

## 特別報導

## 水產種原之保種與育種 (下)

劉富光

水產試驗所

## 5. 選擇差 (S)

選擇差是一種說明選擇情況的參數，指被選個體性狀的平均值與選前群體該性狀平均值間的差數。常用  $S$  表示。假定  $Y_p$  代表被選個體的平均表型值， $Y$  為選擇前群體性狀的平均值，其選擇差 ( $S$ ) 計算為： $S = Y_p - Y$ ，選擇差越大，可供選擇和已供選擇的變異就越大。例如：池中鯉魚群體平均重為 500 g，而被選擇的個體平均重 725 g，則選擇差 ( $S$ ) 等於  $725 - 500 = 225$  (g)。

6. 選擇強度 (selection intensity,  $i$ )

選擇強度是衡量選擇情況的另一參數，是一種標準化的選擇差。一般用  $i$  表示，在數值上等於選擇差 ( $S$ ) 除以被選群體的標準差 ( $\sigma$ )，即：

$$i = \frac{S}{\sigma}$$

假定鯉魚選種之選擇差 ( $S$ ) 為 225 g，表型標準差 ( $\sigma$ ) 為 75 g，則選擇強度 ( $i$ ) 為：

$$i = \frac{S}{\sigma} = \frac{225}{75} = 3$$

## 7. 選擇壓力 (V)

選擇壓力也是一個衡量選擇情況的參數，係指被選個體數與選擇前個體數的比值。其數值 ( $V$ ) 為：

$$V = \frac{n \times 100}{N}$$

$n$  為被選個體數， $N$  是選擇前的個體數，

$V$  為選擇壓力。 $V$  值越小，選擇壓力越大，被淘汰的個體越多，因而選擇強度越大，選擇壓力和選擇強度成正比例的函數關係。

## 8. 選擇效應 (R)

選擇效應是衡量選擇效果的指標，又稱之為遺傳效益 (genetic gain)，指被選性狀在一世代中的變化情況。常用  $R$  表示，在數值上等於選擇親本的子代表型平均值 ( $Y_f$ ) 減去選前群體的表型平均值 ( $Y$ ) 即： $R = Y_f - Y$

例如：從池塘捕獲鯉魚的群體平均重 500 g，而被選個體平均重 725 g，則選擇差等於 225 g。被選個體經過相互交配後，所繁殖的後代在同等條件下飼養同樣的時間，子代平均體重為 522.5 g，選擇效應是  $R = 522.5 - 500 = 22.5$  (g)。這就是說，在一個世代中，平均每尾魚增重 22.5 g。

選擇的年效應 ( $R_y$ ) 等於一世代的選擇效應 ( $R$ ) 除以世代的間隔年數 ( $I$ ) 為：

$$R_y = \frac{R}{I}$$

假設鯉魚的世代間隔為 3 年，選擇效應為 22.5 g，即  $I = 3$ ， $R = 22.5$ ，則選擇的年效應為：

$$R_y = \frac{22.5}{3} = 7.5 \text{ (g)}$$

## 9. 遺傳力 (heritability, $h^2$ )

遺傳力亦稱之為遺傳率，是選擇差可以傳給下一代的百分比。因此，遺傳力 ( $h^2$ ) 可以表示如下：

$$h^2 = \frac{R}{S}$$

由公式推知，選擇效應在數值上可以表示為： $R = Sh^2$ ，顯然選擇差與遺傳力是影響選擇效應的兩大要素。由於選擇強度  $i = S/\sigma$ ，所以， $S = i \times \sigma$ 。因此  $R = h^2 \sigma i$

此公式說明了，影響選擇效應的三要素為：性狀的遺傳情況 (用遺傳力  $h^2$  表示)、性狀的變異程度 (用標準差  $\sigma$  表示) 和選擇的情況 (用選擇強度  $i$  表示)。遺傳力強的性狀，選擇容易奏效，被選擇群體的性狀變異大，表型標準差就大，選擇也就越有效。此外，選擇強度大，選擇效應就大。因此，選擇要以變異大的群體作為育種對象，並加大選擇差以增強選擇強度。

知道選擇性狀的遺傳力，就可以根據選擇過程的各項參數，預測選擇效應。例如：魚的體重遺傳力 ( $h^2$ ) 很低，假設為 0.1，又假定選前群體平均體重 500 g，被選擇的個體平均體重 725 g，則可以按照  $R = Sh^2$  計算，預測其選擇效應為 22.5 g，其計算式： $h^2 = 0.1$   $S = 725 - 500 = 225$

$$R = Sh^2 = 225 \times 0.1 = 22.5$$

通常水生物品種改良的遺傳效益，較陸生動物如：禽畜類高很多。就以成長率而言，禽畜類平均每代可改善約 5%，意即每年約可改善 1–2%，而水生物種則有 5 至 6 倍成長率的提升。水生物之所以有較佳的遺傳效

益，主要因素為：(1)魚類有較大量的孕卵數，少則上千，多則超過百萬，因此有較高的選擇強度；(2)就成長等經濟性狀而言，魚類具有較大的表型及遺傳變異；(3)魚類在大多數經濟性狀的遺傳力也不低；(4)魚類的世代相隔時間較禽畜類短。

### (四) 選擇育種的方法

選擇育種的方法，常用的有下列敘述幾種：

#### 1. 個體選擇 (individual selection)

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，將入選的個體混養在一起，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，反覆進行選擇，直至形成新品種。因此，個體選擇又稱為混合選擇或集體選擇。

#### 2. 家系選擇 (family selection)

家系選擇是以家系為單位，由於將整個家系作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盡可能相同的環境中，以利比較選擇。家系可以是全同胞或者半同胞的家系，全同胞家系是指由同父同母所繁衍的家系。半同胞家系係由同母異父或同父異母所形成的家系。

#### 3. 家系內選擇 (within family selection)

家系內選擇是一種家系內的個體選擇，是從家系內選留表型值優的個體培養優良品種。當相同環境下使家系內的差異變大時，在每個家系內選優除劣，可收到較好的結果。

#### 4. 複合選擇 (combined selection)

## 特別報導

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、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。

### 二、雜交育種

一般雜交可分為二類，其一為不同科、不同屬或不同種的“種間雜交”，這一類型的雜交又稱為遠緣雜交，除可作為品種改良工具外，由於子代大都喪失生殖能力，因此可用來控制子代性別比例。另一類係同一種但不同品系或不同品種的“種內雜交”，通常此類雜交子代仍具有生殖力。種內雜交又可分為近親交配與非親緣交配。近親交配會提高子代基因的純合性與遺傳穩定性。但同時也引起某些有害隱性基因由雜合態轉變成純合態而導致近交衰退。

#### （一）雜交育種原理

雜交育種的結果會：增加變異性、增加異質性、產生親本綜合優良性狀、產生親本所沒有之性狀、產生雜交優勢及缺少親本某些性狀等。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，要利用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

透過雜交育種，可以產生雜交優勢或育成新品種。一般雜交育種分法可分為：

##### 1. 增殖雜交育種

經由一次雜交，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。通常，增殖雜交需強化選擇育種原則，由於遺傳基因自由組合，自子 2 代起，不但產生具有親本優良性狀的子代，也會產生具親代缺點的子代，同樣也形成性狀介於親本間的子代。因此，若不注意選種，任其近交則易引起隱性有害基因的表現與擴大，使雜交優勢減少甚或消失。所以要做好選種工作，以便增加有利基因頻率，減少有害基因，讓優良性狀基因逐漸純化並穩定，才能達到育種效果。

##### 2. 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。假設育種的目的是想要把某一品種（A）的一個或幾個經濟性狀導入另一品種（B）中，則採用回交育種是較合適的方法。其步驟： $A \times B \rightarrow F_1 \times B \rightarrow F_2 \times B \rightarrow F_3 \times B \dots$

回交也受遺傳的分離、自由組合和連鎖互換的定律調控，所以，回交子代並不一定都具有導入的性狀，因此，要選擇具有導入性狀作親本。如果導入性狀只涉及一對或幾對顯性基因，要選擇性狀就較容易。反之，要導入的性狀是數量性狀或受隱性基因所控制，則選擇就較為困難。此外，若要把兩個

品種的優良性狀綜合在一起，則需將兩個品種的雜交子代先與一個親本回交之後，將第一子代回交種與另一親本回交，如此交替回交幾代，就可避免近親交配，又可綜合保留兩個品種雙親優良性狀，這種回交方法稱之為交替回交育種。回交育種進行幾代後，要自家繁殖以使得雜交後代的優良性狀可以穩定傳下去，以形成大的族群品種。

### 3. 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。綜合雜交可分為雙交或三交。雙交是由 4 個品種所構成的兩個單交種再次雜交，即  $(A \times B) \times (C \times D)$ 。

三交係由 3 個品種所組成的雜交即  $(A \times B) \times C \rightarrow ABC$ 。

### 4. 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。如果雜交子代的某些性狀優於親本，稱之為雜交優勢，此雜交優勢常具有經濟性狀，故具有雜交優勢的雜交方法又稱之為經濟雜交育種。雜交優勢程度，常以雜交子代主要性狀表型之平均值超出兩親本同一性狀表型平均值的百分比來表示，即：雜交優勢 (%) = (雜交子代表型平均值 - 親本表型平均值) / 親本表型平均值 × 100%。

雜交優勢多出現在種內雜交，但雜交優勢受到遺傳上分離定律的影響，在子 2 代無法保持。雜交優勢出現在種間雜交的情況只有產生有繁殖力的子代及產生不孕子代二種。要做雜交優勢育種，應依循下列原則：(1)確定雜交優勢的雜交組合：產生雜交優勢的親本組合必需具備能夠雜交且子代生產性

能 (如：成長率、活存率、抗病力等) 優於親本的特點；(2)親本種質要純：親本較純易獲雜交優勢，反之，混雜的親本將弱化雜交優勢；(3)嚴禁子代與親本混雜：雜交子代萬一與親本族群混雜，則親本族群的生產性能會減弱，因此，為了保存親本純度，雜交種應管控在小水域下養殖；(4)親本間性狀互補性要強：一般而言，親本間的親緣越遠，親本間顯現性狀的優缺點，能夠發揮較大的互補性，以利產生雜交優勢；(5)親本間的遺傳變異要大：親本間生物學差異，如地理分布、生態習性及主要性狀等若有明顯差別，則雜交子代的遺傳變異較大，容易產生雜交優勢。

## 三、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 (QTL) 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。其中，較常用且較基本的方式有：擴增片段長度多型性、微衛星 DNA 及數量性狀基因座分析等。

## 結語

根據 FAO 報導，2011 年世界養殖產量約 8,400 萬公噸，較前一年成長約 7.2%，已逐漸趨近漁撈產量 (約 9,500 萬公噸)。今後漁撈量會維持在 9,000 萬公噸左右，而水產養殖產量則有其極大的發展空間，水產養殖勢必成為未來永續生產動物性蛋白源的主流。然而，現階段全世界約有 90% 的水產養殖來自野生或未經品種改良的種苗，而造成

## 特別報導

天然資源的浪費與不當利用。因此，如果能透過品種改良，即育種方式來生產種苗，據估計，在2020年以前，全球水產養殖產量將有1倍以上的成長，水產種原之保種與育種的重要性，由此便可略見端倪。

本所水產生物種原庫的種原保存工作，主要分為選種、育種、保種以及種原資料的建立等。在育種方面，仍以傳統的選擇育種與雜交育種為主，生物技術之標誌輔助育種為輔，希望在相輔相成的機制下，能加速達成育種目標。本所位於鹿港的淡水繁養殖研究中心水產生物種原庫，就透過雜交選育的

方式，找出歐利亞吳郭魚與性別相關的分子標誌，只需進行F1的選育，即能確認性別相關標誌的存在。如此以遺傳標誌建立具功能性意義的家系(或品系)，可以直接以分子標誌來進行品系的選育，便可加速育成商業化品種。今後本所各種原庫之營運除本此原則執行外，對於管理工作之運作方式與內容，應隨時參考國內外學者專家的意見，作彈性的改進與調整，期能做好保種與品種改良工作，俾對產業永續經營略盡棉薄之力。

註：本文主要取材自吳仲慶(1996)水產生物遺傳育種學。



本所水產生物澎湖(上)、淡水(中)、台東(下)種原庫