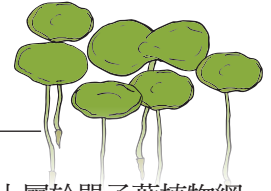


浮萍作為魚類養殖飼料的經濟效益

溫鈺涓、楊順德

水產試驗所淡水繁殖研究中心



前言

對水產養殖產業來說，飼料成本佔了營運支出成本的最大宗，因應養殖種類及養殖方式之不同，飼料約佔總生產成本的 40—70% (Kubitza, 2000)。然而，近年來受到國際魚粉價格不斷攀高的影響，導致飼料價格高居不下，也直接造成業者的支出成本大幅增加，為了有效降低養殖成本，在不影響魚隻成長的情況下，我們須進一步減少對魚粉的依賴，而尋找魚類適合的替代植物性蛋白源則成為當前重要的課題。

浮萍是一種覆蓋在水面上的小型水生植

物(圖 1)，在植物分類學上屬於單子葉植物綱 (Monocotyledon)，澤瀉目 (Alismatales)，天南星科 (Araceae)，浮萍亞科 (Lemnoideae)，並涵蓋了 4 個屬，包括了浮萍屬 (*Lemna*)、紫萍屬 (*Spirodela*)、微萍屬 (*Wolffia*) 以及扁無根萍屬 (*Wolffiella*)。在大多數亞熱帶和熱帶氣候國家的渠道和水道中均可見其蹤影。許多人都看過這綠色的三輪葉植物，或是浮萍亞科下 4 個屬中的任何一種水生植物，卻沒有意識到這種水生植物是浮萍，甚至於這豐富的小型植物被認為是一種入侵植物，然而浮萍其實可視為動物飼料蛋白質來源的新潛力。尤其對魚類而言，浮萍本身富

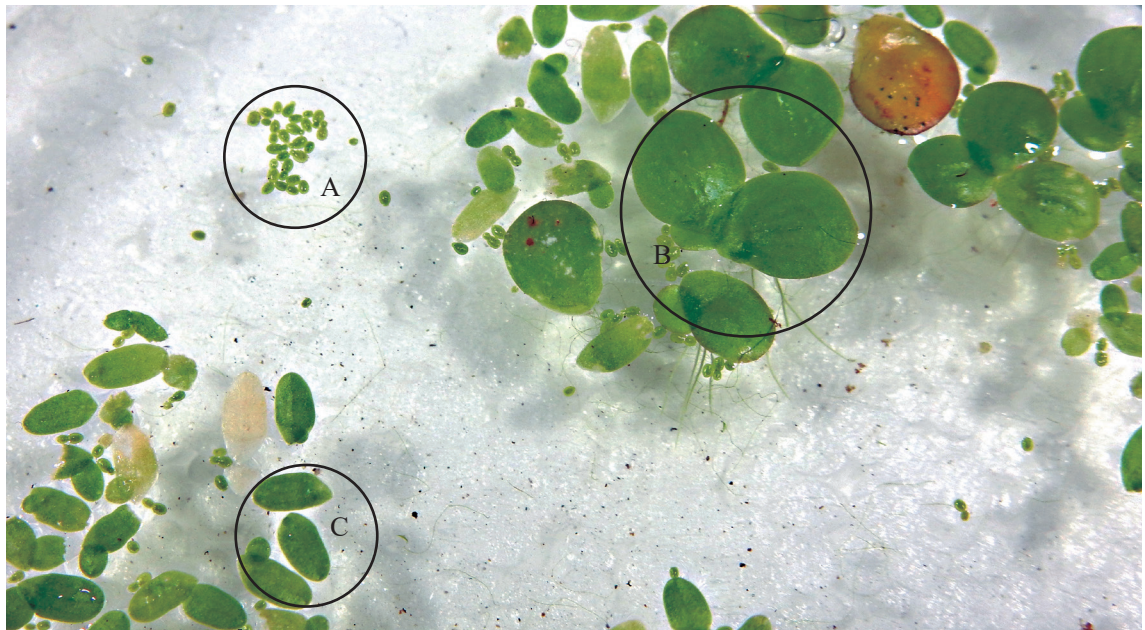


圖 1 生長在一起不同種的浮萍

A：無根萍 (*Wolffia arrhiza*)；B：紫萍 (*Spirodela polyrhiza*)；C：青萍 (*Lemna minor*)

含高蛋白使其成為吳郭魚、鯉魚和其他魚類的理想飼料替代來源之一，可作為一種新興的替代植物蛋白源，大大降低飼料成本的支出，同時達到提升整體養殖收益的效果。

浮萍的特性及生長條件

浮萍是世界上最小的開花植物，一般以水溫範圍在 20—30°C 之間的環境最為適合，其構造極為簡化，莖和維管束已完全退化，僅剩葉子、花及根系，部分品種甚或沒有根系，以利其快速繁衍，與其他水生植物競爭生存空間。許多物種都有不定根來作為穩定器官之功能，隨著水中礦物質養分的耗盡，不定根往往會延長。與大多數植物相比，浮萍的葉子幾乎沒有纖維（在栽培植物的乾重中約佔 5%），這是因為它們不需要支撐直立結構。因此，即使對於像魚這樣的單胃動物，浮萍也幾乎沒有不可消化的物質。這與大豆、水稻或玉米等許多作物相比形成明顯的對比，上述植物其中大約 50% 的生物量是以高纖維和低消化率殘留物的形式存在。

此外，浮萍還具有一獨特的特性，例如驚人的生長速度，在養分充足、陽光和溫度皆適合等理想條件下，約每 24 小時左右，它們的生物量就會增加一倍，浮萍可能在死亡前的 10 天到幾週期間內甚至可產生多達 10 代的後代，然而隨著浮萍葉子老化，其纖維和礦物質含量增加，進而造成繁殖速度減慢。另一方面，浮萍的自然棲息地主要是在不受風浪影響的淡水或微鹹水水域表面，其可在水域表面自由漂浮，但浮萍本身容易受到外在環境如快速的水流或是強風影響，沉

積在水域環境中的深層，最終因光照不足而死亡。由此可知浮萍對於強風和波浪等外在環境因素是很敏感的，其無法在快速流動的水域（> 0.3 m/s）或不受遮擋被風吹襲的水面存活。因此，浮萍通常藉由周圍的其他水生植物遮蔽而免受風和波浪的影響，但如此一來，浮萍所形成的族群遮蔽了光線，並抑制了其他植物的生長，此特性使得浮萍能夠與其他水生植物（包括藻類）相互競爭。

浮萍的營養價值

浮萍本身含有 92—94% 的水分，它的含水量增加了它的易消化性和最少的未消化廢物。在不甚理想的生存條件下，例如營養貧乏的水生環境，浮萍的蛋白質含量約為 15—25%，而纖維含量則為 15—30% 之間。一般而言，浮萍在理想條件下生長且定期採收，其蛋白質含量約為 35—45%，纖維含量約為 5—15% 之間，主要視物種不同而有所差異。浮萍中所含的蛋白質高達植物體乾重的 43%，無需進一步加工即可作為魚類的完整飼料。與大多數植物蛋白相比，浮萍所含的蛋白質含量較高、纖維含量也較低，同時浮萍具有多種必需胺基酸，甚至更類似於動物蛋白（Hillman and Culley, 1978）。而浮萍本身所含的蛋白質主要是較高濃度的必需胺基酸如離胺酸和甲硫胺酸，其含量高於大多數的植物，而其富含高蛋白的特性在許多方面與動物蛋白質非常相似，像是蛋白質中的離胺酸和甲硫胺酸濃度皆符合 FAO 標準並建議用於人類營養。此外，浮萍也可提供動物豐富的維生素 A 和 B 來源，人們可通過天然

食物鏈食用它。不僅如此，在營養豐富的水中生長的浮萍含有高濃度的微量礦物質、鉀和磷以及色素，特別是胡蘿蔔素和葉黃素，而胡蘿蔔素的總含量甚至比一般陸生植物高 10 倍，這使得浮萍粉可成為家禽和其他動物（包括鯉魚和吳郭魚）的營養補充劑。在過去的研究結果顯示，浮萍的高蛋白質含量、淨化水質的能力以及即使在微鹹水中也能快速生長之特性都已被重視。

浮萍在魚類之應用

浮萍粉已經有應用於牛、家禽、豬和魚類的飼養研究，結果顯示成長效果良好 (Skilicorn et al., 1993)。吳郭魚屬於雜食性魚類，非常適合以浮萍為食 (圖 2)，因為其口腔內有咽喉齒可以用來磨碎食物，還有一個高度酸性的胃，腸道長度約為體長的 13 倍，這些結構特徵皆適合用來作為消化吸收營養的利器，而浮萍富含高蛋白的特性正好提供吳郭魚持續生長所需之營養，與食用其他纖維植物相比，吳郭魚對浮萍的消化所需要消耗的能量較少。根據氣候條件不同、養分充足與否以及管理完善之影響，浮萍的生產力可以達到 10–30 噸乾物質/公頃/年。浮萍的蛋白產量/公頃高於大多數植物作物，是大豆產量的兩倍 (Gijzen and Khondker, 1997 年)，假設浮萍年產量為 17.6 噸/公頃/年 (乾物重)，其蛋白質含量為 37% (以乾物質計)。而在 Fasakin 等 (1999) 研究指出在吳郭魚飼料中加入高達 30% 的浮萍粉可促進魚類的生長；Mohedano 等 (2005) 研究也顯示使用浮萍粉來替代吳郭魚飼料中的魚粉，可將飼



圖 2 紅色吳郭魚搶食浮萍

養成本降低 30%；另，Hasan and Edwards (1992) 指出，以新鮮浮萍餵食吳郭魚，其飼料轉換率在 1.6–3.3 之間。然而，在循環養殖系統中以商業飼料餵養的吳郭魚，其飼料轉換率則為 2.0 (Granath and Porath, 1983)。而 Basco (2012) 實驗結果顯示，在吳郭魚飼養期間如果單獨以乾浮萍粉投餵，其飼料轉換率總是低於單獨投餵商業飼料或是 50% 商業飼料混合 50% 乾浮萍粉的實驗組別；而單獨投餵乾浮萍、商業飼料和 50% 商業飼料混合 50% 乾浮萍三組實驗組別，其飼料轉換率分別為 1.8–2.0、1.3–1.7 及 1.4–1.7。

除此之外，浮萍也適合培養在集約式循環養殖系統中，因為其具有相對較快的水質淨化能力可去除養殖過程中所排放出多餘之物質 (Gaigher et al., 1984)，像是水體中的氨、硝酸鹽、磷、鉀、鎂、鈣、鈉、氯、硼和鐵等物質，皆可持續且有效地被浮萍所吸收。同時，浮萍可以去除養殖排放水體中多達 99% 的營養物質和溶解固體，這也提供了浮萍生長所需之營養成分，藉此不但能將養殖系統中所排出的不需要的營養物質轉化成植物生物量，如此一來，更能達到養殖系統中水質淨化之目的；甚至浮萍也可同時成為魚類之高蛋白營養來源。