

# 屏東縣第 65 屆科學展覽會

## 作品說明書

科別：生物科

組別：國中組

作品名稱：炭土奇蹟

~探討不同生物炭對土質改善和蔬菜生長情況的影響~



關鍵詞：生物炭、改善土質、農業廢棄物

編號：B4012

# 目錄

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| 摘要.....                            | 1    |
| 壹、前言.....                          | 2    |
| 研究動機、研究目的、文獻探討及研究流程.....           | 2~4  |
| 貳、實驗材料與器材.....                     | 4    |
| 參、實驗設計與流程.....                     | 4    |
| 肆、研究過程與方法.....                     | 5~7  |
| 伍、實驗結果與討論.....                     | 7~18 |
| 一、探討不同生物炭和土壤混合比例在種植蔬菜前後對土質的影響..... |      |
| 二、探討不同生物炭和土壤混合比例對小白菜和空心菜發芽影響.....  |      |
| 三、探討不同生物炭和土壤混合對小白菜和空心菜生長之影響.....   |      |
| 陸、結論.....                          | 18   |
| 柒、參考文獻.....                        | 19   |

## 作品名稱:炭土奇蹟

~探討不同生物炭對土質改善和蔬菜生長情況的影響~

### 摘要

我們偶然看到農夫在焚燒農業廢棄物，我們覺得這樣不僅會很浪費，還會造成環境汙染。因此我們把農業廢棄物燒製成生物炭來利用，想知道不同生物炭和土壤混和比例在種植蔬菜前後是否會影響土質及農作物的發芽率及生長情況？經過幾個月的實驗，我們發現在混合種植中空心菜的發芽率在雜木炭最高，雜木炭對小白菜和空心菜的生長都有明顯的幫助。土壤在種植前後的成分差異很多，尤其是總鹼量可以由 120 降到 40 甚至零，一開始加入生物炭時，總鹼量就降到很低，就一直維持到實驗結束。單種種植，小白菜在蛋殼炭的平均生長高度最高，加雜木炭的次之，加咖啡炭長不好。空心菜加各種炭都長的很好，尤其是雜木炭最好。生物炭對葉子長度影響不大。



# 壹、前言

## 一、研究動機

去外婆家玩時，偶然間看到農夫在焚燒農業廢棄物一如雜草、樹枝、果皮……，我們覺得這樣子不但會造成環境汙染，同時又會浪費掉這些含炭的生物資源，所以我們想辦法把這些農業廢棄物變成更有用的東西，我們查了一些農作物再生的方法，發現把農作物炭化



後可以當作肥料利用，減少碳排，改善土壤的通氣性，因此我們想探究不同的植物做成的生物炭對農作物生長及土質的有甚麼影響?我們使用雜木炭、蛋殼炭及咖啡渣炭用不同的比例和土壤混合，對常見的蔬菜一小白菜和空心菜的發芽及生長的影響。

## 二、研究目的

- (一) 探討不同生物炭和土壤混合比例在種植蔬菜前後對土質的影響
- (二) 探討不同生物炭和土壤混合比例對小白菜和空心菜發芽影響
- (三) 探討不同生物炭和土壤混合對小白菜和空心菜生長之影響

### 三、文獻探討

(一) 生物炭: 生物炭是一種木炭的形式，藉由森林和農業廢棄物、城市垃圾或禽畜糞便等天然有機燃料透過低氧或缺氧下不完全燃燒的過程(熱裂解(pyrolysis))而來。已有文獻證實生物炭可以提供相當大比例的土壤有機碳(soil organic carbon, SOC)，可有效的改良劣化的土地，且能減少土壤重金屬(銅、鋅)、有機汙染物及農藥的施用量。生物炭本身除了作為一種可再生能源外，其生產過程所產生的合成氣體(synthetic gas)亦可轉換成熱能及能量使用。前人研究已表明生物炭結合在土壤中可促進植物生長，提高農作物產量。(參考一)

#### (二) 其他研究

#### 1.第 59 屆全國科展 生生炭熄～生生不息！－花生殼生物炭與肥料共同施加對葉菜作物生長之影響

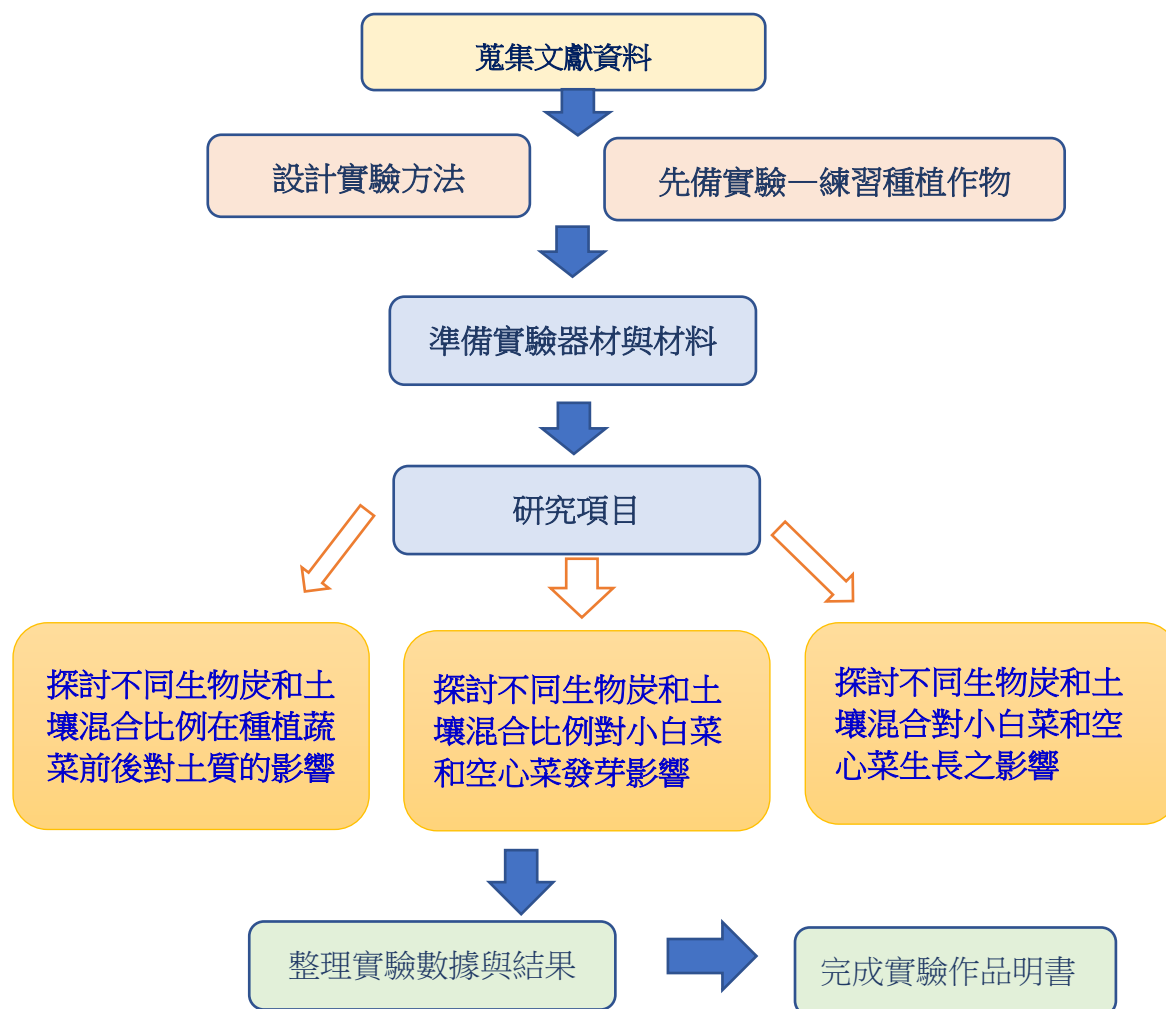
- (1) 新鮮花生殼製成之生物炭，與培養土混合比例 1：50，在不同施肥頻率下，試驗作物的生長狀況皆顯著優於未添加生物炭者，且其增產效用未顯著受減少施肥影響
- (2) 不同施肥狀況下，新鮮生物炭對小白菜葉長寬增加的效用不受減施肥料的影響，具有顯著主要效應；而水煮及鹽水煮處理者，對葉長寬影響雖受施肥狀況影響(參考二)

#### 2.第 62 屆科展生物炭可降解覆膜對土壤與植物生長影響

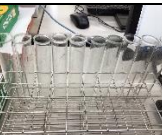
- (1)分別以椰子纖維、木薯莖、茶葉渣、油棕枝與鳳梨葉五種農業廢棄物為原料五種覆膜對於紅土及黑土之酸鹼值、電導度等有不同程度幫助，但於有機碳含量與生物酶活性等性質的趨勢不一。
- (2)在萵苣生長方面，多數組別的乾、濕重增加。種植五周萵苣採收後薄膜已有一定程度的降解，不會造成殘留汙染，還可提升土壤性質及幫助萵苣生長。
- (3) 所以我們研究不同生物炭和土壤混合比例對土質及蔬菜生長的影響。(參考三)



#### 四、研究流程



#### 貳、實驗藥品及器材

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 小白菜種子                                                                               | 空心菜種子                                                                               | 試管                                                                                  | 小花盆                                                                                 | 土質檢測試紙                                                                               | 量筒                                                                                    | 電子秤                                                                                   |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 尺                                                                                   | 雜木炭                                                                                 | 蛋殼炭                                                                                 | 咖啡炭                                                                                 | 培養土                                                                                  | 磨粉機                                                                                   | 大花盆                                                                                   |
|  |  |  |  |  |  |  |

## 參、研究方法與過程

※練習試種作物—將空心菜和小白菜種子一起種在不同比例生物炭和土壤

混合的大花盆中，觀察作物的發芽及生長情形

- (一) 一般土與炭土之依照不同比例混合(400:0、390:10、380:20、370:30、360:40)，均勻混和。使用上述土壤比例配置雜木炭
- (二) 植物栽培  
選用小白菜以及空心菜作為實驗觀察對象，每盆栽中種入各 5 顆種子
- (三) 靜待一周後觀察其發芽率及生長高度。



0g  
對照組



10g  
生物炭



20g  
生物炭



30g  
生物炭



40g  
生物炭

※正式實驗:將空心菜和小白菜分開種植

### 一、 探討不同生物炭和土壤混合比例在種植蔬菜前後對土質的影響

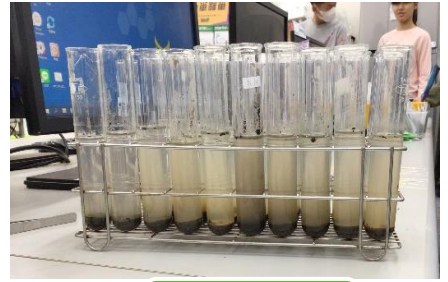
- (一) 在種植作物前，將種植作物的土，取 5g 加入水 30cc 放入試管內放置一天
- (二) 利用土質檢測試紙，檢測土壤的性質，如 pH 值、各種礦物鹽……等
- (三) 在種植作物後，再取種植土壤檢測其土壤特性，並且和種植前作比較，了解種植前後土壤性質改變的情形。



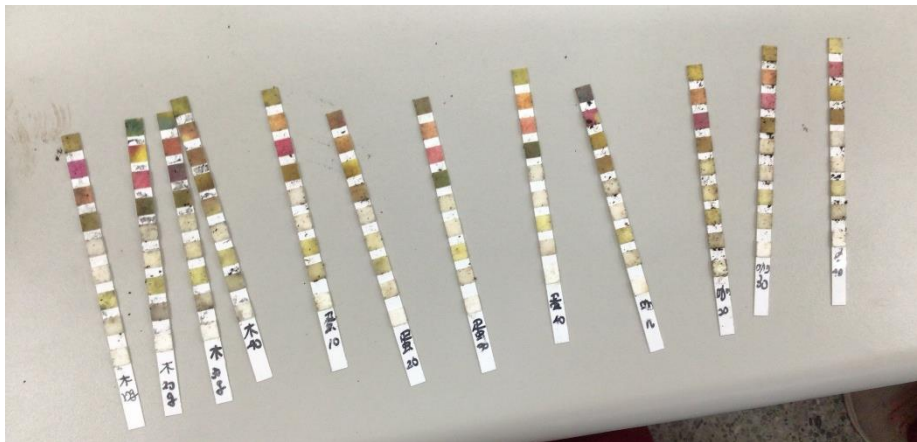
種植前



檢測試紙



種植後



記錄檢測結果



## 二、 探討不同生物炭和土壤混合比例對小白菜和空心菜發芽影響

### (一)土壤配置:

一般土與炭土之依照不同比例混合(250:0、240:10、230:20、220:30、210:40)，再與 50 克培養土均勻混和。使用上述土壤比例配置雜木炭土組、咖啡炭土組以及蛋殼炭土組。

### (二)植物栽培

選用小白菜以及空心菜作為實驗觀察對象，每盆栽中種入 5 顆種子

### (三) 一個星期後記錄發芽率



雜木炭



咖啡炭



蛋殼炭

## 三、 探討不同生物炭和土壤混合對小白菜和空心菜生長之影響

(一)方法同實驗二的步驟 (二)~(三)。

### (二) 兩個星期後記錄生長高度及葉片大小



雜木炭



咖啡炭



蛋殼炭

## 肆、實驗結果與討論

### ※練習試種作物

我們先把空心菜和小白菜種在同一個大盆中，觀察這種作物在不同的生物炭土壤中的發芽及生長情形，結果如下：

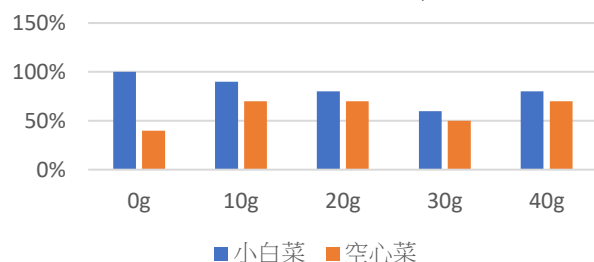
表一:小白菜、空心菜在不同比例的雜木炭中的發芽率

|     | 小白菜  | 空心菜 |
|-----|------|-----|
| 0g  | 100% | 40% |
| 10g | 90%  | 70% |
| 20g | 80%  | 70% |
| 30g | 60%  | 50% |
| 40g | 80%  | 70% |

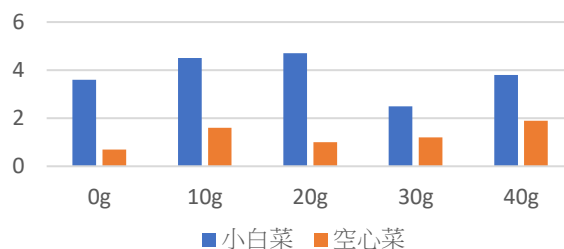
表二:小白菜、空心菜在不同比例的雜木炭中的生長情形

|     | 小白菜 | 空心菜 |
|-----|-----|-----|
| 0g  | 3.6 | 0.7 |
| 10g | 4.5 | 1.6 |
| 20g | 4.7 | 1   |
| 30g | 2.5 | 1.2 |
| 40g | 3.8 | 1.9 |

圖一:小白菜、空心菜在不同比例的雜木炭中的發芽率



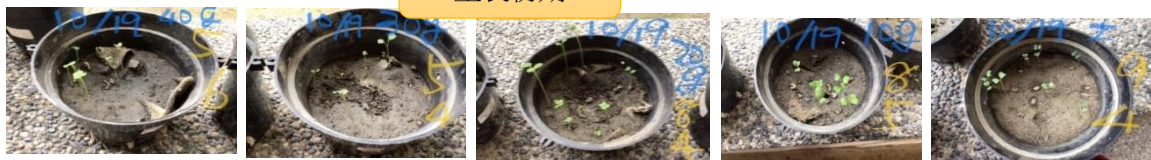
圖二:小白菜、空心菜在不同比例的雜木炭中的生長情形



### 結果與討論:

- (一) 發芽率:小白菜在 0g 中的最高，可達 100%，在 30g 雜木炭中的最低，其餘都有 80% 以上的發芽率；**空心菜**的發芽率較小白菜低，在 0g 中最低，只有 40%，**在雜木炭中的發芽率比較高**，尤其是 10g 和 40g 的發芽率最高，可達 70%。因此雜木炭對空心菜的發芽有明顯的幫助。
- (二) 生長情形:**小白菜 20g 的炭中生長高度最高**，只有 30g 較差，其餘都比對照組好；**空心菜 40g 生長高度最高**，有加炭的都比對照組好。可見**雜木炭對小白菜和空心菜的生長都有明顯的幫助**。

生長初期



## ※正式實驗

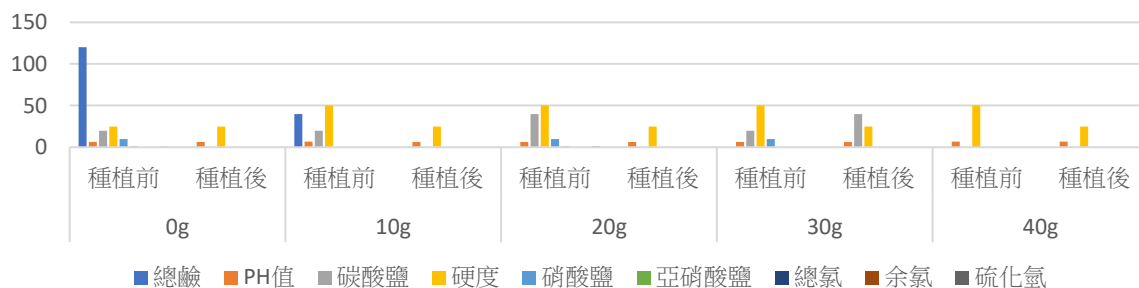
### (一) 探討不同生物炭和土壤混合比例在種植蔬菜前後對土質的影響

由先備實驗發現雜木炭會影響生物的發芽和生長，是不是雜木炭會影響土壤的性質，進一步影響植物的發芽與生長呢？以下是我們對雜木炭、咖啡炭、蛋殼炭混合泥土在種植前後土壤性質的改變情形，結果如下：

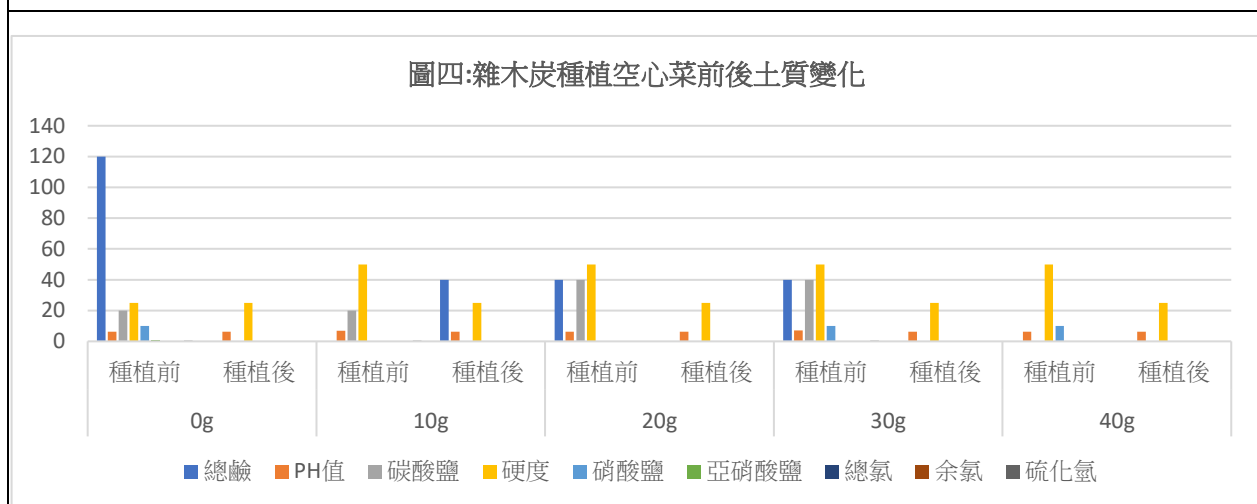
(表三)咖啡炭種植空心菜前後土質變化

|      | 0g  |     | 10g |     | 20g |     | 30g |     | 40g |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 |
| 總鹼   | 120 | 0   | 40  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| PH 值 | 6.2 | 6.2 | 6.8 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.8 | 6.8 |
| 碳酸鹽  | 20  | 0   | 20  | 0   | 40  | 0   | 20  | 40  | 0   | 0   |
| 硬度   | 25  | 25  | 50  | 25  | 50  | 25  | 50  | 25  | 50  | 25  |
| 硝酸鹽  | 10  | 0   | 0   | 0   | 10  | 0   | 10  | 0   | 0   | 0   |
| 亞硝酸鹽 | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 總氮   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 余氮   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 硫化氫  | 0.5 | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

圖三:咖啡炭種植空心菜前後土質變化

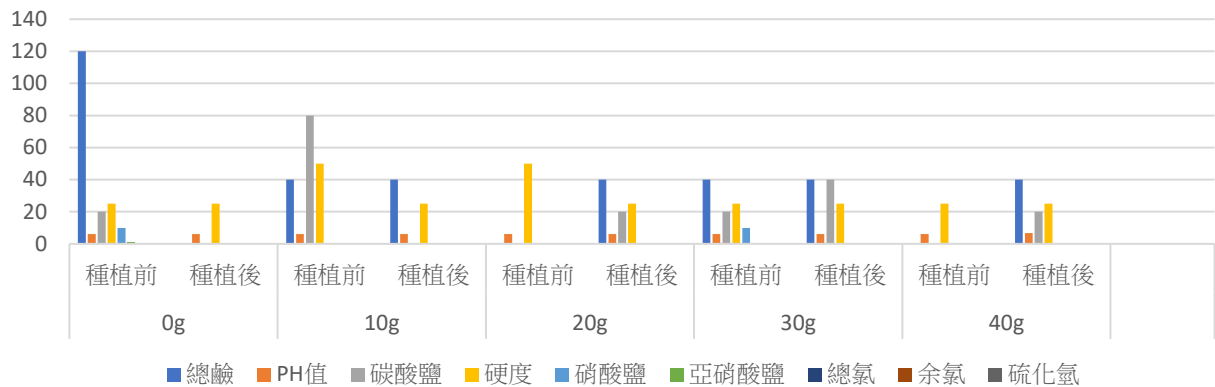


| (表四)雜木炭種植空心菜前後土質變化 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                    | 0g  |     | 10g |     | 20g |     | 30g |     | 40g |     |
|                    | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 |
| 總鹼                 | 120 | 0   | 0   | 40  | 40  | 0   | 40  | 0   | 0   | 0   |
| PH 值               | 6.2 | 6.2 | 6.8 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 7.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 |
| 碳酸鹽                | 20  | 0   | 20  | 0   | 40  | 0   | 40  | 0   | 0   | 0   |
| 硬度                 | 25  | 25  | 50  | 25  | 50  | 25  | 50  | 25  | 50  | 25  |
| 硝酸鹽                | 10  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 0   | 10  | 0   |
| 亞硝酸鹽               | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 總氯                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 余氯                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 硫化氫                | 0.5 | 0   | 0.5 | 0   | 0   | 0   | 0.5 | 0   | 0   | 0   |



| (表五)蛋殼炭種植空心菜前後土質變化 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                    | 0g  |     | 10g |     | 20g |     | 30g |     | 40g |     |
|                    | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 |
| 總鹼                 | 120 | 0   | 40  | 40  | 0   | 40  | 40  | 40  | 0   | 40  |
| PH 值               | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.8 |
| 碳酸鹽                | 20  | 0   | 80  | 0   | 0   | 20  | 20  | 40  | 0   | 20  |
| 硬度                 | 25  | 25  | 50  | 25  | 50  | 25  | 25  | 25  | 25  | 25  |
| 硝酸鹽                | 10  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 0   | 0   | 0   |
| 亞硝酸鹽               | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 總氯                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0.5 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 余氯                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 硫化氫                | 0.5 | 0   | 0.5 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

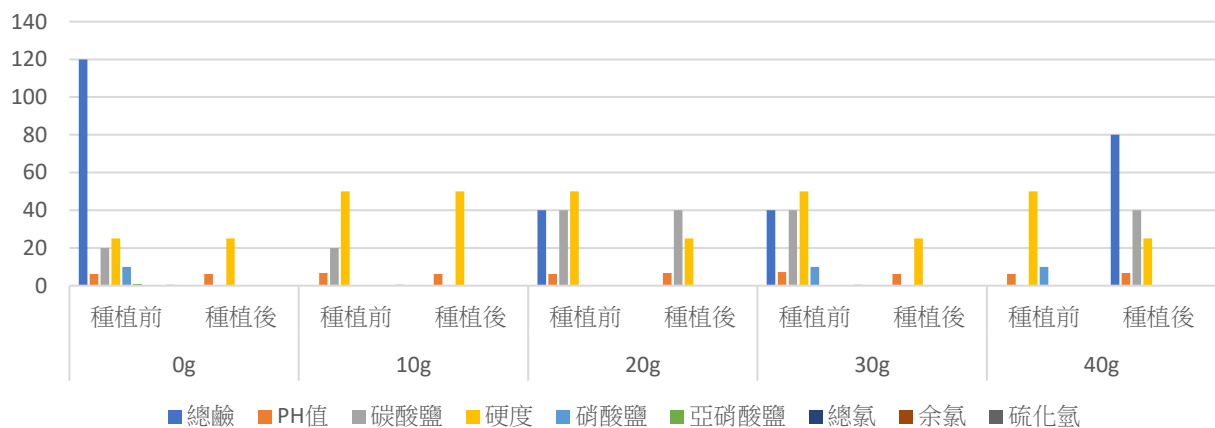
圖五:蛋殼炭種植空心菜前後土質變化



(表六)雜木炭種植小白菜前後土質變化

|      | 0g  |     | 10g |     | 20g |     | 30g |     | 40g |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 |
| 總鹼   | 120 | 0   | 0   | 0   | 40  | 0   | 40  | 0   | 0   | 80  |
| PH 值 | 6.2 | 6.2 | 6.8 | 6.2 | 6.2 | 6.8 | 7.2 | 6.2 | 6.2 | 6.8 |
| 碳酸鹽  | 20  | 0   | 20  | 0   | 40  | 40  | 40  | 0   | 0   | 40  |
| 硬度   | 25  | 25  | 50  | 50  | 50  | 25  | 50  | 25  | 50  | 25  |
| 硝酸鹽  | 10  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 0   | 10  | 0   |
| 亞硝酸鹽 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 總氮   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 余氯   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 硫化氫  | 0.5 | 0   | 0.5 | 0   | 0   | 0   | 0.5 | 0   | 0   | 0   |

圖六:雜木炭種植小白菜前後土質變化

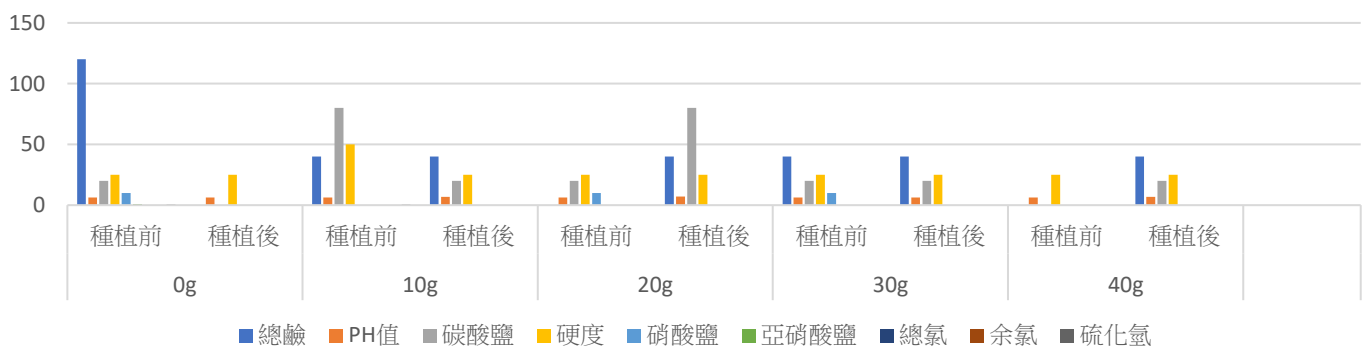




(表七)蛋殼炭種植小白菜前後土質變化

|      | 0g  |     | 10g |     | 20g |     | 30g |     | 40g |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 |
| 總鹼   | 120 | 0   | 40  | 40  | 0   | 40  | 40  | 40  | 0   | 40  |
| PH 值 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.8 | 6.2 | 7.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.8 |
| 碳酸鹽  | 20  | 0   | 80  | 20  | 20  | 80  | 20  | 20  | 0   | 20  |
| 硬度   | 25  | 25  | 50  | 25  | 25  | 25  | 25  | 25  | 25  | 25  |
| 硝酸鹽  | 10  | 0   | 0   | 0   | 10  | 0   | 10  | 0   | 0   | 0   |
| 亞硝酸鹽 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 總氮   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 余氮   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 硫化氫  | 0.5 | 0   | 0.5 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

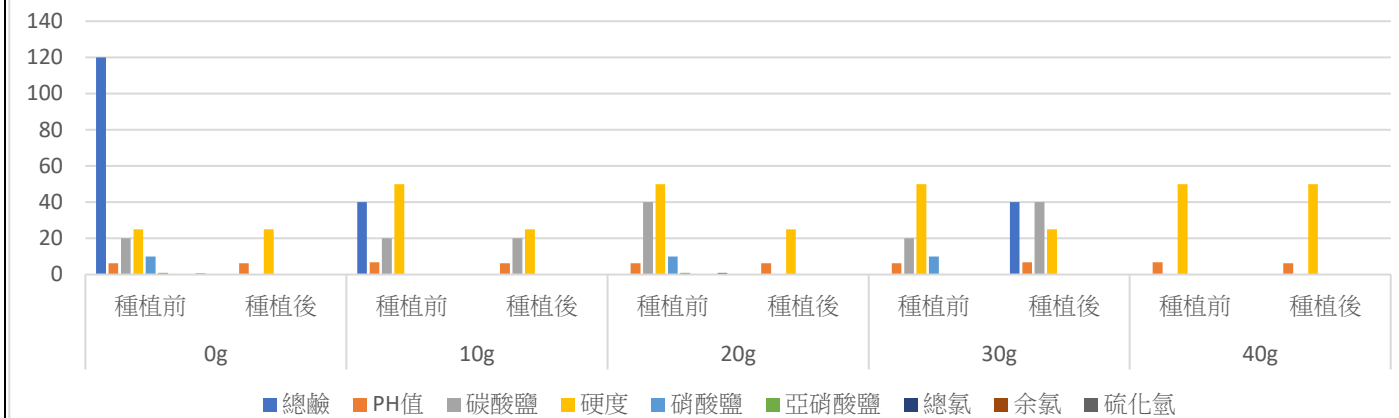
圖七:蛋殼炭種植小白菜前後土質變化



(表八)咖啡炭種植小白菜前後土質變化

|      | 0g  |     | 10g |     | 20g |     | 30g |     | 40g |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 | 種植前 | 種植後 |
| 總鹼   | 120 | 0   | 40  | 0   | 0   | 0   | 0   | 40  | 0   | 0   |
| PH 值 | 6.2 | 6.2 | 6.8 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.8 | 6.8 | 6.2 |
| 碳酸鹽  | 20  | 0   | 20  | 20  | 40  | 0   | 20  | 40  | 0   | 0   |
| 硬度   | 25  | 25  | 50  | 25  | 50  | 25  | 50  | 25  | 50  | 50  |
| 硝酸鹽  | 10  | 0   | 0   | 0   | 10  | 0   | 10  | 0   | 0   | 0   |
| 亞硝酸鹽 | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 總氮   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 余氮   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 硫化氫  | 0.5 | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

圖八:咖啡炭種植小白菜前後土質變化



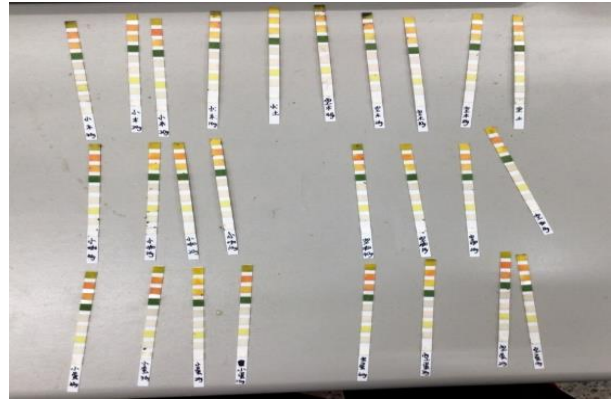
## 【結果與討論】

(一)由以上圖表(三~八)及檢測紙(右圖)發現土壤在種植前後的成分差異很多，尤其是總鹼量可以由120降到40甚至零，這關係到土壤的礦物質含量，可能隨著時間、植物的吸收、澆水的淋溶作用流失，所以最後的總鹼量差異不大，比較值得注意的是一開始加入生物炭時，總鹼量就降到很低，推測這些炭可能可以吸附掉土中的礦物質，然後再慢慢釋放，維持土壤性質的穩定。

(二)由於三種生物炭對土壤種植前後的性質很接近，所以我們再整理加入10克生物炭時(由預備實驗發現加10克的生物炭，小白菜和空心菜就有生長比較好的情形了)，比較空心菜和小白菜在種植前後土壤的差異，如下表:

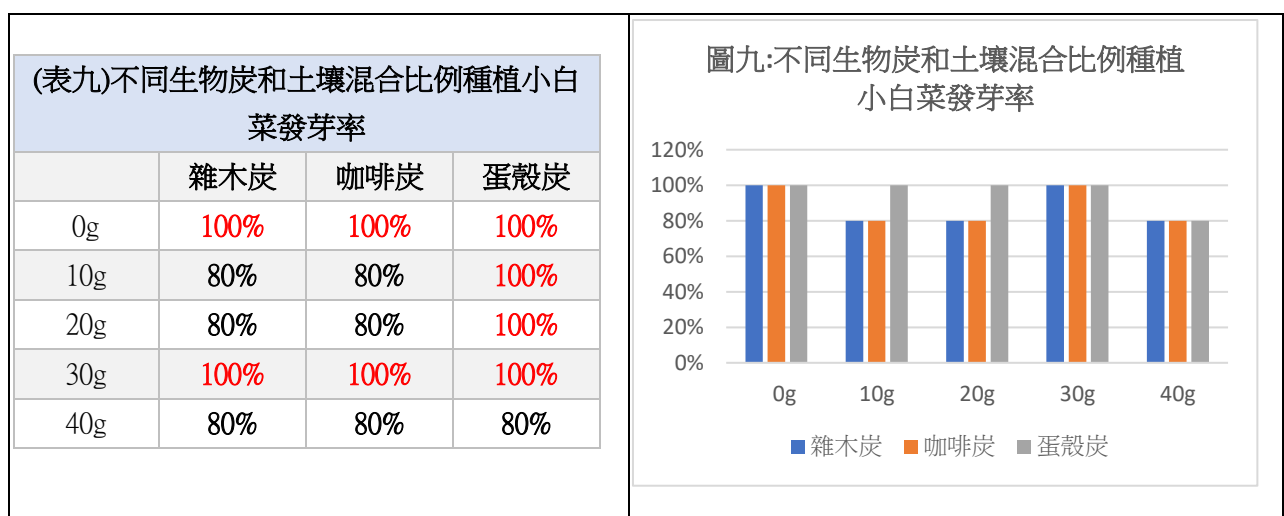
|      | 種植前 |     |     |     | 種植後 |     |     |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 0g  | 咖啡炭 | 雜木炭 | 蛋殼炭 | 0g  | 咖啡炭 |     | 雜木炭 |     | 蛋殼炭 |     |
|      |     |     |     |     |     | 小白菜 | 空心菜 | 小白菜 | 空心菜 | 小白菜 | 空心菜 |
| 總鹼   | 120 | 40  | 0   | 40  | 0   | 0   | 0   | 0   | 40  | 40  | 40  |
| PH 值 | 6.2 | 6.8 | 6.8 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.8 | 6.2 |
| 碳酸鹽  | 20  | 20  | 20  | 80  | 0   | 20  | 0   | 0   | 0   | 20  | 0   |
| 硬度   | 25  | 50  | 50  | 50  | 25  | 25  | 25  | 50  | 25  | 25  | 25  |
| 硝酸鹽  | 10  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 亞硝酸鹽 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 總氮   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 余氯   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 硫化氫  | 0.5 | 0   | 0.5 | 0.5 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

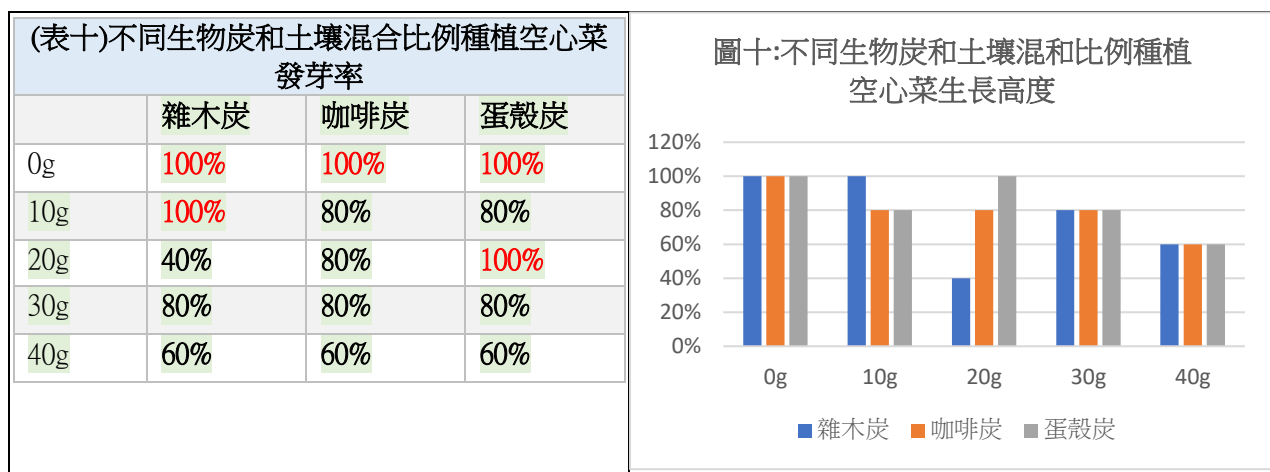
發現在種植之前加 10g 的 3 種炭的總鹼度都下降很多，尤其是雜木炭已下降為 0，pH 值咖啡炭和雜木炭有增加，碳酸鹽是蛋殼炭有增加，硬度大家都增加了，硝酸鹽和亞硝酸鹽都減少為零，硫化氫則是咖啡炭減少為零。至於種植後，咖啡炭土種小白菜碳酸鹽沒有改變，其餘都和 0g 的變化一樣。雜木炭是種空心菜的總鹼度增加了，種小白菜的硬度增加了。蛋殼炭土種小白菜的總鹼度、pH 值、碳酸鹽都比 0g 高，種空心菜的總鹼度比較高，這樣看起來蛋殼炭營養鹽似乎比較高，雜木炭次之，咖啡炭最差，將來植物生長的情形是不是也照這個順序呢？由我們後面的觀察結果便可得知。



## (二) 探討不同生物炭和土壤混合比例對小白菜和空心菜發芽影響

由先備實驗發現雜木炭會影響生物的發芽，應此我們想知道加入不同種類的生物炭是否也會影響空心菜和小白菜的發芽率呢？以下是我們對不同生物炭混合泥土在種植後發芽率的變化的改變情形，結果如下：





## 【結果與討論】

- (一)小白菜加入蛋殼炭的發芽率最佳平均達到 96%，最差的是雜木炭發芽率平均達到 84%
- (二)空心菜加入咖啡炭的發芽率最佳平均達到 80%，最差的是雜木炭發芽率平均達到 72%
- (三)所以雜木炭的發芽率是所有組別裡最差的，其次才是蛋殼炭和咖啡炭。

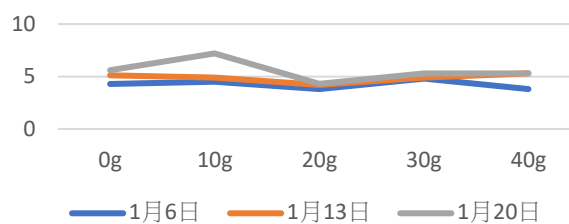
### (三)探討不同生物炭和土壤混合對小白菜和空心菜生長之影響

由先備實驗發現雜木炭會影響生物的生長高度，應此我們想知道加入不同種類的生物炭是否也會影響空心菜和小白菜的生長高度呢？以下是我們對不同生物炭混合泥土在種植後生長高度的變化的改變情形，結果如下：

(表十一)不同比例的**雜木炭**和土壤混合小白菜的**平均生長高度**的變化

|      | 0g  | 10g | 20g | 30g | 40g |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1/6  | 4.3 | 4.5 | 3.8 | 4.8 | 3.8 |
| 1/13 | 5.1 | 4.9 | 4.2 | 4.9 | 5.3 |
| 1/20 | 5.6 | 7.2 | 4.3 | 5.3 | 5.3 |

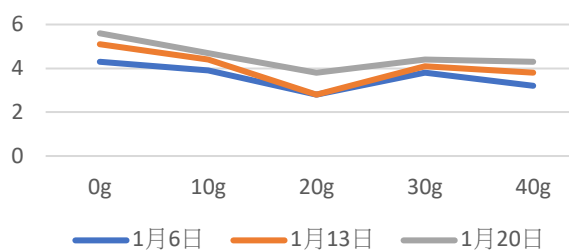
圖十一:雜木炭種植小白菜的**平均生長高度**的變化



(表十二)不同比例的**咖啡炭**和土壤混合小白菜的**平均生長高度**的變化

|      | 0g  | 10g | 20g | 30g | 40g |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1/6  | 4.3 | 3.9 | 2.8 | 3.8 | 3.2 |
| 1/13 | 5.1 | 4.4 | 2.8 | 4.1 | 3.8 |
| 1/20 | 5.6 | 4.7 | 3.8 | 4.4 | 4.3 |

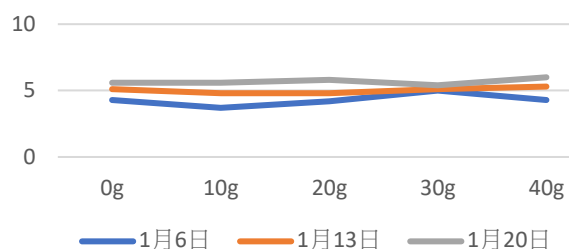
圖十二:咖啡炭種植小白菜的**平均生長高度**的變化



(表十三)不同比例的**蛋殼炭**和土壤混合小白菜的**平均生長高度**的變化

|      | 0g  | 10g | 20g | 30g | 40g |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1/6  | 4.3 | 3.7 | 4.2 | 5   | 4.3 |
| 1/13 | 5.1 | 4.8 | 4.8 | 5.1 | 5.3 |
| 1/20 | 5.6 | 5.6 | 5.8 | 5.4 | 6   |

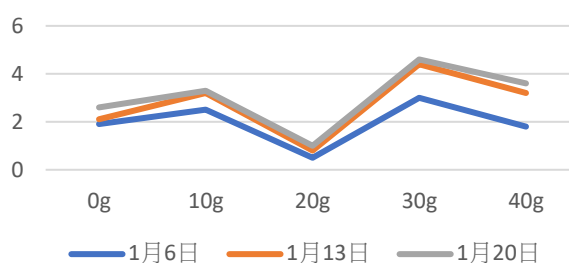
圖十三:蛋殼炭種植小白菜的**平均生長高度**的變化



(表十四)不同比例的**咖啡炭**和土壤混合空心菜的**平均生長高度**的變化

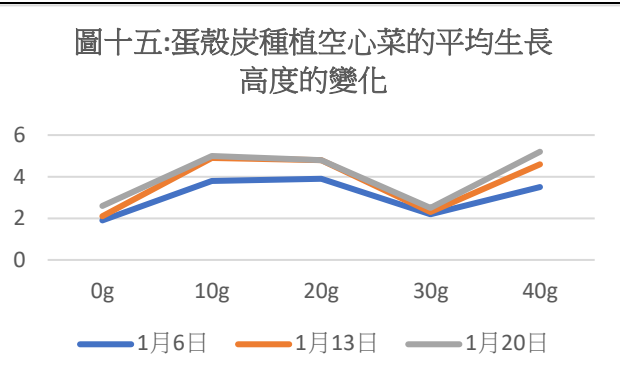
|      | 0g  | 10g | 20g | 30g | 40g |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1/6  | 1.9 | 2.5 | 0.5 | 3   | 1.8 |
| 1/13 | 2.1 | 3.2 | 0.8 | 4.4 | 3.2 |
| 1/20 | 2.6 | 3.3 | 1   | 4.6 | 3.6 |

圖十四:咖啡炭種植空心菜的**平均生長高度**的變化

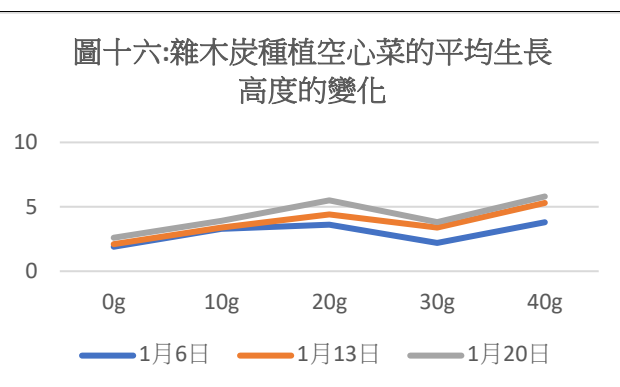




| (表十五)不同比例的 <b>蛋殼炭</b> 和土壤混合空心菜的平均生長高度的變化 |     |          |            |     |            |
|------------------------------------------|-----|----------|------------|-----|------------|
|                                          | 0g  | 10g      | 20g        | 30g | 40g        |
| <b>1/6</b>                               | 1.9 | 3.8      | 3.9        | 2.2 | 3.5        |
| <b>1/13</b>                              | 2.1 | 4.9      | 4.8        | 2.3 | 4.6        |
| <b>1/20</b>                              | 2.6 | <b>5</b> | <b>4.8</b> | 2.5 | <b>5.2</b> |



| (表十六)不同比例的 <b>雜木炭</b> 和土壤混合空心菜的平均生長高度的變化 |     |            |            |            |            |
|------------------------------------------|-----|------------|------------|------------|------------|
|                                          | 0g  | 10g        | 20g        | 30g        | 40g        |
| 1/6                                      | 1.9 | 3.3        | 3.6        | 2.2        | 3.8        |
| 1/13                                     | 2.1 | 3.4        | 4.4        | 3.4        | 5.3        |
| 1/20                                     | 2.6 | <b>3.9</b> | <b>5.5</b> | <b>3.8</b> | <b>5.8</b> |



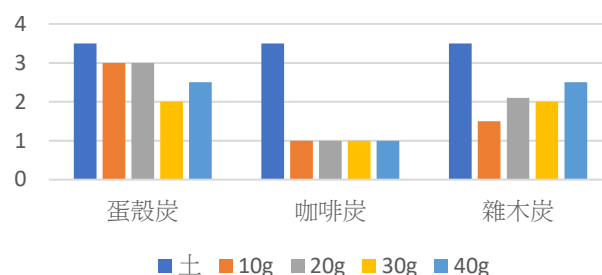
## 【結果與討論】

- (一)小白菜:加**雜木炭 10g**的平均長度最長,可達**7.2cm**,雜木炭 20g 的平均長度最短。加咖啡炭的都沒有比較好,咖啡炭 20g 的平均生長高度最短。加**蛋殼炭**大都長得比較好,尤其是**40g**的平均長度最長,可達**6cm**,蛋殼炭 30g 的平均生長高度最低。
- (二)空心菜:加**雜木炭**都長得好很多,40g 的平均長度最長,可達**5.8cm**。加**咖啡炭 40g**的平均長度最長,可達**4.6cm**,只有 20g 較差(和小白菜一樣)。加**蛋殼炭 40g**的平均長度最長,可達**5.2cm**,其他也都幾乎長得比沒加的好。
- (三)所以小白菜是加**蛋殼炭**的平均生長高度最高,尤其是**40g**的,加**雜木炭**的,只有 10g 的好,還長最高,加**咖啡炭**長不好。空心菜加各種炭都很好,尤其是**雜木炭**最好。

(表十七)不同種類的生物炭和土壤混合空心菜的平均葉片長度

|     | 0g  | 10g | 20g | 30g | 40g |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 蛋殼炭 | 4.9 | 5.4 | 3.6 | 3.3 | 4.7 |
| 咖啡炭 | 4.9 | 4   | 4   | 3   | 3.7 |
| 雜木炭 | 4.9 | 2   | 0.5 | 4.5 | 3   |

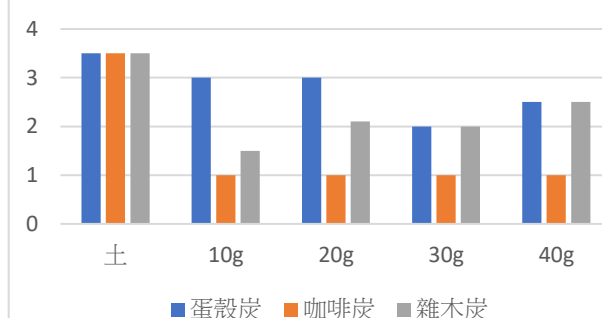
圖十七:空心菜的平均葉片長度



(表十八)不同種類的生物炭和土壤混合小白菜的平均葉片長度

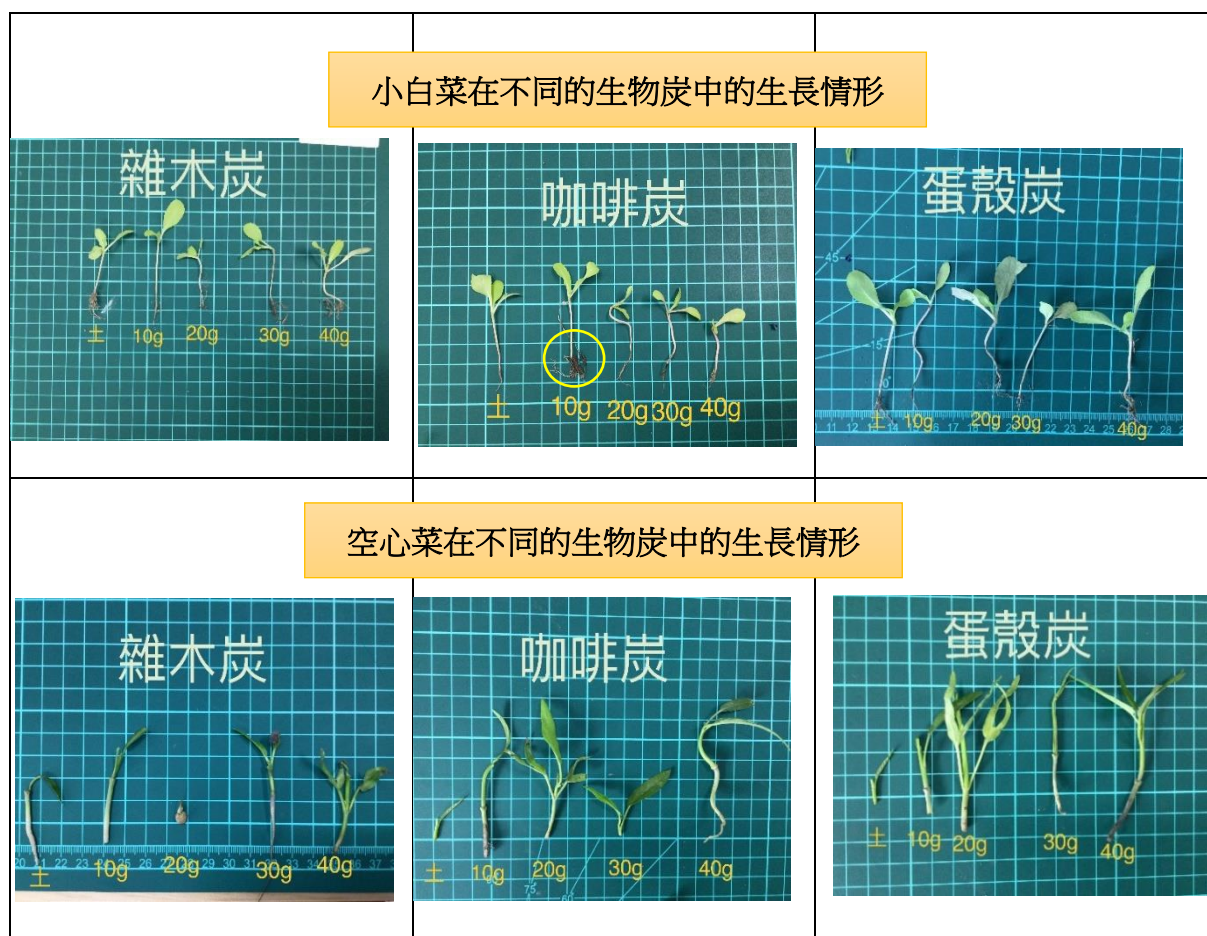
|     | 0g  | 10g | 20g | 30g | 40g |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 蛋殼炭 | 3.5 | 3   | 3   | 2   | 2.5 |
| 咖啡炭 | 3.5 | 1   | 1   | 1   | 1   |
| 雜木炭 | 3.5 | 1.5 | 2.1 | 2   | 2.5 |

圖十八:小白菜的平均葉片長度



## 【結果與討論】

- (一) 小白菜:0g 比有加雜木炭、咖啡炭和蛋殼炭的葉片平均長度還長，可達 3.5cm。雜木炭 10g 的葉片平均長度最短，有加咖啡炭的葉片的平均長度皆相同，蛋殼炭 30g 的葉片平均長度最短。
- (二) 空心菜:0g 比有加雜木炭和咖啡炭的葉片平均長度土還長，蛋殼炭的葉片平均長度 10g 最長，可達 5.4cm。雜木炭 20g 的葉片平均長度最短，咖啡炭 30g 的葉片平均長度最短，蛋殼炭 30g 的葉片平均長度最短。
- (三) 只有空心菜加 10g 蛋殼炭的葉子長得比較長，其餘都比較短，所以生物炭對葉子長度影響不大。
- (四) 生物炭促進莖的生長，在土壤中增加土的縫隙，可以讓根系長的比較好(下面照片中 10 克咖啡炭土中的小白菜最明顯)，或許延長實驗時間，可以更明顯的看出生物炭的作用！



## 陸、結論

- (一) 在混合種植中，**空心菜**的發芽率較小白菜低，在 0g 中最低，只有 40%，**在雜木炭**中的發芽率比較高，可達 70%。因此**雜木炭**對**空心菜**的發芽有明顯的幫助。
- (二) 在混合種植中，**小白菜**在 20g 的炭土中生長高度最高，**空心菜** 40g 生長高度最高，有加炭的都比對照組好。可見**雜木炭**對**小白菜**和**空心菜**的生長都有明顯的幫助。
- (三) 土壤在種植前後的成分差異很多，尤其是**總鹹量**可以由 120 降到 40 甚至零，一開始加入生物炭時，總鹹量就降到很低，就一直維持到實驗結束。
- (四) **咖啡炭土**種小白菜碳酸鹽沒有改變，其餘都和 0g 的變化一樣。**雜木炭**是種**空心菜**的總鹼度增加了，種小白菜的硬度增加了。**蛋殼炭土**種小白菜的總鹼度、pH 值、

碳酸鹽都比 0g 高，種空心菜的總鹼度比較高，這樣看起來蛋殼炭營養鹽似乎比較高，雜木炭次之，咖啡炭最差

(五)小白菜是加蛋殼炭的平均生長高度最高，尤其是 40g 的，加雜木炭的，只有 10g 的好，還長最高，加咖啡炭長不好，符合我們土壤成分的預測。

(六)空心菜加各種炭都長的很好，尤其是雜木炭最好。40g 的平均長度最長可達 5.8cm。加咖啡炭 40g 的平均長度最長可達 4.6cm，加蛋殼炭 40g 的平均長度最長可達 5.2cm。

(七)對葉子長度而言，只有空心菜加 10g 蛋殼炭的葉子長得比較長，其餘都比較短，所以生物炭對葉子長度影響不大。

## 柒、參考資料

### 一、國立宜蘭大學農業推廣季刊

<https://acac.niu.edu.tw/var/file/43/1043/img/773/118467740.pdf>

### 二、第 59 屆全國科展 生生炭熄～生生不息！—花生殼生物炭與肥料共同施加對葉菜作物生長之影響

[file:///C:/Users/ASUS/Downloads/15768\\_NPHSF2019-030303%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/15768_NPHSF2019-030303%20(2).pdf)

### 三、第 62 屆科展生物炭可降解覆膜對土壤與植物生長影響

[file:///C:/Users/ASUS/Downloads/19745\\_NPHSF2022-052206%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/19745_NPHSF2022-052206%20(1).pdf)