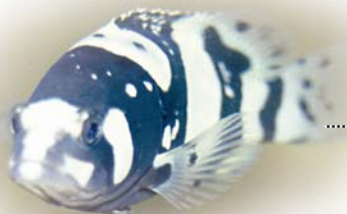


室內型石斑仔稚魚培育系統之研發



蘇惠美、王淑欣、張銀戀、許家興、陳紫嫻、蘇茂森

水產試驗所生物技術組

養殖概況

石斑魚養殖起源於香港，台灣於 1972 年在澎湖開始蓄養，至今已有三十年的養殖歷史，主要養殖種類有點帶石斑、馬拉巴石斑、龍膽石斑、老虎斑、芝麻斑、金錢斑、老鼠斑、七星斑等，其中以點帶石斑、馬拉巴石斑的產量最多。

台灣的石斑魚苗養殖始自 1982 年，魚卵源自野生種魚，在 1984—1985 年以室內型態育成馬拉巴石斑寸苗（白身仔）上萬尾。1987 年利用養殖的種魚（馬拉巴石斑、點帶石斑），以室外型態育成近百萬尾魚苗。至 1995 年生產約 2,600 萬尾，1996 年因病毒性疾病蔓延，減為 1,500 萬尾。1996 年夏天，以養殖的龍膽石斑作為種魚，育成魚苗 2 萬尾；1997 年約生產 25 萬尾寸苗，但僅育成約 4 萬尾的二寸苗。若以 2002 年估算，種魚場約 10 餘戶，年產約 16—40 公噸重卵（240—600 億粒），魚苗生產業者 800 餘戶，生產 6,600 萬尾寸苗，及 3,300 萬尾二寸苗估算，卵至白身魚苗之存活率僅 0.3—0.1%，至二寸稚魚約 0.15—0.05%。由此可見，台灣商業性的石斑魚苗生產業居世界第一，業者生產石斑魚卵不再是瓶頸，但因卵質、養殖模式與環境，再加上病害問題，使得石斑魚苗的生產有高度的風險。

病毒問題

1994 年初，台灣南部許多養殖場發現石斑魚苗在孵化兩週後大量死亡，經由對罹病魚苗的發病病癥、組織病變的觀察，以及對病原體的研究分析，發現有病毒性神經壞死症（VNN）之病例。病變發生於各階段魚齡，感染程度以孵出十幾天之魚花（0.8—1.2 cm）最為嚴重，發病快速且死亡率高。罹病之魚苗有不正常的游泳行為，例如螺旋狀游動、翻滾式前進、迴轉式打轉等，部分魚苗的身體有側彎情形及食慾不振症狀，虛弱的魚苗先是浮在水面，遇刺激會突然快速泳動，最後沈入池底死亡。在病魚的脊髓、視網膜及腦部均有細胞壞死及空泡化現象，顯示病魚的中樞神經系統受到破壞，是幼魚致死主因。海水魚幼苗感染神經壞死病毒的最早記錄，是 1990 年日本的鸚鵡魚，遭受感染的魚苗死亡率高達 90% 以上。至今已有 3 個目、10 個科的 20 餘種海水魚遭受神經壞死病毒的感染。病例分布世界各地，包括歐洲的法國、英國、義大利、希臘、挪威；亞洲的日本、泰國、印尼、馬來西亞、菲律賓、台灣；美洲的加拿大以及大洋洲的大溪地、澳洲等，造成當地養殖業相當大的損失。

另一種也會造成石斑魚類重大損失的是虹彩病毒，在 1984 年首次從河鱸內臟被分離

出來，之後澳洲的虹鱔、美國的野生白鱈、日本的嘉鱻、新加坡的石斑、中國的鰻魚及韓國的條紋鱸陸續爆發感染。台灣從 1992 年起也爆發嘉鱻、金目鱸及石斑魚的感染。對於石斑魚，虹彩病毒具很強的水平感染能力，於感染初期，魚隻並未顯現任何異樣，每日僅數尾死亡，爾後死亡率漸增，整個疫期約 1—2 個月。在大小 5—10 cm 魚之感染率常達 100%，致死率達 60% 以上，體長超過 25 cm 之成魚，其死亡率為 5—30%。感染病魚並無法獲得終身免疫，常會再發，但死亡率降至 5% 以下。病魚呈現體色變黑，鰓部常可見充、出血現象，接著鰓絲漸呈淡紅或甚至蒼白。脾臟和前腎腫大 2—10 倍，後腎微腫，腹壁偶見出血點（趙與龐，1997）。

免疫防治研究

在疾病的防治上，使用疫苗提高對病原體的專一性免疫力，有效防止疾病的發生與傳播，在家禽、家畜及人類已得到證實。在國外，鮭魚已有細菌性疫苗及 IPNV（感染性胰臟壞死病毒）次單位疫苗可供使用。在國內，成功大學（楊，2003）致力於石斑魚病毒性神經壞死症疫苗之開發研究，並獲得初步成果。在石斑魚免疫系統發生的探討上，透過組織學的觀察，發現石斑魚可供辨認的免疫器官，起始於胚胎孵化後第 4 天的腎臟，其次為脾臟（第 8 天）及胸線（第 10 天）。目前正進行以分子生物法，使用免疫相關基因如 *rag-1*、*rag-2*、T-cell receptor 及 Ig 等，進一步了解石斑魚免疫發生的過程。對於石斑幼魚（體長約 2 寸，體重約 10 g），腹腔注射 NNV（腦神經壞死病毒）死毒疫苗或是基因重組次單位疫苗，已證實可以產生足量的中和抗體，對抗 NNV 病毒的攻擊。但對於因

VNN 引起大量死亡之石斑稚魚（體長在 1—2 寸，體重約在 5 g 以下），口服性疫苗可能是最理想之疫苗劑型。一般混在人工飼料或化學包埋之口服性疫苗，應用於稚魚免疫，有缺乏稚魚攝取誘因以及不能接受人工飼料的缺點。楊（2003）之研究團隊利用豐年蝦作為攜帶者，將疫苗送入魚體，已在斑馬魚之實驗模式中，證明此口服疫苗具攻毒保護效果。該技術係將抗原基因轉殖至大腸菌，並大量表現專一性之抗原蛋白，再以此種活菌或已殺死之菌體餵飼豐年蝦，此口服型疫苗在石斑稚魚免疫之試驗目前仍在進行中。

為達到完善的預防治療目的，必需在魚隻的不同成長階段，針對不同病原體給予疫苗接種，同時也需有環境因子控制等的配合，方能竟其功。這些複方策略的應用包括病原體的檢測、種魚的篩選與預防接種、去感染的洗卵工作、魚苗的預防接種等。而疫苗組合（如寄生蟲、細菌、病毒種類）、疫苗種類（如不活化的病毒疫苗、次單位疫苗或 DNA 疫苗）、疫苗形式（主動免疫或被動免疫）、接種的方式、劑量次數、時機和佐劑的配合使用等，都是石斑魚防治工作需要研發與努力的主軸（張，2003）。

從衛生、營養及餌飼料加以改善

當疫苗還未能在實務上應用時，種苗繁殖場必需更注重衛生控制，如種魚隔離、魚卵消毒、養殖用水殺菌、使用器具的清潔、餌飼料免於感染的控制、人員及器具之移動控管等。在歐洲，地中海採行嚴格的衛生控管策略，有效地遏止鱸魚苗病毒性疾病的蔓延。歐洲工廠化魚苗之生產，更是非遵行這些策略，無法竟其功。本所根據相同的邏輯，除找出最適環境因子如溫度、鹽度、打氣量

與照光度，並加以控制，以改善魚苗初期之活存與成長外，更從衛生、營養及餌飼料方面加以改善，經過一序列的試驗，應用臭氧於石斑魚卵之消毒、洗卵孵化以及魚苗飼育水之處理；以自家培養之等鞭金藻（富含DHA）、擬球藻（富含EPA）、扁藻，加強營養之極小型輪蟲（122–176 μm ）、小型輪蟲（143–224 μm ）和豐年蝦幼蟲（ $> 400 \mu\text{m}$ ），人工飼料，以及光照、打氣、水質監控管理操作等技術，建立室內優質石斑仔稚魚苗的生產系統。

一、衛生改善

（一）種魚篩選

病毒性疾病最基本的防疫對策為隔離，即杜絕傳染源。前述兩種病毒的感染途徑，除了水平感染外，都有垂直感染的可能性。因此為徹底解決親代種魚成為散布病毒的帶原者，可從篩選無病毒種魚，再用來進行後續之育苗工作，以解決病毒感染所造成魚苗成長參差不齊、活存率不穩定的困境。此策略在台灣尚未採用，在印尼以篩選無病毒感染的老鼠斑種魚產出的卵進行育苗研究，寸苗活存率可提升至 50% 以上（Sugama, 2002）。日本的研究指出，雖然種魚在產卵前，生殖腺對病毒篩檢未呈陽性反應，血液也未檢出病毒抗體，但當產卵次數過多與環境壓力增大時，種魚會產出帶病毒的魚卵，且魚苗發病前的潛伏期會因產卵次數增加而縮短。因此，種魚之營養與產卵操控也必需加以重視。

（二）卵之消毒

研究指出卵的消毒，可降低將母魚所帶來之細菌及病毒，傳播到不同魚苗場育苗池的風險。台灣大多數均未有這類操作，歐洲早期使用優碘，隨後改用 glutaraldehyde（戊二酸乙醛），日本使用臭氧消毒法，而近年來

各國採用臭氧消毒法者日增（Ben-Atia, 2001）。本研究以卵之孵化率及孵化後魚苗在不餵飼情況下之活存率，評估點帶石斑卵之臭氧消毒方法。結果顯示，臭氧濃度、浸泡時間以及卵密度，均會影響卵之孵化與魚苗之活存。1 g 魚卵在 75–300 mL 的 0.3 ppm TRO 臭氧水浸泡 30 分鐘，臭氧之毒害性隨浸泡水量增加而減少，即 1 g 卵浸浴於 75 mL 臭氧水，卵黃囊期魚苗之活存低於 300 mL 者。將 2 g 魚卵浸於 100 mL 的 0.1 ppm TRO 臭氧水中 1–10 分鐘，卵之孵化率均大於 90%，但魚苗活存率隨浸泡時間增加而降低。10 g 石斑魚卵放入 10 L 含 0.1–0.5 ppm 的 TRO 臭氧水，消毒 1 分鐘後，取出孵化。孵化率在 0.5 ppm 組明顯偏低，且可孵化卵中約有 68% 有延遲孵化的現象；而 0.1–0.4 ppm 間則無明顯差異，但 0.4 ppm 組顯著有較低的魚苗活存率，因此，10 g/10 L 卵在 0.3 ppm TRO 消毒 1 分鐘，為合適的操作方法。

（三）卵之孵化方式

為降低魚卵可能帶來的細菌或病毒風險，試驗流水洗卵直至完全孵化再將魚花移至育苗池之方法，取代直接將卵置於育苗池中止水孵化。洗卵孵化用水有兩種，一種為臭氧處理水經活性碳去 TRO 水，另一為經濾心過濾及 UV 燈殺菌處理。在內置水體 80 L 之 100 L 的孵化桶中，置入魚卵 60–100 g，洗卵用水由孵化桶下方進水口流入，帶動石斑魚卵使之懸浮於孵化桶中，最後水流流經 150 網目的濾網，由孵化桶的出水口流出。開始洗卵時的進流量為 6 L/分鐘，一直持續到石斑魚卵開始孵化後，降低水量為 2–3 L/分鐘，以避免水流太大，使孵出的石斑魚花因附著在網目上，造成死亡。

在四次石斑魚卵的洗卵孵化試驗中，當以去 TRO 的臭氧處理水洗卵的石斑魚卵孵

化率為 100%，則利用濾心過濾及 UV 殺菌處理水洗卵的相對孵化率，分別為 88.8、93.2、93.6 與 89.7%，臭氧處理水洗卵者高出約 6—11%。直接將魚卵投入飼育槽孵化，所孵出的魚苗數目極少，且在槽底部發現大量的死卵，估算其孵化率則尚不及 1 成。顯示洗卵孵化大大改善孵化率。水中的總生菌量與弧菌量，以石斑魚卵開始孵出時增加最多，孵化完畢時，以較大的進流量（6—7 L/分鐘）洗卵組，總生菌數有減少的趨勢；但進流量均維持在 2—3 L/分鐘組，孵化完畢時，水中的總生菌量則成小幅度增加。以不同的處理水洗卵所獲得的石斑魚苗，其孵化後不投餌之活存率在第五天仍高達 90%，顯示洗卵操作過程未損害到魚苗。

在孵化桶中利用湧昇的水流，使每顆受精卵都能保持良好的懸浮狀態，除了可以去除受精卵外膜表面的病原外，也可減少受精卵孵化時所釋出的有機物，有助於維持育苗桶水質。孵化的時間會隨受精卵的品質而有所不同，一般而言需要 3—8 小時，孵化後的魚苗便移入育苗桶中繼續培養。

(四) 魚苗飼育水之處理

比較不同方法處理的海水對石斑魚苗前期活存率之影響，顯示在經砂濾的海水、再經濾心過濾與 UV 殺菌、再加 10 ppm 漂白水處理過夜後以 10 ppm 硫代硫酸鈉（海波）中和、臭氧處理後經活性碳過濾去除水中 TRO 等各種水中，魚苗的活存，不因處理水的不同而有差異，均於孵化後第 7 天，由於未餵食能量耗盡死亡。但經臭氧處理後未經活性碳吸附，而以海波處理，雖檢測無 TRO 殘留，仍造成魚苗死亡，顯示海波不能去除因臭氧而產生之有害物質。因此，魚苗飼育用水可以經砂濾的海水，再用臭氧消毒或漂白水消毒，再分別經活性碳去除殘餘 TRO 或以

海波中和。

(五) 整體衛生問題及餌料生物之消毒

特別著重於藉由整體性地消毒所有育苗用器具及餌料生物，使帶入的病原減至最少。曾發現牡蠣受精卵感染線蟲，進而附著於魚鰭上，影響魚苗游泳能力。因此，將清洗完之牡蠣受精卵，放入 0.1 ppm 臭氧海水中 10 分鐘，以經臭氧處理再經活性碳之乾淨海水沖洗後再投餵。適於輪蟲的消毒劑，雖有許多研究，但仍未尋獲；乃以試驗室條件培養的扁藻或擬球藻餵飼輪蟲，然後以等鞭金藻或人工飼料（DHA protein Selco 蛋白質熊克；比利時 INVE 產品，在台灣較容易取得之商品）來滋養。豐年蝦則以經漂白水處理之水孵化後，以 DC（持續滅菌）DHA Selco（比利時 INVE 產品）強化豐年蝦營養，並控制菌相。

比較 1998—2000 年，以臭氧處理水洗卵，並以如後所述的餌料序列投餵，顯示衛生改善面之操作，確實可提高點帶石斑魚苗育成率；2000 年在 2.5 噸槽中可收穫 5—6 千尾魚苗，平均活存率約 10%（表 1）。

二、營養加強與餌料序列

利用高度敏感的螢光技術，評估魚苗初期對活餌和飼料之消化情形。觀察結果顯示，點帶石斑魚苗胃中之消化酵素（如蛋白質酶）遠較其他魚苗（如鱸魚）低（ACIAR Grouper Project, 2001），因此，餌料生物對初期魚苗之活存與成長影響重大。為找出最合宜的餌料序列，探討過餌期極小型（SS）輪蟲取代牡蠣幼蟲之可行性，輪蟲及豐年蝦經營養加強後之餌料效益，橈足類及豐年蝦幼蟲之優劣，以及人工飼料之可利用階段。比較點帶石斑過餌第 1 天至第 6 天（F1-F6）投極小型輪蟲與加投牡蠣受精卵，以及過餌第 7 天至第 15 天投相同食物，過餌第 15 天魚

苗的活存、成長及脊柱畸型率等，如表 2 所示。點帶石斑仔魚開口時之大小為 2.58 ± 0.05 mm、口徑 $0.35-0.40$ mm，牡蠣卵大小為 $50-60$ μm ，小型輪蟲大小為 $143-224$ μm ，平均 182 ± 21 μm ，極小型輪蟲大小為 $122-176$ μm ，平均 154 ± 13 μm 。F6 魚苗之活存率（未列出數據）及體長雖沒有顯著差異，魚苗的脂肪酸組成卻有不同，多投牡蠣受精卵組有較高的總脂肪酸、EPA 及 DHA 含量，添加金藻組者比擬球藻組者有較高之含量。F15 魚苗的活存、成長及脊柱畸型率有明顯的不同，以添加金藻又在 F1-F3 多投牡蠣受精卵組，有最高活存及體長，且無畸型魚。顯示牡蠣受精卵作為石斑過餌初期之重要性，以及金藻較擬球藻優先。同時可見餌料生物種類的影響是連續性的，雖然 F6 魚苗的差異不顯著，且 F6 以後投餌的餌料是一樣的，F15 魚苗的成長與活存卻顯著受到 F1-F3 期餌料的影響。魚苗總脂肪酸、EPA、DHA 含量，以及 DHA/EPA 之比隨魚齡改變，DHA 含量減少最多，且對應其所攝食餌料的成分。牡蠣受精卵及擔輪子幼蟲的總脂肪酸、EPA、DHA 含量最高，小輪蟲其次，極小輪蟲含量最低。金藻除含有較高 DHA 量外，也易於被牡蠣幼生消化，以致多投牡蠣受精卵並添加金藻者，魚苗之育成表現最佳。顯然 DHA 量之增加對魚苗之活存、成長與脊柱正常有較大的影響力。

為瞭解市售商品滋養物加強輪蟲及豐年蝦幼蟲營養後，投餌石斑魚苗之表現，取 3 噸養殖槽的 F11 魚苗，移入 200 L 養殖槽，投餌 4 種不同營養加強的輪蟲 15 天，從 F11 至 F26；然後再以同樣滋養物加強的豐年蝦幼蟲投餌 10 天，從 F26 至 F36。在 F22 估算活存數，F36 計數活存數，並分別取樣測體長、體重及分析魚體之脂肪酸含量（表 3）。

輪蟲飼養期魚苗，以麒麟油脂酵母（日本）滋養者活存最差，約 50%，以微藻（等鞭金藻和鹽生巴夫藻）、凍結游藻（日本）及超級熊克（比利時）加強營養者較佳（63–69%）；以凍結游藻滋養的成長最佳，魚體脂肪酸之 DHA/EPA 比值最高。豐年蝦幼蟲飼養期魚苗，則以熊克滋養者活存與成長最差，仍以凍結游藻滋養者最佳，且抗緊迫活力也最高，而以微藻滋養者則在活力與畸型率上表現最差。雖然凍結游藻成效最好，但因取得困難，隨後的魚苗育成試驗，選擇以微藻加強輪蟲的營養，以在台灣最易取得之商品-熊克加強豐年蝦幼蟲的營養。

在過餌第 1–6 天（F1-F6）投餌極小型輪蟲，而未供應牡蠣受精卵，F4-F18 投餌小型輪蟲，F15-F39 投餌豐年蝦幼蟲，到可收穫之魚苗數可達 3–6 千尾（表 1、4），顯示極小型輪蟲可作為石斑魚苗第一次攝餌之食物。福永等（1990）也報導初期過餌的高死亡率，是紅石斑魚仔魚培育最重要的問題之一，而作為過餌第一天的食物，極小型輪蟲較牡蠣幼生為佳。太早投餌豐年蝦幼蟲如在 F11 時，因不能提供適當大小之餌料，且影響水質反而殺害魚苗，於 F16 全死。在豐年蝦投餌階段，改為投餌橈足類，可明顯提高育成率（表 1），但因有隨橈足類帶來病害之高風險，為免於病毒等病原之感染且能穩定生產，以加強營養豐年蝦及輔以人工飼料為較佳的選擇（蘇等，2003）。豐年蝦之營養強化，以 DC DHA 較 A1 DHA 或 DC 為佳；魚苗之鹽度緊迫耐力，單以 DC DHA 營養強化者，優於添加高蛋白飼料滋養者。雖然魚苗可在過餌後第 5 天（F5）攝取人工飼料，但因水質維持問題，以 F23 開始投餌人工飼料較適當，且在 F36-38 收穫後，移至中間育成池，魚苗約 2.65 cm 時，直接以人工飼料投餌。

表1 2000年在2.5噸槽中點帶石斑苗之育成成果

開始日期	開始卵數	收穫尾數	收穫天數	活存率(%)	體長(cm)	餵飼豐年蝦期	豐年蝦滋養	投飼人工飼料期
27/04/00	64000	6120	F33	9.56	1.34 ± 0.25	F13-F32	DC DHA	F23-F32
27/04/00	40400	5838	F33	12.72	1.28 ± 0.20	F13-F32	DC DHA+MF	F15-F32
27/04/00	45900	5450	F33	13.49	1.37 ± 0.20	F13-F32	DC DHA+MF	F23-F32
19/05/00	45200	2765	F36	6.12	2.18 ± 0.30	F16-F36	DC DHA	F23-F36
19/05/00	37600	4398	F36	11.70	2.08 ± 0.32	F16-F36	橈足類	F23-F36
19/05/00	46900	2917	F36	6.22	2.12 ± 0.27	F16-F36	DC DHA	F23-F37

養殖條件：水溫25.8-28.2℃；鹽度：24-29‰ (27/04)、25‰ (19/05)；pH 7.91-8.46；NH₄⁺-N 0.10-1.93 ppm；NO₂⁻-N 0.01-0.32 ppm；輪蟲以扁藻培養，等鞭金藻滋養；F1-F7投飼極小型輪蟲，F4-F23小型輪蟲；人工飼料為比利時INVE產品NRD

表2 過餌第15天石斑魚苗在200公升養殖槽以不同餌料(F1-F15飼育水加入擬球藻或等鞭金藻、F1-F3牡蠣受精卵、F1-F6油脂酵母強化之極小型輪蟲、F7-15油脂酵母強化之小型輪蟲)餵飼，過餌第1天、第6天及第15天魚苗之體長及脂肪酸含量

魚齡	投飼期及餌料				魚苗成長與活存			魚苗脂肪酸量 (mg/gDW)			
	F1-F15	F1-F3	F1-F6	F7-F15	活存(%)	體長(mm)	畸型(%)	EPA	DHA	總脂肪酸	DHA/EPA
F1						2.58 ± 0.05		2.3	6.1	47.0	2.7
F6	擬球藻		極小輪蟲			3.06 ± 0.34		0.6	1.1	12.8	1.8
	金藻		極小輪蟲			3.02 ± 0.36		0.7	2.6	42.5	3.7
	擬球藻	牡蠣	極小輪蟲			2.94 ± 0.38		1.8	2.2	35.3	1.2
	金藻	牡蠣	極小輪蟲			2.91 ± 0.25		1.9	3.7	69.0	2.0
F15	擬球藻		極小輪蟲	小輪蟲	8	3.82 ± 0.51 ^b	16	0.6	1.1	17.9	1.8
	金藻		極小輪蟲	小輪蟲	16	4.50 ± 0.67 ^a	11	2.0	2.9	47.0	1.5
	擬球藻	牡蠣	極小輪蟲	小輪蟲	21	3.95 ± 0.63 ^b	5	2.0	1.6	28.3	0.8
	金藻	牡蠣	極小輪蟲	小輪蟲	36	4.42 ± 0.60 ^a	0	1.7	2.7	43.8	1.6

表3 石斑魚苗以不同營養強化輪蟲及豐年蝦投飼之活存及生長

魚齡	投飼期與餌料滋養物*		魚苗成長與活存				魚苗脂肪酸量 (mg/gDW)				
	F11-F22 輪蟲	F26-F36 豐年蝦	活存(%)	體重(mg)	體長(mm)	活力(%)	畸型(%)	EPA	DHA	總脂肪酸	DHA/EPA
F22	微藻		63 ± 4 ^a	4.78 ± 3.15	7.11 ± 1.52			0.96	2.30	17.16	2.39
	游藻		67 ± 1 ^a	7.13 ± 3.85	8.15 ± 1.84			0.32	1.56	8.57	4.31
	酵母		48 ± 8 ^b	6.11 ± 3.38	7.60 ± 1.41			0.69	2.05	11.24	2.98
	熊克		69 ± 3 ^a	5.04 ± 2.35	7.45 ± 1.19			1.19	2.35	11.88	2.25
F36		微藻	77 ± 7	190 ± 58	23.13 ± 2.71	57	15	2.25	0.91	21.65	0.40
		游藻	70 ± 13	212 ± 62	24.06 ± 2.29	90	12	1.38	1.07	17.87	0.78
		酵母	57 ± 5	180 ± 55	22.45 ± 2.81	81	7	2.44	1.10	27.83	0.45
		熊克	59 ± 10	139 ± 64	20.56 ± 4.29	74	9	4.51	2.90	28.18	0.64

*餌料滋養物：微藻為等鞭金藻和鹽生巴夫藻，游藻為凍結游藻（日本），酵母為麒麟油脂酵母（日本），熊克為超級熊克（比利時）

表4 牡蠣受精卵、輪蟲及人工飼料之投飼對點帶石斑魚苗育成之影響

開始卵數	收穫魚苗	活存率(%)	藻水	牡蠣受精卵	極小型輪蟲	小型輪蟲	豐年蝦	人工飼料
93,600	1554	1.66	金藻+角毛藻	F1-F3	F1-F3	F4-F18	F16-F37	F5-F37
93,600	2200	2.35	擬球藻	F1-F3	F1-F3	F4-F18	F12-F36	F19-F36
80,000	3127	3.91	金藻+角毛藻	無	F1-F6	F4-F18	F17-F39	無
70,000	3890	5.56	金藻+擬球藻	無	F1-F6	F4-F21	F15-F36	F17-F36

養殖條件：水溫26.5-28.0或25.5-27.3℃；鹽度26-27‰或29-30‰；pH 7.70-8.10；NH₄⁺-N 0.10-1.93 ppm；NO₂⁻-N 0.08-0.32 ppm；輪蟲以擬球藻培養，比利時INVE產品DHA PS滋養；人工飼料為比利時INVE產品NRD

雖然牡蠣受精卵營養價較高，但因有季節限制及可能帶來病原（如線蟲），使用時最好能如前述以臭氧水消毒後再投餵，每天分早晚兩餐。當使用極小型輪蟲作為餌料時，儘可能將育苗桶中之輪蟲密度控制在 2—5 隻/mL，若密度超過範圍，魚苗在 F3 後對極小型輪蟲的攝食率下降，極小型輪蟲便會在水中增生，造成水色無法維持，進而影響養殖成果。在 F4-F18 以小型輪蟲作為餌料時，將密度保持在 5—20 隻/mL 是較適當的範圍。密度低魚苗成長緩慢，但若過高，則不易維持育苗桶之水色。過餌第一天（F1）起，開始添加等鞭金藻，將密度維持在 5×10^4 cells/mL，直到 F23 後停止微藻的使用。通常在 F16-F18 開始少量流水（5—10%/day），在開始餵食豐年蝦幼蟲之後，需逐漸增加流水量，以維持水質穩定。豐年蝦幼蟲的數量，控制在投餵 4 小時內能被魚苗吃完為原則，每天投餵 2—4 次。

供應乾淨、高營養價值的輪蟲、豐年蝦等餌料生物，可以避免病原進入養殖系統，也可提高魚苗對於環境緊迫的耐受度。然而，打氣大小之操作、投餌策略、抽底換水及流水等，以及過餌浮死之防範與水質之維持，仍需適時適當地處理，如此才能提高魚苗育成率。

三、稚魚育成

寸苗需經中間育成養至 3—4 寸，較適合放養於養成池或箱網。本研究採用循環水養殖系統進行中間育成。循環水養殖系統包括養殖槽（200 公升水量）、T 型進水管、浮子式流量計、固體物離心沉降桶、臭氧產生裝置、氧氣錐、純氧機、曝氣槽、生物濾床及曝氣加氧槽，以及自動化水中溶氧、酸鹼值及氧化還原電位之監測與控制。每個養殖槽皆設有溶氧監測電極，另，在生物濾床前設有氧

化還原電位（ORP）電極，配合監控系統，控制適當臭氧與溶氧濃度。循環水中僅有 1/3 水體經過臭氧處理，2/3 用來中和殘留氧化物，將 ORP 設為 400 作為臭氧開關之控制。水流量設定在 2—15 L/分鐘，水中溶氧為 5 ppm（60—80% 飽和），臭氧濃度控制在 ORP 400，水溫不控制（試驗期間溫度為 29—31℃），每星期至少測一次 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 及 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ，每天早上排污，下午抽底，每日換水量 5—16%。每天投餵市售飼料 2—4 次，每餐的投餵量以投到魚不再攝食的狀態為止，某些魚苗在養殖前期以大豐年蝦為餌。利用此循環水養殖系統，探討魚苗大小、密度、躲藏物、飼料、水流量對點帶石斑稚魚育成之影響以及殘食問題。

育成之點帶石斑之白身魚苗移於循環水養殖系統，體長為 11.7—31.1 mm 時，若不經篩選，經 1 週飼養後，不管魚苗密度為 2.5 尾或 5 尾/L，有無置放躲藏物，活存率均低於 50%，併投飼料與豐年蝦幼生者活存率稍提高。經過篩選，養殖 9 天之成長及活存如表 5 所示，活存在 80% 以上，日增重率 37—67%，隨魚體增大而降低，且變換 3 種大小飼料者（0.5 mm-0.8 mm-1.2 mm），較單投 2.0 mm 大小飼料者佳。當體長大於 4.2 cm 以上（1.5 寸篩網），養至 9 cm 左右活存率可達 95—100%。同樣在室內育成之龍膽石斑白身魚苗，經篩選並以配合飼料在循環水系統養殖，體長 2.6 cm 以上，養至 10 cm 活存率可達 90% 以上，且同體長之日增重率大於點帶石斑。但取他人戶外育成之龍膽石斑白身魚苗，移入室內中間育成，雖加強高度不飽和脂肪酸（HUFA）及維生素 C 營養，並無法改善之，1 週後因腦神經壞死病毒發作，魚體變黑、迴旋，2 週後活存率低於 50%。

取他人育成之點帶石斑白身魚苗，移入

表 5 點帶石斑寸苗以人工飼料在循環水養殖 9 天之成長與活存

篩選網目*	飼料大小 (μm)	開始體長 (cm)	結束體長 (cm)	開始體重 (g)	結束體重 (g)	開始 尾數	活存 (%)	日增重率** (%)
8 分	500-800-1200	1.97 + 0.18	3.48 + 0.31	0.12 + 0.02	0.84 + 0.22	700	85	67
8 分	2000	1.97 + 0.18	3.46 + 0.26	0.12 + 0.02	0.76 + 0.16	700	83	59
1 吋	500-800-1200	2.26 + 0.07	3.81 + 0.29	0.18 + 0.03	1.19 + 0.56	700	81	62
1 吋	500-800-1200	2.26 + 0.07	3.69 + 0.31	0.18 + 0.03	1.03 + 0.29	700	82	52
1 吋	500-800-1200	2.26 + 0.07	3.74 + 0.25	0.18 + 0.03	1.09 + 0.20	700	89	56
1 吋	2000	2.26 + 0.07	3.68 + 0.22	0.18 + 0.03	0.94 + 0.17	700	86	47
1.2 吋	2000	2.65 + 0.16	4.06 + 0.28	0.31 + 0.07	1.38 + 0.24	550	97	38
1.2 吋	2000	2.65 + 0.16	4.14 + 0.29	0.31 + 0.07	1.35 + 0.24	550	90	37

*試驗魚為通過篩網者；**日增重率 (%) = [(結束魚重-開始魚重) / 開始魚重/養殖天數] \times 100%

室內中間育成，雖未發生如龍膽石斑之病變，卻發生指環蟲感染症（購入二次均發生）。而以本研發系統生產的 4 批龍膽石斑及數十批點帶石斑，經中間育成，除因進行殘食試驗外，養至 3—4 寸稚魚活存率均在 80% 以上，且沒有疾病發生。石斑養殖業者也曾應用循環水系統來養石斑稚魚，因幼苗帶來指環蟲，在循環水中很難完全殺死，需常用藥處理，或因病毒感染導致大量死亡。因此，仔魚培育系統對稚魚養成有很大的影響力。

魚苗從開始收鰭到 2 寸，都有殘食的現象發生，殘食最嚴重的時期是在體長 2.5—4.5 cm 時。主要的原因在於魚苗本身體型的差異（如前所述），其他則包括飼料種類及投飼策略等。在高死亡期間，第一餐在 8:00 投餵者，魚苗死亡數較在 6:00—7:00 投餵者，增加約 2 倍；若在晚上多餵一次，亦不會降低殘食現象，而且攝食情形不佳。雖然放養密度及水流量，對魚苗的殘食並沒有明顯的差異影響；但卻影響魚的攝餌，魚數量多的攝食狀況較佳，飼料轉換率較低。另，1 寸以下魚苗之成長、活存，因飼料品牌而差異大，1 寸以上飼料顆粒大小及浮沉性影響較大。

在相同水流量（10 L/分鐘，每 20 分鐘換水一次）下，以同樣的養殖槽養殖 25 天，流水式養殖石斑之體長（87 mm）與體重

（11.72 g），均優於循環水養殖者（分別為 82 mm 及 10.27 g），而二者之活存率及增重率則沒有差異。可是，若以流水式養殖，一個 200 L 之養魚槽，每日用水量高達 14.4 公噸，使用循環水只需 0.1 公噸，可節省用水 99.3%。因此，循環水養殖不僅維持水質穩定，又能節約用水，降低環境負荷。

展望

由於出售的受精卵並非完全來自同一親魚，又，雖是業者同一時間收集，卵的受精時間可能不一致，以致相同孵化條件下孵出時間不一，再加上孵化後，每隻魚苗的攝餌能力也不相同。因此縱使可利用營養強化的餌料，彌補先天營養的缺乏，但是仍然無法控制魚苗體型的均勻性，所以魚苗大到某個階段，必有大小參差的情形，進而發生殘食行為，如此育成率更降低。因此，要進一步提升育成率，必需進行優質種魚選育（如無病毒感染、成長快速等）、親魚營養與產卵的控制（如卵粒大小、孵化同步等）、優質橈足類之培養與提供（以免除粗放養殖帶進病原），或者橈足類替代性人工飼料之開發，並配合本研究之衛生改善、餌料序列與營養加強，將更能穩定地大量生產石斑優質魚苗。