

徐崇仁¹，周賢鏘¹，許慧文¹，廖一久²

¹台灣省水產試驗所 水產養殖系

²台灣省水產試驗所

(1997年6月15日接受)



不同養殖密度及投餵 Estradiol - 17 β 與否與歐洲鰻之成長及性腺發育之關係

摘要

養殖歐洲鰻使用雌二醇 Estradiol - 17 β (E2) 等荷爾蒙之試驗研究，大都僅限於促進幼鰻成長的短期試驗。本研究以平均體重 3.1 ± 1.1 g 之歐洲鰻放養於超集約循環水養殖系統中，分三組進行試驗：即高密度 (22.5 kg/m^2) + E2 (60 mg/kg 飼料) 組，高密度 (22.5 kg/m^2) 組及低密度 (7.5 kg/m^2) 組，試驗分六個階段進行，共計 482 日。在第 312 日採樣後，各別於 2 週內分別注射 HCG (1 IU/g) 2 次後，檢測其性腺之發育情形，結果發現，在前期 (分組處理後 62 日)，低密度組之成長速率顯著大於高密度組或高密度 + E2 組，直至 20 - 30 公克/尾。嗣後，高密度 + E2 組之成長趕上並於後期超過其他二組，而其性腺指數亦顯著高於其他二組者。

關鍵詞：歐洲鰻，Estradiol-17 β

近年，由於天然產日本鰻之鰻苗銳減，苗價飛漲，以致養鰻事業經營日趨困難，為降低生產成本及提昇產品市場之競爭力，遂嘗試開發歐洲鰻之養殖技術。目前，臺灣對歐洲鰻的養殖技術，在本所及相關業者戮力改良下已漸趨成熟，並建立了適合台灣地區之管理模式⁽¹⁾，對於主要及常見疾病的防治亦能有效地掌握。截至 1997 年，台灣已有七家商業化之超集約養鰻業者生產歐洲鰻，年產量計達 1,000 噸，預估生產規模將會持續擴大。雖然各超集約場之養鰻技術已日臻成熟，然而仍有數項棘手的難題困擾業界，諸如成長緩慢之鰻尾比例偏高、擬指環虫之防除、成鰻體色不佳及具異味等。因此，如何能在短期內解決上述問題，實為今後能否順利持續歐洲鰻養殖發展之重要關鍵，其中以鰻魚成長不如理想的問題特別令業者困擾。

歐洲鰻之鰻線於水溫 23°C 及放養密度 300g/m^2 下，養殖三個月後，可分為四個主要體型群：快速成長者約佔 3%；正常成長者佔 20%；緩慢成長者佔 25%；其餘則為無成長或負成長者⁽²⁾。在自然環境中，歐洲鰻由鰻線起算三年內，雄鰻成長較雌鰻為快，其

中以第一年成長最快⁽³⁾；但是依據 Poole and Reynolds⁽⁴⁾ 的研究報告則認為，正常成長之歐洲鰻其平均年成長量仍以雌鰻為大。銀鰻期 (Silver eel) 之雄鰻體長介於 31~51 cm，體重 50~240 g；雌鰻之體長則介於 51~74 cm，體重 225~840 g，其中雄鰻體長大於 48 cm 者佔 4%，而體重大於 220 g 者僅佔 1%⁽⁵⁾。由以上結果顯示，雌鰻的成長較雄鰻為佳，而體型亦較大，能符合養殖業界及市場的需求。雖然歐洲鰻於黃鰻期 (Yellow eel) 之前，雌雄間並無外觀上之差異^(5,6)，但仍有學者致力於相關研究，期能尋找出在性別判定上可資運用之技術。Rossi and Villani⁽⁵⁾ 以體長及體重分辨成鰻之性別，而其準確度可高達 95%。體長介於 30~35 cm 之歐洲鰻，其外觀形質以下額 (Lower jaw) 較寬者為雌性之機率有 89%；突眼 (Protruding eye) 者則有 98% 之雄性及 23% 之雌性具備此項特徵⁽⁷⁾。

在飼育環境之研究上，Holmgren⁽⁸⁾ 於 7°C 、 20°C 、 26°C 下飼養歐洲鰻 137 週，雌鰻於 26°C 佔可辨識性別鰻魚中之 14%，而 20°C 、 17°C 則僅佔 7~8%。Tesch⁽⁹⁾ 指出，族群密度為最可能之性別決定因素，高比例之雄鰻出現於高密度族群，而高比例之雌鰻則

徐崇仁, 周賢鏘, 許慧文, 廖一久 (1997) 不同養殖密度與投餵 Estradiol - 17 β 與否與歐洲鰻之成長及性腺發育之關係. 水產研究, 5(1): 21-29.

出現於低密度之族群中。Degani and Kushnirov⁽¹⁰⁾ 在長寬高 77 × 103 × 25 cm 之水槽中蓄養 2 歲歐洲鰻，分為群居組 1 槽 (13 尾鰻/槽)，獨居組 10 槽 (1 尾鰻/槽)，3 週後以人類絨毛膜促性腺激素 (Human Chorionic Gonadotropin, HCG) 催熟，發現群居組中雄性佔 77%，而無雌性；獨居組則雄性為 20%，雌性有 60%，雌性化之產生率以獨居組較佳。另外，以添加 0、30 和 60 mg/kg feed 的 Eestradiol-17 β (E2) 的飼料飼育歐洲鰻 90 天，各組間之體重並無顯著差異。其後，再以控制組飼料飼育 1 年後，添加 E2 60 mg/kg feed 組有 70% 為雌性，30 mg/kg feed 及 0 mg/kg feed 組之雌性率則分別僅為 32 及 26%。

魚類之成長可以用生長激素 (Growth hormone, GH)，甲狀腺激素 (Thyroid hormone) 和雄性激素 (Androgen) 等荷爾蒙加以促進⁽¹¹⁾。Malison et al.⁽¹²⁾ 証實，E2 可刺激黃鱸 *Perca flavescens* 的攝食及增重，但不影響餌料效率。Gannam and Lovell⁽¹³⁾ 以含 MT (17 α - methyltestosterone)、KT (11-ketotestosterone)、E2 及 T3 (3, 5, 3-triiodothyronine) 等類固醇飼料飼餵河鯰 *Ictalurus punctatus*，結果僅有 2 mg KT/kg feed 組之增重情形顯著地優於控制組。Woo et al.⁽¹⁴⁾ 探討 E2 與 MT 對嘉鱾 Red sea bream *Chrysophrys major* 之成長及飼料轉換率等之影響，結果發現 MT 具有增進效果，然 E2 則無。而 Zou et al.⁽¹⁵⁾ 發現，E2 可刺激雌性金魚產生 GH 而促進其成長。然而，養殖歐洲鰻使用 E2 等荷爾蒙以促進成長及性腺分化之文獻大都僅限於幼鰻期的短期試驗，而未考慮到密度因素⁽¹¹⁾，因此，本研究特別針對在超集約系統中之飼養密度和飼料中添加 E2 與否對鰻魚成長及性腺發育之影響進行試驗，希望其結果能進一步幫助業者縮短歐洲鰻之養成時間，以降低生產成本，達到提高收益之目的。

材料與方法

一、材料

1、歐洲鰻鰻苗

購自台南左鎮之超集約養鰻場，體重 3.1 ± 1.1 g。於養殖槽中蓄養 48 日後供試。

2、供試養殖設備

年產能 5 噸之超集約養鰻系統 (進口自丹麥 Billund 養殖公司)。長寬高 2 × 2 × 0.8 m 之 FRP

養殖槽計 8 個，養殖槽水深 0.6 m，水量 2.4 噸/槽，循環水注入量約 3.6 噸/槽/小時。

3、供試飼育水

pH: 7.0~7.5; 水溫: 26 ± 2 °C; NH₄⁺: 0.06~0.57 mg/l; NO₂⁻: 0.07~0.15 mg/l; NO₃⁻: 109~210 mg/l。每日補注自來水量約為總系統水量之 7 ± 2%。

4、供試 E2 溶液

結晶態之 E2，純度 98% (Sigma 製)，以定量之 95% 藥用酒精溶解配製成 6 mg/ml 溶液貯存備用。

5、供試飼料

市售鰻魚浮性飼料調製成不含 E2 組及含 E2 組 (60 mg E2/kg feed, 參照 Degani and Kushnirov⁽¹⁰⁾)。含 E2 組飼料之製備係直接添加供試 E2 溶液、讓其吸附於飼料上，於飼餵前 1 小時製作完成，酒精則任其在空氣中揮發。

二、方法

1、不同養殖密度及 E2 之投餵與否對歐洲鰻成長影響之試驗

在試驗第一階段，平均體重 3.1 ± 1.1 g 歐洲鰻苗分別於三槽各放養 45 kg (約 14,520 尾)，蓄養 48 日，觀察其成長、活存與飼料轉換率 (Feed conversion rate, FCR)，再調整密度進行試驗。

試驗設計包括高密度組 (90 kg/槽 = 22.5 kg/m²) 及低密度組 (30 kg/槽 = 7.5 kg/m²)，其中高密度組分為投予含 E2 之飼料及不含 E2 之飼料。第二階段計有 3 槽，飼育 64 日後每組分別予以稱重分級，分為大小兩級，維持高密度+E2 組，2 槽、高密度不加 E2 組，2 槽及低密度組，2 槽，計 6 槽，進行第三階段之成長試驗。

第三階段之試驗，飼育 74 日後，每組予以稱重，估算其日成長速率 (Daily growth rate, r in %) 及飼料轉換率 (Table 1) 後，再分級為大、中、小三級，變成高密度+E2 組 (150 kg/槽 = 37.5 kg/m²)，3 槽、高密度不加 E2 組 (150 kg/槽 = 37.5 kg/m²)，3 槽及低密度組 (50 kg/槽 = 12.5 kg/m²)，2 槽，計 8 槽。在第 218 日稱重，逢機移除第三階段後增重部分之鰻魚，維持高密度+E2 組，3 槽、高密度未加 E2 組，3 槽及低密度組 (50 kg/槽)，2 槽，繼續進行第四階段試驗。嗣後，依相同方式進行第五及第六階段試驗。

Table 1. Relationship of different stocking densities and feeding estradiol-17 β (E2) (60 mg/kg feed) on the growth of *Anguilla anguilla*.

Period	Treatment	Stocking		Harvesting		FCR	r (%)	Duration
		Total weight (kg)	Average weight (g)	Total weight (kg)	Average weight (g)			
1st	—	45.0	3.54	70.68	6.18	1.47	0.94	48 days
	--	45.0	3.54	71.25	6.23	1.44	0.95	
	—	45.0	3.54	71.71	6.28	1.42	0.97	
2nd	High density +E2	92.25	6.45	176.40	12.97	1.66	1.06	64 days
	High density	91.32	6.22	180.87	12.97	1.56	1.12	
	Low density	30.07	6.64	66.32	13.09	1.27	1.29	

*FCR: Feed Conversion Rate = Feed weight/Body weight increment.

*r%: Daily growth rate = $100 \times \ln [(Final\ weight / Initial\ weight) / Rearing\ days]$.

2、投餵 E2 對歐洲鰻性腺發育之影響試驗

於不同密度及 E2 飼料飼育 312 日 (第五階段結束) 後, 各槽採樣 10-15 尾之間, 蓄養 1 週後, 施予兩次 HCG 作催熟處理 (1 IU/g eel), 兩次間隔時間為兩週。注射 HCG 時係以麻醉劑 2-phenoxyethanol 及冰塊降溫以降低其活力, 採用腹腔注射方式於鰻魚生殖孔上方約 1.5~2 cm 處注入。於第二次 HCG 處理後之第 3 週, 解剖所有樣品, 測量體長、體重及性腺重量, 算出其性腺指數 (Gonadosomatic index, GSI) (GSI: 性腺重 \times 100/體重)。

結果

一、不同養殖密度及 E2 之投餵對歐洲鰻成長之影響

歷時約 480 日之試驗結果得知 (Table 1, Fig. 1 及 Fig. 2), 在尚未分組之第一階段, 三槽放養密度相同, 而成長率與 FCR 也幾乎相同, 可見各槽之環境及管理水準頗為良好。而在第二階段分組後比較高密度組與低密度組之成長情形, 結果以低密度組之成長較佳 ($r = 1.29$), 餌料轉換率亦較為理想 (FCR = 1.27) (Table 1); 而飼育中期時 (Table 2; 第三及四階段), 高密度 + E2 組, 高密度組及低密度組之 r

值分別為 1.08~0.56%, 0.97~0.51% 及 1.14~0.50%, FCR 分別為 1.60~2.03, 1.82~1.70 及 1.64~1.98, 三組之間無顯著差異。但是, 在第五及第六階段, 高密度組及低密度組之成長呈現減緩情形 (r 值 = 0.39%, 0.33% 及 0.42%, 0.30%), 而高密度 + E2 組, 則較為突出 (r 值 = 0.58% 及 0.43%) (Fig. 2)。而成長體型, 也以高密度 + E2 組較其他二組要大, 低密度組次之, 高密度組為最小 (Fig. 1)。

二、投餵 E2 對歐洲鰻性腺發育之影響

由試驗結果得知, 餵飼含 E2 飼料之各組之 GSI 值 ($0.75 \pm 0.34\%$) 較餵飼不含 E2 飼料之各組 ($0.11 \pm 0.13\%$ 及 $0.09 \pm 0.15\%$) 為高 ($t = 2.14, p < 0.05$) (Table 3)。而 HCG 注射催熟前後之 GSI 分別為 $0.34 \pm 0.34\%$ 及 $0.34 \pm 0.33\%$ 並無顯著差異 (Table 4)。再由 Fig. 3 之 GSI 之頻度分布得知, 攝食不含 E2 飼料之各組, 其性腺未發育 (GSI < 0.25%) 之鰻魚高達 90% 以上, 而性腺發育中者 (GSI > 0.25%) 之比例亦低, 而高、低密度組間沒有差異。但是經投餵 E2 飼料者, 則其性腺大部分均已開始發育, 僅約 4~8% 之性腺未發育而已。

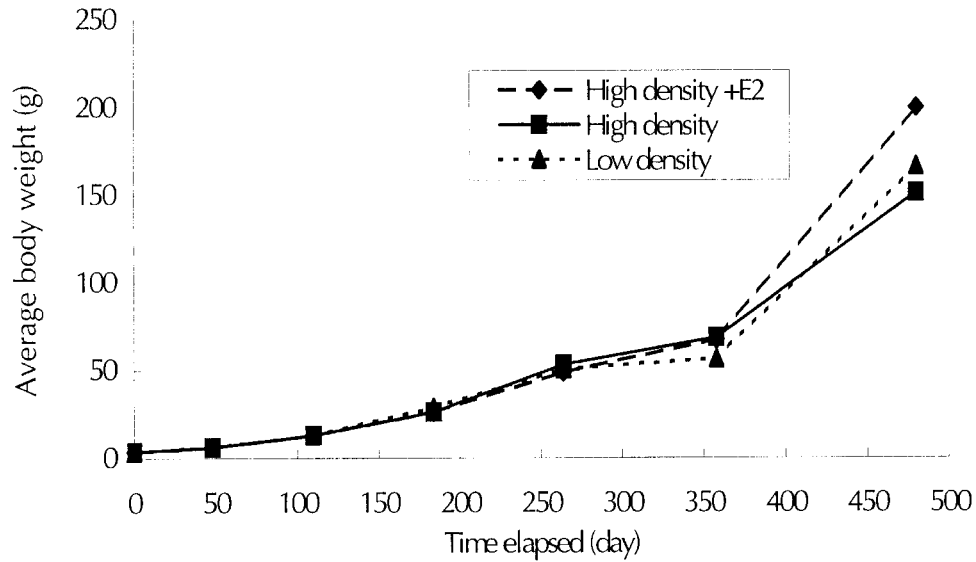


Fig. 1. Variation of average body weight of European eel *Anguilla anguilla* rearing under different stocking densities and fed with estradiol-17 β (60 mg/kg feed).

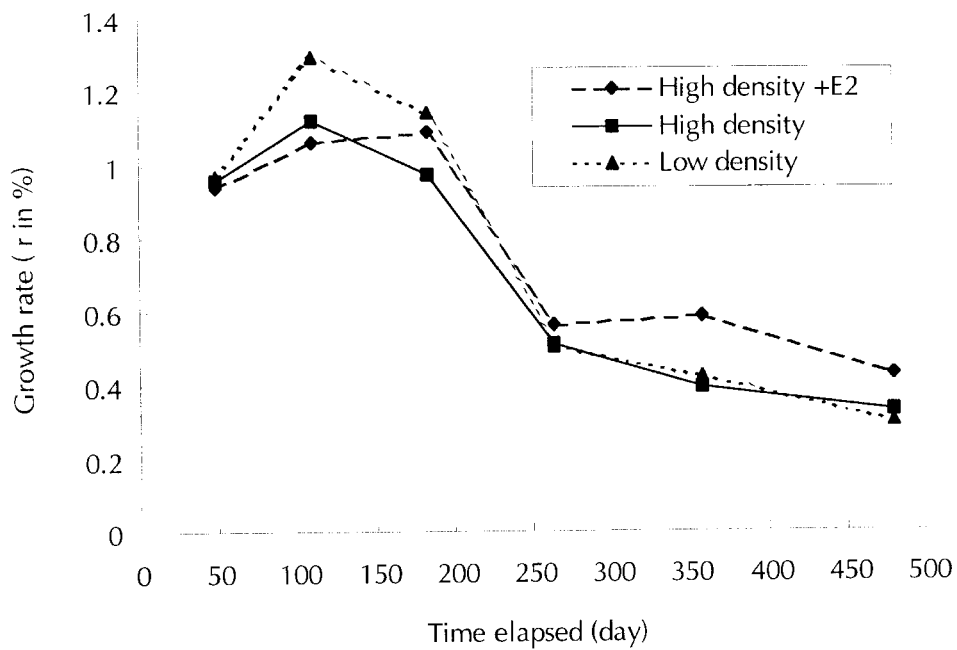


Fig. 2. Variation of growth rate of European eel *Anguilla anguilla* rearing under different stocking densities and fed with estradiol-17 β (60 mg/kg feed).

Table 2. Variation of daily growth rate (r%) and feed conversion rate (FCR) of European eel *Anguilla anguilla* in different period by different stocking densities or feeding E2 (60 mg / kg feed).

Period	High density +E2	High density	Low density
	r% (FCR)	r% (FCR)	r% (FCR)
1st (48days)	0.94(1.47)	0.95(1.44)	0.97(1.41)
2nd (64days)	1.06(1.66)	1.12(1.56)	1.29(1.27)
3rd (74days)	1.08(1.60)	0.97(1.82)	1.14(1.64)
4th (80days)	0.56(2.16)	0.51(1.90)	0.50(1.95)
5th (94days)	0.58(1.94)	0.39(1.96)	0.42(1.72)
6th (122days)	0.43(2.03)	0.33(1.70)	0.30(1.98)

討論

對大部分之硬骨魚類而言，雄性素為成長之促進因子，雌性素則否⁽¹⁶⁾。Chiba et al.⁽¹⁷⁾以 25 及 50 mg E2/kg feed 餵飼日本鰻 *A. japonica* 幼苗，得到顯著之成長效果。Degani⁽¹⁸⁾亦指出，50 mg E2/kg feed 或 0.5 mg MT/kg feed + 25 mg E2/kg feed 投餵歐洲鰻，結果成長情形顯著較控制組 (0 mg/kg feed) 為佳。又以含有 MT 1、5、10、15 mg/kg feed 及 E2 15 mg/kg feed 飼料餵飼成長緩慢之歐洲鰻苗，結果平均重量顯著增加⁽¹⁹⁾，顯然 E2 具成長促進效果。不過，Degani and Kushnirov⁽¹⁰⁾以不同 E2 含量 (0、30、60 mg/kg feed) 之飼料飼育歐洲鰻苗之結果，發現其成長並無顯著的差異，至於這兩項結論之所以有差異，其原因可能是由於使用之試驗鰻苗之屬性不同，前者係成長緩慢者，而後者則為正常成長者。本研究使用之鰻苗係為正常成長者，因此，其顯現的結果與 Degani and Kushnirov⁽¹⁰⁾兩位學者之研究所獲得的相類似。飼育前期，當超集約系統中之密度介於 7.5~22.5 kg/m²，添加 E2 並無法促進其飼料效率，在不同密度處理組及體型大小間亦無顯著差異，但隨飼育時間的增長，添加 E2 組之成長較為快速情形逐漸顯現 (如 Fig. 1 及 Fig. 2 所示)。Degani and

Levanon⁽²⁾指出，密度 0.3 kg/m² 之 0.35 g 鰻苗，較 1 kg/m² 及 0.5 kg/m² 者之攝餌情形為佳，惟其成長情形並沒有差異；而在養殖前期鰻魚大小分級與否並不影響總生物量及大小體型之分布，個別成長率亦不因大小分級而改變其常態分布⁽²⁰⁾，此與本研究之結果相同。雖然本研究中各密度及 E2 處理組間之 FCR 無顯著差異，但在後期 E2 處理組之 FCR 1.52 及 1.66 表現較佳 (Table 1)，若經長時間之蓄養或有利於產出較大體型 (上市體型) 之鰻魚。

Table 3. GSI value of *Anguilla anguilla* rearing in different stocking densities and fed with estradiol-17 β (60 mg/kg feed) (duration of rearing after treatment was 312 days).

Treatment	Sample no.	GSI
High density + E2	30	0.75 \pm 0.34*
High density	30	0.11 \pm 0.13
Low density	30	0.09 \pm 0.15

*Significant, p<0.05.

利用性荷爾蒙控制魚類性別之研究很多⁽²¹⁾。一般而言，雌性素可使雄魚雌性化，而雄性素則可將雌魚雄性化。鰻魚之性腺性別 (Gonadal sex) 係屬於雌雄異

體 (Gonochorism) 中之未分化型 (Undifferentiated)⁽²²⁾。在日本鰻之性別調控之研究方面，Sato et al.⁽²³⁾ 及 Chiba et al.⁽¹⁷⁾ 以口投含雌性素飼料分別達成 23.2~35.4% 及 95~100% 之雌性產生率。歐洲鰻亦可經由使用含 E2 飼料而有 70% 之雌性率⁽¹⁰⁾。本研究針對鰻魚之 GSI 變化進行探討，所得結果除了添加 E2 之飼料處理組外，其餘各組之性腺發育尚不明顯，而且經兩次 HCG 注射催熟處理後，性腺仍未增大，其原因可能係施打 HCG 之劑量不足（本研究 1 IU/g eel \approx 100 IU/eel；Degani and Kushnirov⁽¹⁰⁾，380 IU/eel；Kushnirov and Degani⁽²⁴⁾，800~1,000 IU/eel）或鰻魚之年齡尚小（2 齡）之故。本研究中 E2 處理組之性腺顯著的大於其他各組，此項結果顯示 E2 對歐洲鰻有誘導性腺之提早發育的作用。假使因此而性別被提早決定，那麼體長 40 cm 左右之雄鰻將減緩或停止成長⁽²⁵⁾ 而產出無法上市之小型鰻魚 (<150 g)，則對歐洲鰻之養殖有不利的影響，因此，使用上不可不慎。另外，雌雄之判定為有待繼續探討之課題，正進行性腺組織切片之研究，以究明三組成

長率的變化與性別分化之關連。

由於鰻魚對低密度之環境有相當程度之緊迫感，因此其攝餌強度常受影響，尤以大型鰻魚為甚。在超集約養鰻系統中若以低密度 (<12.5 kg/m²) 養殖，其例行之投飼管理不易標準化，影響試驗之準確性至鉅。在正常操作下，管理人員都會避免低密度之養殖。一般而言，假如鰻魚之攝餌情形良好，其養成結果也一定較佳，而無需藉助其他促進成長之手段。但如何能有效地保持鰻魚旺盛之攝餌慾，以促進其成長，當與飼育環境之條件、人工飼料之良窳以及鰻魚本身之屬性有密切關係，因此，亟待研究人員加以解明。另外，在嘗試以荷爾蒙促進成長或性轉變時，長期規劃上應加強有效藥劑、劑量、處理時機與時程之研究，並對種苗之族群來源及飼育環境條件等作探討；短期策略上，則應加強成長用之飼料或抑制性成熟用之飼料之研究。在鰻魚性別尚未分化前，加速其成長，以儘速達到上市體型。總之，應加強歐洲鰻有關之基礎研究，循序漸進，以確立可應用之技術，方能解決當前養殖歐洲鰻所遭遇的問題。

Table 4. Variation of GSI of European eel *Anguilla anguilla* with HCG injection.

<i>Tank no.</i>	<i>Treatment</i>	<i>Before injection</i> ^a	<i>After injection</i>
1	High density + E2	0.64 \pm 0.31	0.60 \pm 0.23
2	High density	0.05 \pm 0.03	0.07 \pm 0.06
3	High density	0.10 \pm 0.06	0.13 \pm 0.10
4	High density + E2	0.73 \pm 0.46	0.65 \pm 0.27
5	High density + E2	0.87 \pm 0.17	0.87 \pm 0.32
6	Low density	0.12 \pm 0.20	0.11 \pm 0.09
7	Low density	0.06 \pm 0.06	0.19 \pm 0.19
8	High density	0.17 \pm 0.21	0.10 \pm 0.11
Mean		0.34 \pm 0.34	0.34 \pm 0.33 ^b

^aSample size of tank 1-5 and 8 is 10 pcs/tank, while that of tank 6-7 is 15 pcs/tank. Accordingly, total sample no. of tank 1-8 is 90 pcs.

^bt-test, no significant ($p > 0.05$).

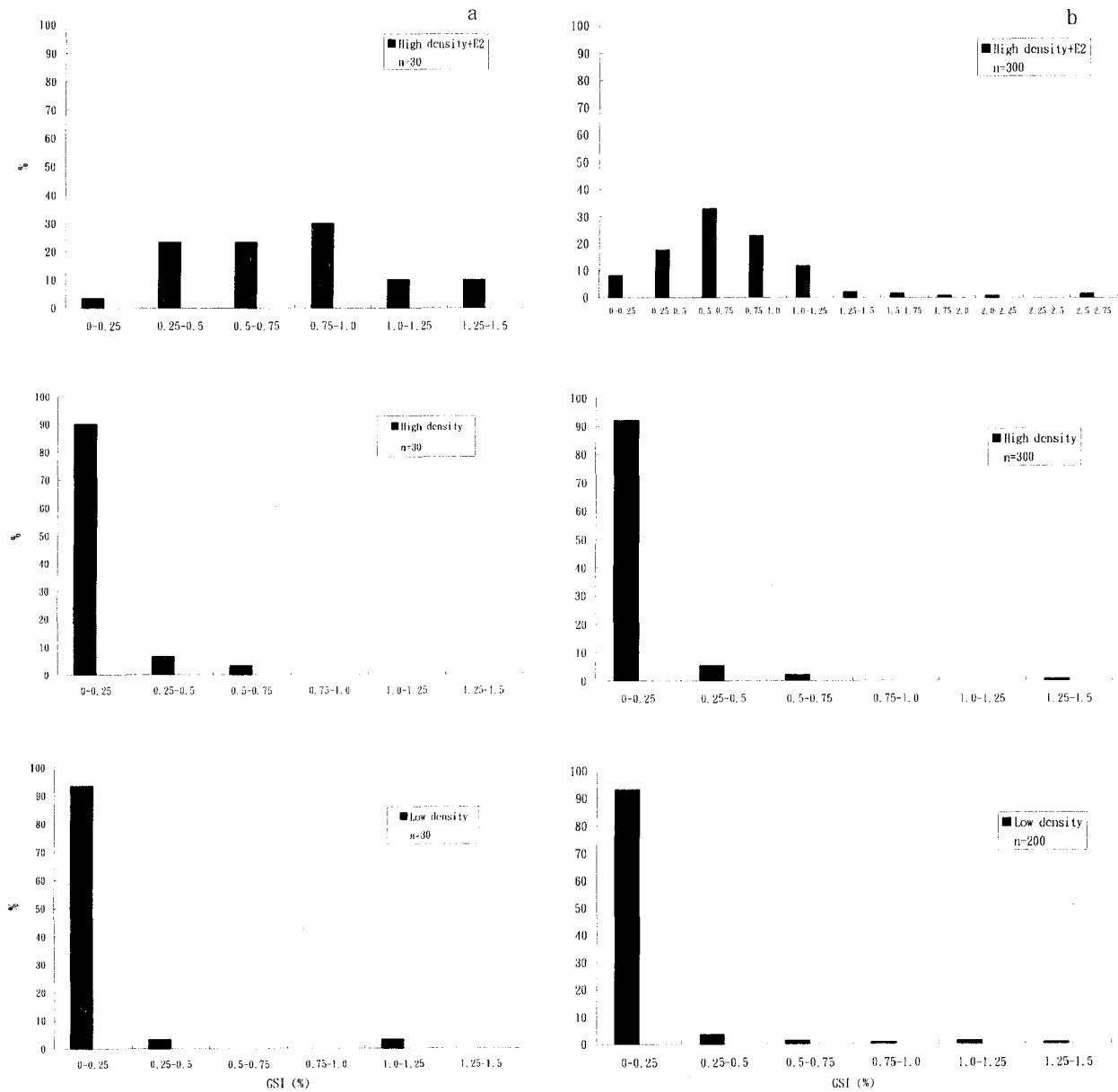


Fig. 3. Distribution of gonadosomatic index of European eel *Anguilla anguilla*. a: before HCG injection. b: after 2 HCG (1 IU/g eel) injection.

謝辭

試驗期間，同事張勝雄、潘泰安、簡煌彬君負責養殖系統之管理。另外，余俊欣、張涵小姐、陳信銜、江天賜君、郭淑貞小姐、黃順國君、吳惠雯小姐等在試驗工作上諸多幫忙，在此一併表示謝意。又，本試驗承農委會漁業生產自動化計畫經費支助，特此誌之。

參考文獻

1. 徐崇仁 (1997) 自動化超集約循環水養鰻專輯. 台灣

省水產試驗所-養殖漁業生產自動化技術服務團, 1-64.

2. Degani, G. and D. Levanon (1983) The influence of low density on food adaptation, cannibalism and growth of eels (*Anguilla anguilla* L.). *Bamidgeh*, 35: 53-60.

3. Holmgren, K., H. Wickstrom and P. Clevestam (1997) Sex-related growth of European eel, *Anguilla anguilla*, with focus on median silver eel age. *Can. J. Fish.*

- Aquat. Sci., **54**: 2775-2781.
4. Poole, W. R. and J. D. Reynolds (1996) Growth rate and age at migration of *Anguilla anguilla*. J. Fish Biol., **48**: 633-642.
 5. Rossi, R. and P. Villani (1980) A biological analysis of eel catches, *Anguilla anguilla* L., from the lagoons of Lesina and Varano, Italy. J. Fish Biol., **16**: 413-423.
 6. Knights, B. (1982) Body dimensions of farmed eels (*Anguilla anguilla* L.) in relation to condition factor, grading, sex and feeding. Aquacult. Eng., **1**: 297-310.
 7. Holmgren, K. and H. Wickstroem (1993) Sex dimorphism in cultured eel (*Anguilla anguilla* L.). Nord. J. Freshwat. Res., **68**: 80-90.
 8. Holmgren, K. (1996) Effect of water temperature and growth variation on the sex ratio of experimentally reared eel. Ecol. Freshwat. Fish, **5**: 203-212.
 9. Tesch, F. W. (1976) Biology and Management of Anguillid Eels. In The Eel (P. H. Greenwood ed.). Chapman and Hall. London, 434pp.
 10. Degani, G. and D. Kushnirov (1992) Effects of 17 β -estradiol and grouping on sex determination of European eels. Prog. Fish-Cult., **54**: 88-91.
 11. Degani, G. and M. L. Gallagher (1995) Growth and nutrition of eels. Laser Pages Publishing Ltd. Jerusalem, Israel.
 12. Malison, J. A., T. B. Kayes, B. C. Wentworth and C. H. Amundson (1988) Growth and feeding responses of male versus female yellow perch (*Perca flavescens*) treated with estradiol-17 β . Can. J. Fish. Aquat. Sci., **45**: 1942-1948.
 13. Gannam, A. L. and R. T. Lovell (1991) Effects of feeding 17 α -methyltestosterone, 11-Ketotestosterone, 17 β -estradiol, and 3, 5, 3-triiodothyronine to channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Aquaculture, **92**: 377-388.
 14. Woo, N. Y. S., A. S. B. Chung and T. B. Ng (1993) Influence of oral administration of estradiol-17 β and testosterone on growth, digestion, food conversion and metabolism in the underyearling red sea bream, *Chrysophrys major*. Fish Physiol. Biochem., **10**: 377-387.
 15. Zou, J. J., V. L. Trudeau, Z. Cui, J. Brechin, K. Mackenzie, Z. Zhu, D. F. Houlihan and R. E. Peter (1997) Estradiol stimulates growth hormone production in female goldfish. Gen. Comp. Endocrinol., **106**: 102-112.
 16. Donaldson, E. M., U. H. Fagerlund, D. A. Higgs and I. R. McBride (1979) Hormonal enhancement of growth in fish. In Fish Physiology, (W. S. Hoar, D. J. Randall, and J. R. Brett eds.), Vol. 8. Academic Press, New York, NY, 455-497.
 17. Chiba, H., K. Iwatsuki, K. Hayami and K. Yamauchi (1993) Effects of dietary estradiol-17 β on feminization, growth and body composition in the Japanese eel (*Anguilla japonica*). Comp. Biochem. Physiol., **106A**: 367-371.
 18. Degani, G. (1986a) Effect of combined dietary 17 β -estradiol and 17 α -methyltestosterone on growth and body composition of European eels (*Anguilla anguilla*). Aquaculture, **59**: 169-175.
 19. Degani, G. (1986b) Effect of dietary 17 β -estradiol and 17 α -methyltestosterone on growth and body composition of slow-growing elvers (*Anguilla anguilla* L.). Comp. Biochem. Physiol., **85A**: 243-247.
 20. Kamstra, A. (1993) The effect of size grading on individual growth in eel, *Anguilla anguilla*, measured by individual marking. Aquaculture, **112**: 67-77.
 21. Yamazaki, F. (1983) Sex control and manipulation in fish. Aquaculture, **33**: 329-354.
 22. Yamamoto, T. (1969) Sex differentiation. In Fish Physiology, (W. S. Hoar and D. J. Randall eds.), Vol. III, Academic Press, London, New York, 117-175.
 23. Satoh, H., Y. Nimura and T. Hibiya (1992) Sex control of the Japanese eel by an estrogen (DES-Na) in feed. Nippon Suisan Gekkaishi, **58**: 1211-1218.
 24. Kushnirov, D. and G. Degani (1995) Sexual dimorphism in yellow European eel *Anguilla anguilla*. Aquacult. Res., **26**: 409-414.
 25. Egusa, S. (1970) Notes on sex and growth of European eels in freshwater eel-rearing ponds. Nippon Suisan Gakkaishi, **36**: 1224-1225.

Chung-Zen Shyu¹, Shiarn-Chiang Chou¹, Hui-Wen Hsu¹, and I Chiu Liao²

¹Department of Aquaculture, Taiwan Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Rd., Keelung 202, Taiwan.

²Taiwan Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Rd., Keelung 202, Taiwan.

(Accepted 15 June 1997)



Relationship of Different Stocking Densities and Estradiol-17 β on the Growth and Gonadal Development of European Eel *Anguilla anguilla*

Abstract

Most of the studies aimed at increasing the growth rate of the eels using hormone treatments were on juvenile eels. In this study, European eels with an average weight of 3.1 ± 1.1 g were stocked in a superintensive recirculating aquaculture system in 3 treatment groups, i. e. groups of high stocking density ($22.5 \text{ kg} / \text{m}^2$) with or without estradiol-17 β ($60 \text{ mg} / \text{kg feed}$) and a low density ($7.5 \text{ kg} / \text{m}^2$) group. The experiment was divided into 6 periods, having total of 482 days. After 312 days of feeding trial, samples from the 3 groups were injected with HCG ($1 \text{ IU} / \text{g}$) twice in two weeks and gonads were investigated. Eels in the low density group grew faster than eels in the high density group with or without E2 treatment in the previous period (62 days after treatment) until about 20 - 30 g each. Then individuals in the high density group with E2 caught up and grew faster compared with the other two groups in the remaining period. The GSI of eels in the high density group with E2 was significantly higher than the GSI of the eels in the other two groups.

Key words: *Anguilla anguilla*, Estradiol-17 β