

大型連續式農產廢棄物高速醱酵系統之研發與評估

吳柏青¹ 陳錫金² 林榮信³

1. 國立宜蘭技術學院生物機電工程系教授

2. 蘭陽技術學院環境工程系講師

3. 國立宜蘭技術學院應用動物系副教授

摘要

大型連續式高速醱酵系統之規劃與設計能達到農產廢棄物之減容與減量，並轉化為具經濟環保效益之有機肥。不僅能使垃圾與廢棄物減量，降低垃圾掩埋場與焚化爐之作業負擔，且能提供廉價之有機肥料，減少化學肥料之使用，有利於有機農業之推動。本研究與得盛興公司進行產學合作，已完成醱酵菌種 (Formula 101) 及小型試驗機之醱酵試驗，針對醱酵溫度、通風量、攪拌頻率等條件進行最佳化測試，以作為大型連續式高速醱酵系統設計與安裝測試之重要參考依據，避免重複測試及設備修改所造成之時間及經費損失。依據宜蘭地區之農產廢棄物資源調查結果顯示禽畜糞尿固形物及肉雞飼養所使用之稻殼墊料總量高達八萬餘公噸，而依各種作物栽培面積估算之有機質肥料總需求量約 45 萬噸。待大型連續式高速醱酵系統完成設置並正常運作後，預期達到農產廢棄物之減容與減量，並轉化為具經濟環保效益之有機肥。為配合二次醱酵階段，考量資材含水率及碳氮比與作業能源損耗等因素，此項高速醱酵系統宜採用 55°C 醱酵溫度、568 liter/min 通氣量及攪拌 3 min/停止 3 min 攪拌頻率之作業條件，可獲致較佳之醱酵結果。

關鍵詞：醱酵、有機堆肥、連續式醱酵機

Development and Evaluation of Large Scale, High Speed, Continuing Composting System for Agricultural Waste Materials

Po-Ching Wu¹, Hsi-Jien Chen² and Rong-Shinn Lin³

1. Professor, Department of Bio-Mechronic Engineering, National Ilan Institute of Technology

2. Instructor, Department of Environmental Engineering, Lanyang Institute of Technology

3. Associate Professor, Department of Applied Animal Science, National Ilan Institute of Technology

Abstract

Development and design of large scale, high speed, continuing composting system can reduce the volume and weight of the agricultural waste more efficiently. The agricultural waste can be turned into valuable organic fertilizer. Besides, composting process can reduce the loading of the garbage landfill and incineration plant; provide low cost of the organic fertilizer; lower the usage of the chemical fertilizer, which is good for the extension of the organic agriculture. This study was a cooperative research project between Bio-Way Biotechnology Company and National Ilan Institute of Technology. Formula 101 micro-organisms and a 80 *liter* fermentator were used to evaluate the optimum operating conditions (temperature, air flow rate and agitating frequency). These testing results can be used for the design and development of the large scale, high speed, continuing composting system. Based on the survey of agricultural waste materials in I-Lan county, the total amount was estimated about 450,000 tons. According to the agricultural production area in I-Lan county, the requirement of organic fertilizer was about 80,000 tons. Once this large scale composting system was built, it can reduce the amount of the local agricultural and food processing waste materials, and transfer waste materials into organic fertilizer. Considering moisture content and C/N ratio of composting materials and energy consumption, the optimal processing conditions for high speed fermenting system were fermenting temperature 55°C, ventilation rate 568 *liter/min*, and agitating frequency - Agitating 3 *min*/Stop 3 *min*.

Key Words : Fermentation, Organic Fertilizer, Continuing Type Fermentator

一、前言

台灣地區年產各種農牧有機廢棄物數量龐大，包括九百萬噸禽畜廢棄物及五百至六百萬噸農產廢棄物，而林產及漁產廢棄物亦有數百萬噸，如此大量之廢棄物大半投入掩埋場中，由於各地現有掩埋場已屆飽和，部分地區送至焚化廠進行焚化處理又因廢棄物體積龐大，有機廢棄物含量高（約 71.5~89.5 %），高含水率且低熱值，焚化處理耗費大量能源〔1, 2〕。傳統醱酵處理有機廢棄物之方式分解速度緩慢、處理時間長、成本高，且所佔空間龐大、處理過程之臭味問題，在地狹人稠的台灣有高度之應用限制〔3〕。因此若將數量龐大的有機廢棄物以快速減量淨化之堆肥化處理，最終轉化為有機肥料，一則節省處理廢棄物的時間、經費及空間，確保環境衛生，提高國民生活品質；二則有機肥料施用農田增加土壤肥力，減少化肥使用，維護環境生態與保育〔4〕，又可增加生產有機肥料利潤。

研究文獻顯示堆肥化處理農業廢棄物有幾項關鍵因子，如廢棄物碳氮比 (C/N ratio)、堆肥溫度、含水率、通氣量與通氣型式等〔5〕，良好及適切之設計及操作方式，不但可使堆肥化效率提升，對堆肥空間的有效控制也有明顯之效果，為高速堆肥化發展之重要方向，學者 Lynch 和 Cherry 利用通氣型式的改變，在碳氮比 22:1，含水率 53%，12 之環境溫度下，24 天的操作期間，有效改善低溫低率之小型堆肥化處理系統，提高 30% 至 40% 之堆肥化速率〔6〕；另有學者對白楊樹渣 (Poplar) 之堆肥化研究發現，三個不同之堆肥化溫度 25、50 及 85 中，以 85 之操作條件可大量提升堆肥化之效果，唯 85 之操作過程中，含水率的下降快速，須有完整之含水率控制機制輔助之〔7〕；此外，一個結合牛糞及乾草的堆肥化研究發現，三種不同之堆肥化操作方式包括最小擾動 (Minimal intervention)、乾草堆化 (Windrowing) 及強迫通氣 (Force aeration)，在 55-68 操作溫度，含水率 77.3%，碳氮比 32:1 之環境條件下進行 42 天之堆肥化處理，結果顯示強迫通氣可較最小擾動提高 12 倍之堆肥化效果，乾草堆化處理亦較最小擾動多出 3 倍之處理效率〔8〕。

由以上研究發現有效、適切之操作對於堆肥快速化及縮小化 (減積) 有明顯之助益，而目前國內市場上提供的高速醱酵機不論國產或進口者，對於堆肥市場需求概況、堆肥機體操作之穩定性、微生物使用效益及安全性、堆肥成品品質方面皆未進行系統性及且合理之研究分析。因此本研究之目的乃針對宜蘭地區可資利用之農產廢棄物之種類 (禽畜類排泄物、稻殼、水產及禽畜加工廢棄物..等) 與數量進行調查，並依據各種農產廢棄物之主要成份組合設計所需之有機肥料，且針對地區農作物之栽培種類 (蔬菜、花卉、果樹..等) 與栽培面積評估農業生產所需之有機肥市場。此外，設計一 300 公噸級堆肥化高速醱酵系統機組，針對系統之穩定性與性能進行初步測試，並進行醱酵產品分析，盼能藉此有助於本土化與地區性堆肥化高速醱酵系統之發展。

二、試驗材料與方法

(一) 醱酵用材料

採用牛糞、殘菜渣、稻穀為醱酵資材，其碳、氮、磷、鉀、含水率等資料詳列於表 1。考量三種資材混合後能達到 30 以上之碳氮比及 70% 以上之含水率，依據 Moisture and Carbon/Nitrogen Ratio Calculation Spreadsheet〔9〕計算後，醱酵資材以牛糞 15 kg、菜渣 9.2 kg、稻穀 6.6 kg 混合，混合後資材之碳氮比為 30.4，含水率約為 72%。

(二) 醱酵系統

醱酵系統採用 Bio-Way 高速醱酵系統 DS-1 原型機，機組採自動溫控與定時攪拌控制，醱酵槽容量為 80 公升，耗電量 0.54 kWatt (SP 220V)。醱酵用菌種採用 Bio-Way Formula 101 菌種，為 *Pseudomonas*、*Azotodater*、*Xanthomonas* 之混合菌種，菌種之理論承受溫度為 90。此菌種在加入醱酵資材前必須先進行活化步驟 (Activation)，將菌種加水 50 倍置於 40 水浴中振動 40 min。

(三) 醱酵實驗設計及步驟

醱酵過程分兩階段進行，一次醱酵階段採用高速醱酵系統，經 24 小時一次醱酵後，再進行二次醱酵，醱酵時間為 48 小時，醱酵溫度為環境溫度 (約 20)。為瞭解所採用之 Bio-Way 高速醱酵系統 DS-1 原型機作業性能，醱酵實驗設計僅針對一次醱酵進行試驗。

一次醱酵階段時，高速醱酵機之作業條件詳列於表 2。為瞭解 Bio-Way Formula 101 菌種特性及高速醱酵機之操作條件對醱酵作業之影響，醱酵機進氣量 (12 liter/min、8 liter/min 及 56 liter/min)、醱酵溫度 (45、55 及 65) 及攪拌頻率 (持續不停、攪拌 3 min/停止 3 min 及攪拌 30 sec/停止 3 min)。每一醱酵條件 (進氣量、溫度、攪拌頻率) 重覆一次試驗，總計進行 54 次醱酵實驗。

一次醱酵過程中，分別於 2、4、6、12、24 小時進行採樣以瞭解其含水率變化，同時量測資材溫度、醱酵機顯

示溫度，排氣口溫度、相對濕度，CO₂及 O₂濃度，並於一次醱酵後秤取堆肥之終總重以計算其減積比，檢測堆肥之 C、N、P、K 含量。

(四) 含水率測定 [10]

資材及堆肥樣品含水率之測定方法是取 2 g 之樣品，以 100 ± 1 精密烘箱乾燥 5 小時以上至恆重。試驗為三重覆，取其平均值為含水率。

(五) 有機碳檢測方法 [11]

將有機堆肥樣品置於 103 精密烘箱中 24 hour，以除去樣品之水份。待樣品達恆重時，秤取約 1 g 左右之乾燥樣品 (W₁) 於坩堝 (W_C) 中，再將樣品置於 550 高溫灰化爐中 2 hour。經高溫灰化處理後將樣品取出秤取其總終重 (W₂)，依下式計算其有機碳 (C)：

$$C = \frac{[(W_1 + W_C) - W_2] \times 0.58}{W_1} \times 100\% \quad (1)$$

(六) 氮、磷、鉀含量檢測方法

採用 Reflectoquant Liquid Analysis System (MERCK, Model RQflex 2) 檢測氮、磷、鉀含量。樣品準備：取 1 g 有機堆肥樣品加蒸餾水至總重 1,000 g，再以高速均質機均質 10 min。但測定鉀含量時，因 1:1,000 之稀釋比例時鉀含量低於測定儀之量測範圍 (0.25~1.20 mg/liter K⁺)，所以必須將稀釋比例降為 1:500。

(七) 總氮量檢測方法

總氮量包括：有機氮、硝酸鹽 (Nitrate, NO₃⁻)、氨 (Ammonium, NH₄⁺)，但有機氮含量較低，因此可忽略不測。硝酸鹽及氨含量之檢測方式如下：

1. 硝酸鹽含量檢測方法：

先將試紙浸泡樣品約 5 sec，取出試紙後靜待 60 sec，再放入 RQflex 2 中檢測。其硝酸鹽含量檢測範圍為 5~225 mg/liter NO₃⁻ (1.1~50.8 mg/liter N)，因樣品重量為 1 g，且考量其含水率 (MC, wet basis, decimal)，NO₃⁻及 N 之換算公式為：

$$N, \% = \frac{0.0226}{1 - MC} \times mg / liter \quad NO_3^- \quad (2)$$

2. 氨含量檢測方法：

取 5 ml 樣品放入樣品盒中，再滴入 10 滴藥劑混合均勻。將試紙浸泡於樣品盒中約 10 sec，取出試紙靜待 60 sec 後去除多餘水份，再放入 RQflex 2 中檢測。硝酸鹽含量檢測範圍為 20~180 mg/liter NH₄⁺ (15.5~140 mg/liter N)，因樣品重量為 1 g，且考量樣品含水率，NH₄⁺及 N 之換算公式為：

$$N, \% = \frac{0.0777}{1 - MC} \times mg / liter \quad NH_4^+ \quad (3)$$

(八) 磷含量 (磷酸鹽, Phosphate, PO₄³⁻) 檢測方法

取 5 ml 樣品放入樣品盒中，再滴入 10 滴藥劑混合均勻。將試紙浸泡於樣品盒中約 10 sec，取出試紙靜待 60 sec 後去除多餘水份，再放入 RQflex 2 中檢測。磷酸鹽含量檢測範圍為 5~120 mg/liter PO₄³⁻ (1.6~39.1 mg/liter P)，因樣品重量為 1 g，且考量樣品含水率，PO₄³⁻及 P 之換算公式為：

$$P, \% = \frac{0.0326}{1 - MC} \times mg / liter \quad PO_4^{3-} \quad (4)$$

(九) 鉀含量 (Potassium, K) 檢測方法

取出試紙後直接浸泡於樣品中 5 sec，將藥劑滴 25 滴在試管中，再將浸泡過樣品之試紙置入試管中浸泡 2 sec。取出靜待 60 sec 後去除多餘水份，再放入 RQflex 2 中檢測。磷酸鹽含量檢測範圍為 0.25~1.20 mg/liter K，因樣品重量為 1 g，且考量樣品含水率，而其稀釋比例為 1:500，所以測定值換算為：

$$K, \% = \frac{0.2}{1 - MC} \times mg / liter \quad K \quad (5)$$

三、結果與討論

(一) 宜蘭地區農產廢棄物與有機肥市場現況調查與評估

依據宜蘭縣府及縣內公所農會資料和飼養農戶及產銷班聯誼會等訪查結果，宜蘭地區現有豬隻頭數八萬餘頭，家禽近四百七十餘萬羽（如表 3），其所排泄禽畜糞尿固形物，可運用於醱酵生產有機肥料，每年約為豬糞 12,740 噸，雞糞 47,560 噸，鴨糞 6,310 噸，牛糞 260 噸，羊糞 810 噸，共計達 67,680 公噸。若加上肉雞飼養所使用之稻殼墊料，則高達八萬餘公噸。

宜蘭肉品市場屠宰廢棄物年產量約 330 噸，皆送交麻竹園使用，而瘁死豬和病變臟器組織每年約六十餘噸則送化製場（郁都）。宜蘭和羅東果菜市場之有機廢棄物清運量每年約一萬八千噸。蘇澳格全食品的鴨隻每日屠宰量為 3,000 羽，鴨毛和血屬有價副產品，骨架則由家寶事業股份有限公司製成肉骨粉，內臟廢棄物有土虱養殖業者收購。梅花湖附近的中日保利肉雞電宰廠，每日最大屠宰量為 10 萬羽，目前運轉為 2 萬羽，年屠宰約達 600 萬羽，產生雞毛 750 噸化製為羽毛粉，骨架 3,000 噸製成肉骨粉，內臟廢棄物 3,000 噸亦有土虱養殖業者收購。廢水處理的污泥 180 噸則交給家寶和郁都兩家公司處理，部分則供西瓜田使用。從永鎮至蘇澳分佈三十多家水產加工廠，總計工廠廢水處理的污泥約七千噸，其中二千餘噸由家寶處理，其餘由另外三家較小規模的廠負責（如：郁都、圓榮）。

縣內各鄉鎮飼養的豬雞鴨數量列於表 4。豬的頭數以礁溪、冬山、壯圍和員山四鄉最多，約佔全縣的 70%。依據農委會資料，全縣 403 戶養豬戶，200 頭以上規模者有 168 戶，設置廢水處理設施者則有 138 戶；農漁牧綜合經營者有 6 戶；扣除土地有問題無法接受農政單位輔導設置污染防治設備者，未處理者佔 14%。實際訪查的 99 戶養豬戶中，有 19 戶已離牧，其中不乏廢水處理設施完善者。此外，訪查結果顯示，固液分離後之豬糞固形物較乏人問津，送人或運用於自家果菜園佔 57%；魚池養殖 2%；排放水溝 6%；其餘未言明去處。

宜蘭縣為白肉雞的主要產地，飼養數量為全國數一數二，其中以員山、礁溪、蘇澳和三星四鄉鎮最多，約佔全縣的 75%。七成以上屬契約養殖，卜蜂公司佔三成，其次為大成及中日，剩餘的兩成多則送臺北環南市場。雞糞通常由專人收購販賣至梨山和南山地區果菜園施肥，尤其大型肉雞場多以雞糞換取稻殼墊料，為能在出雞後儘速進行清潔消毒，方便進入下一生產飼養循環；飼養隻數較少之肉雞場則自行販賣，以每袋 50 元販售，或以 30 元由買主自行打包方式販售，然多為生鮮或乾燥狀態，並未經醱酵腐熟，容易孳生蚊蠅、散發惡臭和污染環境。

水禽之糞便則不易收集，然其可能造成河川湖泊和地下水源的污染，值得關注。牛隻多屬役用水牛無規模之飼養；羊則為乳用山羊，其糞便每年約達五十公噸。目前縣內最大乳羊場僅飼養 250 頭，因其飼養規模較小，數量有限不易銷售。

根據 88 年農業年報〔12〕，本縣稻米種植面積為 12,374 公頃，稻米產量為 72,515 噸，依此換算稻殼副產物可達 14,076 噸，其大多充當肉雞飼養的墊料，或經碳化後作為園藝栽培介質。縣內其他穀類作物種植面積為 32 公頃；落花生 193 公頃；其他豆類種植面積為 10 公頃，甘藷 118 公頃；茶葉 598 公頃；甘蔗 3 公頃；蔬菜 3,894 公頃；水果 3764 公頃；花卉 261 公頃；牧草 18 公頃；以及綠肥作物 1,240 公頃，總計 22,505 公頃。若以每公頃可施用禽畜糞有機質肥料 20 噸估算，總量約需 45 萬噸。假使宜蘭地區農作物有機栽培能全面執行，相信未來對有機肥料的需求將不只是量的穩定成長，品質的提升亦日趨重要。現階段應力求禽畜糞有機質肥料化學成分的有效掌控，經由教育宣導明確告訴農戶如何施用，如折合每公頃約含氮素、磷、氧化鉀若干。此外，配合土壤例行性診斷分析，以作為土壤管理及有機資材施用量推薦依據，可有助於有機產業的後續發展。

(二) 快速醱酵試驗

1. 不同醱酵溫度對資材含水率和碳氮比之影響

一次醱酵過程中醱酵溫度明顯影響資材含水率，主要原因在於較高溫度將加快水份蒸發之速度，水蒸氣隨所通入之空氣一起被帶出醱酵機外，其變化情形如表 6 所示。在 65°C 之醱酵溫度下，資材含水率明顯快速下降。經 12 小時醱酵後，含水率降至 28.74%；而在 24 小時醱酵後，含水率幾乎降至完全乾燥狀態之 2.95%，此含水率已到達有機肥造粒之含水標準。表 7 顯示 65°C 醱酵溫度對醱酵菌種應有較佳之催發作用，使醱酵資材之碳氮比在 24 小時內迅速降低至 8.83。而在 45°C 及 55°C 之醱酵溫度下，對碳氮比變化之影響則無明顯之差異。

2. 不同通氣量對資材含水率和碳氮比之影響

表 8 顯示在一次醱酵過程中通氣量對資材含水率之影響，通氣量對含水率之影響較諸醱酵溫度更明顯。當通氣量為 8 liter/min 時，含水率之變化不甚明顯，但是在較高之通氣量下，含水率隨醱酵時間增加而降低。表 9 顯示通氣

量明顯影響資材碳氮比，在 24 小時一次醱酵後其碳氮比可降低至 12.06~17.87。雖然在最小通氣量設計 8 liter/min 下對資材含水率影響之不明顯，但是其碳氮比則明顯降低。

3. 不同攪拌頻率對資材含水率之影響

一次醱酵過程中攪拌頻率明顯影響資材含水率之變化 (表 10)，在不同的攪拌頻率下，前 6 小時內攪拌頻率對含水率之影響較不顯著；而在醱酵 12 小時之後，持續攪拌及攪拌 3 min/停止 3 min 攪拌頻率下其含水率快速下降。整體而言，攪拌頻率對資材含水率之影響僅發生在一次醱酵之後半時期，對前半期之影響較小。表 11 顯示攪拌 3 min/停止 3 min 攪拌頻率下對碳氮比之降低有最明顯之影響，而持續攪拌對碳氮比降低之影響最小。攪拌過程可有效提高資材與空氣的接觸面積，並可增加資材之均勻度。但試驗結果顯示過度之攪拌反而不利於醱酵，以致於碳氮比降低較低。

整體而言，醱酵溫度、通氣量及攪拌頻率皆明顯影響資材含水率及碳氮比，由於醱酵過程分兩階段進行，為有利於二次醱酵之進行，因此在一次醱酵後其資材含水率不宜過低。此外，增加醱酵溫度、通氣量及攪拌頻率將相對的增加能源損耗及醱酵作業成本。若考量資材含水率及碳氮比與作業能源損耗等因素，此項高速醱酵系統宜採用 55 醱酵溫度、568 liter/min 通氣量及攪拌 3 min/停止 3 min 攪拌頻率之作業條件，如此將可獲得較佳之醱酵結果。

(三) 大型連續式快速醱酵機之設計與規劃

針對合作廠商美國分公司所提供之機組圖樣，規劃設計三百公噸級高速醱酵試驗機組，同時以不同種類之農產廢棄物與中、高溫菌種進行測試。有機肥製造過程基本上分為兩階段：快速醱酵及二次醱酵。以快速醱酵系統進行第一階段醱酵後 (約 18~24 小時)，再進行二次醱酵 (僅需要 3~5 天，傳統醱酵約需要半年時間)。圖 1 為三百噸連續式高速醱酵處理廠區規劃，廠區主要分為辦公室、地磅、高速醱酵系統、包裝區及倉庫，其中高速醱酵系統是由三組 100 公噸級連續滾筒式醱酵機 (如圖 2 所示)，其設計規格表詳列於表 5 為達到破碎、混合及輸送之功能，高速醱酵機內部將配置各種攪拌葉片型式 (詳如圖 3)。廠區內其他重要設備尚包括：十五噸級資材水份調整貯桶三組、5 公噸批式醱酵主機八台、40 噸級造粒機、除臭塔、三百二十噸儲槽..等。全廠運作採自動化生產，人事配置僅需 10 人。

三百噸連續式高速醱酵處理廠區擬設置於宜蘭縣冬山鄉龍德工業區內，佔地面積 7,348 m^2 ，廠房面積 1,515 m^2 ，總投資金額為三億八千萬元。目前除公司執照、營利事業登記證、工廠登記證外，亦取得製造肥料登記證。待大型連續式高速醱酵系統完成設置並正常運作後，預期達到農產廢棄物之減容與減量，並轉化為具經濟環保效益之有機肥。不僅能使垃圾與廢棄物減量，降低垃圾掩埋場與焚化爐之作業負擔，且能提供廉價之有機肥料，減少化學肥料之使用，有利於有機農業之推動。有效提升大型連續式高速醱酵系統之營運作業效率。此外，能大量且有效地降低宜蘭地區農產廢棄物與食品加工廢棄物之產生量，降低廢棄物對地區環境之衝擊。

四、結論

依據宜蘭地區之農產廢棄物資源調查結果顯示禽畜糞尿固形物及肉雞飼養所使用之稻殼墊料總量高達八萬餘公噸，而依各種作物栽培面積估算之有機質肥料總需求量約 45 萬噸。待大型連續式高速醱酵系統完成設置並正常運作後，預期達到農產廢棄物之減容與減量，並轉化為具經濟環保效益之有機肥。為配合二次醱酵階段，考量資材含水率及碳氮比與作業能源損耗等因素，此項高速醱酵系統宜採用 55 醱酵溫度、568 liter/min 通氣量及攪拌 3 min/停止 3 min 攪拌頻率之作業條件，可獲致較佳之醱酵結果。

五、誌謝

本研究承行政院農業委員會 (88 科技-1.6-牧-03) 產學合作計劃及 Bio-way 得盛興公司之經費補助；研究助理郭曉怡小姐及謝銘融同學協助試驗之進行，謹此致謝。

六、參考文獻

1. 郭寶育 (2001) "果菜批發市場有機廢棄物堆肥化處理之可行性探討"，高雄第一科技大學碩士論文。
2. 楊盛行，魏嘉碧，顧凱，蔡錫舜，王俊淵 (1991) "臺灣地區食品廢棄物之產量及成份分析"，第六屆廢棄物處理技術研討會論文集，p29-45。
3. 許振弘，駱尚廉 (2000) "豬糞堆肥化期間有機物轉化之化學與光譜分析"，第十五屆廢棄物處理技術研討會論文集，p55-61。

4. Sweeten, J. M. (1988) "Composting Manure and Sludge", National Poultry Waste Management Symposium, Columbus, OH.
5. Imbeah, M. (1998) "Composting Piggery Waste, A Review", Bioresource Technology, V63, p197-203.
6. Lynch, N. J. (1998) "Winter composting using the passive aerated windrow system", Composting Science and Utilization, V4, p44-49.
7. Remesh, S. (2001) "Composting pulp and paper industry by-products", Biocycle, V43, p9-14.
8. Lopez-Real, J and M. Baptista (1996) "A preliminary comparative study of three composting systems and their influence on process", Composting Science and Utilization, V4, p74-81.
9. Richard, T. (1999) "Moisture and Carbon/Nitrogen Ratio Calculation Spreadsheet". Department of Agricultural and Biological Engineering, Cornell University.
10. 中國國家標準 (1980), "肥料檢驗法 (水分之測定)", 總號 6501 (類號 N4058)", 經濟部標準檢驗局 印行。
11. 郭魁士 (1980), "土壤學實驗", 中國書局 印行。
12. 台灣農業年報 (1998), 台灣省政府農林廳 出版。

91 年 07 月 17 日投稿

91 年 10 月 14 日接受

表 1 醱酵資材成份及混合比例

Table 1 The composition and mixing ratio of composting materials for fermentation

	牛糞	稻殼	殘菜渣	混合
C	47.04	46.37	3.02	
N	2.03	1.05	5.32	
P	0.27	0.06	0.26	
K	0.67	0.35	3.32	
碳氮比	23.17	44.16	0.57	30.4
含水率	84.1%	9.5%	96.5%	71.8%
重量	15.0 kg	6.6 kg	9.2 kg	30.8 kg
重量比	48.7%	21.4%	29.9%	100.0%

表 2 高速醱酵機 (Bioway DS-1) 作業條件

Table 2 The operating condition of high speed fermentor (Bioway DS-1)

高速醱酵機總作業容量	80 公升
醱酵時間為	24 小時
醱酵資材含水率	70%以上
醱酵資材碳氮比	30 : 1 以上
醱酵資材和菌種重量比	1000 : 1
菌種植入方式	液體均勻灑潑

表 3 宜蘭縣禽畜飼養數量

Table 3 The breeding amount of poultry and livestock in I-Lan county

禽畜種類	豬	雞	鴨	牛	羊
飼養數量	81,251	4,344,034	374,084	193	350

表 4 宜蘭縣各鄉鎮市豬雞鴨飼養數量

Table 4 The distribution of pig, chicken and duck breeding in I-Lan county

	豬	雞	鴨
頭城	3,365	45,000	3,000
礁溪	16,208	800,865	63,828
宜市	6,221	334,956	3,743
員山	13,745	1,450,000	27,000
羅東	570	30,000	20,875
三星	3,096	490,432	121,749
壯圍	14,351	80,000	2,314
五結	6,865	96,671	20,875
冬山	15,512	135,000	29,200
蘇澳	1,300	550,000	80,000
大同	2	221,110	1,500
南澳	16	110,000	0

表 5 高速醱酵機設計規格表

Table 5 The specification of high speed fermentor

Type	Parallel flow type direct-head rotary drum
Capacity	100 tons/day
Shell Size	Inside diameter 3.6 m, Overall length 42 m
Shell material	304SS
Rotating speed	0.1 rpm
Lifter	L-type, material 304SS
Inclination	2.5%
Supporting point	3
Thrust roller	One (1) at discharge side
Supporting roller	2 × 3 sets, by forced lubrication unit.
Driving device	AC Motor, variable speed inverter control
Motor	30 kw × 6p
Gear Reducer	1/850
Ring Gear	216 teeth

Pinion	21 teeth
--------	----------

表 6 不同醱酵溫度及時間對資材含水率之影響 (通氣量 112 liter/min)

Table 6 The effect of fermenting temperature and time on the moisture content of composting material at 112 liter/min ventilation rate

Fermenting Time	Fermenting Temperature		
	45°C	55°C	65°C
0 hr	71.81%	71.81%	71.81%
2 hr	70.37%	66.09%	65.22%
4 hr	69.14%	63.85%	61.02%
6 hr	69.14%	60.09%	55.10%
12 hr	64.44%	44.44%	28.74%
24 hr	46.78%	4.62%	2.95%

表 7 不同醱酵溫度及時間對資材碳氮比之影響 (通氣量 112 liter/min)

Table 7 The effect of fermenting temperature and time on the C/N ratio of composting material at 112 liter/min ventilation rate

Fermenting Time	Fermenting Temperature		
	45°C	55°C	65°C
0 hr	30.40	30.40	30.40
24 hr	15.97	15.64	8.83

表 8 不同醱酵通氣量及時間對資材含水率之影響 (醱酵溫度 55 °C)

Table 8 The effect of ventilation rate and fermenting time on the moisture content of composting material at 55 °C fermenting temperature

Fermenting Time	ventilation rate		
	112 liter/min	56 liter/min	8 liter/min
0 hr	71.81%	71.81%	71.81%
2 hr	66.09%	70.68%	71.22%
4 hr	63.85%	70.00%	72.07%
6 hr	60.09%	69.10%	73.02%
12 hr	44.44%	63.44%	72.37%
24 hr	4.62%	44.82%	71.17%

表 9 不同醱酵通氣量及時間對資材碳氮比之影響 (醱酵溫度 55 °C)

Table 9 The effect of ventilation rate and time on the C/N ratio of composting material at 55 °C fermenting temperature

Fermenting Time	ventilation rate		
	112 liter/min	56 liter/min	8 liter/min
0 hr	30.40	30.40	30.40
24 hr	15.64	17.87	12.06

表 10 不同攪拌頻率及醱酵時間對資材含水率之影響 (溫度 55 °C)

Table 10 The effect of agitating frequency and fermenting time on the moisture content of composting material at 55 °C fermenting temperature

fermenting time	agitating frequency		
	nonstop	Agitating 3 <i>min</i> /Stop 3 <i>min</i>	Agitating 0.5 <i>min</i> /Stop 3 <i>min</i>
0 <i>hr</i>	71.81%	71.81%	71.81%
2 <i>hr</i>	66.09%	65.64%	65.95%
4 <i>hr</i>	63.85%	65.18%	62.44%
6 <i>hr</i>	60.09%	63.64%	63.71%
12 <i>hr</i>	44.44%	51.45%	54.69%
24 <i>hr</i>	4.62%	3.83%	37.75%

表 11 不同攪拌頻率及醱酵時間對資材碳氮比之影響 (溫度 55 °C)

Table 11 The effect of agitating frequency and fermenting time on the C/N ratio of composting material at 55 °C fermenting temperature

fermenting time	agitating frequency		
	Nonstop	Agitating 3 <i>min</i> /Stop 3 <i>min</i>	Agitating 0.5 <i>min</i> /Stop 3 <i>min</i>
0 <i>hr</i>	30.40	30.40	30.40
24 <i>hr</i>	15.64	8.63	11.63

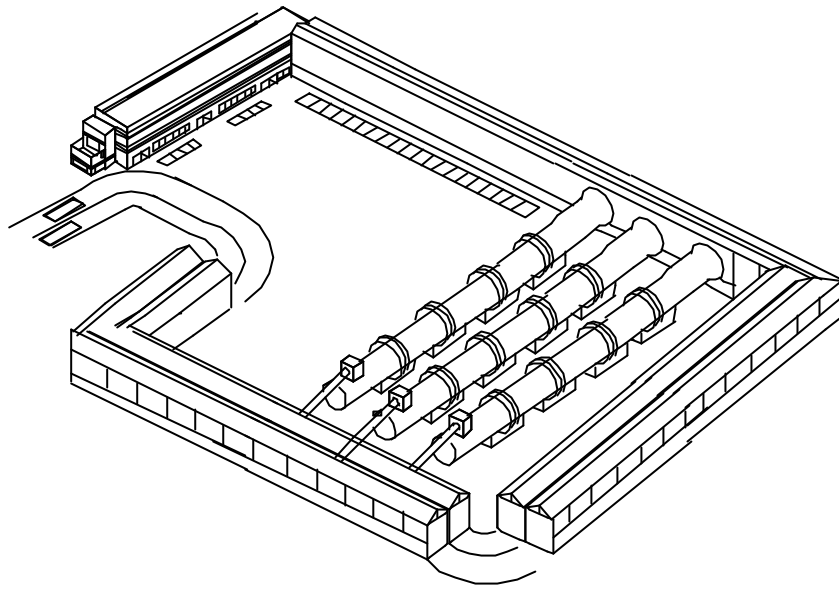


圖 1 三百噸連續式高速醱酵處理廠區規劃

Figure 1 The layout of 300 tons, continuing, high speed fermenting plant

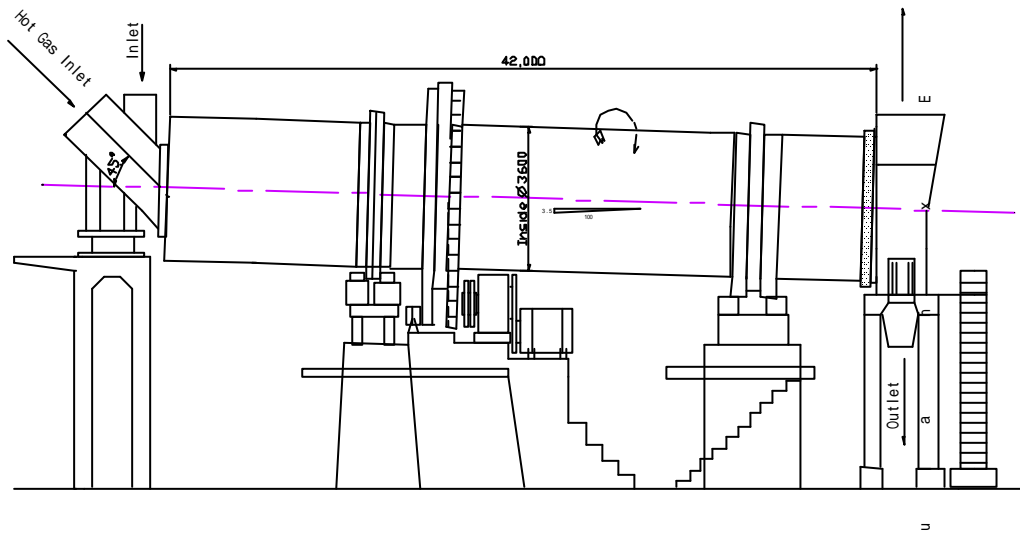


圖 2 100 噸級高速醱酵機示意圖

Figure 2 The scheme of 100 tons, high speed fermentor

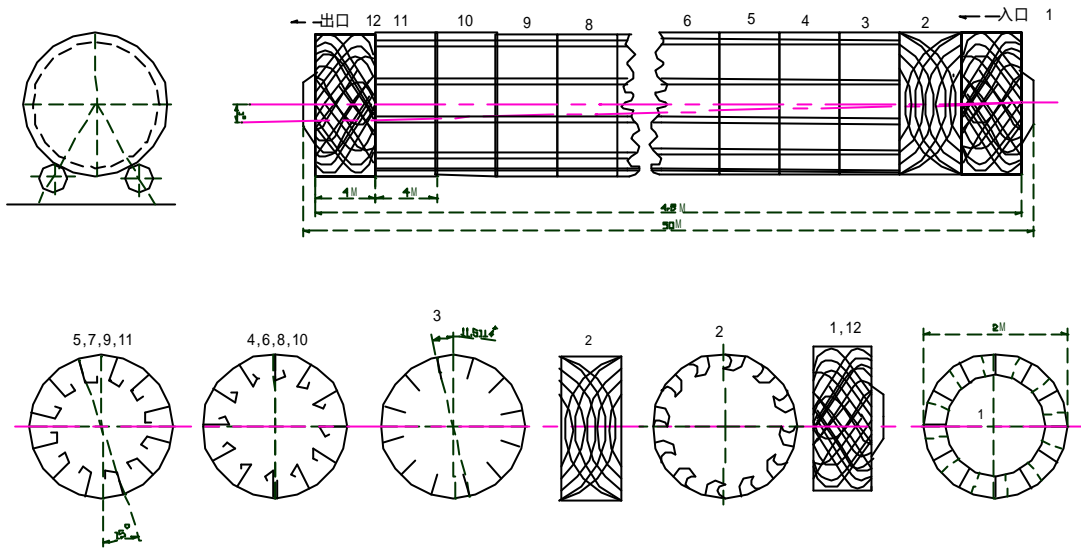


圖 3 100 噸高速醱酵機內部各種攪拌葉片型式

Figure 3 Various types of agitating baffle use

