

循環濾過式飼育裝置에서 틸라피아의 成長을 爲한 最適溶存酸素量

金仁培 · 禹榮培*

부산수산대학 양식학과 *동우전문대학 양식과

Optimum Dissolved Oxygen Level for the Growth of Tilapia in the Recirculating Water System

In-Bae KIM and Young-Bae WOO*

Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan,
Taeyon-dong, Nam-gu, Pusan 608-737, Korea

* Department of Aquaculture, Dong-U Junior College,
Kangwon-do 217-060, Korea

ABSTRACT

A growth experiment of tilapia (offsprings of the hybrid between *Oreochromis niloticus* and *O. mossambicus*) under different dissolved oxygen levels in the recirculating water system was conducted at the Fish Culture Experiment Station of the National Fisheries University of Pusan from February 4 to March 5, 1986.

Six tanks with a capacity of 1.8 m³ of water each were used under the same condition of water parameters except for dissolved oxygen levels which were designated to maintain at 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 and 4.0 mg/l. Each tank was stocked with 90 kg of fish each averaging 64 to 69 grams. The average water temperature during the course of the experiment was 22.5°C.

The results obtained are summarized as follows: The food conversion efficiencies were very good, being 1.05~1.11 at 3.5, 3.0, 2.5 and 2.0 mg/l DO levels without any significant differences among them, but at 4.0 mg/l the F. C. was 1.39 and at 1.5 mg/l it was 1.61 being very poor compared with the others.

The daily growth rate performance was best at 3.5 mg/l dissolved oxygen level followed by 3.0 and 2.5 mg/l with slight differences while at 4.0 and 2.0 mg/l DO levels the growths were significantly poor, and at 1.5 mg/l DO level it was extremely poor. In 1.5 mg/l group, the fish did not accept feed vigorously and after feeding the fish usually concentrated around the inflow point showing oxygen deficiency response. While at 4.0 mg/l high feeding rates tended to waste significant amounts of feed while eating and led to water deterioration, and above these levels the results is considered to lead to a waste of energy with uneconomical performance.

On the other hand, at and below 2.0 mg/l DO level the tilapia certainly showed a poor growth performance. The experiment indicates that the DO range of 2.5~3.5 mg/l is the optimum level for the good growth performance.

緒 論

Tilapia는 全世界的으로 脚光을 받기 시작한 養殖魚類(Suffern, 1980 ; Chen, 1977 ; Stickney, 1979 ; Haller and Parker, 1981 ; Balarin, 1981, 1982)로 우리나라에서도 飼育이 되고 있다. 그러나, 이들 틸라피아 飼育은 大部分 熱帶나 亞熱帶의 露池內에서 飼育되며, 탱크내 高密度 飼育은 比較的 最近에 와서 試圖되고 있다. 특히, 우리나라와 같이 氣候의으로 틸라피아의 露池飼育이 어려운 곳에서는, 加溫越冬을 爲해서도 高密度 飼育法의 開發은 必須의인 問題라 할 수 있다. 따라서, 集約的인 飼育管理를 함으로써 土地의 利用을 極代化시키며, 合理的이고 經濟的인 養殖經營을 追求하기 爲하여 좁은 空間에서 高密度로 飼育管理하는 循環濾過裝置가 考案되어 이 형식이 國內에서 普及되고 있는 實情이다 (Kim, 1980). 또 無濾過循環水 탱크 利用 Tilapia의 高密度飼育實驗에 關한 報告도 있었다 (Kim, 1983).

Tilapia를 高密度로 飼育管理하는 데 있어서, 制限條件中的의 하나는 溶存酸素이다. 適切한 酸素의 供給이 없이는 成長을 期待할 수 없음은 물론 過度한 酸素의 供給은 動力의 損失, *Columnaris* 發病 可能性 (金·李, 1981) 등 問題點이 수반된다.

魚類의 酸素要求에 對한 研究는 廣範圍하게 遂行되어 왔으며, 특히 연어科 魚類에 集中的인 研究가 이루어졌다 (Alabaster et al., 1979 ; Brooker et al., 1977 ; Dandy, 1970 ; Dorfman et al., 1969). 이들 報告에 依하면 연어科 魚類의 致死 溶存酸素量은 3.4 mg/l 以下이고, 그 외의 種類는 3.0 mg/l 以下이다. 그러나 틸라피아의 成長에 必要한 適正酸素量에 대해서는 전혀 報告된 바 없다.

本研究는 우리나라에서 飼育되고 있는 틸라피아를 實驗對象으로 循環濾過裝置에서 最大成長을 爲한 適正溶存酸素量을 알아냄으로써, 飼育裝置內의 에너지 利用을 計劃化하고 틸라피아 生産의 效率를 높일 수 있는 基礎를 마련하고자 하였다.

材料 및 方法

1986年 2月 4일부터 3月 5일까지 (30日間) 釜山水產大學 養魚場 循環濾過탱크에서 實施하였다.

1. 材 料

實驗魚는 同大學 養魚場에서 孵化시킨 tilapia仔魚 (*Oreochromis niloticus*와 *O. mossambicus* 사이의 雜種)를 못에서 飼育한 後 循環濾過탱크에 옮겨 1985年 11月 31일까지 1個月間 飼育시킨 다음, 2個月 前부터 同一한 條件下에 豫備實驗을 實施한 平均 65 g정도 되는 魚體를 本實驗에 使用하였다.

飼料는 同大學 魚類養殖 實驗室의 feed chopper를 利用하여 pelleting한 蛋白質 含量 약 32% 되는 것이었으며 제조후 冷風 飼料乾燥器에서 約 4時間 冷風乾燥 後 實驗에 利用하였으며, 飼料는 每日 製造하여 供給하였다.

實驗탱크는 Kim (1980)이 利用한 循環濾過裝置에 붙여 만든 施設 (總數量 1.8 m³ 탱크 6個)을 實驗에 利用하였다. 이 탱크는 네 귀를 깎아 죽인 四角形으로 1변이 1.6 m, 平均水深 0.8 m, 水量 1.8 m³이고 飼料찌꺼기 및 汚物은 飼育탱크의 바닥 中央排水路를 通하여 빠져나가 沈澱槽에서 分離되도록 設計되었다.

2. 方 法

飼料供給은 每日 08 : 00~18 : 00 時까지 1時間 間隔으로 直接 손으로 供給하였다. 飼料供給量은 DO濃度에 따라 飼料攝取量의 차이가 있어서 飼料攝取狀態를 1時間 單位로 觀察하면서 滿腹 (ad libitum) 狀態가 되도록 供給하였다.

DO는 1日 24回 (1時間 間隔) oxygen meter (Model OXI 91, W. GERMANY)를 利用하여 測定하고, 6個의 탱크를 溶存酸素 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 및 4.0 mg/ℓ로 調節하였다. 循環水量은 平均 20 ℓ/min로 各 탱크에 流入數量을 同一하게 維持하였고, 不足한 酸素는 air pump를 利用하여 各 탱크에 air stone을 通하여 分散供給하였다. 암모니아는 spectrophotometer (Model Spectronic 21)를 利用하여 週 1回 測定하였고, pH는 ion meter (Orion 407)를 利用하여 週 1回 測定하였다.

實驗期間中 各 탱크의 條件은 Table 1와 같다.

Table 1. DO concentration in the water for the rearing experiment

	Designated DO concentration (mg/ℓ)					
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Mean	1.57	2.08	2.49	3.08	3.51	3.94
Range	1.3~2.7	2.1~3.2	2.1~3.2	2.7~3.5	3.1~4.0	3.5~4.7

Mean and the range of water temperatures were 22.5°C and 21.9~23.3°C ; NH₄-N, 7.20 mg/ℓ and 5.07~7.50 mg/ℓ ; and NO₂-N, 0.10 mg/ℓ and 0.08~0.14 mg/ℓ, respectively and pH stood at 6.8.

結 果

實驗期間中의 成長結果는 Table 2에 前後期로 區分하여 나타내었다.

Table 2. Results of the rearing experiment from February 4 to March 5, 1986 (for 30 days)

Experi- mental period	DO conc. (mg/ ℓ)	Weight-unit in kilogram											
		Initial		Final			Mortality No.(Weight)	Feed* used	Body Incre- ment	Feed coef- ficient	Growth rate		
		No.	Weight	Mean	No.	Weight					Mean	Total (times initial wt.)	Daily (%)
First half (15 days)	1.5	1387	90.0	0.065	1386	99.8	0.072	1(0.037)	16.48	9.8	1.68	1.109	0.691
	2.0	1382	90.0	0.065	1382	108.2	0.078		18.91	18.2	1.04	1.202	1.235
	2.5	1401	90.0	0.064	1401	110.0	0.078		20.03	20.0	1.00	1.222	1.347
	3.0	1350	90.0	0.067	1350	111.2	0.082		20.96	21.2	0.99	1.236	1.420
	3.5	1309	90.2	0.069	1307	112.2	0.086	2(0.049)	22.40	22.0	1.02	1.244	1.466
	4.0	1381	90.0	0.065	1379	106.3	0.077	2(0.079)	23.28	16.3	1.43	1.181	1.116
Second half (15 days)	1.5	1386	99.8	0.072	1385	109.7	0.079	1(0.040)	15.12	9.9	1.53	1.099	0.633
	2.0	1382	108.1	0.078	1381	122.9	0.089	1(0.045)	17.63	14.8	1.19	1.137	0.859
	2.5	1401	109.9	0.078	1401	128.9	0.092		20.70	19.0	1.09	1.173	1.069
	3.0	1350	111.2	0.082	1350	133.1	0.099		24.60	21.9	1.12	1.197	1.206
	3.5	1307	112.2	0.086	1307	134.0	0.102		25.51	21.8	1.17	1.194	1.191
	4.0	1381	106.3	0.077	1380	125.7	0.091	1(0.047)	26.24	19.4	1.35	1.183	1.124
Whole	1.5	1387	90.0	0.065	1385	109.6	0.079	2(0.077)	31.59	19.6	1.61	1.218	0.659
	2.0	1382	90.0	0.065	1381	122.9	0.089	1(0.045)	36.54	32.9	1.11	1.366	1.044
	2.5	1401	90.0	0.064	1401	128.9	0.092		40.73	38.9	1.05	1.432	1.205
	3.0	1350	90.0	0.067	1350	133.1	0.099		45.56	43.1	1.06	1.479	1.313
	3.5	1309	90.2	0.069	1307	134.0	0.102	2(0.049)	47.91	43.8	1.09	1.486	1.328
	4.0	1381	90.0	0.065	1378	125.7	0.091	3(0.126)	49.48	35.7	1.39	1.397	1.120

* In this experiment the feed used contained about 15% moisture.

前期 (1986年 2月 4日~1986年 2月 18日)에는 溶存酸素 3.0 mg/l 濃度에서 飼料係數 0.99로 가장 좋은 結果를 얻었고, 다음으로 2.5, 3.5, 2.0 mg/l의 濃度順이었으며, 4.0, 1.5 mg/l의 濃度에서 가장 低調했다. 一日成長率은 3.5 mg/l 濃度에서 가장 좋은 結果를 얻었고, 그 다음으로 3.0, 2.5, 2.0 mg/l 濃度順이었으며, 4.0, 1.5 mg/l의 濃度에서 가장 低調했다.

後期 (1985年 2月 19日~1986年 3月 5日) 實驗의 結果는 DO 2.5 mg/l와 3.0 mg/l에서 각각 飼料係數 1.09, 1.12로서 가장 좋은 結果를 얻었고, 그 다음으로 3.5, 2.0 mg/l 濃度順이었으며, 4.0, 1.5 mg/l의 濃度에서 가장 低調했다. 一日成長率은 3.0, 3.5 mg/l 濃度에서 가장 좋은 結果를 얻었고, 2.0, 1.5 mg/l 濃度群에서 가장 低調했다.

以上 前後半期 實驗을 綜合한 結果, 溶存酸素 3.5, 3.0, 2.5 mg/l 實驗群이 좋은 成長을 나타내었고, 溶存酸素 1.5, 4.0 mg/l 濃度群에서는 成長이 좋지 않은 現狀이 나타났으며, DO濃度에 따른 飼料攝取量과 飼料效率과의 關係는 Fig. 1에 나타난 것처럼 溶存酸素가 增加함에 따라 飼料攝取量은 增加했으나, 飼料效率은 溶存酸素濃度 4.0 mg/l 群에서는 갑자기 減少했다. 또, 實驗期間동안 溶存酸素 4.0 mg/l 群에서는 攝取한 먹이의 상당部分이 녹아 나와서 水質惡化를 招來했다.

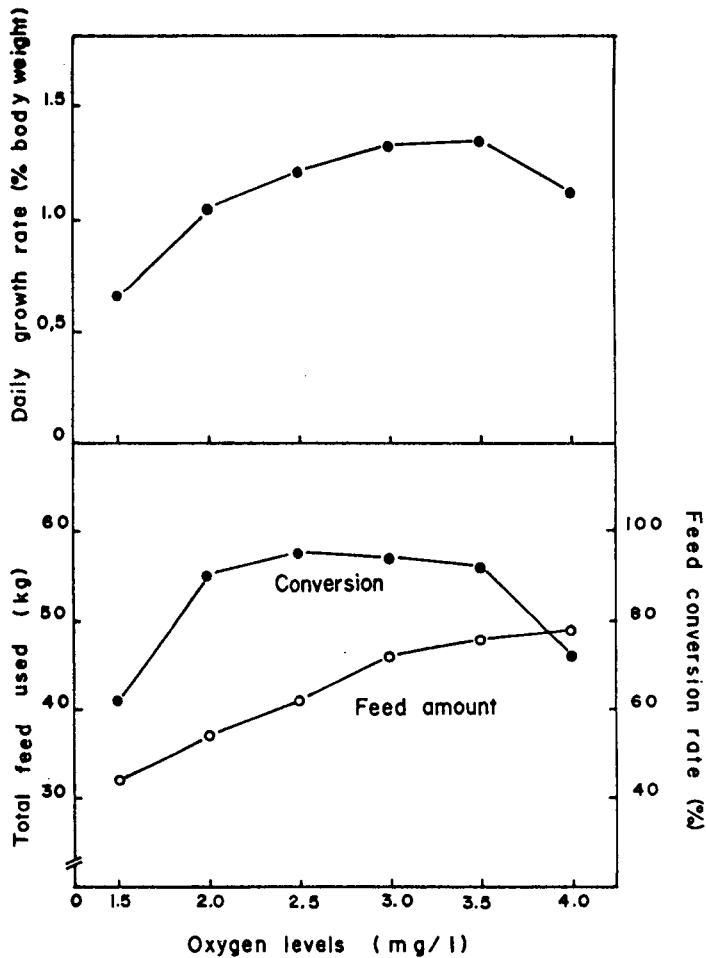


Fig. 1. Daily growth rate at different D.O. levels and the relationship between total amount of feed used during experiment and feed conversion rate when reared at 22.5°C in mean water temperature.

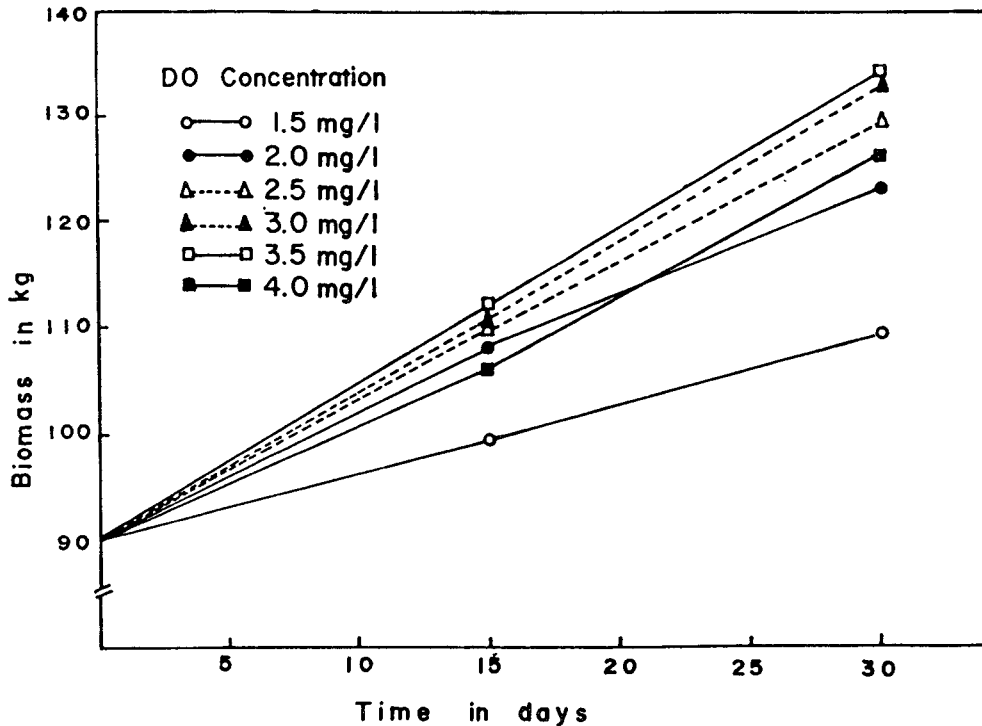


Fig. 2. The growth curves of the tilapia (offspring of the hybrid between *Oreochromis niloticus* & *O. mossambicus*) under varied dissolved oxygen concentrations at 22.5°C.

考 察

溶存酸素에 對한 報告는 主로 연어科 魚類의 致死濃度 및 産卵과 稚魚飼育에 必要한 要求量에 局限되어 있고 (Alabaster et al., 1979 ; Alderdice et al., 1958 ; Brooker et al., 1977 ; Dandy, 1970 ; Dorfman and Whitworth, 1969), 溶存酸素과 成長과의 關係에 對하여는 Adelman and Smith (1970)가 報告한 northern pike의 境遇 3~4 mg/l 以下에서 서서히 成長이 減少됨이 報告되어 있고, 또 Kim 등(1986)의 이스라엘계 잉어의 成長을 위한 最適溶存酸素量에 關한 報告가 있다.

틸라피아의 경우, 成長에 必要한 適切한 溶存酸素量에 對해서는 前述한 바와 같이 전혀 報告된 바 없고, 거의 모든 報告가 틸라피아는 環境의 變化에 對한 抵抗性이 強하다는 程度로 言及하고 있다.

本實驗의 結果로 循環濾過裝置에서 溶存酸素를 3.5 mg/l 以上으로 供給하는 일은 循環水量의 增加를 意味하므로 循環펌프의 動力을 增加시키는 結果를 招來하여 經費의 損失을 가져올 것으로 보인다.

本實驗 期間동안 溶存酸素濃度 1.5 mg/l 實驗탱크에서는 飼料攝取 後 大部分의 고기가 注水口 쪽으로 붙여 심한 酸素缺乏現象을 나타냈는데, 이러한 現象은 飼料攝取量을 制限함은 물론 飼料의 消化吸收力을 減少시키는 것으로 思料된다. 따라서, 循環濾過裝置에서 틸라피아를 飼育할 때에는 水溫 22.5°C 程度에서는 2.0 mg/l에서 3.5 mg/l 程度의 溶存酸素를 유지시키는 것이 타당하다고 하겠다. 그러나, 溶存酸素量을 3~3.5 mg/l까지 늘려도 成長率에 큰 增加가 없었다 (Fig. 1). 이 實驗期間中 飼料攝取量과 成長率이 낮은 것은 比較的 낮은 水溫의 影響때문인 것으로 思料된다.

實驗期間中 水質條件을 檢討해 보면, NH₄-N의 量이 平均 7.20 mg/l로 틸라피아 飼育에는 지장이 없는 數值였다 (Stickney, 1979). 溶存酸素濃度 1.5, 3.5, 4.0 mg/l 群에서 각각 2尾, 2尾, 3尾의 斃死가

있었는데, 그 原因에 對해서는 앞으로 研究 檢討되어야 할 것으로 思料된다.

本實驗에 利用한 飼料은 水分含量 15%로서 商品飼料의 一般의인 水分含量 10% 以下와 比較했을 때, 상당히 높은 量으로 飼料效率에 影響을 미쳤을 것으로 思料되며, 따라서 보다 乾燥된 飼料로 換算하면 그만큼 飼料效率이 더 좋아진 것으로 解釋된다.

앞으로 循環濾過裝置에서 틸라피아를 飼育할 때에는 溶存酸素濃度를 2.0 mg/l에서 3.5 mg/l 程度의 範圍內에서 維持시키고 水温을 보다 높게 維持시킴과 아울러 암모니아 등에 對한 水質管理가 隨伴된다면, 效率의인 에너지利用은 물론 成長率에 있어서도 보다 좋은 結果를 얻을 수 있으리라 思料된다.

要 約

釜山水產大學 魚類養殖實驗室 循環濾過裝置에서 1986年 2月 4일부터 3月 5일까지 溶存酸素量에 對한 틸라피아의 成長效果를 알아보기 위한 實驗이 遂行되었다. 6個의 循環濾過裝置를 利用하여 同一條件에서 DO濃度 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 및 4.0 mg/l로 調節하여 實驗했고, 實驗魚는 平均 65 g 정도로 各 탱크에 90 kg씩 放養 飼育하였다. 放養 後의 飼育結果는 다음과 같다.

實驗全期間동안 溶存酸素濃度 3.5, 3.0, 2.5, 2.0 mg/l 群은 飼料係數 1.05~1.11사이에서 거의 비슷한 좋은 成長結果를 나타낸 반면, 4.0, 1.5 mg/l 群에서는 1.39, 1.61로 低調했다. 그리고, 飼料攝取量은 溶存酸素量의 增加에 따라 꾸준히 增加했으나, 成長率은 溶存酸素 1.5 mg/l, 2.0 mg/l을 除外하면 거의 비슷했다. 따라서, 溶存酸素量을 3~3.5 mg/l까지 올려도 成長率에 큰 增加가 없었다. 實驗 期間동안 溶存酸素 1.5 mg/l 群에서는 飼料攝取가 活潑하지 않았으며 飼料를 먹고난 後 大部分이 注水口에 물려 심한 酸素缺乏現象을 나타냈다.

以上の 結果를 綜合해 볼 때 平均水温 22.5℃ 程度의 循環濾過裝置에서, 溶存酸素濃度 2.5, 3.0 mg/l 및 3.5 mg/l 濃度群에서 거의 같은 좋은 成長率과 飼料效率을 나타냈으므로 溶存酸素濃度를 2.5 mg/l와 3.5 mg/l 사이에 維持시키면 에너지 效率面에서 經濟的이 된다고 思料된다.

參 考 文 獻

- Adelman, I. R. and L. L. Smith. 1970. Effect of oxygen on growth and food conversion efficiency of northern pike. *Prog. Fish-Cult.* 32 : 93-96.
- Alabaster, J. S., D. G. Shurben and M. J. Mallett. 1979. The survival of smolt of salmon (*Salmo salar*) at low concentrations of dissolved oxygen. *J. Fish Biol.* 15 : 1-8.
- Alderdice, D. F., W. P. Wickett and J. R. Brett. 1958. Some effects of temporary exposure to low dissolved oxygen levels on Pacific salmon eggs. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 15 : 229-249.
- Balarin, J. D. 1981. Kenya cement factory develops intensive tilapia farming system. *Aquaculture Mag.* 7 : 46-47.
- _____. 1982. Kenya pioneers intensive tank culture of tilapia. *ICLARM Newsletter* 5 : 17-18.
- Brooker, M. P., D. L. Morris and R. J. Hemsworth. 1977. Mass mortalities of adult salmon (*Salmo salar*) in the River Wye. *J. Appl. Ecol.* 14 : 409-417.
- Chen, T. P. 1977. Monosex tilapia culture (Monosex tilapia culture in Taiwan). *Fish Farming International* 4 : 15-16.
- Dandy, J. W. T. 1970. Activity response to oxygen in the brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell). *Can. J. Zool.* 48 : 1067.
- Dorfman, D. and W. R. Whitworth. 1969. Effects of fluctuations of lead, temperature and dissolved oxygen on the growth of the brook trout. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 26 : 2493-2501.
- Haller, R. D. and I. S. C. Parker. 1981. New tilapia breeding system tested on Kenya farm. *Fish*

- Farming International 8 : 14-18.
- Kim, I.-B. 1980. Pilot scale fish production in water recycling system. Bull. Korean. Fish. Soc. 13 : 195-206.
- Kim, I.-B. and S.-H. Lee. 1981. Fish growth experiment in a green water recirculating system. Bull. Korean Fish. Soc. 14 : 233-238.
- Kim, I.-B. 1983. High density tilapia culture in recirculating water system without filter bed. Bull. Korean Fish. Soc. 16 : 59-67.
- Kim, I.-B. and P.-K. Kim. 1986. Optimum dissolved oxygen level for the growth of Israeli strain of common carp, *Cyprinus carpio* in the recirculating water system. Bull. Korean Fish. Soc. 19 : 581-585.
- Stickney, R. R. 1979. Principles of warmwater aquaculture. John Wiley & Sons, Inc. pp. 375 New York.
- Suffern, J. S. 1980. The potential of tilapia in United States aquaculture. Aquaculture Magazine 6 : 14-18.