

# 專 論

## 猪 糞 尿 之 污 染 與 管 理

### The Pollution and the Management of Piggery Waste

國立臺灣大學農工系教授

徐 玉 標

Yuh Piau Hsu

#### Abstract

As conservation of natural resources and reduction of environmental pollution becomes daily more vital, the problems and potential values of piggery waste become increasingly more important to mankind. This report presents an overview of the status of piggery waste, their interrelationship with agriculturist as well as irrigation engineers, the problems they create, and the possibilities they offer as sources of energy and of soil enrichment.

#### 一、前 言

猪糞尿原是一種很有價值之有機肥料。從前農家在耕作之餘，多以飼養猪隻作為副業，利用猪糞尿作厩肥，以增加農田土壤有機質及肥料來源，亦有部分用作池塘養魚飼料，此種副業經營，由於規模小，飼養頭數不多，而且地區分散，糞尿量不足以影響當地之生態環境，故不致有污染之情形發生。

近年以來，由於人口增加及生活水準提高，使國民對肉類需要日益殷切，因此大規模與集約管理之大型養猪場便應運而生，農家副業式經營漸被淘汰，此種多頭數企業化之經營方式，使得猪糞尿不但數量劇增，而且地區集中，由於業者未能有效處理利用，目前已形成嚴重之污染問題。

根據臺灣省水利局灌溉水質監視報告(70年度)指出：在全省灌區中排放不合格污水有1920戶，其中畜牧業佔1,008戶，猪糞尿對灌溉水質之污染，已超過其他各種用水之污染。猪糞尿所造成之公害，主要是污染水源，滲入土層中使地下水不能飲用洗濯，土壤還元劣化，作物生育初期陡長，後期倒伏枯死，他如影響環境衛生：產生惡臭、滋育蚊蚋，渠道雜草叢生及布袋蓮繁殖，此外更能傳播病原菌等。目前除臺灣東部東區外，西部各縣市中，飼養2,000頭以上之中巨型養猪場，有50%以上均有

公害糾紛，而且不斷在擴大中，所以有關猪糞尿污染，已成爲各方矚目而亟待研究解決之重要課題。

#### 二、臺灣猪糞尿污染之狀況

臺灣養猪事業之狀況，根據臺灣省農林廳民國71年度之年報統計資料顯示，如民國61年全省養猪戶數爲520,651戶，飼養頭數3,831,293頭，至民國70年，養猪戶數逐年遞減至140,452戶，飼養頭數已增至4,825,862頭，十年間之變化顯示，養猪戶數僅及十年前之 $\frac{1}{4}$ ，而飼養頭數增加約26%。又根據該廳畜牧課截止民國71年11月份之統計，全省養猪戶再減至116,581戶，飼養頭數更增至5,182,478頭，顯示養猪事業在集中化，若再依據臺灣地區總屠宰頭數，包括臺北市、高雄市及外銷之量，七十年度中已達6,975,036頭，接近柒佰隻。至於所排洩之糞尿量以猪體重50公斤每日所排爲5.1公斤計算，則臺灣地區，單是猪隻所排之糞尿量爲13,000,000噸，加上5~15倍清洗猪舍水量，則污水量將達億噸以上，如此巨量之污染質，若未得適當利用處理，當然會帶來環境污染很大之衝擊！

關於猪糞尿在臺灣地區曾發生污染之狀況，農林廳畜牧科、臺灣省水污染防治所及水利局均有實際調查資料，茲分別說明如次：

(A) 農林廳畜牧科在民國 68 年於全省 15 個縣市中，調查飼養規模 100 頭以上之養豬場 6,697 場，其中有 1,394 場曾發生污染糾紛，內容以污染灌溉水質，作物減產以及滋生有害昆蟲為主。詳如表(一)。除此之外，該廳在 69 年度中還抽樣檢查 2,000 頭以上之大型養豬戶 87 場，其中有 47 場發生公害，佔 55 %，因公害而發生糾紛案件者為 19 場

，佔 22 %，詳見表(一)。

(B) 水污染防治所在民國 69 年曾調查飼養 1,000 頭以上之 317 個場中，發現有 247 場所排放污水中，生化需氧量 (BOD<sub>5</sub>) 不合規定標準 (超過 200 ppm)，佔 78 %，又懸浮固形物 (S. S.) 不合規定者 (超過 200 ppm) 有 261 場，佔 82 %，顯示多數養場之污水，均能導致污染。

表(一) 臺灣省六十八年各類型養豬場糞尿公害發生及其糾紛調查統計表

養豬場型態	調查場所	公 害 發 生 情 形						公 害 糾 紛			備 註
		合 計	污 染 水 質	惡 臭	滋 生 有 害 昆 蟲	惡 臭 生 蟲 污 水 有 害 污 水 污 染 質	其 他	合 計	訴 訟 陳 情	和 解	
合 計	6697 百分率	1394 20.81	356 5.32	444 6.63	120 1.79	376 5.61	98 1.46	63 4.52	25 1.79	38 2.73	1 公 害 百 分 比 計 式 發 生 公 害 糾 紛 案 件 數 2 公 害 百 分 比 計 式 糾 紛 案 件 數
專 業 區	2967 百分率	354 14.96	96 4.06	159 6.72	36 1.52	51 2.15	12 0.05	10 2.82	2 0.56	8 2.26	
100-500 頭 養 豬 場	3913 百分率	925 23.64	219 5.6	261 6.67	79 2.02	288 7.36	78 1.99	34 3.67	16 1.72	18 1.95	
501-1000 頭 養 豬 場	277 百分率	60 21.66	22 77.95	12 4.34	4 1.44	20 7.23	2 0.7	2 3.33		2 3.33	
1001-2000 頭 養 豬 場	84 百分率	84 27.38	23 7.14	6 8.33	7 1.19	1 9.53	8 1.19	3 13.04	1 4.35	2 8.69	
2000 頭 以 上 養 豬 場	56 百分率	32 57.14	13 23.21	5 8.93		9 16.07	5 8.93	144 3.75	6 18.75	8 25	

表(二) 抽樣調查 87 場養豬戶公害情形統計  
(69 年度農林廳)

項 目	調 查 場 數	公 害 內 容		糾 紛	
		有	無	有	無
專業化豬場	39	31	8	13	26
百分比(%)		79	21	33	67
農漁牧經營	20	9	11	2	18
百分比(%)		45	55	10	90
農牧經營	28	7	21	4	24
百分比(%)		25	75	14	86
合 計	87	47	40	19	68
百分比(%)		55	45	22	78

資料來源：臺灣省農林廳

(C) 臺灣省水利局灌溉管理課，於民國 69 年在全省西部十水利會灌區內，將有關豬糞尿排放入灌溉渠道中之調查統計，污染水量日達 123,326 噸

，受影響面積 1,446 公頃，稻作生育情況，初期非常旺盛，後期倒伏，產量銳減。詳情如表(三)所示。

表(三) 臺灣省西部十水利會灌區內豬糞尿日排放量與污染農田面積

水 利 會 別	污 水 量 (噸/日)	污 染 面 積 (公 頃)	水 利 會 別	污 水 量 (噸/日)	污 染 面 積 (公 頃)
北 基	192	97.0	雲 林	34,606	76.5
桃 園	288	36.0	嘉 南	1,012	12.6
石 門	3,374	83.2	高 雄	5,818	314.9
臺 中	29,376	721.9	屏 東	36,520	5.0
彰 化	4,540	14.8	宜 蘭	7,600	84.0
總 計				123,326	1,446.0

資料來源：水利局灌溉水質污染防治監視處理報告  
(民國 70 年 4 月)

豬糞尿係屬高潛性之污染質，即使在大量清水

稀釋下，長期施灌於農田，仍具危害性。水利局於民國 68 年 11 月至 69 年 2 月，在主要水利會灌區抽驗諸養豬戶排放之水質中，統計其不合灌漑水質要求標準之百分比，如表四所示。從表中可以看出，如臺中、彰化、雲林、嘉南、屏東等水利會轄區內，放流不合格水質之養豬戶皆達 90 % 以上，可見其污染嚴重情形之一斑！

表四 臺灣省主要水利會灌區中養豬戶  
取樣本數及不合灌漑水質百分比

水利會別	取樣本數	不合格百分比 (%)	水利會別	取樣本數	不合格百分比 (%)
北基	4	50	雲林	559	92.4
桃園	9	83	嘉南	97	93.2
石門	4	50	高雄	42	91.4
臺中	2	100	屏東	323	92.5
彰化	238	94.6	宜蘭	65	17

資料來源：同表(三)

### 三、造成猪糞尿污染之原因

#### (一)飼養密集化：

臺灣養豬事業，自民國五十年以後，便逐漸步入飼養密集化，大規模巨型養豬場不斷出現。根據調查結果，發現凡是愈大型密集飼養者，愈易發生污染。因為每日所產生之猪糞尿多時，若處理設備不完善或操作不當，很易堆積滲漏或發生溢流。根據理論分析，若養豬頭數超過20頭，猪糞尿施散面積僅限 1 公頃農田，便可能造成水稻田用肥過量，在初期生育繁茂，招致中後期倒伏枯萎而減產，同時土壤不能充分分解有機物，漸呈還元作用，使土質劣化，從而構成土壤污染。

臺灣民間大型養豬業者，所擁有之土地面積有限，無法從田間施肥方式來處理巨量之猪糞尿，因此，飼養頭數愈多愈密集時，所造成之污染亦愈嚴重。

#### (二)化學肥料取代傳統之糞尿有機肥料：

近代化學肥料大量生產，且使用方便，既經濟又衛生，所以農民都樂於採用，棄猪糞尿於不顧。因此任其堆積或放流，甚至直接排入水域，其所含之營養份恰好供應水生生物，致池塘渠道，凡污水所經之處，野草叢生，同時由於昆蟲蚊蚋繁殖，水中溶氧量耗盡，污染質分解更為緩慢，導致二次污染。

#### (三)施用較為不便或困難：

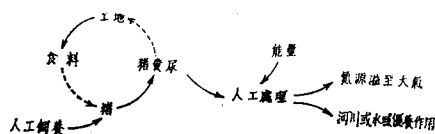
猪糞尿是一粘稠性固液混合體，携運裝載困難，且具惡臭，積量又大，所以非不得已，農民多不願採用。同時其在田間之處理方法，因糞與尿之不同，有乾撒與液施兩大類。乾撒適於旱地作物；液施又可分噴灌、溝灌、拖載噴洒及地下灌入多種，在實施時必需配合施灌設備，才能進行。一般農家小規模經營者，尚可肩挑進行，但若應用於大面積長期施用，則應考慮其設施成本及施灌之數量與均勻性，其牽涉之知識，除農業部門外，更需要有整體性生產之經濟成本，及環境生態關係之正確觀念，彼此互相利用，密切配合，才能順利進行，不致污染為害。以目前臺灣之情形而言，由於飼養業者與農民使用者尚未能有效合作，致令糞尿堆積棄置，因而產生污染。

#### (四)配合飼料取代剩餘作物，供作養豬飼料：

往昔農家養豬，多以農作副產物或厨房烹煮廢棄物供作養豬飼料，故糞尿之濃度成分較低。目前之養豬業者，尤其是大型養豬場，全部利用配合飼料來代替傳統食料，此種趨勢，除造成農產廢棄物過剩外，尚可導致單位體積猪糞尿之濃縮作用，形成高潛在性之污染質 (High potential pollutants)。圖(一)及圖(二)可以分別出傳統性飼料與企業經營使用配合飼料，對生態環境之衝擊情形。



圖(一) 猪之傳統飼養在生態中之循環情形



圖(二) 企業化猪之飼養法在生態環境之所產生之循環作用

從圖(一)中可以顯示傳統性飼養法在生態環境循環中具有封閉性，猪糞尿可完全分解與利用，因此，不致污染。但在圖(二)中，成開放性，即造成能量之消耗與污染。

### 四、猪糞尿廢水之特性

研究猪糞尿可能產生之污染，首先應瞭解猪糞尿之特性，然而影響猪糞尿組成成分與濃度之因素甚

多，諸如：(一)猪隻生育階段(二)性別(三)糞尿比(四)飼養頭數(五)密集度(六)畜舍清洗方式(七)活動度(八)飼料配方(消化度、蛋白質及纖維質含量)(九)季節氣候狀況(十)添加物(抗生素及其他藥物)(十一)飼養方法(十二)暴雨逕流量(十三)畜舍地表面狀況(十四)處理設備等等，均能產生

直接或間接之影響，在許多因素中，其中尤以猪隻生育階段、飼料配方及清洗用水量三者，關係最為密切。茲將一般猪糞尿性態及其不同因素對猪糞尿產量及特性說明如次：

(一)新鮮猪糞尿之理化成分：

表(五) 新鮮猪糞尿之理化成分

分析項目	種 母 猪		肉 猪		備 註
	糞	尿	糞	尿	
pH	7.6	7.3	6.8	8.2	* 依據 Standard method for the examination of water and waste water (14 edition) 分析。 **依據 Dilallor, R. and O. E. Albertrion 1961. Volatile acids by direct titration. Journal wpcf vol. 33(4) p. 356~365. *** 依據 W. G. Merrill, Summary of estimates for quantity and Composition of swine manure.
* 總固體量 (%) TS	39.08	0.23	34.51	0.25	
* 揮發性固體 (g/l) VS	29.60	0.16	25.74	0.14	
VS/TS (%)	75.84	69.57	74.86	59.37	
* COD (ppm)	288,691	2,505	314,778	7,493	
* BOD (ppm)	39,981	1,980	55,271	3,016	
* 氮 N (ppm)	336	28	767	257	
**揮發性酸 (ppm)	15,577	284	14,882	688	
** 氮 N (ppm)				8,400	
** 磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)				4,900	
** 鉀 K <sub>2</sub> O (ppm)				8,181	

表(六) 猪糞尿中無機性污染質含量

元 素	糞 (ppm)	尿 (ppm)	元 素	糞 (ppm)	尿 (ppm)
Ca	25,100	340	N	34,600	5,000
P	16,700	178	Zn	510	2.3
K	10,200	2,300	Fe	456	1.1
Mg	8,020	88	Mn	176	0.3
Na	2,630	1,300	Cu	108	0.16
S	1,040	1,100			

"Closed System Waste Management for Livestock"

從表(五)及表(六)之資料中，可知新鮮之糞便中，總固形物約佔 35~40%，水分為 60~65%，其中大部分為 600°C 下可揮發之有機物。至於 BOD 約在 40,000~55,000 ppm，COD 高達 300,000 ppm 以上。猪尿中總固形物不到 0.3%，99% 以上均為水分，BOD 在 2,000~3,000 ppm 範圍內。至於氮、磷、鉀之含量，在糞尿混合液中，氮佔全量之 0.8%，磷為 0.5%、鉀為 0.8%，均屬有效性，所以是一種良好之肥料來源。此外，如鈣、鎂、鈉猪糞尿亦大量存在，因此，長期施用，

對土壤之理化性，有決定性之影響，在金屬元素中，如硫、鋅、鐵、錳、銅，往往能在土壤中積聚，如果土壤欠缺微量元素，施用猪糞尿具有改良土壤之效果，但一般施用日久，便產生毒害。

(二)猪隻每日糞尿之排洩量及其主要成分：

猪隻每日所排洩之糞尿量是隨猪隻之生育階段及飼料種類而不同，一般情況如表(七)及表(八)所示：

表(七) 不同體重之猪隻每日所排之糞尿量及比例

猪隻體重 (kg)	糞 量 (公斤/日)	尿 量 (公斤/日)	糞尿合計 (公斤/日)	糞對尿比
20	1.1	1.3	2.4	1:1.1
30	1.8	1.9	3.7	1:1.1
40	2.1	2.5	4.6	1:1.1
50	2.3	2.8	5.1	1:1.2
60	2.6	2.9	5.1	1:1.1
70	3.3	3.1	6.4	1:0.9
80	3.5	3.2	6.7	1:0.9
90	4.0	3.4	7.4	1:0.8
平均	2.6	2.6	5.2	1:1

表(內) 每頭肉猪平均每天排洩量及其內容成分

項 目	糞 1.24公斤, 尿 2.98公斤, 總量 4.22公斤時		
重 量 (kg)	4.22	揮發性酸 (ppm)	20,504
總固形物 (kg)	0.435	氮 N (g)	35.5
揮發性固體 (kg)	0.323	磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g)	20.7
COD 含量 (kg)	0.413	鉀 K <sub>2</sub> O (g)	34.5
BOD 含量 (kg)	0.078		

從表(內)所示, 猪隻之體重在 50 公斤以下者, 平均每日所排之糞尿量為 3.7 公斤, 體重在 50 公斤以上時, 為 6.2 公斤, 其一生之中, 每天所排之糞尿量, 平均為 5.2 公斤。根據美國之統計資料, 猪隻日產之猪糞尿約為猪體重之 7.7%, 糞與尿重各佔一半, 生育後期, 猪隻愈大時, 糞略偏重。在美國伊州某養猪場之資料, 10,000 頭平均重 50 公斤之猪隻, 日產猪糞尿約 38.5 公噸, 體積為 41 立方公尺, 約需 600 公噸沖洗水量, 其稀釋率為新鮮糞尿量之 15 倍。至於其內容物重要成分, 10,000 頭猪隻日產 BOD<sub>5</sub> 為 750~1,500 公斤, COD 3,500~4,500 公斤, 氮素 280~355 公斤, 相當於硫酸銻 1.4~1.7 噸, 此外還有相當於 900 公斤之過磷酸石灰與 600 公斤之氯化鉀以及少許之金屬元素如 Zn, Cu, B, Mn 等。

#### (三) 飼養料對猪糞尿產量及理化性間之關係:

猪隻因飼養料之不同, 每日糞與尿之排洩量以及兩者之間排洩之比率差別很大; 同時排洩內容物之理化性亦有很大之不同。表(內)及表(外)可作比較。從表(內)中可以看出, 供應較高營養分之猪隻, 排糞

表(內) 猪隻飼養料之不同與排洩量之關係

猪隻體重 (kg)	飼 養 料	排糞量 (kg)	排尿量 (kg)	糞尿量合計 (kg)	糞尿比率
20~50 (肉猪前期)	配合飼料	2.0	2.0	4.0	1:1
	殘 飯	0.5	10.0	10.5	1:20
	厨房剩餘物	0.5	5.0	5.5	1:10
50~90 (肉猪後期)	配合飼料	3.5	3.5	7.0	1:1
	殘 飯	1.0	20.0	21.0	1:20
	厨房剩餘物	1.0	10.0	11.0	1:10

表(外) 養猪供應飼料之品質與排洩物理化性狀之比較

項 目	高營養組		中等營養組		低等營養組	
	糞	尿	糞	尿	糞	尿
pH	8.3	8.3	8.7	7.8	8.6	8.1
總固形物 (g)	256	49	345	63	795	69
可總性固形物 (g)	203	3	256	29	601	4
COD (g)	42	9	60	11	67	12
BOD <sub>5</sub> (g)	186	13	128	17	195	20
全 氮 (g)	11	14	10	18	13	25
銨 態 氮 (g)	0.5	1.0	0.5	1.0	1.7	1.2
白蛋白氮Abl-N (g)	2.8	1.9	6.2	1.8	6.0	2.9
有 機 酸 (g)	14.3	2.2	21.1	2.5	24.8	2.8

註: 表中數據係猪隻一生中, 平均每頭每日之排洩量

之量較多, 其糞與尿之比率接近於 1:1; 反之, 供應營養分較低之飼料如殘飯或厨房剩餘物, 產尿之量遠較糞便為多, 可以多達 10 倍以上。至於排洩物中之理化性狀, 從表(外)所列之數據, 可以指出有下列數種特徵:

1. 不論何種飼料, 糞便中之固形物 + BOD、COD 及有機酸等糞便中之含量均遠較尿中為多, 但全氮量則相反, 一般以尿中較多。
2. 在不同之飼養料中, 以營養分較低之飼料組, 不論是糞或尿其內容物之含量均分別比高營養組為高, 此種情形, 可能係高營養組之飼料較易消化之緣故。
3. 不論何種飼料, 猪糞之 BOD 比猪尿約大 10 倍左右, 但因低營養組中之尿量高出糞量甚多, 故若以糞尿混合液中之污染質濃度而言, 低營養組, 實際上之污染潛性並不比高營養組者為高。

#### (四) 猪隻每日之排洩量與其他禽畜之比較:

一般而言, 牛之日排洩量約為猪之 10 倍, 為雞之 100 倍, 亦即 10 隻猪相當於一條牛, 10 隻雞相當於一隻猪。至於鴨約為雞之兩倍。根據 Loehr 氏 (1969) 之調查資料如表 (十一) 所示, 便可知梗概。

人類每日所排之糞尿量, 男女老幼之平均糞尿各為 1 公斤, 其中 BOD 為 15 克/日, 固形物為 30 克/日, 僅為猪糞之  $\frac{1}{10}$ ~ $\frac{1}{20}$ , 所以每頭猪每日所排洩糞尿污染質之含量, 實為人類之 5~10 倍, 目前本省飼養猪隻頭數, 超過七百萬隻, 相當 3 千 5 百萬至 7 千萬人類排洩量, 為臺灣人口 2~4 倍,

表(十一) 各種禽畜每日平均之排洩物成分及含量

動物	總固形物 (磅/日)	BOD (磅/日)	COD (磅/日)	總氮量 (磅/日)	NH <sub>3</sub> (磅/日)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (磅/日)
猪	0.50 ~ 0.97	0.20 ~ 0.56	0.47 ~ 0.96	0.032 ~ 0.07	0.02	0.025
奶牛	6.5 ~ 10.4	1.92 ~ 1.53	6.8 ~ 8.4	0.37 ~ 0.47	0.23	0.120
肉牛	3.6 ~ 9.0	1.02	3.3	0.26	0.11	—
雞	0.057 ~ 0.084	0.006 ~ 0.032	0.033 ~ 0.057	0.003 ~ 0.0036	0.0006 ~ 0.0023	0.0026
鴨	0.16	0.02 ~ 0.04	—	0.08	—	0.009 ~ 0.015

如將牛、雞、鴨等合計，將超過人類之 5 倍以上，如此巨量之排洩物，若無適當之處置與利用，無疑將對生態環境產生很大之衝擊！

### 五、猪糞尿對環境污染之型態

猪糞尿是一種綜合性之污染質，對環境危害是多方面，依承受體之不同，可分水源水質、土壤、作物及環境污染等種，茲分述之。

#### (一) 水源水質之污染：

根據 Merrill 氏之報告，肉猪之糞尿混合液，全氮量為 8,400 ppm，磷酸亦高達 4,900 ppm，R. C. Loehr 氏 (1972) 分析肉猪以殘飯為飼料之糞中之全氮量為 5,366 ppm，磷酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 為 283 ppm，尿中全氮量為 1,263 ppm。

在配合飼料之糞中全氮量為 4,664 ppm，尿中為 7,780 ppm，可見猪糞尿含有大量之氮及磷，此兩者皆為水生生物繁殖必備之主要養分。因而產生水質之優養化作用 (Eutrofication)，結果導致：

- (1) 水域過度肥沃 (Over-fertilization)，使湖泊池塘及排水溝渠長滿布袋蓮 (Water hyacinth)。
- (2) 沿海一帶能生長蘆竹及浮萍 (Lemnaceae) 等頑草，阻礙排水溝之排水功能。
- (3) 水田中因水質之 N/P 比率，很易生長滿天星及狗牙根等野草，使後作整地不利。
- (4) N/P 之比在 17~35:1 時，能使一切水源之水中藻類、微生物大量繁殖，結果 BOD 增加，產生二次污染，水呈混濁惡臭、水底淤積污泥。
- (5) 因 BOD 之增加，促使水中可溶性氧

(Dissolve oxygen) 含量降低，影響水之天然自淨作用 (Nature-purification)。

#### (二) 魚貝類之死亡：

猪糞尿污水，使魚貝類死亡之原因有：

- (1) 水中如果 BOD 高，DO 含量減少，能使魚貝類因窒息而死亡。
- (2) 淡水養殖，水中 NH<sub>3</sub> 之含量超過 0.5 ppm，鹽水養殖超過 2.0 ppm，便能使魚貝類中毒死亡。
- (3) 鹽分總濃度過大，使魚類不適死亡。
- (4) 猪糞尿中含有高濃度之鋅、銅、錳及抗生素等，能使魚貝類中毒而死，根據美國 (California State Water Quality Control Boards 1963) 文獻所載：鋅之含量達 0.1 ppm，銅 0.02 ppm，錳 1.0 ppm，魚類便會中毒。
- (5) 混濁度大，透光性差，使魚類繁殖空間受限制及阻礙，臺灣之養殖事業及近海魚貝類，受猪糞尿污染而死亡，甚為普遍，如臺南縣七股鄉有一養猪場，飼養頭數 15,000 頭，排放之廢水污染下游 300 公頃魚塢，導致魚蝦大量死亡，魚民損失不貲。採樣分析結果，流入魚塢之水質，NH<sub>4</sub>-N 達 97 mg/l，即使再稀釋 50 倍，對魚類繁殖仍具危險性。

#### (三) 地下水污染：

動物排洩物中氨態氮進入土壤中，被微生物硝化作用成 NO<sub>3</sub>-N，很容易滲濾流失進入地下水中，因此，在畜牧場附近之地下水中 NO<sub>3</sub>-N 常較地表水高出數倍以上。

飲料水中若含有 NO<sub>3</sub>-N 達 50 mg/l 以上時，嬰兒飲用，易罹變性血色蛋白血症 (Methemoglobinemia)，亦稱藍嬰病 (Blue Baby)。

近年以來，WHO 認為  $\text{NO}_3\text{-N}$  在人體或動物體內能還元成亞硝酸鹽，再與二級胺或醃胺反應成氮一亞硝基化合物，而成致癌質。

在本省已經有許多地區，靠近養豬場之地下水井，水質常帶氨臭，不能飲用，用作洗濯，手足長久接觸，會感到發癢刺痛，附近居民深以為苦。

四飲用水之污染：

本省養豬場分布地點極為分散，許多養豬場位

於飲用水水源之上游，豬糞尿混入水源中後，所含之營養源除導致水生物大量繁殖，劣化水質外，且含有大量病原菌，嚴重危害飲用者。例如：臺北縣木柵區無名溪流，即有多家養豬戶，其排放豬糞尿，導至下游之使用者罹患傷寒、腹瀉等病症。筆者等曾在一家規模較大之排放口上游與下游分別採集水樣，作初步檢定比較，發現下游污染後之水質如含磷量及浮游藻含量皆不適於飲用。

表(十二) 臺北縣無名溪豬糞尿污染危害飲用水源檢驗結果

樣本別	pH	EC $\times 10^5$ Micromhos/cm	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	葉綠素 (mg/l)	Na <sup>+</sup> (ppm)
未受污染水樣	6.65	300	0.09	0.338	13.9
受污染之飲用水	7.75	300	0.39	1.132	19.4

二、土壤污染：

豬糞尿不但含有豐富之有機物，且含有大量解離性之電解質，具有極高之電導度，其中如鈉、鉀、酸性碳酸鹽、硫酸鹽、氯化物等，經常污染累積，不但造成土壤化學性營養分之不平衡，對土壤之物理性結構，通氣作用亦產生不良之後果，同時亦嚴重影響土壤之生物社會。茲就其可能污染之情形，分述如次：

(1) 鹽害 (Salt Hazard)：

鹽分高低對土壤水分之有效性有密切之關係，因其對作物水分之吸收具有決定性之影響，完全未稀釋之豬糞，電導度高達 33,000 micromhos/cm (25°C)，可溶性固形物亦達 28,000 ppm，濃度與一般海水所呈之滲透壓相彷彿。因此，植物之根與之直接接觸，不但不能吸進水分，反而植物根中之水將反滲而出，可見其危害之大。

根據美國鹽鹼土研究所之資料，在乾旱區域，如果植物根域，可溶性固形物超過 1,000 ppm，即具危害。Dwight 氏 (1973) 研究污染水對柑橘生育之影響，認為可溶性固形物在 300 ppm，即可以致柑橘減產。以豬糞尿之濃度即使稀釋 10 倍，混在灌溉水中，長期累積之結果，對果樹仍具損害。筆者發現雲林縣蔴松灌溉區域，農民養豬，淤積於農田溝渠中之糞尿，可溶性固形物達 36,000 ppm，當地附近水稻因生育過盛倒伏，產量銳減，70 年度第一期作，收穫量不及 2,000 公斤/公頃。分析收穫後之土壤飽和抽出液，表土 20 公分之電導度達 13,000 micromhos/cm (25°C)，

心土為 11,500 micromhos/cm (25°C)，顯然偏高。

(2) 鈉害 (Sodium Hazard)：

鈉對土壤結構具有不良影響，因其被土壤顆粒吸附後，能使土粒絮散，乾燥後呈緊密結構，降低土壤之滲透性及妨礙作物根系發育，豬糞尿淤積地區土壤中含有大量之鈉，如雲林縣蔴松之農地土壤中，有達 560 ppm。在本省除鹽分地外，一般灌區之土壤中達到鈉害之土壤並不多見，此點與日本學者 Suzuki 氏 (1977) 在日本調查不同，氏發現日本若長期引灌豬糞尿，鈉離子濃度會逐漸積聚而發生鈉害，然本省可能尚在污染潛伏階段，故不具顯著徵候。根據 Wate Encyclopedia 氏 (1970年) 所訂定單項鈉可允許之最大濃度為 1,000 ppm。

豬糞尿對土壤污染另一顯著特徵是含有大量之鉀，鉀對土壤之作用與鈉相似，能破壞土壤構造，高濃度下對作物之毒性大，但一般土壤中有效性鉀含量甚低以至於欠缺，還視為施肥三要素之一，天然水源中含量亦不高，故不引起特別注意。根據 Wate Encyclopedia (1970 年) 對灌溉水質所訂定標準，最大允許濃度為 10 ppm，然而本省許多大型養豬場如臺南縣之富億養豬場及桃園縣之嘉新畜牧場，所排放之豬糞尿廢水中，鉀之濃度在 71.3~240 ppm，超過設限標準甚多。就施灌中之土壤而言，如彰化之埔鹽及雲林之蔴松表土已達 200 ppm，心土更有高達 800 ppm，此種分析結果，均足以顯示土壤已蒙受豬糞尿之累積污染。

### (3)重碳酸鹽害：

重碳酸鹽在灌溉水質管制中，亦視為重要因子。一般在灌溉水中如碳酸或酸性碳酸離子之存在量過多時，能促進土壤溶液中鈣與鎂之沉澱，因而使SAR (Sodium adsorption ratio) 值增大，而增加鈉害。此外，重碳酸鹽對土壤之 pH 值具有絕對之影響，對作物根系之發育有抑制作用，Jeffery 氏 (1979) 認為施灌豬糞尿之結果，能使土壤中積聚大量之酸性碳酸鹽，但在本省之調查結果，除嘉新畜牧場附近引灌之農田，其殘餘碳酸鈉值 (RSC) 高達 23.2 Meq/l，大於安全設限之 2.5 Meq/l 外，其他養豬場所引灌之農田，均在安全限度以內，是否與土壤原有性態有關，尚待今後進一步觀察研究。

### (4)氯害：

土壤溶液中氯與硫酸離子過高時，可提高溶液之滲透壓，因而妨礙植物對水分之吸收能力，降低土壤水分之有效性，同時氯之毒性能使作物之品質劣化。一般氯害以潛在鹽性 (Potential salinity) =  $Cl^- + \frac{1}{2} SO_4^{2-}$  表示，5.0 meq/l 為安全限度。豬糞尿中含有大量之氯及硫酸根，在臺灣豬糞尿長期引灌區域，大多具有顯著之氯害，潛在鹽性有高達 800 ppm，遠超過安全限度 200 ppm 之標準，由此可見，受豬糞尿累積污染之嚴重程度。

### 三、對植物之污染：

豬糞尿對植物最大污染，為過量之氮素促進植物營養組織之形成，其次為鉀與氯對作物之危害，再者便是豬糞尿中重金屬對作物所呈之毒性，茲分述之。

(1) 過量氮素：在供應植物生長之諸營養要素中，氮素最重要，它能使植物生活力旺盛，然而過分旺盛之結果，使品質降低，或陡長倒伏，影響收穫產量。例如桃樹施用 0.75~1.50 克/平方公尺之氮素，反使產量減少；施用 22 克/平方公尺之氮，將使馬鈴薯萎縮與甜菜甜分降低，南瓜易於腐爛；施用 17 克/平方公尺，能使橘子汁減少，降低菓實品質。又如水稻，在過量之氮素下，有四種典型之毒害，即過度旺盛生長 (Over-luxuriant growth)，倒伏 (Lodging)，病害 (Disease) 與蟲害 (Insect damage)。根據日本 Tokyo Metropolitan Agriculture Institute (1967) 之公佈資料顯示，灌溉水中總氮量 (T-N) 必須低於 1 ppm，水稻方不致產生氮害。

表 (十三) 灌溉水中氮之濃度與水稻生育之關係

總氮量 (T-N)	影響水稻生育之程度
1 ppm 以下	無影響
1~3 ppm	水稻生長略為過度旺盛
3~5 ppm	生長過度旺盛，倒伏與輕微減產
5~10 ppm	減產
10 ppm 以上	嚴重減產

臺灣灌溉水質標準，亦定 T-N 應低於 1 ppm 為宜。然根據所調查之資料顯示，各中型及大型養豬場放流口所排放之豬糞尿，T-N 之濃度即使經過廢水處理過程，亦多在 100 ppm 以上，受污染之農田用水亦達 96 ppm 之多，意即處理後養豬場廢水，即使再經百倍稀釋，對水稻仍具氮害。

豬糞尿中之氮素漸次釋放為水稻所吸收，在此種情況下，有三問題應加考慮：(a) 氮素營養分之作用 (b) 銨態氮積聚之危害性 (c) 亞硝酸氮之毒害。

#### (a) 氮素營養分之作用：

水稻一生中對氮素最易引起過剩狀態之時期有二：第一時期是吸收氮素最盛期亦即氮素含量最高期，即所謂分蘖盛期，該期間中，葉鞘及莖基部若氮之供應充足之情況下，有利於蛋白質之製造增加，反之，碳水化合物之醣及澱粉類之形成便相對減少，由於原形質增加，且因細胞原形質為高度水化，結果使水稻葉鞘及莖基部具過多液汁，呈嫩弱狀態，故產生倒伏及易罹蟲害。第二期在出穗期，此期莖葉不再生長，過多之氮素不能合成蛋白質，以銨態氮貯留，可招致稻熱病之侵襲。

#### (b) 銨態氮積聚之危害性：

銨態氮積聚之危害性可分間接與直接兩種，前者是銨態氮在土壤中可因硝化作用 (Nitrification) 而釋出氫離子，結果能使土壤之 pH 值降低，增進  $Mn^{++}$  及  $Fe^{++}$  之溶解度，使土壤溶液中之濃度增加，而產生毒害；後者係銨鹽能直接毒害水稻。Lin 氏 (1946) 發現，應用硫酸水溶液能使水稻之葉尖焦黃，Bonner (1946) 發現用水耕法栽培水稻，培養液中銨之濃度超過 1 Millimolar 時，能阻碍根毛中原形質之流動及根之生育，Minabe 氏 (1951) 發現含有硝酸鹽之水耕培養液中，加入少許之銅，則水稻生長較在含有硫酸銨之水培液為佳，同時亦發現水稻體中銨之量劇增，而 Asparagine 及 Glutamine 二種氨基酸不同時增加，亦會發生毒害。



### (c) 亞硝酸氮之毒害：

硝酸鹽在水田中能還元為亞硝酸鹽，對植物有毒害，此為硝酸鹽不適於水稻之一理由。一般土壤中亞硝酸氮存在之量極微，約為 5~10 kg/ha，但因豬糞尿之施用，其量大增，因此，使水稻發生毒害之機會亦大為增加。

### (2) 鉀害與氯害：

豬糞尿中大量之鉀與氯對植物亦可造成直接毒害。根據 Ogata (1977) 之研究，土壤溶液中 K 含量超過  $Ca^{++} + Mg^{++}$  含量 2.2 meq/l 時，將造成水稻生育虛弱症，又氯化物之濃度達 700~1,500 mg/l 時，葉中能積聚氯化物達乾物量之 1~2%，能使葉緣發生黑斑或葉燒病，嚴重者使葉脫落與葉基枯死等現象。一般菸草栽培，忌用氯化鉀，因其能嚴重影響菸葉之品質。根據文獻資料，澱粉類對氯化物均能降低其品質。

(3) 重金屬為害：豬糞尿中含有大量之銅及鋅，長期施用將造成土壤累積性之毒害，如 Jeffrey 氏 (1979) 經過四年之觀測，發現豬糞尿引灌農田，表土可積聚銅量達 40~50 kg/ha，其種植作物體內達 26 ppm/ 乾物重，不能供消費者食用。此外，亦發現有鋅之積聚，但在農業工程研究中心在臺灣各地養豬場取樣檢驗結果，尚未發現此種現象，惟大部豬糞尿排放水中含銅量超過 0.1 ppm，還不能構成土壤累積污染。此外 Jeffrey 氏還認為土壤中錳將顯著減少，可能是因微生物分解旺盛下，將不溶性之氧化錳還元成二價錳，致對鐵、錳敏感作物如水稻、大麥產生毒性，然臺灣情況是否如此，尚待進一步之研究。

## 六、豬糞尿之處理

豬糞尿之處理一般可分為物理處理法及生物處理法兩種，前者係以烘乾、乾燥為主，後者亦有好氣及嫌氣之分，茲將其主要原理及其優劣概述如次。

### (一) 物理處理法：

物理處理法一般可分沉澱、過濾、分離、脫水、透析、烘乾及焚化等單元，在處理過程中，有時

僅採一種，但大多是諸種聯合操作來完成，通常新鮮豬糞尿之物理處理，大規模者多採用太陽能烘乾法，火力乾燥法或焚燒廢棄三種方式：

### (A) 太陽能烘乾法：

利用太陽熱來晒乾糞便，將糞尿分離後之糞便送進密閉之塑膠房內，塑膠布採用 0.3 mm 之透明體，房內鋪水泥地，並備有自動攪拌機，往返翻動糞便，另在房之末端最下方設有一抽風口，裝設抽風機，抽取房內之氣體流經脫臭槽，將房內含有氨氣之氣體過濾，同時將房內之水蒸氣帶走以乾燥房內之畜糞。

房內之畜糞一般堆積約 5~10 公分之高度最為適當，在臺灣南部冬天，塑膠房之脫水效率約為 47%，夏天高達 88%，年平均為 65%。處理每頭肉豬之糞便約需 0.6~0.8 平方公尺之面積。脫水處理後之糞便利用包裝運輸，通常用作肥料或養魚養豬之飼料用。

### (B) 火力烘乾法：

利用火力烘乾機來乾燥畜糞之方法，可分一次裝入及連續輸送兩種，前者需較多勞力，不適於大量之處理，後者通常備有自動輸送機，可處理較多量之畜糞。在火力烘乾中所產生之惡臭是最令人困擾之問題，所以應有高大之煙囪，另一法是將此惡臭引入土壤中，由土壤微生物來吸收處理之。一般是加熱愈高惡臭發生愈烈，經烘乾後之畜糞可利用作為肥料或養魚飼料，並易於貯藏。

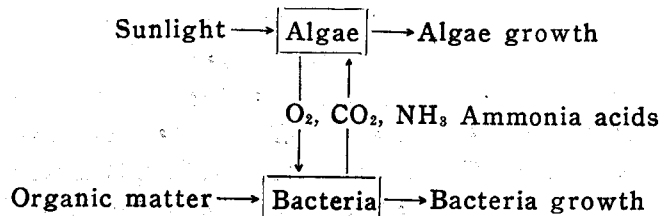
### (二) 生物處理法：

主要是利用微生物來分解糞尿中之有機物，使之成為最後安定性之物質，如  $H_2O$ 、 $CO_2$  及  $NO_3$  等，可分好氣及厭氣兩種：

### (A) 好氣處理：

#### (1) 氧化塘法 (Oxidation pond)

氧化塘法是利用自然空氣供應，故池深僅 1~1.5 公尺左右，同時水中之藻類亦可供應氧使微生物繁殖，其分解產物如  $CO_2$ 、 $NH_3$ 、 $PO_4$  等又可作藻類 (Algae) 生長之營養源，所以氧化塘法自淨之原動力主要是細菌與藻類共生作用之結果。



Loehr 氏 (1974) 指出，在美國南部之負荷率為 44 lb/BOD/acre/day，而 BOD、COD 去除率分別為 90 及 80 %。

氧化塘一般設計標準，每頭豬平均以五十公斤計，則每頭需 13 平方公尺之氧化塘面積。

本法處理豬糞尿，所產生之臭味雖較低，但所需之面積較大，同時處理塘中含大量藻類及細菌個體，若不清除，影響效果，故僅適於小規模豬糞尿之處理。

## (2) 曝氣塘法 (Aerated lagoon)

以機械動力供應氧氣，使供氧量能充分供應微生物之繁殖作用，有機物得迅速分解。因此，曝氣塘所需面積比氧化塘為小，一般每四十五公斤體重豬，僅需 3 立方公尺，池之深度可達 3 公尺。

採用曝氣塘時，應考慮如下之因素：

1. 位置應靠近畜舍，以減少管道之阻塞及維護。
2. 塘之底部及週邊應不透水，以免污染地下水。
3. 貯糞塘之容量應按養豬頭數設計，過大過小均非所宜。
4. 曝氣設施應連續操作，否則供氧中斷，即成厭氧狀況。

## (3) 氧化溝法 (Oxidation ditch)

氧化溝法為活性污泥法 (Activated sludge process) 之一種改良式，可納入延時曝氣 (Extended aeration) 之一類，採用氧化溝處理之豬舍，床面應為條狀水泥床，床下有氧化溝，溝之設計為環形水槽，並設曝氣用之滾水機，目的在供應氧氣並使槽內廢水產生流動。本法之優點：

1. 除有少量之氨氣及泥土味外，並不產生惡臭。
2. 有較大能力來應付突變負荷量。
3. 操作維護容易。
4. 建造及操作費低廉。
5. 如操作良好，BOD 除去率可達 90 %。
6. 淨化能力受氣溫影響較傳統之活性污泥法為小。
7. 所需面積僅為氧化塘之 5 %。
8. 不需要初級處理。

至於氧化溝之設計，一般是根據下列之原則：

1. 每天處理每磅 BOD，負荷容積至少有 30 立方呎。

2. 滾水機之動力 (Rotor pumpage power) 每天每磅 BOD 需 1 KWH。
3. 水槽內之流速至少 1.25 呎/秒，以免固體沉澱。
4. 溝內之懸浮固體最好保持在 4000~8,000 mg/l。
5. 每 100 磅豬重所需之氧化溝體積約為 6.4 立方呎。
6. 每呎長滾水機，每日可處理 13 磅之 BOD。
7. 滾水機間之最大距離不應大於 350 呎。
8. 每頭豬約需表面積 250 平方呎。

在操作氧化溝時，通常會遭遇到下列問題：

1. 氧氣供應不足時，就有厭氣性菌產生，此時除有臭氣外，還有泡沫產生，解決辦法除投入消泡劑 (Antifoam agents) 外，應增加氧之供應量。
2. 在正常操作下，當污水被滾水機灑到空中時，會將氨釋放至空中，其他之氮則被硝化成硝酸鹽，如果操作不當，氧之供應不足，則有大量之氮被釋放至空氣中，強烈之氨味，即表示氧之不足。
3. 若滾水機或溝渠設計不當，易造成固定沉澱，產生厭氧分解及泡沫問題。
4. 滾水機之軸易於磨損，因此，每週必需塗潤滑油一次，並隨時注意更換。

## (4) 活性污泥法 (Activated sludge process)

活性污泥法為一好氣性生物處理法，其淨化機能是利用活性污泥之混凝作用 (Coagulation)、吸附作用 (Absorption)、聚送作用 (Entrainment) 及氧化作用 (Oxidation) 以除去污水中可分解之有機物。淨化過程可分兩大階段：

第一階段：與污泥接觸之有機物，部分被好氧細菌氧化產生能量，以維持其生存，部分則被合成為新細胞 (Bacteria cells)。

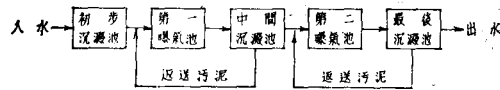
第二階段：好氧性菌在連續曝氣下，由於食物缺乏，進行一種自生氧化作用 (Self-oxidation) 或者稱為內生呼吸作用 (Endogeneous respiration) 以獲取生存所需之能量。

所謂活性污泥，就是指好氣性菌自曝氣槽排至沉澱池沉澱後，有一部分送返曝氣槽時，呈饑餓狀態，因此具有活性能力，能迅速分解有機物。

活性污泥法為目前污水處理上最常採用之方法，以其所需時間短暫 (約八小時)，BOD 除去率

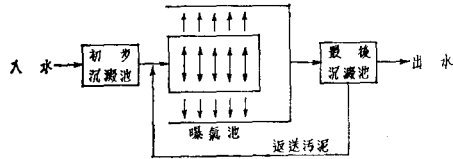
高，因此，常被用來作大規模之污水處理，活性污泥法因處理流程之不同，可分以下數種：

1. 二級氧化法 (Two-stage aeration)



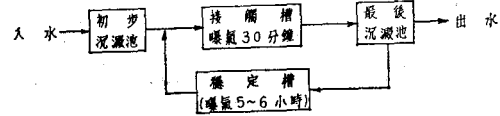
二級氧化法流程圖

2. 完全混合式 (Completely mixed aeration)



完全混合式曝氣流程圖

3. 接觸穩定法 (Contact-stabilization)



接觸穩定法流程圖

根據日本農林省畜產試驗場賀井文作氏將標準活性污泥法、二級氧化法、完全混合氧化法、接觸穩定法及氧化溝法對豬糞尿處理之效果比較如下：

表(十四) 豬糞尿各種處理之效果比較

處理方法	標準活性污泥法	二級氧化法	完全混合氧化法	接觸穩定性	氧化溝法
用處理規模	大、中規模 (1,000頭以上)	同	同	同	中小規模 (500頭程度)
設立條件	需要熟練的 管理技術員	同	同	同	土地空曠 附近無居民
施工難易	較難	較難	較難	較難	較易
BOD 除去 $\text{kh/m}^3/\text{day}$	1.0~1.2	1.2~1.5	1.2~2.0	1.2~1.7	1.0~1.5
M. L. S. S. $\text{mg/l}$	3,000	6,000	6,000	5,000	5,000
放流水外觀	澄 清	澄 清	澄 清	澄 清	澄 清
放流水 BOD ( $\text{mg/l}$ )	90 以下	90 以下	90 以下	70 以下	90 以下
放流水總氮 ( $\text{mg/l}$ )	40 以下	40 以下	40 以下	40 以下	40 以下
BOD 除去率 (%)	90 以上	90 以上	90 以上	90 以上	90 以上
總氮量除去率 (%)	70 以上	85 以上	70 以上	70 以上	85 以上
污泥返送率 (%)	40	100	100	100	100

(B) 厭氣處理：

厭氣處理之原理是在不供給氧氣之情況下，使厭氣細菌繁殖分解有機物，使之成為最後安定性物質，如  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{NH}_3$  及  $\text{H}_2\text{S}$  等。厭氣處理對固體量多，含水量少而 BOD 高之廢棄物較為適用，惟其處理後之出水 (Effluent)，因含固體、氮素及 BOD 量仍高，故不能直接排入河川中，厭氣分解所產生之氣體中， $\text{CH}_4$  約佔 50~70%，其他之主要氣體為  $\text{CO}_2$ 。

日本之豬糞尿廢水常採用厭氣消化 (Anaerobic digestion) 處理，其優點為：

- a. 所處理高濃度之有機物、COD 超過 4,000 ppm，除去率約為 50~70%。

b. 經消化之有機物、臭氣消失，所有病原菌、寄生蟲、卵等在消化過程中，被酸性物質如硫化物、酚類等殺滅或破壞。

c. 豬尿中之肥分經硝化後仍可保存，大部分之氮化物變為氨化合物，不溶性有機磷變為可溶性磷，比消化前更易為植物吸收利用。

d. 有沼氣 ( $\text{CH}_4$ ) 產生，有利用之經濟價值。厭氣處理在實際執行時，可分厭氣發酵法及厭氣塘法，茲分別介紹如次：

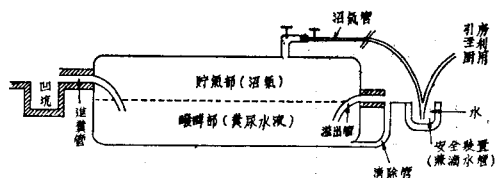
(1) 厭氣發酵槽 (沼氣槽) 處理法：

厭氣發酵槽在早期是水槽上覆鐵皮蓋，其後曾以玻璃纖維蓋代替，目前是普遍採用紅泥膠皮，它

是紅泥及煉鋁之工業廢料，能耐酸、鹼及鹽水溶液，經老化試驗結果，1.2 mm 厚之膠皮可使用達 20 年以上。在目前使用大量之水以沖洗豬舍之情形下，用紅泥膠皮沼氣袋處理豬糞尿水時，每頭需 0.3 m<sup>3</sup> 之醱酵袋及 0.2 m<sup>3</sup> 之貯氣袋，合計需 0.5 m<sup>3</sup>。每頭豬之排洩物經此厭氣處理時，每天可產生 0.3 m<sup>3</sup> 之沼氣，如果所產生之沼氣全部利用為燃料時，可在 6-9 個月內收回所投資之全部資金。

#### a. 紅泥膠皮沼氣袋之模式：

利用紅泥膠皮沼氣袋作為處理豬糞尿沼氣醱酵袋至目前為止，已達推廣之階段，其模式如圖(3)裝置：



圖(3) 紅泥膠皮沼氣袋之模式

根據上圖，將各部門設計功能說明如下：

1. 進糞管：豬糞尿中纖維性有機物不易被槽內細菌分解，且易阻塞出口，所以應有防止纖維性廢料進入槽內之設備，最好是在進糞管前作凹坑，便於清除。

進糞管以使用 20 cm 徑塑膠管較佳，伸入槽內之糞尿水至少要有 15 cm 深，以防止沼氣由管內逸出。

2. 醱酵槽與貯氣槽：沼氣袋下方裝糞尿部分為醱酵部，上方為貯氣部，醱酵部大小以養豬頭數而定，豬隻過多時，醱酵部亦不宜過小，應採用複式沼氣袋將兩袋用溢尿管連接，效果較好。

通常醱酵部之容積可以肉豬頭數乘 0.3 m<sup>3</sup> 計算。例如飼養 20 頭約需 6 m<sup>3</sup>，最近由試驗證實，提高醱酵液之溫度至 30~40°C 或 50~60°C，以及提高濃度皆可得到良好之效果，因為如此，將來所需醱酵之容積可以縮小。

貯氣部與醱酵部相同，可分開為兩個袋，中間以塑膠管相連接，當袋內充滿沼氣時，可移近廚房處或更遠地方利用之。

3. 溢尿管：溢尿管之位置必需低於進糞管約 5 cm，所用材料以塑膠管為宜，口徑約 10~15 cm。

溢尿管深入袋內糞尿之深度，至少需 15 公分，以免沼氣由溢尿管逸出，此外，溢尿管與進糞管均須固定（最好用紅磚水泥固定周圍使之堅固），以避免糞尿液進出袋子時，將進糞管和溢出口拖下。

4. 沼氣導管：裝設在貯氣部之頂端，引導沼氣至廚房，以用 1.3cm 口徑塑膠管為宜。

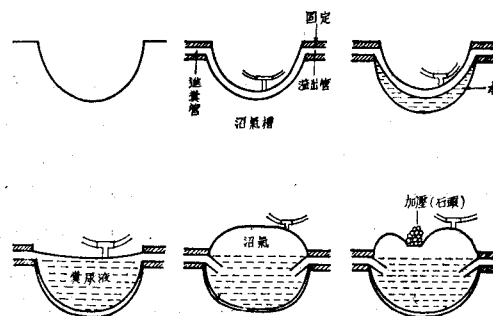
5. 安全裝置兼滴水管：安全裝置之功用是防止紅泥膠皮袋因內壓力太大而破裂。構造很簡單，將沼氣導管插入盛水之玻璃內，水深保持在 10 cm 左右，當袋內壓力比瓶內水壓大時，沼氣即由此管流出，此外安全裝置設在土坑低凹處時，有除去水蒸氣凝結水，預防沼氣被水堵塞之功效。

6. 清除管：豬糞尿在沼氣袋內醱酵後，約有 30% 之有機物沉澱在袋底，時間一久將形成污泥而淤塞，所以需一年清除一次，方法於大雨之際，將溢尿管堵塞，使由進糞管流入之雨水，沖洗沉澱物後由清除管排出，或者可利用污泥抽水機插入清除管，隨時抽取污泥還元於農地，作為肥料。

#### b. 紅泥膠皮沼氣袋之安裝：

裝設紅泥膠皮沼氣袋時，可先根據沼氣袋之形狀大小，在豬舍近旁挖一土坑，土坑深、長、寬必需比沼氣袋略大，然後測好進糞管和溢尿管高低位置，放上袋子，再固定兩管。

約經 3~4 天後，即可導入糞尿於袋內，但為安全起見，在導入糞尿水之前，最好於土坑內先裝滿水，如此可使袋子完全伸張，而且因水浮力作用，可減少進糞管和溢尿管所管牽引之力量。安裝步驟如圖(4)所示。



圖(4) 紅泥膠皮沼氣袋之安裝方法

#### (2) 厭氣塘上覆蓋紅泥膠皮處理法：

將沖洗畜舍所排出之廢水引至池塘中，池塘上

覆一層塑膠布或紅泥膠皮，把周緣掩埋入土中，以保持塘內之厭氣狀態。另在廢水入口附近將塑膠管斜插入池塘中，以便隨時抽取污泥。塑膠布上另裝設導管，以收集所產生之沼氣加以利用。在厭氣塘四週應設圍籬，以策安全。此法為最簡便之厭氣處理畜舍廢水之方法。至於厭氣塘必需選在不透水地，砂地與石灰石地儘量避免。厭氣塘法之優點是設備費低廉，容易操作管理。

### (3) 厭氣塘法 (Lagoon method)

厭氣塘係以厭氣醱酵處理之方式來處理豬糞尿，因此可增加深度，減少表面積，而不必佔據廣大面積，根據估算，飼養 100 頭之養豬戶，所需厭氣塘容積應為 1,200<sup>m</sup><sup>3</sup>。

厭氣塘在廢水負荷量為 0.183 ~ 0.227 kg BOD/cm<sup>3</sup>/day 時，BOD 去除率為 70 % 以上，甚至可達 85 %。如果負荷量達 0.833 kg BOD/cm<sup>3</sup>/day，停留時間在 3~4 天之間時，BOD 去除率亦可保持在 72 % 左右。

厭氣塘之優點是操作簡單，成本低廉，維持費用低，效果亦很高，但其缺點是需要較大土地面積，造成地下水源污染，易播臭氣，滋生蚊蚋，影響環境衛生。

## 七、豬糞尿之利用

豬糞尿之利用主要有：(a) 用作肥料，均勻分散於田間；(b) 養魚飼料；(c) 製造沼氣，作為能源；(d) 培養藻類或低等無脊椎動物；(e) 製造堆肥等。其利用方法及效益因當地之環境及社會背景條件而不同，茲分別述之：

### (一) 土地處理 (Land application)：

土地一向是豬糞尿處置最佳場所，因為土地處理不但可利用豬糞尿之水分與營養分，同時土壤中之微生物還可將有機固體腐化分解成為安定之腐植質 (Humus)，作為肥料之倉庫與土壤改良劑 (Soil Conditioner)，由於不需要處理費用，又可作營養分來增加作物收穫量，因此自古以來，一直被廣泛地採用。

豬糞尿田間處理之方法可分為乾撒與液施兩大類，液施又可分噴灌、溝灌、拖載、噴洒及地下灌入等多種，其中以溝灌最為容易與經濟，但均勻度不高為其缺點，固形物容易在水頭沉澱而滋生病蟲與鼠害。灌入之豬糞尿，尤以固體部分，如能立即加以覆土，可抑制臭氣，且可減少氮素損失。

噴灌可適應不規則地形，一般以牧草地使用較多，地下灌入最有助於田間衛生及防止逕流，但必須有潛耕施灌設備，費用較高，利用暗管系統施灌雖亦有同樣好處，但灌溉量及灌溉效果均受限制，因此豬糞尿灌溉與一般灌溉不同，必須對豬糞尿進入田間後可能產生之變化，要有深刻之認識，然後採取適時適量之施灌，才能收到預期之效果。關於豬糞尿進入田間後之變化，最值得注意者有下列諸種現象：

#### (A) 有機物不能完全分解：

豬糞尿中所含大量之有機物，進入土壤中由於微生物作用，短時間內需要大量氧氣，因而使週圍環境成缺氧狀態，此種情況如在水中可使魚類窒息，在土壤能使作物根部停止作用或伸長，甚至死亡。在土壤排水通氣不良情形下，所分解之中間產物如各種有機酸、硫化氫及亞硝酸等，對植物產生劇毒。

#### (B) 氮素積聚：

大量施用豬糞尿，土壤中積聚過多之氮素，如銨態氮能因硝化作用 (Nitrification) 而釋放銨離子使土壤 pH 降低，改變土壤整個化學性能。硝態氮易流失滲入地下水中影響水質，不能飲用。含氮量過高之土壤，能使作物徒長，容易倒伏，引起病蟲害，延遲成熟，降低作物品質。

#### (C) 發生鹽害：

豬糞尿中含有相當高之可溶性鹽分，如施用於排水不良之土壤中，日久可累積大量鹽分，產生鹽害。

#### (D) 有毒元素：

豬糞尿因飼料含有抗生素以及豬舍消毒之故，含有相當量之有毒元素，如鋅、銅、硼、鈷、錳、鎳、鉛等均有出現之可能，在土壤中累積之結果，不但使土壤理化性變劣，還能毒害作物。

因此，施用豬糞尿，要達到安全之目的，對許多因素如土壤、氣候、作物、豬糞尿之品質、地理環境及施灌方法，均必須充分瞭解，茲分別說明如下：

#### (A) 土壤：

細質地土壤，保水量大，陽離子交換量大，可以施灌較多糞尿水，但每年或每作所灌之豬糞尿，原則上總含氮量以不超過(1)土壤吸附量，(2)作物吸收量，(3)空中消失量三者之和為度，因為超過此量必進入逕流或地下水，成為環境污染劑。因此，施

灌豬糞尿水之田間，爲安全計，每半年至一年應作土壤分析一次，項目包括電導度、pH 含氮量等。

(B) 氣候：

豬糞尿之分解靠微生物，故與氣候有密切關係，高溫、多風、乾燥，可分解較多豬糞尿，多雨時候易發生逕流，降雨之自然淋洗作用亦須審慎運用，粗質地土壤透水性良好，在雨季前期所施豬糞尿可被洗入底土或進入地下水系統，如在旱季前期則不然，惟應注意氮素及鹽分之累積作用，冬季氣溫較低，微生物活動受限制，有機物分解緩慢，豬糞尿施用量宜少。

(C) 作物：

深根作物或作物在盛長期中一般均能容忍較多糞尿水，但在發芽及幼苗期最易受傷害，氮素能延長作物之成熟及收穫，所以如甘蔗在採收前半年內不宜施用，又如水稻在抽穗期後施用，容易倒伏及增加無效分蘖。

牧草類雖可消耗較多氮素，但應防止含氮量過高，餵飼幼小動物可能發生之毒害作用。

施灌豬糞尿之作物應作植物體素分析，除一般項目外，亦應定期定量分析金屬或其他有毒元素。

(D) 豬糞尿之品質：

施用之豬糞尿，品質應力求一致，品質均勻之豬糞尿，不僅有利於處理方法之採擇，亦表示畜殖管理之良好，豬糞尿在進入田間之前，應予儲存醱酵和稀釋，一般儲存 5 天以上，不但可將部分固形物沉澱，並能保持糞尿水之濃度一致，提高施灌之均勻度。

總固形物 (TDS)、生化需氧量 (BOD<sub>5</sub>)、化學需氧量 (COD)、揮發性固形物 (VS)、電導度 (EC)、pH、氮 (N)、磷 (P)、鉀 (K)、鈾 (N) 等，每隔一月應分析一次。病原體、重金屬及其他毒素等亦應每隔 3-6 個月測定一次，施灌之糞尿應充分稀釋，其電導度應在 2,000 micromhos/cm 以下。

(E) 地理環境：

豬糞尿田間處理與當地之環境有密切關係，如氣候，臺灣之南部與北部顯然不同，山地與平地相差更大，在地形上如低坦或排水不良地，易引起豬糞尿施用後之種種後遺症，但如在海濱或東部地區，因過量之糞尿可以直接引導入海或流入河川，便無此顧忌。此外，當地之交通狀況，耕作習慣等都有決定性之影響。

(f) 施灌方法：大面積施灌時如屬水田，最好在整田前撒施，讓土壤充分吸收，然後浸田整地達到均勻之目的。要是旱地作物，以溝灌爲主，應考慮土地坡度、土壤滲入率及施灌流量，以免發生滯積或尾水。如有其他水源配合可儘量稀釋，如能使電導度降至 2,000 micromhos/cm 以下最佳。每次灌溉之水量以不低 60 公厘爲原則，如此，可以增加均勻度。至於農民種植之蔬菜區，因面積不大，同時耕作精密集約，不致發生過量及不均勻之問題。

總之，豬糞尿進入田間後，對作物、土壤之影響是很複雜而且深遠，不能僅以片面肥力之觀點來衡量，施用豬糞尿使土壤能保持永久之生產力同時不會發生污染環境等不良後果，不但需要有關土壤、作物、畜殖、微生物、化學、灌溉排水、氣象等基本知識，更需要有生產與整體經濟以及環境生態關係之正確觀念。惟有如此，田間處理豬糞尿不但不致爲害深遠，且可發揮其應有之效益。

施用豬糞尿雖然歷史悠久，以往多是以純肥力之觀點加以研究，田間處理皆以基肥再配合化學肥料之方式來判斷作物增產之程度，至於從肥力及環境污染兩方兼顧之試驗，在臺灣並不多見。臺灣糖業公司養豬最具規模，對此方面之利害關係，瞭解最深刻，曾從事此方面之研究，茲摘錄一實例，以明梗概。

豬糞尿土地處置之實例一

臺糖公司爲明瞭灌溉豬糞尿後對土壤變化情形，即：

1. 施灌多少而不致引起土壤理化性劣化。
2. 施灌多少可促進土地生產力。

曾在后里、湳子、太康、新庄四農場中，進行豬糞尿施灌於蔗田對甘蔗產量及土壤理化性影響之研究，結果如表 (十五)：

從表中可以看出，除新營太康農場，秋植略呈減產外，其他各地無論秋植或宿根，顯示施用豬糞尿均有相當幅度之增產。其中新營太康農場減產亦不顯著，或許是施用年期已達 12 年，是否因豬糞尿已使用過多之故，反而略呈減產，亦有可能。

至於土壤理化性之變化情形，該報告之結果如下：

1. 全氮 (有機態氮)：

長期施灌豬糞尿之土壤，表土含 N 量均較高，增加量在 16.8~73.0 % 之間，其與施灌久暫與次數有關。

表十五 各地歷年甘蔗產量及豬糞尿施用情形

供試地點	豬糞尿施灌情形				開始施灌年期	施灌年數	平均甘蔗產量		
	有否施灌	水與糞尿比	每作次數	每次水深 (cm)			(公斤/公頃)		
							秋植	春植	宿根
月眉后里	有	32:1	2-3	60	62/63	4	135,030	79,500	82,530
	否	—	—	—	"	—	97,720	—	47,470
斗六滷子	有	28:1	5	80	59/60	5	96,800	86,000	53,500
	否	—	—	—	"	—	90,590	66,270	50,490
新營太康	有	40:1	2-4	100	51/52	12	114,040	—	68,060
	否	—	—	—	"	—	118,170	56,940	75,620
岸內新庄	有	( )	3-4	100	56/57	9	149,300	50,140	82,560
	否	—	—	—	"	—	126,630	84,860	75,470

至於心土，雖亦增加，但未如表土之顯著。

### 2. NO<sub>3</sub>-N :

NO<sub>3</sub>-N 比較不穩定，但一般情況是未施灌者表心土含量均在 10 ppm 以下，長期施灌者在 20~50 ppm 之間，施灌期較短者，亦在 10~20 ppm 之間。

### 3. NH<sub>4</sub>-N :

無論長期施灌或未施灌之土壤，氨態氮含量均不高，約在 10 ppm 以下。

### 4. 地下水中無機態氮：

施灌地區無機態氮含量較不施灌者為高，其中以尤以 NH<sub>4</sub>-N 較 NO<sub>3</sub>-N 為高，NO<sub>3</sub>-N 最高為 2.93 ppm，一般在 1 ppm 以下。

5. 凡是施灌豬糞尿之土壤，其表土有機質、有效性磷、鉀、鈣、鎂、微量元素 Zn, Cu, Mn, Fe 等均較未施灌者，高出甚多。其中磷、鉀含量超過 200 ppm 者甚為普遍。

6. 施灌後之土壤，飽和抽出液中之 EC 較未施灌者，高出甚多，如未施灌區 EC 在 430~650 micromhos/cm，施灌後增至 1,280~1,630 micromhos/cm (25°C)，然尚未達為害之臨界濃度。

7. 土壤之 pH，表土及心土相同，均以施灌區較高，其中表土約增加 0.1~0.3，心土自 0.3~0.8。

8. 水溶性陰離子 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) 及陽離子 (Ca, Mg, Na, K) 在施灌區均較高。

9. 土壤密度及孔隙百分比，在表土其總孔隙

率及有效孔隙率均有增加，心土則不顯著。至於土壤總體密度與孔隙百分比，呈相反之結果。

### (二) 養魚：

利用動物排洩之糞尿用作養魚之飼料研究，在美國 California, Florida 以及亞洲之以色列，泰國、印尼、馬來西亞、香港、日本等地，均有研究報告。如：Moav (1977) 發現在滯水池塘中施用牛糞 2.7 公斤，能增產 1 公斤之魚獲量。Sin & Chin 氏 (1977) 之研究結果指出，施用豬糞尿養殖鯉魚能增加每公頃養鯉之數量密度，但養殖之水質因增加 BOD，懸濁固形物，氮及氯化物之故，導致溶解性氧含量降低，而劣化水質。Buck 氏 (1977) 研究，池塘養殖鯉魚，以每公頃 66 條豬之糞尿量作為養殖飼料，170 天中，能得魚獲量達 3,834 公斤。又根據 Bardach, Ryther & Mclarney (1972) 之調查研究報告，在香港農民曾以 100 條豬或 2,500 隻鴨每日所產之糞尿量，作為每公頃養殖鯉魚池塘之養料來源，在有利之氣候條件下，魚獲量每年每公頃曾高達 8 噸，印尼亦有類似之研究報告。Schroeder & Hopher 氏 (1976) 在以色列之研究結果指出，每公頃每日施用 100 公升之牛糞腐肥於養魚池塘中，不再添加任何飼料，每日每公頃之池塘可獲 40 公斤之魚獲量。從以上之研究報告中可以看出，豬糞尿用作養魚飼料，有很大之經濟價值。臺灣之淡水之養殖魚塘，農民亦大都以豬糞尿作為飼料養殖吳郭魚，惟魚獲量及水質變化情形，尚無具體之研究報告可查。

在一般情況下，豬糞尿養魚必需注意下述諸點：

1. 施放之前應行醱酵處理，消滅病原體，以避免傳播傳染病。
2. 使用方法應分基肥及追肥，基肥可於魚苗放養前數日施用，追肥施放量少次數多為原則，必要時每日可施放數次。
3. 豬糞尿施用量是依魚塘之肥瘠、水色、魚齡以及魚之活動情形而定，原則上是不使氨態氮超過 2 ppm 為度，以避免發生中毒現象。
4. 使用豬糞尿，使水中 BOD 增加，因而導致水中溶解性氧 (DO) 減少，使魚類因窒息而死亡，因此在必要時在池塘水面設置曝水器，使 DO 含量經常保持在 5.0 ppm 為宜。
5. 應經常測定水質如 pH、電導度、BOD 以及金屬鹽類含量，尤其毒性較大之金屬如 Cu, Zn, Cr 及水源特別易遭受污染之金屬離子濃度，以避免魚類中毒。

(三) 培養藻類：

豬糞尿經醱酵後，BOD 量減少，但尚有大量之植物營養分如氮、磷、鉀、鈣等，可供藻類培養

之用。藻類是一種含高蛋白質之低等植物，如綠藻之粗蛋白質含量達 64.6%，為黃豆之 1.4 倍。根據試驗顯示，以綠藻濃液用來飼豬，豬隻每日每頭餵 2.68 公斤綠藻濃液（相當 0.052 公斤之乾綠藻），雖然降低每日增重 0.03 公斤及延長飼養日數 4 天（至體重 90 公斤），但每增重 1 公斤可節省 0.29 公斤之飼料費用。利用豬糞尿培養綠藻，不但可供廉價之蛋白質，還可淨化放流水之水質，防止環境污染等問題，可謂一舉數得。

除綠藻外，培養螺旋藻也是取得蛋白質來源之一種利用方法，螺旋藻屬藍綠藻類，蛋白質含量在 60% 左右，在夏季高溫時，培養塘加豬糞尿醱酵後排出液至氨態氮 5 ppm 時，則每天可收乾物量達 9.72 克/平方公尺，較以化肥培養者達 9.50 克/平方公尺猶高。冬季溫度低時，豬糞尿醱酵液培養者，還能達 7.3 克/平方公尺。由此觀之，利用豬糞尿培養藻類，平均每公頃池塘每年可生產 33 噸之螺旋藻，根據 Dswald & Golueki (1967) 之報告指出，藻類之中單以蛋白質價值，每噸達美金 75~85 元，則每公頃年可收益達 2,800 元之巨。

表(十六) 螺旋藻成分表 (%)

標本	項 目	乾 物 質	粗 蛋 白	粗 脂 肪	粗 纖 維	無 氮 抽 出 物	灰 分	鹽 酸 不 溶 物	鈣	磷
以 排 出 液 培 養	醱 酵 槽	10.42	57.44	2.84	2.21	28.91	7.87	0.73	0.13	0.45
以 培	化 學 肥 料	7.60	57.62	4.58	3.61	23.00	9.58	1.61	0.05	0.54

資料來源：臺灣省畜產試驗所

四、製造沼氣：

豬糞尿經過厭氣醱酵過程中會產生沼氣，沼氣可以用來作為燃料及發電，在目前能源短缺聲中，用來代替部分能源，不但產生經濟效益，還能消除污染。茲將沼氣之利用價值略述如下：

1. 燃料用途：根據估計一般 5~6 口之家庭，廚房烹飪及洗沐等之燃料約需 2 立方公尺之沼氣。然而一條 90 公斤之肉豬所排之糞便，經厭氣醱酵，平均每天可生產 0.3 立方公尺。因此，一般家庭，飼養 7~8 頭豬隻，所生產之沼氣量，已足敷全家燃料之需，沼氣之安全性高，外洩即可發覺，而且燃燒時，火力頗強，故亦可應用於沼氣燈、熱水器及烹飪爐火等。

2. 應用於抽水機：沼氣應用於直接帶動抽水機，亦獲得實用之價值。如將抽水機之化油器改換進氣管，可完全取代汽油使用於抽水灌溉，經測定 3 馬力之引擎以皮帶帶動 38 mm 之抽水機時，每小時可抽取 18 立方公尺之糞尿水，消耗沼氣 7.8 立方公尺，亦即平均每立方公尺之沼氣可抽取 2.3 立方公尺之糞尿水。

3. 發電能源：將汽油發電機之化油器取下，改用特殊設計之沼氣用進氣管，則沼氣可初步取代汽油為發電燃料。根據試驗可知發電機之熱能利用效率大約為 16~19%，即每 0.9 立方公尺之沼氣可產生 1 Kwh 之電力，惟沼氣成分中含有某些特殊氣體如硫化氫，具有腐蝕性，所以很易造成發



電機腐蝕，同時依目前之經濟效益分析，發電機成本偏高，所以如何純化沼氣及提高發電效率，猶待積極研究改善。

### 參 考 文 獻

1. 林鴻琪 (1977) 臺灣養豬廢水問題 中國土木水利工程學會水污染防治研討會
2. 臺灣農業年報 民國 67. 68. 69. 70. 71 年版 臺灣省政府農林廳
3. 葉澤波 (1976) 家畜糞尿處理及防止環境污染方法之研究 中國農業工程學會「水污染對農業之影響研討會」
4. 臺灣省水利局等 (68. 70 年版)：灌溉水質監視處理手冊 P. 22-25.
5. 臺灣省水利局 (1980) 加強農田水利會水污染防治監視處理計畫成果報告 P. 66-82.
6. 嚴式清 (1977) 豬糞尿田間處理的有關問題 臺灣農村 第 12 卷 第 11 期 P. 8-16.
7. 吳有豪 (1981) 豬糞尿污染對水稻生育及產量之影響 臺灣大學農業工程研究所 (碩士論文)
8. 臺灣省政府農林廳 (1981) 本省養豬場豬糞尿污染現況調查計畫暨大規模養豬場污水中鹽類重金屬調查計畫成果報告。
9. 蔡義雄、陳榮泰、蕭清開 (1980) 各種養豬型態豬糞尿公害之研究(-) 臺灣農業第十六卷第一期 P. 61-67.
10. 徐玉標 (1980) 工業廢水特性對灌溉土壤及作物之影響 臺灣水利第 27 卷第四期。
11. Burnett, W. E., and N. C. Dondero. 1969. Microbiological and chemical changes in poultry manure associated with decomposition and odor generation. *Animal Waste Management, Cornell Univ. Conf. On Agri. Waste Management*. P. 271-291.
12. Edwards, J. B., and J. B. Robinson 1969, Changes in Composition of continuously aerated poultry manure with special reference to nitrogen. *Animal Waste Management, Cornell Univ. Conf. On Agri. Waste Management*. P. 178-192.
13. Frink, C. R. (1970) Plant nutrients and animal waste disposal. *Conn. Agr. Sta. Circ 237*. 10 P. P.
14. Hafez, A. A. R., J. Azeveds, I. Rubin, and P. R. Stout. (1974) Physical properties of farm animal manures. *Univ. Calif. Agr. Exp. Sta. Bul.*
15. Law, J. P. Jr., H. Bernard (1970). Impact of agricultural pollutants on water users. *Trans. Amer. Soc. Agr. Engin.* 13:474-78.
16. Mc Coy, E. (1969) Removal of pollution from animal waste by soil percolation. *Amer. Soc. Agr. Eng. Paper.*
17. Waksman, S. A (1952) *Soil microbiology* New York: John Wiley & Sons. Inc. 356 PP
18. Witzel, S. A., E. McCoy, L. B. Polkowski, O. J. Attoe, and M. S. Nichols (1966) physical, chemical, and bacteriological properties of farm waste. *Management of Farm Animal Wastes. Amer., Soc. Agr. Engin. Publ. S.P-0366.*
19. McShan, M., Trieff, N. M. & Grajcer, D. (1974) Biological treatment of wastewater using algae and artemia. *I. Wat. Poll. Con. Fed.* 46(7): 1742-50.

(上接第41頁)

。對於未來有關水資料搜集設備的裝設，工程師團總部將就其適當性與實際成本方面給予詳細的審核。工程師團各地區、分處正進行研擬各處未來有關水資料系統之整體規劃。此整體規劃將被總工程師室從國家整體的角度來加以審查。當這些規劃在彼此間及與其他聯邦機關的系統間之一致性上確能令人滿意，在基本需要上確實適切，並證明功能合適，以及成本可接受時，將被同意列入預算。

在應用衛星於水文目的上，工程師團一直在增加工作並且隨着人員對此太空科技貢獻之瞭解更加

的深入，定會增加的更多。爲了達成此目標，工程師團已於 1979 年爲其中、高階層的管理人員舉辦一次遙測研討會。

附註：本文譯自 Hagen, Vernon K. ; "Corps of Engineers Utilization of Satellites for Hydrologic Purposes", *Satellite Hydrology, Proceedings of the Fifth Annual William T. Pecora Memorial Symposium on Remote Sensing*, 1979, pp. 16-18.