

# 吳郭魚的育種—GIFT 計畫的始末

劉富光 摘譯

水產試驗所淡水繁養殖研究中心

## 前言

由於世界人口的增長，經濟收入的增加以及對於魚類營養的更加認識，使得人類對魚的消費需求與日俱增。然而，根據研究指出，大部分野生魚群因過漁、棲地破壞與環境污染而已過度開發利用或已達到最大持續生產量 (MSY) 的程度。估計至 2050 年，世界人口將超過 90 億，屆時，非洲、拉丁美洲及亞洲分別將增加 300%、80% 及 70% 的食物供應量以因應 20 億、8.1 億及 54 億人口的需求。在 1997 年，全球漁產需求為 9 仟 3 佰萬公噸，迄 2020 年，漁產需求將達 1 億 3 仟萬公噸，增加約 3 仟 7 佰萬公噸。養殖約佔整個漁產的 41%，顯示養殖對漁產的重要性。

除養殖管理尚有改善空間以增加養殖產量外，仿照農產品或畜產品的遺傳育種也是另一有效途徑。在 1960—1970 年代，許多開發中國家所謂綠色革新的品種改良帶動了農業的增產。例如，在印度就因此增產大麥與稻米各 50% 及 25%。畜產方面，以乳牛、肉牛、豬等最為成功，至少藉此增加 30% 蛋白質產量。在挪威，也同樣成功的改良鮭與鱒的品種以改善成長而達增產的目的。目前，

全世界 80% 以上的鮭魚產自挪威，且大多屬改良過的品種。

迄 1980 年，品種改良研究始朝向熱帶性魚類。養殖魚類由於近親交配的影響，其品系較野生種差，過去一直從未嘗試像農產、畜產以及冷水性魚（鮭、鱒）等品種改良的方法來應用在熱帶性魚類。於是 Worldfish Center (WC) 及菲律賓與挪威等國的研究團隊乃於 1980 以尼羅吳郭魚 (Nile tilapia) 為對象開始這項挑戰。本篇即概述從計畫開始到全球性熱帶魚種的品種改良的推展過程。

## 亞洲的吳郭魚

*O. niloticus* 原產自非洲，已被引進 87 個國家。1970 年起，亞洲許多國家便開始引入小規模養殖。然而，吳郭魚養殖發展卻面臨了種苗品質不佳與成長緩慢的問題。依據 1980 年早期 WC 的研究，確認成長遲緩乃係吳郭魚養殖的主要缺點。亞洲地區吳郭魚的品種不良主要導因於近親繁衍與莫三比克品系的混入。由吳郭魚引種的歷史顯示，當初係少數引種，而傳下的子代乃造成了遺傳窄化的現象。因之，在 1980 年 WC 與洛氏基金乃邀集專家研商後，認為遺傳育種應屬當

務之急，專家更預估未來吳郭魚養殖的成敗，端賴養殖效率的提升與養殖品種的改良。

自 1980 年起，WC 與菲律賓、台灣的研究機構合作調查，並於 1987 年召開研討會以瞭解整體吳郭魚遺傳資源概況，而一致認為亞洲吳郭魚養殖品種的劣質化與窄化的遺傳歧異度。

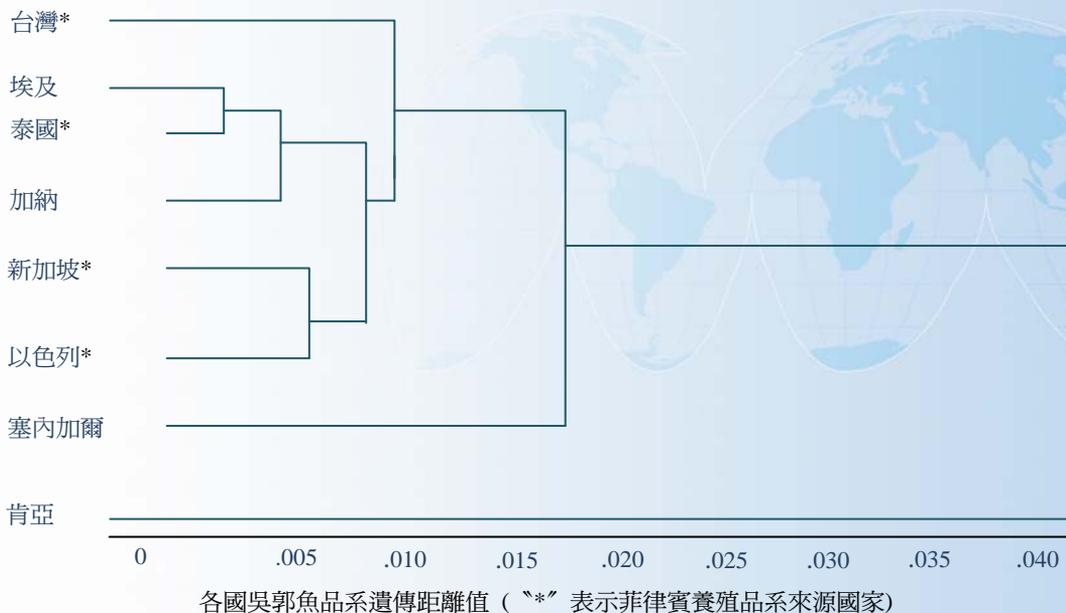
### GIFT 計畫的誕生

1988 年，聯合國發展計畫處 (UNDP) 與亞洲開發銀行補助，WC 與挪威養殖所及菲律賓之三個研究機構 (漁業局、盧森大學淡水繁養殖研究中心與菲大海科所) 等單位執行尼羅吳郭魚的品種改良計畫。選擇尼羅魚為對象係因它的兩代間隔短且極合適由遺傳保種到育種的調查研究。此外，對開發中國家而言，具有多項養殖優點，例如：對環境適應力強、抗病力強、容易養殖 (不論粗放或集約式養殖) 等。

### 養殖種與野生種的評估

計畫開始之前，為了建立廣泛的基因庫，以改善現階段亞洲吳郭魚窄化的遺傳變異性，乃於 1988—1999 年將野生種尼羅魚由非洲的加納、埃及、肯亞及塞內加爾引進菲國，並先隔離檢疫了 7 個月，而養殖魚種則自以色列、新加坡、台灣及泰國等引進。

為了解形態與遺傳上的差異，乃利用形質、電泳及粒腺體 DNA 做判定。在形質上，它們的差異不大，但由同位酶電泳分析顯示，埃及與加納族群接近，而與塞內加爾差一些，但與肯亞群系差異最大，可能係因肯亞族群屬於 *O. niloticus vulcani*，而埃及、加納與塞內加爾族群屬於 *O. niloticus niloticus*。菲國內的尼羅魚比埃及群系更多變異的原因，可能導因於 *mossambicus* 的混入。基於品系的遺傳差異，我們可假設肯亞品系與塞內加爾品系的相互雜交，最可能增加遺傳變異性 (如圖)。



## 基因與環境的交互作用

即使是最佳品系，在不同的環境下也可能有不同的表現。不同環境條件下，不同品系的相對表現會顯著改變，而顯現基因與環境交互作用。為評估交互作用的重要性，8個品系在不同環境條件（各種養殖方式），並利用標誌魚苗（11,400尾）養殖90天。試驗結果顯示，除了加納品系外，其他非洲系列的表現都比菲國當地品系好。一般而言，各環境下的成長表現相當一致，顯然基因與環境的交互作用很低，這個結果讓我們決定，在不同養殖體系下只需發展1個品系即可。至於放養體型對養殖成長的影響，試驗證明放養2.9—8.3 g不同大小的魚苗，養殖3個月的收成體型差異不大。此結果顯示 *niloticus* 放養時的體型不致影響養殖成果。

## 雜交與雜交優勢

8個品系的雜交與自交試驗，並在8個養殖體系養殖90天的結果，有7個（在22個雜交試驗中）表現明顯的雜交優勢，其中最佳者有高於11%的成長。在各體系中最小均方的雜交優勢範圍在0—9.6%，顯示經由雜交所獲得成長與活存率的成效有限且意義不彰。由此觀之，傳統選擇育種的加性遺傳變異是育種的最佳策略。

## 基本族群的建立

由上述試驗選取其中25個較佳成長組當做混合基本族群，就這些族群中（在50組

半同胞家系兄妹交配群中的150組全同胞家系兄妹交配群）的子代，均予以評估其成長表現。同時，各別標誌以預估其遺傳性狀（在7種不同體系中養殖90天）也與常用的以色列品系做比較。試驗結果，基礎群比常用群在收成時增產約60%。

## 選擇育種

選種計畫開始之前，需要究明育種目標與經濟特性，這些特性可能在遺傳上彼此相關連，如果以某主要特性為選項，則次要特性將依據主要與次要特性之間的遺傳相關性的反應為選項。

目前尼羅吳郭魚養殖的問題就在成長表現愈來愈差，因此，成長變成為遺傳育種的主要選項。然而，主要影響成長的因子乃在於雌魚在很小體型即可成熟或繁殖。由尼羅魚不同品系的繁殖力調查顯示，成長慢比成長快的品系，繁殖較早且體型較小。另一試驗，較慢產卵或未曾產卵的雌魚其成長與雄魚差不多，此意謂著雌魚如果延遲繁殖的話，其成長可能與全雄魚族群相當。因此，放養後於固定時間紀錄雌魚最初成熟出現年齡及體重的雙向選擇在成長上的相互作用等均需評估。研究發現，與年齡相關的體重最小均方以來自全同胞家系兄妹交配且有高比例早熟雌魚的子代較高，此現象顯示，選擇育種計畫以體重與早熟比例為二個選項，同時，也需考量此兩種選項間負面遺傳的關聯性。

GIFT的育種計畫策略是結合家系間與家系內的選種。自第1至6代著重在成長。

第二特性 (產卵母魚比例) 在第 4 代起加入選項至第 6 代。自 1993—1997 年進行 6 代的選種計有 200 尾雌魚與 100 尾雄魚交配生產的 200 個族群。不同族群子代均有標誌，並放養在不同試驗環境 120 天，養成後，各組試驗魚按成長表現效益分別評比排序其加性遺傳效益值 (additive genetic gain value)。

育成的種命名為 GIFT (Genetically improved farmed tilapia)，GIFT 計畫完成 6 代試驗，約在 1997 年結束。子代間每代的遺傳效益 (genetic gain) 約有 17% 的增長率。總累計效益較之原生群約有 85% 增長。第 1—5 代的近交率 (rate of inbreeding) 分別約為 0.138、3.82、5.34、7.09 與 7.09。

### 亞洲 GIFT 品系的評估

GIFT 的研發是淡水魚類品種改良的一項重要成果，而 WC 認為除在菲國外，也需在不同國家的地理環境來評估成長，以利未來的推廣。首先，參考植物或畜牧育種概念，同時，新品種對於社經與環境的潛在衝擊也聽取國際專家的意見，在 1992 年召開水產生物基因庫利用的國際會議，以便研討 GIFT 基因移轉分佈的策略與安全防護。會議決議在第 2 至第 4 代的 GIFT 移至緬甸、中國、菲國、泰國及越南等國進行，以瞭解遺傳及經濟上的效益。

在這些國家地區，以當地最佳的尼羅魚與 GIFT 種以不同養殖方式做比較，結果顯示 GIFT 比非 GIFT 成長佳。在中國 GIFT 第 3 代的成長高出 18%，在緬甸更高達 58% (如表)，並導致益本值超出變動成本達 7—

36%。分析指出，這些國家的試驗結果顯示，GIFT 品系可以提高生產量、降低魚價、增加消費，進而改善國民整體的營養現況。

吳郭魚 GIFT 計畫開啟國際間熱帶性魚類品種改良成功的範例。利用此育種新技術可以降低吳郭魚市價達 10%，更進一步可以提高養殖效益與增加出口的競爭力。

GIFT 與非 GIFT 養殖吳郭魚品種在不同國家的養成結果比較

國家	養殖系統	GIFT 品系代數	平均增重 (%)	活存增加率 (%)
緬甸	池塘	3	+ 57.9	NS
中國	池塘箱網	3	+ 17.5	+ 3.3
菲律賓	池塘	2	+ 22.4	+ 14.6
		3	+ 34.2	+ 13.9
泰國越南	池塘	4	+ 32.3	NS

### 國際育種工作網的建立

GIFT 計畫已引起亞洲、太平洋與非洲地區開發中國家對遺傳與育種研究產生了興趣。WC 瞭解此點後，在 UNDP 之贊助下組成技術團隊到各國評估遺傳研究與開發工作網的可能性。他們進一步發現，許多地區對跨國的吳郭魚及鯉魚研究最感興趣與需要。因此，WC 乃在 1993 年立了養殖育種國際工作網。此工作網含括有亞太及非洲地區共 13 個會員國 11 個研究所，4 個地區與國際性組

織及一個私人研究所，主要從事：(1)國家育種計畫的研發；(2)地區性吳郭魚及鯉魚品種改良；(3)在取得協議及嚴密檢疫下，進行會員國間的基因交流；(4)成立國家級育種工作網，以強化國家級研究能力。就第(1)項工作而言，緬甸、中國、馬來西亞、斐濟、菲律賓、泰國及越南等均接受 GIFT 基因種原，並且開始國家育種計畫以改良 GIFT 品系並推廣優良品種。

舉例而言，評估每年大約有 2 億 GIFT 苗已生產並分送泰國各地養殖戶。在越南，更進一步選育出成長快且能抗低溫的 GIFT 品系（種魚來自菲國 6 代選種後），經過 4 代選育成長率提高約 20%。在養殖研究所已生產 2 百萬尾苗，並分送北部各省養殖。菲國的漁業局把 GIFT 與當地種雜交培育出 GET-EXLEL 品系，也分送業界養殖。在斐濟，以當地最佳吳郭魚品系與 GIFT 做評比，結果 GIFT 成長較佳。GIFT 經過 3 代選育後，已生產 50 萬尾優質魚苗，並分送養殖戶養殖。馬來西亞漁業局透過 WC 的協助，經 6 代的選育結果顯示，GIFT 品系仍然有很高的加性遺傳變異，還有選育改良品種的空間。據觀察，每一次選種均約有 10% 的品種改良效果。

非洲是吳郭魚的故鄉，有潛力發展吳郭魚養殖。然而，目前未見 GIFT 種對其有利，其原因係 GIFT 可能與當地野生種混雜以及 WC 不把 GIFT 引進那些吳郭魚原生種的國家之故。因此，GIFT 僅引入象牙海岸、埃及、加納及馬拉威等國做品種改良研究。

## 國際 GIFT 基金會的成立

在 GIFT 計畫於 1997 年完成後，WC 及菲律賓合作機構組成國際 GIFT 基金會。此會係一獨立非股份或營利組織，從事：(1)持續育種計畫，並保存種原；(2)提供衛星種苗場優質種魚；(3)提供建立証照種苗場的一些協助；(4)拓展 GIFT 品牌與行銷。

在菲國，GIFT 品系已透過基金會推廣生產，吳郭魚產業因新品種的開發而獲利。基金會經由安排民營繁殖場發照生產 GIFT 種苗由 1998 年的 5 千萬尾到 2001 年年產量已超過 2 億尾，約佔全菲吳郭魚苗需求量的 20%。

1999 年 GIFT 基金會與設在挪威的一家公司 (Geno Mar) 聯盟，由它負責執行育種遺傳並將優質 GIFT 苗（經 7 代選種之第 10 代苗）分送各國（亞洲、非洲、南美洲及菲國境內）試養。

## 將 GIFT 技術移轉至鯉科魚類

許多鯉魚生產國（中國、印度、印尼、泰國、越南及緬甸）開始以 GIFT 之模式研究印度鯉、鯉魚、團頭魴等，結果顯示每代可增加 10% 成長。

註：本文摘譯自 M. V. Gupta and B. O. Acosta (2004) NAGA Worldfish, 27(3-4): 4-14.