

## 禽畜糞堆肥的製作及使用要領

陳仁炫<sup>1\*</sup>

### 摘要

禽畜糞雖可直接施用於田間，但因易造成土壤局部缺氧，釋出有毒物質，或易滋生病蟲害，故對作物生長及環境產生不良的影響。禽畜糞的最佳利用方式，乃配合其他農業廢棄資材以適當的比例混合，並經過堆肥化作用，而製成良好的堆肥，再回歸土地。禽畜糞堆肥品質之良窳，攸關施肥後之作物，土壤和環境品質，亦影響在市場上之商機和堆肥場之永續經營。原料(禽畜糞和水分調整材)的安全性，原料間的配比，堆肥化的條件(水分、溫度、通氣量及堆肥化時間)，決定禽畜糞堆肥的品質及成分穩定性。本文係針對禽畜糞的特性，禽畜糞堆肥的製程和其特性及禽畜糞堆肥的問題和改善對策提供禽畜糞堆肥的合理化製作及使用要領，以供相關人士參考。

關鍵詞：禽畜糞堆肥、品質、合理施用、重金屬、腐熟

### 壹、前言

本省禽畜排泄物年產甚豐，若隨便排放，將對環境造成很大的衝擊。禽畜糞富含有機質及部份植物所需之養分，若配合其他農業廢棄物(如米糠、稻殼、木屑、太空包、蔗渣、稻草....等)，再將之經過堆肥化腐熟過程後，可製成具多重功能之禽畜糞堆肥。若能有效的管理及正確的施用於農地，除了可達到資源回收再生利用的目的外，亦可增進土壤的地力，促進作物的生長，亦可減輕對環境及自然生態的衝擊。禽畜糞堆肥的推廣和使用，必需要先瞭解其特性。再藉由特性的瞭解，方能訂出發揮其優點，減輕其缺點的肥培管理及經營策略。

由於不同家禽和家畜所排放的糞便中，其養分含量，有機質和水分含量並不同，再加上所配合之堆肥質材成分和配方之不同，故所製成的堆肥成品之養分含量差異不小。肥料管理法已於88年6月16日公告，且新增「禽畜糞堆肥」品目。行政院農委會更於該年8月公告「肥料成分含量容許差」，從此「禽畜糞堆肥」有專屬的品目規格，且必需遵守肥料管理法之約束。農委會在2008年3月公告修正「肥料種類品目及規格」，對禽畜糞堆肥品目標準亦重新修正(農糧署，2008)。基於禽畜糞堆肥的成分不若化學肥料來得穩定，反倒是其成分變異甚大，因此「禽畜糞堆肥」業者在選材，堆肥製程和質材配方上更需謹慎，以求堆肥成品之成分穩定性。禽畜糞堆肥的推廣，必需對成品中所含的養分量及堆肥的性質先有所瞭解，且需定期的偵測以確保堆肥的品質。

---

<sup>1</sup>國立中興大學土壤環境科學系教授，中華土壤肥料學會理事長

## 貳、畜產廢棄物之種類和特性

在家禽和家畜的飼養中，難免會產生為量不少的廢棄物；若將之隨處拋棄則易造成環境的衝擊，包括空氣和水質的污染，並衍生公共衛生的威脅；若棄置於垃圾掩埋場，將縮短掩埋場的壽命；若以焚化爐焚燒處理則無疑將增加焚化爐的負擔及影響焚化的效果。然而有甚大比例的畜產廢棄物，實際上若能小心的處理和合理的使用，畜產廢棄物具有不可忽視的再生資源利用的潛力。茲將主要具有再生利用的畜產廢棄物種類和其特性介紹如下：

### 一、禽畜糞(animal manure)

依飼養之家禽及家畜的種類不同，飼料中所含之氮約 70~80%，所含磷酐( $P_2O_5$ )約 60~85%和約 80~90%的氧化鉀( $K_2O$ )會隨糞便排出體外，故禽畜糞含作物生長所需的氮、磷和鉀(Klausner, et al., 1984)。禽畜糞中除含量高氮、磷、鉀、及其他要素外亦含高量有機質，若能回收利用，除可增進土壤生產力且可減輕對環境所產生之衝擊。禽畜糞雖可直接施用於田間，但因易造成土壤局部缺氧，釋出有毒物質，或易滋生病蟲害，故對作物生長及環境產生不良的影響。禽畜糞的最佳利用方式，乃配合其他農業廢棄資材以適當的比例混合，並經過堆肥化作用(Composting)，而製成良好的堆肥，再回歸土地。

### 二、禽畜廢棄物(animal waste)和家禽墊料(poultry litter)

部分家禽和家畜養殖中常利用墊料(如粗糠、蔗渣、木屑)來吸附糞便和尿液，因此禽畜糞常與墊料混合而一起清除，此種廢棄物除含禽畜糞、墊料外，亦含有未消化的飼料顆粒(如玉米粒、麥皮、豆渣皮、肉骨粉、魚粉....等)、泥土、消毒水、沖洗水及家禽屍體...等。禽畜廢棄物因含有機質和部分作物養分，故除可當肥料的來源外，且具有製成飼料原料的潛力，唯禽畜廢棄物常含病原菌，故必須經熱處理(heat treatment)或堆肥化(composting)過程先除去病原菌後方可使用。

### 三、豬糞尿廢水污泥

豬糞尿廢水處理後濃縮沈澱之污泥，其中包括未分解的豬糞固體、懸浮固體及微生物菌體等，經脫水乾燥後可製成污泥餅而當有機質肥料用，唯遇水後會產生發酵生蛆及惡臭現象，故宜製成堆肥後再利用(郭等人，2000)。郭(2000)曾利用豬糞尿廢水污泥，研製污泥花盆。郭和蘇(2003)亦曾評估豬糞尿污泥作為栽培土之可行性。林等人(2003)亦曾評估養豬場污泥及污泥堆肥應用於作物栽培之效果。由於畜牧場污泥的重金屬累積量較多，故使用時宜注意其重金屬含量。

## 參、禽畜糞堆肥的製作

堆肥製造是藉由細菌、真菌、放線菌或蚯蚓之連續作用而將有機物質分解

和回收再利用成富含腐植質之土壤改良物的自然過程，其最終產物為一呈黑棕色或黑色且具有像土壤氣味之穩定腐植物質。依據農委會肥料品目標準之規定，禽畜糞堆肥之製程應為以禽畜糞為主原料(50%以上)，添加適量稻殼、木屑、菇類培植廢棄包之內容物、花生殼、蔗渣等調整材，經過翻堆醱酵腐熟，調配成分、堆置風乾等程序所製成之堆肥(農糧署 2008)。

## 一、堆肥化階段

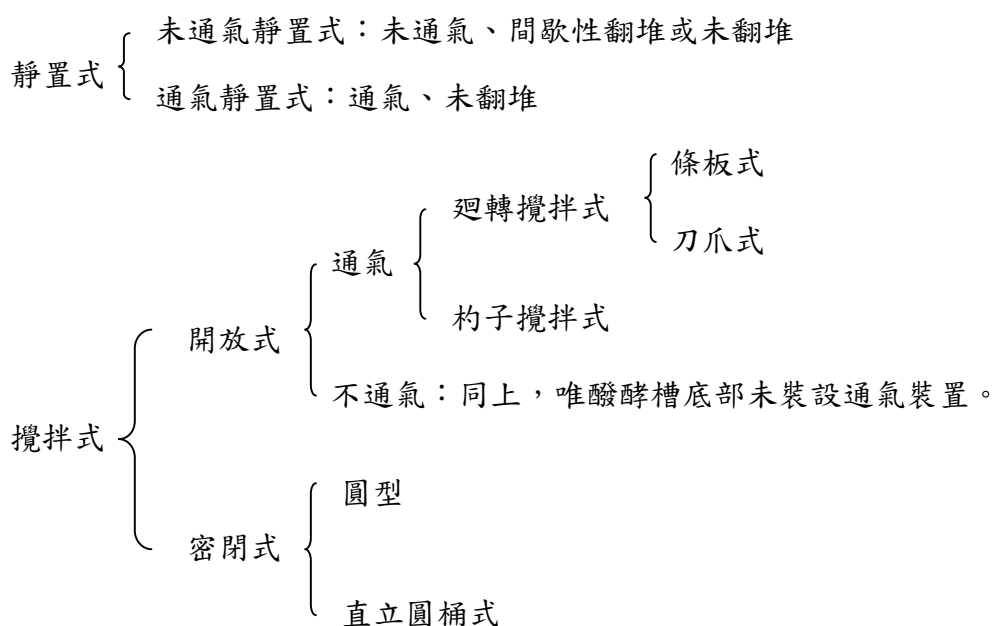
堆肥化乃依靠自然界的細菌、放射菌、真菌等微生物，在一定的操作條件下，有效的控制並促進可被微生物降解的有機物質轉為穩定腐植質(humus)的生物化學過程，實質上，就是基質的微生物醱酵的過程。在整個堆肥化過程中係利用不同特性的微生物接替擔負分解的工作。一般而言，堆肥化過程中之溫度，二氧化碳釋放量及相的變化，可分為三個階段(工業局，2005)。

- (一)、中溫階段：堆肥化的初期，堆層溫度約為 15~45°C，由中溫和嗜溫性微生物(真菌、細菌和放射菌)主司其職，主要以易分解的醣類和澱粉類作為基質。
- (二)、高溫階段：當溫度超過 45°C，即進入高溫階段，此時嗜溫菌已受到抑制或死亡，取而代之的為嗜熱性微生物，其負責分解堆肥中殘留(半纖維素，纖維素，蛋白質，木質素....)和新形成的可溶性有機物。在 50°C 左右以嗜熱性真菌和放射菌最為活躍，60°C 以上則真菌完全停止活動，而嗜熱性放射菌和細菌仍持續作用，待溫度升至 70°C 以上，大多數嗜熱菌已不再適應，因而進入死亡或休眠。許多研究則引入耐高溫菌，以繼續執行纖維和木質素的分解，可加速分解及縮短堆肥化時間。
- (三)、降溫階段：高溫階段後，剩下的部分為較難分解的有機物和新形成的腐植質，此時微生物活性已下降，發熱量減少，堆肥溫度下降，嗜溫性微生物再佔優勢，對殘餘較難分解的有機物再進行分解，腐植質不斷增加而達穩定狀態，亦即趨向腐熟階段。

## 二、堆肥化方法

堆肥的醱酵可分好氣醱酵和厭氣醱酵兩種，差別即在於氧氣濃度是否足夠。一般而言，好氣堆肥化具有溫度高，基質分解較徹底，堆肥化時程較短，臭味較少及可採用機械化....等優點，而厭氣堆肥化係利用厭氣微生物執行分解反應，溫度較低，技術較簡單，堆肥中養分保存量較多，但堆肥化時程較長，臭味較濃，分解及醱酵不完全，堆肥 pH 較低，堆肥品質較差則為其主要的缺點所在。

國內禽畜糞堆肥的製造，依廠房的規模，廠房設施，禽畜糞處理量，堆肥化方式，投資額....等因素之不同，大致可分為靜置式和攪拌式兩大類(圖一)。茲簡要分類如下：



圖一、禽畜糞堆肥製作方式

### 三、堆肥化的條件

- 1. C/N 比：**在堆肥化過程中，微生物需要碳(C)作為能量來源，需要氮以構成細胞體及維繫細胞體。禽畜糞和調整材混合後，最佳的堆肥化起始 C/N 比為 25~30。C/N 比若太高，微生物分解作用會因缺 N 而使有機物分解較慢，故堆肥化所需時間會較長；若 C/N 比太低，則易造成氮的逸失及臭味的產出。一般新鮮禽畜糞的 C/N 約為 10~18，故宜添加含碳調整材(如木屑，米糠，蔗渣，稻殼，菇類養殖廢包內含物....等)，以使堆肥化初始 C/N 為 25~30。
- 2. 溫度：**堆肥化過程中，微生物新陳代謝所產生的熱不斷累積，在正常情形下所產生的熱可使堆肥溫度升高達 60°C，甚至 70°C 以上，此高溫可維持一段時間，不但可促進微生物反應，縮短腐熟時間，且可殺死病原菌，雜草種子及蟲卵，唯若溫度繼續上升，堆肥中微生物活性反而下降，甚至死亡，故需翻堆，使堆肥之高溫區與低溫區混合，以降低堆肥溫度，而使微生物繼續進行好氣醱酵作用。待翻堆數次後，而堆肥溫度不再上升時，即為堆肥化完成之日。
- 3. 水分：**水分為微生物生長所必要的，一般堆肥化起始的水分含量約為 50~60%；當堆積物的水分含量低於 40% 以下時，堆肥醱酵分解速率會因微生物活性降低而減緩，而當堆積物水分含量高於 60%，則因水分含量過高及氧氣不足而呈厭氣醱酵，致醱酵減慢。一般新鮮禽畜糞的水分量均較高(如豬糞：70~85%，牛糞：75~90%，雞糞：50~87%)(Wortmann *et al.*, 2006)，故常需添加水分調整材(如木屑，稻殼，腐熟堆肥....等)，以使堆積物初始

的水分含量約為 60%，以利好氣發酵及縮短堆肥化時間。

4. **通氣**：為促進堆肥化作用，宜保持在好氣狀態，以利好氣微生物進行好氣分解。由於好氣微生物的分解速率為厭氣微生物的 10 倍以上，故堆肥化過程中應使氧氣(O<sub>2</sub>)含量連續維持在 8% 以上，而定期翻堆和通風為提供氧氣的兩大策略。在通風過程中，首要注意是供氧的濃度，堆肥過程合適的 O<sub>2</sub> 濃度應大於 18%，最低 O<sub>2</sub> 濃度不得低於 8%，一旦低於 8%，O<sub>2</sub> 就會成為好氣堆肥中微生物的限制因素，還會產生惡臭(工業局，2005)。

#### 四、禽畜糞堆肥化之優缺點

##### 1. 優點：

- (1) 有機質穩定而不會再因厭氣分解而產生臭味。
- (2) 腐熟之禽畜糞堆肥具有土壤之氣味而無臭味，對人體及環境較友善，接受度較高。
- (3) 依原料的特性，可減少 25~50 % 體積，具廢棄物減量的功效。
- (4) 堆肥化過程中所產生的熱可殺死雜草種子，蒼蠅卵及病原菌。
- (5) 合理的施用可增進或改善土壤性質，提高土壤生產力及增進作物的品質和產量。

##### 2. 缺點：

- (1) 堆肥化過程中，部分氮和養分會損失。
- (2) 生產成本較高，包括廠房和機械(翻堆機，混合機，包裝機，除臭設備等)的設置及維修，禽畜糞的收集及運送，水分調整材的購置，製程的管控。
- (3) 產品產出的時間受限於原料的特性及堆肥化所需時程。
- (4) 養分釋放速率變緩。

#### 肆、禽畜糞堆肥之品目標準及其特性

禽畜糞堆肥(品目編號 5-09)(農糧署。2008)

##### 1. 性狀：固態。

##### 2. 成分

- (1) 有機質 40 % 以上。
- (2) 全氮(N)含量應在 1.0 % ~ 4.0 %，全磷酐(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)含量應在 1.0 % ~ 6.0 %，全氧化鉀(K<sub>2</sub>O)含量應在 0.5 % ~ 5.0 %。
- (3) 銅含量 ≤ 110 mg/kg，鋅含量 ≤ 600 mg/kg，鎘含量 ≤ 2.0 mg/kg，砷含量 ≤ 25.0 mg/kg，鉻含量 ≤ 150 mg/kg，鎳含量 ≤ 25.0 mg/kg，汞含量 < 1.0 mg/kg。(98 年 12 月 31 日止)
- (4) 銅含量 ≤ 100 mg/kg，鋅含量 ≤ 500 mg/kg，鎘含量 ≤ 2.0 mg/kg，砷含量 ≤ 25.0 mg/kg，鉻含量 ≤ 150mg/kg，鎳含量 ≤ 25.0mg/kg，汞含量

≤1.0mg/kg。(99年1月1日起)

### 3. 限制事項

- (1) 不得混入化學肥料，礦物、污泥，植物渣粕、魚粉、肉骨粉、廚餘、炭化稻殼，泥炭等物料或經化學處理之殘渣。
- (2) 不得混入非屬「肥料登記證申請及核發辦法」第5條第3項規定之事業廢棄物。
- (3) 水分含量<35%。
- (4) pH值5.0以上，9.0以下。
- (5) 碳氮比(C/N)10以上，20以下。

### 4. 特性

- l 除含高量有機質外，亦含作物所需之氮、磷、鉀、鈣、鎂及微量元素，可謂為一綜合肥料，且為優良之土壤改良劑。
- l 大部分的氮、磷和硫及部分微量元素皆需經微生物分解有機質的過程(即礦化作用)方能釋出。礦化作用的快慢又受禽畜糞種類、堆肥資材的種類及堆肥化環境(如水分、通氣性、pH、溫度)的影響。一般而言，雞糞堆肥之分解和養分釋放速率比牛糞和豬糞堆肥快。
- l 注意所使用之禽畜糞堆肥的銅、鋅、鎘、鉻、鎳等重金屬含量和電導度，避免長期大量的使用，以減輕對土壤品質的危害，最好能與植物性堆肥輪流使用。
- l 肥效較遲緩，但較持久。較適於培育地力，改善地力及長期作物使用，且僅當基肥而不適宜追肥使用。禽畜糞堆肥需經微生物之礦化作用方能釋出養分，加上堆肥之雜質(固形物)會產生沉澱且阻塞供液之管線，故禽畜糞堆肥不適用於被用來配製養液，除非將之製成有機液肥且經過濾後才能被使用於養液栽培。
- l 由於每批禽畜糞及堆肥原料之成分不穩定，再加上在堆肥化過程中水分和溫度的控制較難一致，故堆肥成品之成分變異較大。業者必須偵測自行生產之禽畜糞堆肥成分，訂定固定的製程(包括原料、配方、堆肥化條件..等)，以求製成成分較穩定且變異較小的堆肥成品。
- l 由於養分含量較低，且需要較長期間的堆肥化腐熟過程，所以成本較高，售價也較高，唯禽畜糞堆肥之價值，不可僅以單位養分的售價來評估，其在土壤性質上的改良功效，則非可用價錢來估算的。
- l 因富含有機質，故禽畜糞堆肥的施用具有改善土壤物理性(增進通氣性、排水性、保水性及團粒構造，減輕壓實)，土壤化學性(供應養分、去毒、增加緩衝能力...)及土壤生物性(提供微生物能源，增進有益微生物族群及活性....等)的多重功效。唯不當的使用禽畜糞堆肥亦會發生破壞土壤品

質及污染環境之弊害。

## 伍、優質禽畜糞堆肥

堆肥成品的優劣，往往影響施用後對土壤、作物和週遭環境的衝擊，進而影響到農友購買和使用的意願。優質的禽畜糞堆肥易得到農友們的贊譽，並會得到農友免費代為宣傳的無形獲益。反過來說，劣質禽畜糞堆肥的供應則易得到抱怨，甚至糾紛不斷，進而影響商機。優質堆肥的製成及宣傳有助於成品的銷售及生意的擴展，此即為業者必需追求的目標所在。優質禽畜糞堆肥的基本條件：

- (1) 肥料成分穩定，符合肥料品目標準(包括成分含量及檢驗容許差)。
- (2) 腐熟、品相佳且無臭味。
- (3) 不含雜草種子，蟲卵、病原菌及不純物。
- (4) 水分含量適中。
- (5) 有害成分低(如重金屬、有機毒物質)。
- (6) 電導度低

## 陸、禽畜糞堆肥的使用要領

### 一、宜使用腐熟的禽畜糞堆肥

直接將禽畜糞或將其曬乾後，施用於農地，雖然亦具有增進土壤有機質和提供作物養分的功效，且可減少堆肥化過程所需的設備和時間的付出，因此購用的價錢相對地比禽畜糞堆肥低，故此在許多地區，尤其是山區，直接施用乾雞糞，乾豬糞的現象並不少見。諸不知這種作法只考量到直接使用禽畜糞的好處，而忽視了這種做法對土壤，對作物，對環境，及對社會所帶來的傷害。許多農友認為「禽畜糞經乾燥後，即可得腐熟的效果」，此觀念並不正確。在農地上施用未腐熟禽糞堆肥的潛在問題包括：

- (1) 未腐熟堆肥施入土壤中，碰到水後會繼續起發酵作用，而在發酵過程中會產生熱及有毒揮發性氣體而傷害到作物的種子和作物的根系，進而抑制作物的生長。
- (2) 未腐熟堆肥中之蟲卵和病原菌仍未完全消滅，且帶有臭味。若將其施用於農地，無疑地也將這些病原菌和蟲卵引入農地，使得病原菌危害作物的生長，且傳播到週遭環境中，嚴重時可威脅人畜的健康。蟲卵孵化後，會使得週遭環境，尤其是蒼蠅族群的增加，再加上臭味的飄散，常使得環境衛生及生活環境品質的降低，且威脅人畜的健康。
- (3) 未腐熟堆肥中常含有雜草種子，將其施於土壤後，會增加雜草滋長及蔓延的機會。由於雜草會與種植中的作物競爭土壤中的水分和養分，故往往影響作物的正常生長。

- (4) 一般在飼養禽畜時，往往在飼料中會添加一些無機鹽類，因而使得禽畜糞的可溶性鹽類含量較高，故大量或連續施用禽畜糞堆肥時，會使得土壤累積過多的可溶性鹽類，而導致土壤導電度(EC 值)的增高(陳和曾，2003)，如此不但不利於作物根系對水分和養分的吸收，且會逐漸破壞土壤物理性而降低土壤的品質。

**【改善對策】：**

1. 將禽畜糞和其他農場廢棄物(如稻殼、米糠、蔗渣、太空包、木屑...等)予以堆肥化，藉由堆肥化過程中所產生的高溫(通常會高於 70°C)來殺死病原菌，雜草種子，及蟲卵，且可藉由堆肥化過程使有機資材的 C/N 比降低，而得到腐熟而質優的堆肥。雖然堆肥是否腐熟的評估方法甚多，且未有絕對的方法，唯最起碼腐熟的堆肥不會有臭味[尤其是阿摩尼亞(NH<sub>3</sub>)之味道]，且碰到水後不會發熱。
2. 藉由禽畜糞和農場廢棄物間比例的調整，可降低堆肥之鹽分，銅或鋅的含量。

## 二、注重禽畜糞堆肥的品質

有機質肥料常見成分不穩定和品質不均的問題，禽畜糞堆肥亦有相似的現象。堆肥的有機質和養分含量常因堆積之禽畜糞和調整材的比例，堆肥化過程之溫度，水分和時間的不同而異，若無法控制資材之比例和堆肥化的條件，每一批次所生產的禽畜糞堆肥的有機質和養分含量都將不同，且變異不小，因此常常使使用者難以估算施用量。以往不少業者之肥料袋上所標示的成分含量與實際堆肥成品的成分含量常有落差，因此而造成的困擾亦偶見。為了增強家禽或家畜的抗病力或加速它們的生長速度，家禽和家畜的飼料中常添加硫酸銅或硫酸鋅。許多研究結果證實禽畜所吃入體內的銅和鋅絕大部分會隨著糞便排出體外，因此部分禽畜糞中可能含有高量的銅或鋅。陳與曾(2001)曾針對含銅或鋅過量的禽畜糞堆肥場之源頭養殖場的糞便進行逆向追蹤，發現糞便中確實存在銅或鋅含量過高的現象，范(2001)及范(2002)在針對源頭養殖之飼料進行重金屬逆向追蹤，亦發現部分飼料及礦鹽中確實含過量的銅、鋅或其他重金屬。若過量或長期的使用重金屬過高的禽畜糞堆肥，不但無法達成增進作物品質和土壤生產力的效果，反而會導致作物品質的下降及品質的劣化(陳等，2000)。

**【改善對策】**

- (1) 堆肥業者宜建立穩定之禽畜糞與調整材(米糠，稻殼，太空包，蔗渣....)的比例，及堆肥化條件(水分、溫度、時間)，以追求堆肥成分之穩定性和均一性。

- (2) 堆肥業者在堆肥過程中宜避免摻入不明廢棄物(尤其是工業污泥)，若要加入，所有廢棄物均需先檢測其安全性(尤其中重金屬和有機毒物質)並通過作物毒害試驗，以特案申請方式審定。
- (3) 定期監測禽畜糞堆肥的成分。國立中興大學土壤調查試驗中心這幾年均接受行政院農委會中部辦公室的委託，進行政府輔導之 50~60 家禽畜糞堆肥場之堆肥成品的成分分析，確實也發現部分禽畜糞堆肥之養分成分及重金屬含量不符肥料品目之規範(陳等，1999；陳等，2000；陳等，2002)。

### 三、合理施用禽畜糞堆肥

合理化施肥的精神在於依適地，適作，適量及適法的原則來施用肥料。禽畜糞堆肥的合理施用也必需按此要領來實施。事實上，許多農友對於禽畜糞堆肥的施用量仍屬在摸索，仿效及隨意的階段，甚多在每一作物種植之前均添加大量禽畜糞堆肥。

殊不知禽畜糞堆肥和化學肥料的特性不同，禽畜糞堆肥所含的養分除部分係溶出外，大部分的氮、磷和硫需經由微生物參與的礦化作用始能釋出，故禽畜糞堆肥可說是緩效性肥料，且具有多年殘效的功能；即今年施入的禽畜糞堆肥，除約有 50% 的氮可在今年釋出外，尚有部分的氮會在明年，甚至後年再釋出。換言之，若常年在農地中施用禽畜糞堆肥，則今年種植之作物，除可由今年度施入的禽畜糞堆肥中獲得養分外，尚可由去年甚至前年施入的禽畜糞堆肥中取得到部分養分。由於農友不瞭解或忽視去年及前年施入之禽畜糞堆肥所殘留養分的貢獻，而完全依欲種植作物的需求，在每一作物種植之前均施用禽畜糞堆肥，尤其在本省盛行之一年種植多次作物的栽培方式(集約栽培)，由於禽畜糞堆肥大量且重複的施用下所造成土壤有機質，鹽分和重金屬累積及養分過多的現象更是時有所聞。禽畜糞堆肥的施用對土壤物理，化學及生物性等性質的改良貢獻，為不可否認之事實，但是也惟有在“合理施用”下才可得到此效果，而不合理的施用，尤其是過度的施用，仍會造成作物的毒害現象，土壤品質的降低和對環境衛生及人畜健康造成負面的效果，此乃使用禽畜糞有機質肥料者所不可忽視的。確記！土壤一旦蒙害，若要使其回復生機，要使其能永續利用，則需付出難以估計的整治和改良代價。

#### 【改善對策】：

- (1) 分析土壤和所欲使用之禽畜糞堆肥的養分含量，瞭解土壤目前的肥力狀況及禽畜糞堆肥實際能供應的養分量，並確定土壤中殘留之養分量和施入之養分量不要超過作物的需要量。

- (2) 依植體和土壤之分析測值及禽畜糞堆肥之成分含量來決定適當的堆肥使用量。禽畜糞堆肥中養分的釋出和化學肥料不同，化學肥料大部分均為速效性的，而有機質肥料中之有機氮，有機磷和有機硫需經微生物主宰之礦化作用而轉換成無機氮，無機磷和無機硫才能被作物吸收利用，因此禽畜糞堆肥中養分的釋出量應由養分含量配合礦化速率來計算，而不可直接把禽畜糞堆肥之養分含量視為速效性來計算，也不可把別家產牌的分析結果直接套用。一般而言，礦化速率會隨堆肥特性，土壤水分，土壤溫度及土壤特性等因子有變，唯如果未測定礦化速率的話，粗放的可將施用之禽畜糞堆肥中所含的氮，磷和鉀總量分別乘以 0.5，0.7 和 0.7 當作可釋出之量來估算，如果是施用在強酸性土壤，磷之釋出百分率可以 30% 來估算。上述的比例均屬粗放而大約之數值，僅供參考。
- (3) 含氮量高之土壤不適合施用高氮之禽畜糞堆肥。
- (4) 含可溶性鹽類高的禽畜糞堆肥尤需注意其施用量及土壤的負荷狀況，以避免造成土壤之電導度(EC)太高而抑制作物的生長及土壤的劣化。
- (5) 避免完全靠禽畜糞堆肥的施用來供應作物生長所需的養分，可採與化學肥料配合施用之「合諧施肥」或採與其他植物性有機質肥料輪替使用的策略。

#### 四、審慎的決定施用方法及施肥地點

禽畜糞堆肥中之養分若流入水體(如地表水，地下水，湖泊，水庫)，常會導致水體優養化現象，[即水體中養分增多，而誘使綠藻或紅藻的大量滋長繁衍，致使水中氧氣大量消耗，而使水中許多生物死亡，進而破壞水體中之生態平衡]。另  $\text{NO}_3^-$  進入水體中，會使水質品質劣化，且飲用水中  $\text{NO}_3^-$  的濃度與藍嬰症的發生率有密切的關係，故宜小心謹慎。上述的問題常發生於下列的狀況，包括(1)施用之禽畜糞堆肥所供應的氮和磷量遠超過作物所需的氮和磷量；(2)禽畜糞堆肥表面施用於陡坡地，表土流失嚴重之地，雪地或結冰的地面；及(3)禽畜糞堆肥製造地點或施用地點太靠近水源或地面水。

##### 【改善對策】：

- (1) 慎選堆肥製造的地點。地點之選擇宜考慮與住家及水源之距離，並配合風向，表面逕流，土壤沖蝕及適宜排水設施之控制。
- (2) 施用地點之選擇宜避免易於發生表面逕流及淋失之處及太靠近水源

或表面水，如欲施用則需配合水土保持，如利用覆蓋或敷蓋植物的方式，以減輕表面逕流及淋洗現象。

- (3) 避免將禽畜糞堆肥施用在陡坡地，雪地或結冰的土壤表面。
- (4) 最好能將禽畜糞堆肥直接注入土層中或藉耕作方式將其混入土壤中，如此可避免臭味的外溢，亦可減輕表面逕流或淋失的潛在問題。
- (5) 禽畜糞堆肥施用的規劃宜以兼顧作物在生長期之最大吸收量和保護水資源雙重目標來訂定。當禽畜糞堆肥施用於耕地時，應在作物種植前一段時間施用。距離作物種植之時間長短，宜考量有足夠長的時間使礦化作用進行，且能在作物需要前釋出氮素，同時又不可與作物種植之時間距離太久以免養分在作物尚未吸收前，即通過根圈而淋失。

## 柒、結論

優質的禽畜糞堆肥為禽畜糞堆肥場之所以能永續經營的後盾，而優質禽畜糞堆肥的製作必須仰賴適當的堆肥化過程(水分、溫度、時間)及安全且適當之質材的篩選，控管及調配，任一環節的錯失將降低禽畜糞堆肥的品質而造成無謂的損失，願共勉之。

## 捌、參考文獻

1. 林晉卿、黃山內、郭猛德。2003。養豬場污泥及污泥堆肥應用於作物栽培之評估。第六屆畜牧資源回收再利用研討會論文集。第7至26頁。國立中興大學獸醫學院編印。
2. 行政院農委會農糧署。2008。肥料種類品目及規格。  
<http://www.afa.gov.tw/law-index.asp?CatID=228>。
3. 范揚廣。2000。污泥花盆之製作與應用。禽畜糞堆肥推廣簡訊，7:1~3。
4. 范揚廣。2001。畜牧場飼料重金屬含量分析。第四屆畜牧資源回收再利用研討會論文集。第17至28頁。台灣省畜牧獸醫學會編印。
5. 范揚廣。2002。飼料重金屬含量之追蹤調查。第五屆畜牧資源回收再利用研討會論文集。國立中興大學獸醫學院編印。

6. 郭猛德、林晉卿、郭春芳、黃山內。2000。豬糞尿廢水污泥堆肥之製作與利用。第三屆畜牧資源回收再利用研討會論文集。p.39-48。
7. 郭猛德、蘇清全。2003。豬糞尿污泥做為栽培土之研發。第六屆畜牧資源回收再利用研討會論文集。第 1 至 6 頁。國立中興大學獸醫學院編印。
8. 陳仁炫、申雍、黃裕銘、吳正宗。1999。台灣現有堆肥場成品分析調查。第二屆畜牧廢棄資源再生利用推廣研究成果研討會論文集。第 253 至 267 頁。台中。台灣省畜牧獸醫學會編印。
9. 陳仁炫、吳正宗、曾國力。2000。本省禽畜糞堆肥之成分特性及銅與鋅之逆向分析。第三屆畜牧資源回收再利用研討會論文集。第 1 至 6 頁。台灣省畜牧獸醫學會編印。
10. 陳仁炫、曾國力。2001。禽畜糞堆肥之重金屬含量檢測。第四屆畜牧資源回收再利用研討會論文集。第 1 至 16 頁。台灣省畜牧獸醫學會編印。
11. 陳仁炫、曾國力、方佳琪、黃譯賢、吳翠如。2002。禽畜糞堆肥成分特性之檢測與重金屬含量之逆向追蹤。第五屆畜牧資源回收再利用研討會論文集。第 82 至 95 頁。國立中興大學獸醫學院編印。
12. 陳仁炫、曾國力。2003。禽畜糞堆肥肥培策略評估。第六屆畜牧資源回收再利用研討會論文集。第 39 至 58 頁。國立中興大學獸醫學院編印。
13. 經濟部。堆肥技術與設備手冊及案例彙編。2005。經濟部工業局。
14. Chang, C., T. G. Sommerfeldt, and T. Entz. 1991. Soil chemistry after eleven annual application of cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.* 20:475-480.
15. Klausner, S. D., A. C. Mather and A. L. Sutton. 1984. Managing animal manure as a source of plant nutrients. *National Corn Handbook*, Cooperative Extension Service. Purdue Univ. USA.
16. Stratton, M. L., A. V. Baker, J. E. Rechcigl. 1995. Compost. *In* Rechcigl J. E. (ed.) "Amendments and Environmental Quality" . P.249-310. CRC Press, Inc. New York.
17. Wortmann. C. S., C. A. Shapiro, and D. D. Tarkalson. 2006. Composting manure

and other organic residues. Lincoln Extension. University of Nebraska.  
[http://www.ianrpubs.unl.edu/epublic/pages/publication D. jsp? publication  
Id=567.](http://www.ianrpubs.unl.edu/epublic/pages/publication%20D.jsp?publicationId=567)