



利用分子標記輔助技術 建立超雄性紅色吳郭魚品系

張凱傑、王俐文、陳榮華 / 水產試驗所淡水養殖研究中心

前言

吳郭魚因生長快、雜食性及耐逆境，成為全球重要淡水養殖魚種。根據聯合國糧農組織 (FAO) 2023 年 Globefish 報告指出，2022 年全球吳郭魚產量約 600 — 700 萬公噸，較前一年成長 2 — 4%，2024 年預估可達 700 萬公噸，其中以尼羅吳郭魚吉富品系 (Genetic Improvement of Farmed Tilapia, GIFT) 為主要養殖品種。

臺灣的紅色吳郭魚 (*Oreochromis* spp.) 於 1968 年由體色變異之莫三比克吳郭魚 (*O. mossambica*) 中所選育而來，為改良莫三比克吳郭魚早熟且體型小的缺點，先後與尼羅吳郭魚 (*O. niloticus*)、歐利亞吳郭魚 (*O. aureus*) 及賀諾奴吳郭魚 (*O. hornorum*) 雜交並篩選體表較紅的個體，再經過一系列的回交及選育而來。其鮮紅體色具高市場價值，特別是在亞洲地區常被作為紅色海水魚種，如嘉鱾、紅目鯛等高價魚類的平價替代選擇，售價通常為黑色吳郭魚的 2 倍。

本所於 2013 年完成超雄性尼羅吳郭魚 (YY) 選育並推廣於業界應用，近年將此技術導入紅色吳郭魚品系，欲提升紅色吳郭魚之單性養殖效益，以超雄性選育技術結合分子標記輔助技術，針對紅色吳郭魚進行家系篩選與培育，並搭配子代性別驗證策略，最終建立超雄性紅

色吳郭魚 (YY) 品系。

超雄性魚選育試驗流程

一、建立紅色變性雌魚 (XY Δ ♀) 種原

利用含有 17 α -ethynylestradiol (17-EE) 的飼料連續餵食紅色吳郭魚魚苗 60 天，旨在誘導基因型為 XY 之雄魚表現出雌性表型，並發育出具功能性卵巢且可以正常排卵。

二、篩選超雄性紅色吳郭魚 (YY)

將上述變性雌魚 (XY Δ ♀) 與正常基因型的紅色雄魚 (XY) 進行一對一配對，依據遺傳組合，其子代中理論上會有 25% 為具 YY 基因型之超雄性魚。

三、驗證超雄性紅色吳郭魚 (YY) 子代雄性率

將篩選出的超雄性魚與正常基因型紅色雌魚 (XX) 進行一對一配對，理論上子代 100% 為雄性的遺傳雄性紅色吳郭魚，基因型為 XY，待子代蓄養至可由外觀辨識性別時，統計性別比例以驗證控制性別的穩定性。

四、建立超雄性品系種原

同時建立超雄性魚與其變性雌魚 (YY Δ ♀) 之組合，供日後無激素、全雄性種苗生產應用。

以分子標記輔助超雄性魚選育

導入分子標記進行選育可縮短育種週期、提高種魚選拔精確度、降低時間及人力成本並可建立超雄性種原體系。

一、分子標記篩選變性雌魚 (XY △ ♀)

本試驗選定之紅色吳郭魚品系為遺傳上較接近尼羅吳郭魚之族群，利用開發的尼羅吳郭魚性別關聯分子標記進行分型。最終篩選基因型為 XY，且外觀表現為雌性外型之變性雌魚，以作為生產超雄性魚的起始母本種原。此步驟可省去約 10 – 12 個月（過去試驗需一對一配對及子代測試養成時間），並排除起始母本種原人為篩選錯誤的可能。

二、配對生產超雄性紅色吳郭魚 (YY)

上述 XY △ ♀ 變性雌魚與 XY 雄魚配對後，理論上子代中會有 25% 為 YY 基因型的雄性

個體。利用上述之分子標記直接篩選子代中雄性個體進行，找出具有 YY 基因型的雄魚，再與正常 XX 雌魚進行配對試驗。此步驟同樣可省去傳統育種以一對一配對及子代測試冗長時間，嘗試找出超雄性魚的，需由養成約 10 – 12 個月後再進行子代測試，且成功找出超雄性種魚的機率僅有 1/3，故導入分子標記輔助可節省許多時間及人力成本。

超雄性魚子代測試結果

為驗證超雄性紅色吳郭魚種魚性別的穩定性，本研究共選定 10 對試驗組進行一對一繁殖測試 (XX × YY)，並與兩組紅色吳郭魚作為對照組 (XX × XY) 進行比較（圖 1）繁殖的子代以雌雄比 1:1 的期望值進行卡方分析。結果顯示，10 組試驗組有非常顯著差異 ($p < 0.001$)，且子代雄性率均顯著高於對照組，其中 9 組超過 91%，2 組達 100%，平均約 95.84%，顯示

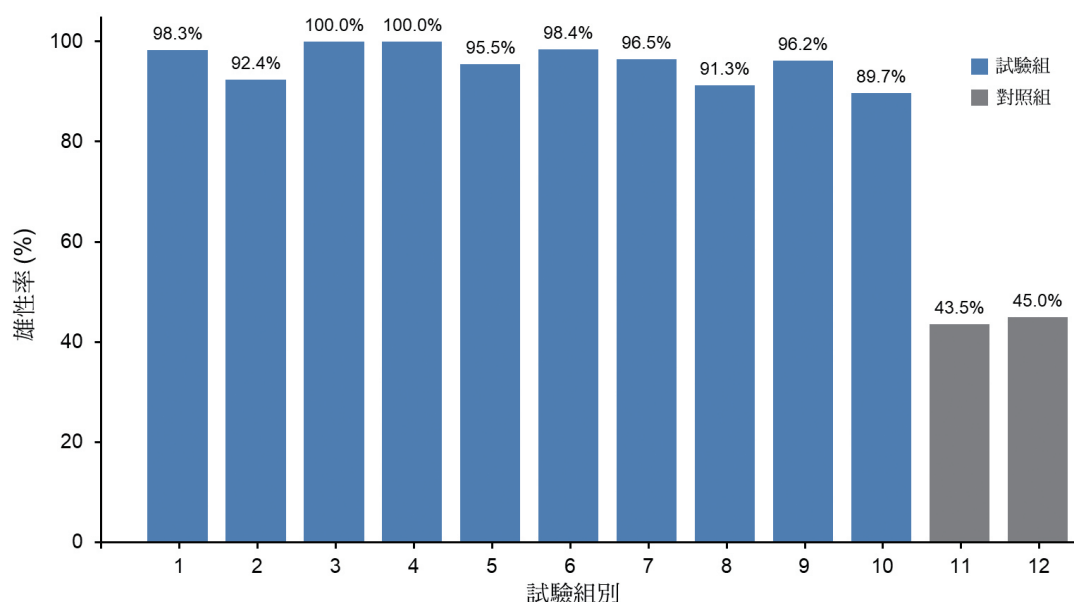


圖 1 超雄性紅色吳郭魚 (YY) 與正常基因型紅色雌魚 (XX) 進行一對一配對之子代雄性率分析

試驗組雄性種魚皆為超雄性紅色吳郭魚 (圖 2)；另對照組雄性率僅約 44.26%，與期望值 1:1 接近。此結果驗證超雄性魚可穩定傳遞雄性基因型，達成高雄性率子代生產目標 (圖 3)。



圖 2 經選育後的超雄性紅色吳郭魚 (YY) 種魚群，外觀已無明顯黑斑



圖 3 遺傳雄性紅色吳郭魚 (XY)，此為超雄性紅色吳郭魚 (YY) 與紅色雌魚 (XX) 配對繁殖之子代群，呈現高比率雄性

■ 超雄性變性雌魚 (YY Δ ♀) 的建立與應用

為使超雄性品系種原能夠穩定延續，本試驗同時選育具備 YY 基因型之變性雌魚 (YY Δ ♀) (圖 4)。實際操作做法為將先前篩選出的 XY Δ ♀ 變性雌魚與 YY 超雄性魚配對繁殖，理論上子代中會有 50% 機率為帶有 YY 基因型之超雄性魚，該批魚苗再以 17 α -EE 進行變性處理，並進行分子標記鑑定，即可篩選出基因型為 YY 的變性紅色雌魚。未來可利用超雄性紅色變性雌魚 (YY Δ ♀) 與超雄性紅色雄



圖 4 超雄性紅色吳郭魚變性雌魚 (YY Δ ♀) 外觀

魚 (YY) 配對繁殖，子代即全為帶有 YY 基因型的超雄性紅色吳郭魚，便能以此方式有效地延續種原。

■ 結論

全雄性種苗的生產技術對吳郭魚養殖產業具關鍵價值，因雄魚相對雌魚有生長快速、體型較大等優勢，因此產業界多以放養雄魚為主。過去多依賴激素控制性別，但隨著食品安全與環境意識提升，利用基因選育與分子標記輔助育種技術已成為當前趨勢。

本試驗歷時 4 年，成功建立超雄性紅色吳郭魚 (YY) 品系，並驗證其高雄性率子代生產能力。透過結合分子標記技術與實際繁殖驗證，與過去傳統選育相比，不僅縮短將近 7—8 年的選育時間，也大幅提升種魚選拔效率與準確性。另外配合超雄性變性雌魚 (YY Δ ♀) 品系，可有效延續超雄性種原，為紅色吳郭魚養殖產業帶來關鍵突破，並廣泛推廣全雄性紅色吳郭魚種苗供應，對吳郭魚產業升級具實質助益，未來將針對能產出高雄性比例之超雄性魚建立種原管理與基因型資料庫，探討不同基因型超雄性種原，與影響子代雄性率間的關聯性，並評估超雄性品系在不同環境條件下的繁殖穩定性與效益，作為技術授權與推廣之依據。