

豬糞堆肥與未經處理豬糞尿 施於農地再利用之比較

農試所農化組 陳琦玲 郭鴻裕 國立中興大學獸醫系 徐慶霖
國立中興大學動物科學系 范揚廣 畜試所飼作組 林正斌

一、前言

隨著國際原油與原物料飆漲，國際肥料亦連番上揚，為回復市場機制，農委會宣布自97年5月30日起調漲化學肥料價格，並預期明年可能還會再調漲。在化肥價格高漲與供應不足的壓力下，農畜產廢棄物之再利用可為替代方案之一。以全台飼養700萬頭豬、1億隻雞與12萬頭牛估算，每年產生之禽畜糞廢棄物所含氮、磷、鉀素，相當於化學肥料年施用量中氮、磷、鉀素之48、214與100%。這些廢棄物若能妥善利用，除氮素外，磷、鉀素可完全取代化學肥料，甚至導致土壤磷素之超收。然而按單位面積與肥料價格估算，目前只有乾雞糞因處理簡單，施肥成本與化肥者相近；養豬場廢棄物則因需按規定經堆肥化過程才可使用，處理成本高，因此施肥成本仍較化肥高，按每分地水田施肥量估算，施用化肥約需1,200元，施用禽畜糞堆肥則需4,000元以上。因此尋求另一成本低、環保且安全的再利用方式，為一研究方向。其中未經處理豬糞尿直接

再利用，為一施用成本較低之再利用方式，歐美亦有一些國家採行之。

為探討未經處理豬糞尿施於農田再利用方式，在台灣環境下之可行性，本所於93年自荷蘭引進可載運7公噸豬糞尿之注入式糞肥機，並在多處試驗地進行牧草、水稻、毛豆、玉米與多種蔬菜之豬糞尿施肥試驗。以下為試驗結果並與現行三段式廢水處理與堆肥製作之方式進行比較（表一）。

二、資源再利用效率、氮素損失與處理成本

每隻豬每日排泄的三要素約為20.5g N，9.7g P₂O₅，6.7g K₂O，以全省在養頭數7,000萬頭計算，一年共產生45,990 Mg N，24,784 Mg P₂O₅與17,118 Mg K₂O，假設貯存過程有10%的氮素損失，若以每年每公頃旱田需氮量400公斤計算，則約可提供近10萬公頃的肥分所需。以複合肥料含15% N計算，每年約可取代31萬公噸的複合肥料，約690萬包，以一包複合肥料420元計算，約可節省29億之化學肥料的支出。若扣除施用一車7噸沖水式豬糞尿（約1包複合肥料）的施用費用約370元，則仍可減少3.4億元之支出。

作者：陳副研究員 琦玲
連絡電話：04-23302301-7407

現行三段式廢水處理在固液分離後，約僅留下<10 % N、<10 % P與<5 % K的肥分在固體部分。在堆肥化過程又再損失50%的氮素，故僅留下廢棄物中<5 % N的肥分。但因堆肥化過程，添加其他農業廢棄物作為調整材，故增加了堆肥之總肥分。

以全台現有55家廢棄物處理中心與堆肥場，一年最大的處理量為71.6萬公噸，所製堆肥最大年產量約為35.8萬公噸，以豬糞堆肥含氮量2%，及每年每公頃旱田需氮量400公斤計算，則約可提供1.8萬公頃的肥分所需。以複合肥料含15% N計算，約可取代4.8萬公噸的複合肥料，約119萬包，以一包複合肥料420

元計算，雖可替代5億之化學肥料的支出。但因堆肥處理成本高，堆肥的總價卻需18億，因此為解決畜牧業廢棄物問題與推廣堆肥的施用，政府每年需支出近1億的補助。

三、廢棄物處理成本

(一) 未經處理豬糞尿施於農田再利用之成本分析

依據引進可載運7公噸豬糞尿之糞肥機，載運沖水式豬舍之未經處理豬糞尿，並施用於農地之成本分析結果，處理一噸豬糞尿所需的費用約為53元。所估算之成本包括設備（以使用年限10年計算）、維護、工資與油脂等，載運距

表一、豬糞堆肥與未經處理豬糞尿農地再利用之比較

項 目	豬糞堆肥	未經處理豬糞尿	備註
氮素損失	>95 %	10%	
資源再利用	相當於119萬包複合肥料 (以國內堆肥場一年最大產量計算)	相當於690萬包複合肥料	1. 以700萬頭豬廢棄物計算 2. 以複合肥料含氮量15 %計算
資源再利用	約1.8萬公頃	約10萬公頃	以施肥量400 kg N/ha/yr 計算
廢棄物處理成本	112 元/Mg	53 元/Mg	
價格	250元/kg N (未含補助)	50元/kg N (沖水式) 12元/kg N (高床式)	化肥70元/kg N
肥效	緩效性	速效性	
臭味逸散	堆肥化過程臭味防制	施用時採用注入式或噴撒後立即犁田	
病原菌傳播	堆肥化過程高溫殺菌	採收前一個月不施用	
重金屬累積之可使用年限	35-70年 (依堆肥限值估算)	28-275年	

離在2km以內。沖水式豬舍每頭豬每天平均的廢水量為25 kg計算，生長期共約產生4.5 Mg廢棄物，則每頭豬所需的廢棄物處理成本約為239元。按沖水式豬舍之廢水肥分計算，一車7噸廢水約為一包台肥複合肥料之肥料量，一包複合肥料約420元，而將一車廢水施於農田約需370元，顯示以此方式來處理豬糞尿仍較施用化學肥料便宜。而高床式豬舍每隻豬一天的廢棄物產生量約只有3.5~10kg，其成本約為沖水式豬舍的15~40%，廢棄物之處理成本更低。

飼養規模為2,000頭之沖水式豬舍在固液分離後之液體處理部分，每頭豬應分擔的廢水處理成本約為131元。而每頭豬生長期約產生4.5公噸廢水量，故三段式廢水處理中液體部分之處理成本，每公噸約29元。依據堆肥製造成本為3.79元/kg及固液分離後固體約佔原來廢水的1%估算，處理1kg之固體廢棄物所需之費用為8.3元/kg，而1公噸廢水固液分離後之固體約為10kg，故其處理成本為83元，總計處理1公噸廢水需花112元（29元為處理液體部分，83元為處理固體部分）。每頭豬每日廢水產生量為25L，經固液分離後每頭豬每日產生0.25 kg固體，生長期共約產生45kg固體廢棄物，所需處理費用約需374元/隻。所以一隻豬全部的廢棄物/廢水處理成本共505元（131元為處理液體部分，374元為處理固體部分）。從上述成本分析比較顯示，直接利用未經處理之豬糞尿的成本相對低很多。

四、單位肥分之價格

以一包420元/40kg複合肥料，含氮率15%計算，一公斤之氮素約為70元/kg。而一包豬糞堆肥125元/25kg，含氮率為2%，以一公斤之氮素約為250元/

kg。以一車7噸的沖水式豬舍廢水，含氮率約為0.1%，處理費用約為350元計算，1公斤氮素約為50元。若為高床式豬舍，含氮率約為0.4%計算，一公斤氮素約為12元。

一般有機質肥料的特性，除提供作物生長所需的養分外，亦可增進土壤理化特性。然而未經處理豬糞尿含水量高達99%以上，可視為速效性液肥，對土壤有機質的增加相當有限，但豬糞堆肥含>30%有機質，連續施用，可逐漸提高土壤有機質含量至一平衡點，只是在台灣高溫多雨的情況下，要提高1%的有機質，每年須投入相當多量的堆肥。目前亦尚無一客觀的方法，來評價有機質肥料對增進土壤物理性及肥力之效益。

五、肥料利用效率與適用農地

依據試驗結果顯示，未經處理豬糞尿之肥料性質與化肥者相近，為一速效性肥料，可以其相同要素之含量完全取代化學肥料者，且因其仍含有少量有機質，養分釋出之速率稍慢於化肥，施肥次數可較施用化肥者少。在合理施用量的調控下，豬糞尿所含肥分可提供作物生長之需。藉機械均勻撒佈於田區，亦不會造成局部發酵，而影響作物生長。堆肥因是緩效性肥料，故所需施用量需計算其礦化率，因此初期施用需施用近雙倍之要素需要量才能滿足作物所需。

由於豬糞堆肥價格高，目前只有高經濟作物如果樹、花卉等才施用，又因袋裝堆肥載運與操作方便，因此即使坡地之果園亦常施用；而未經處理豬糞尿因肥分濃度低，需用大型施肥車載運，較不適合坡地使用。然而因其價格低於化肥，因此即使是平地的農藝作物亦可採用。

六、處理與使用過程之環保與衛生問題

堆肥化過程初期，會因微生物大量繁殖，使溫度達到70~80°C，以致殺死病原菌。故使用完成腐熟之堆肥，不致有病原菌散播之問題。但堆肥化初期會引發惡臭，是堆肥場必須處理的問題。另一方面，三段式廢水處理對營養鹽之去除率約只有50%，處理後之放流水，仍含有200~800 mg/l N與2~120 mg/l P（荷蘭為防止優養化，規範地面水體之總氮為2.2 mg/l，總磷為0.15mg/l），排放於水體，勢必造成水體的優養化，是另一環保問題。

使用未經處理的豬糞尿則因未經過殺菌過程，故須注意病原菌傳播問題。依據試驗結果，施用之豬糞尿雖可檢出大腸桿菌，部分豬糞尿亦檢測出極少量隱孢子蟲卵，但未檢測出沙門氏菌、蛔蟲卵及鞭蟲卵等人畜共通病原。農地在施用豬糞尿一個月後，即未檢測到隱孢子蟲、蛔蟲及鞭蟲等寄生蟲或卵及大腸桿菌、沙門氏菌等人畜共通傳染性細菌病原，因此農田施用豬糞尿一個月後對土壤所含人、畜病原菌相無太大影響。基於試驗結果推估，在收穫前一個月內不再施用，不會致導致病原菌傳播。另外，亦有學者提出土壤的微生物相極為複雜且數量多，可抑制外來微生物之生長。至於施用未經處理豬糞尿之臭味逸散問題，可利用注入式施肥（圖一）或噴撒後立即犁田的方式予以降低，使其施用時空氣中氨 NH_3 之濃度均低於環境標準之1ppm以下。

七、土壤重金屬累積問題

由於作物對銅、鋅之吸收有限，故在現行飼料均有額外添加銅、鋅的情

況下，銅、鋅將在土壤中逐漸累積。隨各場添加情形不同，施用未經處理豬糞尿，達土壤監測基準之可使用年限估計約為28-275年，現行銅、鋅規範下之禽畜糞堆肥，亦將在使用70與33年後達土壤監測基準，因此對飼料添加重金屬之嚴加管控，已是現行禽畜糞堆肥施用必需先解決的問題。建議農委會畜牧處應嚴加管控飼料重金屬之添加。

若期糞肥能永續施用於農地再利用，而以每年重金屬施用量等於作物吸收量來估算飼料之重金屬含量限值，則飼料不宜再額外添加，僅能利用飼料原料（如玉米、大豆等）所含重金屬。若以添加豬隻營養所需之重金屬，如在飼料所含重金屬之外，再添加銅6mg/kg及鋅30mg/kg，估計達土壤監測基準之可使用年限估計分別僅為119與57年。因此，為期永續利用，建議畜牧業應朝向使用儘量降低銅、鋅等營養性重金屬添加量之飼料，或是利用其它替代品取代飼料中的重金屬。

八、開放未經處理豬糞尿農地再利用須配合事項

（一）農業廢棄物再利用種類及管理方式之公告



圖一、注入式施肥機田間操作情形。

農業廢棄物再利用可藉由「農業事業廢棄物再利用種類及管理方式」公告再利用方式。按目前公告之禽畜糞再利用管理方式，禽畜糞須經過堆肥化處理，才能施於農地再利用，尚不能將未經處理豬糞尿直接施用於農地再利用，因此需經公告後才能農地直接再利用。

(二) 畜牧業需再降低飼料中重金屬

為防止施用糞肥後，重金屬在土壤中的累積，畜牧業必須降低飼料中重金屬含量。以永續使用的觀點，若能以其它替代品取代飼料中之重金屬或僅添加營養需要之重金屬量之飼料飼養豬隻，為最佳的解決途徑。

(三) 豬舍形式之改善

由於成本考量，目前國內豬舍以沖水式豬舍為主。而沖水式豬舍之豬糞尿肥分濃度只有高床式者之25%。因此若選擇未經處理豬糞尿施用於農地，作為再利用方式，為降低載運成本，建議採用高床式豬舍。

(四) 輔導代耕中心或廢棄物處理公司

依據旱作營養所需計算，一公頃農地(旱田)僅能消納50頭豬之廢棄物，而大部分農戶本身並沒有足夠的農田來消耗其產生的廢棄物，加上台灣農戶的平均耕地面積只有0.4公頃，因此需要與相當數目的農戶協調或擬訂契約，建議農委會能輔導代耕中心或廢棄物處理公司協助提供此項服務系統。

(五) 施肥機之研製

未經處理豬糞尿之肥分濃度低，需利用大型施肥機運送。在歐美國家因個別農地面積大，因此都以曳引機拖污泥桶方式載運糞肥及施肥。台灣個別農地面積小，且農路狹窄，是否需發展適合台灣之機型，另在豬舍與農地間載運糞

肥，若需經馬路，應如何規範等問題，都需相關單位加以評估。

(六) 逐步試行

在農政單位輔導下，國內飼養200頭豬隻以上之豬場都已投入廢水處理設備之費用，且部分豬場之廢水處理設備位置不一定方便車輛之出入，因此建議先針對廢水處理效率不佳或須再投入高額維修費用之豬場，先試行未經處理豬糞尿施用於農地再利用。

九、結論

根據試驗結果，在病原菌不致傳播且施用時臭味逸散可以控制的情況下，無論就資源的再利用率，施用成本與地面水體污染的防範方面，直接施用未經處理的豬糞尿都較製成堆肥再利用更有效率且便宜。

在現行飼料均有超量添加重金屬的情況下，無論那一種再利用方式均會造成土壤重金屬的累積，若豬隻廢棄物都以農地再利用為最終處置方式，則畜牧業一定要先解決飼料中不超量添加重金屬，或是以其它替代品取代飼料中的重金屬，飼養豬隻的問題，以達到農地永續利用目標。另為降低載運成本，建議採用高床式豬舍。

根據調查，大部分農民都能接受未經處理豬糞尿施於農地再利用之方式，若飼料重金屬之添加能嚴格管控，則能依據試驗所得結果公告為可再利用之方式，並合理管理未經處理豬糞尿之施用，預期可在現行三段式廢水處理之外，提供養豬戶另一成本較低之廢棄物處置方式，解決目前廢水處理成本高又常未能符合環境法規的困境，並可減輕化學肥料漲價與供應不足之壓力。