

# 不同餌料培育庫達海馬幼苗之活存及成長研究

許鐘鋼\* · 陳岳川 · 蔡萬生

行政院農業委員會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心

## 摘 要

以橈足類、滋養豐年蝦幼生、豐年蝦幼生及市售人工配合飼料四種餌料，探討庫達海馬 (*Hippocampus kuda*) 幼苗的成長及活存率。經過 28 天育苗試驗結果顯示，投餵橈足類組，其活存率為  $85.67 \pm 1.16\%$ ，極顯著優於其他滋養豐年蝦幼生、豐年蝦幼生和市售人工配合飼料各組（活存率分別為  $45.00 \pm 5.00\%$ 、 $26.67 \pm 6.11\%$ ，其中市售人工配合飼料組第 7 天已全數死亡）（ $p < 0.001$ ），且滋養豐年蝦幼生組亦極顯著優於豐年蝦幼生組（ $p < 0.01$ ）。至於成長方面，同樣是以橈足類組之體高（ $46.94 \pm 2.83\text{ mm}$ ）極顯著優於滋養豐年蝦幼生及豐年蝦幼生組（ $26.60 \pm 3.17\text{ mm}$  及  $24.53 \pm 3.01\text{ mm}$ ）（ $p < 0.001$ ），而滋養豐年蝦組亦顯著優於豐年蝦幼生組（ $p < 0.05$ ）。庫達海馬幼苗養殖結果說明橈足類不論在嗜口性或是營養價均優於滋養豐年蝦幼生，而人工配合飼料目前無法取代活餌。

關鍵詞：庫達海馬、橈足類、滋養豐年蝦幼生、活存率、體高

## 前 言

全世界目前已發現 33 種海馬 (Lourie *et al.*, 2004)，廣泛分布在地球  $52^\circ\text{ N}$  至  $45^\circ\text{ S}$  間的海域中 (Lourie *et al.*, 1999)。依文獻記載台灣地區共有五種海馬 (沈等, 1993; 陳, 2003)，其中庫達海馬 (*Hippocampus kuda*) 是體型較大的種類。庫達海馬在分類學上屬於海龍目 (Syngnathiformes)，海龍科 (Syngnathidae)，海馬屬 (*Hippocampus*)。其外形為頭部似馬、身體及尾部有骨環環繞保護，且頭部與軀幹成垂直。頭部有一冠頂 (Coronet)，吻部為一長管，體表無鱗，無尾鰭，鰓蓋基部有一對胸鰭，背部有一片用以游泳的背鰭。就蓄養研究觀察顯示，其體色多變，會隨著環境、餌料及其他因素使全身呈現黑、黃、紅、棕褐或黑褐色，同時身軀環節區域可能會有白色的橫帶或斑點出現，是一種生活在礁岩及海藻區的硬骨魚類。海馬是目前少數由雄性孕卵產子的海洋生物，每次

產子數由數十至數千尾，已經配對之海馬一年可能交配產子超過 10 次。庫達海馬孵化期因水溫而異，在水溫  $28 \sim 30^\circ\text{ C}$  時約 12 ~ 15 天； $25^\circ\text{ C}$  時約 16 ~ 18 天； $20 \sim 22^\circ\text{ C}$  時超過 20 天 (張等, 1998)。

全球海馬之需求市場依用途可分成傳統中藥、生技保健食品、水族觀賞及紀念品等。傳統中藥、生技保健食品及紀念品以乾海馬為材料，水族觀賞則是活海馬。傳統中藥及生技保健食品之市場需求以華人地區為主，其中又以中國大陸需求量最高，香港及台灣每年亦有數公噸之需求。水族觀賞市場以歐美、日本及台灣居多，單價較高，數量較少，但粗估一年應有數十萬尾的需求量。紀念品市場是以體型較小之乾海馬為主，市場分佈全球。1995 年，全球計有 32 個國家進行海龍科物種（海馬與其血緣相近的物種）的貿易往來 (Vincent, 1996)，亞洲的乾海馬交易量高達 45 mt (約 1,600 萬尾海馬) (Vincent, 1996)，而台灣就有 9.5 mt 的乾海馬交易量 (中華民國經濟部國貿局網站資料)。2000 年，全球有接近 80 個國家曾經進行過海龍科物種的貿易，其中亦包含部分非洲及拉丁美洲國家，而台灣乾海馬交易量也

\*通訊作者 / 澎湖縣馬公市興港北街 8 號, TEL: (06) 995-3416~7 轉 231; FAX: (06) 995-3058; E-mail: dcks0511@ms23.hinet.net

增加到 11.5 mt，亞洲地區則超過 50 mt (Lourie, *et al.*, 2004)。以 1995 ~ 2000 年海馬國際交易市場來看，不論是台灣或亞洲地區其需求量均為成長狀態，但據估計自 1990 年來的五年內，海馬野生族群量減少 15 ~ 50% (Lourie *et al.*, 2004)。在需求量持續增加，而資源量逐漸減少的情形下，南非海馬 (*H. capensis*) 被列為瀕危 (Endangered) 物種，而包含庫達海馬 (*H. kuda*) 等八種海馬則被列為易危 (Vulnerable) 物種，其餘海馬則列為資料不足 (Data deficient) 物種，需要更進一步的研究 (IUCN, 2003)。近年來，由於過度之捕撈，台灣週邊海域的海馬資源量已大幅減少，因此因應國內傳統中藥市場的需求，幾乎全仰賴進口。據統計台灣近 10 年來 (1997 至 2006 年)，平均每年從國外進口乾海馬約 7.5 mt (以平均 350 尾/kg 計算，超過 250 萬尾) (中華民國經濟部國貿局網站資料)，尚未包含進口的活體海馬。

海馬、鯨鯊與象鮫是第一批列入 CITES 附錄的海洋經濟性魚種，藉以確保物種使用的永續性，並於 2004 年 5 月開始進行海馬的進、出口管制 (CITES, 2003)。台灣雖非 CITES 的締約國，但卻是重要的進口及利用國家之一，除了依循 CITES 規範之外，亦應進行海馬繁養殖等相關工作，以因應未來保育及產業之兩大要求。

目前全球進行繁養殖研究的種類以庫達海馬 (劉等, 1998; 呂等, 2001, 2002; 劉, 2002; Job *et al.*, 2002; 蔡, 2003; Lu *et al.*, 2006a; Lu *et al.*, 2007) 及膨腹海馬 (*H. abdominalis*) (Woods, 2000, 2003a, b, c; Carter, 2006; Purser and Martinez- Cardenas, 2007) 最多。三斑海馬 (*H. trimaculatus*) (邱等, 1973; 仇, 1993; Lu *et al.*, 2006b)、虎尾海馬 (*H. comes*) (Job *et al.*, 2006)、虎吻海馬 (*H. subelongatus*) (Payne and Rippingale, 2000) 及懷氏海馬 (*H. whitei*) (Benzie, 2003; Vincent and Giles, 2003) 則相對較少。庫達海馬是台灣目前在少數灣口及潮間帶偶而可見，尚可取得種魚以進行繁養殖試驗的物種，但數量的確逐漸減少中。

本研究之主要目的在研發庫達海馬的繁養殖技術，以提供台灣業者另一個養殖項目的選擇。初期希望以精緻農業概念生產庫達海馬，其行銷重點鎖定於「水族觀賞」市場；若業者能結合生技產業，則可以將市場拓展至健康食品之研發，並自然涵蓋傳統中藥及紀念品的範疇。長遠來

說，也希望藉由繁養殖技術之研發，以減少對天然海域海馬的捕撈，達到發展養殖產業及生態保育的雙贏目標。

## 材料與方法

### 一、材料

#### (一) 庫達海馬種魚來源及蓄養

2003 年 5 月 26 日採集澎湖縣馬公市五德里海域已懷孕之雄性庫達海馬一尾飼養於 200 L 之 FRP 水槽中。飼養系統為少量流水之開放系統，水經過濾徑 20  $\mu\text{m}$  的石英砂過濾器，並提供少許打氣，因時值海馬繁殖季節，水溫不做調整 (約 25  $^{\circ}\text{C}$ )。本雄性庫達海馬未經馴餌，尚無法以冷凍餌料餵食，故僅以自行培養篩選體型較小 (1 ~ 2 cm) 之活五鬚蝦投餵，減少殘餌並維持水質之乾淨。投餵時間為 09:00，餵食量為每日 20 尾。

#### (二) 庫達海馬幼苗之餌料

使用橈足類、豐年蝦幼生、滋養豐年蝦幼生及市售人工配合飼料等四種餌料探討庫達海馬幼苗的成長及活存率。

#### 1. 橈足類 (模糊許水蚤 *Pseudodiaptomus annandalei*)

模糊許水蚤是目前台灣海水魚塢常見的餌料生物，亦有業者從養殖池中大量培養或收購，以供應水產業界之種苗生產使用。唯各種魚塢養殖物種不同，水質條件不一，無法穩定提供安全優質的橈足類，可能導致育苗結果不盡理想。本試驗使用之模糊許水蚤是以 400 mt 水泥池進行單純培養，未與任何養殖生物混養。模糊許水蚤培養過程所投餵之擬球藻 (*Nannochloropsis oculata*) 亦是自行培養之純種藻類，視水色著量添加。由於試驗所需之模糊許水蚤數量並不多，每日 08:00 以圓形手撈網於培養池邊進行撈捕。培養池以一台 2 馬力之水車進行增氧及散熱，鹽度控制在 25 ~ 30 psu。

#### 2. 豐年蝦幼生 (*Artemia* sp.)

將 100 g 之豐年蝦耐久卵 (Sanders®, USA) 置放於 300 L 的海水中孵化，以強力打氣充分供

氧，孵化溫度約為 28 °C。經過 22 hrs 停止打氣，靜置後立即以底部照光方式分離豐年蝦幼生及卵殼後，再收集投餵。

### 3. 滋養豐年蝦幼生

收集孵化後之豐年蝦幼生，以滋養液 (PACK BOOST Enrichment Diets, Omega®) 300 ppm 進行滋養，16 hrs 後收集以海水洗淨投餵。滋養液之成分為水分 1%，多元不飽和脂肪酸 (Poly-Unsaturated Fatty Acids) 24%，高度不飽和脂肪酸 (n-3 HUFAs) 20%，EPA 6%，DHA 8%，磷脂質及甘油脂 (Phospholipids and Glycolipids) 10% 等。

### 4. 市售人工配合飼料

購買市售海水低溫微發泡之人工配合飼料 (Omega MARINE FISH FRY FEED # 1)，1 kg 裝。飼料標識成分為粗蛋白 $\geq$ 48%，粗脂肪 $\geq$ 12%，粗灰份 $\leq$ 12%，粗纖維 $\leq$ 3%，水分 $\leq$ 8%。主要原料為進口白魚粉、精製魚油、甘貝粉、還原蝦紅素、卵磷脂、綜合維他命、礦物質、添加劑等。飼料顆粒大小 0.5 ~ 0.7 mm。

## 二、方法

### (一) 試驗分組

將庫達海馬種魚在 5 月 30 日同一批產出之幼苗共分成四組，分別為以橈足類、豐年蝦幼生、滋養豐年蝦幼生及市售人工配合飼料投餵，每組三重複，每一重複使用 100 尾剛產出活力良好之健康庫達海馬幼苗，體高為 7 ~ 8 mm，體色灰黑。

### (二) 養殖系統

飼養桶具為 200 L 之圓形透明 FRP 桶，為避免水質惡化，採少量流水式養殖，微量打氣增氧。中央上部排污管連接有 PVC 三通管 (以透明紗窗網包覆)，以避免因換水時流速太快，造成游泳能力不佳的海馬幼苗流失。

### (三) 餌料投餵

經過夜間充分的消化及休息後，海馬幼苗在上午會呈現非常飢餓狀態。因此上午第 1 次投餵後，餌料消耗非常迅速，所以必須在中午進行餌料之追加，以供給下午之需求。投餵以盡量避免

餌料殘留為原則，減少水質惡化可能孳生之問題。

### 1. 橈足類之投餵

海馬幼苗產出當天，立即以浮游生物網收集橈足類，經過濾篩選後投餵。橈足類之投餵時間為每日 09:00，若 12:00 觀察發現餌料密度已經過低，則進行追加。試驗期間餌料密度為 2.1 ~ 4.6 ind./cc。

### 2. 豐年蝦幼生

以豐年蝦幼生投餵之時間為每日 09:00，若 12:00 觀察時發現餌料密度已經過低，則進行追加。試驗期間餌料密度為 0.8 ~ 2.3 ind./cc。

### 3. 滋養豐年蝦幼生

以滋養豐年蝦幼生投餵之時間為每日 09:00，若 12:00 觀察時發現餌料密度已經過低，則進行追加。試驗期間餌料密度為 0.8 ~ 1.9 ind./cc。

### 4. 市售人工配合飼料

以市售人工配合飼料之投餵時間為每日 09:00，每兩小時投餵一次，每次每桶 (200 L) 10 克，共投餵四次。每次投餵時間為 30 mins，盡量避免快速投餵造成飼料沉底。

### (四) 水質管理

由於第 1 ~ 2 天產出之海馬幼苗游泳能力不佳，以不進水方式養殖，打氣石微量打氣供氧，每日 08:00 及 16:00 各進行一次吸底及換水，每次之換水量約為總水量之 10% (約 20 L)，若水質變差，則可能全面換水。第 3 天起進行持續少量換水，換水量視海馬成長情形調整，但仍須進行每日兩次之吸底及換水。打氣量亦須隨著海馬成長而適度調整，盡量避免海馬幼苗過度滾動。水質檢測時間為每日 10:00。試驗期間之水質檢測為：水溫 24.0 ~ 27.9 °C，鹽度 34.0 ~ 35.0 psu，pH 值 7.88 ~ 8.14，溶氧量 4.2 ~ 7.5 ppm。

### (五) 海馬幼苗活存率及體高之測量

每日 08:00 觀察並紀錄海馬之死亡數量，並儘速移除已死亡之海馬。每週以電動游標尺 (Mitutoyo) 測量海馬體高，體高之測量是以冠頂至魚體尾端之長度。測量完畢之海馬幼苗放回 FRP 桶中繼續飼養。

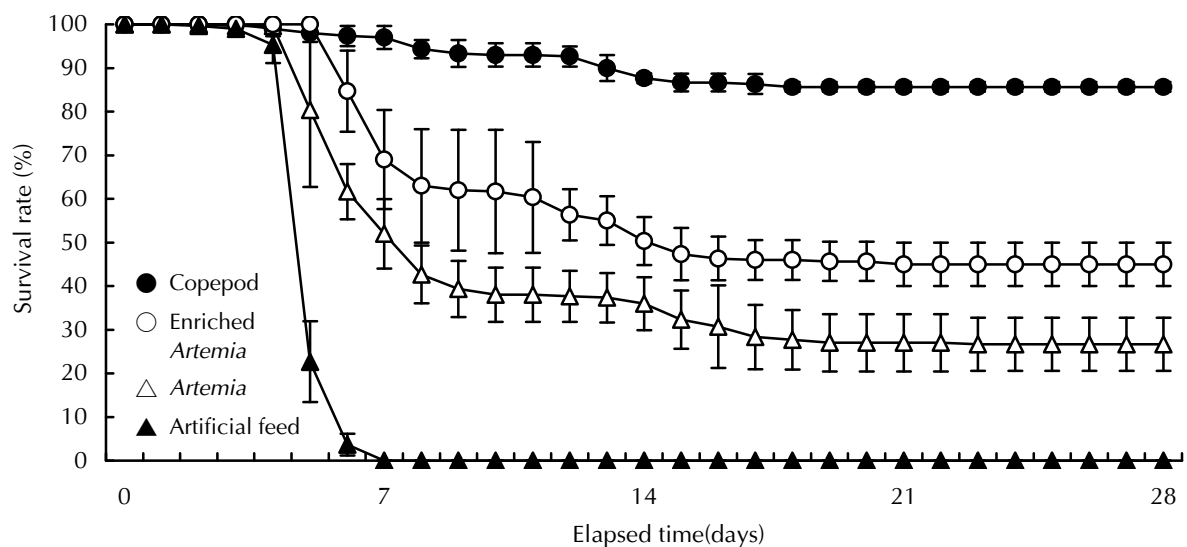


Fig. 1 Survival rate of juvenile *Hippocampus kuda* fed with various diets during 28-day rearing period.

Table 1 Survival and body height of juvenile *Hippocampus kuda* fed with various diets<sup>1,2</sup>

| Treatment               | Survival rate (%)       | Body height (mm)        | Body height growth rate (mm · d <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|
| Copepod                 | 85.67±1.16 <sup>a</sup> | 46.94±2.83 <sup>a</sup> | 1.40±0.05 <sup>a</sup>                          |
| Enriched <i>Artemia</i> | 45.00±5.00 <sup>b</sup> | 26.60±3.17 <sup>b</sup> | 0.67±0.06 <sup>b</sup>                          |
| <i>Artemia</i>          | 26.67±6.11 <sup>c</sup> | 24.53±3.01 <sup>c</sup> | 0.60±0.06 <sup>b</sup>                          |

<sup>1</sup>Culture period was 28 days

<sup>2</sup>Data are mean ± S.D., values with different superscripts in the same column are significantly different. ( $p < 0.05$ )

## (六) 資料分析

實驗結果以 SigmaStat 3.1 進行統計分析，先進行單向變方分析 (one-way ANOVA) 與特奇檢定法 (Tukey's test) 分析試驗組間是否有顯著差異，顯著水準為  $p < 0.05$ 。

## 結 果

### 一、活存率

經過 28 天之飼育試驗，庫達海馬幼苗活存曲線如 Fig.1 所示。其中橈足類組活存率為  $85.67 \pm 1.16\%$ ，極顯著優於滋養豐年蝦幼生、豐年蝦幼生和市售人工配合飼料各組之結果 (分別為  $45.00 \pm 5.00\%$ 、 $26.67 \pm 6.11\%$ ，其中市售人工配合飼料組

於第 7 天已全數死亡) ( $p < 0.001$ )。而滋養豐年蝦幼生組其活存率亦極顯著優於未經滋養的豐年蝦幼生組 ( $p < 0.01$ )，如 Table 1。

### 二、體高成長

庫達海馬幼苗成長曲線圖如 Fig. 2，仍是以橈足類組體高 ( $46.94 \pm 2.83$  mm) 極顯著優於滋養豐年蝦幼生、豐年蝦幼生組之結果 ( $26.60 \pm 3.17$  mm 及  $24.53 \pm 3.01$  mm) ( $p < 0.001$ )；而滋養豐年蝦幼生組亦顯著優於豐年蝦幼生組 ( $p < 0.05$ )，如 Table 1。

### 三、體高日成長

海馬幼苗經過 28 天以不同餌料進行投餵試驗，每日之體高成長如 Table 1 所示。橈足類組每日成長為  $1.40 \pm 0.05$  mm，極顯著優於滋養豐年蝦幼生及豐年蝦幼生組 ( $p < 0.001$ )，其體高之日成長

分別為  $0.67 \pm 0.06$  mm 及  $0.60 \pm 0.06$  mm。而滋養豐年蝦幼生組雖優於豐年蝦幼生組，但統計上並不顯著 ( $p > 0.05$ )。

#### 四、體高與養殖日數之關係

將以橈足類投餵之庫達海馬體高與養殖日數進行相關性分析，其體高 (y) 及養殖日數 (x) 呈現極顯著相關，其關係式為： $y = 1.3739x + 6.3401$  ( $R^2 = 0.9706$ ,  $N = 150$ ,  $p < 0.001$ ) (Fig. 3)。

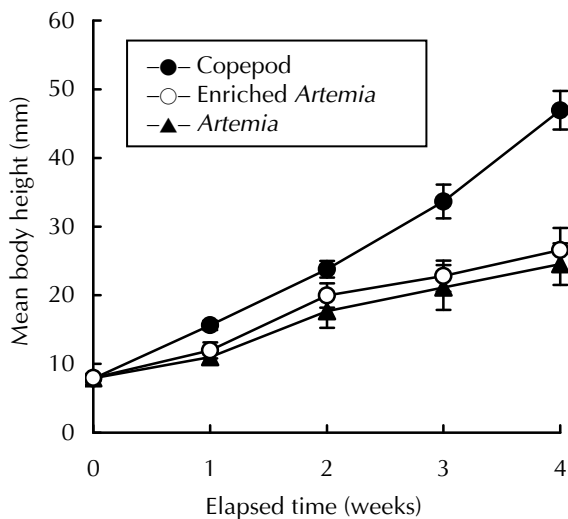


Fig. 2 Growth in mean body height of juvenile *Hippocampus kuda* during 4-week nursing period.

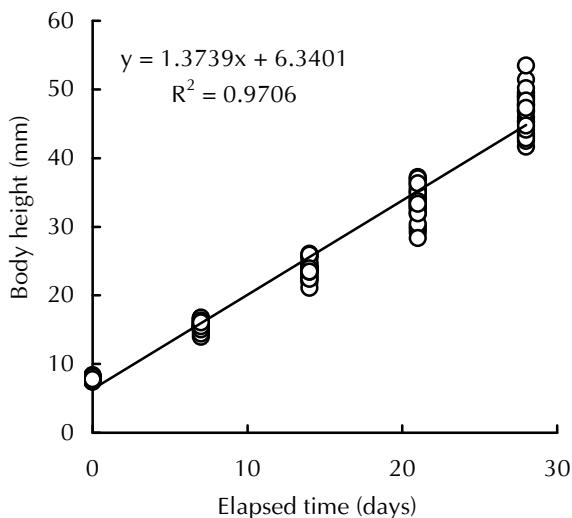


Fig. 3 The relationship between days and body height of juvenile *Hippocampus kuda*.

## 討 論

雌海馬經由產卵管 (Ovipositor) 將卵粒產於雄海馬的孵卵囊 (Brood pouch) 而受精，受精卵在雄海馬孵卵囊受到保護直到被產出。雄海馬受精後多久產出幼苗與水溫及是否受干擾有關，記錄顯示於  $28 \sim 30^\circ\text{C}$  之飼養環境中，最快 10 天左右，可產出下一代海馬。在產出的海馬幼苗中，除了巴氏豆丁海馬 (*H. bargibanti*) 體高 2.0 mm 及高冠海馬 (*H. barbouri*) 5.0 mm 外，其他海馬體高皆在 6.0 mm 以上，其中又以膨腹海馬 16.2 mm 體型最大 (Vincent and Foster, 2004)，且產出幼苗之卵黃囊多已消耗殆盡，需立即獲得餌料以延續生命。由於海馬幼苗體型較一般魚類大，所以其初期餌料之體型並不需要太小，因此可資利用的浮游動物顯然較一般海水魚類為多。傳統利用於海水魚類繁殖的餌料生物例如輪蟲、橈足類、豐年蝦幼生 (含滋養) 皆可利用來進行海馬繁殖的餌料材料。

但從營養價的觀點來看，橈足類富含 DHA 及 EPA 兩種高度不飽和脂肪酸，比輪蟲及豐年蝦幼生需要以滋養方式來提升其營養價，更獲得現行海水養殖業界之廣泛使用。但是橈足類的培養比孵化豐年蝦幼生需要更多的空間，操作上所花費之人力、物力遠超過室內即可進行的豐年蝦幼生孵化及滋養。再則，橈足類之品質及培養穩定性一樣考驗業者之餌料生物專業能力。因此，在海馬養殖的餌料生物選擇橈足類或是滋養豐年蝦幼生成為兩大主流，端視養殖規模及目的而決定。

國內及中國大陸皆以養殖庫達海馬及三斑海馬為主，其幼苗養殖所使用餌料多為橈足類。透過良好的養殖管理，庫達海馬幼苗的活存率可達 92.00% 及 98.83%，體高  $32.38 \pm 0.79$  mm 及  $47.3 \pm 2.3$  mm (28 天) (劉, 2002; 蔡, 2003)，與本試驗所得結果體高  $46.94 \pm 2.83$  mm，活存率  $85.67 \pm 1.16\%$  (28 天) 類似，均有不錯的成果。Lu *et al.* (2006a, 2007) 之研究顯示，庫達海馬幼苗以野生橈足類投餵，其活存率 (10 天) 高達 9 成；而三斑海馬以橈足類養殖亦得到標準長 (Standard length)  $7.6 \pm 0.15$  cm (30 天) 的良好結果 (Lu *et al.*, 2006b)。穩定的高活存率及成長，顯示橈足類是庫達海馬幼苗養殖優良的餌料。但以橈足類飼養庫達海馬，似乎有一項避免不了的工作；不管是自行培養 (蔡,

2003)、民間購買(劉, 2002)或是野外採捕(邱等, 1973; Job *et al.*, 2002), 使用篩網去除雜質及挑選合適大小的餌料是必要的措施。向民間購買橈足類, 其水質條件不一, 必須冒著攜帶病原及餌料品質不穩定的風險; 自野外採捕雜質多且產量無法預期, 並非長久之計, 不符合量產的概念, 難以推廣。若是僅於試驗規模尚可接受, 想要計畫性產恐恐怕很難。雖然自行培養橈足類能夠控制餌料質及量, 但是所需投資的成本(設施、人力、物力等)及技術層面, 通常使得傳統規模的養殖業者卻步。因此, 滋養豐年蝦幼生來提升營養價以符合海馬幼苗之需求, 遂成為海馬養殖的另一項選擇。

早期以未滋養的豐年蝦幼生及橈足類進行三斑海馬幼苗的投餵比較, 以二者混和及單一橈足類效果較好, 單以未滋養的豐年蝦幼生成長不佳(邱等, 1973)。而 Payne and Rippingale (2000) 以橈足類及滋養豐年蝦幼生培育虎吻海馬幼苗, 其成長及活率皆有極顯著之差異。餵食豐年蝦之海馬幼苗排泄物中含有未經消化之完整豐年蝦, 顯示海馬幼苗攝食豐年蝦的消化情形並不好。另外他們也認為橈足類的高度不飽和脂肪酸 DHA:EPA 之比例為 5.5:1, 遠高於滋養豐年蝦的 0.2:1, 亦是橈足類投餵效果優於滋養豐年蝦的原因。後來研究者以微藻滋養豐年蝦幼生進行膨腹海馬幼苗繁殖試驗 1 個月, 其活存超過 70%, 標準長達 30 mm (Woods, 2000)。以不同滋養液滋養豐年蝦幼生投餵 3 日齡海馬 (*Hippocampus* sp.), 活存率 66~78% (30 天), 體長 18~20 mm (28 天) (Chang and Southgate, 2001)。而庫達海馬幼苗對於未滋養豐年蝦幼生的接受度不高, 活存率僅 38%, 體高 23 mm (28 天) (劉, 2002), 本試驗亦有類似之結果。

本試驗投餵豐年蝦幼生過程中發現, 剛孵化之豐年蝦幼生體型約 450~550  $\mu\text{m}$ , 體型大小尚符合海馬幼苗之捕食。試驗所使用之滋養豐年蝦經過 16hr 之滋養, 其體型已經變態超過 650  $\mu\text{m}$ , 對於剛產出體高僅僅 7.0~8.0 mm 的庫達海馬幼生可能造成攝食障礙; 但是膨腹海馬幼苗餵食活存率超過 70%, 應該是與海馬幼苗產出體高達 16.2 mm 有關。

為求簡化海馬繁養殖餌料培養工作等繁複程序, 另考量以人工配合飼料代替活餌之可行性。

使用人工配合飼料須符合諸多的要求, 餌料大小(嗜口性)、營養價、水中停留時間及管理, 目前尚無成功的案例。本試驗以人工配合飼料投餵之海馬幼苗第 5 天開始大量死亡, 至第 7 天全數死亡。從觀察海馬幼苗對於所投之人工配合飼料未有啄食之動作研判, 人工配合飼料並未引起海馬之攝餌慾望。顯然海馬幼苗之攝餌對於活體餌料生物辨識度很高, 雖然人工配合飼料短暫停留水中, 尚無法造成海馬之攝餌。若要延長人工配合飼料於水中停留時間, 除了重新研發更適合的微粒飼料外, 加大打氣造成飼料滾動亦是一個可行的方式, 但是卻可能造成游泳能力弱的海馬幼苗無法正常攝食。

本研究以自行培養之模糊許水蚤養殖庫達海馬幼苗, 並比對豐年蝦幼生(含滋養)及人工配合飼料的投餵結果, 無論是活存或成長, 均以模糊許水蚤明顯較佳, 滋養豐年蝦幼生組次之, 而人工配合飼料目前無法取代活餌。

## 謝 辭

本研究承蒙本中心蘇鵬忠、黃金峰、莊成意等先生及劉素華小姐之協助餌料生物培養及養殖系統之維護, 方得順利完成, 謹此致謝。

## 參考文獻

- 仇建標 (1993) 三斑海馬人工越冬和促性腺早熟的初步研究. 中國海洋藥物, 3: 36-39.
- 沈世傑等 (1993) 台灣魚類誌. 國立台灣大學動物學系, 229 pp.
- 呂軍儀, 李秉記, 孫燕燕, 楊大偉, 黃 琨 (2002) 池養大海馬的攝食、生長和生態轉換率. 水產學報, 26(1): 61-66.
- 呂軍儀, 吳金英, 楊大偉, 曾華, 李秉記, 黃琨, 陳琳 (2001) 大海馬在人工養殖條件下的生長速率. 中國水產科學, 8(1): 59-63.
- 邱加進, 張明輝, 丁雲源 (1973) 海馬之繁殖及稚魚養殖. 中國水產, 261: 6-8.
- 陳春暉 (2003) 澎湖的魚類. 行政院農業委員會水產試驗所, 47 pp.
- 陳清香, 呂軍儀, 盛軍慶, 高永利, 陳清潮 (2006) 餌料對安氏偽鏢水蚤生殖力的影響. 熱帶海洋學報, 25(1): 38-41.

- 張國暉, 徐國鈞, 徐珞珊, 王 強 (1996) 我國海馬養殖現狀. 浙江水產學院學報, 15(3): 217-220.
- 蔡萬生 (2003) 庫達海馬人工養殖之研究. 國立台灣海洋大學海洋環境生物與漁業科學研究所碩士論文.
- 劉貴仁 (2002) 庫達海馬 *Hippocampus kuda* 幼苗培育之研究. 國立中山大學海洋生物研究所碩士論文.
- 劉光興, 陳珂 (2003) 海洋橈足類滯育卵在海水養殖業中的應用及其前景. 青島海洋大學學報, 33(6): 901-906.
- 劉貴仁, 方力行, 張文重 (1998) 海馬種苗培育技術. 養魚世界, 250: 23-26.
- Benzie, J. A. H. and J. M. Wong (2003) The effects of temperature, *Artemia* enrichment, stocking density and light on the growth of juvenile seahorses, *Hippocampus whitei* (Bleeker, 1855), from Australia. *Aquaculture*, 228: 107-121.
- Carter, C. G., Z. Wilson and G. J. Purser (2006) Nitrogen budgets for juvenile big-bellied seahorse *Hippocampus abdominalis* fed *Artemia*, mysids or pelleted feeds. *Aquaculture*, 255: 233-241.
- Chang, M. and P. C. Southgate (2001) Effects of varying dietary fatty acid composition on growth and survival of seahorse, *Hippocampus* sp., juveniles. *Aquarium Sci. Conserv.*, 3: 205-214.
- CITES (Convention on International Trade in Endangered Species) (2003) Proposals for amendment of Appendices I and II at 12<sup>th</sup> meeting of Conference of the Parties-results. CITES Secretariat, Geneva. Available from [http://www.cites.org/eng/news/world/cop12\\_prop\\_results.pdf](http://www.cites.org/eng/news/world/cop12_prop_results.pdf). (accessed May 2004).
- IUCN (2003) 2003 IUCN Red List of Threatened Species. The World Conservation Union, Gland, Switzerland. <http://www.redlist.org>. Viewed January 2004.
- Job, S. D., D. Buu and A. Vincent (2006) Growth and survival of the tiger tail seahorse, *Hippocampus comes*. *J. World Aquacult. Soc.*, 37(3): 322-327.
- Job, S. D., H. H. Do, J. J. Meeuwig and H. J. Hall (2002) Culturing the oceanic seahorse, *Hippocampus kuda*. *Aquaculture*, 214: 333-341.
- Lourie, S. A., A. C. J. Vincent and H. J. Hall (1999) Seahorses: An Identification Guide to the World's Species and their Conservation. Project Seahorse, London, UK, 214 pp.
- Lourie, S. A., S. J. Foster, W. T. E. Cooper and C. J. A. Vincent (2004) A Guide to the Identification of Seahorses. Project Seahorse and TRAFFIC North America. Univ. British Columbia and World Wildlife Fund, Washington D.C., 3 pp.
- Lu, J., Q. Lin, Y. Gao, L. Shen, J. Cai and J. Luo (2006a) The effect of temperature on gonad, embryonic development and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus kuda* Bleeker. *Aquaculture*, 254: 701-713.
- Lu, J., J. Sheng, Q. Lin, Q. Chen, Y. Gao and L. Shen (2006b) Effects of food, temperature and light intensity on the feeding behavior of three-spot juvenile seahorses, *Hippocampus trimaculatus* Leach. *Aquaculture*, 256: 596-607.
- Lu, J., Q. Lin, Y. Gao, S. Junqing, Q. Chen and B. Zhang (2007) The effects of food and the sum of effective temperature on the embryonic development of the seahorse, *Hippocampus kuda* Bleeker. *Aquaculture*, 262: 481-492.
- Payne, M. F. and R. J. Rippingale (2000) Rearing West Australian seahorse, *Hippocampus subelongatus*, juveniles on copepod nauplii and enriched *Artemia*. *Aquaculture*, 188: 353-361.
- Purser, G. J. and L. Martinez-Cardenas (2007) Effect of tank colour on *Artemia* ingestion, growth and survival in cultured early juvenile pot-bellied seahorses (*Hippocampus abdominalis*). *Aquaculture*, 264: 92-100.
- Vincent, A. C. J. (1996) The International Trade in Seahorses. TRAFFIC Int., Cambridge, UK.
- Vincent, A. C. J. and B. G. Giles (2003) Correlates of reproductive success in a wild population of *Hippocampus whitei*. *J. Fish Biol.*, 63: 344-355.
- Vincent, A. C. J. and S. J. Foster (2004) Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management. *J. Fish Biol.*, 65: 1-61.
- Woods, C. M. C. (2000) Improving initial survival in cultured seahorses, *Hippocampus abdominalis* Leeson, 1827 (Teleostei: Syngnathidae). *Aquaculture*, 190: 377-388.
- Woods, C. M. C. (2003a) Growth and survival of juvenile seahorse *Hippocampus abdominalis* reared on live, frozen and artificial foods. *Aquaculture*, 220: 287-298.
- Woods, C. M. C. (2003b) Effect of stocking density and gender segregation in the seahorse *Hippocampus abdominalis*. *Aquaculture*, 218: 167-176.
- Woods, C. M. C. (2003c) Effects of varying *Artemia* enrichment on growth and survival of juvenile seahorses, *Hippocampus abdominalis*. *Aquaculture*, 220: 537-548.

## Survival and Growth of Juvenile *Hippocampus kuda* Fed with Various Diets

Chung-Kang Hsu<sup>\*</sup>, Yue-Chuan Chen and Wan-Sen Tsai

Penghu Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

### ABSTRACT

Cultured copepod, enriched *Artemia* nauplii, *Artemia* nauplii, and artificial feed were fed to make comparison of the growth and survival of newborn *Hippocampus kuda*. After a 28-day rearing period, the survival of *Hippocampus kuda* juveniles fed copepod was  $85.67 \pm 1.16\%$ , and was significantly higher than those fed enriched *Artemia* nauplii ( $45.00 \pm 5.00\%$ ), *Artemia* nauplii ( $26.67 \pm 6.11\%$ ), and artificial feed (all seahorses were dead within 7 days). The survival of juveniles fed enriched *Artemia* was significantly higher than those fed unenriched *Artemia*. The mean body height of juveniles fed copepod ( $46.94 \pm 2.83$  mm) was also significantly higher than those fed enriched *Artemia* nauplii ( $26.60 \pm 3.17$  mm) and unenriched *Artemia* ( $24.53 \pm 3.01$  mm). Similarly, the mean body height was significantly higher in juveniles fed enriched *Artemia* than fed unenriched *Artemia*. Based on the results of this study, the cultured copepod is better than the enriched *Artemia* nauplii, in terms of palatability and nutrient value, however, current artificial feed cannot substitute the living feeds.

**Key words:** *Hippocampus kuda*, copepod, enriched *Artemia* nauplii, survival, body height

---

<sup>\*</sup>Correspondence: 8 Sing-Gang North Street, Magong, Penghu 880, Taiwan. TEL: (06) 995-3416~7 ext. 231; FAX: (06) 995-3058; E-mail: dcks0511@ms23.hinet.net