

日本鰻仔鰻活存之最適鹽度研究

張湧泉* · 陳永欣 · 賴仲義 · 劉富光

行政院農業委員會水產試驗所 淡水繁養殖研究中心

摘 要

二批養成種鰻，經激素催熟後自行產卵。逢機採取孵化之仔鰻，不經馴化直接進行鹽度耐性試驗。第 1 批仔鰻飼育之鹽度範圍在 15 ~ 35 ppt，光照度為 320 lux 以下，結果顯示以 20 ppt 試驗組之活存率最高，孵化後第 7 天之活存率仍達 63.3 %。第 2 批仔鰻飼育之鹽度範圍為 0 ~ 20 ppt，分成室內組 (光照度 320 lux 以下) 與暗房組 (13 lux 以下) 進行試驗，結果除 0 ppt 組之仔鰻於第 2 天全部死亡，其他各組無論是室內組或暗房組均以 10 ppt 組為最高，仔鰻孵化後第 9 天之活存率分別是 76.7 % 及 63.3 %；另外，室內組與暗房組仔鰻於孵化後第 9 天之活存率並無顯著差異。仔鰻從孵化後第 6 天起，眼睛黑化且轉為底棲性。

關鍵詞：日本鰻、仔鰻、鹽度耐性。

前 言

日本鰻 (*Anguilla japonica*) 是台灣最重要的水產養殖種類之一，然而因鰻苗之捕獲量少且不穩定，嚴重影響養殖產業之永續經營。

日本北海道大學於 1960 年代開始進行日本鰻人工繁殖研究，並於 1973 年成功孵育出仔鰻 (山本等, 1974)；2001 年，Tanaka *et al.* (2001) 將仔鰻培育至柳葉鰻 (leptocephali)；2003 年，所培育之柳葉鰻於孵化後 250 天左右開始變態，再經 20 天後成為鰻線 (elvers)，養至第 612 天時，有些已成長為體長 20 cm 以上之幼鰻 (<http://www.nria.affrc.go.jp/unagi/pres-unagi.htm>)。另外，Tsukamoto *et al.* (1998) 及 Tsukamoto and Arai (2001) 分析黃鰻 (yellow eels) 與銀鰻 (silver eels) 的耳石 (otolith) 中所沉積之鋇/鈣比值 (Sr/Ca ratio)，推論日本鰻回到淡水河川成長之習性並非專一性 (obligate)，而是選擇性 (facultative)。Tsukamoto and Arai (2001)、Tzeng *et al.* (2002; 2003) 認為日本鰻依其洄游至成長棲地之路徑，可分為 3 種生

活史模式，即：不溯河之海水鰻、棲息在河口或來回於淡水及海水間之河口鰻與棲息在淡水之河川鰻。

余等 (1993) 指出日本鰻受精卵孵化及育苗之鹽度為 35 ppt，仔鰻最高可活存 23 天；Tanaka *et al.* (2001) 報告日本鰻受精卵孵化及育苗之鹽度為 32 ~ 35 ppt，仔鰻可順利成長為柳葉鰻且最高活存 100 天。不過，仔鰻對鹽度環境耐性之研究報告至今尚付諸闕如，實有必要進行探究。

材料與方法

一、仔鰻

供試之仔鰻係由水產試驗所淡水繁養殖研究中心養成之種鰻，經激素催熟後，自行產卵、孵化者。二批仔鰻係由不同之種鰻所生。

二、餌料

二批仔鰻皆於孵化後的第 4 天開始投餌。仔鰻飼料係以「輪蟲益」(群冠公司；主要成份為短鏈胜肽、游離氨基酸、EPA、DHA 及維生素 A、D、E 等) 1 滴 (約 0.05 ml) + 「魚蝦露」(群冠公司；主要成份為短鏈胜肽、游離氨基酸、EPA、DHA 及維生素 B1、B2、B6、B12 等) 1 滴 (約 0.05 ml) + 12.5 ml

*通訊作者 / 彰化縣鹿港鎮海埔里 106 號，TEL: (04) 777-2175; FAX: (04) 777-5424; e-mail: yungchuan@mail.fwtk.tfrin.gov.tw

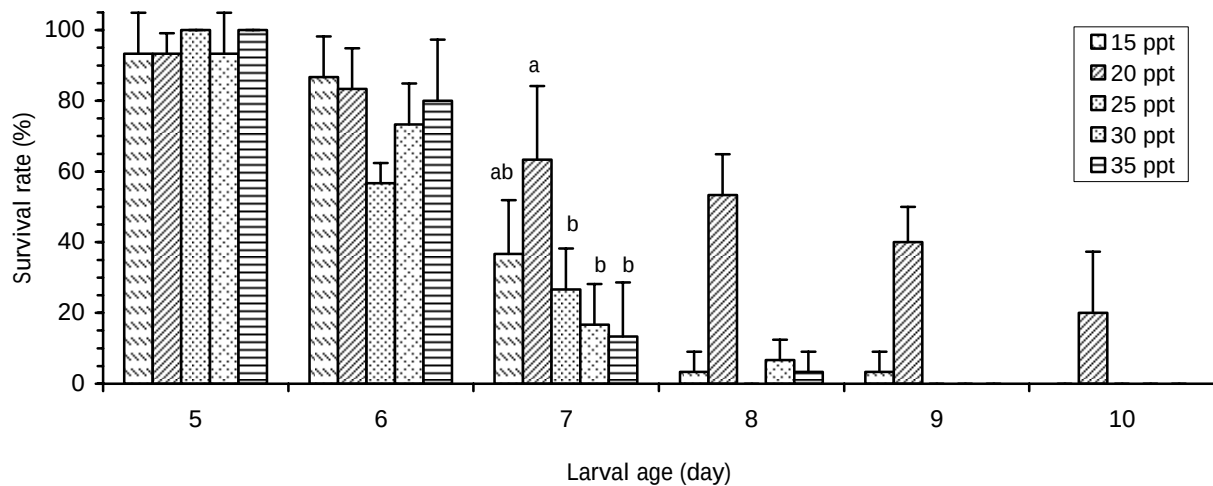


Fig. 1 Survival rate (%; mean $\pm$ S.E., $n = 3$) of eel larvae raised indoors under different salinities (15 ~ 35 ppt), at 20 °C water temperature. Bars with the same letter do not significantly differ ($p > 0.05$).

逆滲透水後，攪拌、混合成低分子溶解性液態餌料。

三、鹽度耐受性試驗

供試海水之原始鹽度為 20 ~ 25 ppt 左右，以添加粗鹽（台鹽公司）或地下水（總硬度 20 ppm CaCO_3 ，總鹼度 140 ppm CaCO_3 ）之方式調配成各種試驗鹽度；均經濾紙過濾後才使用。用塑膠吸管自孵化桶（水溫 20 °C、鹽度 32 ppt）逢機採樣仔鰻，未經鹽度馴化即直接置於 100 ml 容量之玻璃燒杯（內裝 80 ml 之試水），每個燒杯 10 尾，不打氣，3 重覆。水溫控制在 20 °C。每天 9:00 及 16:00 於換水後各投餌 1 次，投餌量為每次 100 μl ，投餌方式係以自動吸管吸取餌料後投餵。發現死亡仔鰻即移出。

第 1 批仔鰻於孵化後第 4 天採樣並分成 15、20、25、30 及 35 ppt 等 5 組鹽度，於室內之自然光週期（natural photoperiod：光照度 320 lux 以下）環境中進行試驗。

第一次試驗結果顯示，20 ppt 組之仔鰻存活率明顯高於 30 ppt 及 35 ppt 組，為進一步究明其原因，並探討光照度之影響，乃進行第二次試驗。

第 2 批供試之仔鰻於孵化後第 3 天進行採樣，分成 0、5、10、15 及 20 ppt 等 5 組鹽度；每組又分成室內組（光照度 320 lux 以下）與暗房組（光照度 13 lux 以下）。投餌方式與投餌量同試驗一。

另，在第二批仔鰻孵化後的第 10 天，採集尚

活存者，分別飼養於試驗二中，仔鰻存活率較高的 5 ppt 及 10 ppt 鹽度環境下。在容量為 400 ml 的玻璃燒杯中加入 350 ml 水，每個燒杯各放入 26 尾仔鰻。不打氣，水溫控制在 20 °C，光照度 320 lux 以下。投餌量為每次 200 μl ，每天 9:00 及 16:00 各投餵 1 次，並比較仔鰻每天之活存數目。

四、資料分析

記錄每組仔鰻之死亡數目，以計算其存活率。將第 1 批仔鰻孵化後第 7 天及第 2 批仔鰻孵化後第 9 天之活存率分別以正弦反函數轉換（arcsine transformation）方式轉成另一組數據，以合乎常態分佈後，分別進行單向變異數分析（One-way ANOVA; $\alpha = 0.05$ ），分析結果若具有顯著性差異，則進一步應用鄧肯氏多變域檢定法（Duncan's multiple range test; $\alpha = 0.05$ ）分析不同鹽度間仔鰻活存率之差異性。另外，進行第 2 批仔鰻室內組與暗房組間之雙向變異數分析（Two-way ANOVA; $\alpha = 0.05$ ）。

結 果

本試驗起初推測孵出仔鰻可能適應較高鹽度環境，於第 1 次試驗時，僅分成 15、20、25、30 及 35 ppt 等 5 個試驗組，結果卻顯示仔鰻在孵化後第 7 天之活存率高低依序為 20 ppt 組（63.3%）、15 ppt 組（36.7%）、25 ppt 組（26.7%）、

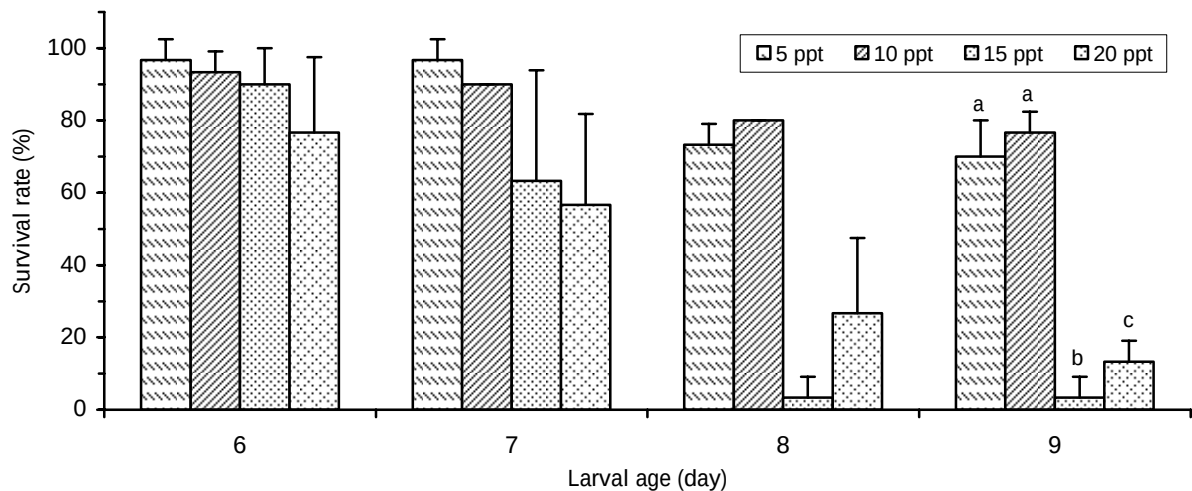


Fig. 2 Survival rate (% , mean $\pm$ S.E., $n = 3$) of eel larvae raised indoors under different salinities (5 ~ 20 ppt), at 20 °C water temperature. Bars with the same letter do not significantly differ ($p > 0.05$).

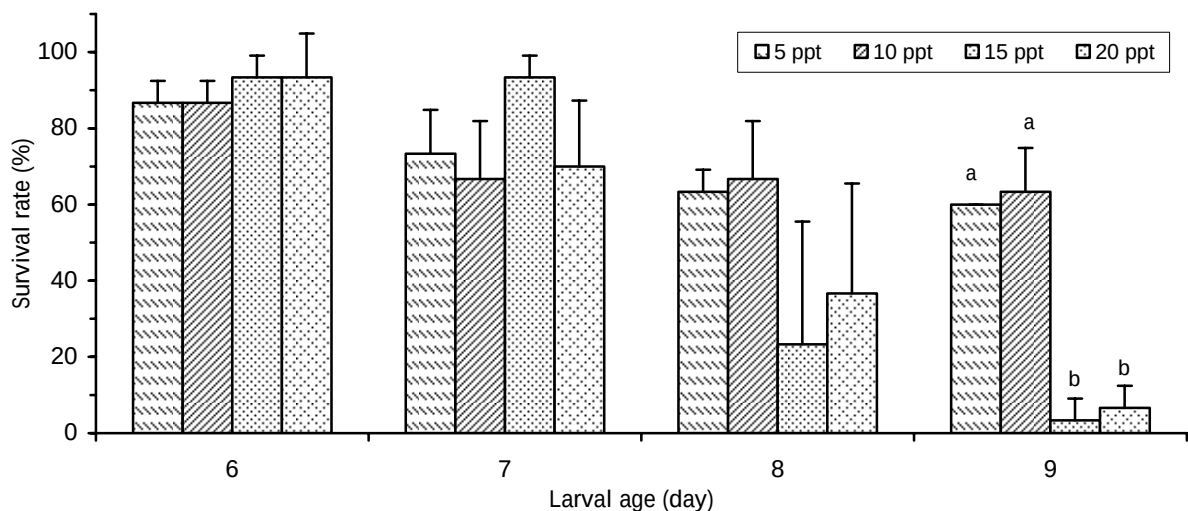


Fig. 3 Survival rate (% , mean $\pm$ S.E., $n = 3$) of eel larvae raised in a dark room under different salinities (5 ~ 20 ppt), at 20 °C water temperature. Bars with the same letter do not significantly differ ($p > 0.05$).

30 ppt 組 (16.7%) 及 35 ppt 組 (13.3%)。其中，20 ppt 組之活存率除與 15 ppt 組者無顯著差異外 ($p > 0.05$)，與其他各組均有顯著差異 ($p < 0.05$) (Fig. 1)。第 2 批仔鰻則分為 0、5、10、15 及 20 ppt 等 5 個試驗組，結果 0 ppt 組之仔鰻於第 2 天全部死亡。5 ppt 及 10 ppt 組之仔鰻，於前 2 天均橫躺於燒杯底部，第 3 天才恢復活動力，陸續開始游動。孵化後第 9 天時，室內組仔鰻活存率高低依序為 10 ppt (76.7%)、5 ppt (70.0%)、20

ppt (13.3%) 及 15 ppt (3.3%)，前二者顯著較高 ($p < 0.05$) (Fig. 2)；在暗房組方面，仔鰻活存率高低依序為 10 ppt (63.3%)、5 ppt (60.0%)、20 ppt (6.7%) 及 15 ppt (3.3%)，順序與室內組一樣，而且前二者也顯著較高 ($p < 0.05$) (Fig. 3)。由此可見，不論是在室內或暗房，仔鰻均以在 10 ppt 之活存率為最高。另外，比較室內組與暗房組於孵化後第 9 天各相對鹽度之活存率，發現 2 組並無顯著差異 ($p > 0.05$)。

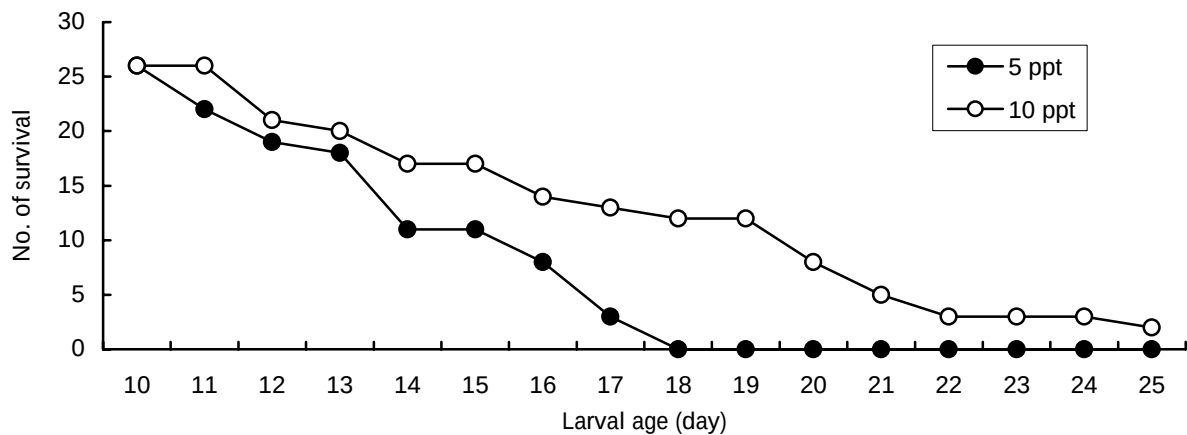


Fig. 4 Number of surviving larvae raised from day 10 in salinities of 5 and 10 ppt, respectively.

於孵化後第 10 天採樣、飼育之第 2 批仔鰻，5 ppt 組仔鰻死亡速率較快且在 13 ~ 14 天及 16 ~ 17 天之死亡尾數較高，分別為 7 尾及 5 尾，於第 18 天即全部死亡；10 ppt 鹽度組仔鰻呈現漸次死亡現象，於孵化後第 18 天尚活存 12 尾，至第 25 天時全數死亡 (Fig. 4)。

在水溫 20°C 環境中，孵化當天之仔鰻眼睛呈半透明狀，口器尚未張開，浮游於中、上水層，孵化後第 6 天，其眼睛已黑化且轉為底棲性，活動力增強；孵化當天及孵化後第 6 天之仔鰻尾部尚未見明顯之黑色素細胞 (melanocyte)；第 13 天顎齒已發育明顯，尾部黑色素細胞呈絲狀排列；第 25 天顎齒增多且增長，尾部黑色素細胞泰半聚集在一起 (Figs. 5, 6)。

討 論

田中 (1999) 觀察到日本鰻仔鰻於孵化後第 7 天開始出現攝餌的個體；陳 (2000) 敘述仔鰻從孵化後第 3 天開始，透過體表兩側感覺丘鞭毛之擺動，自外界攝取營養。本試驗則嘗試於孵化後第 4 天投與液態餌料。日本鰻仔鰻於眼球出現時，即表現出強烈的避光性，飼育室之光照度如果調整在 40 ~ 100 lux 之間，仔鰻會往水槽底部集中 (田中, 1999)，Tanaka *et al.* (2001) 指出仔鰻所處環境之光照度在投餌時為 40 ~ 100 lux，其它時間則維持於 5 lux 以下；惟均未敘述仔鰻在較強光照下之反應。本試驗之室內組係採自然光週期，未設恆定之光照或光週期。不管是室內組或暗房組，在

水溫 20 °C 環境中，仔鰻起先浮游於中、上水層，於孵化後第 6 天，眼球黑化且轉為底棲性，而且第 2 批仔鰻於孵化後第 9 天之存活率，在室內組與暗房組之間並無顯著差異。仔鰻之底棲現象是否完全與光照度有關，尚待探討。

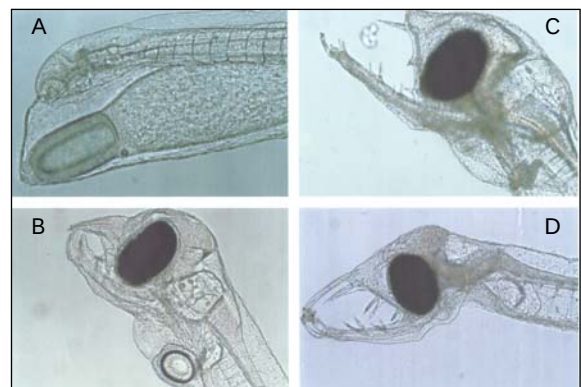


Fig. 5 Development of eel larval head. (A) Just hatched; (B) at 6 d old; (C) at 13 d old; (D) at 25 d old.

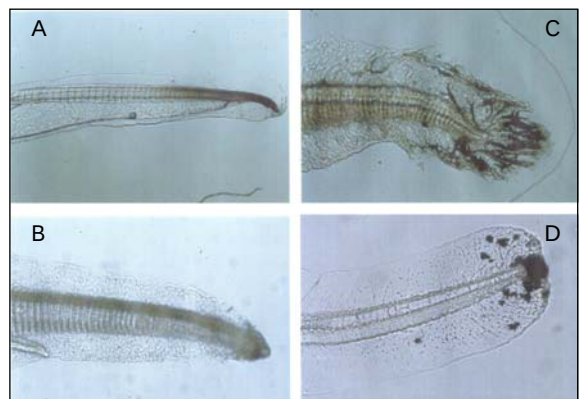


Fig. 6 Development of eel larval tail. (A) Just hatched; (B) at 6 d old; (C) at 13 d old; (D) at 25 d old.

日本鰻之產卵地點是在北太平洋西側「馬里亞納群島」西方之「北赤道洋流」中，且被推測接近「西馬里亞納海嶺」周圍之「海山」(Ishikawa *et al.*, 2001)。洄游至河口之鰻線，其日齡已約為孵化後第 191 天 (Cheng and Tzeng, 1996)。本試驗由不同種鰻所生產之 2 批仔鰻，同樣於 32 ppt 鹽度環境中孵化，在試驗期間 (仔鰻日齡在孵化後 10 天內)，第 1 批仔鰻之活存率於 30 ppt 及 35 ppt 鹽度相當低，第 2 批仔鰻則於 10 ppt 鹽度之活存率為最高。

魚類體液的等滲透壓 (isotonic pressure) 約為 10 ± 2 ppt 鹽度 (Brett, 1979)，Morgan and Iwama (1991) 認為在等滲透壓環境中，魚類的能量需求最低，所保存的能量足以用來促進成長。不過魚類最適鹽度有種間差異性 (interspecific differences) 存在 (Partridge and Jenkins, 2002)。點帶石斑魚 (*Epinephelus coioides*) 之仔魚在 8 ~ 40 ppt 鹽度條件下，於 16 ppt 及 24 ppt 之成長較佳 (Toledo *et al.*, 2002)；大西洋鱈 (*Gadus morhua*) 之卵黃囊仔魚在 5 ~ 15 ppt 鹽度之活存率均相當高 (Nissling *et al.*, 1994)。Klaoudatos and Conides (1996) 則指出天然棲息環境鹽度為 38 ppt，1.92 g 左右之金頭鯛 (*Sparus auratus*)，在 8 ppt 及 18 ppt 低鹽度條件所需能量反而比 28 ppt 及 38 ppt 高；其認為鹽度效應很難與其它因素區隔，餌料質與量之改變，可能會維持或增加個體對鹽度之耐受性。

本試驗之種鰻係為台灣河口採集到之鰻線養成而得，其生活史模式屬於「河口鰻」或「河川鰻」之機率較高，Han *et al.* (2003) 分析在台灣河口所採集日本鰻耳石之鋁 / 鈣比值與腦下垂體催乳激素 (prolactin) 之 mRNA 含量後，發現其在邁向性成熟之銀化 (silvering) 過程有鹽分偏好性 (salinity preference) 現象，亦即會從淡水洄游至高鹽度之海水。本試驗之催熟種鰻在 32 ppt 高鹽度環境中自行產卵，孵出仔鰻卻較能適應低鹽度環境，莫非此亦為野生「河口鰻」與「河川鰻」之仔鰻洄游靠岸之一部分原因，只是人工繁殖之仔鰻有機會提早接觸低鹽度環境罷了。

日本鰻之人工繁殖試驗雖已進行多年，但關於「前柳葉鰻」(preleptocephali) 之資料不多，在鹽度適應方面亦未有相關研究報告足供參考與比較。Tanaka *et al.* 已成功地由養殖之種鰻以人工繁

殖方式，培育出 20 尾體長超過 20 cm 之幼鰻 (日本產經新聞社 2003 年 7 月 9 日報導)。其培育條件之研究主要著重在餌料、水溫、換水及光照度，而受精卵孵化及育苗之海水鹽度為 32 ~ 35 ppt，仔鰻於孵化後第 100 天之活存率為 0.5 ~ 2 % (Tanaka *et al.*, 2001)，就本試驗而言，正好是活存率最差之鹽度範圍，其如果將海水鹽度調成 10 ppt，也許會有更好之結果。本試驗係以不同批仔鰻且分 2 梯次鹽度 (15 ~ 35 ppt；0 ~ 20 ppt) 進行。未來可進一步嘗試以同一批孵化之仔鰻，在 10 ppt 與 30 ppt 鹽度下，投餌與未投餌試驗之比較。

謝 辭

本研究承蒙本所蘇所長偉成提供「海水鰻」之相關資訊，以及國立高雄海洋技術學院翁玉宣、粘榮毓同學與本中心黃麗玲、許惠玲小姐協助執行試驗工作，謹此一併致謝。

參考文獻

- 山本喜一郎，山内皓平，春日清一(1974) ウナギの初期発生について. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 41(1): 21-28.
- 田中秀樹 (1999) 仔魚の飼育技術. 海洋/号外, 18: 106-112.
- 余廷基，蔡中利，蔡永舜，賴仲義 (1993) 白鰻誘導繁殖試驗. 水產研究, 1(1): 27-34。
- 陳惠彬 (2000) 艱辛的征程 (一) — 鰻鱺人工繁育“成功不成活”的奧秘有重大的突破發現. 養魚世界, 24(10): 35-39.
- Brett, J. R. (1979) Environmental factors and growth. *In* Fish Physiology, Vol. III (W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett eds.). Academic Press, New York, 599-675.
- Cheng, P. W. and W. N. Tzeng (1996) Timing of metamorphosis and estuarine arrival across the dispersal range of the Japanese eel *Anguilla japonica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 131: 87-96.
- Han, Y. S., J. Y. L. Yu, I C. Liao and W. N. Tzeng (2003) Salinity preference of silvering Japanese eel *Anguilla japonica*: evidence from pituitary prolactin mRNA levels and otolith Sr:Ca ratios. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 259: 253-261.

- Ishikawa, S., K. Suzuki, T. Inagaki, S. Watanabe, Y. Kimura, A. Okamura, T. Otake, N. Mochioka, Y. Suzuki, H. Hasumoto, M. Oya, J. M. Miller, T. W. Lee, H. Fricke and K. Tsukamoto (2001) Spawning time and place of the Japanese eel *Anguilla japonica* in the North Equatorial Current of the western North Pacific Ocean. Fish. Sci., 67: 1097-1103.
- Klaoudatos, S. D. and A. J. Conides (1996) Growth, food conversion, maintenance and long-term survival of gilthead sea bream, *Sparus auratus* L., juveniles after abrupt transfer to low salinity. Aquacult. Res., 27: 765-774.
- Morgan, J. D. and G. K. Iwama (1991) Effects of salinity on growth, metabolism, and ion regulation in juvenile rainbow and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 2083-2094.
- Nissling, A., S. Per, S. Mikael and W. Lars (1994) Survival, activity and feeding ability of Baltic cod *Gadus morhua* yolk-sac larvae at different salinities. J. Fish Biol., 45: 435-445.
- Partridge, G. J. and G. I. Jenkins (2002) The effect of salinity on growth and survival of juvenile black bream (*Acanthopagrus butcheri*). Aquaculture, 210: 219-230.
- Tanaka, H., H. Kagawa and H. Ohta (2001) Production of leptocephali of Japanese eel (*Anguilla japonica*) in captivity. Aquaculture, 201: 51-60.
- Toledo, J. D., N. B. Caberoy, G. F. Quinitio, Jr. C. H. Choresca and H. Nakagawa (2002) Effects of salinity, aeration and light intensity on oil globule absorption, feeding incidence, growth and survival of early-stage grouper *Epinephelus coioides* larvae. Fish. Sci., 68: 478-483.
- Tsukamoto, K., I. Nakai and W. V. Tesch (1998) Do all freshwater eels migrate ? Nature, 396: 635-636.
- Tsukamoto, K. and T. Arai (2001) Facultative catadromy of the eel *Anguilla japonica* between freshwater and seawater habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser., 220: 265-276.
- Tzeng, W. N., J. C. Shiao and Y. Iizuka (2002) Use of otolith Sr:Ca ratios to study the riverine migratory behaviors of Japanese eel *Anguilla japonica*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 245: 213-221.
- Tzeng, W. N., Y. Iizuka, J. C. Shiao, Y. Yamada and H. P. Oka (2003) Identification and growth rates comparison of divergent migratory contingents of Japanese eel (*Anguilla japonica*). Aquaculture, 216: 77-86.

Studies on the Salinity Tolerance of Larvae of Japanese Eel (*Anguilla japonica*)

Yuon-Chuan Chang^{*}, Yuon-Shin Chen, Jong-Yih Lai and Fu-Guang Liu

Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

Abstract

Two groups of Japanese eel (*Anguilla japonica*) larvae, hatched from hormone-induced spawned eggs, were used to test the salinity tolerance without acclimation. For the first group, larvae were reared at the salinities of 15 ~ 35 ppt indoors with light intensities below 320 lux. The survival rate of larvae was highest (63.3%) for 7-d-old larvae at a salinity of 20 ppt. For the second group, larvae were reared at 0 ~ 20 ppt salinities indoors with a similar light intensity as group 1 and in a dark room with light intensities below 13 lux, respectively. In the second group, larvae died within 2 d in 0 ppt, but all larvae in 10 ppt had the highest survival rate that the 9-d-old larvae reached 76.7% indoors and 63.3% in the dark room; survival rates of 9-d-old larvae between indoor and dark-room did not significantly differ. Eye pigmentation and the demersal habit of larvae occurred from day 6.

Key words: *Anguilla japonica*, eel larvae, salinity tolerance.

^{*}Correspondence: Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute, 106 Hai-Pu, Lukang 505, Taiwan. TEL: (04) 777-2175; FAX: (04) 777-5424; e-mail: yungchuan@mail.fwlrk.tfrin.gov.tw