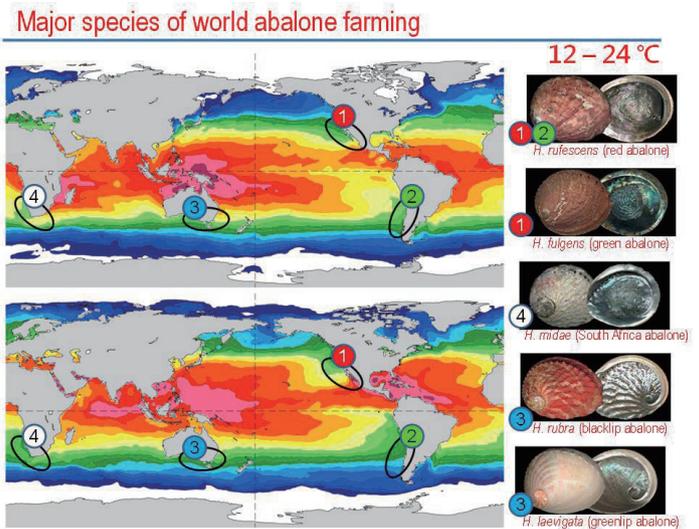


中國於鮑魚遺傳育種之研究

撰文/ 林凌霄 · 郭金泉

鮑魚屬於軟體動物門，腹足綱，古腹足目，鮑螺科的卷貝。鮑魚是味道鮮美的食材，在中國被譽為四大海味（鮑、參、翅、肚）之首，素有「海味之冠」的稱呼。中國自古就將鮑魚列入海產「八珍」之一，更有一口鮑魚一口金之說。八珍是指八種稀有而珍貴的烹飪原料，但具體所指隨時代和地域而不同。其中，上等鮑魚常製成乾鮑，乾鮑按一斤重量有多少個分為「十頭」、「八頭」等，十頭即指一斤內有十個。頭數越少，鮑魚越大，亦越昂貴，在華人市場上較受歡迎。

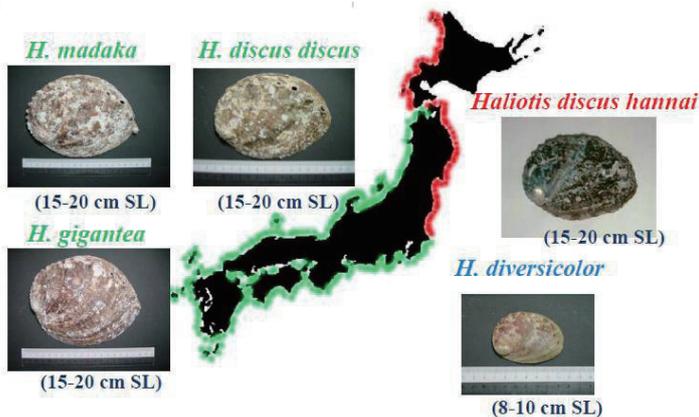
全球有 55 種鮑魚，另有一說約 100 種，但重要經濟種類只有 20 種左右（河村 2012），其中較為重要的經濟物種為：皺紋盤鮑或蝦夷盤鮑 (*Haliotis discus hannai*, エゾアワビ)、黑鮑或盤鮑 (*H. discus*, クロアワビ)、大鮑 (*H. gigantea*, メガイアワビ)、西氏鮑 (*H. sieboldii*)。鮑魚主要分布於太平洋，印度洋次之，大西洋最少（圖一）。地處東北亞太平洋的日本共有 9 種鮑魚和 2 個亞種，其中皺紋盤鮑、盤鮑、大鮑、日本大鮑 (*H. madaka*, マダカアワビ)、平紋九孔鮑 (*H. diversicolor diversicolor*, トコブシ) 和粗紋九孔鮑 (*H. diversicolor aquatilis*, フクトコブシ) 為主要漁獲的種類。中國研究者認為平紋九孔鮑和粗紋九孔鮑之間的差異屬於種群差異，臺灣的九孔和中國的雜色鮑的差異也尚未達亞種差異，意即仍是同一物種（王等 2005、郭與張 2010 a,b）。只有皺紋盤鮑生活在寒帶海域，屬於冷水種，可以耐受比



註1：鮑魚主要分布於太平洋，印度洋次之，大西洋最少。
 註2：全球大型鮑魚多棲息於日本、韓國、中國、澳洲南部、紐西蘭、墨西哥、智利、美國與南非等高緯度較寒冷地區。
 資料來源：徐德華繪製（2012）。

圖一 全球鮑魚分布圖

較低的水溫，水溫低至 4°C 時攝食量會劇減但是不會死亡，其主要生長溫度在 15°C 到 22°C。其他物種全部生活在溫帶海域（圖二）。中國沿海有 8 種鮑魚，其中較為重要的 2 種是皺紋盤鮑和雜色鮑 (*H. diversicolor* Reeve；臺灣稱九孔) 經濟價值最高，產量最多。皺紋盤鮑主要分佈在中國黃海北部及渤海海峽的島礁附近，九孔或稱雜色鮑則主要分佈在中國東海及往南延伸至中國兩廣沿海等南海的部份水域。對鮑魚進行系統研究始於 19 世紀。1817 年法國



註1：皺紋盤鮑(*Haliotis discus hannai*, エゾアワビ)生活在寒帶海域，屬於寒流系冷水種，主要生長溫度在15°C到22°C之間。水溫低至4°C時活動與攝食劇減，但不死亡。

註2：其他物種全部生活在溫帶海域，屬暖流系。

註3：紅色：親潮（冷）。綠色：黑潮（熱）。

資料來源：河村知彥(2012)。

圖二 日本各鮑魚物種分布海域

博物學家與動物學家 Cuvier 即對鮑魚進行解剖研究(高 2000)，而日本學者在 20 世紀初在鮑魚養殖有相當的貢獻，中國對鮑魚的養殖產業與研究始於 20 世紀 60 年代。

中國的鮑魚養殖歷史

中國對鮑魚的食用記載可以追溯到梁代，但最早的鮑魚養殖是由於鮑殼是著名的中藥材(石決明)，有明目的功效，故古書上鮑殼又叫千里光。石決明還有清熱平肝的作用，可用於醫治頭暈眼花、高血壓及發燒引起的手足痙攣、抽搐，炎症(inflammation)等。此外鮑殼色彩絢麗的珍珠層還能作為裝飾品和貝雕工藝的原料。1967 年前後，中國中科院海洋研究所的陳木等人成功進行雜色鮑及皺紋盤鮑的人工育種，算是中國鮑魚養殖的濫觴。

1980 年中國北部地區開始進行皺紋盤鮑的規模性養殖，產量逐年增加，但在 1994 年爆發大規模的死亡，2000 年後，靠著隨後育種出的皺紋盤鮑雜交種(大連一號)，產業才又復甦。而在中國南部沿

海地區，最早是在 1990 年代引進臺灣的九孔進行養殖，但在 1999 年鮑受苗期脫板症與冬季成貝爆發性死亡之苦，產業也陷入谷底，2000 年也是引入皺紋盤鮑雜交種方解決問題，現今皺紋盤鮑雜交種已取代九孔，已經成為福建與廣東海域的主要鮑魚養殖品種。

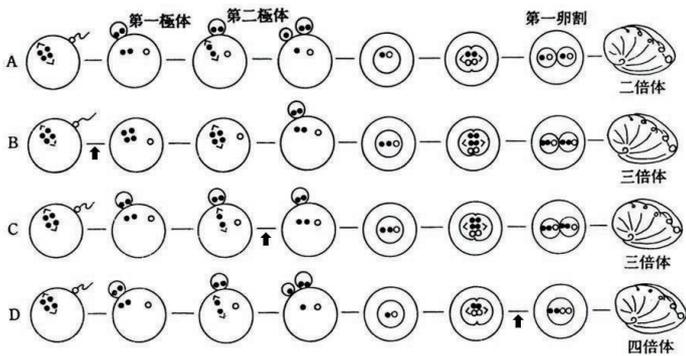
鮑魚的遺傳育種研究

1. 鮑魚的染色體、雌核發育與多倍體育種

染色體的研究是遺傳研究的基礎，鮑魚根據其染色體數目，可將其分為 28、32、36 條染色體三種類型，其中，皺紋盤鮑為 36 條染色體，而九孔為 32 條，除了染色體條數不同外，不同物種的染色體，著絲點位置也有顯著不同。

雌核發育是一種存在於魚類、與水產無脊椎動物的繁殖方式，精子在進入卵子、活化卵子後，其細胞核消失，胚胎的發育僅靠母體卵子遺傳物質的控制。實際上人工誘導雌核發育是用經過紫外線、X 射線或 γ 射線等方式處理後的失活精子，進行假性受精，再在適當時間施以冷、熱、高壓等物理處理，以抑制卵子第二極體的排出，使卵子發育為染色體正常的二倍體動物。此項技術可以應用於實現全雌養殖或者快速建立單一品系，唯目前在鮑魚還沒突破。

王子臣等人在 1986 年開始對皺紋盤鮑的多倍體育種展開研究，但是三倍體育種的方式在皺紋盤鮑、九孔等主要經濟物種身上效果不如預期。目前誘導產生三倍體的方式主要包括冷休克、熱休克以及以化學物質誘導，但成功率會受水溫、種類、卵子情況等因素的影響，而且若要實現規模量產仍有一定的技術難度。另外，在誘導產生三倍體的過程中，雖然時常發現四倍體的個體，但其在幼體階段就陸續死亡，如果能夠育出四倍體，就有可能透過與二倍體交配，進而規模化生產三倍體，將鮑魚養殖產業化。但誘導四倍體的研究目前尚處於探索階段(圖三)。



註：A：正常二倍體，B：干擾染色體第一次減數分裂(抑制第一極體排出)製作三倍體，C：干擾染色體第二次減數分裂(抑制第二極體排出)製作三倍體，D：抑制受精卵第一次卵割製作四倍體。箭頭(↑)表示誘導染色體套數增加，產生多倍體的時候。

資料來源：荒井克俊(1997)。

圖三 誘導鮑魚產生多倍體之方法

2. 近交退化

近交源自親緣關係較為接近的個體之間若進行交配，往往導致後代出現抗病力下降、成長速度減緩等性狀衰退的現象。近交退化在遺傳學上的解釋，主要包括有害的隱性基因的暴露以及多基因平衡的破壞等。由於目前中國的鮑魚育種的過程中多是採用數量較少的繁殖親本，極可能發生近交而導致種苗品質的劣化。張國范(2006)以海灣扇貝做自交家系試驗，證明近交會導致海灣扇貝品質的下降，這一現象也存在於皺紋盤鮑。另外張國范等人採用對偶基因酶電泳技術，研究中國長海、旅順、威海、青島4個地方的野生皺紋盤鮑群體族群的遺傳結構，結果發現四個地方族群間存在一定程度的分化，此外四個地方族群內的皺紋盤鮑群體也分別存在不同程度的近交。由於野生鮑魚群體喜群居且活動範圍較小，常會發生或多或少的近交現象，如此一來，地方族群內的遺傳多樣性將逐漸消失導致種質的衰退；另一方面地方族群間由於經年累月近交，彼此積累了不同的遺傳變異，也會使得不同族群群體間產生遺傳距離，而發生分化現象。其等認為可利用不同地理族群之間的雜交，達成基因互補

的功效，進而改善族群的種質退化問題。除了引種、選種、育種等方式，雜交育種也是獲得高品質種苗的方法之一，在這些方面，中國學者投注了大量心力與研究，終於解決由於養殖造成的種質退化問題、提高原品種的抗病力和生長能力，使中國鮑魚產量在短期間執世界牛耳。

3. 雜交優勢與育種

雜交優勢是普遍存在於自然界的現象，不同品系、不同品種的親代進行雜交所得到的雜合體，往往比親代表現出更好的環境適應能力與抗病力。雜交優勢的詳細機制仍不清楚，目前主流的說法主要有顯性假說和超顯性假說。Deng 等人(2008)探討野生皺紋盤鮑間的雜交試驗，認為皺紋盤鮑的雜種優勢主要是由顯性效應產生的。

野生鮑魚族群和其他貝類一樣，自然雜交是普遍存在的現象，例如日本大鮑和皺紋盤鮑，均可在自然狀況下發生種間雜交。王子臣等人於1985年從美國引入紅鮑(*H. rufescens*)、綠鮑(*H. fulgens*)，並與中國的皺紋盤鮑雜交。聶宗慶等由日本引進盤鮑馴養，並與中國本地的原生種皺紋盤鮑雜交。後來中國許多研究單位也做了不少不同雜交組合的試驗，其中部份雜交後代在存活率、生長速度、環境適應能力與抗病力等方面均顯現出了某種程度的雜種優勢(駱等2006、李等2011)。

由於皺紋盤鮑是現今中國北方甚至南方的主要養植物種，因此中國對皺紋盤鮑的雜交育種做了不少研究。郭戰勝等(2013)雜交皺紋盤鮑與紐西蘭的黑足鮑(*H. iris*)，結果發現其雜交後代在適宜條件下，生長速度明顯高於皺紋盤鮑親代，顯現出雜種優勢。另外，由於皺紋盤鮑屬於冷水種，能適應較低的水溫，而溫水種西氏鮑能適應較高的水溫，生長速度也較快，在鮑類中具有最強的抗病力，若二者進行雜交可能可以改善皺紋盤鮑怕高溫和西氏鮑怕低溫的問題(鄭2006)，因此李宇亮等人曾在2005年就日本引進的西氏鮑與皺紋盤鮑進行雜交育苗試驗，發現F1雜交種在種苗階段表現出成長優勢之外，F1在取肉

率、牛磺酸含量、氨基酸總量等方面結合了二者的優良性狀，優於親代。

鮑魚是體外授精，儘管種間雜交較為容易，但是由於親緣關係的遠近，其受精率有極大的差異。蔡明夷等人(2004)曾對九孔與皺紋盤鮑、盤鮑進行雜交試驗，結果發現：皺紋盤鮑♂×九孔♀的受精率為3.5%-15.0%。皺紋盤鮑♀×九孔♂的受精率為1.5%-4.0%。九孔與盤鮑之間的雜交顯現雌核發育現象，亦即提供精子的父本染色體在雜交胚發育過程中，逐漸被雜交胚排出、剔除，最後雜交胚幾乎與母本雷同，呈現雌核發育的現象。其他物種間的雜交試驗結果也發現不同雜交組合間受精率差別很大，且部份組合受精率過低。影響受精率的因素很多，除了跟親代物種有關之外，其認為受精率與水溫、配子產出的時間、海水的潔淨度有關。由盤鮑與九孔雜交研究中，蔡明夷等人(2004)也發現受精時精子的濃度與卵子排放後的時間是影響受精率最重要的因素。而提高受精率也是目前雜交育種企需要解決的難題之一。

除了不同物種間的雜交之外，雜交優勢也可能表現在同物種的不同族群(品種)間的交配。分佈在日本海域以及中國渤海、黃海海域的皺紋盤鮑，是同一個物種，但彼此由於長期近交積累不同的遺傳變異，已存在明顯的分化現象。張國范與劉曉(2006)雜交日本海域的皺紋盤鮑與黃海、渤海的皺紋盤鮑，由於雜交後代表現出一定的生長優勢，就此開發出「大連1號」，並投入生產，一舉解決了90年代初期養殖皺紋盤鮑突發性大規模死亡的問題，並獲得極大的經濟效益，現今中國養殖的皺紋盤鮑均為此雜交鮑。以下介紹「大連1號」雜交皺紋盤鮑與「東優1號」雜色鮑。

a. 中國「大連1號」雜交皺紋盤鮑

1980年代後期，中國北方開始研究皺紋盤鮑(*H. d. hannai* Ino)養殖。1986年大連大規模種苗繁殖成功，促成1990年代中國北方皺紋盤鮑養殖產業的蓬勃發展。然而1994年爆發幼苗大量(>90%)

落苗死亡(中國稱：板上稚鮑暴發性死亡症)與成貝大規模死亡(中國稱：養成期暴發性死亡症)的流行病。王子臣、張國范、聶宗慶、燕敬平等學者根據分子遺傳學研究的結果，啟發雜交不同地理群體皺紋盤鮑的想法，開始研究鮑魚雜交育種。1997年，大連市水產研究所趙洪恩等從國外引進種鮑與中國種鮑雜交成功。2001年起，在中國國家863計畫支持下，鮑魚雜交技術日臻完善，建立系統性的雜交技術系統。2005年，中國水產原種和良種審定委員會審定由中國科學院海洋研究所課題組張國范主持研究的「大連1號」雜交鮑為國家級新品種。

「大連1號」雜交鮑是中國科學院海洋研究所培育的第一個國家級動物新品種，也是中國第一個通過審定的海水貝類新品種。「大連1號」雜交鮑魚是雜交棲息於中國與日本兩不同地理群(stock；日本岩手群體和大連群體；日本為父本，大連為母本)的原生皺紋盤鮑，所形成的雜交種(intraspecific hybrids)。但是日本岩手群體和大連群體都是屬於同一物種。該雜交種雜種優勢明顯，性狀穩定，具有適應性廣、存活率高、抗環境壓力性強、生長快、品質好等特點。例如生長速度比親代平均快20%以上，養成週期縮短1/3；成活率提高1.8-2.3倍，出苗率穩定提高4-5倍；適宜水溫範圍0-29°C，適溫上限和下限與親代比較，至少提高了2°C。中國國家農業部給該品種頒發了「新品種證書」，並允許在人工可控制的水體中養殖。2007年度獲中國國家科技進步獎二等獎。

過去中國鮑魚分布主要在山東半島和遼東半島沿海一帶，往南不超過江蘇省連雲港。1995年左右，中國南方九孔養殖業者到北方尋求新苗種；而北方皺紋盤鮑業者為了要替皺紋盤鮑找過冬地點，反而往南方移動。由於雜交使皺紋盤鮑生理發生變化，與非雜交鮑魚相比較，適溫上限提高了4-5倍，實作也發現北方的鮑魚到南方暫養一個冬天後，養殖週期居然可以縮短將近一年。所以北方鮑魚從“客居”南方越冬一變為“定居”南方，異鄉成故鄉，目

前來自中國北方的鮑魚已經非常適應中國南方當地的環境，所以雜交鮑養殖海域得以從遼寧、山東省渤海和黃海北部，向福建和廣東北部海域擴展，北鮑南養，一舉擴大養殖區域、提高巨大經濟效益。

b. 中國「東優1號」雜色鮑（「東優1號」九孔）

九孔 (*Haliotis diversicolor*) 是分佈於東亞地區的一種狹鹽性小型鮑，北起日本、韓國，南至菲律賓、印尼等東南亞地區(圖四)。深受中國和台、港、澳、韓國以及日本等東亞地區人民的喜愛；在臺灣，九孔是傳統宴席必備佳餚。由於成品規格較小(5-7 cm)，因此養殖時間短，且耐高溫，是一種適於養殖的優良鮑種。此外，由於九孔性成熟期短，未來還有可能成為研究腹足類育種技術的模式生物 (model animal)。

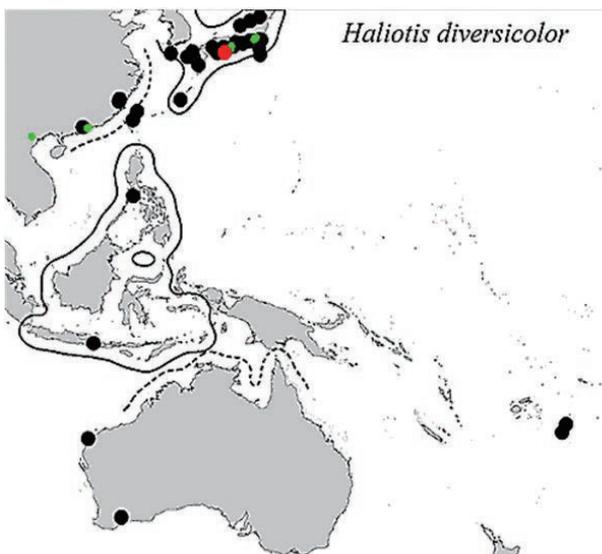
中國從 1970 年代初開始研究九孔養殖，主要集中於福建東山和廣東汕尾等海域進行九孔的人工育苗和養殖技術。但由於生長較慢，且缺乏合適的餌料和設施，產業未獲進展。1991 年中國福建首次經

台商媒介從臺灣引進九孔種貝、龍鬚菜(中國稱江蘼) 餌料和養殖技術，陸上工廠化養殖在福建及南方各省迅速發展並成功，成為中國鮑魚養殖產業早期階段的主要物種。但從 1999 年開始，養殖九孔苗出現大量落苗死亡與冬季爆發成貝大規模死亡的流行病，重創九孔養殖產業。

九孔養殖成活率低下，養殖風險增加，究其原因除了種質方面問題外，養殖技巧之不足和養殖環境的惡化，皆會造成九孔抗病力下降。其中，種質退化是極其重要的因素。中國養殖的九孔最早均來自臺灣野生群體，在隨後的幾十年間再無其他群體加入，而養殖戶在九孔苗種生產時多採用自己培養的九孔種貝，且使用的雄性個體又非常少，近交效應十分明顯，從而導致群體遺傳多樣性下降，隱性有害基因純合 (homozygous)，或是即使群體遺傳多樣性有維持，然因遺傳飄變 (genetic drift)，養殖九孔抗性和生產性能仍明顯下降。過去人工育苗所採用的種鮑往往來自同一海區，經多年繁衍，其親緣關係越來越近，產生近交衰退，造成種質嚴重退化。因此，要使鮑魚養殖業得到穩步發展，就要進行種質改良。而利用雜交技術改良種質，培育出性狀穩定、生長快、抗病力強的親代是關鍵所在。

自 2002 年起，中國福建廈門大學，收集來自日本、臺灣、越南、中國海南和廣東等地的多個九孔地理群體，並針對抗病力和生長速度兩個指標，分別進行群體選育，建立相應選育系。於 2003-2006 年，對日本、臺灣、越南、中國的海南和廣東汕頭等地的多個九孔地理群體進行了 20 餘個雜交交配試驗，並比較各雜交組合後代的生產性能。經雜種優勢計算和配合力比選分析，發現以日本群體(日本東京都大島) 作為父本，與臺灣群體作為母本的九孔雜交後代(即中國稱「東優 1 號」雜色鮑) 較其他雜交組合後代具有顯著的高存活率，且養殖產量顯著提高(圖五)。亦即最終篩選出的最優雜交組合為臺灣♀×日本♂。

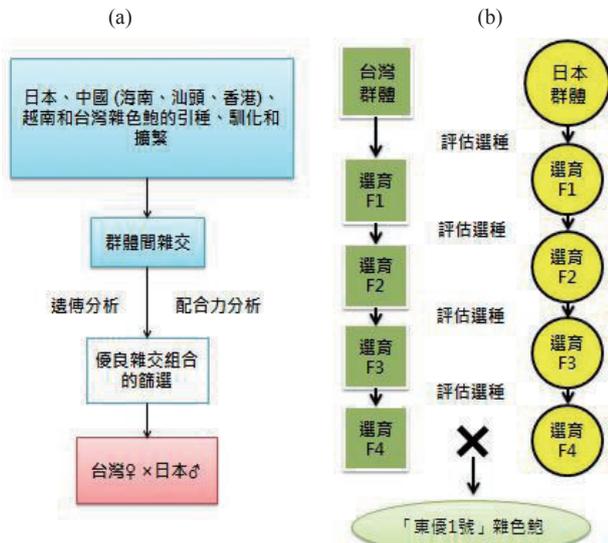
「東優 1 號」九孔最適生長水溫為 22-28°C；殼



註：九孔 (*Haliotis diversicolor*) 是分佈於東亞地區的一種小型鮑，北起日本、韓國，南至菲律賓、印尼東南亞。實線表示確認有分佈，虛線表示有報告。

資料來源：郭金泉、張軒銘(2010)。

圖四 全球九孔(*Haliotis diversicolor*)分布



註：(a) 自2002年起，中國福建廈門大學，收集來自日本、台灣、越南、中國（海南和廣東等地）的多個九孔地理群體，並針對抗病力和生長速度兩個指標，分別進行群體選育，建立相應選育系，並進行了20餘個雜交交配試驗，也比較各雜交組合後代的生產性能。

(b) 經雜種優勢計算和配合力比選分析，發現以日本群體（日本東京都大島）作為父本與台灣群體作為母本的九孔雜交後代（即中國稱「東優1號」雜色鮑）較其他雜交組合後代具有顯著的高存活率，且養殖產量顯著提高。

資料來源：改繪自柯才煥（2013）。

圖五 「東優1號」雜色鮑之群體選育試驗

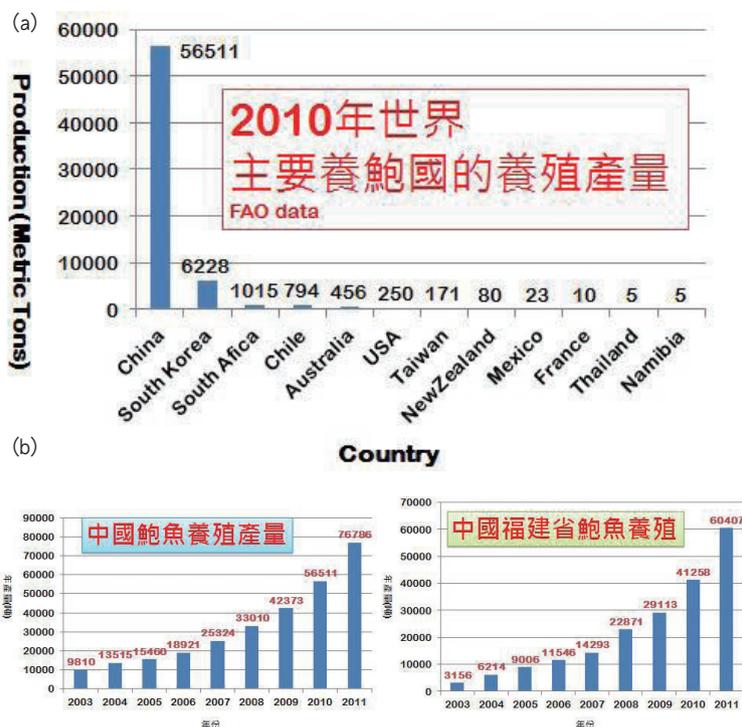
寬和殼長比值介於兩親代之間，足底肌肉顏色為淡黃色；養成階段成活率和產量都較對照組（普通九孔）提高35%以上。同等養殖環境條件下，原有九孔養殖品種易發生養成期暴發性死亡症，存活率很低，而「東優1號」九孔生長正常，表現出很強的抗病力。在中國連續三年的推廣養殖實作均顯示「東優1號」九孔的抗養成暴發性死亡症能力強，較原有九孔養殖種（臺灣群體）存活率有顯著提高，增產優勢顯著。然而，「東優1號」九孔新品種雖然在抗性方面得到提高，但生長性狀的改良仍待改善。

4. 基因轉殖

超越了物種遺傳界限和育種資源的限制，是一種快速的遺傳改良手段，此方面研究不多見仍在萌芽起步階段。

中國的鮑魚養殖產業現狀

中國於2007年將皺紋盤鮑種內雜交和雜種優勢應用於大規模生產。現在該品種已廣泛在遼、魯、閩等省推廣，雜交鮑的產業覆蓋率幾乎近100%。年產量約2.5萬噸，其中95%是「大連1號」。根據聯合國世界農糧組織 (Food and Agriculture Organization, FAO) 的統計，全球鮑魚養殖產量從2000年的2,791噸，增長到2010年的6.56萬噸，產值從2007年的3.44億美元，增長到2010年的5.64億美元，年均增長率超過30%。2007年中國鮑魚「皺紋盤鮑和九孔」年產量突破2萬公噸，產值超過50億元人民幣；2010年，中國已是世界第一養鮑大國，年產量5.6萬公噸，占世界鮑魚養殖產量的86%，產值超過100億元人民幣，其中福建產量占全中國的77-82%，即全世界一半的鮑魚產量來自中國福建省（圖六）。2012年中國養殖鮑魚產量7.76萬公



註：(a) 世界鮑魚養殖產量。(b) 中國（福建）鮑魚產量。

圖六 全球鮑魚養殖產量

噸，占世界的 80%；產值超過百億人民幣，其中福建占 80%。福建養殖的鮑魚物種主要有「大連 1 號」以及九孔。其中又以福建連江縣鮑魚養殖量最多達 10 億粒，年產量為 1.2 萬噸，占福建全省產量的 62.8%，全國總產量的 28.3%，是中國鮑魚養殖的第一大縣。2010 年 5 月由中國水產流通與加工協會授予「中國鮑魚之鄉」的稱號。東鄰臺灣海峽，與湄洲島並稱姐妹島的莆田南日島，是福建省第二大島，全島年鮑魚養殖產量超過 3 億粒，年產值 10 多億元人民幣，產量占中國 1/3 以上，素有「鮑魚島」之美譽。

中國九孔養殖業經歷 2002 年的幼苗脫板症以及 2008 年的肌肉萎縮症的打擊，北方雜交鮑開始逐漸佔領市場，獨領風騷，目前中國養殖的鮑魚絕大多數是雜交鮑；九孔僅侷限在雜交鮑不適度夏的地區。其實九孔才是更適合熱帶中國，尤其是兩廣與海南等南方省份養殖的品種，北方雜交鮑原屬溫帶品種，較不適應南方夏季高溫。為了解決夏季高溫的問題，業者曾將在南方育苗並培育一段時間的雜交鮑運輸到北方度夏。但南方培育的苗種到北方後，死亡率偏高，似乎“水土不服”，且搬遷也增加了養殖成本。所以雜交鮑應該不會取代九孔，以後的養殖方向可能就是在這兩個物種中取得平衡。

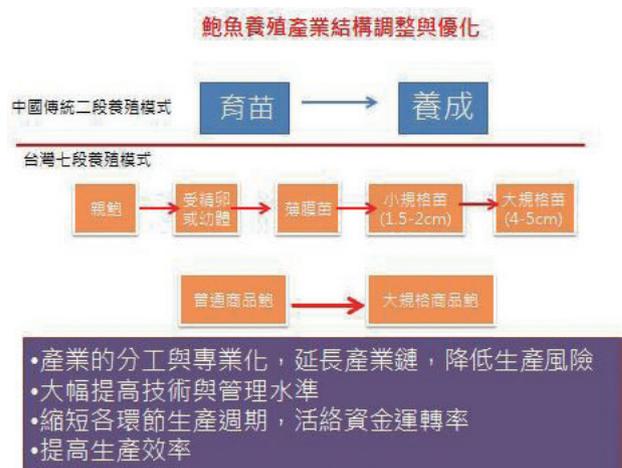
2012 年，由於在春末時福建鮑魚主要的養殖地之一的平潭海域發生大規模有毒性赤潮，造成海上箱網養殖的鮑魚的大量死亡，給福建鮑魚產業帶來嚴重的損失。而這是中國大陸現今鮑魚養殖面臨的問題之一，儘管現今的鮑魚產業高速發展，由於中國大陸目前的鮑魚養殖都是以海上吊養（海上箱網養殖）為主，對於赤潮、颱風等災害抵抗能力較弱；而且隨著沿海地區港口建設、航道爭道、石油化學工業的發展、旅遊產業等產業的競爭，原本就狹小壅擠的養殖空間更是無法滿足鮑魚產業的需求；汙染、附著生物、放養密度更雪上加霜，造成水流不順暢溶氧缺乏；另外由於鮑魚產業的發展，使得主要是龍鬚菜等海藻餌料的價格上揚，更進一步壓榨

鮑魚養殖的利潤。由於養殖業者基本是僅採用親鮑進行近親繁殖生產種苗，使得鮑魚種質劣化，容易爆發大規模死亡，都是現今中國鮑魚產業面臨的危機。

中國廈門大學柯才煥 (2013) 建議：首先，在養殖方式上可考慮採取發展陸基化（臺灣稱陸上）的養殖方式，這樣一來可以極大的減少颱風與赤潮可能帶來的影響，若能進一步改善，實現循環水養殖，未來必將可帶來較大的經濟效益；而且陸基化的養殖方式亦可以解決海上養殖空間缺乏的問題，與降低海洋污損附著生物的危害。其次，在養殖結構方面，目前中國多採用兩端式養殖（即育苗、養成兩種養殖戶），或者育苗和養殖一體的經營方式，產業鏈較短，因而風險也較大（圖七）。臺灣則採取多段式養殖方式的產業鏈，養殖分工合作專業化，可降低風險、壯大產業規模。因此中國若要進行產業的優化改革，應考慮採用多段式養殖（圖六）。

遺傳育種的產業實踐

目前中國在鮑魚的遺傳育種工作有一定程度的成果，相關研究工作的重點多為生產技術本身，但由於中國國土幅員廣大，規範、推廣、管理各層面皆無法有效推廣與貫徹，而且對遺傳育種中所獲



資料來源：改繪自柯才煥（2013）。

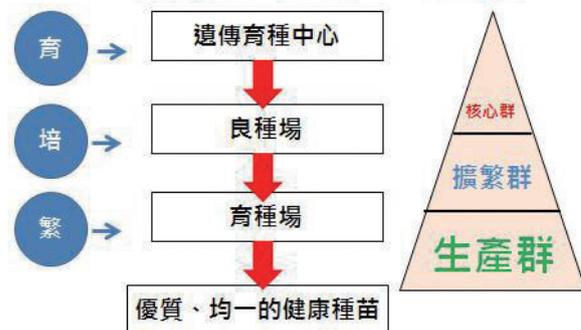
圖七 鮑魚養殖產業結構調整與優化

得的成果如何更好的應用等方面的工作較少著墨。2011年顯示產苗量已供過於求，加強育苗場的規範管理，淘汰尾苗、劣苗；建立鮑魚種苗產業三級體系（育、培、繁），完成遺傳育種中心育出核心種群（孕育篩選核心品種），良種場培養出擴繁群（培養量產品系），育苗場繁衍生產群（進行繁殖量產）；落實種鮑培育專業化、良種化，應該是未來努力的標竿（圖八）。

結語

皺紋盤鮑 (*H. discus hannai*) 是中國黃渤海區的代表性的海洋水產物種，為解決其生長較慢、種質退化和病害嚴重等問題，中國進行多次雜交育苗的試驗，雜交親代包括引進種紅鮑、綠鮑、日本盤鮑、日本大鮑、日本皺紋盤鮑和九孔等。鮑魚具有明顯的種間雜交特性，一些雜種後代往往表現出雜種優勢，引種鮑由於地理隔離和不同環境條件的選擇作用，與在地原生種有較大的遺傳差異，雜交後代的雜種優勢也更為明顯，表現出存活率高、生長速度快及抗病力強。雜交鮑的養殖使中國的養鮑業得以重新振興，雜交鮑的底播增殖（將人工種苗或經中間培育的半人工苗，投放到環境條件適宜的海域，使其自然生長，達到商品規格後再進行回捕的資源增殖方式）也使中國山東和遼寧近海海域棲息的原種皺紋盤鮑種群 97.3% 為雜交後代，遺傳影響的個體幾近 100%。

建構鮑魚種業三級體系



資料來源：改繪自柯才煥（2013）。

圖八 鮑魚種業三級體系建構

但是雜交鮑在養殖過程中，有意或無意間會逃逸擴散到在地野生環境，也就是說會將引進鮑種的遺傳物質滲透入在地原生皺紋盤鮑的基因庫（introgression 種質漸滲：一物種的基因引進到另一物種的基因庫中的現象），從而改變在地原生皺紋盤鮑野生群體的遺傳結構（郭 2012）。研究顯示頻繁的引種和雜交而導致的遺傳污染，已經對在地原生種群的基因庫造成了負面的影響（蘇 2006）。所以為了短期經濟效益或解決養殖中的某些問題而引入外來物種或異地種群，進行大規模養殖，甚至與在地原生種進行雜交，是中國面臨的改變海洋生物遺傳多樣性和不可逆的主要難題。如何充分有效利用其有利的一面，避免和限制其不利的一面，是中國海洋管理上面臨的兩難。

AgBIO

林凌霄 中國廈門大學 海洋學系 研究生
郭金泉 臺灣國立海洋大學 水產養殖系 教授

參考文獻

1. 荒井克俊 (1997) 水產增養殖における染色體操作の現状。水產増殖, 45(3): 411-416。
2. 高緒生 (2000) 鮑魚。遼寧科學技術出版社。268頁。
3. 蔡明夷、柯才煥、周時強、王桂忠 (2004) 鮑遺傳育種研究進展。水產學報, 28(2): 201-206。
4. 王鶯撓、王志勇、柯才煥、周時強 (2005) 不同地理種群雜色鮑的同工酶分析。廈門大學學報, 44: 98-101。
5. 蘇天鳳 (2006) 雜色鮑與九孔鮑種質資源研究進展。南方水產, 2: 64-67。
6. 張國范 (2006) 海洋貝類遺傳育種20年。廈門大學學報, 45(2): 190-193。
7. 張國范、劉曉 (2006) 關於貝類遺傳改良幾個問題的討論。水產學報, 30(1): 130-135。
8. 鄭升陽 (2006) 日本西氏鮑與皺紋盤鮑雜交試驗初鮑。福建農業學報, 21(3): 296-298。
9. 駱軒、游偉偉、柯才煥、楊建新、吳捷 (2006) 西氏鮑與盤鮑雜交育苗的初步研究。廈門大學學報, 45(5): 602-605。

參考文獻

10. 郭金泉、張軒銘 (2010a) 一葉滄桑話曾是台灣之光的九孔。水產動物防疫簡訊，5: 11-13。
11. 郭金泉、張軒銘 (2010b) 台灣的鮑科物種。台灣水產，5(6): 37-44。
12. 李宇亮、駱軒、吳建國、王項願、柯才煥 (2011) 西氏鮑與皺紋盤鮑及其正反雜交第一子代代樣本的營養成分的組成和含量比較。台灣海峽，30(1): 49-55。
13. 郭金泉 (2012) 建構台灣九孔海洋保護區。2月12日立報看守台灣專欄。
14. 河村知彥 (2012) アワビって巻貝-磯の王者を大解剖。恒星社厚生閣。東京、日本。
15. 徐德華、張詠政、張軒銘、郭金泉 (2012) 台灣東北角潮間帶九孔養殖池池水水溫之監測分析。國立台灣博物館學刊，65 (1): 29-44。
16. 柯才煥 (2013) 我國鮑魚養殖現狀與展望。中國水產，1: 27-30。
17. 郭戰勝、侯旭光、張海濤、鄭海、施超 (2013) 皺紋盤鮑(*Haliotis discus hannai*)與黑足鮑(*Haliotis iris*)雜交育苗的初步研究。山東大學學報，48 (5): 20-22。
18. Deng, Y.W., Liu X., Wu F. and Zhang, G. (2008) *Experimental evaluation of heterobeltiosis and heterosis between two populations of Pacific abalone Haliotis discus hannai Ino*. Acta Oceanologica Sinica 27, 112-119.