



臺灣地區文蛤殼色選育分析

朱惠真、杜金蓮、王姿文、黃奕瑄、游蓁、曾福生

水產試驗所水產養殖組

前言

文蛤養殖一直是臺灣貝類養殖的大宗，根據漁業年報資料顯示，2021 年文蛤養殖面積約 8,000—9,000 公頃，佔整體陸上養殖面積 25%，產量近 4.9 萬噸，產值約新臺幣 40 億元，佔總體鹹水魚塢產值 25% 和貝類產值 47%，相較於牡蠣年平均產量 2 萬公噸，蜆的產量平均為 4,500 公噸，顯見其重要性。在文蛤選育的過程中主要是以遺傳標誌作為選育的工具，而遺傳標誌主要分為形態標誌、細胞標誌、生化標誌和分子標誌四類，其中形態標誌是指肉眼可見或儀器可測量的特定生物外部形態特徵，但形態標誌易受基因產物與環境影響，要和分子遺傳標誌一併使用，而分子遺傳標誌是利用分子生物學的方法來區分不同的個體或群體，並且可以穩定遺傳的物質或性狀，與其他標誌相比具有穩定性、特異性、多態性及操作簡單等優點，本研究即是利用形態標誌和分子遺傳標誌，針對不同地區成長的文蛤進行殼色分析及作為育種的參考。

形態標誌是以殼色、殼長、殼寬及殼高等明顯的殼性狀進行篩選標的，研究中發現貝類的色素 (pigment) 表現通常和黑色素 (melanin)、類胡蘿蔔素 (carotenoid) 和吡咯 (pyrrole) 有關 (Williams, 2017)，其中黑色素

表現又和酪胺酸酶 (tyrosinase) 有關。在太平洋牡蠣 (*Crassostrea gigas*) 的研究中發現，*Tyr* 基因和殼的色素形成有關，而 *Tyr-2* 基因則和殼的形成機制相關 (Zhu et al., 2021)，在牡蠣的研究中發現，殼色基因和成長基因有連鎖現象，深色的牡蠣其成長的體型優於一般殼色的牡蠣 (Xu et al., 2017)；另外在文蛤 (*Meretrix meretrix*) 的研究中也發現，刻痕基因 (Notch gene) 除了會參與殼色素形成機制，也會參與鈣離子調控機制，可以推論基因表現控制大部分殼色的形成 (方等, 2017；劉等, 2015)。

在中國育成的文蛤品系中，較為被廣泛運用的有文蛤萬里紅 (圖 1A) 及文蛤萬里 2 號 (圖 1B)。文蛤萬里紅，顧名思義即是文蛤有鮮豔的紅殼，是由江蘇地區野生群中選取基礎群，以顏色和生長速度為選育標的，經由 5 代的連續選育而成，12 月齡貝其棗紅色體色佔個體比例 100%，平均體重和未選育文蛤相比可以提高 24.1% (林等, 2015)；文蛤



圖 1 中國成功文蛤選育品系 (林等, 2015；2019)
A：文蛤萬里紅；B：文蛤萬里紅 2 號

萬里紅 2 號，以顏色（暗紅鋸齒花紋）和生長速度為選育標的，經由 4 代的連續選育而成，增產率和未選育文蛤相比可以提高 28.7—38.2%（林等，2019）。

材料方法

一、文蛤樣本殼色分群及測交分析

分別取臺灣不同地區之養殖文蛤和野生文蛤進行基因及殼色的分析，樣本總計共 269 顆，將每個樣本進行性狀分析完成後，以清水清洗完文蛤外殼後陰乾拍照，將臺灣的文蛤依殼色區分為 4 種不同的種類，分別為殼紋型、殼斑型、黑殼型及淡殼型（圖 2A-D），其中黑殼型及淡殼型的文蛤殼表面沒有斑點，殼紋型及殼斑型的差異在於文蛤的鈍邊，殼紋型的文蛤有明顯的網紋存在而殼斑型的文蛤沒有，另黑殼型及淡殼型的文蛤在外殼上則沒有斑點，另為驗證殼色的遺傳性，取深殼色的一對文蛤進行測交試驗，針對其 3 月齡之 F_1 子代進行殼色分析。

二、殼性狀分析

使用游標尺測量貝殼的主要參數指標，包括殼長、殼高、殼寬，並記錄殼體色。由

背緣的最高點至腹緣的垂直距離為殼高，由貝殼的前端至後端最長的距離為殼長，左、右兩殼閉合在一起，兩殼間最大的距離為殼寬，最後利用電子天平稱量剝離軟體部分後貝殼的乾殼重量。上述測量均進行 3 次，取平均值作為基礎資料。將測量後的基本表型參數，包括殼重、殼高、殼長、殼寬、殼色等性狀以 SPSS 進行統計分析，計算出各種群貝殼與重量的基本參數，包括各種群的個體數量、乾殼重量、殼高、殼寬、殼長等性狀的平均值和標準差，並分析其關聯性。

依據 Wada 等（1991）、鄒等（2021）及 Hynd 等（1960）的報告，本計畫建立文蛤的形態指標及生長指標來分析不同地理群殼形質特性，形態指標包含殼高/殼長、殼寬/殼長及殼寬/殼高比，另生長指標包含殼寬係數（殼寬/（殼高×殼長））及殼重指數公式為殼重/（殼長×殼高×殼寬）× 10^5 。

用 Excel 對不同地理群體文蛤各性狀測量出的表型資料進行整理，並導入到統計產品與服務解決方案（statistical product and service solutions, SPSS）軟體中進行分析，求其平均值、標準差和變異係數，獲得不同地理群文蛤之表型參數。

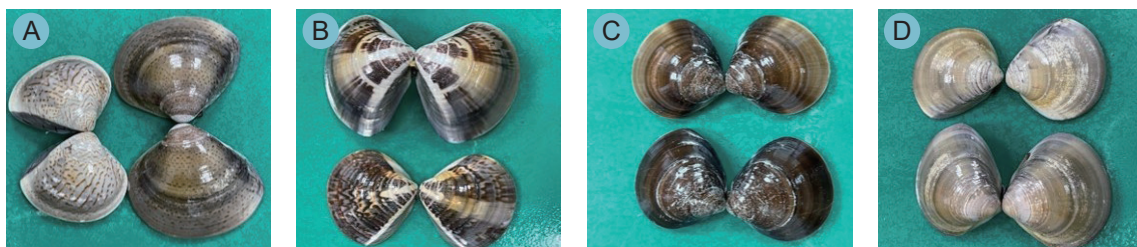


圖 2 臺灣不同地區之 4 種殼色文蛤

A：殼紋型文蛤共 74 個樣本；B：殼斑型文蛤共 69 個樣本；C：黑殼型文蛤共 72 個樣本；D：淡殼型文蛤共 54 個樣本



結果與討論

依據臺灣地區的文蛤樣本進行性狀分析，結果顯示，269 個樣本中，殼紋型、殼斑型、黑殼型、淡殼型各佔 28%、26%、27% 及 20%，4 種不同的殼色平均分布於臺灣不同的地區，雖然文蛤在幼貝時可以觀察到其

殼色的形態有 10 種以上 (圖 3A-D)，但在市場販售體型的文蛤僅剩 4 種，顯示其他殼色的文蛤在成長過程中被天擇淘汰，或是成長的體型過小上市前被人擇篩選剔除，另測交的結果發現 (圖 4A、B)，3 月齡之 F_1 子代共取樣 135 顆，其中有 126 顆皆是深色殼文蛤，佔其所產之子代的 93% (圖 4C)，由此可知殼

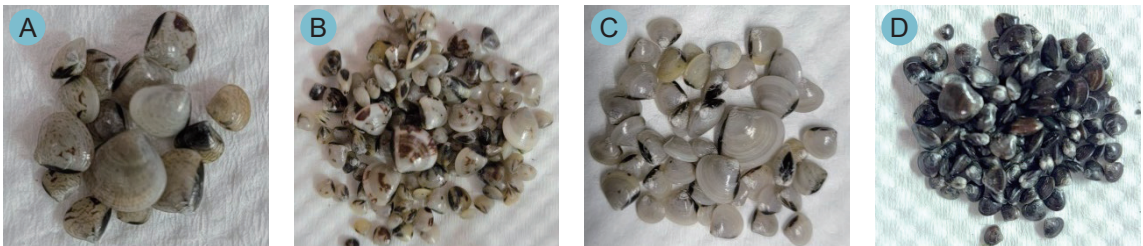


圖 3 臺西養殖場繁殖之 2 月齡文蛤殼色 (大致分為 A-D 4 種不同殼色的文蛤幼貝)

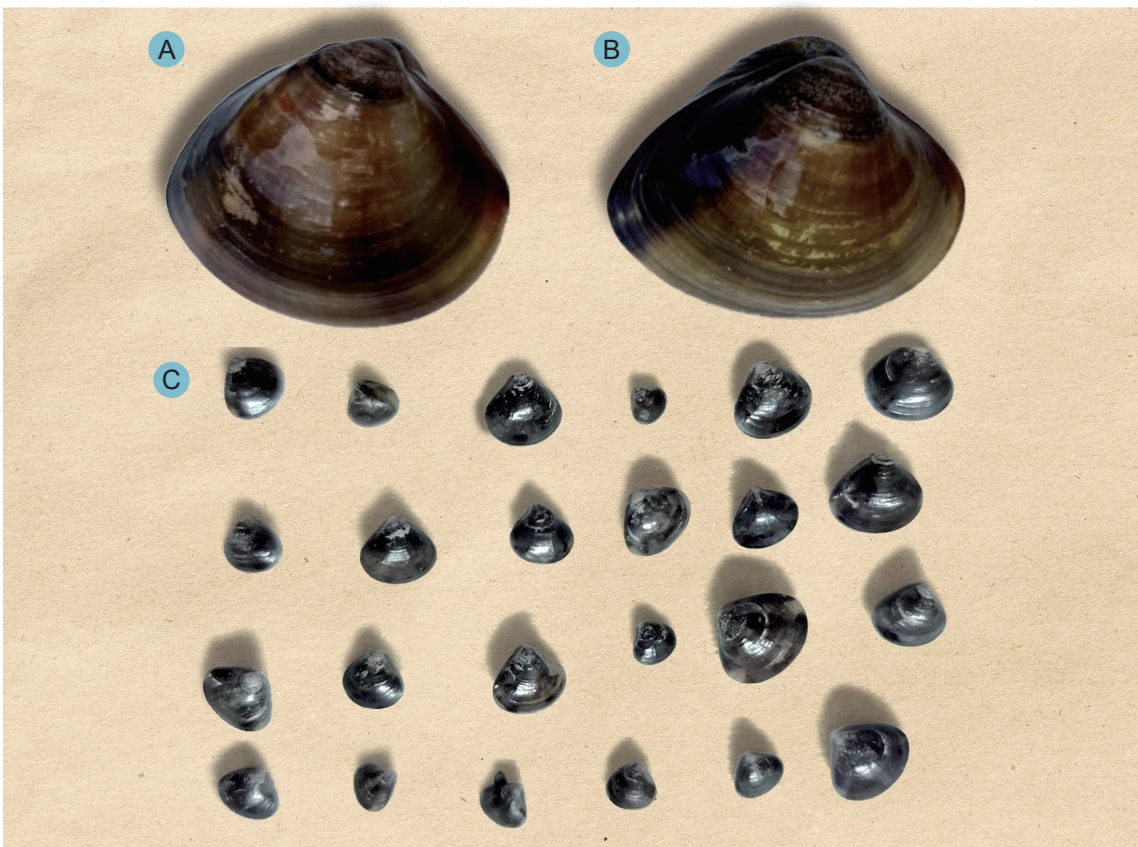


圖 4 一對一文蛤測交繁殖的種貝及其子代
A：黑殼型公貝；B：黑殼型母貝；C：繁殖子代 F_1 (3 月齡)

色不僅是因為環境或食物會改變，最大的因素還是來自於基因的調控，並且與牠們生長、活存、抗逆性等表型性狀有關。

相關分析是研究表型性狀間關係的一種常用的統計方法，在育種工作中有利於制定合理的多性狀選育方案。已有大量研究表明，海洋貝類殼形態性狀與體質量間存在顯著相關性。本研究結果表明，各地文蛤的殼長、殼寬、殼高、和殼重間存在極顯著正相關 ($p < 0.001$)，相關係數排序為殼長 $>$ 殼高 $>$ 殼寬 (表 1)，顯見殼長和殼重具有高度的相關性。從形態性狀指標的分析結果來看 (表 2)，殼斑型文蛤相較於其他 3 型文蛤成長成具備大殼型文蛤的優勢，另從生長指標結果來看 (表 3)，殼紋型文蛤相較於其他 3 型

文蛤成長成具備厚殼型文蛤的優勢，這 2 種皆可以作為另外的品系選育標的。針對文蛤所面臨之問題，除養殖環境及養殖管理方法的改善，文蛤種貝的多樣性、抗逆境能力及成長率亦是考量的因素，如何因應氣候變遷對各產業之衝擊已成為國家安全亟待解決的重要議題之一，在水產養殖相關產業應如何調整與應變如強降雨、熱低壓、酷熱、缺水及酷寒等狀況，以降低災害損失，已是不可規避之情境。貝殼在生長過程中主要通過利用水體中的碳酸根來實現對海水中碳的固定，因此可根據貝殼的體質量和貝殼中的碳含量來估算其碳匯量，可供篩選固定特定性狀之品系供業界選配之參考，作為因應氣候變遷之選育指標。

表 1 臺灣不同地區文蛤之性狀表型相關係數分析

	殼 長	殼 寬	殼 高	乾殼重
殼 長	1			
殼 寬	0.730**	1		
殼 高	0.858**	0.667**	1	
乾殼重	0.916**	0.690**	0.766**	1

根據不同的殼性狀進行皮爾森相關係數分析，**：表示在顯著水準為 0.05 時有顯著相關性 ($p < 0.001$)，本檢測使用雙尾檢定，結果顯示殼長、殼寬及殼高均和乾殼重有顯著相關

表 2 臺灣文蛤不同殼色下形態性狀指標分析

不同殼色群	性 狀 指 標		
	殼寬/殼長	殼寬/殼長	殼寬/殼長
A	0.51±0.04 ^b	0.83±0.03 ^b	0.61±0.08 ^a
B	0.53±0.02 ^a	0.86±0.05 ^a	0.62±0.06 ^b
C	0.53±0.02 ^a	0.84±0.05 ^b	0.63±0.03 ^{ab}
D	0.53±0.03 ^a	0.83±0.03 ^b	0.64±0.02 ^a

A：殼紋型文蛤；B：殼斑型文蛤；C：黑殼型文蛤；D：淡殼型文蛤

表 3 臺灣文蛤不同殼色文蛤生長指標分析

不同殼色群	生 長 指 標	
	殼 重 指 數	殼 寬 指 數
A	33.29±3.22 ^b	0.019±0.005 ^a
B	34.17±4.23 ^a	0.018±0.004 ^{ab}
C	32.12±2.26 ^c	0.017±0.004 ^{bc}
D	32.47±1.83 ^b	0.016±0.002 ^c

A：殼紋型文蛤；B：殼斑型文蛤；C：黑殼型文蛤；D：淡殼型文蛤