

## 豬糞污泥對盤固草試區逕流水質之影響<sup>(1)</sup>

謝昭賢<sup>(2)</sup> 程梅萍<sup>(2)</sup> 蕭庭訓<sup>(2)</sup> 郭猛德<sup>(2)</sup>

收件日期：90 年 8 月 20 日；接受日期：90 年 10 月 2 日

### 摘 要

本試驗為四處理及三重複之完全逢機設計。四種處理為對照組 (Control)、輕肥組 (Light)、中肥組 (Medium) 及重肥組 (Heavy)，其豬糞污泥氮肥之施用量分別為 0、50、100 及 150 kg/ha。模擬降雨強度設定為 50 mm/h，將降雨噴灑在各處理之試驗盤固草土體上，俟產生逕流後，持續進行 30 min 之降雨延時，所得之逕流資料用以分析逕流水養分之濃度。如：總凱氏氮 (TKN)、氨氮 ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、硝酸態氮 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )、總磷 (TP)、溶磷 (DP) 及電導度 (EC)。結果顯示：施用豬糞污泥試區所得之逕流養分濃度均顯著地高於對照組試區，但逕流中之 EC 值均低於排放於農田灌溉渠之 0.75 dS/m 值以內，且每公頃養分之流失量佔施灌量之少部份。重肥組、中肥組及輕肥組等三組之總氮及總磷成分損失量均低於 1%。

關鍵詞：豬糞污泥、盤固草、逕流水質、模擬降雨。

### 緒 言

豬糞污泥 (swine sludge) 為廢水處理過程中為了淨化豬糞尿廢水而留下之固體物質。為了獲得更淨化之處理廢水，不可避免地會產生更多之污泥。污泥不論是當作植物利用之養分或當作廢棄物之處理，於利用或處理過程中應該避免造成環境污染問題，且要降低處理成本。過去先進國家處理都市廢水污泥 (municipal sludge) 之方法或為倒入海洋、或為填土材料、或為焚化爐中焚燒等方式。但先進國家重新評估這些方法後，認為這些方法不符合現代環保之處理方式。因這些處理方式會造成海洋、空氣及土壤之污染，而違反更嚴格之環保法規，且容易觸怒附近之民眾 (Gray, 1989)。

豬糞污泥含有大量水份，若需脫水，則需添加化學藥劑或利用昂貴之機械設備並消耗能源；但為了節省經費，將污泥留置及累積於廢水處理槽內，則累積之污泥逐漸增加其容積，而直接影響廢水處理之效率及放流水之品質 (郭等，2000)。因此，污泥從廢水處理槽分離後，具有含水量高及不易脫水之困難，但如處理不當將造成畜牧之二次污染 (郭等，2000)。然豬糞污泥中含有大量植

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1085 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所畜牧經營系。

物可利用之氮及磷養分，若將污泥回歸土壤，提供植物所需之養分，不失為經濟有效之處理方式（郭等，2000）。此方式不必經過化學藥劑凝結，可將含大量水份之污泥直接施灌於牧草地上。然施灌大量水份之污泥於土壤後，短期間內如有一場暴雨，施灌之污泥是否對地表逕流產生非點源污染（non-point source pollution）而污染水體，為值得探討之問題。

本試驗為利用小型降雨模擬機，以模擬降雨產生降雨逕流方式，以探討施用不同量豬糞污泥對盤固草地地表逕流之影響。本試驗之目的為探討豬糞污泥施灌於牧草地對地表逕流水質之影響，以提供豬糞污泥之利用方式，使養豬業為永續無污染之健康農業。

## 材料與方法

### I. 豬糞污泥

本試驗之材料為初沉池污泥、厭氣污泥與好氣污泥之混合污泥。此種污泥為典型之台灣地區三段式豬糞尿處理系統所產之污泥。混合之污泥再經厭氣發酵處理，經過濾式污泥脫水機脫水後，在乾燥房乾燥至水分 68.5% 者。供試污泥之組成如表 1 所示，此污泥簡稱為豬糞污泥，其氮及磷含量分別為 4.86 及 5.15%、電導度為 2.12 dS/m、C/N 值為 12.5 及 pH 值為 7.37。

### II. 模擬降雨

小型模擬降雨機之模擬降雨用來測定豬糞污泥對盤固草地地表逕流之影響。此小型模擬降雨機（ $1.5 \times 1.5 \text{ m}^2$ ）為採用 Veejet 80150 扁平式噴頭（Spraying Systems Co., 1991）。設定之模擬降雨條件為噴頭擺動頻率 19 passes/min，離地 3 m 高處及管線末端壓力 41 N/m<sup>2</sup>（6 psi）。此模擬降雨之雨滴特性（圖 1 及圖 2）與自然降雨甚為相近（Meyer and McCune, 1958; Meyer and Harmor, 1979）。本試驗所採用之降雨噴頭可擺動 90° 之方向，噴頭暫停時間可由時間控制器設定，以得到不同之噴頭擺動頻率，進而得到 0 mm/h 至 150 mm/h 各種不同之降雨強度，其模擬降雨分佈均勻性之平均值高於 93%，可用於不同之土地利用對逕流、沖蝕及滲透率之室內小規模試驗（謝及鄭，1996）。

表 1. 豬糞污泥之組成

Table 1. Selected composition of swine sludge

Constituents	Concentration
Moisture, %	68.5
Total Kjeldahl nitrogen (TKN), %	4.86
Total phosphorus (TP), %	5.16
Cu, mg/kg	328
Zn, mg/kg	1,893
Electric conductivity, dS/m	2.12
C/N	12.5
pH	7.37

### III. 試驗土箱

本試驗利用 12 座長方體土箱（ $1.0 \times 0.5 \times 0.8 \text{ m}^3$ ）（Hubbard *et al.*, 1989），其內裝填砂質壤土，土壤表面種植盤固草。長方體土箱包含滲漏水收集管及逕流收集器。土箱底層處有一沖孔

網，沖孔網上平鋪不銹鋼細網（60 mesh/in）以利滲漏水通過，在沖孔網下方留有收集滲漏水之  $\phi 3/4"$  出水口，以收集滲漏水用。不銹鋼細網上裝填砂質壤土，灌水使其密實，並將所填之土壤填至與逕流出口出處，逕流收集槽在土箱之前端用來收集樣品及測定逕流量。

供試之土壤為採自行政院農業委員會畜產試驗所盤固草區 0~15 cm 之表土。其土壤為砂頁岩老沖積土，質地為砂質壤土（黏粒 9%、粉粒 27% 及砂粒 64%）；所有的土壤樣品均經過風乾及通過  $\phi 2$  mm 之篩網。坡度設定為 5%。

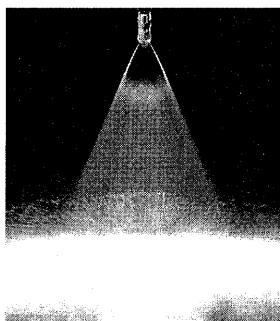


圖 1. 試驗所採用扁平式噴嘴（Veejet 80150）所噴出之模擬降雨（from Spraying Systems Co., 1991）。

Fig. 1. Simulating rainfall generated by flat type Veejet 80150 nozzle (from Spraying Systems Co., USA, 1991).



圖 2. Veejet 80150 扁平式噴嘴所噴出之雨滴分佈圖（from Spraying Systems Co., 1991）。

Fig. 2. Distribution of raindrop generated by flat type Veejet 80150 nozzle (from Spraying Systems Co., USA, 1991).

#### IV. 試驗設計

本試驗設定四種處理，分別為對照組（Control）、輕肥組（Light）、中肥組（Medium）及重肥組（Heavy）；各處理組氮素之施肥量分別為 0、50、100 及 150 kg/ha。豬糞污泥氮素之施用量為依本省作物施肥手冊中盤固草之推荐氮素施肥量 400 kg/ha/yr 而定（臺灣省農林廳，1996）。若盤固草每年收割四次，每次收割後追肥一次，則每次氮素之施用量為 100 kg/ha。本試驗豬糞污泥氮素之施用量為  $100 \pm 50$  kg/ha 及不施肥四種處理，亦即為 0、50、100 及 150 kg/ha 四種（如表 2）；如一年施用四次，則每年每公頃豬糞污泥之氮素施用量分別為 0、200、400 及 600 kg。施用處理豬糞污泥後一星期進行模擬降雨。其降雨方式為將長方體土箱置放於模擬降雨下，模擬降雨強度（rainfall intensity）為 50 mm/hr，此降雨強度之迴歸週期在台南地區為 1.25 年出現一次（陳及陳，1988）；降雨延時（rainfall duration）為俟產生逕流後 30 min 停止降雨，降雨時每 5 min 收集逕流量。開始產生逕流後，記錄起始產生逕流之時間，每 5 min 量測逕流量一次。逕流率之測定為收集單位時間內承土箱之逕流量，逕流量與降雨量之百分比值為逕流率（如式（1））：

$$\text{Runoff percentage} = \frac{\text{Runoff}}{\text{Rainfall}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

逕流水質為取六次逕流量之混合液，分析混合液水質中之 TKN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、TP 及 EC，其分析方法均依美國 Standard Methods 第 18 版（APHA, AWWA and WPCF, 1992）所述之方法。

表 2. 豬糞污泥之養分施用量

Table 2. Amount of swine sludge applied in this experiment

Constituents	Amount of application	
	Total nitrogen	Total phosphorus
	kg/ha	
Control	0	0
Low	50	53
Medium	100	106
High	150	160

## V. 流失量之計算

流失量之計算為將逕流深度 (mm) 換算成每公頃之容積量 (L/ha)，再將逕流容積量 (L/ha) 乘以逕流濃度 (kg/L)，所得之積即為每公頃各豬糞污泥成分之養分流失量 (kg/ha)。豬糞污泥養分流失百分率之計算為將各處理所得之各養分流失量 (kg/ha)，減去對照組各養分之流失量 (kg/ha)，將所得之差除以每公頃之施灌量 (kg/ha)，再將所得之商再乘以 100%，即為流失百分率。

## VI. 資料分析

所得到各處理之逕流濃度，利用 SAS 套裝軟體 (SAS Institute Inc., 1988)，一般線性模式 (general linear model, GLM) 作變方分析，若有顯著之差異，則利用鄧肯氏多變域分析方法 (Duncan's multiple range test) 比較各因子處理間之差異性。

## 結果與討論

## I. 逕流量：

在各試區內之總降雨量及其產生之總逕流量如表 3 所示。本試驗所收集之逕流資料為在降雨強度 50 mm/h 下，產生逕流後 30 min 之逕流。因此，只計算 30 min 內之逕流量、逕流中養分濃度及其養分之損失量。模擬降雨量之平均降雨量為  $25.9 \pm 0.29$  mm (如表 3)。逕流量不因處理之豬糞污泥量而有顯著之差異。平均逕流量為 5.83 mm，平均逕流百分率為 22.2% (如表 3)。

表 3. 試驗期間之降雨量、逕流量及逕流百分率

Table 3. Rainfall, runoff and runoff percentage for the experiment

Treatment	Rainfall	Runoff	Runoff percentage
	mm		%
Control	26.3	5.66	21.5
Low	26.6	5.20	19.5
Medium	25.9	5.52	21.3
High	26.2	6.94	26.5

## II. 逕流水中豬糞污泥之養分濃度

逕流水中豬糞污泥之平均養分濃度列於表 4。

本試驗施用豬糞污泥之方式為：將盤固草割至 10 cm 處後，施用前充分地將豬糞污泥攪拌，並將豬糞污泥平均施用在土壤表面。

在四種不同施用豬糞污泥量之處理別中，逕流水之養分濃度均隨著豬糞污泥施用量而增加。如：TKN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、DP、COD 及 EC。逕流水之 TKN 濃度除重肥組較高外，其餘各組均與對照組無顯著差異；TP、DP、COD 及 EC 之濃度，重肥組及中肥組顯著地高於輕肥組及對照組（表 4）；但所有之觀測項目均較土壤施灌豬糞尿處理水中第一次產生之逕流水質為低（謝等，2000）。

本試驗之結果得知：在各施灌污泥處理組經降雨產生逕流之氨氮及硝酸態氮之濃度，均較施灌豬糞尿水逕流之氨氮及硝酸態氮濃度為低（謝等，2000）。此可依據 Gray（1989）之理論：消化過之污泥，由於缺乏易代謝碳，C/N 值較低，因此，需要較長時間進行礦化作用，以釋出對植物有用之銨氮及硝酸態氮。以此推論：在短期間內，並不容易將施灌污泥中所含之養分淋洗出；又本試驗施灌豬糞污泥後，經過一星期才進行模擬降雨，污泥已從泥狀而凝成塊狀。在短期間之模擬降雨，要將此塊狀污泥所含之養分溶解，需要較長之時間進行礦化作用；且塊狀污泥從施用地被水沖蝕至他處，需要較大之沖蝕能量方能將塊狀污泥搬移試區。經觀察逕流之少量沖蝕物為表土及小顆粒污泥，此種顆粒污泥可能為將污泥所含之養分釋出之主要來源。由本試驗之結果可建議，利用此污泥之特性，在秋末冬初時，將此類豬糞污泥混入砂質土壤中，讓豬糞污泥有較長時間進行礦化作用，以期翌年春天時，釋出對植物有用之銨氮及硝酸態氮，此可能為理想之豬糞污泥處理方式。

表 4. 施用豬糞污泥於盤固草試區對逕流養分濃度之影響

Table 4. The nutrient concentration of surface runoff from the pangolagrass plots received swine sludge

Treatment	TKN <sup>§</sup>	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	TP	DP	COD	EC	pH
				mg/L			dS/m	
Control	12.6 <sup>b</sup>	3.36 <sup>c</sup>	0.82 <sup>a</sup>	0.30 <sup>c</sup>	0.20 <sup>c</sup>	33.7 <sup>b</sup>	0.32 <sup>c</sup>	8.89 <sup>a</sup>
Low	15.6 <sup>ab</sup>	4.53 <sup>bc</sup>	0.89 <sup>a</sup>	0.46 <sup>c</sup>	0.34 <sup>b</sup>	35.0 <sup>b</sup>	0.35 <sup>b</sup>	8.89 <sup>a</sup>
Medium	17.7 <sup>ab</sup>	5.51 <sup>b</sup>	0.83 <sup>a</sup>	0.81 <sup>b</sup>	0.63 <sup>a</sup>	51.7 <sup>a</sup>	0.36 <sup>ab</sup>	8.72 <sup>b</sup>
High	22.5 <sup>a</sup>	7.85 <sup>a</sup>	0.85 <sup>a</sup>	1.12 <sup>a</sup>	0.68 <sup>a</sup>	50.9 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>	8.94 <sup>a</sup>

<sup>§</sup> TKN : total Kjeldahl nitrogen ; TP : total phosphorus ; DP : dissolved reactive phosphorus ; COD : chemical oxygen demand ; EC : electric conductivity.

<sup>abc</sup> Values followed by different letters in each column were significantly different at  $P < 5\%$  level.

## III. 暴雨事件中豬糞污泥成分之流失量

豬糞污泥之養分經由試區之逕流所流失之流失量列於表 5，養分流失百分率列於表 6。暴雨事件中，豬糞污泥養分之損失量僅佔施用量中相當小之比率（如表 5 及表 6）。

逕流中豬糞污泥之養分濃度在處理組試區顯著地高於對照組試區，但每公頃養分之流失量及流失百分率佔施灌量之少部份（如表 5；表 6）。例如：TKN 在 1.56 kg/ha 以下； $\text{NH}_3\text{-N}$  在 0.54 kg/ha 以下； $\text{NO}_3\text{-N}$  在 0.06 kg/ha 以下；TP 在 0.05 kg/ha 以下；DP 在 0.05 kg/ha 以下及 COD 在 3.53 kg/ha 以下（如表 5）。在模擬降雨下，土壤與地表逕流產生交互關係在土壤表層 0.75 至 1.00 cm 處（Ashraf and Borah, 1992）。在試驗進行進行中，豬糞污泥已凝成塊狀，不易被沖蝕，因此，有少部分之養分被沖蝕之被沖蝕。

表 5. 施用豬糞污泥對盤固草試區逕流養分成分之損失量

Table 5. Constituents loss of swine sludge by runoff under simulated rainfall

Treatment	TKN <sup>§</sup>	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	TP	DP	COD
	kg/ha					
Control	0.71 <sup>b</sup>	0.19 <sup>c</sup>	0.05	0.02 <sup>c</sup>	0.01 <sup>c</sup>	1.91 <sup>b</sup>
Low	0.81 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>bc</sup>	0.05	0.02 <sup>c</sup>	0.02 <sup>b</sup>	1.82 <sup>b</sup>
Medium	0.98 <sup>ab</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.05	0.03 <sup>b</sup>	0.03 <sup>a</sup>	2.85 <sup>a</sup>
High	1.56 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	0.06	0.05 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	3.53 <sup>a</sup>

<sup>§</sup> Same as in Table 4.

表 6. 施用豬糞污泥對盤固草試區逕流養分成分之流失百分率

Table 6. Percent of total nitrogen and total phosphorus loss of applied swine sludge by runoff under simulated rainfall

Treatment	Total Kjeldahl nitrogen	Total phosphorus
	%	
Low	0.20	0
Medium	0.27	0.01
High	0.56	0.01

## 結 論

本試驗所得之逕流中之養分濃度，豬糞污泥處理組試區高於對照組試區，但養分之流失量僅佔施灌量之少部份。本試驗之豬糞污泥為施灌後經過一星期才進行模擬降雨，豬糞污泥已從泥狀而凝成塊狀，不易在 50 mm/h 及產生逕流後降雨延時 30 min 之下被水沖蝕至他處。本試驗建議，在實際應用上，欲降低施灌豬糞污泥對逕流水質之影響，可配合氣象局之預測在施灌前後一星期均無降雨機率進行施灌。此為了防止施灌前之降雨使土壤水分過高，及施灌後之降雨後會立即產生逕流，使逕流容易將污泥中之養分攜離他處或進入水體；若在施灌污泥後一星期內無降雨事件發生時，則對逕流水質之影響可降至最低。亦可利用高壓噴灌機將豬糞污泥平均施灌於土壤，可避免施灌不平均之困擾。此對土壤及地表逕流之影響亦可降低。

## 致 謝

本研究經費蒙行政院農業委員會 89 科技－1.4－牧－01 (1) 補助，謹致謝忱。試驗期間承行政院農業委員會畜產試驗所畜牧經營系張春菊小姐、金慶梅小姐、劉玟君小姐及林彥光先生之協助化學分析，始克完成，特此致謝。

## 參考文獻

- 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 24：497~510。
- 郭猛德、林晉卿、郭春芳。2000。豬糞尿污泥之處理與利用。畜產研究 33：397~408。
- 陳明杰、陳信雄。1988。臺灣地區最大機率雨量分析之最適機率分佈之研究。中華水土保持學報 19：49~62。
- 臺灣政府農林廳。1996。盤固草，作物施肥手冊 pp. 171~172。
- 謝昭賢、鄭皆達。1996。小型降雨模擬機之性能評估。國立中興大學水土保持學報 28：63~70。
- 謝昭賢、鄭皆達、蘇瑞榮。2000。豬糞尿處理水及不同乾水距對地表逕流水質之影響。台灣農業化學與食品科學 38：462~469。
- APHA, AWWA and WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed., APHA, Washington, DC.
- Ashraf, M. S. and D. K. Borah. 1992. Modeling pollutant transport in runoff and sediment. Transactions of the ASAE 35：1789~1797.
- Chang, A. C., A. L. Page and J. E. Warneke. 1983. Soil conditioning effects of municipal sludge compost. J. Environ. Engineering 109：574~583.
- Edwards, D. R., L. D. Norton, J. T. Walker, D. L. Ferguson, and G. A. Dwyer. 1992. Performance of a rainfall simulator. Arkansas Farm Res. 41：13~14.
- Gray, N. F. 1989. Biology of Wastewater Treatment. pp. 509-563. Published by Oxford University Press, New York, USA.
- Hubbard, R. K., R. G. Williams, and M. D. Erdman. 1989. Chemical transport from coastal plain soils under simulated rainfall: I. Surface runoff, percolation, nitrate, and phosphate movement. Transactions of the ASAE 32：1239~1249.
- Metzger, L. and B. Yaron. 1987. Influence of sludge organic matter on soil physical properties. Adv. Soil Sci. 7：141~163.
- Meyer, L. D. and W. C. Harmor. 1979. Multiple intensity rainfall simulator for erosion research in row sideslopes. Transaction of the ASAE 22：100~103.
- Meyer, L. D. and D. L. McCune. 1958. Rainfall simulator for runoff plots. Agricultural Engineering 39：644~648.
- SAS Institute Inc. 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 ed., Cary, NC, U.S.A.

## Runoff Quality from Pangolagrass Plots Receiving Swine Sludge<sup>(1)</sup>

Chao-Hsien Hsieh<sup>(2)</sup>, Mei-Ping Cheng<sup>(2)</sup>,  
Ting-Hsun Hsiao<sup>(2)</sup> and Mo-Ter Koh<sup>(2)</sup>

Received Aug. 20, 2001 ; Accepted Oct. 2, 2001

### Abstract

A small-scale rainfall simulator with a 50 mm/h of rainfall intensity and a 30 min of rainfall duration as runoff initiated was used to evaluate the quality of runoff from pangolagrass plots receiving swine sludge. The complete random design with four treatments and three replications was employed. The treatments consisted of control, light, medium and heavy treatment. The application rates of swine sludge nitrogen were 0, 50, 100 and 150 kg/ha, respectively. Flow composite runoff samples from each treatment were analyzed for the concentrations of total Kjeldahl nitrogen (TKN), ammonia nitrogen ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), nitrate nitrogen ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), total phosphorus (TP), dissolved reactive phosphorus (DP) and electric conductivity (EC). The results showed that the concentrations of constituents in runoff were higher in the sludge-treated plots than those in the control plots, but amounts of constituents lost from the pangolagrass plots in runoff for the sludge-treated plots was less than 1% of the amounts of application.

Key words : Swine sludge, Pangolagrass (*Digitaria decumbens* Stent), Runoff quality, Simulating rainfall.

---

(1) Contribution No. 1085 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Dept. of Livestock Management, COA-TLRI, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.