

80

國立宜蘭大學

農業推廣季刊

國立宜蘭大學農業推廣委員會 農業推廣(季刊)

通訊總號第 080 號 中華民國 107 年 6 月出刊

發行人/邱奕志 主編/陳永松

地址：260 宜蘭市神農路 1 段 1 號

E-Mail：aec@niu.edu.tw

中華民國 86 年 3 月創刊

行政院農業委員會補助編印

編輯/林怡慧

電話：03-9357400#7613

傳真：03-9354152

蚓糞應用於魚菜共生的初探

國立宜蘭大學 生物資源學院農推會/生技與動物科學系/有機產業發展中心
陳永松

一、何謂魚菜共生？

魚菜共生(Aquaponics)係結合水產養殖(Aquaculture)和水耕栽培(Hydroponics)兩種的食物生產模式，故又名養耕共生或複合式耕養。在一般水產養殖尤其集約式養殖(Intensive aquaculture)施作中，常排出大量的動物排泄物及殘餌累積於水中，因而產生對魚類甚毒的氨(Ammonia, NH_3)。但在一個魚菜共生系統中，就可以將原從動物廢棄物轉化的氨，經由固氮細菌分解而生成營養副產物的硝酸鹽(Nitrate, NO_3^-)和亞硝酸鹽(Nitrite, NO_2^-)，經再循環而被水耕系統的植物吸收利用，而當中的水經植物淨化後，就重覆地再循環回到養殖系統中。魚與菜如此相輔相成的配合，形成了一個封閉、自給自足的生態系統。而理想中如此生產出的蔬菜既不用施肥也不必噴灑其他的化學藥劑，可滿足現代人對於健康養生的重視，同時也節能省水，更落實友善環境、永續經營的理念。

但其實也因為不同的生物系統有著不同的生長需求，植物和魚的生存條件難以同時在一個生產系統裡兼顧，故常造成植物及魚都處在緊迫的環境。而且，如果植物只單靠魚之代謝所提供的養分，常肇致缺乏鐵、鈣、鎂、硼...等元素及礦物等微量元素。因此，魚菜共生系統實不易達到完美的共存生態系。

二、魚菜共生的種類

如前述，魚菜共生主要在某些微不同但又相近的系統中，結合傳統的水產養殖(在養殖槽或池中生產如貝類、魚、或蝦類)與水耕(水培植物)而建構的生物共生環境。

其起源雖甚早，但第一個魚菜共生的案例已不可考，較早的系統大致如下：

墨西哥阿茲特克人(Aztecs)很早在淺湖區及沿城區以農業浮島耕作法生產食物。

在現今中國南方、泰國、印尼、孟加拉及台灣早期的水稻田，時常搭配魚類養殖的組合，這也是早期的魚菜共生例子。這些普遍存在於亞洲國家稻田中的混養耕作魚類，有泥鰍、黃鱔、鯉魚、鯽魚以及田螺等。

由於魚菜共生是結合現有的水耕與水產養殖技術為基礎，故可在不同規模、複雜度和不同類型的複合養耕系統中更千變萬化，形成不同魚菜共生的食物生產系統。之前在 2014 年宜蘭縣的綠色博覽會中，我們海洋資源實驗室被縣府農業處委任在綠博所在的武荖坑風景區規劃 13 個不同的魚菜生態展示池，希望展示的是因應地形特色而建立的室外型魚菜共生系統(圖 1)，主要利用在室外的小生態池系統，建構一些除了能賞心悅目的可食地景(Edible landscape)外，也提供多方未來可據以推展魚菜生產的新方向，以達到增加糧食安全又增加生物多樣性的多方目標。尤其符合當年度因應聯合國訂定 2014 年為國際家庭農業年(International Year of Family Farming; IYFF)的宣示，希望在一些小農家庭中也能建立適合的魚菜共生系統，讓食物的生產更多元化，生活也更開適化。

13 個小而美的養耕生態池

本展覽主場區位於武荖坑風景區內微笑聚落步道上相連的 12 個小生態池，加上一個位在主展場對岸新城溪旁的水中中藥花園及農青驛站旁的水上觀賞花園。以下分別說明其主體名稱及相關的解說內容，讓讀者大概了解當時設計之初衷，或可援引應用。

1. 對照池: 本池呈現在未有水生植物生長的環境下，如一般常見飼養魚隻的農塘或魚池，若僅有大型魚類(當時為紅尼羅魚)時容易因營養堆積而產生優養化及污染水體，本池也是其他池的對照組。
2. 滿江紅+泥鰍: 主體為滿江紅，滿江紅為漂浮性水生蕨類，葉作覆瓦狀排列平臥在水面上，常見於水田。滿江紅在春天多為綠色，但遇生長環境改變時常轉紅，常見一大片紅潮鋪在水面上，故名「滿江紅」。因滿江紅能和魚腥藻屬共生進行固氮作用，能使水稻因氮肥而生長的更好。另外滿江紅植株也可當魚或家禽的飼料，故可謂是具多功用的水生植物。而泥鰍在農藥未普及前亦常棲息在水田中，屬雜食性，以蠕蟲、小型甲殼動物、昆蟲等為食，可以視為友善農業的水中生物指標，本池即在呈現舊時的自然魚菜共生景象，或是未來可努力的田間風貌。
3. 鳶尾花+金魚藻+蝌蚪+紅尼羅魚: 主體為鳶尾花，鳶尾花的原名為 Iris，來源為希臘語，意思是「彩虹」。鳶尾花常用以象徵愛情和友誼，鵬程萬里，前途光明。金魚藻是金魚藻科的沈水植物，喜歡生長在水流緩慢的河溝、池塘或湖泊，會隨著水位降低而整株彎曲、不會伸出水面。可為魚類的餌料，也可作為豬的飼料。本池呈現的是挺水植物與沈水植物在同一水體的多元空間利用。
4. 阿美族的「拉告」: 本區展示原住民的魚菜共生系統，其立體空間有底棲魚類(如土虱、鱸鰻或多齒新米蝦)+中層鯽魚+上層的豆瓣菜。阿美族屬知足常樂之人，要吃多少魚就捕多少魚，傳承祖先千百年來的一種生態捕魚法稱為「巴拉告(Palakaw)」，原是指「營造讓魚棲息的池塘」有動詞的意涵，若僅指「魚蝦棲息的池塘」則應以名詞「拉告(Lakaw)」稱之，唯現今外人多以 Palakaw 通稱。拉告主要採用一些自然素材如竹枝、九芎等樹枝，共同建構三層立體結構的魚之家，可供魚族棲息繁衍。最底層可讓無鱗類的魚如鰻、鱔、土虱等棲息，中層是小魚小蝦出入，最上層則供一般表層性魚棲息，並讓豆瓣菜生長於其中，這是個很自然的養耕系統。而結合邊坡

種苦瓜及搭棚架，正顯示我們期待原漢融合共生的食物生產創意，如同魚菜各有不同的系統可互搭，運用之妙，存乎一心。

5. 水蘊草+高體鰱鯪+多齒新米蝦: 本池位於最高點所在的水源池，池中茂密的水蘊草為水蘊科多年生沉水植物，原產南美洲巴西，現已全球歸化，台灣各地低海拔的溝渠均可發現。水蘊草的功能除了造景還可提供小魚兒睡覺的好所在，最特別的就是藉著行光合作用製造大量氧氣，提高水體的溶氧，有淨化水質的功效。本池搭配台灣原生淡水魚中色彩最豔麗的高體鰱鯪以及羅漢魚，呈現魚菜共生系統中先來(高體鰱鯪)與後到(水蘊草)終歸和平共榮的真諦。

6. 水稻+鯽魚+小蝦: 本區展示傳統的魚稻蝦共生系統，回歸古早農民的智慧，水稻田中同時放養魚類及甲殼類的共生概念，可於水稻秋收後捉鯽魚(泥鰍)及蝦類。如同第 2 池中的滿江紅與泥鰍意象，本池呈現現今在大陸如何侗族或東南亞部分地區仍維持傳統型施作的魚菜共生系統，加上小蝦而呈現更豐富的生物多樣性。

7. 茭白筍+紅尼羅: 本區展示魚茭共生系統，茭白筍為禾本科草本植物，嫩稈會先有菌類寄生、繼之膨大成筍，成為可供食用的茭白筍。因其根系發達，可供微生物附著寄生，是水質淨化型人工溼地經常栽種的植物。而當年綠博也複製以花蓮農改場輔導宜蘭縣三星鄉農民進行魚茭養耕共生為主題，展示以茭白筍與吳郭魚的共生模式。近似於南投農民以茭白筍與在地的特有種台灣白魚結合概念，其實不妨再加進合鴨進行「魚茭鴨共生示範田」，主要在展現各取所需的資源循環型生產系統，如飼養吳郭魚或合鴨的殘餌及糞便可供給茭白筍肥料，而吳郭魚及合鴨可攝食福壽螺，有利於作物的生物防治，魚茭共生的茭白筍也因不用藥而有超乎尋常慣行農作物約多兩倍左右的市價，另高價收穫的吳郭魚也供不應求。

8. 竹屋瓜棚架(小巨蛋): 此設計要感謝台灣養耕共生協會的張耀東先生提供原始構想及協助施作，球面造型以環保竹材為物料，建構立體竹屋型的瓜棚架，四周可種耐水生的作物如絲瓜、苦瓜、圓瓜等，飼養魚隻的池塘水及魚隻排泄後之含氮排泄物可藉由澆灌水生植物而被循環利用。展示魚因水而優遊、菜因魚而滋長的共生系統。

9. 有機菱角+水雉(菱角鳥): 本池呈現浮葉植物與水雉鳥的共生概念，因水雉為保育類，不應圈養之，故在此僅用創意外形呈現其意像。菱角是菱科菱屬一年生的水生浮葉型植物，尤其國人甚愛遠近馳名的台南官田菱角。菱角田也是水雉此珍稀水鳥喜愛停駐棲息之處。水雉對棲地的利用與菱角的生長週期有密切關係，尤其在繁殖期需要較隱密或面積較大的菱角池作為繁殖區。多年前曾有 85 隻水雉誤食農人摻在稻穀裡的農藥中毒死亡事件，為保護珍稀水雉，才有近年來林務局和慈心基金會合作推出的「綠色保育標章」，輔導農人以不使用農藥化肥的耕作方式，營造友善水雉的棲息地，當時已有 30 餘位菱角農友響應，有機菱角的擴大生產卻也使產銷面臨些許困難，故仍請大家在菱角盛產期可多多支持「綠色保育標章」的生產者，讓我們的消費成為保護生態的力量！

10. 雙連埤原生植物魚菜系統: 宜蘭縣境內的雙連埤是台灣原生水生植物種類最多的天然湖泊，根據宜蘭大學陳子英教授等調查雙連埤有 112 種是水生植物，幾乎占台灣原生水生種類之 1/3。本區受限於小水體僅展示雙連埤原較常見的水生植物如風箱樹、水社柳、華克拉莎、野菱、蓴菜、水龍、分株假紫萁等，以及原生存於雙連埤共生棲地裡的土鯽魚、羅漢魚、高體鰱鯪等魚類。

11. 商業型蔬菜+尼羅魚之魚菜共生展示: 本池構想來自南投水世界之系統展示，主要利用食用蔬菜搭配食用魚，使用福田板系統種植萵苣等，水中用網隔絕尼羅魚與萵苣，避免萵苣根部被尼

羅魚過度食用。理論上魚類產生的排泄物可做為植物的氮肥，形成一資源循環系統，唯因魚與植物的營養需求並不同，故尚有甚多可精進之處，端視如魚菜兩者之調配比例及魚類放養密度之多寡。

12. 台灣特有植物萍蓬草+紅尼羅: 萍蓬草為睡蓮科萍蓬草屬，為多生在池塘的水生植物，英文名 Yellow Water Lily，中文俗名又叫萍蓬草、黃睡蓮、水蓮花、河骨、台灣川骨或白蘭地酒瓶，台灣萍蓬草分布在台灣中、北部低海拔沼澤或水池中，可能因種子並不便於鳥類傳播，而成為台灣特有種，也因人為的開發與建設已瀕臨絕種。在臺北木柵動物園及林業試驗所福山植物園入口處的水生植物池中，亦可發現台灣萍蓬草。由於當時池中散佈絲藻，為控制其蔓延池中，故放入一些紅尼羅魚攝食以進行適當的生物防治。只要有睡蓮科植物，水就特別的清澈，魚優游其間，是一幅魚蓮共生的寫意風景。

13. 水生植物浮島+台灣原生種溪魚(大池): 植物浮島展示，浮板基床佈置成浮島，並搭配中藥挺水植物如南薑、山蘇、金針、木賊等可入藥植物以建構中藥植物的水中花園。主要以三個並聯式基床建構八角型展示浮島，此乃仿自易經卦理的風水意念，可眼觀四面耳聽八方，八角形的造型是依照八個易卦的方位排列，求其賞心悅目而已。池中的台灣原生種溪魚是採集自冬山鄉清淨溪流，有溪哥、臺灣石(魚賓)、鮰魚(苦花)等。含魚類廢棄物的營養水體可被水耕植物或隨周遭作物澆灌而被吸收，呈現資源循環型的利用模式。

三、魚菜共生的優點與缺點

1. 魚菜共生的優點

一、天然有機：魚菜共生因分屬不同的養殖或耕作系統，此系統脫離土壤後，蔬菜病蟲害的威脅小，故一般不須再用傳統農藥，且任何一方用藥皆可能造成對方的傷亡，故在此戒慎恐懼下生產出的作物或瓜果大多能生吃。

二、高品質產出：系統內的主角即魚類，一般是養殖在清澈見底的水體中，魚苗進場時只要通過良好檢疫，整個養殖生長周期無需使用任何藥物。因此產出的魚及其產品理應潔淨無污染。品嚐魚肉應無泥腥味，魚肉鮮美誘人。又蔬菜因長於水體中全面吸收營養，植株多甘甜而鮮嫩爽口。

三、無連作障礙：魚菜共生系統不須像傳統的土壤栽培須適時的進行休耕、輪作，在水體中也沒有連作障礙。而傳統的土壤栽培連作時多會進行土壤消毒，則必然會為下一輪的栽培帶來藥害殘留問題。

四、雜草免藥噴：作物栽培在種植孔裡，根系漂浮在水中，可天然隔絕雜草生長。因此，魚菜系統裡的植物無需噴施除草劑。

2. 魚菜系統的缺點

一、系統較複雜，前期投資較大: 需要建設完備的裝置之後才能夠投入使用運營。但只要設計得當，後期管理相對簡單。

二、電力系統需高穩定性: 尤其魚類對氧氣的需求高，高密度養殖時對電力供氧的穩定性要求比較高，一旦長時間停電，整個系統即可能崩潰。

三、怕疾病: 不可諱言因無法用藥，一旦疾病爆發常致一發不可收拾。

四、蚓糞應用於魚菜共生的初探

蚯蚓糞(Vermicompost)中的有機營養甚俱全，富含酵素、腐植酸及微生物菌群，可促進有機質分解及刺激植物的營養吸收、加強植物的生長及根系的形成，有助於提高植物的生產效力及產量。對氮、磷、鉀具有吸附作用，可以緩慢且長效地提供植物的營養。因此，本實驗室在之前的蚯蚓養殖及蚓糞堆肥基礎上，擬藉由蚓糞的效果，將之運用於魚菜共生系統中，或可解決系統中植物的營養障礙問題，期望可以減少或取代系統中化學肥料的使用。以下略為介紹本年度本校個人主持的海洋資源研究室專題生進行初步試驗的成果。

1. 目的：

- (1) 探討蚓糞對於魚菜共生是否有幫助。
- (2) 以蚓糞補足魚類代謝物所缺乏的營養元素，並減少或取代化學肥料的使用。
- (3) 以農食廢棄物作為原料供蚯蚓堆肥，利用其所產生之蚓糞解決魚菜共生中植物對於微量元素缺乏的問題。
- (4) 魚菜共生與蚓糞的結合，兩者相輔使之更具友善環境的意義。

2. 預期成果：純蚯蚓糞有機肥不僅含有氮、磷、鉀等大量元素，而且含有鐵、錳、鋅、銅、鎂等多種微量元素和 18 種氨基酸，有機質含量和腐植質含量都達到 30% 左右。蚓糞的特性可能補足魚菜共生中，植物所缺乏的營養元素，並期望其能達到減少或取代化學肥料使用的目的。

但亦可能有某些營養元素依舊缺乏，也可能造成底泥和水中懸浮微粒的增加。

3. 材料與方法：

- (1) 此實驗分為對照組(C1、C2)及實驗組(T1、T2) 進行雙重複試驗。對照組不添加蚓糞，而實驗組於水耕植槽中放入裝有蚓糞的營養滷包，以比較蚓糞之有無對魚菜共生的影響。
- (2) 系統包括一個容積 90 L 的養殖桶、面積約為 52 cm * 38 cm (液面高 7 cm) 的水耕植槽、18 個浮筏盆、抽水馬達所構成。
- (3) 本試驗於 2018/8/1 至 2018/8/31 間進行，實驗地點為國立宜蘭大學時習大樓頂樓。每個養殖桶中放養 10 隻總重約 65g 的朱文錦，每日投餵 2g 約魚總重之 2~4% 的飼料。
- (4) 系統中水流方向為養殖桶→抽水馬達至栽培槽→重力回流至養殖桶(如圖 2)。
- (5) 栽培作物為短期葉菜類的蕓菜，浸泡種子後移植於含有水耕海綿的穴盤中，待子葉長出、本葉初展之際再移至實驗系統中之浮筏盆中。(每處理組種植 18 株)
- (6) 每週補足蒸散的水量，並且加入蚓糞至實驗組系統之營養滷包中。
- (7) 試驗期間每日紀錄養殖水之 pH 值、水溫、氣溫；每三日進行一次養殖魚水之溶氧量(DO)、電導度(Conductance)之測量；每週日進行一次亞硝酸鹽氮濃度、植物株高、葉片數之測量；實驗開始與結束測量植物株高、植物總鮮重、魚隻體長、體重。並且以植物外觀(如葉片顏色的變化)以評估植物所正面臨的營養障礙。

4. 結果與討論

為節省篇幅，初步結果僅介紹較重要的植物及魚隻生長狀況，依序如下：

(1). 植物生長狀況

各組植物之平均起始株高均為 145mm。實驗組與對照組在第 15 天之生長勢差異不大，添加蚓糞之實驗組稍優於對照組。實驗超過 15 天後，實驗組的生長速度開始大幅提升，而對照組則維持同樣的成長遲緩速度。第 29 日實驗結束時，實驗組的平均株高皆高於對照組($P<0.05$)，其中以 T1 成長勢最好(約 574mm)；T2(約 403mm)較接近 C2(約 377mm)，但 T2 之生長狀況較 C2 好，且生長障礙如枯、黃葉情形較不明顯；C1 成長最為遲緩其平均株高僅 296mm (圖 3)。

實驗開始第 15 天，植物葉數生長狀況各組幾乎一致；唯 15 天後實驗組的葉數繼續增加，而對照組則開始持平，並陸續有黃葉、枯葉的掉葉現象(Table 1)。

每組之起始均根系長度約為 45mm，而實驗結束時各組的根長皆差不多約為 85 ± 3 mm，推測此可能與液面高度有關，因植物的根系並不會完全浸於水中生長，此長度的根系約有五分之三於水中吸收養分與水分，尚有五分之二懸空供植物呼吸，因此液面高度可能限制了根系生長的長度。其中 C2 結束的平均根長最短(約 66mm)，其主根較短而側生根較多(Table 2)。

採收時之作物鮮重，實驗組 T1 及 T2 分別為 82g、88g，均大於對照組 C1 及 C2 之 58g、56g (Table 3)。除對照組 C2 損失一株蕓菜外，其餘植株存活率皆為 100% (Table 4)。

從作物的株高、葉數與鮮重來看，添加蚓糞之實驗組其生長皆優於無添加蚓糞之對照組，說明在魚菜共生系統中添加蚓糞是有助於植物生長的。

(2). 魚隻生長狀況

每組放養 10 隻朱文錦，每隻魚之平均初始體長為 50mm、總重為 65g，每日餵食 2%~4% 重量之飼料，餵食量會依照水體養分而作調整。結束時每組魚之平均體長差異不大，約為 67 ± 3 mm，平均成長了 17mm；總重為 107 ± 5 g，增加約 42g (Table 5)。

除對照組 C1 損失一條魚外，其餘組別存活率皆為 100% (Table 6)，因此 C1 結束時總重較低，但均重依舊與其他組差異不大($P>0.05$)。

5. 結論

經統計分析，結果顯示蕓菜的生長勢在有添加蚓糞的實驗組會比無添加蚓糞的對照組佳，顯示蚓糞確實能提供植物較良好的生長養分，其結果參見 Table 7 以及比較圖 4a 和 4b。

五、總結

魚菜共生雖被認為是農業未來發展的重要趨勢之一，然而，魚與植物的營養需求非常不同，故有必要在魚菜共生系統中適當添加微量營養素和大量營養素，但值得一提的是添加微量和巨量營養素可能會抑制硝化菌的生長，因此未來或可進一步研究能否使用有機肥料來減少對硝化菌的影響。即使在宜蘭地區罕有缺水現象，但就在今年暑期我們熟識的一位在地淡水養殖業者卻因原本豐沛的山泉水源不足而停養。未來因應氣候變遷的加劇，發展節能省水的養殖模式有其必要性，我們希望發展友善環境的魚菜共生系統，可讓一些水源不穩定地區也有機會發展生產優良蛋白質的產

業。而我們也希望地下水源豐沛無污染之虞的宜蘭水田能由經濟價值較低的單一水稻耕作部分轉型成魚稻或魚茭(白筍)共生的較高經濟耕作模式，達成大家期待的友善環境理想，也更能保有宜蘭優良農地的機會，否則任由農地遍植農舍，一切俱往矣。宜蘭向來是個魚米之鄉，擁有這麼好的農業條件值得我們來用心經營。

參考資料:

1. 關於魚菜共生:資料部份引自維基百科: <http://en.wikipedia.org/wiki/Aquaponic#History>
2. 陳永松 (2014) 看見土地新價值—宜蘭綠博之魚菜共生展。青芽兒 62:4-9。

謝誌:

本文第四部分的成果分享要感謝本實驗室目前專題生賴雅婷、余築穎的協助試驗與資料分析，而第二部分(魚菜共生的種類)則特別感謝之前青芽兒主編舒詩偉先生的鼓勵與邀稿。

Table 1. 蚓糞應用於魚菜共生系統之對照組 (C1/C2) 及實驗組 (T1/T2) 植物葉片數比較

Days	葉數(片)			
	C1	C2	T1	T2
1	4	4	4	4
8	6	6	6	6
15	8	8	8	8
22	8	8	12	12
29	13	14	19	16
31	13	14	19	16

Table 2 蚓糞應用於魚菜共生系統之對照組 (C1/C2) 及實驗組 (T1/T2) 在起始與結束時之根系長度

Days	平均根系長(mm)			
	C1	C2	T1	T2
1	45	45	45	45
31	84	66	87	82

Table 3 蚓糞應用於魚菜共生系統之對照組 (C1/C2) 及實驗組 (T1/T2) 植物收穫鮮重

收穫鮮重(g)			
C1	C2	T1	T2
58	56	82	88

Table 4 蚓糞應用於魚菜共生系統之對照組 (C1/C2) 及實驗組 (T1/T2) 植株存活數

Days	植物存活數(株)			
	C1	C2	T1	T2
1	18	18	18	18
8	18	17	18	18
15	18	17	18	18
22	18	17	18	18
29	18	17	18	18
31	18	17	18	18

Table 5. 蚓糞應用於魚菜共生系統之對照組 (C1/C2) 及實驗組 (T1/T2) 試驗起始與最終時魚平均體長及魚總重

Days	魚平均體長(mm)				魚總重(g)			
	C1	C2	T1	T2	C1	C2	T1	T2
1	50	50	50	50	65	65	65	65
31	64	70	70	68	81	102	112	112

Table 6. 蚓糞應用於魚菜共生系統之對照組 (C1/C2) 及實驗組 (T1/T2) 各階段魚存活隻數及最後存活率

Days	魚存隻數(隻)			
	C1	C2	T1	T2
1	10	10	10	10
8	10	10	10	10
15	10	10	10	10
22	9	10	10	10
29	9	10	10	10
31	9	10	10	10
存活率(%)	90	100	100	100

Table 7. 蚓糞應用於魚菜共生系統最後成果之比較

組別：		C1	C2	T1	T2
蕹菜		100	94.44	100	100
	抽樣株高 (mm)	210.8±84.1 ^a	240±34.67 ^a	511.8±120.81 ^b	437.2±72.24 ^b
	收穫鮮重(g)	58	56	82	88
朱文錦	存活率(%)	90	100	100	100



圖 1. 2014 年宜蘭縣綠色博覽會之”微笑聚落”魚菜共生展區由本校生動系海洋資源研究室協助規劃

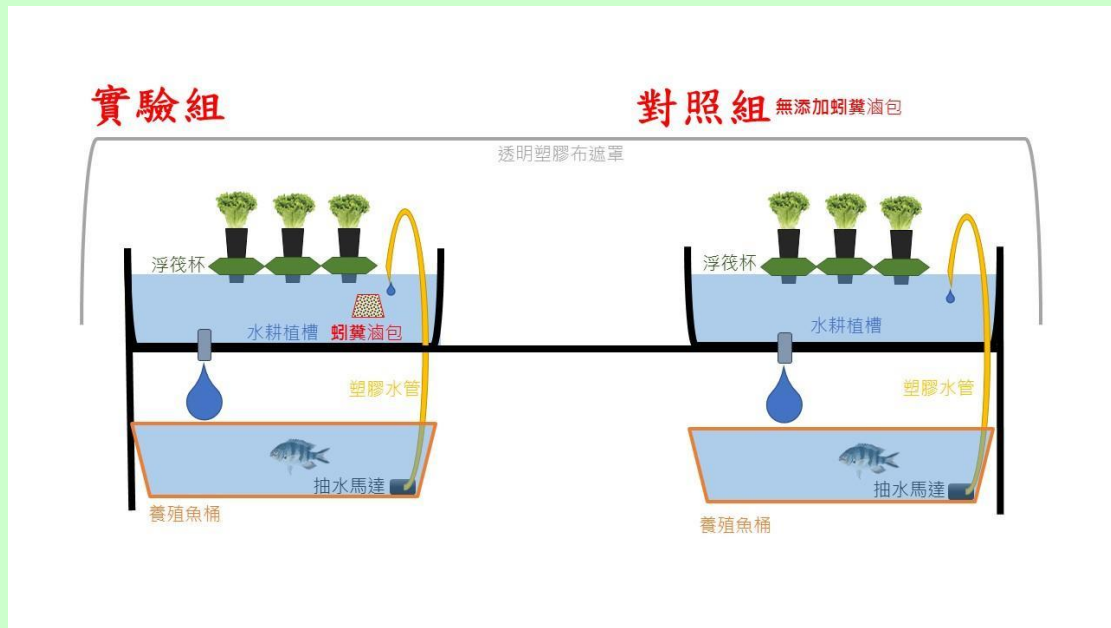


圖 2. 蚓糞應用於魚菜共生系統之對照組及實驗組操作示意圖

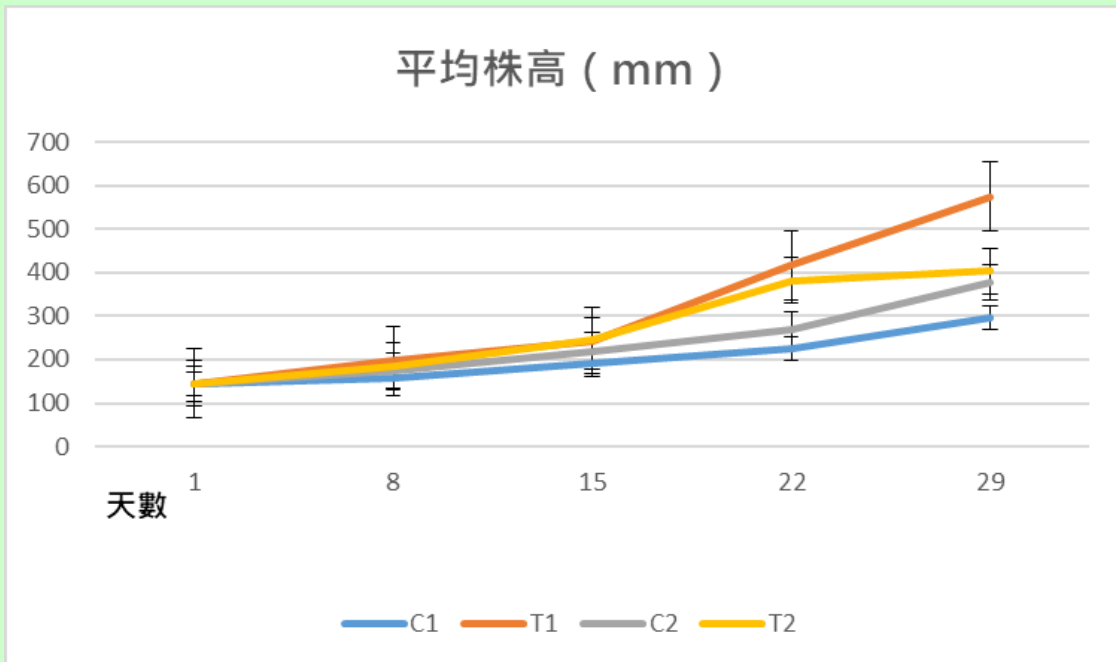


圖 3. 蚓糞應用於魚菜共生系統中蕹菜之生長曲線(株高)
C1/C2:對照組 T1/T2:處理組



圖 4a. 魚菜共生系統中蘿菜之生長勢比較
對照組 C1 (左) 及實驗組 T1 (右)



圖 4b. 魚菜共生系統中蘿菜之生長勢比較
對照組 C2 (左) 及實驗組 T2 (右)