

不同餌料對河蚌生長與水質淨化能力之影響

Effect of Different Feeds on the Growth and Water Purification Capacity of Freshwater Mussels

國立臺灣大學

漁業科學研究所
博士候選人

何勝惟

Sheng-Wei Ho

國立嘉義大學
生命科學院食品科學系
博士生

蔡明展

Ming-Hsiu Chan

農業部動植

物防疫檢疫署
高雄分署
動物健康科

科長

何勝裕

Sheng-Yu Ho

國立臺灣大學
土木工程學系
博士生

詹明修

Ming-Hsiu Chan

國立臺灣大學漁業

學研究所教授

韓玉山

Yu-San Han

摘要

本研究探討不同餌料對河蚌 (Unionidae) 之生長表現與水質淨化效能的影響，並評估其在人工水體中的生態服務潛力。實驗設計以水族箱模擬河蚌養殖環境，設置四種處理組別，分別投餵等鞭金藻、小球藻、螺旋藻與酸菜液肥；並同步量測水中氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$)、亞硝酸鹽、溶氧與 pH 值等水質參數。結果顯示，各餌料組河蚌皆有明顯生長，其中以投餵酸菜液肥組生長效果最為顯著，平均殼長增加 2.1 mm、重量增加 1.0 g，優於其他組別。水質淨化方面，酸菜液肥與螺旋藻組之氨氮去除效率亦相對較高；於 120 小時內，酸菜液肥組可將氨氮濃度自初始 0.50 mg/L 控制至 0.80 mg/L，明顯低於其他藻類對照組之 2.00 mg/L ($p < 0.01$)。

本研究證實，餌料來源顯著影響河蚌之生長與其濾食行為，進而影響水質淨化能力，特別是應用酸菜發酵液作為飼餌時效果最顯著。結果有助於未來推動都市濕地與人工水域之生態工程設計，並促進淡水貝類於水質治理與水域生物多樣性復育之應用。

關鍵詞：水質淨化，酸菜液肥，生態水域管理，生物多樣性

Abstract

This study investigates the effects of different feed types on the growth performance and water purification efficiency of freshwater mussels (Unionidae), and evaluates their potential ecological services in artificial aquatic environments. The experiment was conducted using aquaria to simulate mussel culture conditions, with four treatment groups fed *Isochrysis galbana*, *Chlorella* sp., *Spirulina* sp., and fermented sauerkraut extract, respectively. Water quality parameters, including ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrite, dissolved oxygen (DO), and pH, were measured concurrently.

Results showed that all fed groups exhibited noticeable growth, with the fermented sauerkraut extract group demonstrating the most significant improvement—average shell length increased by 2.1 mm and weight by 1.0 g, outperforming all other groups. In terms of water purification, the sauerkraut and Spirulina groups also showed relatively higher ammonia removal efficiency. Within 120 hours, the sauerkraut group reduced ammonia concentration from an initial 0.50 mg/L to 0.80 mg/L, significantly lower than the 2.00 mg/L observed in the other algal feed groups ($p < 0.01$).

This study confirms that feed source significantly influences the growth and filter-feeding behavior of freshwater mussels, thereby affecting their capacity for water purification. Notably, the use of fermented sauerkraut extract as feed yielded the most pronounced effect. These findings support the potential application of freshwater mussels in ecological engineering design for urban wetlands and artificial water bodies, contributing to water quality management and aquatic biodiversity restoration.

Keywords: Water purification, Fermented sauerkraut extract, Ecological water management, Biodiversity

一、前言

在全球環境問題日益嚴峻的背景下，水資源的管理與保護顯得尤為重要。臺灣的七星水利系統作為北部重要的水資源來源，其生態平衡的維護至關重要。臺灣石蚌，作為一種特有的淡水濾食性生物，在維護水質、調節碳循環及生態系統健康方面扮演著關鍵角色。然而，目前對於臺灣石蚌的食性與具體生態功能研究相對缺乏，這限制了我們對其在水域生態系統中潛在價值的全面理解。

本研究旨在彌補這一知識空白，透過為期半年的實驗，深入探討臺灣石蚌的生物學特性、食性與固碳潛力。研究目的主要分為以下三個部分：

1. 品種鑑定與基因庫建立：利用 COI 基因分析，確定臺灣石蚌的遺傳身份與多樣性，為未來的保育工作提供科學依據。
2. 食性研究與生長評估：透過餵食不同藻類（酸菜液、螺旋藻、小球藻、等鞭金藻），監測石蚌的生長變化、存活率及胺基酸組成，以了解其食性偏好。
3. 固碳效果與水質淨化評估：評估不同餌料對石蚌固碳能力及水體氨氮、亞硝酸鹽等水質參數的影響，探討其在生態工程中的應用潛力。

第二章、材料與方法

研究採用多項實驗方法來達成上述目標：

2.1 關渡平原河蚌品種與建立

從關渡平原採集河蚌樣本，利用 DNA 萃取與 COI 基因 PCR 擴增技術進行分子鑑定。將定序結果與 NCBI 資料庫比對，並使用 MEGA 6 軟體構建親緣樹，以分析河蚌的遺傳關係與獨特性。

2.2 臺灣河蚌食性研究

實驗共設置四組，每組三重複，分別投餵等鞭金藻、小球藻、螺旋藻及酸菜液。每組水族箱放入 20 顆河蚌，每日投餵後並在五小時後進行換水。實驗期間，每兩週記錄河蚌的體長與體重變化，並收集樣本進行胺基酸分析。同時記錄存活率，以評估不同餌料對河蚌生長與存活的影响。

2.3 臺灣河蚌的固碳效果與水質淨化

在餵食實驗中，每月收集 5 顆石蚌樣本，測量其外殼的二氧化碳固碳量，並與初始碳含量進行比較。在水質淨化方面，同步量測水中氨氮、亞硝酸鹽、溶氧與 pH 值等參數，以評估不同餌料對水質的影响及石蚌的淨化效率。

2.4 實地田野調查

對關渡平原的九份溝上游、中段和下游進行了水質分析與採樣，測量其總溶解固體 (TDS)、電導率 (EC)、pH 值等參數。此外，透過實地挖掘與觀察，記錄活體河蚌的發現地點與殼壁狀況，以評估該區域作為河蚌復育地點的可行性。

第三章、結果與討論

3.1 臺灣河蚌品系鑑定

基因鑑定結果顯示，臺灣河蚌與中國地區的河蚌有 61% 的遺傳相似度，但最關鍵的發現是，臺灣河蚌在親緣樹上形成了一個獨立的分支。這強烈暗示臺灣河蚌具有獨特的遺傳身份和進化歷史，這種遺傳差異可能源於長期地理隔離所形成的獨特生態適應機制。這項發現對於臺灣河蚌的保育與管理具有深遠意義，強調了其作為特有種的獨特性與重要性。

3.2 投餵不同藻類對臺灣河蚌生長的影响

實驗結果顯示，不同餌料對河蚌的生長與存活產生了顯著差異。

(a) 小球藻組：平均生長率最高，達 34 毫米，但存活率僅為 85%。這是因為小球藻的快速生長可能導致水體 pH 值劇烈變化，進而影响河蚌的生存。

(b) 等鞭金藻組：平均生長與小球藻組相同，皆為 34 毫米，但存活率最低，為 75%。

(c) 酸菜液組：平均生長為 31 毫米，存活率達 90%，表現相對穩定。此外，在一項獨立研究中，酸菜液肥組的殼長增加了 2.1 毫米，重量增加了 1.0 克，優於其他組別。

(d) 螺旋藻組：平均生長最慢，僅為 30 毫米，但存活率最高，達到 95%。

這些結果表明，在選擇河蚌餌料時，應綜合考慮其生長速度、存活率和對水質的影响。

3.3 投餵不同藻類後胺基酸組成變化

不同餌料來源顯著影響了河蚌體內的胺基酸組成。酸菜液組、小球藻組、等鞭金藻組與螺旋藻組的石蚌在特定胺基酸（如麩酸、絲胺酸、胺基乙酸、丙胺酸等）的含量上有所不同。雖然各組別的胺基酸含量有差異，但整體差異並不顯著。這顯示河蚌對食物來源具有一定的選擇性，並能從不同來源的藻類中獲取生長所需的特定胺基酸。

3.4 投餵不同藻類後固碳效果與水質淨化

研究證實，餌料種類對河蚌的固碳能力有顯著影響。

(a)固碳效果：經過四週實驗，酸菜液組的河蚌固碳效果最佳，其次是等鞭金藻與小球藻，而螺旋藻組效果最差。這表明酸菜液的營養成分可能對石蚌外殼的生長與固碳效率有積極作用。

(b)水質淨化：在水質淨化方面，酸菜液組與螺旋藻組的氨氮去除效率相對較高。在120小時內，酸菜液組能將氨氮濃度從0.50 mg/L控制在0.80 mg/L，顯著低於其他藻類組的2.00 mg/L。這顯示酸菜液能有效增強河蚌的濾食行為，進而提升水質淨化能力。

3.5 實地田野調查

九份溝的實地調查顯示，該河流不同段的水質參數（TDS、EC、鹽度）整體變化不大，但pH值和ORP值有所差異，這可能反映了不同區域的人為活動或自然條件影響。在生物分佈上，九份溝上游與中段發現了活體野生蚌類，但下游僅發現空殼。這暗示下游的環境條件可能不利於石蚌生存，需要進一步評估人為污染或其他生態壓力因素的影響。

第四章、結論與建議

4.1 結論

本研究透過全面性的實驗與調查，取得了以下核心結論：

(a)基因獨特性：臺灣河蚌具有獨特的遺傳身份和進化歷史，與中國地區河蚌在親緣樹上形成獨立分支，這對於其物種保護至關重要。

(b)餌料影響：不同餌料顯著影響河蚌的生長與存活，其中小球藻雖然能促進生長，但可能因水質變化而降低存活率；而螺旋藻則能提供高存活率，但生長速度較慢。

(c)固碳與淨化能力：酸菜液組在固碳與水質淨化上表現最佳，其氨氮去除效率顯著優於其他藻類。這顯示酸菜液作為一種餌料，不僅能促進河蚌生長，更能提升其生態服務功能。

(d)復育潛力：九份溝的實地調查證實了該地區存在野生河蚌，但下游環境可能不利於其生存。未來的復育工作應著重於九份溝的整體生態健康與水質改善。

4.2 建議

根據本研究結果，提出以下建議：

(a)深化遺傳研究：未來應進一步探討臺灣河蚌的遺傳多樣性如何影響其對環境變化的適應能力，並利用這些資訊來制定更有效的保育策略。

(b)優化養殖條件：在河蚌養殖方面，應考慮使用酸菜液作為高效餌料，同時密切監測水質，特別是pH值的變化。

(c)應用於生態工程：本研究證實了河蚌在水質淨化與固碳方面的潛力，未來可將其應用於都市濕地、人工水域及九份溝等地的生態工程設計，以達到水質治理與生物多樣性復育的目標。

(d)關注下游環境：針對九份溝下游河蚌生存狀況不佳的問題，建議未來研究應著重評估該區域的人為污染源，並制定相應的保護與管理措施，以確保整個河流系統的生態健康。

總之，本研究為臺灣河蚌的保護與可持續利用提供了堅實的科學基礎，並為應對氣候變遷與水資源管理挑戰提供了新的思路與方法。