

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

080312

炭為觀止—生物炭改良土壤成效初探

學校名稱：金門縣金湖鎮金湖國民小學

作者： 小六 鄭喆琳 小六 鄭厚祥 小四 周湘東 小四 張家瑜	指導老師： 方玲琳 張雅萍
---	---------------------

關鍵詞：生物炭、土壤改良、作物種植

摘要

我們準備了砂質土、黏質土並加入不同比例的生物炭，想了解在乾旱(0.5倍水)、正常給水和淹水(3倍水)的情況下，兩種不同的土壤對作物生長狀況有什麼影響。透過基礎實驗一~五，我們發現生物炭具有吸水、保水、排水等效果；而在主要實驗一~六結果中，我們發現除了正常給水情境下，**在缺水及淹水情境下，加入生物炭也能發揮其效能，會影響作物成長高度，使得作物成長高度因有加入生物炭而成長效果較佳。**本次實驗我們只選用風倒木生物炭來探討以及蘿蔓萵苣作為種植的樣本，未來也許可以嘗試種植不同的作物，及拉大生物炭比例的加入對不同農作物的生長有什麼影響，或取用不同金門農作廢棄物製作生物炭，探討對農作物或土壤改良的影響情形。

壹、研究動機

一、前言

近年來金門農民最困擾的事情只有一件—土地乾旱，依照金門氣象站資料顯示，2020年金門年總降雨量僅有476.5ml，因此我們準備在今年的實驗中，拯救金門土壤乾旱的困境，所以我們邀請到了草根意識工作室的生物炭專家—劉晉宏老師來協助我們一起探討這個問題。

劉老師告訴我們：莫蘭蒂颱風過後，風倒木太多，以往處理的方式大多只是把風倒木變小塊，體積並沒有縮小，如果能把風倒木做有效的運用，不僅能改善風倒木過多的問題，也許還能和農民們合作，一起改善金門的土壤環境呢！

根據文獻探討，風倒木製成的生物炭確實能增加空心菜成長的效果，因此我們想了解運用風倒木的生物炭添加在金門常見的兩種土壤中是否也能有一樣的改進效果，因此，除了了解生物炭的保水、吸水和排水性到底是否有如傳聞中那麼厲害，是否能改良土壤，讓作物長得更好外。我們為了讓實驗更貼近近年來極端氣候的情境，我們甚至還模擬了乾旱、淹水兩種情況，想知道在這些給水的情境下，不同比例的生物炭加入對農作物的成長會不會有影響。

二、文獻探討

(一)生物炭

廣義的生物炭是指各種農業廢棄物經過高溫低氧炭化處理之後的產物，除了可以拿來烤肉之外，還具有吸濕、除臭、淨水、排水等功能。本研究所用之生物炭是根據《金門地區生物炭循環農業推動計畫期末成果修正報告書》中所提及2016年莫蘭蒂颱風侵襲金門所吹倒的風倒木所燒製而成的產物。

(二)金門農業現況

土壤貧瘠一直是金門農民最頭痛的問題，也因此島內蔬菜水果等物質缺乏，農產品常常需要從台灣本島運送，造成時間與經費成本增加，此外，蔬果新鮮程度也因此大打折扣。根據《兩岸小三通之動植物檢疫與檢查現況》，葛卓崙（2001）指出金門耕地多土壤貧瘠而且雨量少，較適合種植旱作雜糧及部分蔬果，金門農民所種植的作物中又以高粱與小麥為最大宗。

(三)氣候變遷

全球暖化、溫室效應等語詞已經在我們耳邊縈繞許多年，什麼是全球暖化呢？當大氣和海洋中的溫室氣體過量，地球便會猶如被籠罩在厚厚的溫室中，使得太陽照射的熱量難以散去，進而引發各種極端天氣。近年來極端氣候變化莫測，水災、旱災頻傳，而正是因為這些不可抗力因素，造成農作物歉收，而根據金門氣象站資料顯示，2020年金門年總降雨量僅有476.5ml，湖泊都乾涸見底，大大影響了植物生長的條件。

(四)相關研究

過去已有前人對生物炭在作物栽培上做過相關研究，如陳韻圓（2016）以雞屎作為來源製作生物炭，而楊盈（2018）則是以番茄的廢枝葉作為來源製作生物炭，兩者的研究均指出生物炭對作物生長並無顯著的助益；而在第59屆科展中，趙庭瑤及鍾亞靖（2019）指出花生殼生物炭以1:50之比例混入培養土，對於小白菜、莧菜、香菜的生長具有顯著的效果；劉晉宏（2018）在《金門地區生物炭循環農業推動計畫期末成果修正報告書》中使用空心菜短期栽培試驗，實驗結果顯示，使用風倒木製成的生物炭添加不同比例(0%、1%、2%)，可使空心菜的短期產量可增加10%~30%。

貳、研究目的

我們想了解使用風倒木所燒製的生物炭及肥料共同施加，在不同的氣候環境下（水災、正常、旱災）對於作物生長表現有何影響，希望能透過這次的實驗了解生物炭是否能改善金門土壤貧瘠以及對抗乾旱的問題，進而找出在農業運用的方法，因此我們的研究目的分成下列幾項：

一、研究目的

- (一)比較土壤加入不同比例的生物炭後，其保水性及排水性的差異。
- (二)在不同的給水情境下，比較土壤加入不同比例的生物炭後，對作物成長的影響。

二、研究問題

(一)比較土壤加入不同比例(0%、1%、2%)的生物炭後，其保水性及排水性的差異。

1-1生物炭的吸水效果如何？

1-2砂質土加入不同比例(0%、1%、2%)生物炭後，排水速率有什麼差異？

1-3黏質土加入不同比例(0%、1%、2%)生物炭後，排水速率有什麼差異？

1-4砂質土加入不同比例(0%、1%、2%)生物炭後，保水效果如何？

1-5黏質土加入不同比例(0%、1%、2%)生物炭後，排水效果如何？

(二)在不同的給水情境下，比較土壤加入不同比例的生物炭後，對作物成長的影響。

2-1在0.5倍的給水情境下，砂質土中加入不同比例(0%、1%、2%)生物炭對作物生長有什麼影響？

2-2在0.5倍的給水情境下，在黏質土中加入不同比例(0%、1%、2%)生物炭對作物生長有什麼影響？

2-3在正常給水情境下，在砂質土中加入不同比例(0%、1%、2%)生物炭對作物生長有什麼影響？

2-4在正常給水情境下，在黏質土中加入不同比例(0%、1%、2%)生物炭對作物生長有什麼影響？

2-5在3倍給水情境下，在砂質土中加入不同比例(0%、1%、2%)生物炭對作物生長有什麼影響？

2-6在3倍給水情境下，在黏質土中加入不同比例(0%、1%、2%)生物炭對作物生長有什麼影響？

三、研究限制

本次實驗我們僅挑選金門常見兩種土壤(砂質土及黏質土)作為種植作物的土壤，探討加入0%、1%、2%生物炭之差別，無法推論到其他不同性質之土壤，以及僅以0.5倍給水模擬乾旱情況、正常給水以及3倍給水模擬淹水情況，方法以每天灌溉；另作物以蘿蔓萵苣(葉菜類的作物)作為實驗作物，未取其他類型蔬果作為比較是本次的研究限制所在。

參、研究設備及器材

一、材料選定：

(一) 實驗作物

由於蘿蔓萵苣的採收期相對較短，可在短時間獲得足夠的實驗數據，菜苗取得也容易，因此我們選用蘿蔓萵苣作為本次實驗的作物。

(二) 土壤

金門的土壤多為風化而成的紅土，顆粒大多為粗粒土，如圖3-1所示，土質又可分為兩類：砂質土及黏質土。金門風大、表層肥沃的土壤被風帶走，所以有機質的含量相當低，不利種植作物。而黏質土土質較黏膩、不易排水；砂質土則是保水功能較差，在極端氣候的環境下均不適合種植作物，為了貼近金門農民的種植情況，本研究選用金門在地的砂質土及黏質土作為實驗用土。

(三) 生物炭

2016年，莫蘭蒂颱風橫掃金門，狂風吹倒了許多樹木，造成金門全島林木損失慘重，每條道路的受損樹木高達七成，極為大量的林木傾倒折損面對大量的風倒木囤積，以往處理的方式大多只是把風倒木變小塊，再換到另一處場所堆置，這樣的處理方式，體積並沒有縮小，沒能有效解決風倒木過多的問題，如果能把風倒木做有效的運用，不僅能改善風倒木過多的問題，也許還能和農民們合作，一起改善金門的土壤環境，因此我們這次的科展選用的即是這些風倒木所燒製而成的生物炭，這些生物炭由劉老師提供，其燒製過程及炭化程度均經過檢驗，本實驗所添加之生物炭比例參考劉晉宏老師於金門地區所作實驗報告書內所使用的添加比例0%、1%、2%。

(四) 肥料

2020年起，金門新建置的堆肥場運用最新技術製作堆肥：先由機械分選和破碎廚餘，再經高速發酵，最後堆置1.5個月，廚餘堆肥便大功告成，這種處理方式可以大幅縮短廚餘發酵時間並且提升堆肥品質，且生產出的堆肥也不會有異味（莊煥寧，2020），因此本次科展我們選用來自金門堆肥處理場的有機堆肥。

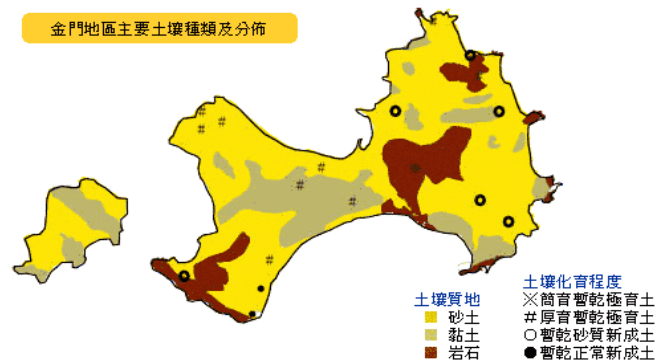









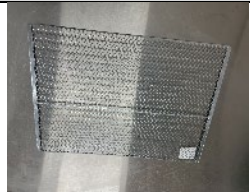



圖3-1 金門地區主要土壤種類及分布

取自：《金門的地質與土壤》網址：<http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2005/jhes/cont01/cont1-04.htm>

二、使用設備及器材：

(一) 使用設備：

設備及器材			
			
各式盆栽	各式量杯	電子秤	平板電腦
			
鏟子	密籃	尺	剪刀、美工刀
			
夾鏈袋	烤肉網	寶特瓶	

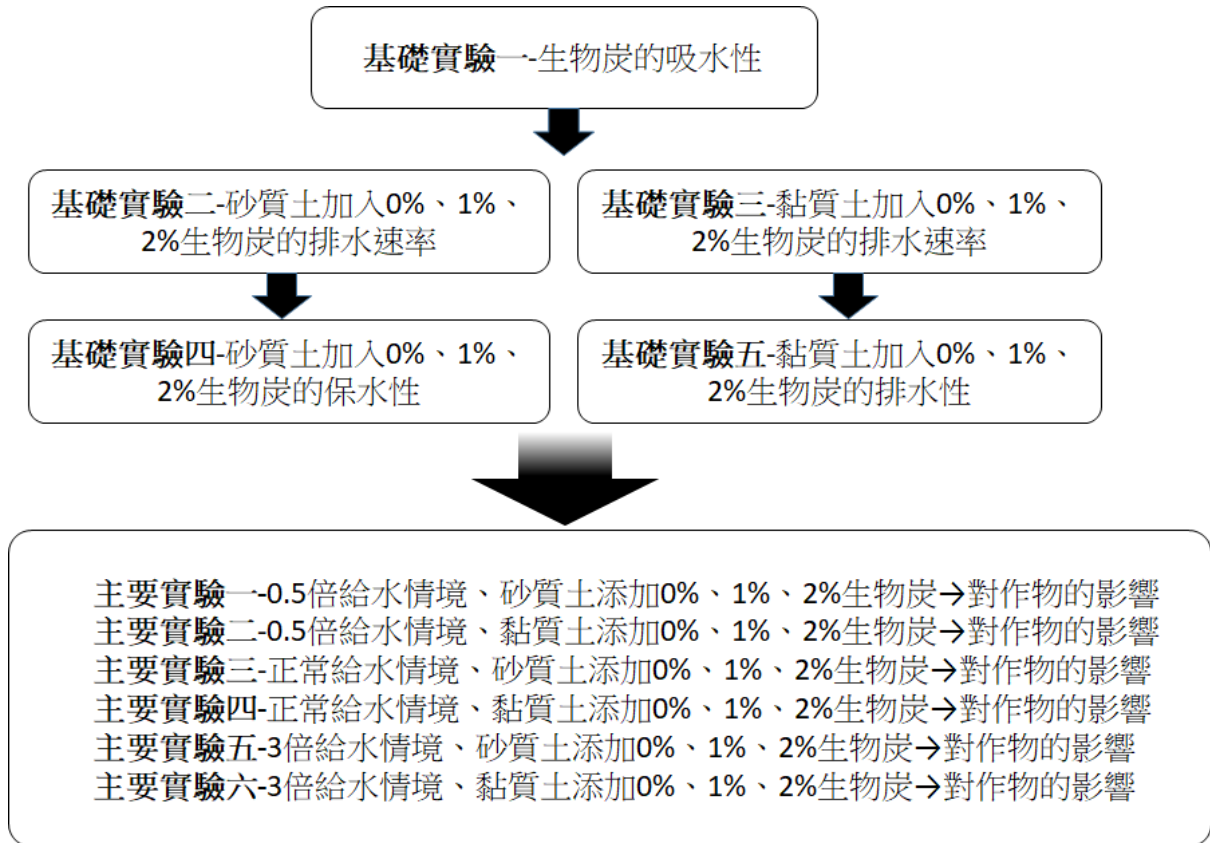
(二) 本次實驗使用主要材料：

風倒木生物炭、蔓蘿萵苣菜苗、砂質土、黏質紅土、肥料、水

實驗使用主要材料					
					
風倒木 生物炭	蔓蘿萵苣 菜苗	砂質土	黏質土	肥料	水

肆、研究方法

一、研究流程圖



二、研究方法－基礎實驗

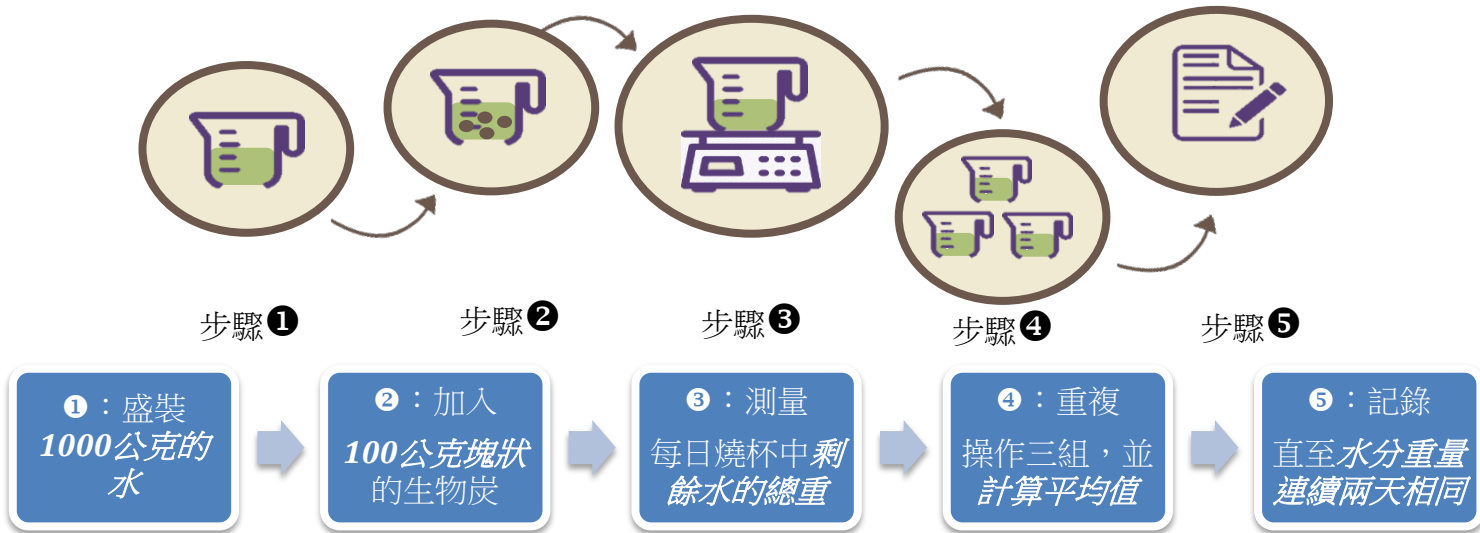
本實驗之基礎實驗所使用的盆器代碼(如表4-1)，以下表的規則編號：

表4-1基礎實驗所使用的盆器代碼

	第一碼	第二碼	第三碼
說明	基礎實驗次別。如基礎實驗一則標註為一、基礎實驗二則為二…，以此類推	土質類別。如砂質土則標示為A，黏質土則標示為B。	在土壤中，生物炭加入比例。加入0%則標為1，加入1%則標為2，加入2%則標為3。
範例	如：二A3盆，則表示在基礎實驗二中，加入2%生物炭的砂質土		
備註：所有砂質土及黏質土皆由密籃統一篩過三次後，使土質顆粒大小一致，再進行排水性及保水性實驗。			

(一) 基礎實驗一-生物炭的吸水性

實驗設計：



探討問題：

- 1.100公克的生物炭可以吸收多少水量？
- 2.100公克的生物炭需要花多少時間才能把水吸飽？

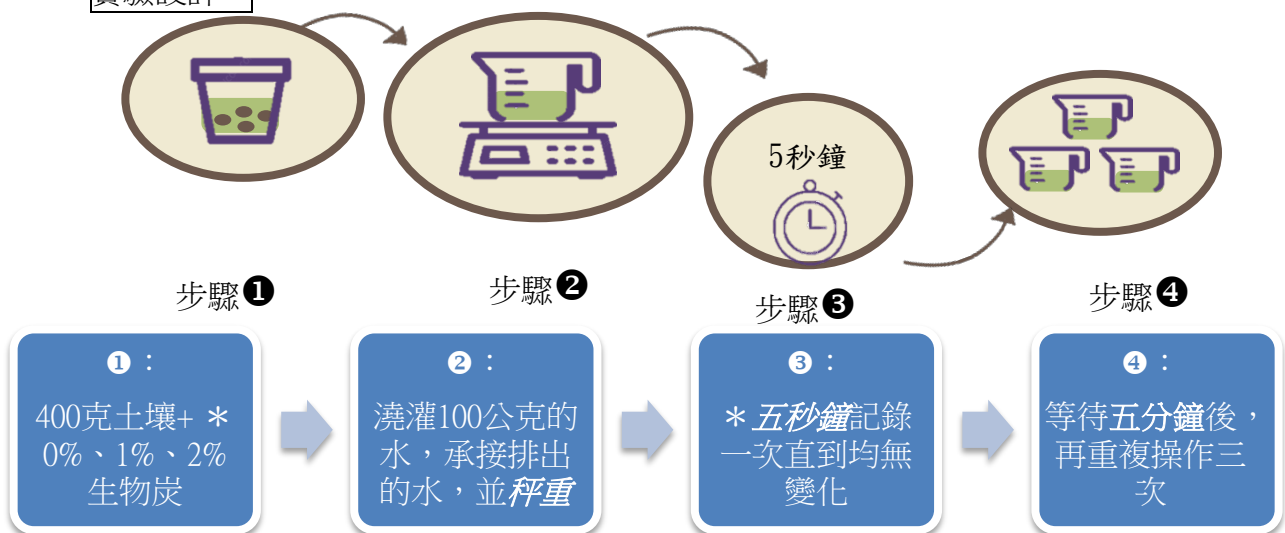
註：為了避免水分蒸散造成測量誤差，每天在量秤完重量後均以加蓋方式確保水分不會蒸散。



圖4-1 基礎實驗一示意圖

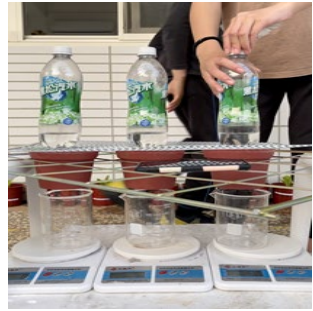
(二) 基礎實驗二、三-砂質土、黏質土加入不同比例(0%、1%、2%)的生物炭之排水速率測試

實驗設計：



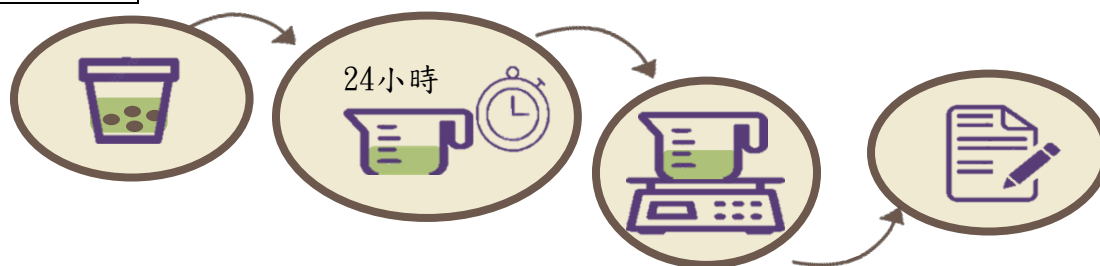
*0%、1%、2%生物炭：添加之生物炭比例參考劉晉宏老師在《金門地區生物炭循環農業推動計畫期末成果修正報告書》中種植空心菜試驗所添加之生物炭比例

*五秒鐘記錄：以五秒鐘記錄一次測試兩種土質在短時間內之排水速率

<p>探討問題：</p> <p>1.加入0%、1%及2%生物炭後的砂質土及黏質土的排水速率有什麼差異？</p> <p>註：為避免時間誤差，每次實驗均以兩支手機錄影記錄磅秤數值，一支架於上方，一支架於前方，以回顧影片的方式記錄各秒數之落水量。</p>	 <p>圖4-2基礎實驗二示意圖</p>
<p>自製澆水器使用方法：</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; text-align: center;">瓶子下方鑽洞、插竹筷</div> <div style="font-size: 2em;">➔</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; text-align: center;">加水進瓶子</div> <div style="font-size: 2em;">➔</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; text-align: center;">拴緊瓶蓋</div> <div style="font-size: 2em;">➔</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; text-align: center;">平放拔掉竹筷</div> <div style="font-size: 2em;">➔</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; text-align: center;">打開瓶蓋，直立後水即會從下方小洞口流出</div> </div>	

(三) 基礎實驗四、五-砂質土、黏質土加入不同比例(0%、1%、2%)的生物炭之保水性、排水性測試

實驗設計：

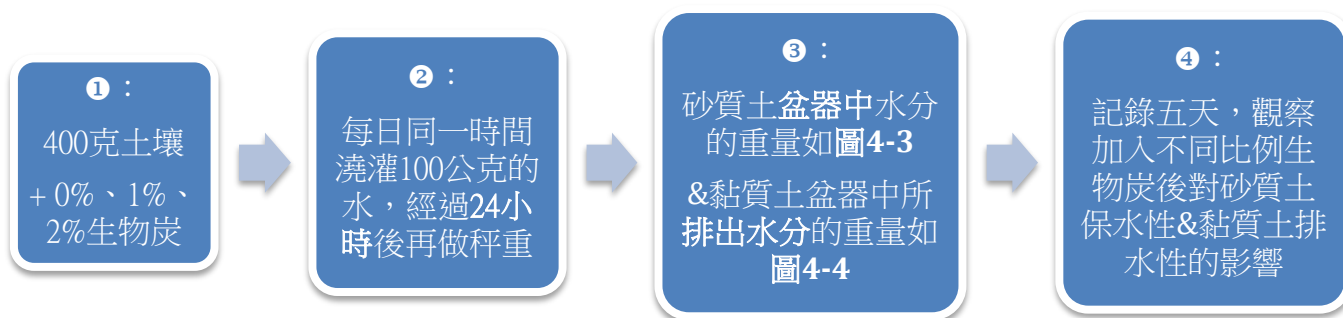


步驟**1**：
編號及裝入土壤

步驟**2**：
澆灌水等待24小時

步驟**3**：
秤重盆中及排出重量

步驟**4**：
記錄土質保水性及排水性



研究問題：

1. 在砂質土中加入0%、1%及2%的生物炭對砂質土的保水性有什麼影響？
2. 在黏質土中加入0%、1%及2%的生物炭對黏質土的排水性有什麼影響？

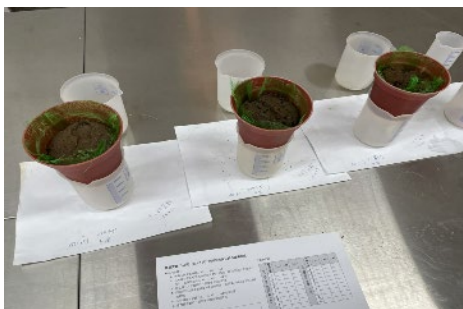


圖4-3 基礎實驗四示意圖
(砂質土三個盆器編號
四A1、四A2、四A3)

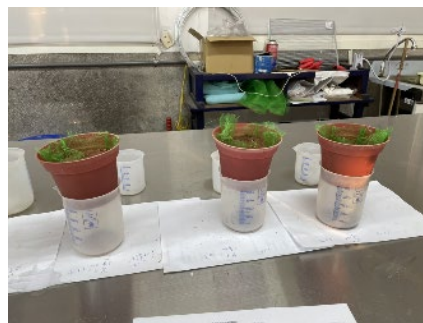


圖4-4 基礎實驗五示意圖
(黏質土三個盆器編號
五B1、五B2、五B3)

三、研究方法－主要實驗

在主要實驗中，為了模擬乾旱(0.5倍水)、正常給水、淹水(3倍水)等三種不同情境，在砂質土、黏質土中加入0%、1%、2%之生物炭對作物生長狀況的影響，我們一共種植了18盆作物，主要實驗所使用的盆器代碼，編號如下表4-2所示：

表4-2主要實驗所使用的盆器代碼

土質類別	砂質土			黏質土		
生物炭加入量	0%	1%	2%	0%	1%	2%
0.5倍給水	A1	A2	A3	B1	B2	B3
正常給水	A4	A5	A6	B4	B5	B6
3倍給水	A7	A8	A9	B7	B8	B9

為了觀察砂質土、黏質土加入0%、1%、2%生物炭在三種給水情境下，作物的生長表現，我們在種植作物時，將以下控制變因盡可能相同，使其對作物生長的影響減至最小：

				
<p>◆作物起始狀態： 挑選具有4-5片葉子、重量相差在2克以內、高度相差3公分以內的作物作為研究樣本。</p>	<p>◆種植環境： 所有作物都種植於實驗教室外的走廊，讓所有的盆栽接收到的日照時間及強度盡量一致。</p>	<p>◆生物炭： 所添加之生物炭皆使用鐵槌將塊狀生物炭敲成粉末狀後再添加至土壤中。</p>	<p>◆盆器大小： 種植盆器使用6吋盆器，土壤統一使用800克加入0%、1%、2%生物炭。</p>	<p>◆施肥方式： 所有萵苣均五天施加一次肥料，將16公克的肥料平均覆蓋於土壤上方。</p>

(一) 主要實驗一~六-0.5倍、正常給水、3倍水的給水情境下，在砂質土或黏質土中加入不同比例生物炭對作物生長的影響

實驗設計：



圖4-5主要實驗實驗步驟之示意圖

步驟一：在三種不同給水情境中各準備3個盆器，並在砂質土中編號A1-A9，黏質土中編號B1-B9，如表4-2所示

步驟二：在800公克的砂質土及黏質土分別加入0%、1%及2%的生物炭，充分混合均勻，並各別裝入盆器中

步驟三：盆器內放置有機肥料16公克，並各種植生長情況類似的蘿蔓萵苣1株

步驟四：每日給水100公克（標準量的0.5倍）、200公克（標準量）、600公克（標準量的3倍），種植兩週，記錄作物的起始重量、收成重量

步驟五：種植期間，每日記錄作物的葉片長度、葉片數量，藉以觀察18盆盆器作物的成長狀況

備註：

正常給水情境澆灌200g的水，是依800g的土壤加入多少水後能滴出第一滴水的為依據，我們發現加入237g的水能滴出第一滴水，因此取200g為正常給水情境為基準。

探討問題：

1. 0.5倍給水情境中，在砂質土及黏質土中加入不同比例生物炭對作物生長的有什麼影響？
2. 正常給水情境中，在砂質土及黏質土中加入不同比例生物炭對作物生長的有什麼影響？
3. 3倍給水情境中，在砂質土及黏質土中加入不同比例生物炭對作物生長的有什麼影響？



圖4-6主要實驗示意圖

伍、研究結果

(一)比較土壤加入不同比例（0%、1%、2%）的生物炭後，其保水性及排水性的差異。

1-1 生物炭的吸水效果如何？

三盆100克生物炭加入1000g的水後，剩餘水重量如下表5-1及圖5-1所示：

表5-1生物炭的吸水性

重量(g) 經過天數	剩餘重量1	剩餘重量2	剩餘重量3	剩餘重量平均
1	1000	1000	1000	1000.00
2	885	923	848	885.33
3	883	921	838	880.67
4	864	910	832	868.67
5	860	902	827	863.00
6	849	881	816	848.67
7	854	877	804	845.00
8	854	877	804	845.00

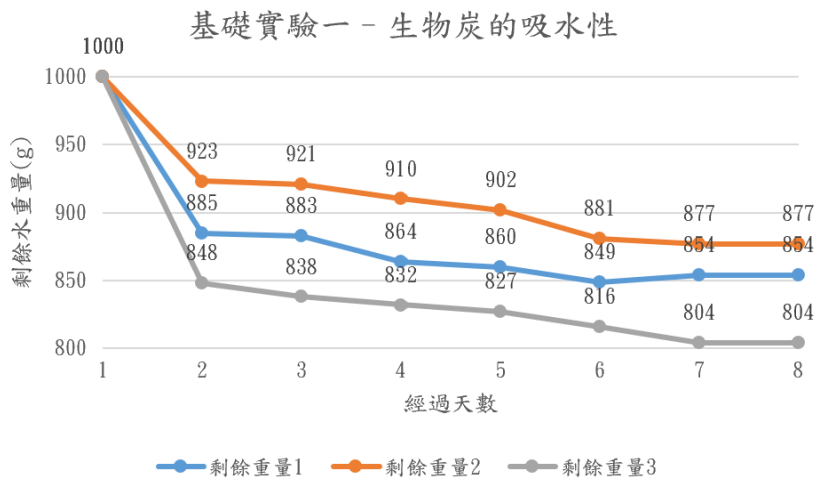


圖5-1生物炭的吸水性

☞ 實驗發現：

透過上表及上圖我們可以發現，**生物炭確實具有吸水的效果**，且吸水的速度在第一天至第二天吸水速率最快，第三天之後吸水速率減緩，100公克的生物炭吸飽水份需要七天的時間，在七天之後平均可以吸附155公克的水分，而在**第七天之後吸水量達到停滯狀態，第八天之後便不再吸水。**

1-2 砂質土加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭後，排水速率有什麼差異？

下表5-2為砂質土加入0%、1%、2%生物炭，澆灌100公克的水，每五秒鐘記錄一次落水量，直到水量均無變化，所排出的水總重量共三次：

表5-2 砂質土加入0%、1%、2%生物炭排水速率

基礎實驗二-砂質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試（單位:g）									
經過秒數	第一次加水			第二次加水			第三次加水		
	二A1	二A2	二A3	二A1	二A2	二A3	二A1	二A2	二A3
5	1	1	3	1	1	3	1	0	0
10	14	18	20	16	27	31	17	14	0
15	27	28	25	42	53	68	35	36	17
20	28	30	25	60	76	87	55	58	49
25	28	30	25	70	84	98	74	73	71
30	28	30	25	74	89	102	84	81	82
35	28	30	25	74	89	103	87	84	85
40	28	30	25	74	89	103	88	84	85
45	28	30	25	74	89	103	88	84	85

將砂質土中加入0%、1%、2%生物炭製，在三次加水後，所排出水的總重量製作成以下折線圖做比較如圖5-2、5-3、5-4：

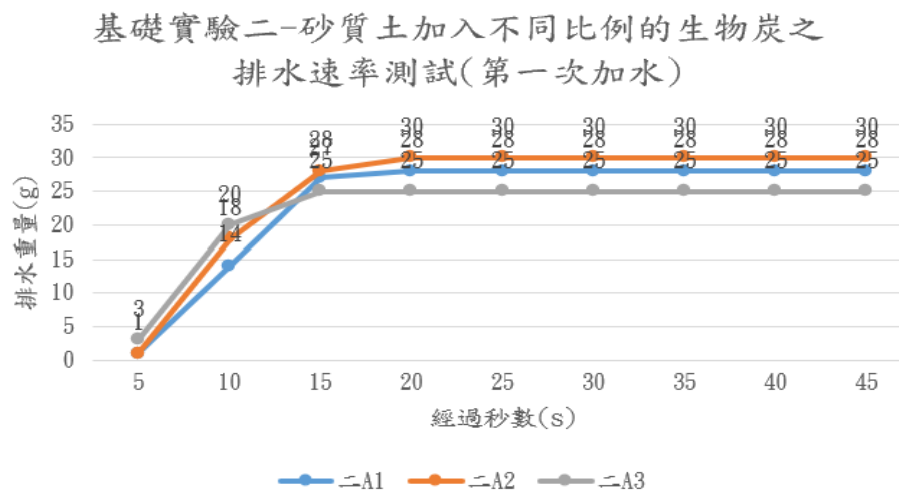


圖5-2 砂質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試(第一次加水)

☞ 實驗發現1：

根據上圖在第一次加水後，到第10秒前，加入2%生物炭的砂質土其排水速率最佳，其次為加入1%生物炭，沒有加入生物炭的砂質土排水速率最差；第15秒後排水速率差異不大，但並無因為添加越多生物炭，排水量就增多，故在第一次加水100公克的情境裡，在砂質土中加入生物炭，一開始確實可以增加土壤的排水速率，但對於排水量並無太大影響。

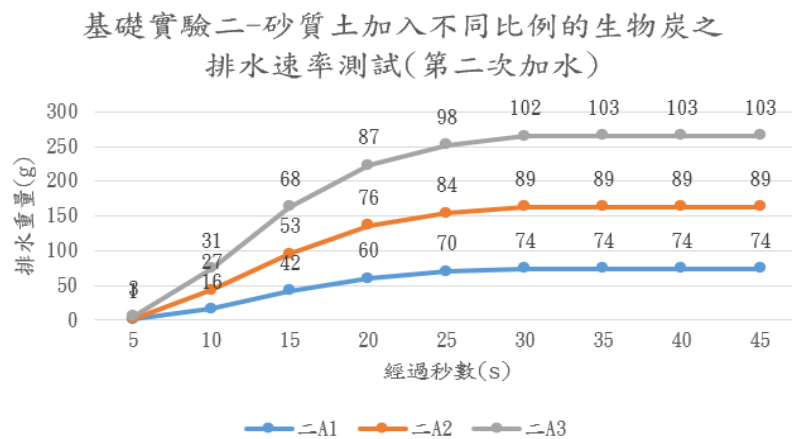


圖5-3砂質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試(第二次加水)

☞實驗發現2：

第二次加水後，可以發現水分排出約在第25秒至30秒間趨緩。加了2%生物炭的砂質土排水速率最佳，1%生物炭次之，未加入生物炭的砂質土排水速率最差。因此在第二次加水的測試中，在砂質土中加入生物炭確實可以增加土壤的排水速率，也可增加排水量，且加入2%生物炭的效果優於加入1%生物炭。

基礎實驗二-砂質土加入不同比例的生物炭之
排水速率測試(第三次加水)

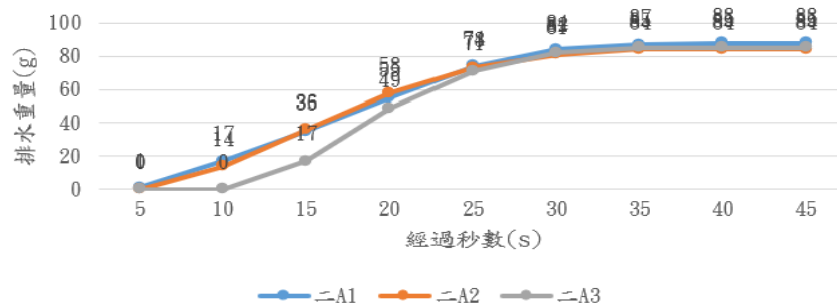


圖5-4砂質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試(第三次加水)

☞實驗發現3：

第三次加水後，可以發現多餘水分的排出需要更多時間，落水重量約在第30秒至35秒間趨緩。砂質土無論有無加入生物炭，最後排出的水量差別不大，然而加了2%生物炭的砂質土在前20秒的排水速率落後於加入1%生物炭及未加入生物炭的砂質土，約在第25秒時，其落水重量才追上其餘二者。我們推論在第三次加水後，在砂質土中加入生物炭對於土壤的排水速率的影響不大，對砂質土排水量的影響也差別不大。

將三次加水後的重量平均後計算，如下表5-3及圖5-5：

表5-3砂質土加入0%、1%、2%生物炭平均排水速率

重量(g) 經過秒數	二A1	二A2	二A3
5	1.00	0.67	2.00
10	15.67	19.67	17.00
15	34.67	39.00	36.67
20	47.67	54.67	53.67
25	57.33	62.33	64.67
30	62.00	66.67	69.67
35	63.00	67.67	71.00
40	63.33	67.67	71.00
45	63.33	67.67	71.00

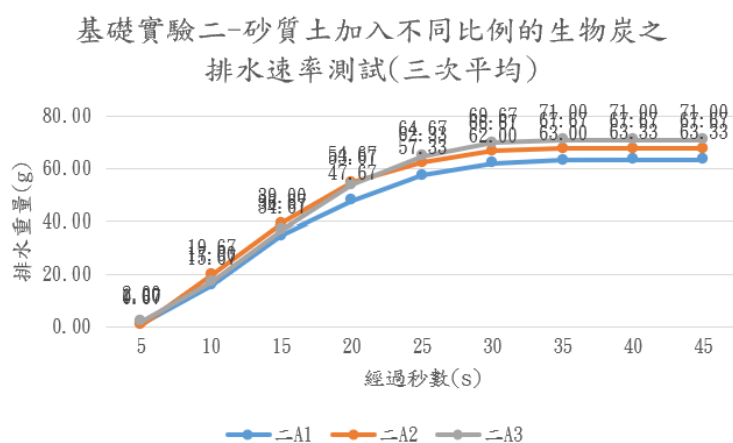


圖5-5 砂質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試(三次平均)

☞ 實驗發現：

透過上表及上圖我們可以發現，在短時間內做測試，加入生物炭後的砂質土，其排水速率及排水量確實略優於沒有加入生物炭的砂質土，但砂質土的性質本來就屬於排水性較佳的土壤，因此我們想進一步測試，在加入不同比例生物炭的的砂質土中加入水後，靜置一天後，是否能有不同效果，因此有了1-4的實驗。

1-3 黏質土加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭後，排水速率有什麼差異？

下表5-4為黏質土加入0%、1%、2%生物炭，澆灌100公克的水，每五秒鐘記錄一次落下水量，直到水量均無變化，所排出的水總重量共三次：

表5-4黏質土加入0%、1%、2%生物炭排水速率

基礎實驗三-黏質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試 (單位:g)									
經過 秒數	第一次加水			第二次加水			第三次加水		
	三B1	三B2	三B3	三B1	三B2	三B3	三B1	三B2	三B3
5	2	1	1	1	1	3	0	0	4
10	8	1	11	21	26	31	16	37	31
15	10	1	21	35	35	46	44	56	56
20	10	1	21	42	35	50	51	62	67
25	10	1	21	42	35	50	65	65	69
30	10	1	21	42	35	50	68	68	69
35	10	1	21	42	35	50	68	68	69
40	10	1	21	42	35	50	68	68	69
45	10	1	21	42	35	50	68	68	69

將黏質土中加入0%、1%、2%生物炭製，在三次加水後，所排出水的總重量製作成以下折線圖做比較如圖5-6、5-7、5-8：

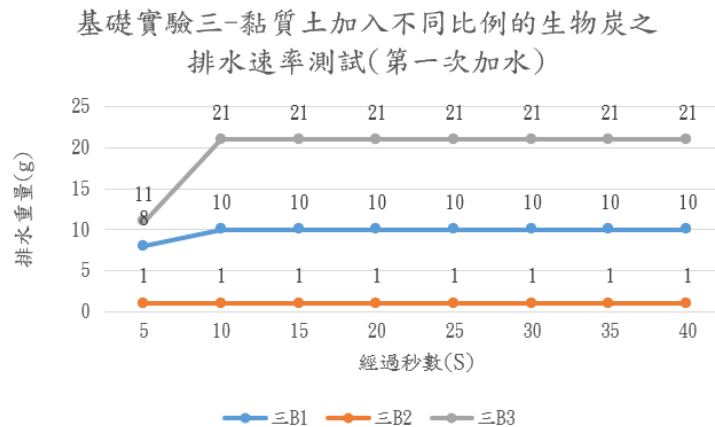


圖5-6 黏質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試(第一次加水)

☞ 實驗發現1：

在第一次加水後，黏質土無論是排水量和排水速率均明顯較砂質土差。而加入2%生物炭的黏質土其排水速率最佳，其次為沒有加入生物炭的黏質土，加入1%生物炭的砂質土排水量僅1公克，排水速率表現最差。從上圖我們無法推論在加水100公克的情境裡，在加入生物炭確實對黏質土的排水速率有何影響。

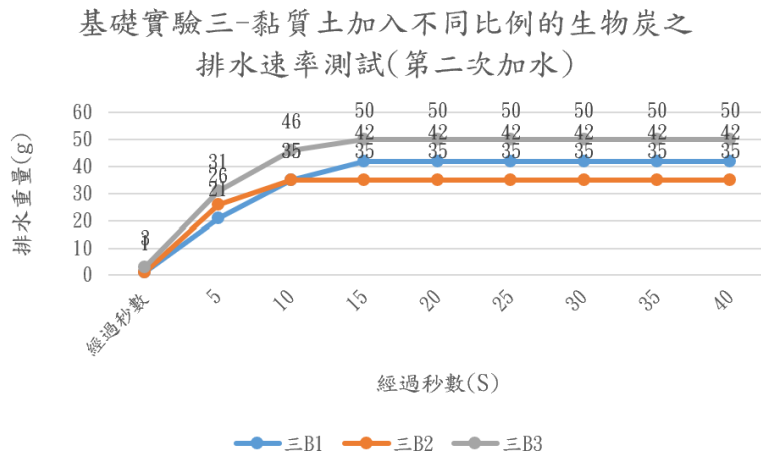


圖5-7 黏質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試(第二次加水)

☞ 實驗發現2：

第二次加水後，可以發現水分排出約在第15秒至20秒間趨緩。加了2%生物炭的黏質土排水速率最佳，未加入生物炭的黏質土最終排水量優於加入1%生物炭的黏質土。在排水速率的表現中，前10秒是生物炭加入越多排水速率越快，然而加入1%生物炭的黏質土在排水10秒後便停止了，因此最終排水量落後於其餘二者。

我們推論在兩次加水100公克的情境裡，加入生物炭未必能增加黏質土的排水量，僅在加入2%生物炭的組別中能看出排水速率及排水量較佳。

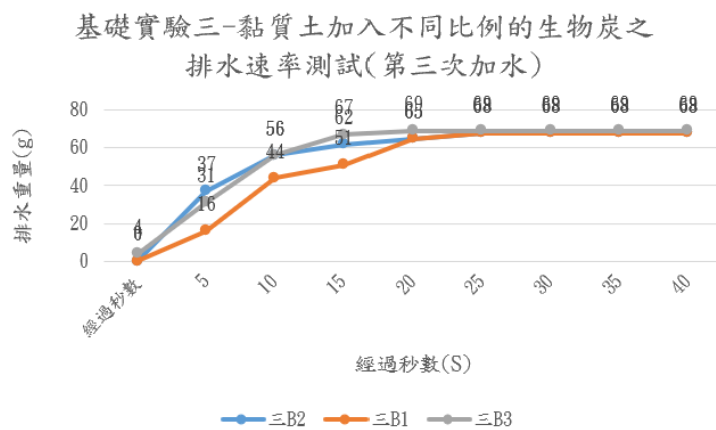


圖5-8 黏質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試(第三次加水)

☞ 實驗發現3：

這次加水後，黏質土無論有無加入生物炭，最後排出的水量差別不大。

在排水速率的表現中，有加入生物炭者明顯優於未加入生物炭者，而加入1%或者2%生物炭何者排水速率較優則未能在這次實驗中觀察出。

我們推論在三次加水100公克的情境裡，在黏質土中加入生物炭能讓土壤的排水速率變快，對黏質土的排水量則影響不大。

將三次加水後的重量平均後計算，如下表5-5及圖5-9：

表5-5黏質土加入0%、1%、2%生物炭平均排水速率

基礎實驗三-黏質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試三次平均(單位:g)			
經過秒數	三B1	三B2	三B3
5	1.00	0.67	2.67
10	15.00	21.33	24.33
15	29.67	30.67	41.00
20	34.33	32.67	46.00
25	39.00	33.67	46.67
30	40.00	34.67	46.67
35	40.00	34.67	46.67
40	40.00	34.67	46.67
45	40.00	34.67	46.67

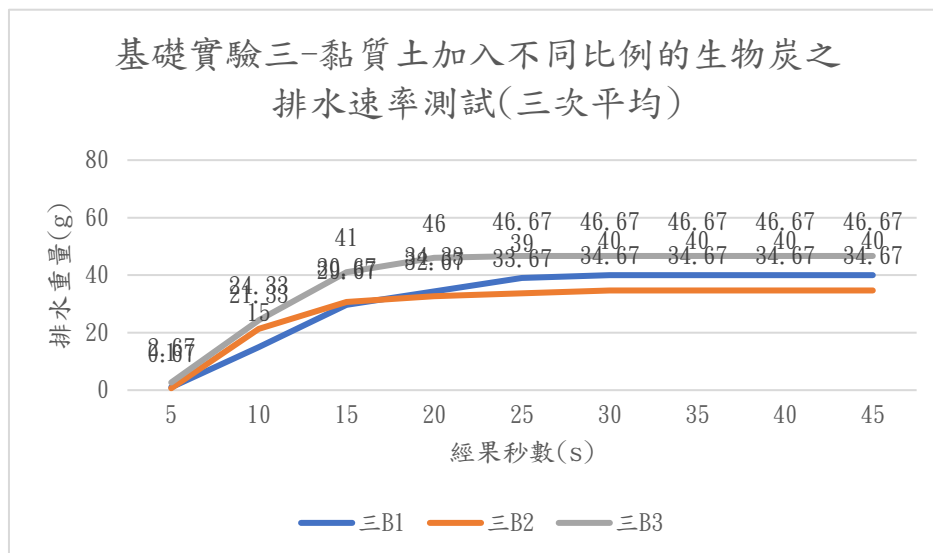


圖5-9 黏質土加入不同比例的生物炭之排水速率測試(三次平均)

☞ 實驗發現：

透過上表及上圖我們可以發現，在短時間內做測試，加入生物炭後的黏質土，其排水速率及排水量在15秒前確實略優於沒有加入生物炭的黏質土，但加入1%生物炭的黏質土在第15秒後的排水量卻較無加入生物炭的黏質土差。

而黏質土性質屬於保水性較佳的土壤，因此我們想進一步測試，在加入不同比例生物炭的黏質土中加入水後，靜置一天後，是否能有更顯著的效果，因此有了1-5的實驗。

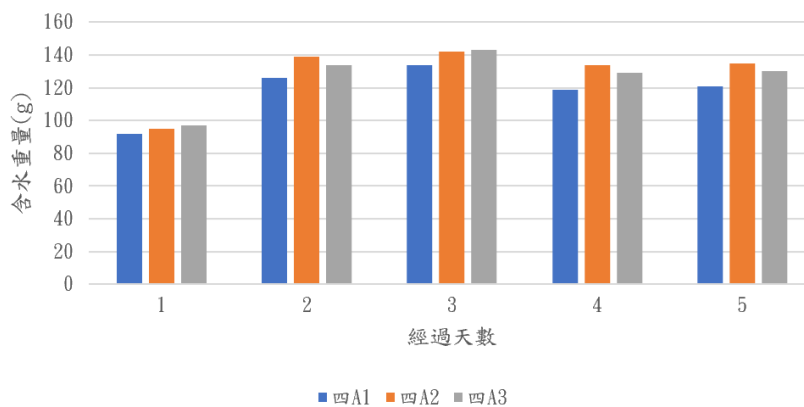
1-4砂質土加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭後，保水效果如何？

砂質土加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭加入200g的水後，其盆栽內含水量如下表5-6及圖5-10所示：

表5-6 砂質土加入不同比例生物炭之保水性

經過天數 \ 重量(g)	含水重量		
	四A1	四A2	四A3
第一天	92	95	97
第二天	126	139	134
第三天	134	142	143
第四天	119	134	129
第五天	121	135	130

基礎實驗四-砂質土加入不同比例的生物炭之保水性



☞ 實驗發現：

可以發現無論是加入1%或2%的生物炭，每天加入200g靜置一天後，均可增加砂質土的保水性，但加入2%生物炭其保水效果未必優於加入1%生物炭者。

圖5-10 砂質土加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭之保水性

1-5黏質土加入（0%、1%、2%）生物炭後，排水效果如何？

黏質土加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭加入200g的水後，其盆栽內排水重量如下表5-7及圖5-11所示：

表5-7 黏質土加入不同比例生物炭之排水性

經過天數 \ 重量(g)	排出水量		
	五B1	五B2	五B3
第一天	0	10	11
第二天	72	66	60
第三天	93	90	92
第四天	96	92	94
第五天	88	89	91

基礎實驗五-黏質土加入不同比例的生物炭排水性

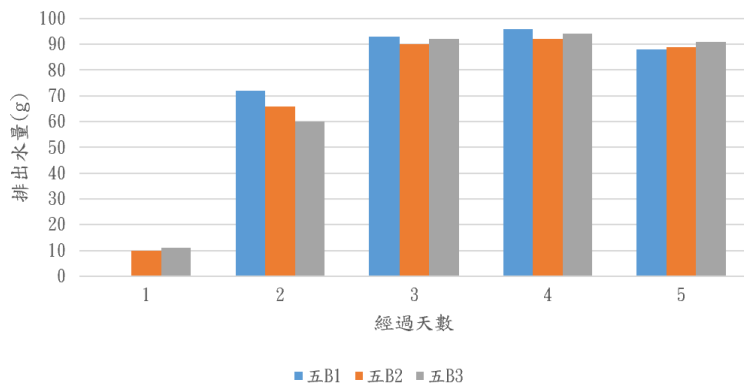


圖5-10 黏質土加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭之排水性

實驗發現：

第一天加入水，靜置一天後，無論是加入1%或2%的生物炭可以增加黏質土的排水性，但在第二天，無添加生物炭的黏質土卻略優於加入生物炭的黏質土，第三天後，三者之間的落差均在3公克以內，無明顯太大差異，我們推論**添加生物炭的黏質土在短時間內其排水效果較明顯，若持續添加水，其排水效果並不明顯。**

(二)在不同的給水情境下，比較土壤加入不同比例的生物炭後，對作物成長的影響。

下表為蘿蔓萵苣分別種植在800g的砂質土加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭，每日加入100g、200g及600g的水，經過十四天後成長的情形：

	砂質土(添加生物炭比例)			黏質土(添加生物炭比例)		
	0%	1%	2%	0%	1%	2%
0.5 倍的 給水 情境						
正常 給水 情境						

3
倍
的
給
水
情
境



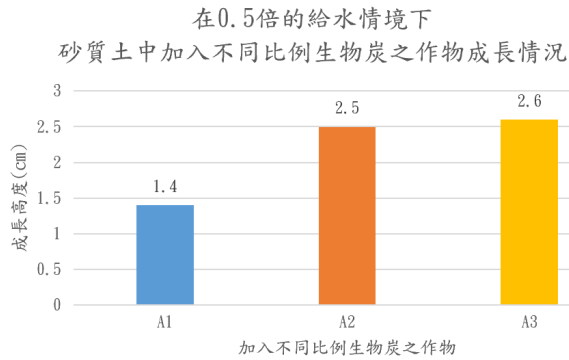
以下為2-1~2-6，分別為在800g的砂質土加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭，每日加入0.5倍給水情況(100g)、正常給水(200g)、3倍給水情況(600g)下，並紀錄蘿蔓萵苣其成長的高度，共紀錄十四天，各組變化情形如下表5-8~5-13所示，圖5-12~5-16為經過十四天後，蘿蔓萵苣成長高度的變化：

2-1在0.5倍的給水情境下，在砂質土中加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭對作物生長有什麼影響？

作物成長高度，如下表5-8所示，圖5-12為經過十四天後，成長高度的變化：

表5-8 在0.5倍的給水情境下砂質土中加入不同比例生物炭之作物成長情況

高度 (cm) 天數	A1	A2	A3
1	12	12	11.5
2	12	12.5	11.5
3	12	12.5	12
4	12	12.5	12
5	12	12.5	12
6	12.5	13	12
7	12.5	13	13
8	12.7	13	13
9	12.8	13.3	13
10	12.8	13.4	13.2
11	13	13.5	13.2
12	13	14.2	13.3
13	13.4	14.2	13.4
14	13.4	14.5	14.1
成長高度變化	1.4	2.5	2.6



□實驗發現：

經過14天，在砂質土中加入1%及2%生物炭的作物，其成長高度變化皆優於無加入生物炭的作物，但加入1%、2%生物炭的作物兩者之間成長高度差異並不大，加入2%略優於加入1%生物炭的作物。

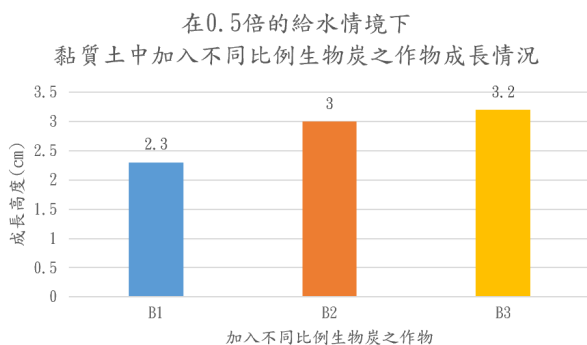
圖5-12 砂質土在0.5倍給水情下作物成長高度的變化圖

2-2 在0.5倍的給水情境下，在黏質土中加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭對作物生長有什麼影響？

作物成長高度，如下表5-9所示，圖5-13為經過十四天後，成長高度的變化：

表5-9 在0.5倍的給水情境下黏質土中加入不同比例生物炭之作物成長情況

天數 \ 高度 (cm)	B1	B2	B3
1	11	11	11
2	11	11.5	11
3	11.5	11.5	11.5
4	11.5	11.5	11.5
5	11.5	12	12
6	12	13	12.2
7	12.3	13	12.5
8	12.3	13.1	13
9	12.3	13.2	13
10	12.5	13.4	13.3
11	13	13.5	13.5
12	13.1	13.6	13.5
13	13.2	14	13.9
14	13.3	14	14.2
成長高度變化	2.3	3	3.2



☞實驗發現：

經過14天，在黏質土中加入1%及2%生物炭的作物，其成長高度變化皆優於無加入生物炭的作物，但加入1%、2%生物炭的作物兩者之間成長高度差異並不大，加入2%略優於加入1%生物炭的作物。

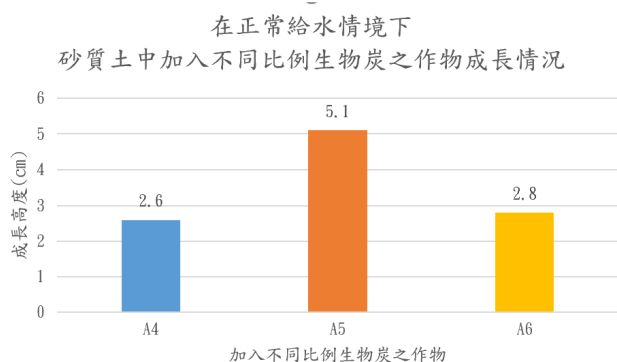
圖5-13 黏質土在0.5倍給水情下作物成長高度變化圖

2-3 在正常給水情境下，在砂質土中加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭對作物生長有什麼影響？

作物成長高度，如下表5-10，圖5-14為經過十四天後，成長高度的變化：

表5-10 在正常的給水情境下砂質土中加入不同比例生物炭之作物成長情況

天數 \ 高度 (cm)	A4	A5	A6
1	11	9	11.5
2	11	9	12
3	11.5	10.5	12
4	11.5	10.5	12
5	12	11	12
6	12.5	11	12.9
7	12.6	12	13
8	13	12	13.5
9	13	12.5	13.5
10	13.1	12.8	13.5
11	13.2	13.5	13.7
12	13.3	13.6	14.2
13	13.5	13.7	14.3
14	13.6	14.1	14.3
成長高度變化	2.6	5.1	2.8



🔍 實驗發現：

經過14天，在砂質土中加入1%及2%生物炭的作物，其成長高度變化皆優於無加入生物炭的作物，加入1%生物炭的作物成長高度最佳，加入2%略優於無添加生物炭的作物。

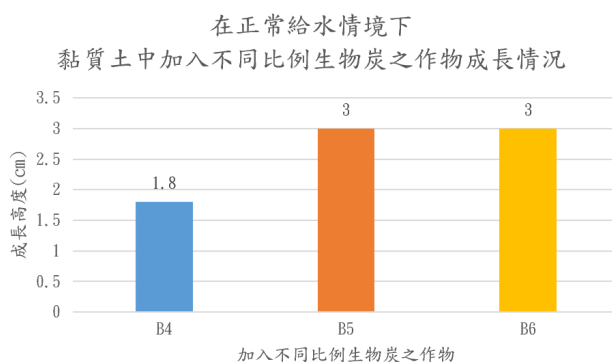
圖5-14 砂質土在正常給水情下作物成長高度的變化圖

2-4 在正常給水情境下，在黏質土中加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭對作物生長有什麼影響？

作物成長高度，如下表5-11所示，圖5-15為經過十四天後，成長高度的變化：

表5-11在正常給水情境下黏質土中加入不同比例生物炭之作物成長情況

天數 \ 高度 (cm)	B4	B5	B6
1	11	10.5	11
2	11	11	12
3	11	11.5	12
4	11	12	12
5	11.5	12	12
6	11.5	12	12
7	11.5	12	12.1
8	12	12	12.5
9	12	12.3	12.9
10	12.1	12.5	13.5
11	12.2	12.6	13.8
12	12.2	13	13.9
13	12.4	13.1	13.9
14	12.8	13.5	14
成長高度變化	1.8	3	3



🔍 實驗發現：

經過14天，在黏質土中加入1%及2%生物炭的作物，其成長高度皆優於無加入生物炭的作物，但加入1%及2%生物炭的作物其成長高度並無差異。

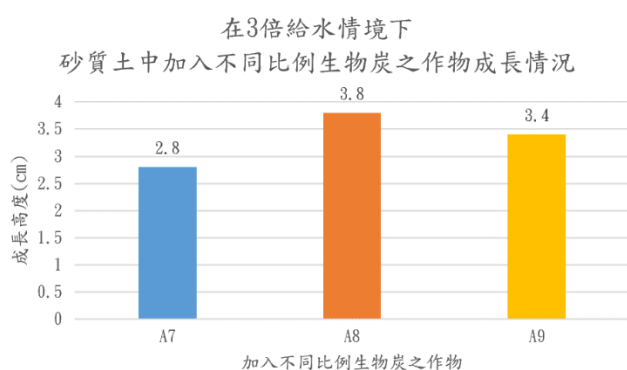
圖5-15 黏質土在正常給水情下作物成長高度的變化圖

2-5 在3倍給水情境下，在砂質土中加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭對作物生長有什麼影響？

作物成長高度，如下表5-12所示，圖5-16為經過十四天後，成長高度的變化：

表5-12 在3倍給水情境下砂質土中加入不同比例生物炭之作物成長情況

天數 \ 高度 (cm)	A7	A8	A9
1	11	11	11
2	11.5	11	11
3	12	11	11
4	12	11	11
5	12	11.5	12.5
6	12	13	13
7	13	13.2	13
8	13	13.6	13.6
9	13	13.8	13.7
10	13	14	13.8
11	13.2	14	14
12	13.7	14.5	14.1
13	13.8	14.8	14.3
14	13.8	14.8	14.4
成長高度變化	2.8	3.8	3.4



☞ 實驗發現：

經過14天，在砂質土中加入1%及2%生物炭的作物，其成長高度皆優於無加入生物炭的作物，但加入1%優於加入2%的作物，兩者成長高度為3.8cm及3.4cm。

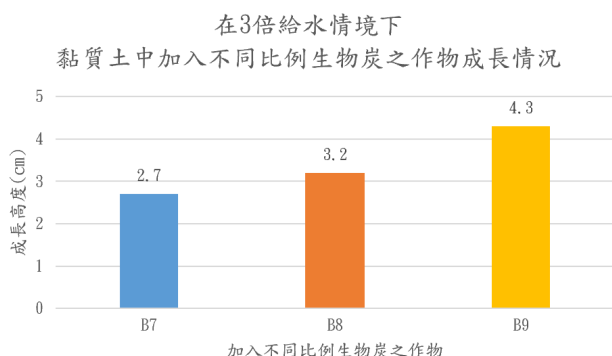
圖5-16 砂質土在3倍給水情下作物成長高度的變化圖

2-6 在3倍給水情境下，在黏質土中加入不同比例（0%、1%、2%）生物炭對作物生長有什麼影響？

作物成長高度，如下表5-13所示，圖5-17為經過十四天後，成長高度的變化：

表5-13 在3倍給水情境下黏質土中加入不同比例生物炭之作物成長情況

天數 \ 高度 (cm)	B7	B8	B9
1	10	10	10
2	10.5	10	10
3	10.5	10.5	11
4	11	10.5	11
5	11	11	11.5
6	11.5	11.5	12
7	12.5	12.4	12
8	12.5	12.5	13
9	12.5	12.5	13.7
10	12.6	12.5	13.8
11	12.6	12.6	13.8
12	12.6	13	13.9
13	12.7	13	14.1
14	12.7	13.2	14.3
成長高度變化	2.7	3.2	4.3



☞ 實驗發現：

經過14天，在黏質土中加入1%及2%生物炭的作物，其成長高度皆優於無加入生物炭的作物，但加入2%的生物炭，作物成長高度優於加入1%生物炭的作物。

圖5-17 黏質土在3倍給水情下作物成長高度的變化圖

整理上述在砂質土及黏質土中添加相同比例生物炭，在不同加水情境下作物生長情形的變化，如下圖5-18及圖5-19：

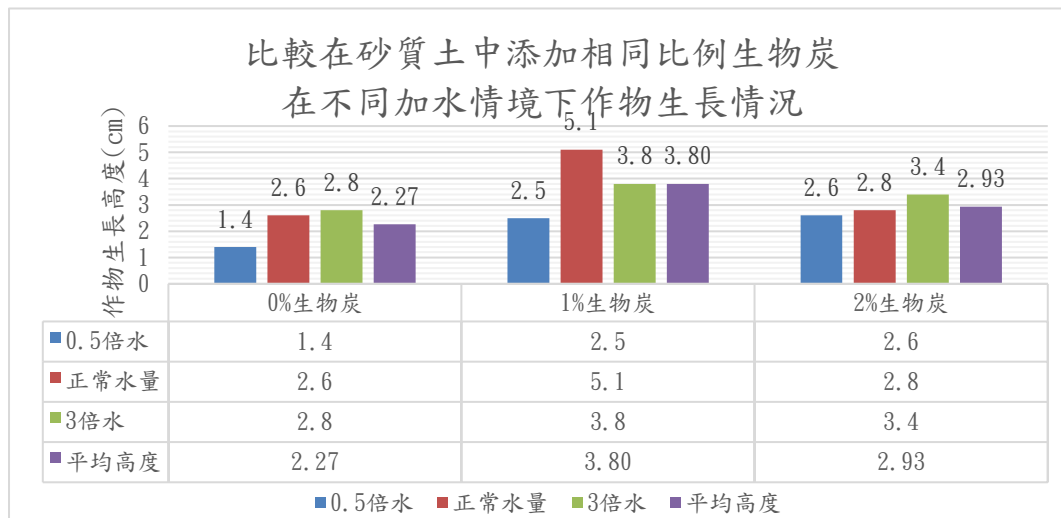


圖5-18 比較在砂質土中添加相同比例生物炭在不同加水情境下作物生長情形變化圖

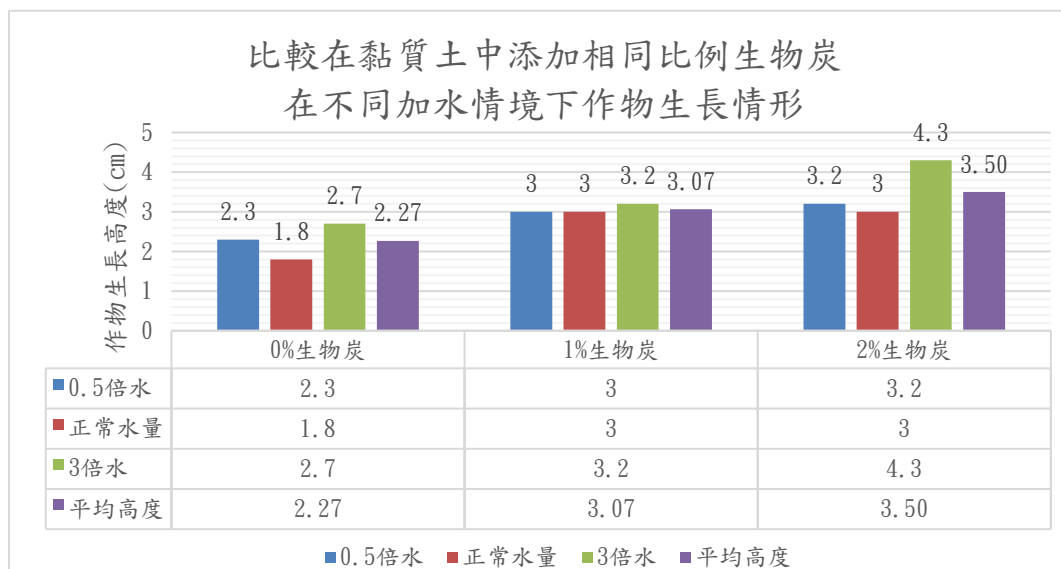


圖5-19 比較在黏質土中添加相同比例生物炭在不同加水情境下作物生長情形變化圖

綜觀上述，在不同給水情況下，不論是砂質土或是黏質土中，作物在有加入生物炭的土壤中，成長高度變化都多於在沒有添加生物炭的土壤中，但是在有加入1%及2%生物炭的土壤中，作物在這兩者之間成長高度變化並無因添加生物炭越多而成長高度越多，其中砂質土中加入1%生物炭，作物在正常給水及3倍給水的情況下，成長高度變化甚至優於加入2%生物炭；而黏質土加入1%或2%在正常給情況下，作物成長高度無明顯差異，但在0.5倍及3倍給水情況下，加入2%生物炭的作物成長高度變化優於加入1%；在兩種土質中將所有組別的高度放在一起比較可以看出，在砂質土中，**正常給**

水情境下加入1%生物炭之作物生長高度明顯優於其他組的作物生長高度；而在黏質土中，在3倍給水情境下加入2%生物炭的作物成長高度明顯優於其他組的作物成長高度。因此我們推論，除了在正常給水情境下，在缺水及淹水情境下，加入生物炭也能發揮其效能，會影響作物成長高度，使得作物成長高度因有加入生物炭而成長效果較佳。

陸、討論

1. 為什麼在探討生物炭吸水量中，三組皆為一百公克生物炭的吸水重量落差能達到73公克之多呢？

我們取三組皆為一百公克生物炭來進行實驗，經過八天後發現三組吸水的速率接近，但個別之間的吸水重量落差達73公克，後來發現三組生物炭中大小塊數量差異甚多，因此我們上網查詢資料，發現吸水性與接觸面積的大小有關係，也就是物質的吸水性會與物質的表面積成正比，因此我們可以知道生物炭的吸水量及吸水速率會受到接觸到水的面積大小影響，接觸到水的面積越多，吸水量及吸水速率越多及越快，因此生物炭其總表面的表面積越大，會增加吸水量及吸水速率。

此次實驗我們並沒有將各組塊狀大小不同生物炭實際的表面積進行更深入的探討，關於顆粒面積大小的吸水速率，可納入下次探討項目，利用不同孔隙大小之篩網篩出細顆粒、中顆粒及粗顆粒之生物炭，並以相同方式測試生物炭之吸水特性。

2. 為什麼在砂質土中第一次加水後看不出加入生物炭的差異，第三次加水後，加入2%生物炭在砂質土中排水速率反而變慢呢？

我們猜測第一次加水時，土質皆為乾燥的情況下，加入100公克的水後，砂質土仍在吸收階段，因此我們推測400公克的砂質土，看不出加入不同比例生物炭之排水速率的差異，短時間內，再加入三次100公克的水後，其含水量已達飽和狀態，因此有無加入生物炭，對砂質土的排水速率及排水量影響不大。

3. 在砂質土及黏質土的實驗中，為什麼保水性及排水性不是生物炭加越多越好？

生物炭的特性，除了吸水性佳，添加在土壤中增加孔隙也具有排水的功能，因此我們猜測加入越多的生物炭，生物炭除了有保水功能外，亦可能也兼顧排水功能，故加入2%生物炭其保水及排水效果未必優於加入1%生物炭，亦或者兩者之間的總克數差異不大，看不出明顯差異，此部分可作為下次科展延伸探討，將生物炭添加的比例之間的差異拉大，比較更多不同比例的生物炭（1%、5%、10%、20%）的保水性及排水性差異，是否增加生物炭的加入量會影響其保水性及排水性，但從實驗結果我們可以確定的是加入生物炭後確實能增加砂質土的保水性及黏質土的排水性。

4. 在正常給水情況下，加入1%的生物炭的作物生長情形為何會優於加入2%生物炭？

在不同給水情境下，皆無法推論加入2%的生物炭，其生長情形會優於1%，我們推測可能是種植及觀察的時間僅有兩週，可再將時間拉長看其變化差異；亦可能是添加的克數差異不夠明顯，因此無法看出添加越多生物炭，作物成長高度會越好。

柒、結論

1. 生物炭確實具有吸水的效果，且吸水的速度在第一天在第一天至第二天吸水速率最快，第七天之後吸水量達到停滯狀態，第八天之後便不再吸水，接觸到水的面積越多，會增加吸水量及吸水速率。
2. 在短時間內(以五分鐘為基準)，砂質土有加入生物炭其排水速率及排水量略優於沒有加入生物炭的砂質土；黏質土有加入生物炭的其排水速率及排水量在15秒前略優於沒有加入生物炭，但15秒後其排水性並無因添加生物炭而變佳。
3. 靜置一天後，無論是加入1%或2%生物炭，均可增加砂質土的保水性，但加入2%生物炭其保水效果未必優於加入1%生物炭者；在黏質土中，第一天加入水後，無論是加入1%或2%的生物炭可以增加黏質土的排水性，但在第二天之後其排水性並無因加入生物炭而增加。
4. 這次實驗在砂質土中，正常給水情境下加入1%生物炭之作物生長高度明顯優於其他組的作物生長高度；而在黏質土中，在3倍給水情境下加入2%生物炭的作物成長高度明顯優於其他組的作物成長高度。
5. 在不同給水情況下，不論是砂質土或是黏質土中，作物在有加入生物炭的土壤中，成長高度變化都多於在沒有添加生物炭的土壤中，但是在有加入1%及2%生物炭的土壤中，作物在這兩者之間成長高度變化並無因添加生物炭越多而成長高度越多；因此除了在正常給水情境下，在缺水及淹水情境下，有加入生物炭的能發揮其效能，會影響作物成長高度，使得作物成長高度因有加入生物炭而成長效果較佳。

捌、參考資料及其他

一、未來展望

本研究為利用金門風倒木做為生物炭添加物以及蘿蔓萵苣作為種植的樣本，未來也許可以嘗試種植不同的作物，以了解生物炭的加入對不同農作物的生長有什麼影響，或取用不同金門農作廢棄物製作生物炭，探討對農作物或土壤改良的影響情形。

另在此次實驗中，有幾個部分可再下次延伸作探討，其一為在生物炭吸水速率的實驗中，關於顆粒面積大小的吸水速率，可納入下次探討項目，利用不同孔隙大小之篩網篩出細顆粒、中顆粒及粗顆粒之生物炭，並以相同方式測試生物炭之吸水特性。

其二是，無法看出在砂質土的保水性、黏質土排水性，以及在不同給水情境下，作物成長高度，會因添加生物炭比例越多，而有更佳的效果，因此下次可將生物炭添加的比例之間的差異拉大，比較更多不同比例的生物炭（1%、5%、10%、20%）的保水性及排水性差異，是否增加生物炭的加入量會影響其保水性及排水性，以及作物生長的情形。

二、參考資料

莊煥寧（2020）。環保局高酵堆肥提供取用。金門日報，縣府報導。

陳韻圓（2016）。短期施用雞糞生物炭對小白菜產量與銅鋅吸收之影響。臺灣大學農業化學研究所學位論文。

楊盈（2018）。番茄生物炭混合介質對甘藍及番茄幼苗生長及對番茄萎凋病防治之影響。中興大學園藝學系所學位論文。

劉晉宏（2018）。金門地區生物炭循環農業推動計畫期末成果修正報告書。11-14，49-52。

趙庭瑤，鍾亞靖（2019）。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。第 59 全國中小學科展生物科。

【評語】 080312

本件作品探討在植物培土中加入生物炭後對植物生長的影響，利用生物炭改良土壤，從環保觀點能解決風倒木問題，實驗內容豐富，問題、假設及實驗設計大致合理適當，且就在地取材解決問題的動機，相當值得鼓勵。然而生物炭對植物生長的影響此題材並非新興研究，雖然生物炭確實具有吸水的效果，但未有控制組，且未探討不同樹種所製成的生物炭性質是否會不同，此外，報告的標示不明，且多為單一樣本，並未有重複，因此對於目前所觀察的現象仍難以有所定論，對實驗的嚴謹度需要更加謹慎考慮。

作品簡報



炭 為 觀 止

生物炭改良土壤成效初探

國小組 × 生物科

炭為觀止

想做這個研究的2個原因



2020年金門年總降雨量僅476.5ml



土地乾旱

以往處理方式只是把風倒木變小塊



風倒木過多

研究動機

研究目的

研究方法

研究結果

討論

結論

參考資料

我們的研究目的有2個

炭為觀止

- 研究動機
- 研究目的
- 研究方法
- 研究結果
- 討論
- 結論
- 參考資料

1

0%、1%、2%

比較土壤加入不同比例的生物炭後
其**保水性**及**排水性**的差異



2

乾旱、正常、淹水

在不同的給水情境下，比較土壤加入不同比例的生物炭後，對**作物成長**的影響



這是我們的研究流程圖

炭為觀止

- 研究動機
- 研究目的
- 研究方法
- 研究結果
- 討論
- 結論
- 參考資料

基礎實驗一

生物炭的吸水性

發現生物炭確實能吸水

基礎實驗二

砂質土加入0%、1%、2%生物炭的#排水速率

發現砂質土保水性較差

基礎實驗三

黏質土加入0%、1%、2%生物炭的#排水速率

發現黏質土排水性較差

基礎實驗四

砂質土加入0%、1%、2%生物炭的#保水性

基礎實驗五

黏質土加入0%、1%、2%生物炭的#排水性

研究方法-基礎實驗一至五

炭為觀止

- 研究動機
- 研究目的
- 研究方法
- 研究結果
- 討論
- 結論
- 參考資料

基礎實驗一 生物炭的吸水性



基礎實驗二 砂質土加入0%、1%、2%生物炭的#排水速率

基礎實驗三 黏質土加入0%、1%、2%生物炭的#排水速率

基礎實驗四 砂質土加入0%、1%、2%生物炭的#保水性

基礎實驗五 黏質土加入0%、1%、2%生物炭的#排水性

研究方法-主要實驗一至六

炭為觀止

- 研究動機
- 研究目的
- 研究方法
- 研究結果
- 討論
- 結論
- 參考資料

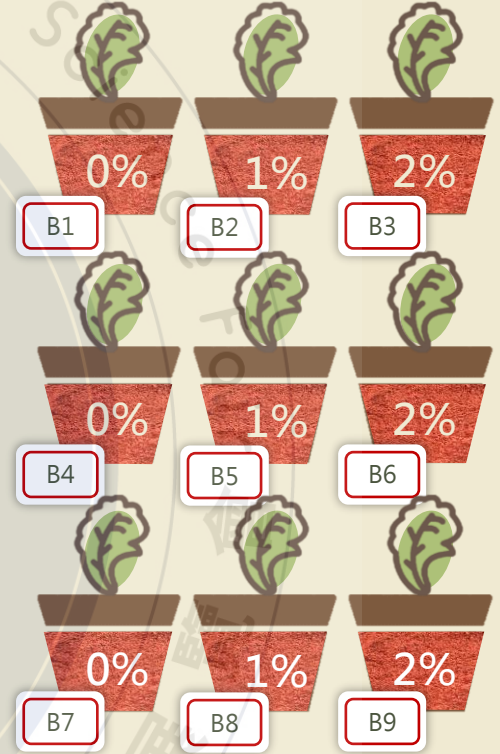
砂質土

黏質土

模擬乾旱
澆水100克

正常給水
澆水200克

模擬淹水
澆水600克



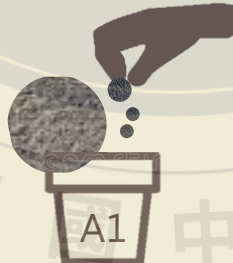
1

將盆器編號A1至B9



2

按比例加入生物炭
放置800公克的土



3

每週施肥16克兩次
種植一株羅曼萵苣



4

按照種植計畫澆水
紀錄起始重量



5

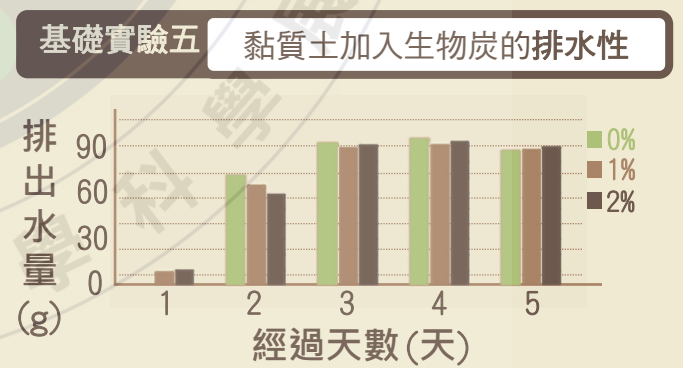
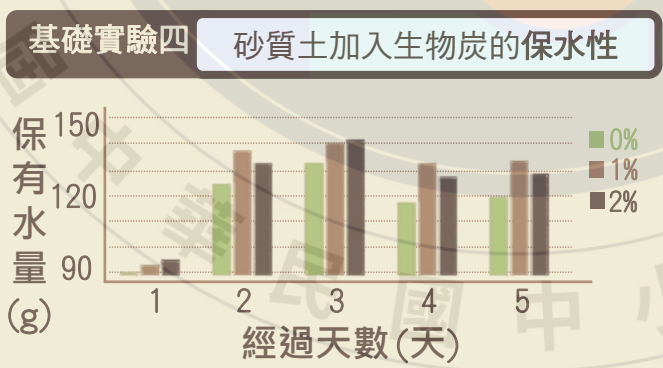
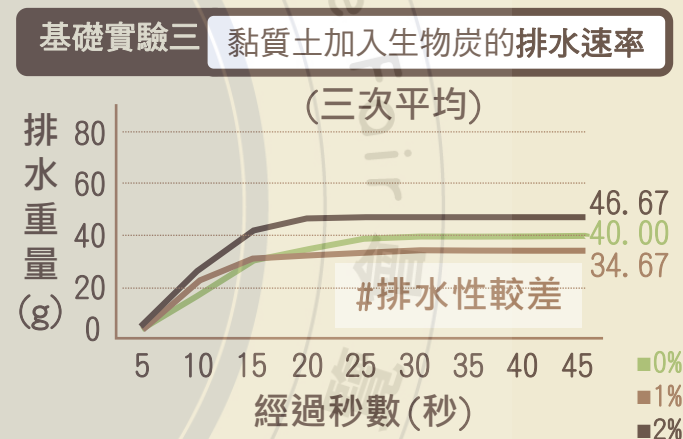
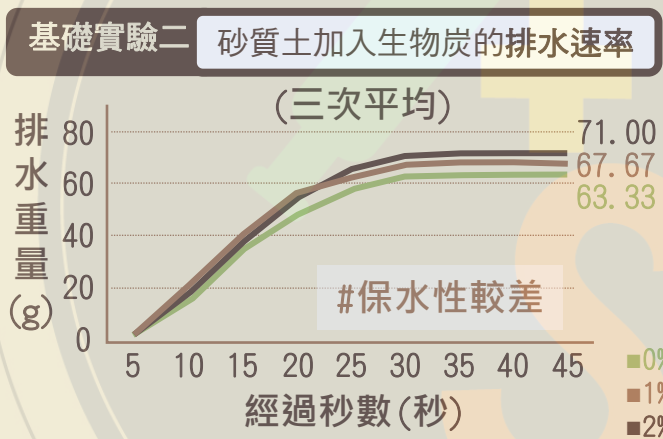
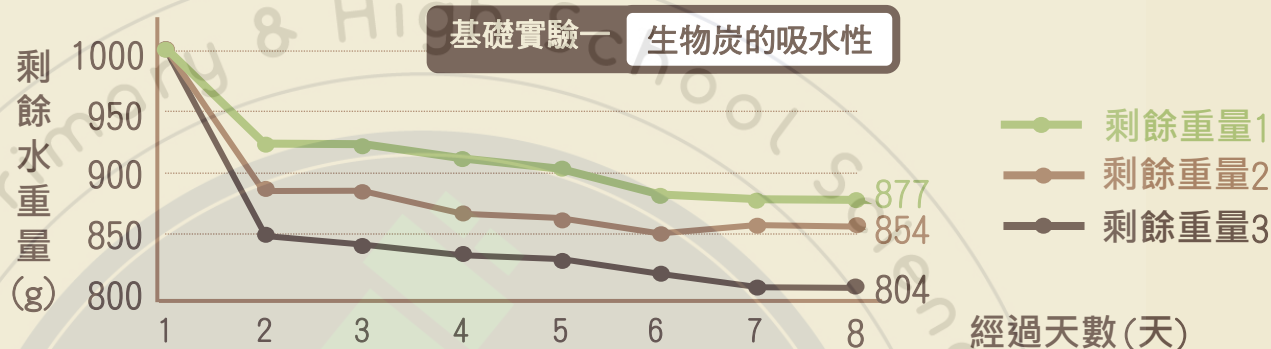
片數量
每日觀察並記錄作



實驗步驟

炭為觀止

- 研究動機
- 研究目的
- 研究方法
- 研究結果
- 討論
- 結論
- 參考資料



炭為觀止

主要實驗 在不同的給水情境下， 比較砂質土加入不同比例的生物炭後， 對作物成長的影響

研究動機

研究目的

研究方法

研究結果

討論

結論

參考資料

生物炭添加比例

0%

1%

2%

0%

1%

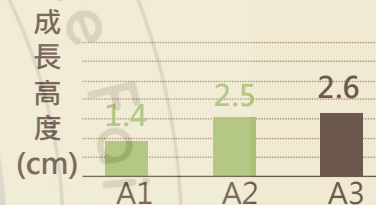
2%

0%

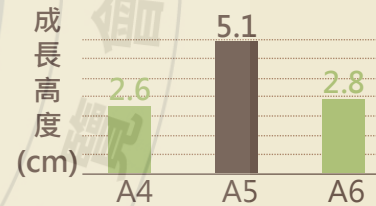
1%

2%

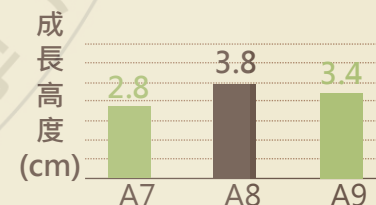
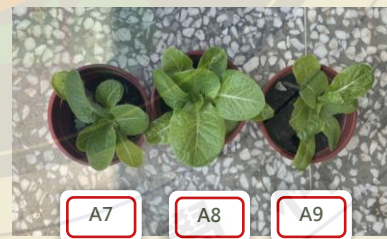
模擬乾旱
澆水100克



正常給水
澆水200克



模擬淹水
澆水600克



炭為觀止

主要實驗 在不同的給水情境下， 比較黏質土加入不同比例的生物炭後， 對作物成長的影響

研究動機

研究目的

研究方法

研究結果

討論

結論

參考資料

生物炭添加比例

0%

1%

2%

0%

1%

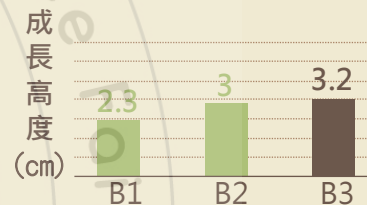
2%

0%

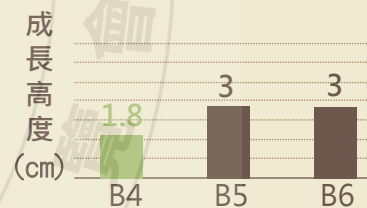
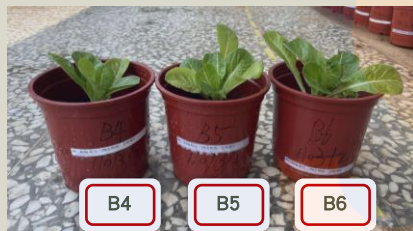
1%

2%

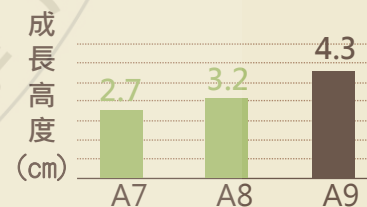
模擬乾旱
澆水100克



正常給水
澆水200克



模擬淹水
澆水600克



炭為觀止

- 研究動機
- 研究目的
- 研究方法
- 研究結果
- 討論
- 結論
- 參考資料

Q1

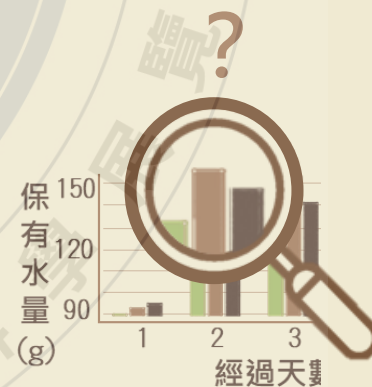
為什麼在砂質土中第一次加水後看不出加入生物炭的差異，第三次加水後，加入2%生物炭在砂質土中排水速率反而變慢呢？

我們猜測第一次加水時，土質皆為乾燥的情況下，仍在吸收階段，短時間內，再加入三次100公克的水後，其含水量已達飽和狀態，因此有無加入生物炭，對排水速率及排水量影響不大。

Q2

在砂質土及黏質土的實驗中，為什麼保水性及排水性不是生物炭加越多越好？

我們可以確定的是加入生物炭後確實能增加砂質土的保水性及黏質土的排水性。生物炭除了有保水功能外，亦可能也兼顧排水功能，或兩者之間的總克數差異不大，看不出明顯差異。



炭為觀止

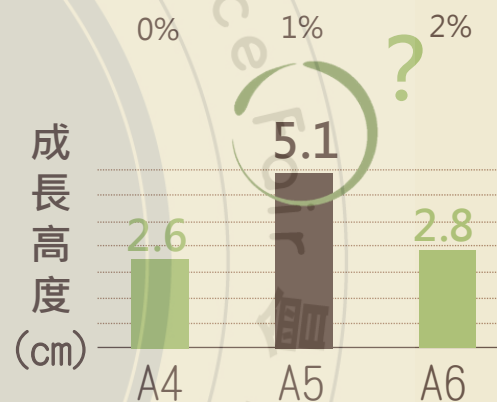
- 研究動機
- 研究目的
- 研究方法
- 研究結果
- 討論
- 結論
- 參考資料

Q3

砂質土組別中在正常給水情況下，加入1%的生物炭的作物生長情形為何會優於加入2%生物炭？

我們猜測可能原因有三個：

1. 種植及觀察的時間僅不夠長
 2. 添加的克數差異不夠明顯
 3. 羅曼萵苣本身的天生條件有差異
- 因此無法看出差異。



上圖為正常給水情境下，砂質土加入不同比例的生物炭後，對作物成長的影響。實驗結果顯示，加入1%生物炭的羅曼萵苣長得最高。

炭為觀止

研究動機

研究目的

研究方法

研究結果

討論

結論

參考資料

結論

生物炭確實具有吸水的效果，且吸水的速度在第一天在第一天至第二天吸水速率最快，第七天之後吸水量達到停滯狀態。

在不同給水情況下，不論是砂質土或是黏質土中，作物在有加入生物炭的土壤中，成長高度變化都多於在沒有添加生物炭的作物，但是並無因添加生物炭越多而成長高度越多。

在0.5倍水給水情境下，會因加入生物炭比例增加而作物成長高度增加。

在短時間內砂質土加入生物炭，排水速率及排水量略優於沒有加入生物炭的砂質土；有加入生物炭的黏質土其排水速率及排水量在15秒前略優於沒有加入生物炭，但15秒後其排水性並無因添加生物炭而變佳。

無論是加入1%或2%生物炭，均可增加砂質土的保水性，但加入2%生物炭其保水效果未必優於加入1%生物炭者；在黏質土中，第一天加入水後，無論是加入1%或2%的生物炭可以增加黏質土的排水性，但在第二天之後其排水性並無因加入生物炭而增加。

參考文獻

莊煥寧 (2020)。環保局高酵堆肥提供取用。金門日報，縣府報導。

陳韻圓 (2016)。短期施用雞糞生物炭對小白菜產量與銅鋅吸收之影響。臺灣大學農業化學研究所學位論文。

楊盈 (2018)。番茄生物炭混合介質對甘藍及番茄幼苗生長及對番茄萎凋病防治之影響。中興大學園藝學系所學位論文。

劉晉宏 (2018)。金門地區生物炭循環農業推動計畫期末成果修正報告書。11-14，49-52。

趙庭瑤，鍾亞靖 (2019)。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。第59屆中小學科展。