

嘉南藥理大學 104 年度教師研究補助研究計畫

重點研究總計畫

校園魚菜共生水處理循環系統之可行性評估

子計畫名稱：魚菜成長與利用效益評估

子計畫主持人：陳健民

摘要

本研究應用校內有志廣場二樓「智慧環境水產養殖系統」結合直接漂浮系統(deep water culture aquaponics)、直接灌溉連接系統(media based aquaponics system)及、養殖分離系統(Nutrient Film Technique aquaponics system)三種魚菜共生系統。並於三系統中養殖 1cm 的鯉魚及種植小白菜，並於每周進行小白菜及鯉魚的生物量測定，進行兩周後比較三系統小白菜及鯉魚的生物量變化之差異比較。試驗中同時測定魚池、魚菜共生系統出水口之氨氮、硝酸及亞硝酸濃度。研究結果顯示，三種魚菜共生系統對氨氮、硝酸及亞硝酸三者濃度在統計分析中並無顯著差異，但是在小白菜及鯉魚的生物量中均以養殖分離系統($p < 0.05$)最好。綜合以上的結果顯示出，在鹽養鹽的轉換與小白菜、鯉魚的生物變化程度上，皆是以養殖分離系統的效果最佳，其次為灌溉連接系統。未來對於魚菜共生系統的選擇上，較推薦利用養殖分離系統。

前言

魚菜共生(Aquaponics)就是將魚類與蔬菜水果結合，共同生長的應用設施。本研究將結合校內有志廣場二樓「智慧環境水產養殖系統」進行直接漂浮系統(deep water culture aquaponics)、直接灌溉連接系統(media based aquaponics system)及、養殖分離系統(Nutrient Film Technique aquaponics system)三種魚菜共生的設計與養殖。並於研究中探討三種魚菜共生系統間之效益之差異。

Aquaponics 是一個在字典上查不到的英文創新字，來自於近代綠生活科技發展所衍生出的新字，其中 Aqua=Aquaculture(水產養殖)，



ponics=Hydroponic(水耕)，中文以“魚菜共生”稱謂之。魚菜共生(Aquaponics)就是將魚類與蔬菜水果結合，共同生長的應用設施，其原理主要利用魚的排泄物，經由水泵送到有硝化作用的蔬菜水耕(礫耕)池，其中的水中懸浮物與有害原素(有機大分子狀)，經硝化菌等益菌的轉化為營養小分子(氮、磷、鉀、鎂 等)以供給植物的水根吸收，輸至葉片經光合作用轉成胺基酸促使植物成長，同時也淨化了水質，再循環回魚池供給魚類健康的生長環境，這種利用水循環交換所需，使三種生物(魚、細菌、植物)互惠互利共同生長的方式(Jr. et al., 2013)(圖 1)。在國際上，Aquaponics 是一個因應環保，而發展出的可再生(可持續發展)的最新生態科學。魚菜共生系統如果能以太陽能為水循環動力的來源，更加符合，可持續發展型生態(Sustainability)，也是當前全世界呼籲挽救地球生態的趨勢(Goodman, 2011; Villarroel et al., 2011)。

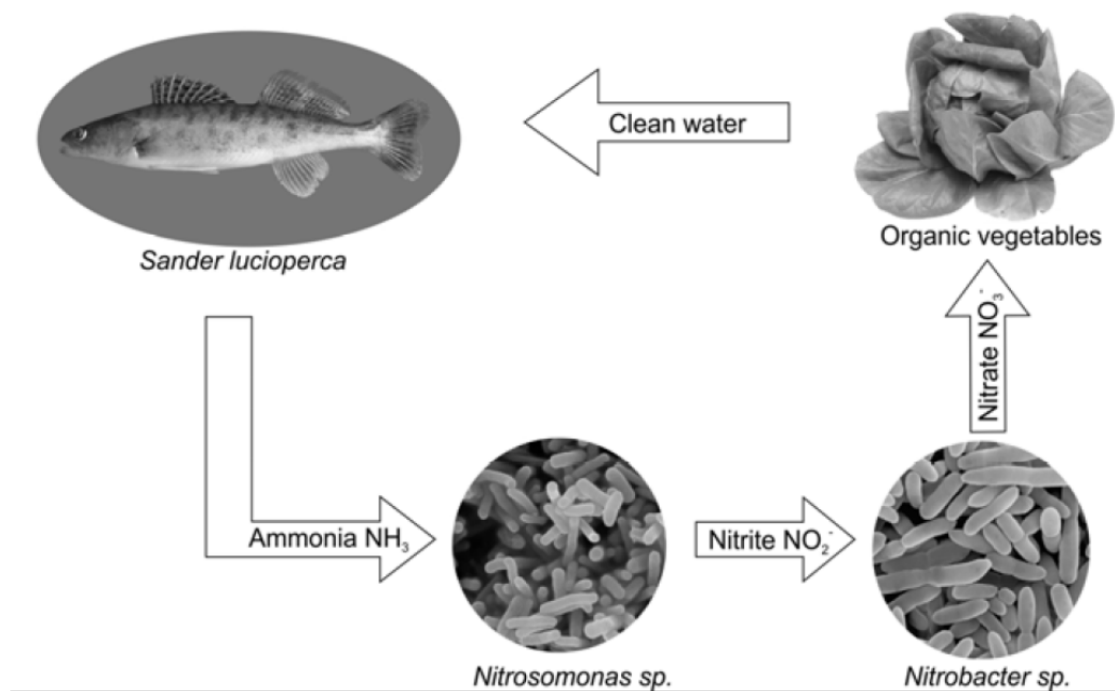


圖 1. 魚菜共生示意圖。取自 (Graber and Junge, 2009)

魚菜共生(Aquaponics)系統大致可分成直接漂浮系統(deep water culture aquaponics system, 圖 2)、灌溉連接系統(media based aquaponics system, 圖 3)及養殖分離系統(Nutrient Film Technique aquaponics system, 圖 4)三種魚菜共生系統(Ako and Baker, 2009)。其中，直接漂



浮法及、養殖分離法多以水耕蔬菜種植為主，灌溉連接法則以養殖基土或土壤為種植的基質，可以應用於果樹及根菜類的蔬果。

直接漂浮系統(deep water culture aquaponics system，簡稱：DWC系統，圖 2)為最便宜也最簡單的魚菜共生系統。主要以浮板漂浮在魚池上，在浮版上直接進行短期葉菜類為植栽的水耕方式。該系統最大的優點為便宜及方便，但是由於養殖魚池中魚類排放的含氮廢棄物尚未完全轉換成植物可以利用的形態，所以植栽的成長通常較慢。

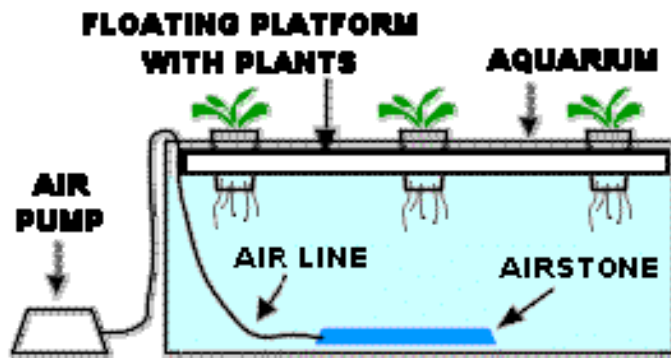


圖 2. 直接漂浮法(deep water culture aquaponics system)

灌溉連接系統(media based aquaponics system，簡稱：M-B 系統，圖 3)，簡單來說就是利用養魚的水進行植栽的澆灌。該系統花費較 DWC 系統貴，但是可以種植植栽種類較多。M-B 系統最大的缺點是水的回收量較差，回收水也可能造成魚池水質變差，影響魚類養殖效應。

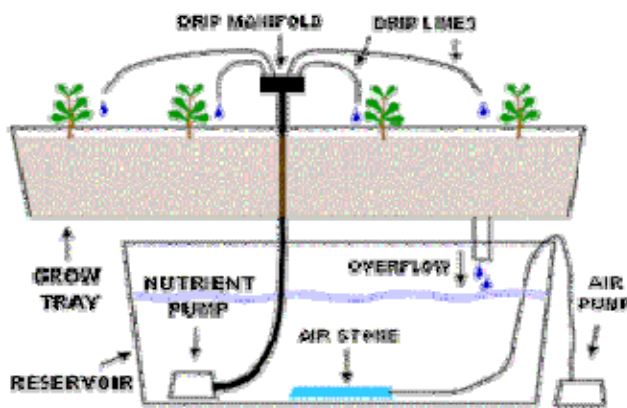


圖 3.灌溉連接系統(media based aquaponics system)



養殖分離系統(Nutrient Film Technique aquaponics system，簡稱：NFT 系統，圖 4)，或有翻譯為營養液膜技術系統。NFT 系統是在最適合於大規模生產小根系葉菜類魚菜共生系統。NFT 系統可以外加消化槽使養魚後的含氮廢棄物轉換成植物可以利用的營養鹽形態，增加植物成長的效率。該系統除了費用較 M-B 系統高外，種植作物受到限制也是它較大的缺點。

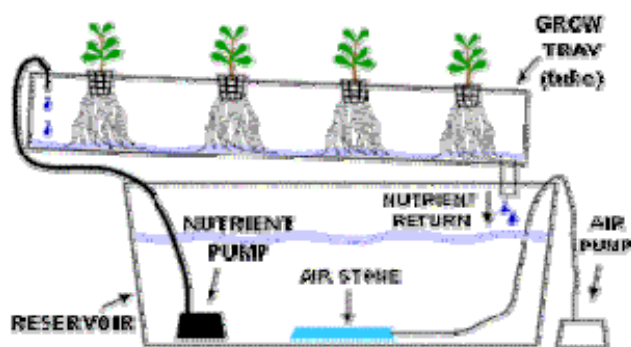


圖 4.養殖分離系統(Nutrient Film Technique aquaponics system)

材料與方法

本研究將結合校內有志廣場二樓「智慧環境水產養殖系統」進行直接漂浮系統(DWC 系統)、直接灌溉連接系統(M-B 系統)及、養殖分離系統(NFT 系統)三種魚菜共生系統的建立。並於三系統中養殖 1cm 的鯉魚，並於三種魚菜共生系中種植小白菜，並於每周進行小白菜及鯉魚的生物量測定，進行六周後比較三系統小白菜及鯉魚的生物量變化之差異比較。試驗中測定魚池、魚菜共生系統出水口之氨氮、硝酸及亞硝酸濃度。各項細部分述如下：

一、實驗動物準備

實驗動物-鯉魚(*Cyprinus carpio carpio*)來自嘉義魚苗廠，購入後放入有志廣場二樓「智慧環境水產養殖系統」訓養。系統中以通氣設備曝氣，待其穩定後進行後續試驗。試驗生物於試驗前依體長 1.0-1.2cm，且隨機分配至各試驗組($n \geq 20$)。

二、小白菜



小白菜種子不需經過浸泡或催芽，因此購回的種子直接播種在潮濕的棉花上，不需加蓋及遮蔭，只要保持種子表面濕潤即可。等待發芽至 1cm 後連同棉花直接放入三種魚菜共生系統的養殖槽中即可。

三、 魚菜共生(Aquaponics)系統建立

本研究主要建立直接漂浮系統(deep water culture aquaponics system，圖 2)、灌溉連接系統(media based aquaponics system，圖 3)及、養殖分離系統(Nutrient Film Technique aquaponics system，圖 4)三種魚菜共生系統，系統採封閉式的水循環系統。系統中的水源主要來自於有志廣場二樓「智慧環境水產養殖系統」。

四、 氨氮、硝酸及亞硝酸濃度

水樣採回後檢測水中氨氮(行政院環境保護署環境檢驗所, 2005a)與硝酸鹽(行政院環境保護署環境檢驗所, 2005b, 2006)及亞硝酸鹽(行政院環境保護署環境檢驗所, 2002)，檢驗方法將參考環境保護署環境檢驗所提供之標準方法進行。

五、 統計分析

氨氮、硝酸、亞硝酸濃度及小白菜與鯉魚的生物量結果以 one-way ANOVA(SPSS, 2012)進行各周不同系統間的比較，分析後有顯著差異者 ($p < 0.05$) 再以 Duncan 比較各組間的差異。

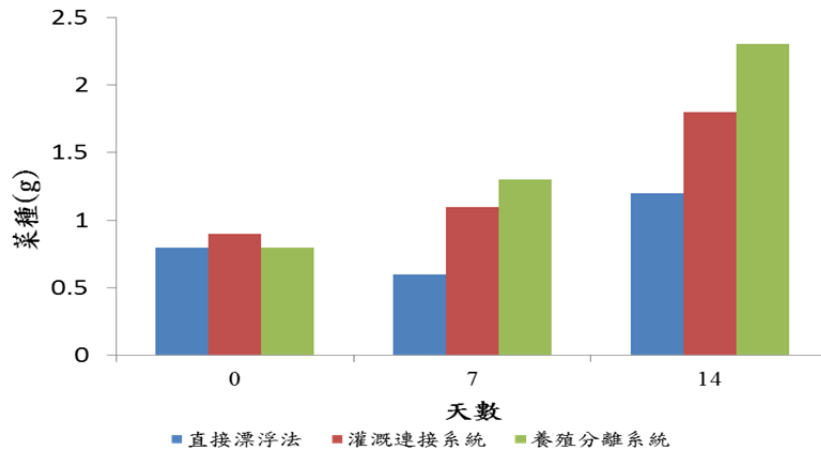
結果與討論

從結果顯示，三種魚菜共分系統對氨氮、硝酸及亞硝酸三者濃度在數據上分析並無顯著差異($p > 0.05$)，但是由圖 5 可看出養殖分離系統在營養鹽轉換效果上較好。



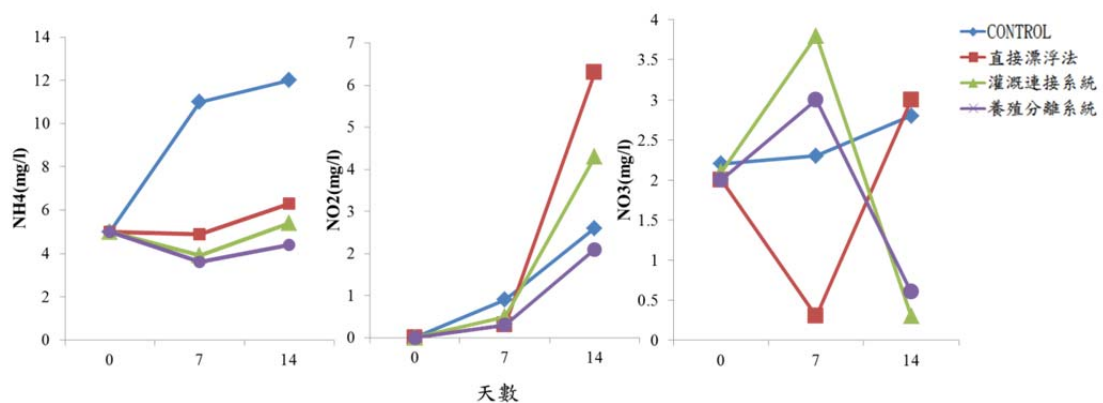
圖 5.三種魚菜共生系統對氨氮、硝酸與亞硝酸鹽濃度變化，三種營養鹽均為無顯著差異($p>0.05$)。

在三種魚菜共分系統種植小白菜的結果顯示出(圖 6)，在兩個禮拜



後以養殖分離系統的種植效果較好小白菜重為 2.3g，接著為灌溉連接系統小白菜重為 1.8g，直接漂浮法效果較差小白菜重則為 1.2g。

圖 6. 三種魚菜共生系統對小白菜的重量(g)變化，此試驗 CONTROL 組無種植小白菜。



在三種魚菜共分系統養殖鯉魚的結果顯示出(圖 7)，兩個禮拜後養殖分離系統的鯉魚魚體重較高，平均為 26.3 g。第二則為灌溉連接系統平均為 22.6 g，Control 組與直接漂浮法結果並無太大差異，分別為 18.6g 與 19.2g。



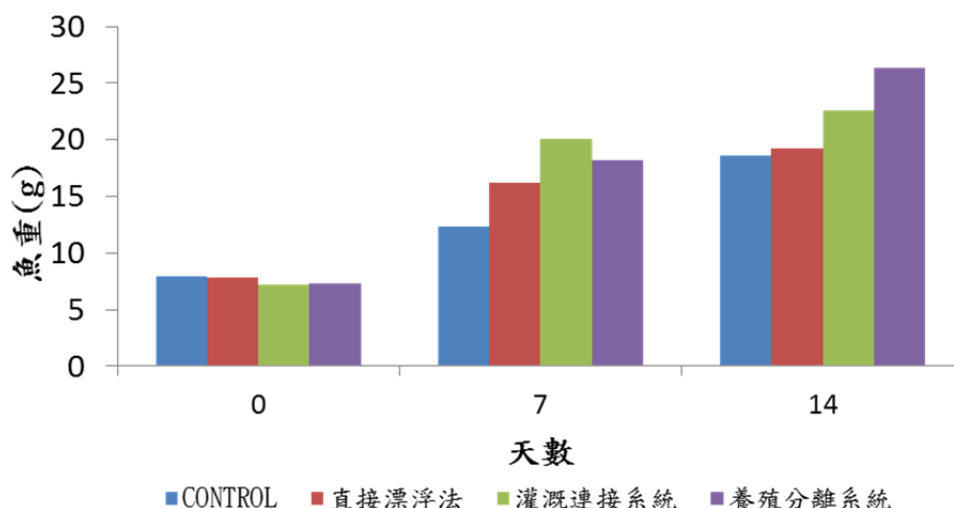


圖 7. 三種魚菜共生系統對鯉魚的重量(g)變化。

因在養殖分離系統對營養鹽氮轉化為硝酸的效果較好，才有利於小白菜與鯉魚的養分吸收。綜合以上的結果顯示出，在鹽養鹽的轉換與小白菜、鯉魚的生物變化程度上，皆是以養殖分離系統的效果最佳，其次為灌溉連接系統。未來對於魚菜共生系統的選擇上，較推薦利用養殖分離系統。

本研究應用校內有志廣場二樓「智慧環境水產養殖系統」結合直接漂浮系統(deep water culture aquaponics)、直接灌溉連接系統(media based aquaponics system)及、養殖分離系統(Nutrient Film Technique aquaponics system)三種魚菜共生系統。研究探討三種魚菜共生系統間蔬菜及魚體之成長效益。初步結果顯示，養殖分離系統的效果最佳，其次為灌溉連接系統。除此之外，亦可了解三種系統間生態系統能量的傳遞與改變。同時，也可利用該系統教導學生智能農業之相關新興概念。

參考文獻

- Ako, H., Baker, A. (2009) Small-Scale Lettuce Production with Hydroponics or Aquaponics. Sustainable Agriculture, SA-2.
- Goodman, E.R., (2011) Aquaponics: Community and Economic Development, Massachusetts institute of technology. Arizona State University.



- Graber, A., Junge, R. (2009) Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination* 246, 147-156.
- Jr., R.W.M., Mathison, M., Mayer, B., Nagurka, M., Cariapa, V., Schabelski, J., (2013) Aquaponics: A Sustainable Food Production System That Provides Research Projects for Undergraduate Engineering Students, *World Engineering Education Forum 2013*, pp. 1-8.
- SPSS (2012) *SPSS Base 20.0 User's Guide*. SPSS Institute, Chicago, IL.
- Villarroel, M., Alvariño, J.M.R., Duran, J.M. (2011) Aquaponics: integrating fish feeding rates and ion waste production for strawberry hydroponics. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9, 537-545.
- 行政院環境保護署環境檢驗所, (2002) 水中亞硝酸鹽氮檢測方法—分光光度計法(NIEA W418.51C). 行政院環境保護署, 臺北市.
- 行政院環境保護署環境檢驗所, (2005a) 水中氨氮檢測方法—靛酚比色法(NIEA W448.51B). 行政院環境保護署, 臺北市.
- 行政院環境保護署環境檢驗所, (2005b) 水中硝酸鹽檢測方法—馬錢子鹼比色法(NIEA W417.51A). 行政院環境保護署, 臺北市.
- 行政院環境保護署環境檢驗所, (2006) 水中硝酸鹽氮檢測方法—分光光度計法(NIEA W419.51A). 行政院環境保護署, 臺北市.



