

第七屆 原住民華碩科教獎 作品說明書

科別：部落的環境生態與科學

組別：國小學生組

作品：當魚菜共生遇見巴拉告-阿美族生態捕魚法

關鍵詞：魚菜共生、巴拉告(Palakau)

當魚菜共生遇見巴拉告-阿美族生態捕魚法

摘要

透過改造魚菜共生系統養魚及種植菜苗的過程，學習研究科學的基本方法，了解自然萬物生態平衡的奧秘，研究方法以觀察、測量、記錄及文獻探討法進行。

本研究分成三個部分，第一部分，文獻探討及實地探查魚菜共生系統及阿美族生態捕魚法的「巴拉告」的生態運作方式。第二部分，製作我們研究設計的三組魚菜共生系統，第一組為加入「巴拉告」的改良魚菜共生，第二組為傳統的魚菜共生，第三組為多樣生物的魚菜共生。第三部分，觀察、測量、記錄。根據研究結果我們發現，在魚菜共生系統中加入阿美族生態捕魚法的「巴拉告」，是一個可行的方法。

壹、研究動機

學校校外教學，我們去馬太鞍溼地生態園區，我們看到了奇特的捕魚裝置，叫做「巴拉告」。它是以前阿美族特殊的捕魚方式，原住民利用中空的大竹子、筆筒樹的樹幹與九芎枝幹等天然材料，製作出一個三層的結構物放入水塘中，讓魚蝦在其間棲息繁殖，讓我們了解阿美族人的「巴拉告」生態捕魚法，讓我們學習到，除了可填飽我們的肚子，也可維持生態平衡的捕魚方法。今年年初校工阿公在學校廚房前面放了一個魚菜共生系統，大桶子裡有一些小魚，上面的小桶子種了一些芹菜，吸引了全校小朋友的注意。我們三個靈機一動，如果把這「魚菜共生」加上「巴拉告」，把這兩個東西放在一起，會有怎樣的效果，於是就開始了我們的種菜養魚的生態探索之旅。

貳、研究目的

- 一、了解魚菜共生系統與阿美族巴拉告的運作情形
- 二、將巴拉告加入魚菜共生系統中的改變
- 三、探討在魚菜共生系統裝置中加入巴拉告的可行性

參、研究問題

為達成上述研究目的，我們設計以下七項欲探討的研究問題。

- 一、實作研究設計的三組魚菜共生系統
- 二、探討三組系統中水的溶氧量變化
- 三、探討三組系統中水的 pH 值變化
- 四、探討三組系統中水的濁度變化
- 五、探討三組系統中魚的活動情形
- 六、探討三組系統菜的生長情形
- 七、探討三組系統中蔬菜的硝酸鹽含量多寡

肆、研究設備及器材

實驗設備：130 公升魚桶×3、65 公升菜盤×3、1000L/H 沉水馬達×3、保麗龍種菜盤×3、2 吋水耕栽培網盆×36、PVC 閥接頭 6 分×3、PVC 彎管 6 分×3、PVC 水管 6 分×3、軟水管×3、200L/H 沉水馬達×3

測量設備：簡易水質檢測包、溫度計、尺、碼錶、登記表、硝酸鹽檢測紙

其他：相機、三角架、筆記本、硝化菌、水桶

生物：吳郭魚 11 隻、小魚 20 隻、泥鰱 12 隻、辣椒苗 15 株、番茄苗 15 株、萵苣 6 株

伍、相關學習經驗的整合與文獻探討

一、與自然課相關的課程

國小自然南一出版：五上植物的世界

國小自然南一出版：五下動物的生活

國小自然南一出版：五下水溶液的性質

二、文獻探討

(一) 魚菜共生

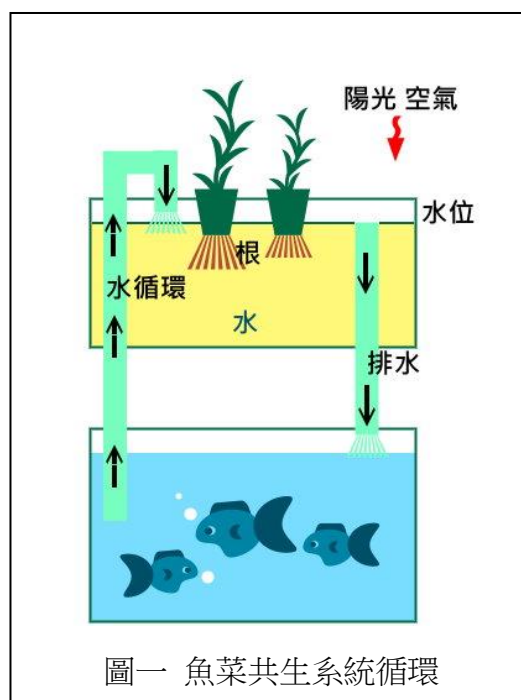
魚菜共生是水耕栽培與水產養殖兩項結合的循環系統。養殖動物的排泄物為植物的天然養分，植物吸水中養分成為淨水器，分解水中的排泄物，達到自然的動態平衡。(如圖一)

魚菜共生的水耕菜優點，作物生長迅速，減少植物病原菌的來源，水耕營養液循環利用減少環境污染。

魚菜共生的魚則需要微生物的幫忙，飼料經魚類吞食後排放出來，會產生氨氣並轉換為硝酸鹽及亞硝酸鹽，對魚本身造成傷害，所以需要某些微生物將優養化的水分解讓植物能吸收利用。

此系統，依水是否循環再利用，可分為閉鎖循環模式及開環模式，圖一為閉鎖循環模式，水不排出也不加水，開環模式則為魚池的水送到菜桶植物吸收後直接排出，只對魚池加水。

魚菜共生適合規模化的農業生產，也可作為小規模的家庭農場，在自家的陽台或廚房就能有小菜園，此一系統的終極目標是，能使養魚不需換水而無水質問題，種菜不施肥而能正常成長。



(二) 巴拉告

「巴拉告」為阿美族語 *palakau*，即是「幫魚做社區」的意思。阿美族人捕魚不用

到處捕撈，而在溪裡搭建三層魚的住宅，請魚來住，魚群可以自由的來來去去，形成一個魚群可以生活的自然環境，等它們長大後再撈起食用，不會貪心多取，吃多少抓多少，相當具有現代的生態永續概念。

「巴拉告」分為三層，最下層為大竹筒是底層及夜行性魚類的家，如土虱、泥鰍等。中間層是小的枝條，以前都是用九芎樹枝因為不容易腐爛，現在不好找，就用小竹子代替，是小魚、小蝦的家，空間小不怕大魚來吃，極易繁殖，當數量很多游出來時，也可以成為大魚的食物。最上層大多用棕櫚葉鋪上一層，是大魚的活動空間。有些阿美族人會在棕櫚葉上，再放上很長的竹枝固定保護整個「巴拉告」，不受外界干擾。

「巴拉告」的運作方式為，上層大魚所產生的排泄物會層層往下掉落，變成中間層小魚、小蝦的食物，而等到小魚小蝦死去後，屍體則會成為最下層土虱、泥鰍的食物，形成一個小小生態鏈。(圖二)

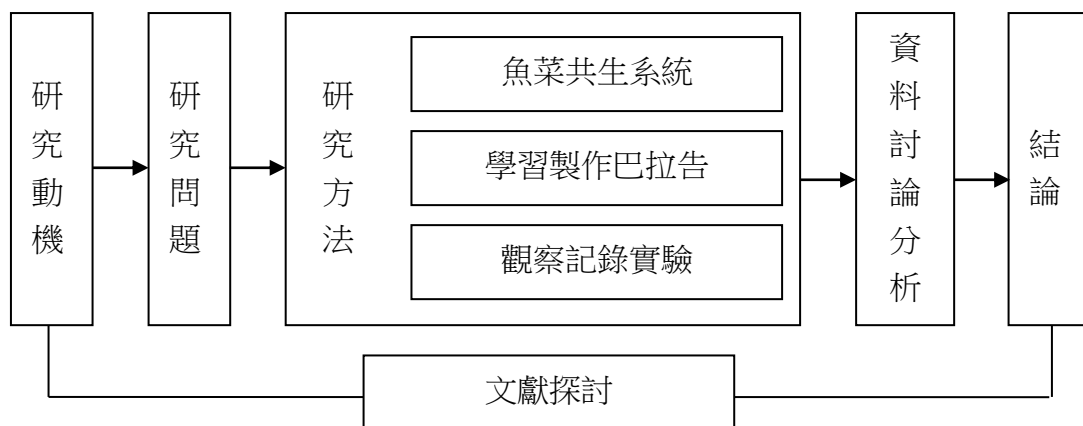


圖二 巴拉告構造



圖三 探訪巴拉告的故鄉馬太鞍濕地

陸、研究流程



圖四 研究方法與架構圖

柒、研究過程與結果

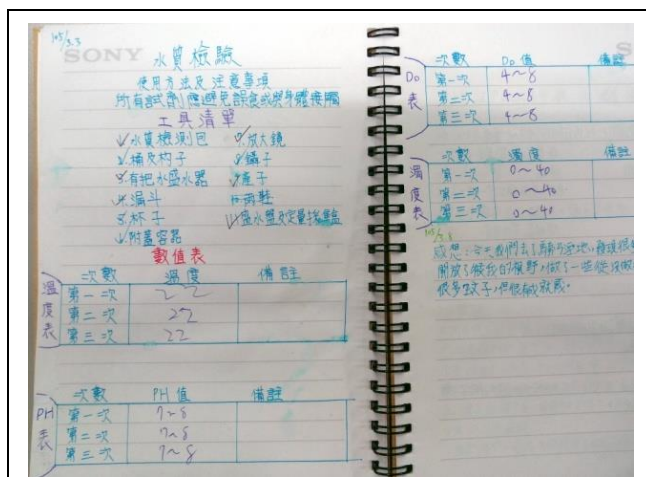
一、研究問題一：實作研究設計的三組魚菜共生系統

		
<p>查閱魚菜共生、巴拉告資料 (1050121~至研究結束)</p>	<p>研究學校魚菜共生 (1050216)</p>	<p>至馬太鞍濕地體驗巴拉告 (1050306)</p>
		
<p>製作魚菜共生設備 (1050309)</p>	<p>加硝化菌養水 (1050309)</p>	<p>製作巴拉告 (1050309)</p>
		
<p>開始養魚 (10503011)</p>	<p>開始種菜 (10503017)</p>	<p>每天測量水質 (1050309~至研究結束)</p>

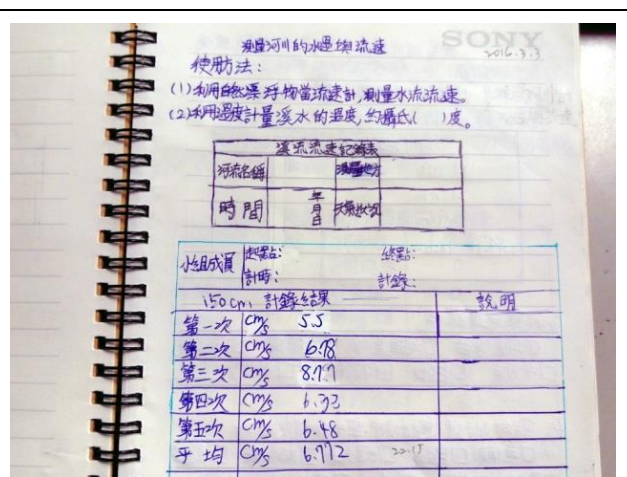
我們上網找資料，確定魚菜共生一年四季都可以種植植物及飼養魚類，不受天候的影響，確定了我們研究的可行性，於是我們積極研究學校工友的魚菜共生系統，在假日時由老師開車載我們去 45 公里遠的馬太鞍濕地，實地了解「巴拉告」的原理及製作方法，我們也測了當地有「巴拉告」裝置溪水的 pH 值、溶氧量、水溫、濁度、水深等，每個項目都測三次，也利用自然漂浮物當流速器，測量水流的流速，共測五次求平均數，當成我們改良魚菜共生的參考。(表一、圖五、圖六)

表一 馬太鞍濕地有巴拉告設備溪水水值

水溫	溶氧量	pH 值	濁度	水深	水流流速
22°C	4~8ppm	7-8 弱鹼	0~40JTU	18.6 公分	22.15 公分/秒



圖五 檢測記錄筆記本一



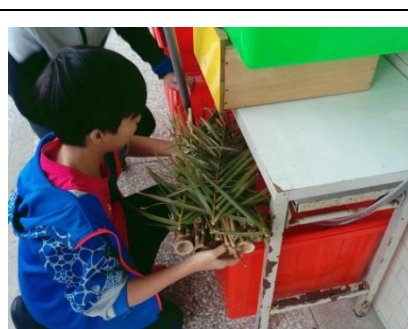
圖六 檢測記錄筆記本二

回到學校後，就開始採買材料製作，先將魚菜共生所需設備組合好，再來就是「養水」，100 公升水加入 20ml 的硝化菌，將沉水馬達打開運轉，讓硝化菌能活化，培養微生物，準備養魚所需的環境。

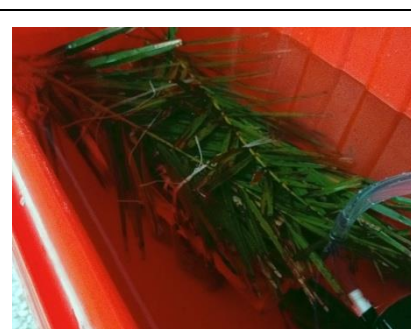
接下來的二天就是製作「巴拉告」，我們至校園後面採集大竹筒、小竹枝及棕櫚葉，加上我們從馬太鞍濕地帶回來的九芎小樹枝，完成了「巴拉告」。經過這次研究，知道了為什麼要用棕櫚葉，因為從 3 月 11 日開始放入水裡養魚，一直到本次寫結論時(4 月 4 日)，它都還是綠綠的，不需要換葉子，接下來我們還要繼續研究記錄，看看它可以放到什麼時候。(圖七-圖九)



圖七 採集竹筒

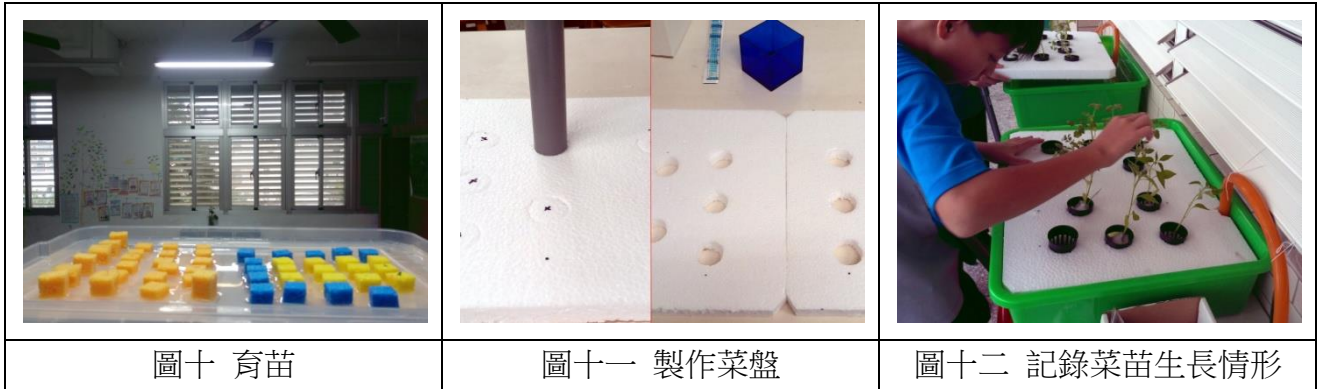


圖八 將巴拉告放入魚桶內



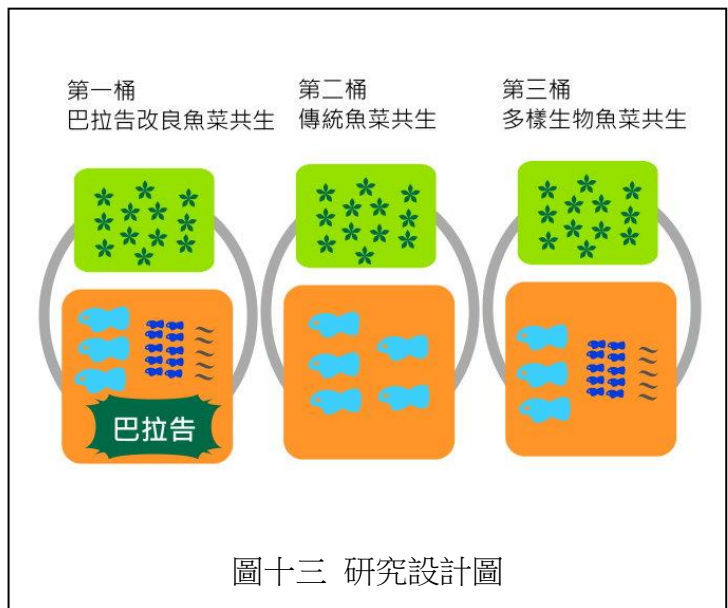
圖九 放巴拉告的魚桶

魚養了六天後，開始種菜，原本自己育苗(圖十)，但是春天天氣多變，經過一個星期，只長了不到一公分，菜苗長得太慢，只能去市場買菜苗。天氣變化無常是本次研究最難克服的困難之一。我們買了蕃茄 15 株，辣椒 15 株，白菜 6 株，配合我們的實驗設計，各分成三組實驗，每天記錄菜苗的生長情形。(圖十一、圖十二)



因為我們研究目的是，改良魚菜共生，在魚菜共生設備中加入「巴拉告」的可行性，所以我們的研究設計如圖十三，分成三組，其中，魚桶、菜盤、沉水馬達、水管接的高度都相同，菜盤各有五株辣椒、五株蕃茄、二株萵苣。

不同的地方是，第一桶放了「巴拉告」，第二桶是對照組，為傳統的魚菜共生。我們加了第三桶，與第一桶相同的魚類，但是沒有「巴拉告」，目的是要知道加不加「巴拉告」是否有不同。(表二)



為什麼傳統的魚菜共生要放五條魚，我們的設計是一條大魚相當於十條小魚，另外一條大魚相當於 5 條小泥鰱，這樣裡面的「魚口」較平均。

根據我們查到的文獻，魚菜共生系統應該注意的事項有：

- (一)、良好通風：需要水溶性氧氣 5ppm 以上。
- (二)、水質控制：每天測量水質，適時換水。
- (三)、注意水流的順暢：我們採用流率 1000L/H，揚程 150cm，功率 8W 的沈水馬達。
- (四)、pH 值之控制：水產養殖業 pH 值約在 6.5-9.0 之間，pH 值在 7.5 以上時，硝化作用效率最高，pH 值 6 以下，硝化作用將停止，相反水耕蔬菜 pH 值約在 5.5-6.5 之間，養份可溶性最優化，而讓 pH 值維持在 7 最理想，pH 值過高，將使養份沉澱而無法溶入水中，植物將營養不良，pH 值過低，則水中的氨將會累積到毒害魚的程度。

根據以上事項，所以我們選擇四樓自然教室走廊，通風良好，也方便我們記錄觀察，其他的小朋友也可以跟我們一起觀察學習。(圖十四)

項目	第一桶巴拉告改良魚菜共生	第二桶傳統魚菜共生	第三桶多樣生物魚菜共生
相同處	魚桶、菜盤、沉水馬達、水管接的高度、五株辣椒、五株蕃茄、二株小白菜、相同水量、所有實驗步驟都是同步		
不同處	巴拉告 3 條吳郭魚 10 條小魚 5 條泥鰱	5 條吳郭魚	3 條吳郭魚 10 條小魚 5 條泥鰱



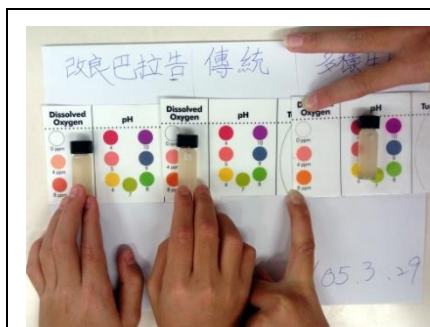
圖十四 放置地點四樓自然教室朝北的走廊

二、研究問題二：探討三組系統中水的溶氧量變化

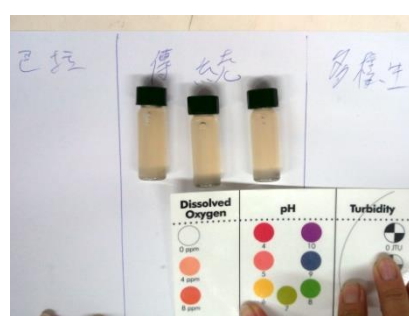
(一) 研究方法：觀察、測量

(二) 研究步驟：

1. 將水質檢測包的圓形玻璃小試管，完全浸入魚桶內取水，讓水滿至試管的頂端。
2. 在試管中放入 2 顆溶氧測試錠 Tes Tabs，水溢出試管後，隨即旋緊試管蓋，確定試管中無氣泡殘留。
3. 利用碼錶計時，反覆上下搖晃 4 分鐘，直到藥片完全溶解為止。
4. 當藥片完全溶解後，利用碼錶計時，再靜置 5 分鐘，等待水的顏色產生變化。
5. 利用溶氧色卡比對水的顏色，以 ppm 為單位記錄所得之溶氧值，並拍照存檔，在拍照底下襯有，寫著三組系統名稱及日期的紙張，才不會搞混。(圖十五)
6. 每天下午四點放學後，三桶同時檢測，可以比對顏色深淺，利於判讀。(圖十六)
7. 將結果記錄下來。(圖十七)



圖十五 拍照存檔



圖十六 同時檢測，利於判讀

日期	項目	巴拉告改良魚菜共生	傳統魚菜共生	多樣生物魚菜共生	說明
3.22 (二)	水溫	21	21	21	無特別
	pH	7	7	7	無特別
	DO	6	7	5	多測多測
3.23 (三)	水溫	21	21	20	多測多測
	pH	7	7	7	多測多測
	DO	7	2	6	多測多測
3.24 (四)	水溫	15	15	15	無特別
	pH	8	8	8	無特別
	DO	6	4	7	無特別
3.25 (五)	水溫	15	15	15	無特別
	pH	7	7	6	多測多測
	DO	5	6	6	多測多測
3.26	水溫	15	15	15	無特別
	pH	7	7	7	無特別

圖十七 記錄表

(三) 研究結果：

1. 根據表三，繪製三組系統溶氧量的折線圖（圖十九）。
2. 由折線圖可以看出，從 3/17 日開始種菜起，第一桶裝有巴拉告魚菜共生系統，起伏不大，溶氧量維持在 6-7ppm 之間。第三桶多樣生物魚菜共生系統溶氧量也維持

在 5-7ppm 之間。根據文獻，魚菜共生系統溶氧量需在 5ppm 以上，這兩桶的溶氧量合乎標準。

3. 傳統魚菜共生系統，多在 4-7ppm 之間變化起伏很大，甚至低到 2ppm，為了尊重魚的生命，改變實驗，再加一個小馬達運轉噴水，增加溶氧量，就不再有很低的情況發生，追上另外兩桶的溶氧量。所以傳統魚菜共生系統需要較大的馬達功率。



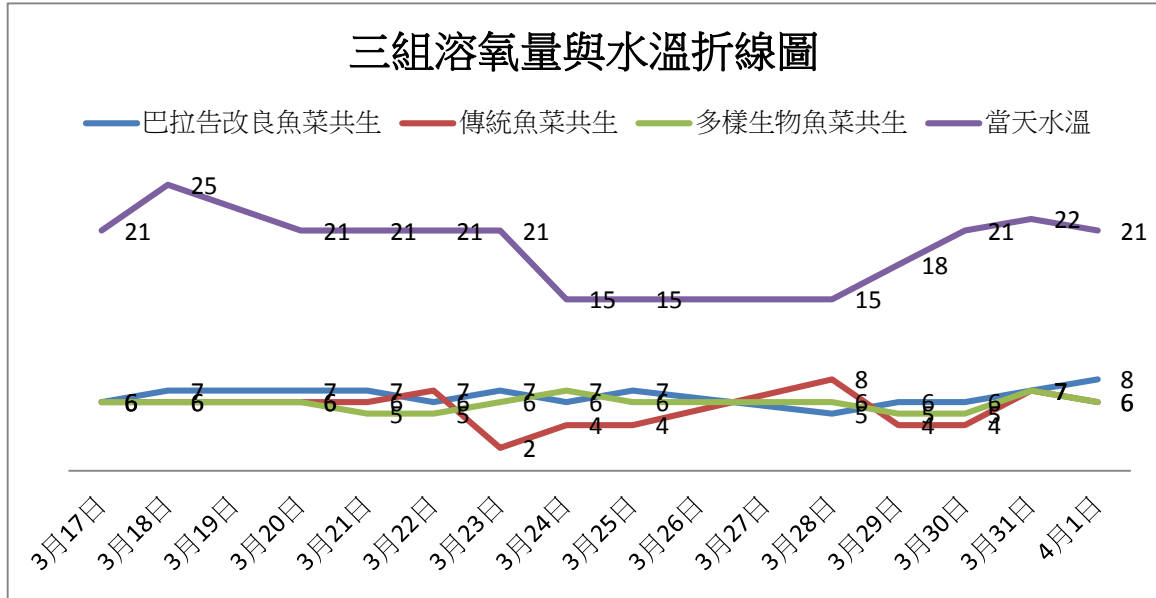
圖十八 傳統魚菜共生系統溶氧太低，加 200L/H 沉水馬達

4. 3/23 日清濾網後開始實驗不清濾網、不換水，實驗結果對溶氧量有影響。第一桶巴拉告系統平均減少 0.24ppm，第二桶傳統魚菜共生系統平均減少 0.21ppm，第三桶多樣生物系統反而平均增加 0.33ppm。為怕影響魚的健康，此實驗到 4/1 日止，4/2 日後持續適時清濾網、換水。（表四）
5. 文獻指出，溫度低溶氧量高。3/24 日冷氣團的影響下氣溫下降，水溫只剩下 15°C，持續下降了三天後，傳統魚菜共生系統的溶氧量突然上升為 8ppm，等氣溫上升後，它的溶氧量又下降了。另外二組影響較小。

表三 三組系統溶氧量記錄表（單位：ppm）

溶氧量 (DO)	巴拉告魚菜共生	傳統魚菜共生	多樣生物魚菜共生	當天水溫	當天氣溫	重要記事
3/9 (三)						養水加硝化菌
3/11 (五)	8	8	8	15	13	開始養魚、此為放魚前水質
3/15 (二)						清濾網、加硝化菌
3/17 (四)	6	6	6	21	22	開始種菜、此為種菜前水質
3/18 (五)	7	6	6	25	26	換水
3/20 (日)	7	6	6	21	21	換水
3/21 (一)	7	6	5	21	20	換水
3/22 (二)	6	7	5	21	23	加硝化菌
3/23 (三)	7	2	6	21	20	清濾網，清濾網後實驗不清濾網、不換水
3/24 (四)	6	4	7	15	18	傳統系統加馬達
3/25 (五)	7	4	6	15	13	
3/26 (六)				15	18	
3/28 (一)	5	8	6	15	20	
3/29 (二)	6	4	5	18	22	加硝化菌
3/30 (三)	6	4	5	21	24	

3/31 (四)	7	7	7	22	26	
4/1 (五)	8	6	6	21	24	
4/2 (六)	清濾網、換水，繼續測量觀察。另外兩組也加小馬達，比較溶氧量是否也增加。					



圖十九 三組系統溶氧量與水溫折線圖

表四 三組系統實驗不清濾網、不換水溶氧量比較表 (單位: ppm)

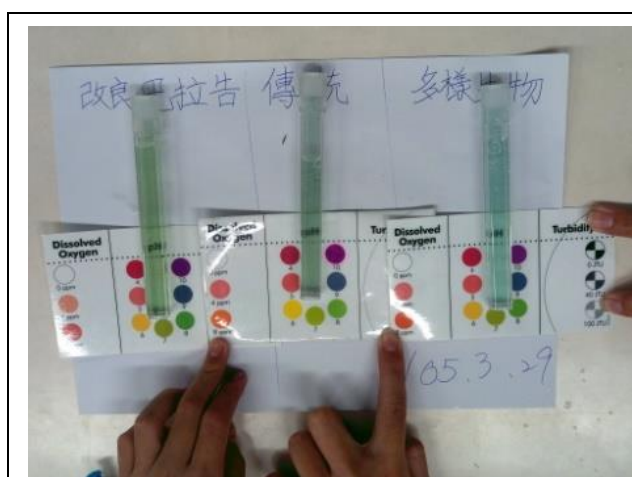
溶氧量 (DO)	巴拉告魚菜共生	傳統魚菜共生	多樣生物魚菜共生
3/17 (四)	6	6	6
3/18 (五)	7	6	6
3/20 (日)	7	6	6
3/21 (一)	7	6	5
3/22 (二)	6	7	5
3/23 (三)	7	2	6
A : 3/17-3/23 平均	6.67	5.50	5.67
3/24 (四)	6	4	7
3/25 (五)	7	4	6
3/28 (一)	5	8	6
3/29 (二)	6	4	5
3/30 (三)	6	4	5
3/31 (四)	7	7	7
4/1 (五)	8	6	6
B : 3/24-4/1 平均	6.43	5.29	6.00
B-A	-0.24	-0.21	0.33

三、研究問題三：探討三組系統中水的 pH 值變化

(一) 研究方法：觀察、測量

(二) 研究步驟：

1. 將水質檢測包的 10ml 試管，裝滿魚桶的水，放入一顆 pH 檢測試錠。
2. 旋緊試管蓋，反覆上下搖晃直到藥片完全溶解為止，。
3. 利用 pH 色卡比對水的顏色，讀取 pH 值並記錄。
4. 三桶同時檢測，可以比對顏色深淺，利於判讀。
5. 將結果記錄下來。(圖十七)



圖二十 拍照存檔



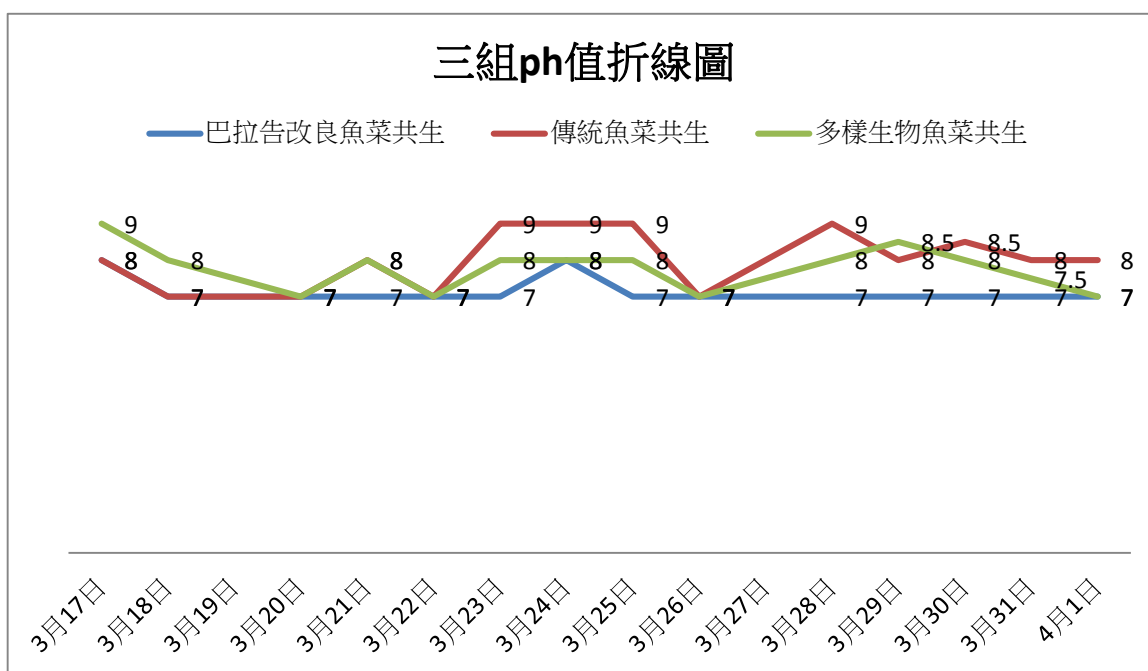
圖二十一 同時檢測，利於判讀

(三) 研究結果：

1. 根據表五，繪製三組系統 pH 值的折線圖 (圖二十二)。
2. 由折線圖可以看出，從 3/17 日開始種菜起，第一桶巴拉告系統，起伏不大，pH 值維持在 7 中性。第二桶傳統魚菜共生系統，pH 值維持在 7-9。第三桶多樣生物系統 pH 值也維持在 7-8 之間，只在種菜前短暫到達 9，種菜後就下降了。魚菜共生系統 pH 值需在 6.5-9.0，才能正常運作，這三桶的 pH 值合乎標準。
3. 從 3/17 日種菜起，第一桶巴拉告系統，pH 值平均 7.08。第二桶傳統魚菜共生系統，pH 值平均 7.88。第三桶多樣生物系統 pH 值平均 7.69。(3/17 日種菜後，整個魚菜共生系統完整，所以平均值為從 3/18 至 4/1 日)
4. 3/23 日清濾網後實驗不清濾網、不換水，實驗結果，第一桶巴拉告系統前後 pH 值平均增加了 0.13，第二桶傳統魚菜共生系統前後 pH 值平均增加了 0.46，第三桶多樣生物系統前後 pH 值平均增加 0.15，所以不清濾網、不換水對第一桶巴拉告系統較少影響，對第二桶傳統魚菜共生系統影響較大。為怕影響魚的健康，所以此實驗到 4/1 日止，4/2 日後持續清濾網、換水。(表六)

表五 三組系統 pH 值記錄表

pH	巴拉告 魚菜共生	傳統 魚菜共生	多樣生物 魚菜共生	重要記事
3/9 (三)				養水加硝化菌
3/11 (五)	8	8	8	開始養魚、此為放魚前水質
3/15 (二)				清濾網、加硝化菌
3/17 (四)	8	8	9	開始種菜、此為種菜前水質
3/18 (五)	7	7	8	換水
3/20 (日)	7	7	7	換水
3/21 (一)	7	8	8	換水
3/22 (二)	7	7	7	加硝化菌
3/23 (三)	7	9	8	清濾網，清濾網後實驗不清濾網、不換水
3/24 (四)	8	7	8	傳統系統加馬達
3/25 (五)	7	9	8	
3/26 (六)	7	7	7	
3/28 (一)	7	9	8	
3/29 (二)	7	8	8.5	加硝化菌
3/30 (三)	7	8.5	8	
3/31 (四)	7	8	7.5	
4/1 (五)	7	8	7	
平均	7.08	7.88	7.69	平均值為 3/18 日至 4/1 日



圖二十二 三組系統 pH 值折線圖

表六 三組系統實驗不清濾網、不換水 pH 值比較表

pH	巴拉告魚菜共生	傳統魚菜共生	多樣生物魚菜共生
3/18 (五)	7	7	8
3/20 (日)	7	7	7
3/21 (一)	7	8	8
3/22 (二)	7	7	7
3/23 (三)	7	9	8
A : 3/18-3/23 平均	7.00	7.60	7.60
3/24 (四)	8	7	8
3/25 (五)	7	9	8
3/26 (六)	7	7	7
3/28 (一)	7	9	8
3/29 (二)	7	8	8.5
3/30 (三)	7	8.5	8
3/31 (四)	7	8	7.5
4/1 (五)	7	8	7
B : 3/24-4/1 平均	7.13	8.06	7.75
B-A	0.13	0.46	0.15

四、研究問題四：探討三組系統中水的濁度的變化

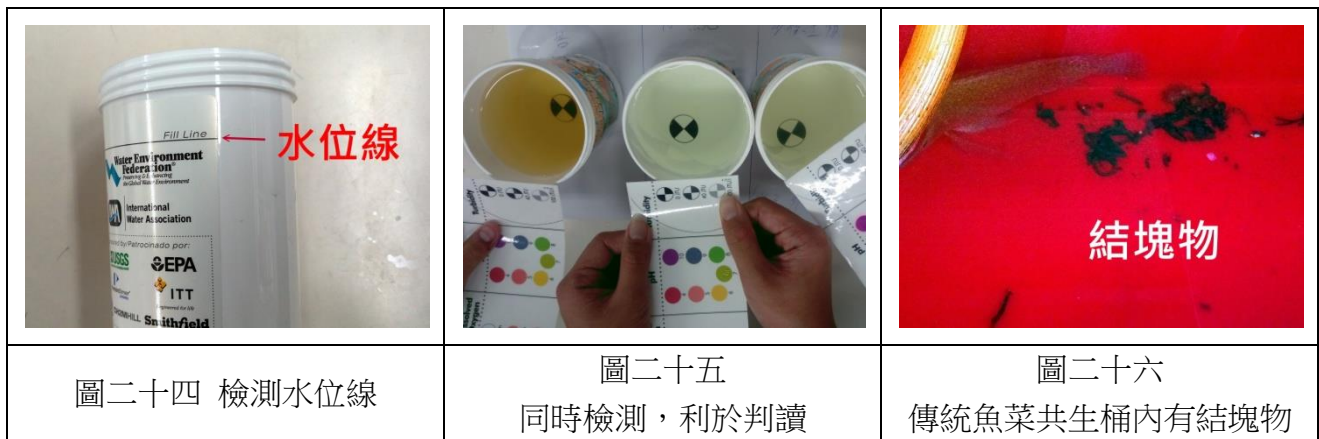
(一) 研究方法：觀察、測量

(二) 研究步驟：

1. 在使用前 8 小時前，檢測容器底部先貼上有沙奇盤的圖示，確保其黏性。(圖二十三)
2. 將水注入容器中，直至注入水量之高度與外側標示的水位線等高。(圖二十四)
3. 將濁度色上置於瓶口邊緣，朝瓶底部觀察，比較瓶底沙奇盤標籤與色卡後，將濁度以 JTU 為單位記錄。
4. 三桶同時檢測，可以比對顏色深淺，便於判讀。(圖二十五)
5. 將結果記錄下來。(圖十七)



圖二十三 沙奇盤



圖二十四 檢測水位線

圖二十五
同時檢測，利於判讀

圖二十六
傳統魚菜共生桶內有結塊物

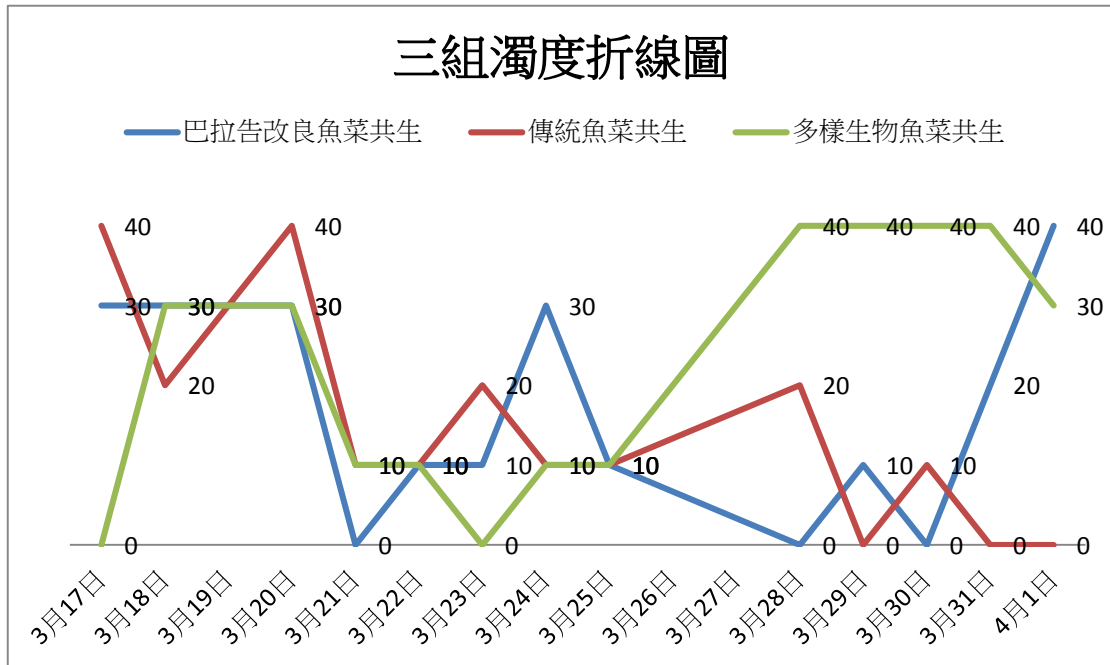
(三) 研究結果：

1. 根據表七，繪製三組系統濁度的折線圖（圖二十七）。
2. 濁度折線圖濁度起起伏伏，沒有規律。
3. 三組系統都沒有超過 40JTU。與我們在馬太鞍濕地所測得結果相同（表一），所以我們製作的三組系統，與不受污染的自然溪流相同，我們維護得很好。
4. 從 3/17 日種菜起，第一桶巴拉告系統，濁度平均 16.92。第二桶傳統魚菜共生系統，濁度平均 14.62。第三桶多樣生物系統濁度平均 22.31。
5. 3/23 日清濾網後實驗不清濾網、不換水，實驗結果，第一桶巴拉告系統前後濁度平均減少了 2.62，第二桶傳統魚菜共生系統前後濁度平均減少了 16.19，第三桶多樣生物系統前後濁度平均增加 16.67。不清濾網、不換水對第一桶巴拉告系統、第二桶傳統魚菜共生系統影響不大，第三桶多樣生物系統濁度則增加較多。為怕影響魚的健康，所以此實驗到 4/1 日止，4/2 日後持續清濾網、換水。（表八）
6. 第一桶巴拉告，因為裡面加了一些植物及竹子，所以顏色偏黃，但不影響濁度判讀。

表七 三組系統濁度記錄表（單位：JTU）

濁度	巴拉告 魚菜共生	傳統 魚菜共生	多樣生物 魚菜共生	重要記事
3/17 (四)	30	40	0	開始種菜、此為種菜前水質
3/18 (五)	30	20	30	換水
3/20 (日)	30	40	30	換水
3/21 (一)	0	10	10	換水
3/22 (二)	10	10	10	加硝化菌
3/23 (三)	10	20	0	清濾網，清濾網後實驗不清濾網、不換水
3/24 (四)	30	10	10	傳統系統加馬達
3/25 (五)	10	10	10	
3/28 (一)	0	20	40	
3/29 (二)	10	0	40	加硝化菌

3/30 (三)	0	10	40	
3/31 (四)	20	0	40	
4/1 (五)	40	0	30	
平均	16.92	14.62	22.31	



圖二十七 三組系統濁度折線圖

表八 三組系統實驗不清濾網、不換水濁度比較表

濁度	巴拉告魚菜共生	傳統魚菜共生	多樣生物魚菜共生
3/17 (四)	30	40	0
3/18 (五)	30	20	30
3/20 (日)	30	40	30
3/21 (一)	0	10	10
3/22 (二)	10	10	10
3/23 (三)	10	20	0
A : 3/17-3/23 平均	18.33	23.33	13.33
3/24 (四)	30	10	10
3/25 (五)	10	10	10
3/28 (一)	0	20	40
3/29 (二)	10	0	40
3/30 (三)	0	10	40
3/31 (四)	20	0	40
4/1 (五)	40	0	30

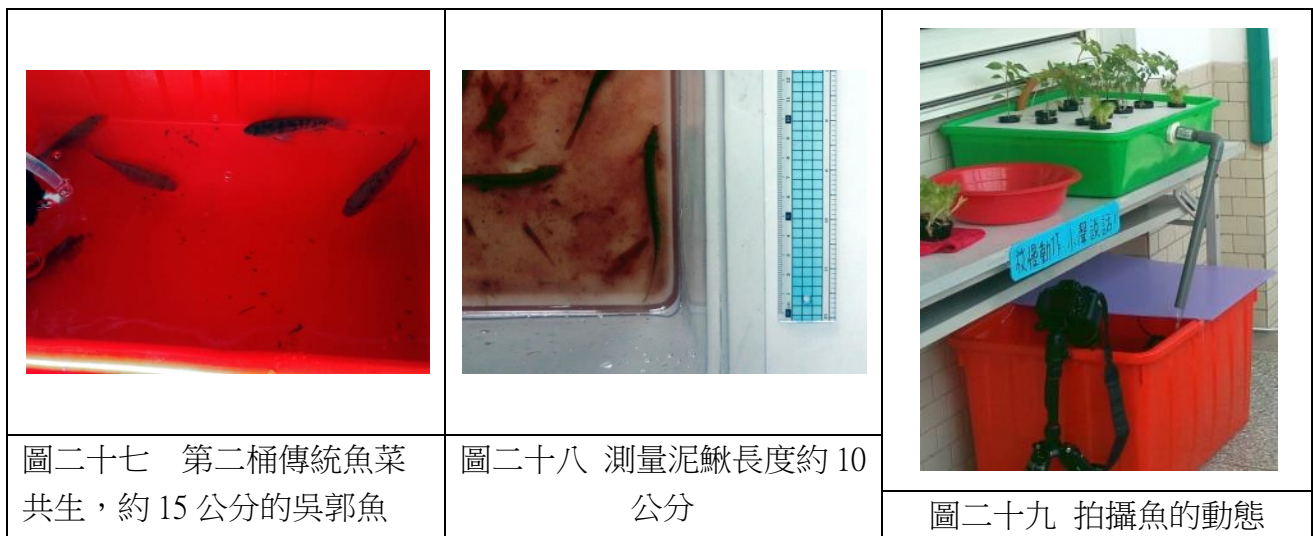
B：3/24-4/1 平均	15.71	7.14	30.00
B-A	-2.62	-16.19	16.67

五、研究問題五：探討三組系統中魚的活動情形

(一) 研究方法：觀察法

(二) 研究步驟：

1. 3/11 日開始將魚放入不同的系統中，前兩天不餵食，接下來一周每天每桶餵食 5g 的飼料，之後每天每桶餵食 10g 飼料。
2. 測量魚的長度。因為魚在水裡，只能大約測量魚的長度，沒辦法測量重量，怕會驚嚇到魚，吳郭魚約 15 公分長，泥鰍約 10 公分長。（圖二十八）
3. 每次經過魚桶，魚都躲在馬達底下，所以利用拍攝的方法，再存入電腦觀察。
4. 利用上課 40 分鐘拍攝，先將相機架設在魚桶旁一、兩節課，等魚習慣它的存在後，再開始拍攝。（圖二十九）

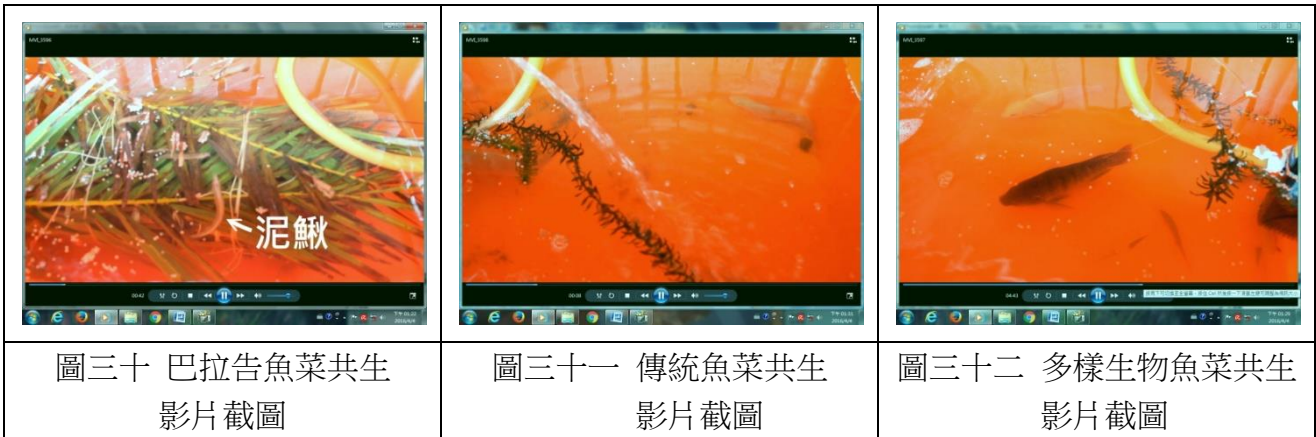


(三) 研究結果：

1. 魚從 15 公分長到 17 公分，泥鰍從 10 公分長到 12 公分。
2. 第一桶巴拉告系統的吳郭魚不容易看到，有人經過，魚就躲在巴拉告底下，有保護作用，小魚和泥鰍混在巴拉告葉子裡，不仔細看，看不出來是它們。
3. 第二桶傳統魚菜共生系統的吳郭魚沒有地方可以躲，當有人經過時，就定住不動。
4. 第三桶多樣生物系統，小魚和泥鰍較不怕人，餵食時有人在旁，也會浮起來吃飼料，如果人的動作大一點，它們也會快速沉入水底，吳郭魚一樣有人時也是定住不動。



5. 經過觀察後，我們製作了一個牌子，寫上「放慢動作，小聲說話」，希望來看的小朋友，能尊重魚兒。（圖三十三）



圖三十 巴拉告魚菜共生
影片截圖

圖三十一 傳統魚菜共生
影片截圖

圖三十二 多樣生物魚菜共生
影片截圖

六、研究問題六：探討三組系統菜的生長情形

(一) 研究方法：測量、觀察法

(二) 研究步驟：

1. 3/17 日將蔬菜苗移植至三組不同的系統中，每組各有辣椒 5 株，蕃茄 5 株，萵苣 2 株。
2. 每組隨機選辣椒 2 株，蕃茄 2 株，在保麗龍菜盤上寫上編號。(圖三十四)
3. 編號方式為：第一桶巴拉告系統的植物為，辣椒一、二，蕃茄一、二。
第二桶傳統魚菜共生系統為，辣椒三、四，蕃茄三、四。
第三桶多樣生物系統為，辣椒五、六，蕃茄五、六。
4. 每天測量植物生長情形，並記錄下來。(圖三十五、圖三十六)



圖三十四 植物編號

圖三十五 測量植物

圖三十六 記錄表

(三) 研究結果：

1. 將記錄整理成表九及表十。
2. 由兩個表格可以發現，辣椒生長得較慢，長得最多的辣椒二只有 14%，蕃茄長得較快，蕃茄一成長 52%。兩株植物都在第一桶巴拉告系統。
3. 表九，辣椒的生長情形，以第一桶巴拉告系統最好成長



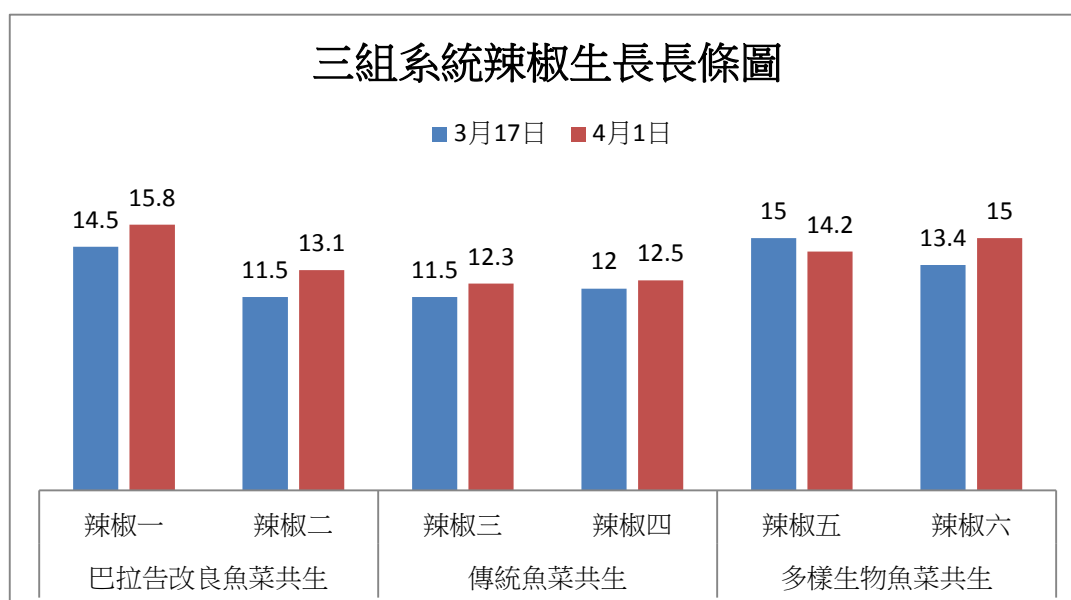
圖三十七 辣椒五

百分比 14%及 9%，第二桶傳統魚菜共生也有生長，但生長的比率很小，只有 7%、4%。

4. 第三桶多樣生物系統的辣椒五，變矮了，持續觀察中，辣椒六則長高 12%。

表九 三組系統中辣椒的生長比較表（單位：公分）

	巴拉告魚菜共生		傳統魚菜共生		多樣生物魚菜共生	
	辣椒一	辣椒二	辣椒三	辣椒四	辣椒五	辣椒六
3月17日	14.5	11.5	11.5	12	15	13.4
4月1日	15.8	13.1	12.3	12.5	14.2	15
成長高度變化	1.3	1.6	0.8	0.5	-0.8	1.6
成長百分比	9%	14%	7%	4%	-5%	12%



圖三十八 三組系統辣椒生長長條圖

- 表十，蕃茄的生長情形，以第三桶多樣生物系統最好，成長百分比 50%及 38%，第二桶傳統魚菜共生也有生長，但生長的比率較小，成長百分比 39%及 29%。
- 第一桶巴拉告系統的蕃茄一長得最快，成長百分比 52%，但長得最慢的蕃茄二，也在同個系統中，成長百分比 20%。
- 由這兩種植物生長情形來看，第二桶傳統魚菜共生系統生長速度較慢，但是較穩定。第一桶巴拉告系統及第三桶多樣

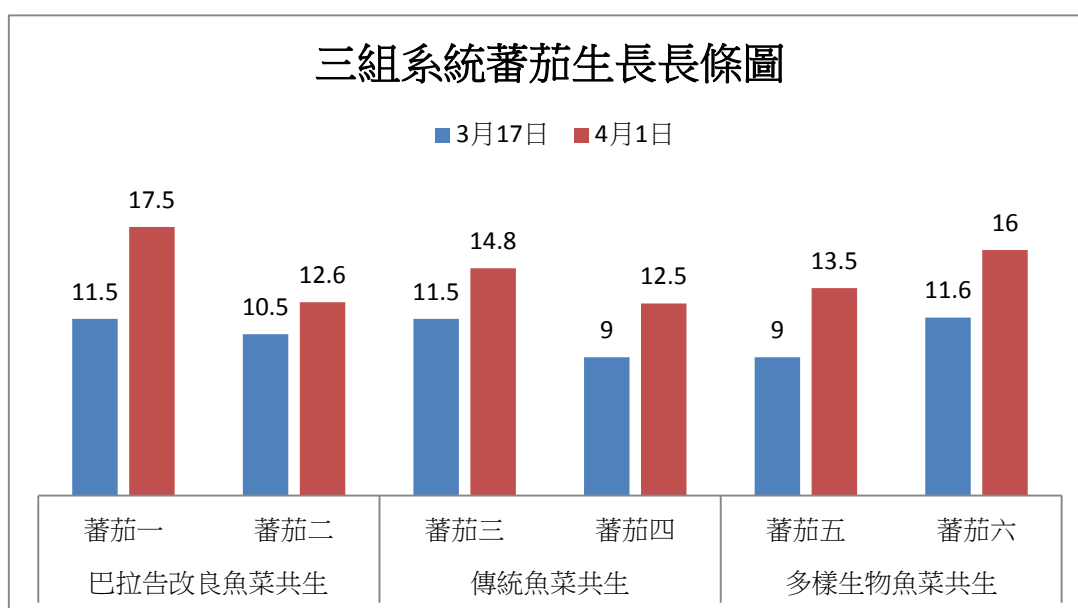


圖三十九 蕃茄一、蕃茄二

生物系統，生長的速度快，但各有一株需持續觀察。

表十 三組系統中蕃茄的生長比較表（單位：公分）

	巴拉告魚菜共生		傳統魚菜共生		多樣生物魚菜共生	
	蕃茄一	蕃茄二	蕃茄三	蕃茄四	蕃茄五	蕃茄六
3月17日	11.5	10.5	11.5	9	9	11.6
4月1日	17.5	12.6	14.8	12.5	13.5	16
成長高度變化	6	2.1	3.3	3.5	4.5	4.4
成長百分比	52%	20%	29%	39%	50%	38%



圖四十 三組系統蕃茄生長長條圖

七、研究問題七：探討三組系統中蔬菜的硝酸鹽含量多寡

(一) 研究方法：測量法

(二) 研究步驟：

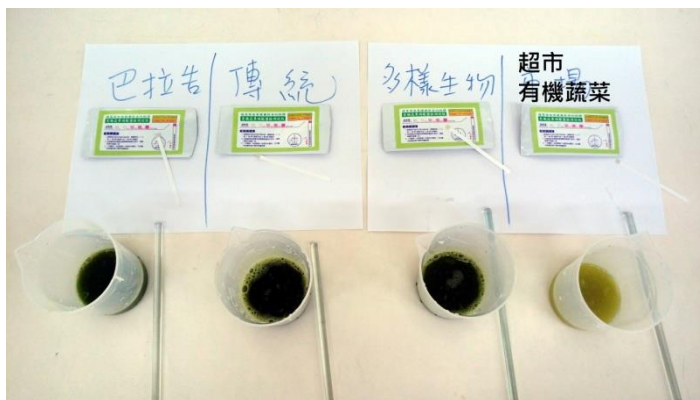
1. 魚的排泄物有變為植物需要的硝酸鹽等養分，但含量過高，對魚菜共生裡的魚是巨毒，對人類而言，一旦進入人體，會降低血液帶氧功能，影響甚巨，所以我們要檢測蔬菜的硝酸鹽含量，檢測我們的魚菜共生系統，自行消化循環的功能是否良好。
2. 除了三組系統中的萵苣，加了超市買回來的有機萵苣，共四組。
3. 將四組系統中的萵苣不加水打成汁，以 1：3 加入蒸餾水，我們使用超市買回來的純水。
4. 將試紙完全放入汁液中，時間不超過一秒鐘。
5. 一分鐘後比對色卡顏色，三分鐘內依據色卡之數字判讀結果。
6. 將試紙比對色卡，一一拍照，判讀、記錄。
7. 檢測兩次。



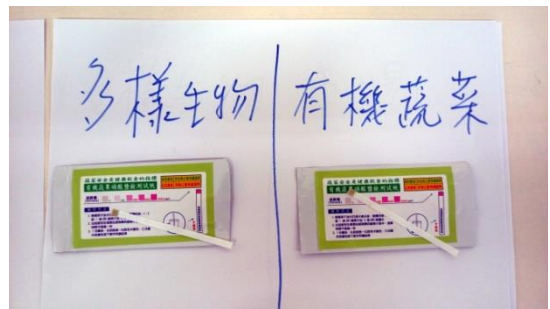
圖四十一 四組萵苣拍照

圖四十二 稱重

圖四十三 打汁後再加水



圖四十四 四組汁液顏色



圖四十五 色卡比較、拍照存檔

(三) 研究結果：

1. 將結果整理成表十一。
2. 四組的色卡有是綠色。
3. 我們種的萵苣與我們買的有機萵苣，硝酸鹽含量都是 0ppm，我們種的萵苣與有機認證是同等級的。

表十一 四組萵苣含量（單位：ppm）

硝酸鹽含量	巴拉告 魚菜共生	傳統 魚菜共生	多樣生物 魚菜共生	超市 有機蔬菜
第一次檢測	0	0	0	0
第二次檢測	0	0	0	0

八、研究結果：

(一) 我們將六個檢測觀察項目做成表十一，加了巴拉告的魚菜共生，不失為一個好辦法。

表十一 三組系統各項實驗比較表

	巴拉告魚菜共生	傳統魚菜共生	多樣生物魚菜共生
溶氧量	😊		
pH 值	😊		
濁度		😊	
魚的生長	😊	😊	😊
植物生長	😊		
硝酸鹽含量	😊	😊	😊

(二) 遇到的困難：

1. 在實驗的過程中，遇到好幾次的鋒面，氣溫從 28°C，驟降至 13°C，因為我們放至的地點在四樓走廊且朝北，風大又直接吹拂，擔心魚兒會受不了，費了一番功夫，加蓋但不能全封，會缺氧，為了不讓魚桶直接受風的吹襲，水溫下降得太快，我們在外面包了一層睡袋，魚兒都平安渡過。(圖四十六)
2. 菜苗怕被鋒面吹倒，加了很多棉花固定。
3. 開始時找不到小隻的吳郭魚，問了好幾家魚池後，不知怎麼辦時，還好老師的二哥幫我們找到了小吳郭魚，也找到了小泥鰍。謝謝很多人的幫忙。



圖四十六 防寒，在魚桶外包睡袋

捌、結論

- 一、三組系統溶氧量比較，第一桶裝有巴拉告魚菜共生系統，起伏不大，溶氧量維持在 6-7ppm 之間。第三桶多樣生物魚菜共生系統溶氧量也維持在 5-7ppm 之間。根據文獻，魚菜共生系統溶氧量需在 5ppm 以上，這兩桶的溶氧量合乎標準。第二桶傳統魚菜共生系統，多在 4-7ppm 之間變化起伏很大，甚至低到 2ppm，為了尊重魚的生命，改變實驗，再加一個小馬達運轉噴水，增加溶氧量，就不再有很低的情況發生，追上另外兩桶的溶氧量。所以傳統魚菜共生系統需要較大的馬達功率。
- 二、實驗不清濾網、不換水，實驗結果對溶氧量有影響。第一桶巴拉告系統平均減少 0.24ppm，第二桶傳統魚菜共生系統平均減少 0.21ppm，第三桶多樣生物系統平均增加 0.33ppm。
- 三、三組系統 pH 值比較，第一桶巴拉告系統，起伏不大，pH 值平均 7.08。第二桶傳統魚

- 菜共生系統，pH 值維持平均 7.88，第三桶多樣生物系統 pH 值平均 7.69。魚菜共生系統 pH 值需在 6.5-9.0，才能正常運作，這三桶的 pH 值合乎標準。
- 四、實驗不清濾網、不換水，實驗結果對 pH 值有影響，第一桶巴拉告系統前後 pH 值平均增加了 0.13，第二桶傳統魚菜共生系統前後 pH 值平均增加了 0.46，第三桶多樣生物系統前後 pH 值平均增加 0.15，所以不清濾網、不換水對第一桶巴拉告系統較少影響，對第二桶傳統魚菜共生系統影響較大。
- 五、三組系統濁度的比較，濁度折線圖濁度起起伏伏，沒有規律。第一桶巴拉告系統，濁度平均 16.92。第二桶傳統魚菜共生系統，濁度平均 14.62。第三桶多樣生物系統濁度平均 22.31。三組系統都沒有超過 40JTU。與我們在馬太鞍濕地所測得結果相同，所以我們製作的三組系統，與不受污染的自然溪流相同，我們維護得很好。
- 六、實驗不清濾網、不換水，實驗結果對濁度有影響，第一桶巴拉告系統前後濁度平均減少了 2.62，第二桶傳統魚菜共生系統前後濁度平均減少了 16.19，第三桶多樣生物系統前後濁度平均增加 16.67。不清濾網、不換水對第一桶巴拉告系統、第二桶傳統魚菜共生系統影響不大，第三桶多樣生物系統濁度則增加較多。
- 七、魚從 15 公分長到 17 公分，泥鰍從 10 公分長到 12 公分。
- 八、第一桶巴拉告系統，的吳郭魚不容易看到，有人經過，魚就躲在巴拉告底下。
第二桶傳統魚菜共生系統的吳郭魚沒有地方可以躲，當有人經過時，就定住不動。
第三桶多樣生物系統，吳郭魚一樣有人時也是定住不動。
- 九、三組系統植物生長比較，辣椒的生長情形，以第一桶巴拉告系統最好，成長百分比 14% 及 9%，第二桶傳統魚菜共生也有生長，但生長的比率很小，只有 7%、4%。第三桶多樣生物系統的辣椒五，變矮了，持續觀察中，辣椒六則長高 12%。蕃茄的生長情形，以第三桶多樣生物系統最好，成長百分比 50% 及 38%，第二桶傳統魚菜共生也有生長，但生長的比率較小，成長百分比 39% 及 29%。第一桶巴拉告系統的蕃茄一長得最快，成長百分比 52%，但長得最慢的蕃茄二，也在同個系統中，成長百分比 20%。
- 十、由這兩種植物生長情形來看，第二桶傳統魚菜共生系統生長速度較慢，但是較穩定。
第一桶巴拉告系統及第三桶多樣生物系統，生長的速度快，但各有一株需持續觀察。
- 十一、我們種的萵苣與我們買的有機萵苣，硝酸鹽含量都是 0ppm 等級。

玖、參考資料

- 梁森昌、郭聖男、蔣鎮宇（2015）。魚菜共生系統的開發與利用。成大，第 248 期，頁 54-61。
- 李中光、劉新校、邱惠敏（2015）。淺談魚菜共生。環保簡訊，第 27 期，頁 61-68。
- 吳文德（2011）。拜訪河川溪流。經濟部水利署，2011 河川教育學習單設計大賞活動。
- 中華民國自然生態保育協會（2013）。522 國際生物多樣性日-水資源與生物多樣性。
- 瞿玄元、陳胤凡（2014）。室內魚菜共生系統建置可行性之研究。小論文比賽，農業類。
- 趙嘉峰、黃秉家、簡嘉儀（2015）。漫步在雲端-魚菜共生自動監控系統之研究，中華民國第 55 屆中小學科學展覽會，國中生活與應用科學科，最佳鄉土教材獎。

曾崢萌、黃安葳(2014)。Palakau 魚兒的國民住宅-阿美族的生態智慧。東部農業生態小旅行，
行政院農業委員會花蓮區農改場出版。
水質檢測方法及檢測項目。淡水河悠活學習網。
<http://www.whcc.org.tw/yoho/chinese/page2/2-data2/2-data2-4.html>