

## 以直立型密閉式堆肥發酵機處理雞糞

### Poultry Manure Treatment Using a Close-Type Vertical Compost Fermenter

國立中興大學農業機械

工程系系副教授

欒 家 敏

Jar-Miin Luan

國立屏東技術學院機械

工程技術系講師

兵 尚 忠

Shang-Chung Ping

國立屏東技術學院機械

工程技術系教授

謝 欽 城

Ching-Chen Hsieh

#### 摘要

雞糞為製做堆肥的主要原料之一，目前台灣蛋雞糞大部份以人工曝曬方式處理，已不符合經濟原則，且常引起生態環境污染的問題。以機械化方式處理雞糞，使之堆肥化，乃刻不容緩之事。本研究對蛋雞舍堆積之雞糞，進行成份分析，並利用直立型密閉式發酵試驗進行雞糞堆肥化發酵實驗，期能為雞農提供一個合適的雞糞處理模式，解決禽畜飼養的困境。實驗結果如下：雞糞於雞舍下堆積的時間不宜超過七天，以免造成泥便與氮肥損失；投入發酵試驗機的生糞含水率以不超過 60% 為宜，以免降低發酵速率；發酵試驗機以本身糞源培養菌種，進行連續式急速發酵，每天定時進料，處理週期約為七天；雞糞發酵後成為均勻鬆散、臭味低的褐黑粉粒，含水率約 38%，可做包裝貯藏等後續發酵處理。

關鍵詞：雞糞，發酵機，堆肥。

#### ABSTRACT

Poultry manure was currently dried by sunlight exposition in Taiwan for making of compost. This method caused severe environmental difficulties. A close-type vertical fermenter was therefore employed to compost the manure. The procedures of fermentation were evaluated. Experimental results showed that the stacking period of raw manure in poultry farm should not exceed 7 days in order to preserve the physical/chemical characteristics of the manure. While be fed to the fermenter, the manure would be 60% or less in moisture content. After a 7-day treatment, poultry manure became dark-brown sandy compost with 38% moisture content. Secondary treatment would be needed to ensure the compost quality.

Keywords : Poultry manure, Fermenter, Compost.

## 壹、前 言

近年來臺灣地區的畜產事業蓬勃發展，使過去副業式禽畜飼養轉變為大規模事業經營型態。在總飼養數逐漸增加情形下，龐大糞尿廢棄物量已對於臺灣生態環境造成嚴重危害。如今環保意識高漲，畜場事業在臺灣能否存續，端視禽畜糞尿等廢棄物的處理是否落實。有機廢棄物堆肥化處理是人類固有的農業技術，目前此種技術已有充分的生化科技做後盾，設備也邁入機械化、甚至自動化階段。以好氣發酵方式，集約且快速處理禽畜糞尿，使之製成堆肥回歸大地，將是環境保育與永續地方的兼得之法，已成為近代農業的必然趨勢。

台灣地區目前雖有加入關貿總協的衝擊，但國民對生鮮雞蛋及完整禽畜屠體的需求仍大，使養雞事業仍有生存空間。台灣每人每年消費 230 個雞蛋(王, 1992)，與日本 284 個比較，還有增長之餘地，因此，至少可維持二千萬隻以上蛋雞飼養量。台灣地區蛋雞業的年生產總值約佔畜產總值的 20 % 左右，僅次於毛豬。每隻雞每日的排泄量以 0.14kg 計算(沈, 1992)，台灣每日雞糞總產量 11,077 公噸，其含水率約 76 %，即乾物量約 2660 公噸。若製成含水率 30 % 的堆肥，則年產量可達 138 萬公噸，其中 51 萬公噸源自於蛋雞糞。台灣於民國 80 年自給肥料中，禽畜佔 142 萬公噸，蛋雞糞則提供 36 % 的供應量。

台灣蛋雞目前以寵飼為主，蛋雞糞處理方式雖可歸納為四種(謝等, 1991)，但仍以人工曬糞及鏟裝貯存為主。農民施用於瓜類、豆類、果樹、及蔬菜等作物田間的雞糞，大部分都是未經發酵處理的曬乾糞。直接施於土壤後，微生物將有機態氮變成無機態氮，再經土壤的硝化菌作用分解成硝酸態氮與亞硝酸態氮。此兩種離子溶解於水，且容易被作物吸收，因此下雨時會隨雨水滲透流失，以致污染水源；亦或當動物食用吸收大量硝酸態氮之植物時，會產生中毒現象。此外，微生物分解曬乾糞之類的有機物時，會消耗大量的氧氣，使土壤呈還原狀態，以致有機質行厭氣分解，使土壤酸化，影響根部的生育。環保署於民國 80 年已公告在水源區上游禁止使用未經

發酵處理之禽畜糞，並嚴格取締，即可見其污染的嚴重性。

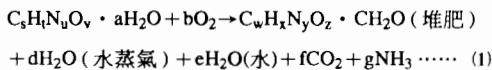
對雞糞的處理方式各地頗有差異，歐美地區多採厭氣發酵，生產沼氣與液態肥料。日本很早就進入禽畜糞固形物堆肥化研究，其技術與設施均相當進步，可供台灣借鏡。在雞糞堆肥化處理方面，堆肥舍是一種古老的處理方法，通常利用糞尿與水份調整材混合後堆積六個月至一年，做長時間自然發酵。此法設備費用低，但翻堆時費力且有易生蟲、蠅及臭味之缺點。為幫助雞糞發酵，堆肥舍可增加通風設備(謝等, 1991)，但不具備攪拌翻堆功能，容易造成通氣不均勻，使底層有厭氣發酵之泥狀糞產生，因此較適於做二次後續發酵處理用。最近日本的雞糞大多使用密閉式急速通風發酵設施處理，處理時間可縮短為三至七天，該式發酵設施具有佔地面積小、產品品質均一、臭氣易於收集處理、與節省人力等優點，但是單位糞量處理費用較高為其缺點。密閉式發酵設施有橫型(臥置型)與縱型(直立型)兩種，行政院農業委員會委託屏東技術學院自日本引進直立型發酵槽一座，置於陳姓養雞場進行發酵實驗，效果良好，目前已完成本土化試製，不久即可推廣於雞農使用。

在雞糞發酵技術方面，松崎(1978)利用預先培養發酵母料為基底，再和生糞混入進行堆積發酵，結果十至十五日即可生產性狀良好的雞糞堆肥，此法並可應用在豬或牛糞處理。松崎同時實驗證實，禽畜糞之發酵可以本身糞源培養種菌，不必添加額外的菌種。藤尾等(1980)實驗證實發酵系統處理所需熱量可由自然發酵熱提供 85 %，臭氣也顯著降低，唯對廢熱回收過程及設施效益分析定未說明，無法了解其應用的可行性。Hansen 等(1989)列出雞糞堆肥發酵可控制因子有碳氮比(C/N Ratio)、溫度、送風量、攪拌頻率、處理時間、堆積高度、返送堆肥比率、及最初含水率等 20 項，利用 Taguchi 法，以堆肥質量、乾物、含水率，氮等減少量做指標，探討雞糞發酵控制的最佳條件。結果指出：調整材種類、含水率、攪拌方式(與調整材混合)對發酵有絕對的影響，而碳氮比、攪拌頻率、粒徑大小則與氮的維持有關，不過沒有提出發酵最佳模式。

目前國內有關雞糞堆肥化設施或工程的研究不多，本研究是以日本進口機械為藍本，自行改良製造一部直立型密閉式發酵試驗機，對蛋雞糞進行好氣發酵試驗，使之成為可直接利用的有機堆肥。研究過程中，逐步建立雞糞物理與化學性質資料，並分析探討發酵糞品質，期於未來建立此種發酵機的操作運轉規範，使經營兩萬隻規模養雞場的雞農，得以參考採用此種發酵機處理雞糞，俾對人力短缺及環保困境等問題提供可行之解決方案。

## 貳、雞糞堆肥化理論分析

堆肥化(Composting)，是人工促進微生物分解有機物，藉自然的細菌、放線菌、真菌等微生物，以生化反應將之變換為安定腐植質的過程，堆肥化生成物稱為堆肥(Compost)(福，1985)。對禽畜糞尿等有機質處理方式以野積堆肥法(Windrow Composting)與高速堆肥法(High-rate Composting)等好氣性發酵法為主，將有機物變為黑褐色，類似腐植質的堆肥(福，1985)，可用下式表示：



其中,  $(C_wH_xN_yO_z \cdot cH_2O)/(C_sH_tN_uO_v \cdot aH_2O) = 0.3 \sim 0.5$ ,  
且,  $w = 5 \sim 10$ ,  $x = 7 \sim 17$ ,  $y = 1$ ,  $z = 2 \sim 8$ 。

在堆肥生產過程中，提高堆肥發酵的速率，以便在最短期間內將有機質廢棄物製成堆肥是生產者之首要目標，為有效促進堆肥化處理之速度，可從改善原料物理性質、通風、適當攪拌與翻堆、及加熱與保溫等方面著手。但對施用有機肥的農田而言，堆肥之腐熟度及品質是最重要的事，以免造成作物生長障礙，影響作物健康，或污染地下水資源，危害生態環境。

堆肥化工程須涉獵微生物學、發酵學、熱力學等範圍相當廣闊的知識，唯本研究使用之發酵試驗機採用連續式進料及部份攪拌混合之堆肥化處理方式，故僅對下列因子進行方析。

### (一) 發酵熱

堆肥發酵系統裡，物質不斷地與外界互相傳送，可視為一開放系統，因此適用熱力學第一定律能量守恆的觀念。同時，由於堆肥發酵過程中

所生之熱量並非完全經由系統吸收或排出，部份為微生物本身吸收利用，因此 Gibbs 利用熱力學第二定律導出自由能 (The Free Energy Function of Gibbs)， $\Delta G$ ，用來決定各種化學反應微生物之可利用能 (檜垣等，1987)，如下式所示：

$$\triangle H = \triangle G + T \triangle S \dots \dots \dots \quad (2)$$

其中， $\Delta H$ ：堆肥發酵過程中之熱量變化，Kcal

$\Delta G$ ：自由能量，Kcal

$\Delta S$  : 熵, Kcal

T : 絶對溫度, °K

又，Arrhenius 認為堆肥化過程中，系統溫度是反應速率的函數（檜垣等，1987）：

$$\frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{E_a}{RT^2} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

其中， $K$ ：反應速率常數。

R : 氣體常數

$E_a$ ：反應活性能量 (Cal/mol)

將上式積分後，

$$K = A[\exp(-E_a/RT)] \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

其中，A：頻率因子

理論上，發酵熱值可用上述方程式來計算，但堆肥材料中有機物成份相當複雜，要單從標準焓值變化精確計算發酵熱並非易事。就禽畜養殖而言，由於物種及飼料不同，所排糞便有機物成分的變異也大，事實上無法明確定出乾物發酵熱值。前人對每公斤乾物所能產生熱量之實驗結果顯示(檜垣，1987)，一般禽畜糞的乾物大約可以具有4500kcal/kg，調整材則可以3000至4000kcal/kg來估算，做為發酵處理量之依據；對水分蒸發所需能量，理論值約為600kcal/kg，但堆肥處理過程中，因通風及發酵槽壁傳熱損失等，所需熱量全由乾物分解熱來負擔，故開放型設施每公斤水分蒸發熱量約需900kcal，絕熱較好的密閉型設施可以750kcal來計算。

## (二) 最適含水率

禽畜糞材料製造堆肥的適當濕基含水率為 55 ~ 65 % (Golueke, 1977)。本研究實驗純以蛋雞糞為原料，雞糞原料含水率的調整僅靠回填較為乾燥的堆肥成品，使其濕基含水率 60 %，不添加其他材料，故糞中不含纖維質及渣滓，且黏性較高，其最適含水率通常也較低。

## (二)乾物分解率

乾物分解率是微生物生長活性的參考指標之一，禽畜糞依物種和處理方式之不同，其乾物分解率亦有變化，為 20 ~ 50 % (沈，1992)，其公式如下：

$$\text{乾物分解率} (\%) = \frac{\text{乾物減少量}}{\text{處理前總乾物量}} \times 100 \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

$$\text{每日平均分解率} (\%) = \frac{\text{乾物分解率}}{\text{處理日數}} \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

以純禽畜糞堆肥時，可用公式(5)、(6)與下列日本的經驗公式(7)計算乾物分解率：

$$\log(Y - 0.2Y_0) = \log 0.8Y_0 - 0.015X \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

其中， $Y$ ：乾物重，kg

$Y_0$ ：初期乾物重，kg

$X$ ：處理時間，日

## 四送風量

發酵過程中需要送風通氣，以供應微生物充足的氧氣，也移去水分與發酵熱。送風量適當與否，關係著整個好氣發酵成敗。在供應微生物氧氣方面，Rich(1963)提出計算耗氧量的公式；Haug(1980)則提出以送風作用移去水分之所需空氣量的計算方法。

## 參、實驗設備

### (一)直立型密閉式發酵試驗機

本研究以日本三友工業公司生產之 SK-800N 直立型密閉式發酵槽為藍圖，改良設計並製造一套發酵試驗機，使之微型化。試驗機包括機體、攪拌與動力驅動裝置、送風與抽風裝置等三部分。其構造示於圖 1。

### (二)主要實驗儀器

1. 多點式溫度記錄儀 (YOKOGAWA Model HR2300)。
2. 紅外線水分測定儀 (YEASTEN Model YL-3A)。
3. 熱線風速儀 (DENSHI Model V-01-AN II)。
4. 氨 ( $NH_3$ ) 臭氣測定儀 (PIKEN Model M-1-275)。
5. pH 值測定儀 (LATO-TEK Model 500)。
6. 凱氏氮測定儀 (TECATOR Model 1002)。

此外，尚有精密天平、U 形液柱壓力計、分

解爐、磅秤、碼錶、烘箱、高溫爐、及振盪器等輔助儀器與設備。

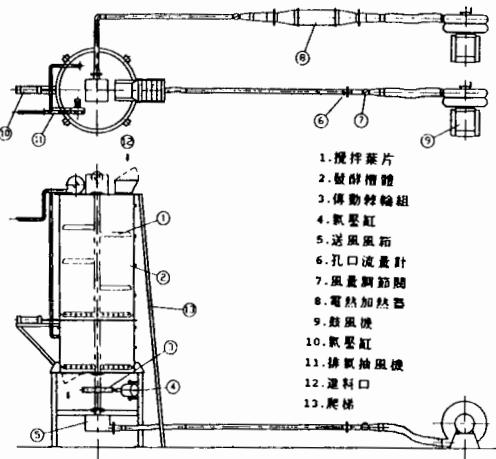


圖 1. 自行製造的發酵試驗機構造示意圖。

## 肆、結果與討論

### (一)雞糞基本物理化學性質測定

每日早上八時自蛋雞場採擷堆積七日的雞糞為實驗樣品，帶回實驗室分析。取樣的方法是在整列雞舍籠子下，依序擺設十四個塑盤，每日取兩盤之糞混合後取 500 公克左右做為實驗樣品。樣品測定項目包括含水率測定 (郭，1989)、總碳 (total carbon, TC) 與總氮 (total nitrogen, TN) 測定 (Page et al., 1982)、及 pH 值測定 (原喜等，1983)。

#### (1)含水率變化分析

本實驗是對不噴灑防蟲藥之雞舍進行採樣。表 1 所示，為雞糞含水率對堆積時間及氣溫的變化情形。在 10 與 11 月，雞糞之含水率較高，經七天堆積，含水率由 74 % 下降至 65 %。同時在第三天起，糞中即會有蛆蟲出現，至第七日已有泥便發生；12 至 2 月的氣溫較低，蛋雞排糞含水率約 70 %，經過七天堆積，逐漸降到 55 % 左右，糞中雖有蛆蟲產生，但仍保持鬆散粒狀形態。一般在氣溫 25 °C 以下，堆積一週，雞糞還可維持原有形狀，但高溫時期因糞的含水率偏高與蟲的增殖攪動關係，可能只需三天即形成泥便狀態。

#### (2)雞糞總碳、總氮及 pH 值測定

雞糞堆積過程中，其碳與氮總成分及 pH 值變化如表 2 所示。碳與氮為微生物的主要營養源，在堆積七天中，均隨時間增加而遞減，且以第二天最顯著，此可能是剛排出的生糞和空氣接觸後，微生物迅速分解有機物以供增殖所造成。至第七天，其碳、氮值與第一天比較 TN 由 7.4 % 降低為 4.9 %，減損率為 33.8 %；TC 則由 34.8 % 減至 31.4 %，減損率為 9.8 %，使碳氮比反而由 4.7 增為 6.4。從減損率來看，以純雞糞製做堆肥時，堆積時間可不必太長。銨態氮( $NH_4-N$ )是微生物分解糞中之有機氮產物，由表 2 可知，銨態氮在第四天達最高值，若與 pH 值相對照，可發現雞糞剛排出時幾呈近中性，隨堆積時間增加及微生物活性增大而漸趨鹼性，同樣以第四天為最高，此時銨態氮會產生氨氣，排放於大氣中，此為雞糞堆積時 TN 會減少的原因。至第五天，銨態氮與總含量均下降，第七天時，pH 值呈微鹼性，是微生物合適生長的條件。

表 1. 雞糞含水率與氣溫及堆積時間之關係

堆積 時間 (天)	溫度(°C) 與含水率 (%)	實驗日期 *				
		1	2	3	4	5
第 1 天	溫 度	25.7	23.1	23.1	22.1	17.1
	含水率	74.3	73.4	69.4	69.1	68.5
第 2 天	溫 度	25.2	24.7	20.9	21.4	18.8
	含水率	74.0	62.9	64.8	54.3	65.9
第 3 天	溫 度	25.7	24.6	20.3	22.7	19.9
	含水率	69.0	67.4	66.0	61.4	57.6
第 4 天	溫 度	25.2	24.3	20.6	22.2	19.8
	含水率	66.9	68.3	65.6	61.6	53.2
第 5 天	溫 度	24.8	23.6	22.0	21.4	22.4
	含水率	59.2	66.6	66.3	56.4	59.3
第 6 天	溫 度	23.5	20.8	19.7	22.4	21.3
	含水率	68.5	59.4	62.1	54.9	54.3
第 7 天	溫 度	23.3	19.8	18.5	22.3	21.2
	含水率	65.5	59.6	54.1	52.3	57.3

\* 註：實驗日期：民國 81 年 10 月至 82 年 2 月。

- 1. 10 月 13 日~19 日      2. 11 月 4 日~10 日
- 3. 12 月 10 日~16 日      4. 1 月 7 日~13 日
- 5. 2 月 3 日~9 日

#### (1) 發酵試驗機作業性能實驗

本實驗使用之直立型密閉式發酵試驗機每日

表 2. 雞糞堆積時間與碳、氮含量及 pH 值之關係。

堆積 時間 (天)	測定項目				
	總碳 (%) TC	總氮 (%) TN	碳氮比 C/N	銨態氮 (ppm) $NH_4-N$	pH 值
1	34.8	7.4	4.7	161.4	7.3
2	33.6	6.8	4.9	213.8	7.4
3	32.8	6.8	4.8	272.8	7.7
4	32.0	6.7	4.8	305.6	7.9
5	31.7	6.1	5.2	229.0	7.4
6	31.6	5.4	5.9	206.4	7.4
7	31.4	4.9	6.3	219.8	7.6

約處理 1200kg 的生雞糞，相當於三千隻雞的排泄量。每日生產發酵細糞約佔每日投入生糞重量的 55 %，同時也佔總出料量的 2/3 左右，其餘 1/3 則做為回填之含水率調整材料。試驗機是採用急速發酵方式，就作業性質而言，主要的可控制因子有送風量、攪拌頻率、送風溫度、堆積高度、含水率、含水率調整材、及處理時間等七項，本實驗選用送風量與攪拌頻率兩項做為變動因子，其餘五項為固定因子進行實驗規劃。試驗機設定的操作條件如表 3 所示，實驗分析的項目則包括雞糞

表 3. 發酵試驗機實驗條件設定

實驗日 期(天)*	風量設定 (CMM/m³)	風溫設定 (°C)	攪拌軸設定	
			比例	轉速(轉/時)
1	0.4	50~55	1:3	2
2	0.4	50~55	1:4	1.5
3	0.4	50~55	1:5	1.2
4	0.34	50~55	1:3	2
5	0.46	50~55	1:3	2

\* 註：實驗日期：民國 82 年 2 月至 3 月。

- 1. 2 月 16 日~22 日      2. 2 月 23 日~3 月 1 日
- 3. 3 月 2 日~8 日      4. 3 月 9 日~15 日
- 5. 3 月 16 日~22 日

發酵溫度變化、含水率變化、乾物減率與處理時間分析、及發酵糞成分分析。實驗期間，每日對槽內發酵中的雞糞取樣依前述實驗方法分析，以了解雞糞性質變異。本實驗對化學成分較簡單之氨氣濃度進行測定。利用手提電極式氨氣測定儀，在發酵槽周圍及排氣口進行室內外大氣中氨

氣濃度量測。測試前將測試棒置於空氣袋歸零校正，以距離設施 0.5、5、10、15、20、25m，離地 1.5m 高度各量取 3 個不同時間之氨氣濃度：早上發酵槽出料前及進完料後各一次，並於下午 3:00 ~ 4:00 再測一次，一天共三次。

### (1) 雞糞發酵溫度變化分析

溫度是用來判斷雞糞在試驗槽中是否正常發酵的重要指標之一，也是唯一在實驗現場能立即判斷的參考因子。本實驗每支溫度感測器是插入距槽壁 15cm 處量測。圖 2 所示，為正常發酵狀況下，槽內一天的溫度變化情形。例如：距試驗槽定 65cm 處，每天早上投入生糞一小時後，溫度即開始上升，六至七小時即達 70 °C 高溫，然後維持到次日增添新糞，溫度才明顯下降；而距試驗槽頂 104cm 處的溫度一直保持在 65 至 70 度之間。離試驗槽頂漸遠處，溫度亦逐漸下降，但其全日溫度卻都保持得近似恆溫狀態。在距試驗槽頂 210cm 處的溫度約 45 °C，已接近試驗槽的出口，此時發酵糞的含水率已低於 40 %，微生物活性受到抑制。

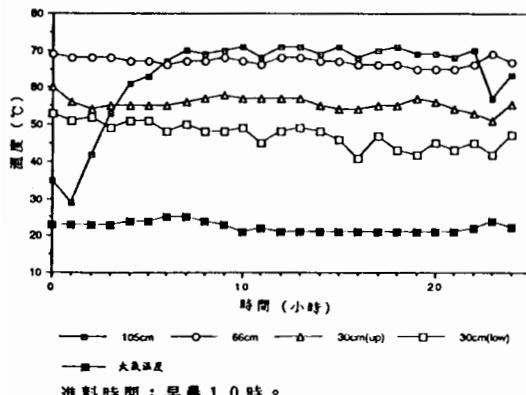


圖 2. 正常狀況下發酵雞糞的溫度變化。

### (2) 雞糞發酵含水率變化分析

生雞糞投入發酵槽後，在正常的發酵過程中，連續七日於槽內的取樣點量測其含水率變化情形，結果示於表 4。每次實驗的第一、二兩天，發酵雞糞的含水率減量最大，在 7 至 11 % 之間；第三至七天則含水率減量趨平緩約 2 至 3 %，其中第 4 與 5 天含水率有回升現象，可能與雞糞在槽中結塊有關，有待後續改良試驗。生雞糞投入發酵槽後，約在上槽停留五天後被撥入下槽。在上槽停留期間，其含水率都維持在 40 % 以上，下槽

則是 40 % 以下，故可看出上槽是處於發酵與乾燥並進狀態，下槽則處於乾燥狀態。如果利用熱交換器回收排氣中的發酵熱，用以提高送風風溫，將可降低發酵糞含水率，縮短後續處理時間。

表 4. 發酵實驗中，槽內發酵物含水率之變化

實驗 次別	生 糞 重 量 (kg)	平均含水率(%, 濕基)						
		第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天
1	1208	61.5	51.1	40.1	41.0	43.3	40.7	38.7
2	1104	59.9	52.8	42.9	41.3	43.9	39.5	38.8
3	1092	58.3	53.6	43.4	42.1	46.3	39.1	38.2
4	1174	60.1	50.0	42.5	40.3	42.7	40.3	38.6
5	1255	61.1	52.9	40.1	41.2	43.3	38.8	38.8

表 5. 發酵雞糞含水率與乾物重之比較

實驗 次別	處理 時間 (日)	乾物減率 (%/日)	實驗值		理論值	
			含水率 (%)	乾物重 (kg)	含水率 (%)	乾物重 (kg)
1	7	2.6	38.7	381	38.2	380
2	7	2.2	38.8	375	40.2	375
3*	7	1.6	38.2	407	45.0	404
4	7	2.5	38.6	386	35.7	386
5	7	2.4	38.8	406	40.4	406

註：1. 含水率為濕基。

\*2. 第三次實驗有停電意外，致發酵異常，故不列入討論。

### (3) 乾物減率與處理時間分析

以發酵試驗機處理的雞糞，其乾物減率變化狀況如表 5 所示。五次的實驗裡，第三次實驗有停電 16 小時的意外，造成發酵狀況異常，故其結果不列入討論。其餘各實驗的乾物減率為 2.2 % 至 2.6 % 之間，此與檜垣 (1987) 所述：畜糞乾物減率應為 2.5 % ~ 3.0 % / 日很接近。若配合乾物發酵熱值 4500kcal / kg 以及水蒸發熱 750kcal / kg 之經驗值來計算雞糞發酵後的乾物重及含水量。以第一次實驗為例，發酵前的雞糞總重 120kg (表 4)，其中的水分重 743kg、乾物重 465kg。今因乾物減率 2.6 % / 日，處理時間為 7 日，則：

$$\text{乾物減量} : 465 \times 0.026 \times 7 = 84.6(\text{kg})$$

$$\text{乾物熱值} : 84.6 \times 4500 = 380700(\text{kcal})$$

$$\text{水分減量} : 380700 \div 750 = 507.6(\text{kg})$$

### 實驗終了時的發酵糞重量：

- 1.總重量  $1208 - 84.6 - 507.6 = 615.8(\text{kg})$
  - 2.水分量  $743 - 507.6 = 235.4(\text{kg})$
  - 3.乾物量  $465 - 84.6 = 380.4(\text{kg})$
- 處理後溼其含水率： $235.4 \div 615.8 \times 100\% = 38.2\%$

由表 5 可知，四次實驗之中，發酵雞糞乾物重量的實驗值與理論值都很接近。再與圖 3 投入生糞與七日後發酵細糞之乾物量曲線比較，可說明本實驗機對雞糞的發酵處理時間確為七天。

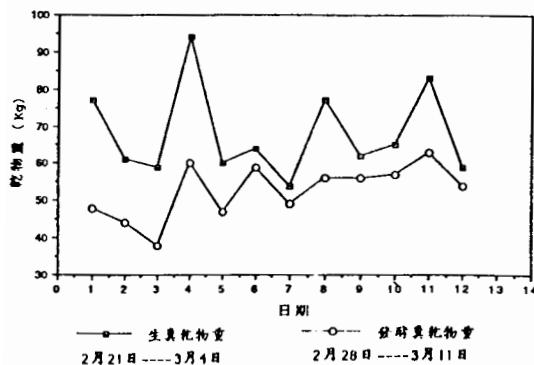


圖 3. 投入生糞與七日後產出發酵細糞之乾物重量比較

### (4)發酵雞糞成分分析

本研究在實驗過程中，每日對投入生糞與產出之發酵糞進行分析，由表 6 四次實驗平均值來看，生糞經七天發酵後，TC 減少 2.8%，減少率為 9%。因為 TC 與有機質數於線性等比例關係，所以可知有機質總量的減少率亦為 9%。灰份值與 TC 是彼此消長，增加率為 10%左右，顯示發酵糞仍未腐熟，應以堆積法做為後續發酵處理。又 TN 減少率約為 27%，遠大於 TC，因此碳氮比反而增為 9.5；pH 值由 7.6 增為 8.6；NH<sub>4</sub>-N 減少 39%，均顯示正常好氣發酵成分變化的現象。為了解雞糞肥分變化情形，分別以生雞糞與發酵與發酵糞送往農業試驗所進行碳、氮、磷、鉀、鈣、鎂等成分分析，結果如表 7 所示。

### (5)氣濃度量測試驗

量測結果示於表 8。氮氣濃度受氣溫、風向及室內堆積涼乾發酵糞等之影響，量測數據變異很大。在三個不同量測時間裡，以早上出料前糞處於全發酵狀態時濃度最高，其次為下午量測值，

此時當日投入生糞也開始發酵，所以臭氣值比早上進料後量測值高，不過，即使在 25m 範圍內，室內最低值 13ppm，室內 5ppm，仍無法符合環保署的標準 2.5ppm 以下，所以改善周圍環境中的氨氣濃度是必要的。室內可利用通風設備、室外排氣口應裝設脫臭設施。

表 6. 雞糞發酵實驗中，生糞與發酵細分之成分變化

糞別	實驗次別	總碳 TC (%)	總氮 TN (%)	碳氮比 (C/N)	鉻態氮 (PPM)	pH 值	灰份 (%)
生糞	1	33.2	3.3	11.2	361	7.7	37.2
	2	32.5	4.4	8.2	246	7.9	36.9
	3*	30.4	4.4	6.9	252	7.7	35.1
	4	30.8	4.4	7.5	274	7.6	35.5
	5	31.3	4.9	6.8	333	7.7	36.6
平均		32.0	4.3	8.4	304	7.7	36.6
發酵	1	28.8	2.7	10.8	160	8.7	38.8
	2	29.5	3.0	9.4	179	8.7	40.8
	3*	29.2	2.9	10.2	184	8.6	36.8
	4	29.1	3.5	9.4	205	8.6	41.2
	5	29.5	3.2	9.2	195	8.5	42.6
平均		29.2	3.1	9.5	185	8.6	40.9

註：\*第三次實驗有停電意外，致發酵異常，數據不予計算。

表 7. 生糞與發酵糞之肥分分析

肥分	總碳 (%)	總氮 (%)	全磷 (%)	全鉀 (%)	全鈣 (%)	全鎂 (%)	含水率 (%)
生糞	33.9	4.1	1.76	2.3	12.4	0.56	65.4
發酵糞	31.9	3.4	2.70	3.1	14.4	0.78	40.0

註：1. 本資料得自農試所分析結果。

2. 含水率為濕基。

表 8. 氨氣濃度量測結果 單位：ppm

量測時間	距離 (公尺)	量測距離 (公尺)					
		0.5	5.0	10	15	20	25
發酵槽週	1	40	30	20	9	8	5
	2	20	5	0	0	0	0
*	3	35	9	5	0	0	0
區域	1	>150	135	35	25	18	13
	2	47	25	5	0	0	0
	*	>150	31	18	8	5	0

\* 註：實驗日期：民國 82 年 2 月 15 日至 3 月 13 日。

1. 上午七時三十分至八時。

2. 上午十時三十分至十一時。

3. 下午三時至五時三十分。

## 伍、結論

1. 雞糞於雞舍下，堆積時間不宜超過七天，以避免物理與化學性質變化，造成泥便與氮肥損失。
2. 發酵試驗機處理能力受投入生糞含水率影響，此含水率以不超過 60% 為宜。
3. 發酵試驗機以本身糞源培養菌種，進行連續式

急速發酵，每天定時進料，處理週期約為七天。

4.生雞糞經七日處理後，有機物減少9%，每日乾物減率為2.2%至2.6%，顯示未達完全腐熟狀態，需進行後續發酵處理。

5.由氨臭氣測試得知，作業室內外均高於環保署標準2.5ppm，必須裝置脫臭與通風設備。

## 陸、參考文獻

1.王韻秋。1992。台灣雞蛋業之過去與未來（上）。農情月刊236:31。

2.沈韶儀。1992。台灣地區禽畜糞堆肥產量計算。養豬業與環保研討會論文集 p.57。

3.郭魁士。1989。土壤實驗 p.5-8,140。中國書局。

4.謝欽城、林宜弘、兵尚忠。1991。蛋雞糞堆肥化處理研究。雜糧基金會委託研究計劃期末報告 p.17-20。

5.檜垣繁光等15人。1987。堆肥化施設設計マニアル。中央畜產會。

6.松崎敏英、石川俊治。1978。生雞ふんの連續堆肥化處理法について。神奈川縣農業總合研究所研究報告120:21-25。

7.藤尾雄策、大富芳郎、上田誠之助。1980。雞糞固體發酵處理裝置の實用化。發酵工學58(1):17-21。

8.福本勤（賴耿陽編譯）。1985。廢棄物處理工學 p.204-215。復文書局。

9.原喜伴等7人。1983。土の試驗實用書 p.83-88。土質工學會。

10. Golueke, C. G., 1977. Biological reclamation of solid waste. Roddle Press. Emmaus. PA. USA.

11. Hnsen, R. C., H. M. Keener, H. A. J. Hoitink. 1989. poultry manure composting an exploratory study. ASAE Transaction, 32(6):2151-2158.

12. Haug, R. T., 1980. Compost engineering principle and practice. The Butterworth Group Publishing. USA.

13. Page, A. L., R. H. Miller, D. K. Keeney. 1982. Method of soil analysis Part II . Chemical and Microbiological properties. 大學圖書公司。台北。

14. Rich, L. G., 1963. Unit processes of sanitary engineering. John Wiley And Sons, Inc., USA.

收稿日期：民國84年11月18日

修正日期：民國84年11月21日

接受日期：民國84年12月27日

歡迎踴躍投稿

增添本刊內容