

出國報告(出國類別：其他-技術支援)

赴聖露西亞協助「後疫情時期協助  
拉丁美洲及加勒比海經濟復甦暨婦  
女賦權計畫」辦理水產品永續經營  
及加值專案-魚菜共生訓練班

服務機關：行政院農業委員會水產試驗所淡水繁養殖研究中心

姓名職稱：李曜辰助理研究員

派赴國家：聖露西亞

出國期間：112年2月27日至112年3月16日

報告日期：112年05月17日

## 摘要

本次任務為赴聖露西亞協助「後疫情時期協助拉丁美洲及加勒比海經濟復甦暨婦女賦權計畫」辦理水產品永續經營及增值專案-魚菜共生訓練班。魚菜共生為結合水產養殖的循環水系統及農業的水耕模式之複合式農業生產模式，利用硝化菌將魚類產生的廢棄物轉化成植物能利用的營養形式，最終以植物吸收水中的硝酸鹽類達到淨化水質之目的，利用資源的循環利用(水資源及氮源)達到永續農業之目的。本次任務先以訓練班形式分享魚菜共生基礎概念；藉由介紹魚菜共生系統設計、相關的水質參數及管理方法、植物及水產養植物種管理等，提高當地技術人員、相關業者及一般民眾對於魚菜共生技術之相關知識，提升該國技術人員協助民眾解決魚菜共生相關問題之能力。期間亦安排實地參訪南北兩地不同的魚菜共生案場，了解目前露國魚菜共生系統發展現況及遭遇瓶頸。

本次任務成果除了透過辦理工作坊提高學員對魚菜共生之認識，也因應露國農業部要求，將課程簡報及上課過程蒐集到的相關問答整理成技術手冊提供給學員參考，同時藉由實地訪查，針對各別系統給予相關建議，最後根據經驗針對該國發展魚菜共生系統之可行性進行評估，以協助魚菜共生在露國順利發展。

## Abstract

This mission contributed to “Assisting the Economic Empowerment of Women in Latin America and the Caribbean in the Post-Pandemic of COVID-19 Project” by holding aquaponic workshops in Saint Lucia. Aquaponic is an integrating aquaculture technique which combine recycling aquaculture system and hydroponic system. It uses nitrifying bacteria to convert toxic waste from fish into nutrient of plant. By recycling the water and nitrogen resources, aquaponics achieves the goal of sustainable agriculture. The goal of this mission was to share knowledge through workshops, including aquaponic system design, water quality, aquaculture/agriculture management. We assisted technicians in improving their problem-solving abilities by expanding their expertise of aquaponics. With the workshop, we increased practitioners' understanding of aquaponics. We also arranged site visits to local aquaponic field during the session to understand the development and bottleneck of aquaponic in Saint Lucia.

The result of this mission is to not only host the workshop to share aquaponic knowledge, but also to write a technical manual for workshop participants in response to the ministry of agriculture's request. During site visits, we provide suggestions based on the situation in each field. Finally, we evaluate the possibilities of aquaponic development to aid the growth of aquaponic in Saint Lucia.

## 目次

摘要.....	1
Abstract .....	2
目次.....	3
圖目錄.....	4
表目錄.....	5
壹、 計畫緣起.....	6
貳、 考察國家特色與概況.....	10
參、 執行過程.....	12
1. 拜會臺灣駐聖露西亞大使及聖露西亞農業部官員.....	15
2. 技術人員訓練課程.....	16
3. 南部農民訓練課程.....	17
4. 北部農民訓練課程.....	19
5. 南部魚菜案場參訪.....	20
6. 北部魚菜案場參訪.....	25
肆、 評估發現.....	29
1. 技術人員訓練課程.....	29
2. 南部農民訓練課程.....	30
3. 北部農民訓練課程.....	30
4. 南部魚菜案場參訪.....	31
5. 北部魚菜案場參訪.....	32
伍、 心得與規劃建議.....	34
陸、 成果.....	39
柒、 參考文獻.....	40
附錄一、技術手冊.....	41

## 圖目錄

圖 1-1、三種魚菜共生系統 .....	8
圖 1-2、當地捕撈漁業 .....	11
圖 1-3、拜會臺灣駐聖露西亞大使及聖露西亞農業部官員 .....	16
圖 1-4、技術人員訓練課程 .....	17
圖 1-5、南部農民訓練課程 .....	18
圖 1-6、課程實作 .....	18
圖 1-7、北部農民訓練課程 .....	19
圖 1-8、技術團協助授課 .....	20
圖 1-9、Arthur 女士的案場現況.....	21
圖 1-10、NCPD 案場 .....	22
圖 1-11、Keifer Vitalis 先生的案場 .....	24
圖 1-12、第一溫室系統圖 .....	24
圖 1-13、第二溫室系統圖 .....	25
圖 1-14、漁業司位於 Castries 之示範系統 .....	26
圖 1-15、漁業司位於 Gros Islet 之試驗系統.....	27
圖 1-16、Felix Jaria 博士的案場.....	28
圖 1-17、魚菜系統之問題 .....	33
圖 1-18、修復後之漁業司示範系統 .....	39

## 表目錄

表 1-1、三種不同魚菜共生系統之優缺點.....	7
表 1-2、行程表.....	14
表 1-3、訓練課程大綱.....	15

## 壹、計畫緣起

魚菜共生為複合式的農業生產模式，藉由結合水產養殖的循環水系統及農業的水耕模式，達到資源循環利用之目的；古代，不論是東西方皆有類似概念的農業生產模式，近代魚菜共生則是自 1980 年代起蓬勃發展<sup>1</sup>，近年隨著氣候變遷議題及永續農業逐漸被重視，魚菜共生再度成為熱門話題。

魚菜共生可初步分為三類：介質式栽培(Media Bed Culture)、薄膜式栽培(Nutrient Film Technique, NFT)及深水式栽培(Deep Water Culture, DWC)<sup>2</sup>；介質式系統於植栽床上利用介質固定植株，故栽種形式與傳統種植方式最為相近，介質種類包含發泡煉石、礫石、火山岩等等，這些介質可作為物理性及生物性濾床，NFT 系統利用 PVC 水管作為植栽床，其無需介質且節省空間，需要的水量也較少，DWC 系統與介質式栽培相仿，主要差別在於 DWC 系統的植栽床內並無介質，而是利用保麗龍等材質製成的浮板固定植株，這三種系統皆有各自的優缺點(表 1-1)。

表 1-1、三種不同魚菜共生系統之優缺點

	優點	缺點
介質式栽培	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設計簡單</li> <li>2. 可種植幾乎所有種類的植物</li> <li>3. 介質床可充當物理/生物過濾器，養殖密度不高時無須設置額外過濾設備</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 系統水份容易蒸散</li> <li>2. 因需要介質，難大規模施作</li> <li>3. 系統設計時需考量介質重量</li> <li>4. 介質床維護不善時容易堵塞</li> </ol>
薄膜式栽培	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 省水，水分蒸散量少</li> <li>2. 節省空間</li> <li>3. 架設/操作方便</li> <li>4. 可大規模施作</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 種植植物種類有限</li> <li>2. 需要額外過濾設備</li> <li>3. 較複雜</li> <li>4. 系統水體小，水質容易受影響</li> </ol>
深水式栽培	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 因浮筏遮蔽植栽床水表，水溫較容易控制，水分蒸散較少</li> <li>2. 可大規模施作</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 種植植物種類有限</li> <li>2. 需要額外過濾設備</li> <li>3. 可能需要額外的供氧設備</li> <li>4. 系統設計時需考量水體重量</li> </ol>

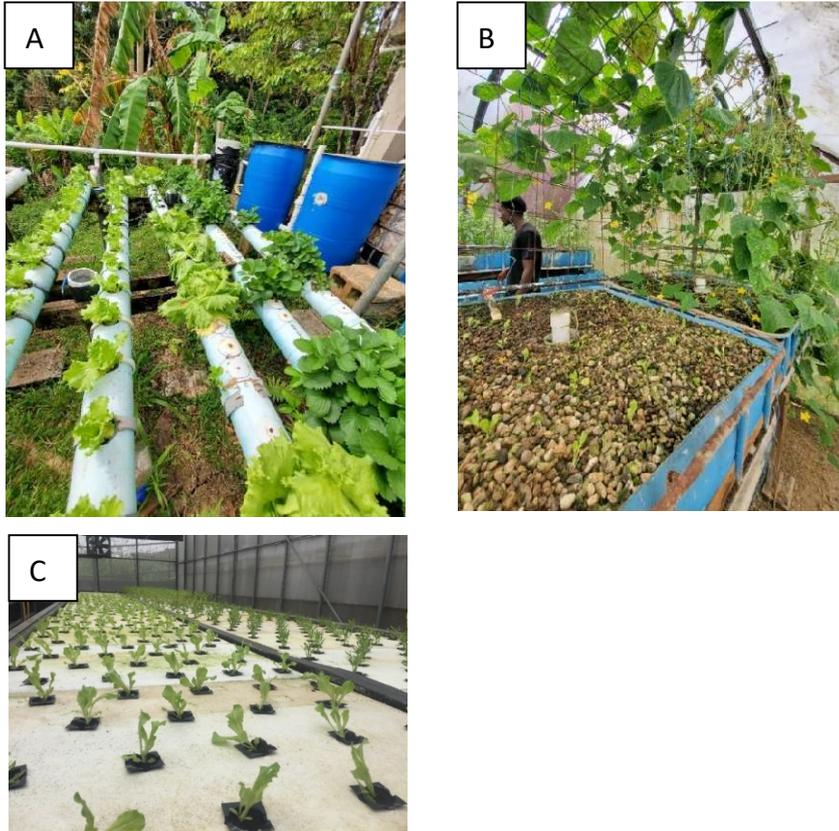


圖 1-1 三種魚菜共生系統：A. 薄膜式栽培(Nutrient Film Technique, NFT)魚菜共生系統。B. 介質式栽培(Media Bed Culture)魚菜共生系統。C.深水式栽培(Deep Water Culture, DWC)魚菜共生系統

本計畫緣由為 111 年露國婦女團體於國際倡議提案提出需要建構家庭式魚菜共生技術之相關協助，以供該國女性在後疫情時代仍能維持家庭收入。當地漁業司官員亦曾反應當地民眾對於發展魚菜共生技術有興趣，希望能獲得相關技術支援，故國合會邀請農委會水產試驗所於 2023/02/27 至 2023/03/16 派遣專家前往聖露西亞協助辦理魚菜共生工作坊，利用訓練班分享魚菜共生基礎概念及臺灣經驗，提高當地技術人員、相關業者及一般民眾對於魚菜共生技術之

相關知識，再藉由實地參訪形式了解目前露國魚菜共生發展的現況及瓶頸，並診斷各案場的問題後給予建議，最後根據授課過程及案場參訪經驗，針對露國的魚菜共生現況及未來發展提供相關建議，協助該技術能在露國持續發展。

## 貳、 考察國家特色與概況

聖露西亞為加勒比海島國家，其國土面積為 616 平方公里，過去產業以農業為主，種植香蕉及甘蔗等作物，但近年逐漸被觀光旅遊業取代，其工業並不發達。110 年農漁業的產值占全國 GDP 僅 1.8%<sup>3</sup>，該國飲食上水產品佔不小的比例，水產品來源主要仰賴當地捕撈漁業及外國進口，當地漁撈以沿近岸捕撈漁業為主，捕撈物種包含鬼頭刀、旗魚、鮪魚、海螺及龍蝦等，本土水產養殖產業並不興盛，主要的海水養植物種為海藻，利用種類為耳突麒麟菜 (*Eucheuma cottonii*)、龍鬚菜屬 (*Gracilaria spp.*) 成員及長心卡帕藻 (*Kappaphycus alvarezii*)<sup>4</sup>，海藻的利用形式為曬乾後添加至食物或飲料內使用，也會出口到其他國家，目前無其他產業化的海水養植物種；淡水養植物種僅有吳郭魚及淡水長臂大蝦兩種，且產量皆不高<sup>5</sup>，兩個物種在聖露西亞皆無繁殖業者，種苗由當地漁業司提供，也因露國水產養殖產業並不興盛，該國缺乏規模性的水產飼料製造業及水產品加工業。

聖露西亞位於熱帶地區，各類資源皆仰賴進口，因此農產品價格及電價皆為較高水平，民生用水源自河流及雨水，鮮少使用地下水，露國氣候分乾季(1 月到 5 月)及雨季(6 月到 12 月)，農民會直接使用民生用水灌溉植物，但乾季期間政府會限制將民生用水供農業

使用。考量到進口農產品價格高昂及乾季水資源短缺，當地適合開發資源循環利用之農業生產模式。該國電力主要依靠火力發電供給，燃料由國外進口，由於當地陽光終年充足，部分家庭使用太陽能發電供個人家庭使用。



圖 1-2、當地捕撈漁業，漁民直接在港邊處理漁獲

## 參、 執行過程

受氣候變遷影響，若人類未實施相關因應措施，未來資源缺乏的現象將日趨嚴重。為面對這樣的挑戰，資源循環利用的重要性逐漸被提升，而在資源短缺的地區尤其適合發展循環農業。目前在聖露西亞有越來越多人展現投入魚菜共生之意願，然而魚菜共生需結合水產養殖的循環水系統及農業的水耕模式，並從中取得魚、菜及菌三者之間的平衡，相較於慣行的水產養殖或是農業耕種模式需要更多的技術及知識投入；因此為提高當地人員對於魚菜共生系統的基礎知識，以利露國發展魚菜共生生產模式，於112年2月27日至112年3月16日應邀赴露國，透過駐聖露西亞技術團詹維欣計畫經理、技術團陳品宇技師及前家畜衛生試驗所涂堅研究員之協助，共計辦理三場魚菜共生訓練班，並安排考察該國現有的魚菜共生系統，實地走訪不同的魚菜共生案場以了解目前發展狀況(表1-2)，訓練班結束後因應露國農業部要求，整理課程簡報製成技術手冊供學員日後參考(附錄一)。

本次辦理之魚菜共生工作坊共計有三個場次，第一場次授課對象為聖露西亞農業部的技術人員，由於這些技術人員日後將成為種子人員，課程內容主要為魚菜共生系統各組件的功能及系統運作原理，課程設計藉由讓該國技術人員了解魚菜共生運作背後的原理，

增進其日後輔導民眾之專業知識；第二三場次分別針對聖露西亞南部及北部的業者及有興趣之民眾進行授課，授課內容以系統實際操作上可能遭遇之問題與實際應用所需知識為主(表 1-3)，課程中亦安排業者分享自己的案場，彌補實際考察時間有限的同時也加深學員對當地案場的了解，利用與學員互動增進對露國魚菜共生發展現況之了解，並於各場次課程間穿插實際案場之參訪及技術指導。

表 1-2、行程表

日期	地點	行程
112年2月27~28日 (一~二)	臺灣-聖露西亞	28日下午抵達露國，拜會臺灣駐聖露西亞大使，報告本次訓練班行程
112年3月1日(三)	卡斯翠區	上午拜會聖露西亞農業部官員，報告本次訓練班內容及預期成果，參訪漁業司位於北部辦公室之魚菜系統，下午進行技術人員訓練課程(1)
112年3月2日(四)	卡斯翠區	進行技術人員訓練課程(2~3)
112年3月3日(五)	卡斯翠區	進行技術人員訓練課程(4~5)，參訪漁業司位於 Gros Islet 之試驗系統
112年3月4日(六)	維約堡區	參觀當地水族館及傳統魚市，參訪 Arthur 女士的案場
112年3月5日(日)	卡斯翠區	備課
112年3月6日(一)	維約堡區	進行南部農民訓練課程(1~2)
112年3月7日(二)	維約堡區	進行南部農民訓練課程(3~4)
112年3月8日(三)	維約堡區	進行南部農民訓練課程(5)，參訪 NCPD 的案場及 Vitalis 先生的案場，參觀當地水族業者案場
112年3月9日(四)	卡斯翠區	進行北部農民訓練課程(1~2)
112年3月10日 (五)	卡斯翠區	進行北部農民訓練課程(3~4)
112年3月11~12日	卡斯翠區	備課

(六~日)		
112年3月13日 (一)	卡斯翠區	進行北部農民訓練課程(5)，參訪 Jaria 博士的案場，跟大使報告訓練班成果
112年3月14~16日 (二~四)	聖露西亞-臺灣	上午搭機返臺

表 1-3、訓練課程大綱

	技術人員	業者/一般民眾
第一堂課	魚菜共生概論	
第二堂課	系統設計、操作及維護(I)	魚菜共生系統維護
第三堂課	系統設計、操作及維護(II)	養殖管理及植物栽培
第四堂課	水質概論	水質控管
第五堂課	生物管理	常見問題及解決方式

### 1. 拜會臺灣駐聖露西亞大使及聖露西亞農業部官員

於 2 月 27 日下午抵達聖露西亞後，在駐聖露西亞技術團詹維欣計畫經理及李宜龍團長陪同下，前往臺灣駐聖露西亞大使館拜會陳家彥大使，報告本次訓練課程行程及目的，並於隔日(28日)上午拜會聖露西亞農業部官員，報告訓練課程預期效益，露國與會人員包含露國農業部次長、副次長、漁業司司長以及漁業部官員，在會議過程中當地官員希望本次課程結束能留下相關資料供後續使用。



圖 1-3、拜會臺灣駐聖露西亞大使及聖露西亞農業部官員

## 2. 技術人員訓練課程

於 3 月 1 日至 3 月 3 日舉辦，進行三天的訓練課程，課程內容包含：魚菜共生概論、系統設計操作及維護(I)(II)、水質概論、生物管理共五堂課，訓練課程除了原先設計的五堂課程外，由於這些技術人員未來要負責輔導當地民眾進行魚菜共生，為了確認技術人員在課程中有充分理解授課內容，在第五堂課時邀請學員提供輔導業者過程中曾被業者詢問的問題及認為重要的問題，藉由分組討論的方式請學員先行嘗試回答問題，利用這樣的互動形式確保學員在受訓後具備解答魚菜共生基礎問題之能力。



圖 1-4、技術人員訓練課程

### 3. 南部農民訓練課程

於 3 月 6 日至 3 月 8 日舉辦，進行三天的訓練課程，課程內容包含：魚菜共生概論、魚菜共生系統維護、養殖管理及植物栽培、水質控管、常見問題及解決方式共五堂課，課程主要的學員為當地學校老師、有意願建置魚菜共生系統之相關機構以及少數業者。在進行魚菜共生系統維護課程時，由於該堂課主要介紹完整的魚菜共生系統需要有哪些單元，該課安排已有魚菜共生系統的學員分享自己系統的設計，包含植栽床形式、單元種類及目前遭遇問題等，提供課堂上有意願投入但尚未建立系統的學員設計發想方向，例如南部案場業者 Miranda George-Arthur 女士在參加訓練班前對於場域未來的魚菜共生系統形式尚未有明確想法，在受訓結束後 Arthur 女士則能明確的繪製出未來場域的設計圖。在水質控管的課程安排學員

使用水質檢測套組，結合上課內容，讓學員了解系統運作應測定之水質參數種類的同時也能知道測定方法。



圖 1-5、南部農民訓練課程



圖 1-6、課程實作，除了授課外，亦有互動環節，包含請學員分享自己的魚菜系統之構造及水質測定實作

#### 4. 北部農民訓練課程

於 3 月 9 日、3 月 10 日及 3 月 13 日舉辦，進行三天的訓練課程，課程內容與南部農民訓練課程相同，然而學員組成與南部課程不同，本次訓練班較少學校或民間團體參加，大多為個體戶。另因本訓練班的學員特別提到希望能多了解魚菜共生系統中植物可能遇到的營養缺乏問題，因此請技術團陳品宇技師協助進行相關課程。



圖 1-7、北部農民訓練課程



圖 1- 8、技術團協助授課，陳品宇技師協助水耕植物營養缺乏成因判斷之課程

## 5. 南部魚菜案場參訪

共計參訪三個案場：Miranda George-Arthur 女士位於 Laborie 的案場、National Council of Persons with Disabilities(NCPD)位於 Vieux Fort 的案場及 Keifer Vitalis 先生位於 Banse 的案場。

Miranda George-Arthur 女士的案場尚未建置完成，該案場位於近郊區域，預計在自家住宅旁建設一套 NFT 的魚菜共生系統，連接 5 個 250 加侖的吳郭魚養殖槽，水源預計從場域旁的河水先抽至蓄水槽後供系統使用，電力由太陽能發電系統供給，養成的吳郭魚將販售給當地餐廳，蔬菜則會同時自用及販售。



圖 1-9、Arthur 女士的案場現況

National Council of Persons with Disabilities(NCPD) 的案場尚未建立完成，該案場受 Global Environment Facility (GEF)及其他私人企業補助，目前已完成網室建置以及相關材料之購置，其餘的預計 2023 年底前架設完畢。該案場預計有兩個養魚槽，1 個 500 加侖，1 個 300 加侖，水流由養魚槽流經 AST bead filter 之後，分別進入養殖系統的蓄水池及水耕系統的蓄水池，養殖系統蓄水池的水會重新抽回養魚槽，水耕系統蓄水池的水則繼續抽往植栽床，流經植栽床後重新回到水耕系統蓄水池形成一個循環，植栽床的型式為 NFT 及 DWC，並使用粒子式過濾(bead filter)作為物理性及生物性過濾，水源為雨水，電力來源為市電，系統內水產養殖系統及水耕系統可獨立運作，如有需要可以將兩套系統斷開使用，除該套系統外，

NCPD 也預計建置自己的植物育苗床，以減少植苗時因環境差異過大所造成的適應不良。



圖 1- 10、NCPD 案場

Keifer Vitalis 先生的案場有兩座溫室，養植物種皆為尼羅吳郭魚，第一座溫室是介質式魚菜共生系統，主要種植黃瓜，養魚槽皆使用 250 加侖的 IBC 桶，並在養魚槽上方架設植栽床，植栽床面積約為 1 平方米，內部撲滿礫石並設置鐘型虹吸，水流方向為自養殖槽排出後，經過三個過濾桶(約 40~60 加侖，兩個物理性過濾，一個生物過濾)，之後流到底部挖設的蓄水池，再由蓄水池中的沉水幫浦將水抽

回植栽床內，並利用重力重新回到養魚槽內，本溫室的每個養魚槽根植栽床可視為一個單元，藉由串聯不同的單元增加系統的產量，在參訪的當下共計有 12 個魚菜共生單元於溫室內。第二座溫室則是三種魚菜共生系統併行，並種植多種作物，包含萵苣、香草、番茄、草莓、花卉及瓜類作物等，三種系統流經植栽床的水匯集到過濾系統內(4 個 60 加侖桶串聯，兩個物理性過濾，兩個生物過濾)後抽到養魚槽內，養魚槽共計兩個，以連通管的方式連結，兩個養魚槽體積皆為 800 加侖，植栽床部分本座溫室內共計有 4 個大小不均的介質式植栽床及 1 個深水式植栽床(中間設置直立薄膜式植栽床，整個植栽床包含深水式及薄膜式部分面積為 64 平方英尺)。本案場水源為雨水，電力源自於太陽能板，該案場總發電量達 7KW，可供整個案場及業者住家使用，兩座溫室生產的養殖水產品及蔬菜皆經由當地商店販售，由於蔬菜比例偏高，Vitalis 先生有使用自製有機肥補充植物營養，其成分包含曬乾的魚內臟、香蕉、貝殼等等。



圖 1- 11、Keifer Vitalis 先生的案場，左圖及右圖分別為第一溫室及第二溫室內部構造

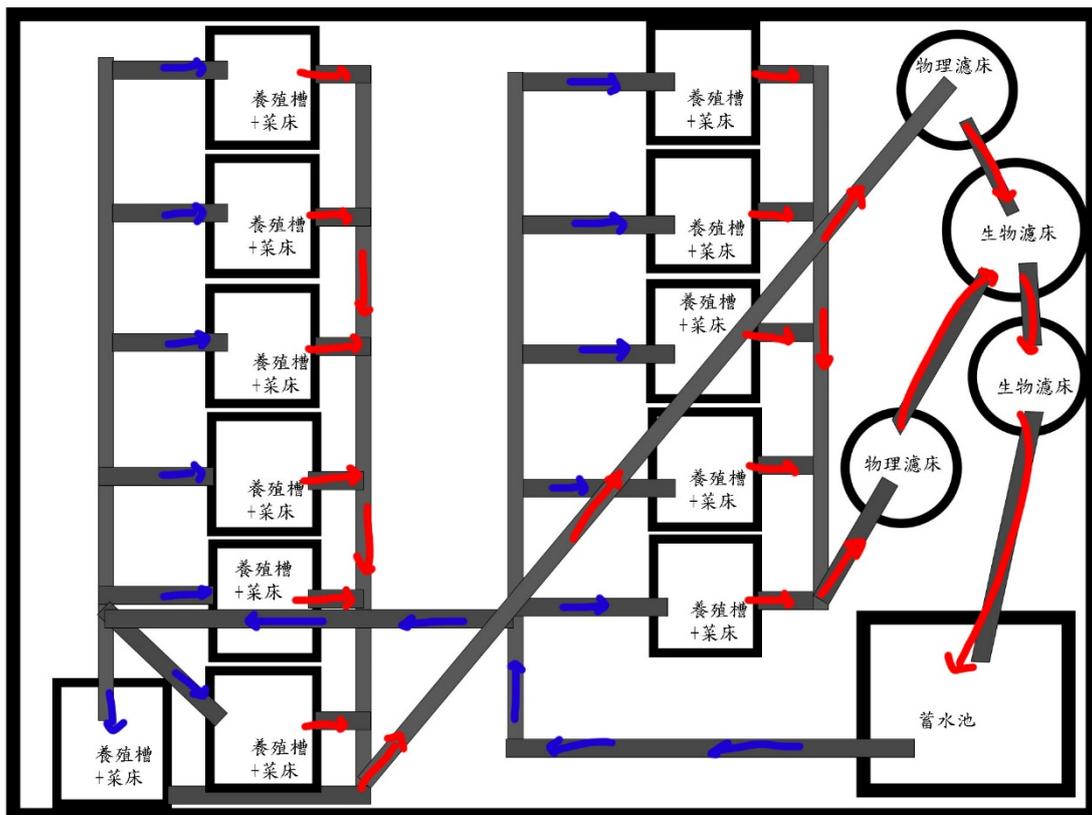


圖 1- 12、第一溫室系統圖，藍色箭頭為流經養殖槽/植栽床的水流，

紅色箭頭為流離養殖槽/植栽床的水流

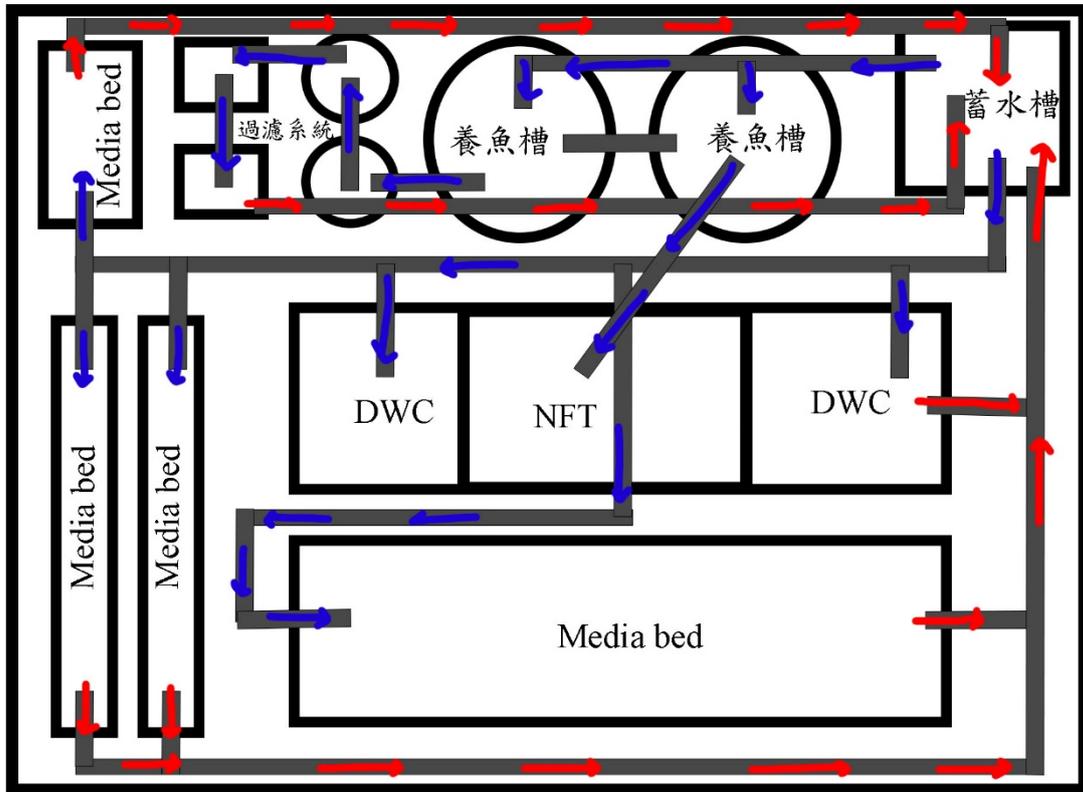


圖 1- 13、第二溫室系統圖，藍色箭頭為流經養殖槽/植栽床的水流，紅色箭頭為流離養殖槽/植栽床的水流

## 6. 北部魚菜案場參訪

共計參訪三個案場：漁業司位於 Castries 漁業司辦公室旁的小型示範系統、漁業司位於 Gros Islet 種苗中心之試驗系統及 Felix Jaria 博士的案場，漁業司位於北部辦公室的小型試驗系統 (位於 Castries 漁業司北部辦公室旁) 為 DWC 式魚菜共生系統，養殖槽約 500 加侖，流水由養殖槽流出後，經過物理性濾床及生物性濾床，

再流到兩個植栽床，該系統電力由市電供給，該系統設有雨水收集槽，但水源也能直接由自來水系統提供。該系統目前並無運行，參觀系統的同時也跟當地官員確認系統之前的運行狀況及毀損原因，初步了解該系統主要是遮陽棚破損、沉水馬達故障及電線裸露等問題，根據現場檢視結果，與當地官員討論後將由國合會協助修復該系統。漁業司位於 Gros Islet 之試驗系統為小規模 DWC 式魚菜共生系統，其魚池及植栽床的材質為水泥，水源為附近河流，電力則以市電為主，然而因去年(2022 年)洪水破壞，導致系統內的養殖物種皆被洪水沖走，雖結構並未受損，但該系統目前並未使用，與當地官員確認該系統將在取得種魚後恢復使用。



圖 1- 14、漁業司位於 Castries 之示範系統，當地官員正在說明該系統遭遇之問題



圖 1- 15、漁業司位於 Gros Islet 之試驗系統

Felix Jaria 博士的案場為 NFT 式魚菜共生系統，建設目的以試驗及示範用途為主，Jaria 博士的系統養魚槽為兩個 250 加侖之 IBC 桶，目前僅有一個養魚槽被使用，放養約 35 尾尼羅吳郭魚，並利用其養殖排放水供給整個系統的養分，養殖排放水從養魚槽流出後經過一個 50 加侖的物理過濾桶及一個 50 加侖大小的生物過濾桶後，再流經兩個額外的過濾桶後進入管耕系統，管耕系統在每根管子的末端皆有設置排汙口，方便將管內淤泥排除，水流由植栽床流出後重新匯集至蓄水池，再由 45W 的沉水馬達重新將水抽回養魚槽。本系統種植的植物以小型植物為主，例如萵苣、草莓、蔥及香草等，因案場建置性質，本系統生產的農產品並未進行販售。整個系統的水源為雨水供應，電力源自於太陽能發電系統，發電量為 1KW，

Jaria 博士預計利用案場操作經驗編製魚菜共生相關課程教材作為職業訓練教學使用，現場也設有教學用途的小型示範系統。



圖 1- 16、Felix Jaria 博士的案場

## 肆、 評估發現

### 1. 技術人員訓練課程

本課程主要針對露國農業部所屬三個參與魚菜共生相關業務的單位進行訓練，學員為農業部下漁業、農業及工程技術人員，訓練過程發現該國技術人員對魚菜共生有一定的基礎認知，許多人員表示希望能從課程獲得魚菜共生相關新知。與學員交流後了解露國目前遭遇的問題如下：

- (1) 飼料成本高：露國原有的水產養殖飼料皆由美國進口，管道單一且價格昂貴；臺灣的吳郭魚飼料價格最低可達每公斤新臺幣 18 元，一般約每公斤 20~30 元，露國的進口飼料價格換算折合新臺幣每公斤約 67~87 元，顯示當地飼料成本極高。
- (2) 養植物種受限：露國現有的淡水養植物種僅有吳郭魚及泰國長臂大蝦，未有其他養植物種，由於魚菜共生系統中主要養植物種一般建議以魚類為主，因此露國僅有吳郭魚可以使用。受限於市場需求及生態議題，露國對於開發進口養植物種有較嚴格的管制，目前僅針對一種原產於南美洲的脂鯉科魚種進行新興養植物種之開發。
- (3) 種苗缺乏，露國民間並無自行繁殖或進口魚苗，吳郭魚種苗仰賴漁業司提供，然而受 2022 年洪水影響，漁業司的養殖池受到洪水衝擊，導致養殖池內原有的種魚折損，無法正常生產魚苗供給業者，

顯示單一管道出問題時，業者將陷入無魚可養的窘境。

(4) 相關知識缺乏：學員反映系統農作物遭遇未知原因凋萎，或是不知道魚類每日需要多少飼料、多少魚可以提供多少蔬菜生長等，操作者因不具備相關知識無法處理系統發生的問題。

## 2. 南部農民訓練課程

訓練過程中發現露國過去曾於各學校建置魚菜共生系統做為教學目的，經學校老師分享也發現當初各校建置的系統設計相仿，後續使用也都遇到類似的問題：目前維護的人員大多並非當初系統建置時的受訓人員，現在的管理人員未受過完整的魚菜共生相關訓練，在維護系統運作時往往出現問題，例如魚隻過度飼餵或蔬菜因營養缺乏而凋亡，這些維護人員因缺乏解決上述問題的相關知識，導致目前大多學校內的魚菜共生系統處於停擺狀態。本訓練課程學員於課間有針對一些較基礎的水產養殖相關問題進行提問，包含養殖槽的顏色是否會影響藻類生長、如何降低養殖槽的暴露程度、空間是否會限制魚隻生長等等。綜整本場次的業者遭遇的問題除了相關知識缺乏外，飼料價格高昂為業者認為目前發展的主要問題。

## 3. 北部農民訓練課程

北部學員多為個人養殖戶，其中包含專門進行水耕蔬菜種植的

業者，也有業者曾借鏡由 University of the Virgin Islands 所建置的 UVI 魚菜共生系統，自行進口相關配件後於露國組裝建立系統。本場次課程中學員反應露國目前面臨種苗缺乏問題，因過去吳郭魚種苗皆由農業部漁業司種苗中心提供，民間並無自行繁殖或進口魚苗，然而受去年(2022年)洪水影響，漁業司的養殖池受到洪水衝擊，導致養殖池內原有的種魚皆被沖走，經民眾詢問漁業司需要 8~9 個月後才能重新發放魚苗，顯示在單一管道出問題的情況陷入無苗可養的窘境。另外與其他場次一樣，飼料也是本場次的業者欲解決的問題。

#### 4. 南部魚菜案場參訪

Arthur 女士的案場尚未建置完成，參訪當天有給予一些建議，包含因該地處山坡地，如要設置介質式或 DWC 式的魚菜共生系統，需先整地確保土地足夠平整，以及需預留空間設置過濾槽等等，因該案場參訪安排在南部訓練課程之前，在後來訓練課程進行時也持續與 Arthur 女士討論該案場的設計內容。

NCPD 的案場尚未建立完成，經了解該案場是找美國專門設計室內循環水養殖系統的廠商協助設計，因此在水產養殖及水耕蔬菜兩套系統上的整合性較差，實際運作效能需等案場完成後觀察，該系統設置於戶外網室內，但網室主結構為木製，由於露國仍會遭遇

颶風問題，木製結構是否能承受極端天氣事件仍有待觀察。

Vitalis 先生的案場植物本身並無明顯營養缺乏的表現，因 Vitalis 先生同時擁有販售商店，可以販售自家系統產生的農產品，經詢問系統內的魚隻跟蔬菜皆有販售過，顯示收穫上並無太大問題，不過根據觀察該案場的農產品並無明顯分批種植，顯示該案場目前應尚未能持續穩定生產短期葉菜類，在水產養殖以及植栽種植的操作上尚有調整空間。有觀察到部分植物有被蟲咬，但整體比例並不高。

Vitalis 先生反映該案場目前遭遇最大的問題是溫室內溫度過高，一般這類問題會以增加溫棚的遮陰或是增加溫室內的通風等方式處理，另外也可以增設水霧的噴灑裝置降低整體溫度。

## 5. 北部魚菜案場參訪

對於 Castries 漁業司北部辦公室旁的魚菜共生系統，經檢視後發現其只有少數問題包含遮陽棚破損、抽水馬達損壞以及部分電線裸露，修復上述問題後系統可正常運作，對於漁業司位於 Gros Islet 之試驗系統，除了須克服種苗問題外系統並無太大的問題。

Jaria 博士的案場主要的問題為水中懸浮固體去除效率不足，參訪案場發現該系統的物理性過濾僅用簡單的濾網濾除，導致在植栽管內定期會累積一定量的沉積物，在植物根系成長之後容易造成管

內堵塞，進而導致植物體死亡，因此已建議 Jaria 博士增加其他懸浮固體之去除設備，以提高系統對懸浮固體的吸收程度。同時也有注意到 Jaria 博士於系統內培養浮萍，除了淨化水質以外也能提供吳郭魚飼料來源，因此也針對浮萍作為飼料替代之相關經驗進行分享。

經觀察由於 Jaria 博士的案場主要設置目的為試驗及示範，並未有商業性利用吳郭魚之經驗，所以該案場的吳郭魚主要作為氮源而非水產養殖商品；該案場的養魚槽如果按照一般養殖密度換算可以飼養 50~60 尾吳郭魚，但該案場僅飼養 35 尾吳郭魚，考量到增加魚隻密度後魚隻產生的含氮廢物及懸浮固體會增加，由於目前該案場已經出現水中懸浮固體去除效率不足的問題，該案場的系統設計能否承受較高的魚隻放養密度仍有待測試，如果未來預計要使用該套系統推廣給當地業者使用的話，考量到業者需能同時穩定生產魚及蔬菜，需考慮該套系統要如何增加魚隻放養量同時過濾系統又不會過載。



圖 1-17、魚菜系統之問題，管內淤泥淤積嚴重

## 伍、 心得與規劃建議

露國養殖漁業仍處於發展階段，淡水養殖物種目前僅有尼羅吳郭魚及淡水長臂大蝦，也因為養殖產業並不興盛，該國並無水產養殖相關的其他產業例如飼料製造及水產加工，水產養殖用飼料僅能從國外進口魚飼料，或是以其他禽畜飼料作為替代，然而魚菜共生的營養循環仰賴於穩定的飼料投入，在沒有可用的商用魚飼料的情況下，操作者將難以評估系統的營養流。另聖露西亞的淡水養殖物種過於單一，不像臺灣有許多物種可以選擇，因此對於該國魚菜共生系統是否可以僅依靠吳郭魚養殖的部分回收成本仍需再作探討。

雖然仍有許多待解決問題，但於參訪過程也發現到露國魚菜共生產業的發展機會。在臺灣由於菜價低廉，純水產養殖或是純農業經營的收益皆高於魚菜共生模式，且魚菜共生仰賴技術支援，對於一般農漁民而言門檻較高，在臺灣由於資源相對充足(水資源、電力、飼料以及種苗來源等)，業者一般選擇進行純水產養殖或是純水耕蔬菜生產農產品，魚菜共生養殖模式之優勢較不明顯，但經訪視露國農產品售價相對較高，且大多仰賴進口，當地民眾亦認為應增加當地自產農產品的比例，因此利用魚菜共生系統生產露國當地農產品，在市場上應具有其競爭性。

聖露西亞發電主要仰賴火力發電，一般家庭每個月電費約新臺幣 3000 元，經了解當地魚菜共生的案場如果使用市電，每月的電費約為新臺幣 6000 元；該國靠近赤道日照充足，具有發展太陽能結合魚菜共生養殖模式之潛力，經詢問建置 1kw 之太陽能發電設施需約新臺幣 10 萬元，以原本每月電費為新臺幣 6000 元計算，其回本的時間其實很快。當地淡水資源短缺，一般仰賴河流水源及雨水，然而乾季時政府禁止人民將民生用水用在農業上，當地居民已有收集雨水利用之習慣，而以雨水做為水源也被世界農糧組織(FAO)認為是讓魚菜共生達到永續農業的重要途徑之一。未來露國受氣候變遷影響，降雨量將會下降，這將顯著影響當地農業生產模式<sup>6</sup>，因此開發資源循環利用的農業生產模式可以幫助露國農業產業之未來發展。

魚菜共生系統架設材料在當地購買上並無不便，基本上當地可以購買到所有相關管材及作為養殖槽/植栽床的相關容器，需值得注意的是當地在購買馬達上較不方便，一般需要從美國訂購。根據參訪案場的經驗，當地如要建置小型魚菜系統的單元，可以參考 Vitalis 先生的案場中第一個溫室內的系統單元(圖 1-12)，該系統單元利用 250 加侖的 IBC 桶養殖吳郭魚，每桶約可飼養 50~60 尾，養殖桶排放的水流經 3 個約 40~60 加侖的藍色塑膠桶所製成的過濾器，處理完的水最終流到蓄水池內，藉由蓄水池內的沉水馬達將水重新

抽回植栽床，植栽床同樣也是由 250 加侖的 IBC 桶裁切後製成，內部鋪滿介質後耕種蔬菜，一個 IBC 桶裁切面積約為 1.3 平方米，約可栽種 26~32 顆葉菜類植物，這樣一個單元估計每年至少可以收成 50~60 公斤的吳郭魚及 200 顆左右的蔬菜，也可以藉由串聯多個單元達到分批收成之目的。

根據本次訓練班的參與學員，可以發現目前露國投入魚菜共生系統的業者不僅僅是男性，因魚菜共生系統可以藉由設計達到節省人力及方便操作的形式(例如 NFT 式系統)，因此也有部分女性尋求利用魚菜共生系統創業之途徑，在北部業者的訓練班中接觸許多對此感到興趣的女性，甚至有一位女性學員曾去 University of the Virgin Islands (UVI)學習魚菜共生系統之建置，並在聖露西亞建立參考 UVI 系統概念之魚菜共生系統<sup>7</sup>，據了解該系統在被風災毀壞前運轉狀況良好。因此，設計完善的魚菜系統將能提供當地婦女自給自足的機會，相較傳統農業及水產養殖模式，魚菜共生系統可以經由設計降低操作者在維護系統時所需花費的力氣，若露國能組織當地案場運作成功的業者形成相關團體，指導未來有意願加入的業者，協助設計系統達到在地的效益最大化，並在系統遭遇問題時提供解決方法及相關資源，魚菜共生將是一個吸引當地青年投入農業的機會。

考量資源情況，魚菜共生養殖模式於露國具有發展之潛力，但需解決種苗問題及飼料問題，種苗問題除了由漁業司提供外，應設法讓民間業者也能開始進行種苗繁殖，以分散風險，另外開發新興養植物種也可以提供魚菜共生在魚的部分能有更多的選擇。飼料部分除了應增加購買管道外，可以考慮引入飼料替代相關技術，利用農漁業之副產物(水解蛋白)或是其他替代原料(浮萍、昆蟲蛋白)生產營養價值高之飼料原料，以降低養殖之成本；同時也可以考慮在露國建置家庭式的飼料生產模式，輔導民間利用小規模的飼料製造設備自行製造飼料降低飼料成本。若能在露國克服上述兩個問題，考量當地雨水及太陽能利用的可行性(在露國已經有許多場域成功結合太陽能或雨水收集系統<sup>8)</sup>)，以及該國農產品大多仰賴進口導致價格高昂，魚菜共生技術在露國有很大的發展潛力。

與聖露西亞的現況不同，近年臺灣的魚菜共生產業發展趨緩，與露國相比，臺灣的水產養殖及農耕技術較為成熟，資源也相對充足，這導致複合式農業生產模式的優勢與慣行農業生產模式相比較不明顯。然而全球未來面臨氣候變遷之影響，資源循環利用將是未來發展重點之一，複合式農業生產模式包含魚菜共生技術都是值得投資及發展的方向。經由本次訓練班的經驗，我們也應思考現行臺

灣的農業生產模式是否有其他的改善方向，以因應未來資源短缺之  
困境。

## 陸、 成果

本次訓練班的成果除了辦理三場訓練班，共計訓練 19 位當地技術人員及 39 位當地業者和有興趣投入魚菜共生之民眾，同時提供教材給當地技術人員，並彙整授課教材編寫技術手冊(附錄一)，提供給當地政府及參與訓練班之學員，讓課程結束後學員們仍有相關資料參考。本次訓練班國合會也利用計畫經費協助當地政府修復漁業司位於 Castries 之示範系統，讓技術人員在日後輔導當地業者時能有合適的系統進行示範及教學使用。

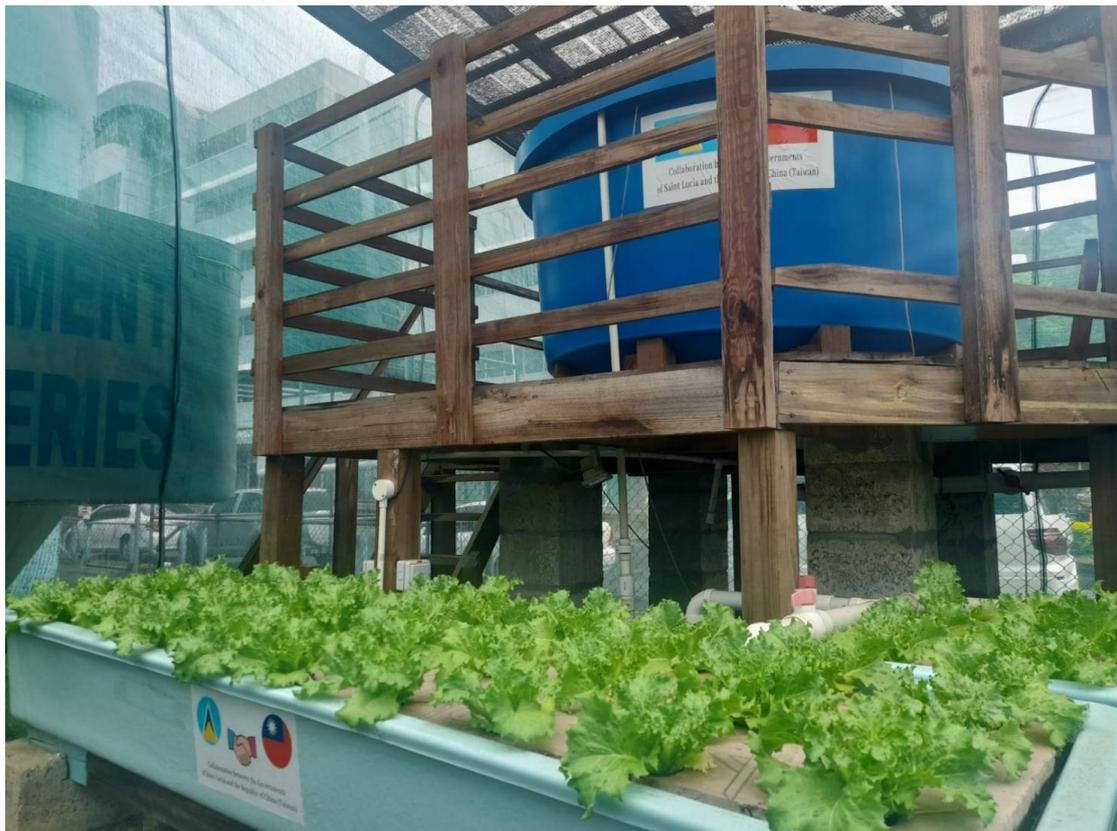


圖 1-18 修復後之漁業司示範系統

## 柒、 参考文献

1. Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., Lovatelli, A., (2014) Small-scale aquaponic food production-Integrated fish and plant farming. Rome, FAO.
2. Timmons, M.B., Ebeling, J.M., (2013) Recirculating aquaculture, third edition, Ithaca publishing company LLC.
3. Worldbank, (2023) Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) - St. Lucia.  
<https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=LC>
4. Ministry of Agriculture Fisheries, Food Security and Rural Development, Saint Lucia, (2021) Freshwater and marine aquaculture.  
<https://moaslu.govt.lc/marine-water-aquapiculture/>
5. H. L. Cook, (1980) Aquaculture development in the Caribbean- report of a mission to Antigua, Haiti, Jamaica, Montserrat and St. Lucia. Rome, FAO.
6. Government of Saint Lucia, (2018) Saint Lucia's Sectoral Adaptation Strategy and Action Plan for the Agriculture Sector (Agriculture SASAP) 2018-2028. Department of Sustainable Development, Ministry of Education, Innovation, Gender Relations and Sustainable Development and Department of Agriculture, Fisheries, Natural Resources and Cooperatives, Ministry of Agriculture.
7. WaterGreens, (2015) WaterGreens Aquaoponic St. Lucia.  
<https://www.youtube.com/watch?v=QEPWiyAh688>
8. Healthy Caribbean Coalition (HCC), (2020) Using Aquaponics and Rainwater Harvesting to Support Healthy Eating.  
<https://www.healthycaribbean.org/using-aquaponics-and-rainwater-harvesting-to-support-healthy-eating/>

2023

---

