L)	5.07 ± 0.62	28.9 ± 0.8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.28 ± 0.06	0.21 ± 0.02
Cu (mg/L)	47.5 ± 3.11	33.8 ± 2.2
Zn (mg/L)	128 ± 25.3	100 ± 24.5

<sup>#</sup>Means ± SD<sup>1</sup>: 灌溉開始後1.5小時。<sup>2</sup>: 灌溉開始後3.0小時。

施用豬厭污泥水對盤固草化學成分及產量之影響如表2。由結果顯示，對照組、AW400組及AW800組之粗蛋白質含量分別為6.98%、7.12%及7.26%，三者之間呈顯著差異（ $P < 0.05$ ）；張(2002)結果顯示，所有施灌廢水試區之狼尾草植體中，粗蛋白質含量均比施化學肥料區為高，並指出養牛場經厭氣處理後廢水用來施灌狼尾草，可完全取代化學肥料。在中洗纖維含量，分別為67.8%、68.4%及71.8%，對照組顯著較AW400組及AW800組低（ $P < 0.05$ ）。而AW400組及AW800組兩者差異不顯著。酸洗纖維含量分別為37.8%、38.9%及39.9%，AW800組顯著高於對照組（ $P < 0.05$ ），而AW400組與對照組及AW800組呈差異不顯著；在盤固草單位面積產量方面，分別為4,489、5,619及7,400 kg/ha/yr。三者之間呈顯著差異（ $P < 0.05$ ）。郭等(2003)指出狼尾草施用豬厭污泥水對牧草產量、酸洗纖維及中洗纖維含量皆比化學處理組有較高現象，其可能原因為株高較高，莖比例較多所致。以豬糞尿處理水（水質推估豬糞尿處理水之肥料量為N：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：K<sub>2</sub>O = 240：80：350 kg/ha/yr）灌溉盤固草區，其處理區之牧草鮮重產量比對照區高出85%，此歸因於施灌豬糞尿處理水後，植體增加吸收土壤中之N、Ca、Mg與Na的養分所致（陳等，2003）。TN分別為0.53%、1.08%及1.82%，三組之間呈顯著差異（ $P < 0.05$ ）；P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量分別為0.44%、0.79%及0.79%，AW400組與AW800組呈差異不顯著，但兩組均比對照組顯著較高（ $P < 0.05$ ）；Cu含量為7.92、14.5及15.3 mg/L，AW400組與AW800組無顯著差異，但兩組比對照組顯著較高（ $P < 0.05$ ）；Zn分別為42.5、90.6及102 mg/L，三組之間呈顯著差異（ $P < 0.05$ ）。

表 2. 豬厭氣醱酵污泥水處理對盤固草化學成分及產量之影響

Table 2. Chemical compositions and forage yield of pangolagrass for the plots received treated pig anaerobic wastewater

Item	CF	AW400	AW800
CP (%)	6.98 ± 0.06 <sup>c#</sup>	7.12 ± 0.05 <sup>b</sup>	7.26 ± 0.06 <sup>a</sup>
NDF (%)	67.8 ± 2.37 <sup>b</sup>	68.4 ± 2.57 <sup>b</sup>	71.8 ± 4.16 <sup>a</sup>
ADF (%)	37.8 ± 1.23 <sup>b</sup>	38.9 ± 1.62 <sup>ab</sup>	39.9 ± 2.47 <sup>a</sup>
Yield/ha	4489 ± 68 <sup>c</sup>	5619 ± 257 <sup>b</sup>	7400 ± 162 <sup>a</sup>
Total N (%)	0.53 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.08 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.82 ± 0.01 <sup>a</sup>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.44 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.79 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.79 ± 0.01 <sup>a</sup>
Cu (mg/kg)	7.92 ± 1.03 <sup>b</sup>	14.5 ± 1.19 <sup>a</sup>	15.3 ± 1.08 <sup>a</sup>
Zn (mg/kg)	42.5 ± 2.36 <sup>c</sup>	90.6 ± 5.31 <sup>b</sup>	102 ± 9.85 <sup>a</sup>

#Means ± SD

<sup>a b c</sup> Means with the different superscript in the same row differ significantly (P < 0.05).CF : Control treatment, applied chemical fertilizer (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O = 400:150:140 kg/yr).

AW400 : Applied equivalent to 400 kg N/ha of treated pig anaerobic wastewater.

AW800 : Applied equivalent to 800 kg N/ha of treated pig anaerobic wastewater.

施灌豬厭污泥水對盤固草地土壤成份之影響如表3。在0-15 cm深度土壤上，在pH及OM方面，AW400組與AW800組呈不顯著差異，但兩組比對照組顯著較高 (P < 0.05)；在N含量，三者之間差異不顯著；P、Cu、Zn及EC，三組之間具顯著差異 (P < 0.05)，而其中以AW800組較高。在15-30 cm土壤深度上，除了N含量三組之間差異不顯著外，其他如pH、OM、N、P、Cu、Zn及EC，三組之間均具顯著差異 (P < 0.05)，而其中以AW800組較高。在30-60 cm土壤深度上，pH項目，AW400組與AW800組無顯著差異，但兩組均比對照組顯著較高 (P < 0.05)；在OM及N項目，對照組與AW400組呈差異不顯著，但AW800組顯著高於對照組與AW400組 (P < 0.05)；在P、Cu、Zn及EC，三組之間均具顯著差異 (P < 0.05)。

由表3得知pH隨豬厭污泥水之施灌量增加而有提高情形，本試驗區試驗前之土壤為較酸性土壤，其原因應是作物吸走大量正離子養分、長時期使用酸性肥料及過量有機酸種植作物所產生的土壤酸化現象。而用pH值較高之豬厭污泥水施灌，使所含有的鈉離子經由灌溉系統進入土體，因而提升土壤之pH值，而獲得適當的調整（陳，2003）。而OM、N及P成分也隨豬厭污泥水灌溉量增加而提高。在重金屬Cu、Zn濃度方面，其食用作物農地之管制標準值分別為200、600 mg/kg（環保署，2001），經過兩年豬厭污泥水灌溉試驗，亦尚屬正常範圍。其與謝等（1997）以施用牛糞試驗指出，長期表面施用牛糞有助於增加土壤之有機質、TN、P、K、Ca、Mg 含量及提高土壤 pH，但土壤中之 Cu 累積量並無顯著地增加之結果相似，而皆有改善地表土壤肥力及酸性特性。土壤EC為表示土壤中可溶性鹽類濃度的一種指標。因為土壤溶液的鹽類濃度與其EC呈正比關係，因此以土壤EC可以直接表示可溶性鹽類存在於土壤溶液中的濃度。測定單位通常以dS/m表示。本試



驗之土壤EC亦隨著豬厭污泥水用量的增加而提高。傅等（1996）發現放流水的EC值與pH、 $\text{NH}_4^+$ -N、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、COD、BOD等呈正相關。土壤具有廣大之表面積與陽離子交換能量，可以用為消納污染物之介質，Liu *et al.* (1996) 研究台糖自營農場長期施灌豬糞尿地區重金屬在土壤中之分佈，及甘蔗對其之吸收時指出，長期施灌未經處理之豬糞尿之台糖蔗園中，其土壤之0.1 M HCl重金屬萃取量，與環保署之土壤重金屬含量標準相比較，係位於低或中級，以目前重金屬之含量，對土壤性質及甘蔗生育並無不良之影響。

表 3. 厭氣醱酵污泥水處理對不同深度盤固草地土壤成份之影響

Table 3. Soil chemical compositions at different soil depth from pangolagrass plots received treated pig anaerobic wastewater

Item	CF	AW400	AW800
0-15 cm in depth			
pH	5.62 ± 0.10 <sup>#</sup>	5.94 ± 0.10 <sup>a</sup>	5.98 ± 0.08 <sup>a</sup>
OM (%)	2.45 ± 0.17 <sup>b</sup>	2.89 ± 0.09 <sup>a</sup>	2.92 ± 0.07 <sup>a</sup>
N (%)	0.20 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.01 <sup>a</sup>
P (%)	9.88 ± 1.15 <sup>c</sup>	115 ± 12.0 <sup>b</sup>	285 ± 9.98 <sup>a</sup>
Cu (mg/kg)	5.22 ± 0.50 <sup>c</sup>	19.8 ± 2.56 <sup>b</sup>	28.5 ± 1.53 <sup>a</sup>
Zn (mg/kg)	4.13 ± 1.09 <sup>c</sup>	46.5 ± 2.55 <sup>b</sup>	89.6 ± 6.02 <sup>a</sup>
EC (dS/m)	0.11 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.22 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.50 ± 0.01 <sup>a</sup>
15-30 cm in depth			
pH	5.43 ± 0.10 <sup>c</sup>	5.67 ± 0.09 <sup>b</sup>	5.89 ± 0.10 <sup>a</sup>
OM (%)	1.81 ± 0.08 <sup>c</sup>	2.02 ± 0.08 <sup>b</sup>	2.17 ± 0.10 <sup>a</sup>
N (%)	0.18 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.18 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.03 <sup>a</sup>
P (%)	10.8 ± 2.10 <sup>c</sup>	47.2 ± 2.06 <sup>b</sup>	172 ± 8.9 <sup>a</sup>
Cu (mg/kg)	5.32 ± 0.96 <sup>c</sup>	11.5 ± 2.10 <sup>b</sup>	18.9 ± 0.91 <sup>a</sup>
Zn (mg/kg)	3.61 ± 0.59 <sup>c</sup>	26.5 ± 2.94 <sup>b</sup>	49.8 ± 2.65 <sup>a</sup>
EC (dS/m)	0.11 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.31 ± 0.03 <sup>a</sup>
30-60 cm in depth			
pH	5.44 ± 0.11 <sup>b</sup>	5.56 ± 0.11 <sup>a</sup>	5.61 ± 0.11 <sup>a</sup>
OM (%)	1.60 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.59 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.76 ± 0.05 <sup>a</sup>
N (%)	0.16 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.18 ± 0.01 <sup>a</sup>
P (%)	11.4 ± 2.36 <sup>c</sup>	27.4 ± 3.16 <sup>b</sup>	108 ± 6.6 <sup>a</sup>
Cu (mg/kg)	5.02 ± 0.55 <sup>c</sup>	7.83 ± 1.07 <sup>b</sup>	10.1 ± 0.89 <sup>a</sup>
Zn (mg/kg)	3.42 ± 0.68 <sup>c</sup>	12.4 ± 2.08 <sup>b</sup>	24.2 ± 0.95 <sup>a</sup>
EC (dS/m)	0.10 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.25 ± 0.01 <sup>a</sup>

<sup>#</sup> Means ± SD

<sup>a b c</sup> Means with the different superscript in the same row differ significantly ( $P < 0.05$ ).

CF : Control treatment, applied chemical fertilizer (N:  $\text{P}_2\text{O}_5$ :  $\text{K}_2\text{O}$  = 400:150:140 kg/yr).

AW400 : Applied equivalent to 400 kg N/ha of treated pig anaerobic wastewater.

AW800 : Applied equivalent to 800 kg N/ha of treated pig anaerobic wastewater.

試驗區之土質係屬砂質壤土，滲透性良好，Powell *et al.* (1999) 稱在粗質地土壤地區進行分次灌溉 (split irrigation)，可顯著地增加氮肥之利用率及降低損失，但在細質地土壤地區分次灌溉，其效果並不顯著。在這試驗二年間試驗發現，屏東內埔地區春、冬季（11-4月份）為旱季，而滲漏水之取得為利用深井水，以淋洗方式強制將土壤中之養分淋洗出來，因而各試驗區施灌污泥水後在試區1 m深的底部，幾乎沒有滲漏水排出，只在夏天雨季才有滲漏水排出。本試驗之滲漏水（10樣品）皆在二年之夏天雨季採集而得。

由表4得知盤固草地施用豬厭污泥水後1 m土壤深之滲漏水之化學成分。在EC方面，AW800組顯著高於AW400組 ( $P < 0.05$ )，而對照組與AW400組及AW800組無顯著差異，且其平均值均低於0.75 dS/m的灌溉用水標準。在Total-N、 $\text{NH}_3\text{-N}$  及P含量為三組之間呈顯著差異 ( $P < 0.05$ )，而試驗各組之土壤滲漏水之項目平均濃度均低於1 mg/L，最可能原因為 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 離子大量地被盤固草之根系吸附或吸收（謝等，2003）。在 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 及K濃度為AW400與AW800呈不顯著差異，但兩組比對照組顯著較高，當飲用水中之 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度超過10 mg/L時，對六個月以下之嬰兒容易發生藍嬰症候群（Blue baby syndrome），是因為嬰兒的胃酸較低，消化系統將硝酸鹽轉化為亞硝酸鹽（nitrites），這將會阻礙嬰兒血液對氧的攜帶能力，因而造成氧氣不足窒息而死亡（USEPA, 1975）。對於本試驗各處理組平均值結果，均未有超過美國地下水10 mg/L限量標準。Fried *et al.* (1976) 以長期施用氮肥的觀念來探討硝酸鹽的污染問題，其試驗結論為只要進入土壤的氮素能被植物吸收，則進入地下水的機會不大。而謝 (2003) 也指出，豬場排放水若分次灌溉盤固草地，排放水之灌溉量在土壤水分中並不易產生飽和現象，而停滯於植物根系層，並使排放水中之 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 於植物根系層中為植物所吸收，以增加植物對 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 之利用率，如此即能降低豬場排放水對地表水及地下水之污染。因而狼尾草地適當施灌厭氣處理後廢水，並不會產生硝酸態氮超量及污染地下水質之問題（張，2002）。

表 4. 盤固草地施用厭氣消化污泥水後1 m深之滲漏水之化學成分

Table 4. Chemical compositions of percolation water at 1 m depth of soil from pangolagrass plots received treated pig anaerobic wastewater

Item	CF	AW400	AW800
EC (dS/m)	0.29 ± 0.05 <sup>ab#</sup>	0.25 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.30 ± 0.05 <sup>a</sup>
T-N (mg/L)	15.7 ± 0.10 <sup>c</sup>	18.6 ± 0.09 <sup>b</sup>	24.1 ± 0.14 <sup>a</sup>
$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	0.49 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.89 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.99 ± 0.07 <sup>b</sup>
$\text{NO}_3^-\text{-N}$ (mg/L)	0.42 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.82 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.88 ± 0.07 <sup>a</sup>
P (mg/L)	2.62 ± 0.23 <sup>c</sup>	3.78 ± 0.17 <sup>b</sup>	4.98 ± 0.16 <sup>a</sup>
K (mg/L)	0.31 ± 0.06 <sup>b</sup>	0.37 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.04 <sup>a</sup>

#Means ± SD

<sup>a b c</sup> Means with the different superscript in the same row differ significantly ( $P < 0.05$ ).

CF : Control treatment, applied chemical fertilizer ( $\text{N:P}_2\text{O}_5\text{:K}_2\text{O} = 400:150:140$  kg/yr).

AW400 : Applied equivalent to 400 kg N/ha of treated pig anaerobic wastewater.

AW800 : Applied equivalent to 800 kg N/ha of treated pig anaerobic wastewater.

## 結論與建議

利用土地處置污泥被認為是污泥最後處置最經濟簡便的方法之一。但其處置量必須加以管制，使不會引起二次公害，危害土壤環境。適當的處置量不僅可供作物所需，對土壤性質之改善亦有所助益。台灣地區每年的畜禽糞尿量估計約有1,881萬噸（洪及沈，2002），其中以豬的糞尿量最多，且其放流水的問題也最多。根據中華民國九十年十一月二十一日（90）環署水字第零零七三六八四號令所訂定土壤污染管制標準中，食用作物之Cu、Zn管制標準值為200 mg/kg、600 mg/kg。而此試驗至今，灌溉AW800 kg組之Cu、Zn在採樣0-15 cm深度上分別為28.5 mg/kg及89.6 mg/kg，均未超過國家管制標準。而土壤滲漏水之NO<sub>3</sub>-N之濃度，平均小於1 mg/L，不超過環保署地下水飲用標準10 mg/L，土壤成份之EC值均小於1 dS/m，即表示以分次灌溉下，施灌豬厭污泥水之養份及水分，滯留於土壤根系層，其對作物適宜以供盤固草吸收，增加鮮草產量；同時厭污泥水在土壤系統中，由於緩慢性之滲透過濾作用，有足夠時間來進行淨化作用，以致能降低流入地表水體，避免N及P成為水生植物及藻類之營養源而優養化且污染到地下水。我國於2001年11月加入世界貿易組織（WTO），在環保及全球化貿易的雙重壓力下，養豬業要重新調整經營方向，提高經營效率，實施低污染的養豬策略，才有永續經營的空間。因此在加強回收再利用之工作中，以豬厭污泥水，富含植物所需之營養份，若能適時、適地、適量施用於牧草地，除了不會造成環境負荷外，亦有助於營養份與水資源之再利用。

## 參考文獻

- 台灣省政府建設廳。1978。台灣省灌溉用水水質標準。南投。
- 台灣省政府農林廳。1996。作物施肥手冊。pp：166-173。
- 行政院環境保護署環境檢驗所（環保署）。1997。水質檢驗方法。台北市。
- 行政院環境保護署（環保署）。2001。土壤及地下水污染整治法施行細則。90.11.21（90）環署水字第0073684號令。台北。
- 沈韶儀。2002。台灣畜產環境及政策的演進。豬糞尿低污染管理技術與再利用國際研討會論文集 pp.139-154。
- 洪明宏。2003。下水污泥綠農地應用與環境限制之研究。碩士論文。國立台北科技大學。台北。pp.1-2。
- 洪嘉謨、沈韶儀。2002。台灣應有明確的畜產環境政策。生質能源學會會誌21(1-2):11-25。
- 郭猛德、徐阿里、程梅萍、謝昭賢、蕭庭訓、鄭于烽、蘇清全、劉芳爵、許福星、盧啟信、胡見龍、陳芳男。2003。畜牧場廢水處理降低EC值之技術。畜牧廢水再利用於土壤處理及法規修正研討會論文集pp. 27-42。
- 陳尊賢、蔡呈奇、吳娉婷、林季燕、謝昭賢、黃啟民、曾景山、周展叡、王百祿、王敏昭、何聖賓。2003。畜牧場廢水處理降低EC值之技術。畜牧廢水再利用於土壤處理及法規修正研討會論文集 pp.99-135。
- 張定偉。2002。養牛場廢水施灌狼尾草對牧草產量品質及土壤性質之影響。畜產研究35(3):187-203。
- 傅政敏、劉盛華、劉煥章、龔士元、陳炎戊、黃清松。1996。降低養豬場放流水電導度之研究。台糖研究2（1）：55-65。
- 環訓所。2005。廢水處理單元-污泥處理。桃園縣。
- 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)：216-219。



- 謝昭賢、洪嘉謨、洪國源、許福星、陳碧慧。1997。施用牛糞對盤固草地土壤理化性質之影響。畜產研究。30(4)：395-409。
- 謝昭賢、郭猛德、曾景山、王敏昭、何聖賓、陳尊賢。2003。畜牧場廢水以土壤做滲漏計以處理技術。畜牧廢水再利用於土壤處理及法規修正研討會論文集, pp. 43-57。
- Edwards, D. R. 2000. Issues in U.S. confined animal waste management. pp. 162-193. *In* : Proceedings of the 2000 International Forum on Livestock Pollution Control. October 24-27, 2000. Tainan, Taiwan, Council of Agriculture, R.O.C.
- Fried, M., K. K. Tanji and R. M. van de Pol. 1976. Simplified long-term concept for evaluating leaching of nitrogen from agricultural land. *J. Environ. Qual.* 5: 197-200.
- Liu, W. C., T. S. Hsieh, F. Chen and S. W. Li. 1996. Effect of swine lagoon effluent on soil heavy metal accumulation and sugarcane. *Rept. Taiwan Sugar Res. Inst.* 152 : 1-17.
- Powell, G. M., R. E. Lamond and D. Devlin. 1999. Nitrate and Groundwater. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, MF-857.4p.
- SAS. 1996. SAS/STAT User's Guide, Release 6.11 Ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Tzeng, J. S., C. M. Huang and P. L. Wang. 2000. Recycling of pig wastes in TSC. pp. 241-260. *In*: Proceedings of the 2000 International Forum on Livestock Pollution Control ,October 24-27, 2000. Tainan, Taiwan, Council of Agriculture, R.O.C.
- USEPA. 1975. National interim primary drinking water standards. *Federal Register.* 40 : 59, 556~559, 588.
- USEPA. 2000. Management Practices. *In*: National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Agriculture, pp. 27~36. Office of Water Nonpoint Source Control Branch, USEPA, USA.

## The study of applying slurry from anaerobic reactors in Pangolagrass plots<sup>(1)</sup>

Hsien-Juang Huang<sup>(2) (3)</sup>, Chin-Bin Hsu<sup>(2)</sup>, Fang-Nan Chen<sup>(2)</sup>  
and Chih-Hua Wang<sup>(2)</sup>

Received : Jun. 7, 2006 ; Accepted : May 16, 2007

### Abstract

Anaerobically treated pig wastewater contains solid waste of pigs. If the waste in the anaerobic fermenter is not removed, the efficiency of the anaerobic fermenter will be reduced. In this trial, effluence from the fermenter was used to irrigate the pangolagrass pasture whereby its effect on soil properties, forage yield and quality of the grasses were examined. We believed that the findings of this study would be good reference for the livestock farmers to make their waste water facilities function properly.

We used tap water to irrigate the pasture as control, and pig anaerobic wastewater in the amounts of 400 and 800 kg N/ha/yr for irrigation identified as AW400 and AW800 treatments. We irrigated once every two months and collected samples once every eight weeks. Trial time was from July, 2002 to June, 2003. From the result of the trial, there were significant differences among the control, AW400 and AW800 groups in crude protein contents and unit yield ( $P < 0.05$ ); The AW800 group was higher in these contents than the other two groups. Control group had much less neutral detergent fiber than AW400 and AW800 groups ( $P < 0.05$ ), and AW400 and AW800 groups didn't have much difference in content of neutral detergent fiber; AW800 group significantly had more acid detergent fiber than control group ( $P < 0.05$ ). From plant body analysis after irrigation, significant differences between these three groups were found in contents of total nitrogen (T-N) and Zinc (Zn) ( $P < 0.05$ ); The AW800 group was higher in these than the other two groups. The control group had much less  $P_2O_5$  and copper (Cu) than AW400 and AW800 groups ( $P < 0.05$ ).

In soil analysis, in samples from 0-15 cm in depth, there was no significant difference between AW400 and AW800 groups in pH or organic matter, but these two groups had significantly higher pH and organic matter than the control group ( $P < 0.05$ ); There were significant differences between these three groups in content of phosphate, copper, zinc and electricity conductivity ( $P < 0.05$ ). The AW800 group was higher in phosphate, copper, zinc and electricity conductivity than the other two groups.

In samples from 30-60 cm in depth, there was no significant difference between AW400 and AW800 groups in pH, but these two groups significantly had higher pH than control group ( $P < 0.05$ ); AW800 group significantly had higher content of organic matter and nitrogen than the control and AW400 group ( $P < 0.05$ ); but there were significant differences between these three groups in contents of phosphate, copper, Zinc and electricity conductivity ( $P < 0.05$ ).

From the chemical analysis of the permeated water under 1 m depth of the soil, AW800 group had significantly ( $P < 0.05$ ) higher EC than AW400 group; There were significant differences between these three groups in contents of Total-N,  $\text{NH}_3\text{N}$  and P ( $P < 0.05$ ). The AW800 group was higher in these contents than the other two groups; AW400 and AW800 groups had significantly ( $P < 0.05$ ) higher contents of  $\text{NO}_3\text{-N}$  and K than the control group.

From the results shown above, nutrients that plants need was available in the pig anaerobic wastewater. In amples from 0-15 cm in depth in AW800 group, 28.5 mg/kg of copper and 89.6 mg/kg of Zinc were found, but these did not exceed the National standards.

Key words: Anaerobic fermentation, Farm, Soil pollution.

---

(1) Contribution No.1365 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Kaohsiung Animal Propagation Station, COA-LRI, pingtung, Taiwan, R.O.C.

(3) Corresponding author, E-mail: hjhuang@mail.tlri.gov.tw

