

# 石斑魚苗的殘食



許晉榮

水產試驗所海水繁殖研究中心

## 前言

石斑魚 (grouper) 在台灣是一種高經濟的養殖魚類，肉質鮮美，深受國人喜愛，因此其生產技術也引發海水養殖業者的興趣。目前養殖的石斑種苗多數已是人工育成苗，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。和其他海水魚類相較，石斑種苗的活存率仍偏低，因此在種苗的供給上還不穩定，此可能與石斑魚的生物特性、疾病抗力及育苗技巧等有關 (Liao et al., 2001)，其中，育苗過程中的高殘食率亦是困擾業者的原因之一。

雖然有許多的文獻都曾提到石斑魚育苗過程中之殘食行為 (cannibalism) 所造成的損失，但其中所述有關石斑魚苗殘食的資訊多是來自育苗過程中的觀察經驗，真正針對環境因子或飼育方法對石斑魚苗殘食的影響加以實驗分析的研究並不多。由於作者的博士論文乃針對點帶石斑魚苗的殘食進行研究，因此提出一些淺見，並綜合其他前人的研究，對於石斑魚苗的殘食行為作一簡單敘述，希望這些資訊能有助於降低石斑魚苗的殘食率，進而提高該魚種的育成率。

## 何謂殘食

其實殘食這個字很容易被誤用，在魚類學或在動物學上，殘食有一個比較嚴謹且簡單的定義，就是種內的掠食 (intraspecific predation)(Fox, 1975)。更具體地說，是指一隻魚殺死並食用同種魚大部分或全部身體的行為 (Smith and Reay, 1991；Hecht and Pienaar, 1993)。如果僅是因打鬥而造成兩隻魚死亡，沒有涉及食用的過程，則只能視為兩隻魚之間的攻擊行為 (agonistic behavior) (Hecht and Pienaar, 1993)。腐食 (scavenging) 也不能算是殘食，因為被攝食的對象早已死亡，並非是被殺死。食卵 (oophagy) 則是一個較特殊的情形，雖然殘食者所吃的是卵而非活的動物，但在某些情況下，它也可被視為一種殘食行為 (Elgar and Crespi, 1992)。

在很長的一段時間裏，殘食一直被認為是動物在受壓迫 (stress) 或人為飼養下的不正常行為，但越來越多的研究顯示，殘食在自然界中是一個普遍的現象 (Fox, 1975)。由目前的研究看來，殘食行為雖然可能發生在成體之間，但在多數的情形下，犧牲者多半是處於較易受傷害的早期生活史階段，因此殘食的發生多半是卵或仔、稚體被較大的個體所吞噬或是仔、稚體間彼此的互殘 (Elgar and Crespi, 1992)。至於殘食者與被殘食者間的關係，可以是親屬，如母子或手足，也可以是完全無關的路人。

## 石斑魚苗殘食的體長關係式與特色

點帶石斑開始殘食時，約是在平均體長 16 mm 的仔魚時，但它發生較頻繁之時，應是在變態後，背、腹鰭棘已完全縮短（即俗稱的“收翅”），約 25 mm 之時（亦即 8 分苗左右），之後，持續整個育苗階段（大概到 2 寸苗左右），都可以看到明顯的殘食行為（陳，1997；Hseu et al., 2003a）。

石斑魚苗殘食者會由頭部將犧牲者咬住，再將犧牲者由頭部以水平方向完全吞嚥入腹中（圖 1）。因此可想而知，如果殘食者的嘴寬（mouth width, MW）沒有大於或至少等於犧牲者的體高（body depth, BD），那麼此次殘食就有可能會失敗，其結果就是兩隻魚苗皆死亡的慘劇（Hseu et al., 2003a）。藉由此觀念，理論上，只要建立嘴寬及體高與體長（total length, TL）的關係式，再將兩者合併，就可以得到殘食者與犧牲者體長之關係式，這是除了直接量測發生殘食時的殘食者與犧牲者體長外，另外一種間接得到兩者體長關係式較方便的方法。

經由此法，我們分別得到點帶石斑及龍膽石斑魚苗嘴寬及體高與體長的關係式如下：

$BD = 0.25TL + 0.03$  與  $MW = 0.20TL - 0.35$   
（點帶）（Hseu et al., 2003a）

$BD = 0.29TL - 0.35$  與  $MW = 0.24TL - 1.07$   
（龍膽）（Hseu et al., 2004）

經統計結果顯示，兩種魚體高及嘴寬與體長間有顯著的線性關係，將上述嘴寬及體高與體長方程式合併即可得殘食者體長（ $TL_{cannibal}$ ）對犧牲者體長（ $TL_{prey}$ ）的方程式：  
 $TL_{prey} = 0.80 TL_{cannibal} - 1.50$ （點帶）  
 $TL_{prey} = 0.83 TL_{cannibal} - 2.48$ （龍膽）

由此兩方程式判斷，石斑殘食者如果要成功地吞嚥犧牲者，且犧牲者體長在 20–50 mm 時，點帶石斑殘食者的體長需為犧牲者的 1.34–1.29 倍（Hseu et al., 2003a），龍膽石斑則為 1.35–1.26 倍（Hseu et al., 2004）。

上述的結果顯示，一隻石斑魚苗理論上只要比牠的犧牲者大約 30% 左右，就可以將其吞嚥。為了證驗上述實驗所推得之體長關係方程式是否正確，我們將不同體型大小之龍膽石斑魚配對，再觀察其殘食發生的情形。發現真如所料，發生殘食的配對，除少數例外，殘食者對犧牲者的體長比例多座落於我們所推的關係方程式下方，也就是說，基本上殘食者對犧牲者的體長比例要相等於或大於我們由關係式所推得之值（約 30%）才易發生，而那些例外，其比例值也在 1.26–1.28，相當接近推測值，此結果證明了上述殘食者與犧牲者體長關係式的合理性（Hseu et al., 2004）。



圖 1 殘食中的虎斑魚苗

和一些海水魚類加以比較 (表 1)，發現兩種石斑魚發生殘食的體長比例相當低，以 30 mm 體長的犧牲者為例，點帶石斑魚發生殘食所需的最小殘食者體長為 39.38 mm，龍膽石斑是 39.13 mm，金目鱸則需要 50.72 mm，黃尾鯽需大於 60.61 mm。如此小的體長比例可能是石斑魚屬 (Genus *Epinephelus*) 的特性，而此型態上的特性可能是石斑魚苗特別容易發生殘食的原因之一。

## 抑制石斑魚苗殘食的方法

由以往的研究與養殖經驗發現，會誘發或促進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)、遮蔽物有無、養殖密度過高、水質環境不適...等；後者則通常指因個體遺傳差異所造成的不同體型及攻擊傾向 (Hecht and Pienaar, 1993 ; Baras and Jobling, 2002)。對此，專家們多半建議以適當的餵食策略、合理的蓄養密度及定期分級 (圖 2) 等方法加以避免。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效果。

對石斑魚苗而言，抑制殘食最有效的方法應是定期分級 (routine grading) (Hseu, 2004)，魚苗成長速度不同會造成體型差異，

表 1 幾種海水魚類犧牲者(PR)與殘食者(CA)間的體長關係式 (修改自 Hseu et al., 2004)

| 魚 種                           | 體 長 範 圍 (mm) | 體 長 關 係 式*                                       |
|-------------------------------|--------------|--------------------------------------------------|
| <i>Engraulis capensis</i>     | ≈ 3–35       | $TL_{PR} = 0.58TL_{CA} - 2.90$ (間接) <sup>1</sup> |
| <i>Epinephelus coioides</i>   | 10–70        | $TL_{PR} = 0.80TL_{CA} - 1.50$ (間接)              |
| <i>E. lanceolatus</i>         | 19–70        | $TL_{PR} = 0.83TL_{CA} - 2.48$ (間接)              |
| <i>Inimicus japonicus</i>     | 13–23        | $TL_{PR} = 0.69TL_{CA} - 1.96$ (直接) <sup>2</sup> |
| <i>Lates calcarifer</i>       | 7–50         | $TL_{PR} = 0.59TL_{CA} + 0.07$ (間接)              |
| <i>Sebastiscus marmoratus</i> | 未述           | $TL_{PR} = 0.45TL_{CA} + 7.78$ (直接)              |
| <i>Seriola lalandi</i>        | 8–117        | $TL_{PR} = 0.54TL_{CA} - 2.45$ (直接)              |
| <i>S. quinquerradiata</i>     | ≈ 6–38       | $TL_{PR} = 0.49TL_{CA} + 0.30$ (直接)              |
| <i>Theragra chalcogramma</i>  | 51–174       | $TL_{PR} = 0.67TL_{CA} - 5.98$ (間接)              |

得到體長關係式有兩種方法：<sup>1</sup>間接，經由間接測定嘴寬(或口幅)、體高(頭高或頭寬)與體長的關係式，再將兩者合併，間接得到殘食者與犧牲者體長之關係式。<sup>2</sup>直接，直接量測發生殘食時的殘食者與犧牲者體長。

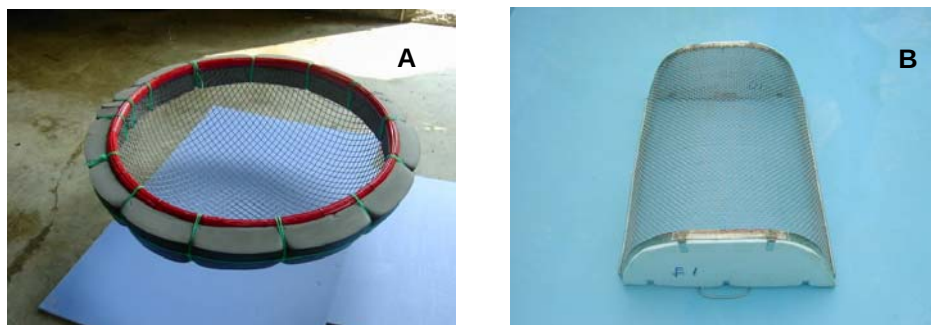


圖 2 分級石斑魚苗時使用之篩網

體型差異愈大，殘食率就愈高 (Hseu, 2002)。上節由型態數據求出的體長比例，可作為分級時的數理依據。不過，分級事實上頗耗時耗力，有時還會對石斑魚苗造成壓迫及機械性傷害，特別是對還未完全變態的「白身仔」魚苗，牠們對人為操作的耐受性較低，因此分級會造成某些損失，此亦是必需考慮之處 (Doi et al., 1991 ; Lim, 1993 ; Liao et al., 2001)。

在餵食策略方面，餵食時間 (上午 9 點和下午 3 點、上午 9 點和下午 5 點、上午 7 點和下午 5 點及上午 7 點和下午 3 點餵食組等 4 個時間組合) 及餵食頻率 (四種頻率：每天 1—4 次) 對點帶石斑魚苗殘食率的影響都曾調查過 (許等, 2002)。餵食時間對殘食率無顯著影響，但餵食頻率對石斑魚苗殘食率的影響則較為顯著 ( $P < 0.05$ )，較高餵食頻率 (每天 3—4 次) 在抑制殘食方面，明顯地優於較低餵食頻率 (每天 1—2 次) (許等, 2002)。

其他可能會影響石斑魚苗殘食率的環境因子方面，陳 (1997) 分析了光照時間對點帶石斑殘食率的影響，發現石斑魚苗在黑暗的環境中殘食率較高。Hseu (2002) 則分析蓄養密度對殘食率的影響，顯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 ( $P > 0.05$ )。很多作者相信提供遮蔽物可以降低石斑魚苗的殘食率 (Fukuhara, 1988 ; Doi et al., 1991)，但對遮蔽物的種類、規格及效果卻都語焉不詳。我們也嘗試提供遮蔽物 (牡蠣殼及磚塊) 給點帶石斑魚苗，但卻未發現魚苗的殘食率有受到影響 (許等, 2002)。

除了改變外在環境外，藉由改變魚類內在生理狀態也能達到降低石斑魚苗的殘食率。殘食基本上可視為一種發生在種間的攻擊行為 (Wilson, 1975)。在脊椎動物中，攻擊行為與多種激素及神經傳遞物質都有關 (Svare, 1983 ; Nelson and Chiavegatto, 2001)，

其中，居於中樞地位的是血清動素 (serotonin) (Nelson and Chiavegatto, 2001)。大抵上而言，增加脊椎動物腦中的血清動素神經元活性，通常會抑制攻擊行為，反之則會促進攻擊行為 (Winberg and Nilsson, 1993 ; Nelson and Chiavegatto, 2001)。在魚類，就如同在其他的脊椎動物一樣，增加腦中的血清動素含量可以抑制攻擊行為。血清動素的前驅物是色胺酸 (tryptophan)，基本上，只要經由餵食含有較高量的色胺酸食物，經過消化道吸收後，它可藉由血液輸送到腦部，再經由酵素轉換，提高魚腦中的血清動素含量 (Akiyama et al., 1986 ; Johnson et al., 1990)，因此餵食色胺酸應可降低魚類的攻擊或殘食行為。

當點帶石斑魚苗被餵以四種不同色胺酸含量的人工飼料 (飼料中乾重的 0、0.25、0.5 及 1%) 時，結果真如預期，石斑魚腦中的血清動素含量隨著飼料中添加之色胺酸含量增加而逐漸升高，兩者呈現明顯的線性關係。而餵食較高量色胺酸者，殘食率及總死亡率基本上也隨著餵食的色胺酸含量升高而下降，此顯示降低石斑魚腦中的血清動素含量的確具有抑制其殘食行為的效果。不過餵食較多色胺酸飼料之石斑魚苗的體型也較小，而其真正的原因仍待進一步追蹤 (Hseu et al., 2003b)。

## 結語

石斑魚這種高經濟產業，其種苗的生產與培育自是所有成魚養殖的基礎。對於石斑魚苗在養殖過程中所遇到的種種問題，如疾病、餌料及殘食等，這些都是我們亟待解決的問題。以殘食行為的研究而言，如何尋找更節省人力、物力與更減少魚苗耗損的方法，都將是我們未來努力的方向。