畜牧廢棄物在有機農業之利用

嚴 式 清
台灣糖業研究所

摘 要

畜牧廢棄物曾在傳統農業中扮演一個重要的角色，由於它是農業生產體系中養分流及能量流的一環。但是，農業生產現代化增加了化學肥料及農藥的施用，畜殖現代化大量集中飼養，二者降低了畜殖糞尿在農業生產中的利用率。其結果不但農業土壤與農產品日趨劣化，畜牧廢棄物反成爲環境污染之一大禍源。如何以現代科技方法利用畜牧廢棄物以發展健康持久的有機農業爲本文的探討重心。

台灣地區目前以豬糞尿所面臨的問題最爲嚴重。由台糖公司數十年蔗田消納豬糞尿的經驗與研究結果顯示，良好的規劃與使用管理，旱作農田可以同時消除豬糞尿的環境污染，利用其中的植物養分，並達到保育土壤的目的。

建議環保及農政主管官署以每公頃旱作田接受三十頭豬隻糞尿液來規劃，協助基層農牧生產單位合作，可由十六萬公頃旱作田，消納67.41%之豬糞尿液，並提高此等農田土壤有機質、氮、磷、鉀及其他微量元素之養分含量，避免土壤酸化、改進土壤理化及生物性質，爲發展有機農業及保護自然生態提供有力支助。

前 言

畜牧廢棄物之大部分爲經過禽畜消化系統之飼料或牧草之剩餘物，其主要來源爲農作物。除非原生產土壤曾受不當之污染，否則畜殖排泄物可視爲農業生產系統中養分流(nutrient flow)及能量流(energy flow)之一環。祇是其成份比例及濃度有所改變而已。是故動物糞尿在傳統農業生產體系中曾扮演極爲重要的角色。

自從近代科技昌明以來，進步的醫療保健促使人口急速增長，提高了對糧食與纖維的需求。化學工業可能是影響近代人類生活最大的一門科學。化學肥料與農藥增進農業生產之效果十分驚人。相對降低了禽畜糞尿之重要性。益以經濟發展、工資日高，畜殖生產亦日趨企業化。擴大集中飼養固可降低成本，然大量動物排泄物不但處置困難，成爲重要的環境污染源，亦難以充份利用於農田。另一方面，化學肥料增加與堆厩肥之減少，使植物養份單純化，農產數量雖增，品質卻反降低。據台灣省農林廳調查[3]七十六年度台灣地區全年自給肥料約440萬公噸，平均每公頃耕地僅五公噸，尤有甚者，農業生態失去平衡，對化肥與農藥的依賴日重，形成惡性循環。大量化肥之使用，加上近年來的酸雨影響[4,7]，土壤有逐漸酸化趨勢，表一[2]，土地生產力維持困難，將對未來農業造成危機，禍延子孫。

環境保育先進Boyer 及Reid曾言:「環境是水、土、空氣交互影響的大系統，由規劃觀點看，這一系統是封閉性的，廢棄物是不適於位的潛在資源」[12]。由此而論，畜牧有機廢棄物之回歸農田應該是合乎自然法則的資源轉移。不過傳統農業人員祇知其然而不知其所以然。於今重新考慮利用畜牧

廢棄物於有機農業，必須賦予新的科學精神。由淨能階(net energy level)變化及養分流觀點決定用量、頻度、用法及用時，以謀資源之充分利用並維護農業生產環境之健康與活力。

表一　本省土壤肥力能限分類調查（民國67～70年）與農田肥力測定（民國48～56年）所得不同土壤pH百分比之分佈（林家棻，1981，農試所年報）

Table 1. The change of soil pH of Taiwan arable land between two soil survey periods, 1978～81 vs 1959～67

Soil fertility survey in 1978～1981			Soil fertility survey in 1959～1967	
pH	No.of sample	%	pH	%
<4.5	274	4.7		
4.5－5.5	1,914	33.4	<5.5	33.2
5.5－6.5	1,367	23.9	5.5－6.5	25.2
6.5－7.5	875	15.3	6.5－7.3	16.0
7.5－8.5	1,262	22.0	7.3－8.0	22.3
>8.5	38	0.7	>8.0	3.4

畜牧生產與排泄物利用現況

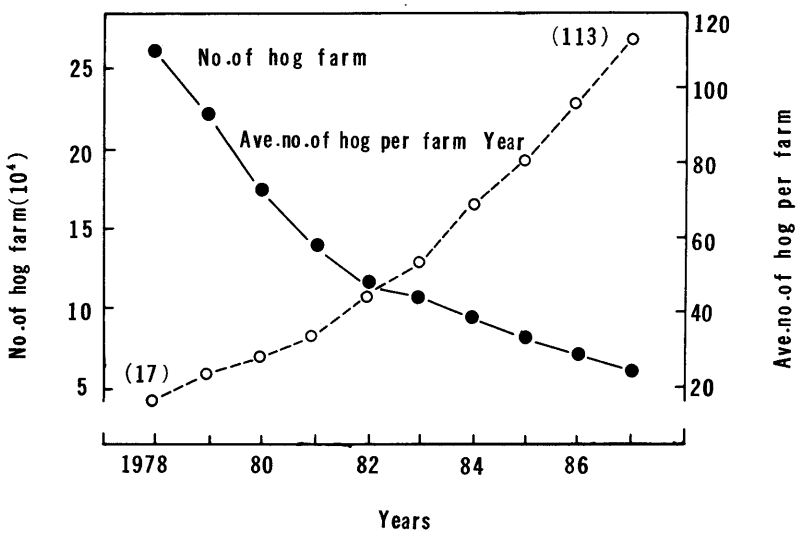
台灣地區之禽畜生產主要爲雞、鴨、豬、牛四類，鴨類之排泄物收集不易，其他羊、馬等之飼養爲數不多，暫不討論。根據台灣省農業年報統計，民國七十六年底豬、雞、牛之在養數量分別爲7,129,034頭、68,978,000隻及171,759頭。據報告三種禽畜每天之平均排泄量如表二[5,6,10,11,15]。其中所含之主要植物養分量如表三[5,6,10,11,15]。當然，另有鈣、鎂、硫、鐵、鋅、銅、鈉、硼等次要及微量元素[5,6,9,10,11,15,16]。依據上述資料估算台灣地區禽畜排泄及主要養分生產量列於表四及表五。表五同時指出，由豬、雞、牛三者排泄之氮磷鉀素，爲量十分可觀，分別相當於台灣地區化學肥料年度銷售量之45.5%(N)，173.7%(P_2O_5)及90.1 %(K_2O)。換言之，如僅由總量而論，除氮素外，磷鉀幾可供應作物全部所需，問題則在能否均勻分配而已。

衆所周知，目前雞糞之利用主要在果樹園藝作物。七十六年度瓜果花卉種植面積約22萬公頃，佔全部作物種植面積之16.9%。平均每公頃氮磷鉀用量分別可達227公斤(N)，400公斤(P_2O_5)及246公斤(K_2O)。資料顯示，雞糞之含磷量特高。由此推測，果樹園藝作物可能施肥量過多。尤以磷素爲甚。磷爲水污染重要元素之一。除非施肥方法恰當，否則磷隨逕流進入自然水體之機會極大，由此或可瞭解近年來水庫發生優養現象(eutrophication)之一端。蓋果農施肥尚未充份具備植物營養與土壤化學觀念。

鑑於雞糞含磷比例偏高，直接施用未必妥善，如能調節三要素比例，加工製造較緩效之有機肥料，對於未來有機農業高經濟價值農作物之發展或將更爲有利。

牛排泄物之利用，由於飼養數量少，且較分散，部份則由牧場土壤直接吸收，可能產生之問題較小。值得注意的是，牛糞之含鉀量較高(表四)，應予充份利用。牛隻如以放牧型態飼養，每年之氮素礦化利用率亦應加以探討，以供牧草施肥之參考。

目前台灣地區畜殖廢棄物引起最大困擾者爲豬糞尿。由於飼養日趨集中(圖一)，水分含量高，處置十分困難。公害頻仍，始終列爲重要環境污染點源之一。由於養豬戶之規模大小不一，並不能以同一原則加以規劃處理。一般環境工程師皆以廢水處理角度著眼，常因費用技術等因素難爲業主所接受。行政院環保署於民國七十七年二月公布「養豬事業廢水管制計劃」。其重點爲以畜牧放流水標準加以管制。執行難免遭受相當阻力。如果站在植物營養與地力保育立場來看，豬糞尿實爲一寶貴農業資源。如何以農田消納方法把豬糞尿導入農業生產系統，或許可爲生產與環境兼顧政策助一臂之力。



圖一 台灣地區十年間（1978～87）養豬規模變化趨勢

Fig.1. The Changes in hog farm size during the last 10 years（1978～87）in Taiwan

表二 豬、雞、牛平均日排泄量

Table 2. The day average excretion of hog , chicken and cattle*

	Hog	Chicken	Cattle
Feces（kg/head/day）	0.85	0.12	27.5
Urine （l/head/day）	2.70		13.5

*Hog: 50kg in body weight. Chicken: Adult chicken. Cattle: 500kg in body weight

表三 豬、雞、牛排泄物中氮磷鉀含量

Table 3. Average content of N, P_2O_5 and K_2O in fresh excretion of hog, chicken and cattle*

	Moisture	N	P_2O_5	K_2O
			%	
Hog feces	76.6	0.63	0.92	0.28
Urine	98.0	0.48	0.07	0.16
Chicken feces	65.4	1.66	2.92	1.79
Cattle feces	81.9	0.43	0.38	0.29
Urine	99.3	0.47	0.14	1.32

*Fresh manure .

表四　豬、雞、牛每頭每天氮磷鉀排泄量

Table 4. Daily excretion of N, P_2O_5 and K_2O from hog, chicken and cattle*

		N	P_2O_5	K_2O
			g/head/day	
Hog		18	9.7	6.7
	(ratio)	(1)	(0.54)	(0.37)
Chicken		2	3.5	2.1
	(ratio)	(1)	(1.75)	(1.05)
Cattle		182	123.0	258.0
	(ratio)	(1)	(0.68)	(1.42)

*Hog: 50kg in body weight. Chicken: Adult chicken. Cattle: 500kg in body weight.

表五　台灣地區豬、雞、牛一年排泄物中所含氮磷鉀總量估計

Table 5. The total amount of N, P_2O_5 and K_2O in the excretion of hog , chicken and cattle in 1987

	No.of animals in 1987 Head	N	P_2O_5 ton/year	K_2O
Hog	7,129,034	46,830	25,258	17,447
Chicken	68,978,000	50,334	88,119	54,093
Cattle	171,759	11,391	7,736	16,171
Total		108,555	121,113	87,711
Equivalent to annual chemical fertilizer consumption %		45.5	173.7	90.1

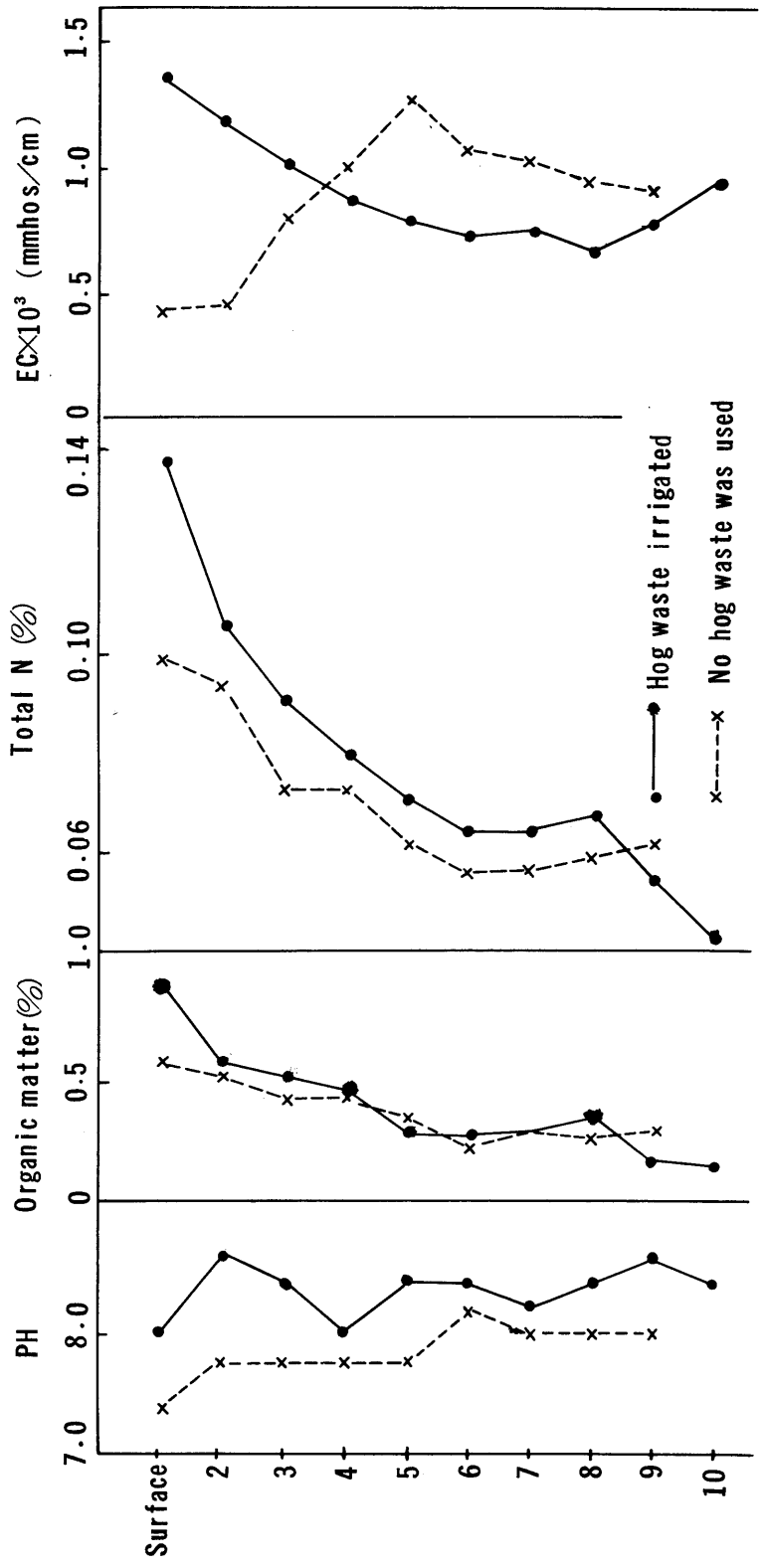
畜殖糞尿農地消納之理論與案例

畜牧糞尿爲高濃度易降解之有機廢棄物，兼具污染性與資源性。祇有農地可以同時消除污染並接納利用其資源價值。理由是土壤是一個多元性的動力系統。它由固液氣三相所構成。具有過濾、稀釋擴散、流動混合、蒸發等物理性功能；氧化還原、溶解沈澱、分解化合、鉗合、聚合、解離、吸附、離子交換、觸媒等化學性功能；以及降解、合成、吸收、破碎、搬運、作物利用、誘變適應等生物性功能。加上氣液兩相間的交互消長、理化生物三功能間的頡頏、協同(synergism)等作用。使土壤中反應極爲複雜，有如一個一、二、三級全程的廢水處理廠。自古以來即爲廢棄物的自然消化場；資源的傳遞所；農作生產的基質。廢棄物之能否充份去除污染與資源化決定於上述諸多因素之整合作用，所謂土壤同化能量(assimilative capacity)。同化作用同時涉及能量與養分的傳遞。其轉移變化之總量及速率爲植物生產環境改善或劣化之關鍵。因此，如何利用畜殖廢棄物以提昇農田土壤爲一個充滿產出力、具備緩衝力，健康而有永續性的生產環境，基本上就是求得相關因子在不同土壤特性、氣候、作物種類、耕作制度條件下適度的變量與速率。這其中包括有機物生物可降解度(biodegradability)、氧氣濃度、植物養分、鹽分、水力、作物特性（耐肥、耐鹽及耐淹性）及毒性元素等。下面舉述台糖公司蔗田施灌豬糞尿的例子來進一步說明農田消納畜牧廢棄物的研究結果與運作實務。

台糖公司於民國四十二年開始在自營農場養豬，最初目的即爲保育連作蔗田的地力。日後因畜殖

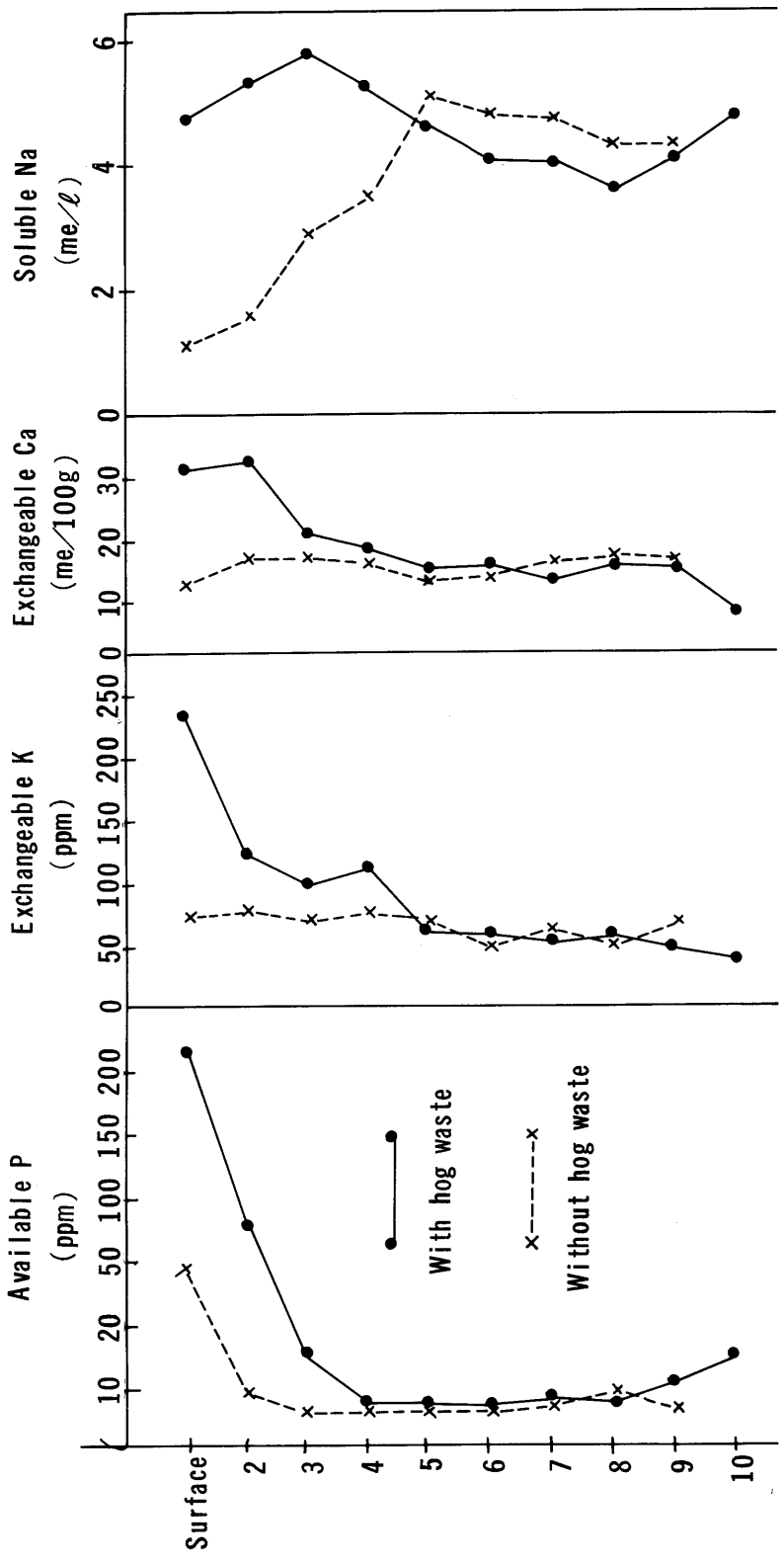
趨向企業化而產生糞尿過於集中的困擾。不能再以傳統就近處置的方法，問題發生時曾在農田灌溉與土壤肥料領域間徘徊糾纏而無法解決。最後發現廢水田間處理問題必須整合畜殖、環境工程、灌溉排水、土壤肥料、植物生理等各種知識，方能規劃出適切的處理方法，同時達到污染防治、養分回收與土壤保育等多重目標，在執行中甚至尚需人文社會、法律、傳播藝術等知識的輔助。

在豬糞尿液進入農田之前，首先需瞭解廢水的量及性質。進入田間之後，最先對土壤與作物產生影響的因素，是生化需氧量(BOD)。由於畜殖糞尿爲高濃度富營養易降解的有機廢水，在高能階物質變化爲低能階物質過程中，土壤微生物利用其能源及養分賴以生存與繁殖。在大量糞尿液供應下，微生物之繁殖與活動亦大量增加。參與活動的微生物主要爲好氧性的細菌及放射菌。因此接受廢水的土壤中氧氣首先被消耗。土壤氣体中氧濃度之快速降低可導致對作物根系生長及作用的抑制而阻礙整株植物生長，甚至爲害及土壤微生物本身。直到土壤水分減少，氧氣再度擴散進入作物根域恢復常態爲止。這一過程的因素包括灌溉水深（水力負荷），廢水濃度（BOD負荷），土壤質地、總體密度、作物生長期及耐淹度、當時蒸發散量。台糖選用三種不同質地土壤、蔗齡超過三月的盆栽甘蔗灌溉三種不同濃度的豬糞尿液，根據過去研究結果以土壤氧濃度15%爲甘蔗生長的臨界點[8]，以及衡量甘蔗忍受缺氧的最長時限來決定生化需氧量之負荷率。甘蔗爲禾本科作物，當根域缺氧時，次生氣根生長極速，通常在一至二日內即可發生，因此決定以忍受氧濃度低於15% 時間五天爲上限，而計算出每公頃蔗田之生化需氧量最大負荷率在細、中、粗三種不同質地土壤上分別爲0.8公噸 / 公頃，1.6公噸 / 公頃及2.3公噸/公頃。 祇要一次灌溉所含BOD總量不超過此一限度，土壤與作物均可維持正常。下次灌溉時間（灌溉期距或頻度）在土壤水分消耗至適當含量時即可進行。但是，灌溉頻度之決定並非如此，豬糞尿施灌對作物與土壤甚或環境影響的第二項因子是植物養分，尤以植物主要養分氮磷鉀中的氮最爲重要，因磷鉀在進入土壤後經礦物的吸附或沈澱反應而漸趨安定。氮則參與複雜的土壤氮素變化系統。豬糞尿中的氮素約有三分之一爲有機態氮，三分之二爲銨態氮。後者除可能被土壤膠體吸附小部分外，將在短時間內硝化爲硝酸態氮（NO_3），爲作物所需的主要氮源。由於其水溶性活動度大，在土壤氮收支中成爲決定性的一環。在一定時間內（一年或一作生長期）如果土壤接受過多氮素，除了可能導致作物奢侈型吸收影響品質外，同時增加逕流或深層滲漏污染環境的機會。所以氮素負荷必須考慮土壤的揮發及脫氮損失外，同時須瞭解糞尿氮素的肥料值（當量），以決定化肥氮素的減施量，以避免土壤氮素收支平衡受到破壞。筆者根據盆栽及田間試驗結果[9]，豬糞尿所含銨態氮在蔗田土壤上之肥料值約爲40-45%（細質地至粗質地）。換言之，蔗田土壤的氮素負荷率決定於化學氮肥的減施幅度。理論上講，豬糞尿之銨態氮可以取代全部氮肥。以甘蔗每作每公頃需氮220公斤言，每公頃可承受糞尿液銨態氮500公斤左右。相當於十六個月中90頭豬之排泄量。但在現場操作中，受作物生長期、氣候、灌溉系統等諸多因素之限制，實際可能施灌豬糞尿之機會大爲降低。眞正能取代化學氮肥之比例將在30-60%之間。因此每公頃以負荷30-40頭豬之糞尿量將是一合理的數字。在正常豬舍清洗用水量下，進入田間的銨態氮（NH_4-N）濃度約在150-300mg/l 之間（包括清水稀釋）。換言之，在正常灌溉水量（水力負荷）600－1200M^3 / ha下，每作甘蔗可接受糞尿液一至三次。並必須以相對幅度減肥措施相配合。當然，在增加糞尿液儲存池容量及改善田間耕作制度與灌溉設備等條件下，提高氮的負荷率也並非不可能。因此，氮素負荷決定於作物需要量及可能減肥幅度。至於糞尿中有機態部分氮素，因其需要通過礦化作用（mineralization），養分流速率較低，可暫不考慮其肥效。但對增加土壤有機物含量將有幫助，圖二[16]。在有機物消耗與聚積反應中具有正面影響。對土壤理化性質有決定性幫助，不但可緩衝土壤酸化，並增加次要及微量養分元素。在台糖長期施灌豬糞尿蔗田土壤中可以得到佐証，如圖二、三、四所示，岸內糖廠新庄東后寮農場連續施九年之土壤調查結果[16]。



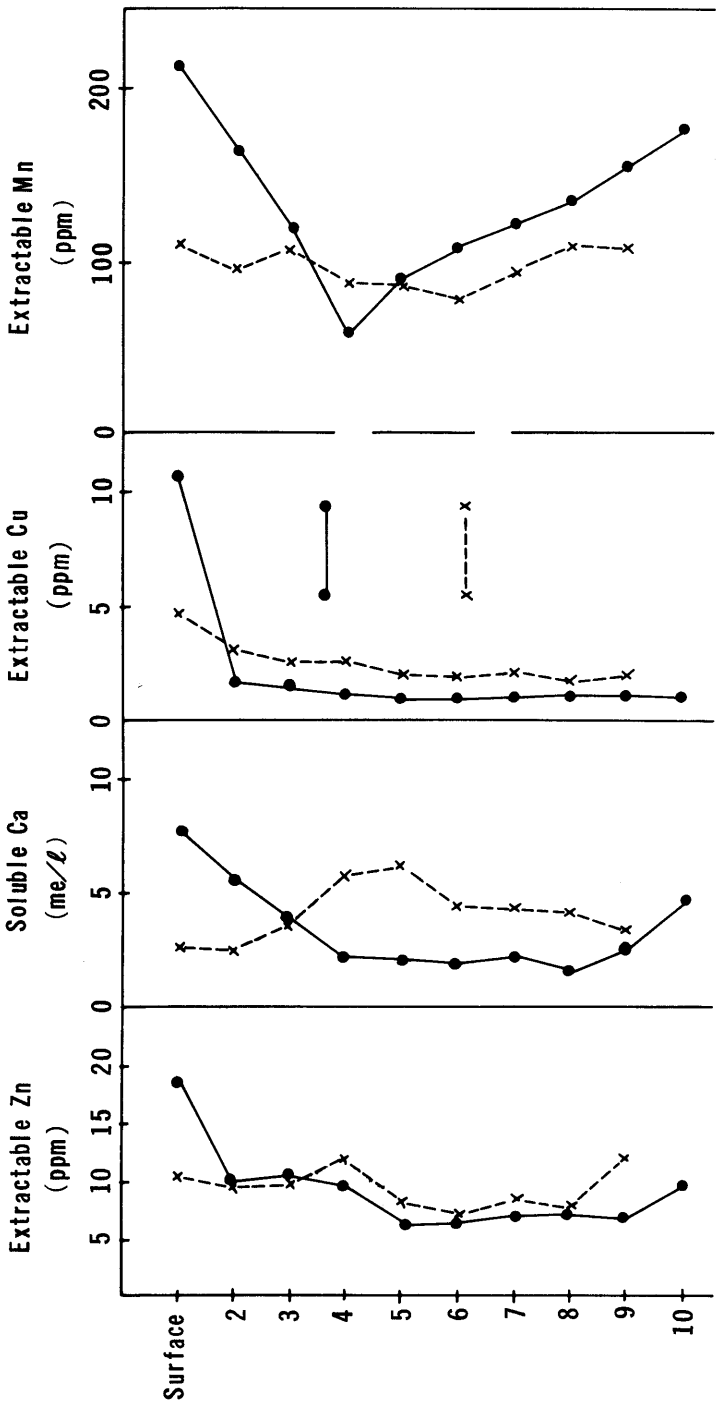
圖二　蔗園連續施灌豬糞尿九年後土壤pH、有機質、全氮及鹽分之變化.（岸內糖廠新庄東后寮農場）

Fig. 2. The change of soil properties after nine-year application of hog manure(A) (100 cm in depth)



圖三　蔗園連續施灌豬糞九年後土壤磷、鉀、鈣、鈉含量之變化　(岸內糖廠新庄東后寮農場)

Fig.3.　The change of soil properties after nine-year application of hog manure (B)



圖四　蔗園連續施灌豬糞尿九年後土壤鋅、鈣、銅、錳含量之變化(岸內糖廠新庄東后寮農場)

Fig.4.　The change of soil properties after nine-year application of hog manure (C)

除了氮素爲一作或一年時間內的施入量之限制因子外，在長期連續施灌豬糞尿的蔗田，尚有另一項限制因子－鹽分。糞尿中含有相當量之水溶性鹽分。據統計結果顯示[9]，銨態氮與導電度之線性相關式爲：

$$Y = 784.47 + 9.694X + 0.00047X^2 \quad (R^2 = 0.887588)$$

式中 Y 爲糞尿液之導電度（micromhos / cm）
X 爲糞尿液中銨態氮濃度（mg / l）

當糞尿液含銨態氮50mg / l以上時，其與導電度之相關性相當好，在田間施灌時可用手提式導電度計測定灌溉液導電度，并據以推算銨態氮含量。不過導電度所顯示之離子濃度，銨離子僅佔40%左右，可經硝化作用後爲作物利用。其餘60% 左右之水溶性鹽分當水分被作物吸收或蒸發散後，鹽分即留積於土體。長期連續施灌糞尿液土壤，在沒有充份淋洗情形下鹽分必然增加，當土壤飽和抽出液導電度升高至4mmhos / cm時，即爲輕鹽分地，對甘蔗可能有10%左右之減產影響。不過由灌溉液之導電度及灌溉水量可以根據土壤鹽化公式[14]預測鹽分之累積速度。在糞尿液利用及土壤管理上是一個重要的規劃設計因素。其計算公式如下：

$$\triangle ECs = (ECiw \cdot Diw \cdot diw \cdot 100) / (Ds \cdot ds \cdot SP)$$

式中：
△ECs:土壤因灌溉而增加之飽和抽出液導電度（mmhos / cm）
ECiw: 灌溉液導電度（mmhos / cm）
Diw: 累計之灌溉水量(cm)
diw: 灌溉液密度（g / cc）
Ds: 灌溉土壤水分分布深度（cm）
ds: 灌溉土壤總體密度（g / cc）
SP: 土壤水分飽和百分率

一個排水不良的中質地土壤（假設ds = 1.4，SP = 60）每次灌溉平均導電度2mmhos / cm 之糞尿液（可累積鹽分以2mmhos / cm × 0.6 = 1.2 mmhos / cm計），以蔗田土壤根域60cm來計算；△ECs爲4 mmhos / cm，則Diw = 168cm即總灌水量168cm即可把土壤鹽化。如以每年施灌二次（每次水深100mm）來計算，估計八年後可出現鹽分問題，亦即水力負荷之上限。不過，台灣地區有降雨及清水灌溉，淋洗作用必然發生。除非施灌蔗田之內部或外部排水均極差，否則鹽分之累積不致如此快速。不過鹽分累積問題在廢水農田處理上必須予以注意，土壤導水度（hydraulic conductivity）資料之收集及作物耐鹽度之瞭解有助於淋洗需要量或淋洗率（leaching requirement or leaching fraction）之計算。此亦說明,畜殖糞尿之利用於農田,必須同時瞭解水質、土壤、作物及氣象等諸多因素。

鹽分之外，糞尿液施灌尚需注意其他元素的累積情形（圖三、四），尤其重金屬類。豬飼料中常添加硫酸銅以防治貧血症。豬糞尿灌溉農田可能有銅之累積。但累積量必須超過土壤20ppm以上方可能對土壤微生物或作物發生不利影響[1]。因銅在進入土壤後，一般以與有機物鉗合爲最多，將近98%[13]。故被直接吸收進入作物的機會相對降低。即所謂「土壤－植物－障礙」。同時，累積於表土之重金屬向下運移之機會亦不多。對於淺根作物影響較大。以甘蔗而言，除非長期過量負荷糞尿施灌，銅之爲害性應列次要，因氮或鹽分之限制可較銅先出現。因此，一般廢水農田處理對於重金屬之顧慮，以pH較低，有機質含量少之粗質地土壤上種植淺根食用蔬菜類最需加以注意，尤其不受「土壤－植物－障礙」影響之重金屬（如鎘）爲甚。故利用糞尿液之農田，定期之土壤調查不可或缺，以監測鹽分或其他有害元素之累積。除此之外前面已討論到土壤之淋洗作用。如果氮素負荷破壞了土壤氮的收支平衡，過多的硝態氮可隨滲漏水進入作物根系所不及的深層土壤而污染地下水。故廢棄物農田利用必

須設置地下水質監測井，定期分析地下水質以避免環境污染。

根據以上討論，再來看台糖公司的豬糞尿蔗田利用情形。以目前年產65萬頭豬計算，除其中約15萬頭利用活性污泥、厭氣醱酵及生物膜盤等法處理外，其餘50萬頭悉由蔗田土壤所消納。年產50萬頭相當在養31萬頭左右。以目前台糖43個自營農場糞尿液可灌面積9000公頃計算，平均每公頃約負荷35頭豬隻之排泄物，祇要管理得當，節省化肥成本(每年約1700萬)，增加甘蔗產量(由於土壤理化性質改良、地力增加、平均增產20%以上)以及消除環境污染(無放流)三項目標均可達成。可供旱作田利用畜牧廢棄物之有利參考。

結論與建議

畜牧廢棄物之成份來源主要爲農產物，施灌於農田利用，合乎生於土歸於土的自然法則。廢棄物－土壤－植物系統中的變化機制，皆可用現代科技知識來測試掌握，求得最適當的用量、頻率、用法與用時。鑑於目前台灣地區化學肥料與農藥用量過多所引起對農產物品質及生產環境的衝擊日趨嚴重，利用畜殖有機排泄物取代部分化學肥料以保育土壤不但理論可行且有台糖公司蔗田消納豬糞尿成功的例子。資料顯示，台灣地區畜牧廢棄物爲量可觀，與其處置不當引起諸多環境社會問題，不如設法用之於旱作農田以收養分回收、土壤保育、污染防治一舉數得之功。根據這一結論，建議農政當局及農牧生產者採取下述有利於有機農業推展之措施。表六所示係將台灣各種作物概分爲四類，以一、二類最適於利用畜殖排泄物。每年合計種植面積超過七十萬公頃。除已消納大部分雞牛糞尿外，尚有相當面積可供利用豬糞尿。其途徑在於規劃與組織。表七爲目前台灣地區養豬規模的統計分類。其中100頭以下者佔9.41%，規模極小，純屬農家副業。其排泄物不致有任何問題。至於1000頭以上之企業化養豬，佔32.59%，排泄量大，不易覓得足夠農地作土壤消納。且規模較大之養豬場，成本較低，有利投資於廢棄物處理設備。可鼓勵其將一級處理分離所得之固體物經醱酵後作有機肥料回歸於農田。由表七顯示，最有可能作農地利用者爲100至1000頭之中小型養豬場，其飼養量佔總數之58.27%，爲量可觀。平均每戶305頭，如以每公頃農地接受30頭豬隻之排泄物，僅需10公頃左右即可充份消納。因此建議農政及環保單位，組織農民，提供必要的技術與資金協助，把目前視爲重要污染質的豬糞尿之大部分引入農田，不但可以協助解決一大公害問題，同時保育高溫多雨區又深受化學農業衝擊的農田土壤。眞是一舉數得。茲列舉數端以供上述建議實際推行時之參考。

1.以每公頃承受30頭豬排泄物標準，組織所需農地面積農戶，曉以動物糞尿對土壤與農作之有利因素。
2.撥款或貸款建築固液分離設備，糞尿儲存調節池及管道輸送分配系統。
3.協助設立地區性有機肥料廠，集中若干畜牧場之固態廢棄物（包括豬雞糞及農場有機物）調整成份，作最有效經濟之利用。
4.協助規劃配合作物制度之豬糞尿分配施灌計劃，包括減用化學肥料等管理規範。
5.設置施灌區地下水監測井，定期採樣分析地下水質。定期分析土壤及作物植体、調查作物產量以明瞭施灌計劃之成效。
6.選擇適當地點先作示範計劃，並由學術研究機構協助探討相關參數，以便擴大推行之依據。

固能如此，則以畜牧廢棄物協助有機農業發展將跨出一大步。國人的生活品質獲得更多保障，健康持久的農業與產品將爲千秋萬代所享用。

表六　台灣地區各種作物種植面積（76年）及可能接受畜殖排泄物之分類建議

Table 6. Crop acreage in Taiwan in the year at 1987 and the classification for animal waste appilication

Crops	Area (ha)	Suitability for animal waste appilication
Cereals(corn, sorghum, and millet etc.)	103,506	
Pulses (peanut, soybean, mungbean etc.)	87,327	Swine waste slurry
Sugarcane	67,897	(284,674 ha)
Root crops(Sweet potato, cassava, potatoes etc.)	25,944	
Melons	215,057	
Flowers	4,308	Animal solid waste
Vegetables	224,533	(451,894 ha)
Grasses	7,966	
Beatle nut	15,521	Swine waste slurry,
Mulberry	409	manure compost
Bamboo(in flat land)	131,369	(>25,000 ha)
Rice	501,497	
Tea	24,571	Manure compost
Tobacco	9,070	(selected fields at selected time)
Oil crops(sesame, and sunflower etc.)	1,502	
Fiber crops(sisal, mat grasses, cotton etc.)	5,777	(542,417 ha)

表七　台灣地區七十六年底養豬戶及飼養規模統計

Table 7. Number of hog farms and the size distribution in Taiwan at the end of 1987

Hog farm size (head)	No.of hog farm	No.of hog raised	Percent of the total %
<100	48,936	651,489	9.14
100～499	11,364	2,583,892	36.24
500～999	2,238	1,570,187	22.03
1000～1999	450	615,532	8.63
2000～4999	181	587,407	8.24
>5000	60	1,120,527	15.72
Total	63,229	7,129,034	100.00

誌　　謝

本文承王銀波、王中立、金恆鑣、洪嘉謨、連深等諸位先生提供資料，宋楚生小姐、劉明雄先生協助圖表準備謹表由衷謝忱。

參考文獻

1.王銀波　劉鈴蘭　吳論　林宴夙　1986　銅　鋅　鎘及鉻對土壤微生物與作物生長的影響　中興大學農林學報　35:2:111～118。
2.台灣省農業試驗所年報　1981　本省農田肥力（pH與有機物）之變遷　p.72～73。
3.台灣農業年報　1987。
4.金恆鑣　1987 台北市連續六年來的雨水性質（1981～1986）第四屆環境污染控制技術研討會論文集　pp.177～191。
5.洪嘉謨　1985　禽糞之乾燥脫水處理　畜牧要覽家禽篇　pp.528～529。
6.洪嘉謨　1985　豬糞尿排泄量及理化性狀測定之研究　中華生質能源學會會誌　4:34:81～91。
7.孫岩章　吳瑞鈺　1980　台灣地區的酸雨　科學發展月刊　8:5:428～433。
8.許義祥　楊策群　1980　土壤通氣性與甘蔗生長之研究　I.土壤氧濃度對甘蔗根系發育之影響　台糖研究所研究會報　89:1～12。
9.嚴式清　1986　豬糞尿農地消納之研究　中國農業工程學報　32:3:42～52。
10.中央畜產會　1978　家畜排せつ物の處理利用の手引き。
11.新しい牛ふん尿の處理　1981　デーリイジヤパニ　臨時增刊號。
12.Boyer, H. and B. Reid. 1973. Recycling on the Land～An Alternate for Water Pollution Control (Washington D.C: Natural Resources Defence Council).
13.Hornich, S. B. 1983. The interaction of soils with waste constituents. in Land Treatment of Hazardous Wastes, p.15.
14.Richards, L. A.(ed). 1954. Diagnosis and Improvement of Saline,and Alkali Soils, USDA Handbook No.60 p.36.
15.Taiganides, E. P. and T. E. Hazen. 1966. Properties of farm excreta. ASAE Transaction, 9:374～376.
16.Wang, C. C. and I. J. Fang. 1978. The effect of the longterm application of hog wastes on the properties of TSC's sugarcance fields. Taiwan Sugar 25:6:196～206.

討　　論

林仁泰問：

1.新鮮豬糞與老陳之豬糞在製造堆肥時其醱酵時間是否一樣(老陳豬糞係指每天清掃晒製之乾燥物)(1)？如果加上樹皮製造堆肥時，其醱酵過程中之醱酵菌應以人工加入亦或自然界之醱酵菌會被誘引進入(2)？每一公克之堆肥應有多少眞菌(3)？放線菌數(4)方能在較短時間內完全醱酵？
2.一般製造堆肥時假堆→本堆→攤開過程爲期以幾天(在夏季及冬季)較適宜(5)(材料用穀殼、豬糞、豆粕)？
3.飼料塡加物之抗生素會對醱酵菌發生抑制或消滅作用嗎(6)？

王西華答：

1.沒有經驗，但須注意，水分及碳氮比。

2.用舊堆肥即可。
3.4.很難測定，但參考「麴的製造」可能爲10^8孢子／克。
5.約1～2個禮拜(至少1個禮拜)。
6.也許會，須視情況而定。

林財旺問：

送風式豬糞堆肥醱酵溫度高達80℃，微生物生存條件如何？

王西華答：

1.保持在80℃，會有殺菌效果(pasteurization)。
2.但須把溫度從80℃降下來，如攤開或小包包裝，以便培養眞菌，使堆肥成熟，此階段要保持很長(1～2個禮拜)的時間。

鄭正勇問：

1.嚴博士所提及的是以台糖爲主的經典模式，是一個前瞻性的模式，然而一般業者不易遵照合理的規則去飼養牲畜，造成排泄物中含過高的銅鹽以及抗生素含量，宜加考慮。
2.一般果園中排放豬糞尿常造成易於罹患病害以及低產低品質的效果。

嚴式清答：

廢棄物農田消納必須經過幾個步驟：
(1) 有關成份在不同土壤及作物上之單位面積承受量必須通過研究試驗來建立，以決定單位面積上廢棄物最低用量 (limit designing parameter)。
(2) 民間推行必須由有關單位之組織與輔導，建立廢棄物使用計劃(Waste Application Scheduling Program, WASP)。
(3) 必須同時建立土壤水質監測制度，一般果園引用糞尿液常未顧及水力及其他成份之負荷率，難免有負面影響。

Utilization of Animal Wastes in Organic Agriculture

Shih-Ching Yen
Taiwan Sugar Research Institute

Summary

Animal waste has played an important role in traditional farming, because it was one of the sectors in nutrient flow and energy flow in the system of crop production. However ,as a consequence of the modernization of agriculture by increasing the use of chemical fertilizers and biocides and concentrated confinement production in modern livestock industry, the utilization of animal waste on farm has declined. This is a cause of the deterioration of cultivated soils and the degradation of quality of agricultural products. Besides it has created an environmental pollution problem in recent years.

Solution of the problems could be achieved by using modern technology to find out the parameters in dealing with soil treatment of animal waste for organic farming.

From the view point of pollution control,disposal of swine waste is one of the most difficult tasks confronting the raiser in Taiwan. However, Taiwan Sugar Corporation has experienced in land application of hog manure in sugarcane field with good results for decades. A good management of swine waste in upland crop field could achieve the following objectives:(1) pollution abatement with less investment and operation costs, (2) reducing chemical fertilizer application by nutrient recovery, and (3) good soil conservation by improved soil properties .

Depending upon the above conclusions, the following suggestions may be presented to governmental agencies of environmental protection and agricultural administration. For each hectare of cropped upland the excretion of 30 hogs could be easily treated with beneficial results. According to this rate of application, by organizing both farmers from crop production and hog raising, 67.41% of the total swine waste produced in this island could be disposed of on about 160,000 hectares of upland crop field. Beneficial results such as saving more than 50% of chemical fertilizer requirement and improved soil properties chemically, physically and biologically for providing a better start for organic agriculture could be expected.