

近親交配與養殖育種(下)

劉富光

水產試驗所淡水繁養殖研究中心

選擇育種

選擇育種 (breeding selection) 亦稱之為遺傳育種，是魚類繁殖與品種改良的傳統而有效的方法，係利用生物的遺傳變異性 (genetic variation)，按照自己的意願迅速選擇、固定和發展對人類有益的變異，最後分離出優良性狀，並與原來族群隔離，形成人們要求的新品系，如進一步達到穩定性狀與經濟價值而可繁殖推廣者，便可成為新品種。

一、選擇育種理論

選擇育種是唯一從遺傳學上提高優良野生物種性能之方法，此法係利用個體間的加性遺傳變異。其理論基礎有 2 個假設：(1) 近交增加隱性有害等位基因的表達，引起繁殖或生長性能之衰退；(2) 表型性狀的改良取決於選擇強度與性狀的加性遺傳的變異程度。

加性遺傳變異是指候選族群的育種值變化，而選擇強度指選擇個體佔候選總數之比例。通過控制連續近交，使選育族群的選擇效應最大化與長久化。

二、選擇育種方法

選擇育種的方法，常用的有下述幾種：

(一) 個體選擇

以每一個體的表型值大小為選擇依據稱為個體選擇。該方法在混合群體裏進行，將

入選個體混養在一起，任其交配，繁殖子 1 代，再從後代中選擇表型好的個體繁衍子 2 代，如此，反複進行選擇，直至形成新品種。因此，個體選擇又稱混合選擇或集體選擇。

(二) 家系選擇

以整個家系為選擇或淘汰的單位，所以，被選擇的家系之間應該彼此隔離或者標記清楚，各家系的世代應該互不混雜，更重要的是將若干受選擇家系飼養在儘可能相同的環境中，以利比較選擇。家系可以是全同胞或者半同胞的家系，全同胞家系是由同父同母所繁衍的若干家系。半同胞家系是由同母異父或同父異母所形成的若干家系。

(三) 家系內選擇

從家系內選留表型值高的個體培養優良品種。當共同環境使家系內的差異變大時，在每個家系內選優除劣可得到較好的結果。

(四) 複合選擇

將個體選擇和家系選擇結合起來所進行的選擇育種稱為複合選擇，也稱綜合選擇。複合選擇的第一步是進行非親緣關係的雜交，得到一定數量 (5-6 個) 的家系。第二步按家系選擇法養殖的這些家系並鑑定它們的生產性能 (如生長速度、繁殖力、活存率、肉質及體型等)，選出較好的家系。第三步在較好的幾個家系 (一般 2-3 個) 中進行個體

選擇。第四步根據子代測定法對性成熟早的某一性別進行鑑定，選出這種性別的優良親本。然後在另一性別成熟時，用同樣的方法選出另一性別的優良親本。

三、選擇育種的成功例子

- (一) 自 1932 年開始，經過 35 年的選種，才培育出生長快且生殖能力強的虹鱒優良品種。
- (二) 中國荷包紅鯉是利用個體選擇與家系選擇，經過 11 年連續 6 代的選育而成。另外，彭澤鯽也是經過 7 年，6 代選育成功的品種。
- (三) Longalong 等 (1999) 對菲律賓尼羅吳郭魚 3 代家系選育，培育出性腺晚熟的品系。
- (四) Bolivar 等 (2002) 對由 4 個品系雜交育成的尼羅吳郭魚基礎群，連續 12 代的家系內選育出平均每代體重提高 12% 的選擇效應。

雜交育種

一般雜交可分為二類，其一為同種但不同品系的“種內雜交”，通常此類雜交子代仍具有生殖力。另一類係同屬或同科但不同種的“種間雜交”，這一類型的雜交，除可作為品種改良工具外，由於子代大都喪失生殖能力，可因此用來控制子代性別比例。

一、雜交育種理論

從隱性有害等位基因角度來看，雜交優勢是近交衰退的一種補償，透過不同近交“族群間”的交配，掩蓋隱性有害等位基因。經過一段時間的隔離養殖，不同養殖族群可能

在不同的基因座隨機累積有害等位基因。

為降低隱性有害等位基因頻率和增加個體間的加性遺傳變異，要通過不同野生族群和人工養殖族群間的雜交以建立綜合基礎族群。因雜交掩蓋了隱性有害等位基因的負面效果，基礎族群評估的性狀優於父母本族群性狀。因此，雜交可以說是一種補償人工養殖族群近交衰退的策略。

二、雜交育種方法

(一) 增殖雜交育種

經由一次雜交後，從雜交子代優良個體的繼代自群交配後代中選育成新品種。

(二) 回交育種

利用雜交子代與親本之一相互交配，以加強雜交世代某一親本性狀的育種方法。

(三) 綜合雜交育種

以 3 個 (或以上) 品種或群體的優良性狀，通過雜交結合在一起，產生雜交優勢或培育成新品種的育種方法。

(四) 經濟雜交育種

指利用雜交一代優勢的雜交方法。目前魚類雜交，以本法較常見。

三、雜交育種的成功例子

(一) 種內雜交

1. 荷元鯉係荷包紅鯉(♀) × 元江鯉魚(♂) 的子一代(F₁)，子代具有父本體長與母本體高背厚的優點，且有成長快於親本的雜交優勢。
2. 中國建鯉係由荷包紅鯉 × 元江鯉，以增殖雜交育種方法，經過 4 代家系選育形成新品系，然後與子 2 代的連續雌核發育子 2 代交配育種而成，具有個體大、成長快之優點。

3. 利用 4 個亞洲品系與 4 個非洲品系尼羅吳郭魚進行種內雜交，歷經 10 年選育而成的新品種-GIFT (genetically improved farmed tilapia)，其成長比一般養殖群體快約 30%。

(二) 種間雜交

1. 福壽吳郭魚係莫三鼻克吳郭魚(♀) × 尼羅吳郭魚(♂)的 F1 子代，具有體型大、生長快，肉質鮮美，雌雄體型較均勻，耐寒性強的雜交優勢。
2. 單雄性吳郭魚係尼羅吳郭魚(♀) × 奧利亞吳郭魚(♂)的 F1 子代，具有全雄性或高比例雄性子代的特性，能有效的提高吳郭魚的單位面積產量。
3. 雜交條紋鱸係條紋鱸 (*Morone saxatilis*) (♀) × 白鱸 (*M. chrysops*) (♂) 之 F1 子代 (palmetto bass)，或其反交之 F1 子代 (sunshine bass)，都具有成長快、調節滲透壓能力強、耐高溫、抗病力強等特性。

四、雜交育種的問題

魚類雜交的各種組合，雖然有些產生雜交優勢，有些子代也具生殖力，但也產生劣勢，例如受精率或活存率低於親代。然而，並非所有具優勢的雜交組合都可當做經濟雜交，例如草魚(♀) × 團頭魴(♂)的 F1 子代雖然成長快於團頭魴，抗病力強於草魚，但屬不孕性且活存率低。目前因雜交優勢的遺傳機制尚未清楚掌握，因此，難免造成一些逢機性的雜交育種。此外，許多 F1 子代是可孕的，較難控制本身的自交，易造成雜交優勢的分離與衰退。

標誌輔助育種

隨著分子生物技術的快速發展，各種基因體分子標誌記錄與數量性狀基因座相關連的知識，對於標誌輔助育種策略助益很大，能有效且加速傳統遺傳育種工作。這種以生物技術輔助傳統選擇育種的方法，稱為標誌輔助育種 (marker-assisted selection, MAS)。

一、擴增片段長度多型性

擴增片段長度多型性 (amplified fragment length polymorphism, AFLP) 是利用 DNA 聚合酶鏈反應 (polymerase chain reaction, PCR)，選擇性的擴增已被限制酵素切割的基因體片段，可有效的表現基因體間的差異。例如吳郭魚即應用此法，展現各原種與雜交種間的特異性圖譜，可供品種辨識之用，同時，也可用來瞭解兩親代遺傳的論點。

二、微隨體

微隨體 (microsatellite) 係一段具有重複且連續排列的小 DNA 序列，由於具多樣的重複類型與共顯性遺傳特性，且大量出現在基因體中的非轉錄區域。因此，可作為族群遺傳親緣鑑定與遺傳標誌等研究用途。在水產養殖魚類的品種改良上有一些成功案例，如嘉鱻、虹鱒與吳郭魚等。

三、數量性狀基因座分析

數量性狀基因座 (quantitative trait loci, QTL) 分析係利用微隨體、擴增片段長度多型性等各種分子標誌技術找出與數量性狀基因 (如體長、體高、體重) 有關的座落位置。以具有數量性狀兩極端品系的雜交子代兩親代分別進行反交，再分析子代的性狀，而與微隨體、擴增片段長度多型性等分析結果比對，以確定數量性狀基因座，例如虹鱒之耐溫性與產卵特性等基因座的定位。

利用前述這些 DNA 鑑定及基因定位或作圖譜等技術，可有效的應用在種苗鑑定、遺傳育種以及重要養殖特性 (成長率、活存率、抗病力) 等遺傳標誌的鑑定，這對傳統遺傳育種工作而言，不但可相輔相成，亦可收事半功倍之效。

結語

近親交配是將合意或不合意基因分離和純化的最佳方式，而定向選擇就是依照一定育種目標，選擇合意外表型的個體親本，以選出合意基因型個體來做種原，並將入選為親本的優良個體相互交配，這種方法是選擇育種的基本原則。而選擇育種中，大多數的選擇效應係來自不同父母本群體的等位基因之定向整合。只有等位基因的加性效應可以有效的遺傳給子代，所以育種群體中應儘可能保留加性遺傳變異。因此，養殖種原保種的數量，要確實堅守有效族群數的原則，以

避免近親交配引起的近交衰退。不論採取那一種選擇育種方法，每代的近交係數應控制在 1% 左右，而控制的方法惟有靠建立隔離的全同胞家系育苗作業，以保持更多的加性遺傳變異，才能有效控制近交衰退。

養殖保種經過一段時間的隔離，難免會累積有害等位基因，應利用野生群與養殖群間的雜交或者將種原保存在不同的育種場所，有計畫的定期進行各場所間的親本交換，才可掩蓋隱性有害等位基因的負面效應。

傳統的選擇育種要求選好合適的親本，配合精確的養殖管理系統，雖然需要較長的選育時程，但由於育種效果具有應用價值，所以迄今仍然被廣泛採用。反觀標誌輔助育種目前尚在萌芽階段，隨著科技發展的日新月異，未來完整的 QTL 圖譜將使得基因精確的定位成為可能，如此一來，標誌輔助育種勢必為遺傳育種另闢一條嶄新之路。

註：本文部分取材自 Jørm Thodesen 等 (2005) Inbreeding and its impact on aquaculture. *Journal of Fisheries of China*, 29(6): 840-856.



福壽魚(*Oreochromis nilotica* ♂ × *O. mossambicus* ♀)



莫三比克吳郭魚(*Oreochromis mossambicus*)



美洲大口鱸(*Micropterus salmoides*)



雜交條紋鱸(*Morone saxatilis*)