

# 農畜產廢棄物之利用與堆肥化

簡宣裕

鄭智馨

行政院農業委員會農業試驗所農業化學系

## 一、前言

臺灣地理位置處於高溫、雨量充沛之氣候下，土壤有機物質很容易被分解，養分的淋洗非常快速，再加上農民辛勤耕耘的特性，使得農田幾乎隨時都處於耕作狀態，爲了維持作物的產量、品質，所以農民只好施用大量的化學肥料、農藥。然而，此種耕作方式相對的使生態、環境受到過量肥料、農藥的污染，使土壤的生物性質產生變化，灌溉水及飲用水受到污染，間接或直接的影響與傷害人類的的生活及環境。

又依據農委會資料顯示臺灣地區民國八十三年化學肥料三要素用量分別爲 26.3 萬公噸氮、7.4 萬公噸磷酐、10.5 萬公噸氧化鉀，當年所飼養之牛、豬、雞排泄物所含三要素量分別爲化學肥料施用量 58 %、233% 及 110% (表一)，禽畜糞尿所含之三要素量除氮外，若施入土壤中可全部取代化學肥料。

國內以往對農畜產廢棄物的處理與利用的方式，第一種方式爲直接堆棄於窪地、路旁或排放至河流、小溪，第二種方式爲焚燒掉，第三種方式爲直接掩埋於土壤中，第四種方式爲將部份農畜產廢棄物當做飼料或製成飼料用油，第五種方式爲經醱酵過程，穩定化後製成堆肥或當栽培介質使用。第一種與第二種方式，以環保的觀點而言是不允許的，第三種方式雖然有較省工、節省時間及能源的優點，但相對的有環境衛生、臭味、污染水源二次公害的問題，且直接施入土壤會造成作物根部缺氧、溫度及還原性太高、釋出有毒的物

質，影響作物生長，及使病害、蟲害發生的機率增加，第四種方式雖然沒有環保上的問題，但是不普遍，且非每種農畜產廢棄物的處理皆可採用，第五種方式將農畜產廢棄物經醱酵過程製成堆肥或栽培介質，是較合乎衛生安全、環境保護及經濟效益的做法。

表一、臺灣地區環境中由化學肥料使用及禽畜糞尿而來三要素投入量概估

來源	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	-----	萬噸 / 年	-----
化學肥料 (指標)	26.29 (100)	7.37 (100)	10.53 (100)
豬	7.36	4.64	2.77
雞	6.74	11.80	7.24
牛	1.10	0.75	1.56
禽畜糞尿總量 (指標)	15.20 (58)	17.19 (233)	11.57 (110)
化學肥料量 + 禽畜糞尿量	41.49	24.56	22.10

## 二、本省禽畜糞及主要農產廢棄物量

依據八十三年臺灣農業年報，本省飼養乳牛 117,043 頭，肉牛 32,069 頭，豬 9,844,920 頭，蛋雞 27,740,000 隻，肉雞 63,613,000 隻，乳羊 72,003 頭，估算一年禽畜糞總產量為 12,773,800 公噸如表二。又年主要農產廢棄物量，稻殼 370,700 公噸，甘蔗渣有 1,520,000 公噸，廢棄菇類木屑 119,250 公噸，

合計約有 2,009,950 公噸（表三）。故主要農產廢棄物和禽畜糞量，年約有 14,783,750 公噸，若以 35% 可製成堆肥，估計年生產量約 5,174,313 公噸，為國家寶貴資源。故為了生態系統、環境的維護及保育，如何加強利用此些農、畜產廢棄物來製造堆肥或有機質肥料，以回歸施用於農田，增進土壤生產力，是值得給與重視和鼓勵。

表二、臺灣禽畜糞年產量

禽畜	頭數	日排糞量 (公斤 / 頭)	年排糞量 (噸 / 頭)	年總排糞量 (噸 / 年)
乳牛	117,043	30	10.9	1,275,700
肉牛	32,069	15	5.5	176,300
豬	9,884,920	1.9	0.7	6,891,400
蛋雞	27,740,000	0.14	0.051	1,414,700
肉雞	63,613,000	0.13	0.047	2,989,800
羊	72,003	1.0	0.36	25,900
總量				12,773,800

表三、本省主要農產廢棄物年生成量及利用情形

種類	產生量	用於製 造堆肥	當作 燃料	未處 理量
		----- 噸 / 年 -----		
稻殼	370,700	31,490	少量	339,210
蔗渣	1,520,000	少量	1,220,000	300,000
廢棄菇類木屑	119,250	25,786	少量	93,464
總量	2,009,950	57,276	1,220,000	732,674

### 三、有機質肥料與堆肥的製造

#### (一) 伯卡西肥

##### 1. 材料

## 有機質肥料合理化施用技術

米糠 200 公斤，菜子粕 200 公斤，魚粉 100 公斤，骨粉 100 公斤。

### 2. 微生物

配製綜合性有益微生物及黑糖或糖蜜各 500 倍混合液 180 公升。

### 3. 製造方法

稱取黑糖 360 公克倒入塑膠桶內，加清水 180 公升，然後倒入綜合性有益微生物 360 cc 混合均勻，使其成為黑糖微生物水。將米糠、菜子粕、魚粉及骨粉混合均勻後，慢慢將黑糖微生物水倒入，直到濕潤程度，即以手握之可成塊，但鬆開手指稍加振動即刻散開，然後將混合好的材料平舖在水泥地面上，厚約 15 cm。上面蓋以麻袋，每天翻堆 1 次，使其溫度保持在 45℃ 以下（以手插入不覺得燙手的程度），約一星期左右，微生物充分繁殖後即可攤開讓其乾燥後裝袋以供使用，約可保存半年，如用塑膠布緊密封蓋不使其透氣時溫度就不會上升太高，就可不必翻堆，約經過 4-5 天即可掀開，將其攤開弄鬆後舖成薄層讓其乾燥後裝袋以供使用。

## (二)有機液肥

### 1. 氮質液肥

#### (1) 材料

清水 100 公升，豆粉 6 公斤，米糠 6 公斤，磷礦粉 1 公斤，海草粉 2 公斤，動物性胺基酸 1 公升，蛋 6 粒，黑糖 12 公斤，綜合性有益微生物 2 公升。

#### (2) 製造方法

準備 120 公升塑膠桶一個，將清水及全部材料倒入桶中後每天早晚各攪拌一次，每次約 3 至 5 分鐘，連續約 14 天，約經過 30 天左右即可使用。豆粉可改用菜子粕與花生粕等其他油粕類。

### 2. 磷質液肥

#### (1) 材料

清水 100 公升，米糠 3 公斤，煉乳 1 公斤，磷礦粉 6 公斤，海草粉 2 公斤，蛋 3 粒，黑糖 10 公斤，綜合性有益微生物 2 公斤。

### (2) 製造方法

準備 120 公升塑膠桶一個，將清水及其他全部材料倒入桶中，每天早晚各攪拌一次，約經過 15 至 30 天後即可使用。

## 3. 低氮磷質液肥

### (1) 材料

清水 100 公升，米糠 6 公斤，煉乳 1 公斤，磷礦粉或海鳥糞 3 公斤，海草粉 2 公斤，蛋 3 粒，黑糖 10 公斤，綜合性有益微生物 2 公斤。

(2) 製造方法與氮質液肥相同。

## (三) 堆肥

### 1. 堆肥須經堆積腐熟穩定化之原因

#### (1) 降低碳氮比或避免氮素損失

堆肥材料通常碳與氮比大時，若直接施用於土壤中，於施用後初期造成土壤中可供作物吸收利用之有效性氮素、磷素、鉀素減少，尤其以有效性氮的減少最受影響，對作物生長不利，故需要堆積腐熟。堆肥材料經堆積後，有機物開始分解，碳氮比逐漸降低至碳氮比穩定後便達到腐熟，堆肥材料之碳氮比之所以能降低，大部份是因為微生物自堆肥材料中吸取養分，做為繁殖、能源用，微生物吸取碳、氮數量之比，於微生物繁殖時是 10 比 1，於微生物活動時為 20 比 1，因此堆肥材料中之碳逐漸被分解、吸收而消化掉，因此碳氮比逐漸降低。碳與氮比低時，若直接施用則可能造成作物受氨氣的毒害，且直接進行堆肥化時，則氮素會以氨氣  $\text{NH}_3(\text{g})$  型式散發損失掉。

#### (2) 改善物理性

堆肥材料之莖桿、殘葉、稻草、樹皮等粗大有機物，大多堅硬強韌，物理性不好，經堆積分解腐熟後變成脆細、柔軟，

利於撒佈及與土壤混合均勻。

### (3) 減少有害成份

有機物分解時會產生硫化氫、甲烷、氫氣、酚、有機酸等物質對作物有害，若堆肥材料經過堆積分解，可減少有害成份。

### (4) 消滅病菌、蟲卵及雜草種子

很多病菌、蟲卵附著於穀實、莖桿等堆積材料上。堆肥製造期間溫度最高可達到 60°C 至 80°C，大部分病菌、蟲卵、雜草種子在此種溫度下可被殺滅。

### (5) 避免直接施用於土壤時產生高溫缺氧，影響作物之生長

家畜、家禽糞雖然碳氮比低但含有大量易被微生物利用之醣類時，此些醣類經微生物分解、醣解作用(glycolysis)產生丙酮酸、丙酮酸乙醯化生成乙醯輔酵素 A (acetyl-CoA)而進入檸檬酸循環(tricarboxylic acid cycle)生成 NADH<sub>2</sub> 及 FADH，NADH<sub>2</sub> 及 FADH 進入電子傳遞系統(electron transport system)產生 ATP。微生物活動、繁殖時 ATP 變成 ADP、Pi 及能量，所釋出能量供微生物進行代謝作用及促使周圍環境缺氧而且溫度上升，而影響到作物的正常正長。

## 2. 堆肥醱酵最佳條件

### (1) 足夠的氧氣

堆肥醱酵中分解有機物的微生物係屬於好氣性微生物，所以氧氣的供給是非常重要的。供給氧氣的方法如機械翻堆、送風機送風等，氧氣不足時由於厭氧性微生物增殖，不但分解困難且產生硫化氫、低級脂肪酸、低級醛等臭氣。但送風量過大或攪拌過度，醱酵熱及水分消失快，溫度急速下降。瑞穗尚等人報告適當的送風量是每噸每公鐘 200 公升。

### (2) 適當的水分

水分是微生物增殖必要的條件，如果水分含量低於 30% 以下，微生物的增殖即被抑制。相反如果水分含量高於 70% 以上，則空隙率低，空氣不足，嚴重時反而成爲厭氣醱酵

狀況，堆肥醱酵速度變得很慢。堆肥醱酵最適當的含水率是 60 至 65%，水分調整的方法常用的有四種為添加稻殼或木屑等有機纖維物、機械脫水、塑膠乾燥房乾燥、添加已醱酵堆肥。

### (3) 調整碳氮比例

堆肥醱酵時有機物由微生物分解，而微生增殖、活動的能源是來自營養分中的碳化合物，形成細胞時最適當的碳氮比例是 20:1。家畜種類的不同，糞中所含的碳氮比值不一，牛糞為 20 至 23，豬糞為 10 至 15，所以堆肥化處理時牛糞可不必另外調整其碳氮比值，而豬、雞糞應適當調整，而調整材料以稻殼、木屑居多。

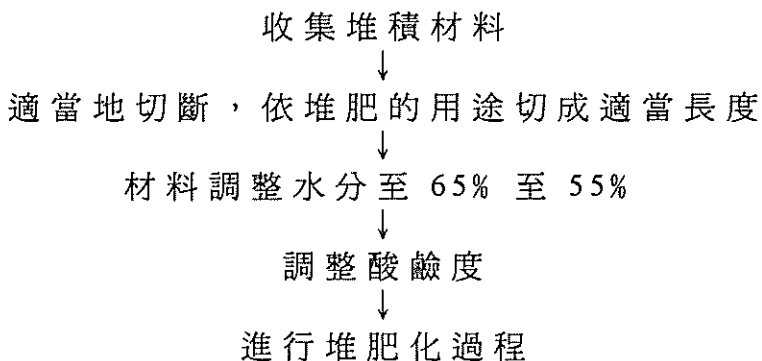
### (4) 酸鹼值

分解堆肥的微生物喜好微鹼性，即 pH7.0 至 8.0，一般禽畜糞製作堆肥不必調整 pH，但貯存時間久而 pH 降低時可用石灰調整。

### (5) 適合的堆積高度

堆肥材料堆積高度的不同，則單位容積內的重量有差別，一般而言堆積高度愈高，容積重愈大，孔隙率減少，氧氣之供給困難，在送風式堆肥製作時，仍以不超過 1.5 公尺為宜。

## 3. 堆肥製造步驟



#### 4. 進行堆肥化過程之方式

臺灣農產廢棄物進行堆肥化過程的主要方式，可以歸納為七種，農民或業者可依禽畜糞及農產廢棄物的種類、處理量、投資額等條件參考採用。一般堆積方式若設備投資較少，則處理期間較長約 2 至 3 月。而機械攪拌方式，設備投資及維持費較多，但堆肥化所需要的時間較短，約 2 至 3 週。各種進行堆肥化之方式為裝袋堆積式、箱型送風式、堆肥舍堆積方式、送風設施配合堆肥舍式堆積方式、橫軸迴轉攪拌方式：橢圓型醱酵槽式或條溝型醱酵槽式、杓子式攪拌方式：套裝杓子堆肥自動翻堆機配合 U 型鋼板式醱酵槽及不設發酵槽而以天車懸臂杓子翻堆機翻堆、密閉圓筒式發酵槽：直立圓筒醱酵槽式與橫式圓筒醱酵槽式。

### 四、製造堆肥時材料碳氮比值以及水分調整之估算

農產廢棄物用來製造堆肥時，要注意的兩個重要因子是碳氮比值與水分含量。碳與氮比值大之有機質材料用來製作堆肥時，微生物雖然有足夠之碳化合物當做活動時能源，但是氮含量比例少，而使碳氮比值下降速度緩慢，堆肥發酵腐熟所需要的時間長，往往須要 3 或 4 個月甚至半年或一年以上的時間。缺碳氮比值小的有機質材料因為含氮比例量高，在堆肥醱酵過程中可能會有大量氮揮發，造成氮素損失。故要加速有機物質之發酵腐熟速度，以及減少在堆肥製作過程中氮肥的損失，事先調整製作堆肥材料的碳氮比值以及水分含量是須要的步驟。依據前之研究經驗將製作堆肥材料之碳氮比值調整為 30 天較有利於發酵，因為在此種碳氮比值情況下，可以用來製作快速堆肥且避免製作過程中氮素的損失。製造堆肥時，雖然其他發酵條件完備，但是不能保有適當的



水分條件，則發酵腐熟速度會緩慢，亦不能得到優良的堆肥。

調整堆積材料為適當之碳氮比值以及水分含量的估算，首先須要對農畜產廢棄物的成分加以了解，表四為幾種材料之化學成分，可以供給各位讀者參考，不過最好先還是將自己想要製作堆肥之有機質材料經由專業人員化驗分析，然後依據有機物質中各成分之含量，參考下列方法計算即可。

表四、幾種製造堆肥有機質材料之水分含量、碳及氮含量

	碳	氮	水分	碳氮比值
	%			
豬糞	43	3.0	72	14.3
雞糞	34	4.2	56	8.1
牛糞	51	2.7	84	18.8
稻草	53	0.7	14	76.0
稻殼	53	0.6	12	88.3
廢棄太空				
包木屑	45	0.7	67	64.3
闊葉樹				
樹葉	55	1.2	15	45.8

#### (一)調整堆積材料的碳與氮比值為 30

若以雞糞及稻草當做材料，混合發酵製作堆肥為例。由表四可以知道雞糞含氮 0.7 %、碳 34 %、碳與氮之比值為 8.1、水分含量為 56 %，稻草含氮 0.7 %、碳 53 %、碳與氮之比為 76、水分含量為 14 %。設堆積材料總乾重為 100 公斤，雞糞佔 X 公斤則稻佔 100 - X 公斤，混合後之碳氮比值調為 30，水分含量為 65 %。依照下列式子加以計算：

因為

$$\frac{\text{堆積材料含碳量}}{\text{堆積材料含氮量}} = \frac{(X)(34) + (100-X)(53)}{(X)(4.2) + (100-X)(0.7)} = \frac{30}{1}$$

(X)(34) --- 來自雞糞碳重量。

(100-X)(53) --- 來自稻草之碳重量。

(X)(34) + (100 - X)(53) --- 堆積材料含碳重量。

(X)(4.2) + (100 - X)(0.7) --- 堆積材料含氮重量。

所以

$$(30)(X)(4.2) + (100 - X)(0.7)(30) = (X)(34) + (100 - X)(53)$$

$$126X + 2100 - 21X = 34X + 5300 - 53X$$

$$126X - 21X - 34X + 53X = 5300 - 2100$$

$$124X = 3200, X = 25.81 \text{ 公斤 --- 乾雞糞重量。}$$

$$100 \text{ 公斤} - 25.81 \text{ 公斤} = 74.19 \text{ 公斤} - \text{乾稻草重量。}$$

$$\frac{25.81 \text{ 公斤}}{0.44} = 58.66 \text{ 公斤 --- 含水分雞糞重量}$$

$$\frac{74.19 \text{ 公斤}}{0.89} = 84.19 \text{ 公斤 --- 含水分稻草重量}$$

故將 58.66 公斤含水分雞糞和 84.19 公斤含水分稻草相互混合後，便能使堆積有機質材料的碳氮比值調整為 30。

(二) 調堆積材料的水分含量為 65 %

因為

$$(58.66)(0.56) = 32.85 \text{ 公斤 -- 來自雞糞之水分量}$$

$$(84.19)(0.14) = 11.79 \text{ 公斤 -- 來自稻草之水分重量}$$

且設需要添加的水量為公斤，則

$$\frac{\text{來自雞糞水量} + \text{來自稻草水量} + \text{添加水量}}{\text{雞糞量} + \text{稻草量} + \text{需要添加水量}} = 0.65$$

$$\frac{32.85 + 11.79 + Y}{58.66 + 84.19 + Y} = 0.65$$

$$\frac{44.64 + Y}{142.85 + Y} = 0.65$$

$$(0.65)(142.85 + Y) = 44.64 + Y$$

$$92.85 + 0.65Y = 44.64 + Y$$

$$Y - 0.65Y = 92.85 - 44.64$$

$$0.35Y = 48.21$$

$$Y = 137.74 \text{ 公斤 --- 需要添加水重量}$$

故將 58.66 公斤雞糞和 84.19 公斤稻草相混合，然後再添加 137.74 公斤水，就可以讓製作堆肥材料的碳氮比值為 30，而且水分含量為 65%。上述例子是調整製作堆肥材料之水分及碳氮比值為 65% 和 30，若是讀是或農民想將不同製作堆肥有機質材料調整至自己所希望之水分含量、碳氮比值，則可參考以上作者所寫的方程式，計算出各種材料應該的混合和重量以及須要添加之水分重量。

