

循環濾過式 飼育裝置內에서 이스라엘계 잉어 (*Cyprinus carpio*)의 成長을 위한 最適溶存酸素量

金仁培·金炳起

釜山水産大學 養殖學科, 海洋研究所 生物應用研究室
(1986년 8월 25일 수리)

Optimum Dissolved Oxygen Level for the Growth of the Israeli Strain of Common Carp, *Cyprinus carpio* in the Recirculating Water System

In-Bae KIM

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

and

Pyong-Kih KIM

Marine Biotechnology Laboratory, Korea Ocean Research & Development Institute,
Sadong, Ansan, Kyonggi-do, 171-14 Korea

(Received August 25, 1986)

A growth experiment of the Israeli strain of common carp (*Cyprinus carpio*) under varying dissolved oxygen levels in the recirculating water system was conducted at the Fish Culture Experiment Station of the National Fisheries University of Pusan from August 28, 1985 to September 17, 1985.

Five tanks with a capacity of 5 m³ of water each were used under the same condition of water parameters except for dissolved oxygen levels which were designed to maintain at 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 and 4.0 mg/l ranges. The weight of fish in the beginning was about 300 g and each tank was stocked with 200 kg of fish.

DO level of 3.5 mg/l was found to be the best level with a feed coefficient of 1.57 and a daily growth rate of 1.411% whereas 4.0 mg/l showed a slightly decreased performance of 1.63 and 1.365% respectively. The amounts of feed consumed in 3.5 and 4.0 mg/l DO levels were almost the same. Below 3.0 mg/l DO levels the growth rate markedly decreased. Furthermore, in 2.0 and 2.5 mg/l groups, the fish did not accept feed vigorously and after feeding the fish usually concentrated around the inflow point showing oxygen deficiency response,

The experiment indicates that the DO range of 3.5 to 4.0 mg/l is the optimum level for the best growth at 27.5°C. DO concentration above these levels is considered a waste of energy resulting in uneconomical performance, and on the other hand, below these levels, the carp certainly shows a poor growth performance.

緒 論

이스라엘계 잉어(*Cyprinus carpio*)의 飼育은 주로
못 養殖과 가두리 養殖으로 行해 왔으며 養殖方法들

을 改善함으로써 生産을 增大시키기 爲한 努力이 試
圖되어 왔다.

우리나라의 경우 國土面積이 적으며, 못 養殖이나
가두리 養殖을 할 시에는 긴 겨울 때문에 어류의 成

長期間이 制限을 받는 어려움을 지니고 있다. 따라서 集約的인 飼育管理를 함으로써 土地의 利用을 極大化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되었다(Kim, 1980).

잉어를 高密度로 飼育管理하는 데 있어 制限條件중의 하나는 溶存酸素이다. 適切한 酸素의 供給없이 좋은 成長을 期待할 수 없음을 물론 過度한 酸素의 供給은 動力의 損失 및 好氣性 columnaris 菌(*Flexibacter columnaris*)에 의한 아가미 및 지느러미 腐蝕病을 誘發하여 심지어 죽음에 이르게 한다(Spangenberg, 1975; Bootsma *et al.*, 1976).

魚類의 酸素要求에 대한 研究는 비교적 廣範圍하게 遂行되어 왔으며, 연어과 어류의 致死 DO水準은 3.4 mg/l 이하이고 그 외의 어종은 대개 3.0 mg/l 以下이다(Alabaster *et al.*, 1979; Brooker *et al.*, 1977; Dandy, 1970; Dorfman *et al.*, 1969). 그러나 잉어의 최대 成長에 必要한 적정산소량 특히, 循環濾過裝置에서의 溶存酸素量에 대해서는 전혀 報告된 바 없다.

本 研究는 우리나라에서 널리 飼育되고 있는 이스라엘계 잉어를 實驗對象으로 循環濾過裝置에서 最大成長을 爲한 適定 DO 濃度を 알아냄으로써, 飼育裝置內의 에너지 利用을 計劃化하고 잉어 生産의 效率을 높일 수 있는 基礎를 마련하고자 하였다.

材料 및 方法

1985年 8月 28일부터 9月 17日까지(21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 1984年 6月 同大學 養魚場에서 孵化시킨 이스라엘계 잉어 仔魚를 甌에 放養하여 5個月間 飼育한 후 循環濾過탱크에 옮겨 1985年 7月 27日까지 8個月間 飼育하였다. 그 후, 本實驗 1個月前부터 同一한 條件下에서 豫備實驗을 실시한 후 平均 300g 되는 魚體를 本實驗에 使用하였다.

實驗飼料의 處方은 Table 1과 같다. 飼料製造는 同大學 魚類養殖實驗室의 feed chopper를 利用하여 pelleting 한 후 通風 飼料乾燥器에서 약 4時間 乾燥後(수분함량 약 15%) 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를

Table 1. Ingredients of the feed used for the experiment

| Ingredients | Feed used |
|---|-----------|
| Fish meal | 43 |
| Middling | 53 |
| Yeast | 0.5 |
| Table salt | 1 |
| Vitamine mix. * | 1 |
| Inorganic salt mix. * | 1 |
| NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O | 0.5 |
| Ascorbic acid | 0.015 |
| Moisture content(%) | 15 |
| Protein content(%) (estimated) | 35.44 |
| Total | 100.015 |

* The same with that used by Kim *et al.*(1981).

增改修한 施設(總水量 380 m³, 탱크 32個)中 5個의 탱크를 實驗에 利用하였다. 탱크는 圓型으로 그 지름이 2.9 m, 平均水深 0.8 m, 水量 5 m³이고 飼料찌꺼기 및 汚物은 中央排水路로 빠져 나가 1次 및 2次沈澱槽에서 分離되도록 되어 있다.

2. 方 法

飼料供給은 每日 07:00~18:00時까지 1時間間隔으로 魚類養殖實驗室에서 自體製作한 自動飼料供給器를 利用하여 供給하였다. 飼料供給量은 飼料攝取狀態를 觀察하면서 調節하였다. 즉 初期에는 魚體重의 2.4%로 供給했으나 DO 濃도가 낮은 實驗區에서는 攝取量이 減少됨이 관찰되어 이후 1時間單位로 滿腹(ad libitum)狀態가 되도록 飼料를 供給했다.

DO는 5個의 탱크를 DO 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 및 4.0 mg/l로 調節하고 1日 24回(1時間間隔) oxygen meter(Model OXI 91, W.GERMANY)를 利用하여 測定하였다. 循環水量은 平均 210 l/min로 各 탱크에 流入水量을 同一하게 維持하였고 용존 산소가 부족한 경우는 air pump를 利用하여 各 탱크에 分散供給하였다. 암모니아는 spectrophotometer (Model Spectronic 21)로 그리고 pH는 ion meter (Orion 407)을 利用하여 週1회씩 測定하였다.

實驗期間中 各 탱크의 水質條件은 Table 2와 같았다.

結 果

實驗前後期の 成長結果는 Table 3에 나타나 있다. 前期(1985年 8月 28日~1985年 9月 7日)에는 DO

Table 2. Water quality for the rearing experiment*

| Designed DO Conc. | D O Conc. (mg/l) | W. T. | NH ₄ -N (mg/l) | NO ₂ -N (mg/l) | pH |
|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|-----|
| 2.0 mg/l | 1.8-2.3 (2.06) | 27.5 (26.1~28.0) | 14.06 (10.67~16.7) | 0.166 (0.14~0.22) | 6.8 |
| 2.5 mg/l | 2.1-2.85 (2.51) | " | " | " | " |
| 3.0 mg/l | 2.6-3.2 (3.03) | " | " | " | " |
| 3.5 mg/l | 3.1-3.8 (3.51) | " | " | " | " |
| 4.0 mg/l | 3.5-4.5 (4.04) | " | " | " | " |

* Values are represented in mean values with the range in parentheses.

Table 3. Results of the rearing experiment from August 28, 1985 to September 17, 1985 (for 21 days) Weight unit in Kilogramme

| Experimental period | D O conc. (mg/l) | Initial | | | Final | | | Number of mortality | Feed* used | Body increment | Feed coefficient | Growth rate | |
|-----------------------|------------------|---------|--------------|-------|-------|--------------|-------|---------------------|------------|----------------|------------------|---------------------------|-----------|
| | | No. | Total Weight | Mean | No. | Total Weight | Mean | | | | | Total (times initial wt.) | Daily (%) |
| First half (11 days) | 2.0 | 667 | 200 | 0.300 | 667 | 208.4 | 0.312 | | 37.97 | 8.40 | 4.52 | 1.042 | 0.375 |
| | 2.5 | 664 | 200 | 0.301 | 664 | 217.8 | 0.328 | | 41.36 | 17.80 | 2.32 | 1.089 | 0.778 |
| | 3.0 | 665 | 200 | 0.300 | 644 | 227.2 | 0.342 | 1(0.28) | 53.10 | 27.43 | 1.94 | 1.136 | 1.164 |
| | 3.5 | 655 | 200 | 0.305 | 654 | 232.1 | 0.355 | 1(0.31) | 53.11 | 32.41 | 1.64 | 1.161 | 1.362 |
| | 4.0 | 676 | 200 | 0.296 | 672 | 229.0 | 0.341 | 4(0.97) | 52.90 | 29.95 | 1.77 | 1.145 | 1.238 |
| Second half (10 days) | 2.0 | 667 | 208.4 | 0.312 | 666 | 218.4 | 0.328 | 1(0.12) | 25.44 | 10.12 | 2.51 | 1.048 | 0.470 |
| | 2.5 | 664 | 217.8 | 0.328 | 664 | 233.0 | 0.350 | | 39.00 | 15.20 | 2.56 | 1.070 | 0.677 |
| | 3.0 | 664 | 227.1 | 0.342 | 664 | 252.7 | 0.380 | | 45.96 | 25.50 | 1.80 | 1.112 | 1.070 |
| | 3.5 | 654 | 232.1 | 0.355 | 653 | 268.4 | 0.411 | 1(0.32) | 55.48 | 36.62 | 1.52 | 1.156 | 1.464 |
| | 4.0 | 672 | 229.0 | 0.340 | 671 | 265.9 | 0.396 | 1(0.28) | 56.71 | 37.24 | 1.52 | 1.161 | 1.506 |
| Whole | 2.0 | 667 | 200 | 0.300 | 666 | 218.4 | 0.328 | 1(0.12) | 67.41 | 18.52 | 3.64 | 1.092 | 0.420 |
| | 2.5 | 664 | 200 | 0.301 | 664 | 233.0 | 0.350 | | 80.36 | 33.00 | 2.44 | 1.165 | 0.730 |
| | 3.0 | 665 | 200 | 0.300 | 664 | 252.7 | 0.380 | 1(0.28) | 99.06 | 52.93 | 1.87 | 1.263 | 1.119 |
| | 3.5 | 655 | 200 | 0.305 | 653 | 268.4 | 0.411 | 2(0.63) | 108.59 | 69.03 | 1.57 | 1.342 | 1.411 |
| | 4.0 | 676 | 200 | 0.296 | 671 | 265.9 | 0.396 | 5(1.25) | 109.61 | 67.19 | 1.63 | 1.330 | 1.365 |

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

3.5 mg/l 濃度에서 飼料係數 1.64, 一日成長率 1.362 %로서 가장 좋은 結果를 얻었다. 4.0 mg/l 濃度群은 飼料係數 1.77, 一日成長率 1.238%로서 3.5 mg/l group 보다 成長率이 오히려 떨어졌다. DO 3.0 mg/l 이 하에서는 濃度가 떨어질수록 飼料攝取量의 減少와 함께 成長率도 顯著한 減少를 보였다. DO 2.0 mg/l, 2.5 mg/l 및 3.0 mg/l 에서는 飼料係數가 4.52, 2.32와 1.94로 나타났다.

後期(1985年 9月 8日~1985年 9月 17日)實驗의 結果도 역시 DO 3.5 mg/l 와 4.0 mg/l 에서 各各 飼料係數 1.52, 1.52 그리고 一日 成長率은 各各 1.464, 1.506%로 가장 좋은 成長을 나타냈다. 3.0 mg/l 以下の DO 濃度에서는 成長率이 顯著히 減少했고 飼料攝取量도 減少했다.

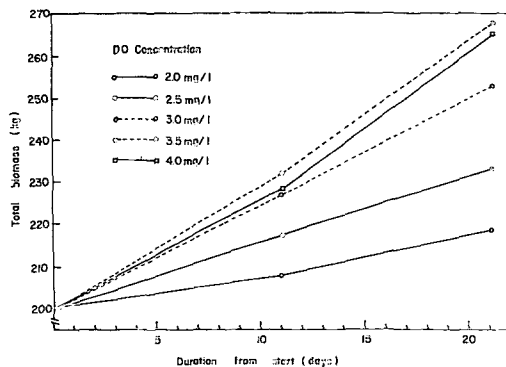


Fig. 1. The growth curve of the Israeli strain of common carp during the experiment.

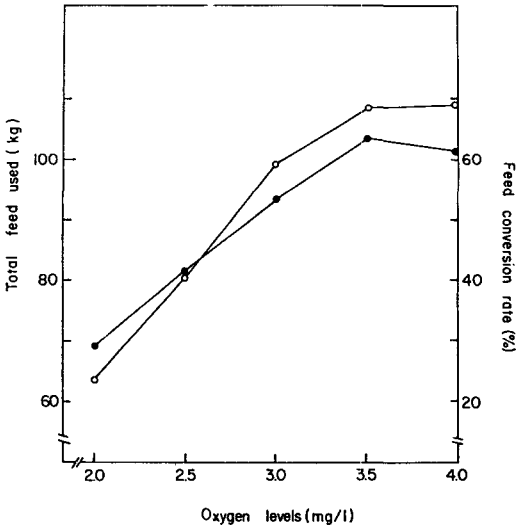


Fig. 2. Relationship between total feed used during experiment and feed conversion rate.

前後半期 實驗을 綜合한 結果 DO 3.5 mg/l 實驗群이 가장 좋은 成長을 나타내었고 DO 4.0 mg/l 에서는 약간 成長減少現象이 나타났다(Fig. 1). 또 DO 에 따른 飼料量과 成長率과의 關係는 Fig. 2에 圖示한 바와 같이 DO 가 增加함에 따라 飼料量과 成長率이 增加하다가 DO 3.5 mg/l 에서 飼料量과 成長率의 增加現象이 갑자기 鈍化되거나 減少했다. 實驗期間동안 DO 4.0 mg/l 에서는 5마리의 斃死가 있어 그들을 剖檢 檢驗한 結果 columnaris 菌에 의한 아가미 腐蝕現象 때문이었다.

考 察

溶存酸素에 對한 報告는 주로致死濃度 및 產卵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와 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 있다. 잉어의 경우 成長에 必要한 적절한 溶存酸素量에 對해서는 前述한 바와 같이 報告된 바 없고 거의 모든 보고가 단지 致死水準에 對하여 言及하고 있다.

本實驗結果 循環濾過裝置內에서 DO 를 4.0 mg/l

以上으로 供給하는 일은 循環水量的 增加를 의미하므로 循環 펌프의 動力을 增加시키는 結果를 超來하여 經費의 損失을 가져올 것으로 보인다. 本實驗 期間동안 2.0 mg/l 와 2.5 mg/l 의 實驗탱크에서는 飼料攝取後 고기가 注水路로 물려 심한 酸素缺乏症勢를 나타냈는데, 이러한 症勢는 飼料攝取量을 制限함은 물론 飼料의 消化吸收能力을 減少시키는 것으로 思料된다. 따라서, 循環濾過裝置內에서 이스라엘계 잉어를 飼育할 때에는 3.5 mg/l 의 DO 濃度を 유지함이 타당하다고 하겠다.

實驗期間中 水質條件을 檢討해 보면 NH₄-N의 量이 平均 14.06 mg/l 로 상당히 높게 나타났으나 이는 實驗에 利用한 전체 循環裝置가 作動된지 오래되지 않아 濾過材料에 濾過生物이 完全히 定着되지 못하여 機能을 完全히 發揮하지 못했기 때문으로 보인다. DO 4.0 mg/l 의 group에서 5尾의 고기가 columnaris 菌에 의한 아가미 腐蝕病으로 斃死했고, 4.0 mg/l 에서 3.5 mg/l 보다 좋은 成長率을 記錄하지 못한 것은 높은 NH₄-N 量과 復合적으로 높은 酸素가 作用하여 好氣性細菌인 columnaris 菌의 繁殖에 適合한 條件을 提供한 것으로 생각되며, 이러한 要因이 成長을 阻害한 하나의 原因이 될 수도 있으리라 推測된다. 이는 앞으로 向上된 水質下에서 다시 實驗한다면 좋은 結果를 얻을 수 있을지도 모른다.

本實驗에 利用한 飼料는 水分含量 15%로서 商品 飼料 10% 以下의 比較 했을 때 상당히 높은 水分量으로 飼料係數計算에 影響을 미쳤으므로 實際飼料係數는 더욱 낮아진다.

앞으로 循環濾過槽內에서 잉어를 飼育할 때에는 3.5 mg/l 의 酸素를 維持시킴과 아울러 암모니아 등 水質管理가 隨伴된다면 效率적인 에너지 利用은 물론 成長率에 있어서도 매우 좋은 結果를 얻을 수 있으리라 思料된다.

要 約

釜山水產大學 魚類養殖研究室 循環濾過式裝置內에서 1985年 8月 28日부터 9月 17日까지 DO 濃도에 對한 이스라엘계 잉어의 成長效果를 알아보기 위한 實驗이 遂行되었다.

循環濾過飼育裝置中の 5個 탱크를 利用하여 同一條件下에서 DO 濃度 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 및 4.0 mg/l 로 區分하여 實驗했고 實驗魚는 平均 300 g 으로 各 탱크에 200 kg씩 放養 飼育한 結果는 다음과 같았다.

循環濾過式 飼育裝置內에서 이스라엘계 잉어(*Cyprinus Carpio*)의 成長을 위한 最適溶存酸素量

DO 3.5 mg/l 區에서 飼料係數 1.57, 日日成長率 1.411%로서 가장 좋은 成長結果를 얻었으며 DO 4.0 mg/l 區에서는 飼料係數 1.63, 日日成長率 1.365%를 나타냈다. 그리고 飼料攝取量은 이 두 實驗區에서 거의 같았으며 DO 3.0 mg/l 濃度以下에서는 成長率과 飼料攝取量이 현저히 減少했다. 實驗期間동안 2.0 mg/l 와 2.5 mg/l 濃度에서는 飼料攝取가 活發하지 않았으며 飼料를 먹고난 후 대부분이 注水口에 물려 酸素不足現象을 나타냈고, 4.0 mg/l 區에서는 5尾가 columnaris 病에 의한 아가미 腐蝕病으로 斃死했다.

以上の 結果를 綜合해 볼 때 循環濾過式裝置內에서 平均水溫 27.5°C에서 DO 3.5 mg/l 와 4.0 mg/l 에서 거의 같은 좋은 成長率과 飼料效率을 나타냈으므로 DO 3.5 mg/l 이상만 維持시키면 에너지 效率面에서 經濟的이 된다고 思料되고, 4.0 mg/l 또는 그 이상에서는 energy의 낭비를 초래하고, 또한 副作用이 나타날 可能性이 있지만 이에 대해서는 더욱 研究해 볼 必要가 있다.

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(2), 93—96.
 Alabaster, J.S., D.G. Shurben and M.J. Mallett, 1979. The survival of smolts 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(2), 229—249.
 Bootsma, R. and J.P.M. Clerx 1976. Columnaris disease of cultured Carp (*Cyprinus carpio* L.) : Characterization of the causative agent. Aquaculture 7, 371—384.
 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.
 Dandy, J.W.T., 1970. Activity response to oxygen in the brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell). Can. J. Zool. 48(1), 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.
 Kim, I.-B., 1980. Pilot scale fish production in water recycling system. Bull. Korean Fish. Soc. 13(4), 195—206.
 Kim, I.-B. and S.-H. Lee, 1981. Fish growth experiment in a green water recirculating system. Bull. Korean Fish. Soc. 14(4), 233—238.
 Spangerberg, R., 1975. Orientierende untersuchungen uber das vorkommen von myxobacterien bei der Kiemennekrose des karptens. Zeit. Binnenfisch. 22, 121—127.