

堆肥製作及介質調配技術

桃園區農業改良場

羅秋雄

台灣位於亞熱帶地區，氣候高溫多濕，加上高度密集耕作的利用土壤，致土壤中的有機物質加速分解消耗，依據本省土壤調查資料顯示土壤有機質缺乏(3%以下)之耕地面積約佔70%。耕地土壤由於有機質缺乏使生產力降低，農民為維持作物之高產，勢必增加化學肥料之施用量，而造成肥料浪費，甚至在無法提高土壤生產力下，使作物品質降低，也間接造成病害增加及環境污染。因此要長期維持土壤生產力及肥效，以提高作物產量及品質，就必須維持土壤有機質之適當含量，而施用有機質肥料是增加土壤有機質最有效也最為直接的方式。

農畜產廢棄物為一極佳的有機資源，自古以來即為農家堆肥材料及栽培作物所需肥料的重要來源。唯近幾十年來由於化學肥料的開發及應用，製作堆肥施用於農田供為作物的營養源已逐漸被化學肥料所取代，加上農畜產的企業化經營，大量的農畜產廢棄物更造成對環境污染的壓力。因此，近年來政府積極獎勵農畜產廢棄物資源化推廣工作，除著眼於減輕對環境污染的壓力外，有機資源回歸農田增進土壤肥力及改善理化性質，以永續農業生產，也是極為重要的關鍵。

農畜產廢棄物需經堆積腐熟後使用的理由，除了改善粗大有機質材之物理性及減少體積便於運輸外，並可改善含氮過少有機物所引起的氮素缺乏現象。多量有機物分解時，微生物及生物大量利用氧氣引起氧氣不足之還原作物，尤其長時間湛水的水田更為嚴重，由於氧氣不足之嫌氣性分解作用產生不完全氧化之物質，對生長的作物具有毒害及抑制作用。另有機物分解在缺氧情形下產生大量甲烷，較完全氧化所產生的二氧化碳引起地球溫暖化之效果大。有機物經堆積過程中產生大量熱能可將附於其上的雜草種子、病原菌及蟲卵殺死。

堆肥化作用是微生物把堆肥材料轉化成堆肥的生物化學過程。決定這個過程的因子是；堆肥材料的微生物營養性狀，材料中的水分活性，在堆肥化過程中的鹼性度，維持好氣性狀態。創造堆肥化的有利條件包括接種大量的堆肥化菌群。利用一部分堆肥回流作為接種源是最方便而確實的方法。維持一段時間的微生物代謝熱能累積，有利於嗜熱性微生物的堆肥化作用，並有消除病原菌、蟲卵及雜草的效用。另一方面也利於消除低分子量代謝產物，增加高分子量的聚合物，提高腐熟度，消除對作物種植的傷害。

一、堆肥的功效

- 1.改善土壤構造：有機的顆粒或斷片使土壤變鬆，有機質可增加微生物產物，促進土壤團粒化作用，使土壤構造變好。
- 2.增進土壤通氣性：土壤構造變好，可增加土壤的通氣量，同時使根系間之二氧化碳易於擴散出去。

- 3.增加土壤保水力：有機質肥料本身具有很強的吸水性，直接幫助水分的保持，或間接來自土壤構造的改善而提升土壤保水力。
- 4.提高土壤溫度：有機質肥料之顏色較深，能吸收較多的熱量，而提高土壤溫度。
- 5.供應作物營養及能量：有機物分解時，產生無機營養(如氮、磷、鉀及微量元素等)及有機營養(如氨基酸、醣類等)，並放出二氧化碳，部分可供作物光合作用的應用基質。
- 6.增加土壤貯存營養分：土壤中之營養元素在有機質表面貯存，形成可交換性的形式，尤其對含粘粒少之土壤更為重要。
- 7.有機物質之分解產物促使無機營養轉移及增加其有效性。
- 8.提供微生物的營養及能量：大量之有機物質進入土壤中，可促進微生物之活動，也加速有機物質之分解，間接提供作物所需之營養元素。
- 9.對土壤有益菌有增進時，可達到制衡有害菌之作用。

二、堆肥的製作

任何有機物質均可作為製作堆肥的材料，惟已遭受重金屬污染的材料應避免使用，以免造成農田土壤二次污染。

(一)材料粉碎

製作堆肥之有機材料除非過於粗糙有礙堆積發酵作業(如稻草、樹枝等)，若非特殊需要最好以不粉碎為宜。

(二)材料碳氮比(C/N)調整

堆肥材料 C/N 比值在 30-40 左右時，最有利於堆肥的發酵腐熟，材料 C/N 比值計算方式為有機碳(%)÷氮含量(%)，如牛糞有機碳含量 43.5% 氮含量為 2.2%，則其 $C/N = 43.5\% \div 2.2\% \approx 19.8$ 。但僅知該材料的有機質含量而不知其有機碳含量時，可藉由公式計算而得，即有機碳(%) = 有機質(%) ÷ 1.724，例如牛糞有機質含量 75%，則其有機碳(%) = $75\% \div 1.724 = 43.5\%$ 。

(三)材料混拌

有機材料堆積前必須確實混拌均勻，混拌時粗質地材料應先平鋪於下，細質地材料則平鋪於上方，量多時可用鏟裝機翻拌，量少時則用平鏟翻拌，直至均勻為止。

(四)水分調整

在材料混拌之同時添加水分，水分含量大約為 60% (手握緊材料時水會滲出，但不會滴下)，再利用簡速堆肥箱或一般堆肥製作方式堆積。唯利用一般堆肥製作方式堆積時，堆積期間若水分不足應添加適量水分。

(五)堆肥之體積

堆肥堆體積太小溫度不易上升，體積過大如不勤於翻堆時也容易造成厭氣發酵，因此最適當之體積約為 6 立方公尺，即長 2.5 公尺、寬 2.5 公尺、高 1 公尺。

(六)翻堆

堆肥堆積發酵期間由於微生物的作用會產生高熱，即堆肥的溫度會隨

堆積時間而增高，升高至一定溫度後便不再上升，然而堆肥溫度持續保持如此高溫，將使微生物的繁殖受阻(氧氣量不足)造成厭氣發酵，進而影響堆肥的品質，因此堆肥堆積期間應視實際需要加以翻堆，以利通氣。一般堆肥翻堆的適當時間是在溫度上升60-70°C(插立鋁合金溫度計)維持約2天後進行。利用簡速堆肥箱堆積則不需翻堆(該堆肥箱已設有通氣系統)。

表 1.堆肥溫度對雜草種子發芽率之效應

| 雜草種類 | 發 芽 率 (%) | | 對 照 組 |
|-----------------------------|------------------------|-----------------|-------|
| | 堆肥表面低於 50°C 置放 11-14 日 | 堆肥中 60°C 置放 2 日 | |
| <i>Digitaria adscendens</i> | 96 | 0 | 74 |
| <i>Penicum villosum</i> | 72 | 0 | 87 |
| <i>Cyperus microiria</i> | 56 | 0 | 30 |
| <i>Cheopodium album</i> | 26 | 0 | 16 |
| <i>Protulaca oleracea</i> | 85 | 0 | 91 |
| <i>Amaranthus blitum</i> | 68 | 0 | 70 |
| <i>Acalypha australis</i> | 7 | 0 | 51 |
| <i>Oryza sativa</i> | 75 | 0 | 98 |
| <i>Hordeum vulgare</i> | 16 | 0 | 96 |

表 2.病原菌及寄生蟲致死溫度及時間

| 種 類 | 溫 度 (°C) | 時 間 (min) |
|---|-------------|-----------|
| <i>Salmonella typhosa</i> | 55-60 | 30 |
| <i>Salmonella spp.</i> | 56 | 60 |
| <i>Shigalla spp.</i> | 55 | 60 |
| <i>Escherichia coil</i> | 55 | 15-20 |
| <i>Streptococcus pyogenes</i> | 54 | 10 |
| <i>Mycobactreium diptheriaw</i> | 55 | 45 |
| <i>Brucella abortusorsuis</i> | 61 | 3 |
| <i>Endamoeba histolytica</i> (cysts) | 55 55-60 | 5 |
| <i>Taenia saginata</i> | 62-65 | |
| <i>Trichnella spiralis</i> | 45 | 50 |
| <i>Necator americanus</i> | 60 | 15-20 |
| <i>Ascaris iumbricoides</i> (eggs) | | |

表 3.常見病原微生物及蒼蠅溫度感受性

| 類 別 | 病 名 | 病 原 | 溫 度 (°C) | 時 間 | 感 受 性 | |
|-------|----------|----------------|-------------|---------|---------|---|
| 病 毒 | 新城雞病 | Paramyxovirus | 56 | 6 hrs. | + | |
| | 傳染性支氣管炎 | Coronavirus | 56 | 15 min. | + | |
| | 傳染性喉頭氣管炎 | Herpesvirus | 30 | 5 min. | + | |
| | 馬立克病 | Herpesvirus | 60 | 5 min. | -(or+) | |
| | 雞痘 | Poxvirus | 60 | 8 min. | + | |
| | 家禽流行性感冒 | Orthomyxovirus | 56 | 30 min. | + | |
| | 口蹄疫 | Picornavirus | 70 | 15sec. | -(or+) | |
| | 假性狂犬病 | Herpesvirus | 70 | 5 min. | + | |
| | 豬瘟 | Togavirus | 60 | 10 min. | + | |
| | 傳染性胃腸炎 | Coronavirus | 45 | 45 min. | + | |
| | 細 菌 | 黴漿菌症 | Mycoplasma | 56 | 30 min. | + |
| | | 雞白痢 | Salmonella | 60 | 5 min. | + |
| | | 傳染性可利查 | Haemophilus | 55 | 6 min. | + |
| 巴氏桿菌症 | | Pasteurella | 60 | 30 min. | + | |
| 葡萄球菌症 | | Staphylococcus | 60 | 60 min. | + | |
| 豬丹毒 | | Erysipelothrix | 56 | 10 min. | + | |
| 寄生蟲 | 球蟲症 | Coccidia | 45 | 24 hrs. | + | |
| | 蛔蟲症 | Ascarids | 54 | 5 min. | + | |
| 蒼蠅卵 | | | 45 | 24 hrs. | + | |
| 蒼蠅蛆 | | | 60 | 12 hrs. | + | |

+：不活化或死滅。 -：有感染性。

(六)堆肥腐熟度的判斷

1.溫度：

堆肥材料堆積一段時間後，在水分含量適當情況下，經通氣後溫度不再上升，而維持接近室溫(約 35-45°C)，即表示堆肥材料已腐熟至一定程度，可直接施用於農田。

2.發芽試驗：

風乾堆肥 5 公克加溫水(60°C)100 毫升，置於 200 毫升燒杯內，在 60°C 水浴中經 3 小時後，以細紗布過濾，2 張濾紙置於培養皿中，加入 10 毫升濾液，直接將小白菜種子(25 粒)放在濾紙上面，置放於常溫(20-30°C)下，觀察小白種子發芽及根生長情形，若種子發芽及根生長正常，即表示堆肥已達一定腐熟程度。

3.作物生長試驗：

低成分堆肥(鹽分低)可直接將堆肥裝入花盆或其他容器內，較高成分堆肥(鹽分高)則混合 50 % 砂土或土壤，直播小白菜種子(25 粒)，噴灑適量水分，以觀察種子發芽及生長情形，若種子發芽及生長正常，即表示堆肥已達一定腐熟程度。

(七)堆肥化過程和微生物

堆肥製造過程中，微生物繁殖種類會隨養分之不同而逐漸變化；有機物料最先被分解的是醣類、澱粉及蛋白質等，其次為半纖維及纖維類，最後為油脂、膠質及木質素類，堆肥分解過程中分解物不同，微生物會隨物質之不同而轉換。第一類分解(絲狀菌、細菌等)完成時，微生物種類轉換為分解第二類物質之微生物(放射線菌、細菌等)，至此再轉換成分解第三類物質的微生物(擔子菌等)。另外堆肥發酵時係在好氣或嫌氣、高溫或低溫、pH 高或低之狀態不同，微生物種類也會產生改變。

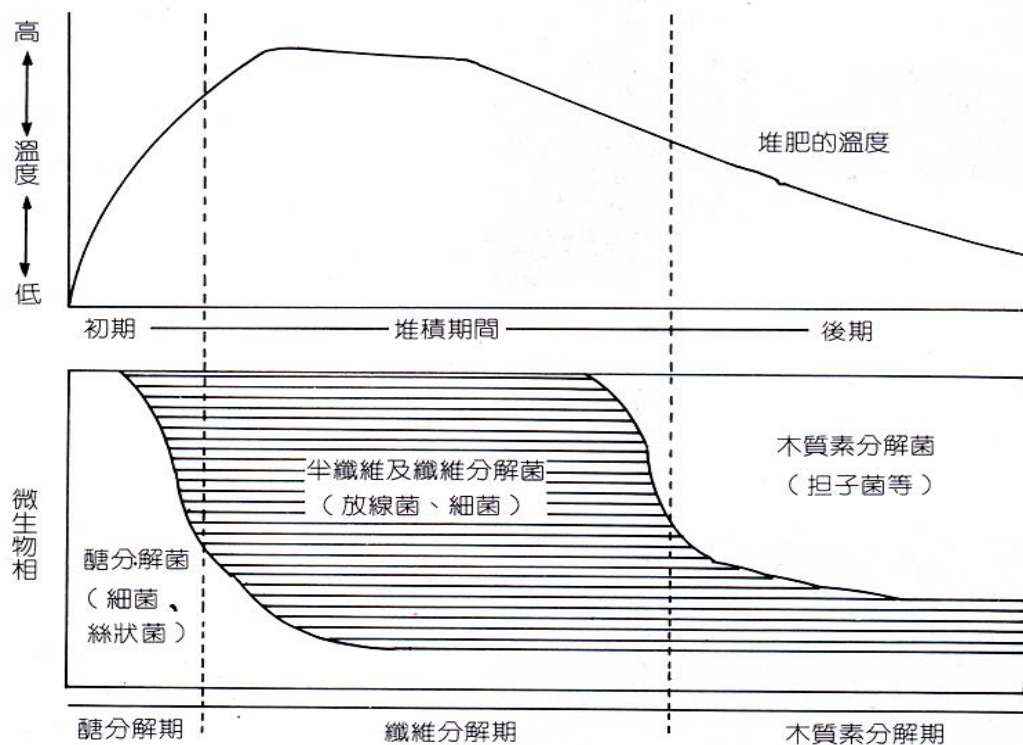


圖 1、堆肥化過程中溫度及微生物變化的模式。

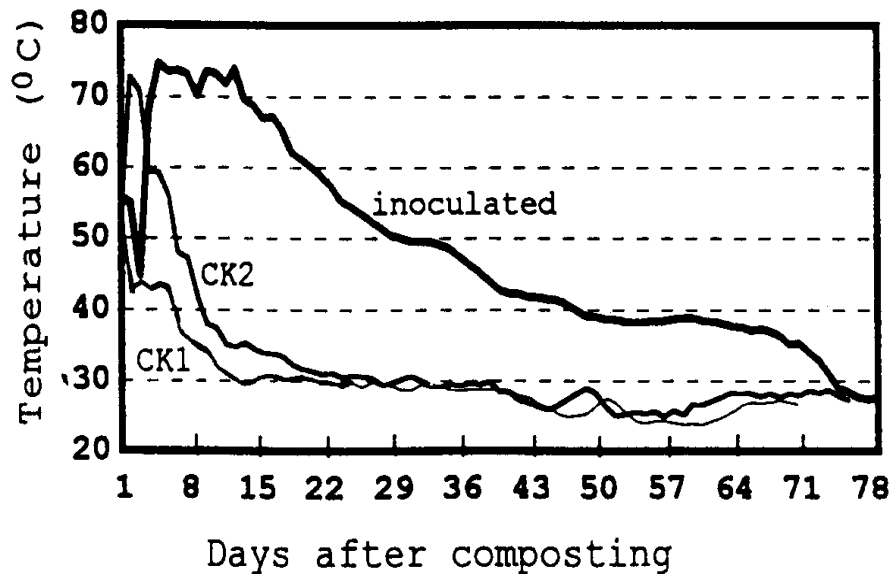


圖 2.接種菌源土對堆肥發酵溫度之影響

三、堆肥堆積方式及有機液肥製作

堆肥堆積方式擇具代表性三種說明如后，分別適用於個別農戶、產銷班及大型堆肥製造場，均可在短時間內處理農畜產廢棄物製成堆肥及栽培介質。另簡要概述有機液肥的製作方法。

(一)堆肥堆積方式

1.改良型通風式堆肥箱(如附錄一)

改良型通風式堆肥箱主體材料為水泥板、水泥柱及木板，使用年限可長達 10 年以上。組合後即可將加水調理好之堆肥材料堆置其中，剛開始約每 1-2 天通氣 1 小時，一週後則每隔 2-3 天通氣 1 小時，第三週後則每隔 4-5 天通氣 1 小時，但實際通氣間隔時間應根據堆肥體溫度而定。若以牛糞、太空包木屑、穀殼、稻草、米糠等材料製造堆肥，大約需要 1.5 至 2.5 個月即可腐熟。本堆肥箱的最大特色在於免翻堆，且符合環境衛生，可避免遭受雨水淋洗，其每次製造量約可供 0.4-0.5 公頃蔬菜園所需之堆肥。

2.簡易堆肥舍製造堆肥

簡易堆肥舍堆積方法係將長纖維材料(如稻草)，利用剪草機切短，並與其他有機質材料如穀殼、木屑、雞糞、牛糞等等利用機械攪拌混合均勻，並於攪拌混合時一并調整水分，水分含量約 60%，再行堆積，堆積期間約每隔 7 至 10 天用翻堆機進行翻堆一次，或利用通氣系統打氣，約 2 至 3 個月堆肥可堆製完成。

3.天車式自動化翻堆製造堆肥

天車式全自動發酵翻堆設施包括翻堆機、天車主體、天車軌道及 PLC 自動控制系統等，其主要特性(1)全自動控制免除人力監控(2)堆肥與空氣接觸均勻促進堆肥發酵(3)翻堆處理量大每分鐘約 2.5 公尺長x1.8 公尺寬x1.8 公尺高(4)翻堆深度 1.0-1.8 公尺(5)每次翻堆堆肥前進距離約 1.5 公尺。另外設置送風處理以輔助天車式翻堆機空氣進入量之不足，並加速

堆肥發酵後期水分之蒸散。

(二)有機液肥製作

有機液肥主要作為中後期追肥使用，因此材料以選用含氮肥較高者為主，如黃豆粉、豆粕、蓖麻粕及米糠等，將此等材料利用尼龍網袋裝妥(不可過於緊密)，浸於適量(材料與水比例約1:5-10)的清水中，利用小型打氣機(觀賞魚缸用者即可)1天24小時通氣，並每天抖動尼龍網袋1-2次，所需熟成時間會因材料不同差異極大，一般而言浸出液顏色轉為黑褐色，即表示已可使用。由於有機液肥使用的材料及配比不同，其養分濃度也各異，稀釋使用前應先採樣送當地農業改良場分析其成分，以作為稀釋倍數的依據。有機液肥製作除可利用上述材料外，亦可利用製作堆肥時殘留的汁液，依上述打氣方式製作液肥。

四、有機質肥料種類及特性

(一)泥炭：

泥炭是古代生物長期沈積轉化之產物，在土壤中分解緩慢，對長期性土壤有機質的增加是最有效的質材。泥炭含有多量的腐植酸，另含有黃酸及腐植膠，有機質含量高，為一穩定性高及不易分解的土壤改良劑。

(二)腐植酸：

腐植酸的性質呈酸性溶於鹼，不溶於酸的酚類聚合物，其不易被分解且構造穩定，可供長效性有機質肥料的應用，是優良的土壤改良劑。液劑腐植酸可深施入土壤底層，對增加深層土壤有機質助益良多。惟商品腐植酸若未調整其營養元素成分者，宜配合化學肥料施用。

(三)動物廢棄物有機質肥料：

- 1.動物糞便類(雞糞、豬糞、牛糞等)之成分視其飼料之不同及添加材料的多寡，影響品質甚大。此類有機質肥料應注意其腐熟程度及重金屬含量。
- 2.廢棄殘體類(魚粉、骨粉、羽毛、皮毛、廢皮革粉等)主要成分為氮肥，屬速效性之有機質肥料，惟其中骨粉含較高之磷鈣肥，屬於較緩慢分解的有機磷肥。

(四)植物殘體或廢棄物有機質肥料：

較常見的堆肥，其品質是依使用材料、營養含量之多寡及腐熟度的差別而有不同。一般豆餅渣類較易分解，屬速效性有機質肥料，含氮肥也較高，而樹皮、木屑、殼渣及植體等類堆肥則屬較不易分解的有機質肥料，可視為良好的土壤長期改良劑。惟以樹皮及木屑類為材料者之堆肥，應特別注意其腐熟度(堆積時間較長)。

(五)萃取或濃縮有機質肥料

商品中從動植物中萃取的有機物，呈液體或濃縮粉狀，含有各種有機物及營養元素(包括微量元素)，甚至含有酵素、植物賀爾蒙及抗生素等萃取物，較常見的有海藻類及魚類等萃取物，為一速效及綜合

性的有機質肥料。

五、有機質肥料肥分含量

有機質肥料係由有機物質按不同比例混拌發酵製成，不同材料及比例均會影響有機質肥料之成分含量，較常用之有機物質及有機質肥料所含成分如后：

表 4、有機物質之碳、氮含量及碳氮比

| 有機物質種類 | 碳 | 氮 | 碳氮比 |
|--------|------|-----|-----|
| 玉 米 桿 | 43.0 | 1.7 | 25 |
| 穀 殼 | 49.8 | 0.6 | 83 |
| 松樹鋸木屑 | 51.0 | 0.1 | 510 |
| 松 樹 皮 | 52.4 | 0.2 | 262 |

表 5、常用有機質肥料肥分含量表(%)

| 種 類 | 氮 | 磷 酐 | 氧化鉀 |
|-------|------|------|-----|
| 落葉堆肥 | 0.6 | 0.2 | 0.6 |
| 人造堆肥 | 0.6 | 0.3 | 0.7 |
| 稻 草 | 0.6 | 0.1 | 0.9 |
| 牛 糞 | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
| 羊 糞 | 0.6 | 0.5 | 0.3 |
| 豬 糞 | 0.7 | 0.3 | 0.4 |
| 乾 雞 糞 | 5.0 | 4.0 | 2.0 |
| 蒸製骨粉 | 4.0 | 23.5 | 0.0 |
| 乾 血 粉 | 13.0 | 1.5 | 0.5 |
| 羽 毛 粉 | 9.0 | 1.5 | 0.0 |
| 大 豆 粕 | 7.0 | 1.5 | 2.3 |
| 棉 實 粕 | 5.5 | 2.5 | 1.6 |
| 花 生 粕 | 6.0 | 1.5 | 1.3 |
| 蓖 麻 粕 | 5.4 | 2.2 | 1.5 |
| 米糠油粕 | 2.5 | 5.0 | 2.0 |
| 太空包介質 | 0.9 | 0.4 | 0.1 |
| 樹皮堆肥 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |

表 6、主要有機質肥料的成分含量及肥效

| 有機資材種類 | 水分 (%) | 成分含量 (%) | | | | 碳氮比 |
|-----------|--------|----------|-----|------|------|-----|
| | | 碳 | 氮 | 磷酐 | 氧化鉀 | |
| 稻草堆肥 | 75 | 7.6 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 19 |
| 堆木質牛糞堆肥 | 60 | 17.5 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 25 |
| 肥木質豬糞堆肥 | 60 | 17.1 | 0.9 | 1.3 | 0.7 | 19 |
| 類木質雞糞堆肥 | 50 | 20.0 | 1.0 | 2.0 | 1.1 | 20 |
| 廐肥堆肥 | 60 | 10.8 | 0.3 | 0.1 | 0.04 | 36 |
| 穀殼堆肥 | 55 | 22.0 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 44 |
| 稈 稻 草 | — | 36.6 | 0.6 | 0.2 | 1.1 | 61 |
| 類 麥 草 | — | 21.6 | 0.3 | 0.2 | 1.9 | 72 |
| 魚 粕 | — | 40.0 | 8.0 | 8.7 | 0.5 | 5 |
| 油 蒸 製 骨 粉 | — | 26.4 | 4.4 | 21.7 | 0.2 | 6 |
| 粕 油 菜 油 粕 | — | 28.0 | 5.6 | 2.5 | 1.3 | 5 |
| 類 大 豆 油 粕 | — | 51.1 | 7.3 | 1.6 | 2.2 | 7 |
| 棉 子 實 粕 | — | 28.0 | 5.7 | 2.4 | 1.6 | 5 |
| 米 糠 | — | 36.0 | 2.4 | 5.8 | 2.0 | 15 |
| 椰 纖 | — | 39.0 | 0.5 | 0.2 | 1.9 | 78 |

表 7、禽畜糞類的成分含量

| 禽畜糞種類 | 水分 (%) | 成分含量 (%) | | | | 碳氮比 |
|-----------|--------|----------|-----|-----|-----|-----|
| | | 碳 | 氮 | 磷酐 | 氧化鉀 | |
| 新鮮牛糞 | 79 | 43.3 | 2.5 | 2.2 | 2.0 | 19 |
| 新鮮豬糞 | 68 | 41.3 | 3.6 | 6.5 | 1.5 | 13 |
| 蛋 未乾燥 | 41 | 33.5 | 4.4 | 5.2 | 3.6 | 8 |
| 太陽乾燥 | 20 | 29.9 | 3.6 | 6.7 | 4.0 | 9 |
| 雞 火 力 乾 燥 | 16 | 31.1 | 3.8 | 7.3 | 3.1 | 9 |
| 肉 用 雞 | 33 | 33.7 | 4.8 | 5.5 | 2.8 | 7 |

六、優良與劣質堆肥特性比較

| 項 目 | 優 良 堆 肥 | 劣 質 堆 肥 |
|-------|---------|---------|
| 腐 熟 度 | 完全腐熟 | 未完全腐熟 |
| 微 生 物 | 好氣性菌類繁殖 | 嫌氣性菌類繁殖 |
| 分 解 | 氧 化 | 還 原 |
| 氣 體 | 產生二氧化碳 | 產生甲烷及氨氣 |
| 雜草種子 | 無法發芽 | 會發芽 |
| pH 值 | 微酸性或中性 | 酸性或鹼性 |
| 溫 度 | 和緩上升 | 冷涼或高溫 |
| 氣 味 | 芳香、甘甜味 | 惡臭、腐酸味 |

七、有機質肥料的分解速度

有機質肥料依其分解速率大致分類如下：

(一)較耐分解類(可維持約 1-2 年者)：

高粱稈、玉米稈、太空包介質、鋸木屑、樹皮堆肥、花生殼、稻殼、一般堆肥、泥炭土等。

(二)中等(可維持約 3-12 個月者)：牛糞、豬糞、羊糞、落葉堆肥等。

(三)速效類(3 個月內大部分被分解者)：雞糞、動物質有機質肥料、豆粕類等。

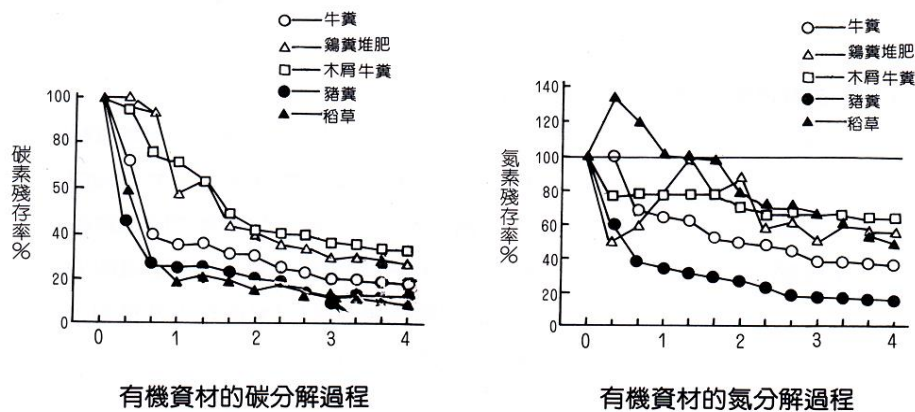


圖 3、各種有機質材碳及氮的分解過程(玻璃纖維紙法)

八、有機質肥料之品質

一般有機質肥料之品質應符合下列各點：

- (一)、含有作物所需之大量營養元素。
- (二)、含有較高之有機質且穩定性高。
- (三)、無病原菌、蟲卵及雜草種子。
- (四)、腐熟度要高。
- (五)、有毒物質符合相關規定；如植物毒物質、農藥及重金屬等。
- (六)、不易發生臭味。
- (七)、價格低廉。

九、有機質肥料之選擇及施用

有機質肥料在不同型態、分解速度、價格高低及作物需要不同等條件下，如何選擇適當之有機質肥料？成為一重要且實際的問題。因此在選擇有機質肥料時其品質、效果及價格就必須兼顧考慮了。以下簡要說明如何依各種需要選擇及施用有機質肥料。

(一)依土壤需要選擇：

由於各別農戶耕地土壤條件不同，對有機質肥料之選擇也互異，一般而言可依土壤之有機質含量(採樣送轄區改良場或農試所分析)來決定。土壤有機質含量在 $<1\%$ 時，就應選擇富含有機質之有機質肥料，大量全層施

用，惟應考量該有機質肥料之價格。當土壤有機質含量 $>3\%$ 時，除了石礫地外可以不必施用太大量。但就經濟效益而言，利用耕地休閒期種植綠肥作物(如田菁、太陽麻、虎爪豆、魯冰等)，不但所需成本低廉，又可在短期內大量增加土壤有機質含量。

(二)依作物需要選擇：

作物種類不同，其營養生長及開花結果之特性也不同，不同特性之有機質肥料要能配合，方能發揮有機質肥料之功效。例如短期作物當基肥用之有機質肥料，宜選擇腐熟度高者，以減少有機物質分解所產生之弊害。多年生作物於收穫後，可選用不同腐熟度的有機質肥料，但腐熟度較低者，宜提早施入土壤中，若土壤屬強酸或酸性者應配合石灰質材之施用，以提高有機質肥料之功效。水稻田應避免施用未腐熟之有機質肥料，以減少土壤處於還原狀態有機物質分解產生之毒害，及後期氮素大量供應使無效分蘗數增多，可能導致之減產。

(三)依地形環境需要選擇：

一般有機質肥料施用均以挖溝施入，尤其坡地果園更需要覆土，以防止雨水沖失。若耕地屬於石礫較多的土壤或礙於人力無法挖溝施入時，所選擇的有機質肥料形態以大塊狀或粒狀者為佳，粉狀有機質肥料較易被雨水沖失，以施入土中為佳。至於液狀之有機質肥料(如腐植酸等)可採深施土中，對土壤全層改善也具有良好效果。

(四)有機質肥料施用：

有機質肥料施用量可依下列簡易公式估算而得：

有機質肥料施用量(公斤) $=$ 氮肥推荐量¹⁾ $\times(100\div$ 堆肥乾物中氮素成分 $)\times(1\div$ 堆肥乾物含量 $\%) \times 2.0$ 或 1.25 ²⁾

註：1). 氮肥推荐量係指作物肥手冊所推荐之各種蔬菜氮素用量。

2). 牛糞堆肥、豬糞堆肥及一般堆肥氮素礦化率以50%計，所以用2倍量，雞糞堆肥及豆粕堆肥等以80%計，所以用1.25倍量。

範例：

葉萵苣化肥推荐量為氮素100-120公斤/公頃，若選擇施用雞糞堆肥，如氮素、磷酐及氧化鉀含量分別為2.3%、2.0%及1.8%，水分含量為30%，則其計算方式如下：

$$100 \times (100 \div 2.3) \times (1 \div 0.7) \times 1.25 \doteq 7,700 \text{ 公斤/公頃}$$

$$120 \times (100 \div 2.3) \times (1 \div 0.7) \times 1.25 \doteq 9,300 \text{ 公斤/公頃}$$

以上計算而得每公頃施用雞糞堆肥約7,700-9,300公斤。

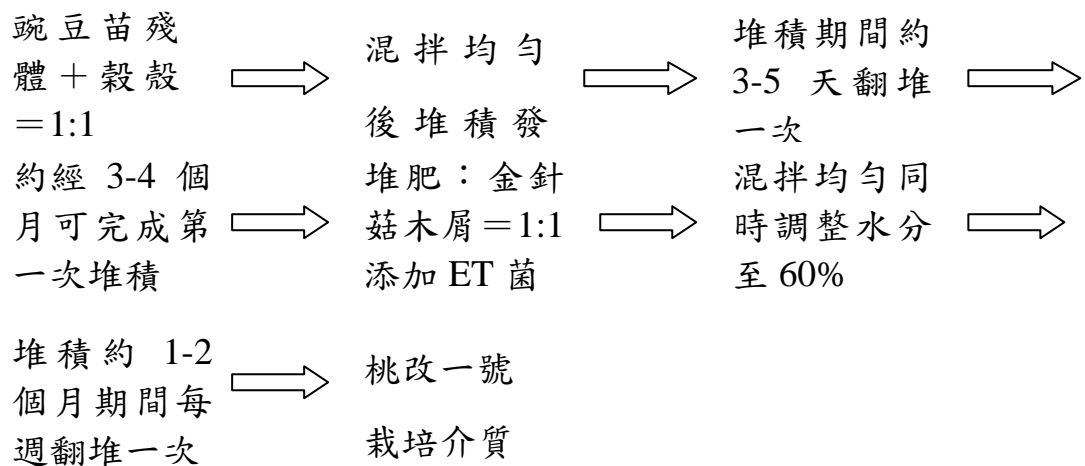
由於各種堆肥由於使用材料及混拌比例不同，其所含成分也各異，為使平衡養分的供應及防止土壤中重金屬的過量累積(特別是禽畜糞堆肥)，應選擇以不同材料製成之堆肥數種輪流施用。

十、栽培介質製作實例

(一)桃改一號栽培介質(蔬菜用)

1.材料：豌豆苗殘體、穀殼、金針菇木屑及 ET 米糠培養菌(Eokomit)等。

2.堆積方法：



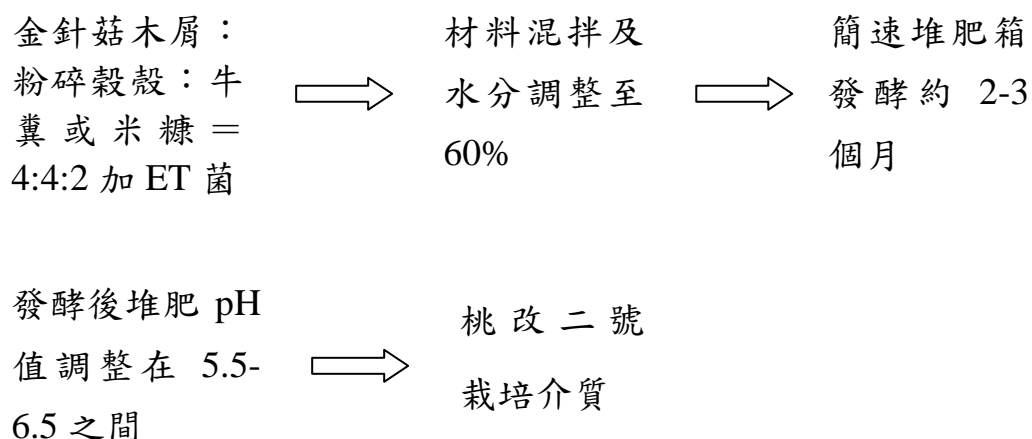
3.理化性及成分：

pH 6.5、EC 3.3dS/m(介質：水 = 1 : 1)、O.M 53%、T-N 2%、T-P 0.4%、T-K 0.8%、Ca 0.7%、Mg 0.2%。

(二)桃改二號栽培介質(花卉用)

1.材料：太空包木屑、粉碎穀殼、牛糞或米糠及 ET 米糠培養菌等。

2.堆積方法：



3.介質調配：

桃改二號栽培介質使用時應酌量添加河沙或土壤(約 20-30%)，並充分混拌均勻，以增加容重。

4.理化性及成分(添加 25%河沙)：

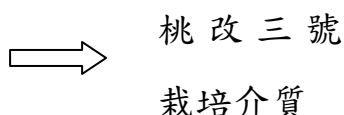
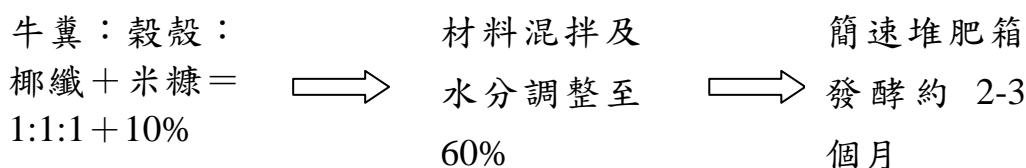
物理性質：容重 0.75 g/cm、孔隙度 67%、保水率 48.7%、固態 50.1%、液態 36.5%、氣態 13.4%。

化學性質：pH 6.3、EC(1:5) 1.1 mS/cm、T-N 0.33 %、T-P 0.12%、T-K 0.32 %、T-Ca 0.56 %、T-Mg 0.17 %。

(三)桃改三號栽培介質(蔬菜用)

1.材料：牛糞、穀殼、椰纖及米糠等。

2.堆積方法：



3.理化性及成分：

pH 6.5、EC(1:5) 3.1 mS/cm、T-N 2.12 %、T-P 0.33%、T-K 1.57 %、T-Ca 0.54 %、T-Mg 0.24 %。

十一、廚餘的特性

廚餘顧名思義即為廚房剩餘的廢棄物，一般包括剩菜、剩飯、菜葉果皮殘體及茶渣等等，其主要特性有下列幾項；1.水分含量高：廚餘一般內含水分量高達 85 % 以上，若外含水分未濾乾，其水分含量更高、2.鈉鹽含量高：廚餘鈉鹽的主要來源為剩菜，若剩菜的比例過高，作為堆肥材料宜加以沖洗、3.油脂含量高：廚餘油脂的主要來源也是剩菜，油脂是一極耐分解的有機物、4.養分含量不穩定：廚餘養分含量的高低，主要取決於動物性及植物性物質的含有比例，一般而言，動物性物質比例高時養分含量也較高，反之，植物性物質比例高時養分含量則偏低。

表 8.台北市政府路燈管理處花卉中心廚餘堆肥的理化性質

| 檢測項目 | pH 值 (1:5) | 電導度 (1:5 mS/cm) | 有機質 (%) | 氮 素 (%) | 磷 鈣 (%) | 氧化鉀 (%) |
|------|---------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|
| 檢測值 | 7.8 | 5.3 | 67 | 1.1 | 0.9 | 1.5 |
| 檢測項目 | 氧化鈣 (%) | 氧化鎂 (%) | 鈉 (ppm) | 銅 (ppm) | 鋅 (ppm) | 鎳 (ppm) |
| 檢測值 | 1.8 | 0.4 | 2,375 | 19 | 177 | 1.6 |
| 檢測項目 | 鎳 (ppm) | 鉻 (ppm) | 鉛 (ppm) | | | |
| 檢測值 | 6.9 | 22 | 15 | | | |

附錄一

改良型通風式堆肥箱

農畜產廢棄物為一極佳的有機資源，自古以來即為農家堆肥材料及栽培作物所需肥料的重要來源。惟近幾十年來由於化學肥料的開發及應用，製作堆肥施用於農田供為作物的營養源已逐漸被化學肥料所取代，加上農畜產的企業化經營，大量的農畜產廢棄物更造成對環境污染的壓力。因此，政府積極獎勵農畜產廢棄物資源化推廣工作，除著眼於減輕對環境污染的壓力外，有機資源迴歸農田增進土壤肥力及改善理化性質，以永續農業生產，也是極為重要的關鍵之一。本場為推廣農戶利用農畜產廢棄物自製堆肥及協助解決環保問題，經研究改進堆肥箱主體材料為水泥板、水泥柱及木板，使用年限可長達 10 年以上。

組裝材料

改良型通風式堆肥箱規格大小可依實際預定設置處所及堆肥材料量設計，如設計一個規格約長×寬×高=1.5 公尺×1.2 公尺×1.5 公尺=2.7 立方公尺堆肥箱 2 個(一組)，所需材料如下：

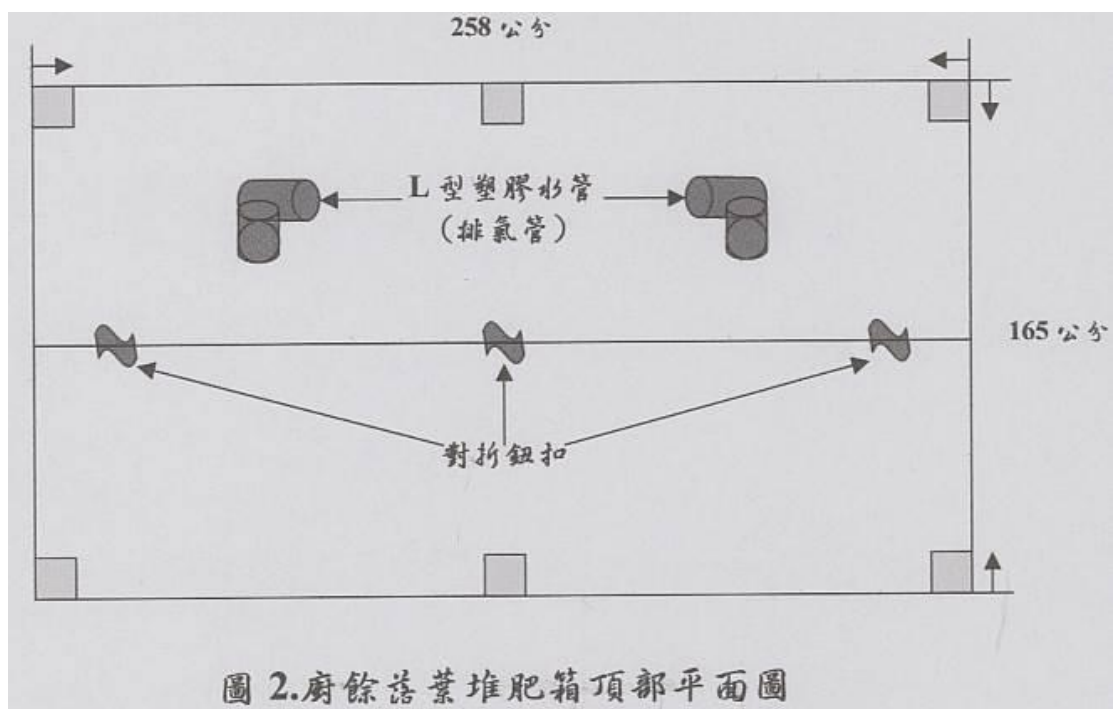
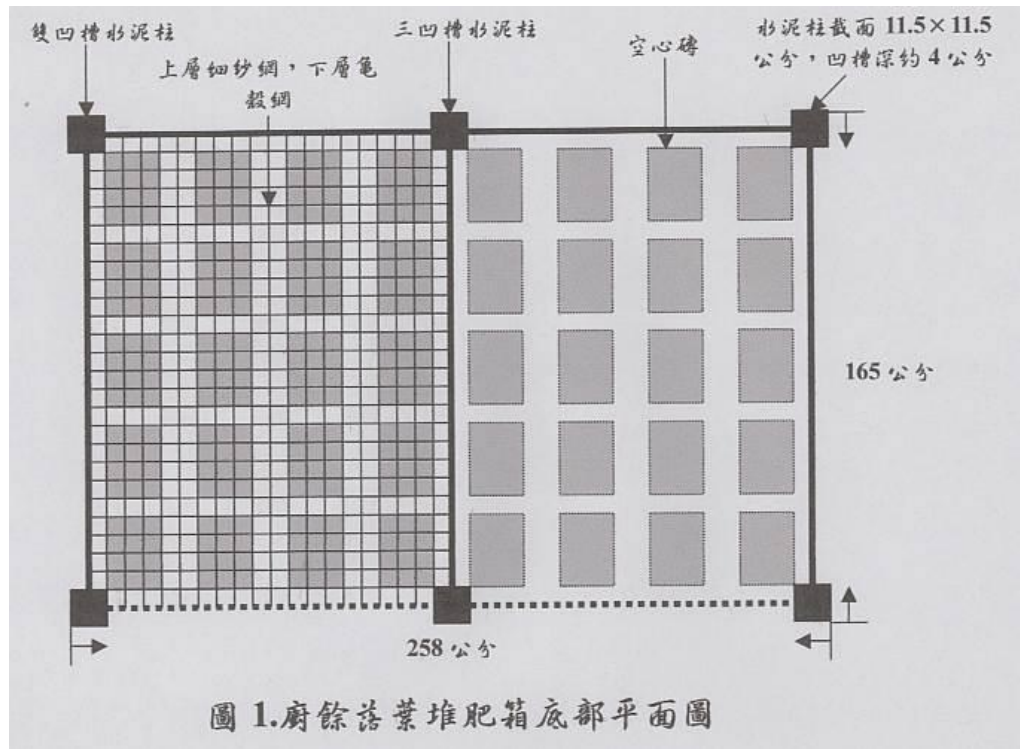
- 1.雙邊凹槽水泥柱×4 支[總長 200 公分(入土 50 公分、土面 150 公分)]。
- 2.三邊凹槽水泥柱×2 支[同上]。
- 3.水泥板(120 公分×30 公分×2.54 公分)×12 塊。
水泥板(150 公分×30 公分×2.54 公分)×15 塊。
- 4.防腐處理三合板或木板(120 公分×30 公分×2.54 公分)×8 塊。
- 5.鼓風機(1/2HP)×1 個。
- 6.白鐵蓋(可對折)×1 塊。
- 7.空心磚×40 個(每箱 20 個)。
- 8.龜殼網(150 公分×120 公分)×2 件。
- 9.細紗網(150 公分×120 公分)×2 件。
- 10.T 型塑膠水管(3.0 in)×1 支。
- 11.L 型節流閥塑膠水管(3.0 in)×2 支。
- 12.L 型塑膠水管(3.0 in)×2 支(排氣管用)。
- 13.定時器(可定時 7 天)×1 個。
- 14.鋁合金溫度計 50 公分及 100 公分長各 1 支。

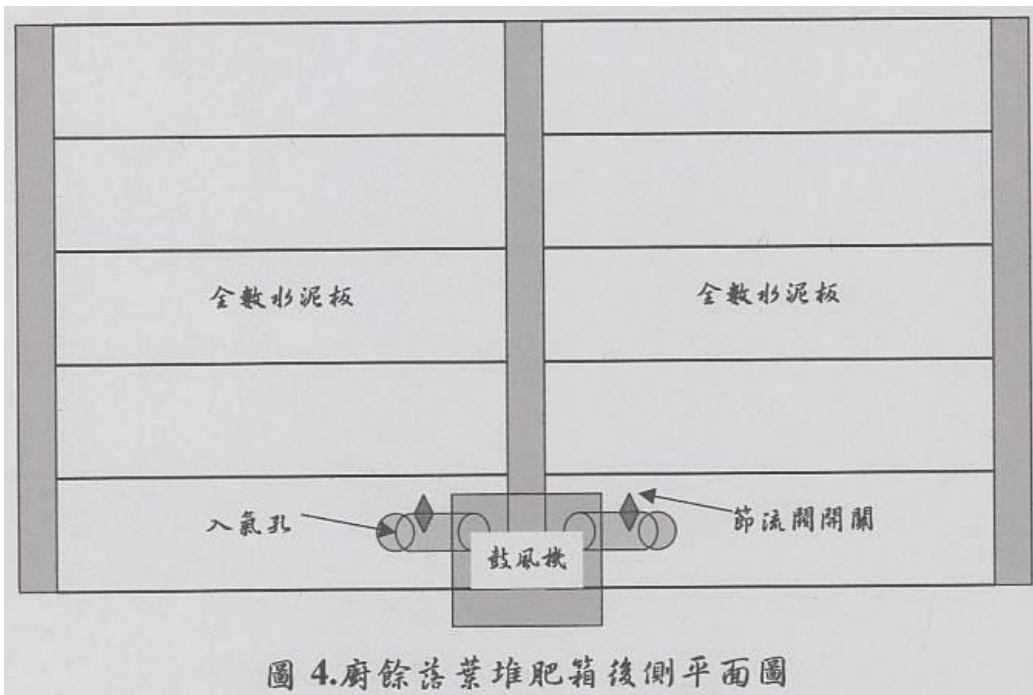
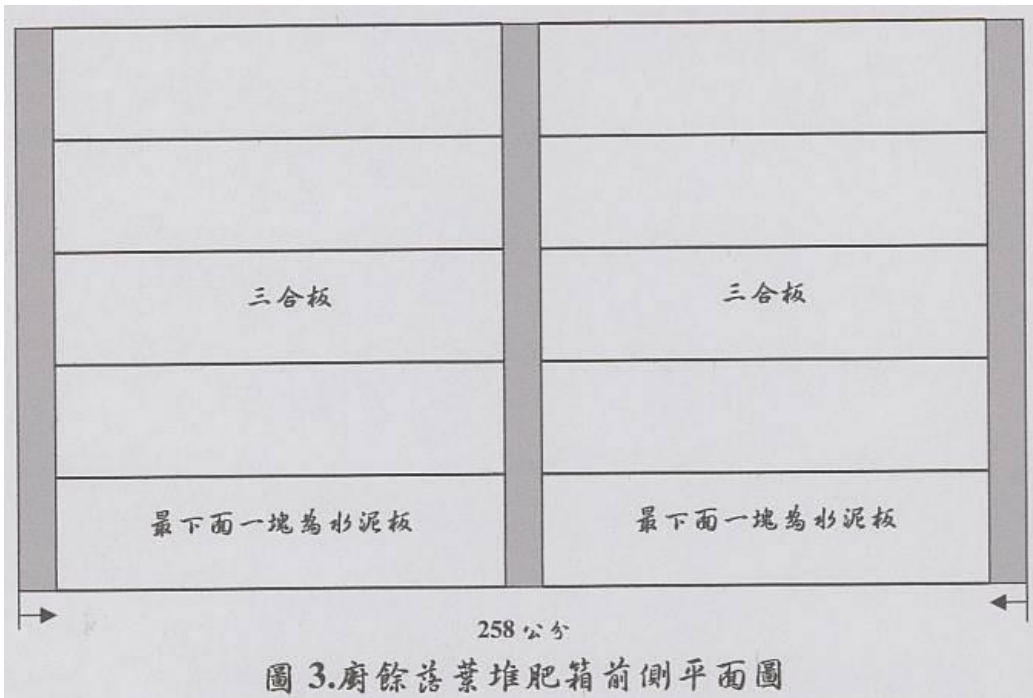
施工組裝

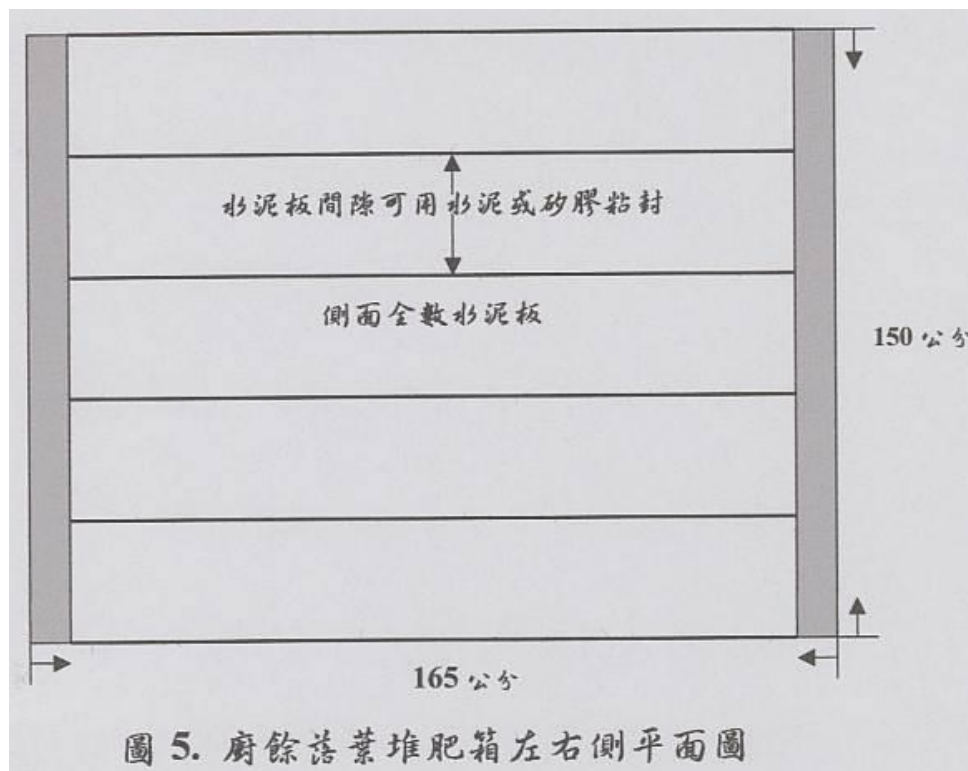
改良型通風式堆肥箱設計如圖 1、2、3、4 及 5，可參考設計圖進行施工組裝。施工組裝時應注意事項如后：

(一)堆肥箱底層不可鋪設水泥，宜以原土壤整平稍為壓實即可，以利堆肥材料

- 堆積期間多餘水分之吸收，避免水分流出堆肥箱外造成環境衛生問題。
- (二)水泥柱埋入土中(50cm)部份，可加大土穴寬度，並以添加砂石之混泥土灌注固定。
- (三)水泥板間隙可用水泥或矽膠粘封，以提高堆肥體保溫效果及減少水分蒸散。
- (四)白鐵蓋(可對折)宜於堆肥箱大致施工完成後，再量測尺寸訂作，以符合堆肥箱之尺寸規格。
- (五)堆肥箱底層之空心磚應以交錯方式置放，以提高龜殼網對堆肥體之承受力。







堆肥製作

任何有機物質均可作為堆肥材料，諸如稻草、穀殼、落葉、禽畜糞、蔬果殘渣、太空包木屑等等，惟已遭受重金屬及有機毒物質污染的材料應避免使用，以免造成農田土壤二次污染，另新鮮鋸木屑因含有多量酚類物質，對作物根部生育有不利影響，欲當堆肥材料使用前宜先露天置放至少一年，任由雨水淋洗所含的酚類物質。以下即針對堆肥箱製作堆肥方法簡要摘述：

(一)材料粉碎

堆肥材料除非過於粗糙有礙堆積發酵作業(如稻草、樹枝等)，若非特殊需要最好以不粉碎為宜。稻草粉碎至長度大約 5—8 公分左右，樹枝則愈細愈佳。

(二)碳氮比(C/N)調整

堆肥材料由於碳及氮含量不同，其碳氮比自然差異頗大，各種堆肥材料碳與氮含量及其比值可參考表 1。一般而言，動物性(如雞糞、牛糞、魚粕等)及植物性粕類(大豆粕、油菜粕、棉仔粕等)材料碳氮比較低，而大多數植物性材料(如稻草、穀殼、太空包木屑等)則碳氮比較高。依據前人研究經驗堆肥材料碳氮比在 30-40 左右時，最有利於堆肥材料的發酵腐熟。

表 1、堆肥材料之碳、氮含量及碳氮比

| 有機材料 | 碳(%) | 氮(%) | 碳氮比(C/N) |
|-------|------|------|----------|
| 玉米桿 | 43.0 | 1.7 | 25 |
| 穀 殼 | 49.8 | 0.6 | 83 |
| 松樹鋸木屑 | 51.0 | 0.1 | 510 |
| 松樹皮 | 52.4 | 0.2 | 262 |
| 稻 草 | 36.6 | 0.6 | 61 |
| 麥 草 | 21.6 | 0.3 | 72 |
| 魚 粕 | 40.0 | 8.0 | 5 |
| 蒸製骨粉 | 26.4 | 4.4 | 6 |
| 油菜油粕 | 28.0 | 5.6 | 5 |
| 大豆油粕 | 51.1 | 7.3 | 7 |
| 棉子實粕 | 28.0 | 5.7 | 5 |
| 米 糠 | 36.0 | 2.4 | 15 |
| 新鮮牛糞 | 43.3 | 2.5 | 17 |
| 新鮮豬糞 | 41.3 | 3.6 | 12 |
| 蛋雞糞 | 31.1 | 3.8 | 8 |
| 肉用雞糞 | 33.7 | 4.8 | 7 |

(三)材料混拌

堆肥材料堆積前必須確實混拌均勻，混拌時粗質地材料(如稻草、穀殼、落葉等)應先平鋪於下，細質地材料(如禽畜糞、米糠等)則平鋪於上方，量多時可用鏟裝機翻拌，量少時則用平鏟翻拌，直至均勻為止。

(四)接種發酵分解菌

堆肥材料中接種微生物發酵分解菌主要在改善起始點的菌群密度，如用純人工培養的菌群做為接種源，必需該等菌種能壓制堆肥材料中原已存在的微生物菌群，否則其接種效果不顯著。目前國內外均有製作堆肥的微生物發酵分解菌接種劑，但大致上都沒有很顯著的效果，而且自然情況下堆肥材料已感染很多微生物族群，該等微生物在良好堆肥化條件(營養源、水分含量、通氣、pH 值等)時即開始繁殖，實無需添加商品微生物發酵分解菌之必要。但堆肥箱係第一次堆積堆肥時，建議添加部分已腐熟的堆肥與新鮮材料混合，以提高發酵分解菌菌群密度，之後則無需再行添加。

(五)水分調整

堆肥材料混拌時同時添加水分，水分含量大約為 50—60 %。判斷材料中水分含量方法，可於材料加水混拌約 2—4 小時後，以手握緊材料時水會滲出，但不會滴下，此時材料中水分含量即大約 50—60 %，若手握緊材料時水不會滲出，表示水分含量不足，反之，手握緊材料時水快速往下滴，

表示水分已過量。堆肥材料堆積發酵期間，若因材料水分蒸散而不足時，應適當添加水分，以利發酵進行。

(六)材料填入堆肥箱

經混拌及水分調整後之堆肥材料，以平鏟或鏟裝機逐一移入堆肥箱內，若膨鬆粗質材料(如稻草及落葉等)較多者，可稍為鎮壓，但不可過於壓實，以免影響打氣通風之效果。

(七)溫度測量

堆肥箱首次進行堆肥製作或每次材料配比不同時，當材料填入堆肥箱後，即應插立鋁合金溫度計，全程測量及紀錄堆肥材料堆積期間溫度之變化情形，以提供日後製作同材料配比堆肥通氣定時設置之參考依據。

(八)通氣定時設置

堆肥材料堆積發酵期間由於微生物的作用會產生高熱，即堆肥的溫度會隨堆積時間而增高，升高至一定溫度後便不再上升，然而堆肥溫度持續保持如此高溫，將使微生物的繁殖受阻(氧氣量不足)造成厭氣發酵，進而影響堆肥的品質，因此，堆肥材料堆積期間應視實際需要加以打氣通風，以利氧氣供給及微生物的繁殖。堆肥箱打氣通風的適當時間是在溫度上升至 $60-70^{\circ}\text{C}$ 維持約2天後進行，約打氣通風1-2小時溫度降至 $50-55^{\circ}\text{C}$ 時即停止。因此，堆肥體打氣通風可依據溫度測量及適當的通氣時間點，設置固定時間進行打氣通風，如某配比堆肥材料堆積後約5天溫度上升至 60°C 以上，再維持2天後必需進行通氣，則可將定時器設定為每隔1週通氣1次，每次通氣時間為1-2小時。

(九)堆肥腐熟度

堆肥的腐熟程度會影響作物的生長，施用腐熟程度不足的堆肥，在土壤水分含量適當時會進行二次發酵，造成與作物競爭土壤中的氮肥，使作物生長有暫時缺氮的現象，同時在分解發酵過程中產生高溫及有害毒物質也都會影響作物根部的發育。另外未發酵完全的堆肥在土壤中進行二次發酵時，會產生臭味進而引誘蒼蠅及蚊子等衛生害蟲，而造成對環境衛生的污染。因此，堆肥應堆積發酵至一定腐熟度後方可施用，以減少對作物生育及環境衛生的不利影響。堆肥的腐熟度可利用下列方法判定；

1.溫度：

堆肥材料堆積一段時間後，在水分含量適當情況下，經通氣後溫度不再上升，而維持接近室溫(約 $35-45^{\circ}\text{C}$)，即表示堆肥材料已腐熟至一定程度，可直接施用於農田。

2.發芽試驗：

風乾堆肥5公克加溫水(60°C)100毫升，置於200毫升燒杯內，在 60°C 水浴中經3小時後，以細紗布過濾，2張濾紙置於培養皿中，加入10毫升濾液，直接將小白菜種子(25粒)放在濾紙上面，置放於常溫($20-30^{\circ}\text{C}$)下，觀察小白種子發芽及根生長情形，若種子發芽及根生長正常，即表示堆肥已達一定腐熟程度。

3.作物生長試驗：

低成分堆肥(鹽分低)可直接將堆肥裝入花盆或其他容器內，較高成分堆肥(鹽分高)則混合 50 %砂土或土壤，直播小白菜種子(25 粒)，噴灑適量水分，以觀察種子發芽及生長情形，若種子發芽及生長正常，即表示堆肥已達一定腐熟程度。

(十)堆肥成分檢測

堆肥材料及配比不同，其成分及理化性質也各異，為瞭解自製堆肥成分及理化性質，農戶可自行採取樣品(600 公克)送本場檢測分析，以提供堆肥施用量之參考依據。

附錄二

快速堆肥化裝置開發研究

摘 要

快速堆肥化裝置係採用好氣發酵及保溫原理設計，可確保堆肥化過程進行好氣發酵，好氣微生物分解有機物質產生熱量，藉雙層保溫裝置使堆肥體熱量累積，溫度高達 60-70°C 日數維持長達 5 天以上，可將病原菌、蟲卵及雜草種子等殺滅，且不會產生臭味，堆積發酵時間僅需 25-30 天即可完成，並同時進行堆肥廢液氧化發酵，作為有機液體肥料之用。本裝置具快速化、便利化及環保化特性，商品化後可廣泛適用於包括農戶、學校教育團體、社區、家庭及市民農園落葉、廚餘、雜草等有機廢棄物製作堆肥。

前 言

農畜產廢棄物、廚餘果菜及食品業廢棄物中含有豐富的有機物質，如不妥善處理極易腐化、產生惡臭，且為傳染病菌滋生的溫床，因此世界各國環保機關皆將此類有機質廢棄物處理視為主要工作(楊等1992；Hsieh et al, 1990；Barth et al, 1998；Holland et al, 1998)。過去廚餘與果菜市場廢棄物多混入一般垃圾之中，送入掩埋場處理，但近年來，舊有掩埋場容量已趨飽和，而新掩埋場開發由於土地取得不易，速度緩慢，許多地方已轉送至焚化廠中銷毀；然而，此類廢棄物體積龐大、含水率高、發熱量低，以焚化方式處理必須消耗大量能源，甚不經濟，因此日本、歐美等先進國家皆推動堆肥或生物處理方式處理(簡及林，1998；蔡，1998；陳及陳，2002)。而一般學校、社區、家庭將廚餘等廢棄物置入普通環保桶中做堆肥處理，但只能為嫌氣性發酵，堆肥體無法升溫至 60°C 以上及維持一定時間，致滋生蚊蠅並產生臭味，且有處理時間過長之缺點(王，1999；王及劉，2000；)。因此，本研究擬利用好氣發酵及保溫原理，開發具快速化、便利化及環保化特性之堆肥化裝置，提供農戶、學校教育團體、社區、家庭及市民農園落葉、廚餘、雜草等有機廢棄物製作堆肥之用。

材料與方法

快速堆肥化裝置試製使用106公升塑膠垃圾桶、鐵材、塑膠水管、塑膠開關閥、橡膠軟管、鋁合金溫度計、小型打氣機等材料。試製堆肥使用落葉、穀殼、米糠、金針菇木屑、椰纖等材料。堆肥發芽試驗使用葉菜類(小白菜及蕓菜)種子及塑膠育苗盤(57.5×28×2.6cm)。本裝置旨在提供一種供廚餘、落葉、雜草等有機廢棄物透過保溫作用與空氣循環作用，讓堆肥化過程中確實的維持高溫並進行好氣發酵，以完全將病菌、蟲卵、雜草種子等殺滅，不會產生臭味，

並且可加速堆肥化作用時間之快速堆肥化裝置(林，1999)。快速堆肥化裝置設計組裝完成後，以落葉、穀殼、米糠、金針菇木屑、椰纖等材料按體積比調配不同配方，材料水分含量調整至50-60%，一天24小時通氣，進行堆肥試製(簡，1999a；羅，2006)。堆肥製作完成後，以堆肥：土壤=1：1(體積比)混拌均勻後直接播種小白菜及蕓菜種子，每處理3重複，每重複100粒種子，播種7天後調查種子發芽率(簡，1999b；羅，2006)。

結果與討論

快速堆肥化裝置基本組成包括有：容置桶、隔絕網架、通氣裝置及進氣設備(圖 1、2、3、4、5 及 6)。設計組裝完成後，先盛裝清水測試管體連接處是否滲漏廢液，確定無滲漏廢液後，配製不同配方堆肥材料進行堆肥試製。堆肥製作完成後，播種小白菜及蕓菜種子，調查種子發芽率及生長情形，測試堆肥腐熟度。

一、設計及組裝

容置桶：係由桶體及蓋體組合而成，桶體及蓋體具雙層壁面，並於雙層壁面之間填入如泡棉之保溫材料，藉由該保溫壁之保溫功能，使容置桶中之廚餘、落葉等有機廢棄物得以於堆肥化過程中確實的保持其長時間高溫狀態，以完全將病菌、蟲卵、種子等殺滅，不至於產生臭味。

隔絕網架：設置於容置桶之桶體中，包含有網層及腳架，該網層可供廚餘、落葉等有機廢棄物放置，使發酵時產生之廢液滴落，並藉腳架抬高有機廢棄物以隔絕廢液，隔絕網架上設置提把，供使用者容易取置隔絕網架。

通氣裝置：設置於容置桶桶體上半部或設置於蓋體頂端，通氣裝置為一管體，提供容置桶的透氣作用，讓有機廢棄物進行好氣發酵，並在管體上蓋設T型通管，其為二截式設計，用以防止異物或雨水進入管體中，且仍可維持管體的透氣功能，T型通管開啟後，可插置溫度量測裝置來量測觀察容置桶內之溫度。

進氣設備：連通於容置桶底部，設置位置係相對於隔絕網架下方中心位置，進氣設備包括管體以及打氣機，該管體一端與打氣機連接，另一端則與容置桶連通，當有機廢棄物於堆肥化過程中會產生廢液於容置桶底部，可藉打氣機透過管體將空氣打入廢液中，使廢液曝氣形成液體肥料加以利用，而同時於打入空氣過程中，空氣會透出廢液後再經過有機廢棄物作好氣發酵，並藉由通氣裝置排出。

二、元件代表符號說明

快速堆肥化裝置元件代表符號；(一)容置桶 1、桶體 11、蓋體 12、保溫壁 13、雙層壁面 131、保溫材料 132。(二)隔絕網架 2、網層 21、腳架 22、提把 23。(三)通氣裝置 3、管體 31、T型通管 32。(四)進氣設備 4、管體 41、打氣機 42。(五)排液裝置 5、開關閥 51、觀測部 52、浮球 53。(六)溫度量測裝置 6。(七)加高架 7、水桶 71。(八)有機廢棄物 8。(九)廢液 9。

三、堆肥試製

快速堆肥化裝置設計組裝完成後，以落葉、穀殼、米糠、金針菇木屑、椰纖、等材料按不同比例(體積比)調配進行堆肥試製，堆肥材料配比(體積比)處理包括 A.落葉：米糠：穀殼=5：3：2、B.金針菇木屑：穀殼：椰纖：米糠=3：3：3：1、C.金針菇木屑：穀殼：椰纖：米糠=3：3：2.5：1.5、D.金針菇木屑：穀殼：椰纖：米糠=3：3：2：2、E.穀殼：椰纖：米糠=5：3：2，各處理均添加 1 公升腐熟堆肥作為微生物接種源。利用快速堆肥化裝置堆積發酵不同比例(體積比)堆肥材料，堆積發酵過程溫度變化情形如圖 7 所示。不同堆肥材料堆積發酵 3-5 天堆肥體溫度均上升至 60°C 以上，並維持 60-70°C 高溫至少 4 天以上，其中 E.穀殼：椰纖：米糠=5：3：2 處理維持 60-70°C 高溫長達 14 天，D.金針菇木屑：穀殼：椰纖：米糠=3：3：2：2 處理則維持 10 天。不同配比堆肥材料堆積發酵過程堆肥體溫度變化除受材料碳氮比(C/N)影響外，也受堆積期間氣溫高低影響(簡，1999a；羅，2006)；堆肥材料碳氮比(C/N)高者堆肥體升溫較慢，但能維持較長時間的高溫(60-70°C)，反之碳氮比(C/N)低者升溫較快，維持高溫的時間則較短。堆肥材料堆積發酵期間氣溫高時，堆肥體升溫較快，但維持高溫的時間則較短。不同比例堆肥材料經堆積發酵 28 天後，堆肥體溫度除 E.穀殼：椰纖：米糠=5：3：2 處理仍維持在 44°C 外，其餘各處理溫度均下降至接近室溫(30-34°C)，由於 E 處理穀殼及椰纖材料配比佔 80%，碳氮比(C/N)偏高是延長所需發酵時間的主要原因，因此，利用快速堆肥化裝置製作堆肥時，堆肥材料的碳氮比(C/N)不宜過高，否則需要較長的堆積發酵時間。

四、堆肥腐熟度測試

不同比例堆肥材料經堆積發酵 28 天後，以堆肥：土壤=1：1(體積比)混拌均勻後直接播種小白菜及蕓菜種子，對其發芽率之影響如表 1 所示。不同材料配比之堆肥及蔬菜園土壤(CK)播種小白菜及蕓菜，小白菜及蕓菜種子發芽率分別介於 89-93%及 85-89%間，各處理種子發芽率未達 5%顯著差異。由此顯示堆肥材料利用快速堆肥化裝置堆積發酵，所產製之堆肥其腐熟度已足夠，不致於影響作物種子的發芽。

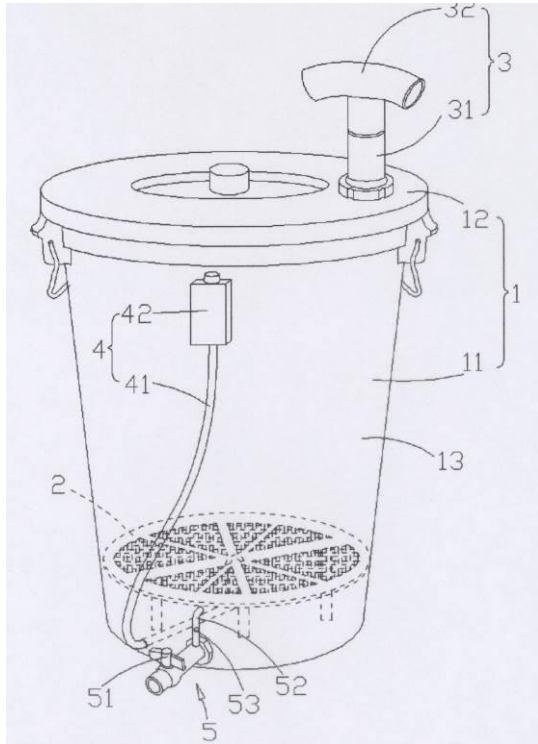


圖 1. 快速堆肥化裝置之結構立體圖

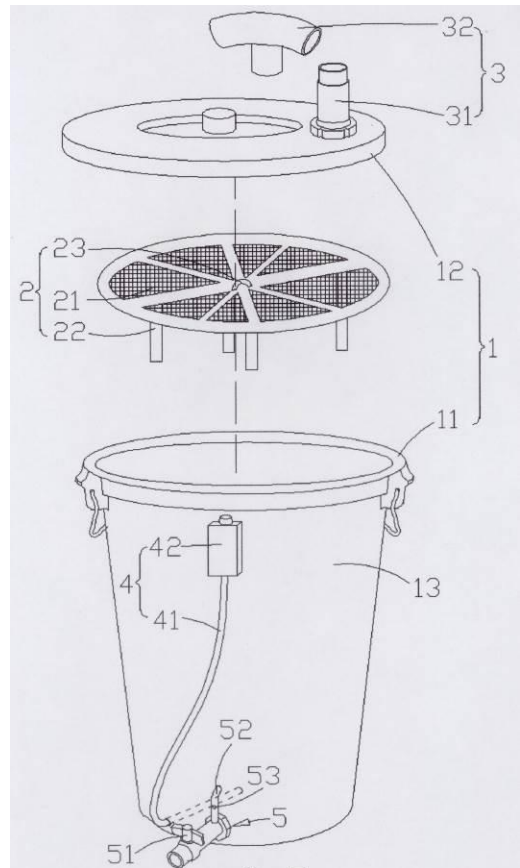


圖 2. 快速堆肥化裝置之結構分解圖

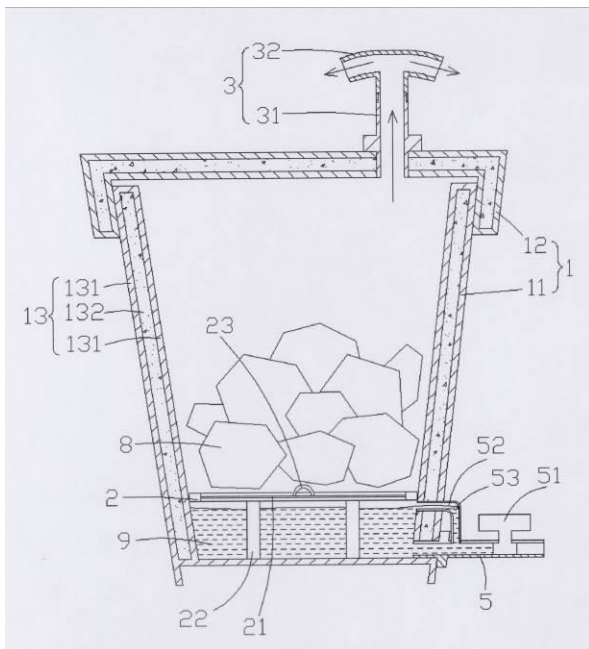


圖 3. 快速堆肥化裝置之結構剖視圖

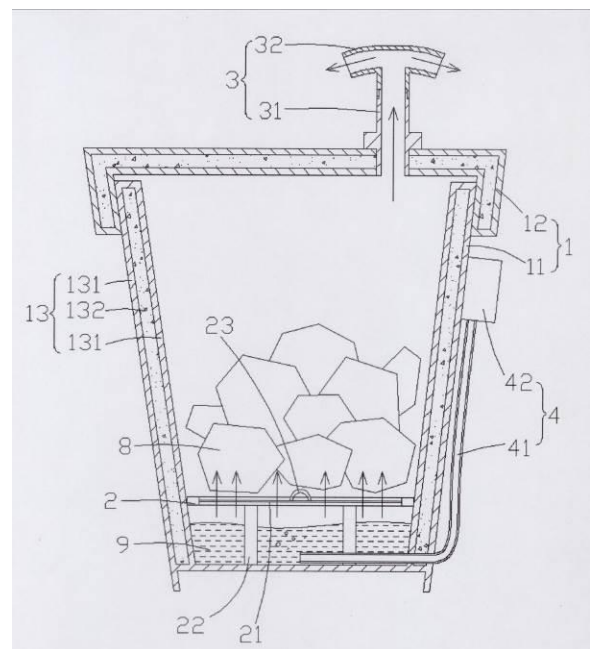


圖 4. 快速堆肥化裝置之曝氣示意圖

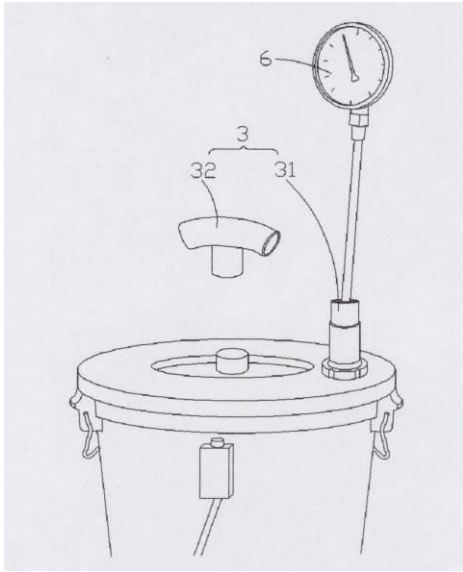


圖 5. 快速堆肥化裝置之溫度量測示意圖

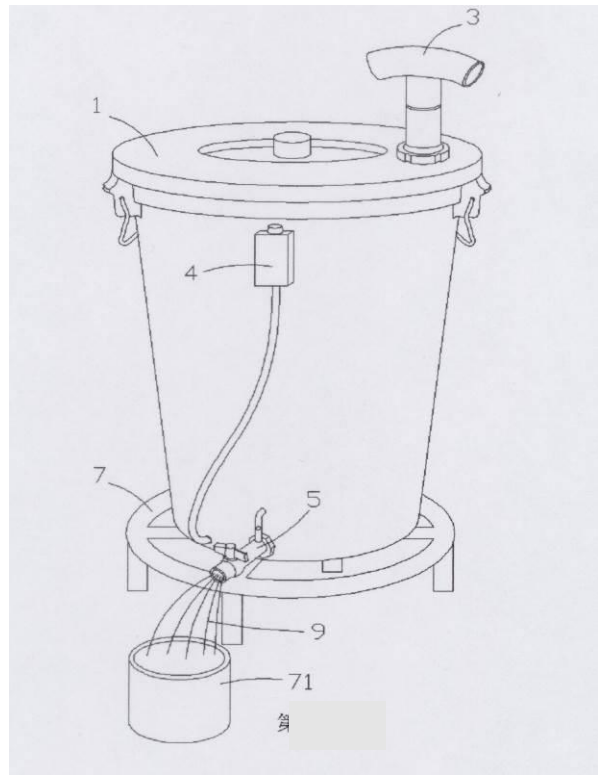


圖 6. 快速堆肥化裝置之廢液排放示意圖

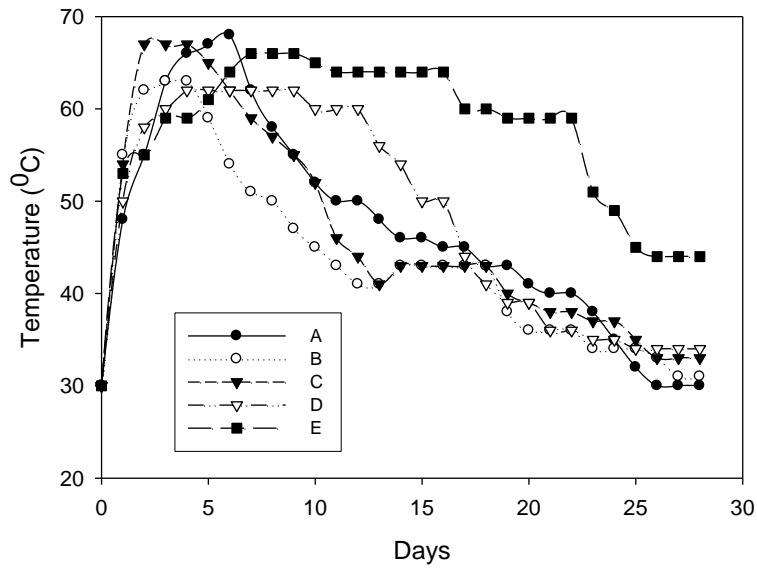


圖 7. 快速堆肥化裝置材料堆肥化過程溫度變化情形

A. dried leaves: rice bran: ground rice hull=5:3:2. B. mushroom residue: ground rice hull: coconut ground fiber: rice bran=3:3:3:1. C. mushroom residue: ground rice hull: coconut ground fiber: rice bran=3:3:2.5:1.5. D. mushroom residue: ground rice hull: coconut ground fiber: rice bran=3:3:2:2. E. ground rice hull: coconut ground fiber: rice bran=5:3:2.

表 1. 堆肥腐熟度對小白菜及蕹菜種子發芽率影響

| Compost materials | Germination percentage (%) | |
|---|----------------------------|-------------------|
| | Pak-choi | Water convolvulus |
| Dried leaves: Rice bran: Ground rice hull=5:3:2 | 91a | 87a |
| Mushroom residue: Ground rice hull: Coconut ground fiber: Rice bran=3:3:3:1 | 90a | 87a |
| Mushroom residue: Ground rice hull: Coconut ground fiber: Rice bran=3:3:2.5:1.5 | 93a | 89a |
| Mushroom residue: Ground rice hull: Coconut ground fiber: Rice bran=3:3:2:2 | 90a | 86a |
| Ground rice hull: Coconut ground fiber: Rice bran=5:3:2 | 89a | 85a |
| Vegetable garden soil (CK) | 90a | 87a |

Means values within column followed the same letter are not significant by DMRT at 5% probability level.