

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計劃二：提昇都市污泥堆肥品質可行性研究-危害性有機 物之評估

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-009-029-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學環境工程研究所

計畫主持人：林志高

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 12 月 26 日

# 行政院國家科學發展委員會專題研究計畫 成果報告

## 有機廢棄物再利用之研究－生機肥料資源化

### 子計畫二：提昇污泥堆肥品質可行性研究-危害性有機物之評估

計畫類別： 個別型計畫      整合型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-009-029

執行期間：91年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學 環境工程研究所

計畫主持人：林志高

計畫參與人員：李伯亨

報告類型：精簡報告

報告附件：國際合作

處理方式：本計畫可公開查尋

中華民國九十二年十二月

# 有機廢棄物再利用之研究 – 生機肥料資源化

## 子計畫二：提昇污泥堆肥品質可行性研究-危害性有機物之評估

### 第一年度（九十一年）期末報告

計畫編號：NSC91-2211-E-009-029

執行期間：91年8月1日至92年7月31日

主持人：林志高 國立交通大學 環境工程研究所

計畫參與人員：李伯亨 國立交通大學 環境工程研究所

#### 一、中文摘要

本研究之堆肥實驗以民生污水處理廠之污泥餅為基質，並以木屑和腐熟之堆肥成品做不同水分之調配；兩槽 110 公升實驗室規模反應槽 (Lab-Scale)，分為密閉式和開放式，進行三批次共六組實驗，每批次初始污泥堆肥含水率調整各為 55%、60% 和 65%。一槽 13 立方公尺模廠規模實驗廠 (Pilot-Scale) 建置於八里污水處理廠內，進行一批次一組實驗，初始污泥堆肥含水率調整為 65%。110 公升實驗室規模反應槽所進行的六組污泥堆肥化實驗，結果顯示以開放系統之堆肥化反應較佳，溫度高於密閉系統約 3-5°C，顯示堆肥物與大氣接觸面積越多，堆肥化反應效果越佳。另外，因氣候因素以開放式初始含水率 55% 的堆肥化反應最佳，共減少 9.6 kg，其次為 60% 及 65%。13 立方公尺模廠式規模實驗廠所進行的六組污泥堆肥化實驗，總共減重 4.59 公噸，溫度維持 55°C 超過 15 天以上，已達到 U.S. EPA 305 法規的標準。

關鍵詞：堆肥化、污泥、實驗室規模、模廠規模

#### Abstract

The compost experiment in this study uses the sludge cake made by Ming-Sheng sewage disposal plant as a source; then mix the wood

dust and compost products with different water content. Two 110 L capacity Lab-Scale differentiate into shut type and open type. Three lots, totally six experiments are conducted. In the beginning, the moisture percentage of the sludge compost in each lot is modified to 55%, 60% and 65% each. One 13 m<sup>3</sup> capacity Pilot-Scale is located inside the sewage disposal plant in Pa-Li, and one batch experiment is proceeded there.

The moisture percentage of the sludge compost is changed to 65% in the beginning. Six sludge compost experiments are started off in the 110 liter capacity Lab-Scale. The outcome indicates the compost process runs better in the open system. The temperature is 3° to 5° hotter than the shut system, which proves the more compost touches with atmosphere, the better reaction compost process reveals. Furthermore, in the open system, the compost process reacts the best when the moisture possesses 55% in the beginning. It decreases 9.6 Kg in total. Secondly comes 60% and 65%. During the six sludge compost experiments proceeded in 13 m<sup>3</sup> capacity Pilot-Scale, it totally decreases 4.59 ton. The temperature remains 55°C for over 15 days, which has already achieved the standard of U.S.EPA 305 regulation.

Keywords : Compost, Sludge, Lab-Scale, Pilot-Scale

## 二、緣由與目的

近年來，台灣人口膨脹與都市生活水準急速發展的情況下，導致工業廢水與都市污水處理量大增，加上政府提高下水道的接管率，以減少污水直接排放污染河川，伴隨而來的即是龐大污泥量的處置問題。目前以台北市為例，預估至民國 109 年後每日將產出約 828 公噸的污泥量[1]。至於臺灣於民國 98 年污水下水道人口普及率將達 36%，並預估污泥產量將達每日 40,000 公噸，相當於年產生量 14,600,000 公噸，約為目前全台垃圾產量的四分之一[2]。

污泥處置於掩埋、焚化之外，應該另外開拓一條成本較低廉且對環境影響最小，可資源再利用的新途徑。將污泥餅由廢棄物轉變為可資源化的堆肥法，便成為符合此條件下，具經濟效益性的污泥處理方案。

民生污水場處理的污水屬民生污水，其性質與組成相較其他污水簡單且單純，其性質更為穩定，有害有機物和重金屬含量與其他污泥比較起來相對含量較低，只要調整成適合堆肥的條件，微生物的生化反應將自動引發，進而達到降解有機物的目的，較適合於本研究資源化的目標，所以採取民生污水廠污泥做為堆肥實驗的反應物。

本研究之目的先針對堆肥系統在較佳的條件下，瞭解實際減積減重率，作為規劃堆肥廠房大小的依據；並設法減少熱散失量，將研究之結果貢獻於設計堆肥廠細部設施之用，讓溫度快速上升至高溫期，並且持續維持法規規定之溫度與天數，去除致病菌，且降低污泥堆肥成品的水分含量(百分之四十以下)，除了增加運送的經濟性外，更增進肥料含量以利農地使用或當作土壤的改良劑，達到堆肥快速化和經濟化之目的，希冀此研究成果對未來規劃污泥堆肥廠有所裨益。

## 三、實驗材料與方法

### 實驗材料

堆肥實驗的材料取自民生污水處理廠中經過好氧消化後之脫水污泥餅，加入木屑作為其調整材，取八里堆肥廠腐熟堆肥成品作為植種之用。

### 實驗方法

實驗於龍潭核能研究所化學組進行，同時間進行兩組耗時九週的堆肥實驗，分為密閉系統與開放系統（依照堆肥化反應期間是否與大氣接觸來區分），其他操作條件皆相同。

#### (1) 前處理（調整材的添加、混合和攪拌）

因本實驗採用之調整材之粒徑大部分皆小於 5 mm，故不需經過篩選，取預計量的污泥、木屑及回流堆肥至入混合攪拌機，攪拌均勻後進料至兩個絕熱反應槽，進料至堆肥槽同時啟動曝氣機與溫度監測系統。

#### (2) 主發酵（高溫期）

為期約 21 天，堆肥化反應於 24 至 48 小時內，溫度將高達 40°C 以上，水分與揮發性有機物將快速蒸發與降解，致病菌也會於高溫環境下而死滅，進而達到滅菌的效果。

#### (3) 後發酵（中溫期，熟成與養生）

經主發酵後，溫度降至 40°C 以下，其反應與溫度逐漸趨於穩定與常溫狀態。

#### (4) 採樣

第一個星期前五天每日皆採樣，第二、三個星期取樣三次為每星期一三五，第四、五星期取樣二次為每星期二、五，第六至九星期每星期取樣一次訂為星期二，總採樣次數為十九次，每次取樣約一至二百克；每次採樣前皆量測堆肥料的整體體積和重量。採樣點為與距頂部下 20 cm 且距圓心一半之處。

## 四、結果與討論

### 1. 龍潭核研所 110 公升實驗室規模含水量 60% 污泥堆肥實驗

此批共兩組的污泥堆肥化實驗於桃園龍潭核能研究所化學組進行，採用兩槽 110 公升實驗室規模反應槽，曝氣量維持 5 L/min，分為密閉系統與開放系統，以比較堆肥化反應與外界大氣接觸的差異。堆肥日期由民國 92 年 3 月 3 日至民國 92 年 4 月 29 日，採樣的分析結果如表 1 與 2。此批的污泥堆肥密閉系統與開放系統各減重 2.36 與 7.93 公斤，體積各減少 9,676.1 與 14,451.4 cm<sup>3</sup>。

此兩組污泥堆肥化實驗以減量標準來評估其成效，發現開放式系統因有與外界大氣接觸，供給

微生物的氧氣較充足，所以開放系統堆肥化成效較佳；另外在開放系統熟化階段的末期，因外界溫度上升，造成微生物有活性增加，降解的有機物量亦有增加情形，顯示外界溫度對微生物活性的影響極大；此外，密閉系統因與外界隔絕，所以外界溫度對其影響並不顯著，故降解有機物的高峰期還是出現在高溫時段。

溫度變化情形請參照圖 1 及 2，進行實驗時期氣候為春天，外界溫度 11.09–24.57°C；因此，密閉系統與開放系統在 24 至 48 小時內堆肥物升至最高溫，各為 55.6°C 與 58.3°C。堆肥化初期中溫菌與高溫菌降解有機物產生的熱量，馬上表現於溫度的第一高峰期，但於堆肥化的第七與十四天外界氣溫突降至 10°C 左右的低溫，致使微生物代謝反應受外界影響，堆肥物的溫度也隨之降低。在堆肥化的第 21 至 65 天，進入熟成期，初期熟成階段溫度略有升高，即為溫度的第二高峰期，顯示微生物開始降解高溫期分解的木質素或纖維素的代謝產物。另外，於反應的第 48 天，核研所因電力檢修而停電，無法供給空氣，故於第 50 天溫度即明顯下降，經過 12 小時曝氣供給之後，溫度逐漸提升。

## 2.八里 13 立方公尺模廠規模含水量 65% 污泥堆肥實驗

此部分實驗於八里 13 立方公尺模廠規模堆肥廠進行污泥堆肥，曝氣量維持 13.85 m<sup>3</sup>/hr，堆肥時間為民國 91 年 3 月 13 日至 5 月 16 日，歷時十週 65 天的反應，其採樣的分析結果如表 3。此批的污泥堆肥實驗總共減重 4.59 噸及減積 3.7 m<sup>3</sup>；於初期的 21 天內的高溫期減少總減重量 50%，體積減少 28.4%，含水率減少 12.6%，揮發性有機物減少 3%，溫度維持 55°C 超過 15 天以上，已達到 U.S.EPA 305 法規的標準，顯示此批堆肥污泥實驗已達到減積減量的目的。

此批堆肥化過程溫度與室外溫度變化如圖 3 所示。從此批實驗的高溫期（21 天內）中溫菌與高溫菌降解有機物（蛋白質、脂質及醣類）所產生熱量明顯表現於溫度上，可觀察出溫度在 21 天內還能維持在 63°C，已能有效將致病菌去除，一般在大型模廠堆肥完成堆積動作後的 24 小時

內溫度即可上升至 50°C 左右，並在 24 至 48 小時內將提升整體堆肥化的溫度至最高階段，之後溫度將隨反應時間的增長，而呈現逐漸下降的趨勢，此批實驗前五天並沒有採樣

與量測溫度的動作，但可推測微生物利用易降解的有機物當作基質，活性大為增加，故前三天的溫度勢必高於第六天所測得之 74°C。在堆肥化的第 21 至 65 天，進入熟成期，初期熟成階段溫度略有升高，代表微生物開始降解高溫期分解的木質素或纖維素的代謝產物，整體堆肥在最後溫度逐漸下降而略高於室溫到達 31°C。

表 1 密閉系統之污泥堆肥化分析

日期	水分含量 (%)	乾基揮發性有機物量 (%)	體積 (L)	重量 (kg)	溫度 (°C)
3/3	60.92	86.45	97.0	56.04	26.9
3/4	59.64	86.01	95.8	55.68	44.7
3/5	58.72	86.02	94.8	55.46	55.6
3/6	58.54	85.75	93.8	55.12	50.5
3/7	58.39	85.49	93.0	54.86	54.8
3/10	58.47	85.23	92.5	54.76	38.3
3/12	58.21	85.12	92.1	54.36	34.2
3/14	58.22	85.09	91.9	54.21	36.6
3/17	58.11	84.90	91.5	54.06	36.6
3/19	57.85	84.52	91.1	53.86	43.0
3/21	57.64	84.53	90.7	53.82	36.7
3/25	57.32	84.45	90.1	53.74	35.6
3/28	57.23	84.36	89.6	53.26	43
4/1	57.12	84.12	88.6	52.90	38.1
4/4	57.18	84.02	88.2	52.56	47.1
4/8	57.09	83.89	88.0	65.98	37.2
4/15	57.39	83.78	87.3	51.71	38.8
4/22	57.26	83.70	86.7	50.70	30.3
4/29	57.30	83.68	87.4	50.40	26.2

表 2 開放系統之污泥堆肥化分析

日期	水分含量 (%)	乾基揮發性有機物量 (%)	體積 (L)	重量 (kg)	溫度 (°C)
3/3	60.46	89.94	97.0	56.51	27.3
3/4	59.91	89.55	93.0	55.85	57.0
3/5	58.60	89.61	91.7	55.33	58.3
3/6	58.35	89.02	91.4	54.95	52.3
3/7	58.00	88.62	90.9	51.33	54.9
3/10	57.66	88.45	90.5	50.59	40.0
3/12	57.72	88.08	90.1	53.83	36.8
3/14	57.32	87.87	89.9	49.65	43.2
3/17	56.25	87.42	89.4	49.25	50.5
3/19	55.73	87.24	89.2	49.01	54.1
3/21	55.26	87.12	88.7	48.69	47.7
3/25	55.19	86.45	88.0	51.35	47.7
3/28	54.74	86.04	87.3	47.95	51.3
4/1	54.36	85.39	86.7	49.57	47.7
4/4	54.12	85.10	85.7	47.09	51.2
4/8	53.74	84.65	85.0	48.17	45.4
4/15	53.45	84.58	83.4	46.49	44.4
4/22	53.72	84.59	82.9	45.73	36.8
4/29	53.40	84.40	82.6	45.63	40.9

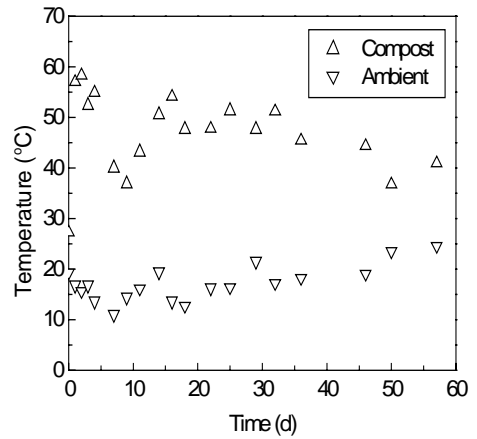


圖 2 開放系統之溫度變化

表 3 13 立方公尺模廠規模之污泥堆肥化分析

日期	水分含量 (%)	乾基揮發性有機物量 (%)	體積 (m <sup>3</sup> )	重量 (ton)	溫度 (°C)
3/13	65.40	91.65	13.0	8.87	29
3/19	63.00	90.90	10.2	6.64	74
3/22	61.10	90.15	10.2	6.36	72
3/28	60.10	89.75	10.2	5.96	68
4/3	57.70	89.65	9.8	5.29	63
4/18	57.10	88.80	9.4	4.86	40
5/2	55.30	88.70	9.4	4.80	39
5/10	53.10	88.44	9.3	4.46	35
5/16	52.80	88.25	9.3	4.43	31

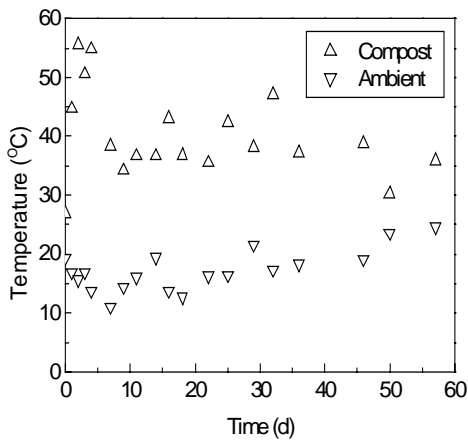


圖 1 密閉系統之溫度變化

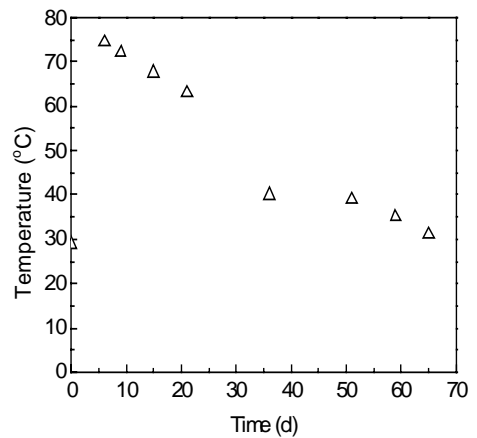


圖 3 13 立方公尺堆肥模廠之溫度變化

## 五、參考文獻

1. 童永黔、何公亮、曾仁國、劉信堂、吳江鑽、李文章「污泥最終處置最佳方案評估計畫-污泥堆肥化研究」, 台北市政府工務局衛生下水道工程處委託研究計畫 (2002)。
2. 曾迪華「都市下水污泥再利用與資源化之整合型研究」, 國科會工程處, 台北 (1998)。