

豬場排放水對不同土壤盤固草試區滲漏水質之影響⁽¹⁾

謝昭賢⁽²⁾⁽⁷⁾ 郭猛德⁽³⁾ 曾景山⁽⁴⁾ 王敏昭⁽⁵⁾ 何聖賓⁽⁶⁾ 陳尊賢⁽⁶⁾

收件日期：92 年 5 月 5 日；接受日期：92 年 9 月 16 日

摘 要

本試驗之目的為測定施灌豬場排放水對盤固草地不同土壤滲漏水質之影響。本試驗採用 2 種砂質壤土、1 種壤土及 1 種粉質壤土等 4 種土壤，三重複之完全隨機設計。施灌期間為自 2002 年 9 月至 2003 年 2 月，將 308 kg N/ha 之排放水分次施灌。本試驗以自來水淋洗方式，取得根系層 1 m 之滲漏水，並分析滲漏水之水質。由試驗結果得知，四種土壤滲漏水之 NO_3^- -N 濃度不超過 10 mg/L；DP (dissolved phosphorus) 不超過 0.60 mg/L；電導度不超過 1.05 dS/m。TN (total nitrogen) 及 TP (total phosphorus) 經由滲漏水而損失之百分率不超過 1%。由本試驗結果之建議，以分次灌溉豬場排放水於盤固草地，可降低豬場排放水對地表水及地下水之污染。惟長期施灌豬場排放水對土壤滲漏水質之影響乃需繼續監測。

關鍵詞：豬、廢水、滲漏、水質、污染、土壤。

緒 言

台灣地區養豬事業經處理後之排放水，由於申請廢（污）水土壤許可證困難，大部份養豬業者依水污染防治法申請廢（污）水排放許可證，直接將豬場排放水排放至排水溝。由於社會對周遭環境品質要求日高，環保要求愈來愈嚴格。豬場排放水排入地面水體，需要面對愈來愈嚴格之排放標準；豬場排放水中含有大量植物生長所需之養分，排入地面水體對河川及湖泊水體產生優養化問題；大部份之豬場放流水不能達到台灣省農田灌溉水水質標準，不能搭排至農田灌溉溝渠。為解決養豬事業廢水排放問題，將處理後之排放水灌溉至農業土壤，提供農業作物生長之營養所需，為將養豬事業納入永續生態環境，以解決養豬事業放流水之問題。

台灣地區之豬糞尿處理以三段式處理法為主，其法為固液分離、厭氣發酵及活性污泥等三段式處理，豬糞尿廢水經三段式處理後直接排放。根據農業委員會畜產試驗所分析豬場放流水之水質，在 1993 年 5 月至 1999 年 9 月期間，每月採集並分析豬場放流水樣品，經 237 次之分析資料顯示，

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1213 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所經營組。

(4) 台糖公司研究所工安環保暨化驗中心。

(5) 朝陽科技大學環境工程與管理系。

(6) 國立台灣大學農業化學系。

(7) 通訊作者。

排放水質之 pH、COD (chemical oxygen demand)、BOD (biological oxygen demand) 及 SS (suspended solid) 平均值各為 7.70、195 mg/L、42 mg/L 及 21 mg/L。此資料中，雖然整年之各項平均值可以符合環保署所規定之 87 年放流水標準(如：COD、BOD 及 SS 各為 250、80 及 150 mg/L)，但其中 COD、BOD 及 SS 分別有 48、18 及 2 次資料未達 87 年放流水標準，合格率分別為 80.2%、92.4%及 99.2% (蕭，1999)；又如果豬場排放水需要排放至農田灌溉溝渠，則排放水中之電導度 (electrical conductivity, EC) 應符合台灣省農田灌溉水水質標準，其 EC 之濃度應在 0.75 dS/m 之下，而目前三段式豬糞尿處理排放水之 EC 均超過此限值。

目前台灣地區採用之三段式豬糞尿處理方式，有少部份處理後之放流水不合排放標準，且大部份之放流水均不能達到台灣省農田灌溉水水質標準。為了解決此一問題，將豬場排放水灌溉至農業土壤供作物生長之營養所需。豬場排放水富含植物所需之無機物質，如 N、P 及水分之營養元素，此營養元素亦大部份來自農業作物。我國在農耕時期，農戶將其直接施灌於田間，作為植物營養補充劑。因此將豬場排放水回歸農地，不僅可將養豬事業納入農業生態體系，為農業作物生產作直接之貢獻，亦可降低作物使用化學肥料之購買成本，提升我國永續農業發展之形象，且可將排放水有效地降低對周圍環境水體之污染。

沒有土壤處理及利用，家畜禽廢棄物及廢水達不到環保之目的 (USEPA, 2000)。除非經過選擇及設計之措施，只有一套廢水處理措施也不能組成有效之廢水管理系統，合併應用才能有效率及可靠的達成水質之目的。美國 Oregon 州執行鄉村淨水計畫 (Rural Clean Water Program) 時，州政府為了降低動物廢棄物之逕流水大腸菌，進入重要甲殼類養殖區之河口，酪農戶雖然廣設動物廢棄物處理系統 12 種之措施，但這些措施並不能比糞肥在土壤利用來的有效 (USEPA, 2000)。美國 Florida 在州政府行政命令下，為預防牛糞肥 (manure) 對環境之污損，須將牛糞肥施用於土壤。Florida 州北部之酪農戶利用其產生之糞肥養分施用在土壤。其主要目的為在農地噴灌糞肥，提供整年芻料作物生長之養分，因為，芻料作物可以從土壤中移除大量之養分，芻料作物在收穫時，幾乎可以將地上物之生質 (biomass) 移走，這些芻料作物所含排放水之礦物質，可以用來循環至農場或出售 (Woodard *et al.*, 2002)。

本試驗擬在台灣亞熱帶環境下，在牧草收割後，施用定量之 N 肥，將豬場排放水施用於盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.) 草區，用以測定施灌豬場排放水對滲漏水質之影響。

材料與方法

I. 試驗土箱

本試驗利用長方體水泥土箱 ($1.35 \times 1.65 \times 1.0 \text{ m}^3$) 12 座，其內裝填來自嘉義鹿草之壤土 (L)、台南仁德之砂質壤土 (SL74)、台南新化之砂質壤土 (SL62)、及混合壤土及砂質壤土之玢質壤土 (SiL)；其土壤理化性狀如表 1 所示。依「土壤處理標準」(環境保護署，1999) 及「事業水污染防治措施及排放廢(污)水管理辦法」(環境保護署，1997) 廢(污)水以土壤處理之系統區分為：地表漫流系統、慢速滲濾系統、快速滲濾系統、濕地處理系統、水生植物系統及其他系統，但本試驗無法取得各種不同系統之土壤，僅以 4 種質地土壤加以比較。土壤表面種植盤固草。土箱之裝置方式為土箱底層處鋪上紅泥膠布，防止滲漏水流出土箱，膠布上層鋪上 15 cm 之細砂，細砂上層鋪上各種不同質地之土壤；土壤為分三次裝填，每次裝填後浸水，裝填完成後再浸水，使其接近自然密實狀態。土箱設有滲漏水收集桶及逕流收集桶，其設置方式為土箱一邊之底層，留有 $\frac{3}{4}$ "PVC 管以利收集

滲漏水之出水口，外接滲漏水收集桶；填上土壤表面之土箱與滲漏水收集器之另一邊設有逕流收集桶，用來收集逕流量及收集樣品；試區全景如圖 1 及圖 2 所示。

土壤分析方法為：質地為比重計法；pH 為土與水之比例為 1:1；TN (%) 為 modified Kjeldahl method；有效性 P (mg/kg) 為 modified Bray No.1 法；重金屬 0.1M HCl 抽出量 Cu 及 Zn (mg/kg) 為 AA 吸光儀法；導電度 EC (dS/m at 25 °C) 飽和水溶液分析。

土壤表面之坡度設定為接近 0%。

表 1. 試驗前不同土壤之理化性狀

Table 1. Soil properties before experiment

Treatment #	Sand	Silt	Clay	Texture	OM ^{&}	N	P	K	Cu	Zn	EC	pH
	— % —				— % —			mg/kg			dS/m	
L	34	43	23	L	1.50	0.12	61.2	90.8	2.83	5.09	0.93	7.95
SiL	34	51	15	SiL	1.42	0.10	34.6	77.5	1.71	2.34	0.69	7.71
SL62	62	23	15	S.L	1.45	0.12	29.0	73.0	0.65	1.00	0.80	5.76
SL74	74	13	13	S.L	0.76	0.09	19.6	57.7	1.96	5.18	0.53	7.59

L: Loamy soil; SiL: Silt loamy soil; SL62: Sandy loam soil with 62% of sand; SL74: Sandy loam soil with 74% of sand.

& Organic matter.



圖 1. 滲漏水之收集桶。

Fig. 1. Percolation water collector from the bottom of lysimeter.



圖 2. 試驗區全景。

Fig. 2. Overview of experimental site.

II. 試驗設計

本試驗為完全逢機 (completely randomized design, CRD) 設計，四處理，三重複，共 12 座土箱試區。試驗處理為壤土 (L)、坊質壤土 (SiL)、砂質壤土 (SiL64) 及砂質壤土 (SiL74) (如表 1)。種植之作物為盤固草。施灌之材料為豬場排放水，此排放水為為豬糞尿廢水經過固液分離、厭氣處理及好氣處理後之液體，此排放水為合乎排放水標準之排放水。

肥料之施用量均以 N 為標準。施灌豬場排放水之水量，為先取得實驗室分析之 TN 濃度及水泥槽內地表面積 ($1.35 \times 1.65 \text{ m}^2$)，再計算所需施灌量。盤固草之 TN 施肥量為 400 kg N/ha/yr。若一年分四次施肥，則每次之 N 肥負荷率為 100 kg/ha。施灌時間為一星期施灌二次，各在星期一及星期五早上施灌，連續施灌直至該次總量施灌完畢。

III. 豬場排放水之成分及施灌日期

本試驗施灌之豬場排放水，其成分為每次灌溉前分析 3 次，其成分如表 2 所示。依據美國之經驗，在天氣穩定及牧場管理無重大變動下，所分析之成分濃度，可用於一個月之施灌期。排放水成分並不穩定時，灌溉之前排放水需要在經實驗室分析，才能與植物之需求量互相配合。

本試驗在每一次施灌前分析排放水之成分，並計算每次之灌溉深度。本試驗 3 次灌溉豬場排放水之日期及深度如表 3 所示。

表 2. 施灌豬場排放水之成分

Table 2. Composition of treated swine wastewater for land application

Sampling date	TN [§]	NH ₃ -N	NO ₃ ⁻ -N	TP	DP	COD	Zn	Cu	pH	EC
				mg/L						dS/m
2002/09/16	107	95.1	13.4	34.0	27.3	124	0.93	0.75	7.90	1.81
2002/10/24	102	64.8	25.5	34.4	28.8	168	0.53	0.25	7.71	1.76
2002/12/25	240	214	19.2	41.9	36.5	204	0.73	0.50	8.12	3.09
Mean	150	125	19.4	39.1	34.9	165	0.73	0.50	7.91	2.22

[§] TN : Total Nitrogen ; TP: Total phosphorus; DP: Dissolved phosphorus; COD: Chemical oxygen demand; EC: Electrical conductivity.

表 3. 豬場排放水及沖洗水之灌溉日期及灌溉深度

Table 3. Date and depth of application of treated wastewater and flushing water

Type of application water	Application date	Application depth	Total nitrogen	Total phosphorus	Chemical demand oxygen	Zn	Cu
		mm			kg/ha		
Treated wastewater							
	2002/09/20	31.0	33.3	10.3	38.4	0.29	0.23
	2002/09/27	31.0	33.3	10.3	38.4	0.29	0.23
	2002/10/02	31.0	33.3	10.3	38.4	0.29	0.23
Subtotal		93.0	100	30.8	115.2	0.87	0.69
Treated wastewater							
	2002/10/25	25.9	25.1	8.69	52.8	0.14	0.06
	2002/10/28	25.9	25.1	8.69	52.8	0.14	0.06
	2002/11/01	25.9	25.1	8.69	52.8	0.14	0.06
	2002/11/04	25.9	25.1	8.69	52.8	0.14	0.06
Subtotal		103.6	100.4	34.7	211.2	0.56	0.24
Treated wastewater							
	2002/12/27	11.2	25.0	4.61	22.8	0.08	0.06
	2002/12/30	11.2	25.0	4.61	22.8	0.08	0.06
	2003/01/03	11.2	25.0	4.61	22.8	0.08	0.06
	2003/01/06	11.2	25.0	4.61	22.8	0.08	0.06
Subtotal		44.8	100	18.4	91.2	0.32	0.22
Flushing water							
	2003/02/19	13.5	1.04	0.11	1.13	- ^{&}	-
	2003/02/20	26.9	2.08	0.22	2.27	-	-
	2003/02/21	26.9	2.08	0.22	2.27	-	-
	2003/02/22	13.5	1.04	0.11	1.13	-	-
	2003/02/23	13.5	1.04	0.11	1.13	-	-
	2003/02/24	13.5	1.04	0.11	1.13	-	-
Subtotal		107.8	8.32	0.88	9.06	-	-
Total		349.2	308	84.8	426.6	1.75	1.15

[&] Undetectable.

IV. 滲漏水之取得

滲漏水之取得為利用自來水，以淋洗方式強制將土壤中之養分淋洗出來。由於台灣南部地區為

不確定性 (uncertainty) 之暴雨發生日期，致使收集滲漏水有困難之處。如在雨季自然氣候之條件下，試區未達到施灌定量之豬場排放水，突然產生降雨而得到滲漏水，此滲漏水並非代表施灌豬場排放水達到定量時所產生，故不能代表施灌豬場排放水足夠時，經降雨而得到之滲漏水。故本試驗利用雨季末期開始施灌豬場排放水，並在次年雨季初期前，利用人工方式，以自來水強制淋洗方式將土壤中之養分淋洗出來，並分析淋洗出來滲漏水之水質。在此試驗期間，因氣候進入乾旱期，縱然在施灌期間有降雨，此時土壤水分含量低，需要較大之雨量才能產生滲漏水，故並不考慮在此期間之降雨量。本試驗經過 3 次之灌溉豬場排放水及 1 次沖洗水。連續 6 天以自來水強迫淋洗，俟隔天有淋洗水時，取 1 L 淋洗水以供分析。滲漏水質分析項目為 TN、NH₃-N、NO₃⁻-N、TP、EC 及 pH，其分析方法均依美國 Standard Methods 第 18 版 (APHA, 1992) 所述之方法。

表 4. 沖洗水之成分分析

Table 4. Composition of flushing water

Constituent	Concentration
Total nitrogen, mg/L	4.63
NH ₃ -N, mg/L	1.37
NO ₃ ⁻ -N, mg/L	2.53
Total phosphorus, mg/L	0.49
Dissolved phosphorus, mg/L	0.06
Chemical oxygen demand, mg/L	8.40
Electrical conductivity, dS/m	0.36
pH	7.56

V. 資料分析

所得到之滲漏水質，利用 SAS 套裝軟體 (SAS Institute Inc, 1988)，一般線性模式 (general linear model, GLM) 分析變方分析，若有顯著之差異，則利用鄧肯氏分析多變域 (Duncan's multiple range test) 方法比較處理間之差異性。

結果與討論

本試驗為在植物需求量下，以分次灌溉 (split irrigation) 方式，將豬場排放水施灌於土壤，使排放水之養分及水分供給盤固草吸收利用。分次灌溉之管理方式，可使豬場排放水滯留於植物根系層，以供植物吸收。豬場排放水施灌於土壤，經過土壤之吸附及植物之吸收後，可降低對滲漏水之污染。施灌豬場排放水產生污染之情形為，施灌時，施灌率大於滲透率，則過多之豬場排放水產生逕流而進入水體；或施灌之土壤過於飽和，過多之土壤水分，往下滲漏，排放水中之養分，隨著土壤水分之往下移動而污染地下水。

I. 滲漏水水質濃度

在試驗期間，各種不同土壤滲漏水 NH₃-N 之濃度均低於 2 mg/L。NH₄⁺-N 離子遇水形成 NH₃-N。土壤中 NH₄⁺-N 離子容易被黏土顆粒及有機質吸附，及在植物根系附近被植物吸收，因此可避免大量之 NH₄⁺-N 離子，隨著土壤飽和水分而離開植物根系層 (Walter *et al.*, 1999)；暖化之土壤可降低 NH₄⁺-N 之濃度，將 NH₄⁺-N 轉換成 NO₃⁻-N，減緩暫時性 NH₄⁺-N 之濃度 (Sawyer and Hooft, 1990)。本試驗中有二種土壤為砂質壤土，其土壤黏粒含量及有機質含量甚低，土壤滲漏水 NH₃-N 之濃度均

低於 2 mg/L (如表 5)，最可能之原因為 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 離子大量地被盤固草之根系吸附或吸收。

在試驗期間，土壤滲漏水 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 之濃度，均不超過環保署地下水飲用標準 10 mg/L。本試驗坊質壤土之處理組較其他三種土壤為高，其值為 2.19 mg/L，其他三種之濃度為 0.72 至 0.86 mg/L 之間。但 4 種土壤處理滲漏水 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 之濃度均 < 10 mg/L (如表 5)。 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 是容易淋洗的化合物，在被植物利用之前，容易淋洗至植物根系層外。在高滲透率、粗質地、淺層地下水之土壤，容易受到 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 污染地下水；低滲透率、細質地、深層地下水及陡坡地之土壤，容易受到 N 之逕流及沖蝕之損失。本試驗之結果顯示，雖然供試土壤之砂質壤土，其砂粒含量高，且在淺層土壤處，其滲漏水 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度並不超過飲用水 10 mg/L 之標準。此原因可能為本試驗地位於亞熱帶型氣候，氣溫高，有機質分解迅速，植物吸收力高；及採用分次灌溉代替一次灌溉，使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 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 停滯於植物根系層，供應植物之吸收，增加植物對 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 之利用率，降低在滲漏水之流失。排放水中之 N 肥，經過土壤之過濾及植物之吸收，降低排放水在土壤中 N 之濃度，故使滲漏水 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 之濃度並不超過 10 mg/L。國外亦有此結果，Powell *et al.* (1999) 稱在粗質地土壤地區進行分次灌溉，可顯著地增加 N 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；Hubbard and Sheridan (1989) 報告中稱不管高施肥量之地區，美國東南部海岸平原之砂質土壤，地下水 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 污染之例子很少發生，其主要原因為快速發展之灌溉系統及該區豐沛之雨量 (約為 1,270 mm/yr)；Steele and McCalister (1991) 報告稱縱使高施用雞糞墊料 (poultry litter) 量之地區，地下水中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 之濃度平均為 < 3 mg/L，此為該區具有高溫及豐沛之雨量，土壤含有高量之有機碳，此會增加植物在根系層養分之吸收，而自然地進行之脫硝作用，降低地下水 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 之濃度。本試驗灌溉豬場排放水之管理方式，對四種土壤滲漏水 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 之濃度均 < 10 mg/L，此種施灌方式可避免 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 直接滲漏而影響地下水水質。

經過土壤之吸附及植物之利用後，灌溉之豬場排放水急速地降低在滲漏水 TP 及 DP 之濃度，此對地表水體有降低優養化之功能。本試驗灌溉之豬場排放水 TP 及 DP 平均濃度各為 39.1 及 34.9 mg/L (如表 2)，二者均超過湖泊中 TP (1.0 mg/L) 及 DP (0.05 mg/L) 濃度加速優養化之臨界值 (USEPA, 1986)。排放水經過灌溉後，土壤滲漏水除 SL74 組之 DP 濃度為 0.34 mg/L 外，其餘各組均低於 0.20 mg/L (如表 5)。此為土壤對 P 具有強大之吸附能力，P 淋洗至地下水而污染地下水並非顯著性問題 (Breeuwsma *et al.*, 1995)。因此若不將排放水灌溉至土壤而直接排放入地表水體，排放水之 P 將直接供應水體中之水生植物及藻類，而造成水體優養化，使水體水質劣化。在土壤中，P 被植物吸收之有效形態為 $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ 與 HPO_4^{-2} ，這二個陰離子在土壤中會很快地與其他化合物反應，這些化合物成為非有效性之養分。土壤具有低滲透率、高 pH 值、石灰質、氧化鐵或氧化鋁，無定形物質及有機物含量高者，有較高之 P 吸附能力。土壤中存在之 Al、Fe、Ca 及有機物與 P 相連後，變成很難水解之化合物。在土壤溶液中， $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ 與 HPO_4^{-2} 之濃度非常低，少於 0.05 mg/L (Lemunyon *et al.*, 1999)。相反地，土壤具有高滲透率、低有機質含量及酸性土壤對 P 亦有吸附作用，也允許 P 經由淋洗至植物根系層下，但這種情形很少發生。雖然淺層側流之淋洗 P 不能與逕流一般重要，但在地下水位高之淋洗 P 亦變為重要污染物。在表層土壤對 P 吸附能力飽和時，土壤無法吸附更多之 P，而將多餘之 P 往下移動至地下水時，此種機制變得在淺層側流之土壤愈來愈重要。許多地區施用動物廢棄物當作一種養分之來源，土壤中 P 之濃度常增加地很快 (Sims and Wolf, 1994)。雖然 P 並不會直接損害土壤，但在施用地 P 經由地表逕流及沖蝕過程而離開施用地時，P 會對地表水產生負面衝擊 (Sharpley and Menzel, 1987)。

在試驗期間土壤滲漏水之 COD 值，四種不同土壤處理間，土壤 L 處理組及 SL76 處理組，其滲漏水 COD 之濃度顯著高於其他處理組，此可能為土壤中之細小顆粒隨著滲漏水流而出而增加 COD 濃度。灌溉豬場排放水 COD 平均濃度為 165 mg/L (如表 2)，經過灌溉後，除 L 處理組及 SL76 處理組 COD 濃度各為 90.5 及 65 mg/L，其餘各組均小於 20 mg/L (如表 5)。土壤滲漏水中 Zn 之濃度，以土

壤 L 組及 SL76 組較高，其餘各組之差異並不顯著 (如表 5)；土壤滲漏水 Cu 之濃度、pH 及 EC 值在四種不同土壤處理間均無顯著之差異 (如表 5)。顯示四種土壤在種植盤固草及灌溉豬場排放水之下，對土壤滲漏水中 Cu 之濃度、pH 及 EC 均有減低濃度之效果。其中滲漏水鹽類之 EC 值在 0.83 至 1.04 dS/m 之間，其值均 < 2 dS/m (如表 5)。土壤分析中，土壤飽和抽取液之 EC 值為用來測定土壤中總鹽類濃度。土壤導電度之值 ≤ 2 dS/m 時，被視為對所有之作物均適宜；超過 4 dS/m，除了大部份耐鹽性作物外，均會影響作物生長。本試驗 4 種土壤滲漏水之 EC 值，顯示滲漏水含低溶解性礦物，在土壤深度 1.0 m，及在 9 月至隔年 1 月間之條件下，灌溉豬場排放水 308 kg/ha 之 N 肥對盤固草地 4 種土壤間不會產生影響。

表 5. 滲漏水水質分析

Table 5. Chemical composition of percolation water

Treatment [#]	TN [§]	NH ₃ -N	NO ₃ ⁻ -N	TP	DP	COD	Zn	Cu	pH	EC
	mg/L									dS/m
L	4.79 ^b	1.82 ^a	0.86 ^b	1.28 ^{ab}	0.55 ^a	90.5 ^a	5.16 ^a	0.03 ^a	7.91 ^a	1.04 ^a
SiL	4.65 ^b	1.71 ^{ab}	0.82 ^b	0.88 ^b	0.19 ^b	17.8 ^c	2.64 ^b	0.06 ^a	7.79 ^a	0.83 ^a
SL64	6.25 ^a	1.38 ^b	2.19 ^a	1.03 ^b	0.17 ^b	16.9 ^c	3.10 ^b	0.08 ^a	7.81 ^a	0.84 ^a
SL74	5.12 ^{ab}	1.79 ^{ab}	0.72 ^b	1.63 ^a	0.34 ^b	65.0 ^b	4.02 ^{ab}	0.03 ^a	7.34 ^a	1.04 ^a

[#] L: Loamy soil; SiL: Silt loamy soil; SL62: Sandy loam soil with 62% of sand; SL74: Sandy loam soil with 74% of sand.

[§] TN: Total Nitrogen; TP: Total phosphorus; DP: Dissolved phosphorus; COD: Chemical oxygen demand; EC: Electrical conductivity.

^{abc} Values followed by different letters in each column were significantly different at $P < 5\%$ level.

II. 滲漏水與灌溉豬場排放水養分濃度之比較

各處理土壤滲漏水濃度與灌溉豬場排放水養分濃度之比均低 (如表 6)。本試驗將土壤滲漏水濃度除以原灌溉排放水濃度，其比值作為滲漏水水質與原施灌排放水水質之比較。由表 6 所示，四種土壤處理 TN、NH₃-N、TP 及 DP 之比值均小於 0.04；NO₃⁻-N 除 SiL 組之比值為 0.11 外，其餘各組為 0.04；COD 除 L 組及 SL74 組之比值各為 0.55 及 0.39 外，其餘各組低於 0.11，此可能為細顆粒土隨滲漏水流出，使 COD 增加；各組之 EC 比值在 0.37 - 0.47 之間，豬場排放水灌溉於土壤後，總鹽類濃度 EC 值之去除效果較 TN 及 TP 之去除效果為低。

表 6. 滲漏水與灌溉豬場排放水養分濃度之比較

Table 6. The ratio (C_i / C_o) of constituents for loss concentration (C_i) to applied concentration (C_o)

Treatment [#]	TN [§]	NH ₃ -N	NO ₃ ⁻ -N	TP	DP	COD	EC
				C_i / C_o			
L	0.03	0.01	0.04	0.03	0.02	0.55	0.46
SiL	0.03	0.01	0.04	0.02	0.01	0.11	0.37
SL64	0.04	0.01	0.11	0.03	0.00	0.10	0.37
SL74	0.03	0.01	0.04	0.04	0.01	0.39	0.47

[#] L: Loamy soil; SiL: Silt loamy soil; SL62: Sandy loam soil with 62% sand content; SL74: Sandy loam soil with 74% sand content.

[§] TN : Total Nitrogen; TP: Total phosphorus; DP: Dissolved phosphorus; COD: Chemical oxygen demand; EC : Electrical conductivity.

III. 滲漏水與灌溉豬場排放水養分量之比較

表 8 為將土壤滲漏水養分量 (如表 7) 減去自來水之養份量 (如表 4)，其差再除以豬場排放水養分量，所得之值以百分率表之，若所得之百分率小於 0%，則表示並無養分流失 (如表 4)。由表 8 可知，以分次灌溉下，施灌豬場排放水之 N 及 P 養份量，經過土壤之吸附及植物之吸收後，不易對植物根系層外之滲漏水產生污染，其流失百分率除土壤 L 組及 SiL 組外，其餘各組均小於 0%。土壤滲漏水 COD 之損失量以土壤 L 處理組最高，此可能為土壤中微細粒子隨滲漏水流出 (如表 7)，使 COD 流失百分比增加 (如表 8)。但土壤滲漏水中 Zn 之流失量，較施灌總量 (1.75 kg/ha) 為高，此可能土壤中之 Zn 被淋洗出來。Cu 之施灌總量為 1.15 kg/ha，四種土壤處理滲漏水之 Cu 流失量均無顯著之差異 (如表 7)。

表 7. 從滲漏水流出之養分量

Table 7. Mean mass loss of treated swine wastewater from percolation water

Treatment [#]	TN [§]	TP	COD	Zn	Cu
			kg/ha		
L	5.74 ^a	1.57 ^a	90.7 ^a	4.91 ^a	0.05 ^a
SiL	0.46 ^b	0.09 ^c	1.94 ^b	0.25 ^c	0.00 ^a
SL62	5.99 ^a	0.96 ^{ab}	18.8 ^b	2.82 ^b	0.07 ^a
SL76	1.21 ^b	0.41 ^{bc}	15.7 ^b	1.03 ^c	0.00 ^a

[#] L : Loamy soil; SiL : Silt loamy soil; SL62: Sandy loam soil with 62% sand content; SL74: Sandy loam soil with 74% sand content.

[§] TN : Total Nitrogen; TP: Total phosphorus; DP: Dissolved phosphorus; COD: Chemical oxygen demand.

表 8. 從滲漏水流出之養分量對施用量之百分比

Table 8. Mean percent loss of applied wastewater constituents

Treatment [#]	TN [§]	TP	COD	Zn	Cu
			% of applied		
L	- ^{&}	0.81	19.1	281	4.35
SiL	-	-	-	14.3	0
SL62	-	0.09	2.28	161	6.09
SL76	-	-	1.56	58.9	0

[#] L : Loamy soil; SiL: Silt loamy soil; SL62: Sandy loam soil with 62% sand content; SL74: Sandy loam soil with 74% sand content.

[§] TN : Total Nitrogen; TP: Total phosphorus; DP: Dissolved phosphorus; COD: Chemical oxygen demand.

[&] The mean value was less than 0%.

本試驗以分次灌溉之方式，將豬場排放水施灌於不同土壤之盤固草地，此種灌溉之方式，可將豬場排放水滯留於土壤根系層，滯留於土壤根系層之養分及水分，可供應盤固草之生長，藉以降低排放水對地下水及地表水之污染。土壤具有滯留及過濾作用，可用來消化或移除排放水之磷酸鹽及硝酸態氮等產生物，並藉著土壤緩慢性之滲透性，使廢水在土壤系統中，有足夠的時間來進行淨化作用。若直接將排放水排放進入水體，豬場排放水之 N 及 P，反而成為水生植物及藻類之營養源；因此若將合乎水污染防治法排放標準之豬場排放水，直接排入水體，而不施灌豬場排放水於土壤，

則被排入之地表水體需承受豬場排放水所有全部之 N 及 P，此將造成地表水體下游河川或湖泊直接產生優養化之衝擊。本試驗之結果顯示在台灣南部地區之氣候及不同土壤質地下，以分次灌溉下，施灌豬場排放水於土壤可大量降低排放水流入地表水體，可避免對土壤滲漏水之污染，進而降低對地表水體之優養化。

誌 謝

本文作者感謝行政院農業委員會 91 農科-1.4.2-牧-U1 及 92 農科-8.2.2-畜-L1(3) 經費之支持，特致最大謝意。

參考文獻

- 蕭庭訓。1999。三段式廢水處理場放流水質之探討。中國畜牧學會會誌 28 (增刊)：138。
- 環境保護署。1997。事業水污染防治措施及排放廢(污)水管理辦法。中華民國八十六年三月五日行政院環境保護署（八六）環署水字第〇三〇八八號令修正發布。
- 環境保護署。1999。土壤處理標準。中華民國八十八年六月二十九日（八八）環署水字第〇〇四二二五一號令訂定發布。
- APHA. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition, APHA, Washington, DC. USA.
- Breeuwsma, A., J. G. A. Reijerink and O. F. Schoumans. 1995. Impact of manure on accumulation and leaching phosphorus in areas of intensive livestock farming. *In*: K. Steele (ed.), Animal Waste and the Land – Water Interface, pp. 239~234. Lewis Publishers, NY, USA.
- Hubbard, R. K., and J. M. Sheridan. 1989. Water and nitrite-nitrogen losses from a small, upland, coastal plain watershed. *J. Environ. Qual.* 12: 291~295.
- Lemunyon, J., J. Cropper and F. Geter. 1999. Role of Plants in Waste Management. *In*: Agricultural Waste Management Field Handbook, National Engineering Handbook Part 651, pp. 6-1~6-24. NRCS, USDA, USA.
- 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. 4 p.
- SAS. 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 edition. Cary, NC, U.S.A.
- Sawyer J. E. and R. G. Hooft. 1990. Greenhouse evaluation of simulated injected beef manure. *Agron. J.* 82:613~618.
- Sharpley, A. N. and R. G. Menzel. 1987. The impact of soil and fertilizer phosphorus on the environment. *Adv. Agron.* 41:297~324.
- Sims, J. T. and D. C. Wolf. 1994. Poultry waste management: Agricultural and environmental issues. *Adv. Agron.* 52:1~83.
- Steele, K. F. and W. K. McCalister. 1991. Potential nitrate pollution of ground water in limestone terrain by poultry litter, Ozark region, USA. pp. 209-218. *In*: Bogardi, I. and Kuzelka, R.D. (Eds.), Nitrate Contamination: Exploration, Consequence and Control, Springer Verlag Publishers, Berlin.
- USEPA. 1986. Quality Criteria for Water. Office of Water Regulation and Standards. EPA-440/5-86-001.

May 1986.

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.

Walter, M. F., V. W. E. Payne and T. Powers. 1999. Agricultural Wastes and Water, Air, and Animal Resources. *In*: Agricultural Waste Management Field Handbook, National Engineering Handbook Part 651, pp. 3-1~3-25. NRCS, USDA, USA.

Woodard, K. R., E. C. French, L. A. Sweat, D. A. Gtraetz, L. E. Sollenberger, B. Macoon, K. M. Portier, B. L. Wade, S. J. Rymph, G. M. Prine and H. H. Van Horn. 2002. Nitrogen removal and nitrate leaching for forage system receiving dairing effluent. *J. Environ. Qual.* 31:1980~1992.

Percolation water quality in pangolagrass plots from different soils receiving treated swine wastewater⁽¹⁾

Chao-Hsien Hsieh⁽²⁾⁽⁷⁾ Mo-Ter Koh⁽³⁾ Jiing-Shan Tzeng⁽⁴⁾
Min-Chao Wang⁽⁵⁾ Sheng-Pin Ho⁽⁶⁾ Zueng-Sang Chen⁽⁶⁾

Received : May 5, 2003 ; Accepted : Sept. 16, 2003

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of treated swine wastewater on percolation water quality from pangolagrass plots using different soils. Four soil textures and three replications with complete random design was used. The treated wastewater with a 308 kg/ha nitrogen load rate was applied to pangolagrass plots from September 2002 to February 2003 during the dry season in Southern Taiwan. Using tap water to leach the soil nutrients, percolation water was collected from a 1 m soil depth in the middle of February. The results showed that the nitrate nitrogen concentrations from percolation water in four soil types was less than 10 mg/L; dissolved phosphorus less than 0.60 mg/L; electrical conductivity less than 1.05 dS/m. The percentages of mean total nitrogen and total phosphorus loss for treated swine wastewater from percolation water was less than 1%. The results from this study suggests that treated swine wastewater application to pangolagrass pastures with split irrigation can reduce the potential surface and groundwater pollution. However, the long-term effects of groundwater quality for the soil receiving treated swine wastewater needs to be monitored.

Key words : Swine, Wastewater, Percolation, Quality, Pollution, Soil.

-
- (1) Contribution No. 1213 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, R.O.C.
(2) Animal Industry Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan, 712, Taiwan, R.O.C.
(3) Livestock Management Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan, 712, Taiwan, R.O.C.
(4) Industrial Safety, Environmental Control and Chemical Analysis Center, Taiwan Sugar Research Institute, Tainan 701, Taiwan, ROC.
(5) Dept. and Graduate Institute of Environmental Engineering and Management, Chaoyang University of Technology, Taichung County 413, Taiwan, ROC
(6) Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan, ROC
(7) Corresponding author.