

「生菜廚餘與稻草的友善運用」種子教師培訓課程

# 厚土種植與香蕉圈

講師:林昱妍



新竹市環保局  
<http://www.hccepb.gov.tw/>

TW.CSA

生產者+消費者+每年長期的承諾=社區協力農業+無限的可能

臺灣社區協力農業協會  
<http://csa.twagroecology.info/>



新竹市  
竹塹社區大學  
校務系統

新竹市竹塹社區大學  
<https://women.hccu.org.tw/course/>



# 1. 厚土種植法(sheet mulching)



# 1. 厚土種植法(sheet mulching)

**Q: 如果給你一片長滿草的地，你會如何開始種植？**



## 厚土種植法

- ⊙ 不需翻土整地
- ⊙ 堅硬或貧瘠的土壤也適用
- ⊙ 防雜草
- ⊙ 增加土壤的營養/有機質
- ⊙ 創造/增加土層
- ⊙ 利用厚的覆蓋層保水



## 厚土種植=不翻堆的堆肥?!

- 厚土種植可以用來創造新的菜畦，也可以在既有的菜畦上加強
- 可以把厚土種植看成不需翻堆或移動、可以馬上種植的一種堆肥法



# 厚土種植的原理

- 即堆肥的原理。
- 堆肥，透過微生物將各種有機材料（如廚餘、落葉）分解成為可促進植物生長的腐植質或改善土壤特性的過程。
- 因此，製作堆肥最重要的工作，就是營造微生物的良好居住環境。
- 微生物跟人一樣，需要有食物、水和空氣才能生存。所謂「營造良好居住環境」，就是指以「平衡」的方式，提供食物、水和空氣給微生物
- 參與作用之微生物，包括細菌、真菌、原生動物、無脊椎動物如線蟲、蚯蚓、昆蟲等多種生物。

# 堆肥的要素

氮

空氣

水

碳

微生物

# 水

如果沒有水，微生物生長就會變慢；  
如果水太多，就會阻礙空氣進出。

# 水

- 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。

# 空氣

- 有空氣的狀態下，細菌會將有機質氧化分解以獲得能量及營養，這個過程會產生二氧化碳；
- 但如果沒有氧氣，這個分解過程就會變成厭氧分解，會產生如硫化氫之類的氣體，就會產生臭味。
- 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。

# 碳

- ④ 碳的用途：提供能量以及合成細菌身體的主要成分
- ④ 含碳量高的材料通常是乾的、褐色的，像是落葉、乾草、樹枝、厚紙板...



# 氮

- ④ 氮的作用：合成胺基酸與蛋白質
- ④ 含氮量高的材料通常是：綠色的、濕的，像是草、果菜、動物的糞便、綠色的葉子等



# 碳氮比

- 最適合於微生物之碳氮比介於25：1至30：1
- 如果碳氮比太高(氮不夠)，細菌無法合成蛋白質，無法大量繁殖，分解過程的進行相當緩慢。
- 如果氮太多（碳氮比太低，小於20:1），細菌快速生長，分解出過多之氨，會以阿摩尼亞的形式從堆肥中逸散，導致臭味及氮素的損失
- 維持適合的碳氮比(25-30:1)可以**最快速而無臭的產生堆肥**
- 堆肥過程進行時，有機資材中之碳氮比逐漸減少至10-15：1左右。

## 常見堆肥物料的碳氮比

堆肥的物料	碳氮比	堆肥的物料	碳氮比	堆肥的物料	碳氮比
木屑	400:1	乾樹葉	60:1	碎草	20:1
碎紙	150:1	新鮮樹葉	45:1	海藻	19:1
報紙	150:1	豆莢	30:1	白飯	15:1
紙張	150:1	果皮	30:1	洋蔥	15:1
樹皮	125:1	紅蘿蔔	27:1	辣椒	15:1
稻草	100:1	野草	25:1	菜莢	12:1
枯草	80:1	草木灰	23:1	蕃茄	12:1
松針	66:1	咖啡渣	20:1	豆渣	5:1

資料來源：<http://www.kskk.org.tw/food/node/16>



## 細菌分解過程可分兩類

### 厭氧分解

- 厭氧菌主導
- 可皆水解、酸化、甲烷化  
三階段
- 時間較長，有酸臭味
- 可回收能源(甲烷)

有機物(C.H.O.N.S)  $\longrightarrow$  CO<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O CH<sub>4</sub> NH<sub>3</sub> H<sub>2</sub>S

### 好氧分解

- 好氧菌主導
- 需要有足夠的氧氣(水、  
可分解有機物)
- 速度快、無臭味
- 營養可以溶解態保存，  
不致散逸
- 較適合家庭規模的廚餘  
堆肥化

有機物(C.H.O.N.S) + O<sub>2</sub>  $\longrightarrow$  CO<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O NO<sub>3</sub><sup>-1</sup> SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>



# 堆肥的製作原則



# 混合均勻與水份控制

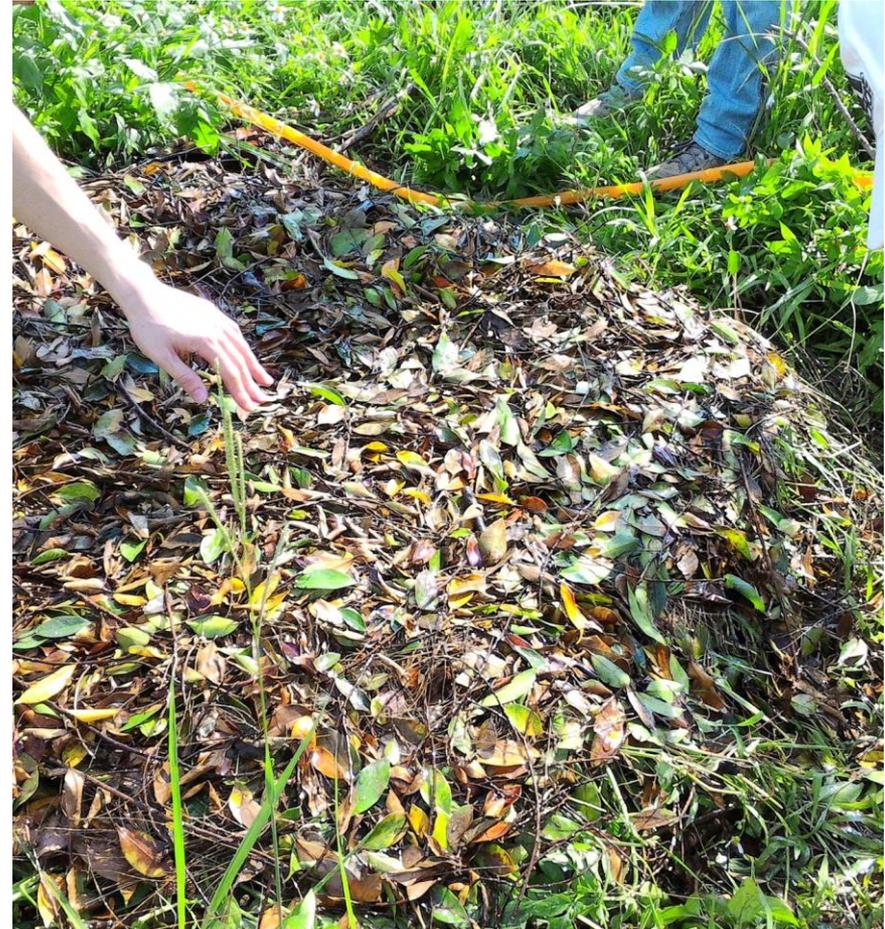
- 堆肥材料經過充分混合均勻較有利於發酵，可採混層堆積，即一層含碳高的有機材料，再一層含氮高的材料，層層混合即可。
- 想要調成適合的碳氮比(25-30:1)，可以用重量比一份的褐色資材，搭配二份的綠色資材；或體積比二份的褐色資材，搭配一份的綠色資材





# 混合均勻與水份控制

- 堆肥材料混合的同時可以適當地調整含水量至約60%，此種含水量近於以手緊握堆積材料而水能沿指縫點滴成形，或以棒插入堆積材料中，拔出時棒端濕潤。
- 水分含量不足時需添加水分，水分含量過多時可加木屑、粗糠等調整之。





# 體積與溫度控制

## ● 堆積體積：

堆肥如果太小堆，熱量就容易散失，不易發熱；如果太大堆，空氣就不容易滲透到裡面，會產生空氣不足的問題

因此，堆肥的大小最好不要超過1立方公尺，高度不宜超過1.5公尺，另外也可以在堆肥中加入一些大塊的材料，增加空隙。

## ● 堆肥材料的顆粒大小

如果顆粒太大，那表面積就相對較小，分解的速度會比較慢；如果顆粒太小，空氣就不容易進入，一樣會有空氣不足的問題。

## ● 溫度控制

堆積之體積越大，愈容易發熱升溫，但在初期60°C以上的高溫期維持7~14日後，應調整至50~60°C為最適合醱酵的溫度，其方法為加強翻堆及通氣，以散去醱酵熱能；



# 覆蓋

- 其目的在於防止水分散失、保溫，使堆肥水分及溫度均勻分佈，而有促進發酵之作用。
- 覆蓋亦可防止蚊蟲放卵滋生，及病菌雜草種子侵入，以維持堆肥品質。
- 覆蓋物之材質以麻布類稍具通氣性者為上品，其次為稻草、蒿稈類、草蓆、香蕉葉...等，塑膠布僅適於戶外防雨使用。





# 翻堆及通氣處理

- 翻堆的目的在於增加堆肥的通氣性、散發發酵熱以及將外面未發酵部分向內翻，使其充分腐熟。翻堆的時機則可視溫度之升降為指標。正常堆積約7~14日後，溫度由60°C以上逐漸下降，必須翻堆；爾後，堆肥溫度應維持在45~60°C之間，超出上下限即應翻堆。





# 堆肥腐熟

- 堆肥腐熟時其結構疏鬆，呈褐黑色，沒有臭味而呈泥土香氣。
- 可用種子發芽法作為標準，將蔬菜種子直接種於堆肥上，如種子發芽存活率達60%以上即表示堆肥已達某種程度的腐熟。
- 腐熟不是意味有機質完全分解，是指有機質分解的程度已達到最適合作物生長的條件，實際上腐熟堆肥施到土壤中後，仍然會繼續分解，只是分解速度相當緩慢





# 堆肥的功能

- 堆肥—製造安全且完全腐熟的有機質-腐植質
- 微生物在堆肥化過程中分解有機質放出熱量，蓄積的溫度可達  $60-80^{\circ}\text{C}$ ，因此可以將一些害蟲、蟲卵、病源菌、雜草種子等殺死，生成安全的堆肥。
- 腐植質的功能：
  - 如海棉般維持空氣
  - 保留水分
  - 產生團塊組織
  - 保留養份以供根部吸收
  - 使土壤的物理性、化學性、微生物性和營養性獲得充分調和和改善



# 改善土壤的物理性質

## ● 改善土壤結構：

有機質可促進土壤粒團的形成，使土壤結構穩定，增進土壤的導水性及通氣狀況，有利作物根系的發展。

## ● 土壤水分：

有機質的保水力比土壤中的無機成分強，增加土壤有機質含量，不僅提高土壤最大含水量，更可提高土壤有效水含量，增加土壤保水力。

## ● 土壤氧氣：

適量施用堆肥有利於土壤通氣性的改善，促進作物生長。然而若有機堆肥一次施用過高且堆肥品質不良，會造成微生物活動過度而消耗過量氧氣，致使土壤變成還原狀態，不利作物生長。

## ● 土壤沖蝕：

土壤有機質含量高，粒團穩定，降雨時土團不易被衝散，不至使土壤表層產生硬殼，有利雨水入滲，減少水的逕流。



# 改善土壤的化學性質

## ● 增加土壤有機質

當堆肥施入土壤後，經微生物分解後化合生成土壤有機質。

## ● 土壤pH值

施用堆肥可使土壤pH值趨於中性，即使酸性土壤pH值上升，使鹼性土壤pH值下降。

## ● 土壤鉗合作用

由於有機質含有許多化學官能基，而具有所謂的鉗合作用，可以抑制活性鋁，防止鋁毒害，亦可防止磷的固定，增加磷的有效性。

## ● 土壤緩衝能力

土壤緩衝能力，主要在於防止土壤環境因子如pH、離子濃度等的變化過劇，進而維護作物根系環境的穩定性。但上述功能必須在土壤有機質含量達到某一定量才有顯著效果

# HOT COPOSTING

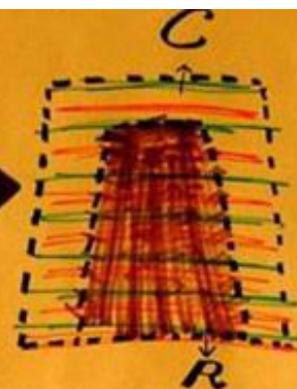
## “熱堆”堆肥方法

1. 把堆肥材料層層疊在一起
2. 靜置四天
3. 每2天翻堆混拌一次，持續14天。

DAY 1



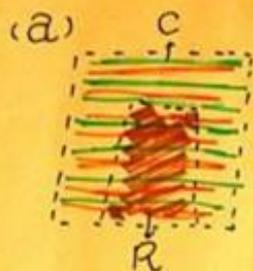
DAY 1



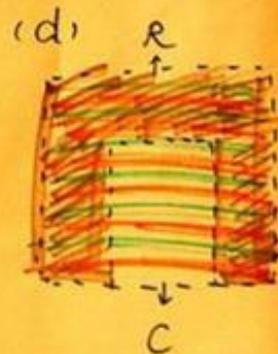
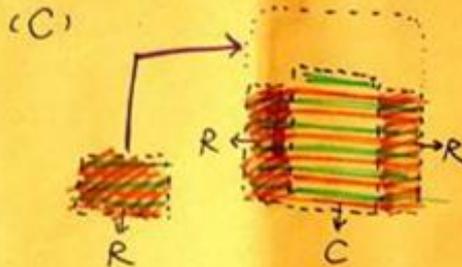
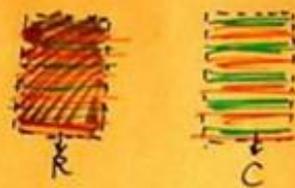
DAY 18



DAY 4.6.8.10.  
12.14.16.18



(b)







# 厚土種植法



## 厚土種植法

- 不需翻堆的堆肥方式
- 不需翻土整地
- 堅硬或貧瘠的土壤也適用
- 增加土壤的營養/有機質
- 創造/增加土層
- 利用厚的覆蓋層保水
- 防雜草



厚土種植法沒有絕對的做法，如何  
施作應視你手邊的資源與土地的狀  
況而定；只要把握幾個原則，你可  
以進行自己的厚土種植"創作"!!



# 厚土種植的基本原則

可將厚土視為三層：

- 下層：營養層/堆肥層

有機質、廚餘、未腐熟的堆肥、動物糞便...等，可供植物未來成長需要的養分

- 中層：防光層

厚紙板或香蕉葉，擋住光線，抑制雜草

- 上層：覆蓋層(保濕)/種植層

以厚厚的碳含量高的資材進行覆蓋，如稻草、粗糠、乾草、落葉...)  
，完全腐熟的堆肥或乾淨的土(無雜草種子)進行種植



# 操作步驟

•以下參考《向大自然學設計——樸門 Permaculture 啟發綠生活的無限可能》及自己的實作經驗

● **【步驟一】** 將荒地上的植物，在接近根部的地方用剪刀剪斷。並用大叉子插入土壤中前後鬆動土壤。不需翻土。

● 說明：

不將雜草連根拔起的原因是不要破壞土壤的結構，另外，草根分解後也會成為土壤中的養分，留下的通道有利於植物根系發展及蚯蚓移動生存。

用叉子鬆土的原因在於改善土壤通氣跟排水，若土壤本身很鬆軟，則不需鬆土





# 操作步驟

④ 【步驟二】將廚餘及其它有機資材鋪在割過草的地上，以提供作物成長營養；若資材較多，可一層綠(氮)、一層褐(碳)的放，每放一層都澆入足夠的水。

④ 說明：

這一層放入的資材，未來分解後，可提供植物成長所需的養分。

可調整合適的碳氮比，加速堆肥的分解

考量通氣性及分解速度，建議切成適中大小  
水份以50%~60%為佳

若有枯枝或竹子等資材，也可以放在這一層下面作為苗床的基礎，鋪上落葉後再放廚餘





# 操作步驟

- 【步驟二】 將廚餘及其它有機資材鋪在割過草的地上，以提供作物成長營養；若資材較多，可一層綠(氮)、一層褐(碳)的放，每放一層都澆入足夠的水。

- 說明：

這一層放入的資材，未來分解後，可提供植物成長所需的養分。

可調整合適的碳氮比，加速堆肥的分解

考量通氣性及分解速度，建議切成適中大小  
水份以50%~60%為佳

若有枯枝或竹子等資材，也可以放在這一層下面作為苗床的基礎，鋪上落葉後再放廚餘





# 操作步驟

- 【步驟二】 將廚餘及其它有機資材鋪在割過草的地上，以提供作物成長營養；若資材較多，可一層綠(氮)、一層褐(碳)的放，每放一層都澆入足夠的水。

- 說明：

這一層放入的資材，未來分解後，可提供植物成長所需的養分。

可調整合適的碳氮比，加速堆肥的分解

考量通氣性及分解速度，建議切成適中大小  
水份以50%~60%為佳

若有枯枝或竹子等資材，也可以放在這一層下面作為苗床的基礎，鋪上落葉後再放廚餘





# 操作步驟

③ **【步驟三】** 瓦楞紙撕去油墨部分，沾濕後鋪在廚餘上方，可防雜草生長。

③ 說明：

這一層為防光層，一來擋住陽光防止雜草生長，二來在廚餘熟成之前也先隔離植苗，避免廚餘分解過程中所產生的熱和化學物質傷害植物的根。

瓦楞紙也可以用香蕉或姑婆芋的厚葉子來代替。

沾濕比較服貼，也有利於加速分解，須鋪滿，避免雜草從空隙中鑽出。





# 操作步驟

- 【步驟四】瓦楞紙上方再鋪一層有機土或接近腐熟之堆肥
- 說明：  
這一層沃土是在廚餘完全熟成之前，提供植物養分之用。但如果土量不夠的話，可以以步驟六取代即可。堆肥下也可再施一層薄薄的氮，如綠草





# 操作步驟

③ **【步驟五】** 再鋪一層厚厚(建議15公分以上)的乾稻草或乾枯的雜草當土壤覆蓋物，澆濕

③ 說明：  
土壤若是裸露在外，沒有任何植被或覆蓋物，會因陽光曝曬而流失水分及破壞養分，若颶風下雨也容易造成土壤流失。





# 操作步驟

④ **【步驟六】** 在覆蓋物上挖個小洞，洞中灑一把好土（堆肥土或培養土等肥沃的土壤），再將作物種下。

④ 說明：

植物的小苗在初期會使用這把好土的養分，長大後廚餘也熟成了，伸長的根就能吸收到廚餘的養分了。如果土量不夠無法執行步驟四，就直接在洞中放一把好土即可。

如果土量或熟成的堆肥夠多，也可在覆蓋物之間堆一層土，直接挖洞便可種植



# Figure 1 - "Lasagna Soil Layers"



## Figure 2

**Bombproof Sheet Mulch**  
As described by Toby Hemenway in *Gaia's Garden*



Image of "Lasagna Soil Layers"



2 inches of straw, leaves, or other seedless mulch

1 to 2 inches of compost

8 to 12 inches of hay, stable bedding, or other bulk organic matter

Thin layer (1/4 to 1 inch) of manure or other nitrogen-rich material

1/4 to 1/2 inch of newspaper or cardboard

Thin layer of manure

Soil amendments (lime, rock, dust, greensand, etc.)

Slashed vegetation

Soil surface

Roots, cracks, moistened oil

Sheet mulching diagram adapted from  
Toby Hemenway's "Gaia's Garden"



# 應用在花盆種植上



<https://www.youtube.com/watch?v=up4c2ee-n9s>



# 注意事項

- 厚紙板需去除印刷油墨，亦可用無毒油墨印製的報紙取代。
- 可以馬上種植，也可以等個兩週左右，讓土壤的微生物生態穩定下來。(可加入稀釋的黑糖蜜水或菌水，讓微生物快一點達到穩定態)
- 厚土中的資材應優先使用農園與家庭中的廢棄物(如稻草、雞糞、雜草、生果菜廚餘、落葉、枯枝、厚紙板...等)
- 若有外來的資材，應注意來源及安全性，避免引入重金屬或持續性有機汙染物(如DDT及部分農藥)汙染土地
- 由於厚土中的堆肥分解過程不易達高溫，無法殺死病原體及害菌，不宜放入可能致病的資材。
- 長期而言，宜考慮資材取得的方便性，選擇鄰近資源以減少能源的浪費



## 2. 香蕉圈 (Banana Circle)

Q：你有觀察過野外(自然)的香蕉如何生長嗎？



# 香蕉圈的功能

- 堆肥區 (取代燃燒有機質的文化)
- 食物生產
- 生物質(Biomass)的生產
- 灰水/中水的處理
- 野生動物的棲息地
- 可整合進曼德拉圈
- 增進社區的互動
- 有機質持續循環的系統

資料來源：<https://treeyopermacultureedu.wordpress.com/chapter-10-the-humid-tropics/banana-circle/>



-  有機質
-  香蕉
-  樹薯
-  檸檬香茅
-  地瓜葉
-  芋頭

香蕉圈

Banana Circle

1 in = 50 cm  
SCALE





# 香蕉的特性

- 非常飢渴的作物-喜歡豐富的有機質跟水
- 適合種在多水、有機質豐富的地方
- 容易移植，在大樹旁取小苗移植即可
- 草本植物，一棵苗只能長一次香蕉
- 也可用木瓜或椰子樹取代或間植



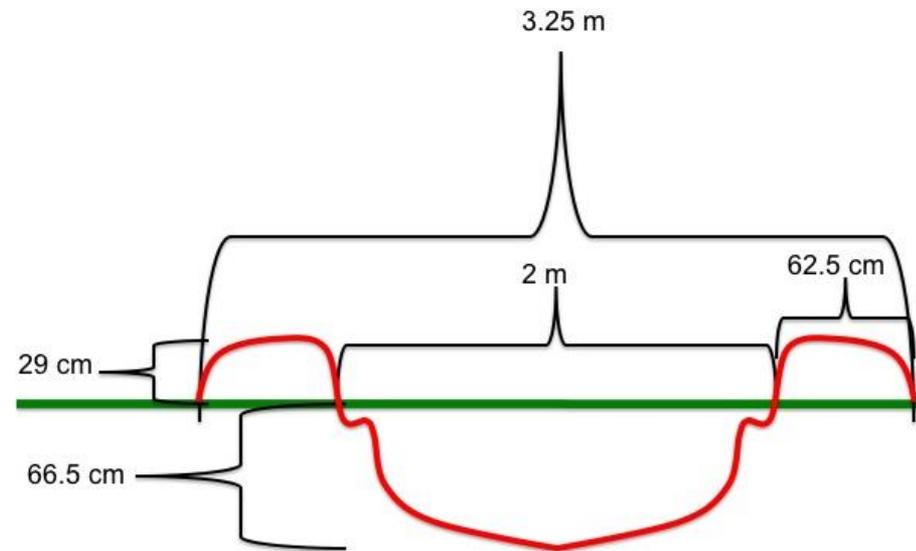
# 香蕉圈的做法

- 【步驟一】在選定的區域挖出直徑兩米、深度約**50-80公分**的坑，挖出的土在坑旁堆成寬約**60公分**、高約**30公分**的土丘。

- 說明：

這樣的大小可以有足夠的蓄水及推肥空間，同時也不會大到無法持續累積堆肥

如果有很多堆肥及中水需處理，可多做幾個連續的香蕉圈



SCALE  
1 in = 50 cm

Banana Circle



# 香蕉圈的做法

● **【步驟二】** 土丘及坑作覆蓋，可用濕的厚紙板、紙或幾層香蕉葉

● 說明：  
可以減緩水的入滲，讓香蕉等週邊的作物有足夠的時間吸收養份  
土丘為種植區，覆蓋厚紙板可防雜草





# 香蕉圈的做法

③ **【步驟三】** 土坑裡放較大的枯枝，枯枝上可加入廚餘及其它有機質，最後覆蓋厚厚的落葉

③ 說明：

土坑裡堆放大量的有機質(要放到中央突起)，最下面放大的木頭(提供好的真菌環境、通氣)

中間放廚餘、草、厚紙板...各種資材

最上面覆蓋厚厚的落葉





# 香蕉圈的做法

## ● 【步驟四】種香蕉

### ● 說明：

土丘的最上方可平均種下約七棵的香蕉苗

香蕉收成後，砍下的植株可以填入中間作為有機質進行循環

種香蕉的位置也可種植木瓜

注意香蕉新苗的密度，過密時需移植





# 香蕉圈的做法

## 【步驟四】種植其它作物

說明：

土丘外側-樹薯

耐旱、長的快、遮蔭

香蕉中間-檸檬香茅

香味可防蟲、切碎後可做  
覆蓋物，初期的防風

土丘內側-濕地植物

如芋頭，可密植在土丘的內  
側



1 in = 50 cm  
SCALE



# 香蕉圈的做法

## 【步驟四】 種植其它作物

說明：

土丘表面-活的覆蓋物(地瓜葉)

快速生長，可控制雜草，及維持穩定的土溫(有利於植物生長)

也可種蔓花生(固氮，良好的地被及水土保持植物)



1 in= 50 cm  
SCALE





## 香蕉圈的應用

- 1.可循環的堆肥系統
- 2.灰水處理後進行澆灌



# 認識灰水(中水)

- 灰水(**Greywater**)-沖廁以外的家庭污水，包括洗澡、洗手、洗衣、洗碗、廚房污水...，稱做“灰”水是因為放久了會變灰色。
- 沖廁的水稱為黑水(**Blackwater**)，灰水與黑水性質差異很大，灰水及黑水經過妥善的處理，都可以用來澆灌，不過灰水的再利用處理遠比黑水快、簡單、便宜且安全。
- 最好的水利用- 節約用水(省水器材及用水習慣)，其次，中水再利用



# 認識灰水(中水)

- 灰水的內容隨家戶生活習慣而有差異，對多數的家庭來說，可能包含肥皂、洗髮精、牙膏、刮鬍膏、菜渣、食用油、洗碗精、洗衣粉、頭髮、皮屑、棉絮...等。
- 其中，最主要的污染源是洗衣粉，含磷(藻類大量繁殖，水體優氧化)、多種鹽類，經常為強鹼。
- 持續使用含多種鹽類及磷的洗衣回收水澆灌會使土壤鹽化，阻礙作物生長
- 除了含磷洗衣粉外，灰水所含的養份通常不高，容易被植物分解利用



# 確保中水的安全

- 為了避免汙染水體，確保中水再利用的安全性，建議以下策略：

使用無磷及含鹽類較少的洗衣劑，亦可以皂絲、洗衣球、小蘇打粉、酵素...替帶洗衣粉

避免使用強效洗潔劑，因為通常對人體及環境都有毒害，也會殺死化糞池中的益菌及淨化中水用的植物

儘量使用環保洗劑以確保中水的安全，例如使用雙氧水來取代漂白水使用

避免使用含硼產品，少量即對植物有毒性



# 認識灰水(中水)

- 灰水的內容隨家戶生活習慣而有差異，對多數的家庭來說，可能包含肥皂、洗髮精、牙膏、刮鬍膏、菜渣、食用油、洗碗精、洗衣粉、頭髮、皮屑、棉絮...等。
- 其中，最主要的污染源是洗衣粉，含磷(藻類大量繁殖，水體優氧化)、多種鹽類，經常為強鹼。
- 持續使用含多種鹽類及磷的洗衣回收水澆灌會使土壤鹽化，阻礙作物生長



# 香蕉圈的應用

- 香蕉圈可用來處理中水、地表逕流、或雨水蒐集桶的溢流水，甚至是透過乾式廁所蒐集到的尿液。
- 選擇香蕉是因為香蕉好肥，也需要足夠的水份才能長的好。香蕉本身非常營養，對開發中國家而言，是將廢棄物轉換成高營養食物的好選擇。



# 香蕉圈的應用

- 應用此法處理灰水用於灌溉上甚為簡單便宜
- 灰水中的營養鹽同時被香蕉圈上的作物及堆肥裡大量有機質內的微生物吸收及分解，可不需額外設施。
- 香蕉圈可以處理肥皂、一般的洗潔劑及灰水中的油，然而，重要的是，需要避免重金屬及有毒化學製品，因此，宜選擇低鹽及無磷的產品
- 安全起見，處理過後的中水不宜直接用於葉菜類澆灌，只能透過土壤滲透後種植。
- 若以土壤滲透後使用，則不宜用於根莖類；最安全的是用於果樹
- 中水不能經過噴灑
- 若土壤滲透性不佳，則可經人工濕地淨化處理後再使用



## 無汙染的清潔用品

清潔品	功能/用途
小蘇打粉	無毒，可用於所有物品的清潔、除臭、擦亮
玉米粉	可用作地毯的清潔及除臭
檸檬酸/檸檬水	去除金屬及磁器上的髒汙及油脂
純肥皂	可用於所有物品的清潔
醋	清潔玻璃的利器，可除黴、汗漬、油脂、蠟
蘇打粉(碳酸鈉)	去油、消毒，增加肥皂的洗淨力
環保酵素	除汙、去油