

固態堆肥

製造技術之演變及訣竅

文 / 圖 蔡永暉*、吳純宜**

堆肥製造是一種化腐朽為神奇的技術，農業時代已累積相當多的操作知識，到工業時代則發展成企業化的量產技術。尤其是畜牧業的堆肥處理，製作技術由簡易而複雜，時間由數月縮短成數星期。如依技術之演變及醱酵時間長短，可歸納成三種：傳統式、機械式與生物培養式，分別敘述如下：

傳統式

以厭氣分解或自然通氣的好氣分解為主，製造方法因地域、材料及氣候條件而略有差異。一般而言，有機資材均以層狀堆積，先鋪設碳源材料於底層，再於上面鋪放氮源材料，彼此交互堆積，至高度約150公分為止，每層厚度約15~30公分，最上層覆蓋泥土或布袋，防止蒼蠅滋生及水分、養分、氣味揮發。為促進自然通風循環，堆肥底層有時會放置竹子或玉米桿，或者每隔45~60天進行一次翻堆。傳統式的特點，是分解慢、溫度低、有臭味，製作時間約6~8個月。

機械式

以好氣分解為主，利用粉碎機、攪拌機、翻堆機、送風機、醱酵機等機械，依製造規模及需求，各自組合。組合方式，可分為翻堆式、送風式及混合式等三種型式。三種製造方式的原理，大致相同，先將材料切細或粉碎，增加醱酵的作用面積，其次是供應穩定的空氣及水分量，促進醱酵的作用速率，縮短製造時間，最後是產品的乾燥及包裝。翻堆式以攪拌或翻

堆為主，約1~3天進行1次，2~3星期即可腐熟完成。送風式以鼓風機通風為主，不需要格外的攪拌或翻堆，通風管的設計要達到風量充足及均勻分配原則，為了要達到通氣要求，堆肥內部需要有通氣結構或物質。混合式兼顧攪拌、翻堆及送風功能，效率更高，工作量更大，可組成長條式、直立式或旋轉式等，每日處理量可高達數十公噸以上。

生物培養式

以培養特定好氣微生物或生物為主，促成好氣性分解。有效微生物的培養，因菌種不同，培養方式有差異，例如EM菌(Effective Micro-organisms)，需先以菌源(1%)加糖蜜(4%)及水(95%)混合後，靜置增殖5~7天，接著將增殖液(1%)再加糖蜜(1%)及水(98%)再增殖一次，即可大量使用；纖維分解菌(*Trichoderma harzianum*)，需先將菌種接種於固態基質，例如切細的稻桿及氮源混合物中，調整含水量50%，增殖1~2星期後使用。增殖後的菌源，通常以0.5~1%的用量均勻加入堆肥資材中，資材以層狀式或混合狀堆積，堆積1~2天後，溫度即上升至50



白色菌絲位置代表高溫通氣含水量適中的醱酵層



以溫度計偵測堆肥內部發酵情形

~70°C，每1~2星期翻堆1次，3~6星期後堆肥即可腐熟。另一種特殊培養的生物是蚯蚓，蚯蚓的種類很多，食物習性及耐熱性有明顯差異，平均飼養密度每立方公尺可達3萬隻，每天的食量約相當於體重量，飼養過程中不需要額外翻堆及通氣，先將蚯蚓置入含有機資材的容器中，於陰涼潮濕的環境下增殖，俟有機資材全部消化後，形成蚓糞堆肥（vermicompost），再將堆肥與蚯蚓分離，堆肥可立即施用於田間，而蚯蚓則可轉賣或移至其他培養容器中，再循環利用。由於蚯蚓的生長適溫約為20~30°C，如果溫度過低或過高，會引起冬眠或夏眠現象，甚至死亡，因此飼養過程中，需要注意避免產生高溫，並經常使用灑水系統，或採用較小較淺的容器，以達散熱效果。

有效操作指標

除了蚓糞堆肥外，堆肥製造的一般原理，是利用微生物的分解，將有機資材分解，最後形成性質穩定的有機腐植質。因此，堆肥的製造技術，首重微生物族群的培養，及其生活環境的調控。其製造效果好壞，主要依下述指標而定：

1. 白色菌絲的位置（代表高溫通氣水量適中的快速分解）：由菌絲的發生位置，可以判斷堆肥內部環境的好壞，若菌絲僅發生於表層，則顯示堆肥內部環境不佳，無法滿足微生物的生長，須要採用改善措施，例如翻堆通氣、控制水分或添加氮素



堆肥剖面層次分明，表示發酵不均

材料…等。

2. 溫度的變化：有機資材經堆積後，1星期內溫度必須達到70°C，若無法達到這個溫度，操作就是有問題，必須立即加以調整，直至堆肥內部各點均達高溫為止，但需注意溫度不得超過80°C，否則微生物將會大量死亡，甚至有引起火災的危險，此時應加強翻堆，降低熱量。因此，準備1支長1公尺以上的溫度計，隨時監控，是必要的措施。

3. 水分的含量：含水量的多寡亦影響通氣量，並影響微生物增殖速率，最適當的水分含量約50%，以手觸摸材料有潮溼的感覺，但未達溼潤狀態，用力擠壓材料，水分不會從指縫間流出。水分太多，有機資材分解緩慢，且會有異味產生，可以添加乾細的資材，或者將材料攤開地面數日，俟含水量降低後再行堆積，堆積後的材料須加以覆蓋，防止水分經由表面蒸散。

其他重要的指標，例如腐熟後體積應減少1/3~1/2，顏色呈棕褐色，質地疏鬆，不結塊，聞起來有泥土芳香的氣息，酸鹼度趨於中性或偏微鹼性等。



加強翻堆改善通氣量