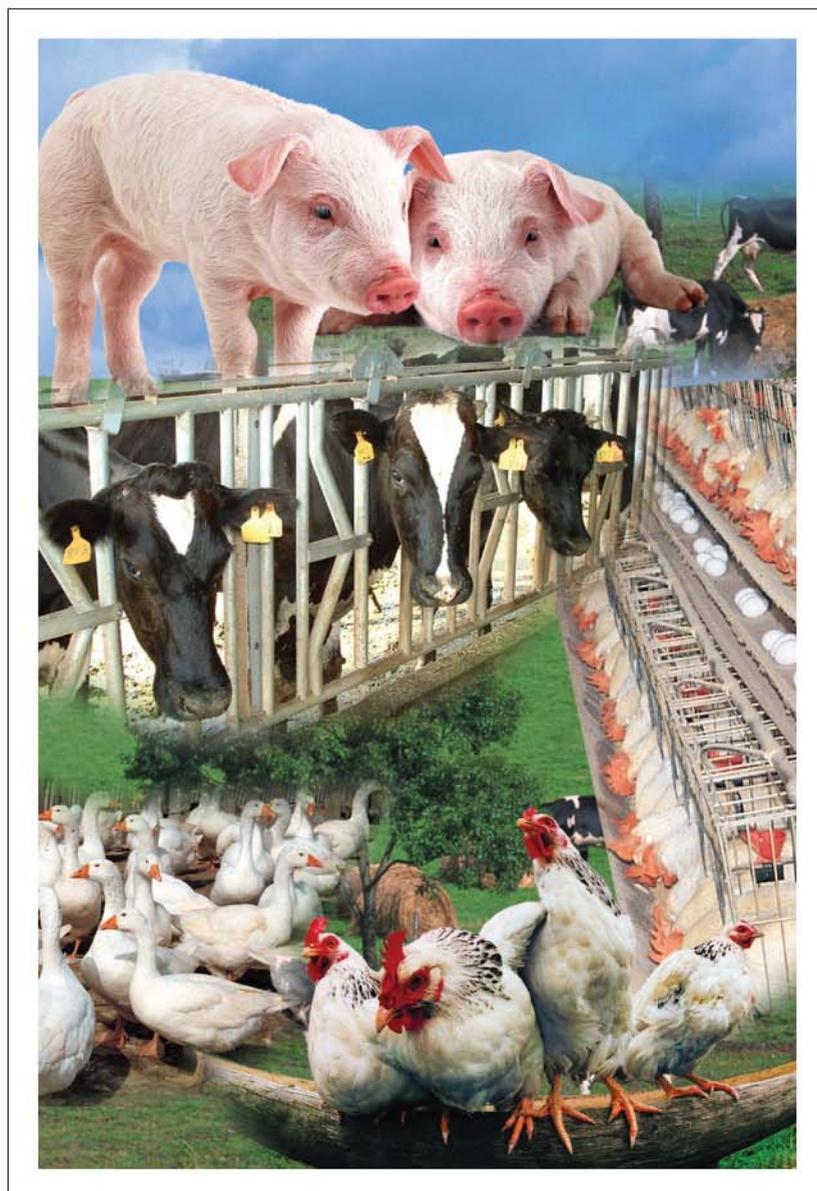


禽畜糞堆肥製作及施用手冊



指導單位：  行政院農業委員會

執行單位：  中華民國乳業協會

中華民國 97 年 12 月

目 錄

農委會許處長序	3
乳協施理事長序	4
壹、禽畜糞產量及成分	5
一、牛糞尿量及其成分	6
二、豬之糞尿量及其成分	8
三、雞之糞尿量及其成分	10
貳、禽畜糞堆肥調製	11
一、禽畜糞堆肥的製程	12
二、原理及條件	14
三、設施及機械	19
四、脫臭	27
參、微生物利用	38
一、微生物有機肥料之介紹	39
二、微生物有機肥料之重要性	39
三、微生物有機肥料常用之主要微生物種類	40
四、微生物有機肥料中微生物之作用	41
五、優良微生物菌種之選擇	43
六、優良微生物菌種之使用	43
肆、畜牧場堆肥舍之堆肥製作	44
一、養豬、養牛場及肉雞舍小型堆肥舍	45
二、蛋雞舍雞糞曬乾棚	47
伍、禽畜糞堆肥製作之參考成本	49
陸、禽畜糞堆肥場實例介紹	53
一、花蓮縣花東有機肥生產合作社堆肥場	54
二、順豐堆肥場	56
三、嘉義縣農會堆肥場	57
四、油車合作農場堆肥場	58
五、結語	59
柒、禽畜糞堆肥之施用	60

圖目錄

圖 1 禽畜糞堆肥之製造流程	12
圖 2 堆肥化過程之溫度變化圖	13
圖 3 堆積式醱酵槽之翻堆	14
圖 4 自動攪拌式之翻堆	14
圖 5 在透明網室利用日照以降低原料或堆肥之水分含量	14
圖 6 禽畜糞堆肥之一般製作方式	16
圖 7 袋裝之禽畜糞堆肥	17
圖 8 粒狀之禽畜糞堆肥	17
圖 9 箱型堆肥舍醱酵槽	20
圖10 迴轉式翻堆機	21
圖11 條板式翻堆機	22
圖12 迴轉攪拌醱酵槽	22
圖13 刀爪式翻堆機	23
圖14 刀爪式攪拌混合操作	23
圖15 杓子式醱酵槽	24
圖16 圓形密閉式醱酵槽	25
圖17 直立圓桶密閉式醱酵槽	26
圖18 木屑脫臭槽	27
圖19 某雞糞堆肥場抽氣管線及臭排氣處理生物滴濾塔	28
圖20 某雞糞堆肥場排氣處理生物滴濾塔處理一氮去除率與循環水pH之關係	29
圖21 某雞糞堆肥場內以1/5000稀釋樟腦油噴於場內，解決其臭味逸散干擾附近居民問題	30
圖22 某堆肥場臭氣洗滌塔配置	30
圖23 某堆肥場 250 m ³ /min臭氣洗滌塔	31
圖24 某堆肥場排氣洗滌房	32
圖25 某堆肥場排氣洗滌房設計圖	33
圖26 雞糞堆肥排氣酸洗系統	33
圖27 自然界中氮素循環圖	42
圖28 開放送風式堆肥舍	46
圖29 基本雞糞曬乾棚	47
圖30 防塵除臭雞糞曬乾棚	48
圖31 改善集塵器及其動線有效改善場房空氣品質	55
圖32 翻堆機翻堆情形	55
圖33 順豐堆肥場自行開發之天車式堆肥翻堆機	56
圖34 溫室型堆肥原料乾燥室	56
圖35 嘉義縣農會堆肥場之醱酵翻堆設施	57
圖36 油車合作農場外觀	58

農委會長官序

畜牧業自民國70年起蓬勃發展，有效提昇農村所得，但其產生之禽畜糞尿等廢棄物，如未妥能善處理而造成環境污染，確受到環保人士之關注。本會為解決畜牧業所產生禽畜糞廢棄物的問題，自民國80年起，擬定「畜牧污染防治計畫」，由輔導畜牧場設置簡易堆肥舍自行製作、利用堆肥，進而輔導畜牧場設立堆肥場及輔導成立地區性的處理中心，生產商品化之肥料，以妥善轉化可利用的資源，持續至今，全國已陸續輔導成立52家禽畜糞堆肥場。

為使畜牧相關從業人員了解禽畜糞之原料及成分、堆肥調製方式、堆肥場場房及設施等，本會業於80年間陸續委託本會畜產試驗所、中華民國乳業協會，編印「禽糞資源化處理手冊」、「養牛場污染防治手冊」等宣導手冊，提供農民參考，使農民有所依循。隨著時代演進，永續農業觀念興起，有機質肥料之價值再度受到大眾重視，亦使禽畜糞堆肥場之存在更具意義。基此，本會爰重新彙編相關資訊，並訂名為「禽畜糞堆肥製作及施用手冊」，以供有心從事製作、使用堆肥者參考。

本手冊之完成，必須感謝中山大學環境工程研究所周明顯教授、中華民國乳業協會施宗雄理事長、中興大學土壤環境科學系陳仁炫教授、本會畜產試驗所郭猛德組長等編審委員撰稿、審查，以及中華民國乳業協會之精心規劃，本會謹此致謝，並以為誌。

行政院農業委員會畜牧處處長

許天來

謹識2008.11

乳協理事長序

資源與垃圾只有一線之隔，禽畜糞便就是最明顯的例子。禽畜的糞便本來是廢棄物及污染源，但是一旦處理得當會變成資源，成為增加養畜業者收入的來源之一；相對的，資源不懂得有效利用，就會變成垃圾，不但要花大把鈔票來處理，有的甚至會帶來環境污染。民國82年畜產試驗所出了「禽糞資源化處理手冊」，將過去常造成空氣污染、環境污染引來大家嫌惡的禽畜排泄物，以「資源」的概念來處理，可謂是政府輔導畜禽業者將「垃圾變黃金」的創舉之一。

然而，隨著時代改變，飼養規模、管理方式、機器設備及環境的變遷，畜禽糞堆肥之製作方式及設備亦與時俱進。光是堆肥舍的發酵槽、翻堆機的種類、臭味控制技術的改良，甚至是微生物的利用，都不可同日而語，當然過去手冊中供給參考的堆肥製作成本，亦已不合時宜，必須加以修正。

中華民國乳業協會長期以來，著力於推動科技技術養畜，在環保意識日益高漲之際，尤以減低環境傷害為首要之務。此次本會承農委會補助【97-農管-4.05-牧-04】，辦理污染防治及堆肥技術講習會，並重新編撰「禽糞資源化處理手冊」，更新資料並定名為「禽畜糞堆肥製作及施用手冊」，務期本手冊能在未來的數年間，為畜禽業者創造改善環境與增加收入等實質的附加價值，進而促成畜牧產業之永續經營。

中華民國乳業協會理事長



謹於2008.11





壹、禽畜糞產量及成分

欲 瞭解家禽畜糞尿廢棄物之處理與利用，需先瞭解有關畜禽如豬、牛、雞等之糞尿排泄量與成分，才能掌握被處理物質可能的量與質。禽畜糞尿排泄量的多寡與性狀，因種類、大小、飼養環境、方式與飼料等有所不同，牛之糞尿量多且內含纖維物，處理分解困難；豬之糞尿則廢水量多；家禽則以蛋雞糞較易收集與處理。

而家禽畜的糞尿，除了量的大小外，糞便中的成分也影響處理後產品的品質，其中以重金屬「銅」與「鋅」的影響最大，其他成分如氮、磷、化學需氧量（COD）、生化需氧量（BOD）等也是影響堆肥與廢水處理的重要因素之一，因此，以下先針對禽畜之糞便產量與成分進行介紹，以作為參考。



一、牛糞尿量及其成分

（一）糞尿量

牛之糞尿排出量可分成「乳牛」與「肉牛」加以說明，其糞尿量又可依牛之體重大小、年齡及飼養條件等而有所差別。

依據一般報告指出，乳牛中之經產牛體重介於550-650公斤者，其每日之糞尿排出量為糞30公斤、尿20公斤；育成牛400-550公斤者，每日之糞排出量為10公斤、尿7.5公斤。肉牛之種牛400-500公斤，每日糞排出量約20公斤、尿13.5公斤；育成牛30-400公斤者，每日糞排出量為7公斤、尿5.5公斤；肥育牛200-700公斤者，糞約15公斤、尿10.5公斤。

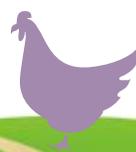
而依據日本中央畜產會（1989）對各種家畜禽之糞尿排出量資料，乳牛之擠乳牛500-600公斤者，其糞之排出量每日每頭約30-50公斤（平均40公斤）、尿量約15-25公斤（平均20公斤），合計每日糞尿量為45-75公斤（平均60公斤），每年約產生14.6公噸糞、7.3公噸尿，一年約產生21.9公噸

的糞尿。乾乳牛（成牛）體重介於400–600公斤者，每日排出之糞約20–35公斤（平均27.5公斤）、尿10–17公斤（平均13.5公斤），合計糞尿量為30–52公斤（平均41公斤）；育成牛體重200–300公斤（平均250公斤），每日每頭糞排出量為10–20公斤（平均15公斤）、尿5–10公斤平均7.5公斤、合計糞尿約15–30公斤（平均22.5公斤）；小牛（仔牛）100–200公斤（平均150公斤），每日每頭糞約3–7公斤（平均5公斤）、尿2–5公斤（平均3.5公斤），合計5–12公斤（平均8.5公斤）。

又據蘇（2008）之報告指出，荷蘭牛乾乳牛之糞便排泄量（乾基計），每一公斤體重估算約為23.7公克/公斤，每頭平均每日約排泄29.8公斤的糞便及12.3公斤的尿。依據North Carolina State University（2005）之報告指出，乳牛體重在1,400磅（約636公斤）者，每日糞尿量排出量約122.3磅（55.6公斤）；肉牛體重800磅（364公斤），每日約排出糞尿量48.5磅（22.1公斤），仔牛體重200磅（91公斤），每日約排出12.4磅（5.6公斤）糞尿。

至於「養牛場規劃與糞尿處理設施工程建造手冊」（1995）所提出之經產乳牛體重550–650公斤者，每日每頭之糞排出量為30公斤、尿20公斤，合計50公斤。Biskap（1973）之報告也提及牛糞尿每日每頭40公斤；Jim（1975）之報告指出成牛體重450–500公斤者，每日每頭之排糞量為23公斤。因此，牛糞尿之排出量，依牛隻之體重大小而不同，但經產牛體重500公斤以上者，綜合而言，每頭每日之糞約在25–30公斤、尿15–20公斤，合計40–50公斤之間。

一般而言，乳牛粗估之糞尿排出量，糞便量每日每頭約10.5–30公斤（平均20公斤）、尿7–20公斤（平均13.5公斤）；肉牛糞每日每頭10.5–30公斤（平均20公斤）、尿7–20公斤（平均13.5公斤）。



(二) 成分

依據郭(1993)研究資料顯示，牛糞尿之組成分及理化性質，新鮮牛糞之含水分80.2%、pH 7.4、總固體(TS) 181,000 mg/L、揮發性固體(VS) 160,180 mg/L、化學需氧量(COD) 167,196 mg/L、生化需氧量(BOD) 25,000 mg/L、懸浮固體(SS) 98,000 mg/L、總氮(T-N) 4,000 mg/L；在尿方面，其理化性質為水分94.2%、pH 8.3、COD 6,000 mg/L、BOD 4,000 mg/L、SS 5,000 mg/L、T-N 8,300 mg/L。依乳牛及肉牛區分，乳牛(350公斤以上)每日每頭之BOD排出量約540公克，其中糞每公斤含24公克，尿每公斤含4公克；肉牛之BOD排出量為410公克，其中糞每公斤含17.76公克、尿3.72公克。

日本中央畜產會(1989)之報告，乳牛糞之含水分86.2%、pH 7.0、SS 119,900 mg/L、BOD 24,442 mg/L、COD 19,600 mg/L(高錳酸鉀)、T-N 9,430 mg/L；尿之含水分94.2%、pH 8.3、SS 5,000 mg/L、BOD 3,998 mg/L、COD 5,997 mg/L、T-N 8,344 mg/L。但由酪農戶取得之廢水，則由於用水量之關係，其廢水濃度差異非常大，一般正常清洗之情況下，其BOD約3,825 mg/L、COD 5,800 mg/L、SS 15,424 mg/L、TS 36,540 mg/L、VS 8,020 mg/L。

二、豬之糞尿量及其成分

(一) 糞尿量

豬糞尿排泄量之多寡與性狀，因豬隻種類、飼料、飼養方式、體重及季節等不同而有差異，以糞便產量而言，肉豬與哺乳母豬之糞便量最多，變異也較大，其他之種公豬、仔豬及懷孕母豬之量較少，變異也較小。而影響廢水量較大者，應為豬舍形式與沖洗水量。

豬之糞便排泄量(濕重)依美國國家科學委員會(NRC)營養標準飼

餵結果，僅為飼料採食量乾重的51%。據畜產試驗所（洪，2000）測定結果，結合養豬排泄物處理設施，估算其糞尿排泄量，以飼料和飲水消耗量估算較符實際。因此，由試驗結果獲得豬隻之糞便排泄量與採食量之關係為 $YF = -0.049 + 0.530 F$ ；豬隻之尿量與飲水量之關係為 $YU = 0.205 + 0.438 W$ 。依此方程式估算，一頭20公斤的豬，限食飼養之每日排糞量約0.43公斤、任食則約0.69公斤，排尿量約2.45公升；一頭60公斤的豬限食之每日排糞量約0.99公斤、任食則1.18公斤，排尿量約2.85公升；一頭100公斤的豬，每日排糞量限食約1.54公斤、任食約1.66公斤、排尿量約3.26公升，糞尿量合計約4.8–4.92公斤。

（二）成分

豬糞尿之成分性質受飼料品質、飼料之可消化性蛋白質、纖維素含量與其他成分、微量元素重金屬含量、性別、體重、環境氣候、溫濕度及飼養方式等，都有所影響。

依據早期（1999、2000）畜試所之報告，肉豬之新鮮糞成分為pH 6.50、6.80、TS 303.4、345.1 g/L、VS 261.9、257.4 g/L、BOD 39.76、55.27 g/L、COD 209.2、314.8 g/L、SS 134.6 g/L、T-N 30.7 g/L、P2O5 115.8 g/L、K2O 23.9 g/L；新鮮尿之成分為pH 7.30、TS 21.3 g/L、VS 11.0 g/L、BOD 5.09 g/L、COD 17.82 g/L、SS 2.10 g/L、T-N 6.4 g/L；依據郭（2003）之報告，肉豬之新鮮糞成分為pH 6.89、TS 299.8 g/L、VS 233 g/L、COD 273.7 g/L。

豬糞尿之肥料成分，分別為糞在含水分80–82%下含有機物16.0%、氮0.6%、磷0.5%、鉀0.4%、鈣0.05%、鎂0.02%；尿之成分含水分94%、有機物2.5%、氮0.5%、磷0.05%、鉀1.0%、鈣0.02%、鎂0.08%。而據蘇（2008）之報告指出，新鮮肉豬糞便之COD與BOD含量，分別為體重30公斤者960 g/L、251 g/L，50公斤者969 g/L、158 g/L，100公斤者1,093 g/L、208 g/L；新鮮尿之COD與BOD含量，分別為體重30公斤者19.30 g/L、9.36

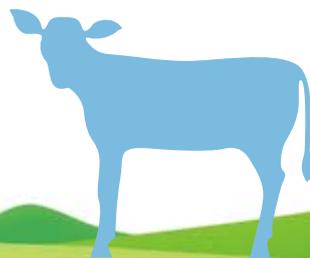
g/L，50公斤者11.50 g/L、4.49 g/L，100公斤者17.06 g/L、8.46 g/L。以上所測之數據係以乾基估算，因此數據較一般濕基分析值大很多（4-5倍）。

豬糞尿之肥料成分，以100公斤之肉豬糞分析，結果為含總氮2.91%、總磷6.52%、鉀1.38%、銅64 ppm、鋅520 ppm、鐵771 ppm、錳233 ppm、鉛0.88 ppm等，尿之成分為總氮12,150 ppm、總磷1,025 ppm。由以上顯示，豬糞之成分佔糞尿成分之90%以上。



三、雞之糞尿量及其成分

雞之排泄量，依據「禽糞資源化處理手冊」（1998）之報告，蛋雞成雞每日排糞量為0.12公斤、含水分73%；生長雞每日排糞量0.06公斤、含水分78%；肉雞每日每隻0.13公斤、含水分78%。而據林（2008）之報告，40週齡產蛋來航雞，每日排糞量73.78公克、含水分74.2%，內含總氮4.34%、總磷4.41%、鉀2.24%、銅51.02 ppm、鋅409 ppm、鐵201 ppm、錳310 ppm、鉛0.45 ppm、BOD 134,922 mg/L、COD 627,640 mg/L。畜試土雞（母）每日排糞量56.23公克、含水分51.68%，內含總氮7.07%、總磷4.42%、鉀3.30%、銅91.06 ppm、鋅499 ppm、鐵204 ppm、錳464 ppm、鉛0.17 ppm、BOD 149,671 mg/L、COD 731,413 mg/L。雞糞因飼養環境與方式關係，處理上較單純，以堆肥處理為主，但因含氮高易生臭味，產生空氣污染問題，需特別加以重視，以免妨礙周圍環境。





貳、禽畜糞堆肥調製

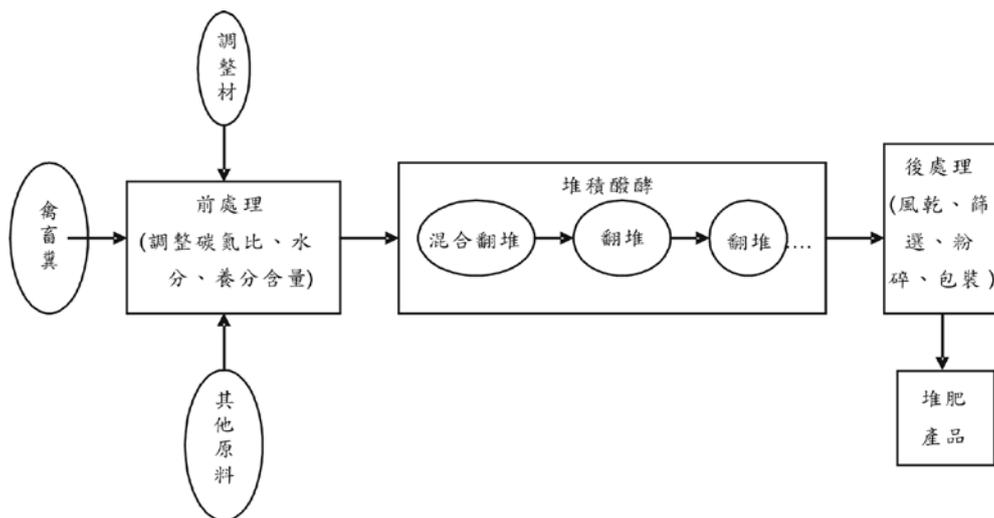


一、禽畜糞堆肥的製程

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，再回歸農地。如此不但具有資源回收再利用功能，且可降低禽畜糞對環境之污染衝擊。

優質的禽畜糞堆肥不但對環境、作物及人畜健康有益，亦有助於禽畜糞堆肥業者之永續經營及商機之增進。

禽畜糞堆肥之優質與否，與其製程之適當與否有密切的關係。一般而言，禽畜糞堆肥的製程可分為前處理、堆積醱酵及後處理三個過程（圖1）。



● 圖1 禽畜糞堆肥之製造流程

(一) 前處理

禽畜糞一般具有水分高及臭味等問題，一旦運送至堆肥場時，宜在有頂棚的堆積場舍立即與選定的調整材（如木屑、米糠、蔗渣、稻殼、菇類培植廢棄包內容物....等）予以混合，調整水分含量至60%左右，碳氮比（C/N）約為30。

混合後之物料儘早置入醱酵設施內以進行醱酵，若需堆置一段時間方能置入醱酵設施，則可先添加部分堆肥成品以引入微生物，或予以覆蓋或噴以除臭菌，以降低臭味的散發。調整材和其他原料的種類及與禽畜糞的

配比宜先確定，並排除有安全疑慮的調整材及原料（如重金屬含量過高者）。

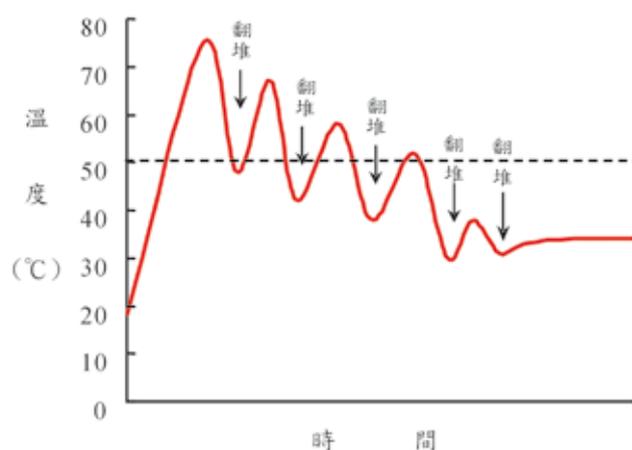
（二）堆積發酵

在整個堆肥化過程中，係利用不同分解特性的微生物接替擔負分解的工作。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，主要是以易分解的醣類和澱粉類作為基質。

當溫度超過45°C，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，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。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，故發熱量減少，致堆肥溫度下降，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，此時，腐植質不斷增加而達穩定狀態，亦即趨向腐熟階段。

為使整體堆肥資材均能腐熟且達均質化，故在堆肥化期間必須進行數次翻堆及攪動，直至溫度不再上升為止（通常為30°C–40°C）。堆肥化所需時間，決定於原料特性（難分解性物質的多寡）、原料間的配比及堆肥化條件（水分、溫度及通氣量）。

一般而言，堆肥溫度必須升高至70–80°C，且超過50°C的時間，總計至少需有15天（圖2）。依堆肥化方式的不同，翻堆方式可分為堆積式翻堆（圖3）及自動攪拌式翻堆（圖4）兩種。



● 圖2 堆肥化過程之溫度變化圖



● 圖3 堆積式醱酵槽之翻堆



● 圖4 自動攪拌式之翻堆



● 圖5 在透明網室利用日照以降低原料或堆肥之水分含量

（三）後處理

依農委會農糧署97年3月27日公告修正之「禽畜糞堆肥」品目標準，袋裝之堆肥成品水分含量需低於35%，且優質堆肥的品相宜佳（不可有目識之殘料），故通常需有風乾、篩選、粉碎和裝袋的後處理。一般可採自然風乾、通氣風乾或在透明網室內利用日照以加強蒸發等方式，以降低堆肥的水分含量（圖5）。另以過篩的方式，將殘料篩除，而可用的殘料可再置入醱酵設施中以進行再次的醱酵。

二、原理及條件

（一）原理

堆肥製造是藉由自然界的細菌、真菌、放線菌等微生物或蚯蚓，在一定的堆肥化條件（水分含量、溫度、通氣、翻堆...）下，有效的控制並促進可被微生物降解的有機物質轉為呈黑棕色或黑色，且具有如土壤氣味之穩定腐植物質的過程。

(二) 堆肥化的條件

1. C/N比：禽畜糞和調整材混合後，最佳的堆肥化起始C/N比（碳、氮比）為25-30。C/N比若太高，微生物分解作用會因缺氮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比約為6-20，故宜添加含碳調整材（如木屑、米糠、蔗渣、稻殼、菇類養植廢包內含物...等），以使堆肥化初始C/N比為25-30。

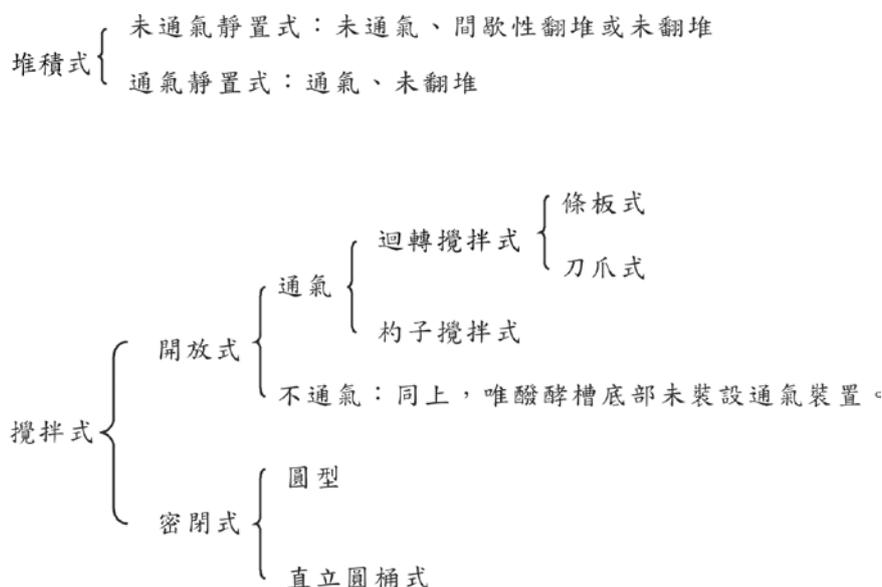
禽畜糞和調整材的C/N比	
原料	C/N
雞糞	6-9
豬糞	8-15
牛糞	13-17
羊糞	13-20
米糠	18-22
稻殼	70-90
木屑	300-700
稻藁	45-60
菇類培植廢棄包	25-40
樹皮	120-500

2. 溫度：堆肥化過程中，微生物新陳代謝所產生的熱不斷的累積，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，此高溫將維持一段時間，不但可促進微生物之反應，縮短腐熟時間，且可殺死病原菌、雜草種子及蟲卵，惟若溫度繼續上升，堆肥中微生物活性反而會下降，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發酵作用。

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之降低而減緩，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，致醱酵速率減慢。一般新鮮禽畜糞的水分量均較高，故常需添加水分調整材，以使堆積物初始的水分含量約為60%，以利好氣醱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含量連續維持在約8-18%內，而定期翻堆和通氣為提供氧氣的兩大策略。一旦氧氣含量低於8%，氧氣不但會成為好氣堆肥中微生物的限制因素，還會產生惡臭。

(三) 堆肥化方法

堆肥的醱酵可分堆積式及攪拌式兩種。**圖6**即為禽畜糞堆肥的一般製作方式。



● 圖6 禽畜糞堆肥之一般製作方式

(四) 禽畜糞堆肥之品目標準及其特性 (品目編號5—09)

禽畜糞堆肥成品無論是袋裝 (圖7) 或散裝，必需完全符合下列品目標準：



● 圖7 袋裝之禽畜糞堆肥



● 圖8 粒狀之禽畜糞堆肥

1. 適用範圍

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。

2. 性狀：固態，包括粉狀或粒狀 (圖8)。

3. 主成分

- (1) 有機質40 % 以上。
- (2) 全氮 (N) 含量應在1.0 %–4.0 %，全磷酐 (P_2O_5) 含量應在1.0 %–6.0 %，全氧化鉀 (K_2O) 含量應在0.5 %–5.0 %。

4. 有害成分

- (1) 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)。
- (2) 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 ≤ 150 mg/kg，鎳含量 ≤ 25.0 mg/kg，汞含量 ≤ 1.0 mg/kg (99年1月1日起)。

5. 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。

6. 禽畜糞堆肥之特性

- (1) 禽畜糞堆肥除含有機質外，亦含作物所需之氮、磷、鉀、鈣、鎂及微量要素，可謂為一綜合肥料，且為優良之土壤改良劑。
- (2) 大部分的氮、磷和硫及部分微量要素，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、豬糞堆肥快。
- (3) 注意所使用之禽畜糞堆肥的電導度及銅含量，避免長期大量的使用，以減輕可能對土壤品質造成的危害，最好能與植物性堆肥輪流使用。
- (4) 禽畜糞堆肥之肥效較遲緩，但較持久，較適於培育地力，改善土壤性質及長期作物使用，且僅能當基肥而不適宜作追肥使用。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）會產生沉澱而且阻塞供液之管線，故禽畜糞堆肥不適用於直接被用來配製養液，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。
- (5) 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。業者必須定期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。

- (6) 禽畜糞堆肥因富含有機質，故其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。惟過量且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。

三、設施及機械

禽畜糞尿堆肥處理方式有多種，依場房的規模、場房設施、處理量、操作條件、腐熟日數、處理成本、堆肥方式及產品規格等而有極大差異，但大致可分為堆積式和攪拌式兩大類。一般而言，堆積式堆肥的投資較少，但處理時間長，需2個月以上，堆肥品質也較不均勻；而攪拌式堆肥處理的設備投資及操作維持費高，但處理期短，約1個月即可腐熟且成品品質較均勻。

國內畜禽糞堆肥的製作方式，大致可歸納為簡易堆積式、堆積送風式、開放攪拌式及密閉式等數種。而不同堆積、攪拌及送風方式的組合，實際應用在一般農家及專業堆肥場者，可說是五花八門，其中比較常見的有：箱型送風式、簡易堆肥舍、送風堆肥舍、迴轉攪拌式、鋼板履帶翻堆式等。以下就目前比較普遍被採用且符合環保要求的方式加以說明，業者可以禽畜糞成分、處理量、投資額等條件參考採用：

（一）箱型送風式

在箱型醱酵槽內設置送風系統，由鼓風機、主風管、支風管及定時控制器聯合組成，每分鐘之送風量以每公噸堆肥200公升（靜壓320 mm/Aq）較適當，其送風方式利用1/2馬力送風馬達，每送風5分鐘停20分鐘，連續24小時送風，然後依醱酵時間而逐漸減少送風量。其處理流程為將雞糞調整水分後進行醱酵（60天）後篩選裝袋出售。

箱型堆肥舍的醱酵槽（圖9），一般可分隔為寬1.8–3.6m、深1.8–5.6 m、高1.8–2.6 m的小區隔，以單列或複列10–20槽配置，總容量約8–50m³。醱酵槽的三邊壁面為混凝土塊構築，前方則使用可移動之合板或厚木板，以方便堆肥之搬運。禽畜糞在調整水分後，即堆積於醱酵槽內，由床面向禽畜糞堆肥通氣，以促進醱酵，可在箱型醱酵槽內持續醱酵2個月或經20–30天後移至攪拌式堆肥舍繼續醱酵至腐熟。於醱酵期間，因一般醱酵之腐熟由上而下約在10–30公分處開始進行醱酵作用，因此於醱酵期間（60天）第一次溫度下降時，為了上下均勻達醱酵之目的，可利用鏟裝機加以翻堆，可使製成之堆肥腐熟更均勻。

此種處理方式之優點為操作簡易、設備投資較少、沒有機械故障之問題，因此適合於一般中小型之畜牧場；而其缺點為堆肥原料在醱酵過程中會變得密緻，使通風性變差，在未進行翻堆之情況下，原料及微生物之混合情形較差，易造成醱酵不均勻，而使堆肥品質較不穩定。為改善箱型送風式堆肥之品質，於醱酵期間利用鏟裝機適當翻堆是有其必要的，而在進行翻堆時需注意空氣品質問題。



● 圖9 箱型堆肥舍醱酵槽

（二）開放攪拌式

開放攪拌式之醱酵槽上方裝設翻堆機，每日進行1-2次的攪拌及移送作業，醱酵槽底部亦可裝設促進醱酵的通氣裝置。堆肥材料之分解較箱型醱酵槽佳，產品品質均一、操作省力、可大量生產，為此種堆肥舍的優點。

開放攪拌式之醱酵槽依形狀有直列型（單列或複列）及橢圓形兩種。槽之側壁使用可耐翻堆機重量（1.3-5公噸）的H型鋼或鋼筋混凝土，內部裝設可供翻堆機行走之鐵軌；而依攪拌的方式，可分為迴轉式攪拌（包括條板式及刀爪式）及杓子式攪拌兩種。

1. 迴轉式

迴轉式翻堆機（圖10）有多種樣式，長方形醱酵槽為以30 cm-1 m的攪拌棒進行攪拌，移送作業結束後，翻堆機由堆肥原料上方移回起始點；循環式醱酵槽則為翻堆機的迴轉上設有耕耘爪，可以進行攪拌、移送作業或利用左右縱軸之螺旋來攪拌醱酵槽側壁附近之堆肥，此種迴轉攪拌式，依翻堆機橫軸機械型式可分為條板式（圖11）、刀爪式（圖13、14），這兩種型式之翻堆機國內都可自行製造，且應用於大型畜牧場與堆肥集中處理場，年產量1,000公噸以上。



● 圖10 迴轉式翻堆機



● 圖11 條板式翻堆機

(1) 條板式

條板式迴轉攪拌型式為自國外引進之第一套設備，置於桃園縣中壢市欣農牧場，其後則有改良式之條板式翻堆機出現，價格較便宜。

利用條板式迴轉攪拌型之禽畜糞堆肥醱酵槽之處理流程為：禽畜糞利用鏟裝機送入迴轉式攪拌醱酵內進行醱酵，35天後可袋裝出售。原料禽畜糞進入醱酵槽如堆積於下層雞舍內有30-45天，含水率50-60%時，則不需調整水分，假使水分太高，則需以調整材料（稻殼）加以調整，或以乾禽畜糞混合調理。此種醱酵槽寬6 m、長75 m（圖12），可處理蛋雞12萬隻，年產堆肥1,080公噸，所產出之雞糞堆肥呈粒顆粒狀，有利於堆肥施用及肥料吸收持久之效果，但因顆粒太大，須注意顆粒內部雞糞之完熟程度。



● 圖12 迴轉攪拌醱酵槽

(2) 刀爪式

本式所採用之翻堆攪拌設備（圖13、14），仿如耕耘機刀片構造之刀爪式翻堆機，其運作為每天以刀爪迴轉式翻堆機翻堆一次。處理流程為禽畜糞進入前，先進行水分調整，再送入醱酵槽內。醱酵槽長72 m、寬4 m，醱酵期間約60天。年產可達1,000公噸以上，產生之堆肥呈小顆粒狀。此種形式為目前國內大型堆肥醱酵處理場設置較為普遍之型式。



● 圖13 刀爪式翻堆機



● 圖14 刀爪式攪拌混合操作

2. 杓子式

杓子式醱酵槽為在長方型之醱酵內，利用履帶翻堆機，將堆肥材料上扒後，往後落下之方式進行攪拌、翻堆、移送之工作，其一般翻堆深度可達1.0 m-1.8 m，因為攪拌翻堆的深度較迴轉式機械深，所以醱酵槽所需面積較小。

本實例之醱酵槽（圖15）為一長42 m、寬1.5 m、高1.7 m之鋼鐵醱酵槽，配設U型杓子式之履帶翻堆機械。該套設備容積為60 m³，每次可處理禽畜糞4公噸，每兩天翻堆及進料一次，約24天後醱酵結束，堆肥成品即可袋裝出售。本套處理設施之應用，需注意醱酵堆肥含水率與堆積高度，如堆肥含水率太高，不但翻堆困難，也易造成負載太重而跳電或履帶拉斷之情況，因此本設備配合簡易式或送風式堆肥處理，作為二次醱酵處理或禽畜糞含水率已低於60%以下之堆肥醱酵處理較適宜，所產出之堆肥品質均勻。



● 圖15 杓子式醱酵槽

3. 圓形密閉式

圓形密閉式醱酵槽之堆肥製作係將禽糞等堆肥材料投入密閉式醱酵槽內，利用槽內的攪拌裝置或槽本身的迴轉，使材料充分混合並使醱酵槽堆肥維持均勻的醱酵溫度，但在槽內若沒有灑水裝置，則在高溫下醱酵，堆肥的水分含量很快就會降到40%以下，會使醱酵反應提早中止。本型的優點為可省工、堆肥成品品質均一、醱酵設施佔地面積少、醱酵期間所產生的臭氣容易收集處理；但是單位處理量的設備投資費用比較高，則為其缺點。經其醱酵後之堆肥可再移到其他醱酵槽，進行二次醱酵的方式來製造堆肥。其醱酵槽可以是水泥、鋼板所製成之整組永久固定式，也可搭配塑膠布棚使用，醱酵時才密閉覆蓋，不進料時則開啟（圖16），使便於進行醱酵槽的清理及內部機械之維護保養。

本型之堆肥製作均採用批式處理，每批次之處理量依形式大小，可以處理40-90公噸不等。於國內用來處理肉雞、蛋雞及養鴨場之廢棄物，設置以醱酵槽高2 m直徑6.5 m者較普遍，翻堆方式係利用杓子式翻堆攪拌設備，以繞圈走動翻堆，每行走一圈約需3小時40分，於翻堆醱酵時外覆之塑膠罩下放為密閉式，有利於抽氣脫臭之操作，醱酵槽內也設有送風裝置，並可隨時調整槽內的溼度與溫度，醱酵15天後，再送至送風式醱酵槽進行醱酵30天的二次醱酵。本型之堆肥年產量為480-720公噸。



● 圖16 圓形密閉式醱酵槽

4. 直立圓桶密閉式

直立圓桶密閉式醱酵槽利用圓形鋼板製容器，其外觀如（圖17）所示，醱酵槽分成上下兩段，原料由上方投入，攪拌裝置設於底部，定時攪拌促進醱酵分解，有些附有加熱裝置採用高溫醱酵，以醱酵熱氣通風促進醱酵與乾燥，有些則利用自然醱酵方式，定時送入空氣促進醱酵，本項設備用於雞場較多。



● 圖17 直立圓桶密閉式醱酵槽

以上所提供之各種型式堆肥醱酵槽與設施機械，可依各畜禽場之規模大小與實際需要，而選擇設置所需之堆肥醱酵處理槽。如是大規模之堆肥集中處理場，則需依據處理規模產量大小而慎重規劃，才可符合堆肥處理場之規定及產製優質之堆肥。

四、脫臭

(一) 禽畜糞堆肥場臭味成分及濃度

調查顯示，堆肥場臭味以氨及甲胺為主，原料區及醱酵風乾區為主要臭味源（氨10-108 ppm、甲胺15-250 ppm），臭氣濃度130-550（以乾淨空氣稀釋130-550倍後，約有一半民眾可聞得異味）。

(二) 禽畜糞堆肥場臭味控制技術成功案例

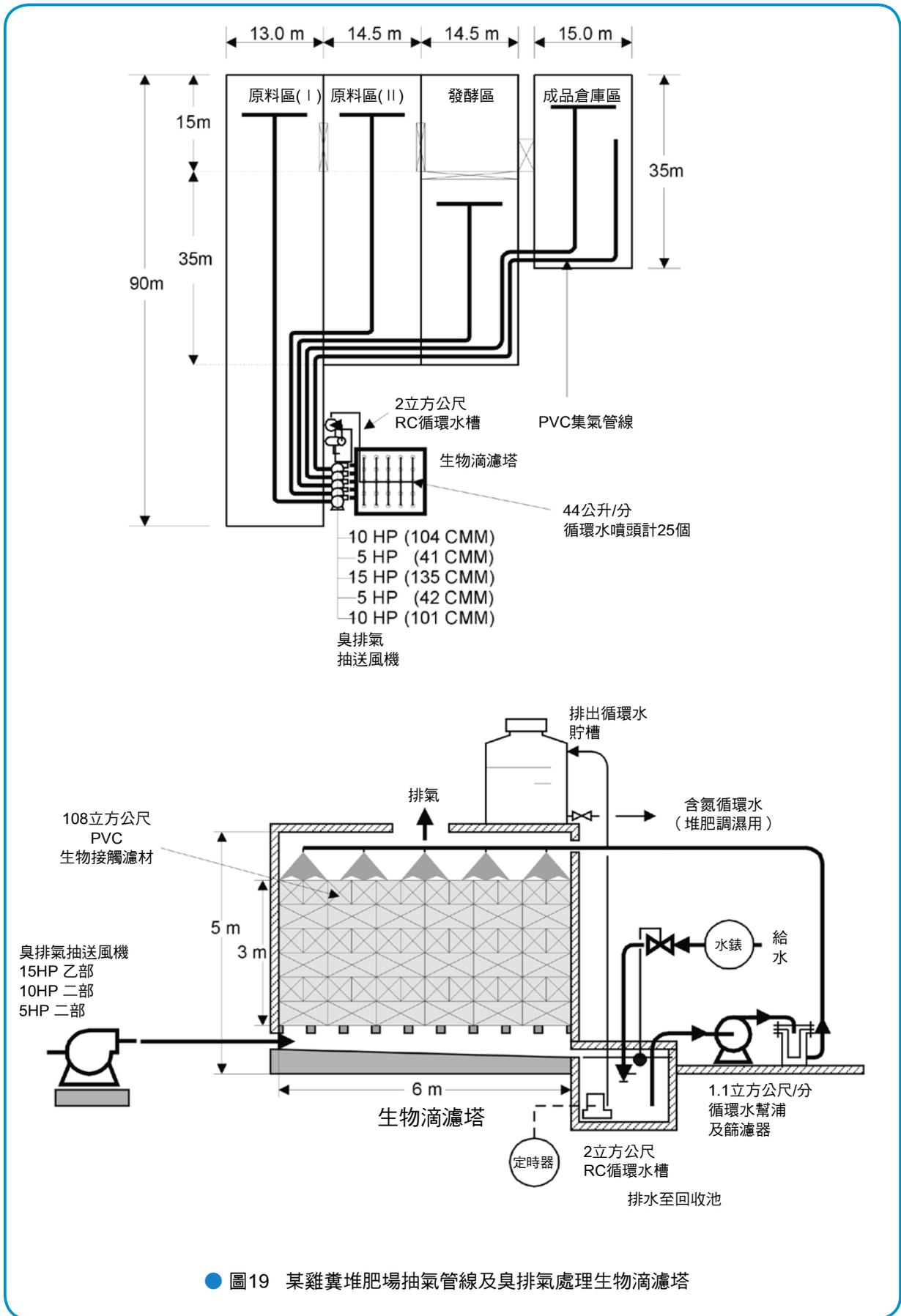
過去禽畜糞堆肥場多以木屑脫臭法進行脫臭，近年由於臭味控制技術陸續發展成功，分別為生物滴濾塔法、酸洗法、糞便快速乾燥法等，以下即將發展成功之案例分述如下：



● 圖18 木屑脫臭槽

1. 生物滴濾塔法

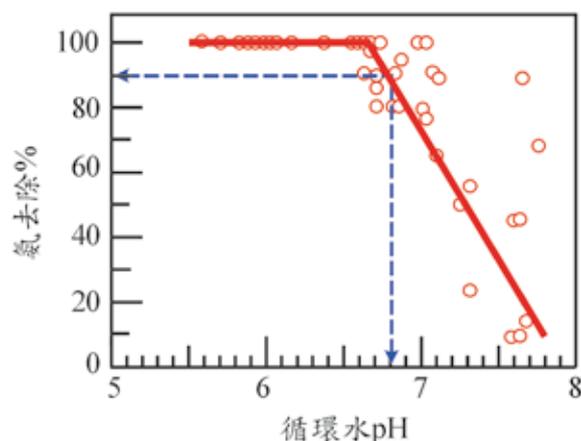
新竹縣一畜牧場附設堆肥場逸散性臭味引起下風民眾抱怨，本案以配置抽氣管線配合排氣除臭生物滴濾塔（圖19）改善其臭味問題。該堆肥場包括二原料區、一醱酵區、一成品倉庫區，室內空間平均高度約5 m，總面積約3,000 m²。本案以每月處理水份25%之原料雞糞70公噸、面積為3000 m²之雞糞堆肥場為對象，建立一填充PVC斜板（比表面積100 m²/m³）體積為108 m³之生物滴濾塔，以處理該堆肥場抽排氣風量84-425 m³/min之含氨堆肥臭氣。



經約246天的操作試驗結果，獲致下列結論：在進氣流量為84-186 m³/min、85%磷酸每2-3日添加量0.69 kg、循環水每日排放量0.36 m³，以及循環水每日補充量為0.4 m³之操作條件下，顯示滴濾塔可將進氣氨濃度3.5-76.6 ppm（平均21.3 ppm）處理至0-22.0 ppm（平均2.9 ppm），平均去除率約為86.4%。系統之氨氮平均硝化率62%。滴濾塔循環水pH值的改變，對抽排氣中氨之去除率影響頗大。

圖20 顯示，當循環水pH≤6.80時，氨氣去除率可大於90%；當循環水pH≥7.33時，氨氣去除率則低於22%。經濟評估顯示：

- (1) 本除臭滴濾塔及管線設施設置費用200萬；
- (2) 每1,000 m³排氣需85%磷酸0.0023公斤（新台幣0.069元）、電力1.50 kWh（新台幣3元）；
- (3) 較其他除臭方法經濟。



● 圖20 某雞糞堆肥場排氣處理生物滴濾塔處理—氨去除率與循環水pH之關係

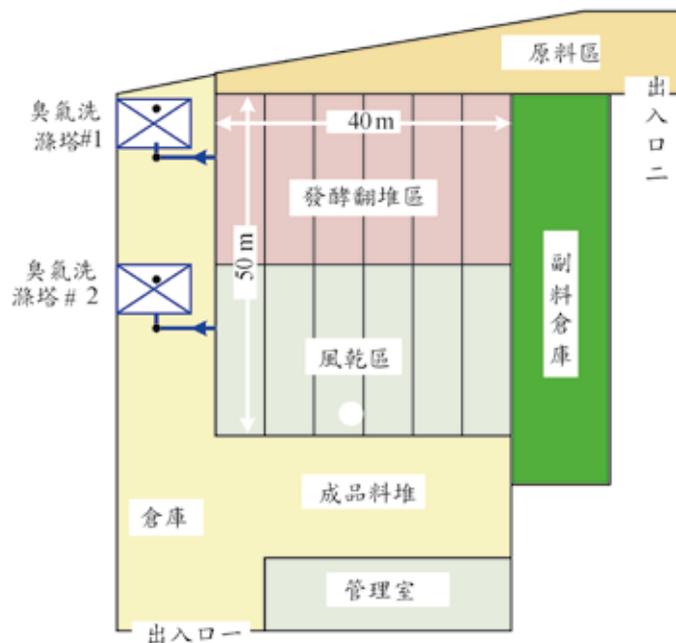


● 圖21 某雞糞堆肥場內以1/5000稀釋樟腦油噴於場內，解決其臭味逸散干擾附近居民問題

上述堆肥場尚以1/5000稀釋樟腦油噴於其場內（圖21），徹底解決其臭味逸散干擾附近居民問題。

2. 酸洗法

一堆肥場（圖22）以雞糞、牛糞、木屑、食品廠廢水生物污泥、紙漿廠回收短纖維、中藥渣為堆肥原料。該堆肥場排氣以洗滌塔（250 m³/min臭氣洗滌塔，2座，造價合計40萬）除臭（圖23）。循環水須加硫酸，以pH控制器控制於pH=6.5，以利吸收氨及甲胺類臭味。該二洗滌塔設置後，已解決臭味問題。



● 圖22 某堆肥場臭氣洗滌塔配置



房屋型化學洗滌塔
(頂部為彌臭芬多精煙霧)



洗滌塔內進氣管及頂部排氣縫

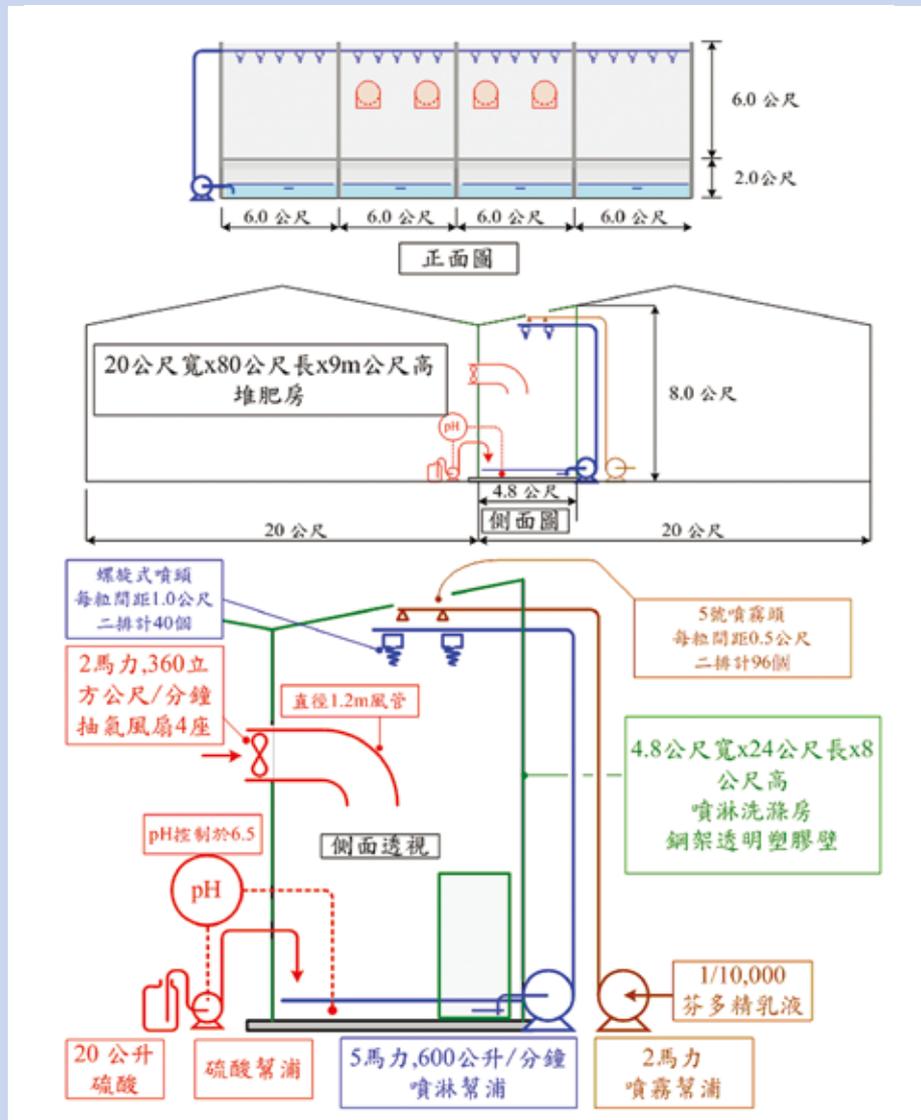
● 圖24 某堆肥場排氣洗滌房

另一綜合堆肥場以雞糞、豬糞、農產廢棄物為原料，每月原料進料量約500公噸（水分50-60%），製成堆肥約250公噸（水分<35%）。由於原設木屑床脫臭設施失效，致臭味飄散至場外民宅，引發臭味陳情問題。

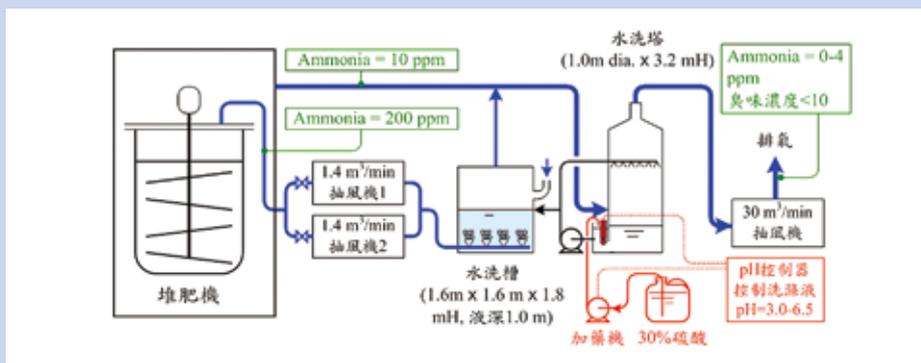
參考圖24-25，該場排氣以房屋型化學洗滌塔1座除臭，造價約40萬。處理臭氣量約1,400 m³/min，洗滌水加硫酸將pH調整至小於6.5，以利吸收氨及甲胺類臭味。檢測結果顯示，排氣中氨及胺濃度可分別由20ppm及90 ppm減少至4ppm及7 ppm，臭味可由74 ppm處理至24 ppm。

台南縣一養雞場飼養蛋雞5萬隻，雞糞堆肥排氣處理系統如圖26所示。高速堆肥機排氣以鼓風機（1.4 m³/min，2馬力，2部）抽出，曝入約2.0 m³之稀硫酸水溶液（pH 3.0-6.5，以pH控制器控制添加30%硫酸）洗滌除臭。

洗滌排氣再與堆肥機圍封抽排氣合併，以填充式洗滌塔酸洗（pH 3-6）後排放。檢測結果顯示，排氣中氨濃度可由200 ppm（堆肥機）及10 ppm（堆肥機圍封）（平均19 ppm）去除至0-4 ppm，排氣臭味濃度可處理至10 ppm。排除之洗滌液含硫酸銨，可供作為施肥之用。



● 圖25 某堆肥場排氣洗滌房設計圖



● 圖26 雞糞堆肥排氣酸洗系統

3. 糞便快速乾燥法

台南縣一養雞場飼養肉雞12萬隻，雞舍為密閉水簾抽氣式，雞糞由輸送帶連續輸出，不含墊料。原濕雞糞直接堆肥，致逸散出大量含氮臭氣。該場曾以酸洗法除氮，然因硫酸添加過量致洗滌房腐蝕至不堪使用。2008年起業主購置二部 1.5m^3 容積之乾燥機，設定於 102°C ，將雞糞在6-12小時乾燥至水分約30%，再將乾燥雞糞與堆肥半成品混合堆放，如此可大幅降翻堆臭味強度。乾燥機排氣進一步以鹼洗去除脂肪酸及硫臭。該堆肥場因此解決其臭氣排放遭民眾陳情困擾。

(三) 禽畜糞堆肥場臭味控制技術研發

有關堆肥排氣控制及氮去除研究，概述如下：

1. 生物洗滌法

一「以活性污泥池曝氣洗滌法處理含豬糞堆肥排氣臭味」研究，主要將豬糞堆肥臭氣注入活性污泥曝氣槽內，進行其除臭效果試驗。實驗設備為一直徑0.2 m、深度1.2 m之圓柱體活性污泥槽及一木製堆肥醱酵箱（ $1.0\text{m}^L \times 0.6\text{m}^W \times 0.6\text{m}^H$ ）構成。曝氣液深為0.2-1.2 m，曝氣流量為2-20 L/min（相當於每分鐘通入每立方公尺活性污泥混合液之曝氣量為0.16-0.50 m^3/min ，曝氣強度為0.16-0.50 $\text{m}^3/\text{m}^3.\text{min}$ 或0.16-0.50 vvm）。結果顯示：

- (1) 在系統穩定下，液位高度0.6 m時，進氣指標性臭味（氮及胺分別為18-50及180-250 ppm）有80%以上之去除率。
- (2) 堆肥醱酵期間產生臭味的濃度變化，受醱酵溫度、腐熟度極大的影響；環境溫度變化、活性污泥槽內溫度及pH值是影響臭味去除率之主要原因。活性污泥溫度 25°C 以上，有利微生物之成長及有機物之氧化，對氮及胺之去除率為85-95%；但若低於 15°C ，則不利於微生物之臭味去除功能，去除率降為50-60%。

2. 蛇木屑生物濾床法

一「以蛇木屑生物滴濾塔處理廚餘堆肥排氣臭味」之研究，以實驗室規模之蛇木屑生物滴濾塔（內尺寸 $0.3\text{ m} \times 0.3\text{ m} \times 1.6\text{ m}$ ，內填高 1 m 蛇木屑（比表面積為 218 m^2 ））處理廚餘堆肥排氣，氣體流量為 $22\text{--}64\text{ m}^3/\text{hr}$ 。生物膜之液相營養源，分別以生活污水處理廠放流水與自來水調配奶粉進行研究。

以生活污水場放流水為營養源的長期操作研究結果顯示，在液氣流量比（L/G），每立方公尺氣體需要之立方公尺液體量為 0.003 ，氣體經滴濾塔濾層之空塔停留時間（EBRT）為 15 秒之操作下，濾層可將進氣之氨由 $0.5\text{--}5\text{ ppm}$ 去除至 0 ppm ，胺由 $1\text{--}15\text{ ppm}$ 去除至 0 ppm 。以奶粉為營養源的研究結果顯示，奶粉添加量為 25 mg/L ，在 $L/G=0.002$ 之操作條件下，以 $EBRT=7$ 秒之操作處理效果最佳，進氣臭味濃度為 $13,000$ 時，臭味去除率可達 99.7% 。以清水添加奶粉為補充水之操作結果較以學校生活污水場放流水為補充水之處理效果較佳。

另外，一「以生物滴濾塔及生物濾床處理排氣中氨之特性」之研究，利用固定模式生物反應器（生物濾床及生物滴濾塔）進行氨氣處理特性研究。生物濾床之研究設備由一組上下二層濾床、一套待試氣體供應系統及一套營養鹽供應系統組成。每層濾床尺寸為 $40\text{ cm}^W \times 40\text{ cm}^L \times 70\text{ cm}^H$ ，內填 40 cm 高經活性污泥植種之蛇木屑。110天的操作試驗結果顯示，大部分的氨氣於第一層生物濾床處被去除，去除效率隨氣體空塔停留時間（EBRT）的增加而提升。系統負荷為 $5.4\text{ Gn}/(\text{kg乾基濾料}/\text{天})$ 時，可完全去除之入口氨氣濃度為 $20\text{--}120\text{ ppm}$ 。生物滴濾塔之研究設備則由二座串連滴濾塔、一套循環水系統及一套待試氣體供應系統所組成。每座滴濾塔尺寸為 $20\text{ cm}^D \times 200\text{ cm}^H$ ，內填 125 cm 高之焦炭（平均粒徑 3 cm ，比表面積 $150\text{ m}^2/\text{m}^3$ ）。

試驗結果顯示，以石化廢水廠之硝化污泥進行生物膜之植種，馴養所需時間大約一個月。經 187 天長期操作結果顯示， $EBRT$ 為 7.25 s 、循環

水/氣體流量比為7.7 L/m³和循環水pH為6.5之操作條件下，可將入口氨氣濃度230 ppm去除至4.0 ppm。系統體積負荷低於7.37 g NH₃-N / m³.hr時，在未添加葡萄糖當作碳源的情況下，系統仍可為維持98%之氨氣去除率和94%之硝化率。然而，當系統體積負荷達13.1 g NH₃-N / m³.hr時，因碳源缺乏及循環水中銨離子及亞硝酸離子累積的緣故，造成氨氣去除率及系統硝化率逐漸降低。

3. 化學洗滌法

一經濟有效之化學洗滌技術已被開發，用以處理日益增加之廚餘堆肥廠排氣。研究以【廚餘：膨鬆劑（木材刨屑或枯葉）：植種（堆肥）】之原料配比平均值【90：4.5：5.5】自行製作廚餘堆肥及供試臭氣。結果顯示醱酵溫度在32-55°C間，醱酵及臭味產生期間約六週，排氣中氨及胺最高濃度可分別達700及1,000 ppm，硫醇及硫化氫可分別達53及1 ppm，臭氣濃度最高為23,000，臭氣濃度與硫醇濃度為正相關。另外，以「酸氯串聯鹼液洗滌法」處理供試臭氣，顯示適當操作條件為：

- (1) 酸氯洗滌液pH控制於6.6，總餘氯控制於100-200 mg/L；
- (2) 鹼洗液之pH控制於8.6-10。依本條件，酸氯洗滌液可分別將氨及胺由30-130及50-333 ppm去除至0 ppm，鹼洗液主要為除有機酸及除氯，排氣均嗅不出特性廚餘臭味物質，雖有氯味，但帶著淡淡青草味，令試驗者滿意。折算處理每1,000 m³之含氨30 ppm排氣，藥費約為新台幣18.7元。



以「酸氯串聯鹼性硫代硫酸鈉溶液洗滌法」處理供試臭氣，則在酸氯洗滌液pH控制於6.4-6.6，總餘氯控制於100-200 mg/L；鹼性硫代硫酸鈉洗滌液（ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 添加濃度合計2,000 mg/L）之pH控制於8.5-9.0之操作條件下，酸氯洗滌液可分別將進氣之氨及胺由10-30及10-80 ppm去除至0 ppm，排氣中均嗅不出臭味物質，令試驗者滿意。折算處理每1,000 m^3 之含氨30 ppm排氣，藥費約為75元。

上述試驗均以實驗室配製之氨氣或自製堆肥排氣為處理對象，其中「以蛇木屑生物滴濾塔處理廚餘堆肥排氣臭味之研究」效果良好且經濟，可經實場試驗後擴展應用於現場。





參

、微生物利用



一、微生物有機肥料之介紹

由澳洲西澳大學的Lynette K. Abbott和Daniel V. Murphy所主編在2003年出版的「土壤生物肥力」一書中所說微生物有機肥料是「有機物質為主體經過特定微生物在特定的條件與醱酵過程所生產出來的有機生物肥料」。它是屬於書中將土壤肥料分為化學肥力、物理肥力和生物肥力三種中的「生物肥力」。微生物有機肥料中必定含有一群「鮮活」而對作物在土壤的物質轉化和循環利用過程中有一定良好的功能性者。化學肥料、有機肥料和微生物有機肥料正確的認知是相輔相成的。



二、微生物有機肥料之重要性

- (一) 田地的土壤是作物生產的母體，人類則是依賴各種植物而生活與生存，因此，土壤是人類世世代代的資產，土壤也是動植物維持生命的泉源。
- (二) 土壤是歷經億萬年而孕育出來的「自然體」，優良的土壤含有豐富的有機質、微量的無機元素及非常活潑的微生物活動，因此也就具有美好的物理相、化學相及生物相，這三種好的條件正是優良農業生產用土壤所需求的目標。
- (三) 人類歷經墾荒種植後，長年不斷努力在田地中灌溉種植作物之結果，有機營養物及無機元素嚴重的減少與流失，再加上化學肥料和各種農藥漫無節制的使用，因此，導致土壤物理相、化學相及生物相的嚴重劣變，甚至造成一般農友所說的「土死」的產生。此時就算各種肥料下得再多，已經得不到應有的收成，因為，土壤中的微生物死了，無法分解有機肥料及無機元素而提供植物生長、開花與結果所需的養分，因此，有機質及微生物的「共存」是維持土壤地力及長期使用的「雙寶」。



三、微生物有機肥料常用之主要微生物種類

微生物在微生物有機肥料生產過程中是扮演著舉足輕重的角色，也是決定微生物有機肥料調製是否成功的關鍵。

參與調製過程中的良好微生物族群可分為嗜中溫菌（mesophile）和嗜高溫菌（thermophile），一般在20°C以上嗜中溫菌即開始生長，40°C以上則是嗜高溫菌調製過程中的主要微生物。目前微生物有機肥料調製所使用之主要微生物包括：

- (一) 根瘤菌類的固氮菌種屬，如 *Mesorhizobium*、*Bradyrhizobium*、*Sinorhizobium*、*Rhizobium*、*Azorhizobium*、*Azotobacter*、*Chroococum*、*Beijerinckia*和 *Azospirillum*等。
- (二) 溶磷菌類的 *Agrobacterium sp.*、*Achromobacter*、*Artrobacter sp.*、*Alcaligenes sp.*、*Bacillus subtilis*、*B. Megaterium*、*Brevibacillus brevis*、*Chryseobacterium indoltheticum*、*Penicillium bilaii*等。
- (三) 矽酸鹽細菌種屬，如 *Silicate bacteria*、*Bacillus mucilaginosus*等。
- (四) 促生細菌真菌種屬，如 *Fungi* 中的 *Zygomycetes*、*Absidia*、*Mucor*、*Ascomycetets*、*Basidiomyceter*、*Mycelia*等。
- (五) 放線菌種屬如 *Actinomycetes*、*Actinobifida chromogena*、*Thermonospora curvata*及 *Streptomyces jingyangensis*等。
- (六) 礦化和熟成之有機肥料的微生物種屬很多，例如 *Bacillus*、*Paenibacillus*、*Pseudomonas*、*Pseudoxanthomonsa*、*Vibrio*、*Streptococcus*、*Clostridium*、*Promyxobacterium*、*Cytophaga*、*Sporocytophage*、*Sorangium*、*Trichoderma*、*Aspergillus*、*Penicillium*、*Sporotrichum*、*Verticillum*、*Rhizopus*、*Mycobacterium*、*Nocardia*、*Micromonospora*、*Streptomyces*等。

由於所使用的有機肥料之材料非常複雜，從農作物之副產物、廢棄物、禽畜之副產物、廢棄物到糞尿均有，所以其所添加的優良微生物之菌種也是使用多種種屬的微生物製劑混合物種為主。



四、微生物有機肥料中微生物之作用

微生物有機肥料調製過程中微生物是加速分解作用，以供植物之利用，其作用如下（圖27）：

（一）氮素之礦質化作用與固定化作用

氮礦質化作用（mineralization）即有機態化合物經微生物分解變成無機態養分的過程，有機態氮主要為蛋白質態氮，經微生物分解後，有一部份轉化為微生物之蛋白質，及釋出無機態氮，如 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、與氣體狀態之 N_2O 、 NO_2 、 NO 、 NH_3 。氮固定化作用（immobilization）即無機態氮經微生物吸收作用後成為生物有機態氮的過程。有機物質若氮素含量高，則較易被微生物作用進行礦質化釋出無機態氮，若碳素含量較多，則微生物分解有機物質過程中無機態氮被固定化的可能性較高。當溫度升高，礦質化與生物固定化速率均增加，但礦質化速率的增加較大。

一般而言，有機物質經礦質化作用後釋出養分供植物吸收，同時也影響土壤的理化性及生物性等。自然界中以氮素的循環轉換為例，主要經由氮有機化、氮礦質化、硝化作用、脫硝作用、固氮作用等五種作用，皆需透過微生物作用才能形成一個平衡的氮循環。

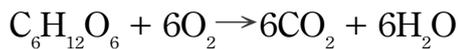
（二）蛋白質的分解

蛋白質經微生物分泌出的蛋白質分解酵素之作用，產生胺基酸，於好氧性條件下，進一步可形成有機酸、酒精及二氧化碳等。嫌氣性微生物則會分解蛋白質產生Indole（吲哚）、Skatol（糞臭素）、 H_2S （硫化氫）等產物，為惡臭來源。



(三) 葡萄糖及澱粉之分解

植物體乾重約含40%之碳水化合物，其中以六碳糖及其聚合體為最多。葡萄糖及澱粉在通氣情況下可完全氧化成為 CO_2 及 H_2O ：

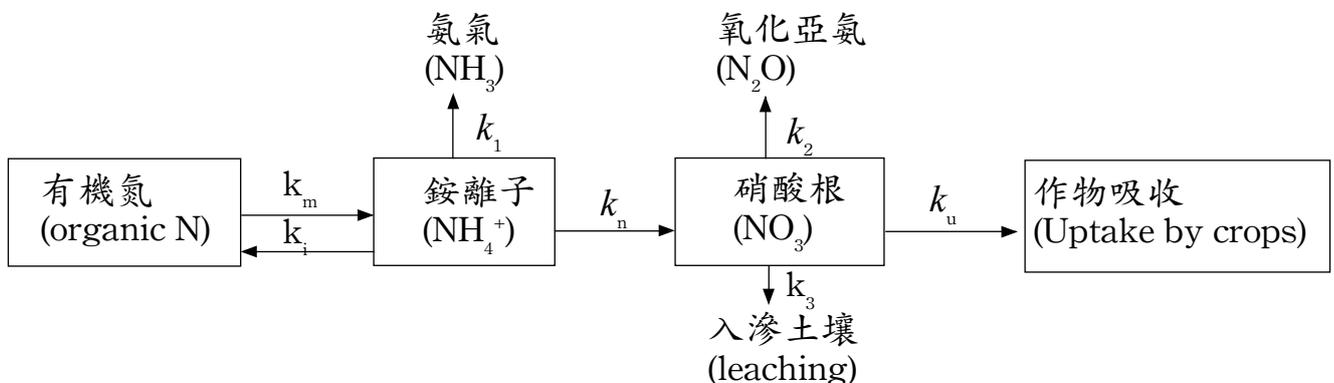


若在不通氣的環境，則產生其他有機碳化合物：



(四) 纖維素之分解

好氣性真菌與細菌可將纖維素完全分解，纖維素中的30-40%可轉化為微生物基質。當於50-75%水分含量條件下，有利大部分真菌與細菌可快速分解纖維素，但含水率高達80-95%，則纖維素轉由厭氣菌分解，不過速度較慢，若於含水率10%以下，則纖維素幾乎不會分解。



K_m :礦化速率常數 (mineralization rate constant)

K_i :固氮速率常數 (immobilization rate constant)

K_n :硝化速率常數 (nitrification rate constant)

K_u :吸收速率常數 (uptake rate constant)

K_1 :氨揮發速率常數 (ammonia rate constant)

K_2 :脫硝速率常數 (denitrification rate constant)

K_3 :入滲速率常數 (leaching rate constant)

● 圖27 自然界中氮素循環圖

(五) 微生物分解有機物質所產生之氣體

在好氣性醱酵過程中，主要產生之氣體以 CO_2 、 NH_3 與 CH_4 為主。若醱酵過程產生大量 CO_2 與釋放熱量，表示微生物快速繁殖，若產生大量 CH_4 ，表示醱酵過程通氣不良，有利嫌性厭氣菌繁殖旺盛。為了降低溫室效應以減少影響氣候變遷，製造微生物有機肥料時應避免大量 CH_4 逸散至大氣。由於每一個分子甲烷吸收紅外線的量為每一個分子二氧化碳的23倍，故所吸收能量差異相當大，就溫室效應的觀點而言，應盡量減少甲烷形成。

(六) 優良微生物在堆肥化過程中扮演著舉足輕重的角色

禽畜糞便含有豐富而且易被微生物分解之有機物的特性，故在堆肥化過程中，經由微生物的降解、代謝即釋出能量，會使溫度高達 $70-85^\circ\text{C}$ ，可殺滅動植物大部分的病源微生物、雜草種子和蒼蠅的卵。同時，有機物經微生物作用，會轉化成穩定的有機組成分及生質體供植物作為營養而吸收。



五、優良微生物菌種之選擇

優良微生物菌種應選擇有「廠牌」及有正式之「公司」與生產「工廠」登記之產品，千萬不要選「白包」來使用。



六、優良微生物菌種之使用

優良微生物菌種之添加應在所有原料混合時一併加入，但所有混合完成之原料水分應控制在 $50-60\%$ ，並且應混合「均勻」與「完全」，同時應「防雨」及每隔 $3-5$ 日翻堆一次，全程翻堆 $2-3$ 次，即可完全腐熟成真正的「微生物有機肥料」。

The background is a vibrant green with several white decorative elements: thin curved lines, circles of various sizes, and some semi-transparent green circles. The overall style is modern and clean.

肆、畜牧場堆肥舍之堆肥製作

一、養豬、養牛場及肉雞舍小型堆肥舍

一般小型畜牧場為能處理畜牧廢棄物，通常會利用其堆肥舍貯放禽畜糞，以減少畜舍之環境污染，以此方式製作出來之肥料可供農家自行使用於田間，提供為有機質肥料之來源。因此畜牧場附設之堆肥舍除應有完整之屋頂，其地面應鋪設水泥以避免污水滲入地層，原則上堆肥舍應以密閉為佳，但考量成本及安全，也可三面設置磚牆，第四面可方便人員或鏟裝機具出入。

畜牧場之堆肥舍在具備上述條件後，可思考堆肥舍之條件及製作堆肥之需求，參酌下列方式進行堆肥之製作：

（一）袋裝堆肥

單獨牛糞或豬雞糞渣混合稻穀，裝入有孔隙纖維質袋堆積醱酵，醱酵溫度第5天達60°C，第15天最高溫為63°C，經40天醱酵結束，含水率由65%降至35%以下，堆肥成品乾燥、無臭、搬運方便。

（二）箱型送風式處理

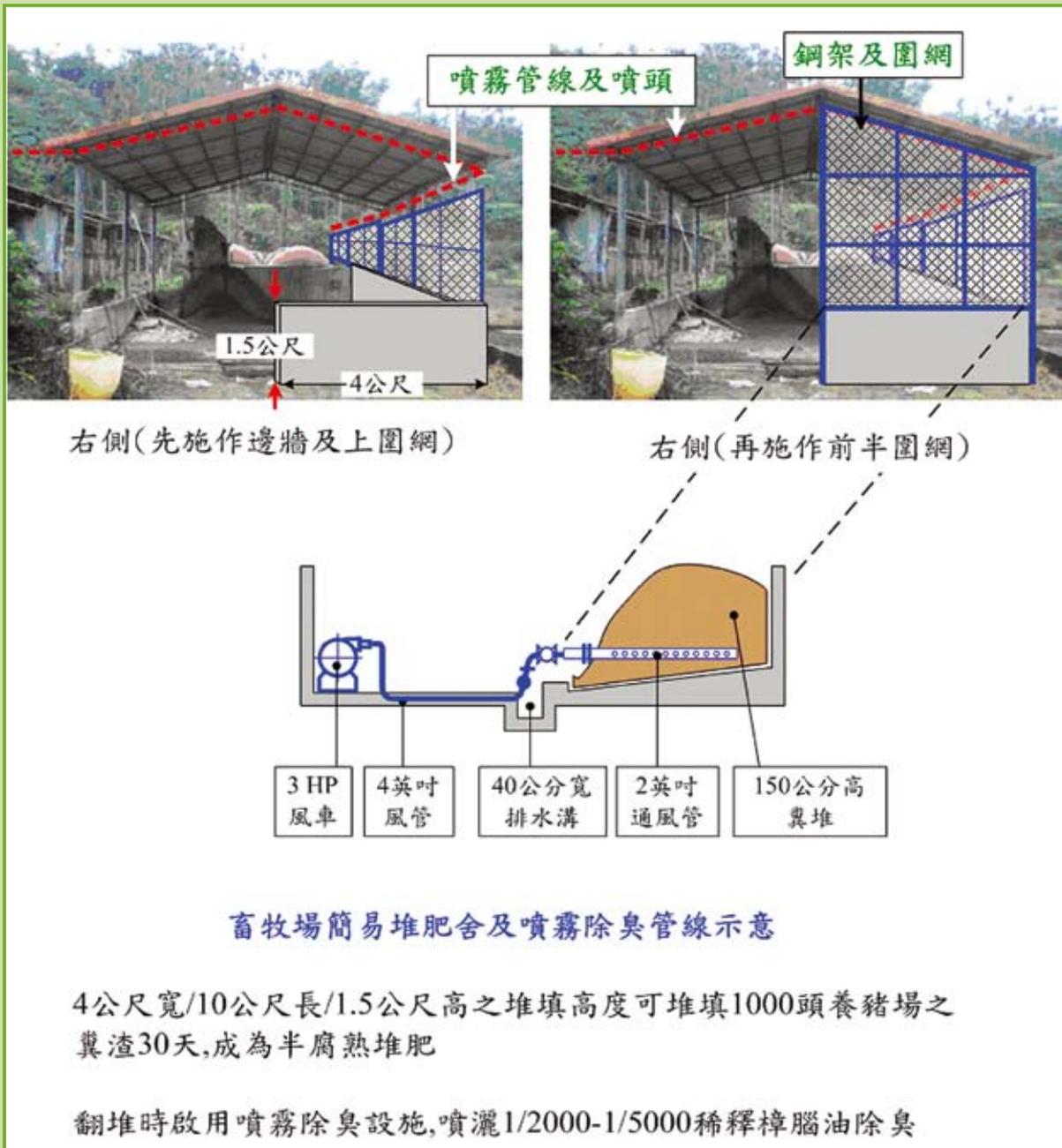
單獨牛糞或豬雞糞渣混合稻穀進行送風式堆肥化處理，材料含水率65%，送風量每噸每分鐘200公升，靜壓320毫米水柱（mm/Aq），送風時間設定送4分鐘，停16分鐘，全天操作。豬糞堆肥前先混合半腐熟堆肥，醱酵溫度在第5天上升至77°C及70°C，醱酵期間為28天。

（三）堆積堆肥舍處理

單獨牛糞或豬雞糞渣混合稻穀在堆積堆肥舍醱酵配合鏟土機翻堆，供給微生物所需之氧氣，由醱酵溫度變化判定，醱酵時間約需70天，而送風式僅需35天，堆積式醱酵時間較長。

（四）開放送風式堆肥舍處理

在堆肥舍建造醱酵槽，槽寬4公尺、長10公尺、高1.5公尺，容積60立方公尺（圖28），堆肥處理採送風併用鏟裝機翻堆，每5-7天翻堆一次，共需



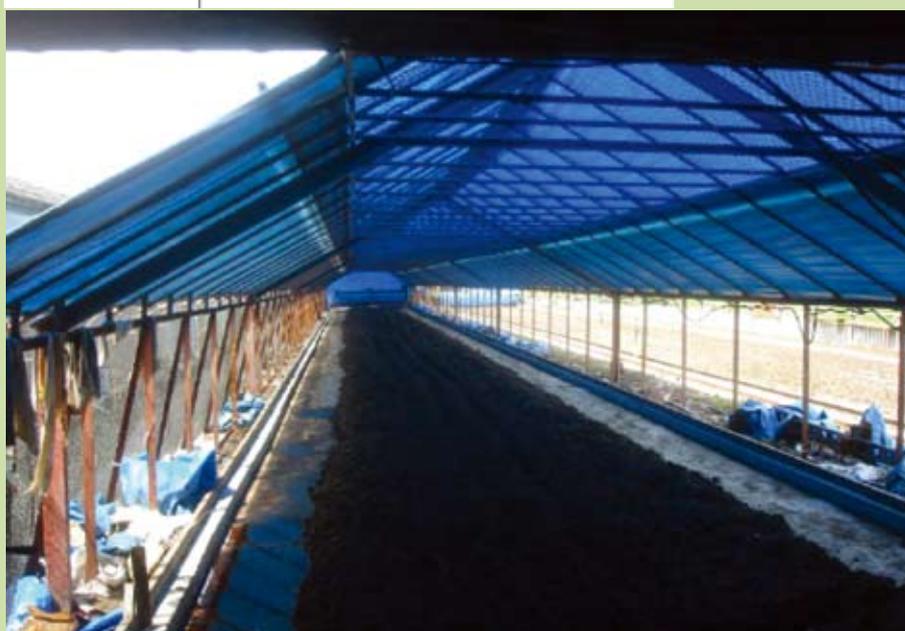
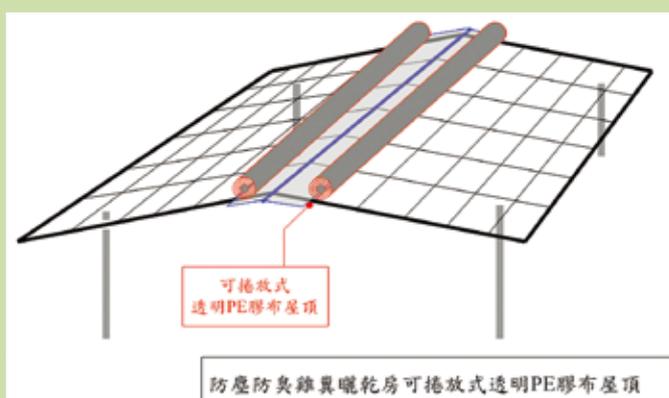
● 圖28 開放送風式堆肥舍

翻堆7-8次，在醱酵槽內插入送風管，送風機規格：馬達3 HP、靜壓320毫米水柱（mm/Aq）、最大送風量30立方公尺/分鐘，其醱酵溫度為65°C-70°C，醱酵60天，再經二次醱酵28天，共98天完成。

二、蛋雞舍雞糞曬乾棚

（一）基本雞糞曬乾棚

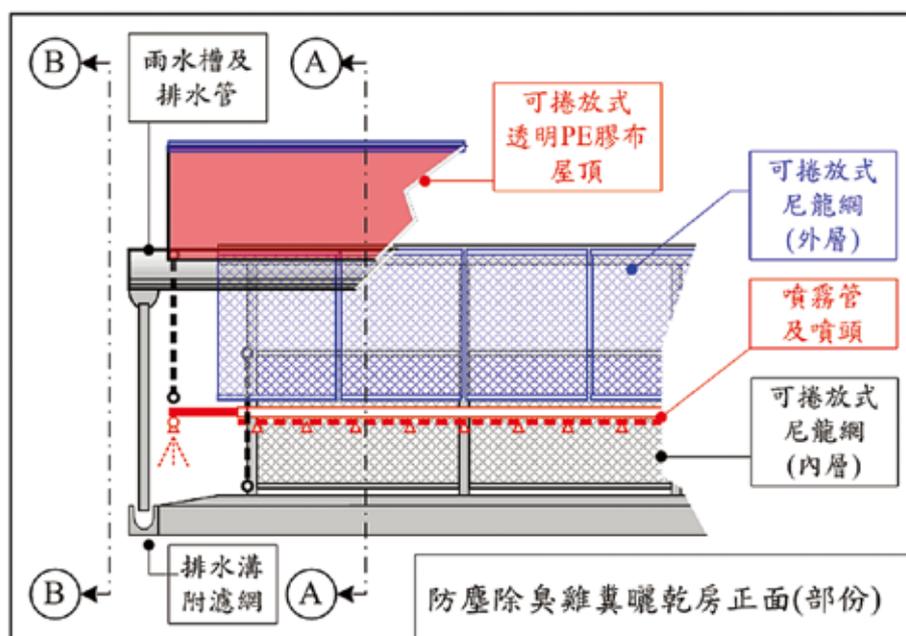
設置基本雞糞曬乾棚（如圖29），防雨水淋溼雞糞以防發臭，另可減低風揚粉塵。



● 圖29 基本雞糞曬乾棚

(二) 防塵除臭雞糞曬乾棚

設置防塵除臭雞糞曬乾棚 (圖30)，防雨水淋溼雞糞以防發臭，風揚粉塵及臭味可以噴水霧或1/2,000-1/5,000稀釋樟腦油抑制。



● 圖30 防塵除臭雞糞曬乾棚





伍、禽畜糞堆肥製作之參考成本

堆肥製造成本，依據不同的製造過程、不同的機械設備、不同的規模大小，和人力投入之多寡等因素，會有很大的差異。以下僅就一家大型堆肥製造場（1,000坪場房），來做堆肥製造成本之推估。

堆肥場所需之費用，可概分為固定成本、變動成本、人事維護費及利息等四大項。以下針對該家大型堆肥製造場之四大費用加以說明：

一、固定成本：

（一）	堆肥土木建築及混凝鋼構屋（9米高）	1,300萬元
（二）	圍牆大門（壹式）	150萬元
（三）	道路面積（900平方公尺）	70萬元
（四）	地磅（壹組）	70萬元
（五）	水電設施（壹式）	100萬元
（六）	消防設施（壹式）	50萬元
（七）	醱酵翻堆機（兩組）	360萬元
（八）	鏟裝機（兩台）	140萬元
（九）	輸送機及輸送帶設備	30萬元
（十）	包裝設備（壹組）	100萬元
（十一）	除臭設備（壹組）	50萬元
（十二）	綠美化設施	30萬元
（十三）	電氣操作	40萬元
（十四）	簡易分析設備	30萬元
（十五）	卡車15噸（兩輛）	500萬元
（十六）	土地購置成本	800萬元

二、變動成本：變動成本包括燃料費、水費、原料費用及運費等，隨時間會有增減之變化。

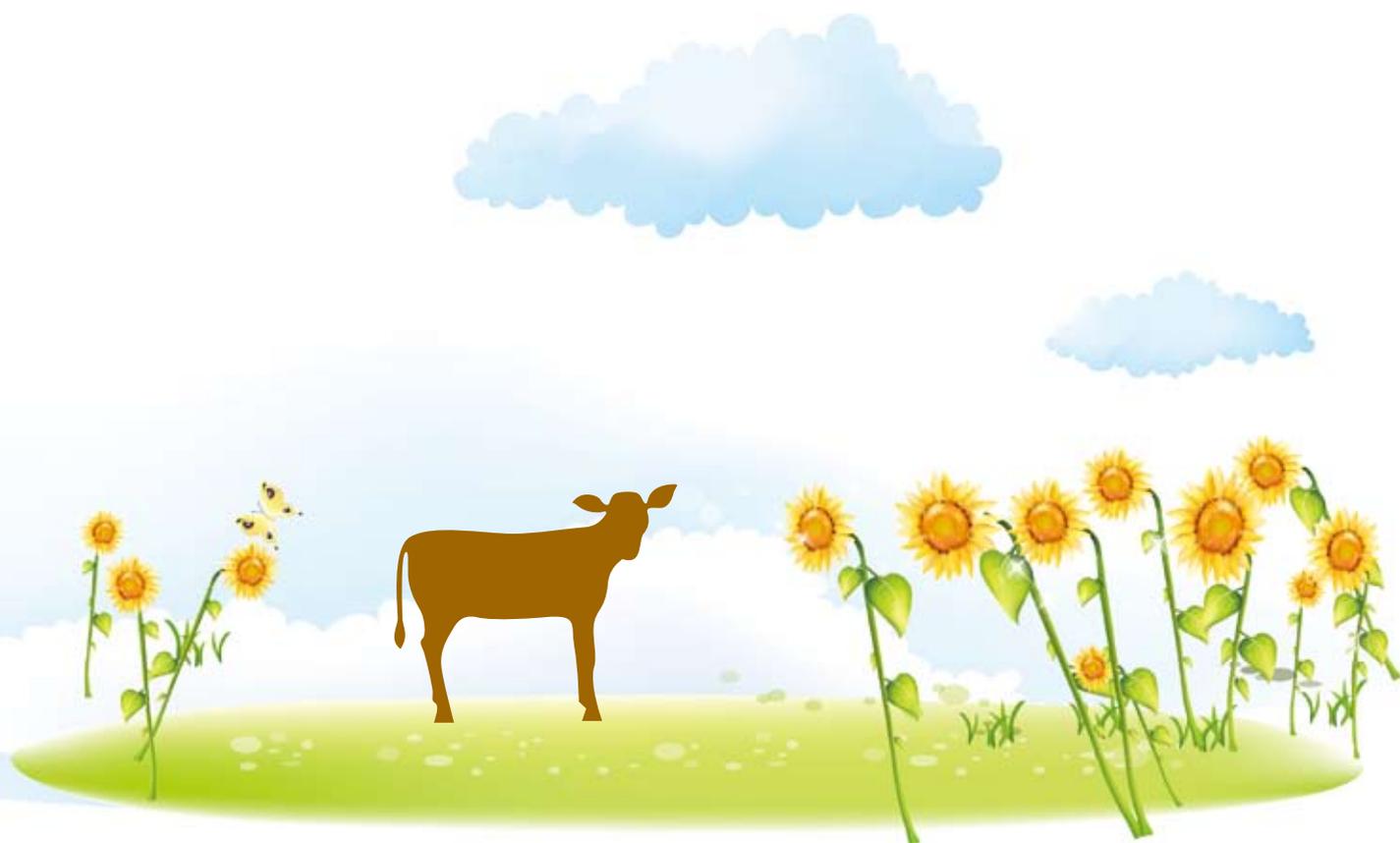
- 三、人事維護費：包括辦公室行政費用、人事費用（至少5人）、電腦、影印、紙、旅運費、廣告及促銷等費用。
- 四、利息：經營事業難免會有融資之需要，每個月必須償還之利息應列入利息費用。

綜合上述之投資，來估算投資折舊費，加上人事維護費、利息及水電支出，大致可以知道總支出費用，如每年生產固定的堆肥量，就可以估算出堆肥的生產成本，加上售價，就可以知道利潤大概多少。

以上述大型堆肥場之機械與車輛部份加總計算。

- 一、機械部分約為1,200萬元，折舊以7年估算，機械及車輛每年之折舊為（1,350萬-1,350萬×10%）×7=175萬元/年。
- 二、場房及附屬設施之折舊以20年估算（1,670萬元-1,670萬×10%）×20=75萬元/年，年總折舊費=機械車輛折舊+場房設備折舊=175萬+75萬=250萬元。
- 三、利息=總投資金額×年利率×3,820萬元×4%=152萬元（以銀行年利率4%估算）。
- 四、維護費=年折舊率×10%=250萬元×10%=25萬元/年。
- 五、人事費=4萬元×5×13.5（月）=270萬元（以僱用5人固定員工，月平均4萬元計）。
- 六、電費、油料費及調整材料費：堆肥場之用電費每月4萬元、油料費每月4萬元、調整材料每月6萬元計算，每月14萬×12=168萬元/年（未含原料）。
- 七、總額=年總折舊費+利息+人事費+維護費+水電費+其他，即250萬+152萬+25萬+270萬+168萬=865萬元/年。
- 八、生產成本：以年產量3,000公噸為例，生產成本=總額÷年產量=865萬÷3,000公噸=2,900元/公噸，即每公斤新台幣2.9元。

基本的設備是必要的，因此要從固定投資成本來降低堆肥製造成本十分困難，只能從機械設備維護及保養降低成本。然而，堆肥製造最重要的是原料的取得必須是免費的，如果還要花錢去購入原料，則堆肥的成本會太高，目前堆肥出售的平均價格每公斤大約4-4.5元，太高的話，農友也不能接受，所以如何提高生產量及銷售成績，也是影響成本的重要因素。





陸、禽畜糞堆肥場實例介紹

行 政院農業委員會及前台灣省政府農林廳（以下簡稱農林廳）為妥善處理畜牧廢棄物，於82年間陸續輔導設立禽畜糞堆肥場，目前計有52家，以下茲以4家堆肥場為例，對於目前禽畜糞堆肥場之經營現況作一介紹。



一、花蓮縣花東有機肥生產合作社堆肥場

- (一) 簡介：為響應政府「加速農村坡地開發建設計畫」，改善農民生活，發展永續農業，於82年間獲得農林廳輔導，於87年正式設立農牧廢棄資源處理中心，收集當地及鄰近地區農牧廢棄資源（牛糞及米糠等），生產有機質肥料，成功建立農牧廢棄資源再利用模式，使可用資源有效還原農地，達到農業永續發展。
- (二) 規模：土地面積6,237平方公尺，場房面積2,421平方公尺，醱酵設施944平方公尺，每月最大處理量944公噸。
- (三) 特點：
1. 96年導入ISO9001品質管理系統，對於產品流程監控，並持續改善以滿足顧客需求。
 2. 重新規劃集塵設備，將集塵器接管引入醱酵槽，除可回收再利用，亦有效改善場房內之空氣品質（如圖31）。
 3. 透過政府研究機關輔導，添加微生物製劑生產堆肥，提升產品之附加價值。
 4. 積極與當地稻米及文旦產銷班結盟，結合專家及研究機關之協助，輔導農民合理施用肥料，創造堆肥行銷契機。
 5. 建立行銷平台，創立自有品牌，以提升產業競爭力，並增加農民收益。



● 圖31 改善集塵器及其動線有效改善場房空氣品質



● 圖32 翻堆機翻堆情形



二、順豐堆肥場

- (一) 簡介：該場自71年起即開始研發堆肥製作堆肥，可說是台灣有機堆肥場之先驅。85年配合政府推動永續農業之政策，經本會及農林廳輔導，自費設立順豐堆肥場，以禽畜糞、茶渣及咖啡渣為原料生產堆肥。
- (二) 規模：土地面積4,430平方公尺，場房及設施面積3,281平方公尺，堆肥醱酵設施面積為1,710平方公尺，每月最大處理量為1,710公噸。
- (三) 特點：
1. 研發天車式堆肥翻堆機，取得專利，並獲多家堆肥場及研究機關採用。
 2. 自行試驗特定菌種生產堆肥，提升產品附加價值。
 3. 積極節能，運用日光，研發興設溫室型堆肥原料乾燥室。
 4. 結合所設立之農村體驗教育園區，對於參觀者進行資源回收再利用解說教育。



● 圖33 順豐堆肥場自行開發之天車式堆肥翻堆機



● 圖34 溫室型堆肥原料乾燥室



三、嘉義縣農會堆肥場

- (一) 簡介：嘉義縣農會於80年間評估設置豬糞集中處理場，經本會、農林廳及嘉義縣政府之經費補助與輔導，以及畜產試驗所之技術指導及台灣區雜糧基金會之協助支援，在民國82年底完成設置豬糞集中處理中心計畫。嘉義縣農會堆肥場協助處理縣內養豬場之豬糞及菇類培植廢棄包之木屑，經混合翻堆腐熟後，成品裝袋，透過鄉鎮市農會推廣組織系統指導農友使用，對於增進地力、提高農作物品質及增加農民收益，績效卓越。而且對於禽畜之處理及防止環境受污染，均有相當助益。
- (二) 規模：土地面積14,994平方公尺，場房及設施面積4,206平方公尺，堆肥醱酵設施面積為2,160平方公尺，每月最大處理量為2,160公噸。
- (三) 特點：積極收取豬糞進行製作堆肥，設立之初收集嘉義地區各鄉鎮之豬糞，其頭數達到27萬頭之多，有效降低養豬場生產環境之污染問題，亦使數量龐大之畜牧廢棄物，得以妥善回收再利用。



● 圖35 嘉義縣農會堆肥場之醱酵翻堆設施



四、油車合作農場堆肥場

- (一) 簡介：於84年7月由本會及農林廳輔導成立，油車合作農場堆肥場蒐集禽畜糞、畜禽屠宰下腳料、豬毛、農業污泥、果菜殘渣、菇類培植廢棄包、植物性廢渣及其他非農業廢棄物等，目前每年可生產7,500公噸有機質肥料。
- (二) 規模：土地面積20,633平方公尺，場房面積4,216平方公尺，發酵設施1,620平方公尺，每月最大處理量1,620公噸。



● 圖36 油車合作農場外觀

(三) 特點：

1. 油車合作農場以稻殼為燃料，進行稻穀及大蒜的烘乾作業，所產出之炭化稻殼作為堆肥肥料，充分運用農業廢棄物，發揮節能減碳之效能。
2. 與台中區農業改良場合作，將其研發之微生物菌種添加於堆肥中生產，開發新的堆肥產品，以提升產品競爭力。



五、結語

歸納以上各堆肥場實例，可發現禽畜糞堆肥場，多能融合以下理念經營，以創造禽畜糞堆肥場永續經營之空間：

- (一) 經營方式：融入異業結盟、創新管理理念及產銷通路整合等經營方式，以更靈活的思維販賣堆肥產品。
- (二) 經營理念：選擇耐腐蝕之機具設備及房舍，以減少維修成本之支出；平時重視機件之維護及場房之修繕，隨時留意工安及人員操作環境之安全；避免臭味及粉塵逸散，主動做好污染防制措施，以追求產業之永續經營。
- (三) 研發創新：研發機具及運用技術於生產過程及場房興設，以節能並降低成本；妥善利用微生物製劑，改善環境衛生，提升產品之附加價值。
- (四) 積極服務：提供消費者肥料使用之諮詢，協助了解作物生長之狀況，營造服務品質及消費者信任之良好印象。
- (五) 參加認證：充實各類專業知識，參加本會畜牧資源回收再利用評鑑，或行政院環境保護署之「環保標章」、「事業廢棄物與再生資源清理及資源減量回收再利用績效優良獎」等各類認證、檢覈或競賽，提昇管理品質，營造品牌形象。





柒、禽畜糞堆肥之施用

優質禽畜糞堆肥的產出，必需配合合理化的施肥要領，方能發揮禽畜糞肥的正面效應及減輕其產生的負面效應。禽畜糞堆肥合理化施用的先決要領為：瞭解禽畜糞堆肥的成分特性，及選擇優良的禽畜糞堆肥。其合理之使用策略為：



一、宜使用腐熟的禽畜糞堆肥

在農地上施用未腐熟禽糞堆肥的潛在問題，包括：

- (一) 未腐熟堆肥施入土壤中，碰到水後，會繼續起醱酵作用，所產出的熱及有毒揮發性氣體會傷害作物的種子和根系。
- (二) 未腐熟堆肥常含蟲卵和病原菌，並且帶有臭味，若施用於農地，病原菌將危害作物的生長，且傳播到周遭環境中，嚴重時，將威脅人畜的健康。蟲卵孵化後，會滋生蒼蠅等不受人歡迎之昆蟲，再加上臭味的飄散，常會使環境衛生及生活品質降低，威脅人畜的健康。
- (三) 未腐熟堆肥中常含雜草種子，將其施於土壤後，會增加雜草滋長及蔓延的機會，且與生長中的作物競爭土壤中的水分和養分，故往往會影響作物的正常生長。

為避免上述問題，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，可藉由堆肥化過程中所產生的高溫（通常會高於70°C）來殺死其中之病原菌、雜草種子及蟲卵，而堆肥化過程亦可使有機資材的C/N比降低，再加上適量的翻堆（確保至少有15天的溫度需超過50°C），是確保腐熟堆肥的不二法門。

雖然堆肥是否腐熟的評估方法甚多，但仍未有絕對的方法，惟最起碼腐熟的堆肥不會有臭味，且遇水後不會發熱。



二、注重禽畜糞堆肥的品質

優質禽畜糞堆肥之品質要求包括：

- (一) 主成分、有害成分及限制事項應符合品目標準；
- (二) 主成分含量測值與登記成分含量的差異，需在檢驗容許差範圍內；
- (三) 腐熟品相佳且無臭味、無蟲卵、雜草；
- (四) 電導度低。

由於禽畜糞堆肥之原料配比和堆肥化條件無法固定，使得每一批次所產出堆肥的有機質和養分含量都將不同，因此，禽畜糞堆肥常見成分不穩定和品質不均的問題，讓使用者難以估算其施用量。

此外，部分畜牧場在飼養禽畜時，往往在飼料中會添加一些無機鹽類硫酸鋅或硫酸銅，以增強禽畜糞的抵抗力或加速禽畜之生長速度，因而使得禽畜糞的可溶性鹽類及銅或鋅含量較高，一旦大量或連續施用禽畜糞堆肥時，會使得土壤累積過多的銅或鋅及可溶性鹽類，而導致土壤品質的下降及作物生長受到抑制。

為確保禽畜糞堆肥的品質，建議如下：

- (一) 監控禽畜糞與調整材的成分。
- (二) 堆肥業者宜建立穩定之禽畜糞與調整材的比例，及堆肥化條件（水分、溫度、通氣量及堆肥化時間....等），以追求堆肥成分之穩定性和均一性。
- (三) 定期監測禽畜糞堆肥的成分。





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，施用禽畜糞堆肥雖可對土壤物理、化學及生物性等性質進行改良，但是也惟有在「合理施用」下才可得到此效果，過度的施用，仍會造成作物的生長抑制、土壤品質的降低和對環境衛生及影響人畜健康，此乃使用禽畜糞堆肥者所不可忽視的。

禽畜糞堆肥和化學肥料的特性不同，其所含的養分僅部分可溶出，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，因此禽畜糞堆肥可說是緩效性的肥料，且具有多年的殘效，即今年施入的禽畜糞堆肥，除約有50%的氮在今年釋出外，尚有部分的氮在明年，甚至後年才釋出。農友在每一作種植前，均施用禽畜糞堆肥，若在一年種植多作的情況下，由於大量且重複的施用土壤，常造成土壤有機質，鹽分和重金屬累積及養分過多的現象，而使土壤品質逐漸劣化。

為避免不當施用禽畜糞堆肥，農民應注意以下事項：

- (一) 查明欲栽種之作物在正常生長時所需的各種養分需要量。
- (二) 依植體需要量、土壤之分析測值，以及禽畜糞堆肥之成分含量來決定適當的堆肥使用量。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，也不可把別家產品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而變，唯如果未測定禽畜糞堆肥的礦化速率，可將施用之禽畜糞堆肥中所含的氮、磷酞和氧化鉀總量分別乘以0.5、0.7和0.7以粗估可釋出之量，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之數值，僅供參考）。
- (三) 供應作物生長所需的所有養分，應避免完全倚賴堆肥的施用，建議可採與化學肥料配合施用，或與其他植物性有機質肥料輪替使用的策略。

- (四) 含可溶性鹽類高的堆肥，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。
- (五) 注意禽畜糞堆肥具有遲效和緩效的特性，不要每作都大量施用。



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...等），常會導致水體優養化現象。另硝酸鹽（ NO_3^- ）進入水體中，會使水質品質劣化。

判斷施用方法及施肥地點，有以下幾個方向：

- (一) 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，並留意配合風向、表面逕流、土壤沖蝕情形及適宜排水設施。
- (二) 施用地點之選擇，宜避免易於發生表面逕流及淋失之處，以及太靠近水源或表面水之處，若欲施用則需配合水土保持，例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。
- (三) 避免將禽畜糞堆肥施用在陡坡地或結冰的土壤表面。
- (四) 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。





中華民國乳業協會

116 台北市文山區羅斯福路五段184號3樓

電話：(02) 29350084 29357809

傳真：(02) 29322906

郵政帳號：00168351

網站：www.holstein.org.tw

電子信箱帳號：ddat@ms47.hinet.net