

家庭垃圾製成堆肥之技術

台中區農業改良場／蔡宜峰

一、前言

綜觀人類文明發展，早在農業時代，人們已體認到回收自然資源再利用之妙用，並巧妙地運用到農業生產上，例如將作物殘渣及禽畜類排泄物等有機廢棄物回歸農田使用，化腐朽為神奇，以作為增進農田地力之手段。當邁入工業時代後，追求高產值成為惟一的目標，自然資源即被人們任意的開發及揮霍。惟自 1970 年代，石油危機發生後，有識之士重新體認到珍惜自然資源之重要性。至於人類文明產物之一的『垃圾』，實際上含有許多可循環利用的資源，因此垃圾處理應朝『資源化』、『減量化』、『安全化』及『具經濟效益』等多元化策略加以開發。本文擬針對垃圾堆肥化之技術原理及品質管制等多重層面加以檢討評估，以供日後研究及應用之參考。



▲左為垃圾堆肥區，色較黃綠，右為化學肥料區，色較濃綠

二、垃圾堆肥化之前處理

1、前處理之重要性

依定義而言，垃圾堆肥化前處理之目的在於將堆肥化的對象(垃圾原料)實施事先的分類工作及必要處理，俾適合微生物分解作物之進行，其重要性可歸納如下：

- (1)回收有用物質，達到資源回收，再利用的目的。
- (2)除去不適堆肥化之物，增進堆肥化之效率，提高堆肥品質。
- (3)調整原料具有適當之粒徑、水分等條件，加速微生物的分解速率。

2、前處理之步驟及原則

前處理工作原則如能切實遵守，將是確保堆肥化順利完成的重要步驟，其重點可略分為：

(1)垃圾的分類

堆肥化處理之對象應僅限於可被微生物分解利用之有機物，如垃圾夾雜塑膠、玻璃碎片、金屬物等不純物，將大大降低堆肥品質，並對使用者及土壤構成極大潛在之威脅。因此垃圾分類工作必須落實，以期除

去不良物品，增進堆肥品質。此分類工作理應在個別家庭即應確實做好，集中堆肥場後再做二次篩選及破碎前處理。

(2)粒徑的調整

堆肥醱酵分解過程中，為增加原料每單位堆積之表面積，以與空氣(尤其是氧氣)充分均勻接觸，其粒徑應為 2~60mm 為佳，以促進分解反應速率。而製成堆肥亦應具有適當的粒徑，以利在農田能均勻撒佈施用。

(3)水分的調整

一般堆肥化情形可分為嫌氣性及好氣性醱酵，經許多研究證實，好氣性醱酵具有期間短，減少臭味產生，肥分較易保存之優點。所謂嫌氣性及好氣性之區別，是依基質含水率之高低而異，當基質中的孔隙大多為水所佔滿時，對微生物而言為嫌氣性，當基質含水率介於最大容水量的 1/2~2/3 之間時，則為好氣性。

三、堆肥製作技術要領

堆肥製作過程是把有機廢棄物予以適當堆積，在控制條件下，利用微生物作用，將有機材料醱酵分解，轉變為有機質肥料。有機材料在適當的條件下堆積醱酵，可以縮短有機物分解的時間，而生產出物理性狀均一，化學成分穩定的高品質有機堆肥。茲將堆肥化之條件因子敘述如下：

(一)碳氮比

有機廢棄物中碳氮比是一個非常重要的因素，堆肥化過程中，微生物需要碳素當作生活能源，同時也需氮素來維持生命及建造體細胞，適合於微生物之碳氮比介於 20：1 至 30：1，碳氮比太高時，會因氮素缺乏，致使微生物無法大量繁殖，堆肥化過程進行相當緩慢。如果碳氮比太低，微生物分解出過多之氨，而易從堆肥中逸散，導致氮素損失。堆積過程進行時，有機廢棄物中之碳氮比逐漸減少至 20：1 左右。

(二)通氣

堆肥化作用以好氣性分解較佳，充分供給氧氣為基本條件，氧氣可經由翻堆或打氣方法，進入堆積有機物之中，而形成好氣狀態。堆積氧氣之需求量，依有機廢棄物性質、水分含量、溫度、微生物族群大小等不同而有差別。為要控制通氣性，通常都要調整堆積物之大小長短，使其適於通氣，或者調整水分含量，加入樹皮、鋸屑、穀殼等添加物，來改進通氣效率。

(三)水分

堆肥化過程中，堆積材料中之水分含量為維持微生物生命及活動重要因子。適當的水分含量為 60%，這種程度可使水分供應無缺，同時也獲得充分之氧氣。過多之水分因把堆積材料中之結構破壞，小孔阻塞，阻擾氧氣之供應與二氧化碳之外逸，有機酸等有害物質累積，有機物分解停頓。

(四)溫度

溫度是反應堆積材料中某一層次之微生物活動情形，當堆肥化過程進行正常時，初期溫度急速升高達 60°C 以上。這種高溫維持一般時間，然後逐漸下降至周圍溫度，溫度之升與降，反映出不同有機物之分解階段，作用的微生物先為嗜溫與耐高溫者，然後是中溫者(60°C 以下)擔任腐熟之作用，爾後隨堆肥逐漸腐熟，溫度呈下降乃至恆溫。

(五)酸鹼值(pH)

一般有機材料分解醱酵的 pH 值容許範圍相當廣，由 pH 3~11 之間均可進行。但以 pH 5.5~8.0 較適宜。通常堆肥的 pH 值不易由外來添加物而改變，在醱酵初期如堆積材料之 pH 過高易導致氮素的揮發。當堆肥完全腐熟時其 pH 值會呈近中性或微鹼性。

(六)微生物菌種

微生物擔任有機物分解與堆肥穩定化之重要角色。不同的堆積材料如能接種適當的微生物菌種，可以加速堆肥醱酵。惟最有效率之堆肥化堆積法，為維持微生物最適宜之生長條件，使微生物充分的活動繁殖。本計畫垃圾堆肥採桶式堆積法，堆肥化過程中不進行翻堆通氣工作，因此微生物菌種應均勻撒佈，以利微生物迅速繁殖。其中微生物菌種繁殖採用自然堆肥法，即於木屑、豆粕等材料中接種綜合性微生物菌種(表一)，再依堆肥化條件實施堆積腐熟，使其自然接種于腐熟堆肥中。

表一、微生物堆肥材料及用量

有機物種類	乾重用量(公斤)
木屑或太空包廢料	1000
菜籽粕	150
牛糞	50
米糠	10
綜合菌種	少許

(七)腐熟度

由於堆肥腐熟程度的高低將影響施用堆肥的安全性，但有關堆肥腐熟度仍需若干化學成分分析法作為依據標準，一般較常用者有(1)碳氮比必須低於 20 (2)還原糖比率必須低於 35% (3)陽離子交換能力漸趨近於 100 毫克當量/100 克土(4)固定態氮含量趨近於 1.6%。另外如種子發芽率指數達到 60% 以上。或外觀判別，堆肥腐熟時其結構疏鬆，呈褐黑色，沒有臭味而呈泥土香氣均可以作為堆肥腐熟的依據。

四、垃圾堆肥品質管制

由於垃圾來源較複雜，比一般農畜產廢棄物如稻草、木屑、禽畜糞等含有較多雜質，其物理性及化學組成等亦具有多變性及複雜性等特徵。因此有關利用垃圾製作堆肥所需考慮的品質問題更不容忽視。我國對於垃圾堆肥品質管制在『肥料管理手冊』中明文列舉保證成分低限，有害成分高限及其它規定事項等規定(表二)。

表二、垃圾堆肥品質規定

編號 CNS 總號 品目(名)	五一九0、三九六0、 垃圾堆肥	
保證成分低限(%以上)	一、全氮 0.8%、全磷酐、全氧化鉀 0.6%。	
	二、有機質 40%。	
有害成分高限(%以下)	汞 2ppm	鉛 150ppm
	鎘 5ppm	銅 150ppm
	鎳 25ppm	鉻 150ppm
	砷 50ppm	鋅 500ppm
其它規定事項	一、腐熟度 30%以上。	
	二、水分 25%以下。	
	三、碳氮比 20 以下，pH 值 6.0~7.5。	
	四、使用培養時，不得有病菌、蟲卵及種子等。	
	五、不純物如玻璃、石、陶器片、塑膠及金屬等大小不得超過 0.4 公分，總含量不得超過 3%。	

五、結語

農田土壤適量施用品質優良的堆肥，不但能供給作物養分，尚可改善土壤化學性，物理性及生物性等多種功能，而增強農田肥力，不僅能穩定作物的收成，提高產品品質，也是為永續農業發展奠定永恆的基石。農業時代老式深廐法之廐肥製造，基於環境衛生理由已無存在之必要。而舊時一般農家慣用的自然堆積法，由於人工問題亦不宜採用。日後堆肥化處理系統，惟有符合防止二次公害，節約能源，節省勞力及資源回收利用的原則，才值得開發推廣。