

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別： 生應(二)生科與食品

組 別： 國小組

作品名稱：從廢棄到再生-水培蔬菜的重生術

關 鍵 詞：以菜種菜、果皮液態肥

編 號：

從廢棄到再生-水培蔬菜的重生術

摘要

廢棄的蔬菜能重生嗎？本實驗以簡單、低成本的方式探討再生蔬菜的祕密！我們測試不同裁切方式、根部保留長度、水中添加物與打氣效應，找出讓蔬菜展開「第二次生命」的最佳條件。

實驗結果發現，葉基部保留較長的蔬菜再生效果較佳，其中再生蔥的收成率與蔥白長度及根系狀況密切相關。在裁切方式上，只保留葉芯的方式最有利於蔬菜再生，而切齊根部最不利於再生，此外，在水耕環境中添加備長炭、適當濃度的果皮液肥並結合打氣，能提升水耕種植的效率。

我們期望這項研究能讓更多人關注環保種植與食物浪費的問題，並實際運用這些簡單有效的再生方法，讓蔬菜在家重生，實現「從廚房到餐桌」的綠色循環，每一次蔬菜的重生，都是對環境的一份呵護。

壹、研究動機

在三年級自然課學習植物的身體構造時，老師讓我們把只剩蔥白和鬚根的蔥放入水中浸泡，觀察植物根部吸收水分的過程。讓我們驚訝的是，除了根部不斷吸水，蔥白上方竟然長出了新的綠色葉片！這一發現激起了我們的好奇心：原來蔬菜的葉片也能再生，那麼那些被丟棄的根部、莖部或葉基，是否也擁有再生的潛力呢？

不僅如此，日常生活中我們削下的果皮，也能轉化為液態肥料，為這些再生蔬菜提供養分。因此，本研究旨在探索蔬菜的再生能力，並找出最簡單且有效的種植方法，讓更多人能在家簡單地進行以菜種菜。

實驗與教材相關性：康軒版三上第一單元【多采多姿的植物】、

康軒版三下第一單元【田園樂】

貳、研究目的

- 一、探討再生蔬菜留取根部長短與重量對再生成功率的影響。
- 二、比較不同裁切方式對蔬菜再生的效果。
- 三、水中添加不同物質(木炭、果皮液肥)對蔬菜再生的效果。
- 四、探討水中打氣是否有助於再生蔬菜的生長。

參、研究設備器材及實驗環境

一、實驗蔬菜

本實驗使用的蔬菜，大部分購買於學校附近的有機蔬菜店和市場，蔬菜種類為常見的青江菜、蔥、香菜、黑葉白菜、味美菜和奶油白菜。

二、實驗器材

本實驗主要使用塑膠水箱與塑膠盒作為水培容器。為固定植株，水箱或塑膠盒上方設置飲料杯架或裁切後的寶特瓶瓶口，並搭配水耕定植棉、菜瓜布或鋁箔紙，以防止蔬菜掉入水箱中腐爛，確保植株穩定生長。

本研究希望透過資源再利用，選擇易取得且低成本的實驗材料，以簡便方式進行水耕再生蔬菜培育。



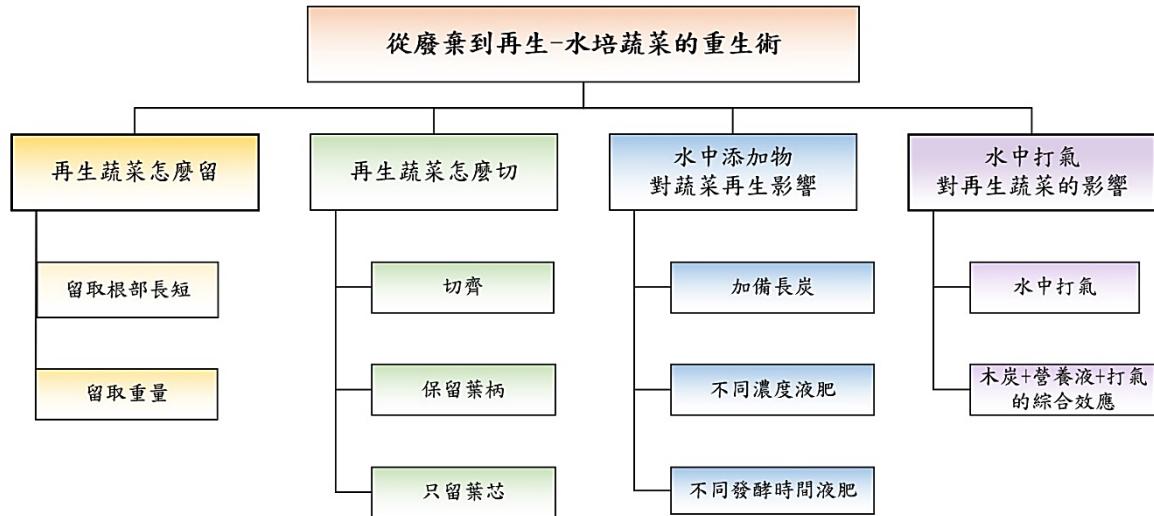
三、實驗環境

我們希望再生蔬菜的栽種方式能夠在家中的窗邊或陽台即可進行，讓更多人輕鬆種植。經詢問大部分同學後發現，他們的家中較少有適合露天種植的環境，因此，我們的實驗設計著重於如何在有限的空間內，以環保、簡便且低成本的方式栽培蔬菜。而採水耕栽培的方式不需要花園或大片土壤，也能避免泥土帶來的蟲害或細菌，特別適合室內種植。

為了避免蔬菜受到人為因素的影響或破壞，我們選擇在學校的空教室窗邊進行實驗。該教室的窗邊朝向西北方，在晴天下午可接收到斜射的陽光。

室內實驗環境	5F 室內窗邊 1	5F 室內窗邊 2
照片		

肆、研究架構



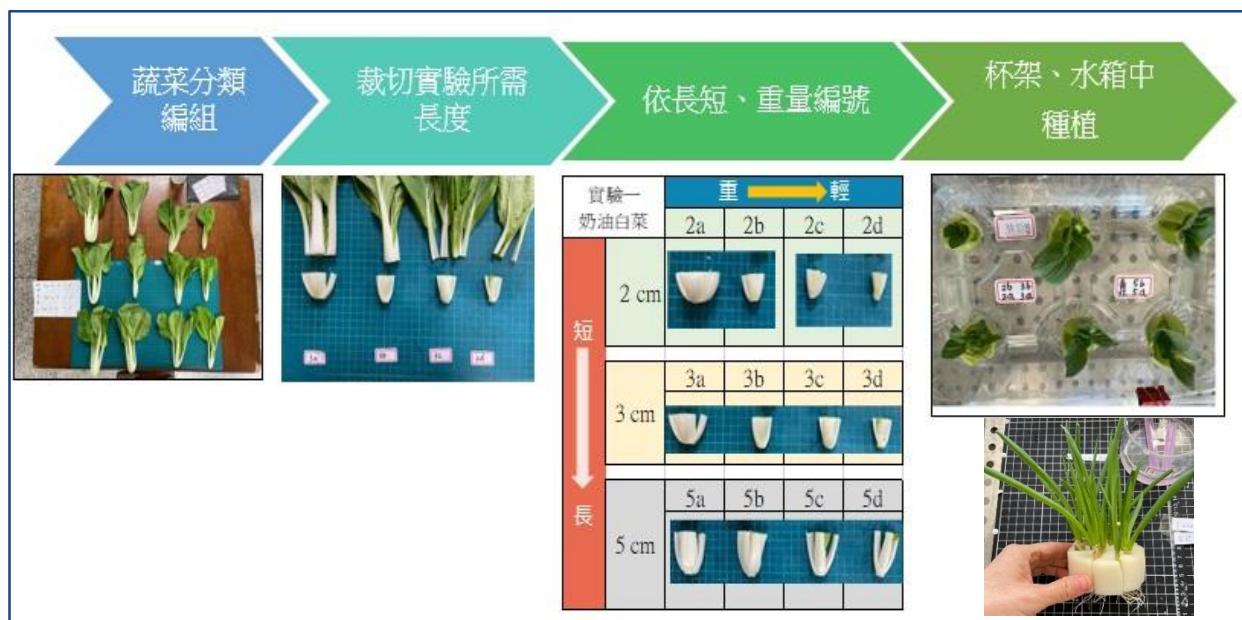
伍、研究方法、結果與討論

一、實驗一 再生蔬菜留取根部長短與重量對生長的影響

(一) 實驗方法與過程

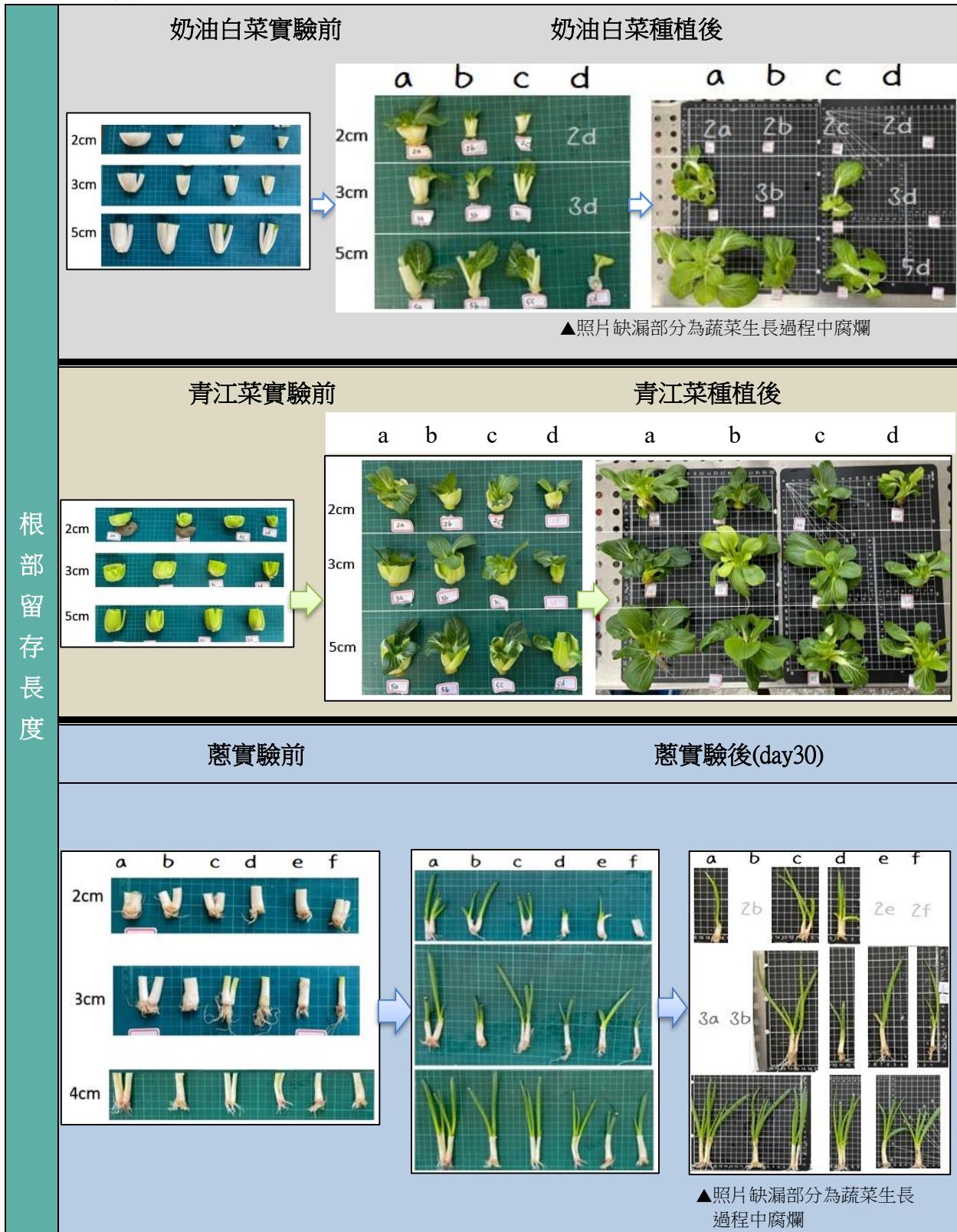
再生栽培的蔬菜根部應該保留多長才適合呢？買回來的蔬菜葉基部大小胖瘦不一，應該選擇哪一株栽種才能提高成功率呢？在本實驗中，我們選用了學校附近有機蔬菜店常見的葉菜類蔬菜—奶油白菜與青江菜，以及同學帶來的青蔥根部作為實驗材料。我們將葉菜類蔬菜的葉基部切成 2 cm、3 cm 和 5 cm 三種長度，根據葉基部的重量進行分組，從重量最大到最小依序分為 a 至 d 組。最後將切好的蔬菜放在底部已割開洞孔的飲料杯架中，再將杯架放置於水箱上即可種植。

由於本實驗中的青蔥來自家中已事先切好的根部，無法保留至 5 cm，因此改為 4 cm 進行實驗，依重量分組後將蔥置於定植棉，再放入容器內種植。



(二) 實驗結果

1. 實驗照片



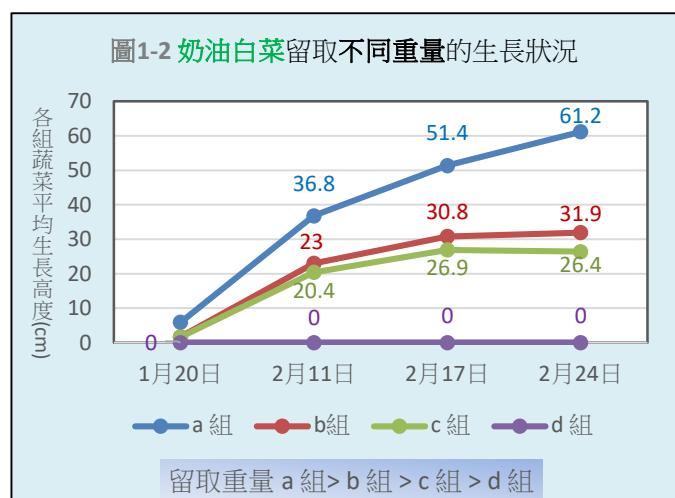
2. 蔬菜生長紀錄與關係圖

(1) 奶油白菜生長高度簡表 <生長高度紀錄表詳見附錄 1>

表 1-1 奶油白菜留取不同長度的平均生長高度				
平均生長高度	測量日期			
	1/20	2/11	2/17	2/24
留葉基 2 cm	3.3	0	0	0
留葉基 3 cm	2.7	22.4	28.7	30.2
留葉基 5 cm	3.1	30.8	43.3	48.9



表 1-2 奶油白菜 留取不同重量的平均生長高度				
平均生長高度 (cm)	測量日期			
	1/20	2/11	2/17	2/24
a 組	5.9	36.8	51.4	61.2
b 組	1.7	23	30.8	31.9
c 組	1.6	20.4	26.9	26.4
d 組	0	0	0	0
留取重量 a 組>b 組>c 組>d 組				



(2) 青江菜生長高度簡表 <生長高度紀錄表詳見附錄 1>

表 1-3 青江菜留取不同長度的平均生長高度				
平均生長高度 (cm)	測量日期			
	1/20	2/11	2/17	2/24
留葉基 2 cm	6.1	26.2	43.1	49.7
留葉基 3 cm	8.5	37.3	56	66.5
留葉基 5 cm	4	38	64.5	76.9

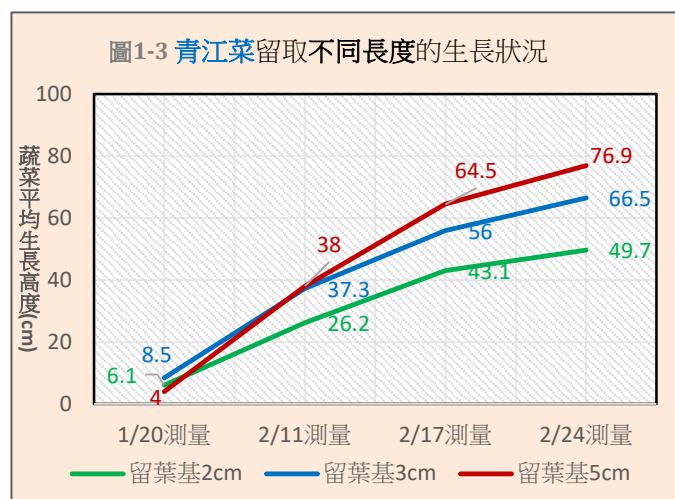
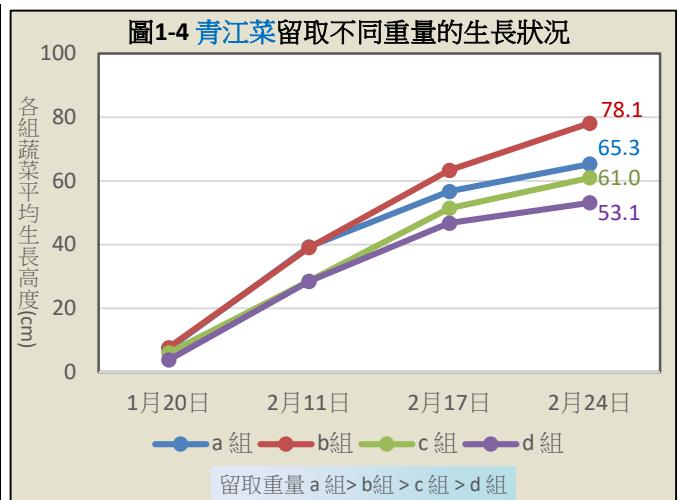


表 1-4 青江菜 留取不同重量的平均生長高度				
平均生長高度 (cm)	測量日期			
	1/20	2/11	2/17	2/24
a 組	7.3	39.3	56.7	65.3
b 組	7.7	39.0	63.3	78.1
c 組	6.0	28.5	51.4	61.0
d 組	3.8	28.4	46.8	53.1
留取重量 a 組>b 組>c 組>d 組				



(3) 蔥生長高度簡表 <生長高度紀錄表詳見附錄 1>

表 1-5 葱 留取不同長度的平均生長高度				
平均生長高度 (cm)	測量日期			存活株數
	1/21	2/4	存活株數	
留葉基 2 cm	12	14.4	$\frac{3}{6}$	
留葉基 3 cm	12.6	23.4	$\frac{4}{6}$	
留葉基 4 cm	19.5	46.3	$\frac{6}{6}$	

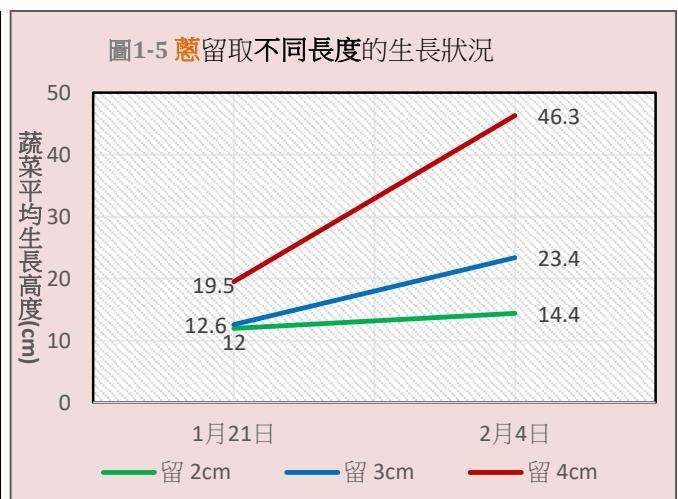
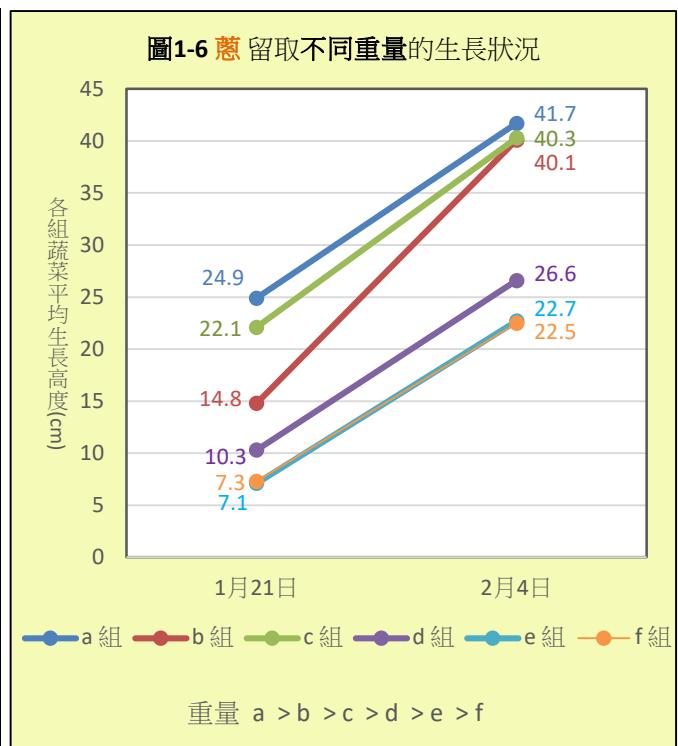
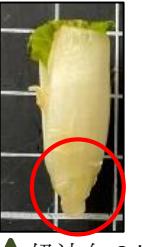
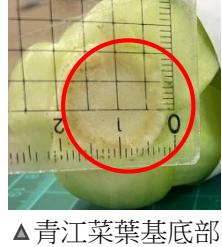


表 1-6 葱 留取不同重量的平均生長高度				
平均生長高度	測量日期			存活株數
	1/21	2/4	存活株數	
a 組	24.9	41.7	$\frac{2}{3}$	
b 組	14.8	40.1	$\frac{1}{3}$	
c 組	22.1	40.3	$\frac{3}{3}$	
d 組	10.3	26.6	$\frac{3}{3}$	
e 組	7.1	22.7	$\frac{2}{3}$	
f 組	7.3	22.5	$\frac{2}{3}$	



(三) 實驗討論與發現

- 從我們所種植的再生蔬菜發現：葉基部保留的長度越長，蔬菜的再生生長狀況越佳。為了兼顧可食用部分的利用與二次再生的效果，我們建議保留 3~5 cm 的葉基部進行再生種植。
- 此實驗中，種植成功率最高的再生蔬菜為：青江菜 > 青蔥 > 奶油白菜
- 再生奶油白菜的種植成功率較差，我們推測是奶油白菜的葉柄較不耐水，尤以葉基部較短又瘦小的奶油白菜，常常因傾倒泡在水中而腐爛。
- 由實驗結果發現，種植再生蔬菜時，留取葉基部較大的、底部較平整的蔬菜，可提高收成率。葉基底部較大且平整的蔬菜置於容器中種植時不易傾倒，外側葉柄會在種植期間慢慢掉落。
- 再生蔥的收成率與蔥白長度及根系狀況密切相關。**保留較長蔥白並具備茂盛鬚根的青蔥，其再生能力較強，收成率較高；相反地，鬚根短少的青蔥在種植後較容易發生爛根現象。此外，青蔥的再生主要受蔥白長度和根系茂盛程度影響，留取的重量則對生長狀況影響不大。
- 我們種植時發現青江菜葉有食痕，仔細觀察到在葉背及嫩葉新芽處有蚜蟲肆虐，因蔬菜購買於有機商店，推測這些蚜蟲或卵原本就已存在青江葉片上。我們將整株青江菜放在水龍頭下以細水柱輕輕刷洗，再用細毛刷沾取稀釋 200 倍的木醋液輕刷，重複幾天後，蚜蟲數量明顯減少。建議種植再生蔬菜前，先將蔬菜葉背、葉芯處清洗，有助於避免病害影響再生生長。

圖片					
	▲ 奶油白菜	▲ 奶油白 3d	▲ 奶油白 2a	▲ 蔥 2-1	▲ 蔥 3-2
說明	保留長度太短 葉柄易腐爛	葉基底部瘦小，泡水腐爛	奶油白菜葉柄 較不耐水	蔥白保留長度 太短腐爛	鬚根太少，影 響種植成功率
圖片					
說明	選擇葉基部較大的，再生栽種較易成功	葉柄會於種植過程中掉落，青江菜葉柄較耐水	種植前先清洗葉基根部，防蟲害或農藥殘留。	青蔥挑選根系茂盛，再生收成率較高。	

7. 在實驗前，我們預測保留較重的再生蔬菜組別應該會生長得更好。然而，根據實驗結果觀察，青江菜與黑葉白菜在種植過程中，其外葉柄會逐漸脫落，而新葉主要從葉芯處長出。因此，外葉柄的主要功能可能並非促進生長，而是提供植株支撐，防止傾倒或掉入水箱。為了進一步驗證裁切方式對生長的影響，我們將在實驗二中進行深入探討。

二、實驗二 不同裁切方式對再生蔬菜生長的影響

(一) 實驗方法與過程

在準備食材時，葉菜類蔬菜的根部或莖部往往是最容易被丟棄的部分。通常，料理者會以平整切割的方式取用所需部分。由實驗一發現再生蔬菜的生長主要由蔬菜的葉芯長出，此實驗中我們以不同的裁切方式留取蔬菜。

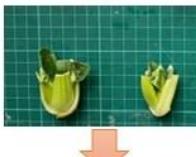
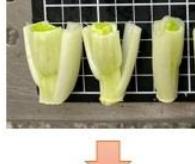
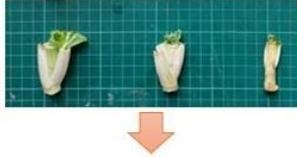
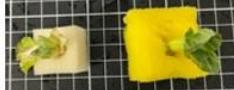
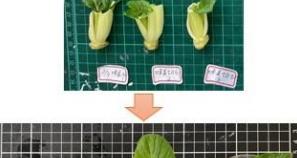
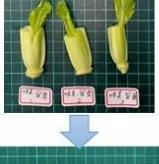
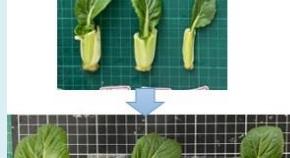
	平整切割	保留外葉柄	只保留葉芯
說明	料理者常以平整切割的方式取用所需部分，能節省備料時間。	此方法保留部分外葉柄，使外葉可以保護嫩芽，使蔬菜不易傾倒，以觀察是否有助於提升再生效率。	僅保留葉芯部分，去除外葉柄，以了解最小化保留組織是否仍能促進再生。
圖例	 切齊	 留外葉柄	 只留葉芯

(二) 實驗步驟

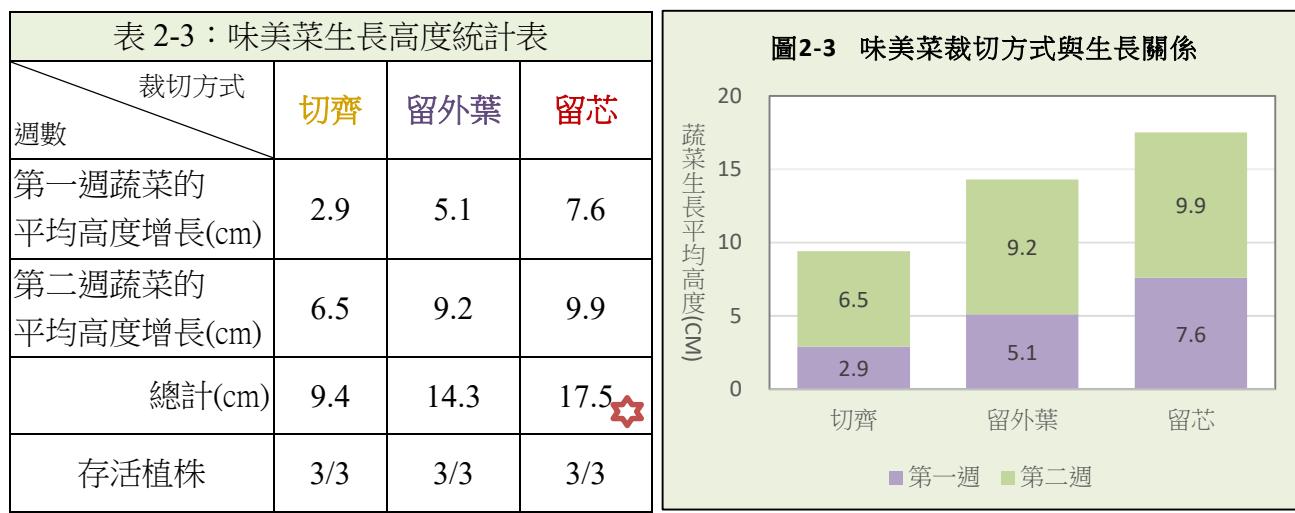
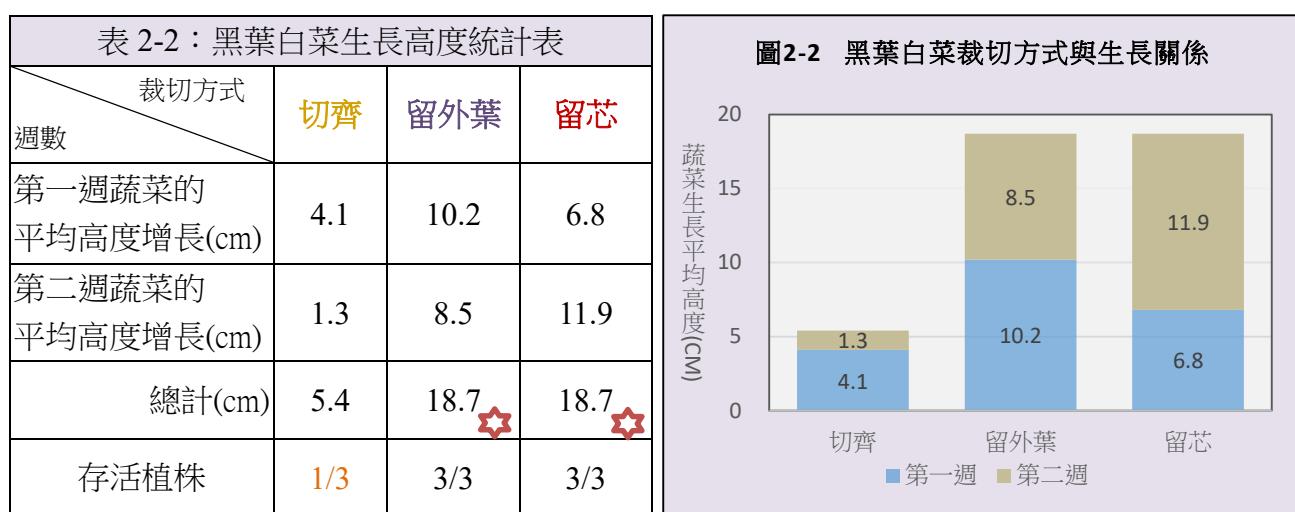
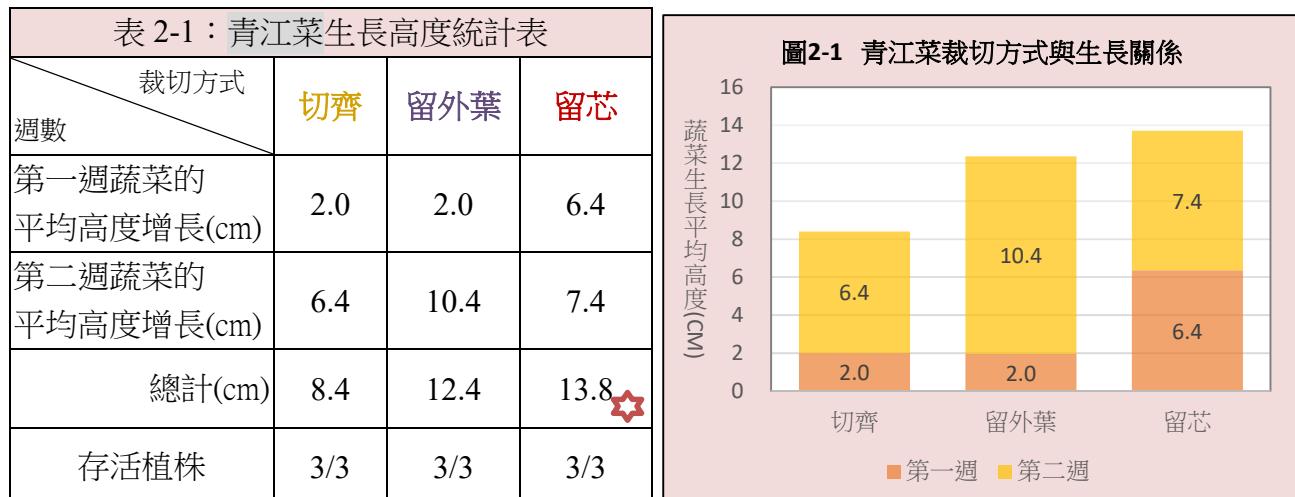


(三) 實驗結果

1. 實驗照片

	切齊	保留外葉柄	只留葉芯
青江菜	  	  	  
黑葉白菜	  	  	  
味美菜	  	  	  

2. 蔬菜生長紀錄統計表 <生長高度紀錄表詳見附錄 2>



(四) 實驗討論與發現

1. 實驗結果顯示，青江菜、黑葉白菜和味美菜以不同的裁切方式進行水培，生長狀況最好的是：只留葉芯 > 保留外葉柄 > 切齊。我們推測是因為去除外葉柄後，植物能將有限的水分與養分集中供應給葉芯，加速新葉的生長。而外葉柄可能會遮擋新葉接受光照。如果只留葉芯，嫩葉能夠直接吸收光線，促進光合作用，產生更多有機物供應新生組織。
2. 在實驗過程中，我們發現只保留葉芯的水耕方式需搭配水培定植棉，否則蔬菜容易傾倒浸入水中導致腐爛，影響實驗結果。由於實驗初期水培經驗不足，第一次進行的實驗結果未達預期，因此我們再重新進行了一次裁切方式的實驗，以獲得更準確的數據。
3. 保留外葉柄的水耕種植方式，在水培中生長的表現優於切齊處理，推測原因是我們保留外葉柄的植株仍然擁有葉子，能進行光合作用。
4. 將蔬菜根部切齊雖然是料理備料時較為快速的方式，但在再生栽培中，這種處理方式最不利於蔬菜的生長。這可能是因為植株遭受較大程度的傷害，導致其需要更多時間來修復組織並適應水培環境，進而影響初期生長表現。

三、實驗三-1 水中添加物對蔬菜再生的影響-添加木炭、低濃度液肥

(一) 實驗方法與過程

在實驗初期，由於氣溫較高，我們發現水耕蔬菜的死亡率也相對提高，水耕蔬菜不僅需要每天勤換水以維持水質清潔，還需要適量補充營養液。然而，查詢資料後得知，市售液肥可能導致蔬菜含較高的硝酸鹽，而室內種植的環境又缺乏充足日照，不利於硝酸鹽的降低。在實驗三-1 中，我們將探討水培環境中添加木炭與果皮液肥稀釋 1000 倍對蔬菜再生的影響，評估木炭的水質淨化效果及果皮液肥對蔬菜生長的影響，以找出最佳的培養條件。

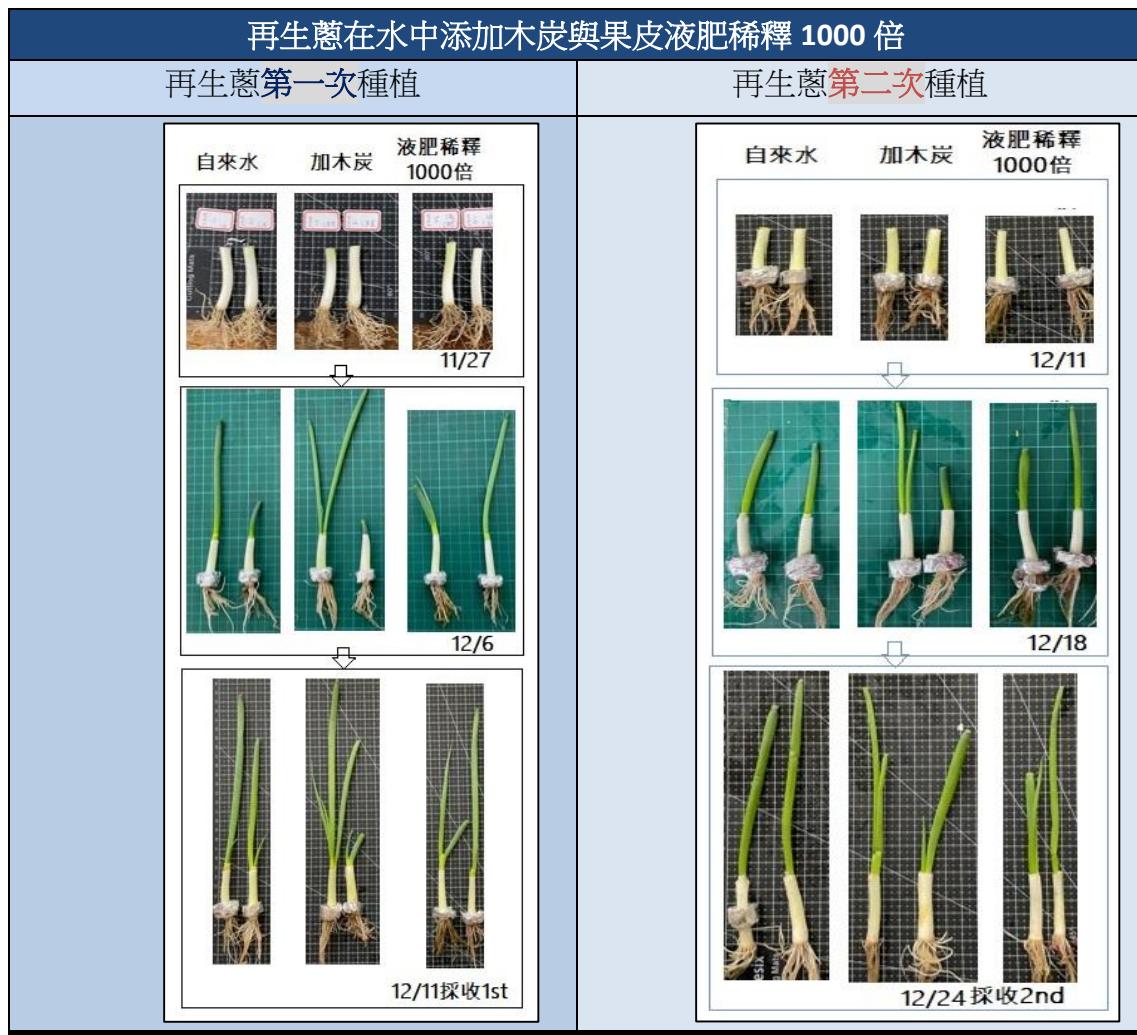
- 實驗對象：蔥，每株切齊留 5 cm 根部實驗
- 果皮液肥：已發酵三年的果皮液肥
- 水培液：自來水(對照組)及果皮液肥稀釋 1000 倍
- 木炭：備長炭
- 實驗器材：寶特瓶、海棉、量筒、滴管、標籤、電子秤、尺、鋁箔紙

(二) 實驗步驟

取得蔬菜並編號	留取實驗所需根部	備長炭加入水瓶中、液肥稀釋 1000 倍	放入塑膠水培瓶中
			 

(三) 實驗結果

1. 實驗照片



2. 生長高度紀錄表中蔥的生長高度紀錄 <生長高度紀錄表詳見附錄 3>

表 3-1：蔥在不同水中添加物的生長紀錄

採收高度平均 (cm)	水	加木炭 6g	液肥稀釋 1000 倍
採收第一次	20.1	30.4	20.9
採收第二次	13.8	19	15
採收第三次	4.5	3.5	9
合計	38.4	52.9 ★	44.9
植株存活	1/2	2/2	2/2

圖3-1 蔥在不同水中添加物的生長情況



(四) 實驗討論與發現

- 實驗結果顯示，蔥的生長狀況最好的是：水中添加備長炭 > 液肥稀釋 1000 倍 > 自來水，我們推測備長炭可吸附水中雜質，較乾淨的水質有助於減少細菌和藻類的生長，降低根部腐爛的機率。
- 我們在水培液中加入一小塊約 6g 的備長炭觀察蔥的生長變化。在水中加入備長炭確實有助於淨化水質，尤其是在連續假期過後，添加備長炭的水質依然清澈。相較之下，使用稀釋 1000 倍液肥的水培瓶，由於養分較多，可能促使藻類迅速繁殖，導致蔥根部及水瓶底部出現綠色藻類。
- 在稀釋 1000 倍的果皮液肥水培環境中，蔥的生長表現優於僅使用自來水的對照組，並且在第三階段種植時，液肥仍能持續提供養分，最終有添加液肥的蔥在第三階段的採收量最高。這顯示適量的液肥有助於提升水耕再生蔬菜的生長與產量。而液肥濃度是否會影響蔬菜的生長狀況呢？在實驗三-2 中，我們將探討更高濃度的液肥對水耕再生蔬菜的影響，以確定最佳施肥濃度。

圖片		水 / 備長炭 / 液肥
說明	水培液為液肥稀釋 1000 倍，底部可見綠藻；添加備長炭的水質清澈。	種植一個月後，出現在蔥根部綠藻： 液肥稀釋 1000 倍 > 自來水 > 備長炭

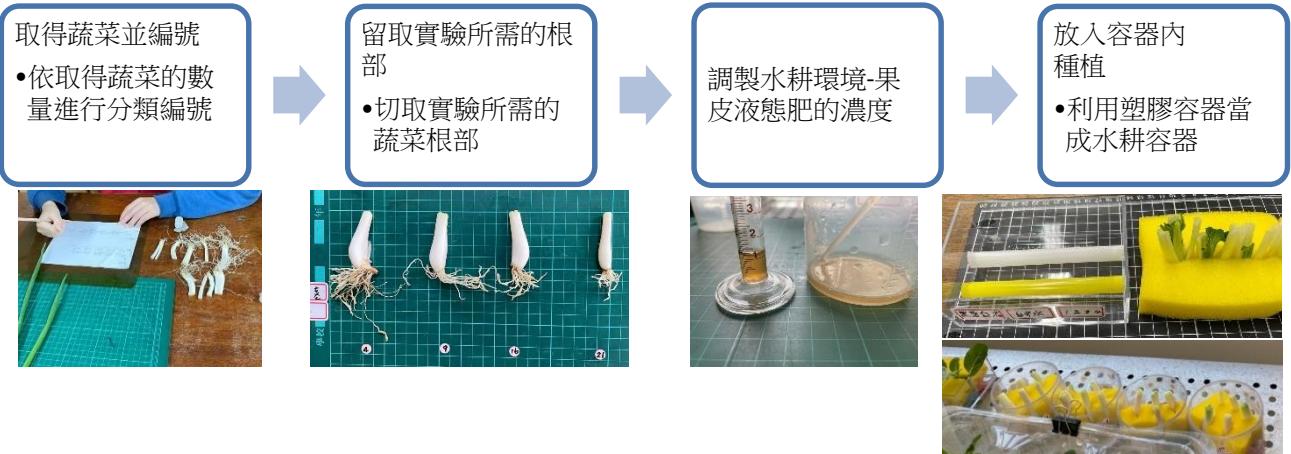
四、實驗三-2 不同濃度果皮液肥對蔬菜再生的效果

(一) 實驗方法與過程

我曾經看過外婆用自製的果皮液態肥(環保酵素)為她栽種的植物施肥，在進行這次科展實驗時，我想到可以用果皮液態肥作為再生蔬菜養分的來源。在本實驗中，將探討不同濃度的果皮液肥對再生蔬菜生長的影響。

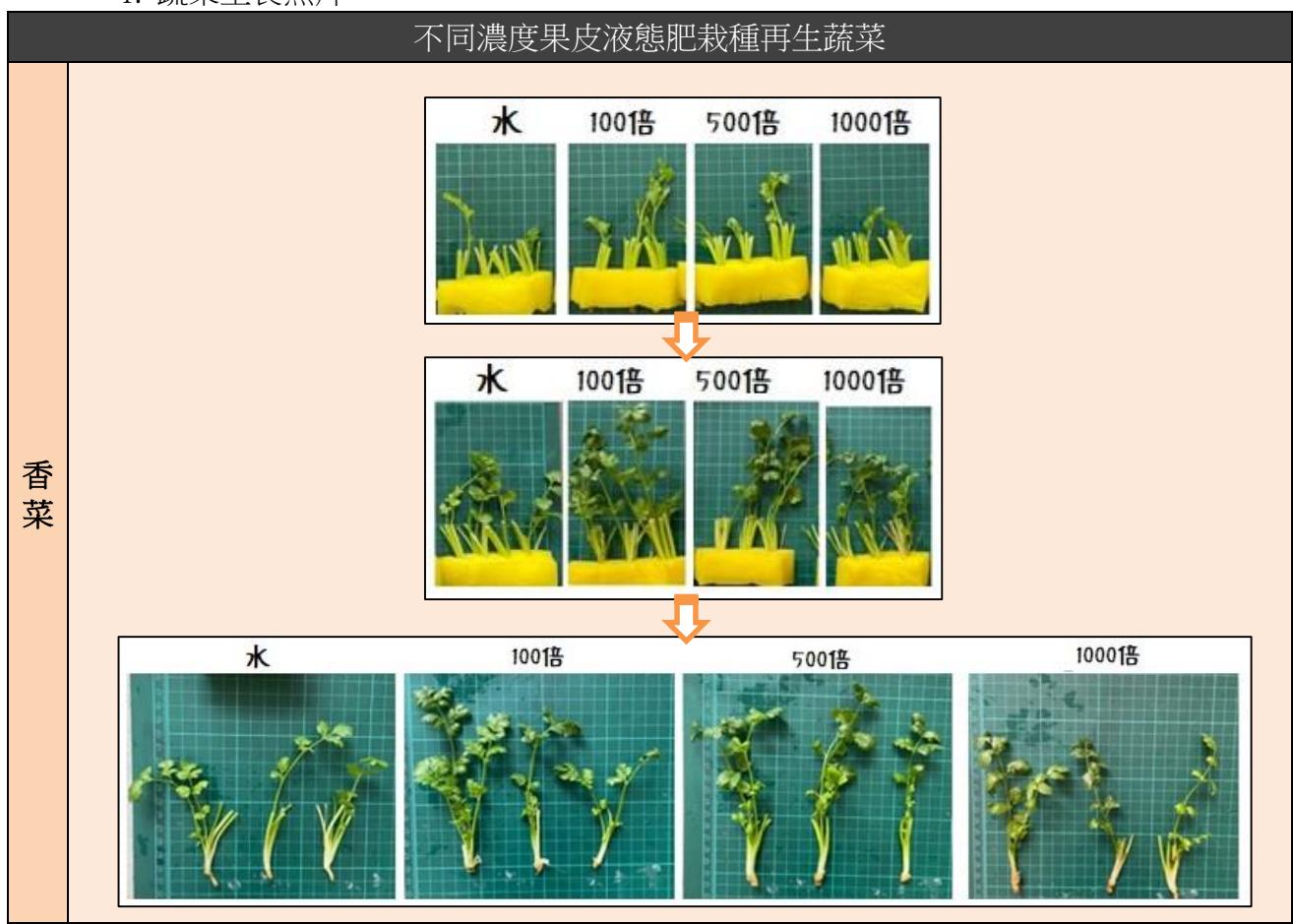
- 實驗對象：香菜、蔥、蒜和黑葉白菜，每株蔬菜切齊留取根部 5 cm
- 果皮液肥：三年前已發酵完成的果皮液肥
- 水培液：自來水(對照組)及液肥稀釋 100 倍、500 倍和 1000 倍。
- 實驗器材：透明水培容器、海棉、量筒、滴管、標籤、電子秤、尺

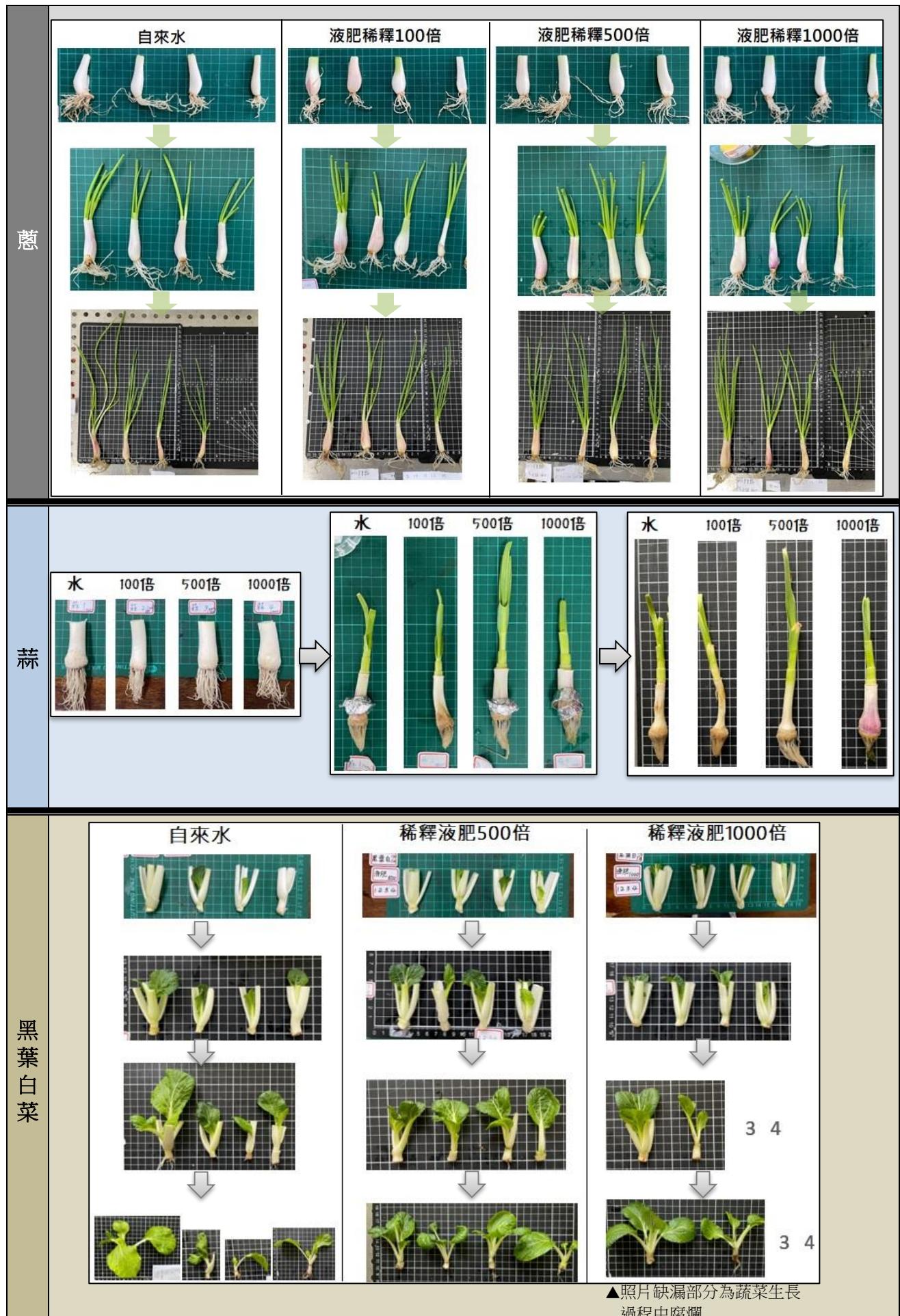
(二) 實驗步驟



(三) 實驗結果 以不同濃度果皮液態肥再生蔬菜

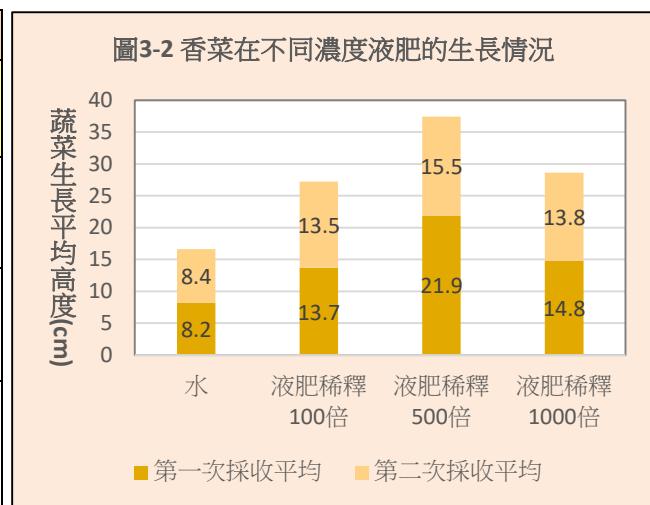
1. 蔬菜生長照片



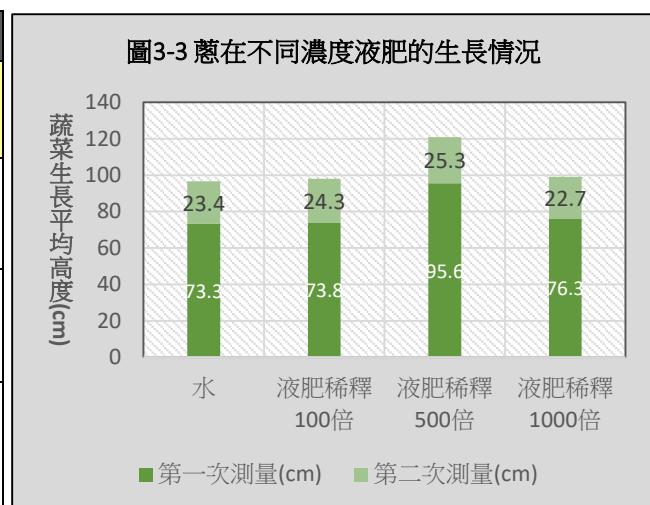


2. 再生蔬菜在不同果皮液肥的生長高度紀錄 <生長高度紀錄表詳見附錄 3>

水耕液體	水	液肥稀釋 100 倍	液肥稀釋 500 倍	液肥稀釋 1000 倍
第一次採收 平均高度(cm)	8.2	13.7	21.9	14.8
第二次採收 平均高度(cm)	8.4	13.5	15.5	13.8
合計	16.6	27.2	37.4	28.6



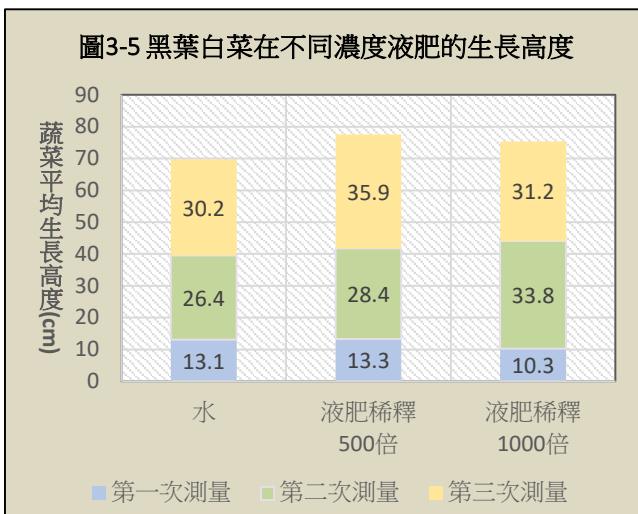
水耕液體	水	液肥稀釋 100 倍	液肥稀釋 500 倍	液肥稀釋 1000 倍
第一次採收 平均高度(cm)	73.3	73.8	95.6	76.3
第二次採收 平均高度(cm)	23.4	24.3	25.3	22.7
合計	96.7	98.1	120.9	99



水耕液體	水	液肥稀釋 100 倍	液肥稀釋 500 倍	液肥稀釋 1000 倍
第一週長出 的高度(cm)	1	1.4	2.3	1.7
第二週長高 (cm)	7.2	7.6	11.7	5.3
第三週長高 (cm)	1.8	1.4	2.8	3.2
合計	10	10.4	16.8	10.2



表 3-5 再生黑葉白菜在不同濃度液肥的生長高度			
蔬菜的平均生長高度	水	液肥稀釋 500 倍	液肥稀釋 1000 倍
第一週(cm)	13.1	13.3	10.3
第二週(cm)	26.4	28.4	33.8
第三週(cm)	30.2	35.9 	31.2
存活植株	3/4	4/4	2/4

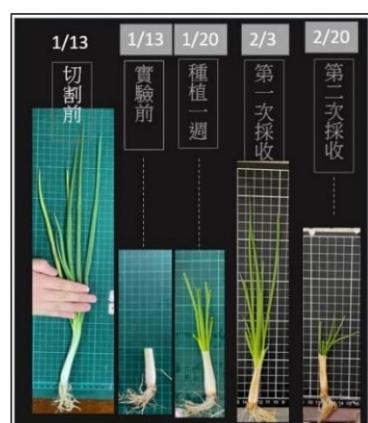


(四) 實驗討論與發現

- 在本次實驗中，我們探討了不同稀釋比例的果皮液肥對香菜、蒜、蔥和黑葉白菜水培生長的影響，希望找出最適合這些蔬菜的營養液濃度。實驗結果顯示，當液肥稀釋 500 倍作為水培液時，這幾種蔬菜的生長狀況最佳，其次為液肥稀釋 1000 倍和 100 倍。
- 透過種植過程的觀察，我們發現蒜的鬚根對水分較為敏感，較不適合水培種植。當根部長時間浸泡在水或稀釋的液態肥中，容易導致根部不健康，甚至出現腐爛的情況。在各種水培溶液的實驗中，僅稀釋 500 倍的液肥能有效促進再生蒜的生長，而其餘水培溶液對生長的影響差異不大。若要提升蒜的生長狀況，應避免長時間水培。
- 香菜、蔥和蒜在種植滿三週後進行首次採收。香菜與蔥於採收第一次後，再繼續種植約兩週後，又可進行第二次採收。然而，相較於首次採收，第二次採收的再生蔬菜生長速度明顯減緩，且植株較為細小，顯示出再生能力的下降。下圖以蔥(本實驗編號蔥 14)在水培環境為液肥稀釋 500 倍為例。



▲ 不同液肥蔥種植前後比較



▲ 蔥編號 14 實驗前後比較

4. 此批實驗的黑葉白菜在種植過程中死傷率較高，最後僅剩液肥稀釋 500 倍的四株蔬菜全部存活。
5. 因取得的黑葉白菜數量有限，此實驗黑葉白菜只進行水、液肥稀釋 500 倍與 1000 倍的比較，種植過程中我們觀察到，在黑葉白菜葉子上有蚜蟲，蚜蟲數量的多寡依序是：自來水耕>液肥稀釋 1000 倍>液肥稀釋 500 倍，在液肥稀釋 500 倍的黑葉白菜尚未觀察到蚜蟲的出現，我們推測果皮液態肥可能對蚜蟲有驅避作用。



五、實驗三-3 不同發酵時間的果皮液態肥對蔬菜再生的影響

本實驗在探討果皮液肥發酵時間對水耕蔬菜生長的影響，比較三年前已發酵完成的果皮液肥、發酵四個月的果皮液肥和發酵兩個月的果皮液肥，評估不同發酵程度的液肥對蔬菜再生的效果。

(一) 實驗方法

在確定科展計畫中要使用果皮液肥（環保酵素）來培養再生蔬菜後，我特別向外婆請教果皮堆肥的方法。外婆透過 Line 指導我，並簡單記錄了她的製作過程。此外，在 113 年 10 月 8 日，外婆幫我們製作了第二桶果皮堆肥。到了 12 月，我們從家裡帶來果皮，並收集午餐後的水果皮，親手實作果皮堆肥。最後，搭配外婆三年前製作的液肥，實驗三-3 便以這三桶液肥做為水培實驗的營養液。

根據網路資料，環保酵素液肥發酵時間越長，其效果可能越好。本實驗所使用的三桶果皮堆肥分別在不同時間製作，且使用的水果種類與份量各不相同，因此本實驗雖然無法直接比較單一桶果皮液肥在不同發酵階段對再生蔬菜生長的影響，但我們希望實驗能貼近一般家庭堆肥的日常情境，期望對推廣家庭堆肥有所助益，並初步觀察自製果皮液肥在不同發酵時間下的使用效果，作為未來進一步研究的參考依據。



113/12/9 自製果皮液態肥 → 發酵兩個月 → 114/2/7 實驗

1 份黑糖+10 份水	果皮秤重記錄	3 份水果皮	進行發酵
 柚子皮 313g, 百香果皮 145.3g, 蘋果皮 220g, 芭樂籽 39.7g, 柿子皮 38.5g, 奇異果皮 16.9g	 柚子皮 313g, 百香果皮 145.3g, 蘋果皮 220g, 芭樂籽 39.7g, 柿子皮 38.5g, 奇異果皮 16.9g	 柚子皮 313g, 百香果皮 145.3g, 蘋果皮 220g, 芭樂籽 39.7g, 柿子皮 38.5g, 奇異果皮 16.9g	

► 實驗對象：香菜，留取根部 5 cm。

► 培養液：

- 1.自來水(對照組)
- 2.三年前已發酵完成的果皮液肥（稀釋 500 倍）
- 3.發酵四個月的果皮液肥（外婆於 113 年 10 月製作，稀釋 500 倍）
- 4.發酵兩個月的果皮液肥（我們於 113 年 12 月自製，稀釋 500 倍）

► 實驗器材：透明水培容器、海綿、量筒、滴管、標籤、電子秤、尺、pH 儀

(二) 實驗過程

1. 調製果皮液態肥比例：將三年液態肥、四個月和兩個月的液態肥加水稀釋為 500 倍，做為水培溶液。
2. 本實驗以再生香菜為實驗蔬菜，各組取 3 珠香菜，將香菜根部浸泡於稀釋 500 倍的新舊液肥中。香菜以海綿固定，每組水培環境於週一到週五每日更換 50ml 的培養液。

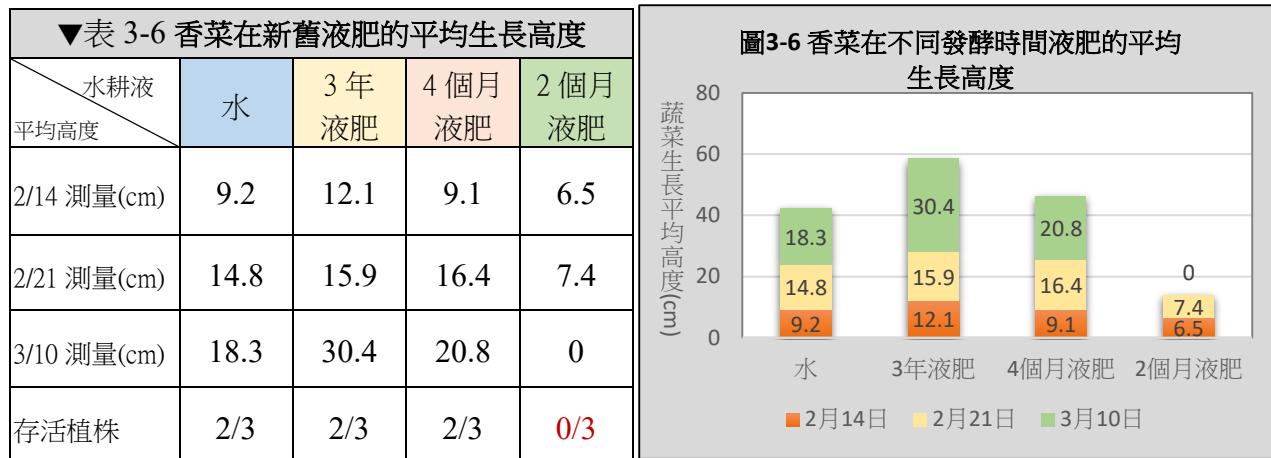
發酵 3 年液肥	發酵 4 個月液肥	發酵 2 個月液肥	取原液稀釋 500 倍
		▲香菜切齊取 5 公分，編號分組實驗 芹菜切齊取 5 公分，編號分組實驗	

(三) 實驗結果 不同發酵時間的果皮液態肥對蔬菜再生的影響

1. 蔬菜生長照片

水	液肥 3 年	液肥 4 個月	液肥 2 個月
水 7 8 21	3y 4 11 18 高時使	4M 5 10 19 23 24 25 26 46 47 48 49	2M 6 9 20 28 29 30 31 42 43 44
3/3*		3/3*	3/7* 2/19* 2/21*
			▲照片缺漏部分*為蔬菜生長過程中腐爛

2. 香菜在不同發酵時間液肥的生長高度紀錄 <生長高度紀錄表詳見附錄 3>



(四) 實驗討論與發現

- 再生香菜在已發酵三年的果皮液肥中，植物的生長效果最佳。推測原因為：果皮液肥發酵時間越長，其有機物質被分解得越完全，分子越小，蔬菜根系更容易吸收利用。此外，液肥的促進效果在蔬菜生長後期更為明顯，能有效提升植株的營養吸收與生長速度。
- 只發酵兩個月的液態肥對水耕再生香菜的生長效果最差，實驗過程中觀察香菜出現爛根現象，無法順利栽培至採收階段，我們推測其原因為：液肥尚未完成發酵，經過測量其 pH 值為 2.8，大量酸性物質會導致根部受損甚至腐爛，影響植物健康生長。



►香菜在僅發酵 2 個月的果皮液肥中，根部易腐爛
(左圖為此實驗編號 20 與編號 6 的香菜)

- 使用發酵四個月的液肥時，其對蔬菜生長的影響較發酵 3 年的液肥差。可能的原因是該批液肥於氣溫較低的 10 月至翌年 2 月期間進行發酵，雖然發酵時間已超過三個月，但低溫可能抑制了發酵過程，使有機物未能充分分解，從而影響肥效表現。
- 我們使用 pH 儀測量這四種水培液中的酸鹼值，發現發酵三年的果皮液肥 pH 值略高於自來水，查詢資料得知，在發酵初期，果皮中的糖類和有機物會經過微生物分解，產生大量有機酸使液肥呈現酸性，pH 值偏低，隨著發酵時間拉長，導致 pH 值從偏酸漸漸趨近中性甚至微鹼。
- 再生栽培方式種植的香菜在 pH 7.9、且已充分發酵之果皮液肥中，香菜生長狀況最佳。推測原因可能與香菜對微鹼性環境的良好適應性，以及完全發酵的液肥中有較穩定的營養成分。

此外，微鹼液肥亦可能抑制部分根部病害，有助提升再生栽培的成功率與生長表現。

水培液	自來水	液肥發酵 3 年	液肥發酵 4 個月	液肥發酵 2 個月
照片				
PH 值	7.7	7.9	3.0	2.8

▲表 3-7：不同發酵時間果皮液態肥 pH 值

六、實驗四-1 水中打氣對再生蔬菜的生長影響

(一) 實驗方法

- 實驗對象：黑葉白菜共 8 株，對照組(無打氣)和實驗組(打氣)各 4 株
各留取根部 5 cm 底部泡在水箱中。
- 打氣設備：空氣幫浦與氣石
- 實驗器材：透明水培容器、飲料杯架、標籤、尺



▲將裁切過的 5 cm 黑葉白菜分組編號，放入底部已開小口的飲料杯架中(圖為對照組-不打氣)

▲圖為實驗組-打氣

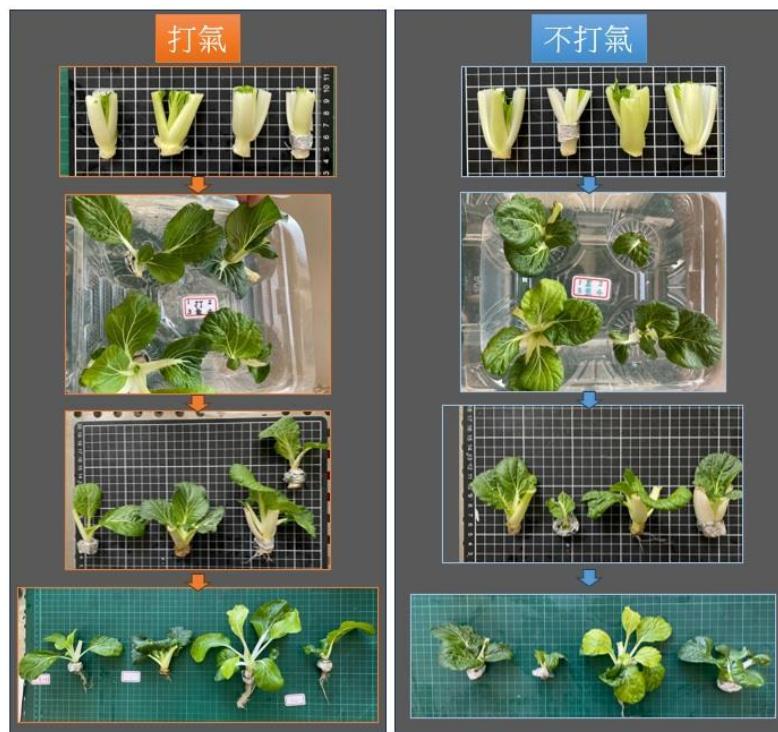


▲本實驗打氣設定為 24 小時，間歇式打氣

▲兩組放置於室內相同環境

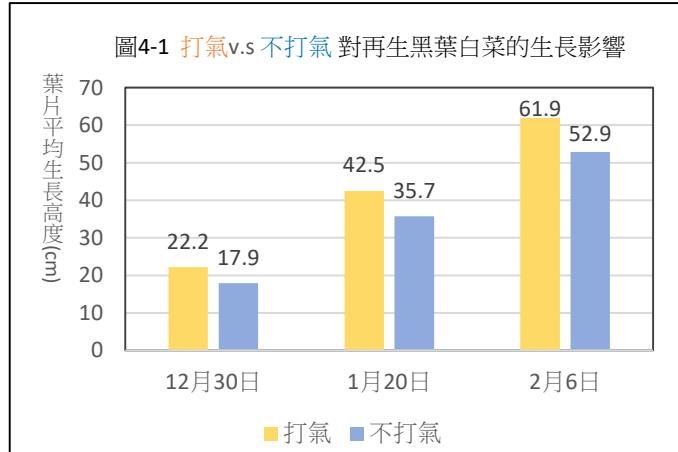
(二) 實驗結果

1. 實驗照片 蔬菜生長照片



2. 再生黑葉白菜生長高度紀錄 <生長高度紀錄表詳見附錄 4>

▼表 4-1 打氣 v.s 不打氣再生黑葉白菜的生長高度		
測量日	打氣	不打氣
葉片高度平均(cm)		
12月30日	22.2	17.9
1月20日	42.5	35.7
2月6日	61.9	52.9



(三) 實驗討論與發現

- 實驗結果發現，打氣組的黑葉白菜生長較快，四株中有三株長出的根較長，而沒有打氣的黑葉白菜，只有一株長出長的根，可見水中充氧對於蔬菜的生長是有幫助的。
- 我們觀察到，沒有打氣的黑葉白菜，靠近葉基部易出現腐爛，而打氣組比較健康，推測是水中打氣有助於減少細菌滋生。
- 黑葉白菜打氣組在水耕過程中，發現葉背及葉芯處有蚜蟲肆虐，推測為打氣組的黑葉白菜生長較快葉片茂盛，葉片重疊提供了蚜蟲良好的躲藏空間，蚜蟲或蟲卵可能來自最初的葉片殘留。由於水耕種植方便取出植株，我們將整株蔬菜取出後在水龍頭下沖洗，經過多次重複沖洗後，蚜蟲數量才明顯減少。

七、實驗四-2 提升水耕種植效率：木炭、營養液與打氣的綜合效應

(一) 實驗方法

- 我們將本實驗中對於水培再生蔬菜有利的生長條件：添加備長炭、使用發酵 3 年稀釋 500 倍的果皮液肥以及打氣的方式耕種，希望提升水耕種植的成效。
- 本實驗選用較易種植的葉菜類—青江菜作為研究對象。由於植株數量有限，對照組（僅使用水）共 3 株，實驗組（添加木炭、營養液和打氣）共 4 株。為確保實驗的公平性，所有青江菜皆修剪至保留 5cm 根部，避免因留葉芯方式影響結果。

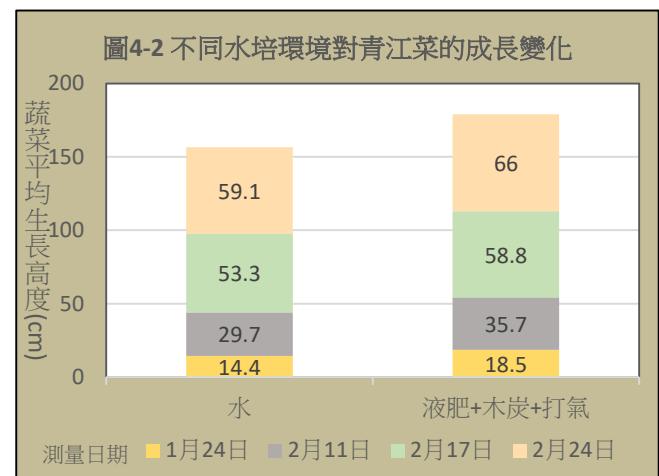
(二) 實驗結果

1. 實驗照片



2. 蔬菜生長紀錄(簡表) <生長高度紀錄表詳見附錄 4>

測量日期	對照組:水	實驗組:液肥+木炭+打氣
	蔬菜平均生長高度(cm)	蔬菜平均生長高度(cm)
1月 24 日	14.4	18.5
2月 11 日	29.7	35.7
2月 17 日	53.3	58.8
2月 24 日	59.1	66



(三) 實驗討論

- 實驗結果顯示，水中添加備長炭、稀釋 500 倍的果皮液肥和打氣，確實有助於再生水培蔬菜的生長。與對照組相比，實驗組的青江菜生長速度較快，最終葉片高度也較高。此外，添加備長炭能夠穩定水質，使添加液肥的水保持清澈，減少異味與沉澱物的產生，即使在連續假日期間未換水，水質仍能維持良好狀態。
- 我們也觀察到，打氣裝置的使用可能有助於提高水中溶氧量，促進根部健康，使青江菜的根系更加發達，降低根部腐爛的風險。此外，果皮液肥的使用雖能提供營養，但若未搭配備長炭與打氣，水質可能較快變質，影響植物吸收養分的效率。因此，綜合來看，三者的結合對於水培蔬菜的健康成長具有正向影響。
- 我們測量水耕蔬菜的水質，並未測出硝酸鹽，顯示使用自製果皮堆肥相較於市面上的化學肥料，更加環保且安全。這表示果皮堆肥能提供植物生長所需的營養，同時降低化學肥料可能帶來的硝酸鹽累積風險，對健康與環境更為友善。

檢測水中水耕環境的硝酸鹽	測量 pH 值 7.4 (液肥+木炭+打氣)	對照組(水) 蔬菜的根系	實驗組(液肥+木炭+打氣)蔬 菜的根系發達
			
▲以自來水耕種 的水質檢測	▲以果皮液肥耕 種的水質檢測		

陸、結論

一、【再生蔬菜留取根部長短與重量對生長的影響】

- 葉基部保留的長度越長，葉基部較大的、底部較平整的蔬菜再生生長狀況越佳。
- 再生蔥的收成率與蔥白長度及根系狀況密切相關。

二、【不同裁切方式對再生蔬菜生長的影響】

- 再生蔬菜的最佳裁切方式為：只保留葉芯 > 保留外葉柄 > 切齊。
- 以只保留葉芯的方式留取再生蔬菜，植物能將有限的水分與養分集中供應給葉芯，加速新葉的生長。蔬菜根部切齊雖然是料理備料時較為快速的方式，但在再生栽培中，這種處理方式最不利於蔬菜的生長。

三、【水中添加物對蔬菜再生的影響-添加備長炭、果皮液肥】

- 以蔥為實驗對象，生長狀況最好的是水中添加備長炭。
- 在水中加入備長炭確實有助於淨化水質
- 當液肥稀釋 500 倍作為水培液時，蔬菜的生長狀況最佳。
- 不同發酵時間的果皮液態肥對蔬菜再生的影響：蔬菜在已發酵三年的果皮液肥中，植物的生長效果最佳。完全發酵的液肥中有較穩定的營養成分。

四、【水中打氣對再生蔬菜的生長影響】

打氣組的蔬菜生長較快，水中充氧對於蔬菜的生長是有幫助的，並有助於減少細菌滋生。

五、【提升水耕種植效率：木炭、營養液與打氣的綜合效應】

水中添加備長炭、稀釋已發酵三年的 500 倍果皮液肥和打氣，確實有助於再生水培蔬菜的生長，添加備長炭能夠穩定水質，使添加液肥的水保持清澈，三者的結合對於水培蔬菜的健康成長具有正向影響。

柒、未來展望

未來本研究將進一步探討土耕種植的可能性，以比較水耕與土耕對再生蔬菜生長的影響。此外，針對此次實驗中使用的自製果皮液肥，未來將深入研究其發酵時間對蔬菜生長的影響，分析不同發酵程度如何影響植物的生長表現。



▲ 目前初步嘗試再生蔬菜土耕種植，未來可進一步研究其生長表現與影響因素

捌、參考資料

- 一、本實驗所有照片與圖表均為自行拍攝與繪製。
- 二、宮崎大輔. (2022). 以菜種菜真簡單(王淳蕙, Trans.). 蘋果屋.
- 三、林晉如. (2024, July 27). 【食農教育】為什麼要製作「液態肥料」？誰需要「液態肥料」？「液態肥料」有什麼好處？如何製作？. <https://teacheer.pro/archives/6121>

玖、附錄

一、附錄 1: 實驗一(表 1-1~1-6)蔬菜生長紀錄

1/2 種植奶油白	實驗一 表1-1、1-2 奶油白菜生長紀錄表										奶油白 5cm				
	奶油白 2cm			奶油白 3cm		奶油白 5cm									
編號	2a	2b	2c	2d	平均	3a	3b	3c	3d	平均	5a	5b	5c	5d	平均
葉基部重量g	22.9	5.6	3.8	1.7		13.9	7.1	6.1	2.8		17.9	17.1	9.5	5.6	
1/20長度總和	8	1.5	0.5	0	3.3	4.8	1	2.2	0	2.7	4.8	2.5	2	0	3.1
2/11長度總和	0	0	0	0	0	31	0	13.8	0	22.4	42.5	23	27	0	30.8
2/17長度總和	0	0	0	0	0	36.9	0	20.5	0	28.7	65.8	30.8	33.3	0	43.3
2/24長度總和	0	0	0	0	0	38.8	0	21.5	0	30.2	83.5	31.9	31.2	0	48.9

0為蔬菜種植失敗死亡
重量算法說明:
取測量日的($2a+3a+5a$)/3=a組 生長高度平均
例:1/20 a組 的生長高度平均: $(8+4.8+1.5)/3 = 5.9$

1/2 青江菜	實驗一 表1-3、1-4 青江菜生長紀錄表										青江5cm				
	青江2cm					青江3cm					青江5cm				
編號	2a	2b	2c	2d	平均	3a	3b	3c	3d	平均	5a	5b	5c	5d	平均
葉基部重量(g)	20.0	10.6	13.1	3.3		21.1	20.8	15.6	7.2		27.3	24.0	21.6	13.9	
1/20長度總和	8.5	5.5	6.5	4.0	6.1	9.0	12.5	8.5	4.0	8.5	4.5	5.0	3.0	3.3	4.0
2/11長度總和	37.8	20.5	24.1	22.3	26.2	33.0	59.6	30.5	26.0	37.3	47.0	37.0	31.0	37.0	38.0
2/17長度總和	58.8	35.2	40.7	37.8	43.1	47.1	80.4	63.6	33.0	56.0	64.3	74.3	49.9	69.5	64.5
2/24長度總和	60.2	45.4	48.2	45.0	49.7	53.4	100.1	74.6	37.8	66.5	82.2	88.8	60.1	76.6	76.9

重量算法說明:
取測量日的($2a+3a+5a$)/3=a組 生長高度平均
例:1/20 a組 的生長高度平均: $(8.5+9+4.5)/3 = 7.3$

1/2 蔥	實驗一 表1-5、1-6 蔥生長紀錄表						蔥 2cm			蔥 3cm			蔥 4cm								
	蔥 2cm			蔥 3cm			蔥 4cm														
編號	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	平均	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	平均	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6	平均
重量組別	a	b	c	d	e	f		a	b	c	d	e	f		a	b	c	d	e	f	
留取重量(g)	2	1.8	1.7	1.4	1.4	1.2		3.4	2.9	2.5	1.8	1.7	0.7		4.6	3.3	3.2	2.9	2.7	2.6	
1/21高度總計	19.7	15.7	15.9	4.1	4.4	0	12	20.8	7.7	24.8	8.1	9.5	4.9	12.6	34.3	21	25.7	18.8	7.5	9.7	19.5
2/4採收總長	8	0	21	14.2	0	0	14.4	0	0	49.8	11.6	16.3	16	23.4	75.4	40.1	50.2	54	29	29	46.3

0為蔬菜種植失敗死亡
重量算法說明:
取測量日的($2a+3a+4a$)/3=a組 生長高度平均
例:1/20 a組 的生長高度平均: $(19.7+20.8+34.3)/3 = 24.9$

二、附錄 2: 實驗二 (表 2-1~2-3)蔬菜生長紀錄

2/25青江菜	實驗二 表2-1 青江菜生長高度紀錄								
	切齊		留外葉			留芯			
	1	2	1	2	3	1	2		
4cm重量(g)	12.0	5.8	6.0	10.8	8.6	1.1	1.2		
實驗前蔬菜高度	4.0	4.0	9.8	8.0	7.5	7.5	7.3		
	4.0	4.0	5.0	5.0	5.8	5.0	4.5		
						2.0			
實驗前葉片高度合計	8.0	8.0	14.8	13.0	13.3	14.5	11.8		
2/25-3/7長高高度	2.8	1.2	0.4	3.6	1.9	4.4	8.3		
2/25-3/7平均長高	2.0		2.0			6.4			
2/25-3/14長高高度	7.8	5.0	4.7	12.2	14.2	5.5	9.2		
2/25-3/14平均長高	6.4		10.4			7.4			

蔬菜長高高度計算：測量日的蔬菜葉片高度-實驗前蔬菜原有的葉片高度

實驗二 表2-2 黑葉白菜生長高度紀錄									
	切齊			留外葉			留芯		
實驗前蔬菜高度	4.0	4.0	4.0	9.3	7.3	6.0	8.5	8.0	7.8
				7.8	6.0	5.2	6.0	6.8	5.3
實驗前高度合計	4.0	4.0	4.0	17.1	13.3	11.2	14.5	14.8	13.1
2025/3/7高度合計	10.8	5.3	0.0	25.9	26.0	20.4	19.5	24.0	19.3
2/27-3/7長高高度	6.8	1.3	*	8.8	12.7	9.2	5.0	9.2	6.2
平均長高	4.1			10.2			6.8		
3/14高度合計	*	5.3	*	37.5	15.0	14.6	21.0	38.3	18.9
2/27-3/14長高高度	*	1.3	*	20.4	1.7	3.4	6.5	23.5	5.8
平均長高	1.3			8.5			11.9		

實驗二 表2-3 味美菜生長高度紀錄									
3/3味美菜	切齊			留外葉			留芯		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
實驗前蔬菜高度	4	4	4	7	7.2	8	13.5	11.2	10
	4	4					6.8	4.5	5.2
實驗前高度合計	8	8	4	7	7.2	8	20.3	15.7	15.2
3/3-3/10長高高度	3.7	3.3	1.7	8.3	7.1	0	9.3	5.6	7.8
平均長高	2.9			5.1			7.6		
3/14測量	9	8.6	8	11	11	9.8	15.2	11.8	13.2
3/14高度合計	15.5	16.1	8	17.7	17.2	15	31.6	23.4	25.8
3/3-3/14長高高度	7.5	8.1	4	10.7	10	7	11.3	7.7	10.6
平均長高	6.5			9.2			9.9		

三、附錄3:實驗三(表3-1~3-6)蔬菜生長紀錄

實驗三 表3-1 蔥在不同水中添加物的生長紀錄						
11/27蔥	自來水		木炭6g		液肥1000倍	
	蔥1	蔥2	蔥3(6.1g)	蔥4(6.2g)	蔥5	蔥6
12/11採收1總計	22.2	18	53.5	7.3	20.3	21.5
採收1平均	20.1		30.4		20.9	
12/24採收2總計	12.5	15	23	15	16.5	13.5
12/24採收2平均	13.8		19		15	
1/17採收3總計	0	4.5	2	5	9	9
1/17採收3平均	4.5		3.5		9	

實驗三-2 表3-2 再生香菜在不同濃度液肥的生長高度										
水耕液體	自來水			液肥稀釋100倍			液肥稀釋500倍			液肥稀釋1000倍
12/5種植香菜.編號	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
12/30採收長度總計	10.3	8.2	6	21.7	10.5	9	24.3	28	13.5	18.8
12/30採收長度(5cm以上)平均	8.2			13.7			21.9			14.8
1/13採收長度總計	6.5	6	12.8	19.5	11	10	18	15	13.6	15.5
1/13採收平均長度	8.4			13.5			15.5			13.8

實驗三-2 表3-3 再生香菜在不同濃度液肥的生長高度																
1/13蔥	水				液肥100倍				液肥500倍				液肥1000倍			
編號	4	9	16	21	3	10	15	22	11	14	23	26	1	12	13	25
5cm重(g)	5.8	4	4	2.6	6.3	4.2	3.1	2.3	4.6	4.4	3.5	3.9	6.9	3.5	3.5	1.8
2/3採收總長	114.3	78.8	53	47	116.6	55.8	55	67.7	102.2	124.4	78	77.7	132.8	61	79.2	56.3
2/3平均				73.3				73.8				95.6				76.3
第二次採收總長	26	26.2	28.2	13.1	41.3	19.5	23.6	12.6	32.3	23.2	27.8	17.8	43.3	16.7	21.9	12.5
2/21平均				23.4				24.3				25.3				22.7

實驗三 表3-4 再生黑葉白菜在不同濃度液肥的生長高度																
12/12黑葉白菜	水				液肥稀釋500倍				液肥稀釋1000倍							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
12/30測量	19.7	8	6.8	17.7	12.5	13	19.8	8	15.8	13.5	5	7				
合計				52.2				53.3								41.3
12/30蔬菜 平均長高	13.1				13.3				10.3							
1/20測量	49	8	11.5	37	27.8	31.3	37.1	17.2	38.5	29	0	0				
合計				105.5				113.4								67.5
1/20蔬菜 平均長高	26.4				28.4				33.8							
合計	45	0	9	36.5	37.7	34.5	42.9	28.5	42.3	20	0	0				
2/6測量 採收共計				90.5				143.6								62.3
2/6蔬菜 平均長高	30.2				35.9				31.2							

表3-5 再生蒜在不同濃度液肥的生長高度				
12/4蒜	蒜1	蒜2	蒜3	蒜4
	自來水	液肥100	液肥500	液肥1000
2025/12/6 新長出的高度	1	1.4	2.3	1.7
2025/12/18全長	8.2	9	13.9	7
2025/12/18新長出 的高度	7.2	7.6	11.7	5.3
2025/12/24全長	9	9	14.5	8.5
2025/12/24新長出 的高度	1.8	1.4	2.8	3.2

表3-6 香菜在不同發酵時間液肥的平均生長高度													
	2月7日	液肥3Y			液肥4M			液肥2M			水		
編號		4	11	18	5	10	19	6	9	20	7	8	21
5cm根重(g)		3.5	2.3	1.5	3.6	2.5	1.3	3	2.5	1.4	3.8	2.6	1
2月14日 合計	8	14.8	13.4	8.9	11.8	6.5	6	7	6.5	11.5	8.2	8	
2/14測量平均			12.1			9.1			6.5			9.2	
2025/2/21合計	14.7	17	0	18.1	18.2	13	7.4	0	0	16.3	16.2	12	
2/21測量平均			15.9			16.4			7.4			14.8	
3/10合計	26.5	34.3	0	23	0	18.5	0	0	0	0	20	16.5	
長度平均(cm)			30.4			20.8			0.0			18.3	

四、附錄 4: 實驗四 (表 4-1~4-2) 蔬菜生長紀錄

實驗四 表4-1 打氣v.s 不打氣 再生黑葉白菜的生長高度								
12/12黑葉白菜	打氣				不打氣			
	1	2	3	4	1	2	3	4
12/30測量	16.2	23.5	33.9	15	15.1	5	31.3	20.2
合計				88.6				71.6
12/30蔬菜 平均長高	22.2				17.9			
1/20測量	36.1	37	75.1	21.8	30	8.8	71.7	32.3
合計				170				142.8
1/20蔬菜 平均長高	42.5				35.7			
合計	72.6	44	104.3	26.5	103.2	18.4	43.1	46.8
2/6測量 採收共計				247.4				211.5
2/6蔬菜 平均長高	61.9				52.9			

實驗四 表4-2 不同水培環境對青江菜的成長變化								
1/15 青江菜	自來水			木炭+液肥+打氣				
編號	1	8	11	2	4	7	10	
1/24高度總和	14.8	16	12.5	18	21	21	14	
1/24平均	14.4				18.5			
2/11高度總和	37	26	26	38.3	34.5	28.8	41	
2/11平均	29.7				35.7			
2/17高度總和	64.9	48.9	46	57.8	61.7	60	55.6	
2/17平均	53.3				58.8			
2/24高度總和	70.9	54.7	51.6	71.6	70.7	60.5	61	
2/24平均	59.1				66.0			