

農水產廢棄物堆肥化之開發及應用¹

III. 送風式堆肥槽之建立及快速堆肥製造

蔡永暉²

摘 要

堆肥製造主要受材料種類、醱酵環境(溫度、水分、空氣等)及微生物族群等因素之影響。受影響範圍，包括堆肥特性、養分含量、反應速率、堆肥品質、及生物特性等。本試驗主要目的，在探討醱酵過程中，堆肥槽的管理對堆肥化之影響。試驗結果顯示，醱酵溫度與槽容器大小有密切關連，小型堆肥槽極易散熱，溫度不易上升，而大型堆肥槽溫度經常超過 70°C，不利醱酵反應，適當的堆積高度不宜超過 2 公尺。送風式堆肥槽，送風量以維持 0.02vvm 效果最佳。空氣由底層供應時，出風口附近材料有結塊現象，堆肥品質不佳。若進行適當的翻堆與加水，結塊現象可改善，並促進醱酵反應，縮短醱酵時間，但過量的翻堆與加水，則會降低養分含量，尤其氮素含量，估計翻堆次數以 2~5 次為宜。接種微生物菌源，可穩定醱酵溫度，但醱酵溫度高低與堆肥品質之間，並沒有顯著相關。有機材料，鮮蝦殼比魚粕更容易醱酵，但養分含量較低，較適合調製成育苗介質，而魚粕堆肥養分含量較高，較適合調製田間用堆肥。

關鍵詞：有機廢棄物、堆肥化、操作管理、送風量

¹ 本試驗承行政院農業委員會經費補助(83 科技-2.5-糧-12、84 科技-2.5-糧-08、及 85 科技-1.7-糧-22)，謹致謝忱。

² 台灣省高雄區農業改良場副研究員兼分場主任。

前 言

本省農漁牧業有機廢棄物，可分為以碳源(如稻草、蔗渣、花生殼、木屑)及氮源(如豬糞、雞糞、牛糞、魚渣、蝦殼)為主的兩大類^(1,2,9)。年產量約稻草 260 萬噸，蔗渣 21 萬噸，花生殼 6 萬噸，豬糞 600 萬噸，禽糞 509 萬噸，魚渣 25 萬噸^(1,2,3,6,14)。這兩類資材均可直接施用於農田^(4,5,14,15,18)，但因易造成土壤局部缺氧，有毒物質釋出，或易滋生病蟲害，對作物生長及環境有不良影響^(15,21,24)，因此，不宜直接施用。最好的利用方式，是先將碳氮源以適當的比例混合並經過堆肥化，製成良好的有機質肥料，再回歸土地^(1,2,6,10,11,14,16,17,18,19,22)。

堆肥化的反應，主要是多種微生物之作用。微生物的種類、數量、耐熱性、分解力，以及對碳源及氮源的利用，均影響堆肥的品質。由醱酵溫度的變化過程來看，微生物似依高溫菌、中溫菌、常溫菌等序列消長，故醱酵過程中，似乎很難有一種微生物，可以一直居於優勢^(1,16,18)。因此，為提高醱酵速度，接種複合菌源將是必然趨勢⁽²⁾。

另外，在堆肥化過程中，醱酵槽管理與醱酵條件，及使用之材料亦相當重要^(2,7,10,16,17,18,23,24)。適量的通氣、灑水、翻堆可加強有機酸的分解，避免產生植物毒物質^(14,16,18)，並提早完成堆肥腐熟⁽⁷⁾。有機材料中蝦殼類富含幾丁質⁽¹²⁾，海草類富含礦物質養分及生長素前驅物⁽¹³⁾，均會改變微生物相，對抗土壤病蟲害，促進作物生長，而高 CEC 的酸性吸收物質如泥炭土等，會幫助吸收氨氣，中和 pH 值，並增加氮素含量，提高堆肥品質⁽²³⁾。

良好的堆肥，pH 值為中性。在醱酵初期，銨態氮釋出，pH 值上升，隨後好氣作用，銨態氮氧化為硝態氮，pH 值下降，最後硝態氮再經脫氮還原作用，使 pH 值又恢復為中性，堆肥亦完熟。完熟堆肥的養分及特性如下，有機質含量 60% 以上、pH 值中性、EC 值 4~8mS/cm、全氮 1.5~3.2%、無機氮 0.1~0.6%、全磷 0.5~1.5%、全鉀 0.2~1.5%；加水後再堆積，不會發熱，聞起來沒有異味，顏色呈暗褐色，質地疏鬆，不結塊，用 30 倍溫水抽出液，在含濾紙培養皿播種白菜種子，有良好的發芽率^(16,17,18,19,20,23)。

本試驗目的，先建立小型送風式模擬堆肥槽，探討適當的送風量，以供少量生產及試驗研究用；其次以大型送風式堆肥槽，探討堆肥槽管理及醱酵條件對堆肥化之影響，例如接種菌源、有機氮源及翻堆加水等之影響，並以育苗技術檢定堆肥品質及肥效。

材料與方法

一、模擬式送風醱酵槽之建立

以 75 公升、150 公升、300 公升圓柱形塑膠桶為醱酵容器，槽底部開二個小孔，其一連接排水控制閥，另一連接送風微調控制閥及空氣壓縮機(2HP 85L 天鵝牌 SVP-202 型)。各槽送風量均設定為 0.033vvm，隨時以流量閥校正。有機材料以細花生殼：魚粉：鮮蝦殼：米糠：肥沃土 = 100：35：60：35：5 之重量比例(C/N 約 32)，置於攪拌機內混合，調整水份含量為 60%，以輸送帶堆置於各槽中。各槽口均以多孔質厚麻布袋封口。於槽中心點以及該點上下 20 公分處，每天測定溫度。二重複。82 年 4 月 22 日開始醱酵，約 54 天完成。另外，於 82 年 11 月 11 日將 150 公升醱酵容器以隔熱毛毯緊密包裹後，進行相同的醱酵試驗，並使用魚粉、鮮蝦殼、及兩者各半為有機氮源，醱酵期間記錄堆肥槽中心點的溫度變化。

二、不同通氣量對堆肥化之影響

以 150 公升塑膠槽為醱酵容器，送風裝置如前所示，槽壁以隔熱毛毯包裹，防止熱氣散失，槽底部送風管以碎石固定，並覆蓋多孔砂網。每分鐘送風量分別以 0、3、6、12 公升為處理，約相當於 0、0.02、0.04、0.08vvm。有機材料及操作方法同前。二重複。82 年 11 月 11 日開始醱酵，醱酵期間記錄中心點溫度變化，約一個月後降至常溫，取樣分析各項成分，並於 83 年 1 月 12 日以育苗進行生物檢定，測定其腐熟度，方法是將堆肥與低肥介質(純泥炭苔、木屑、花生殼、表土)以不同比例混合調製成一系列稀釋度育苗介質，播種洋香瓜種子，並調查生育情形。

三、大型送風式堆肥槽之管理

利用大型送風式堆肥槽(槽容積 3m×1.5m×1.5m)，進行下列各項試驗。堆肥槽槽壁三面水泥牆，前面木質隔板，可以自由起落，槽底凹部置三條直徑 8 公分通風管，每條送風管以 10 公分間隔鑿一直徑 2mm 向上出氣口，槽內送風管連接槽外送氣馬達，送風管送風量調整為 0.03vvm。槽外另有混合機，置於軌道上面，可以控制滑行方向。各有機材料經定量後，以鏟裝機置入混合機內，加水混合，至用手緊握有少量水分沿手背流出為止(含水量約 60%)，隨後再以輸送帶送入各堆肥槽內，槽上並覆蓋塑膠布，以減少水分蒸散流失。

(一)接種菌源土之效果

試驗材料及處理內容如下表所示，共三處理。

處理	花生殼	鮮蝦殼	米糠	菌土
CK1	100	140	--	--
CK2	100	120	35	--
Inoculation	100	120	35	4

將上述有機材料，取一部分樣品，進行成分分析，再依表列重量比例混合，調整水分，再置於大型送風式醱酵槽中。於 83 年 8 月 9 日開始堆積醱酵，10 月 28 日完成，醱酵期間不翻堆不加水，並記錄槽中心點及上下各 30 公分的溫度變化。醱酵成熟後，觀察成品顏色，物理性狀，化學分析，並進行育苗生物檢定。

(二)翻堆加水對堆肥化之影響

堆肥槽以三種方式管理，醱酵期間(1)不翻堆不加水，(2)翻堆加水乙次，(3)翻堆加水七次。其中處理二於溫度低於 50°C 時，翻堆一次，處理三醱酵初期每星期翻堆一次，之後溫度明顯下降時再次翻堆。翻堆以鏟裝機操作，翻堆與加水同時進行，並以手感調整含水量為 60%。有機材料依花生殼、鮮蝦殼、米糠、菌源土 = 100:120:35:4 重量比例添加(C/N 約 26)，並經由攪拌機混合，以輸送帶送至各槽內。於 84 年 9 月 12 日進行試驗，12 月 10 日完成。堆積期間每天記錄醱酵槽溫度變化。醱酵成熟後，觀察成品顏色，物理性狀，化學分析，並進行育苗檢定。

(三)不同氮源對堆肥化之影響

以不同氮源(1)魚粉(2)鮮蝦殼為供試材料，進行本項試驗。而碳源採用花生殼。碳源與氮源兩者混合後 C/N 約為 32，混合方式同前。通氣量為 0.02vvm。二重複。於 83 年 8 月 31 日進行試驗，11 月 16 日完成，醱酵期間逐日記錄溫度，產品完成後取樣測定各項成分，並進行育苗檢定。

結果與討論

一、模擬式送風醱酵槽之建立

農水產廢棄物體積龐大，處理耗工費時，因此發展小型堆肥槽，以供模擬試驗用為必要工作。經以 75、150、300 公升三種塑膠槽容器測試結果，溫度變化如圖 1 所示。顯示各容器的最高溫度，均可上升至 65°C 以上，適合於高溫醱酵菌的生長，並足以破壞病原菌，及抑制雜草種子萌芽，而於堆積後 1~2 天內均可達成最高溫度，各容器間並沒有差異，但溫度下降曲線各容器表現不同，75 公升之塑膠槽，其最高溫度雖可達 65°C，但隨後溫度大幅下滑，堆積後 12 天已降至常溫，其維持於 50°C 以上的時間僅一星期，醱酵熱無法保持，不利於中高溫菌之生長。150 公升之塑膠槽，溫度亦可上升至 65°C，而溫度下降曲線呈鋸齒狀，顯示熱能有消失再醱酵生熱的現象，其維持於溫度 50°C 以上，可達二星期以上。300 公升之塑膠槽，其最高溫度與溫度下降曲線，與 150 公升塑膠槽相似，熱量亦有消長現象，惟平均溫度較高，且維持於溫度 50°C 以上的時間達三星期，但其容量太大，操作處理較為困難。

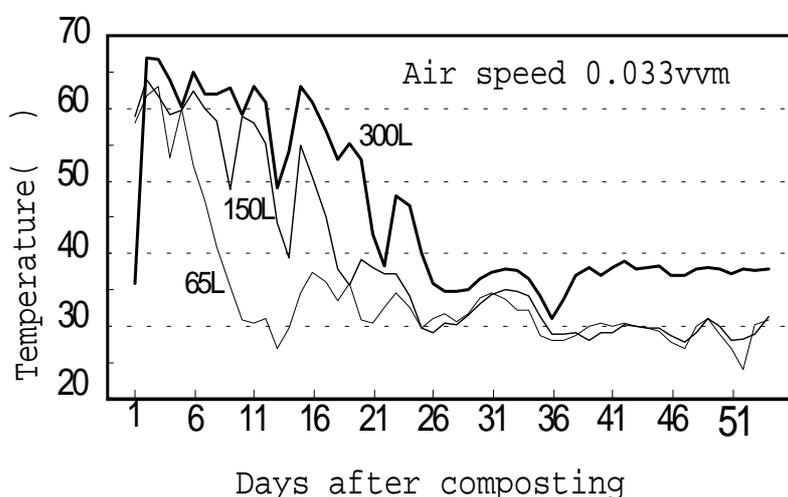


圖 1、容器大小對堆肥化溫度之影響

Fig. 1. Effects of container sizes on temperature changes in the composting process.

150 公升堆肥槽，槽壁以隔熱毛毯包裹後，再進行相同試驗，其溫度變化如圖 2 所示。顯示三種氮源在 24 小時內均可達到最高溫度 65~68°C，溫度下降曲線平緩穩定，沒有鋸齒狀現象，維持於溫度 50°C 以上的時間分別長達 18~24 天，顯示 150 公升醱酵槽以隔熱毛毯包裹後，對熱氣保持及溫度維持已具穩定作用，應可作為快速堆肥製作的模擬槽。

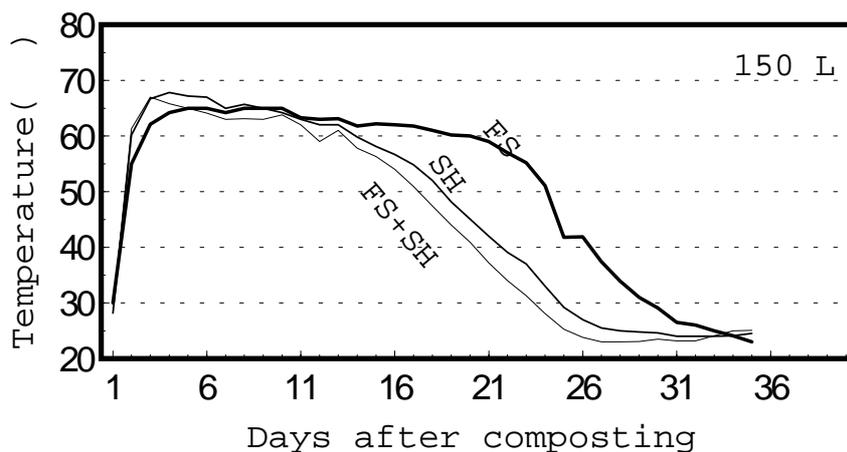


圖2、在150公升模擬式堆肥槽下，不同有機氮源對堆肥化溫度之影響

Fig. 2. Effects of organic N sources on temperature changes during the process of composting in 150L plastic container wrapped with woolen rug.

二、不同送風量對堆肥化之影響

送風量的大小，明顯影響堆肥化溫度的高低，如圖 3 所示。送風量以 0.02vvm 效果最佳，其溫度變化最穩定，適合於分解力強的高溫真菌生長，50°C 以上的高溫區可維持 18 天。送風量 0.04vvm 處理其次，高溫區維持 12 天。送風量 0.08vvm 處理，高溫區僅維持 6 天，且溫度變化呈鋸齒狀，熱能有消長現象，約第 8 天後溫度降至常溫。而不通氣處理，因長期處於嫌氣狀態，無熱能產生，溫度維持常溫。綜合觀之，最適當的送風量約為 0.02vvm，亦即每分鐘的送風量相當於材料容積的 1/50，以實務經驗，在槽面覆蓋塑膠布時，仍可微微感覺塑膠布飄動。

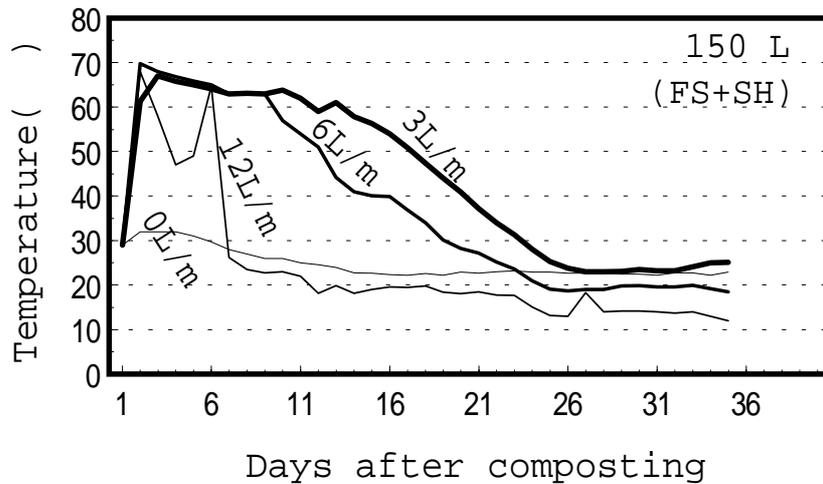


圖3、送風量對堆肥化溫度之影響

Fig 3. Effects of air flowing volume on temperature changes in the process of composting.

不同送風量堆肥，化學性質有極大差異，如表 1 所示。不通氣處理，因嫌氣醱酵，有機碳無法順利分解成 CO_2 ，以酸性物質為最終產物，因此產品 pH 值最低，而嫌氣下有機氮的分解產物為 NH_4 ，因此 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量高達千餘 ppm 以上。反之，送風處理送氣量增加，堆肥 pH 值及 NO_3 含量遞增，而 NH_4 含量遞減。此外，堆肥物理性質，不通氣處理因厭氣醱酵，散發難聞惡臭，水分含量因無熱能蒸發仍維持 61%；而通氣處理沒有惡臭產生，但中心區有結塊現象，通風量愈大，結塊區愈大，結塊區水分含量較低，而 TN、TK、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量較高，顯示分解不完全。

表1. 堆肥成品分析

Table 1. Chemical properties of composts.

Treatment	pH(1:5)	EC(1:5) (mS/cm)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (ug/g)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (ug/g)
0L/min	7.20	1.30	1649	39
3L/min	7.99	0.91	398	45
6L/min	8.03	0.92	252	60
12L/min	8.10	0.93	213	76

不同送氣量堆肥，對洋香瓜幼苗生育影響情形，如表 2 所示。顯示不送氣處理或過量送氣堆肥，對幼苗生育均有顯著負面影響。

表2. 洋香瓜地上部鮮重(克/株) (播種後40天)

Table 2. Ground fresh weight of muskmelon seedlings
(40 days after planting).

treatment	mixed ratio of compost and peat-moss			
	pure	1:1	1:3	1:5
	-----g/plant-----			
0 L/min	0.00	3.74c	10.14 b	13.40a
3 L/min	0.05	8.54a	12.15 a	11.09b
6 L/min	0.09	8.21a	11.76ab	11.63b
12 L/min	0.00	5.62b	10.73 b	11.80b

pure soil : 5.41(g/plant)

三、大型送風式堆肥槽之管理

(一)接種菌源土之效果

菌源土含各種真菌、細菌、放射菌等微生物，添加於有機混合物內，對醱酵溫度之影響，如圖 4 所示。顯示接種處理的溫度，50°C 以上的高溫期達 30 天，中常溫期長達 45 天，而不接種處理高溫期僅 6 天，中常溫期僅 14 天，有顯著差別；此亦顯示花生殼米糠鮮蝦殼等混合物，自然菌源不足，有接種之必要，而接種之效果，對高中常溫期均有明顯的差異。

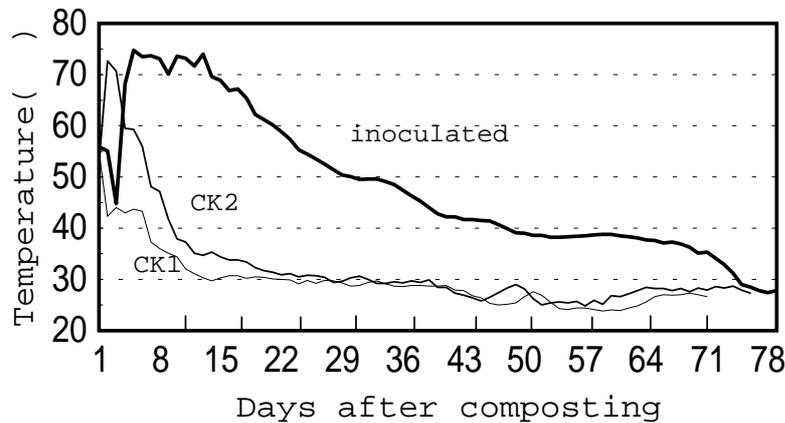


圖4、接種菌源土對堆肥醱酵溫度之影響

Fig. 4. Effects of microbial inoculants on temperature changes in the process of composting.

接種處理對堆肥的理化性質影響，如表 3 所示。顯示接種處理，微生物分解量增加，材料最終體積減少 29%，比不接種處理增加 6%。另外，接種

處理 NH₄-N 含量增加，pH 值上升，及 NO₃-N 含量降低，顯示供試菌源中，可能以銨化菌與脫氮菌為主，而硝化菌可能沒有增加。另外，體積減少的濃縮反應，亦可能促使堆肥 EC、TN、TP、TK 等養分含量提高。

表3. 接種菌源土對堆肥化學性質之影響

Table 3. Effects of inoculant on chemical properties of composts

Items\ treatments	CK1	CK2	Inoculation
pH(1:5)	7.77	7.87	7.93
EC(1:5)ms/cm	4.54	4.91	5.69
NH ₄ -N(ug/g)	25.7	50.0	84.3
NO ₃ -N(ug/g)	584	534	406
TN(%)*	1.12	1.33	1.42
TP(%)*	0.50	0.57	0.80
TK(%)*	0.33	0.49	0.54
loss%(v/v)	16	23	29

*CK1:Peanut hull + shrimp shell.

*CK2:Peanut hull + shrimp shell + rice bran.

*Inoculation:CK2 with inoculation.

*TN:Total Nitrogen.

*TP:Total Phosphorus.

*TK:Total Potassium.

接種處理雖顯著提升溫度及養分含量，但育苗結果顯示對洋香瓜幼苗生長有明顯不利影響，如表 4 所示，原因不明，有待進一步探討。一般而言，分解愈旺盛的堆肥，有機酸含量愈高，而有機酸含量高反不利作物生育，需更長的後熟作用，方能使堆肥充分腐熟。另外，表 4 亦顯示供試堆肥已可直接當育苗介質用，苗株仍可生長，但生長量仍以 1:3 混合比例效果最好。

表4. 接種菌源土堆肥對洋香瓜苗株生長之影響(播種後21天)

Table 4. Effects of composts on seedling growth of muskmelon.
(21 days after planting).

Composts	mixed ratio of compost and peat-moss			
	pure	1:1	1:3	1:5
	----- Plant height(cm) -----			
CK1	12.4	15.5	17.7	17.3
CK2	13.9	17.5	17.2	17.3
Inocu.	9.1	11.1	15.8	15.1
	----- Total fresh weight(g/p) -----			
CK1	1.87	3.50	5.46	5.35
CK2	2.21	3.54	5.54	4.66
Inocu.	0.96	1.65	4.45	3.24

接種處理堆肥，依剖面特性可明顯分為三層，上層 0~45 公分質地疏鬆，黑褐色，含水率 62%，中層 45~60 公分質地緊密，黃白色，含水率 59%，底層 60~84 公分質地結塊，黃褐色，含水率 24%。各層其他特性(溫度變化、化學分析、及育苗結果)，如圖 5、表 5 及表 6 所示。底層通氣量大，溫度高，水分含量低，導致物質膠結，分解作用不完全，產品顏色較淡，並具霉味，肉眼仍可辨識部分材料殘體，其育苗效果最差。而上層水分含量因受冷凝水回流影響，含水量高，仍維持 62%，物質分解已趨完全，顏色轉為黑褐色，質地鬆散，具有優良堆肥性狀，其育苗效果不遜於商品介質。此現象與不同送風量試驗結果相同，可見堆肥槽管理仍有改善空間。

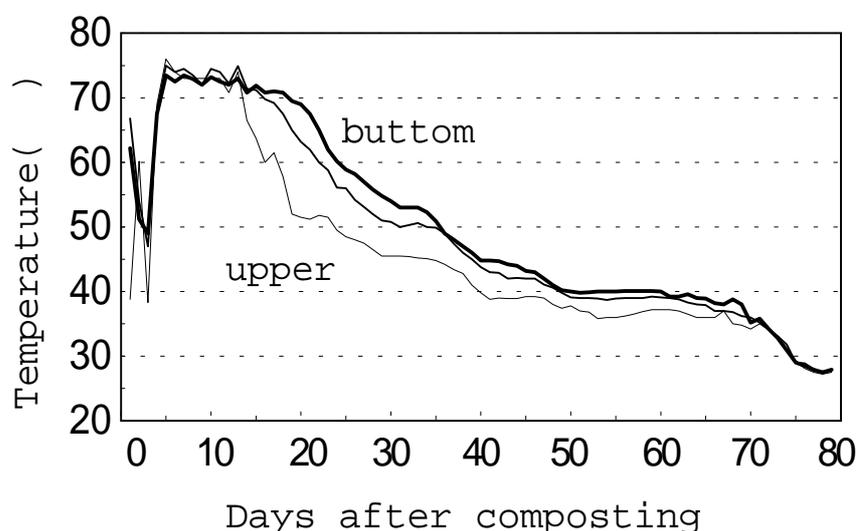


圖5. 接種菌源處理對堆肥剖面各層溫度之變化

Fig. 5 Effects of microbial inoculants on temperature changes in different depth of compost.

表5. 添加菌源土堆肥各層化學分析

Table 5. Chemical properties of composts manufactured with soil inoculant.

Depth (cm)	pH(1:5)	EC(1:5) (mS/cm)	NH ₄ -N (ug/g)	NO ₃ -N (ug/g)	N (%)	p (%)	k (%)	H ₂ O (%)
0~45	7.8	2.9	150	536	1.4	0.77	0.15	62
45~60	8.0	8.8	51	411	1.7	0.87	0.88	59
60~84	8.0	5.4	52	270	1.8	0.97	0.66	24

表6. 各層剖面堆肥對洋香瓜幼苗生長之影響

Table 6. Effects of compost at different depth on seedling growth of muskmelon.

Depth (cm)	Germination (%)	Plant height (cm)	Plant fresh wt. (g/p)
0~45	100	18.2	4.78
45~60	78	12.5	1.73
60~84	71	9.6	1.08

(二) 加水與翻堆之影響

送風式堆肥槽，空氣由槽底往上吹，使有機物進行有氧醱酵。但由於槽底風量較大，容易缺水，造成物質膠結及分解不完全。而氣相梯度效應，亦使局部地區仍為嫌氣醱酵。因此堆肥化過程是否需要翻堆與加水，值得加以探討。

有機物質經七次翻堆與加水處理後，醱酵溫度變化情形，如圖 6 所示，顯示每次翻堆後，溫度均略微上揚，維持數日後繼續下滑，若與不翻堆不加水處理比較(圖 5)，可顯著縮短中高溫期醱酵時間。另外，表 7 資料顯示，翻堆次數愈多，氧化作用旺盛，NO₃-N(硝態氮)含量愈高，而 TN(總氮)、TIN(無機態氮)、NH₄-N(銨態氮)、OC(有機碳)含量愈低。若以氮素養分觀點來看，過多的翻堆造成氮素礦化與脫氮作用增強，將使氮素損耗，因此降低翻堆次數，可兼顧醱酵反應及養分含量。另外，育苗檢定結果，如表 8 所示，顯示翻堆次數愈多，養分含量愈低，與泥炭苔混合的最適比例為 1:1~2，反之，不翻堆不加水時，肥效較高，最適當的混合比例為 1:3~4，由此再次證明翻堆次數多寡影響肥效。

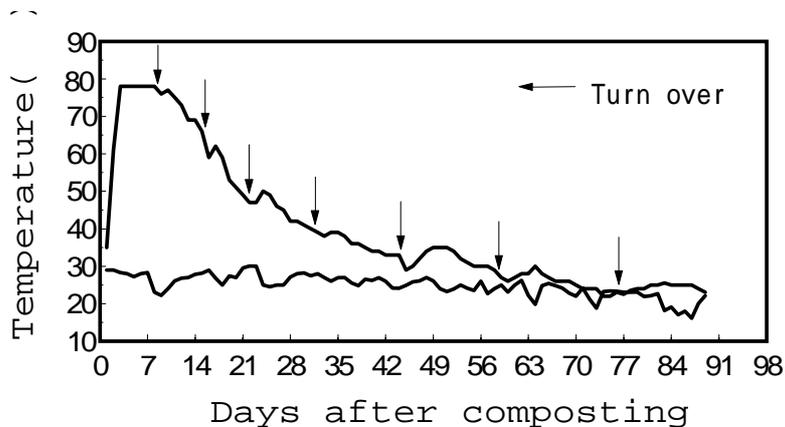


圖 6、送風、加水、翻堆對醱酵溫度之影響

Fig. 6. Effects of turning times on temperature changes in the composting process.

表7. 翻堆次數對堆肥養分含量之影響

Table 7. Effects of turn over on nutrient content of composts.

NO. Turn over	O.C (%)	TKN (%)	C/N	NH ₄ -N (ug/g)	NO ₃ -N (ug/g)
0	47.9	1.63	29	1223	62
1	47.6	1.24	38	1054	123
7	43.0	1.13	38	43	336

OC:Organic Carbon

TKN:Total Kjeldahl Nitrogen

表8. 堆肥翻堆次數對洋香瓜苗株地上部鮮重之影響

Table 8. Effects of turn over in the process of composting on fresh weight of curcubit seedlings (g/plant).

Turn over NO.	mixed ratio of compost and peat-moss(w/w)					
	pure	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
0	0.92	2.69	4.13	5.76	4.45	3.85
1	1.24	3.45	4.75	5.61	3.91	3.49
7	1.70	4.98	5.09	4.05	3.34	3.20

(三)不同氮源之影響

供試氮源材料有魚粉及新鮮蝦殼等二種，二者均富含極易分解的蛋白質與碳水化合物，很容易醱酵，1~2天之內溫度可上升至65°C以上，如圖7所示，其中新鮮蝦殼溫度上升較快，但維持的時間較短。

堆肥氮素含量多寡，顯著影響田間肥效及施用量，因此，堆肥化過程中氮素含量變化應加以重視。有機氮的礦化作用，主要有銨化及硝化作用，而氮的損失有脫氮及氨揮發等作用，因而調製堆肥的原則是增加氮的礦化並減少氮的損失。二種供試氮源醱酵前後理化性質的變化，如表 9 所示，顯示魚粕堆肥 TN、NH₄-N、TP(總磷)、TK(總鉀)、EC(導電度)含量均高於蝦殼堆肥，而 NO₃-N、pH 含量卻低於蝦殼堆肥。

魚粕堆肥氮素含量很高，適用於田間堆肥，若調製為育苗介質，很容易產生毒害作用，如表 10 所示，與泥炭苔最佳混合比例為 1:5，反之，蝦殼堆肥無機氮含量低，適合於調製成育苗介質，用量穩定性佳，不易發生毒害，且育苗效果良好，與泥炭苔最佳混合比例為 1:3。

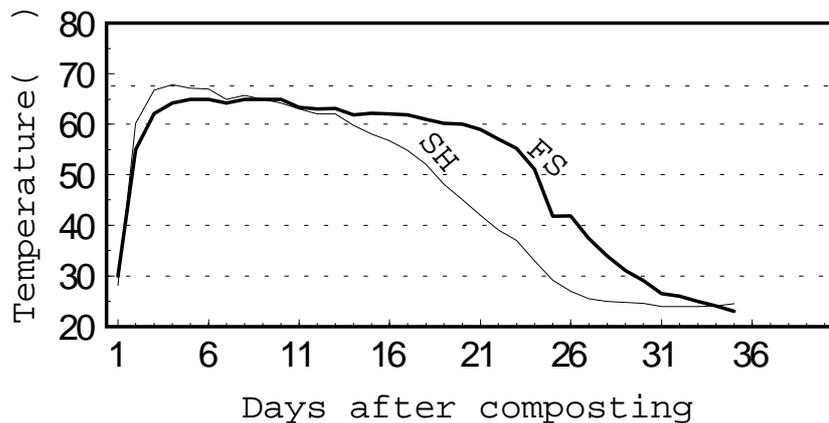


圖7、不同氮源對堆肥化溫度之影響

Fig. 7. Effects of organic N sources on temperature changes in the process of composting.

表9. 蝦殼、魚粕材料與堆肥產品成分分析

Table 9. Properties of the raw materials and composts, on w/w basis.

Tre.	C (%)	N (%)	P (%)	K (%)	H ₂ O (%)	pH (1:5)	EC (1:5)	NH ₄ -N (ug/g)	NO ₃ -N (ug/g)
-----raw materials-----									
SH	29	4.6	0.83	0.63	78				
FS	45	7.8	0.86	0.83	10				
-----composts-----									
SH		1.42	0.80	0.54	48	7.93	5.69	84	406
FS		2.82	0.91	0.80	32	6.37	9.17	2294	103

*SH:Fresh shrimp-shell.

*FS:Fish-scrap powder.

表10. 不同氮源堆肥調製成育苗介質對洋香瓜苗株地上部鮮重之影響

Table 10. Effects of composts on fresh weight of curcubit seedlings
(40 days after sowing).

Composts	Ratio of comost and peat-moss			
	Pure	1:1	1:3	1:5
	------(g/p)-----			
SH	6.34	11.99	19.97	14.79
FS	0.02	2.41	15.81	16.73

Pure peat-moss : 6.22(g/p).

*SH:Fresh shrimp-shell.

*FS:Fish-scrap powder.

參考文獻

1. 王西華.1989.農業廢棄物在有機農業之利用. 有機農業研討會專集 217-227.台中區農業改良場.
2. 王西華、鄭正勇、胡苔莉、凌美月、李勝隆、林碧霞.1989.農廢棄物之利用——豬糞堆肥之製造與生物製劑之種植.中華生質能源學會會誌 8:65-72.
3. 李俊德.1982.養豬場廢污處理方法輯要.台灣區雜糧發展基金會.
4. 洪崑煌、華傑.1975.作物殘渣對後作之影響(二)稻草及蔗渣之分解對水稻之發芽及幼苗吸收養分之影響. 中國農業化學會誌 13:41-45.
5. 洪崑煌、劉天斌.1977.作物殘渣對後作之影響IV.稻草及紫雲英在高溫下之分解對水稻種子之發芽及幼苗生長之影響. 中國農業化學會誌 15 : 26-32.
6. 黃山內.1989.有機農業之發展及其重要性.有機農業研討會專集:21~30. 台中區農業改良場.
7. 黃啟民、陳文崇、張順榮、李松伍、王隆輝.1994.快速腐熟堆肥製作之研究.微生物肥料之開發與利用研討會專刊農試所特刊第號 205-214.
8. 陳振鐸、翟鴻祥.1972.自給有機肥料(稻蒿與綠肥)之肥效與在土壤中之分解過程.中國農業化學會誌 10:32-49.
9. 楊盛行、鍾仁賜、林鴻淇.1992.食品、農產廢棄物減量、資源及堆肥化之探討(第二年). 行政院環境保護署委託研究報告:1-3.

10. 廖乾華.1993.有機質肥料的施用與製造.桃園區農業專訊第三期 p6-7.
11. 蔡永□.1993.施用雞糞堆肥對轉作田土壤及作物氮素動態之影響.高雄區農業改良場研究彙報 5:49-61.
12. 蔡東纂.1994.有機質添加物在防治作物線虫病害之永續作為.農藥世界 (2):56-65.
13. 顏新富,黃涵,洪立.1990.海藻資源在蔬菜上的利用及其名錄.中國園藝 36:8-28.
14. 嚴式清.1989.畜牧廢棄物在有機農業之利用.有機農業研討會專集:229-242.台中區農業改良場.
15. Chang, C., T. Sommerfeldt, and T. Entz. 1991. Soil chemistry after eleven annual application of cattle feedlot manure. J. Environ. Qual. 20:78-87.
16. Gasser, J. K. R.. 1985. Composting of agricultural and other wastes. Elsevier Applied Science Publishers, London, UK.
17. Haga, K.. 1990. Production of compost from organic wastes. FFTC extension bulletin NO.311.
18. Harada, Y.. 1990. Composting and application of animal wastes. FFTC extension bulletin NO.311.
19. Hsieh, S. C., and C. F. Hsieh. 1990. The use of organic matter in crop production. FFTC extension bulletin NO.315.
20. Inbar, Y., Y. Chen, and Y. Hadar. 1989. Solid-state carbon-13 nuclear magnetic resonance and infrared spectroscopy of composted organic matter. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:1695-1701.
21. Jacobs, L. W.. 1990. Potential hazards when using organic materials as fertilizers for crop production. ASPAC/FFTC Technical Bulletin 313: 1-29.
22. Jo, I. S.. 1990. Effect of organic fertilizer on soil physical properties and plant growth. FFTC technical bulletin NO.119.
23. Mathur, S. P., J. Y. Daigle, M. Levesque, and H. Diné. 1986. The feasibility of preparing high quality composts from fish scrap and peat with seaweeds or crab scrap. Biological Agriculture and Horticulture 4:27-38.
24. Zucconi, F., A. Monaco, M. Forte, M. de. Bertoldi, 1985. Phtotoxin during the

stabilization of organic matter. IN " Composting of Agricultural and other Wastes." Ed. by Gasser, J. K. R., P73-86, Applied Science Publishers. London, UK.

Composting and Utilization of Organic Wastes¹

III. The Effect of Operation System on Composting Process

Yuong-how Tsai²

Abstract

The composting process is affected by these factors such as microbes, raw materials, and operation system (tank size, air supply, water maintenance, etc.). All of these factors combined will result to various composts with different quality.

The aim of these studies was to evaluate the effect of operation system on compost quality. Results showed that there was good relationship between tank size and temperature induced. Small plastic tank could not maintain the heat produced during composting to perform thermo-fermentation, however the heat in large tank often exceeds 70⁰C that was too high for the growth of thermo-fungi. The height of container had better not higher than two meters. The air supply of 0.02vvm was helpful for aerobic fermentation in tank with blowing facilities. Intensive air supply induced the composting material stuck together and resulted to bad compost quality. The sticking property could be reduced by increasing the water content of the composting material and overturning the composting material with shovel 2~5 times during the composting process. Nutrient, especially N, lost significantly when the turning operation was conducted too many times. There was no relationship between temperature and compost quality, although it is apparent to increase temperature with inoculating microbes to the composting materials. Compost with shrimp was suitable for the seedling growing media owing to the low nutrient content and more complete fermentation, however compost with fish powder was suitable for field crop because of high nutrient content, especially N.

Key word: Organic wastes, Composting, Operation system, Air supply.

¹ This project was supported by a grant from the Council of Agriculture, Executive Yuan, R.O.C.

² Associate researcher, Chinan Branch, Kaohsiung Agricultural Improvement Station.