

回交在吳郭魚性狀選育之應用

曾福生、杜金蓮、王姿文、楊佳宜、吳豐成

水產試驗所水產養殖組

前言

吳郭魚從國外引進臺灣已超過 60 年，由於牠對病害的抵抗力及環境的適應力很強，又屬於雜食性，所以很容易飼養，而且肉質嫩又無暗刺，廣為一般消費者接受，且被譽為未來動物性蛋白質之主要來源之一。吳郭魚引進後，經過多年的選育與改良，已具備成長快速、抗逆境佳、取肉率高等經濟養殖性狀，成為我國主要的淡水養殖種類之一，不論產量或內、外銷，均有相當優異的成績，也因此獲得「臺灣鯛」的美名。

種間雜交育種是臺灣吳郭魚育種的主軸，將雜種優勢及品種互補充分發揮，但其遺傳穩定性不易控制，而且雜種優勢及品種互補的性狀固定困難，有些甚至無法遺傳；換言之，雜交子代育成的種魚遺傳給後代的性狀是非常複雜的，因而造成經濟性狀及遺傳特性混亂等問題。但繁殖業者有很多都只是根據經驗，挑選成長快、體型佳的子代當作種魚，根本不在意被挑選出的種魚的親代是怎麼配對的，代代繁殖的結果魚苗的遺傳表現不如預期，時好時壞。例如，母本尼羅吳郭魚 (*Oreochromis niloticus*) 與父本歐利亞吳郭魚 (*O. aureus*) 的後代，雄性比率高；福壽魚 (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) 是莫三比克吳郭魚 (母本) 與尼羅

吳郭魚 (父本) 的後代，在海水、淡水環境中都有成長快速的性狀，對環境適應力佳。這些例子大家耳熟能詳，但雜種優勢性狀只有在子一代 (F_1) 表現最佳，若未適度管理，雜種優勢性狀將逐代消失。

養殖業者將吳郭魚養殖性狀的退化歸因於近親、基因窄化、遺傳變異低及種質混雜等因素；其實這些情形並不是壞事，反而顯示目前商業養殖吳郭魚是經過人為選育的品種，是可利用的育種材料，只是這些品種性狀不明，只要經過系統性的遺傳測試，並稍加普查整理與歸納分群，即可成為育種材料，作為目標性狀 (target character) 的貢獻者或接受者，反而是可應用的最佳遺傳育種資材。

材料與方法

改良的目標魚採自屏東地區紅色吳郭魚繁殖場，體色呈粉紅或橙紅，帶有少量黑點，尾鰭有規則紋路；體形圓胖，體高約頭長的 1.2–1.5 倍，這些性狀是經由繁殖業者依市場的需求歸納而來。

提供體色性狀的 TsR 品系材料魚，如體色為粉紅銀白帶橙紅斑，無黑點；體小身形修長，體高約等於頭長 (圖 1)。

將自屏東收集的紅色吳郭魚 (以 cp 代

稱)，置於 FRP 水槽 (120 × 60 × 60 cm) 配對繁殖，從數個家系中各挑選前 25% 體形圓胖，體高約頭長的 1.2—1.5 倍的養殖性狀個體組成基礎群，再經自交建立 F_2 家系，並從中挑選具養殖性狀最優個體與 TsR 品系一對一配對繁殖。再從該配對產下的子一代 (F_1) 篩選具最佳養殖性狀的個體，作為雌本和 cp 品系回交 (back cross, BC)，如此連續操作兩代 (BC_1F_1 和 BC_2F_1)，每代都以養殖性狀作為選留標準，挑選最佳個體為雌本，回交 cp

品系，至 BC_2F_1 自交建立 BC_2F_2 固定性狀，群內隨機交配自行繁殖三代以上取名為 TsRn 品系，其配對流程如圖 2。

每世代的選留次數和標準：分別在培育 45、60 和 90 天及越冬後進行 4 次配對，選留具養殖性狀的個體。

BC_2F_2 時，採群內隨機交配，自行繁殖三代以上，建立紅色吳郭魚 TsRn 群體，每世代均依上述標準選留。



圖 1 TsR 品系紅色吳郭魚的幼魚 (上) 和成魚 (下)，體表都沒有黑點或黑斑

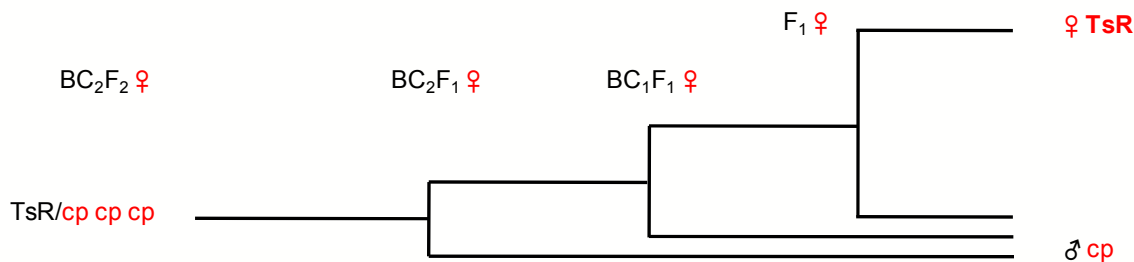


圖 2 紅色吳郭魚 TsRn 改良品種的譜系圖

結果與討論

自屏東地區採集的 cp 材料魚，身形圓胖，體色深紅，但仔細檢視，可發現鰓蓋至胸鰭下方兩側具有不少黑點（圖 3）。在無日照的室內養殖兩個月後，紅色褪掉（圖 4）後，原先不容易看到的黑點就變得相當明顯。繁殖場生產的魚苗都是挑選這類型的親魚配對，在體長約 1 cm 時，即有少部分的全黑苗及紅色苗，紅色苗成長至 1 月齡時，約有 40% 的幼魚會再出現黑斑或黑點，即使挑除這些帶有黑斑或黑點的幼魚，養至上市體型的紅魚還是會有小黑斑或黑點，但不論如何，其體型都優於 TsR 品系。

TsR 品系不是商業養殖的好選擇，但是無黑斑或黑點的體色優勢卻是 cp 所沒有的；cp 是具體型優勢的商業繁養殖品種，有成長快速的特性，唯所產的苗都帶有黑點或黑斑，為降低子代的黑斑，提高紅色苗的比

例，利用 TsR 和 cp 雜交。配對雜交的子一代 (F_1 : TsR \times cp)（圖 5）全為紅色，已改善了全黑苗出現的問題。

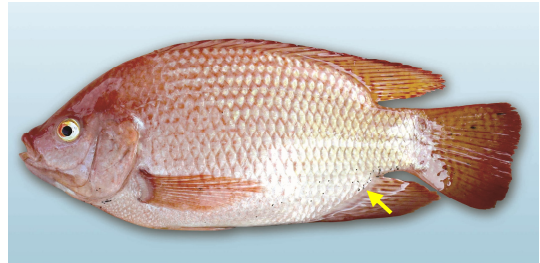


圖 3 身形圓胖，體色深紅，鰓蓋下方和尾柄下方有少量黑點（箭號）

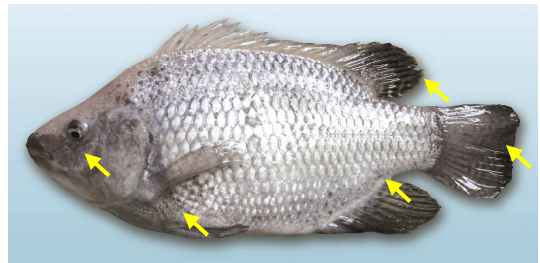


圖 4 在室內飼育一段時間，紅色褪掉後，有大量的細黑點顯現，在原來鮮紅的部位如鰓蓋，背鰭尾端、臀鰭和尾鰭紅色褪掉有大量的細黑點顯現（箭號）



圖 5 雜交子一代 (F_1 : TsR \times cp)，身形圓胖，不同於 TsR 或 cp

A：體色無黑點，白底橙紅斑；B：腹側體色黑點多，白底橙紅斑，背側鱗片部分呈透明狀；C：頭部和身側體色有黑斑，白底橙紅斑，背側鱗片部分呈透明狀；D：體色無黑點，白底橙紅斑，背側鱗片部分呈透明狀

在紅色苗 4 種體色形態中，雖仍有帶黑點 (圖 5B) 和黑斑 (圖 5C) 者，但體型均趨近於 cp，符合商業養殖的標準。從 F_1 (TsR \times cp) 排除帶黑點與黑斑的個體後，回交 cp 品系建立 BC_1F_1 ，從中挑選無黑斑和黑點、身形圓胖如 cp 的個體，再回交 cp 建立 BC_2F_1 ，此時體型已和 cp 相近，但紅色偏淡 (圖 6)。利用這種方式固定性狀後，可建立新品種，且有明確的品種特徵，繁殖業者可以利用該品種為核心，生產商用 F_1 苗行銷。



圖 6 第二次回交 (BC_2F_1) 成魚的體形，身形和 cp 類似但紅色淡很多

為什麼要回交 cp 而不是 TsR，係因為主要目的在改良商業養殖紅色吳郭魚的體色，cp 本來就具有體型和成長的優勢，目前的問題點是在體色的缺點，所以朝 cp 方向回交，單純以改良體色表現為主，育成的幼魚體型像 cp、體色類似 TsR (圖 7)。反觀 TsR 對 cp

而言，只是沒有黑點，其他的養殖性狀不如 cp，所以，藉此來改善 cp 的體色，進而改良 cp 品種。若 F_1 (TsR \times CP) 往 TsR 品系回交 (圖 8)，以 cp 體型結合 TsR 體色為挑選標準，至 BC_2F_1 時，其形態類似 cp，但體色偏白，背部的鱗片呈透明狀 (圖 9)。經 1 至 2 代的



圖 7 第二次回交 (BC_2F_1) 自交後的幼魚 (BC_2F_2) 體型和 cp 類似，但體色偏橙色

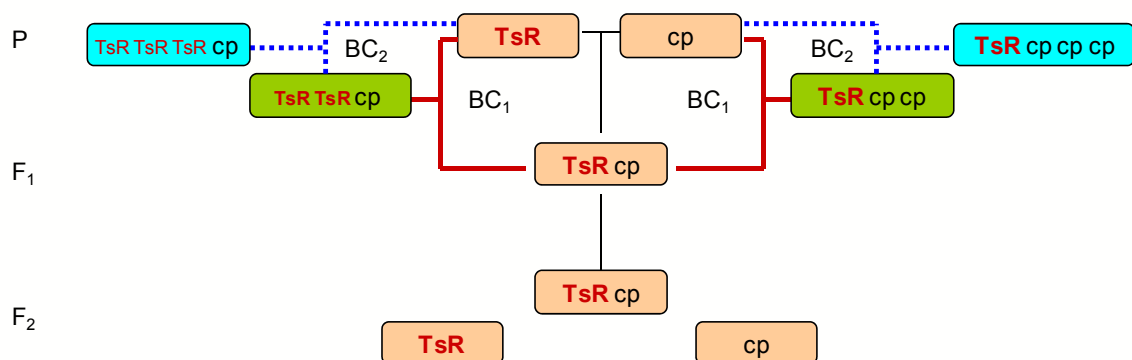


圖 8 紅色吳郭魚改良過程的正反回交示意圖，BC：回交 (back cross) 的簡寫； BC_1 和 BC_2 ：第一代回交和第二代回交



圖 9 F_1 (TsR \times cp) 往 TsR 品系回交，仍以 cp 身形 TsR 體色選育的結果，身形和 cp 類似，但體色較淡且偏白色 (A)，尾鰭幾無顏色，部分個體尾柄畸形 (B) 或背側鱗片部分呈透明狀 (C)

回交，可看出吳郭魚的外觀變化，在帶有 cp 品系血統愈多之吳郭魚品系，呈現頭部較小、體高較高的圓胖身形。

回交育種觀念主要是把貢獻者 TsR 品系無黑斑的體色目標性狀，藉由回交導入接受者 cp 的育種方法，所以 cp 稱為輪回親本。輪回親本 cp 綜合性狀（也稱背景性狀，background character）優良，具有成長和體型的優越特性，但仍欠缺無黑斑體色的有利性狀，非輪回親本 TsR 恰好具備這一個有利性狀。這一個有利性狀稱為目標性狀。因此，所建立回交後代的目標性狀能充分表現時，在任何環境條件下都可利用回交育種方法，這個方法操作簡單且迅速，回交後代群體所包含的基因型種類遠遠少於雜種自交後代群體中的基因型種類，所以回交後代所需群體的數量較少，有利於縮短育種時間，加快育種速度。目標性狀的篩選容易操作，也可控制雜種群體，精準地改良品種。此法也可應用於提高抗逆性、抗病性優越品種的改良效能。回交育種法一般只需比較其性狀與輪回親本，和比對目標性狀與非輪回親本，確認所需的時間較短且育成品種的特徵性狀一經確定後，便可應用在商業生產上。不過，本法也有其侷限性，包括：(1)只能改良個別缺點；(2)如果控制目標性狀的基因對數較多，在回交後代中選留回交的個體難度較大；(3)遺傳力低的目標性狀，難於確認，不易獲得好的改良效果。

回交的遺傳效應，接受者和貢獻者的遺傳物質在回交後代中所佔的比例，對背景性狀（即接受者）而言，每回交一次，由貢獻者導入回交後代的有利遺傳物質（即目標性

狀）就較上代增加一半，而來自貢獻者的不利遺傳物質則較上代減少一半。在回交 n 代，來自接受者的遺傳物質在回交後代的比例為 $[1-(1/2n+1)]$ ，當 n 較大時，回交後代的背景性狀與接受者極為相似。

接受者和貢獻者對回交後代目標性狀的遺傳影響因交配方式而異。在不加目標性狀選擇下回交，其目標性狀在後代中出現的頻率會逐代下降，直至消失。若選擇攜帶目標性狀的後代回交接受者，其目標性狀在回交的後代呈雜合狀態，所以不論回交多少代，後代的目標性狀的遺傳物質都佔一半，顯示選擇攜帶目標性狀的後代回交接受者，對展現改良的結果具有決定性的意義。

結語

體色性狀可從外表具體區別，只要根據所定義的性狀挑選，且具遺傳再現性即可，不需要複雜的數量計算。吳郭魚體色相對單純，採極端的體色性狀逐代篩選，經閉鎖式繁殖後建立族群固定體色性狀，即可得到 TsR 品系。再以該群為基礎，依照所要的目標性狀進行改良。本文是以體色性狀測交商業養殖紅色吳郭魚體色的遺傳模式，從中找出遺傳規律，同時利用已具備成長快速和優越身形的商業養殖紅色吳郭魚為目標性狀的接受者，選育建立吳郭魚新品種。利用業者選育的商用品種，與本所選育的品系，性狀互相搭配，相互改良的邏輯和方法，同樣可應用在現有的其他養殖品種上。或許可改善現今因近親、基因窄化、遺傳變異低、種質混雜以及經濟性狀與遺傳特性混亂等問題。