

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

最佳(鄉土)教材獎

080817

黃金變黑金-碳化稻殼對農作的效益

學校名稱：彰化縣北斗鎮螺陽國民小學

作者： 小六 楊宛昀 小六 陳藝方 小六 陳沂叡 小五 魏睿呈 小五 賴柏綸	指導老師： 謝承諺 曾瑞君
---	-----------------------------

關鍵詞：碳化稻殼、稻殼

摘要

「稻殼」是「稻穀」經過打穀後遺留下來的廢棄物，我們將稻殼進行低氧燃燒形成「碳化稻殼」，並探討利用「碳化稻殼」對於農作物種植的影響，藉由觀察青江菜的生長情形了解碳化稻殼影響土質與作物生長的狀況。

實驗過程可以分為以下五點：(一) 種植前混合土氮磷鉀、導電率、含水量及 pH 值測試。(二)種植青江菜。(三) 青江菜生長的觀察紀錄。(四)收成青江菜並測量其重量、高度、葉片數。(五)種植後混合土的 PH 值檢測。

實驗結果發現，在碳化稻殼與土壤體積比例 1：3 的混合土中，種植出來的青江菜生長的最好，碳化稻殼對土壤的導電率、含水量有影響，但對氮磷鉀、pH 值影響不明顯，且發現碳化稻殼在適當比例的調配下，對植物的生長有明顯的幫助。

壹、研究動機

彰化是農業生產的重鎮，稻米產量是全國第二，大部分的稻農多依賴化學肥料進行栽種稻米，長期使用化學肥料對土壤而言是一種負擔，更是會大大的影響生態環境。農業改良所的研究指出，碳化稻殼能替代化學肥料，有效幫助禾科類植物生長，並減少環境的污染，學校校本課程每年都會讓我們「種稻」，稻米收成後，稻殼成了廢棄物，剩下的稻殼也只能丟掉或是燒掉，當我們得知「碳化稻殼」對禾科類植物的幫助後，我們決定將稻殼炭化，廢棄稻殼再利用，發揮永續經營的精神，藉此探討碳化稻殼對土壤影響及實用價值。

貳、研究目的

一、 探討碳化稻殼對土質的影響？

(一) 探討不同比例的碳化稻殼對土質中「氮磷鉀」的影響？

(二) 探討不同比例的碳化稻殼對土質中「導電率」的影響？

(三) 探討不同比例的碳化稻殼對土質中「含水量」的影響？

(四) 探討不同比例的碳化稻殼對土質中「酸鹼值」的影響？

二、 探討不同比例碳化稻殼的混合土對農作物生長的影響？

(一) 探討不同比例碳化稻殼混合土的「氮磷鉀」對農作物生長的影響？

(二) 探討不同比例碳化稻殼混合土的「導電率」對農作物生長的影響？

(三) 探討不同比例碳化稻殼混合土的「含水量」對農作物生長的影響？

(四) 探討不同比例碳化稻殼混合土的「酸鹼值」對農作物生長的影響？

參、 研究設備及器材

我們依據實驗的步驟，將使用到的器材，依照研究流程進行分類，並在表 1、表 2、表 3 中呈現出來，分別進行器材照片、器材名稱、器材功用、器材用法等進行說明。

在進行碳化稻殼的過程中，使用的道具如表 1 所示，一開始使用噴槍將木炭燒至攝氏 200-400 度，讓木炭的外觀出現灰白的狀態，以紅外線溫度計進行溫度的測量，並加以記錄，之後將燃燒的木炭放置鐵桶中，再以稻殼覆蓋在燃燒的木炭之上，以低氧燃燒的方式，將稻殼製成「碳化稻殼」。

表 1 碳化稻殼的設備及器材表

照片			
名稱	噴槍	紅外線溫度計	木炭
使用方式	快速將炭燒至攝氏 200-400 度	測量炭火及低氧燃燒時的溫度	將燃燒的炭放入鐵桶進行低氧燃燒
照片			
名稱	大鐵桶		稻殼
使用方式	將燃燒的炭放入鐵桶進行低氧燃燒		放置鐵桶中低氧燃燒進行碳化

如表 2 所示，準備種植、觀察農作物的過程所使用的道具，使用數位單眼相機紀錄實驗過程，將種植土與碳化稻殼依照實驗比例進行混合，分別放置穴盆及育苗盆中，之後在穴盆中種植青江菜種籽以 200 毫升的水進行灌溉，待種籽發芽後，便移植至育苗盆中觀察，以 500 毫升進行灌溉，使用鐵尺測量青江菜的生長高度，過程中仍要紀錄實驗觀察。

表 2 種植農作物的設備及器材表

照片			
名稱	數位單眼相機	鐵尺	澆水器
使用方式	拍攝觀察過程 紀錄實驗影像	測量農作物的成長高度	以 200 毫升與 500 毫升 對農作物進行澆灌
照片			
名稱	種植土	碳化稻殼	鏟子
使用方式	和碳化稻殼按比例 進行混合	和種植土按比例 進行混合	混合碳化稻殼及種植土 移植青江菜
照片			
名稱	青江菜種籽	穴盆	育苗盆
使用方式	每個穴盆中種植一粒	種植青江菜苗	移植青江菜至不同比例 的混合土進行種植

以不同測量工具，測量研究結果的數據，如表 3 所示，以電子磅秤測量不同比例混合土各 200 克，浸泡在 300 毫升的溫水中，靜待 1 小時後，使用滴管取出水溶液，分別作氮、磷、鉀與 pH 值的檢測。取不同比例混合土各 300 克，以 200 毫升的水進行保水性測驗，以量杯測量混合土的排水量。

表 3 測量混合土值變化的設備及器材表

照片			
名稱	pH 值檢試器	氮磷鉀檢試劑	滴管
使用方式	測量不同比例混合土的 pH 值	測量不同比例混合土的氮磷鉀值	盛裝實驗水溶液，可控制出水量
照片			
名稱	電子磅秤	燒杯	量杯
使用方式	測量土壤和青江菜之重量	裝溫水 裝入種植農作物的土	測量不同比例混合土的排水量
照片			
名稱	盆栽	試管	純水
使用方式	盛裝300立方公分體積的不同比例混合土	提取混合土水溶液進行檢測	檢測氮磷鉀需用純水進行檢測
照片			
名稱	電導度儀	標準氯化鉀溶液	
使用方式	使用前須先校正數值 數字呈現 0.465 即完成	標準氯化鉀溶液及混合土水溶液混合 方可檢測	

肆、研究過程或方法

一、研究流程

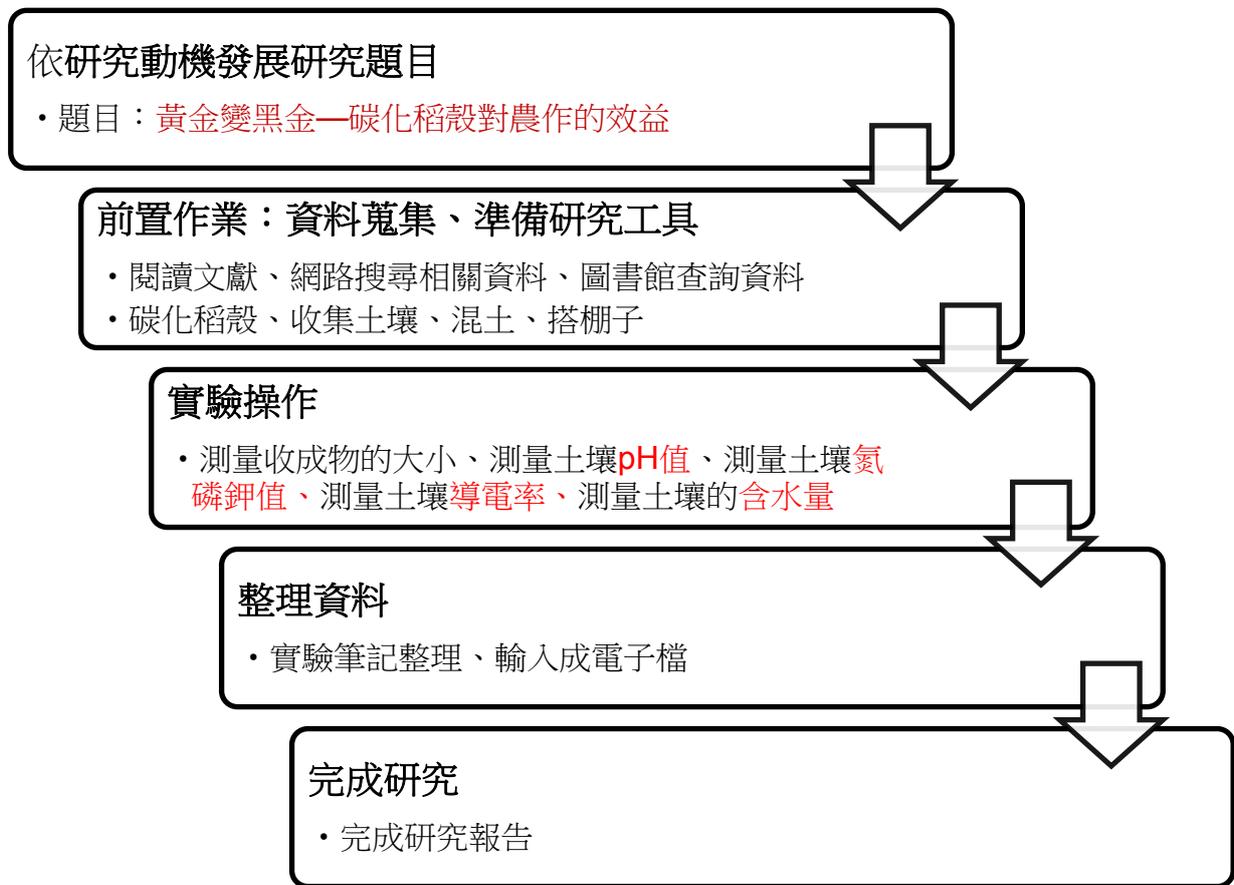


圖 1 研究流程圖

二、研究前置作業

一開始，我們鎖定這次研究的主題「**碳化稻殼對農作物的影響**」，針對主題的關鍵字進行相關資料的蒐集，從資料中也瞭解到許多碳化稻殼的相關議題，讓我們在實驗過程中更加順利，也驗證我們的實驗結果，在本段將分為四小段進行研究前置作業的說明：(一)資料蒐集、(二)收集稻殼、(三)碳化稻殼、(四)混合碳化稻殼與土壤，共四點進行說明。

(一)資料蒐集

蒐集資料的方式有兩個方式，一是利用學校的圖書館，二是利用網路媒體，雙管齊下搜尋有關「碳化稻殼」的相關資料，發現圖書館鮮少有關碳化稻殼的資料，但有許多植物種植的相關書籍可以參考；網路媒體的部分，我們利用關鍵字「碳化稻殼」、「稻殼」、「碳化稻殼」、「種植」等搜尋，找到的**文獻資料以全國中小學科展群英廳、農業改良場、科技公司、農業教育協會等提供的資訊，進行研究結果的佐證。**

表 4 文獻資料說明表

題目	可供參考的資料
化腐朽為黑金－廚餘堆肥 (第 48 屆科展-國小生活與應用科學科)	1. 研究不同比例的固體肥料對小白菜生長的影響，並找出最佳的固體肥料的比例，以便能獲得較佳的產能。 2. 在種子發芽後，改變 不同的澆水方式 對小白菜生長的影響，找出最適當的澆水方式，以便能 獲得較佳的產能 。
水槽下的“寶藏” ---學校中水道廢棄土的研究與改良 (第 42 屆科展-國小應用科學科)	1. 以 混合土壤 的方式來 改良廢棄土 ，讓含水量、排水與滲水時間真的有所改善。 2. 發現混合土的最佳比例 ，可以讓植物生長的 比較好 ，有效發揮廢物利用的作用。
炭化稻殼在水稻有機栽培上的應用 (臺東區農業專訊)	1. 炭化稻殼具 多孔性、良好通透性、高保肥力及保水能力 ，施用於土壤中可改善土壤物理性，在黏質土壤中 增加土壤孔隙度 ，降低土壤壓實。 2. 水稻施用炭化稻殼，可以 提升土壤鉀、矽含量 ，使葉片之矽含量增加，降低胡麻葉枯病及紋枯病的發生，並提升產量。
批次式炭化爐生產之炭化稻殼及其應用於稻米生長之影響 (工業技術研究院)	1. 將稻殼碳化利用，可作為土壤改良材， 提升壤質砂土的酸鹼值及鈣、鉀營養元素含量 ，也可解決稻殼廢棄物堆置問題。 2. 炭化稻殼 pH 值約在 9 左右呈鹼性 ，很適合作為改善酸性土壤的材料，且其孔隙率高，施於土壤可增加土壤的通氣性並成為微生物的棲息地，可豐富土的微生物相。

(二)收集稻殼

我們需要很多的稻殼進行碳化的實驗，所以除了自種的稻殼，我們也跟在地農會與碾米廠購買稻殼，希望藉此提高碳化稻殼的成功率。

以下是我們蒐集稻殼的方式：

- 1、**「自種的稻殼」**：校園內有「童耕園」，稻作全年收割二期，收割完會用自製的打穀機打穀，下表 5 是我們自己利用自製打穀機「打稻穀」的步驟，再將稻殼送至碾米廠進行脫殼作業，待稻殼脫殼後進行收集稻殼廢棄物－「稻殼」。
- 2、**「農會」**：我們學校和北斗農會裡的四健會合作進行農業教育。所以第一次做碳化稻殼時，由農會主動提供一包稻殼當作碳化稻殼的材料。

3、「碾米廠」：當稻作還未收割時，我們先向碾米廠老闆購買現成稻殼，便於實驗。

表 5 自製打穀機「打稻穀」的步驟表

		
步驟一：拾稻穗	步驟二：自製打穀機打稻穀	步驟三：挑除稻稈保留稻殼

(三) 碳化稻殼

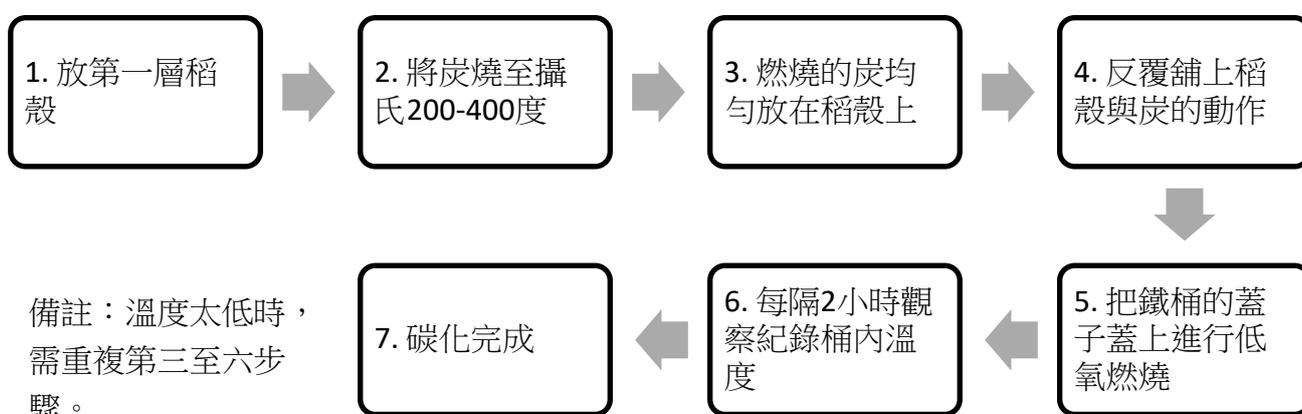


圖 2 碳化稻殼流程圖

依據圖 2 的碳化稻殼流程圖所示，「碳化稻殼」共有 7 個步驟，分別敘述如下：

1. 放第一層稻殼

將第一層稻殼放至鐵桶中，此時須注意鐵桶內部是否有破洞，或殘留其他物品。之後將稻殼放置均勻，減少稻殼間的縫隙，使用長勺鋪平稻殼，即可進行第二步驟。



一、將稻殼倒入鐵桶 二、攪拌稻殼，減少縫隙 三、鋪平鐵桶中的稻殼

圖 3 放置稻殼

2. 將炭燒至攝氏 200-400 度

用樹枝與火苗起火燒炭，也可使用噴槍，過程中需要注意安全。炭燒製白化，使用紅外線溫度計進行測量，發現溫度可達攝氏 400-600 度，此時可將燃燒的炭放進鐵桶中，如圖 4。



圖 4 燒炭

3. 燃燒的炭均勻放在稻殼上

將燒至白化的炭均勻鋪平，鐵桶內的溫度均勻，稻殼才會均勻受熱，不會因為某一部分溫度太高，被燒成灰燼，此時需再進行溫度的測量，所測得鐵桶內的溫度約在攝氏 100-200 度之間。

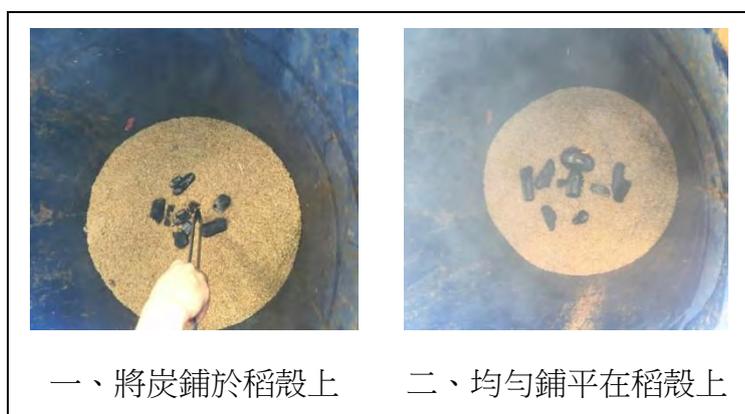


圖 5 炭火均勻分布

4. 反覆鋪上稻殼與炭的動作

鋪上第二層稻殼，可以阻隔過多的氧氣幫助炭火燃燒，達到低氧燃燒的效果。然後反覆放燃燒的炭、鋪稻殼的步驟，直到稻殼放置鐵桶的八分滿。



圖 6 鋪上一層稻殼

5. 把鐵桶的蓋子蓋上進行低氧燃燒

我們要將稻殼處於低氧燃燒的階段，所以將鐵桶蓋上蓋子，以阻隔外界的空氣流動進入鐵桶，避免讓炭火接觸氧氣，不然稻殼會因為炭火而燃燒成灰燼。但因為鐵桶沒有適合的蓋子，所以我們自製一個鐵蓋，並以數個磚頭壓住，減少空氣流進鐵桶中。



圖 7 低氧燃燒

6. 每隔 2 小時觀察紀錄桶內溫度

開始低溫燃燒後，每隔 2 小時檢查溫度是否太高或太低、稻殼是否均勻碳化，在碳化稻殼時應特別注意「溫度」，我們使用溫度計進行測量，當溫度太高時，稻殼會「灰化」，就無作用了，當溫度太低時，得需重複第 3 至 6 的步驟進行悶燒。



圖 8 觀察碳化過程

7. 炭化完成

成功碳化的稻殼會呈現黑亮的狀態，用力一捏會變成脆片。但炭化的過程中，並不會每一個稻殼都會炭化成功，一般我們會等溫度降低的時候，放置兩天左右的時間，此時稻殼會有九成已經炭化成功，我們就可以開始我們的實驗了！

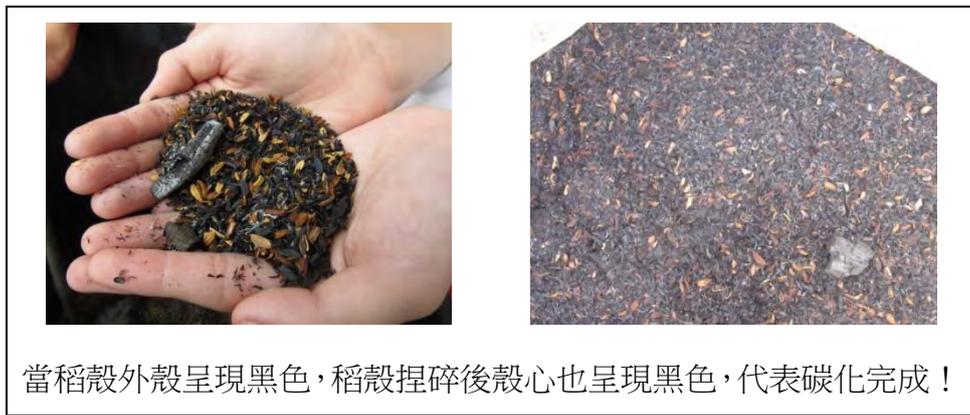


圖 9 成功的碳化稻殼

(四)混合碳化稻殼與土壤

根據實驗主題，我們要以碳化稻殼混和土壤種植「青江菜」觀察它的生長情形，首先必須先收集土壤，進行混合。因為學校種稻的產量大幅下降，我們推測可能是長期耕作的土地營養不良，我們用學校的「無施肥土壤」，作為實驗材料，希望未來可以利用碳化稻殼提升自種稻米的產量。

在混土的部分主要以 1900ml 的奶粉罐的體積做計算單位，因為碳化稻殼比土輕，如果是用重量作為計算單位，碳化稻殼的比重會太多，使結果不準確，這次實驗總共 混和了兩批土壤進行比較，最後在民國 105 年 12 月 8 日，進行土壤酸鹼度的測試：

- 1、第一批土是民國 105 年 11 月 10 日進行混土，依照體積比例碳化稻殼：校園土，分別是 1：3、1：5、1：10，放置四星期後，於 2016 年 12 月 8 日開始種植。
- 2、第二批土是民國 105 年 11 月 23 日進行混土，依照體積比例碳化稻殼：校園土，分別是 1：3、1：5、1：10，放置兩星期後，於民國 105 年 12 月 8 日開始種植。

如圖 10 所示，我們取用校園中的土壤當作實驗材料。並依照不同比例當作實驗的變項，如表 6。藉此探討碳化稻殼是否對土壤的酸鹼度有影響，且碳化稻殼對作物的生長是否產生影響。



收集土壤

混和碳化稻殼與土壤

圖 10 按比例混和土壤與碳化稻殼

如表 6 所示，我們研究的樣本可以分為**放置兩星期、四星期的混合土**，並依照**碳化稻殼：校園土的不同比例進行實驗**。每項樣本體積皆以 **14300 立方公分**的體積放置於育苗盆中，進行青江菜苗的種植。另外分別取 **300 立方公分**的混合土進行**氮、磷、鉀、導電率、含水量、pH 值的檢測**。

表 6 碳化稻殼與土壤混合比例表

放置時間		兩星期		四星期	
		碳殼：土壤			
1:3	1:3				
	1:5				
	1:10				

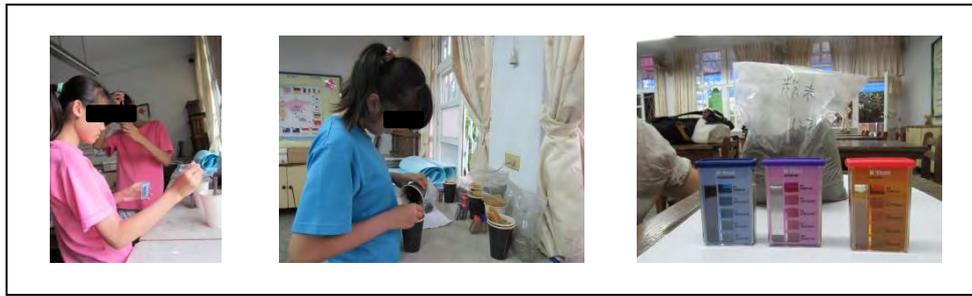
三、實驗過程

本實驗的過程分成以下五個部分進行：(一)種植前混合土氮磷鉀、導電率、含水量及 pH 值測試、(二)種植青江菜、(三)青江菜生長的觀察紀錄、(四)青江菜收成與測量其重量、高度、葉片數、(五)種植後混合土 pH 值測試。

(一)種植前混合土氮磷鉀、導電率、含水量、pH 值測試

1. 進行混合土**氮磷鉀測試**

混合土放置一段時間後，我們便先測量混合土及校園土的氮、磷、鉀數據，使用 **40 公克**的不同比例混合土，加入 **200 毫升**的純水，土水比例呈現 **1：5**，攪拌後**靜置 1 小時**，再以濾紙過濾混合土，取出混合土水溶液進行檢測，如圖 11，並與文獻為佐證，待種植成果出現即可做比較。



利用氮、磷、鉀檢試劑分別測試混合土及校園土之氮、磷、鉀數據

圖 11 種植前氮、磷、鉀檢試

2. 進行混合土**導電率測試**

依據所參考的文獻資料，我們測量混合土及校園土的導電率數據，先將**混合土與純水以 1：5 的比例進行調和**，並以過濾紙篩選混合土水溶液，便可進行實驗。而進行測試前，需先將電導度儀先做校正，如圖 12。



利用電導度儀分別測試混合土及校園土之導電率數據

圖 12 種植前混合土的導電率檢試

3. 進行混合土**含水量測試**

依據文獻資料的內容，土壤的含水量亦會影響農作物的成長，我們取 **300 立方公分** 的不同比例混合土進行實驗，放置於盆栽中，**倒入 200 毫升** 的水進行含水量實驗，如圖 13。



使用盆栽進行混合土的含水量實驗

圖 13 混合土含水量檢試

4. 進行混合土 pH 值測試

如圖 14 所示，我們測量混合土及校園土的 pH 值，欲探討碳化稻殼是不是如文獻中所表示，是否可使土壤達到「酸鹼中和」的效果，測試結果如表 7 所示。



利用 pH 值檢試器分別測試混合土及校園土之 pH 值

圖 14 種植前 pH 值檢試

表 7 所顯示之數據，可以發現還未種植青江菜前的混合土與校園土，可以發現種植後混合土與校園土的 pH 值數據範圍在 7.3 至 8.5 之間，平均後的 pH 值數據範圍在 7.65 至 8.02 之間，呈現偏弱鹼性的狀態。

表 7 混合土壤的 pH 值測試

放置時間	比例	pH 值			平均	放置時間	比例	pH 值			平均			
四	1:3	7.5	8.5	8.0		兩	1:3	7.55	8.5	8.02	校	7.3	8.3	7.6
星	1:5	7.5	7.9	7.7		星	1:5	7.5	7.8	7.65	園			
期	1:10	7.5	7.8	7.65		期	1:10	7.55	8.4	7.98	土			

(二)種植青江菜

民國 105 年 12 月 28 日進行青江菜播種，考慮到校園內社區居民會來運動，加上校園周遭有許多蚊蟲，所以我們在與學校行政溝通之後，選定校園中的一塊地，當作我們的種植地，並搭起網架阻擋蚊蟲影響我們的研究，以下三點是我們的重點：

1. **搭網架**：在室外，我們與工友先生一起利用竹竿與網子搭成網架，並在土地上鋪上黑色垃圾袋，阻擋蚊蟲及雜草影響實驗結果。



圖 15 自製網架、鋪上黑色垃圾袋

2. **穴盆育苗**：利用穴盆育苗，在種子旁插上牙籤做標記，用於控制研究樣本數，以便觀察青江菜生長。穴盆育苗期我們每盆以 200 毫升的水量進行澆灌，早上 8 點、下午 2 點進行澆水。



圖 16 穴盆育苗

3. **移植青江菜**：青江菜苗成長一週後，將菜苗移植至育苗盆的不同比例混合土壤中。每盆的樣本數是 8 株青江菜苗，然後以 500 毫升的水量進行澆灌，早上 8 點、下午 2 點進行澆水，並每週 3 次進行觀察與紀錄，如圖 17。



圖 17 移植青江菜苗

(三) 青江菜生長的觀察紀錄

移植青江菜苗後，**每週紀錄 3 次**，紀錄日期從民國 106 年 1 月 4 日開始，至民國 106 年 1 月 20 日止，**每天進行澆水**，清除雜草，觀察青江菜的生長狀況，並於**星期一、三、五**記錄青江菜生長狀況，**以尺測量生長高度**，**拍攝照片**紀錄青江菜外觀變化，如遇假日則延後一天進行記錄。

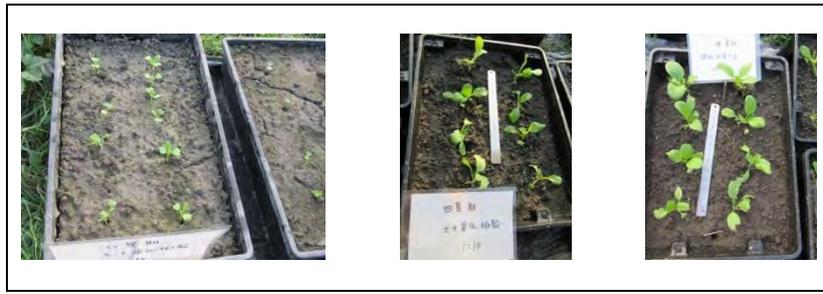


圖 18 觀察記錄

本實驗從混土、播種到採收為期四個月，在種植的過程中，每週觀察記錄三次，分別觀察株數、葉片數、高度，共觀察七次，每次的觀察紀錄表和分析如下，見表 8。

在 106/01/04 時，在靜置兩週的混土比例 1:3、1:5、1:10 和靜置四週比例 1:5 的葉片數皆是 6 片葉子，其餘靜置四週比例 1:3 與 1:10 此時已長出 7 片葉子，和種植土相同都是 7 片葉子，而高度的部分是靜置兩週比例 1:10 和靜置四週比例 1:3 的部分最高，為 8.2 公分。

在 106/01/06 的觀察中，在靜置兩週的混土比例 1:3、1:5、1:10 和種植土的葉片數皆是 8 片葉子，而在靜置四週比例 1:3 此時已長出 10 片葉子最多，其次是靜置四週比例 1:5 為 9 片葉子，最少是靜置四週比例 1:10 的 7 片葉子，在高度的部分是靜置四週比例 1:3 的部分最高，為 9.6 公分。

在 106/01/09 的觀察中，在靜置四週的混土比例 1:3、1:5 的高度已經達到 12 公分以上，第二是靜置兩週比例 1:3，高度達 11.7 公分，第三是種植土 10.8 公分，葉片樹目的部分靜置四週的混土比例 1:5 和種植土，皆有 9 片葉子，靜置兩週比例 1:3 和 1:5 兩者有 8 片葉子，其餘為七片葉子。

在 106/01/11 時，在靜置四週的混土比例 1:5 和種植土都是 9 片葉子，靜置兩週比例 1:3 與 1:5 此時有出 8 片葉子，其餘的比例皆有 7 片葉子，而高度的部分是靜置兩週比例 1:3 最高，達 13.6 公分，最低的是靜置四週比例 1:10，為 8.0 公分。

在 106/01/13 的觀察中，在靜置四週的混土比例 1:3 的高度已經達到 15.4 公分以上，第二是靜置兩週比例 1:3，高度達 14.9 公分，第三是靜置四週的混土比例 1:5，高度為 13.1 公分，葉片數目的部分分別靜置兩週、四週的混土比例 1:3 皆有 9 片葉子，靜置兩週比例 1:10 有 7 片葉子，其餘為 8 片葉子。

在 106/01/16 的觀察中，在靜置兩週的混土比例 1:3 和靜置四週的混土比例 1:3 與 1.5

的葉片數皆是 11 片葉子，其次是種植土的 10 片葉子，最少是靜置二週比例 1:10 的 7 片葉子，在高度的部分是靜置兩週比例 1:3 的部分最高，為 16.6 公分。

在 106/01/18 的觀察中，也是收成前最後一次觀察，在靜置兩週的混土比例 1:3 的葉片數已有 12 片葉子，而在靜置四週比例 1:3 和 1:5 此時已長出 11 片葉子，接著是靜置兩週比例 1:5 和靜置四週比例 1:10 為 9 片葉子，最少是靜置兩週比例 1:10 的 7 片葉子，在高度的部分是靜置兩週比例 1:3 的部分最高，為 17.5 公分，而靜置四週比例 1:3 也達 17.3 公分，其餘比例皆達 10 公分以上，如下列觀察紀錄表，表 8。

表 8 種植期間觀察紀錄表

日期	靜置 (週)	比例	葉數	高度 cm	棵數	日期	靜置 (週)	比例	葉數	高度 cm	棵數		
106/01/04	2	1:3	6	8.1	8	106/01/06	2	1:3	8	9.3	8		
	2	1:5	6	8.1	8		2	1:5	8	8.6	8		
	2	1:10	6	8.2	8		2	1:10	8	8.6	8		
	4	1:3	7	8.2	8		4	1:3	10	9.6	8		
	4	1:5	6	7.6	8		4	1:5	9	9.3	8		
	4	1:10	7	7.1	8		4	1:10	7	7.1	8		
	土		7	9	8		土		8	10.2	8		
	106/01/09	2	1:3	8	11.7		8	106/01/11	2	1:3	8	13.6	8
		2	1:5	8	9.1		8		2	1:5	8	9.8	8
2		1:10	7	9.5	8	2	1:10		7	10.2	8		
4		1:3	7	12.2	8	4	1:3		7	13.4	8		
4		1:5	9	12.0	8	4	1:5		9	12.4	8		
4		1:10	7	7.6	8	4	1:10		7	8.0	8		
土			9	10.8	8	土			9	11.3	8		
106/01/13	2	1:3	9	14.9	8	106/01/16	2	1:3	11	16.6	8		
	2	1:5	8	10.0	8		2	1:5	9	10.2	8		
	2	1:10	7	10.9	8		2	1:10	7	11.8	8		
	4	1:3	9	15.4	8		4	1:3	11	16.6	8		
	4	1:5	8	13.1	8		4	1:5	11	14	8		
	4	1:10	8	9.0	8		4	1:10	9	9.5	8		
	土		8	11.5	8		土		10	12.0	8		

續下頁

承上頁

106/01/18	2	1:3	12	17.5	8
	2	1:5	9	10.5	8
	2	1:10	7	12.0	8
	4	1:3	11	17.3	8
	4	1:5	11	14.2	8
	4	1:10	9	10.0	8
	土		8	13.5	8

(四)青江菜收成與測量其重量、高度、葉片數

從育苗開始種植四週後，於民國 106 年 1 月 20 日青江菜收成，並測量其高度、重量、葉片數與色澤。



圖 19 收成與測量

採收後我們依據青江菜的重量、葉片數、長度進行測量，如表 9 的數據所示。

四星期混合土比例 1：3 青江菜收成 8 株，重量是 19 至 43 公克，平均是 29.3 公克；高度是 16 至 21.2 公分，高度平均是 18.4 公分；葉數是 11 至 15 片，平均是 12.8 片。

兩星期混合土比例 1：3 青江菜收成 8 株，重量是 11 至 41 公克，平均是 25.6 公克；高度是 17 至 21 公分，平均是 19.5 公分；葉數是 7 至 14 片，平均是 11.4 片。

四星期混合土比例 1：5 青江菜收成 8 株，重量是 6 至 22 公克，平均是 14.8 公克；高度是 12 至 21.5 公分，平均是 16.1 公分；葉數是 8 至 11 片，平均是 9.8 片。

兩星期混合土比例 1：5 青江菜收成 8 株，重量是 0.5 至 6 公克，平均是 2.6 公克；高度是 9 至 13 公分，平均是 10.4 公分；葉數是 6 至 13 片，平均是 8.6 片。

四星期混合土比例 1：10 青江菜收成 8 株，重量是 2 至 6 公克，平均是 3.8 公克；高度是 7.2 至 11 公分，平均是 9.2 公分；葉數是 5 至 9 片，平均是 6.9 片。

兩星期混合土比例 1：10 青江菜收成 8 株，重量是 0.5 至 5 公克，平均是 2.4 公克；

高度是 6 至 11 公分，平均是 7.9 公分；葉數是 4 至 7 片，平均是 5.3 片。

校園土的青江菜收成 8 株，重量是 2 至 7 公克，平均是 4.3 公克；高度是 12 至 18 公分，平均是 14.4 公分；葉數是 8 至 11 片，平均是 9.3 片。

綜合以上結果，可以發現四星期或兩星期的混合土，比例 1：3 的種植效果最好，比例 1：5 次之，校園土再次之，比例 1：10 的效果最差。但研究顯示的數據仍證明了混合碳化稻殼的土壤，對青江菜的確產生了幫助生長的功用，這部分與文獻內容相符合。

表 9 收成後青江菜測量記錄表

時間	比例	編號	重量	高度	葉數	時間	比例	編號	重量	高度	葉數
四星期	1：3	1	25	16.0	14	兩星期	1：3	1	22	19.0	13
		2	43	18.5	14			2	20	18.0	11
		3	17	17.5	11			3	25	20.0	11
		4	19	16.7	12			4	22	17.0	10
		5	37	19.0	12			5	41	20.0	14
		6	25	18.5	15			6	38	21.0	13
		7	29	19.9	11			7	26	21.0	12
		8	39	21.2	13			8	11	20.0	7
平均			29.3	18.4	12.8	平均			25.6	19.5	11.4
四星期	1：5	1	21	18.0	11	兩星期	1：5	1	4	13	13
		2	12	16.5	10			2	0.5	9.5	9
		3	15	17.2	9			3	6	11	9
		4	6	12.0	9			4	0.5	9	6
		5	22	21.5	8			5	3	11	6
		6	13	15.7	9			6	2	10	8
		7	11	13.5	11			7	3	10	9
		8	18	14.0	11			8	2	10	9
平均			14.8	16.1	9.8	平均			2.6	10.4	8.6
四星期	1：10	1	3	8.0	7	兩星期	1：10	1	4	8	6
		2	2	8.5	5			2	5	11	6
		3	4	10.2	8			3	4	9	7
		4	2	7.2	6			4	3	8	6
		5	6	9.1	8			5	2	8	4
		6	6	9.5	6			6	0.5	6	5
		7	3	11.0	6			7	0.5	7	4
		8	4	10.2	9			8	0.5	6	4
平均			3.8	9.2	6.9	平均			2.4	7.9	5.3

續下頁

承上頁

校園土	1	3	13	9
	2	5	14	10
	3	3	12	9
	4	4	13	8
	5	2	13	8
	6	7	15	11
	7	5	18	10
	8	5	17	9
平均		4.3	14.4	9.3

如圖 20 所示，**四星期與兩星期的混合土比例 1：3 是 7 種樣本中生長最好的**，一開始移植後的高度七種樣本差不多高度，經過 14 天的種植，在 1 月 10 日後，四星期與兩星期混合土比例 1：3 的青江菜生長快速，高度開始與其他 5 種產生差距，直到採收時，已經領先約 4 公分的距離，此結果顯示，混合土比例 1：3 的效果是種植時最好。

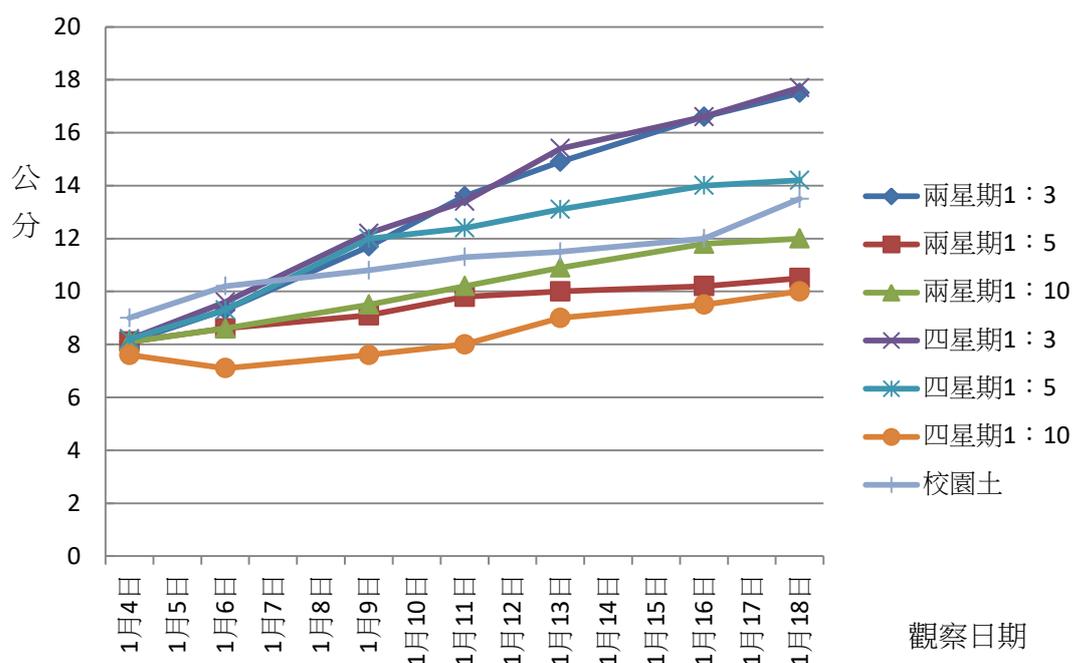


圖 20 青江菜生長折線圖

(五) 種植後混合土 pH 值測試

取青江菜收成後的土壤，使用 pH 值檢試器，分別測量不同比例混合土的 pH 值，結果如表 10 所示。



圖 21 種植後 pH 值測試

表 10 所顯示之數據，所呈現的 pH 值在 7.8 至 8.2 之間，平均後的 pH 值數據在 7.8 至 8.1 之間，顯示此時地土壤酸鹼度是**偏弱鹼性**的狀態。

表 10 種植後混合土 pH 值測試

放置時間	比例	pH 值		平均	放置時間	比例	pH 值		平均	pH 值		平均	
四 星 期	1 : 3	8.0	8.1	8.05	兩 星 期	1 : 3	8.1	8.1	8.1	校 園 土	8.0	7.8	7.9
	1 : 5	7.8	7.9	7.85		1 : 5	7.8	7.8	7.8				
	1 : 10	7.9	7.8	7.85		1 : 10	7.9	8.2	8.05				

伍、研究結果

一、探討「碳化稻殼對土質」的影響

(一). 探討不同比例的碳化稻殼對土質中「氮磷鉀」的影響

依據表 11 所顯示之數據，再比對文獻資料的建議，我們實驗結果混合土比例 1：3、1：5、1：10 與校園土的氮磷鉀驗測結果皆相同。依據文獻所示，氮（葉肥）影響植物的蛋白質；磷（花肥）影響植物的核酸；鉀（根肥）影響光合作用，影響酵素的活化、氣孔開合。

表 11 混合土壤的氮、磷、鉀測試

	混合土			校園土
	1：3	1：5	1：10	
氮(N)	0	0	0	0
磷(P)	>4	>4	>4	>4
鉀(K)	3	3	3	3

(二). 探討不同比例的碳化稻殼對土質中「電解質」的影響

表 12 之數據，混合土 1：3 的導電率最高，達 365 μ S/cm；校園土的導電率達 232.1 μ S/cm；混合土 1：5 的導電率達 196.2 μ S/cm；混合土 1：10 的導電率最低，達 136 μ S/cm。

根據文獻資料顯示，水土比 5：1 抽出液，< 850 μ S/cm 可忽略；850-1500 μ S/cm 對植物有影響；> 1500 大多數作物有影響，表 5-2 之數據皆未達影響階段。

表 12 混合土的導電率檢試

	比例	導電率數據
混合土	1：3	405.5 μ S/cm
	1：5	196.2 μ S/cm
	1：10	136 μ S/cm
校園土		232.1 μ S/cm

(三). 探討不同比例的碳化稻殼對土質中「含水量」的影響

碳化稻殼對土壤的含水量之影響如表 13 所示，數據採用三次測試後之平均數進行分析，從表中可以看出 1：3 的混合土含水量最大，達 128.33ml；1：5、1：10 的

混合土含水量達 120ml；校園土含水量最低，達 95ml。由表 5-3 可以得知，碳化稻殼比例愈重的混合土，造成的含水量會愈多。

表 13 混合土壤的含水量檢試

	混合土			校園土
	1 : 3	1 : 5	1 : 10	
第一次	125 ml	120 ml	120 ml	100 ml
第二次	145 ml	130 ml	130 ml	95 ml
第三次	115 ml	110ml	110 ml	90 ml
平均	128.33 ml	120 ml	120 ml	95 ml

(四).探討不同比例的碳化稻殼對土質中「酸鹼值」的影響

土壤 pH 值測量結果顯示在下表 14，分別說明了放置時間、土與碳化稻殼的比例、與酸鹼 pH 值，並比較種植青江菜前和後的土質變化。

在 1 : 3 混合土中，放置四星期與兩星期的在種植前 pH 值分別為 8.0 與 8.02，在種植後發現 pH 值提升至 8.05 與 8.1；而在 1 : 5 的混合土，放置四星期與兩星期的在種植前 pH 值為 7.7 與 7.65，在種植後發現 pH 值也提升至 7.85 與 7.8；1 : 10 的混合土，放置四星期與兩星期的在種植前 pH 值為 7.65 與 7.98，在種植後發現 pH 值也提升至 7.85 與 8.05；在校園土的部分種植前的 pH 值是 7.6，種植後是 7.9。

在加入碳化稻殼後的混土與校園土的比較，可發現校園土的酸鹼值在種植後明顯上升，而其他碳化稻殼的混合土 pH 值測上升的幅度較小，相較之下，校園土在種植後偏鹼性的程度是比不同比例的混合土還要大。此實驗結果與文獻資料有所落差，土壤的 pH 值並沒有下降。但亦有文獻指出，碳化稻殼對土壤的 pH 值影響有限。

表 14 種植青江菜前後之土壤酸鹼度變化表

放置時間	土:稻殼	種植前後	pH 值	放置時間	土:稻殼	種植前後	pH 值	種植前後	pH 值	
四星期	1 : 3	前	8.0	兩星期	1 : 3	前	8.02	前	7.6	
		後	8.05			後	8.1	後	7.9	
	1 : 5	前	7.7		1 : 5	前	7.65	校園土	前	7.6
		後	7.85			後	7.8			
	1 : 10	前	7.65		1 : 10	前	7.98		後	7.9
		後	7.85			後	8.05			

二、探討「不同比例碳化稻殼」的混合土「對農作物生長」的影響

(一).不同比例碳化稻殼的混合土的「氮磷鉀」對農作物生長的影響

本實驗結果測得在不同比例碳化稻殼的混土 1:3、1:5 與 1:10 及校園土的氮、磷、鉀含量皆相同，故混合土與校園土之氮、磷、鉀含量對於農作物的生長並無顯著的影響。

(二).不同比例碳化稻殼的混合土的「導電率」對農作物生長的影響

在不同比例的碳化稻殼混土中，混土比例 1:3 導電率為 405.5 μ S/cm，而此混土放置時間兩星期後種植出的青江菜平均重量為 25.6 克、高度 19.5 公分、葉數 11.4 片與四星期後種植出的青江菜重量為 29.3 克、高度 18.4 公分、葉數 12.8 片，相較於混土比例 1:5 及混土比例 1:3 的生長較佳。

在導電率中位居第二為的是校園土 232.1 μ S/cm，青江菜重量為 4.3 克、高度為 14.4 公分、葉片數為 9.3 片；第三位是混土比例 1:5 導電率為 196.2 μ S/cm，比例 1:5 混土放置四星期青江菜重量為 14.8 克、高度為 16.1 公分、葉片數為 9.8 片，放置兩星期青江菜重量為 2.6 克、高度為 10.4 公分、葉片數為 8.6 片；導電率最低為混合土比例 1:10 導電率為 136 μ S/cm，比例 1:10 放置四星期青江菜重量為 3.8 克、高度為 9.2 公分、葉片數為 6.9 片，放置兩星期青江菜重量為 2.4 克、高度為 7.9 公分、葉片數為 5.3 片。

(三).不同比例碳化稻殼的混合土的「含水量」對農作物生長的影響

將表 7 觀察紀錄表與表 13 混合土壤的含水量檢試比較發現，在不同比例的碳化稻殼混土中，含水量最佳的土質是混土比例 1:3 為 128.33 ml，而此混土放置時間四星期後種植出的青江菜平均重量為 29.3 克、高度 18.4 公分、葉數 12.8 片，兩星期後種植出的青江菜重量為 25.6 克、高度 19.5 公分、葉數 11.4 片。

含水量其次是混土比例 1:5 與比例 1:10，含水量皆是 120ml，混土比例 1:5 放置四星期青江菜重量為 14.8 克、高度為 16.1 公分、葉片數為 9.8 片，放置兩星期青江菜重量為 2.6 克、高度為 10.4 公分、葉片數為 8.6 片，混土比例 1:10 放置四星期青江菜重量為 3.8 克、高度為 9.2 公分、葉片數為 6.9 片，放置兩星期青江菜重量為 2.4 克、高度為 7.9 公分、葉片數為 5.3 片。含水量最少的土質為校園土 95ml，種植後

青江菜重量為 4.3 克、高度為 14.4 公分、葉片數為 9.3 片。

(四).不同比例碳化稻殼的混合土的「**酸鹼值**」對農作物生長的影響

將表 14 種植青江菜前後之土壤酸鹼度變化表與表 9 收成後青江菜測量記錄表進行比較分析，發現種植前 pH 值最高為 8.02 是放置時間兩星期比例 1:3 之混土，其種植後青江菜重量為 25.6 克、高度為 19.5 公分、葉片數為 11.4 片；其次是放置時間四星期比例 1:3 之混土，種植出的青江菜平均重量為 29.3 克、高度 18.4 公分、葉數 12.8 片；pH 值第四高為放置時間兩星期比例 1:10 之混土，pH 值是 7.98，青江菜重量為 2.4 克、高度為 7.9 公分、葉片數為 5.3 片；接著是放置時間四星期比例 1:5 之混土，青江菜重量為 14.8 克、高度為 16.1 公分、葉片數為 9.8 片；放置時間兩星期比例 1:5 與放置時間四星期比例 1:10 之混土 pH 值相同為 7.65，放置時間兩星期比例 1:5，青江菜重量為 2.6 克、高度為 10.4 公分、葉片數為 8.6 片，放置時間四星期比例 1:10，青江菜重量為 3.8 克、高度為 9.2 公分、葉片數為 6.9 片；pH 值最低是校園土 7.6，種植後青江菜重量為 4.3 克、高度為 14.4 公分、葉片數為 9.3 片。

如圖 20 所示，四星期與兩星期的混合土比例 1：3 是 7 種樣本中生長最好的，一開始移植後的高度七種樣本差不多高度，經過 14 天的種植，在 1 月 10 日後，四星期與兩星期混合土比例 1：3 的青江菜生長快速，高度開始與其他 5 種產生差距，直到採收時，已經領先約 4 公分的距離，此結果顯示，混合土比例 1：3 的種植效果最好。

陸、討論

根據上述研究結果，提出以下兩點進行討論。

一、 碳化稻殼對土質的影響

(一).不同比例的碳化稻殼對土質中「氮磷鉀」的影響

碳化稻殼混合土依據比例 1：3、1：5、1：10 與校園土的氮磷鉀驗測結果皆相同。依據文獻所示，氮（葉肥）影響植物的蛋白質；磷(花肥)影響植物的核酸；鉀(根肥)影響光合作用，影響酵素的活化、氣孔開合。我們也發現使用檢試劑檢測的結果是以顏色的深淺做區分，並無法完全獲得準確的數據，這可能導致實驗結果都呈顯相同的原因。

(二).探討不同比例的碳化稻殼對土質中「導電率」的影響？

導電率的實驗結果比例 1：3 的導電率最高，校園土第二，比例 1：5 第三，比例 1：10 最後。由實驗結果顯示，在適當比例下，混合土導線率可以比校園土高。根據文獻資料顯示，水土比 5：1 抽出液， $< 850\mu\text{S}/\text{cm}$ 可忽略； $850-1500\mu\text{S}/\text{cm}$ 對植物有影響； > 1500 大多數作物有影響，表 5-2 之數據皆未達影響階段。但因為時間的限制，我們的實驗無法進行碳化稻殼比例更多的樣本進行實驗，未來可以朝此目標繼續研究。

(三).探討不同比例的碳化稻殼對土質中「含水量」的影響？

依據文獻內容，土壤含水量會影響植物的生長，所以我們進行不同比例混合土之含水量實驗，以平均數據來看，結果顯示比例 1：3 的含水量最高，比例 1：5 與 1：10 相同，校園土最低，因此我們依據實驗結果得到參有碳化稻殼之混合土的含水量，會比校園土的含水量高之結論。

(四).探討不同比例的碳化稻殼對土質中「酸鹼值」的影響？

碳化稻殼對於土質酸鹼度是有影響的，農作物種植後會讓土質呈現酸性，但一般土壤中混合碳化稻殼，種植作物後發現土質的酸鹼度有明顯的變化。在混合碳化稻殼和校園土後的靜置時間，發現兩星期和四星期的差異並不大，種植前酸鹼值約在 7.65 至 8.2 的範圍，種植後酸鹼值在 7.8 至 8.1 的範圍。在校園土與炭化稻殼的比

例方面發現校園土的種植前後酸鹼值差距最大，酸鹼值差距為 0.3；混合土酸鹼值差距以四星期比例 1：10 差距最大，酸鹼值差距為 0.2；混合土酸鹼值差距以四星期比例 1：3 差距最小，酸鹼值差距為 0.05。

二、不同比例碳化稻殼的混合土對農作物生長的影響

(一).不同比例碳化稻殼的混合土的「氮磷鉀」對農作物生長的影響

實驗結果顯示，不同比例混合土與校園土的氮磷鉀之數據皆相同，所以推測氮磷鉀在這次的實驗中，對於青江菜的生長並沒有過多的影響。未來的研究可以將青江菜改成瓜類的植物進行觀察實驗，並以可以測量精確數據之儀器進行測量，減少實驗之誤差。

(二).不同比例碳化稻殼的混合土的「導電率」對農作物生長的影響

導電率最佳的比例 1：3 在種植青江菜的實驗中，不論是四星期或兩星期的成果皆是最好的，而校園土、比例 1：5、1：10 之青江菜成長結果也依照導電率之高低相互應，所以此次實驗結果顯示，土壤的導電率是影響農作物生長的因素之一。

(三).不同比例碳化稻殼的混合土的「含水量」對農作物生長的影響

含水量最高的混合土比例 1：3 的青江菜生長最好，但含水量第二的混合土 1：3、1：10 的青江菜生長卻比校園土差，由此次實驗結果，土壤含水量固然會影響植物的生長，但仍有許多因素需要去注意，不然會影響到實驗結果。

(四).不同比例碳化稻殼的混合土的「酸鹼值」對農作物生長的影響

土壤種植前之酸鹼值檢測，發現混合土比例 1：3 是生長狀況最好的，不論是靜置四週或是兩週的混土皆是最高。在四週的種植過程中，混合土比例 1：3 重量、高度是三種比例中最高的，葉數也是最多的，其次是比例 1：5，最後是 1：10，靜置四週的混土在青江菜的生長和靜置兩週的混土相較之下並沒有很顯著的差別。

和一般種植土比較發現，混土所種植的青江菜的生長在適當的比例下，比一般種植土種植的青江菜生長的較好，葉數較多、高度也較高、收成後的重量也比較重。

柒、結論

一、不同比例的碳化稻殼對土質中「**氮磷鉀**」的影響

根據研究觀察結果，提出對於現階段碳化稻殼實驗上的**建議與改良**。

(一).**氮磷鉀檢測需使用較精準數據之儀器進行**

此次研究的氮磷鉀檢測，因為使用的是藥劑，需要藉由融入水溶液產生的顏色，去辨別氮磷鉀的數據，所產生的成果難免會有誤差。未來繼續做實驗，可以跟鄰近大學，或農業改良所合作，藉由精準測量之儀器進行檢測，減少實驗之誤差。

(二).**增加研究樣本數**

因為時間的限制，我們採取的樣本數過少，未來可以增加 5 至 10 個樣本，以提升此次實驗的穩定性與精確性。

二、不同比例的碳化稻殼對土質中「**導電率**」的影響

碳化稻殼加入土壤中，比例的多寡會影響混合土的導電率，目前的研究結果發現導電率高的土質生長效果較佳，此次研究結果得知，混合土比例 1：3 的導電率比校園土高，未來還需要做更多比例的實驗詳加驗證。

三、不同比例的碳化稻殼對土質中「**含水量**」的影響

經實驗證實，不同比例的碳化稻殼加入土壤中，確實會影響混合土的含水量，**土壤中碳化稻殼比例愈多，混合土的含水量會愈高**。此結果與《水槽下的“寶藏”---學校中水道廢棄土的研究與改良》提到的混合土影響含水量相呼應。

四、不同比例的碳化稻殼對土質中「**酸鹼值**」的影響

使用不同比例混合土進行酸鹼度的測量，實驗結果與文獻《批次式炭化爐生產之炭化稻殼及其應用於稻米生長之影響》提到的碳化稻殼影響酸鹼值相呼應，但**我們實際測得實驗數據，不同比例間的酸鹼值並無明顯的差異**，在未來的實驗中是需要注意的情況。

五、不同比例碳化稻殼的混合土的「**氮磷鉀**」對農作物生長的影響

文獻資料《炭化稻殼在水稻有機栽培上的應用》說明，土壤之氮磷鉀會影響植物生長，但此次實驗結果並沒有顯著的影響，故**未來的研究需使用更精確之儀器進行測量**，

已獲得精確的數據進行佐證。

六、不同比例碳化稻殼混合土的「導電率」對農作物生長的影響

經研究結果顯示，土壤的導電率愈高植物生長情況愈好，混土 1:3 的導電率最高，生長出來的青江菜在高度、重量、葉片數都相較於其他組別佳，這部分的研究結果也與文獻相呼應。

七、不同比例碳化稻殼混合土的「含水量」對農作物生長的影響

不同比例的碳化稻殼會影響到土壤的含水量，但混合土的含水量卻不一定會影響植物的生長，之後的研究可以增加不同的混合土比例進行更精準研究。

八、不同比例碳化稻殼的混合土的「酸鹼值」對農作物生長的影響

實驗後發現碳化稻殼促進植物的生長的成效的確和參考資料中提到的有落差，仍有文獻提出碳化稻殼對土壤的酸鹼度影響有限，本實驗種植的作物為「青江菜」，雖並非使用參考資料中所說的有明顯增產作用的「禾本科」植物，在生長結果上也有明顯的成果，與參考資料相符。

本次實驗的主軸是「永續經營」，利用稻殼本身的稻殼進行炭化，利用碳化稻殼中和土壤，種植作物，再回歸土壤，不斷地循環再造再循環，讓資源永續利用，當我們在這片土地上種植、採收作物的同時，也要記得珍惜、愛惜這塊養育我們的地方。

捌、參考資料

- 一、中興大學農業暨自然資源學院土壤調查試驗中心。土壤鹽害診斷方法。取自 <https://goo.gl/kjXuCX>
- 二、李學一等（2008）。化腐朽為黑金－廚餘堆肥。中華民國第 48 屆中小學科學展覽會國小生活與應用科學科，國立台灣科學教育館，台北。
- 三、青山貿易農業事業部。青山碳化稻殼。取自 <https://goo.gl/3g4sJ4>
- 四、洪岭等（2002）。水槽下的“寶藏” ---學校中水道廢棄土的研究與改良。中華民國第 42 屆中小學科學展覽會國小生活與應用科學科，國立台灣科學教育館，台北。
- 五、食事報導。測量土壤酸鹼度及電導度。取自 <https://goo.gl/NjRfZ9>
- 六、倪禮豐（2003）。水稻廢棄資材之利用。花蓮區農業專訊，43，21-24。
- 七、倪禮豐（2007）。稻殼再利用技術。花蓮區農業專訊。61，19-20。
- 八、倪禮豐、施清田、楊大吉、黃鵬（2013）。附掛式稻殼連續炭化裝置•花蓮區農技報導。105，1-3。
- 九、產業學習網（2009）。透過碳化技術創造高產值—廢棄稻殼變黃金。工業技術與資訊，215（9）。取自 <https://goo.gl/o9jqym>
- 十、陳香如。批次式炭化爐生產之炭化稻殼及其應用於稻米生長之影響。工業技術研究院。取自 <https://goo.gl/bEwnDf>
- 十一、廖勁穎、張繼中、黃文益。炭化稻殼在水稻有機栽培上的應用。台東區農業專訊。87，8-10。
- 十二、廖勁穎、張繼中、黃文益（2014）。炭化稻殼在水稻有機栽培上的應用。臺東區農業專訊，8-10。
- 十三、劉廣泉、許苑培、鄭隨和（2010）。設施內施用炭化資材對萵苣生育及產量之影響。桃園區農業改良場研究彙報。67，9-16。
- 十四、蘇博信（2011）。碳化稻殼之介紹及田間運用。高雄區農業專訊-農業新知。78，17-18。

【評語】 080817

從文獻探討得知「碳化稻殼」有助於植物生長，花費了一年多的時間研究碳化的條件和試驗環境，再測量添加後對土壤中氮、磷、鉀、導電率、含水量及 pH 之影響，也實際栽種蔬菜觀察生長情形。此研究富有廢棄物再利用之精神，屬於循環材料經濟之範疇。研究內容可增加碳化方式及過程的探討，並透過比較不同種類之碳化稻殼以進一步提升效果。此研究主題具有應用性和鄉土性，充分展現團隊合作解決問題的精神，值得嘉許。

作品海報

壹、研究動機

我們學校的校本課程中有一門有趣的「**種稻課程**」，每次當稻子脫完殼後只有**被丟棄**的命運，我們想知道全國一年丟了多少稻殼？發現104年丟掉的稻殼高達316346噸，若能讓稻殼回歸大自然，就可以減少環境中的廢棄物，於是我們發現「**碳化稻殼**」能改善植物生長，若能取代化肥，就能減輕了土地的負擔。

製作碳化稻殼是以低氧燃燒的方式，製作容易，農民也能在家自行製作，既能省下使用化肥的費用，也能達到土地的永續發展。

貳、研究目的與研究問題

一、探討**碳化稻殼**對**土質**的影響？

- (一)探討不同比例的碳化稻殼對土質中「**氮磷鉀**」的影響？
- (二)探討不同比例的碳化稻殼對土質中「**導電率**」的影響？
- (三)探討不同比例的碳化稻殼對土質中「**含水量**」的影響？
- (四)探討不同比例的碳化稻殼對土質中「**酸鹼值**」的影響？

二、探討不同比例**碳化稻殼的混合土**對**農作物生長**的影響？

- (一)探討不同比例碳化稻殼混合土的「**氮磷鉀**」對農作物生長的影響？
- (二)探討不同比例碳化稻殼混合土的「**導電率**」對農作物生長的影響？
- (三)探討不同比例碳化稻殼混合土的「**含水量**」對農作物生長的影響？
- (四)探討不同比例碳化稻殼混合土的「**酸鹼值**」對農作物生長的影響？

參、研究器材與設備

測量混合土值變化的設備及器材表

名稱	用法
pH值檢試器	測量不同比例混合土的pH值
氮磷鉀檢試劑	測量不同比例混合土的氮磷鉀值
電子磅秤	測量土壤和青江菜之重量
量杯	測量不同比例混合土的排水量
盆栽	盛裝體積300cm ³ 不同比例的混合土
電導度儀	使用前校正數值，呈現0.465即完成
純水	檢測氮磷鉀時使用純水進行檢測
標準氯化鉀溶液	導電率測試的標準溶液

碳化稻殼的設備及器材表

名稱	用法
噴槍	快速將炭燒到白化
大鐵桶	把燒好的炭放入鐵桶冷卻
木炭	燃燒使溫度升高，進行碳化稻殼。
稻殼	鐵桶中悶燒，進行碳化

肆、研究過程或方法

一、研究流程

依研究動機發展研究題目

- 黃金變黑金 - 碳化稻殼對農作的效益

前置作業：

- 資料蒐集、準備研究工具

實驗操作

- 測量收成物的大小、土壤pH值

整理資料

- 實驗筆記整理、輸入成電子檔

完成研究

- 完成研究報告

二、研究前置作業

(一)、蒐集資料

分工合作依照關鍵字「**碳化稻殼**」、「**稻殼**」、「**碳化稻殼**」、「**種植**」，分別在**圖書館與網路**搜尋資料，再到學校和老師同學一起找出和主題相關的資訊。

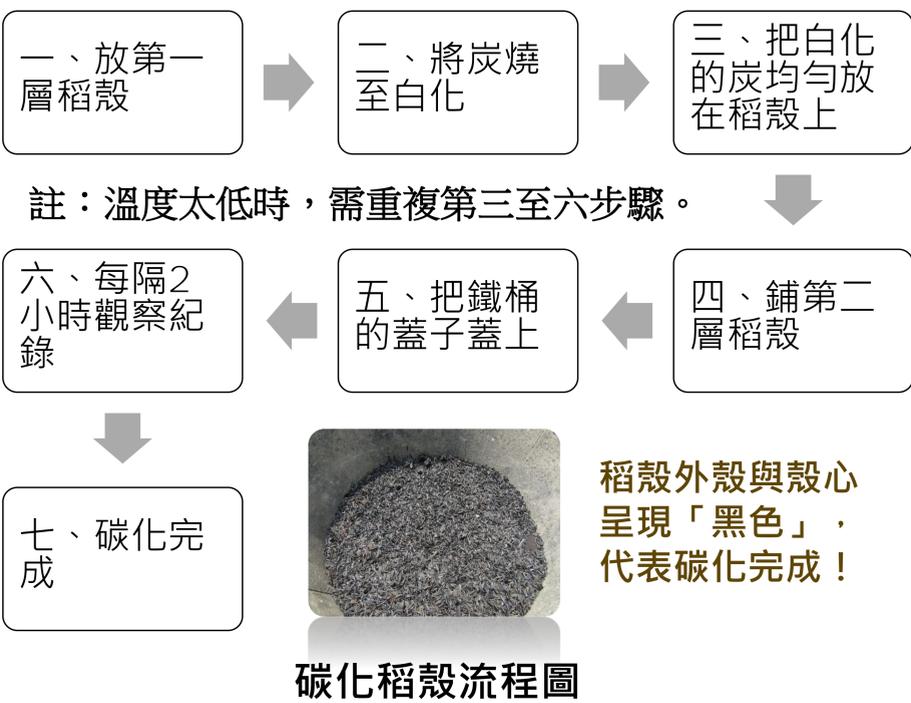
(二)、蒐集稻殼

- 1、使用「**自種的稻殼**」之稻殼
- 2、跟「**農會**」購買
- 3、跟「**碾米廠**」購買

自製打穀機「打稻穀」的步驟

步驟一： 撿稻穗	步驟二： 打穀	步驟三： 挑除稻稈
		

(三)、碳化稻殼



(四)、混合碳化稻殼與土壤

使用學校的「無施肥土壤」，作為實驗材料。在混土的部分以1900ml奶粉罐的體積做計算單位，總共混和兩批土壤進行比較，在105年12月8日，進行土壤酸鹼度的測試：

碳殼：土壤	1:3	1:5	1:10
二星期			
四星期			

三、實驗過程

(一)、土壤測試

1. 氮磷鉀測試

把澄清液滴入氮磷鉀的儀器中至虛線處，在較小的洞口加入和儀器相同顏色的膠囊。搖晃約1分鐘，靜至1天，觀察液體顏色和指標顏色最相近。



2. 導電率測試

導電性的儀器使用前須用純水先沖洗一次，經標準氯化鉀溶液調整後，始能測量。

3. 含水量測試

將300cm³的混土放在小盆栽中，並在小盆栽下方放置培養皿，加入200ml的水，半小時後觀察，將培養皿中的水倒入量杯測量。



4. pH值測試

探討碳化稻殼是否可使土壤達到「酸鹼中和」的效果，發現混合土與校園土的pH值數據範圍在7.3至8.02之間，呈現偏中性的狀態。

放置時間	比例	pH值	放置時間	比例	pH值	pH值	
四星期	1:3	8.0	兩星期	1:3	8.02	校園土	7.3
	1:5	7.7		1:5	7.65		
	1:10	7.65		1:10	7.98		

(二)、種植青江菜

民國105年12月28日進行青江菜播種。

1. 搭網架；2. 穴盆育苗；3. 移植青江菜。

(三)、觀察青江菜的生長

每週紀錄3次，紀錄日期從民國106年1月4日開始至民國106年1月20日止，以直尺測量生長高度，拍攝照片紀錄青江菜外觀變化。

(四)、青江菜收成與測量

從育苗開始種植四週後，民國106年1月20日青江菜收成，並測量其高度、重量、葉片數與色澤。



(五)、種植後混合土pH值測試

取青江菜收成後土壤，使用pH值檢試器，分別測量不同比例混合土的pH值，所呈現pH值在7.8至8.1之間，顯示此時地土壤酸鹼度是中性偏鹼性的狀態。

放置時間	比例	pH值	放置時間	比例	pH值	pH值	
四星期	1:3	8.05	兩星期	1:3	8.1	校園土	7.9
	1:5	7.85		1:5	7.8		
	1:10	7.85		1:10	8.05		



伍、研究結果

一、探討「碳化稻殼對土質」的影響

(一)、對土質中「氮磷鉀」的影響

實驗結果混合土比例1:3、1:5、1:10與校園土的氮磷鉀驗測結果皆相同。

	混合土			校園土
	1:3	1:5	1:10	
氮(N)	0	0	0	0
磷(P)	>4	>4	>4	>4
鉀(K)	3	3	3	3

(二)、對土質中「電解質」的影響

混合土1:3的導電率最高，達365μS/cm；校園土的導電率達232.1μS/cm；混合土1:5的導電率達196.2μS/cm；混合土1:10導電率最低，136μS/cm。

	比例	導電率數據
混合土	1:3	365 μ S/cm
	1:5	196.2 μ S/cm
	1:10	136 μ S/cm
校園土		232.1 μ S/cm

(三)、對土質中「含水量」的影響

混合土1:3的含水量最多，平均達128.33毫升，校園土的含水量最少，平均達95毫升。

	混合土			校園土
	1:3	1:5	1:10	
第一次	125 ml	120 ml	120 ml	100 ml
第二次	145 ml	130 ml	130 ml	95 ml
第三次	115 ml	110ml	110 ml	90 ml
平均	128.33 ml	120 ml	120 ml	95 ml

(四)、對土質中「酸鹼值」的影響

校園土的酸鹼值在種植後明顯上升，其他碳化稻殼的混土pH值測上升的幅度較小，校園土在種植後偏鹼性的程度是比不同比例的混合土大。

時間	土：稻殼	種植	pH值	時間	土：稻殼	種植	pH值	種植	pH值
四星期	1:3	前	8.0	兩星期	1:3	前	8.02	前	7.6
		後	8.05			後	8.1	後	7.9
	1:5	前	7.7		1:5	前	7.65		
		後	7.85			後	7.8		
	1:10	前	7.65		1:10	前	7.98		
		後	7.85			後	8.05		

二、探討「不同比例碳化稻殼」的混土「對農作物生長」的影響

(一)、對「氮磷鉀」的影響

在不同比例碳化稻殼的混土1:3、1:5與1:10及校園土的氮、磷、鉀含量皆相同，故對於農作物的生長並無顯著的影響。

(二)、對「導電率」的影響

混合土1:3的導電率最高365uS/cm，混合土1:10的導電率最低，達136uS/cm，在電解質的部分混土比例1:3勝過其它比例。

(三)、對「含水量」的影響

混合土1:3的含水量最多，達128.33毫升，校園土的含水量最少，為95毫升。

(四)、對「酸鹼質」的影響

種植前pH值最高為8.02是放置時間兩星期比例1:3之混土，種植後青江菜重量為25.6克、高度19.5公分、葉片數11.4片，四星期與兩星期的混合土比例1:3是7種樣本中生長最好的。

收成後青江菜測量記錄表

時間	比例	編號	重量	高度	葉數	時間	比例	編號	重量	高度	葉數
四星期	1:3	1	25	16.0	14	兩星期	1:3	1	22	19.0	13
		2	43	18.5	14			2	20	18.0	11
		3	17	17.5	11			3	25	20.0	11
		4	19	16.7	12			4	22	17.0	10
		5	37	19.0	12			5	41	20.0	14
		6	25	18.5	15			6	38	21.0	13
		7	29	19.9	11			7	26	21.0	12
		8	39	21.2	13			8	11	20.0	7
平均			29.3	18.4	12.8	平均			25.6	19.5	11.4
四星期	1:5	1	21	18.0	11	兩星期	1:5	1	4	13	13
		2	12	16.5	10			2	0.5	9.5	9
		3	15	17.2	9			3	6	11	9
		4	6	12.0	9			4	0.5	9	6
		5	22	21.5	8			5	3	11	6
		6	13	15.7	9			6	2	10	8
		7	11	13.5	11			7	3	10	9
		8	18	14.0	11			8	2	10	9
平均			14.8	16.1	9.8	平均			2.6	10.4	8.6
四星期	1:10	1	3	8.0	7	兩星期	1:10	1	4	8	6
		2	2	8.5	5			2	5	11	6
		3	4	10.2	8			3	4	9	7
		4	2	7.2	6			4	3	8	6
		5	6	9.1	8			5	2	8	4
		6	6	9.5	6			6	0.5	6	5
		7	3	11.0	6			7	0.5	7	4
		8	4	10.2	9			8	0.5	6	4
平均			3.8	9.2	6.9	平均			2.4	7.9	5.3
校園土	1	3	13	9							
	2	5	14	10							
	3	3	12	9							
	4	4	13	8							
	5	2	13	8							
	6	7	15	11							
	7	5	18	10							
	8	5	17	9							
平均			4.3	14.4	9.3						

陸、討論

一、碳化稻殼對土質的影響

土壤比例1:3的導電率達365us/cm，而土壤比例1:10才136us/cm，所以可以得知碳化稻殼加入越多，導電率就越高。含水量的部分，土壤比例1:3達128.33毫升，但校園土只有95毫升，可見加入碳化稻殼的土壤能充分保留住土壤水分，以免水份流失。藉由這兩個關鍵實驗可以得知，土壤比例1:3不管是在含水量還是導電性都比其他比例好。

二、不同比例碳化稻殼的混合土對農作物生長的影響

將混土進行「氮磷鉀、含水量、導電率及酸鹼值」的檢測後發現，混土比例1:3的比例是最適合青江菜生長的土壤，其在重量、高度、葉數皆是三種比例中最高的，其次是比例1:5，最後是1:10，靜置四週的混土和靜置兩週的混土在青江菜的生長狀況，並沒有很顯著的差別。

比例1:3的混土所種植的青江菜生長狀況，相較於一般種植土種植的青江菜生長狀況好，葉數較多、高度較高、收成後的重量也比較重。

柒、結論

碳化稻殼有50%二氧化矽(SiO₂)及豐富微量元素，碳化稻殼的pH值在8~9之間為鹼性，適合用來矯正酸化的土壤酸度，實驗後發現加入碳化稻殼之混土在酸鹼性、含水性、導電性中較校園土佳，但在氮磷鉀檢測並無明顯差異，1:3比例的碳化稻殼混土對於促進植物的生長是有成效的，這次實驗的主軸是「永續經營」，利用稻殼本身的稻殼進行炭化，利用碳化稻殼中和土壤，種植作物再回歸土壤，不斷地循環再造再循環，讓資源永續利用。

中興大學農業暨自然資源學院土壤調查試驗中心。土壤鹽害診斷方法。取自<https://goo.gl/kjXuCX>
李學一等(2008)。化腐朽為黑金-廚餘堆肥。中華民國第48屆中小學科學展覽會國小生活與應用科學科。國立台灣科學教育館。台北。
青山貿易農業事業部。青山碳化稻殼。取自<https://goo.gl/3g4sJ4>
洪齡等(2002)。水槽下的「寶藏」---學校中水道廢棄土的研究與改良。中華民國第42屆中小學科學展覽會國小生活與應用科學科。國立台灣科學教育館。台北。
食事報導。測量土壤酸鹼度及電導度。取自<https://goo.gl/NjRFZ9>
倪禮豐(2003)。水稻廢棄資材之利用。花蓮區農業專訊。43。21-24。
倪禮豐(2007)。稻殼再利用技術。花蓮區農業專訊。61。19-20。
倪禮豐、施清田、楊大吉、黃鵬(2013)。附掛式稻殼連續炭化裝置。花蓮區農技報導。105。1-3。
產業學習網(2009)。透過炭化技術創造高產值-廢棄稻殼變黃金。工業技術與資訊。215(9)。取自<https://goo.gl/o9jqym>
陳香如。批次炭化爐生產之炭化稻殼及其應用於稻米生長之影響。工業技術研究院。取自<https://goo.gl/bEwnDf>
廖勁穎、張繼中、黃文益(2014)。炭化稻殼在水稻有機栽培上的應用。台東區農業專訊。8-10。
劉廣泉、許苑培、鄭隨和(2010)。設施內施用炭化資材對高苜蓿生育及產量之影響。桃園區農業改良場研究彙報。67。9-16。
蘇博信(2011)。碳化稻殼之介紹及田間運用。高雄區農業專訊-農業新知。78。17-18。