

青蟹蛻殼誘導技術及產業應用

吳育甄、林峰右、薛守志、胡益順、邱靜山、許晉榮 / 水產試驗所海水養殖研究中心

前言

青蟹 (*Scylla* spp.) 因其高經濟價值與規律的蛻殼行為，是發展軟殼蟹產品的重要物種之一，當青蟹蛻去堅硬外殼，處於短暫的軟殼期時，若能即時收捕並加工處理，便可製成具附加價值的整體可食蟹體，這種軟殼蟹不僅在餐飲與外銷市場備受青睞，也成為許多水產業者積極投入的新興產品方向。

在自然養殖條件下，青蟹的蛻殼時間具有高度個體差異與不確定性，常使養殖者難以有效掌握收捕時機，進而影響產量與產品品質。現行做法中，養殖人員密切觀察個體外觀變化、夜間頻繁巡池並進行人工收捕，過程耗費大量人力與時間，且易遺漏處於短暫軟殼期的個體，導致收成效率低落。為了解決這一瓶頸，許多地區已發展出各種誘導蛻殼技術，包括眼柄切除、自割刺激、環境調控與內分泌激素應用等，協助青蟹同步且穩定完成蛻殼，達成商品化與量產的目標。

目前在東南亞地區，包括泰國、緬甸、越南、新加坡與汶萊等國，積極建立起結合養殖技術、智慧管理與冷鏈加工的完整軟殼蟹產業鏈，產品出口至歐美與東北亞市場，產值可觀。臺灣青蟹雖非主流養殖物種，但長年以來已有基礎性研究與養殖經驗，近年來本所已逐步開發人工繁養殖與獨立盒育肥等5階段養殖技術。然由於國內年產自給率偏低，目前消費市場仍以進口蟹為主，年進口量逾 2,000 公噸，顯示

本土供應尚無法滿足市場需求。若能強化誘導蛻殼技術與智慧收捕體系，將有機會提升產值並發展出口潛力，促進青蟹多元化產業鏈的建立。

青蟹蛻殼誘導技術的發展不僅有助於提升生產效率，結合自動化監測與環境控制，進一步建構智慧化管理機制，朝向高效率、低耗能的產業模式邁進；未來若能整合種苗供應、養殖流程與產品行銷，將有望打造出具競爭力與永續性的本土軟殼蟹供應鏈。

青蟹蛻殼的生理機制與誘導技術

螃蟹整個蛻殼週期可分為四大階段：間蛻期 (intermoult)、前蛻期 (premoult)、蛻殼期 (ecdysis) 及後蛻期 (postmoult)。在整個蛻殼週期中，尤以前蛻期末至蛻殼完成後的數小時內最為關鍵，因為此時蟹體處於尚未鈣化的軟殼狀態，是收捕軟殼蟹的最佳時機 (Waiho et al., 2021)。青蟹於獨立盒中之蛻殼如圖 1 所示，蛻殼時從背甲與腹甲交界處的「蛻殼線」開始裂開，蟹體逐步將螯足、肢腳與身體向後抽離舊殼，蛻殼時間視個體大小、活力與水溫等環境條件而定，完成蛻殼後的新蟹體柔軟且體色偏淡，透過吸水膨脹以擴張體表尺寸，並逐步鈣化使甲殼變堅硬，硬化過程通常需數小時至 1 日。

一、內分泌與分子調控機制

青蟹的蛻殼主要由神經內分泌軸 (neuroendocrine axis)，下視丘 - 眼柄 - Y-

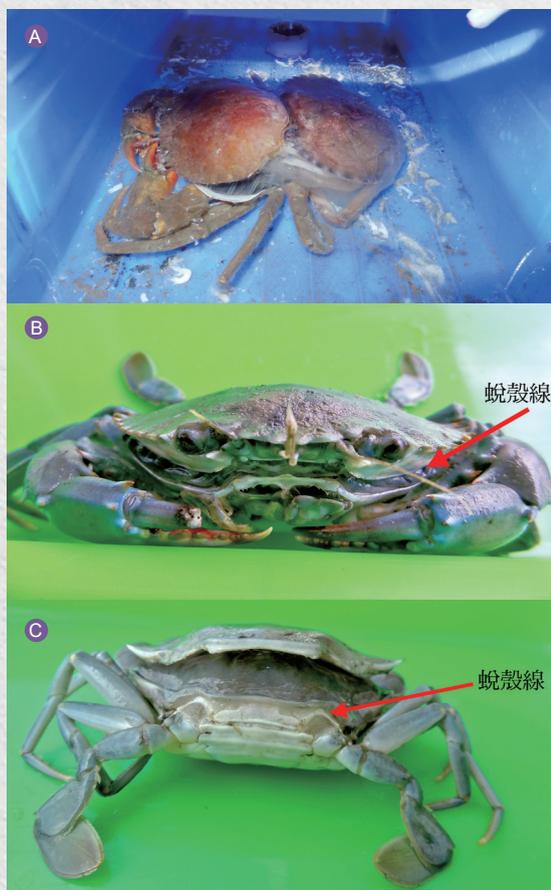


圖 1 蛻殼中青蟹 (A：青蟹於獨立盒中蛻殼情形；B：正面；C：背面)

organ 控制。蛻殼抑制激素 (molt-inhibiting hormone, MIH) 由眼柄神經分泌，可抑制 Y-organ 分泌產生蛻殼激素。當 MIH 活性降低後，Y-organ 會分泌蛻殼激素 (ecdysteroids)，促進蟹體形成新甲殼並啟動蛻殼行為。目前已

表 1 青蟹蛻殼內分泌調控與誘導技術

調控機制	主要因子	功能與影響	應用誘導方式
神經調節	蛻殼抑制激素 (MIH)	抑制 Y-organ 分泌蛻殼激素，延遲蛻殼週期	切除眼柄以抑制 MIH，活化 Y-organ
	血清素 (5-HT)	刺激 Y-organ 分泌蛻殼激素，促進啟動蛻殼	透過注射刺激中樞神經系統
內分泌激素	甲殼類類青春激素 (MF)	協同蛻殼激素調控生長與蛻殼週期	添加合成之誘導劑到餌料中
分子訊號傳遞	蛻殼激素受體 (如 EcR、RXR)	接收訊號，啟動蛻殼基因表現	餌料添加植物性蛻殼激或其衍生物以活化受體
外部環境因子	溫度、鹽度、營養等	影響蛻殼激素分泌與基因表現	控溫、穩定鹽度及補充營養餌料

發現甲殼類類青春激素 (methyl farnesoate, MF) 與血清素 (serotonin, 5-HT) 為兩項關鍵的正向調控因子，能進一步活化 Y-organ，提升其功能；這些誘導因子可提升蛻殼激素受體如 ecdysteroid receptor (EcR) 與 retinoid X receptor (RXR) 的表現，提升整體蛻殼反應的效率與同步性 (Girish et al., 2017)。其中，EcR 基因在蛻殼前期的表現顯著升高，已被視為可用於智慧養殖中的預測指標，協助判斷蟹體是否進入可誘導蛻殼階段 (Gong et al., 2015)，蟹類蛻殼機制與誘導方式如表 1。

二、誘導蛻殼的常見技術

切除眼柄 (eyestalk ablation) 是一種透過抑制 MIH 分泌，進而促使蛻殼激素分泌的傳統誘導方式。Tavares 等 (2021) 研究，雙側眼柄切除在特定青蟹個體中蛻殼成功率從 40% 提升至 70% 以上，但也伴隨死亡率上升至 20 - 30%，操作上需特別謹慎。

外肢自割誘導 (limb autotomy) 則是利用蟹類對斷肢後的再生需求所啟動的內分泌反應來誘導蛻殼，常應用於青蟹種苗或中小型個體。de la Cruz-Huervana 等 (2019) 指出，自割後在 12 - 15 天內可見明顯蛻殼行為，且蛻殼成功率達 82%，死亡率低於 10%，是一種具低成本與操作可行性的誘導策略。

內分泌激素誘導方面，5-HT 與 MF 被認為是具潛力的非侵入型蛻殼誘導因子。Girish 等 (2017) 指出，注射 0.1 $\mu\text{g/g}$ 體重的外源性 5-HT 可在 96 小時內顯著提升蛻殼激素受體表現，並促進 Y-organ 活化與分化，使誘導蛻殼率達 76%；部分研究探討使用萃取自天然植物的蛻殼激素，其結構與動物蛻殼激素相似，可作為飼料添加劑促進蟹類成長與蛻殼 (Fujaya, 2011)。這類植物性激素作為輔助誘導方式，提供具應用潛力的非侵入性策略，有望於軟殼蟹量產技術中進一步發展。

外部水質環境被認為具有影響蟹蛻殼的進度，營養被認為與青蟹的蛻殼表現具有密切關聯。提供適當蛋白質與能量比例的飼料可提升青蟹的蛻殼頻率，並在精準控溫與分格養殖條件下，明顯提高生長與成活效率，因此環境條件亦是調控青蟹蛻殼的重要變因。透過水溫控制在 29 – 32°C 是青蟹蛻殼的最適溫度範圍，若水溫高於 35°C 則會因過熱環境誘發壓力反應，因而抑制 Y-organ 功能，明顯提高死亡率 (de la Cruz-Huervana et al., 2019)。在飢餓與鹽度控制方面，研究發現當青蟹處於超過 48 小時以上長時間飢餓狀態下，EcR 基因表現會顯著下調，不利於蛻殼啟動 (Gong et al., 2015)，因此養殖操作中應維持穩定營養供給與適當鹽度條件。

■ 東南亞軟殼蟹產業發展現況

東南亞各國因地理條件與出口導向政策，已發展出具規模的軟殼蟹產業體系，從苗種繁育、誘導技術到出口加工皆逐步成熟。2022 – 2023 年緬甸出口軟殼蟹達年產值 490 萬美元，主要集中於西岸若開邦，並規劃擴大至 500 英

畝以上養殖面積。然而市場仍受價格波動與銷售通路限制影響，促使業者導入多元化市場與高值加工產品 (LinkedIn, 2024)。越南原依賴野生種苗，近年透過人工培育技術，已能穩定供苗，並提升活存率與區域產能，成功減輕對自然資源壓力 (FAO, 2024)。馬來西亞曾為出口主力，惟依賴 60 – 100 g 野生苗導致資源枯竭，加上勞力密集型生產造成獲利困難，目前正轉向自動化設施與種苗開發 (RAS-Aquaculture, 2019)。菲律賓由 SEAFDEC/AQD 推動人工苗繁育技術，並與企業合作建構示範場與培訓課程，提升技術普及率與永續養殖 (SEAFDEC, 2018)；泰國與印尼以出口導向作發展，泰國自 2010 年即制定《軟殼蟹養殖標準技術》，並引進監控技術提升產量穩定性；印尼則因政策限制出口 150 g 以下螃蟹，影響軟殼蟹市場發展潛力。其他如新加坡則透過都市型封閉式系統與汶萊合作擴產，汶萊以高密度箱網養殖生產逾 2 公噸軟殼蟹。

■ 結語

青蟹為高經濟價值甲殼類，其蛻殼誘導技術廣泛應用於軟殼蟹產業。傳統誘導方式雖可提升蛻殼率，但操作風險高、個體差異大、成活率低，限制產業穩定發展。隨著智慧養殖技術進步，可透過影像辨識與行為感測即時監控蛻殼狀態，並藉由血淋巴或腸道中 EcR、MF 等生理指標，建立 AI 預測系統，有效提升誘導效率與生產效益。進一步整合育苗、養成、冷鏈與銷售通路，建立標準化、高附加價值的軟殼蟹供應鏈，不僅可強化產業競爭力，也有助於推動青蟹產業智慧化與規模化，成為臺灣水產升級的重要方向。