Bull. Korean Fish. Soc. 16(2), 59—67, 1983 韓水誌 16(2), 59—67, 1983

無濾過循環水 탱크利用 Tilapia의 高密度 飼育實驗

金 仁 培
釜山水産大學 養殖學科

High Density Tilapia Culture in a Recirculating Water System without Filter Bed

In-Bae KIM
Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan
Namgu, Pusan, 608 Korea

An experiment on the rearing of tilapia stocked in closed recirculating tanks eliminating biological filter beds was carried out at the Fish Culture Experiment Station of the National Fisheries University of Pusan, from May 18 through October 21, 1982, and the growth rates, feed conversion, water quality, spawning prevention and space utilization efficiency were discussed. Finally discussed is the feasibility on the establishment of commercial production units.

On the water quality, the water temperature ranged from 22.8°C to 29.1°C, and total ammonia arround 10 ppm or slightly up.

Maintaining phytoplankton bloom was not successful probably because of the active consumption by the heavily stocked tilapia. Several attempts were made by changing the culture water with green water from a nearby earthen pond with results of fading-away in a couple of days.

Feed conversions were relatively high ranging from 0.9 to 1.2 except for experiment 1 when the fish were not fully recovered from weakened wintering state. The feed used was partly laboratory prepared 25% protein diet and mostly commercially available 39% protein carp feed.

Spawning was completely controlled during the experiment, resulting from density effect, which ranged from 10 *kg* to 40.7 *kg* per square meter with water depth of 0.5 to 0.6 *m*.

Space utilization efficiency was very high. Daily net production from the experiment division 3, which showed the highest result, was 6.206 *kg* per tank, which is calculated 3,235 metric tons per hectare per year. This time, water temperature ranged from 27.8 to 29.1°C, average being 28.4°C, and total ammonia arround 10 ppm.

An estimation for the commercial set-up of the production system based on the results of experiment divisions which had initial stocking rate 15 kg/m^2 or up, is made. If the total facility, 8 tanks comprising 53 m^2 in surface area, is used for the present study, the yield would become 5,639 *kg* from 200 day rearing, which would be possible under double sheets vinyl house without additional heating, and it is thought feasible in the economic view point, when 10 or more units are operated.

緖 言

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 우리 나라에서도 그 飼育이 試圖되어 오고 있다. 그러나, 高度로 制限된 面積과 水源 때문에 在來式 池中養殖에 의해서는 앞날의 發展이 그다지 밝지못하다. 더욱이 우리 나라와 같이 긴 겨울의 低水溫 期間을 가지는 곳에서는, 넓은 面積에 低密度로 飼育하기란 거의 不可能한 일이다. 그러므로, 加溫越冬을 위해서도 高密度 飼育法의 開發은 必須的인 문제라 할 수 있다.

高密度 飼育 裝置에는 濾過槽가 必須的으로 要求된다 해도 過言이 아니다. 그러나, 濾過槽를 설치하는 일은 많은 費用과 面積이 所要되고, 그만큼 越冬加溫費用도 많아진다. 그래서, 濾過槽가 없는 循環飼育施設에서의 Tilapia의 高密度 飼育을 試圖해보고 그 結果를 報告하는 바이다. 이 試圖는 Kim and Kang(1982) 이 報告한 Tilapia의 잉어와의 混合 成長實驗 結果를 참작하고, 그 施設에서 Tilapia만을 收容하고 事業生産的인 側面에서 檢討한 것이다.

方 法

1982年 5月 18日부터 10月 21日까지 釜山水産大學 養魚場 循環水 飼育 施設에서 Tilapia를 飼育한 結果이다.

여기 使用된 施設은 Kim and Kang(1982) 이 使用한 同一施設이며, 8個의 탱크로 구성된 無濾過槽 循環魚類飼育施設의 一部를 利用하였다.

實驗에 使用된 Tilapia는 *Tilapia nilotica* 및 *T. mossambica* 사이의 雜種과 붉은 Tilapia가 섞여 있었다.

처음에는 1個의 탱크를 利用하여 5月 18日부터 6月 1日까지의 45日間, 이어서 6月 3日부터 8月 3日까지의 32日間, 그리고, 8月 5日부터 8月 19日까지의 16日間의 3期間에 걸쳐서, 크기가 고르지 못한 Tilapia 4,308마리 70.33 *kg* (平均 16.5 *g*)를 길러서 4,077마리 285.1 *kg*(平均 69.9 *g*) 되도록 成長시켰다.

第4－第6 試驗區에서는 第3試驗區에서 生産된 것을 魚體의 크기別로 나누어 3個의 탱크에 分割 收容하고 飼育하였다.

이 中 第1 및 第2試驗區는 硏究室에서 만든 蛋白質含量 25%되는 Pellet 먹이를 Crumble化 하여 供給하였으며, 第3 및 그 다음의 第4－6 試驗區에서는 蛋白質含量 39%의 市販商品飼料를 利用하였다 (Table 1).

飼料는 그 成分이 完全한 것으로 認定되었지만 그래도 成分 결함에 의한 영향을 염려하여 해캄을 採集供給했다. 해캄은 生體量의 10%를 乾燥量으로 하여 飼料 供給量 計算에 合算하였다.

Table 1. Feeds used for the experiment

(%)

Ingredient	Laboratory feed*1)	Commercial feed*2)
Fish meal	20	43
Krill meal	10	—
Bread (waste)	64	—
Rice polish bran, etc. (defatted)	—	32
Soybean meal, etc.	—	18
Malt	2	—
Grass	1	—
Mineral mixture	1	--
Salt	1	—
Vitamin premixture (Grosol, Bayer)	1	—
Others (Not specified)	—	7
Protein content	25	39

* 1) Used for the experiment divisions 1 and 2.
* 2) Used for divisions 3 through 6.

水質點檢을 爲해서 水溫, 溶存酸素, pH 및 導電率은 Horiba 水質計 U－7을 使用하였고 암모니아量은 Orion 407 이온메터를 使用했다.

結 果

結果의 槪要는 Table 2에 나타난 바와 같이 처음 45일간의 第1實驗區에서는 水溫이 平均 25°C로 유지되었는데도 불구하고 1日成長率 0.99%, 飼料係數 1.79(25% 蛋白質 飼料)라는 좋지않은 成長結果였지만 越冬狀態로부터 完全히 벗어난 그 다음 期間인 第2實驗區에서는 1日成長率 1.65%, 飼料 係數 1.21 (25% 蛋白質 飼料)이 되었다. 第3實驗區에서는 1日成長率 2.71%, 飼料係數 0.89 (39% 蛋白質飼料)였고, 水溫이 내려간 第4－6實驗區에서는 1日成長率 1.03～1.23%, 飼料係數 1.17～1.20(39% 蛋白質飼料)로 나타났다.

以上의 各試驗區의 內容을 좀 더 詳細히 說明해 보면 다음과 같다.

Table 2. Growth of tilapia in a pilot scale recirculating system, 7m^2, without filter bed in 1982

Division	Period (days)	Water temp. (mean) (°C)	Stocking (g) No.	Stocking (g) Weight	Stocking (g) Mean	Yield (g) No.	Yield (g) Weight	Yield (g) Mean	Mortality No.	Gain (daily) (g)	Feed (g)	F.C.	Growth rate Total (times)	Growth rate Daily (%)
1	May 18- July 1 (45)	23.9- 26.1 (25.0)	4246	70,330 10047/m^2	16.5	4124	109,740 15677/m^2	26.6	122 (small ones)	39,410 (875)	70,680	1.793	1.5303	0.9936
2	July 3- Aug. 3 (32)	25.7- 27.0 (26.3)	4124	109,740 15677/m^2	26.6	4077	185,800 26542/m^2	45.5	47	76,060 (2,376)	92,490	1.216	1.6930	1.6591
3	Aug. 5- Aug. 19 (16)	27.8- 29.1 (28.4)	4077	185,800 26542/m^2	45.5	4077	285,100 40728/m^2	69.9	—	99,300 (6,206)	89,140	0.8976	1.5344	2.7121
4	Aug. 21- Oct. 24 (65)	22.9- 24.0 (23.4)	2686	116,100 16585/m^2	43.2	2686	245,600 35085/m^2	91.4	—	129,500 (1,992)	154,500	1.1930	2.1154	1.1593
5	Aug. 21- Oct. 21 (62)	22.8- 24.2 (23.5)	1025	104,600 14942/m^2	102.0	1025	223,300 31900/m^2	217.8	—	118,700 (1,914)	143,400	1.2080	2.1347	1.2306
6	Aug. 21- Oct. 21 (62)	22.8- 24.2 (23.5)	366	64,400 9200/m^2	175.9	366	121,900 17414/m^2	333.0	—	57,500 (927)	67,450	1.1730	1.892	1.0344

1. 實驗區 1

實驗에 使用된 Tilapia는 모두 4,246마리, 總重量은 70.33 *kg*, 平均 16.5 *g* 되는 것이었다. 이 中에는 붉은 것 561 마리(15.53 *kg*), 검은 것 3,685마리(54.8 *kg*)로서 붉은 것은 平均 27.7 *g*, 검은 것은 平均 14.8 *g*였다.

이들은 Race way 및 研究室內 탱크에서 越冬시킨 것 中 小形만 골라낸 것이며, 實驗 탱크(7 m^2)에 5月 18日 收容하여 7月 1日까지 45日間 飼育하였다. 魚體의 健康度는 比較的 나쁜 편이었으며, 쇠약된 상태의 것이 大部分이었다. 飼育 期間中 *Trichodina*, *Dactylogyrus*의 감염이 인정되었으므로 2回에 걸친 藥處理를 하였다. 藥品은 DDVP 0.6 ppm, Formalin 25~33 ppm의 濃度로 하였다. 이 期間中의 飼育結果는 Table 2에 表示한 바와 같다. 飼料는 研究室에서 만든 25% 蛋白質含有飼料였으며, 해캄을 採集하여 첨가 供給하였다.

2. 實驗區 2

實驗區 1에서 飼育한 것을 7月 2日 計測하고, 7月 3日부터 8月 3日까지 32日間 飼育한 結果이다.

1次 飼育때와 같은 탱크에서 계속해서 飼育實驗을 했다. 1차飼育實驗期間을 통하여 越冬中의 쇠약 狀態에서 벗어난 體力回復狀態로 된 期間이었다. 이 期間의 飼育結果는 (Table 2) 4,124마리 109.74 *kg* (平均 26.6 *g*)을 收容하여 4,077마리 185.8 *kg*(平均 45.5 *g*)로 成長시켰다. 이 期間中에는 研究室製造 25% 蛋白質飼料에 해캄 0.49 *kg* (生體量 4.9 *kg*)을 添加하여 供給된 總飼料量은 94.9 *kg*, 魚體의 增加量은 76.06 *kg*, 飼料係數 1.2였고, 日間 平均成長率은 1.6591%로 계산되었다. 이 期間中의 平均 水溫은 26.3°C, 溶存酸素量은 1.4~4.5 *mg/ℓ* 平均 3.1 *mg/ℓ*, pH는 7.3~7.5로 測定되었다. 그리고, 암모니아量은 처음에는 0.5 ppm으로 낮았으나 나중에는 6.6 ppm까지 올라간 測定値를 나타내었다.

3. 實驗區 3

8月 5日부터 8月 19日까지의 16日間에 걸쳐 第2實驗區에서 成長시킨 것을 계속하여 飼育實驗하였다. 4,077마리 185.8 *kg*(平均 45.5 *g*)을 285.1 *kg*(平均 69.9 *g*)되도록 成長시켰다. 이 實驗에서는 市販 잉어사료(蛋白質含量 39%, Table 1)를 주었다. 飼料 供給量은 해캄을 包含하여 89.14 *kg*, 增重量은 99.3 *kg*, 飼料係數 0.89, 1日成長率은 2.7121%로 계산되었다.

水溫은 平均 28.4°C, 溶存酸素量은 3.4~4.3 *mg/ℓ* (平均 3.7 *mg/ℓ*), pH 7.4~7.6, 암모니아量은 10 ppm을 조금 초과한 測定値를 나타내었다.

4. 實驗區 4~6

이 試驗에서는 第3試驗區에서 成長시킨 것을 크기別로 選別하여 3個의 탱크에 分割收容하여 成長實驗을하였다.

第4實驗區에서는 가장 작은 群으로 平均體重 43.2 *g* 되는것 2,686마리 116.1 *kg*을 收容하였다. 8月 21日부터 10月 24日까지의 65日間, 平均 水溫 23.4°C 溶存酸素量 3.1~3.7 *mg/ℓ* 平均 3.4 *mg/ℓ*, pH는 7.2~7.5, 암모니아는 10 ppm을 약간 넘는 상태였다.

收獲된 重量은 245.6 *kg* 平均 91.4 *g*, 그 동안에 39% 蛋白質飼料를 해캄 2.7 *kg*(生體量 27 *kg*)을 包含하여 154.51 *kg* 供給하여 129.5 *kg*의 增重量을 얻어 飼料係數 1.193, 1日成長率 1.1593%으로 計算되었다.

第5實驗區에서는 8月 21日부터 10月 21日까지 62日間 平均 102.0 *g* 되는 것 1025마리 重量 104.6 *kg* 收容하여 平均 217.8 *g* 總魚體重量 223.3 *kg* 되도록 成長시켰다. 이 때에 飼料(第4實驗區와 同一, 해캄은 2.3 *kg*) 143.4 *kg*을 주고, 增重量은 118.7 *kg*, 飼料係數 1.2080, 1日成長率 1.2305%였다. 이 期間中의 溶存酸素量은 2.7~4.5 *mg/ℓ*, 平均 3.3 *mg/ℓ*, 第4實驗區와 同一한 pH 7.2~7.5, 암모니아量은 10 ppm을 초과하였다.

第6實驗區에서는 第5實驗區에서와 같이 8月 21日부터 10月 21日까지 62日間 第3實驗區에서 成長시킨것 중 가장 큰 것 366마리 魚體重 64.4 *kg*(平均 175.9 *g*) 收容하여 121.9 *kg* (平均 333 *g*) 되도록 成長시켰다. 이때 해캄 1.8 *kg*(生體量 18 *kg*)을 包含하여 67.45 *kg*의 飼料를 供給하여 57.5 *kg* 增重, 飼料係數 1.173, 1日 平均成長率은 1.0344% 였다. 水質狀態는 實驗區 5와 거의 同一하였다.

考 察

이번 飼育實驗의 結果에 立脚하여 몇가지 側面에서 Tilapia의 生産에 관한 檢討를 해 보기로 한다.

1. 水質檢討

循環濾過式에 의한 魚類의 生産實驗은 많은 學者

와 養魚家에 의해서 追究되어오고 있으나, 濾過槽가 없는 閉鎖循環裝置에서의 高密度生産的 硏究는 別로 찾아볼 수가 없다.

Kim (1980)은 循環濾過式飼育裝置에서 pilot 規模의 魚類生産實驗을 하고 韓國에 있어서 그 成立可能性을 提示한 바 있으며, 또 이와 거의 같은 飼育 탱크에 濾過槽를 생략한 施設에서의 高密度 잉어飼育實驗을 하고(Kim and Lee 1981) 여기에 다시 Tilapia를 混合하여 그 成長度가 池中에서의 成長과 同一함을 밝힌 바 있다(Kim and Kang 1982). 그런데, 이 번에는 이 濾過槽가 없는 閉鎖循環飼育施設에서 Tilapia만을 高密度로 收容하여 pilot 規模로 成長試圖를 한 것인데 水中 암모니아 농도가 8月 이후 10月까지 10 ppm을 약간 넘는 狀態下에서도 正常的인 成長을 하였다. 이는 Stickney (1979)의 著書에서도 Tilapia는 다른 魚種에 比較하여 암모니아에 對한 抵抗性이 대단히 높다고 言及한 바와 一致되는 現象이라 하겠다.

水中溶存酸素는 第1~4實驗區에서는 1.3~5.4 *mg/ℓ*의 범위로 測定되어 그 平均値는 第1區에서 3.5 *mg/ℓ*, 第2區에서 3.1 *mg/ℓ*, 第3區에서 3.7 *mg/ℓ*, 第4區에서는 3.4 *mg/ℓ*, 그리고 第5 및 第6區에서는 平均値가 각각 3.3및 3.4 *mg/ℓ* 여서 大體的으로 3 *mg/ℓ* 남짓한 平均値였다.

Table 3. Ammonia levels checked during the experiment

Date	Total ammonia (ppm)	pH	Water temp. (°C)
July 5, 1982	0.5	7.5	26.8
13	0.74	7.3	26.5
22	1.8	7.2	28.6
29	6.6	7.2	27.3
Aug. 9	10+	7.4	30.4
Sep. 4	10.0		
18	10.5	7.3	21.5
26	10.2	7.0	23.5
Oct. 7	10.3	7.1	25.0

2. 綠色水 (Green water)問題

濾過槽가 없는 循環水 飼育施設에서 잉어나 뱀장어 등을 기르면 지나칠 程度로 植物性 plankton이 發生하고 또한 이것이 잘 持續되는 것이 보통이다. 그런데, 이번 實驗을 시작할 때 이 植物性 plankton이 Tilapia의 먹이로 도움이 되리라고 期待하였다. 처음에 Tilapia를 收容하기 이전에 이 施設中의 다른 탱크에 잉어를 一部 收容하고 있었으며, 이 때 미리 發生한 植物性 plankton에 기대를 걸고서 Tilapia를 收容했는데, 放養後 2~3日이 지나니 물이 透明해지기 시작하였다. 그래서, 옆에 있는 靜水養魚池의 綠色이 짙은 물을 펌프로 注入하여 물을 plankton 發生狀態로 維持하려는 試圖를 했다. 그런데, 또 2~3日이 지나는 사이에 물이 透明해졌다. 그래서, 이 試圖를 5~6回 되풀이 했으나 結果는 마찬가지였다. 別途의 調査를 하지는 않았으나, 多量의 Tilapia를 限定된 水量을 가진 施設內에 收容하면 여기에 있는 plankton이 Tilapia에 의해서 빨리 捕食되어버리므로 植物性 plankton의 成長을 持續시키는 어려운 것으로 생각되었다. 처음에 이 施設에 Tilapia를 收容할 때는 8개의 탱크中 4개만 분리 循環시키면서 收容하였으므로 이 때에 4개의 탱크의 總水量은 約 16 m^3이었고, 처음 放養時의 魚體量은 70.33 *kg* 였으므로 水量 1 m^3당 약 4.4 *kg*에 해당되었다. 이 結果 Tilapia의 超高密度飼育時에는 綠色水(Green water)의 効果는 期待하기 힘드는 것이 아닌가 생각되었다.

3. 飼料 効率 問題

Kim(1980)이 밝힌 바에 의하면 Tilapia 飼育에 있어서 實驗的 小形水槽에서의 飼料 係數가 1.0 內外였는데, 이번의 産業生産規模의 實驗結果도 越冬後의 쇠약期間을 除外하고는 0.9~1.2의 範圍로 나타났다. 이 때 使用된 飼料는 第 1,2實驗區의 蛋白質含量 25%를 除外하고는 39% 蛋白質의 商品飼料였다. 이것은 Tilapia의 飼料効率이 대단히 높다는 것을 뜻하고, 事業的 規模의 飼育에서는 1.1 정도의 飼料係數는 期待할 수 있음을 뜻한다.

4. 繁殖 問題

Tilapia는 成長中 繼續해서 繁殖하므로 食用魚로 成長시키는 過程中 過密度로 되어서 成長을 中止하는 것이 지금까지는 Tilapia 養殖에 있어서 가장 큰 問題로 되어오고 있다. 그런데, 이번 實驗過程에서는 어느 한 實驗區에서도 産卵繁殖現象을 나타낸 일이 없었다는 點은 注目할 만한 일이라 하겠다.

지금까지는 繁殖抑制를 위해서는 호르몬 處理에 의해서 모두 수컷化하는 일(Shelton *et al.* 1981 ; Chen, 1977 ; Balarin, 1981, 1982), 가두리를 利用하는 일(Coche 1977), 異種間의 F_1雜種法(Tayamen and Shelton, 1978; Mires 1974, 1977; Chervinski, 1964, 1965; Avtalion and Hammerman,

1978; Bardach *et al.*, 1972; Cross, 1976)等 많은 試圖가 이루어지고 있다. 그런데, 이 번 本人의 高密度 탱크飼育에서는 이러한 處理를 全혀 하지 않고도 成長中 繁殖하는 일이 全然 일어나지 않았다. 이 現象은 本人이 1982年에 行한 다른 循濾式飼育實驗(未發表)에서도 마찬가지로 産卵 繁殖하는 일이 없었다. 그런데, 이들 魚群中 一部를 低密度로 飼育하면 언제든지 産卵 繁殖하는 일이 이 硏究와는 關係없는 다른 飼育群에서 觀察되고 있었으므로(未發表 資料에 의함) Tilapia의 産卵抑制는 高密度飼育에서는 效果的으로 이루어질 수 있음을 確認할 수 있었다.

5. 面積(空間)의 利用 效果

韓國에서의 養魚, 特히 熱帶性魚類의 養殖에 있어서는 水溫維持를 위해서 보다 작은 空間에서 보다 高密度로 魚類를 收容하여 飼育하는 편이 保溫 施設費나 加溫經費의 負擔을 줄이게 된다. 따라서, 飼育密度를 높이는 일이 重要한 課題이다. 飼育密度는 單純한 收容密度보다는 單位時間當 增重量으로 表示하는 것이 더욱 合理的이다. 그래서, 單位面積當 日間增重量을 計算해 보고, 이를 基礎로하여 年間生産可能量을 檢討해 보기로 한다.

이 實驗期間中 1 m^2당 약 15 kg이상 收容하여 飼育을 開始한 第 2–5實驗區에서의 檢討結果를 Table 4에 나타내었다. 이 表에 의하면 第 2實驗區에서 1 m^2당 15,677 g 收容하여 32日間 平均水溫 26.3°C에서 飼育한 結果 탱크당 (7 m^2) 1日 平均 2,376 g 增重하였으므로 우리 나라에서 年中 200日 이 狀態로 生産되었다고 가정해 볼때 475.2 kg의 生産이 可能해지고, 또 産業溫廢水 또는 溫泉水를 利用 年中 365日 飼育했다고 가정하면 867.2 kg의 生産이 可能해진다. 이것을 1 m^2 당 生産量으로 계산하면 200日에 67.8 kg, 365日에는 123.8 kg로 된다.

같은 方法으로 推定해 보면 第3實驗區의 結果는 탱크당 1日平均 6.206 kg였으므로 200日에는 1241.2 kg, 365日에는 2265.19 kg으로 되고, 1 m^2 당은 200日에는 177.3 kg, 365日에는 323.5 kg에 해당된다. 第4實驗區의 結果는 탱크당 200日에 398.4 kg, 365日에 727.0 kg, 1 m^2 당은 200日에 56.9 kg, 365日에 103.8 kg이고 第5實驗區의 結果는 탱크당 200日에 382.8 kg, 365日에 698.61 kg, 1 m^2 당 200日에 54.6 kg, 365日에 99.8 kg으로 된다. 이들의 平均치를 보면, 탱크당 200日에 524.4 kg, 365日에는 1,139.5 kg이고, 1 m^2 당은 200日에 89.1 kg, 365日에 162.7 kg이다.

그리고, 始初의 收容密度別로 보면 1 m^2 당 14.9 kg에서 26.5 kg까지인데, 이들 중 最高로 26.5 kg 收容하고 實驗終了時 m^2 당 40.7 kg (Table 2)까지 도달한 第 3實驗區에서 飼料效率과 日間累進成長率이 각각 0.8776 및 2.7%라는 가장 좋은 結果를 나타내었으므로 이번 實驗例에서의 範圍內에서는 密度過重으로 成長에 영향을 받는다고 認定되지 않으며, 따라서 第3實驗區를 基準으로 하여 産業的 生産을 設計하여도 좋다는 結論에 도달한다. 但, 여기서 한가지 注意해야 할 點은 飼育水溫이 가장 높은 平均 28.4°C 였다는 點을 감안하여야 한다. 即, 收容密度에는 問題가 없지만 年間 200日 또는 그 以上 이러한 水溫을 維持하기가 힘들 것이므로, 이와 같은 密度로 收容한다 하여도 우리 나라에서는 實際 成長量은 이보다 낮을 가능성이 있다는 點이다. 그러나, 溫泉水 또는 産業溫排水를 利用할 수 있으면 實驗區 3의 結果를 年中 365日 適用시켜 生産計劃을 할 수도 있을 것이다.

그리고, 第3實驗區의 實驗終了時의 1 m^2 당 40.7 kg의 密度는 이때의 水深이 平均 0.6 m 정도였으므로 1 m^3 당 密度는 67.8 kg에 해당된다. 이 結果는 別途의 濾過槽를 갖춘 循環式 飼育實驗에서 얻은 탱

Table 4. Space effect analysis of the rearing results of those initially stocked with 15 kg per m^2 or above

Division	Growth duration (days)	Mean water temp. (°C)	Initial density(g) per tank of 7m^2	Initial density(g) per m^2	Initial density(g) average fish size	Daily gain(g) per tank	Daily gain(g) per m^2	Calculated annual yield(kg) for 200 days per tank	for 200 days per m^2	for 365 days per tank	for 365 days per m^2	F.C.	Daily growth rate (%)
2	32	26.3	109,740	15,677	25.9	2,376	339.4	475.2	67.8	867.2	123.8	1.216	1.6591
3	16	28.4	185,800	26,542	45.5	6,206	886.5	1241.2	177.3	2265.1	323.5	0.878	2.7121
4	65	23.4	116,600	16,585	43.2	1,992	284.5	393.4	56.9	727.0	103.8	1.193	1.1593
5	62	23.5	104,600	14,942	102.0	1,914	273.4	382.8	54.6	698.6	99.8	1.203	1.2306
Average		25.4	129,185	18,436	54.1	3,122	445.9	524.4	89.1	1139.5	162.7	1.1237	1.6903

크內 實驗終了時密度 500 *kg* 即 1 m^2 당 71.4 *kg*, 1m^3 당 119.0 *kg*에는 未達하지만 그래도 記錄的인 數字에 해당되며, 또 實驗終了時 아무런 異狀이 없이 正常的으로 成長하고 있었으므로 이 密度를 능가해서도 充分히 기를 수 있다고 思慮된다.

6. 經濟性 檢討

經濟性 檢討를 하기 위한 기본 資料로서 이번 成長實驗中 實驗區2부터 4까지를 利用하였다. 그 理由는 實驗區 1은 越冬을 마친 體力이 弱하고 健康이 좋지 않는 魚類를 그나마 1 m^2 당 10 *kg*정도 밖에 되지 않는 少量을 收容하였기 때문이며, 實驗區 5 및 6도 1 m^2 당 15 *kg* 미만의 少量을 收容하였으며, 또 實驗區 4와 같은 時期에 別途의 탱크에서 實驗했기 때문이다.

Table 5에서 計算된 바와 같이 經濟性計算의 基礎로 年中 二重 비닐하우스內에서 無加溫 成長期間을 200日로 잡았다. 이것은 5月부터 10月까지의 184日과 4~11月中의 成長을 16日분으로 推算한 것이다. 그래서 實驗區 2에서 4까지의 탱크당 平均 成長量은 1日 3,524 *g*, 200日에는 704.9 *kg*에 해당하며, 이번 實驗에 使用한 施設 全部인 8탱크에 모두 收容해서 길렀다고 하면 5,639 *kg*의 純生産이 된다. 이 計算은 實驗區 3의 1 m^2 당 26.5 *kg* 收容하여 8月中의 高水溫期에 成長시킨 경우의 9,929 *kg*에 비하면 거의 약 57% 밖에 해당되지 않으며, 또 탱크당 1日 成長量이 3.5 *kg*이므로 지금까지의 이 施設內에서의 飼育經驗上으로 보아 經濟性計算의 基礎로 잡아도 無理가 가지 않는 數字로 짐작된다.

특히, 이 資料로 利用된 魚體의 크기는 비교적 소형이어서 보다 큰 것에 비하여 成長率이 빨랐을 것이나, 더 큰 것을 飼育할 경우에도 그 收容密度를 이번보다 올릴 것이므로 成長量의 감소는 없을것으로 期待된다.

Table 6은 이 生産量 5,639 *kg*을 基礎로 해서 槪

Table 5. Estimated yield, to be used for the economic calculation, from the culture system consisting of 8 tanks based on the results of experiment divisions 2-4

Division	Initial stocking (*kg*/m^2)	Growth duration (days)	Mean water temp. (°C)	Daily gain obtained (*g*)	F.C.	Calculated yield for 200 days* (*kg*) per tank	8 tanks
2	15.6	32	26.3	2,376	1.216	475.2	3801.6
3	26.5	16	28.4	6,206	0.897	1241.2	9929.6
4	16.5	65	23.4	1,992	1.193	398.4	3187.2
Average	19.5			3,524	1.102	704.9	5639.4

* Assuming that more than 200 days a year, from April to October, would keep water temperature above 22°C without additional heating under vinyl house protection.

Table 6. Brief economic calculation for production from the system of 8 tanks based on the estimated annual production of 5639 *kg*

(won)

		1 unit	10 units
1. Income (Safety estimate)	3000×5639 (*kg*)	=16,917,000	169,170,000
Current price	6000×5639(*kg*)	=33,834,000	338,340,000
2. Cost			
Feed 550×5639(*kg*)×1.1(F.C.)		= 3,411,595	34,115,950
Electricity 35×1.5(kw)×24(hr)×365(days)		= 459,900	4,599,000
Depreciation (Facilities) (Annual) 15,000,000×1/10		= 1,500,000	15,000,000
Maintenance (Annual)		1,000,000	5,000,000
Fuel (Wintering)		500,000	5,000,000
Wage (1 person) 300,000×12(month)		= 3,600,000	18,000,000 (5 persons)
Miscellaneous		500,000	2,500,000
Total		10,971,495	84,214,950
Net profit		5,945,505	84,955,050
If the present price of the product, at least 6000 won per *kg*, is adopted, net profit will be:		22,862,505	254,125,050

略의 收入 支出 計算을 해 본 것이다. 現在의 Tilapia 價格은 *kg*당 6,000원 이상을 充分히 받을 수 있지만, 將次 生産이 많아져서 價格이 지금의 잉어 값과 거의 같이 잡아서 3,000원으로 計算해 보면 總收入 16,917,000원이 되고, 飼料는 F.C 1.1을 적용하고, 現商品飼料單價 *kg*당 550원을 적용하면 飼料代는 3,411,595원이 된다. 電氣料, 施設減價償却, 補修維持費, 越冬燃料代, 雜費, 人件費 등을 合하여 總 10,971,495원이 支出되고, 純利益은 5,945,505원으로 計算된다(Table 6). 그리고, 生産品의 販賣價格을 現時勢인 最少限 *kg*당 6,000원을 適用하면 純利益은 22,862,505원이 된다.

以上의 計算은 이번 實驗에 使用된 施設에서의 生産可能量을 土台로 한 것이며, 만약 實際에 事業을 한다면 그 規模는 最少限 10배 以上은 되어야 할 것이다. 그렇게 되면, 人件費, 維持費, 雜費等 경비의 절감이 현저할 것이고, 따라서 Table 6에 表示한 바와 같이 年間 純益 254,125,050원의 計算이 나오게 된다. 어떻든, 이 方法에 의한 事業成立妥當性을 提示해 주는 結果로 된다.

要 約

1982年 5月 18日부터 10月21日까지 釜山水産大學 養魚場에서 Tilapia를 濾過槽가 없는 循環飼育施設에 高密度로 收容하고 그 成長度, 飼料効率, 水質 等이에 關聯되는 問題點 등을 檢討하였다. 그리고, 또 이 實驗結果에 立脚하여 事業的 生産妥當性을 아울러 提示하였다.

水質에 있어서는 水溫 22.8~29.1°C의 범위였고, 암모니아는 一般的으로 10 ppm을 약간 넘는 수준이었다.

飼育탱크內에서 綠色 plankton을 維持할려고 數次에 걸쳐서 綠色水를 注水하였으나 그때 마다 2~3日 內로 透明해 졌다. 이것은 아마 Tilapia의 plankton 捕食에 의한 것 같고, Tilapia의 高密度 收容하에서는 綠色水維持는 곤란할 것으로 생각되었다.

飼料効率은 처음의 衰弱期를 除外하고는 F.C. 0.9~1.2의 범위였고, 平均은 1.1이었다. 이 때 사용한 飼料는 一部는 蛋白質含量 25%의 研究室製造 飼料였고 大部分은 同 39%의 市中商品잉어飼料였다.

成長中 自體 繁殖은 完全히 抑制되었다. 이것은 密度効果라고 인정되었으며, 飼育中 密度는 最下 1 m^2당 10 *kg* 最高 40.7 *kg*의 범위였다.

空間利用効果는 대단히 높았다. 1日純生産이 가장 높았던 第3實驗區의 경우는 1日平均 6.206 *kg*였으므로 年間 1ha당 3235톤의 純生産에 該當된다. 이 때의 平均水溫은 28.4°C였고 암모니아濃度는 10 ppm 정도였다.

總 6개의 實驗區中 實驗初 1 m^2당 15 *kg*이상 실어서 飼育한 것을 對象으로 事業的 經濟性檢討를 하였다. 이번 實驗에 使用한 施設全部(8탱크 總面積 56 m^2)를 利用했다고 가정하면 200日 飼育에 平均 5,639 *kg* 生産된다고 計算되어 經營的 側面에서도 妥當性이 있는 것으로 結論지어졌다.

謝 辭

이 研究를 爲해서 研究費를 支援해 준 峨山社會福祉財團에 먼저 感謝드린다. 그리고, 實驗魚類의 管理를 위해서 協助해준 釜山水産大學 魚類養殖研究室의 여러 학생에게 感謝한다.

參考文獻

Avtalion, R.R. and I.S. Hammerman. 1978. Sex determination in *Sarotherodon (Tilapia)*. 1. Introduction to a theory of autosomal influence. Bamidgeh 30(4), 110~115.

Balarin, J.D. 1981. Kenya cement factory develops intensive tilapia farming system. Aquaculture mag. 7(6), 46~47.

_____. 1982. Kenya pioneers intensive tank culture of tilapia. ICLARM Newsletter 5(1), 17~18.

Bardach, J.E., J.H. Ryther and W.O. McLarncy. 1972. Aquaculture (18. Culture of Tilapia). John Wiley & Sons, Inc. pp. 868. New York.

Chen, T.P. 1977. Monosex tilapia culture (Monosex tilaia culture in Taiwan). Fish Farming International 4(4), 15~16.

Chervinski, J. 1964. Preliminary experiments in cichlid hybrids. Bamidgeh 16(3), 95~105.

_____. 1965. Additional experiment in cichlids hybrids. Bamidgeh 17(1), 24~28.

Coche, A.G., 1977. Premier résults de l'élevage en cages de *Tilapia nilotica* (L.) dans le lac Kossou, Cote d'Ivoire. Aquaculture 10, 109~140.

Cross, D.W. 1976. Methods to control overbreeding of farmed tilapia. Fish Farming

International 3(1), 27~29.

Haller, R.D. and I.S.C. Parker. 1981. New tilapia breeding system tested on Kenya farm. Fish Farming International. 8(1), 14~18.

Kim, I-B. 1980. Feed conversion efficiency of the hybrids between *Sarotherodon niloticus* and *S. mossambicus*. Commemoration Papers for Prof. C.W. Kim's 60th birthday anniv. 301~311 (In Korean).

_____. 1980. Pilot scale fish production in water recycling system. Bull. Korean Fish. Soc. 13(4), 195~206 (In Korean).

_____ and S.-H. Lee. 1981. Fish growth experiment in a green water recirculating system. Bull. Korean Fish. Soc. 14(4), 233~238 (In Korean).

_____ and S. Kang. 1982. The growth of tilapia in a closed water recirculating system without filter bed. Bull. Korean Fish. Soc. 15(1), 47~51 (In Korean).

Mires, D. 1974. On the high percent of tilapia males encountered in captive spawnings and the effect of temperature on this phenomenon. Bamidgeh 26(1), 3~11.

_____. 1977. Theoretical and practical aspects of the production of all male tilapia hybrids. Bamidgeh 29(3), 94~101.

Shelton, W. L., D. Rodriguez-Guerrero and J. Lopez-Macias. 1981. Factors affecting androgen sex reversal of *Tilapia aurea*. Aquaculture 25(1), 59~65.

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(6), 14~18.

Tayamen, M.M. and W.L. Shelton. 1978. Inducement of sex reversal in *Sarotherodon niloticus* (Linnaeus). Aquaculture 14(4), 349~354.