



公 開

密件、不公開

執行機構(計畫)識別碼:150203F102

行政院農業委員會漁業署九十六年度科技計畫研究報告

計畫名稱：自動化水處理系統及周邊監控管理系統之研發：

自動化石斑育苗系統流程之建立

英文名稱： Developing the operation process for rearing

grouper fingerling in a automatic system

計畫編號：96農科-9.1.2-漁-F1(3)

全程計畫期間：94年01月1日至97年12月31日

本年計畫期間：96年07月01日至96年12月31日

計畫主持人：劉擎華副教授

執行機關：國立台灣海洋大學

目錄

中文摘要	3
英文摘要	3
一、前言	4
二、材料方法	4
三、結果	5
四、討論	6
五、參考文獻	7
附表	9
附圖	10

摘要:

石斑魚因其肉質美味廣受饕客喜愛，近年來隨著經濟發展，在石斑魚的市場需求亦隨之增加，使石斑魚成為高價值的養殖經濟魚種。現今的石斑魚養殖方面在白身至三吋的育苗階段，因石斑魚的殘食性及病毒性疾病造成魚苗的產量在市場的供應上受限。因此本實驗目的在於，改良原有的室內循環水的石斑育苗系統，使在石斑魚的育苗階段，能有效的控制維持良好的養殖環境，來達到高密度育苗的活存率。研究結果新式循環水系統相較於舊有系統能顯著的節省操作時間，換水次數也由每日兩次減少為一次，降低了用水量。在養殖成長率在 30 天內可由 1.8 公分養成至 8 公分，優於一般的育苗場，且活存率可達 9 成以上的育苗產量，於最後的養成階段可達一噸水養殖近 15 公斤的生物承載量。在新系統養殖生物參數方面，3.6cm、6.5cm、9.6cm 在攝食後的最高耗氧量分別為 163、102 及 83mg/hr/100g/fish。

Abstract:

With increasing economies, Grouper has become widely liked fish because of its high meat quality. The demand for grouper meat has increased tremendously such that the supply of its fingerlings has been progressing slowly due to occurrence of virus disease. The objective of this study was to raise fingerlings up to 3 inches which is critical size prone to virus disease and optimal size for marketing. Initially larvae are raised in indoor recirculating

systems. This study focused on improving the existing system to high standards to ensure good aquacultural practices favoring the environment.

A 30 day study was conducted in which grouper were raised from 1.8 cm to 8 cm with over 95% survival. The improved system has the advantage that it reduces the number of times of changing water from two to one and saves labour time. Moreover, in the old system, the white body stage larvae are fed shrimp paste and require up to three times changing water and cleaning the system which can be achieved with one change in the new system. At the end of the study, the biomass in the new system raised up to 15kg of fish. The highest biological parameters after feeding of oxygen consumption from 3.6cm, 6.5 cm and 9.6cm size grouper fingerlings were 163, 102 and 83 mg O₂/100g fish, respectively.

前言:

近年來台灣極力成為亞太水產種苗中心，希望在種苗生產上居領先地位，但諸多問題如人工成本過高、水土資源不足以及病害叢生等等問題，限制產業的整體發展。因此為解決上述之問題，於養殖方法上應朝向自動化及循環化改進，以降低人力、資源上之使用，並藉由環境的可控制性來降低疾病爆發以及對環境產生的負面衝擊，加以生產健康穩定之種苗。

石斑的繁殖及育成技術早已發展多年，但仍無法有效解決病毒危害之問題，在無有效的病毒疫苗產生前，

維持穩定的環境以降低病毒爆發便成為成功育苗的關鍵點，近年來由於本實驗室原有的室內循環水系統架設以及不同體型分養和馴餌技術的確立，在石斑魚的育苗階段中已能達到有效的降低殘食機率及提高養殖的活存率達8成以上。但亦因，為了使養殖期間池水的水質穩定，反而在人力時間上的使用及用水處理上的耗費都較多。因此本研究擬以本實驗室開發之育苗流程在維持原有育苗活存率的狀況下，配合石斑生物參數之調查以改善石斑育苗系統，朝向自動化、穩定化發展，以解決水質不穩造成疾病爆發而導致嚴重死亡及耗費大量人力的問題。

材料方法：

一、改善育苗系統：

在舊有系統(圖1)的改良中，針對原有的水體2噸養殖槽進行循環系統變更(圖2)，並改善換水方式有利於降低時間。在養殖槽方面：1. 替換原有的系統馬達，將原有的半馬力沉水式馬達改換為1馬力陸上型馬達(圖2-a)，以增加系統處理的水流量。2. 將原有的滴流式濾床增高為兩倍(圖2-g)，增加了生物濾床的處理總面積。3. 借助於生物濾床的兩倍增高，將原有沉澱於養殖池水中的濾袋升高，掉掛於養殖槽上(圖2-d)，增加濾袋的過濾效果。4. 將舊有的蛋白質除沫器替換成大型的落地式蛋白質除沫器(圖2-b)，加上其裝置文氏管增加微細氣泡的產生，提升原有的處理效能。5. 加裝紫外殺菌燈於循環系統中(圖2-c)，以改善養殖水質。6. 利用分流管架設增氧裝置(圖2-e)。7. 運用生

物濾床及濾袋的過濾水流，以導管引流達到底部排污效果(圖2-i)，並於養殖槽旁裝設排污桶收集髒污並定期排污(圖2-h)。8. 在蓄水池至養殖槽間裝設自動補水系統，以減少換水時間。

二、魚苗放養測定

本試驗自高雄縣選購點帶石斑白身苗共2700尾。魚苗待買入後放養於新建立之自動化循環水系統。試驗全期系統中水溫控制在 30 ± 1 °C、每日維持至少20小時光照。飼料方面，其配方參考91及92年農委會委託計劃(石斑魚人工飼料開發之研究)而設計，含蛋白質50%、脂質8%以及碳水化合物16%(表1)，且配合棕點石斑苗不同成長階段之適口性，製作成0.8~5.0 mm的飼料粒徑，每天投餵量為魚體總重的8-10%。試驗過程中，紀錄其活存及成長等相關數據以供分析。

三、調查生物參數

排氮試驗：

水中排氮測定在系統之水族箱中進行定量與飽食餵食之排氮試驗，共有九個試驗飼料組，每組3重複。定量餵食其投餵量為體溼重4%之試驗飼料，而飽食餵食其投餵量，則以飽食後立即將缸底殘餌以虹吸法移除，並烘乾秤重以計算實際投餵量，並分別於投餵後0、2、4、8、10、12、16、24小時測定水中之氮濃度。排氮試驗進行前先將水族箱刷洗乾淨以去除可能附著在缸壁上的硝化細菌，同時在循環水系統中使用10 ppm的氯黴素以去除系統中的硝化細菌，藥物浸泡一天後，以經臭氧處理過海水進行大量換水，避免硝化細菌殘留。試驗期間循環水系統停止，水溫維持在27-30

°C，每個水族箱維持一致之水量並調整相同打氣量。每個時間點所採集的試水以 1 μm 濾膜過濾並保存在 4°C 冰箱，並依據 Phenolhypochlorite method(Solorzano, 1969)測定水中氨-氮。

耗氧試驗：

進行耗氧實驗以了解不同大小石斑魚之耗氧量已供以系統規劃所需，試驗方法設計為經進水口經曝氣增氧後，由進水口逐漸流向出水口之過程中，續養的石斑魚將消耗水中溶氧。因此測定進、出水口水樣溶氧之濃度變化，即可得知養殖池中石斑魚之總耗氧量。若養殖池在 t_0-t_1 時間內之單位時間進流量為 Q l/hr、 t_0 hr 時進流水中溶氧濃度為 $DO_{i(t_0)}$ mg/L、出流水之溶氧濃度為 $DO_{e(t_0)}$ mg/L、 t_1 hr 時間時進流水中溶氧濃度 $DO_{i(t_1)}$ mg/L、出流水溶氧濃度為 $DO_{e(t_1)}$ mg/L，則池中所有石斑之總耗氧量(QUR:mg-O₂/hr)可依下列公式計算

$$QUR = [(DO_{i(t_0)} + DO_{i(t_1)})/2 - (DO_{e(t_0)} + DO_{e(t_1)})/2] * Q$$

結果：

購入點帶石斑白身苗共 2700 尾進行為期 30 天的培育試驗，其結果分述如下：

存活率方面(圖 3)：其活存率為 9 成以上。目前石斑苗培育，易感染病毒而造成大量死亡，本實驗室之育苗試驗，其活存率遠優於現場育成方式，其成功之道，主要因以本實驗室所設計之育苗循環系統及培育流程，嚴格控管培育環境及幼苗的攝食狀況進行培育。

試驗期間能有效降低殘食之發

生，在於育苗初期提高投餵頻率、增加飼料之誘引性、提高放養密度以促進群聚搶食並透過良好的馴餌以及定期篩苗為方法，即可改善高殘食之現象

在成長率方面(圖 4)：一般石斑的中間育苗場，由白身苗育成至 6 cm 需 25~30 天。本育成試驗在第 30 內成長至 8 cm，其成長速度較一般中間育苗場為快，投餵優質飼料、維持穩定水質配合良好的馴餌技術，使得本試驗魚苗的成長速度遠快於一般育苗場的育成方式。

在人力操作時間及換水量方面(圖 5)：1. 由於新系統的架設提高了水處理的效能，相較於舊有的系統，減緩了水質惡化的時間，進而能減少換水次數。2. 人力的操作時間花費上，因藉由系統馬力的提升節省了排水與補水的時間。因上述兩點的因素，使原本所需耗費換水的時間由一天換兩次水減少至一天只需換一次水，在平均每次的換水時間上亦由 129 分鐘簡短為 76 分鐘。

(圖 7)為三種不同體型石斑魚苗飽食後 24 小時中，每 100 克魚體每小時耗氧量比較圖。單位時間、單位重量的耗氧量以 3.6cm 魚苗的耗氧量遠大於 6.5cm 及 9.6cm 魚苗，本實驗最小體型石斑苗攝食後 6 小時間耗氧量為 140~160 mg/hr/100g/fish，而大及中體型石斑苗攝食 6 小時耗氧量約在 60~100mg/hr/100g/fish，以中體型耗氧量較高，但差異不似與小體型組那般大。小體型組在攝食 16 小時後才趨穩定，此約為基礎耗氧，而中、大體型者則在攝食 6 小時後趨於穩定，分別約為 70 及 60 mg/hr/100g/fish。

討論：

1. 育苗系統的改良：

在舊有的養殖系統育苗時，常會為了養殖槽排水及補水時間過於冗長，造成時間上的耗費，因此在新系統中的管線架設，加裝了與蓄水池間連接的自動補水系統，藉由新系統較大流量的馬力來進行排水及補水的作業，使得換水時間能有效的減少一半以上。

針對原有的兩噸水體 FRP 養殖槽，裝設新式高效能循環水系統(圖 2)。系統中使用的馬達(圖 2-a)，在海水中，陸上型馬達故障率低於沉水式馬達，馬力相同時，陸上型馬達的水流力大於沉水式，在安全性的考量上陸上型則能避免沉水式馬達漏電傷害操作人員，且為了安全亦加裝漏電斷路器。此次新系統馬達的馬力由原先的半馬力提升至 1 馬力，一方面能增加水流量以加強過濾及循環的效率；另一方面，則可利用其強大水流加裝分枝水流導管利於裝置紫外燈設備(圖 2-c)、增氧設備(圖 2-e)及蛋白質除沫器(圖 2-b)，全系統由單一馬達推動，減少使用一個馬達。

石斑魚育苗期間常因投餵及生物量的承載過量使養殖池水變差，本試驗期間為了避免細菌繁生，造成疾病爆發使循環水系統中，高密度飼育的石斑魚大量死亡，此次增設紫外燈設備，藉由紫外燈的殺菌功能抑制養殖池水有害微生物及病菌量。在海水室內養殖中，飼料中的有機物及養殖生物的代謝有機物質溶於池水中，導致水質變差造成病菌及原生動物大量繁生，當達過量時會導致疾病爆發，因此使用蛋白質除沫器，藉由微小氣泡

的產生利用表面張力的原理以泡沫方式移除水中的可溶性蛋白質，此次系統改良中將原先的小型蛋白質除沫器替換為大型的落地式蛋白質除沫器，不僅增加水的處理水量，更藉由新蛋白質沫器連結的文氏管，利用白努利的原理製造出更微細的氣泡，非常有效的增加移除可溶性蛋白質的能力，在此次以蝦漿投餵白身苗的初期，換水次數每日由 3 次降為 1 次。

硝化細菌的存在能有效的分解養殖池水中的氮氮廢物進而達到穩定水質的效果，為了能提高養殖槽中的硝化細菌量，本次試驗生物濾床的濾材表面積較舊有的系統增加了兩倍(圖 2-g)，以提高硝化細菌附著的表面積，利用滴流的方式培養硝化細菌並同時達到曝氣效果增加養殖池水的溶氧。為了減低濾床處理有機廢物產生氨的量，濾袋於養殖槽上(圖 2-d)，藉由重力的原理使回水過濾效果更佳，避免舊有系統中的濾袋大部分浸泡在水中，造成其水壓不足，過濾效果不理想的缺失。且同時可利用經過生物濾床和濾袋的循環水流(圖 2-i)，導入至養殖槽底部，以形成水流帶動髒污於中央排水口附近以集中排污。

石斑魚育苗期間，養殖槽中因養殖密度較高，糞便大量堆積在底部，易造成水質的污染及需耗費大量的時間和頻率，以人工虹吸的方式來排除糞便，在本實驗新系統中，為了能夠有效的將養殖池底的髒污自動化收集並排除，另外加裝了一套集污槽設備(圖 2-h)，希望藉由池底水流帶動收集髒污，伴隨著水流至集污槽，並在集污槽中透過重力讓髒物沉澱於底部，而乾淨的池水由上端溢出並再由系統

馬達抽回至養殖槽中。

2. 生物參數

此試驗結果顯示(圖 7)，小石斑苗單位耗氧量遠大於中、大石斑苗和 Cai 與 Summerfelt(1992)、Kikuchi et al. (1990)之研究結果及郭(1995)指出，小吳郭魚 12 小時之總耗氧量比大隻吳郭魚之總耗氧量為高的結果相似。但由於小石斑苗重量遠小於中、大體型，一般在育苗初期隻數並不會成為耗氧的限制因子，而攝食後耗氧量約為基礎耗氧量的 1.5 倍，因此設計石斑魚育苗循環系統補充氧氣時，石斑魚苗的生物量及攝食後耗氧量才是最大限制因子，應以此為基準設定安全界限。

參考文獻:

曾文陽 (1987)，石斑魚養殖學。前程出版社。

柯德宏 (1993)，石斑魚類的繁養殖。海水魚繁殖大全。養魚世界雜誌社。

張朴性 (1995)，石斑魚疾病防治推廣手冊。漁業推廣第十四輯。國立高雄海專漁業推廣委員會編印，P1-35。

王涵生 (1997)，石斑魚 *Epinephelus* 人工繁殖研究的現狀與存在問題。大連水產學院學報，12(3):44-51。

林琳 (1997)，世界水產發展趨勢與種苗發展。水產種苗，11:P40-44。

陳炯宏 (1997)，點帶石斑魚 (*Epinephelus coioides*) 殘食行為的探討。國立中山大學碩士論文，高雄，P43 頁。

許晉榮 (1999)，魚苗生產過程中的殘食。中國水產月刊第 564 期，P3 ~14。

呂明毅、劉擎華 (2000)，石斑魚的養殖生物學之研究。石斑魚繁養殖技術

改進與疾病防治研討會，P24-33。

劉擎華、鄭安倉、蔡賢築，(2000)，維生素 C 在水產養殖物之應用。養魚世界，275:14-17。

曾國鋒、蘇惠美、邱義雄、藍大為，(2001)，循環水系統培育石斑魚苗。石斑魚繁養殖技術改進與疾病防治研討會。P48-57。國立台灣海洋大學水產養殖系。

張福平 (2001)，石斑魚養殖現況與展望。水產種苗，八月，第 38 期。

呂明毅、劉擎華、方力行，(2002)，海水魚種苗培育的問題與展望-以石斑魚及比目魚為例，中國水產月刊，591: 39-45。

鄭錦德、王東煌 (2003)，養殖海水魚之病毒性神經性壞死症。水產種苗，6，P24-26。

鄭安倉、蔡賢築、劉擎華 (2003)，集約式高育成率石斑魚苗養殖 (I) - 魚苗之馴餌。養魚世界，第 314 期，14-17 頁。

鄭安倉、蔡賢築、劉擎華 (2003)，集約式高育成率石斑魚苗養殖 (II) - 系統設計重點。養魚世界，第 315 期，14-17 頁。

鄭安倉、蔡賢築、劉擎華 (2003)，集約式高育成率石斑魚苗養殖 (III) - 魚苗飼育及管理。養魚世界，第 316 期，頁 22-26。

張賜玲 (2005)，優良種苗(魚)的辨識與生產。水產種苗品質認證輔導人員訓練課程，7-19 頁。

鄭安倉、蔡賢築、劉擎華 (2005)，高育成率之龍膽石斑苗育成系統、操作流程及病毒防治技術研發與建立。養魚世界，第 338 期，18-23 頁。

Chi, S.C., Lo, C.F., Kou, G.H., Chang,

- P.S., Peng, S.E., Chen, S.N., 1997. Mass mortalities associated with viral nervous necrosis (VNN) disease in two species of hatchery-reared groupers, *Epinephelus fuscoguttatus* and *Epinephelus akaara* (Temminck & Schlegel). *J. Fish Dis.* 20, 185-193.
- Chou, Y.I., Liou, C.H., Lin, S.C. and Wu, C.H., 1993. Effects of highly unsaturated fatty acids in broodstock diets on spawning and egg quality of black porgy, *Acanthopagrus schlegelii*. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 20(2): 167-176.
- Collaborative APEC Grouper Research and Development Network., 2000. Regional workshop on sustainable seafarming and grouper aquaculture.
- Fukuda Y., Nguyen H.D., Furuhaashi M. and Nakai T., 1996. Mass mortality of culture sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus*, associates with viral nervous necrosis. *Fish Pathol.*, 31:165-170.
- Gibson-Kueh, S., Ngoh-Lim, G.H., Netto, P., Kurita, J., Nakajima, K., Ng, M.L., 2004. A systemic iridoviral disease in mullet, *Mugil cephalus* L., and tiger grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* Forsskal: a first report and study. *J Fish Dis.* 27, 693-699.
- Hecht, T., Pienaar, A.G., 1993. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. *J. World Aquacult. Soc.*, 24:246-261.
- Leu, M.Y., Liou, C.H., 1992. Substitution of live foods with a micro-coated diet in the feeding of larval silver bream, *Sparus sarba* (Forsskal) : note on swim bladder inflation, *J. Fish. Soc. Taiwan*, 19(1): 33-41.
- Leu, M.Y., Liou, C.H. and Wu, C.H., 1991. Feasibility of using micro-coated diet fed to larval yellow-finned black porgy, *Acanthopagrus latus*. *J. Fish. Soc. Taiwan.* 18(4): 287-294.
- Mori, K., Nakai, T., Muroga, K., Arimoto, M., Mushiake, K., Furusawa, I., 1992. Properties of a new virus belonging to Nodaviridae found in larval striped jack (*Pseudocaranx dentex*) with nervous necrosis. *Virol* 187:366-371.
- Muldoon, G., Peterson, L., Johnston, B., 2005. Economic and market analysis of the live reef food fish trade in the Asia-Pacific region. *Live Reef Fish Inf. Bull.* 13, 35-41.
- Sakakura, Y., Tsukamoto, K., 1997. Effects of water temperature and light intensity on aggressive behavior in juvenile yellowtails. *Fish. Sci.*, 63:42-45.
- Smith, C., Reay, P., 1991. Cannibalism in teleost fish. *Rev Fish Biol Fish* 1:41-64
- Watanabe, W.O., Ellis, S.C., Ellis, E.P., Lopez, V.G., Bass, P., Ginoza, J., Moriwake, A., 1996. Evaluation of first-feeding regimens for larval Nassau grouper *Epinephelus striatus* and preliminary pilot-scale culture through metamorphosis. *Journal of the World Aquaculture Society* 27, 323-331.
- Watanabe, K., Suzuki, S., Nishizawa, T., Suzuki, K., Yoshimizu, M., Ezura, Y., 1998. Control strategy for viral nervous necrosis of barfin flounder. *Fish Pathol* 33: 445-446.

表 1: 飼料配方

Ingredient	%
Fish meal	62.5
Wheat gluten	3.0
Wheat flour	15.5
Starch	4.0
Fish oil	1.0
Lecithin	2.0
Squid meal	1.0
Krill meal	1.0
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	0.5
Chlorine	0.5
Vitamin mix	3.0
Mineral mix	4.0
Yeast	2.0
<i>Analyzed Value</i>	
Moisture	4.21
Crude protein	49.85
Crude lipid	8.73
Ash	9.24

圖 1：石斑育苗舊有循環系統

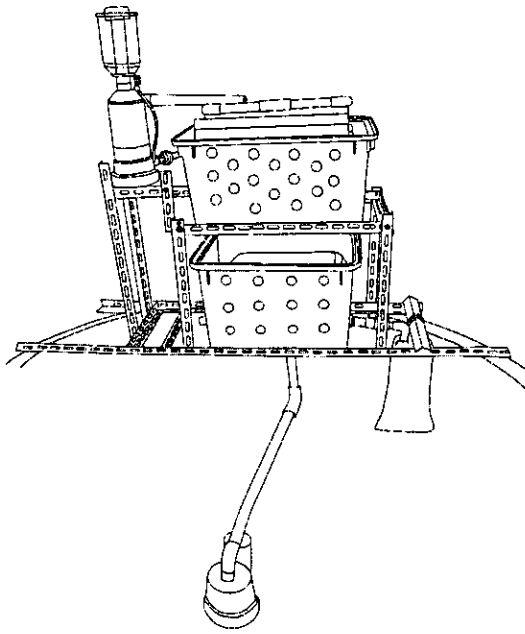
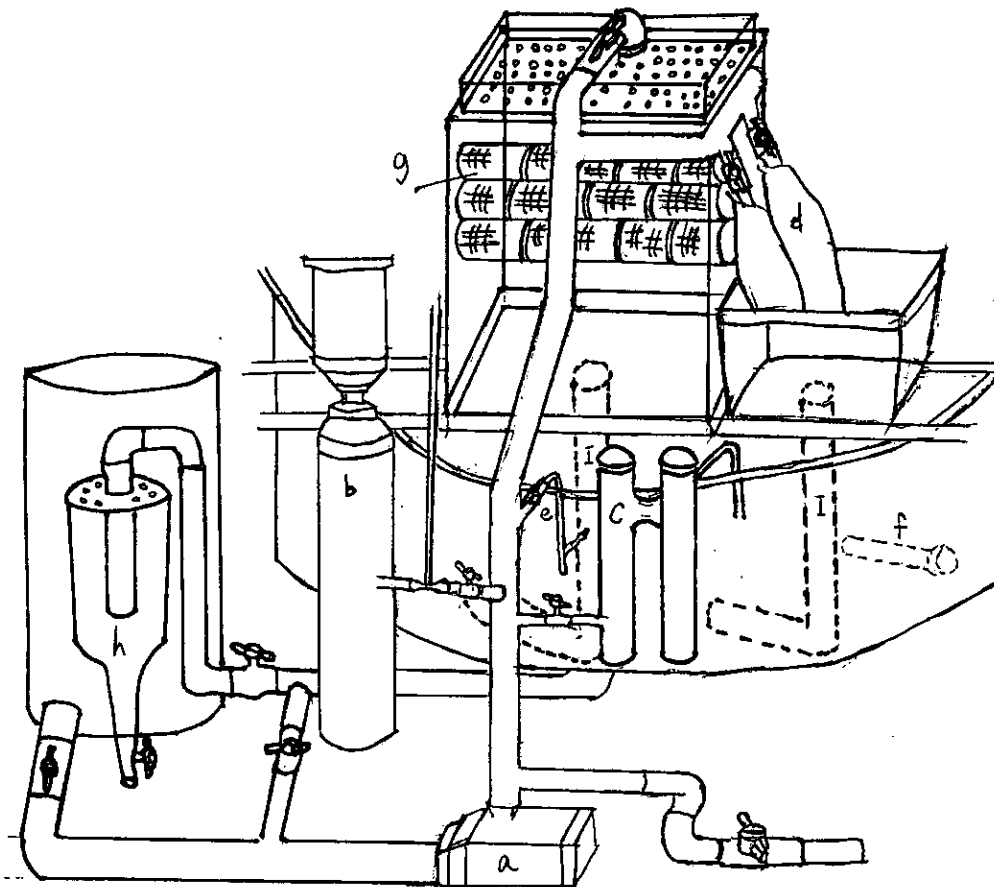


圖 2：石斑育苗改良後新式循環系統



新系統透視圖

- a:陸上型馬達 b:蛋白質除沫器 c:紫外燈 d:濾袋 e:增氧系統 f:加熱鈦棒
g:硝化菌床 h:集汗槽 i:導流管

圖 3：30 天活存曲線圖

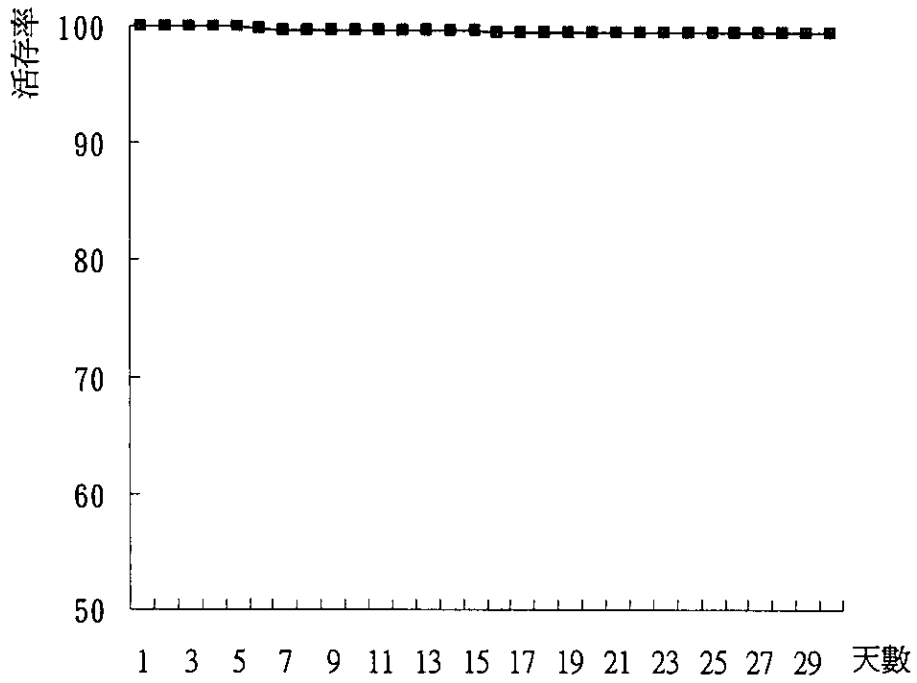


圖 4：30 天成長曲線圖

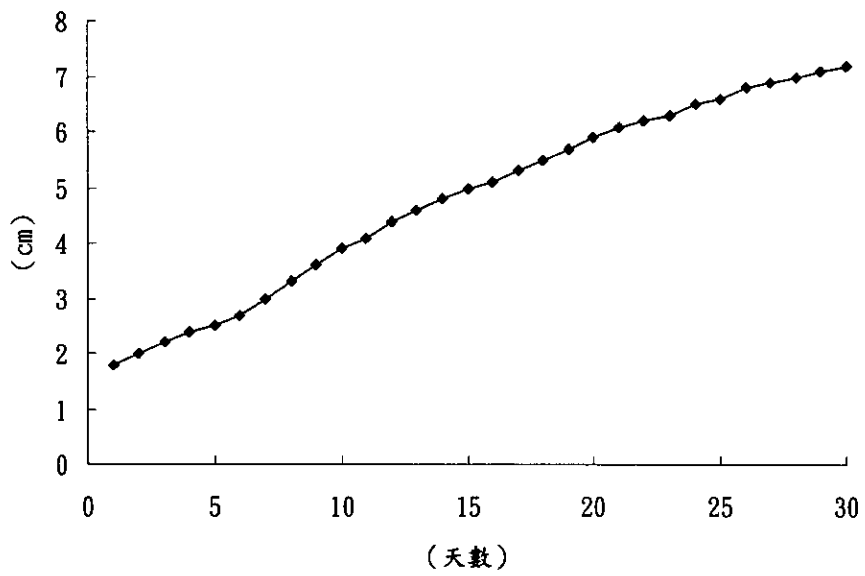


圖 5：新舊系統操作耗時比較圖

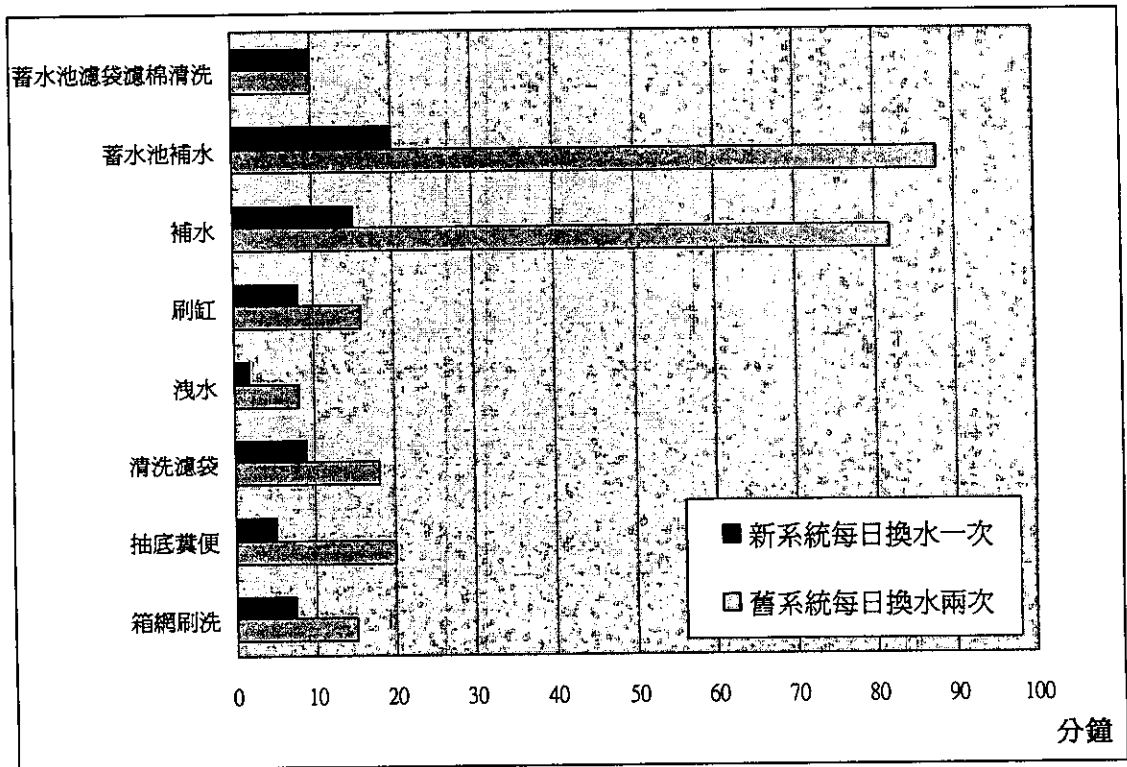


圖 6：30 天系統生物承載量曲線圖

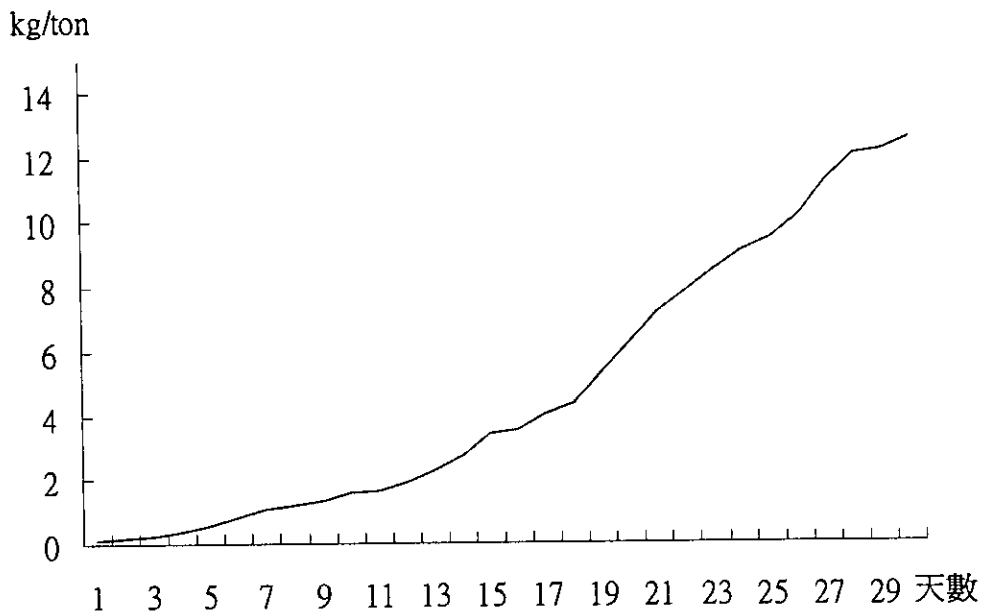


圖 7：三種體型魚苗飽食後 24 小時環境中溶氧曲線圖

