

出國報告（出國類別：研習）

赴以色列研習水產飼料營養與淡水養 殖參訪出國報告

服務機關：行政院農業委員會水產試驗所淡水繁養殖研究中心

職 稱：副研究員

姓 名：楊順德

派赴國家：以色列

出國期間：97年5月8日至97年5月22日

報告日期：97年8月21日

目次

壹、摘要	2
貳、目的	3
參、過程	
一、研習參訪行程表	4
二、行程概要	5
肆、研習心得	
一、以色列的淡水養殖現況	5
二、沙漠地區的水產養殖	9
三、發展有機水產養殖	12
四、吳郭魚的遺傳育種	14
五、水產飼料營養研習心得	16
伍、結論與建議	18
陸、誌謝	19

壹、摘要

以色列的淡水資源不足，屬於半乾旱的國家，其國境內超過一半的面積是沙漠地帶，先天上並非適合發展水產養殖的國家，年產量約只有 2.6 萬噸。但是藉著高度利用水資源、養殖設施的機械化和自動化、開發集約式養殖以及旺盛的研發活力等，以色列已是中東和非洲地區重要的水產養殖技術輸出國家。本次行程主要到農業研發機構(Agricultural Research Organization, ARO) Sheenan Harpaz 博士的實驗室，研習魚腸道刷狀緣消化酵素活性的萃取與分析，並參訪農業部漁業司的 Dor Aquaculture Station、Arava R& D 的 Yair Experimental Station 和民間養殖場，藉以瞭解以色列的淡水養殖現況、節水式養殖以及在提高單位產量與產品副加價值等的經驗。在研習工作和參訪行程之外，亦多次與以色列的學者專家晤談，交換彼此的研究經驗與成果，對於以國目前在淡水魚類遺傳育種、生理基因調控、循環水養殖、魚類行為控制等的研究進展有初步的瞭解。

貳、目的

台灣與以色列協議加強雙邊農業合作，強化雙方官員、研究人員及業界的互訪，經數次協商擬定農業合作議題。在水產養殖的工作項目中，以方提案「肉食性魚類飼料中魚粉替代蛋白源的研發」，是全球水產飼料發展的必然趨勢，亦為水產試驗所的研究重點之一。

以色列近十年來開始歐洲鱸、金目鱸、條紋鱸等的養殖，而金目鱸、七星鱸、大口黑鱸、條紋鱸等在台灣則已養殖一段時日。由於近年來魚粉價格日益升高，提高飼料中植物性蛋白的比例以取代魚粉，已是全球產業界共同面臨的重要課題。在鱸魚之類的肉食性魚飼料中以高比例植物蛋白取代魚粉，將降低魚體對飼料的利用率與成長低下，其中主要原因是飼料嗜口性差、魚體攝取能量不足、胺基酸組成不平衡以及含有抗營養因子等，這些因素不僅影響魚體的代謝，也會干擾魚的消化生理。任職於以色列農業研發機構(Agricultural Research Organization, ARO)的Sheenan Harpaz 博士，從事水產飼料營養研究已有二十幾年經驗，近年來以金目鱸的攝食和消化生理為主要研究方向，這與筆者的研究主題相近，因而提出至其實驗室研習的構想，Harpaz 博士欣然接受，並允諾帶領筆者參訪以色列淡水養殖與相關研究機構。

由於淡水資源不足、適合海水養殖的地方不多以及人工費用昂貴等因素，以色列先天發展水產養殖的條件並不算好，其年產量甚至約只有台灣的十幾分之一。但是藉著高度利用水資源、養殖設施的機械化和自動化、開發集約式養殖以及旺盛的研發活力等，以色列已是中東和非洲地區重要的水產養殖技術輸出國家。本次研習參訪另一目的是瞭解以色列的淡水養殖現況、節水式養殖以及在提高單位產量與產品副加價值等的經驗，希望提供國內養殖業者另種思考模式和作法的參考。

參、過程

一、研習參訪行程表

日期	地點	主要工作項目
5/8(四)	台北-曼谷	桃園國際機場至曼谷
5/9(五)	曼谷-台拉維夫	曼谷轉機至以色列 Ben Gurion 機場
5/10(六)	Bet-Dagan	1.參訪農業研究組織(ARO) 2. Dr. Harpaz 簡介以色列水產養殖概況
5/11(日)	1.Bet-Dagan 2.Rehovot	1.參訪 ARO 各項水產養殖研究的相關設施 2.希伯來大學農學院實驗室研習工作
5/12(一)	Arava	1.參訪 Arava R& D 的 Yair Experimental Station 2.參訪沙漠地區的水產養殖發展 3.觀賞魚的研發工作
5/13(二)	Dor	1.參訪農業部漁業司的 Dor Aquaculture Station 2.瞭解以色列有機水產養殖現況與研究發展 3.參訪淡水養殖場
5/14(三)	Rehovot	希伯來大學農學院進行實驗室研習工作
5/15(四)	Rehovot	1.與吳郭魚遺傳育種專家 Dr. Hulata 晤談 2.希伯來大學農學院實驗室研習工作
5/16(五)	Rehovot	希伯來大學農學院實驗室研習工作
5/17(六)	Jerusalem	參訪希伯來大學耶路撒冷校區
5/18(日)	1.Bet-Dagan 2.Rehovot	1.專題報告臺灣的淡水養殖概況與經驗交流 2.希伯來大學農學院實驗室研習工作
5/19(一)	1.Bet-Dagan 2.Rehovot	1.與 Drs. Ilan Karplus、Barki Assaf 晤談魚類行為控制及其在水產養殖的應用 2.希伯來大學農學院實驗室研習工作
5/20(二)	Bet-Dagan	1.與 Dr. Cnaani Avner 晤談魚類生理及基因調控 2.魚類腸道組織切片鏡檢觀察 3.參訪農業部漁業司
5/21(三)	台拉維夫-曼谷	資料整理、回程
5/22(四)	曼谷-台北	曼谷轉機回台

二、行程概要

本次研習參訪係於 2006 年提出計畫，之後經多次與 Harpaz 博士以

電子郵件書信往返，於 2008 年三月份才決定確切的行程內容。全部行程大致分為實驗室研習工作與參訪淡水養殖和研究機構，實驗室的研習工作主要在希伯來大學 Rehovot 校區的農學院進行，由 Harpaz 博士及其博士生 Yaniv Hakim 協助。在參訪行程方面，因 Harpaz 博士身兼 ARO 地區農業研發的學術總監(Assistant Director for Regional R&D)，行政業務繁忙，故配合其即定的工作行程，參訪幾個重要的研究機構和一處養殖場。在研習工作和參訪行程之外，亦多次與以色列的學者專家晤談，交換彼此的研究經驗與成果，對於以國目前在淡水魚類遺傳育種、生理基因調控、循環水養殖、魚類行為控制等的研究進展有初步的瞭解。

另外，由於以色列去年經歷近年來最嚴寒的冬天，吳郭魚種魚死傷嚴重，而且今年春天水溫回暖的時間也往後延三、四個星期。原先在四月底即應放養吳郭魚苗，迨至筆者離開以色列時，才勉強達到注水放苗的標準，因而無法多看幾處吳郭魚養殖場，深入瞭解以色列吳郭魚養殖的操作方式，實為本次研習參訪的唯一憾事。

肆、研習心得

一、以色列的淡水養殖現況

以色列是位於歐亞非三大洲交接處的狹長型國家，西邊瀕臨地中海，南部在紅海有 12 公里的海岸線(圖 1)。國土面積雖不大(約為台灣的 2/3)，但卻擁有多樣性的地形和氣候，北部戈蘭高地和加利利群山的降雨量約 720 公釐，在高原與地中海沿岸之間狹長地帶為平原，降雨量約 550 公釐，越過中部丘陵地帶，是屬於約佔全國面積 60%的南部內蓋夫(Negev)沙漠地區，平均年降雨量不到 50 公釐。以國的春、秋兩季不太明顯，每年五月到九月是乾旱的夏季，十月到隔年的四月是多雨的冬天。地型、季節、氣候對以國水產養殖的型態、種類和日常操作方式等的影響極大。

以色列每人年均水產品消費量為 10-12 公斤，但每年的漁業總產量只在 26,000 噸上下，故約有 2/3 的水產品尚需仰賴進口。海洋漁撈業(主要在地中海)和加利利海(Sea of Galilee)淡水漁撈的產量只佔不到漁業產量的二成，其餘約有八成是水產養殖業，因此以國歷年來一直致力於水

產養殖的研發，藉以降低養殖成本、提高單位產量與產品副加價值。以色列的水產養殖以陸上養殖為主，根據 Harpaz 博士提供的資料，以國在 2006 年共有 73 家養殖場，養殖面積 3,095 公頃，產量 18,200 噸，其中以淡水養殖的吳郭魚和鯉魚分別佔總產量的 40% 和 37%，其次是產量佔 10% 的烏魚，白鯪等鯉科魚類和鱸魚產量均分別佔 4%，虹鱒產量也有 2%。另外，在海水箱網養殖金頭鯛和歐洲鱸等海水魚，產量約有 2,000 噸。

以色列境內可供開發水產養殖的區域並不多，主要在北部地區(圖 1)。東北部的加利利地區(Galilee)、約旦和貝特謝安谷地(Jordan valley/ Bet Shean)，因鄰近加利利海及擁有豐富的地下水層，淡水資源較其他地區充足，是主要的吳郭魚和鯉魚養殖區，養殖方式以土池養殖、池埤混養為主；加利利山區因有冬季雪水和雨水且地勢較高，水溫適合養殖虹鱒。西部平原區的淡水養殖為集約式混養吳郭魚、鯉科魚類和烏魚等；靠地中海沿岸亦可抽取海水養殖烏魚、金頭鯛和歐洲鱸等，但由於地型限制、沿岸發展觀光業與土地價格飆漲等因素，主要養殖區域分佈在海法附近。

以色列於 1980 年代中葉才開始發展海水箱網養殖，主要集中在艾拉特灣(Eilat gulf；阿拉伯人稱為亞喀巴灣, Aqaba gulf)的金頭鯛和鱸魚養殖，而在地中海沿岸由於風浪較大，只有零星的箱網養殖。令人印象深刻的是在內蓋夫沙漠地區和阿拉瓦(Arava)谷地，以深井抽取含鹽的地下水，經過處理後以循環水或農漁綜合經營的方式，利用帷幕或溫室養殖吳郭魚、條紋鱸、金目鱸等食用魚，以及多種淡水、海水觀賞魚蝦類。

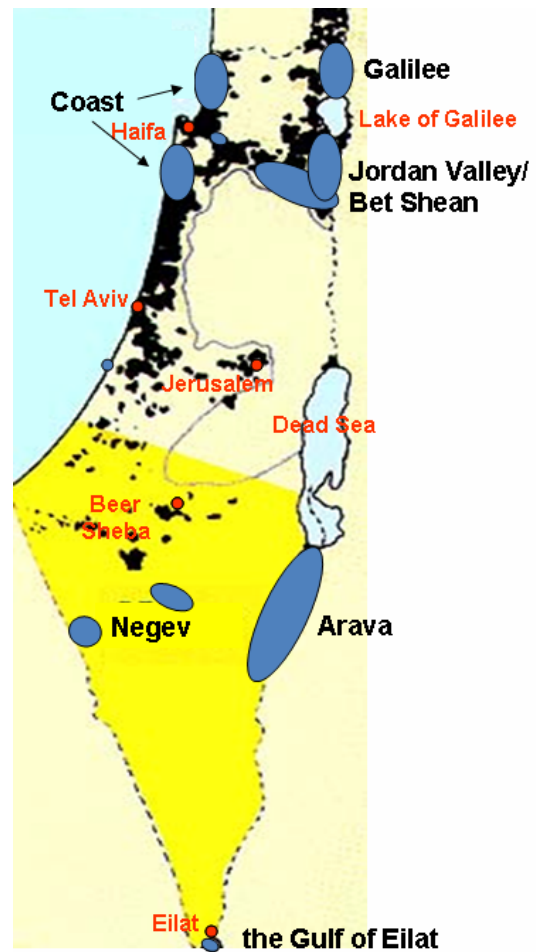


圖 1.以色列水產養殖分佈圖(藍色區域)。(資料由 Dr. Harpaz 提供)

以色列淡水養殖的特色是以集體農莊的經營方式，在水庫池埤養殖生產吳郭魚、鯉魚和其他鯉科魚類等淡水魚。這種發展自二十世紀初的農作模式主要為集體屯墾農場的奇布茲(kibbutz)。由於淡水資源不足，為充分運用每一滴水，在各地奇布茲有許多用於灌溉農田的池埤，除滿足農用灌溉外亦進行水產養殖。這類水體面積在 5-20 公頃、深度 4-15 m，依照用途和操作方式分為灌溉水塘、養殖池埤和綜合型池埤三種。

灌溉水塘是收集冬天雨水(水深 4-5 m)，做為夏天乾季灌溉農作物之用水(水深 2 m)，粗放式放養的淡水魚類只是為了控制水質之用，不作額外的養魚投資，屬國家水資源利用體系的一環，通常由麥考羅特(Mekorot)水公司管理。第二種是養殖專用池埤，這種水池平均深度達 4-5 m，冬天可以蓄水至滿水位，但在夏季因蒸發和滲流之故，水位只剩約 2 m，整個夏季幾乎沒有可資補充的水源，這些剩餘的水必需能夠支撐到收成季節。第三種是綜合型池埤，這類池埤水深 5 m 以上，其蓄水量除供應夏季灌溉農作物外，尚可維持



圖 2. 以色列的灌溉池埤養殖。

到十月養殖收成之際；雖然養殖過程必需配合農作灌溉計畫，若要提高產量增加收益，這類池塘仍需投入可觀的週邊設備，如水車、自動投餌機和機械化捕獲設施等(圖 2)，而為避免池中生物量過負載，養成期間常會進行間捕，總計年養成量約 10-20 噸/公頃。這種灌溉池埤的養殖方式，與台灣桃園台地的淡水池埤養殖幾乎完全相同，但本省池埤補注水量較大，業者設置較多的水車和自動投餌機，放養的生物量也較以色列高，生產量可高達 20-30 噸/公頃。

在土池養殖方面，以色列一般的淡水養殖池是在地面挖掘池塘，底土若是粘質土則具有天然的保水性，若是沙質土，則需在底部覆上粘質

土以減少水的穿透性。養殖池大小在 100 m²到幾公頃，小池塘做為繁殖、育苗及上市前處理之用，大池塘則用於養成肥育，池塘深度在 1.5-3 m，平均每公頃產量約 5-10 噸。

以色列近年來淡水養殖的發展趨勢是集約式養殖，其放養密度較土



圖 3. 溫室吳郭魚養殖。

池或池埤養殖高，有的池壁和池底都是水泥砌成，但有的底部是覆蓋有防水塑膠布；由於屬高密度養殖，養殖池的設計需有排污設施，也需配有水車等增氧設備。這種集約養殖分為室內池和室外池兩種，室內池即為溫室循環水養殖(圖 3)，配有物理過

濾裝置和生物濾床，用以淨化養殖水質達到循環利用的目的，單位水體的產量最高可達 100 kg/m³左右。

室外集約養殖池通常座落在池埤附近，形成所謂衛星養殖池(satellite ponds)的形式，各養殖池透過抽水機與池埤形成排放水迴路，將池埤當做大型的生物過濾器，養殖池水並可做為灌溉用途。養殖池的面積約為 1,000-4,000 m²，水深 2 m 左右，每池均設有給排水系統、水車和自動投餌機等設施，單位水



圖 4. 搭蓋防鳥網的集約式養殖池。

體的產量最高可達 30 kg/m³。這種養殖方式的缺點是水的深度較淺，每年十月自歐洲南下、四月自非洲北上的鵜鶘和鷗鷺等候鳥，以養殖池魚為

食，在短短兩週內可造成上千噸養殖魚的損失，以往用獵殺的方式受到衛道人士詬病，目前大多在養殖池上方搭蓋防鳥網以減少損失(圖 4)。

二、沙漠地區的水產養殖

以色列是個半乾旱國家，國境內超過一半的面積是沙漠地帶，一般認為沙漠的土壤貧瘠、可利用度低，但以國為因應早期的返鄉移民及日後增加的人口，很早即著手開發沙漠地區。南部的內蓋夫沙漠及其東部阿拉瓦谷地的特徵是貧瘠的鹽



圖 5. 地下半淡鹹水的淡化處理廠。

分地、氣候乾旱、有的地方年降雨量低於 25 mm、夏季氣溫達 40°C 以上以及終年強烈的陽光幅射，以國利用深水井(550-1000 m)抽取含鹽的地下水，經過淡化處理(圖 5)，在這些地區發展滴水灌溉(drip irrigation)和溫室水耕栽培(hydroponics)等各項農業技術，栽培出各種蔬果和花卉(圖 6)，將沙漠轉變成綠洲，使沙漠成為能讓人住居的場所。



圖 6. 沙漠植栽溫室。

近二十年來，以色列農業部在這些沙漠農業地區導入水產養殖研發，除建立農漁綜合經營系統外，亦開發溫室循環水養殖，以提高單位面積的農業產值。沙漠地區的水產養殖用水與農業灌溉用水並不衝突，相反的，經淡化處理的地下水

先用於養殖水產生物，然後再將富含有機物的養殖廢水做為植物灌溉之用，等於重複使用珍貴的水資源，可全年生產高價養殖魚類和蔬果。



圖 7. 沙漠地區帷幕式的吳郭魚養殖。
(資料由 Dr. Harpaz 提供)

為使單位水體達到最高的產能，在沙漠地區從事水產養殖，需開發集約式或超集約式的操作方式。以農漁綜合經營系統為例，帷幕式吳郭魚養殖的年產量可達 20-27 kg/m³，每天排放 5-15%的水做為下游農業灌溉用水，用以

栽植蕃茄、橄欖、荷荷芭樹、椰棗和苜蓿等。此外為減少養殖水的大量蒸發，並且保持一定的飼養水溫，避免日夜溫差的影響，帷幕是可自動掀閉式的設計，藉以營造合適的養殖環境(圖 7)。

在溫室循環水養殖方面，Arava R&D 在 Yair Station 為推廣沙漠水產養殖，建立一棟全電腦控制的溫室(圖 8)，以達到儘量減少養殖用水，甚至是零換水的養殖水完全循環利用(圖 9)，而且為使溫度維持恆定，水廉式的降溫設施也是使用循環養殖水。



圖 8. Yair Station 的水產養殖溫室。

該溫室幾年前係開發金目鱸養殖，並且成功推廣到內蓋夫及阿拉瓦地區，但後來由於成本因素考量，目前該研究站利用原有設施正進行養殖觀賞魚的研發工作。以孔雀魚為例，每尾魚重 0.8g，每立方公尺可



圖 9. 長條型循環水槽。

生產 2 kg 的魚，而每尾價格為 5 角美金，其單位產值顯著高過金目鱸許多。除孔雀魚和摩麗等淡水觀賞魚外，該研究站也成功繁殖紅小丑、雙帶小丑及泗水玫瑰等海水觀賞魚(圖 10)，目前正進行海水觀賞蝦—白點紅蝦的繁殖研究。

據估計約有 20 家農場在沙漠地區從事觀賞魚和食用魚的養殖工作，食用魚的種類包括吳郭魚、金目鱸、紅鼓魚和條紋鱸等，而觀賞魚的養殖則以孔雀魚和神仙魚為大宗。另外，利用沙漠地區含鹽地下水和強烈的陽光幅射，有利於開發高價藻類養殖，這些藻類可做成保健食品、維生素、化粧品、醫用藥品和飼料原料等。



除充分利用低度開發的土地外，以色列在沙漠地區開發水產養殖，其優點尚包括：

1. 養殖水溫較在一般環境中高，魚體的成長較快，而且可全年生產。
2. 因地熱水溫度較高，對養殖魚在寒冷的冬季具有良好的防寒效果。
3. 由於地理隔離，容易進行養殖水產動物的防疫和檢疫工作。
4. 不會影響生態平衡和對環境造成破壞。尤其以色列政府有鑑於紅海生態環境的破壞，決定自 2008 年起不再鼓勵艾拉特灣的箱網養殖，沙漠海水魚養殖的重要性將與日俱增。

三、發展有機水產養殖

由於消費者日益關注環境、健康與食品衛生安全等議題，有機農產品的生產也隨之受到重視；據估計全球有機農產品的年成長率約為18%，而2008年的銷售額可達700-800億美元，相較於其他農業生產領域，發展有機水產養殖的起步較晚，且以冷水性魚為主要產品。有機養殖魚肇始於1990年代中期澳洲認證通過的鯉魚，接著是在1998年德國和英國分別認證的鮭魚和鱒魚，之後才漸漸擴及歐洲大陸。溫水性魚種的有機養殖認證則更晚，目前除歐洲若干個家外，在美國、中國大陸、泰國、印尼、越南、紐西蘭和以色列等地，也認證幾種有機養殖溫水性魚類和對蝦類。

以色列的kibbutz Geva在2000年首先從事的有機吳郭魚養殖，是第一家通過有機認證的吳郭魚養殖場，目前以國有三家符合有機養殖標準的水產養殖場，其中一家以飼養紅鼓魚為主，另有兩家養殖吳郭魚，而其國內則有一家飼料廠

可生產有機水產飼料。以色列有機水產養殖是以混養為主要的生產模式(圖11)，這不僅可以符合嚴格的有機操作基準，更著眼於生態平衡，並能充分利用天然生產力。以國目前有機



圖 11. 有機混養試驗池。

養殖的年產量約為150噸，主要銷往歐洲市場，由於有機魚的價格是一般魚價的2-3倍，預估以色列有機魚的產量會逐年迅速增加。

有機水產養殖的基本準則(IFOAM 2005, Naturland 2004)是維繫水生環境及其週邊水域與陸地的生態系，鼓勵使用副產物和再生資源作為餌料來源，提高生產過程的生物循環再生，禁止使用基因改造原料、合成肥料、化學製劑與抗生素等，以減少養殖排放水及廢棄物對環境的衝擊；並且依照有機認證標準進行生產，建立從種苗、養殖過程、收成、運輸、

加工和銷售的全程品質管控系統。為符合上述的準則，有機魚的放養密度必需降低，池中只能投入有機認證的飼料和天然肥料，儘可能營造類似於天然水體的養殖環境。

Harpaz 博士表示，由於有機飼料需含有至少 95% 經有機認證的飼料成分，這嚴重限制水產飼料兩大蛋白質源—魚粉和黃豆粉的使用，因為使用魚粉常被認為有悖於資源的永續利用且不容易有完整的生產履歷，而原料黃豆也經常是基因改造農作物，不符合有機養殖的準則。所以，有機水產飼料只能改用非基因改造黃豆粉，並使用水產加工廢棄副產物以強調資源循環利用。這些有別於傳統飼料的配方和調製方式，使得有機水產飼料的價格高出 1.5-2 倍，再加上放養密度的減少，都將壓縮有機養殖的獲利空間。以色列農業部有鑑於此，委由 ARO 與各試驗場和養殖場合作，研發節省飼料成本和提高生產效益的有機水產養殖生產技術。

其中 ARO 與 Dor Aquaculture Station 的研究發現，根據吳郭魚雜食的特性，在養殖水體中投入可增加附著表面積的資材(圖 12)，以增加生物膜和附著性生物的滋生而提高天然生產力，可減少有機飼料的使用量。竹筒、廢棄水管和塑膠網等均可做為附著表面的資材，水體表面積可增加 40-50%，所滋



圖 12. 有機養殖池放置塑膠網可提高天然生產力。

生的附著生物做為吳郭魚的天然餌料，可減少 40% 的飼料使用量。在養成期的實驗，提高水體表面積的作法在魚體的成長、活存、收成和單位產量(2,800 kg/ha)均與對照組無顯著差異，甚至可以得到較好的換肉率(1.2 v.s 2.0)；但是在肥育期的成長及收成體重，提高水體表面積的作法較完全投餵 35% 粗蛋白有機飼料池略差，而產量也稍微偏低(2,750 v.s 3,000 kg/ha)。

四、吳郭魚的遺傳育種

吳郭魚是以色列首要的養殖魚種，一般認為以國吳郭魚產量將逐年增加，鯉魚的產量則會相對萎縮，例如 2006 年吳郭魚約為 7,280 噸，而鯉魚則不及 7,000 噸。以國境內原生種的吳郭魚共有四種，分別為歐利亞種(*Oreochromis aureus*)、吉利種(*Tilapia zillii*)、尼羅種(*O. niloticus*)及加利利種(*Sarotherodon galilaeus*)，其中以歐利亞種和尼羅種較具經濟價值，加利利吳郭魚據傳是聖經中所記載的聖彼得魚(St. Peter's fish)，目前在以國的養殖量並不多，人工培育的種苗多放流到加利利海，以增加淡水漁撈資源。令人訝異的是以色列並未養殖本地品系的尼羅吳郭魚，反而多次引進國外的不同品系，如烏干達、肯亞、埃及、象牙海岸與迦納等品系，而迦納品系在以國的養殖較為普遍。另外為選種育種之需，以國研究單位和民間養殖場曾先後引進莫三比克種(*O. mossambicus*)和賀諾魯種(*O. urolepis hornorum*)吳郭魚，以及台灣品系和菲律賓品系的紅色吳郭魚。

以色列的天然環境並非相當適合吳郭魚養殖，但在 1950 年代初期由於與鯉魚混養的歐利亞吳郭魚具有商業價值，而促使以國開始重視吳郭魚的養殖，台灣則曾在 1974 年自以國引進歐利亞吳郭魚。歐利亞種的特性是耐寒，但早熟和繁殖力強卻限制了養殖產能，以國在 1960 年代開始利用雌性尼羅種和雄性歐利亞種雜交，產生全雄性的吳郭魚子代以提高產量，但雜交子代的雄性比例不定以及遺傳性狀良莠不齊，因而多次引進不同品系的尼羅吳郭魚藉以改良品種，經多年的田間試驗結果，以迦納品系較佳且成長較快，目前以國雜交吳郭魚的母魚大多是這種品系。

要生產全雄性雜交子代需有良質種魚，但持續保有這些優良品系，避免混雜不良的遺傳性



圖 13. ARO Volcani Center 的吳郭魚育種實驗室。

狀，則非一般養殖場所能做到的工作，目前以國有五家吳郭魚繁殖場，只有二家宣稱保有純系種魚，但以方研究人員表示，試驗單位如 Dor Aquaculture Station 和 ARO 的保種成效較佳，圖 13 為 ARO 的小型吳郭魚遺傳育種室，保有尼羅種和歐利亞種吳郭魚，另外也進行小規模的選種和育種的試驗。由於純系保種的困難度高以及日常管理作業繁瑣，以色列的吳郭魚繁殖還是普遍使用激素誘導性轉變的方式生產全雄性稚魚，只是這種魚苗有荷爾蒙殘留的疑慮，更不適合放養在有機養殖池。另一種繁殖全雄性吳郭魚的方法是選拔超雄性種魚(YY 型)，藉以產生 XY 型遺傳性雄吳郭魚(genetically male tilapia, GMT)，以國並未從事相關研究，但已有業者向國外購買市售 GMT 進行吳郭魚的單性養殖。

在生物技術應用於吳郭魚遺傳育種的研究方面，從早期利用蛋白質電泳技術辨別純系和雜交品系，藉以選拔種魚而提高雜交子代的雄性比，及至近年來，運用微隨體(microsatellite)、擴增片段長度多型性(amplified fragment length



圖 14. ARO 育種試驗用的循環水箱養殖吳郭魚。

polymorphism, AFLP)和數量性狀基因座(quantitative trait loci, QTL)分析等 DNA 鑑定及基因定位技術，以國人員在吳郭魚種原鑑定、性別分化、選種育種、快速成長、環境適應和抗病力等遺傳標誌上均有涉獵。由以方研究人員提供的資料不難發現，ARO 從吳郭魚傳統的遺傳育種，走到近十幾年來輔以分子生物學的技术，在抗寒基因選別、性別分化的基因調控及免疫基因選別等研究，已有相當的成果；圖 14 為 ARO 分子育種試驗用的循環水箱養殖吳郭魚。

五、水產飼料營養研習心得

為求降低飼料成本及產業的永續經營，魚粉在飼料中的添加比例逐漸被其它更經濟的替代蛋白源所取代，其中黃豆因價格較魚粉低廉及取得容易等優點，相關製品已是水產飼料中常使用的替代蛋白源。黃豆製品添加在水產飼料中仍有一些缺點，如含有抗營養因子、難消化碳水化合物與抗原物質等，但其胺基酸組成較其它植物性蛋白源更適於魚類的成長，因而改善魚類對黃豆製品的消化與利用是水產飼料研究的重要課題。本次赴以色列研習的主要目的之一即是瞭解以國在此領域的相關研究進展，並到 Harpaz 博士的研究室學習消化生理實驗技術。



圖 15. ARO 新建的飼料營養研究溫室。

位於 Bet-Dagan 的 ARO 水產飼料營養研究室由 Harpaz 博士所主持，曾進行吳郭魚、鯉魚、金目鱸、銀鱸、淡水長臂大蝦和澳洲螯蝦等之飼料營養、攝餌行為及消化生理的研究，近幾年則以魚類消化生理與有機水產養殖飼料為主要研發方向。該研究室最近新建一座飼料營養研究溫室(圖 15)，共有超過



圖 16. 循環飼養系統的過濾桶與濾材。

36 個 300 L 的塑膠桶，只由一部 3.5 馬的打氣馬達維持過濾循環系統的運轉，原理是利用強力的打氣將過濾桶中上層水揚起，帶動循環系統下層的水通過中間的濾材，而達到過濾的效果(圖 16)。

該研究室曾與美國、法國、義大利、土耳其、中國和澳洲等國學者合作研究計畫，最近與法國國家農業研究院(INRA)合作發現在歐洲鱸飼料中添加天然富含植酸酶的植物有良好的效果。在歷年的消化生理研究方面，該研究室先比較魚類不同部位之小腸刷狀緣消化酵素的活性，之後發現紅目鱸飼料中添加食鹽可提昇小腸刷狀緣消化酵素之活性，而酵素活性則以白天投餵組較高。另外，在與澳洲合作的研究則發現銀鱸小腸刷狀緣消化酵素的活性也受到遺傳品系的影響。



圖 17.與 Harpaz 博士攝於希伯來大學 Rehovot 校區。

由於配合以方人員的工作排程，實驗室的研習工作分成多日進行，工作地點主要在希伯來大學 Rehovot 校區農學院的動物科學系(圖 17)，由 Harpaz 博士的學生 Hakim 先生介紹與示範魚腸道消化酵素的萃取與分析。將吳郭魚解剖後取出腸道，概分為前中後三段，每段取樣若干，加入萃取液後再倒入適量的矽膠乳珠，經過多次以研磨器均質和降溫冷



圖 18. 魚小腸刷狀緣消化酵素萃取分析。

卻，再離心取得上層的萃取液進行酵素分析(圖 18)。小腸刷狀緣消化酵素活性的分析計有鹼性磷酸酶、亮胺酸胺基肽酶、 γ -穀胺醯轉胺酶和麥芽糖酶及總蛋白等，以微孔盤分析儀測定酵素活性。

伍、結論與建議

- 一、以色列淡水養殖的經營幾乎與屯墾農場息息相關，在這種社會主義色彩濃厚的企業體經營模式下，一些農場擁有自己的繁殖場、飼料廠和加工廠，具有產業一條鏈的生產特色，可以有效節省生產成本。另外，有的農場成員也是政府官員或研究人員，等於產官學三方面的結合，有助於政府政策和研究方向的擬定，也因此容易使試驗研究和產業做緊密的結合。
- 二、因地制宜的養殖模式和拓展多元化養殖。以色列因地理環境的差異，而有北部的池埤養殖和南部的沙漠養殖，池埤養殖的種類從早期以鯉魚為主，到目前已逐漸被吳郭魚取代，而沙漠養殖種類則由單養吳郭魚，到金目鱸和條紋鱸等淡水馴化魚種，乃至目前佔有歐洲市場約 10% 的觀賞魚產業。顯見以國在艱困的環境下發展水產養殖科技，極具靈活度和多樣化的性質。
- 三、以色列的水產養殖研究著重於解決產業實際發生的問題，例如在養殖吳郭魚品種的選育方面，從早期耐寒品種到全雄品系，甚至最近研發中的抗鏈球菌感染品系等，都是因應以國產業發展之需所做的長程計畫。另外由於水資源有限，以國相當注重養殖用水循環利用、提高單位水體產量及減少水產養殖對環境的衝擊。以高效能、省水與環境保護為發展主軸，是該國產業永續發展的基石。
- 四、水產養殖的研發方向放眼於未來的產業發展。由於以色列先天環境限制，必需發展養殖自動化與省水裝置，開始時在設計上雖不符合成本，但研發單位仍不斷改良降低成本，終被業界所接受並進而技術外銷。正如 Harpaz 博士所舉的例子，多年前昂貴的筆記型電腦，如果因為成本問題而沒有持續的研發改良，就不可能有今日許多人都買得起的價格。
- 五、有機農產品是具有高生產技術和高附加價值的產業，而且全球市場需求正在急速成長。目前台灣有機農產品認證的項目只包括稻米、蔬菜、水果和茶等，對養殖水產品則尚無有機認證，但 TGAP 的水

產養殖認證正逐年推廣，而這將是發展有機養殖的基礎。以以色列的研發過程做借鏡，台灣未來的有機水產養殖也可以從吳郭魚開始，除生物特性適合發展外，也會是「台灣鯛」每年數萬噸生產實力的品質提昇。

- 六、台灣和以色列是世界上較早養殖單雄性吳郭魚的國家，雖然兩國在全雄化、抗寒、成長快速、抗病等品系篩選的大方針並無二致，但以國在尊重品種智財上的表現較台灣佳，以國業者販售魚苗會說明種魚的來源研發單位，但台灣業者並不重視品系來源。建議日後發展出新品系時，應予以命名推廣，藉以彰顯研發單位之貢獻，亦做為種苗品質的保證。
- 七、以國研究人員運用分子生物技術在吳郭魚種原鑑定、性別分化、選種育種、快速成長、環境適應和抗病力等遺傳標誌上均有研究，建議我方派遣相關研究人員前往交流觀摩，將有助於雙方的實質合作與縮短遺傳育種所需的研發時程。
- 八、在水產飼料中以較經濟的替代蛋白源取代魚粉，除成長外亦需注重養植物的品質。以色列的研究人員除研發各種替代蛋白源的可利用性外，也探討多種蛋白源的配比、增加利用性的添加物以及養殖產品的品質甚至是對收穫後的保存變化影響，這些都是相當值得深入研究的課題。

陸、誌謝

感謝 Harpaz 博士及其同僚的協助，尤其 Harpaz 博士親自開車帶領筆者到處參訪，並且提供許多相關資訊，讓筆者不僅學到新的實驗技巧，也能瞭解以色列在水資源不足的劣勢環境下如何發展水產養殖。在以期間，承我駐台拉維夫經濟文化辦事處史組長美振及林秘書陳洲的多方關照，謹表深切謝意與敬意。另外，淡水繁養殖中心劉主任富光在百忙之中抽空對本報告詳加審閱，在此特表謝意。