

餵食策略及遮蔽物對點帶石斑魚苗殘食之影響

許晉榮^{1,2*}、黃鵬鵬^{2,3}、丁雲源¹

¹行政院農業委員會水產試驗所 海水繁養殖研究中心

²國立台灣大學 漁業科學研究所

³中央研究院 動物研究所

摘要

石斑魚是台灣海水養殖中的高經濟魚類。在過去的二十年，台灣已建立了至少四種石斑魚的人工繁殖技術，然而在和許多種海水魚類相較，石斑魚育苗仍遇到許多困難，如同齡殘食經常造成魚苗的高死亡率，以致於整體的育苗率仍偏低。很多環境因子都被認為會影響殘食的嚴重度及發生率，但僅有少數的研究是針對這些因子的影響，予以設計實驗並加以檢驗。因此，本研究調查一些環境因子，如餵食時間（上午九點和下午三點、上午九點和下午五點、上午七點和下午五點及上午七點和下午三點餵食組等四個時間組合）、餵食頻率（四種頻率：每天餵食一至四次）及遮蔽物（兩種遮蔽物：牡蠣殼及磚塊）等，對點帶石斑魚苗殘食率的影響。實驗均於水族缸中進行。實驗的結果顯示，在這些因子中，以餵食頻率對石斑魚苗殘食率的影響最為顯著（ $P < 0.05$ ），較高的餵食頻率（每天 3-4 次）在抑制殘食率方面，明顯地優於較低餵食頻率（每天 1-2 次）組；至於餵食時間及遮蔽物有無，對石斑魚苗殘食率則無顯著之影響。

關鍵詞：殘食、環境因子、點帶石斑、餵食策略、育苗、遮蔽物。

前言

殘食（cannibalism）最簡單的定義是種內的掠食（intraspecific predation）⁽¹⁻²⁾，更具體而言，是某一動物殺死並食用其同種動物身體大部份或全部的行為⁽³⁻⁴⁾。目前已知至少有 36 科 100 餘種魚類，在生活史中具有殘食行為⁽³⁾。在養殖環境中，由於魚群密度較高，殘食更是隨處可見，

特別是在種苗生產過程中，仔稚魚間的殘食行為更是普遍⁽⁵⁻⁶⁾，此可能與魚類在此階段成長快、攝餌量高、不易接受人工餌料或換餌及容易出現成長差異（growth depensation）等因素有關⁽⁶⁻⁸⁾。

由以往的研究與養殖經驗發現，誘發或導致魚苗發生殘食的原因不外乎環境及遺傳因子兩大類，前者主要是指某些環境限制因子，如餵食策略不當（包括餵食次數太少、餵食不均、餵食餌料不適、餵食時間未配合魚類習性等）、遮蔽

*通訊作者 / 台南縣七股鄉 724 三股村海埔四號，TEL: (06) 788-0461 ext. 229；FAX: (06)788-1597；e-mail: jrhseutfri@pchome.com.tw.

物有無、養殖密度過高、水質環境不適...等；後者則為個體遺傳差異造成的不同體型及攻擊傾向⁽⁵⁻⁸⁾。針對這些造成殘食的原因，專家們⁽⁵⁻⁸⁾多半建議以適當的餵食策略、合理的蓄養密度及定期分級等方法加以改善。然而魚種不同，發育、型態及行為模式也各有差異，適用於一種魚類的處理方式，不見得在另一個種類也會有相同的效果。因此，當欲降低某種魚類的殘食率時，顯然必需先對該種魚類進行資料蒐集及實驗研究，如此方可知道該以何種方式處理，才可以最有效地防止該種魚類的殘食。

石斑魚 (groupers) 是一群高經濟的養殖魚類，牠肉質鮮美，深受東亞人民喜愛。在台灣，石斑種苗多數已可為人工育成，目前常見的有點帶石斑 (*Epinephelus coioides*)、瑪拉巴石斑 (*E. malabaricus*)、虎斑 (*E. fuscoguttatus*) 及龍膽石斑 (*E. lanceolatus*)，此外亦有少量的豹鰨 (*Plectropomus leopardus*) 及老鼠斑 (*Cromileptes altivelis*) 苗生產。大致上而言，和許多種海水魚類相較，石斑種苗的存活率仍然偏低，因此在種苗的供應上十分不穩定，此可能與石斑的生物特性、疾病及育苗技巧等有關⁽⁹⁻¹⁰⁾。其中，育苗過程中的高殘食率亦是造成低育苗率的原因之一⁽⁹⁻¹⁵⁾，以點帶石斑為例，殘食行為出現在石斑體長未達 2 公分前^(12,15-16)，在整個育苗過程中皆可發現。

雖然許多文獻^(9,11-15)中都提到石斑育苗過程中的殘食行為及其所造成的損失，但其中所述有關石斑殘食的資訊多是來自育苗過程的觀察經驗，真正針對環境因子對石斑殘食的影響加以實驗分析的研究可能僅有 Hseu⁽¹⁷⁾及陳⁽¹⁸⁾。Hseu⁽¹⁷⁾分析了蓄養密度對點帶石斑魚苗殘食率的影響，發現殘食率雖然會隨蓄養密度增高而上升，但差異並未達到顯著水準 ($P>0.05$)。陳⁽¹⁸⁾則分析了光照時間及餵食頻率對點帶石斑殘食率的影響，發現魚苗在黑暗的環境中殘食率較高，餵

食頻率的影響則不太顯著。除此二研究外，對於石斑殘食行為的研究幾乎可說是一片空白。石斑魚類的殘食行為如此明顯，對研究者而言是一個極佳的模式種，再加上此行為對育苗所造成之損失不菲，為減少經濟上之損失，也促使我們去尋找降低殘食率之方法。因此在本研究中，擬探討一些環境因子（如遮蔽物有無）和餵食策略（包括餵食時間、餵食頻率），對點帶石斑魚苗殘食率的影響。

以往的報告顯示，遮蔽物雖然可以降低多種魚類的殘食率^(3,5)，但它在降低石斑殘食率的效果目前仍令人懷疑^(11-12,19)。有些報告顯示石斑魚攝餌的高峰應是在黎明及黃昏⁽¹⁹⁻²²⁾，如果在這兩段時間餵食石斑魚苗是否會比在其他時間餵食有較低的殘食率？較高的餵食頻率通常可以有效地降低魚種的殘食率^(3,5)，但對石斑魚苗而言，究竟一天需餵食幾次，才可減低其殘食率？我們希望能藉由這些實驗來釐清這些因子對點帶石斑魚苗殘食行為的影響，進而有助於降低其魚苗的殘食率。

材料及方法

一、材料及養殖方法

所使用之點帶石斑 (*E. coioides*) 魚苗（以下簡稱石斑魚苗）乃自台南縣之私人種苗繁殖場分批購入。購入後之魚苗先鏡檢是否染有寄生蟲，若有則以藥物處理之，待治癒後進行篩選、分級，再飼養於水產試驗所海水繁養殖研究中心室外 6 噸水泥池的箱網內。飼養期間以冷凍豐年蝦成蟲及切碎之冷凍魚、蝦肉餵食魚苗。為減少魚苗損失，馴養期間每 5-7 天定期將魚苗篩選、分級，分開馴養，並隨時檢查魚苗健康狀況。

二、實驗方法

（一）餵餌時間對殘食率的影響

根據我們之前型態學的研究⁽¹⁶⁾顯示，在點帶

石斑魚苗體長成長至 1.6 公分以上時會開始出現殘食行為，且要發生殘食時，大魚體長至少要是小魚的 1.3 倍左右，因此在下列實驗，我們都挑選體長差異為 1.4-1.5 倍左右的兩群魚進行實驗。本實驗我們審慎挑選大 (53.29 ± 0.45 mm, mean $\pm$ SEM)、小 (36.14 ± 0.12 mm) 石斑魚苗各一批，分別為殘食者與犧牲者，以 1:2 的尾數比例共置於室內兩呎 ($61 \times 29 \times 40$ cm) 玻璃水族缸內，每缸 30 尾，一組 4 重複。水族缸中海水維持在 55 公升左右，所使用之海水為沉澱後之自然海水 (35 ppt, 26-28°C)。水族缸上裝置有簡單過濾裝置，缸內並有打氣設備。每天餵食兩次冷凍切碎魚肉，每次皆餵食至魚苗停止進食止 (*ad libitum*)。實驗於 5 月底進行，配合當時的日出及日落時間分別於每天上午九點和下午三點、上午七點和下午五點、上午九點和下午五點及上午七點和下午三點餵食不同處理組，每天在餵食完後 1.5-2 小時以虹吸管清除餵食後之殘餌及排遺，並補充海水，以維持缸中水質。實驗共進行 5 天，期間每天觀察紀錄缸內殘食現象，並加以統計分析。

(二) 餵食頻率對殘食率的影響

同上述實驗，取大 (體長 49.24 ± 0.15 mm, mean $\pm$ SEM)、小 (32.94 ± 0.13 mm) 兩種體長之石斑魚苗，同樣以 1:2 的尾數比例共置於室內兩呎玻璃水族缸內，每缸 30 尾，一組 4 重複，水族缸裝置如前所述，所使用之海水為沉澱後之自然海水 (26 ppt, 28-30°C)。實驗開始後，每組每天分別餵食冷凍蝦肉一次 (上午八點)、兩次 (上午八點及下午五點)、三次 (上午八點、下午三點和下午五點) 及四次 (上午八點、上午十一點、下午二點和下午五點)，每次餵食皆至魚苗停止進食止，餵食完後 1.5-2 小時再以虹吸管清除餵食後之殘餌及排遺，並補充海水，以維持缸中水質。實驗共進行 5 天，期間每天觀察

紀錄缸內殘食現象，並加以統計分析。

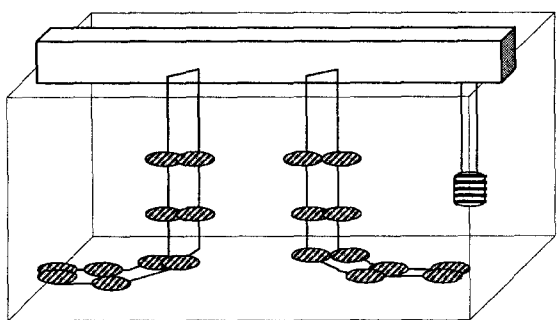
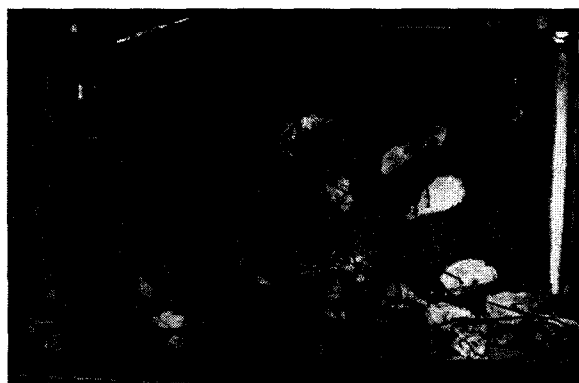
(三) 遮蔽物對殘食率的影響

同上述實驗，取大 (體長 51.98 ± 0.24 mm, mean $\pm$ SEM)、小 (36.70 ± 0.22 mm) 兩種體長之石斑魚苗，以 1:2 的尾數比例共置於室內兩呎水族缸內，每缸 30 尾，一組 4 重複，水族缸裝置如前所述，所使用之海水為沉澱後之自然海水 (27 ppt, 28-30°C)。實驗共分三組處置。牡蠣殼組中每缸置放牡蠣殼串兩組，每串有牡蠣殼 10 個，4 個在水中，6 個在缸底，如 Fig. 1A 所示放置。磚塊組則在水中放置 3 塊磚塊 ($10 \times 5 \times 21$ cm)，如 Fig. 1B 所示，在缸中央置放如 H 型，以供石斑魚苗躲藏。對照組缸中則不置放任何遮蔽物。於每天上午八點半及下午三點半各餵食冷凍蝦肉一次，每天在餵食完後 1.5-2 小時以虹吸管清除餵食後之殘餌及排遺，並補充海水，以維持缸中水質。實驗共進行 5 天，期間因為魚苗會躲藏在遮蔽物中，因此無法像上述二實驗每天紀錄缸內的殘食現象並加以統計分析，僅能將魚屍紀錄、撿除，並於實驗結束後計算、分析各組累積總死亡率、殘食率及非殘食死亡率之差異。

三、殘食率計算公式

依 Smith and Reay⁽³⁾之定義，殘食是動物殺死並食用其同種動物全部或大部分身體的行為，所以只有被攻擊且食用之個體才是殘食行為下的犧牲者。依前人的觀察⁽¹⁶⁾，在殘食過程中，石斑魚通常會將犧牲者完全吞食，此外石斑魚不會撿食已死亡之屍體，而實驗期間也會將所發現之石斑魚屍體移走並加以紀錄，因此在密閉的水族缸中，實驗前、後之活魚數目差再減去完整屍體總數即為被殘食所消失者之數目，依此，我們仿 Hseu⁽¹⁷⁾的公式，計算總死亡率 (total mortality rate)、非殘食死亡率 (non-cannibalistic mortality

(A)



(B)

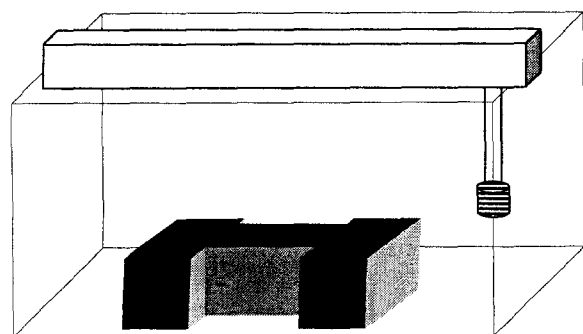
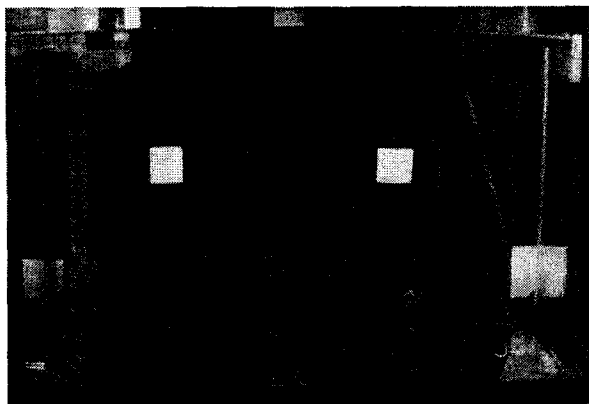


Fig. 1. Photograph and schematic diagrams of oyster shell (A) and brick (B) used as shelters for the experiment.

rate) 及殘食率 (cannibalism rate) 之公式分別定義如下：

$$\text{總死亡率} = (PT_i - PT_f) / PT_i$$

$$\text{非殘食死亡率} = PT_c / PT_i$$

$$\text{殘食率} = (PT_i - PT_f + PT_c) / PT_i$$

PT_i ：實驗進行前之犧牲者總數。

PT_c ：實驗進行期間所撿拾之犧牲者屍體總數。

PT_f ：實驗進行後之犧牲者總數。

四、統計分析

所有數據以 $\text{mean} \pm \text{SEM}$ 表示，各組數據先以單維變方分析檢測是否有差異，若達到顯著水準 ($P < 0.05$)，再以特奇氏公正顯著差異法 (Tukey's honestly significant difference test, HSD) 加以檢定⁽²³⁾。

結果

一、餵餌時間對殘食率的影響

四種不同餵食時間組合對於石斑魚苗殘食率的影響如 Fig. 2。上午九點及下午三點投飼組的殘食率一直略高於其他各組，但未達顯著水準 ($P > 0.05$)。在實驗結束時，其累積的五天殘食率達到 62.5%，其餘各組則在 52.5% 到 55% 之間，各組間的差異不大，在實驗的五天內均未達到顯著水準 ($P > 0.05$)。實驗中各組的總死亡率幾乎全由殘食所造成，僅在上午七點及下午五點投飼組的兩個水族缸中各發現一隻小魚的屍體，因此除了該組的非殘食死亡率為 2.5% 外，其餘各組皆為 0%。

二、餵食頻率對殘食率的影響

餵食頻率顯著地影響石斑魚苗的殘食率：一天餵食一、二次組的殘食率高於一天餵食三、四次組。一天餵食一、二次組，在五天內的累積殘食率分別為 35% 及 41.25%，約為一天餵食三

(16.25%)、四次(17%)組的兩倍，不過各組每天的累積殘食率經單變方分析及特奇氏公正顯著差異法分析後顯示，除了在第三天外(該天各組的差異未到達顯著水準， $P = 0.07$)，其餘四天中，僅一天餵食三次組的殘食率顯著高於

一天餵食二次組($P < 0.05$)，其餘各組間的差異均尚未達顯著水準(Fig. 3)。同樣地，殘食幾乎是造成實驗中各組死亡率的唯一原因，除了在一天餵食三次組的一個水族缸中發現一隻小魚的屍體外，其餘各組的非殘食死亡率皆為 0%。

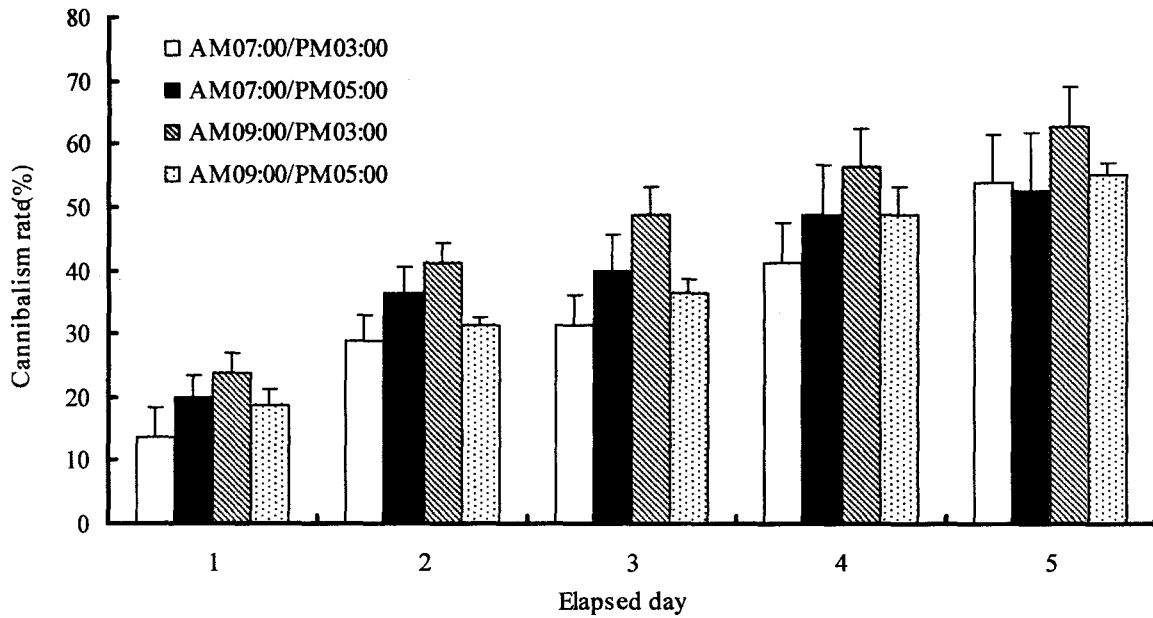


Fig. 2. Cumulative cannibalism rates in orange-spotted grouper (*E. coioides*) fry at four feeding times during 5-day culture ($N=4$, mean $\pm$ SEM). The feeding times are AM07:00/PM03:00, AM07:00/PM05:00, AM09:00/PM03:00, and AM09:00/PM05:00.

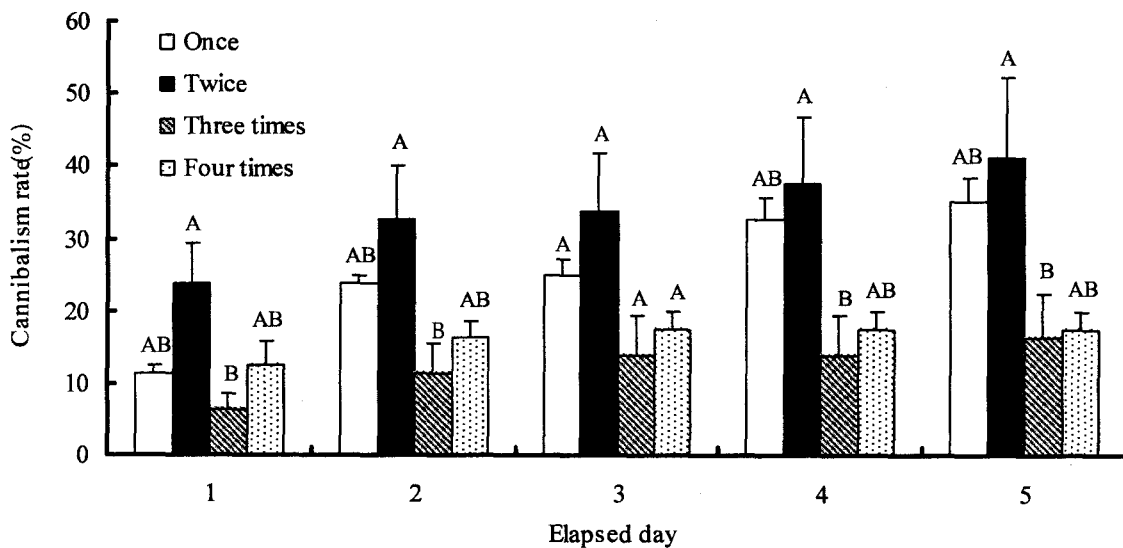


Fig. 3. Cumulative cannibalism rates in orange-spotted grouper (*E. coioides*) fry at four feeding frequencies during 5-day culture ($N=4$, mean $\pm$ SEM). Cannibalism rates in each day with different superscripts significantly differ (one-way ANOVA with Tukey's honestly significant difference test, $P < 0.05$).

三、遮蔽物對殘食率的影響

在實驗過程中發現，石斑魚苗的確常會躲藏在磚塊及牡蠣殼所構成的遮蔽物中 (Fig. 1A, B)，但遮蔽物對石斑魚的殘食行為並沒有顯著地影響，蓄養五天後，各組累積殘食率在 25.00% 到 28.75% 之間，並無差異 (Table 1)。本實驗中非殘食死亡率略高於上述實驗，小魚的屍體在各組均可發現，其值約在 1.25% 到 3.75% 之間，因此三組總死亡率在 28.75% 到 30% 之間，彼此差異並沒有到達顯著水準 ($P > 0.05$)。

Table 1. Effects of shelters on cumulative mortality rate (%) in orange-spotted grouper after 5 days of experiment (mean $\pm$ SEM, N=4)

Groups	Mortality rate	
	Cannibalism	Non-cannibalism
Control	27.50 $\pm$ 7.77	1.25 $\pm$ 1.25
Oyster shell	25.00 $\pm$ 8.90	3.75 $\pm$ 2.39
Brick	28.75 $\pm$ 8.51	1.25 $\pm$ 1.25

The P value (one-way ANOVA) of cannibalism rate and non-cannibalism rate are 0.95 and 0.52, respectively.

討論

由實驗結果來看，餵食時間及遮蔽物對點帶石斑魚苗殘食率的影響並不大，反之，餵食頻率對殘食率的影響則較為顯著，一天餵食三次以上比一天只餵食一或二次的殘食率低。

目前對於石斑魚攝餌日週期的調查還不是十分詳盡，有些種類被發現在白天攝餌較為活躍，有些則被認為是夜行性 (nocturnal)。這些觀察結果除了可能真的是種間的差異外，有些可能也與觀察的方法及被觀察的魚體的餌料種類及發育期有關⁽²⁰⁻²²⁾。許多學者認為，石斑魚

攝餌的高峰應是在黎明及黃昏⁽¹⁹⁻²²⁾，有些餵食實驗也顯示至少在某些種類的仔、稚魚的確是如此。Yamamoto⁽²¹⁾以人工照明模擬光照週期蓄養紅斑 (*E. akaara*) 魚苗，在不同時間解剖魚苗，點算腸道所攝食的豐年蝦數，以判斷其攝餌時間，他發現 10 mm 左右的魚苗在完全無光的情形下會停止攝餌，其攝餌時間主要在白天，尖峰期是在微亮狀態下的黎明及黃昏時。Shima⁽²²⁾則是以自動攝餌機來計算雲紋石斑魚 (*E. bruneus*) 的攝餌日週期，同樣發現 82 日齡及 162-226 日齡魚的自發攝餌時間集中在白天，尖峰期也是在光亮後及光暗前 1 小時左右的黎明及黃昏時，特別是光亮後 1 小時的攝餌量是一天中最高的時候。不過有趣的是，到了 274 日齡時，雲紋石斑魚的自發攝餌時間卻會轉向夜間集中，尖峰期則是在天黑後 1-2 小時左右，此種夜間攝食的情形也見於七帶石斑魚 (*E. septemfasciatus*) 的成魚⁽²²⁾。

殘食對石斑魚苗而言也是一種攝食行為，所以發生殘食的尖峰期可能也是在微亮狀態下的黎明及黃昏，因此如果在此段時間餵食或許可以降低殘食率。不過由實驗結果來看，黎明（約天亮後 1 到 1.5 小時）及黃昏（約天黑前 1.5 到 2 小時）餵食（即上午七點和下午五點）組的殘食率雖然是四組餵食時間中最低，而完全不在這兩段時間之餵食組（上午九點和下午三點）的殘食率最高，但兩者的差異並未達到顯著水準。陳⁽¹⁸⁾發現，點帶石斑魚苗在錫箔紙封住，24 小時完全不透光的水族缸內仍可發生殘食，其殘食率還高於透光 12 小時組。事實上，點帶石斑魚苗在白天雖然也會殘食，但也有很多次殘食發生的時間顯然是在下午六點到隔天上午六點半觀察者不在實驗室的這一段時間，此和陳⁽¹⁸⁾的實驗皆顯示點帶石斑魚苗的確會在夜間殘食，而此跟上述提到紅斑⁽²¹⁾及雲紋石斑魚苗⁽²²⁾的攝餌習性似乎不太相同，是否是

種間差別或餵養習慣差異造成，仍待研究。但不論如何，如果說點帶石斑魚苗真的較喜歡在夜間殘食的話，在上午七點和下午五點餵食組應該也會比在上午九點和下午三點餵食讓殘食者在夜間的這段時間內較為飽足，也較不易殘食才對。但實驗結果卻顯示，不管上午七點和下午五點餵食組之餵食是抑制黎明及黃昏或夜間的殘食，其效果顯然都不彰。此或許是因為四個小時的差異對石斑魚苗殘食行為的影響並不是很大。對此，可能必需再進行實驗才能加以釐清，此外，對於點帶石斑魚苗的攝餌日週期及殘食習性做更多的研究也會有助於這類方法的改進。

在餵食頻率方面，陳⁽¹⁸⁾發現一天餵食兩次石斑魚苗的殘食率低於一天餵食一次，不過其差異並不顯著，因此他建議或許應將餵食頻率添至一天三、四次以上。而現在的實驗結果顯示，一天餵食三、四次組的殘食率的確低於一天餵食一、二次，不過顯著差異僅出現在一天餵食三次及一天餵食兩次之間。魚苗由於成長較快，所以往往也會比成魚在相對體重上消耗較多的飼料⁽⁶⁾，因此餵食的頻率及相對體重的飼料量必須比成魚來得高，魚苗才能得到足以生存及成長所需的能量。相對於箱網養殖中較大的石斑魚成魚僅需兩天餵食一次即有很好成長及飼料轉換率（feed conversion rate）⁽²⁴⁾，魚苗的餵食頻率通常要較高些。Kayano *et al.*^(25,26)在紅斑魚苗（3.4-4.7 cm）的餵食實驗顯示，從飼料轉換率、體組成、存活率的觀點來看，一天餵食四次較佳。胡及林⁽²⁷⁾對未鑑定種（可能是瑪拉巴石斑）的石斑魚苗（2-3 cm）進行餵食實驗，考量其成長狀況及存活率，同樣也建議餵食頻率以一天 3-5 次較適。雖然沒有確切的數據，但他們都認為一天餵食 3-5 次的存活率會高於一天餵食一次，主要可能是降低殘食率所致，而現在的實驗證明較高的餵食頻率的

確可以降低石斑魚苗的殘食率。

Hecht and Pienaar⁽⁵⁾ 及 Kubitza and Lovshin⁽⁸⁾都認為，一旦魚群中發生殘食，即使餵食較多飼料也無法完全去除這種行為，亦即一旦變成殘食者，牠就會傾向以同類為食，而不太喜歡攝食餌料。然而實驗的結果卻顯示，提高餵食頻率是可能使殘食者逐漸適應餵食的餌料，由 Fig. 3 可以發現，一天餵食三、四次組的殘食率在實驗第二天後即趨向平緩，特別是一天餵食四次組更為明顯。也就是說，在這兩組中，多數的殘食發生在石斑魚苗尚未適應餵餌頻率的第一天，一旦殘食者適應餵食方式及得到充足的餌料後，牠也會改以投餌為食，所以該組殘食率就不再增高。因此這種方法可以改變石斑殘食者的攝餌習性，有效地降低魚群的殘食率。

在野外石斑魚喜歡躲藏在岩礁的隙縫，再伺機捕捉獵物^(19,20,24,28,29)；在養殖的環境中，石斑魚經常也是喜歡待在池邊或箱網角落⁽²⁸⁾，因此有些學者^(24,28,29)建議在蓄養池或箱網中提供遮蔽物以讓石斑魚躲藏，養殖成果可能會較好。Chua and Teng⁽²⁴⁾及 Teng and Chua⁽²⁸⁾發現在箱網中放些輪胎做成的遮蔽物可以提高石斑魚的蓄養密度及飼料轉換效率，Okada *et al.*⁽²⁹⁾在室內養殖雲紋石斑魚也發現同樣的情形，他們認為遮蔽物可以提供較小魚躲藏的機會，減少來自大魚的壓迫，所以成長會較好。不過遮蔽物是否可以降低石斑魚苗的殘食率呢？Chua and Teng⁽²⁴⁾及 Teng and Chua⁽²⁸⁾的實驗所使用的石斑魚重達 50 幾公克，甚至 170 公克以上，牠們多半已較少殘食的問題，所以由他們的實驗結果無法直接判斷遮蔽物對魚苗殘食率的影響。Fukuhara⁽¹¹⁾及 Doi *et al.*⁽¹²⁾都曾提到提供遮蔽物可以降低石斑魚苗的殘食率，但對遮蔽物的種類、規格及效果等卻都語焉不詳。林等⁽¹⁹⁾則是以小岩塊及塑膠管當作遮蔽物蓄養

石斑魚苗，發現對照組的存活率反而較高，但由於該研究各組存活率均高達 88% 以上，遮蔽物的效果事實上也不易顯現。在實驗中可以發現石斑魚苗的確會躲藏在遮蔽物，但是大、小魚都躲在遮蔽物的結果卻使得殘食也會在該處發生，因此此類遮蔽物對降低殘食率的效果可能很有限。事實上，由於型態學的資料顯示，點帶石斑魚苗殘食者與犧牲者的體型相差並不需要很大即可能發生殘食（前者約為後者的 1.3 倍）⁽¹⁶⁾，因此是否能找到一種遮蔽物能將殘食者與犧牲者有效隔開實在值得懷疑。Okumura *et al.*⁽³⁰⁾曾以二枚貝殼片及塑膠魚礁讓 4 cm 左右的紅斑魚苗躲藏，可以有效避開石狗公（16-18 cm）的捕獵，但這是因為兩者體型相差 4 倍所致。考量石斑魚苗殘食者與犧牲者的體型差異，此類的遮蔽物可能無法應用在降低石斑魚苗彼此間的殘食行為上。

綜合以上的結果，餵食頻率顯著地影響石斑魚苗的殘食率，一天餵食三至四次可能是較好的頻率，餵食時間則沒有很大的影響。由石斑魚的棲息習性及發生殘食時的體長差異來看，在魚苗養殖池中添加遮蔽物對抑制殘食的效果可能並不大，但考慮它或許可以提供魚苗較多的躲藏空間，對於生存或成長可能會有利，在育苗過程中也可以考慮施用。

謝辭

本研究部分經費係由行政院農委會 91AS-1.1.2.-FA-F1(6)計畫項下支助。實驗期間，承水產試驗所海水繁養殖研究中心同仁協助，及中央研究院動物研究所黃鵬鵬教授提供寶貴意見，特此致謝。

參考文獻

1. Fox, L. R. (1975) Cannibalism in natural populations. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 6: 87-106.
2. Polis, G. A. (1981) The evolution and dynamics of intraspecific predation. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 12: 225-251.
3. Smith, C. and P. Reay (1991) Cannibalism in teleost fish. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 1(1): 41-64.
4. Elgar, M. A. and B. J. Crespi (1992) Ecology and evolution of cannibalism. *In* *Cannibalism: Ecology and Evolution Among Diverse Taxa* (M. A. Elgar and B. J. Crespi eds.). Oxford University Press, Oxford, U.K., 1-12.
5. Hecht, T. and A. Pienaar (1993) A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. *J. World Aquacult. Soc.*, 24(2): 246-261.
6. Baras, E. and M. Jobling (2002) Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. *Aquacult. Res.*, 33(7): 461-479.
7. Folkvord, A. (1997) Ontogeny of cannibalism in larval and juvenile fishes with special emphasis on Atlantic cod. *In* *Early Life History and Recruitment in Fish Populations* (R. C. Chambers and E. A. Trippel eds.). Chapman & Hall, London, U.K., 251-278.
8. Kubitz, F. and L. L. Lovshin (1999) Formulated diets, feeding strategies, and cannibalism control during intensive culture of juvenile carnivorous fishes. *Rev. Fish. Sci.*, 7(1): 1-22.
9. 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.
10. Liao, I. C., H. M. Su and E. M. Chang (2001). Techniques in finfish larviculture in Taiwan. *Aquaculture*, 200(1-2): 1-31.
11. Fukuhara, O. (1989) A review of the culture of grouper in Japan. *Bull. Nansei Reg. Fish. Res.*, 22: 47-57.
12. Doi, M., M. N. Munir, N. L. Nik Razali and T. Zulkifli (1991) Artificial Propagation of the Grouper, *Epinephelus suillus* at the Marine Finfish Hatchery in Tanjong Demong, Terengganu, Malaysia. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture. Kuala Lumpur, Malaysia, 41 pp.

13. Lim, L. C. (1993) Larviculture of the greasy grouper *Epinephelus tauvina* F. and the brown-marbled grouper *E. fuscoguttatus* F. in Singapore. J. World Aquacult. Soc., 24(2): 262-274.
14. Watanabe, W. O., S. C. Ellis, E. P. Ellis, V. G. Lopez, P. Bass, J. Ginoza and A. Moriwake (1996) Evaluation of first-feeding regimens for larval Nassau grouper *Epinephelus striatus* and preliminary pilot-scale culture through metamorphosis. J. World Aquacult. Soc., 27(3): 324-331.
15. Narisawa, Y., H. Kohno and K. Fujita (1997) Development of swimming- and feeding-related characters in the grouper, *Epinephelus coioides*, larvae. J. Tokyo Univ. Fish., 84(2): 75-92 (In Japanese with English abstract).
16. Hseu, J. R., H. F. Chang and Y. Y. Ting (2003) Morphometric prediction of cannibalism in larviculture of orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*. Aquaculture, 218(1-4): 203-207.
17. Hseu, J. R. (2002) Effects of size difference and stocking density on cannibalism rates of juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. Fish. Sci., 68(6): 1384-1386.
18. 陳炯宏 (1997) 點帶石斑魚 (*Epinephelus coioides*) 殘食行為的探討. 國立中山大學海洋生物研究所碩士論文, 43 pp.
19. 林金榮、顏枝麟、胡興華 (1984) 鹽度及遮蔽物對石斑魚苗之影響. 臺灣省水產試驗所澎湖分所報告彙集, 4: 61-69.
20. Parrish, J. D. (1987) The trophic biology of snappers and groupers. In Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management (J. J. Polovina and S. Ralston eds.). Westview Press, Boulder and London, U.K., 405-463.
21. Yamamoto, S. (1996) Diurnal rhythm of feeding activity and estimation of daily ration of the larval red spotted grouper *Epinephelus akaara*. Nippon Suisan Gakkaishi, 62(3): 399-405 (In Japanese with English abstract).
22. Shima, T. (2001) Demand-feeding of groupers. In Demand-feeding in Fish—from Basic to Applied Use (M. Tabata ed.). Kouseishya Kouseikaku, Tokyo, Japan, 35-42 (In Japanese).
23. Zar, J. H. (1999) Biostatistical Analysis (4th ed.). Prentice Hall International, Inc., London, U.K., 663 pp.
24. Chua, T. E. and S. K. Teng (1978) Effects of feeding frequency on the growth of young estuary grouper, *Epinephelus tauvina* (Forskål), cultured in floating net-cages. Aquaculture, 14(1): 31-47.
25. Kayano, Y., D. S. Jeong, T. Oda and H. Nakagawa (1990) Optimum feeding frequency on young red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. Suisanzoshoku, 38(4): 319-326 (In Japanese with English abstract).
26. Kayano, Y., S. Yao, S. Yamamoto and H. Nakagawa (1993) Effects of feeding frequency on the growth and body constituents of young red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*. Aquaculture, 110(3-4): 271-278.
27. 胡興華、林金榮 (1984) 不同餌料與投餌次數飼育澎湖石斑 *Epinephelus* sp. 魚苗. 臺灣省水產試驗所澎湖分所報告彙集, 4: 40-52.
28. Teng, S. K. and T. E. Chua (1979) Use of artificial hides to increase the stocking density and production of estuary grouper, *Epinephelus salmoides* Maxwell, reared in floating net cages. Aquaculture, 16(3): 219-232.
29. Okada, T., H. Yoneshima, S. Miyashita and O. Murata (1994) Effects of shelter placement and shading to the rearing tank of kelp grouper, *Epinephelus moara*. Bull. Fish. Lab. Kinki Univ., 4: 119-125 (In Japanese with English abstract).
30. Okumura, S., S. Tsumura and K. Maruyama (2002) Evaluation of artificial nursery reef materials for juvenile red spotted grouper *Epinephelus akaara* under reared condition. Nippon Suisan Gakkaishi, 68(2): 186-191 (In Japanese with English abstract).

Effects of Feeding Strategy and Shelter on Cannibalism Rate in Orange-spotted Grouper, *Epinephelus coioides*, Fry

Jinn-Rong Hseu^{1,2*}, Pung-Pung Hwang^{2,3} and Yun-Yuan Ting¹

¹ Mariculture Research Center, Taiwan Fisheries Research Institute

² Institute of Fisheries Science, National Taiwan University

³ Institute of Zoology, Academia Sinica

Abstract

Grouper, *Epinephelus* spp., are high-value mariculture finfish in Taiwan. In the past two decades, artificial propagation techniques have been established for at least four *Epinephelus* species. However, massive seed production still encounters many difficulties, particularly with the problem of cannibalism. Many environmental factors are considered to be influencing the extent and rate of cannibalism. However, studies for the impact of these factors on grouper cannibalism are rare. This study used orange-spotted grouper, *E. coioides*, fry reared in aquariums to investigate the effects of feeding time, feeding frequency and shelter on cannibalism rate. The results indicated that only feeding frequency, had significant changes on the cannibalism rate; higher feeding frequencies (3-4 times daily) showed a significantly decreased cannibalism rate than lower feeding frequencies (1-2 times daily).

Key words: Cannibalism, Environmental factors, *Epinephelus coioides*, Feeding strategy, Larviculture, Shelter.

*Correspondence: Mariculture Research Center, Taiwan Fisheries Research Institute, Chiku, 724 Tainan, Taiwan.
E-mail: jrhseutfri@pchome.com.tw.