

# 堆肥 Compost

肥沃的土壤是豐收的根源，是所有農務工作的基石。友善耕作的農夫最根本與最迫切的需要是健康、具有生產力的土壤，而最安全，最迅速並且可長可久的作法是在土地裡添加充足的熟成堆肥，換言之，就是讓農夫有用之不盡、取之不絕的堆肥。

我認為都會與農村應該一起攜手，啟動大堆肥計畫。「大堆肥」的意思是大量的堆肥，這個名稱的來源跟「大數據 (big data)」<sup>[1]</sup> 有類似的意思，把都會與農村的有機廢棄物，盡可能的循環使用，回歸土壤。我們要有創意的運用共種生活機制，模仿自然，利用低碳、安全的方法，處理大自然與人類社會產出大量、多元的有機資材，讓都會不再浪費有機資材，讓農夫擁有源源不絕的堆肥。

這堂課希望回答這個問題：什麼是堆肥以及，如何製作（設計）？我們希望讓您可以徹底的了解，什麼是堆肥，堆肥如何形成，生態如何促進堆肥形成，堆肥與作物的關係，在了解自己的生態環境之後，替自己的農場建立堆肥系統。

## 目錄

團粒 (aggregated form)

土壤膠體

什麼是堆肥？

礦化作用 (Mineralization)

腐植化作用 (Humification) <sup>[4]</sup>

礦化與腐植化的關係<sup>[5]</sup>

腐植質 (humus) <sup>[6]</sup>

一種重要的數據：碳氮比<sup>[8]</sup>

堆肥的大挑戰：病原菌<sup>[9]</sup>

柏克萊熱堆肥法製作堆肥<sup>[10]</sup>

熱堆肥和冷堆肥的區別

柏克萊熱堆肥的作法

常見堆肥材料的碳氮比 (C : N)

一桶青色，兩桶褐色的方法

在 18 天內完成熱堆肥，一步一步的說明

第 1 天：建造堆肥，讓其放置 4 天

第 5 天：翻動堆肥，讓它靜置一天

第 7 天和第 9 天：測量溫度，翻動堆肥，讓它靜置一天

## Open PDC home

- [影片](#)
- [書籍](#)
- [案例分享](#)

## 相關文件

- [趨合農耕 \(Syntropic Agriculture\)](#)
- [動物福利](#)
- [高架菜畦 \(Raised Beds\)](#)
- [社區貨幣 Local Currency](#)
- [合作社與團結經濟 Cooperative & Solidarity Economy](#)
- [一個經濟體所包含的部門 Sectors of an Economic System](#)
- [最長壽的真菌](#)

## How to Make and Maintain Soil Fertility



如何保持土壤的肥力 How to Make and Maintain Soil Fertility

第 11、13、15 和 17 天：翻動堆肥，讓它靜置一天

第 18 天：堆肥完成，準備收穫

蚓糞堆肥（或稱為「蚯蚓堆肥」）

堆肥茶 (Compost tea)

製作的方法

一些提示

曝氣堆肥茶的好處

外部連結

參考資料

## 團粒 (aggregated form)

我們都聽過土壤的團粒結構，土壤形成團聚體的效能，稱為土壤的結構性。土粒膠結成直徑為 1~10 釐米 (mm) 的團粒狀土壤結構，稱為團粒結構。這是土壤結構中最好的一種。其形成條件有兩個：

- 土壤膠體物質：土壤中的膠結物質，最主要是新形成的腐植質和微生物的菌絲及分泌物。這些物質膠結在一起，就形成了具有多孔性和養分豐富、不易被水泡散的水穩性團粒狀土壤結構。
- 外力擠壓作用：凡是作物根系穿插、乾溼交替、凍融交替和耕作，都對粘聚起來的土粒，產生一定的外力擠壓作用，使之散碎成一定大小的團粒。

## 土壤膠體

土壤中呈膠體狀態的物體。分別為有機膠體，無機膠體和有機無機複合膠體三類。土壤膠體具有較大表面積，並帶有電荷，吸附性強，有較大的緩衝能力。膠體的分散、凝聚、收縮、膨脹、粘結、粘著等特性，對土壤結構的形成和肥力變化都十分重要，同時對土壤中污染物遷移，轉化以及土壤自淨有重要影響。

土壤無機膠體是土壤中由粘土礦物等無機物形成的膠體物質。包括層狀鋁矽酸鹽礦物（蒙特石、伊利石、高嶺石等粘土礦物）、鐵或鋁的水氧化物膠體和矽酸無定形膠體等。這些層狀粘土礦物由於一般帶有較多負電荷、陽離子交換量高（蒙特石 80-120mmol/100g）和巨大的表面積（蒙特石類 700m<sup>2</sup>/g，伊利石 100-200m<sup>2</sup>/g），因此對土壤中離子態污染物有較強的吸附、固定和離子交換能力，從而削減、緩和其危害性。



土壤團粒結構穩定性比較。右側的土壤團團粒結構好，放入水中，不會溶解散開來。Soil aggregate stability comparison. "20140918-NRCS-LSC-0149 (<https://creativecommons.org/publicdomain/mark/1.0/?ref=openverse>.)" by USDAgov is marked with Public Domain Mark 1.0.

The Compost Story (Full Video) by Kiss...



The Compost Story (Full Video) by Kiss The Ground

土壤有機膠體主要是土壤腐植質。包括有溶於鹼不溶於酸的胡敏酸(humic acid)，酸鹼皆溶的富里酸(fulvic acid)和酸鹼皆不溶的胡敏素(humine)三大類。土壤有機膠體有巨大的表面積，且由於膠體表面羧基、酚羥基中H<sup>+</sup>的解離，帶有負電荷，其負電量平均為200mmol/100g，高於層狀粘土礦物。因此它對土壤中陽離子污染元素具有顯著的吸附、交換能力。如對Cu<sup>2+</sup>的吸附峰值（銅濃度在0-10μg/mL）可達11720μg/g，高於無機膠體，且被吸附的Cu<sup>2+</sup>不為0.1N CaCl<sub>2</sub>解吸。由於土壤有機膠體可以用人工施有機肥加以調節。所以它對污染物的吸收、固定、淨化功能仍是十分重要的。（出處：環境科學大辭典：土壤膠體 (<https://pedia.cloud.edu.tw/Entry/Detail/?title=%E5%9C%9F%E5%A3%A4%E8%86%A0%E9%AB%94>)

## 什麼是堆肥？

所謂「堆肥」，是以人為的方式在一定的溫度、水分、空氣等條件下，調控打造出適合微生物活動的環境，透過微生物把落葉、雜草、生廚餘、糞便等等的有機物，分解為熟成、穩定並可讓植物吸收的營養物質的過程，而堆肥最重要的功用就是產生腐植質，一般需要長時間在大自然形成的循環，經過控制條件下，需數個月到一年的短時間就可以完成，並投放在田間使用。底下先把幾個重要的名詞說明一下：

### 礦化作用 (Mineralization)

礦化作用又稱礦物質化或氨化作用，指微生物將土壤中有機態的氮，轉變成無機氮化合物，例如：產生CO<sub>2</sub>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>，提供植物生長必須元素（編注：也就是通常說的化學養分，溶於水中，植物就可以使用）。主要由好氧或厭氧細菌及真菌進行。<sup>[2]</sup>

有機質在土壤中的礦化作用，受到許多因子影響，如：土壤特性（質地、結構、有機質含量等），降雨量、土壤環境（溫度、水分、pH 值）、有機質本身特性、施用量及施用時期等。現今已有例證顯示，長期施用單一有機質肥料，或一次過量施用有機質肥料，會造成土壤中某些養分含量失衡，而不利作物生長或形成二次污染。（蔡宜峰、莊作權、黃裕銘，1993）<sup>[3]</sup>

### 腐植化作用 (Humification) <sup>[4]</sup>

腐植化作用 (humification) 簡單的說，就是有機質在土壤中，經由微生物酵素作用，或土壤黏土礦物的催化氧化作用，而逐漸轉變為微生物較難分解的腐植質 (humus) 的作用。一般來說，有機質可分為：

1. 非腐植質 (Non-humus substances)：包括易被微生物分解的碳水化合物，蛋白質，氨基酸.....等小分子物質，及
2. 腐植質 (Humus substances)：此部份為較難被微生物分解的大分子，包括腐植素 (Humin)，腐植酸 (Humic acid) 和黃酸 (Fulvic acid)。

### 礦化與腐植化的關係<sup>[5]</sup>

- 土壤有機質的轉化，分為礦化和腐植化這兩個過程；
- 土壤有機質的礦化過程，和腐植化過程是既互相對立，又互相聯繫，既互相獨立，又互相滲透的兩個過程；
- 礦化過程是有機質釋放養分的過程，又是為腐植化合成提供原料的過程，沒有礦化過程就沒有腐植化過程；

- 同時，腐植化過程的產物－腐植質並不是一成不變的，它可以再經礦化過程，而釋放養分以供植物吸收利用。

## 腐植質 (humus) [6]

腐植質是土壤特異有機質，也是土壤有機質的主要組成部分，約占有機質總量的50%－65%。腐植土則是富含腐植質的土壤。

腐植質是一種分子複雜、抗分解性強的棕色或暗棕色無定形膠體，是動植物的殘體（如：植物枯枝落葉及動物的排泄物、皮毛和屍體），經微生物分解轉化又重新合成的一類有機高分子化合物。整體黑色或褐色，無定型。具有適度的粘結性，能夠使粘土疏鬆，粘土粘結，是形成團粒結構的良好膠結劑。腐植質的成分主要有胡敏酸（humic acid，腐植酸）、富里酸（fulvic acid）、胡敏素（humine）等，其含量比例隨土壤而異。

在養分生物循環中，生物死亡後，生物殘體會進行礦物化的過程，轉化成礦質養分。但是，生物殘體也會不完全被礦物化，生物殘體會進行腐植化過程，以腐植質形式保留下來。在養分生物循環中，生物殘體轉化成礦質養分的一個養分儲藏室，腐植質最終會進行礦物化過程，轉化成礦質養分的。腐植質的重要是當雨水沖走泥土上的礦質養分時，而微生物未能及時分解生物殘體來補充（微生物分解生物殘體時間很慢），腐植質可以根據土壤養分濃度，來釋出養分來補充，對肥力有積極作用。

腐植質含有多種可改善土壤健康的養分，其中最重要的是氮。腐植質的碳氮比（C:N）通常在 8 到 15 之間，中位數約為 12。腐植質是無定形的，缺乏植物、微生物或動物所特有的細胞結構[7]。



腐植質是有機的土壤膠體。

## 一種重要的數據：碳氮比[8]

碳氮比（C:N）是物質中碳的質量與氮的質量之比。有機物質的碳氮比和水分含量，是生物質完全分解的兩個主要要素。

碳氮比（C/N）在堆肥中很重要，因為微生物需要碳和氮的良好平衡（從 25 到 35 不等），以保持活性。高碳/氮比會導致堆肥熟成的時間延長，低碳/氮比會增加氮的損失。可以透過選擇最合適的堆肥材料組合，來調節 C/N 比率，以確保最終比率在最佳範圍內。

碳氮比是一個重要的參數，它將把堆肥反應與微生物群體的生長和代謝反應所需的基本化學成分的相對濃度聯繫起來，諸如碳水化合物等，除了作為微生物生物量（biomass）的碳源之外，還將產生微生物代謝活動所需的能量。氮是微生物生物量生長，所需的蛋白質和氨基酸的重要組成部分。

有機物的碳氮比，意味著碳的數量相對於氮的數量，有機物中的碳總是多於氮；碳氮比被寫成 C:N，通常是一個數字（Flavel 和 Murphy, 2006），因此，比率為 20 意味著該有機物的組成中，每 20 克碳就含有 1 克的氮。當一個有機基質的 C:N 比率在 1 到 15 之間時，會發生快速礦化和釋放氮，可供植物吸收，C:N 比率越低，氮就越快釋放到土壤中，供作物立即使用（Watson等人，2002）。當 C:N 比率 >35，會導致微生物的活性降低（immobilization），20-30 的碳氮比會讓礦化和活性降低

之間的平衡狀態 (？)。土壤微生物的 C:N 比值約為 8，它們必須從土壤中獲得足夠的碳和一些氮，以維持它們細胞中的比例，目前發現微生物在 C:N 比例為 24 的「食物」中表現最好 (Howell, 2005)。

## 堆肥的大挑戰：病原菌<sup>[9]</sup>

很多人時常疑問，動物性的有機質，如：肉類、動物屍體、糞便（動物&人）能不能用來作堆肥？其實，我們應該考量的是它們當中若是含有病原菌、微生物，會不會造成危害。

根據美國 1973 年的資料：

- 結核菌 (Tubercle bacteria) 在草上可存活 10-14 天、在水中 1-3 個月、在土壤中 6 個月；
- 霍亂弧菌 (Cholera vibrios) 在蔬菜上可活數小時~7 天，但是在萵苣及菠菜上可活 22-29 天；
- 蛔蟲卵 (Ascaris egg) 在蔬菜上可活 19 天，有灌溉的土壤中，可存活 2-3 年，無灌溉土壤，可達 6 年；
- 鏈球菌 (Streptococcus faecalis) 在土壤中可存活 35-63 天，土壤表面，可存活 38 天；
- 腸病毒 (Enteroviruses) 在作物根部可存活 4-6 天，土壤中 12 天；
- 致病性原蟲在土壤中可存活 10-20 天，沙門氏菌，可存活 80-110 天，病毒可存活 30-110 天 (Rowe, 1995)；

因此，還有這樣病原菌疑慮的動物性有機質、糞便，若未經適當的處理，就施用到農場，極有可能污染作物與水源。

我們能夠用堆肥，除去這些病蟲害的病源嗎？這個問題有很多學者探討過了，一般歸類為三種機制：

1. 利用熱，尤其在高溫階段；
2. 利用微生物的拮抗作用；
3. 利用有機物分解過程，所釋出的毒性化學成分消除病原菌。

三種機制中以堆肥過程產生的高溫來消除病原菌是最容易控制、且最明確的方法，我們該如何使用這樣的高溫？

- 美國環境保護署 (EPA, 1981) 建議溫度保持 55°C 保持 5 天並且翻堆 5 次。學者 Ware 55~60°C 下堆置 7 天更保險，學者 Miller (1993) 報告指出，70°C 半個小時就可以殺死病源。

## 柏克萊熱堆肥法製作堆肥<sup>[10]</sup>

這是加州大學柏克萊分校的植物學教授羅伯特·唐納德·拉貝 (Robert D. Raabe)，提出的一種快速堆肥的方法，可以在 18 天內使堆肥腐熟。這種方法通常稱為「柏克萊堆肥法」、「快速堆肥」或「熱堆肥」，它比傳統方法產生更多的堆肥，只要稍微更多的努力和辛勤工作，人們可以在短短 2~3 周內，建立可用的堆肥。

一般的堆肥，也被稱為**冷堆肥**，包括將各種有機材料，放在堆肥箱、圍欄裡，甚至只是堆成一堆，然後把它放在那裡，直到幾個月後分解。這是一個非常緩慢的過程，通常需要 6 到 12 個月。它可以通過翻動堆肥來加速，也就是說將堆底的材料移到堆頂，反之亦然，把資材混合以獲得更多氧氣，但這仍然是一個漫長的等

待。

## 熱堆肥和冷堆肥的區別

另一種堆肥方法是**熱堆肥**，可以讓堆肥熟成的時間縮短很多，此外，它可以很有效地破壞致病的病原體（如南瓜葉上的白粉病）、雜草種子、雜草根節以及通過根部球莖繁殖的雜草（如：香附子，俗稱「土香」）。這個過程可以更好地分解材料，**產生非常細緻的堆肥**。

相比之下，較慢的**冷堆肥**方法，不會殺死疾病病原體或雜草種子和根部，因此如果這種堆肥被放入花園，可能會傳播雜草和植物疾病，因此通常建議不要（冷）堆肥有病的植物。冷堆肥的另一個問題是，它產生的堆肥比較粗糙，當過程結束時，堆肥中會殘留很多大塊的原始材料，而**熱堆肥看起來像細小的黑色腐植質（土壤），原始材料都無法分辨**。

**熱堆肥**是一個快速的耗氧發酵過程，因此跟原來堆肥材料，產生幾乎相同體積的堆肥成品，相比之下，**冷堆肥**則是緩慢的厭氧分解過程，這是一個不同的化學過程，會讓氮和碳流失到大氣中，這導致了最後堆肥的體積，只剩原來的 20%。

## Nature's Resilience: Thriving Abandone...

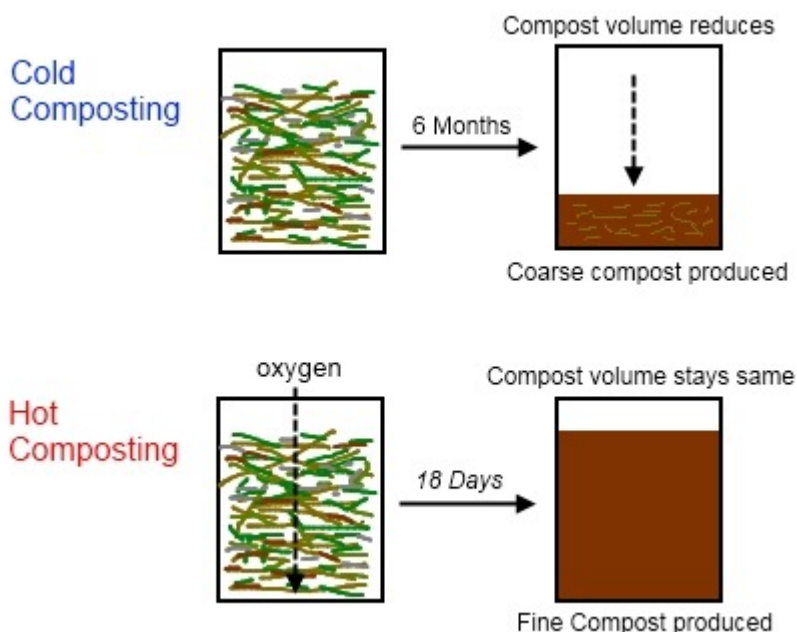


柏克萊熱堆肥 18 天熟成實際演練影片第一部分 (How To Build An 18 Day Compost Pile – part 1)

## "Epic Compost Challenge: From Scraps...



柏克萊熱堆肥 18 天熟成實際演練影片第一部分 (How To Build An 18 Day Compost Pile – part 2)



## 柏克萊熱堆肥的作法

使用柏克萊法進行熱堆肥的要求如下：

堆肥溫度保持在 55-65°C (131-149°F) 之間，堆肥材料中的碳氮比 (C : N ratio) 約為 25-30 : 1，堆肥量體積，長寬要 1m x 1m，高度大約 1.5m。如果堆肥材料含碳量高，如樹枝，則需要先用碎木機將其打碎。將堆肥從外面翻到裡面，反之亦然，以徹底混合。採用 18 天的柏克萊方法，程序相當簡單，可以概括為三個基本步驟：

1. 建立肥料堆，放置 4 天，不翻動；
2. 然後每兩天翻動一次；
3. 持續 14 天

後面將提供柏克萊熱堆肥法的詳細步驟說明，但在開始堆肥之前，我們需要將正確的材料混合。在所有的堆肥方法中（包括柏克萊熱堆肥法），堆肥材料中的碳氮比例，需要在 25 到 30 份碳和 1 份氮的重量之間。這是因為堆肥腐熟過程中，扮演關鍵角色的細菌，需要這樣的碳、氮比例，以便在它們生長、繁殖時作為營養物質來構建它們的身體。

- 含碳量高的材料，通常是乾燥的「棕色」材料，如：鋸屑、紙板、乾樹葉、稻草、樹枝，和其他木質或纖維材料，它們的腐爛速度非常慢；
- 含氮量高的材料通常是潮濕的「綠色」材料，如：草屑、水果和蔬菜殘渣、動物糞便和綠葉材料，它們很快就會腐爛。

許多堆肥材料的碳氮比並不理想，為了使堆肥發揮作用，我們通過將分解速度非常慢的高碳材料，與分解速度非常快的高氮材料混合在一起，創造適當的平衡來解決這個問題。

堆肥材料的氮含量，取決於資材的碳氮比。在我們研究碳氮比之前，讓我們先看看一些例子，以瞭解 C : N 比率的作用。含氮量高、分解速度快的材料，如魚，其 C : N 比為 7 : 1，其碳氮比非常低；含氮量低的材料，分解非常緩慢，需要分解後才能使用，如樹枝，其 C : N 比例為 400-500 : 1，具有非常高的 C : N 比。

如果我們的堆肥材料中的 C : N 比太高，意味著我們沒有足夠的氮和太多的碳，我們可以通過添加糞便或草屑來降低 C : N 比，因為它們的氮含量高；如果我們的堆肥材料中的 C : N 比太低，意味著我們有太多的氮，我們可以通過添加紙板、乾樹葉、木屑來提高 C : N 比。

## 常見堆肥材料的碳氮比 (C : N)

這裡有一個方便的清單，列出了堆肥材料及其各自的碳氮比。清單頂部的材料含有較多的碳，但氮含量低，被認為是「棕色」。隨著向下移動，氮含量增加，清單底部的材料含有更多的氮，被視為「綠色」。

| 棕色 = 高碳        | C:N   |
|----------------|-------|
| 木削             | 400:1 |
| 紙板             | 350:1 |
| 鋸削             | 325:1 |
| 報紙             | 175:1 |
| 松針             | 80:1  |
| 玉米秸稈           | 75:1  |
| 稻草、乾草          | 75:1  |
| 樹葉             | 60:1  |
| 水果             | 35:1  |
| 花生殼            | 35:1  |
| 木材灰燼           | 25:1  |
| 綠色植物 = 高氮      | C:N   |
| 園林廢棄物          | 30:1  |
| 雜草             | 30:1  |
| 綠色木材           | 25:1  |
| (用作飼料的) 乾草     | 25:1  |
| 蔬菜殘渣           | 25:1  |
| 牧草 (Clover)    | 23:1  |
| 咖啡渣            | 20:1  |
| 廚餘             | 20:1  |
| 草屑             | 20:1  |
| 海藻             | 19:1  |
| 馬糞             | 18:1  |
| 牛糞             | 16:1  |
| 紫花苜蓿 (Alfalfa) | 12:1  |
| 雞糞             | 12:1  |
| 鴿子糞便           | 10:1  |
| 魚類             | 7:1   |
| 尿液             | 1:1   |

那些材料可以進行堆肥？任何曾經有生命的東西，都可以進行熱堆肥（真的是指任何東西）。各式各樣的東西，包括不尋常的物品，如羊毛和棉質衣服、骨頭、皮靴（帶皮鞋底）。一些使用熱堆肥方法的農民，甚至將新鮮的動物屍體，放入他們的熱堆肥中（它們必須放在熱堆肥的最中心，才能正常分解），因為它們是高氮源，當堆肥準備好時，他們發現只有乾淨的骨頭。不過對於城市地區來說，這並不是一個好主意。最好在堆肥中使用各種不同的成分，因為這提供了更廣泛的營養輸入，併產生更豐富的堆肥。

許多有機材料可以堆肥，也有一些成分不應該被放入堆肥箱。這個問題本身就是一整篇文章，所以如果你想瞭解更多資訊，這裡有一個連結 (<https://deepgreenpermaculture.com/2020/05/21/what-materials-can-you-put-into-your-compost-bin-and-what-not-to-compost/>)，列出了哪些材料，應該和不應該進入你的堆肥箱。

什麼是混合堆肥材料以達到正確的 C：N 比例的最簡單方法？有些園丁是完美主義者，試圖用一些非常複雜的數學方法，來計算他們所使用的每種成分的確切比例，以達到理想的 C：N 配比，即 25-30：1 的重量。這完全沒有必要，有一個非常簡單的替代方法，效果很好，那就是按體積測量。

## 一桶青色，兩桶褐色的方法

如果比例看起來太複雜或令人困惑（確實如此），你可以用成分的體積代替來簡化事情。使用 1/3 的「綠色」（含氮）材料和 2/3 的「棕色」（含碳）材料。或者換一種方式，這可能更容易理解。每兩桶乾的含碳材料中，加入一桶富含氮的材料。例如：使用這種方法，我們可以使用 1/3 的糞便和 2/3 的碳材料來開始一個熱堆肥，它將會發揮作用。交替鋪設綠色和棕色的薄層，直到堆肥有 1 立方公尺高一點。

對於成功的熱堆肥，沒有必要陷入精確的 C：N 比率的數學運算中。更多的是按照下面的說明來嘗試這個過程，這真的很容易。

## 在 18 天內完成熱堆肥，一步一步的說明

以下說明，詳細介紹建立柏克萊熱堆肥系統所需的步驟，該系統將在 18 天左右產生成品堆肥。

### 第 1 天：建造堆肥，讓其放置 4 天

將原料收集好，然後以「綠色」和「棕色」的薄層交替鋪設。將堆肥充分澆水，使其從底部滴出水來，達到飽和。讓堆肥放置 4 天（這一天和另外3天），不要翻動它。

- 提示：加入堆肥啟動劑：如紫草、蕁麻或蒼草植物、動物或魚類材料、尿液或舊堆肥，可以放在堆肥的中間，以加速堆肥過程。

### 第 5 天：翻動堆肥，讓它靜置一天

把堆肥翻過來，把外面的翻到裡面，裡面的翻到外面。如何做到這一點？在翻動堆肥時，將堆在外面移到旁邊的地方，並不斷將材料從外面移到新的堆裡。當翻轉完成後，所有在堆內的材料都會在堆外，反之亦然。確保水分保持恆定，戴手套捏一把堆肥材料測試，應該只能捏出一滴水，或者幾乎滴下一滴。第二次，讓堆肥靜置，不要翻動它。

- 提示：如果堆肥太濕，把它攤開，或用乾草叉的手柄開一個大約 7~10 公分寬的洞，或在下面放上木棍，以便排水。

### 第 7 天和第 9 天：測量溫度，翻動堆肥，讓它靜置一天

測量堆肥核心的溫度。堆肥在這些天，應該達到最高溫度。有一個簡單的準則，如果一個人可以把手臂伸進堆肥裡直到肘部，它就沒有達到 50 攝氏度，就不夠熱。你可以使用堆肥溫度計，熱堆肥過程需要達到 55-65°C (131-149°F) 的最佳溫度。溫度超過 65°C (149°F) 時，一種白色的「黴菌」會在堆肥中蔓延，這實

實際上是某種厭氧的嗜熱堆肥細菌，通常被錯誤地稱為「火疫病」。這種細菌在堆肥溫度過高時出現，超過 65°C，而且缺氧，當溫度下降，好氧堆肥細菌再次接管時，它就會消失。溫度在 6-8 天達到高峰，到第 18 天逐漸冷卻。每隔一天將堆肥翻一次（第 7 天和第 9 天）。讓堆肥在翻動後的第 2 天休息一下。

- 提示：如果堆肥的大小開始迅速下降，說明堆肥中的氮太多了。
- 提示：為了更快地加熱堆肥，在翻動堆肥時，每鏟一次，就放一把豆渣、骨粉，以加快堆肥的速度。
- 提示：如果它變得太熱、太臭，而且體積變小，說明它有太多的氮，需要減緩它的速度，在翻動時每鏟一次，就扔進一把木屑。

### 第 11、13、15 和 17 天：翻動堆肥，讓它靜置一天

繼續每隔兩天翻動一次堆肥（第 11、13、15 天，第 17 天再次翻動）。翻動堆肥後，讓它休息一天。

### 第 18 天：堆肥完成，準備收穫

收穫完成的堆肥，它將是溫暖的、深棕色的，並有良好的氣味。

- 提示：當蚯蚓進入堆肥時，這表明堆肥已經完成並準備好了，因為它已經冷卻到足以讓它們進入，它們在裡面是因為它充滿了營養物質。一些需要注意的要點：把堆肥放在一個避免過多陽光照射的地方，以防止堆肥變乾；或者避免大雨，以避免水漬，因為這兩種極端情況，都會減慢堆肥過程。堆肥所需的空間，應該是 1.5m × 1.5m 左右，前面要有足夠的空間，以便翻動堆肥時站立。在建造堆的過程中，每一層都要澆水，直到它濕潤。三、四天後，通過混合和翻動讓堆肥透氣，然後每兩天翻動一次，直到堆肥準備好，通常在 14-21 天。記住，經常翻動和通氣，是成功堆肥的秘密。用花園叉子，甚至更好的是用長柄乾草叉來翻動堆肥。在寒冷或潮濕的天氣，用油布或塑膠布覆蓋堆肥，以防止雨水冷卻，因為水會滲透到堆肥的核心。儘管外面的冷空氣會冷卻堆的表面，但不會冷卻堆的核心，通過覆蓋它，這可以防止一些熱量，從表面流失到外面的冷空氣中，並更好地保留堆內的熱量。

## 蚓糞堆肥（或稱為「蚯蚓堆肥」）

蚯蚓堆肥 vermicomposting 是蚯蚓（vermi 是蚯蚓的拉丁文寫法）把食物等有機廢物，轉化為營養豐富的土壤的過程。蚯蚓們吸入腐爛的食物殘渣，排出肥料－這對於土壤質地來說是一個極大的改善。

蚯蚓的排泄物（蚓糞）是天然的有機肥料，其中蘊含有益的微生物和豐富的營養，同時也是非常好的植物肥料。

## 堆肥茶 (Compost tea)

先說明一下什麼是堆肥茶？堆肥茶是一種由堆肥製成的溶液。你可以使用任何種類的堆肥，但那些陳年的堆肥，有最多的營養。蚓糞堆肥 (Vermicompost) 是由蚯蚓糞便製成的，這是目前公認最好的堆肥。堆肥通常需要 3~4 年才能完全分解，如果它是自然完成的。如果你使用機器，或滾筒，由於保留了熱量和水分，堆肥將更快地分解。無論你使用哪種堆肥，都要確保它沒有會傷害你的植物的化學品。

堆肥茶的製作過程需要曝氣，在國外，有些時候會稱為「曝氣堆肥茶 (Aerated Compost Tea, ACT or AACT)」。這個過程，包括將水、堆肥和食物來源，放在一個容器中，並通過氣泵增加氧氣。我們製作 ACT 的原因，是為了增加土壤中和植物葉面上有益的好氧微生物的多樣性和生物量。

所有這些成分在為好氧微生物，創造最佳條件方面發揮著關鍵作用，我將在後面的章節中，分解必要的成分並解釋每個成分的重要性。

由於 ACT 的主要好處，是增加土壤和植物葉面上的微生物生命，因此瞭解一下主要參與者是個好主意。在 ACT 中想要的是所有主要生物體（細菌/拱菌、真菌菌絲、鞭毛蟲，可能還有一些纖毛蟲和線蟲）的良好多樣性和生物量，如果你想深入瞭解這些微生物，我強烈推薦 Jeff Lowenfels 的書《與微生物合作》。如果你對顯微鏡感興趣，那麼我建議從這裡開始<sup>[11][12]</sup>。

## 製作的方法

製作家用堆肥茶設施很簡單，以下是相關說明：

先收集這些用品：

- 一個 20 公升的桶子
- 肥料
- 一個舊枕頭套
- 綁住枕頭套的繩子
- 幾湯匙糖蜜
- 一個水族箱泵
- 一段足夠長的空氣管，從泵到空氣石
- 一個用於水族箱的空氣石
- 水



製作堆肥茶。

## 方法

1. 只用清水將水桶清洗乾淨，不要使用漂白劑或洗滌劑；
2. 將一個鏟子的堆肥放在枕套裡，用繩子綁緊。把它放在桶子裡；
3. 用水淹過枕頭套，把桶子裡的水裝到接近頂部（九成滿就可以）；
4. 加入糖蜜，它將餵養有益細菌，並為植物提供鐵、礦物質；
5. 將空氣石連接到通往水泵的軟管上，將空氣石放入水中，並將泵放在高於水面的位置，這將減少在斷電的情況下發生回流的機會；
6. 打開泵的電源，空氣石會冒出氣泡，給細菌提供氧氣；
7. 堆肥茶需要幾天（2~3 天）時間才能準備好。當它準備好時，把堆肥茶倒入一個桶裡，馬上澆到植物上，最好在一個小時之內用完。沒有保留時間，因為氧氣被切斷後，細菌會開始死亡。如果天氣涼爽，它可能會持續一兩天，但不會更長。

## 一些提示

- 盡可能地使用雨水或井水，若是使用自來水，但它必須不含氯等化學物質。如果它有氯，你可以讓它靜置一晚上，氯氣就會消散。
- 要確保你的堆肥已充分熟成。這將有助於消除袋中發芽的雜草種子，抑制細菌生長。萌芽產生的酶是好的，但當它們分解時，有太多的壞細菌。把可能刺破你的袋子的大樹枝和石頭也要移除。此外，熟成的堆肥的營養成分很高。
- 如果你的混合物，在一段時間後開始發臭，是它沒有得到足夠的氧氣。它不應該有酸味或霉味。它應該只有泥土的味道，也許更濃。如果它產生了氣味，把它倒入你的堆肥的另一部分並重新開始。

- 你可以使用麻布袋，但縫隙通常太大，一些淤泥會丟失。使用舊的棉質枕頭套會更合適。棉花在一段時間後會被生物降解，不像聚酯等合成纖維。在你開始之前檢查你的纖維含量。
- 糖蜜並不是完全必要的，但我發現它可以提昇微生物活力，如果你餵它們，它們會繁殖得更快。你可以使用蜂蜜，但它缺乏糖蜜提供的營養物質，特別是鐵。你可以添加鐵的補充劑，但這可能需要很長時間才能進入土壤。大多數植物在缺乏鐵的時候會開始變黃。
- 如果你有番茄，將一些蛋殼浸泡在一桶水裡，加入幾湯匙醋。(醋將有助於從蛋殼中浸出鈣。將此加入你的茶水中，有助於防止植物開花期腐爛。這對南瓜、辣椒和茄子也很有效。)

## 曝氣堆肥茶的好處

1. 增加養分循環 (Increases Nutrient Cycling) – 這是做 ACT 的最重要的好處。養分循環有助於使土壤中的養分和礦物質，變成可供植物吸收的形式。當你施用有機肥時，你不是直接餵養植物，而是土壤中的微生物，它們會努力將營養物質，轉化為植物可利用的 (離子) 形式。
2. 創造土壤團粒結構 (Creates Soil Structure) – 真菌菌絲 (fungal hyphae) 有助於創造土壤團粒，而細菌和古菌 (archaea) <sup>[13]</sup>，則有助於分解有機物和給土壤通氣。增加土壤中的生物量，也將有助於提高保水能力。
3. 保護植物免於病原體侵襲 (Plant Protection from Pathogens) – 雖然這不是預防所有病蟲害的靈丹妙藥，但通過在葉面和根部周圍增加有益微生物，讓 ACT 中的有益微生物，在植物上跟病原體競爭空間，使它們無法得到立足之處，不過，這一點在學術界有點爭議，所以我們在談論 ACT 的好處時，通常不強調這一點。有許多關於使用 ACT 抑制疾病的傳聞，但我不會把它作為一個 100% 的解決方案來依賴。
4. 有益於微生物菌 (Beneficial Microorganisms) – 在 ACT 中，你通常會得到很好的固氮菌、氮磷溶解菌和其他有益微生物的種群，其中許多微生物在土壤健康中的作用，還有待鑒定和充分瞭解。
5. 減少堆肥使用量 (You can use less compost) – 如果你有很大的面積需要覆蓋，或者熟成的堆肥數量有限，這可以讓你在更短的時間內覆蓋更大的面積，並減少勞動力。
6. 方便施用 (It's portable.) – 施用 ACT 比施用堆肥容易得多，而且會給你帶來比單純堆肥中，更高品質的活性微生物。你可以使用噴霧器來噴洒 ACT。

Jeff Lowenfels 和 Wayne Lewis 在他們的著作《與微生物合作<sup>[14]</sup>》一書中認為：

- 你需要施用大量的堆肥才能獲得效果；
- 堆肥液 (compost tea) 中的微生物到達植物根部的速度，比堆肥中的微生物快很多；
- 與堆肥不同，堆肥液可以應用於植物葉片。在這裡，它們與病原體競爭空間，並在某些情況下保護葉片免受攻擊；
- 使用堆肥液有助於增加土壤中微生物的多樣性。

## 外部連結

- 堆肥製作原理 (<https://report.nat.gov.tw/ReportFront/PageSystem/reportFileDownload/C09901223/020>)
- 優質的有機肥就是這麼搞出來的 (<https://nonglinyumu.com/fisheries/326433.html>) (非常推薦閱讀)
- 腐熟有機肥料之判定法 ([https://kmweb.coa.gov.tw/files/subject\\_WS/24858/94110145871.pdf](https://kmweb.coa.gov.tw/files/subject_WS/24858/94110145871.pdf))

## 參考資料

1. 大數據的「大」有兩個含意：
  - 是指人類已經能夠儲存大量、多重複雜格式的資料（文字、圖片、聲音、影像...）；
  - 大數據時代來臨，因為計算機的運算能力能夠處理大量的資訊了。
2. Wikipedia:礦化作用 (<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A4%A6%E5%8C%96%E4%BD%9C%E7%94%A8>)。
3. 永續農業研討會專集（1993）：一般有機質在土壤中礦化潛能及礦化速率之估算 ([https://www.tdais.gov.tw/upload/tdais/files/web\\_structure/1150/TC023206.pdf](https://www.tdais.gov.tw/upload/tdais/files/web_structure/1150/TC023206.pdf))
4. 資料來源：國立中興大學農 土壤調查試驗中心 ([http://web.nchu.edu.tw/~SSTC/en/q\\_a.html](http://web.nchu.edu.tw/~SSTC/en/q_a.html))
5. 腐殖化作用和矿质化作用的关系 <https://zhidao.baidu.com/question/405557440.html>
6. 資料來源：維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%85%90%E6%AE%96%E8%B4%A8>
7. The Nature and Properties of Soils (<https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Weil-Nature-and-Properties-of-Soils-The-15th-Edition/PGM219427.html>), 2017, page=536
8. An overview on Carbon-to-Nitrogen Ratio (<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/carbon-to-nitrogen-ratio>)
9. 本段落資訊來自於中正基金會研究報告《台灣有機廢棄物的在利用～有機質肥料之生產及應用研究》，2011：p.61-p.62. ISBN 978-986-82955-9-9.
10. 本段落資料原始出處：<https://deepgreenpermaculture.com/diy-instructions/hot-compost-composting-in-18-days/>
11. <http://microbeorganics.com/>
12. <http://www.gardeningwithmicrobes.com/microscope.shtml>
13. 古菌 (<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8F%A4%E8%8F%8C>)
14. Teaming with Microbes: The Organic Gardener's Guide to the Soil Food Web. ([https://www.amazon.com/Teaming-Microbes-Organic-Gardeners-Guide/dp/B085WBSBHX/ref=sr\\_1\\_1?currencyCode=TWD&keywords=Teaming+with+Microbes&linkCode=ll2&linkId=9b72fd2f7ecb990cda54102aeef95390&qid=1629351389&sr=8-1](https://www.amazon.com/Teaming-Microbes-Organic-Gardeners-Guide/dp/B085WBSBHX/ref=sr_1_1?currencyCode=TWD&keywords=Teaming+with+Microbes&linkCode=ll2&linkId=9b72fd2f7ecb990cda54102aeef95390&qid=1629351389&sr=8-1)) 目前沒有中文版。

---

取自「[https://opwg.twfact.org/wiki/index.php?title=堆肥\\_Compost&oldid=5438](https://opwg.twfact.org/wiki/index.php?title=堆肥_Compost&oldid=5438)」

---

此頁面最後編輯於 2025-09-11 08:14:15。

除非另有註明，否則所有內容皆以 [創用 CC Attribution-NonCommercial-ShareAlike](#) 條款授權。