

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科
佳作

032903

生廚餘活菌分解養液水培蔬菜之探討

學校名稱： 宜蘭縣立礁溪國民中學

作者： 國三 王宏遠 國二 林佳弘 國二 譔宥維	指導老師： 陳柏羽 林志鴻
---	-----------------------------

關鍵詞： 生廚餘、水培蔬菜、硝化菌

摘要

本研究探討「生廚餘分解養液」水培蔬菜的可行性。我們建立「生廚餘分解缸」，透過量測水質推測硝化菌(Nitrobacter)與亞硝酸菌(Nitrosomonas)培養完成與累積出水耕蔬菜所需 NO_3^- 濃度(150mg/l)約9週，pH值必須5個月才能趨於穩定值7.1。「生廚餘分解缸」DO值10ppm與自行研發「K1循環流沙床」，搭配琵琶鼠與泥鰍具有最佳分解效率。「生廚餘活菌養液」可利用純化大灰苔蘚作為「活菌液肥熟成檢測」試紙。「生廚餘活菌養液」以動力循環方式水耕蔬菜有非常好成效。並以水耕機比較「生廚餘活菌養液」與「化學液肥」之間的差異，發現「生廚餘活菌養液」種植成效較好，且可以採取「無動力水耕瓶」方式種植，大量節省電力與設備花費，還能種植出硝酸鹽含量較低的蔬菜。

壹、研究動機

曾經在上課時，老師說以前的農夫經常使用廚餘和排泄物等天然肥料來耕種，雖然天然肥料會發出臭味，但對土地是無害的，反之，現代使用的化學肥料雖說沒有了臭味但卻會讓土壤酸化，導致品質、產量降低。近年來許多家庭主婦喜歡在家中種植水耕蔬菜，其養分來源多半為市售營養液，屬於化學配方，成分未知，我們決定製作一組小型水中堆肥系統，讓家中的廚餘透過水中堆肥系統，快速完熟，提供水耕蔬菜液肥來源。更希望能將堆肥系統與種植系統合而為一。

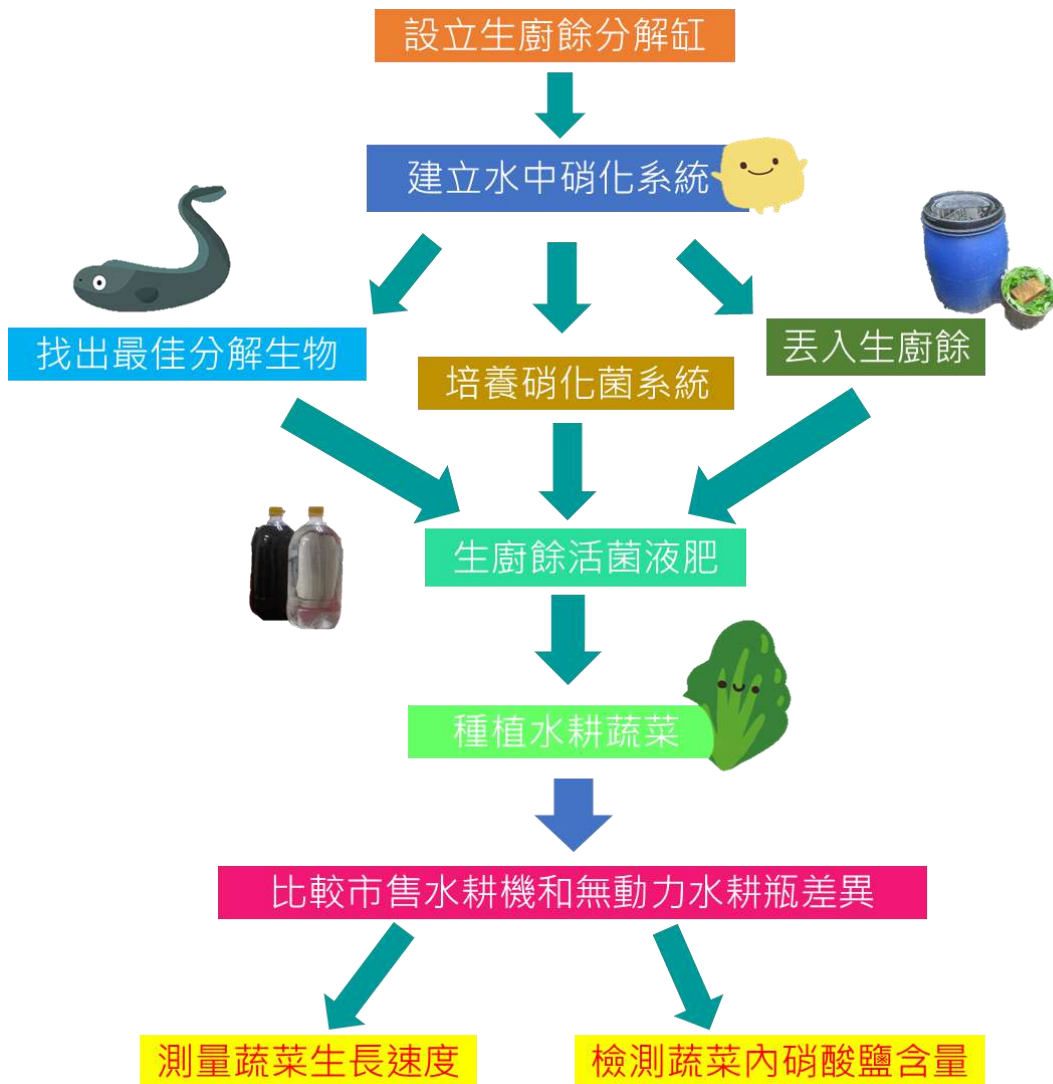
貳、研究問題

- 一、研究設計「生廚餘活菌分解缸」
- 二、研究「生廚餘活菌分解缸」活菌系統建立歷程與廚餘分解生物
- 三、研究如何利用「生廚餘活菌液肥」水耕蔬菜
- 四、比較「生廚餘活菌液肥」無動力種植與市售水耕機水耕種植之差異

參、研究設備及器材：

DO 溶氧計、光度計、 NH_3 測試劑、 NO_2 測試劑、 NO_3^- 測試劑、整理箱、塑膠水管、電鑽、沉水馬達、各式菜苗、K1 培菌環、玻璃水族箱

肆、研究過程與方法



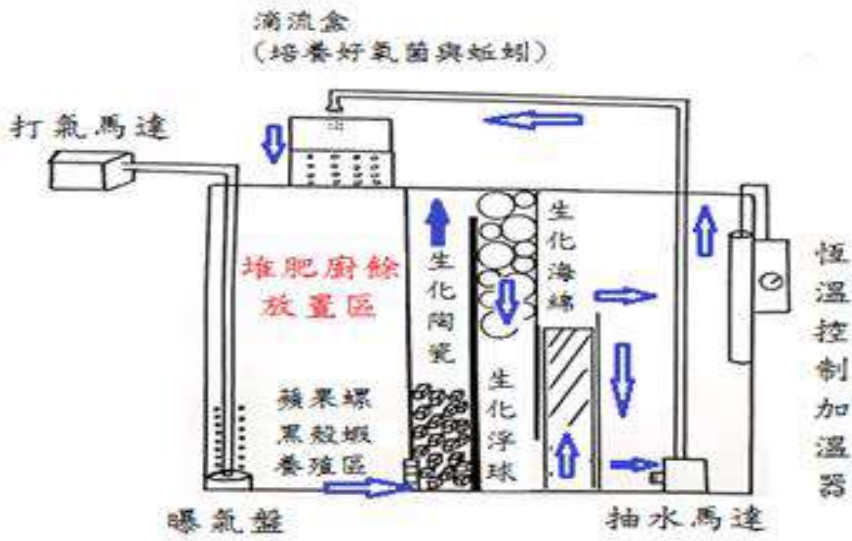
圖片來源：第二、三作者繪製

一、研究設計建置「生廚餘活菌分解系統缸」

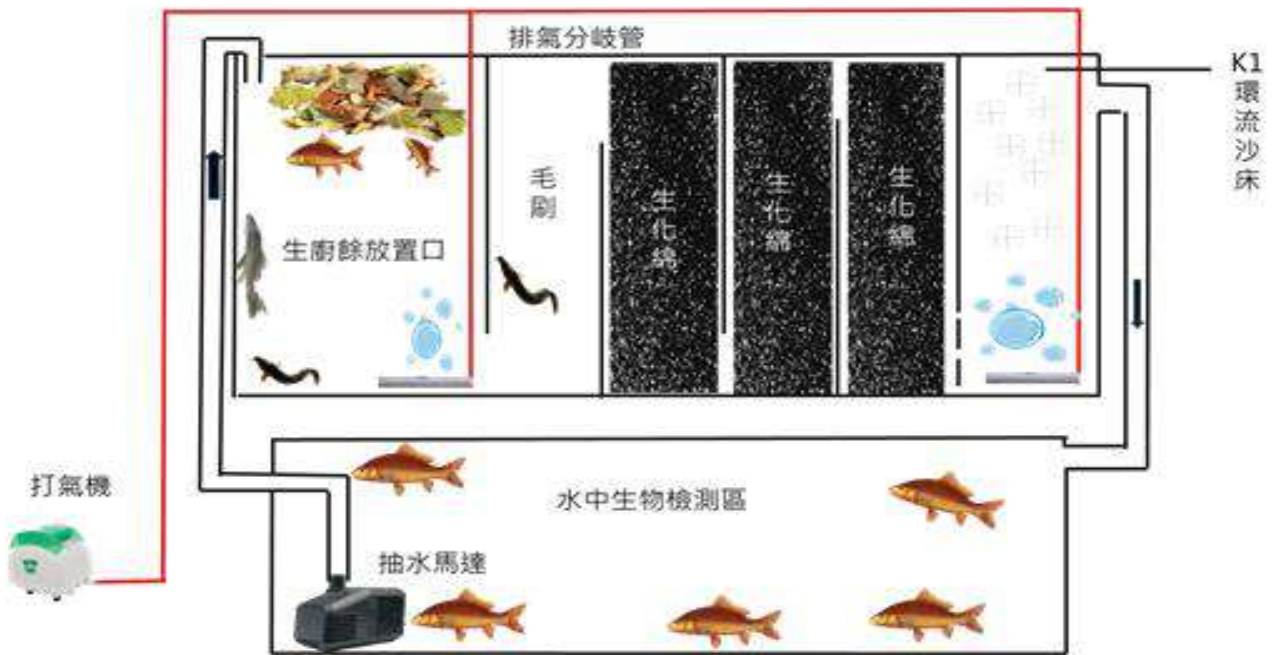
(一) 繪製設計圖

1. 依據過去生廚餘分解經驗，常會有分解殘渣阻塞抽水馬達的現象，因此設計多個過濾槽，參考汙水處理與化糞池水流走向，繪製以下設計圖

(1) 第一代設計圖









(2) 第二代設計圖(結合生物檢測區)



圖片來源：第二、三作者繪製

(二) 缸體架設

「生廚餘活菌分解系統缸」建置過程	
	
「生廚餘活菌分解系統缸」玻璃缸體配管工程由學生自行施工，此為準備安裝料件	設計生廚餘活性污泥排放口
	
大型玻璃缸利用推車運送	安裝抽水馬達
	
安裝毛刷與生化棉	分解系統缸正面照

二、研究「生廚餘活菌分解系統缸」培菌歷程

(一) 培養活菌

1. 在 1000 公升的「生廚餘活菌分解系統缸」內，倒入市售 3 種水族硝化菌(厭氧型、好氧型與光合菌)。在過濾分解槽內放入生化棉與過濾毛刷，作為硝化菌附著底床與儲存未來堆肥養份之用。
2. 設置良好過濾系統，以 50W 抽水馬達進行循環過濾。
3. 系統運作一周後，放入體長約 8 公分的琵琶鼠 10 隻，每天固定投入 20 公克的鴨飼料餵養。
4. 利用 NH_4/NH_3 總氮量測試劑、 NO_2 亞硝酸鹽測試劑、 NO_3 硝酸鹽測試劑測量相關數據，並觀察水色與

魚類適應情形，藉以推測硝化系統建立情形。

檢測培養活菌歷程	
	
<p>水中檢測試劑</p>	<p>定期量測水中 NH_4/NH_3、NO_2、NO_3 測量相關數據，推測硝化系統運作情形</p>
	
<p>放置生化活菌環 K1</p>	<p>放置生化活菌環 K1</p>

(二)分解生物測試

1. 第 24 週活菌培養完成之後，放入生廚餘進行分解。第 30 週後，將分解缸中的水放入 10 公升水族箱內，將不同水中生物(蘋果螺、玫瑰蝦、琵琶鼠、泥鰍、朱文錦)放入水族箱內，進行生物耐受實驗。
2. 上述水中生物通過堆肥養液耐受實驗測試後，投入不同種類生廚餘觀察其分解食材效果。並測量水中 NH_4/NH_3 、TDS(溶解性固體總量)、pH 值。

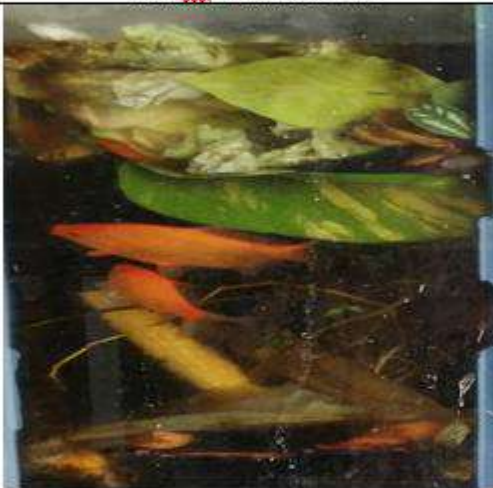
水中生物分解堆肥資材情形



玫瑰蝦聚集分解食材



蘋果螺聚集分解營養午餐剩下番茄



朱文錦聚集分解食材



泥鰱分解食材



拯救二龍河邊被丟棄的琵琶鼠



利用被丟棄的琵琶鼠進行廚餘分解

(三) 在不同溶氧量下的分解情形

利用打氣馬達在「生廚餘活菌分解缸」打入空氣，連接可變電阻調整打氣量大小與加入 K1 活菌培養環形成流沙床，利用 DO 溶氧量測試劑，觀察在不同溶氧量情形下，分解生廚餘的速度，並於 2 周後測量水中 NH_4/NH_3 、 NO_2 、 NO_3 、TDS(溶解性固體總量)、PH 值。

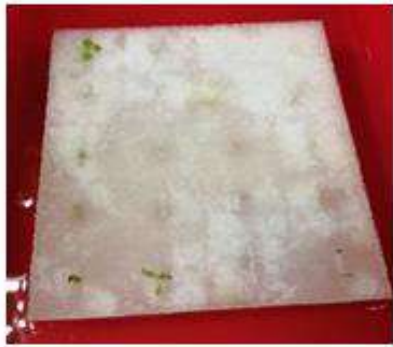
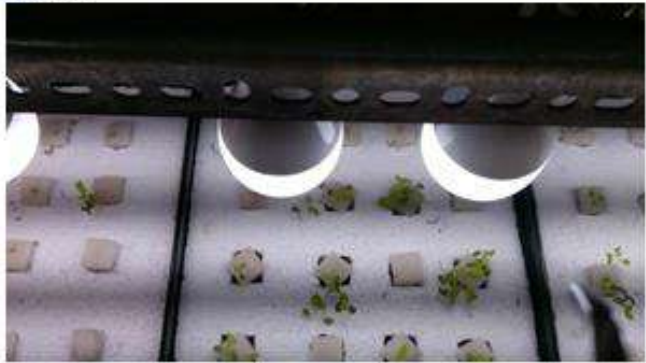
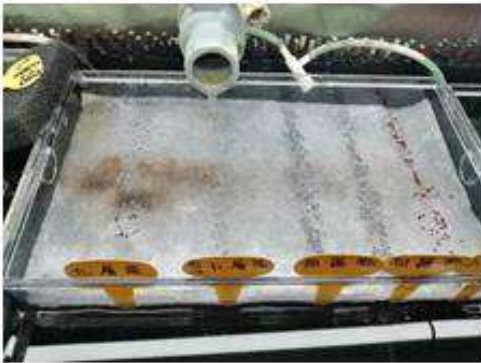

(四) 生廚餘活菌分解養液熟成判斷

在校園內採集苔蘚(大灰苔)，去除土壤雜質後放在生化棉上水耕純化繁殖，穩定成長後，取得純化後大灰苔後。將分解缸養液噴灑於苔蘚上觀察是否發霉，作為「活菌液肥熟成檢測」，藉此判斷養液是否熟成。

三、研究如何利用「生廚餘活菌液肥」水耕蔬菜

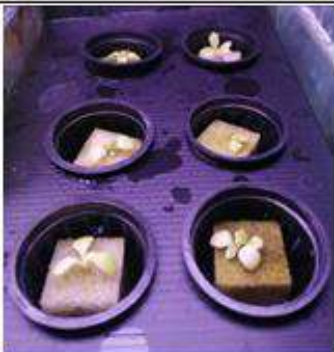

(一)蔬菜種子育苗

將各式蔬菜種子鋪在白棉上，利用水族系統缸水流動，使蔬菜種子發芽

系統缸水耕育苗	
	
利用水族箱的水讓蔬菜種籽發芽	蔬菜種籽發芽
	
利用大型水族系統缸出水口孵化蔬菜種子	利用大型水族系統缸育苗

(二)動力循環水耕種植

將發芽蔬菜苗至於種植杯內，將「生廚餘活菌分解養液」放入有「打氣循環玻璃缸」進行動力循環，上方放塑膠瓦楞板，並在塑膠瓦楞板上挖洞，放入種植杯，在室內植物燈照射下觀察蔬菜成長情形

動力循環水耕育苗	
	
將蔬菜菜苗種植杯放入瓦楞板洞內	菜苗成長

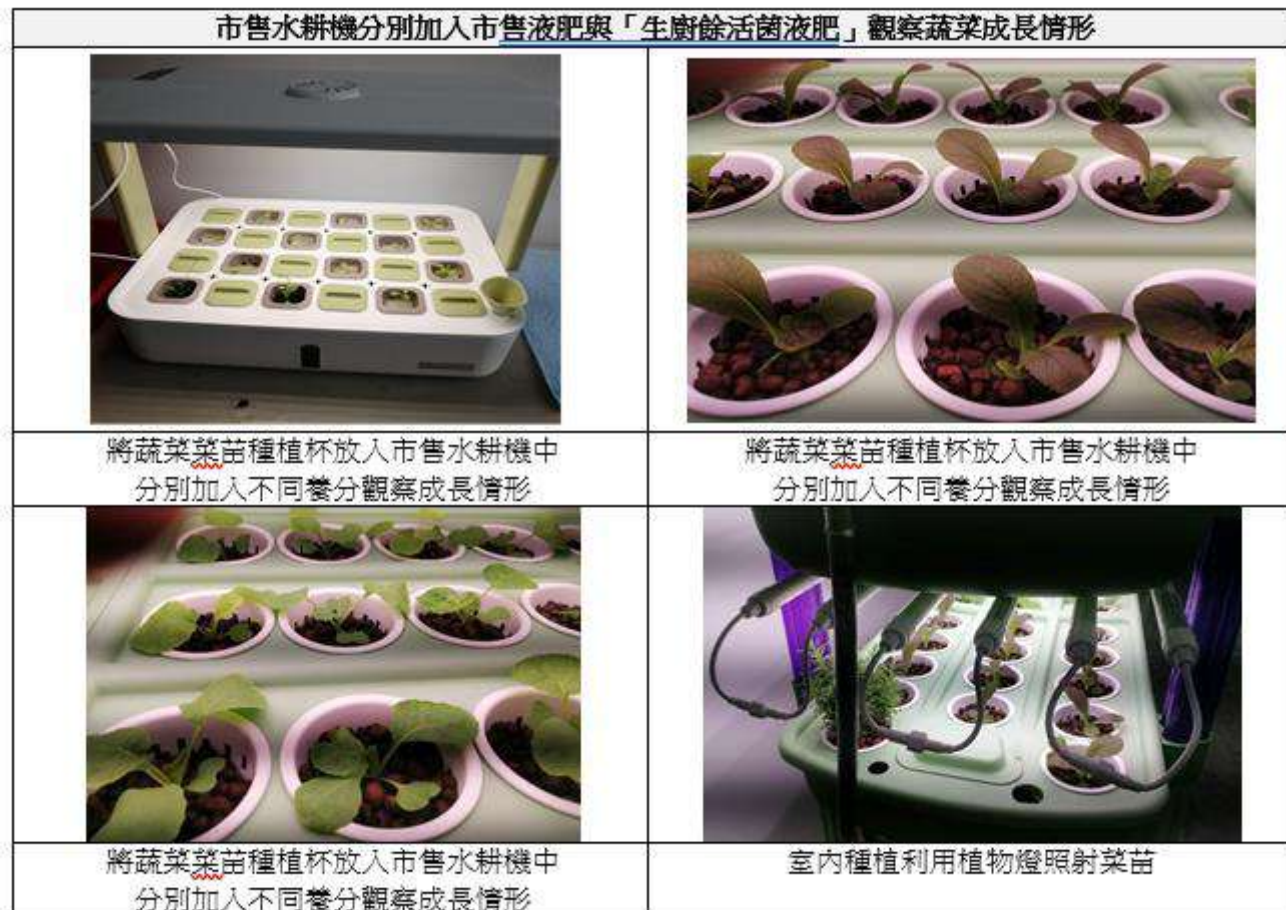
四、比較「生廚餘活菌液肥」無動力種植與市售水耕機水耕種植之差異

(一)利用市售液肥於市售水耕機種植

自行孵化水耕蔬菜種籽，利用市售化學液肥加入市售水耕機中進行水耕栽培，觀察蔬菜成長情形。

(二)利用「生廚餘活菌液肥」於市售水耕機種植

自行孵化水耕蔬菜種籽，利用「生廚餘活菌液肥」加入市售水耕機中進行水耕栽培，觀察蔬菜成長情形。



(三)利用「生廚餘活菌液肥」於無動力水耕瓶種植

在塑膠瓦楞板上挖洞，放入蔬菜種植杯，將「生廚餘活菌分解養液」放入玻璃罐內，製作成「無動力水耕瓶」，玻璃罐外面包上鋁箔紙防止水中藻類滋生，分別利用在室內植物燈與室外日光照射，並觀察蔬菜在無動力循環下成長情形

無動力水耕植物瓶種植



蓋子:珍珠板燒出一個洞



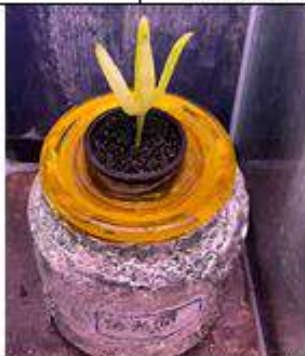
截取一片鋁箔紙將瓶身包裹住避免藻類生長



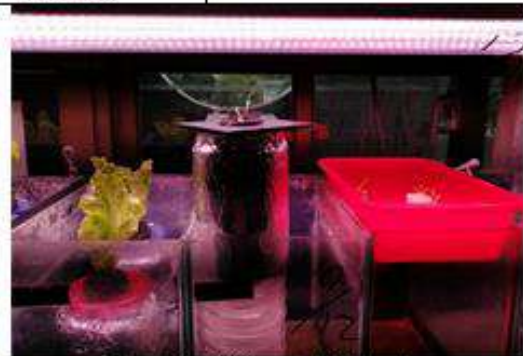
用生化棉固定植物放入盆栽內



加入「生廚餘活菌分解營養液」



無動力水耕瓶(種植初期)



無動力水耕瓶(種植初期)



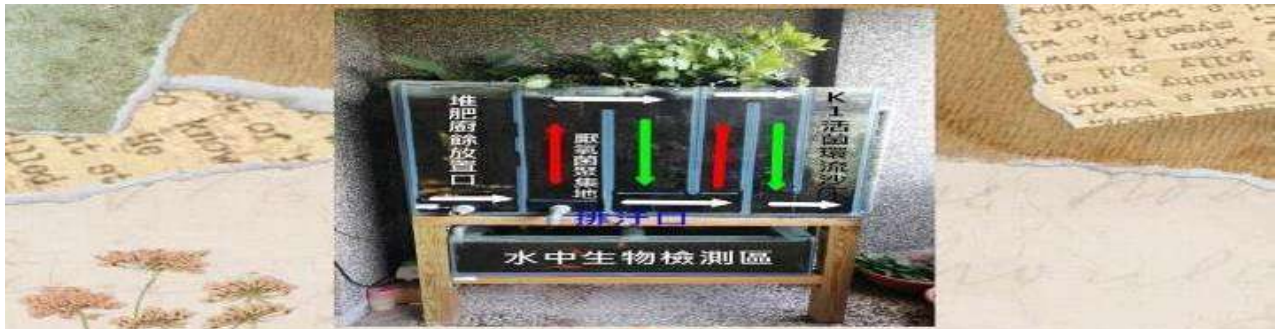
無動力水耕瓶放置室內找出最佳植物燈光照條件



無動力水耕瓶接受窗台陽光照射

伍、研究結果與討論

一、研究設計「生廚餘活菌分解缸」



生廚餘水中堆肥活菌缸側面

最終過濾槽充滿著K1活菌培養環，受到左下方排氣水管的向上氣流引響，呈現順時針循環，以利培養好氧活菌環境加速分解蔬果廚餘。



排氣水管

位於正面右下方的水管可由5個排氣孔輸出大量氣泡



排汗管

排汗管設計在生廚餘殘渣分解處(厭氧菌培養處)，有利於採集汗水，其大量的養分能夠拿來澆花施肥



排氣分歧管

為各排氣管的總輸出地點，打氣馬達能夠利用此管輸出到各個排氣管，提供大量氧氣。



【結果討論】

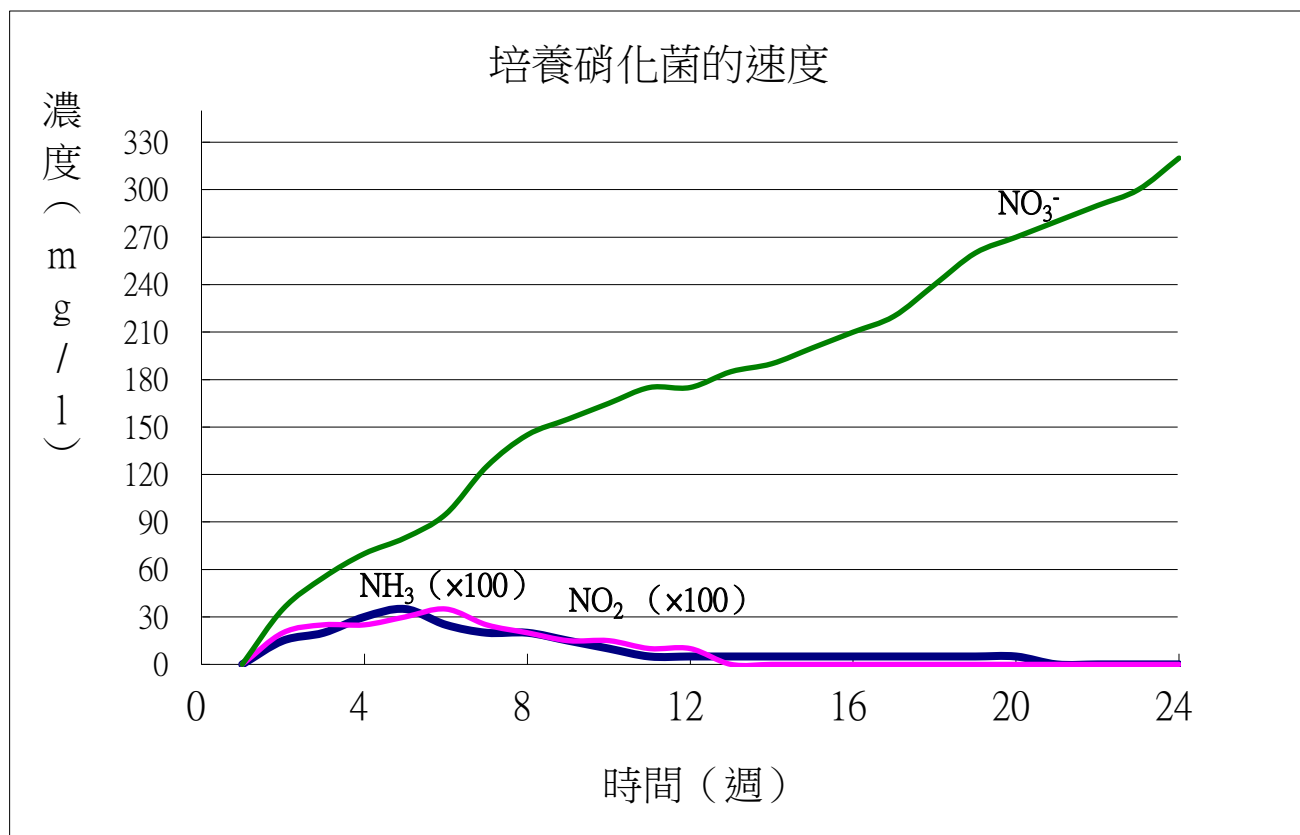
- 1.活菌分解槽內同時培養厭氧菌與好氧菌:設計中放入柵欄式的底板，使生廚餘殘渣沉澱於缸底，形成活性污泥，此處溶氧量較低，可培養厭氧菌。水流順著事先設計的通道，在最後一道流入「K1 活菌流沙床」將水中養分進行好氧菌的分解。全方位的設計能讓各種分解活菌生存良好。
- 2.「自製排氣分歧管」配置不同分解區的溶氧量:本設計將大型打氣馬達利用「排氣分歧管」將供氣分送至不同分解槽中，以利調整最佳分解狀態。
- 3.設置不同排汗孔分階段收集活性污泥: 本設計在每個分解槽下方都設置「排汗孔」可分階段收集不同時期的生廚餘殘渣，以利研究分解效果與檢驗活性污泥熟成情形。

二、研究「生廚餘活菌分解缸」活菌系統建立 S 歷程與廚餘分解生物

(一)硝化菌培菌歷程記錄

	NH ₄ /NH ₃ (ppm)	NO ₂ 濃度 (ppm)	NO ₃ 濃度 (ppm)	pH 值	系統描述	水中生物 耐受程度	水色 觀察
開始實驗	0.00	0	0	8.3			清澈
第 1 週	0.00	0	0	8.3			清澈
第 2 週	15.00	20.00	35	8.2			有些模糊
第 3 週	20.00	25.00	55	7.9	PH 值 開始下降	琵琶鼠 死亡 2 隻	比第 2 週模糊
第 4 週	30.00	25.00	70	7.8			比第 3 週模糊
第 5 週	35.00	30.00	80	7.8		琵琶鼠 死亡 2 隻	比第 4 週模糊
第 6 週	25.00	35.00	95	7.6	NH ₄ 開始下降	琵琶鼠 死亡 1 隻	最模糊
第 7 週	20.00	25.00	125	7.6			最模糊
第 8 週	20.00	20.00	145	7.5			最模糊
第 9 週	15.00	20.00	155	7.4	NO ₂ 開始下降		最模糊
第 10 週	10.00	15.00	165	7.4			最模糊
第 11 週	5.00	10.00	175	7.4			最模糊
第 12 週	5.00	10.00	175	7.3			最模糊
第 13 週	5.00	5.00	185	7.3			最模糊
第 14 週	5.00	5.00	190	7.3			最模糊
第 15 週	5.00	5.00	200	7.3			有些模糊
第 16 週	5.00	5.00	210	7.3			開始轉為 清澈
第 17 週	5.00	5.00	220	7.3			更為清澈
第 18 週	5.00	5.00	240	7.2			比第 17 週 清澈
第 19 週	5.00	5.00	260	7.1			比第 18 週 清澈
第 20 週	5.00	5.00	270	7.1			清澈
第 21 週	0.00	5.00	280	6.9			清澈
第 22 週	0.00	0.00	290	6.9			清澈
第 23 週	0.00	0.00	300	6.9			很清澈
第 24 週	0.00	0.00	320	6.9			非常清澈



【圖形分析】





【結果討論】

1. 「生廚餘活菌分解缸」培養活菌期約 2 個月時間：從本實驗數據看出亞硝酸菌（Nitrosomonas）需要 5~6 週的時間可培養完成，硝化菌(Nitrobacter)則必須 7~8 週後才能培養完成。而累積到水耕植物能夠成長的養分(NO_3^- 濃度約 150mg/l)，則必須約 9 週的時間。
2. 「生廚餘活菌分解缸」運作半年後趨於穩定:系統 pH 值約 5 個月後才逐漸穩定:但系統初期 PH 值相當高，但隨系統中魚類排泄物與飼料殘餌逐漸分解後，而開始出現下降情形，系統運作半年後 PH 值則穩定維持於 7.1。

(二) 研究「水中堆肥」堆肥資材在不同生物分解下的情形

生物種類	蘋果螺	玫瑰蝦	琵琶鼠	泥鰱	朱文錦
相片					
耐受性	PH 過低，外殼會溶解	水質變化過大會死亡	良好	最好	良好
蘋果果核 (10g)	分解 100%	分解 100%	分解 100%	分解 100%	分解 70%
橘子皮 (10g)	分解 20%	/	分解 80%	分解 70%	分解 40%
紅蘿蔔 (10g)	分解 70%		分解 45%	分解 90%	分解 45%
葉菜 (10g)	分解 60%	分解 55%	分解 90%	分解 90%	分解 70%
白飯 (10g)	分解 70%	分解 35%	分解 85%	分解 75%	分解 70%
鴨飼料 (10g)	分解 90%	分解 95%	分解 100%	分解 90%	分解 90%
死魚 (10g)	分解 100%	分解 90%	分解 100%	分解 70%	分解 65%
pH	6.2	5.2	6.2	6.2	6.2
TDS (ppm)	412	620	874	258	358
NH ₄ /NH ₃ (ppm)	0.15	0.18	0.28	0.13	0.40

【實驗相片】

生廚餘實際分解情形	
	
大量果皮丟入「生廚餘活菌分解系統缸」	大量蔬果堆肥情形，經兩周後可產生營養液肥

【結果討論】

	
將過期牛奶倒入，測試「校園生廚餘活菌液肥系統」處理奶類廢液能力	將過期牛奶倒入，測試「校園生廚餘活菌液肥系統」處理奶類廢液能力
	
培菌初期牛奶在水中產生大量泡沫(酪蛋白)	培菌末期牛奶中的蛋白質在水中只產生少量泡沫
	
培菌初期，造成蝦子死亡率達 40%	培菌末期，導入泥鰱進行廚餘分解
	
堆肥區內的朱文錦成長碩大	堆肥區內的朱文錦體型為同類 2.5 倍大







連白化種的琵琶鼠都可以生存良好配對繁殖

並非在水族箱中繁殖，而是在廚餘分解缸中直接孵化誕生

- 1.果皮產生的酸性會使蘋果螺外殼溶解無法存活於生廚餘分解缸內:在小型水族箱內蘋果螺所有食材皆能分解，但長期處於 pH 過低的水質中，蘋果螺外殼會逐漸溶解，以致無法存活。
- 2.柑橘類果皮會導致玫瑰蝦死亡:實驗發現玫瑰蝦無法分解橘子與柳丁皮，甚至出現大量死亡情形，可能是因為橘子皮內含有精油與硫化物，造成敏感的蝦類死亡。若生廚餘投放量過大時，水質變化較為劇烈，也會出現大量死亡的現象。
- 3.琵琶鼠耐受性良好，分解食材能力極佳，可減少外來種危害:在學校周圍二龍河常有釣客將釣到的琵琶鼠任意丟棄在馬路上，形成惡臭與影響衛生，本實驗發現琵琶鼠相當適合生存於生廚餘分解缸的環境中，透過吸盤造型的口器，可將生廚餘分解後的黏液吸收乾淨。減少馬達受損機率，且大幅增強分解缸運作效能。本實驗發現外來種琵琶鼠的新貢獻，希望能轉換成用途，減少生命損傷。
- 4.珍稀琵琶鼠(紅眼珍珠鬍子)在廚餘分解缸順利繁殖:紅眼珍珠鬍子琵琶鼠竟能在本實驗分解缸中配對繁殖，且產卵孵化成幼魚，可見分解缸分解食材能力強大，水質穩定。
- 5.泥鰱分解底泥中的食材殘渣效果極佳:實驗發現食材雖然被拆解成細微碎屑微粒後，仍保有許多養分，例如蛋黃溶於水後，在水體中會殘留許多蛋白質，若未及時被水中生物攝食，則容易引起水體發臭。但泥鰱不但可以在底泥中活動，且分解吸收完全。
- 6.琵琶鼠與泥鰱為水中分解生廚餘最佳組合:兩種生物相互搭配，且不畏寒流低溫皆能生存，是生廚餘活菌分解缸中的最佳搭配。
- 7.生廚餘活菌分解缸最佳生物組合

生廚餘活菌分解缸最佳生物組合				
生物種類	功能	優點	缺點	水中位置
朱文錦	破壞食材結構纖維	美觀	<u>需要高溶氧量</u>	水中各位置
琵琶鼠	◎吸收食物分解 產生黏液 ◎清除水族箱玻璃面的藻類	耐寒流低溫	不美觀	水中各位置
泥鰱	<u>將底泥中食物殘渣清除完整</u>	耐寒流低溫	容易鑽入水管中	水底
硝化菌	將水中氨→亞硝酸→硝酸鹽	最終分解	<u>好氧菌需要高溶氧量</u>	水中與底床 (看不見)

(三) 在不同溶氧量下的分解情形

水中堆肥 溶氧情形	<u>低溶氧</u> DO 值=2ppm	<u>中溶氧</u> DO 值=5ppm	<u>高溶氧</u> DO 值=8 ppm	<u>超高溶氧</u> DO 值=10 ppm + K1 循環流沙床
相片				
pH	5.5	6.0	6.2	6.5
TDS	828	625	420	325
NH ₄ /NH ₃ (ppm)	0.58	0.36	0.32	0.25
NO ₂ 濃度 (ppm)	0.15	0.22	0.30	0.32
NO ₃ 濃度 (ppm)	50	120	180	320

【結果討論】

1. 生廚餘在低溶氧環境下 pH 值不斷下降且容易發臭: 在低溶氧堆肥食材容易發臭，且 DO 值與 pH 值不斷下降。嚴重時甚至造成分解生物死亡。

- 2.生廚餘發酵過程中需要大量氧氣: 微生物菌絕大多是需要氧氣，當微生物發酵強烈時，會消耗大量的溶氧，DO 值也會變低，而水中含氧量過低導致厭氧菌滋生，最終發酵失敗。所以適當的增加水中含氧量，有助於加快發酵速度。
- 3.生廚餘在高溶氧環境下分解相當好:實驗發現投入食材在高溶氧的水中分解過程中，pH 值較偏中性，水中雜質較少(TDS 低)，而 NH_4/NH_3 最低， NO_2 與 NO_3 濃度最高，代表分解速度最快。
4. K1 活菌環搭配「氣動循環流沙床」分解效果最好:透過本實驗特別設計的「K1 活菌環氣動循環流沙床」有兩大優點，除了可以擾動阻止底部打上來的氣泡快速上升，延長氣泡在水中溶解的時間，使溶氧量大增之外。還可以大量在 K1 活菌環上培養好氧菌，加速生廚餘的分解。

(四)「活菌液肥熟成檢測」，精準便利實用性高

1.將純化大灰苔可作為「活菌液肥熟成檢測」試紙

實驗發現將生廚餘大量投入後約 2 周，產出的活菌液肥可噴灑於純化大灰苔上，若出現發霉情形代表活菌液肥尚未熟成。若熟成液肥則可使苔蘚成長迅速。

活菌液肥熟成檢測



說明:校園採集苔蘚



說明:苔蘚後續純化栽培



說明: 大批量產的純化苔蘚



說明: 尚未成熟液肥使真苔發霉

三、研究如何利用「生廚餘活菌液肥」水耕蔬菜

(一)不同蔬菜成長情形

種類		A 菜 (尖葉萵苣)	大陸妹 (福山萵苣)	綠寶石 蘿蔓萵苣	頂紅 蘿蔓萵苣	紅橡木葉 萵苣
相片						
第 1 週成長	植物成長	2.5cm	2.5cm	2.6cm	2.5cm	2.8cm
	根系成長	2.5cm	2.7cm	2.5cm	2.6cm	2.5cm
第 2 週成長	植物成長	5.5cm	5.8cm	5.6cm	4.8cm	5.0cm
	根系成長	5.1cm	5.3cm	5.2cm	5.1cm	4.8cm
第 3 週成長	植物成長	11.4cm	12.8cm	6.4cm	11.7cm	11.2cm
	根系成長	12.5cm	12.8cm	13.2cm	11.1cm	12.6cm
第 4 週成長	植物成長	18.8cm	20.5cm	27.3cm	26.2cm	26.6cm
	根系成長	19.5cm	21.8cm	28.2cm	28.1cm	22.6cm

【實驗相片】

動力循環水耕育苗



蔬菜在動力循環下，靠著「生廚餘活菌分解養液」的養分成長良好，並透過玻璃缸觀察根系生長



蔬菜在動力循環下，靠著「生廚餘活菌分解養液」的養分成長良好，並透過玻璃缸觀察根系生長



蘿蔓生菜葉片巨大



採用化學液肥的種植，若停止動力循環下，水質會變臭，PH 值下降，葉片變黃，根系腐爛

【結果討論】

1. 「生廚餘活菌分解養液」能成功水耕種植蔬菜:本實驗利用「生廚餘活菌分解養液」透過打氣機供氧方式，成功種植各種蔬菜，成長良好，根系發達。
2. 全部採用「生廚餘活菌分解養液」提供水耕蔬菜養分，並非最佳種植條件:本實驗發現「直接」將「生廚餘活菌分解系統缸」中的水當成水耕蔬菜的養液，種植出來的蔬菜口感較為苦澀，且蔬菜邊緣會出現枯黃現象，並非最佳種植方式，因此需要找出最佳稀釋比例。

四、比較「生廚餘活菌液肥」無動力種植與市售水耕機水耕種植之差異

(一)比較不同水耕種植方式蔬菜成長情形與硝酸鹽含量

種類		A 菜 (尖葉萵苣)	大陸妹 (福山萵苣)	綠寶石 蘿蔓萵苣	頂紅 蘿蔓萵苣	紅橡木葉 萵苣
相片						
化學液肥 + 市售水耕機 水耕種植	植物 成長	25cm /30天 0.86cm/天	27cm /30天 0.90cm/天	24cm /21天 1.14cm/天	30cm /25天 1.20cm/天	28cm /25天 1.12cm/天
	硝酸鹽 含量	5250 ppm	5050 ppm	5550 ppm	4550 ppm	4100 ppm
100%生廚餘 活菌液肥 + 市售水耕機 水耕種植	植物 成長	20cm /30天 0.66cm/天	22cm /30天 0.73cm/天	20cm /21天 0.95cm/天	25cm /25天 1.0cm/天	22cm /25天 0.88cm/天
	硝酸鹽 含量	3750 ppm	3750 ppm	3850 ppm	3650 ppm	3550 ppm
50%生廚餘 活菌液肥 + 市售水耕機 水耕種植	植物 成長	22cm /30天 0.73cm/天	24cm /30天 0.80cm/天	21cm /21天 1.00cm/天	26cm /25天 1.04cm/天	24cm /25天 0.96cm/天
	硝酸鹽 含量	3050 ppm	3250 ppm	2650 ppm	3050 ppm	2750 ppm
25%生廚餘 活菌液肥 + 市售水耕機 水耕種植	植物 成長	28cm /30天 0.93cm/天	31cm /30天 1.03cm/天	22cm /21天 1.05cm/天	29cm /25天 1.16cm/天	28cm /25天 1.12cm/天
	硝酸鹽 含量	2750 ppm	2750 ppm	2850 ppm	2750 ppm	2750 ppm
10%生廚餘 活菌液肥 + 市售水耕機 水耕種植	植物 成長	22cm /30天 0.73cm/天	23cm /30天 0.76cm/天	20cm /21天 0.95cm/天	27cm /25天 1.08cm/天	25cm /25天 1.00cm/天
	硝酸鹽 含量	2750 ppm	2750 ppm	2750 ppm	2850 ppm	2800 ppm
25%生廚餘 活菌液肥 + 無動力種植 水耕種植	植物 成長	24cm /30天 0.80cm/天	26cm /30天 0.86cm/天	21cm /21天 1.00cm/天	26cm /25天 1.04cm/天	26cm /25天 1.04cm/天
	硝酸鹽 含量	2750 ppm	2750 ppm	3050 ppm	2950 ppm	2850 ppm

【實驗相片】

水耕機種植蔬菜成長情形



25%生廚餘活菌液肥 成長效果較佳



化學液肥葉片 成長較慢



25%生廚餘活菌液肥 成長效果較佳



化學液肥 葉片成長較慢



養分過剩形成葉面枯黃 (100%生廚餘活菌液肥)



養分過剩形成葉面枯黃 (100%生廚餘活菌液肥)



紅色莖葉顏色鮮豔
(25%生廚餘活菌液肥)



紅色莖葉成長顏色偏綠
(化學液肥)

無動力活菌水耕瓶種植蔬菜成長情形



無遮光易生藻類



遮光不足蔬菜根系長滿藻類



純水種植，養分不足葉片成長不良



純水種植，養分不足葉片成長不良



無動力水耕瓶(100%生廚餘活菌液肥)



無動力水耕瓶(100%生廚餘活菌液肥)



無動力水耕瓶蔬菜成長良好
(25%生廚餘活菌液肥)



無動力水耕瓶蔬菜成長良好
(25%生廚餘活菌液肥)

	
<p>綠寶石蘿蔓莖成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)</p>	<p>綠寶石蘿蔓莖成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)</p>
	
<p>福山莖莖成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)</p>	<p>福山莖莖根系發達 (25%生廚餘活菌液肥)</p>
	
<p>紅橡木葉莖莖成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)</p>	<p>頂紅蘿蔓莖莖成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)</p>

【結果討論】

1. 利用「生廚餘活菌分解養液」種植出的蔬菜硝酸鹽含量較低: 從研究結果看出, 各種水耕蔬菜利用「生廚餘活菌分解養液」種植出的蔬菜硝酸鹽含量皆低於利用化學液肥所種植的, 可見採用「生廚餘活菌分解養液」不容易有過度施肥的問題。

2. 採用 25%的「生廚餘活菌分解養液」水耕蔬菜成效最好:從實驗三的研究結果可知，100%採用「生廚餘活菌分解養液」種植成效並不好，蔬菜葉緣容易枯黃，且蔬菜口感較為苦澀。本實驗中找出最佳比例為採用25%的「生廚餘活菌分解養液」作為水耕蔬菜的養分，成長效果優於化學液肥，且蔬菜口感更為清脆甜美。
3. 「無動力水耕瓶」最符合經濟效益:從本實驗研究結果可看出，採用 25%的「生廚餘活菌分解養液」的「無動力水耕瓶」雖然種植成效並非最佳，但由於省去插電循環動力，且方便一般民眾種植，值得大力推廣。
4. 「生廚餘活菌分解養液」富含活菌可採免用電力循環，比化學液肥更為合適:實驗過程中我們發現，化學液肥若沒有馬達循環，經過2天就會發臭，使蔬菜根系腐爛。但「生廚餘活菌分解養液」因含有活菌，即使沒有馬達循環養液，仍舊穩定不發臭。因此「無動力水耕瓶」必須搭配「生廚餘活菌分解養液」才能成功水耕蔬菜。
5. 「無動力活菌水耕瓶」與其他種植比較:

	化學液肥 + 市售水耕機	25%生廚餘 活菌液肥 + 市售水耕機水耕種植	25%生廚餘 活菌液肥 + 無動力種植水耕種植
莖生長情形	良好	最佳 	良好
硝酸鹽含量	高	低 	低 
食用安全性	超標	安全 	安全 
電力使用	需要	需要	無 
便利性	需採購機器	需採購機器	最佳 
花費成本	水耕機 <u>化學液肥</u>	水耕機 <u>液肥零成本</u>	回收容器、 <u>免插電</u>  <u>液肥零成本</u>

陸、結論與後續研究

在一年的實驗中，我們順利探討出如何將蔬果廚餘透過「生廚餘活菌分解系統缸」有效轉換成「活菌液肥」的各種方式與參數，比較出「生廚餘活菌液肥」與化學液肥在水耕蔬菜種植上之差異。更發現「生廚餘活菌液肥」可以採用「無動力水耕瓶」的方式種植，可以節省電費且具有便利性。最後針對產出的蔬菜進行硝酸鹽檢驗，以利消費者安心食用。

這段期間的實驗，我們相信利用「生廚餘活菌分解養液」水培蔬菜是一種非常環保且健康方式，因為具有完熟期短、容易監測控制與避免過度堆肥的優勢。或許這些實驗還不夠完備，針對未來的後續研究，我們列出了以下項目：

一、發展瓜果類農作物所需的「活菌養液」

本研究中僅針對萵苣類蔬菜進行水培栽植，但葉菜類所需養分較為單純，未來希望能針對各種瓜果類農作物所需的微量元素進行堆肥資材的分析，能更精準掌握「活菌養液」中的各種養分。

二、利用「生廚餘活菌液肥」進行各種植物的水培栽植研究

在實驗過程中，我們隨手將「生廚餘活菌液肥」加入不同植物的水耕栽培中，發現有非常好的效果，例如仙人掌與多肉植物這些需要少加水的植物，竟然都可以水培成功。以下是我們近期的新發現：

觀葉植物水耕育苗(添加活菌液肥)



活菌液肥無土種植仙人掌



活菌液肥無土種植仙人掌開花



生態魚缸也能種菜



生態魚缸也能種菜



柒、參考資料：

- 一、堆肥變沃土蘋果屋出版社綠精靈工作室 2010 年 07 月初版二刷
- 二、主婦聯盟---硝酸鹽檢測 <http://www.hucc-coop.tw>
- 三、有機農業全球資訊網 <http://info.organic.org.tw>
- 四、科展作品「隱形殺手---蔬菜硝酸鹽檢測」 <http://www.ntsec.gov.tw>
- 五、綠房子有機農場 <http://works.firstwalker.com.tw/homegreen/check.htm>
- 六、喻勇。微生物的世界。高雄市：三豐出版社。1992。
- 七、王月雲、陳是瑩、童武夫。植物學、生理學實驗。臺北市：藝軒圖書文具有限公司。P.130-131。1993。
- 八、潘愷、陳明毅。普通化學實驗。臺北市：眾光文化有限公司。P.107-116。1997。
- 九、秀朗國小編輯群。新光合作用。台北縣：秀朗國小。1998。
- 十、吳三和、劉力學。廚餘利用與有機栽培。臺北市：德國宏博學術交流基金會、台灣宏博聯誼會。P.30-48，2001。

【評語】 032903

本研究建置一個生廚餘活菌分解系統缸，研究中組合活菌、水中生物以及過濾系統，並使用分解的生廚餘，作為植栽的肥料。研究構想標定環保，也有應用意義，研究中也將大灰苔作為廚餘分解液是否熟成的檢驗對象，相當有趣。但本研究中所使用的廚餘與一般廚房所產生的廚餘有相當大的差距，未來應可進一步研究其它種類的廚餘。此外，這個分解廚餘的生態系要如何永續的維持也還需要許多參數的提供，比方說一次可以分解多少的廚餘（包括何種廚餘），要多長的時間才可再放置下一批廚餘等等都可作為研究的方向。整體而言，此作品的主題清晰並聚焦，具有創新性和實用價值，科學方法適當，展示及表達能力優秀。有以下議題可作思考。

1. 為何同時倒入厭氧型與好氧型消化菌？若分別放入適當的區域，是否較好？
2. 建議可以描述水質檢測試劑的工作原理。
3. 設計使用「自製排氣分歧管配置不同分解區的溶氧量」，是否有量測各區域的溶氧量，是否有符合預期的控制？

4. 比較植物成長結果時，建議多量一些葉子，並以箱型圖報導最大、最小、平均、中位數、上下四分位數、分佈圖等，能更有意義的比較不同條件下植物生長的結果。

作品簡報



生廚餘活菌分解

養液水培蔬菜之探討

壹、研究動機

曾經在上課時，老師說以前的農夫經常使用廚餘和排泄物等天然肥料來耕種，雖然天然肥料會發出臭味，但對土地是無害的，反之，現代使用的化學肥料雖說沒有了臭味但卻會讓土壤酸化，導致品質、產量降低。近年來許多家庭主婦喜歡在家中種植水耕蔬菜，其養分來源多半為市售營養液，屬於化學配方，成分未知，我們決定製作一組小型水中堆肥系統，讓家中的廚餘透過水中堆肥系統，快速完熟，提供水耕蔬菜液肥來源。更希望能將堆肥系統與種植系統合而為一。

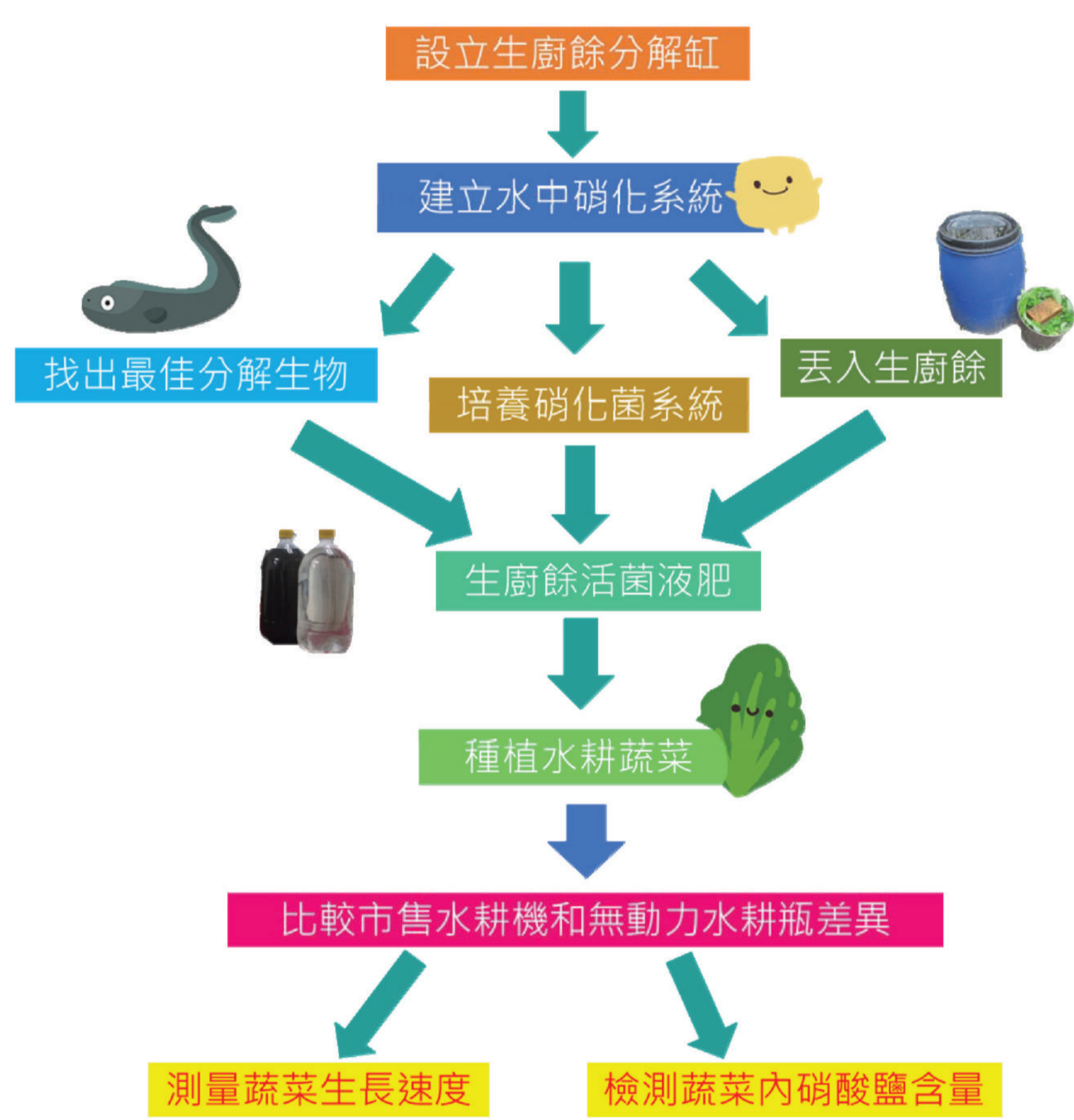
貳、研究問題

- 一、研究設計「生廚餘活菌分解缸」。
- 二、研究「生廚餘活菌分解缸」活菌系統建立歷程與廚餘分解生物。
- 三、研究如何利用「生廚餘活菌液肥」水耕蔬菜。
- 四、比較「生廚餘活菌液肥」無動力種植與市售水耕機水耕種植之差異。

參、研究設備及器材

D0溶氧計、光度計、NH₃測試劑、NO₂測試劑、NO₃⁻測試劑、整理箱、塑膠水管、電鑽、沉水馬達、各式菜苗、K1培菌環、玻璃水族箱。

肆、研究方法



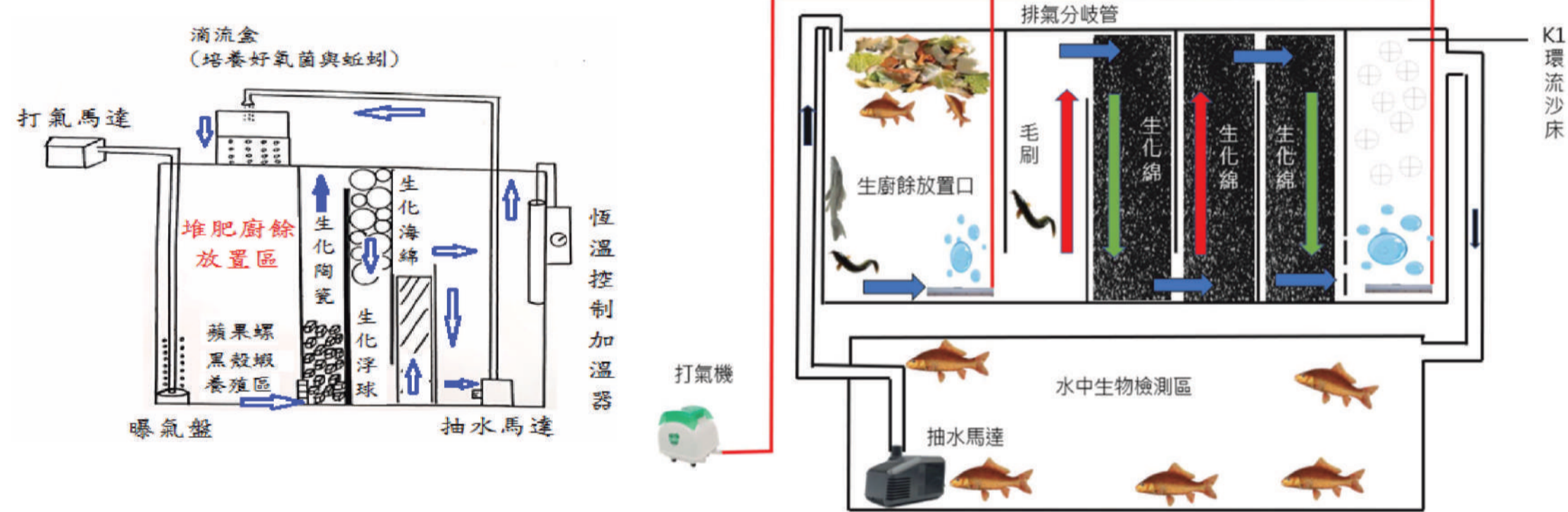
一、研究利用回收保麗龍製作雨林生態缸的方法

(一) 繪製設計圖

1. 依據過去生廚餘分解經驗，常會有分解殘渣阻塞抽水馬達的現象，因此設計多個過濾槽，參考汙水處理與化糞池水流走向，繪製以下設計圖。

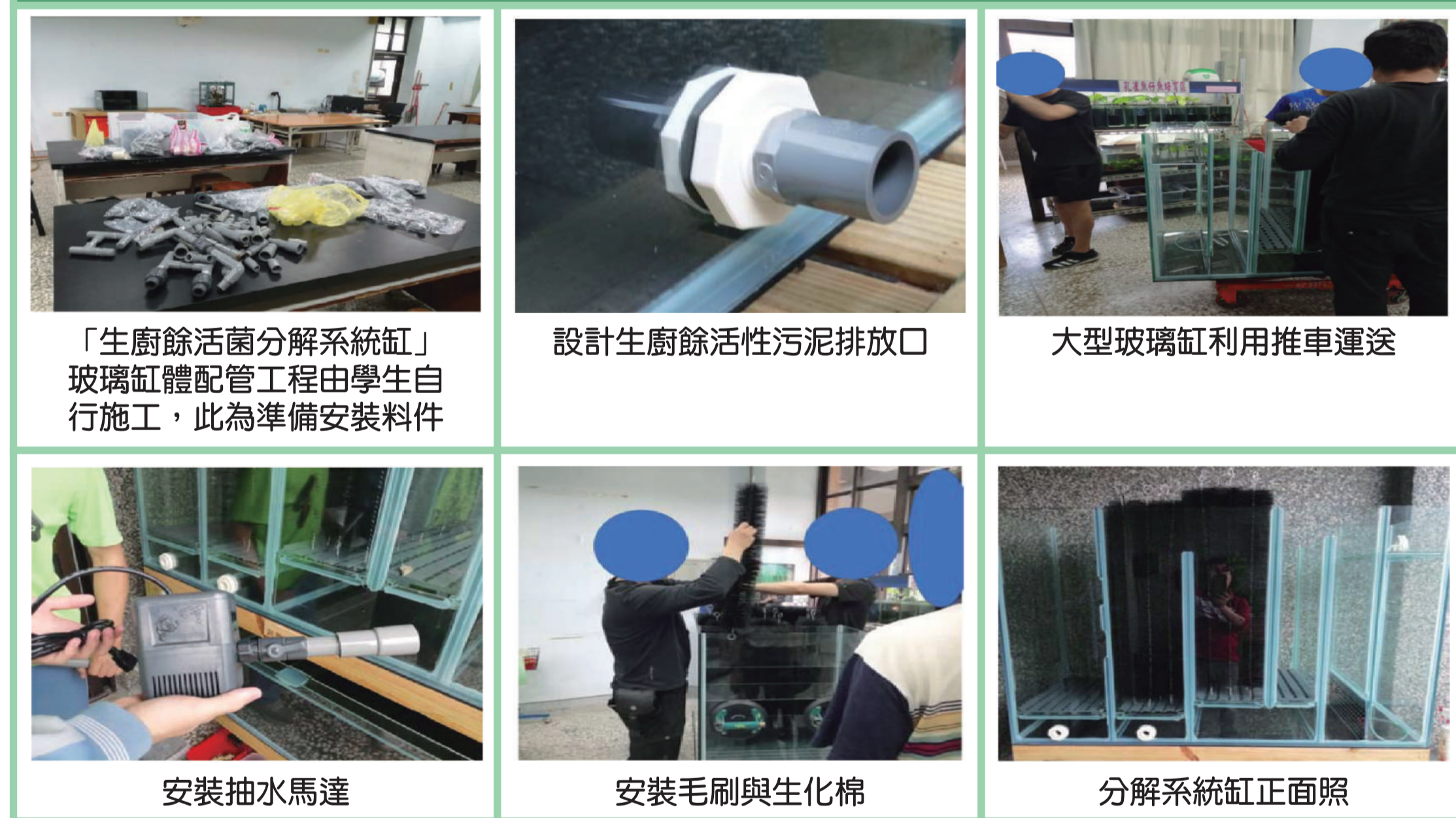
(1) 第一代設計圖

(2) 第二代設計圖(結合生物檢測區)



(二) 缸體架設

「生廚餘活菌分解系統缸」建置過程



二、研究「生廚餘活菌分解系統缸」培菌歷程

(一) 培養活菌

1. 在1000公升的「生廚餘活菌分解系統缸」內，倒入市售3種水硝化菌(厭氧型、好氧型與光合菌)。在過濾分解槽內放入生化棉與過濾毛刷，作為硝化菌附著底床與儲存未來堆肥養份之用。
2. 設置良好過濾系統，以50W抽水馬達進行循環過濾。
3. 系統運作一周後，放入體長約8公分的琵琶鼠10隻，每天固定投入20公克的鴨飼料餵養。
4. 利用NH₄/NH₃總氮量測試劑、NO₂亞硝酸鹽測試劑、NO₃硝酸鹽測試劑測量相關數據，並觀察水色與魚類適應情形，藉以推測硝化系統建立情形。

檢測培養活菌歷程



(二) 分解生物測試

1. 第24週活菌培養完成之後，放入生廚餘進行分解。第30週後，將分解缸中的水放入10公升水族箱內，將不同水中生物(蘋果螺、玫瑰蝦、琵琶鼠、泥鰱、朱文錦)放入水族箱內，進行生物耐受實驗。
2. 上述水中生物通過堆肥養液耐受實驗測試後，投入不同種類生廚餘觀察其分解食材效果。並測量水中NH₄/NH₃、TDS(溶解性固體總量)、PH值。

水中生物分解堆肥資材情形



(三) 在不同溶氧量下的分解情形

利用打氣馬達在「生廚餘活菌分解缸」打入空氣，連接可變電阻調整打氣量大小與加入K1活菌培養環形成流沙床，利用D0溶氧量測試劑，觀察在不同溶氧量情形下，分解生廚餘的速度，並於2周後測量水中NH₄/NH₃、NO₂、NO₃⁻、TDS(溶解性固體總量)、PH值。

(四) 生廚餘活菌分解養液熟成判斷

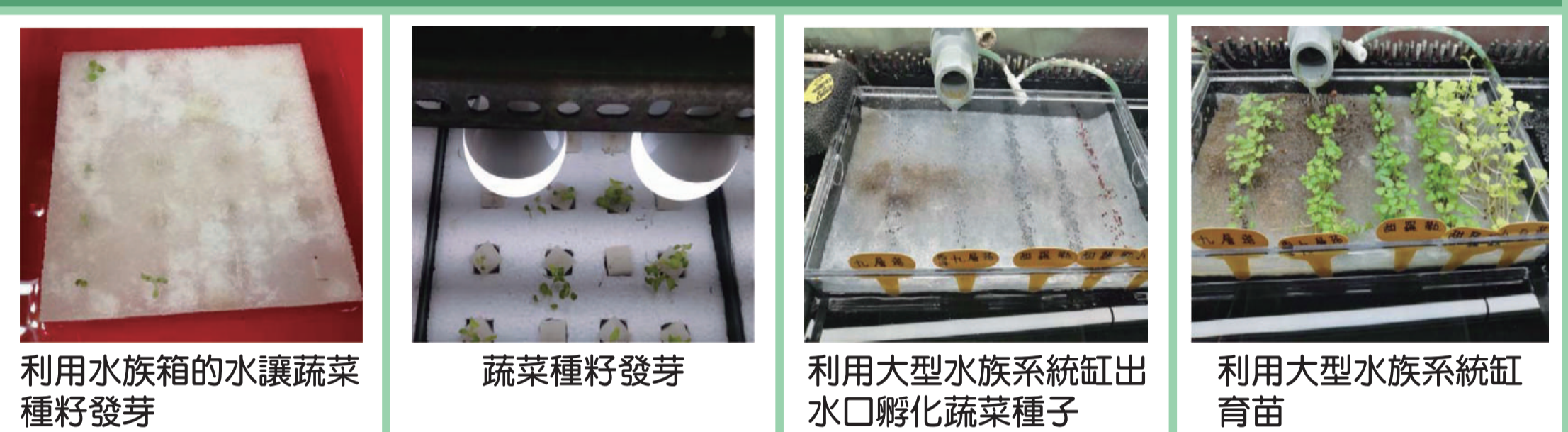
在校園內採集苔蘚(大灰苔)，去除土壤雜質後放在生化棉上水耕純化繁殖，穩定成長後，取得純化後大灰苔後。將分解缸養液噴灑於苔蘚上觀察是否發霉，作為「活菌液肥熟成檢測」，藉此判斷養液是否熟成。

三、研究如何利用「生廚餘活菌液肥」水耕蔬菜

(一) 蔬菜種子育苗

將各式蔬菜種子鋪在白棉上，利用水族系統缸水流動，使蔬菜種子發芽。

系統缸水耕育苗



(二) 動力循環水耕種植

將發芽蔬菜苗至於種植杯內，將「生廚餘活菌分解養液」放入有「打氣循環玻璃缸」進行動力循環，上方放塑膠瓦楞板，並在塑膠瓦楞板上挖洞，放入種植杯，在室內植物燈照射下觀察蔬菜成長情形。

動力循環水耕育苗



四、比較「生廚餘活菌液肥」無動力種植與市售水耕機水耕種植之差異

(一) 利用市售液肥於市售水耕機種植

自行孵化水耕蔬菜種籽，利用市售化學液肥加入市售水耕機中進行水耕栽培，觀察蔬菜成長情形。

(二) 利用「生廚餘活菌液肥」於市售水耕機種植

自行孵化水耕蔬菜種籽，利用「生廚餘活菌液肥」加入市售水耕機中進行水耕栽培，觀察蔬菜成長情形。

市售水耕機分別加入市售液肥與「生廚餘活菌液肥」觀察蔬菜成長情形



(三) 利用「生廚餘活菌液肥」於無動力水耕瓶種植

在塑膠瓦楞板上挖洞，放入蔬菜種植杯，將「生廚餘活菌分解養液」放入玻璃罐內，製作成「無動力水耕瓶」，玻璃罐外面包上鋁箔紙防止水中藻類滋生，分別利用在室內植物燈與室外日光照射，並觀察蔬菜在無動力循環下成長情形

市售水耕機分別加入市售液肥與「生廚餘活菌液肥」觀察蔬菜成長情形



伍、研究結果與討論

一、研究設計「生廚餘活菌分解缸」



結果討論

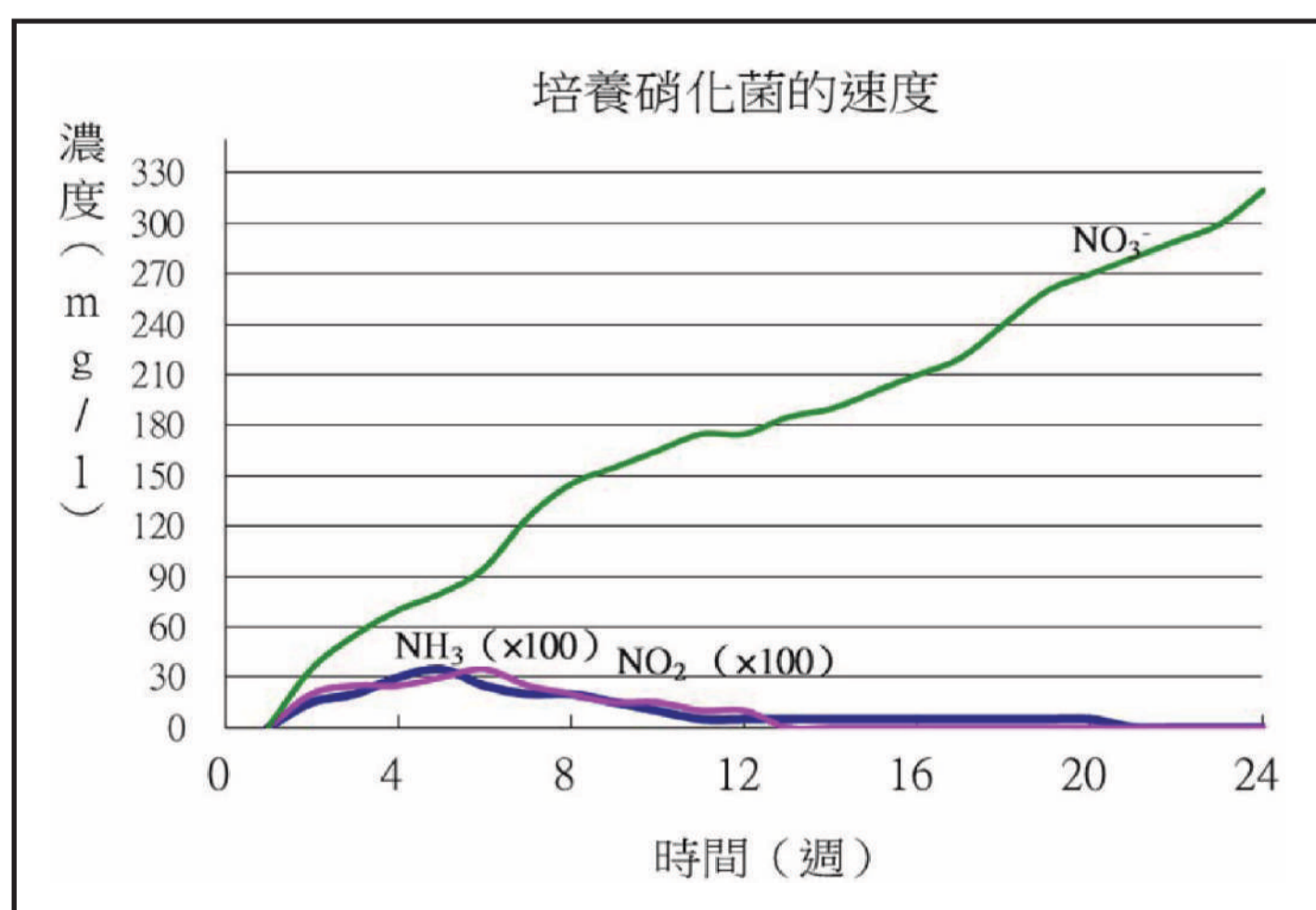
1. 活菌分解槽內同時培養厭氧菌與好氧菌：設計中放入柵欄式的底板，使生廚餘殘渣沉澱於缸底，形成活性污泥，此處溶氧量較低，可培養厭氧菌。水流順著事先設計的通道，在最後一道流入「K1活菌流沙床」將水中養分進行好氧菌的分解。全方位的設計能讓各種分解活菌生存良好。
2. 「自製排氣分歧管」配置不同分解區的溶氧量：本設計將大型打氣馬達利用「排氣分歧管」將供氣分送至不同分解槽中，以利調整最佳分解狀態。
3. 設置不同排汗孔分階段收集活性污泥：本設計在每個分解槽下方都設置「排汗孔」可分階段收集不同時期的生廚餘殘渣，以利研究分解效果與檢驗活性污泥熟成情形。

二、研究「生廚餘活菌分解缸」活菌系統建立歷程與廚餘分解生物

(一) 硝化菌培養歷程記錄

	NH ₄ /NH ₃ (ppm)	NO ₂ 濃度 (ppm)	NO ₃ 濃度 (ppm)	PH 值	系統描述	水中生物耐受程度	水色觀察
開始實驗	0.00	0	0	8.3			清澈
第1週	0.00	0	0	8.3			清澈
第2週	15.00	20.00	35	8.2			有些模糊
第3週	20.00	25.00	55	7.9	PH 值開始下降	琵琶鼠死亡 2 隻	比第 2 週模糊
第4週	30.00	25.00	70	7.8			比第 3 週模糊
第5週	35.00	30.00	80	7.8		琵琶鼠死亡 2 隻	比第 4 週模糊
第6週	25.00	35.00	95	7.6	NH ₃ 開始下降	琵琶鼠死亡 1 隻	最模糊
第7週	20.00	25.00	125	7.6			最模糊
第8週	20.00	20.00	145	7.5			最模糊
第9週	15.00	20.00	155	7.4	NO ₂ 開始下降		最模糊
第10週	10.00	15.00	165	7.4			最模糊
第11週	5.00	10.00	175	7.4			最模糊
第12週	5.00	10.00	175	7.3			最模糊
第13週	5.00	5.00	185	7.3			最模糊
第14週	5.00	5.00	190	7.3			最模糊
第15週	5.00	5.00	200	7.3			有些模糊
第16週	5.00	5.00	210	7.3			開始轉為清澈
第17週	5.00	5.00	220	7.3			更為清澈
第18週	5.00	5.00	240	7.2			比第 17 週清澈
第19週	5.00	5.00	260	7.1			比第 18 週清澈
第20週	5.00	5.00	270	7.1			清澈
第21週	0.00	5.00	280	6.9			清澈
第22週	0.00	0.00	290	6.9			清澈
第23週	0.00	0.00	300	6.9			很清澈
第24週	0.00	0.00	320	6.9			非常清澈

圖形分析



結果討論

1. 「生廚餘活菌分解缸」培養活菌期約2個月時間：從本實驗數據看出硝化菌 (Nitrobater) 需要5~6週的時間可培養完成，亞硝酸菌 (Nitrosomonas) 則必須7~8週後才能培養完成。而累積到水耕植物能夠成長的養分 (NO₃ 濃度約 150mg/l)，則必須約9週的時間。
2. 「生廚餘活菌分解缸」運作半年後趨於穩定：系統PH值約5個月後才逐漸穩定；但系統初期PH值相當高，但隨系統中魚類排泄物與飼料殘餌逐漸分解後，而開始出現下降情形，系統運作半年後PH值則穩定維持於7.1。

(二) 研究「水中堆肥」堆肥資材在不同生物分解下情形

生物種類	蘋果螺	玫瑰蝦	琵琶鼠	泥鰱	朱文錦
相片					
耐受性	PH過低，外殼會溶解	水質變化過大會死亡	良好	最好	良好
蘋果果核 (10g)	分解100%	分解100%	分解100%	分解100%	分解70%
橘子皮 (10g)	分解20%		分解80%	分解70%	分解40%
紅蘿蔔 (10g)	分解70%	分解45%	分解90%	分解45%	分解60%
葉菜 (10g)	分解60%	分解55%	分解90%	分解90%	分解70%
白飯 (10g)	分解70%	分解35%	分解85%	分解75%	分解70%
鴨飼料 (10g)	分解90%	分解95%	分解100%	分解90%	分解90%
死魚 (10g)	分解100%	分解90%	分解100%	分解70%	分解65%
PH	6.2	5.2	6.2	6.2	6.2
TDS (ppm)	412	620	874	258	358
NH ₄ /NH ₃ (ppm)	0.15	0.18	0.28	0.13	0.40

實驗照片



結果討論

1. 果皮產生的酸性會使蘋果螺外殼溶解無法存活於生廚餘分解缸內：在小型水族箱內蘋果螺所有食材皆能分解，但長期處於PH過低的水質中，蘋果螺外殼會逐漸溶解，以致無法存活。
2. 柑橘類果皮會導致玫瑰蝦死亡：實驗發現玫瑰蝦無法分解橘子與柳丁皮，甚至出現大量死亡情形，可能是因為橘子皮內含有精油與硫化物，造成敏感的蝦類死亡。若生廚餘投放量過大時，水質變化較為劇烈，也會出現大量死亡的現象。
3. 琵琶鼠耐受性良好，分解食材能力極佳，可減少外來種危害：在學校周圍二龍河常有釣客將釣到的琵琶鼠任意丟棄在馬路上，形成惡臭與影響衛生，本實驗發現琵琶鼠相當適合生存於生廚餘分解缸的環境中，透過吸盤造型的口器，可將生廚餘分解後的黏液吸收乾淨。減少馬達受損機率，且大幅增強分解缸運作效能。本實驗發現外來種琵琶鼠的新貢獻，希望能轉換成用途，減少生命損傷。
4. 珍稀琵琶鼠 (紅眼珍珠鬚子) 在廚餘分解缸順利繁殖：紅眼珍珠鬚子琵琶鼠竟能在本實驗分解缸中配對繁殖，且產卵孵化成幼魚，可見分解缸分解食材能力強大，水質穩定。
5. 泥鰱分解底泥中的食材殘渣效果極佳：實驗發現食材雖然被拆解成細微碎屑微粒後，仍保有許多養分，例如蛋黃溶於水後，在水體中會殘留許多蛋白質，若未及時被水中生物攝食，則容易引起水體發臭。但泥鰱不但可以在底泥中活動，且分解吸收完全。
6. 琵琶鼠與泥鰱為水中分解生廚餘最佳組合：兩種生物相互搭配，且不畏寒流低溫皆能生存，是生廚餘活菌分解缸中的最佳搭配。
7. 生廚餘活菌分解缸最佳生物組合。

生廚餘活菌分解缸最佳生物組合				
生物種類	功能	優點	缺點	水中位置
朱文錦	破壞食材結構纖維	美觀	需要高溶氧量	水中各位置
琵琶鼠	◎吸收食物分解產生黏液 ◎清除水族箱玻璃面的藻類	耐寒流低溫	不美觀	水中各位置
泥鰱	將底泥中食物殘渣清除完整	耐寒流低溫	容易鑽入水管中	水中位置
硝化菌	將水中氨→亞硝酸→硝酸鹽	最終分解	好氧菌需要高溶氧量	水中與底床 (看不見)

(三) 在不同溶氧量下的分解情形

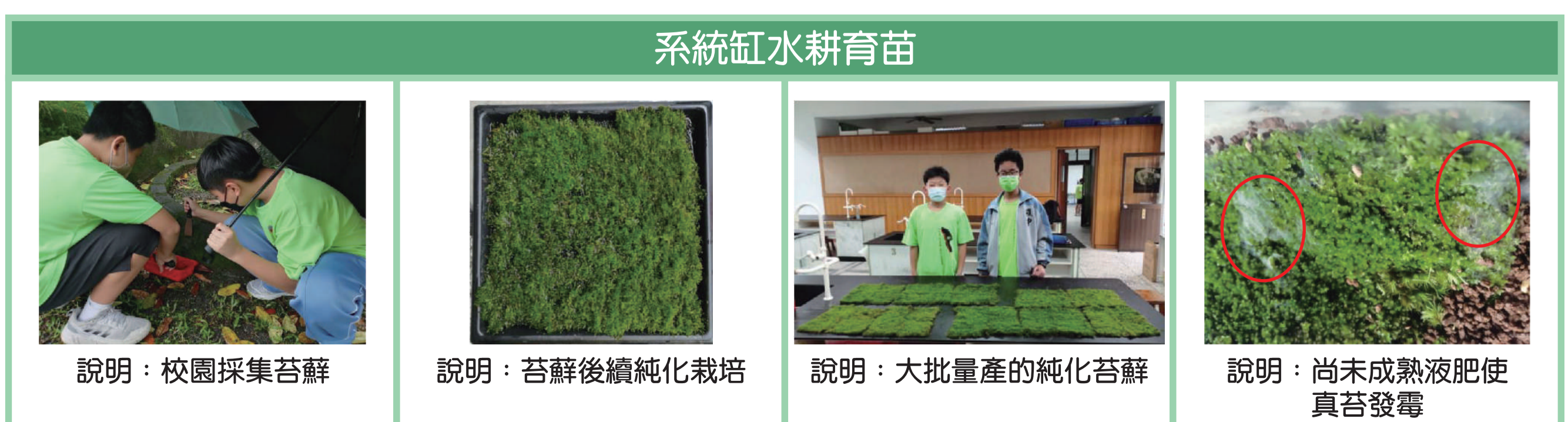
水中堆肥溶氧情形	低溶氧 DO值=2ppm	中溶氧 DO值=5ppm	高溶氧 DO值=8ppm	超高溶氧 DO值=10ppm + K1循環流沙床
相片				
PH	5.5	6.0	6.2	6.5
TDS	828	625	420	325
NH ₄ /NH ₃ (ppm)	0.58	0.36	0.32	0.25
NO ₂ 濃度 (ppm)	0.15	0.22	0.30	0.32
NO ₃ 濃度 (ppm)	50	120	180	320

結果討論

1. 生廚餘在低溶氧環境下PH值不斷下降且容易發臭：在低溶氧堆肥食材容易發臭，且DO值與PH值不斷下降。嚴重時甚至造成分解生物死亡。
2. 生廚餘發酵過程中需要大量氧氣：微生物絕大多數是需要氧氣，當微生物發酵強烈時，會消耗大量的溶氧，DO值也會變低，而水中含氧量過低導致厭氧菌滋生，最終發酵失敗。所以適當的增加水中含氧量，有助於加快發酵速度。
3. 生廚餘在高溶氧環境下分解相當好：實驗發現投入食材在高溶氧的水中分解過程中，PH值較偏中性，水中雜質較少 (TDS低)，而NH₄/NH₃最低，NO₂與NO₃濃度最高，代表分解速度最快。
4. K1活菌環搭配「氣動循環流沙床」分解效果最好：透過本實驗特別設計的「K1活菌環氣動循環流沙床」有兩大優點，除了可以擾動阻止底部打上的氣泡快速上升，延長氣泡在水中溶解的時間，使溶氧量大增之外。還可以大量在K1活菌環上培養好氧菌，加速生廚餘的分解。

(四) 「活菌液肥熟成檢測」，精準便利實用性高

1. 將純化大灰苔可作為「活菌液肥熟成檢測」試紙：實驗發現將生廚餘大量投入後約2周，產出的活菌液肥可噴灑於純化大灰苔上，若出現發霉情形代表活菌液肥尚未熟成。若熟成液肥則可使苔蘚成長迅速。



三、研究如何利用「生廚餘活菌液肥」水耕蔬菜

(一) 不同蔬菜成長情形

種類	A 菜 (尖葉高苣)	大陸妹 (福山高苣)	綠寶石 羅蔓高苣	頂紅 羅蔓高苣	紅橡木葉 高苣
相片					
第 1 週成長	植物成長 2.5cm 根系成長 2.5cm	植物成長 2.5cm 根系成長 2.7cm	植物成長 2.6cm 根系成長 2.5cm	植物成長 2.5cm 根系成長 2.6cm	植物成長 2.8cm 根系成長 2.5cm
第 2 週成長	植物成長 5.5cm 根系成長 5.1cm	植物成長 5.8cm 根系成長 5.3cm	植物成長 5.6cm 根系成長 5.2cm	植物成長 4.8cm 根系成長 5.1cm	植物成長 5.0cm 根系成長 4.8cm
第 3 週成長	植物成長 11.4cm 根系成長 12.5cm	植物成長 12.8cm 根系成長 12.8cm	植物成長 6.4cm 根系成長 13.2cm	植物成長 11.7cm 根系成長 11.1cm	植物成長 11.2cm 根系成長 12.6cm
第 4 週成長	植物成長 18.8cm 根系成長 19.5cm	植物成長 20.5cm 根系成長 21.8cm	植物成長 27.3cm 根系成長 28.2cm	植物成長 26.2cm 根系成長 28.1cm	植物成長 26.6cm 根系成長 22.6cm

實驗照片

動力循環水耕育苗



蔬菜在動力循環下，靠著「生廚餘活菌分解養液」的養分成長良好，並透過玻璃缸觀察根系生長



蔬菜在動力循環下，靠著「生廚餘活菌分解養液」的養分成長良好，並透過玻璃缸觀察根系生長



羅蔓生菜葉片巨大



採用化學液肥的種植，若停止動力循環下，水質會變臭，PH值下降，葉片變黃，根系腐爛

結果討論

- 「生廚餘活菌分解養液」能成功水耕種植蔬菜：本實驗利用「生廚餘活菌分解養液」透過打氣機供氧方式，成功種植各種蔬菜，成長良好，根系發達。
- 全部採用「生廚餘活菌分解養液」提供水耕蔬菜養分，並非最佳種植條件：本實驗發現「直接」將「生廚餘活菌分解系統缸」中的水當成水耕蔬菜的養液，種植出來的蔬菜口感較為苦澀，且蔬菜邊緣會出現枯黃現象，並非最佳種植方式，因此需要找出最佳稀釋比例。

四、比較「生廚餘活菌液肥」無動力種植與市售水耕機水耕種植之差異

(一) 比較不同水耕種植方式蔬菜成長情形與硝酸鹽含量

種類	A 菜 (尖葉高苣)	大陸妹 (福山高苣)	綠寶石 羅蔓高苣	頂紅 羅蔓高苣	紅橡木葉 高苣
相片					
化學液肥 + 市售水耕機水耕種植	植物成長 25cm/30天 0.86cm/天 硝酸鹽含量 5250ppm	植物成長 27cm/30天 0.90cm/天 硝酸鹽含量 5050ppm	植物成長 24cm/21天 1.14cm/天 硝酸鹽含量 5550ppm	植物成長 30cm/25天 1.20cm/天 硝酸鹽含量 4550ppm	植物成長 28cm/25天 1.12cm/天 硝酸鹽含量 4100ppm
100%生廚餘活菌液肥 + 市售水耕機水耕種植	植物成長 20cm/30天 0.66cm/天 硝酸鹽含量 3750ppm	植物成長 22cm/30天 0.73cm/天 硝酸鹽含量 3750ppm	植物成長 20cm/21天 0.95cm/天 硝酸鹽含量 3850ppm	植物成長 25cm/25天 1.0cm/天 硝酸鹽含量 3650ppm	植物成長 22cm/25天 0.88cm/天 硝酸鹽含量 3550ppm
50%生廚餘活菌液肥 + 市售水耕機水耕種植	植物成長 22cm/30天 0.73cm/天 硝酸鹽含量 3050ppm	植物成長 24cm/30天 0.80cm/天 硝酸鹽含量 3250ppm	植物成長 21cm/21天 1.00cm/天 硝酸鹽含量 2650ppm	植物成長 26cm/25天 1.04cm/天 硝酸鹽含量 3050ppm	植物成長 24cm/25天 0.96cm/天 硝酸鹽含量 2750ppm
25%生廚餘活菌液肥 + 市售水耕機水耕種植	植物成長 28cm/30天 0.93cm/天 硝酸鹽含量 2750ppm	植物成長 31cm/30天 1.03cm/天 硝酸鹽含量 2750ppm	植物成長 22cm/21天 1.05cm/天 硝酸鹽含量 2850ppm	植物成長 29cm/25天 1.16cm/天 硝酸鹽含量 2750ppm	植物成長 28cm/25天 1.12cm/天 硝酸鹽含量 2750ppm
10%生廚餘活菌液肥 + 市售水耕機水耕種植	植物成長 22cm/30天 0.73cm/天 硝酸鹽含量 2750ppm	植物成長 23cm/30天 0.76cm/天 硝酸鹽含量 2750ppm	植物成長 20cm/21天 0.95cm/天 硝酸鹽含量 2750ppm	植物成長 27cm/25天 1.08cm/天 硝酸鹽含量 2850ppm	植物成長 25cm/25天 1.00cm/天 硝酸鹽含量 2800ppm
25%生廚餘活菌液肥 + 無動力種植水耕種植	植物成長 24cm/30天 0.80cm/天 硝酸鹽含量 2750ppm	植物成長 26cm/30天 0.86cm/天 硝酸鹽含量 2750ppm	植物成長 21cm/21天 1.00cm/天 硝酸鹽含量 3050ppm	植物成長 26cm/25天 1.04cm/天 硝酸鹽含量 2950ppm	植物成長 26cm/25天 1.04cm/天 硝酸鹽含量 2850ppm

實驗照片

水耕機種植蔬菜成長情形



25%生廚餘活菌液肥，成長效果較佳



化學液肥葉片 成長較慢



25%生廚餘活菌液肥，成長效果較佳



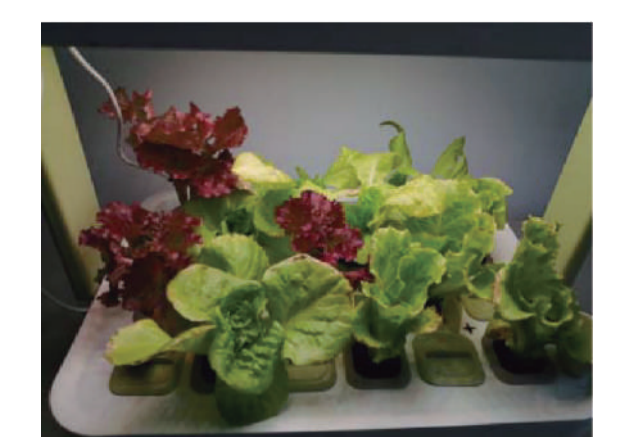
化學液肥 葉片成長較慢



養分過剩形成葉面枯黃 (100%生廚餘活菌液肥)



養分過剩形成葉面枯黃 (100%生廚餘活菌液肥)



紅色高苣顏色鮮豔 (25%生廚餘活菌液肥)

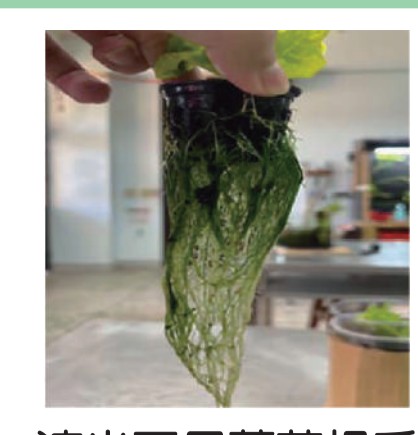


紅色高苣成長顏色偏綠 (化學液肥)

無動力活菌水耕瓶種植蔬菜成長情形



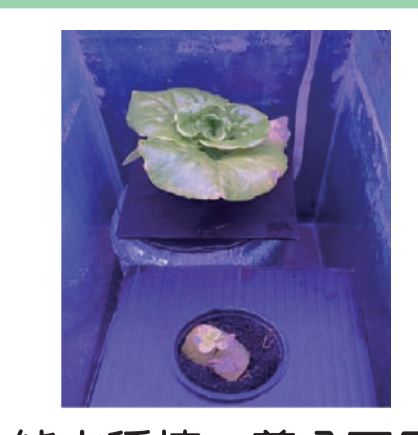
無遮光易生藻類



遮光不足蔬菜根系長滿藻類



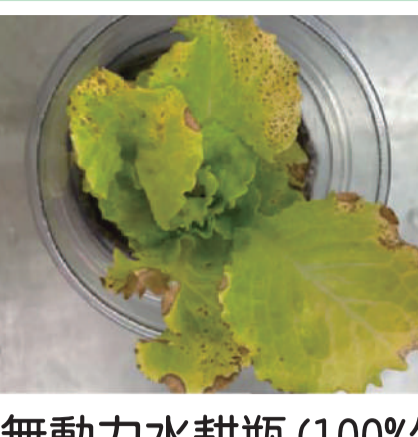
純水種植，養分不足葉片成長不良



純水種植，養分不足葉片成長不良



無動力水耕瓶 (100%生廚餘活菌液肥)



無動力水耕瓶 (100%生廚餘活菌液肥)



無動力水耕瓶蔬菜成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)



無動力水耕瓶蔬菜成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)



綠寶石羅蔓高苣成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)



綠寶石羅蔓高苣成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)



福山高苣成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)



福山高苣根系發達 (25%生廚餘活菌液肥)

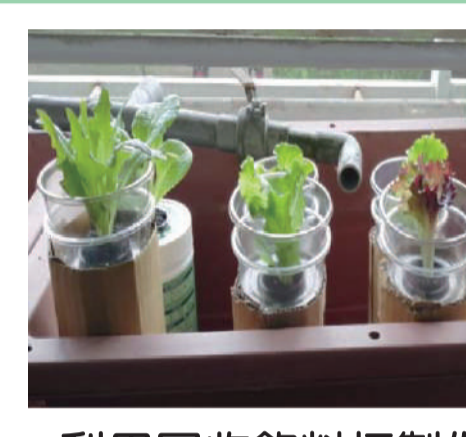


紅橡木葉高苣成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)



頂紅羅蔓高苣成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)

環保杯水耕瓶種植蔬菜成長情形



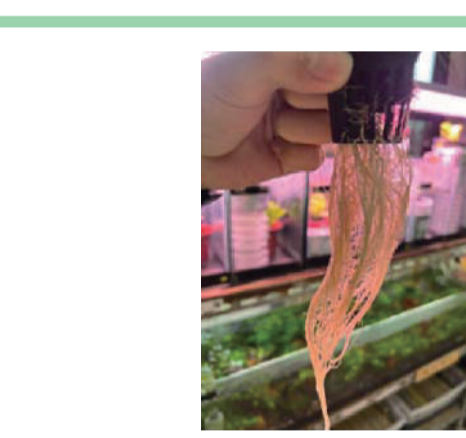
利用回收飲料杯製作無動力水耕瓶



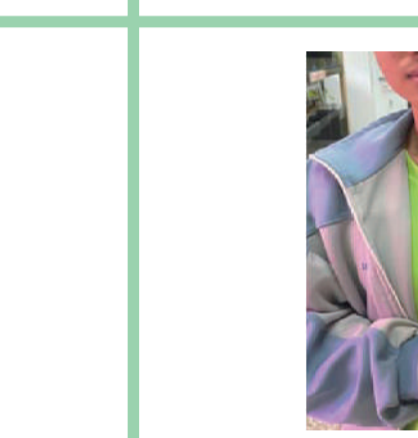
利用回收飲料杯製作無動力水耕瓶



自製水耕杯蔬菜根系成長情形 (25%生廚餘活菌液肥)



自製水耕杯蔬菜根系成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)



羅蔓高苣成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)



頂紅羅蔓高苣成長良好 (25%生廚餘活菌液肥)

結果討論

- 利用「生廚餘活菌分解養液」種植出的蔬菜硝酸鹽含量較低：從研究結果看出，各種水耕蔬菜利用「生廚餘活菌分解養液」種植出的蔬菜硝酸鹽含量皆低於利用化學液肥所種植的，可見採用「生廚餘活菌分解養液」不容易有過度施肥的問題。
- 採用25%的「生廚餘活菌分解養液」水耕蔬菜成效最好：從實驗三的研究結果可知，100%採用「生廚餘活菌分解養液」種植成效並不好，蔬菜葉緣容易枯黃，且蔬菜口感較為苦澀。本實驗中找出最佳比例為採用25%的「生廚餘活菌分解養液」作為水耕蔬菜的養分，成長效果優於化學液肥，且蔬菜口感更為清脆甜美。
- 「無動力水耕瓶」最符合經濟效益：從本實驗研究結果可看出，採用25%的「生廚餘活菌分解養液」的「無動力水耕瓶」雖然種植成效並非最佳，但由於省去插電循環動力，且方便一般民衆種植，值得大力推廣。
- 「生廚餘活菌分解養液」富含活菌可採用用電力循環，比化學液肥更為合適：實驗過程中我們發現，化學液肥若沒有馬達循環，經過2天就會發臭，使蔬菜根系腐爛。但「生廚餘活菌分解養液」因含有活菌，即使沒有馬達循環養液，仍舊穩定不發臭。因此「無動力水耕瓶」必須搭配「生廚餘活菌分解養液」才能成功水耕蔬菜。
- 「無動力活菌水耕瓶」與其他種植比較：

	化學液肥 + 市售水耕機	25%生廚餘活菌液肥 + 市售水耕機水耕種植	25%生廚餘活菌液肥 + 無動力種植水耕種植
高苣生長情形	良好	最佳 (勝)	良好
硝酸鹽含量	高	低 (勝)	低 (勝)
食用安全性	超標	安全 (勝)	安全 (勝)
電力使用	需要	需要	無 (勝)
便利性	需採購機器	需採購機器	最佳 (勝)
花費成本	水耕機 化學液肥	水耕機 液肥零成本	回收容器、免插電 液肥零成本 (勝)

陸、結論與後續研究

在一年的實驗中，我們順利探討出如何將蔬果廚餘透過「生廚餘活菌分解系統缸」有效轉換成「活菌液肥」的各種方式與參數，比較出「生廚餘活菌液肥」與化學液肥在水耕蔬菜種植上之差異。更發現「生廚餘活菌液肥」可以採用「無動力水耕瓶」的方式種植，可以節省電費且具有便利性。最後針對產出的蔬菜進行硝酸鹽檢驗，以利消費者安心食用。

這段期間的實驗，我們相信利用「生廚餘活菌分解養液」水培蔬菜是一種非常環保且健康方式，因為具有完熟期短、容易監測控制與避免過度堆肥的優勢。或許這些實驗還不夠完備，針對未來的後續研究，我們列出了以下項目：

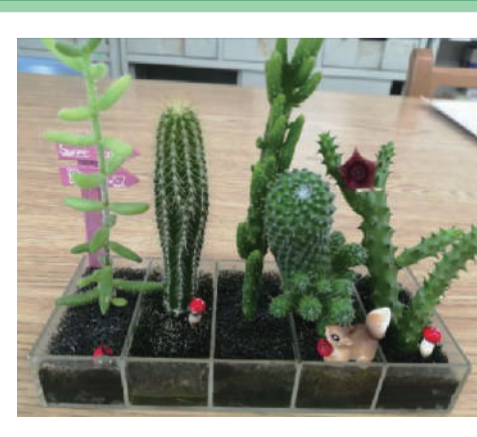
一、發展瓜果類農作物所需的「活菌養液」

本研究中僅針對高苣類蔬菜進行水培種植，但葉菜類所需養分較為單純，未來希望能針對各種瓜果類農作物所需的微量元素進行堆肥資材的分析，能更精準掌握「活菌養液」中的各種養分。

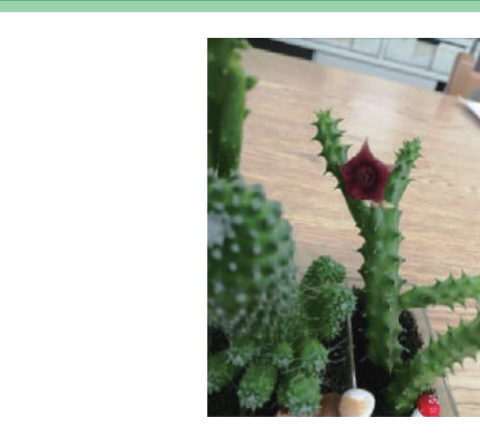
二、利用「生廚餘活菌液肥」進行各種植物的水培栽種研究

在實驗過程中，我們隨手將「生廚餘活菌液肥」加入不同植物的水耕栽培中，發現有非常好的效果，例如仙人掌與多肉植物這些需要少加水的植物，竟然都可以水培成功。以下是我們近期的新發現：

觀葉植物水耕育苗 (添加活菌液肥)



活菌液肥無土種植仙人掌



活菌液肥無土種植仙人掌開花



洞洞曼綠榕水耕成長良好



蔬菜與多肉植物同時種植



生態魚缸也能種菜



生態魚缸也能種菜