



漁農共生系統之開發與應用

水產試驗所特刊 第 29 號：39-46, 2020

都市農業與魚菜共生之連結與展望

楊清富、王志璋

行政院農業委員會臺南區農業改良場

摘要

近年來透過水產養殖和農耕結合之魚菜共生的概念，正慢慢延伸到世界的各個角落。許多人紛紛在大廈的屋頂、客廳角落及居家的陽台設立靠著養魚水灌溉植物的生態系統。既能營造綠色景觀，建立生趣盎然的生態景緻，並提供家庭新鮮的蔬果。魚菜共生系統的原理係將養殖廢棄物及殘餘餌料經硝化作用後由植物吸收，水淨化後再回收當作新的養殖用水，因而提高水的利用效率也降低廢水對環境的污染，是一種低耗水並對環境友善的生產方式。近年來魚菜共生的議題不斷的延燒，不單多數學校利用魚菜共生系統進行生態教育，都市型循環農業也開始導入魚菜共生系統，民間魚菜共生的農場亦如雨後春筍般不斷推出，而推動魚菜共生所成立的組織有社團法人臺灣魚菜共生學會、中華民國魚菜共生推廣協會、臺灣魚菜共生產業促進會及屏東縣魚菜共生推廣協會等。這麼多單位及團體競相投入魚菜共生的領域，主要的原因不外乎體認到水資源匱乏日益嚴重，同時環保意識抬頭，大家紛紛意識到對環境友善之農耕法及永續農業的重要性，而魚菜共生透過自然循環達到省水及養殖廢棄物資源再利用，自然成為關注的焦點。

關鍵詞：魚菜共生系統、水耕、都市農業

前言

地球的資源有限，但伴隨著人口急速增加及工商業快速發展，可耕農地與水資源日益減少，更由於人類活動許多農地可能已受污染而不適合再生產糧食。同時，氣候變遷與不穩定更增加作物及養殖的生產難度與成本。這種種原因，使得全球糧食的產量受到限制。因此，尋求在有限的空間與資源中，創造出最大產量的農漁業生產方式也因應而生，如水耕栽培、植物工廠或高密度循環水養殖等。然而這類集約式的生產方式，卻也衍生出高耗能與污染的問題。2015 年

聯合國在「永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs) 中，將「永續農業」列為第二項重要目標。循環農業意指一種將資源利用效率發揮至極大化，並結合物質再生技術，達到廢棄物減量的生產模式，已成為全球農業發展的新寵兒。在此同時，歐洲農業與環境科學家開始提倡都市型態的循環農業，將產業中的廢棄物以再生技術，重新進入農業生產鏈中，使都市農業朝永續方向發展。近年來由水耕栽培與循環水養殖結合的魚菜共生，利用自然循環的原理維持共生系統的平衡。將魚類的排泄物轉為植物可利用的養分，整個系統幾乎不需要排



放廢水，也無需使用化學肥料，能同時生產蔬菜與魚，加上建置門檻不高，因此廣受喜愛與推崇。

都市農業

都市農業近來廣為流行，許多人紛紛在閒置的土地、大廈的屋頂或居家陽台等闢出一處處農園。都市農業對城市居民的影響，包括環境、社會、健康及經濟等面向（李與傅，2018）。在環境面，都市農業可以協助廢棄物回收利用，綠化及植被能攔截微粒和氣態污染物，緩和惡化的都市微氣候。在社會面，都市農場可以美化鄰里，使居民有更多社區的歸屬感，因而強化社區的功能。在健康面，都市農業可以改變食材取得途徑，雖然都市農業無法提供社區全面的營養需求，但支持都市農業的人大多會願意消費更多的蔬果。在經濟面，透過政府或推廣組織，都市農業有可能為參與者帶來就業機會，例如農民市集能提供小農銷售自家產品的市場，進而提高經營收入。

近年來屢屢爆發食安問題，伴隨都市農業越來越流行，造就一股食物自己種自己把關的概念正不斷蔓延。魚菜共生系統不僅能夠省水，還能將養魚的排泄物及殘餌轉換為植物可利用的養分，儼然是個可永續的生態系統。因此近來許多人選擇魚菜共生應用在都市農業，不僅可提供休閒及生態景觀，享受新鮮蔬菜及魚獲，還能促進社區內住戶友善關係。魚菜共生不僅可用來連繫人與人之間的情感及交流分享農事心得，還能促進

技術提升，如微氣候監控、設施工法、病蟲害的防治、農產品加工及包裝技術。此外，魚菜共生這種結合多項技術的農法，也提供許多可以自己動手做的機會，如簡易水電施工、作物栽培管理、設施搭建、造景規劃施工、生態觀察、健康烹飪及休閒娛樂等。透過科技的思維，還能激發更多的創意與機會。此外，對未來大量退休及老年人口的社會，魚菜共生系統則能提供不需要大量體力負荷的活動體驗，如藉由養魚、種菜促進肢體協調、減緩失智老化及調節情緒，既能休閒、保健，又能兼顧醫療及養生。

雖然魚菜共生系統病害、蟲害的問題較傳統的養殖或種植方式少，但仍無法免除。魚菜共生系統中植物如遭感染病蟲害，通常採用物理方法或生物防治法進行防治。這是因為化學藥劑對魚的毒害極為嚴重，所以化學藥劑的防治不會列入考慮。因此魚菜共生系統所生產的蔬菜，比一般栽培更被認為安全無毒。

一個完善的魚菜共生系統在系統建置完成並穩定運作後，將能目睹作物及魚隻逐漸茁壯長大，收穫的成就感更是難以言喻。因此，魚菜共生除有生產糧食及友善環境的功能，也能豐富精神內涵，這也契合絕大多數魚菜共生系統施作者的理念，既是為生產安全與安心的食物來改善飲食的品質，同時為環境永續性貢獻一份心力。

魚菜共生系統的 ABC

魚菜共生是一種將養魚與植物栽培同





時結合的生態循環系統，並利用細菌的自然循環將魚排放的廢物轉變成植物的養分。魚菜共生同時兼具水產養殖與水耕栽培兩者的優點，但養殖水幾乎不需排舊換新也無需特別處理，更不需要額外替作物添加化學肥料，是一種對環境友善且具永續性的農法。

魚菜共生整合魚、植物及微生物在共同系統裡，因此有一些參數條件必須被滿足才能維持整個系統的穩定，若系統無法持續穩定必然會以失敗告終。主要的條件包括：水中的溶氧量、酸鹼度 (pH 值)、水溫及水體含氮量。魚類透過鰓從水中獲得氧氣，水中溶氧過低可能導致魚類在短時間內死亡。另外魚菜共生系統中的主要微生物為好氧性細菌，水中溶氧太低會降低其活性。提高溶氧有許多方式，最簡單就是利用空氣幫浦將空氣打入水中形成微小的氣泡，以增加水中溶氧量。根據聯合國糧食及農業組織 (FAO) 的研究，最佳的溶氧量約在 5–8 ppm (Somervill et al., 2014)。

水的 pH 值對魚菜共生系統所有物種均有顯著影響，pH 值影響作物吸收養分的能力，pH 值在 6–7 所有的養分均能快速的被吸收，但高於或低於這個範圍，作物就難以充分利用水中的養分，導致微量元素如鐵、磷及鎂的缺乏。硝化菌在 pH 值低於 6 的環境會降低活力，繼而影響其將氨轉換成硝酸的效率，導致水中的氨含量增加，對魚造成毒害。因此魚菜共生系統水體最好呈略微偏酸，pH 值在 6–7 為最佳值 (Somervill et al., 2014)。

水溫對系統的影響是全面性的，水溫

控制在 18–30°C 對魚、硝化菌及作物都是可接受的範圍 (Somervill et al., 2014)。水溫過高會降低水中的溶氧，而水溫過低可能造成魚的死亡，也會使硝化菌停止代謝。不同的魚種及作物會有不同適合生長的溫度範圍，因此選擇適合當地氣候的魚種與作物非常重要。

養殖水中氨主要是從魚體直接排出，氨對魚具有毒性，會傷害魚的神經系統及影響鰓的功能，導致魚窒息或痙攣，高濃度的氨也會嚴重降低硝化菌的活性，亞硝酸離子對魚的毒性與氨相似，因此魚菜共生系統水體中氨及亞硝酸離子濃度須控制在 1 ppm 以下，才不會對魚的健康產生影響。硝酸對魚的毒性較低，硝酸態氮是植物最容易利用的養分，濃度太低會造成肥力不足，太高可能影響植物生長，研究指出較佳的硝酸濃度為 5–150 ppm (Somervill et al., 2014)。

魚菜共生系統的型式

近代的魚菜共生系統發展出許多型式，主要的型式包括：深水栽培 (deep water culture, DWC)、薄膜栽培 (nutrient film technique, NFT) 及潮汐栽培 (flood and drain, FAD) (楊與鄭，2016)。雖然不同的型式呈現出不同的樣態，但技術核心卻是相同的，主要都是靠著自然的循環維繫系統間生態的平衡。以下針對三種常見的型式簡略說明。

一、深水型系統

深水型系統 (圖 1) 包括養殖桶、生化



過濾槽、栽培植床及水與空氣幫浦。養殖桶主要是提供魚類生長的場所。生化過濾槽內填充生化球或毛刷等材料供硝化菌棲息繁衍，以將水中的氮轉換成植物可利用的肥分，生化過濾槽猶如水質處理器，能將養殖水中有害成分濃度降低至安全範圍內。栽培植床採用水耕栽培的方式將作物定植於浮板上，作物吸收水中的營養鹽而生長。因此魚能在良好的水質環境下生長，水在系統中循環流動，蓄養著魚也滋養著植物。

二、薄膜型系統

薄膜型系統（圖 2）與深水型系統類似，主要差異在於利用管耕方式進行栽培，管內流著少量的水，植物的根系則從水中吸取養分。薄膜型系統通常可將定植管設計成立體的型態，增加種植面積以提高產量。

三、潮汐型系統

潮汐型系統（圖 3）的特性是栽培槽內填充介質，一方面可供作物根系發展，另一方面亦扮演菌床的功能，提供硝化菌棲息繁

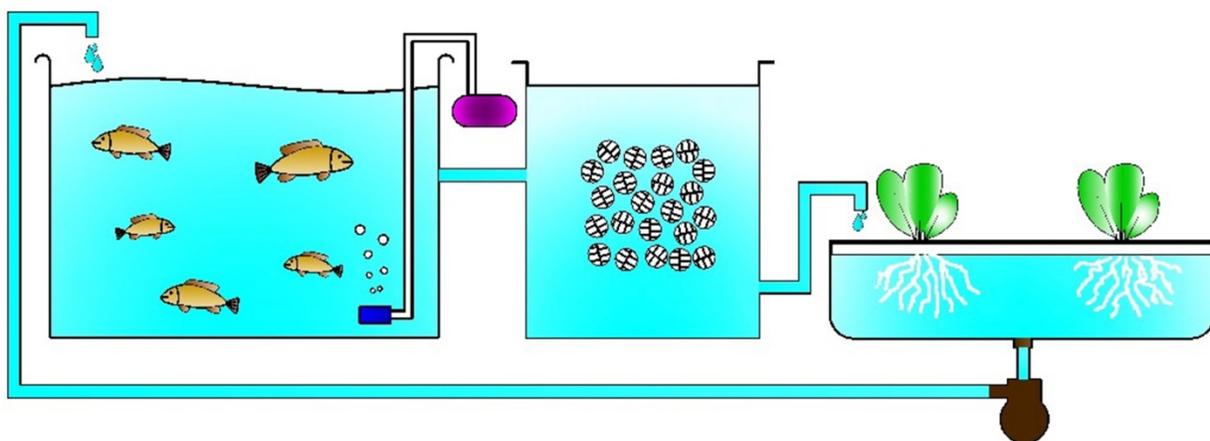


圖 1 深水型系統

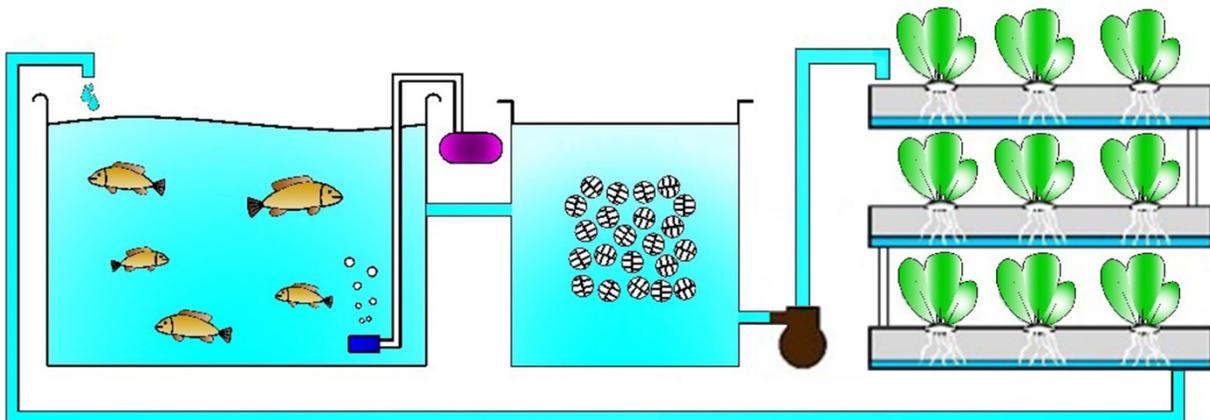


圖 2 薄膜型系統



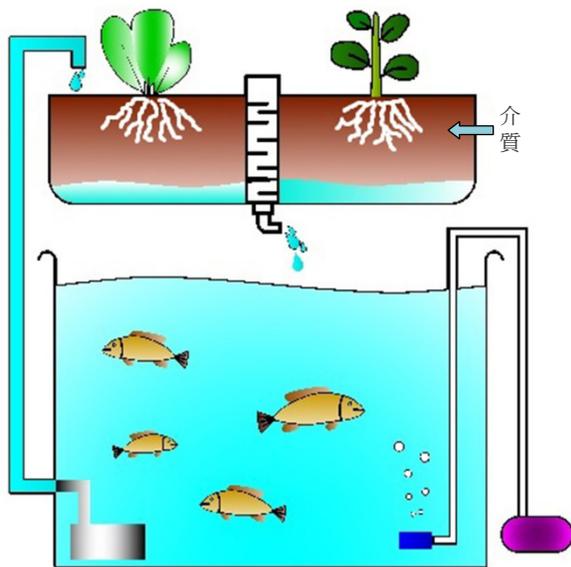


圖3 潮汐型系統

衍及進行硝化反應。透過虹吸裝置可使栽培槽內的水位自動呈潮汐式的升降，因此栽培槽內的水能完全在系統內循環，不會有滯留的情形。在高水位的狀態，槽內介質大部分會淹浸在水中，能提供作物根系水分，也能提供硝化反應所需的氮給硝化菌。在低水位

狀態，空氣會進入介質的空隙間，能提供空氣給作物根系。潮汐式水位控制可確保植物的根圈有足夠的營養鹽和空氣，也能使介質保持濕潤，並讓硝化菌繁衍。潮汐型系統因植物的根系有比較好的支撐，因此也適合高莖或果菜作物的種植。

都市魚菜共生小農場

近年魚菜共生備受推崇，受到各方推廣而發展出非常多樣的型態。從專門進行經濟生產的農場到精緻的桌上小物，正不斷的推陳出新。其中符合都市生活業餘性質的魚菜共生小型農場（楊，2018），正悄悄的落點在各個角落，宛如遺落在都市水泥叢林的綠洲，並默默的豐富人們的心靈。

魚菜共生系統除傳統的蔬菜栽培外，香草植物也是一個不錯的選擇（圖4），如甜菊、馬鞭草、甜薄荷、仙草、迷迭香和香茅。



圖4 魚菜共生系統-香草植物栽培，無化肥、無農藥、天然又安全

靠著養魚的水種出來的香草植物不用擔心化學藥劑的問題，隨手一摘就能沖泡出一壺清香的花草茶，此外，香草還能用來製作手工肥皂及萃取精油。滿園子的綠意和著淡淡的花草香，最能調劑生活上的壓力。

模組型魚菜共生系統麻雀雖小五臟俱全，是進行生態教育最好的幫手（圖 5）。小朋友自己養魚、種菜、採收及觀察，實際體驗魚菜共生的自然循環，繼而瞭解魚菜共生系統的奧妙。從小內化的環境永續概念，有朝一日會像種子一樣萌芽茁壯，為地球環境的永續貢獻一份心力。



圖 5 模組型魚菜共生系統-生態教育的好幫手

近來魚菜共生系統做為居家的擺飾亦時有所見（圖 6），雖然大部分植物都需要充足的光線才能正常生長，擺在室內的魚菜共生系統藉由人工補光，作物依然可以有良好的生長狀況，甚至開花結果，增添雋永的觀賞性。而生長在室內的綠色植物不但能夠改善空氣品質，還能舒解眼睛壓力，令人心曠神怡。觀賞悠遊水中的魚群也頗具療癒作用，透過餵食魚群還能享受無限的樂趣。



圖 6 魚菜共生系統擺飾

在圖 7 這個圓形結構中，底層蓄養魚，養殖的水循環流動在管路中滋養管上的植栽，外側覆蓋防蟲網保護內部的蔬菜不受蟲害，兩旁的綠色蔬菜既能供為食用，更提供最佳的視野享受。拱型的內部空間呈現出自然與科技的完全融合，毫無違和感，不論是三五好友還是一個人，在這優雅的環境中總能讓人流連忘返。

魚菜共生的魅力在於靠著自然的循環就能生產衛生及安全的食材，同時能節省水資源並做到無污染排放，對環境極為友善。因此吸引許多家庭在庭院利用簡單材料搭起能夠防雨及防蟲的設施，再闢個水池養些魚，就能利用養殖的水去滋養所種的蔬果。在這個自成一格的園中，只需要定期提供飼料給養殖的魚，就能持續收穫最新鮮的食材，同時，愛吃什麼就種什麼，就像是一個取之不盡用之不竭的食物銀行（圖 8）。





圖 7 自然與科技融合的魚菜共生系統



圖 8 庭院型魚菜共生系統宛如取之不盡的食物銀行



在圖 9 這個小小的網室中，下方養魚，上方種蒲瓜。養魚的水提供植物生長的肥分，植物及種植的介質則回饋乾淨的水質，儼然是魚幫菜、菜幫魚最佳的寫照。但在網室內授粉昆蟲不易進入，須靠人工授粉才能著果。這裡的花蒲瓜從授粉到採收只需 12—14 天，結實纍纍的蒲瓜不但鮮甜可口，生產的方式更能媲美有機種植。而且養殖桶內的魚經過 8—10 個月的養殖，早已肥碩可供食用，更可貴的是，自己把關所養出來的魚完全不用擔心安全性。



圖 9 下方養魚上方種蒲瓜的魚菜共生系統

魚菜共生系統幾乎沒有型的限制，一塊空地加上自己的巧思，透過簡單的 DIY 就能創造出一個獨特的小農場（圖 10），憑藉這種成就感就能創造無限的可能。農場裡源源不絕的供應當季的蔬菜，還有肥美現撈的魚能豐富餐桌上的菜色，自己種自己養的食材吃起來更安心更滿足。

結語

都市農業喚醒人們對自然的嚮往，讓人重新感受回歸自然的悸動。對內能為處於生活壓力的人們提供釋放壓力的出口，對外可



圖 10 獨特的小農場

以拉近人與人間的距離、凝聚社區的向心力及提供社區民眾新的農事體驗，讓大家重新思考都市生活的方式，更重要的是有助身心靈調劑，進而提高生活品質。同時藉由親身施作的成就感及收穫的滿足感，改善人們身心的健康。在可預見的未來，都市農業會逐漸普及。而魚菜共生在這一波熱潮中，以其豐富多元提供人們一項更環保的選擇，並能讓我們從利用自然的循環中省思如何為地球環境的永續貢獻一份心力。

參考文獻

- 李阿嬌、傅仰人 (2018) U-Farming 都市農業。科學發展，552: 16-21。
- 楊清富 (2018) 魚菜共生-都市怡情小農場。科學發展，552: 51-57。
- 楊清富、鄭安秀 (2016) 魚菜共生系統原理與方法。臺南區農業改良場技術專刊，第 165 號，24 pp。
- Somervill, C., M. Cohen, E. Pantanella and A. Stankus (2014) Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical paper No. 589. FAO, Rome, Italy, 262 pp.

