

葉信利¹，陳炯宏²，朱永桐¹，許晉榮¹，
丁雲源¹，莫顯喬²

¹ 台灣省水產試驗所 台南分所

² 國立中山大學 海洋生物研究所

(1996 年 5 月 25 日接受)



體長對點帶石斑 *Epinephelus coioides* 殘食之影響

摘要

石斑魚的培育過程中，經常發生殘食 (Cannibalism) 現象，即石斑魚互相吞食的情形，易造成育苗上很大損失。為瞭解石斑魚的殘食行為，乃以點帶石斑 *Epinephelus coioides* 為材料，進行體長差異實驗，來探討因魚體大小對石斑魚殘食性之影響。經由結果發現，體長 (全長) 6 公分以下的魚苗，較容易發生殘食。在沒有體長差異的實驗組中，體長由 26.19 mm 至 57.89 mm 間，只有一組發生殘食現象，其殘食率為 0.022。在有體長差異的實驗組裡，有一組體長相差 4.13 mm，沒有發生殘食現象，其餘體長有差異的各組均有殘食現象發生。發生殘食行為，其捕食者體長 (x) 跟被捕食者體長 (y) 的關係為 $y = 23.65 \ln(x) - 59.99$ ， $r = 0.912$ ，沒有發生殘食行為時則為 $y = 24.71 \ln(x) - 60.54$ ， $r = 0.926$ 。殘食機率值 (p) 的關係則為 $p = \frac{1}{1 + e^{-(4.8632 + 0.1162x - 0.3128y)}}$ 單位為 mm， $e = 2.7182$ ，而且體長差異大，殘食機率值有增高之趨勢。同時，顯示捕食者與被捕食者間是否發生殘食行為與兩者之間體長差距有相對的關係。

關鍵詞：殘食，點帶石斑

近幾年來，石斑魚之繁養殖，已能克服雌、雄性種魚來源之瓶頸⁽¹⁻³⁾，對於受精卵之取得已不再是困難的事。新增之育苗業者亦劇增好幾倍，但是石斑魚育苗之成功率仍然偏低^(4,5)，育苗技術成為其另一重要關鍵。而育苗成功率低，除了可能與其於變態 (Metamorphosis) 期間對外界之影響較為敏感外，也與其育苗過程中容易互相殘食 (Cannibalism) 有關。

目前，台灣以至東南亞一帶，對石斑魚的研究大都集中於人工繁殖、餌料及環境等因素之探討和改善。在殘食行為方面，卻鮮有人研究。Hecht & Pienar⁽⁶⁾指出，410 科魚類中，36 科具有殘食行為，石斑魚亦是其中之一。依照殘食行為發生的個體，可略分為兩類：一為成魚 (親代) 對小魚 (子代) 的殘食，通常是為了自身生殖利益，增加生長之考量⁽⁷⁻⁹⁾，以及營養利益著想⁽¹⁰⁾。另一則發生在小魚 (子代) 間之殘食，如石斑魚，此類間的殘食行為則受食物量多寡、食物組成、餵食頻率、光照時間長

短、庇護所的有無、族群密度大小、體長差異等因素所影響⁽¹¹⁾。

本研究係以點帶石斑為對象，先對該魚種之各個發育時期的殘食情況著手，進而分析體長差異對石斑魚殘食的影響，以作為調控殘食行為因子的研究參考，希望有助於了解石斑魚的殘食行為，同時，亦可能藉由調控殘食因子，降低殘食的程度，進而提高石斑魚育苗成功率。

材料與方法

一、材料

點帶石斑 *Epinephelus coioides* 取自本所台南分所自行繁殖的魚苗，以冷凍大肚魚作為石斑幼魚的飼料，白身仔 (全長 < 3 cm) 之石斑魚苗則是以橈腳類 (Copepod) 慢慢投餵，直到有剩餘飼料沈在底

部石斑魚不再吃食為止。

石斑魚苗先篩選大小後，以黑色箱網 (120 cm × 75 cm × 60 cm) 分別蓄養於六噸的室外水泥池中，定期 (約 7 天) 將箱網的魚予以篩選一次，分離出大小不同的石斑魚作為試驗用魚。之後，依實驗需要選取體長適當之石斑魚到室內的水族箱 (59 cm × 36 cm × 30 cm) 中觀察，水體控制在 50 公升，以氣泡石打氣，除了前面一面為透明外，其它的三面玻璃都在內面加上白色壓克力板與外界隔離，以減少外界干擾。另外，在底部墊上約 1.5 cm 厚的白色壓克力板，避免產生觀察死角。

二、方法

(一) 不同成長期殘食率的觀察

由魚苗中依序篩選出之最小魚苗體長為基準 (第一次為 19.39 mm)，再以體長至少大 0.5 倍，依次分出大 (L)、中 (M)、小 (S) 三種不同大小的魚苗，然後再分成 S-S、M-S、M-M、L-S、L-M 及 L-L，等六組加以觀察，並採三重複，即每組各有三缸，每缸放養數目參照實際生產魚苗時每噸水 600 尾之密度換算，依次配對各為 15 尾，即每缸共放入 30 尾。試驗期間，每天上午九點及下午四點半，分別計數每缸魚尾數，以瞭解被殘食的數目，且於早上餵食一次。餵食兩小時後，抽取缸底沉澱物及換水，總共觀察記錄一周。待一次實驗結束後，再挑選三種不同體長的魚，重複上面的步驟，使各體長級均有被配對過，本實驗觀察中的魚苗，體長 (全長) 分布範圍為 19.39 mm 到 57.89 mm 間。

(二) 體長差異與殘食間之關係

水族箱內同時放養兩條大小不同的石斑魚，較大的石斑魚，其體長為較小石斑魚的 1.5~2.5 倍，試驗期間不予餵食，每天觀察兩次，記錄是否有發生殘食的現象，並排除試驗魚隻發生死亡之資料，期間共四天，如此重複上述步驟共觀察 74 組。另外，室外池蓄養的過程中，若有魚隻間發生殘食情況，則記錄其體長大小，歸為有殘食發生的記錄。

將上述資料，以發生殘食行為的捕食者與被捕食者的體長及沒有發生殘食行為的捕食者與被捕食者的體長兩組數據，進行複邏輯迴歸分析⁽¹²⁾，可以求得一個機率值公式。此機率值公式代表的是，若輸入一個捕食者與被捕食者的體長，那麼就可以預測在這四天中發生殘食的機率有多少。

結果

一、不同成長期的殘食率

不同成長期的石斑苗，捕食者與被捕食者體長間之關係，對其殘食率影響的情形可區分為與體長沒有差異的殘食表現，及與體長有差異的殘食表現。在沒有與體長差異的實驗組中，體長由 26.19 mm 至 57.89 mm 間，僅只有一組發生殘食現象，其殘食率為 0.022，也就是整個觀察過程裡，體長平均為 33.06 mm 對 33.06 mm 的相同體長組，重複三缸的殘食數，只有一尾被殘食掉 (Fig. 1)。而在與體長有差異的實驗組裡，有一組體長有差別 (捕食者體長為 30.32 mm，被捕食者體長為 26.19 mm，兩者相差 4.13 mm)，但沒有發生殘食現象，其餘體長有差異的各組均有殘食現象發生，且體長差異大，殘食率有增高之趨勢 (Fig. 2)。其中又以捕食者體長 34.93 mm 與 43.67 mm 這兩組殘食情形較嚴重，但隨著捕食者體長增加，在體長 57.89 mm 組則需更大的體長差異才会有明顯殘食現象。

二、體長差異與殘食機率之關係

有發生殘食行為與沒有發生殘食行為，其捕食者與被捕食者的體長相對關係 (Fig. 3)，經試驗發現，發生殘食行為，其捕食者體長 (x) 與被捕食者體長 (y) 的關係為 $y = 23.65 \ln(x) - 59.99$, $r = 0.912$ ，沒有發生殘食行為者則為 $y = 24.71 \ln(x) - 60.54$, $r = 0.926$ ，兩者經變積分析 (Analysis of covariance) 其差異顯著性比較，計算結果 ($p < 0.01$) 有極顯著差異存在。若就同一捕食者體長，沒有發生殘食行為比有發生殘食行為其被捕食者體長皆大 3 mm 以上，而且隨捕食者體長增加，其差異越大 (Fig. 4)。

將發生殘食行為與沒有發生殘食行為其捕食者跟被捕食者的體長，經複邏輯迴歸分析，也就是把有發生殘食行為的捕食者與被捕食者間的關係視為 1，而沒有發生殘食行為的捕食者跟被捕食者間的關係視為 0，可得到一個捕食者體長 (x) 與被捕食者體長 (y)，其殘食機率值 (p) 的關係其公式如後：

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(4.8632 + 0.1162x - 0.3128y)}}$$

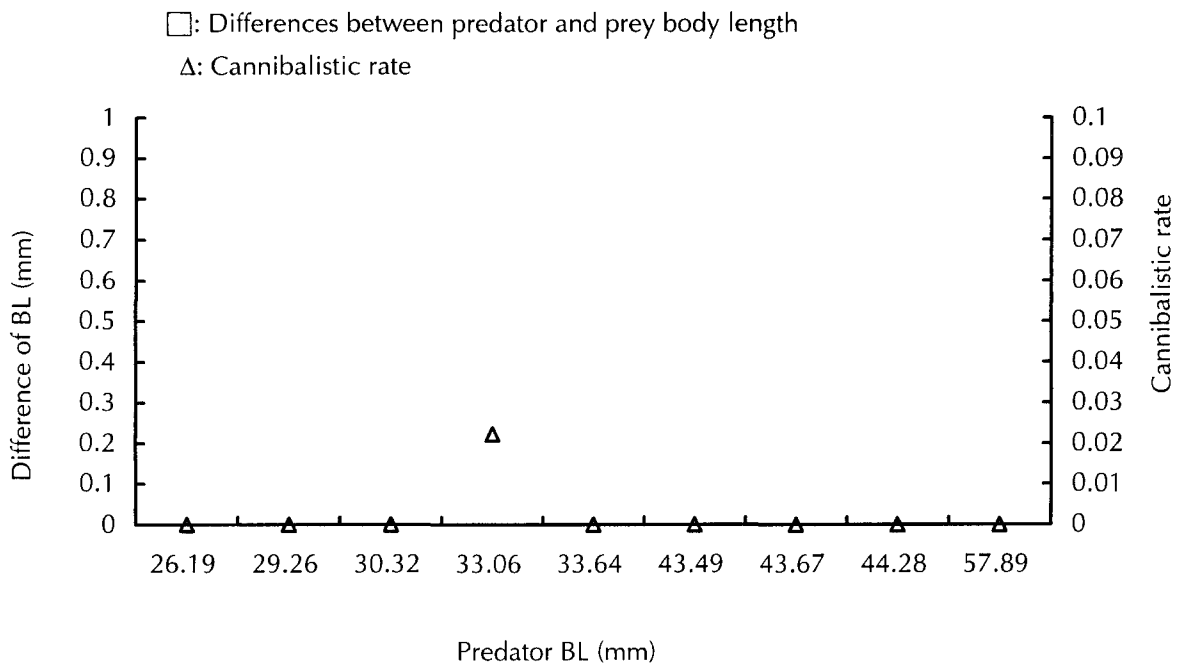


Fig. 1. Cannibalistic rates of grouper in which there was no differences between predator's and prey's length.

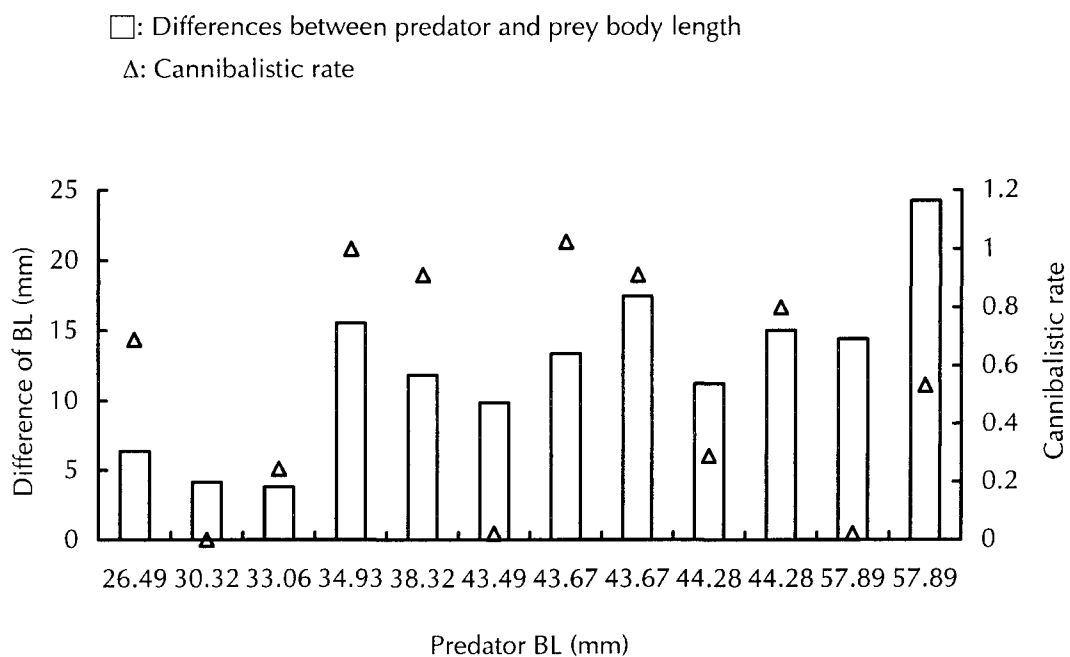


Fig. 2. Cannibalistic rates in the tests in which there was distance between predator's and prey's length varied.

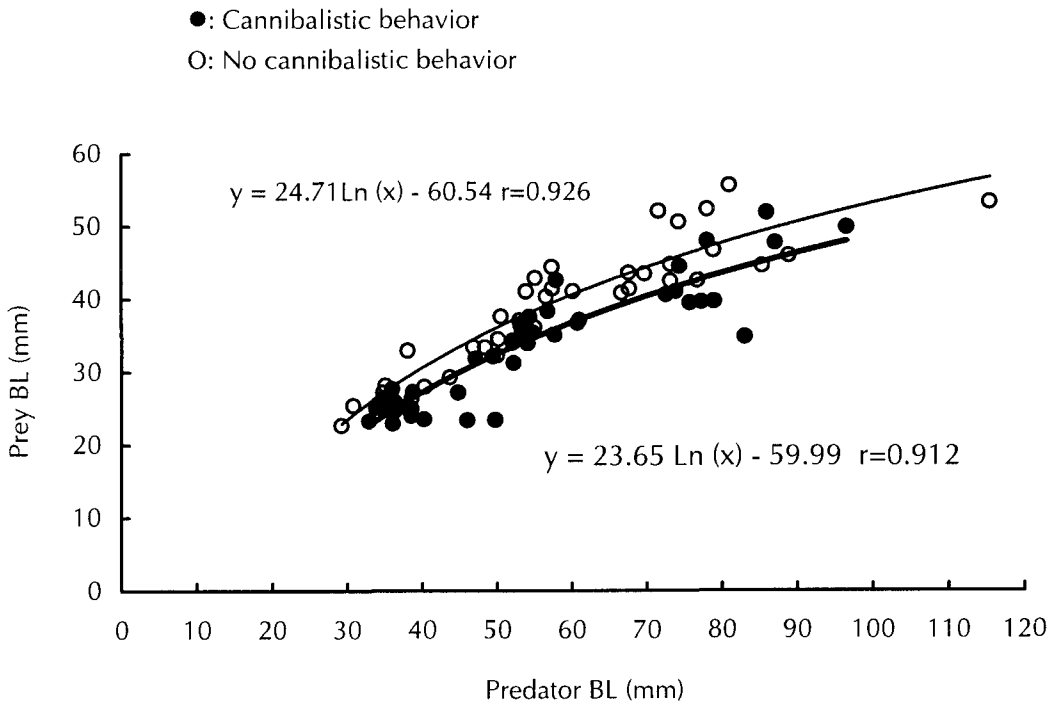


Fig. 3. Relationship of body lengths between predator and prey.

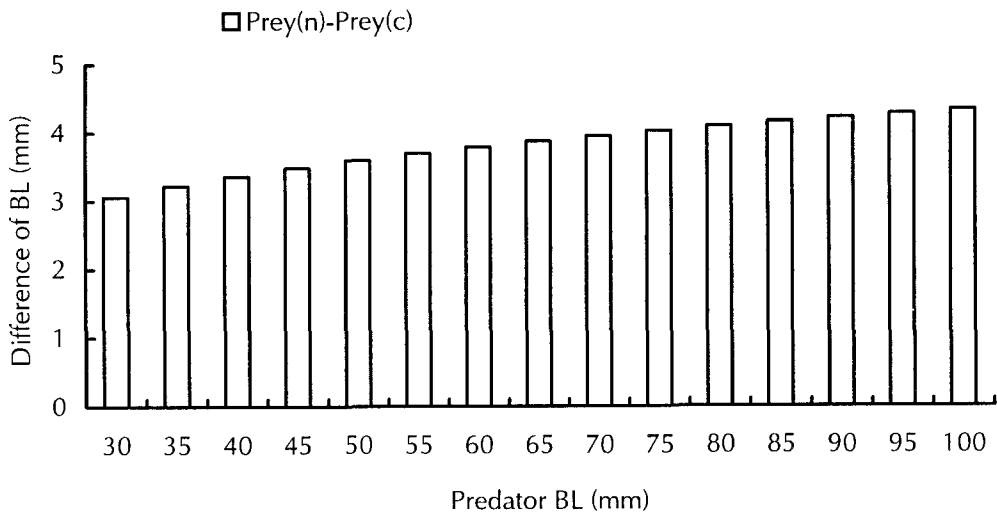


Fig. 4. The difference of body length for predicted between no cannibalistic prey and cannibalistic prey in same predator's body length by equation calculated.
Prey(n): Body length of prey in no cannibalistic behavior.
Prey(c): Body length of prey in cannibalistic behavior.

此公式中的 x 跟 y 兩個值的單位為 mm。而 e 所代表的值是自然數 ($e=2.7182$)。此機率值公式的意義是，若輸入一個捕食者與被捕食者的體長，那麼就在本試驗之條件下，可預測在這四天中會發生殘食的機率值有多大。Figure 5 為捕食者與被捕食者的體長差固定為 1.5 倍時，計算後會發生殘食機率值之預測，很明顯隨著體長增加，發生殘食機率值有下降趨勢，在捕食者體長為 52.5 mm 時，發生殘食的機率為 0.5，若捕食者體長為 60 mm 以上，

發生殘食的機率已低於 0.34。另外，將發生殘食機率值固定於 0.5，計算捕食者與被捕食者的體長差之驅勢 (Fig. 6)，顯示隨捕食者體長增加，捕食者體長大於被捕食者的比例亦隨著增大，才有相同機率，尤其在捕食者體長 60 mm 以上時，兩者體長差之比例已需超過捕食者之三分之一以上。因此，從發生殘食的機率及較大之體長差，可明顯發現，石斑魚若體長超過 60 mm 時，殘食行為之發生有下降現象。

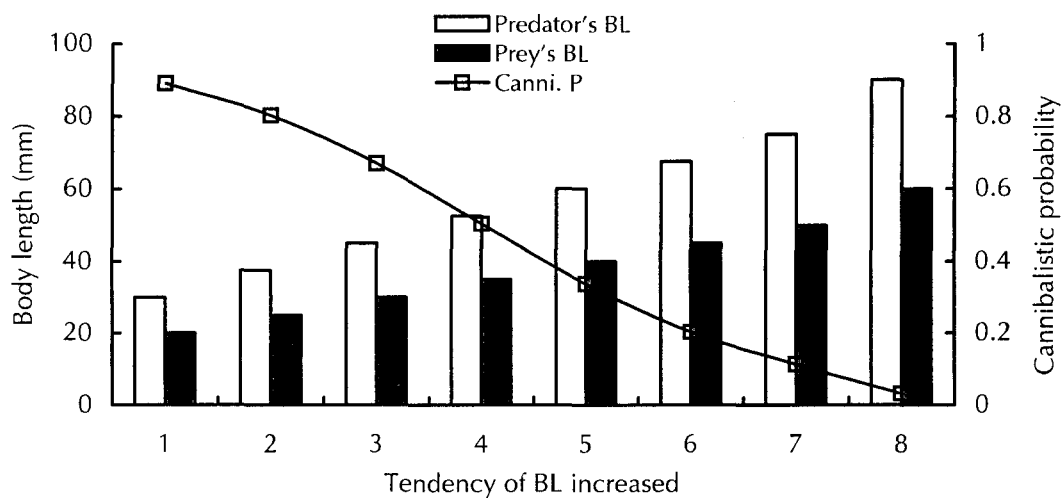


Fig. 5. The relationship of predicts between body length and cannibalistic probability in grouper *Epinephelus coioides* by equation calculated with fixed 1.5 time's body length difference.

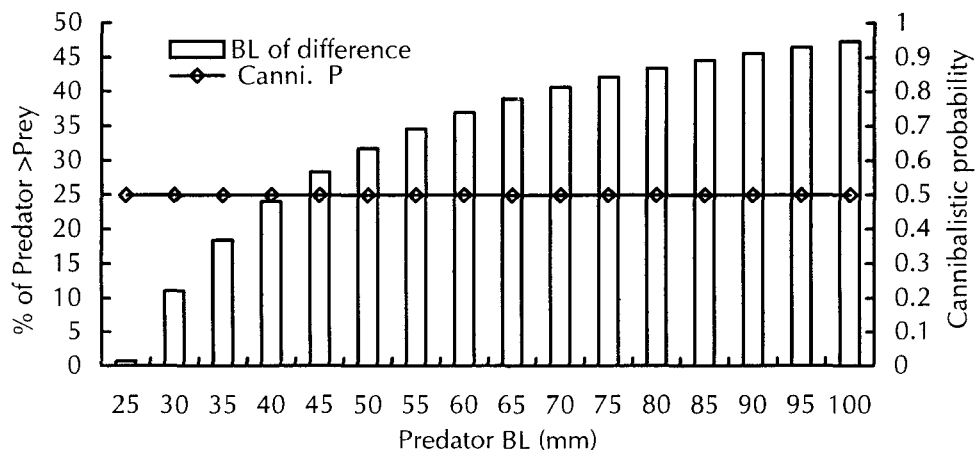


Fig. 6. The percentage of predator bigger than prey for predicted between body length and cannibalistic probability in grouper *Epinephelus coioides* by equation calculated with fixed 0.5 cannibalistic probability.

討 論

在不同成長期的殘食率實驗中, 體長無差異的情況下, 只發生一組有殘食的現象, 其造成的原因可能是因為近一星期的飼養時間, 有些魚體成長快而形成體長大小差異, 因此, 才在最後階段發生殘食。相反地在體長有差異的情況下, 除了一組體長差異過小沒有發生殘食外, 其餘都發生殘食的現象。另外, 捕食者體長為 43.67 mm 的殘食率甚至超過 1, 其值為 1.024。此一原因可能為最後相同體長的捕食者被殘食掉一尾, 造成殘食率超過 1 的現象。所以, 從這些結果中, 顯示體長差異是造成石斑魚是否會發生殘食行為的主要原因之一, Folkvord & Otterå⁽¹³⁾亦指出, 體型差異越大, 殘食現象越明顯, 小魚之死亡率與群體中個體體長差異大小有關。

經由本實驗所獲之捕食者與被捕食者間體長差異關係之殘食機率公式, 若欲用來預測發生殘食的機率值, 其應用先決條件, 必須符合下述的狀況, 首先, 捕食者的體長 (單位是 mm) 必須是在完成稚魚變態之後, 而且已具有可以發生殘食行為能力。另外, 蓄養的時間, 是以整個試驗的最長時間為基準, 也就是四天之內, 超過四天的時間, 則與本實驗所求得的不符。

殘食行為一般較攝食行為具更高的風險⁽¹⁴⁾。除了可能從被捕食者得到病毒、傳染病或是寄生蟲的疾病外, 尚需冒可能既是捕食者也可能是被捕食者的風險, 尤其從石斑魚的殘食方式中, 經常發現許多石斑魚吃進體長相近的被捕食者, 而且因無法整尾吞噬導至兩尾全死的情形。所以, 若要降低石斑魚的殘食現象, 應適時篩選出不同大小的魚苗, 使得魚苗體長較為一致, 避免體長差異過大, 另提高餵食頻率⁽¹⁵⁾、增加掩蔽物⁽¹⁶⁾, 及在餌料型式上加以選擇^(6,17), 亦可能有益於降低石斑魚的殘食率。

謝 辭

本研究得力於台南分所同仁王村藤及張丁仁兩位先生鼎力協助。本文由於國立中山大學海洋生物研究所支援相關器材, 行政院農業委員會經費支持 (計畫編號為 85 科技-1.12-漁-03), 及其他未具名審查者提供寶貴意見, 特此致謝。

參考文獻

1. Chen, F. Y. et al. (1977) Artificial spawning and larval rearing of the grouper, *Epinephelus tauvina* (Forsk.) in Singapore. Singapore J. Pri. Ind., 5(1): 1-21.
2. 葉信利, 丁雲源, 郭欽明 (1987) 促進石斑魚性轉變及產卵之研究. 臺灣省水產試驗所報告, 43: 143-152.
3. 葉信利, 丁雲源, 郭欽明 (1989) 荷爾蒙促進石斑魚成熟及排卵之研究. 臺灣省水產試驗所報告, 47: 221-242.
4. Lim, L. C. (1990) Observation the breeding of brown-marbled grouper, *Epinephelus fucoguttatus* (Forsskal). Singapore J. Pri. Ind., 18(2): 66-84.
5. Lim, L. C. (1991) Larviculture of the greasy grouper, (*Epinephelus tauvina* F.) in Singapore. Presented in the Larvi' 91 on Fish and Crustacean Larviculture Symposium, Belgium, August 27-30, 1991.
6. Hecht, T. and A. G. Pienaar (1993) A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. J. Aquacult. Soc., 24: 246-261.
7. Dionne, M. (1985) Cannibalism, food availability, and reproduction in the mosquito fish (*Gambusia affinis*): a laboratory experiment. Am. Nat., 126: 16-23.
8. Meffe, G. K. and M. L. Crump (1987) Possible growth and reproductive benefits of cannibalism in the mosquito fish. Am. Nat., 129: 203-212.
9. Lavery, R. J. and M. H. A. Keenleyside (1990). Filial cannibalism in the biparental fish *Cichlasoma nigrofasciatum* (Pisces: Cichlidae) in response to early brood reductions. Ethology, 86: 326-338.
10. Vald'es Szeinfeld, E. S. (1993) The energetics and evolution of intraspecific predation (egg cannibalism) in the anchovy *Engraulis capensis*. Mar. Biol., 115: 301-308.
11. Bry, C., E. Basset, X. Rognon and F. Bonamy (1992) Analysis of sibling cannibalism among pike, *Esox lucius*, juveniles reared under semi-natural condition. Environ. Biol. Fish., 35: 75-84.
12. 沈明來 (1995) 試驗設計學. 九州圖書文物有限公司, 台北, 383-473.
13. Folkvord, A. and H. Otterå (1993) Effects of initial size distribution, day length, feeding frequency on growth, survival, and cannibalism in juvenile Atlantic cod

- (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture*, **114**: 243-260.
14. Elgar, M. A. and B. J. Crespi (1992) *Cannibalism*. Published in the United States by Oxford University Press, New York.
15. Chua, T. E. and S. K. Teng (1980) Economic production of estuary grouper, *Epinephelus salmoides* Maxwell, reared in floating net cages. *Aquaculture*, **20**: 187-228.
16. 葉信利, 朱永桐, 許晉榮, 丁雲源 (1996) 石斑魚種苗培育之研究. 八十五年度農業委員會海洋漁業暨栽培漁業計畫執行成果發表會, 150-152.
17. Folkvord A. (1991) Growth, survival and cannibalism of cod juveniles (*Gadus morhua*): effects of feed type, starvation and fish size. *Aquaculture*, **97**: 41-59.

Shinn-Lih Yeh¹, Jiong-Hong Chen² Yeong-Torng Chu¹, Jinn-Rong Hseu¹, Yun-Yuan Ting¹ and Hin-Kiu Mok²

¹Tainan Branch, Taiwan Fisheries Research Institute.

²Institute of Marine Biology, National Sun Yat-Sen University.

(Accepted 25 May 1996)



The Effect of Body Length on Cannibalism in Grouper *Epinephelus coioides*

Abstract

Cannibalism often happens in culture procedure of groupers' fries. They are easy to eat up each other to increase costs of aquaculture. In order to understand how cannibalistic behavior effect on groupers, we try to study the effect of body length on cannibalistic rate in grouper *Epinephelus coioides*. The result was found that the fish body length less than 6 cm had more tendencies on cannibalism.

Cannibalistic rates of grouper tests less 0.022 were no body length differences between predator and prey. In different distance experiments of body length cannibalistic rate, only one test was zero and the other tests more than 0.2 were varied distance between predator's and prey's length. Relationship between body lengths of predator (x) and prey (y) for cannibalistic behavior were $y = 23.65 \ln(x) - 59.99$ $r = 0.912$, and no cannibalistic behavior $y = 24.71 \ln(x) - 60.54$ $r = 0.926$ in body length equation was also calculated.

The relationship of cannibalistic probability predict (p) between predator (x) and prey (y) body length in grouper equation were calculated: $p = \frac{1}{1 + e^{-(4.8612 + 0.1162x - 0.3128y)}}$, and body length unit was mm, $e = 2.7182$. It showed that whether cannibalism happens or not depended upon the body length of predator and prey.

Key words: Cannibalism, *Epinephelus coioides*