

# 나일틸라피아의 성분화와 호르몬에 의한 성전환

김동수 · 방인철 · 김인배\*

부산수산대학 생물공학과 \*부산수산대학 양식학과

## Sexual Differentiation and Androgen Sex Reversal of *Oreochromis niloticus*

Dong Soo KIM, In Chul BANG and In-Bae KIM\*

Department of Biological Science and Technology, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

\* Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

### ABSTRACT

Histological study was conducted to determine the initial treatment time and treatment period of hormone for sex reversal in accordance with gonadal development and sexual differentiation in *Oreochromis niloticus*. The effects of various concentrations and various treatment periods of 17 $\alpha$ -methyltestosterone (MT) on sex reversal, growth, and condition factor were also evaluated.

Paired primordial gonads were formed 9 days after hatching, when germ cells began their gradual multiplication and development into gonial ones. Sex differentiation of gonads either into ovaries or testes became histologically discernible about 20 days after hatching with formation of ovarian cavity and efferent duct.

All feed treated with MT at 15 ppm for 10 days or more produced populations of males 95% or above. All male populations were produced at 15 ppm MT for 40 days, and 30 ppm for 30 and 40 days.

Growth of hormone-treated-fish was faster than that of untreated ones and the condition factor of hormone-treated-fish was greater than that of untreated ones 77 days after hatching.

### 서 론

틸라피아는 아프리카 대륙이 원산지인 Cichlidae과에 속하는 어류로서 (Trewavas, 1982), 낮은 용존산소와 광범위한 염분농도에도 잘 견디는 등 환경의 변화에 대하여 저항력이 강하며 맛이 좋아 전세계적으로 각광받고 있는 양식어종이다 (Bardach *et al.*, 1972 ; Philipart *et al.*, 1982 ; Stickney, 1979). 이 중 나일틸라피아 (*Oreochromis niloticus*)는 여타종에 비해 비교적 대형이며, 성장이 빨라 열대 및 아열대 지역 뿐만 아니라 우리나라에서도 점차 양식 대상으로 각광을 받고 있다 (Kim, 1980 ; Wohlfarth and Hulata, 1983).

본 종은 부화된지 4~5개월만에 성숙이 이루어지며 번식력이 매우 강하여 양식에 있어 종묘의 생산이라는 측면에서는 유리한 점이 있으나, 실제 양식산업에 있어 빠른 성숙으로 인한 성장 저해와 강한 번식력에 따른 과밀도의 문제점도 아울러 지니고 있다 (Bardach *et al.*, 1972 ; Lovelkin, 1982 ; Wohlfarth and Hulata, 1983). 더욱이, 암컷의 경우 수컷에 비해 그 성장율이 현저히 떨어져 실제

양식에는 mono-sex culture, 특히 수컷만을 기르는 것이 산업적으로 매우 중요시 되어 (Guerrero, 1982 ; Hickling, 1960 ; Jensen, 1976) 성장이 빠른 수컷만을 생산하기 위한 많은 시도가 이루어졌다. 그 중 가장 손쉬운 방법은 일일이 암수를 구별하여 수컷만을 사육하는 방법으로써 이 방법은 비경제적이며, 많은 시간을 요하고 오류를 범할 우려가 있어 매우 불합리하다. 따라서 종간교배에 의해 수컷만을 생산하고자 하는 시도가 이루어졌다. 본 방법은 단순교배에 의해 유전적 수컷 (genetic male)을 생산하므로 가장 간편한 방법이지만, 실제 교배에 사용되는 친어가 유전적으로 순수하지 못하여 항상 100 % 수컷을 생산하기 어려운 단점을 지니고 있다 (Avtalion and Hammerman, 1978 ; Chevassus, 1983 ; Hunter and Donaldson, 1983 ; Lovshin, 1982 ; Mires, 1977 ; Tave, 1986). 따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위한 방편으로 성 호르몬 처리에 의해 생리적 성전환(physiological sex-reversal)을 유도하여 100 % 수컷을 만들기 위한 연구에 노력이 집중되고 있다 (Berger and Rothbard, 1987 ; Buddle, 1984 ; Nakamura and Iwahashi, 1982 ; Shelton *et al.*, 1981).

어류의 성전환에 대한 연구는 Yamamoto (1969)가 일본산 송사리에 대해 처음으로 성공을 거둔 이래 많은 시도가 이루어졌다. 그러나, 이러한 연구는 호르몬에 대한 대상종의 민감성을 위시한 실험상의 문제점 때문에 많은 어려움이 뒤따르고 있다 (Yamazaki, 1983). 틸라피아의 경우는 남성 호르몬인 17 $\alpha$ -methyltestosterone (MT) 및 17 $\alpha$ -ethynyltestosterone (ET) 등에 매우 민감하여 *O. aureus*는 30~60 ppm으로 18~30 일간 (Guerrero, 1975 ; Jo, 1988 ; Sanico, 1975 ; Shelton *et al.*, 1981), *O. mossambicus*는 40~60 ppm으로 60 일간 (Anonymous, 1979 ; Clemens and Inslee, 1968 ; Guerrero, 1976b, 1979 ; Nakamura, 1975) 그리고 *O. niloticus*는 15~60 ppm으로 25~59 일간 (Jo, 1988 ; Nakamura and Iwahashi, 1982 ; Owusu-Frimpong and Nijjar, 1981 ; Tayamen and Shelton, 1978) 처리하여 100 % 수컷을 생산한 바 있다.

이에 본 연구는 일본을 통해 도입되어 우리나라에서 양식되고 있는 나일틸라피아의 수컷만을 생산하여 양식산업에 이용하기 위한 연구로써, 호르몬의 처리시기를 결정하기 위해 생식소의 형성 및 분화과정을 밝히고, 호르몬으로 MT를 사용하여 100 % 성전환을 유도할 수 있는 적정 처리농도 및 기간을 구함과 동시에 처리군의 성장 및 condition factor 등을 대조군과 비교함으로써, 궁극적으로 본 종의 양식에 있어 성전환에 의해 생산량을 극대화 시킬 수 있는 방법 및 그 타당성을 검토코자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

실험어는 일본으로 부터 도입하여 부산수산대학 양어장에서 사육하고 있는 나일틸라피아 (*Oreochromis niloticus*)로, 충분히 성숙된 1 kg 이상되는 암컷 두 마리와 수컷 한 마리를 친어로 이용하여 채란, 채정한 후 인공 수정 및 부화시킨 자어를 실험에 사용하였다.

### 2. 방 법

#### 2-1. 사육

40 l plastic 수조 4 개를 150 l plastic 여과조에 연결하여 분당 15 l 씩 물을 순환 시키면서 사료를 오전 9 시부터 오후 11 시까지 1 시간 간격으로 충분히 공급하였다. 배설물은 수시로 제거하였으며, 사육용수는 지하수를 이용하여 매일 1/3 씩 교환하고 여과조는 1 주일에 한번씩 청소 하였다. 사육수온은 봉상히터를 이용하여 28.0 $\pm$ 2.0 $^{\circ}$ C로 유지하였고 용존산소는 3~4 ppm을 유지하였다.

#### 2-2. 인공부화

부화장치는 2 개의 plastic 부화병(1.5 l)을 본 실험 조건에 맞게 개조하여, 40 l들이 사각수조에 설치하고 여기에 수정란을 수용한 뒤 수정을 및 부화율을 측정하였다.

### 2-3. 초기생식소 분화

부화 후 경과일수에 따른 자어의 생식소 분화과정을 관찰하기 위하여, 부화부터 30일까지는 3~5일 간격으로, 그리고 30일부터 80일까지는 10일 간격으로 각각 20 마리 씩을 300 ppm lidocaine에 마취시켜 (Kim *et al.*, 1988), 버어니어캘리퍼스로 전장을 1/50 mm까지 측정 한 후 Bouin's fluid에 24시간 고정하였다. 고정된 재료는 Park and Kim (1984)의 방법에 따라 4  $\mu$ m의 조직절편을 만들어, Harris's hematoxylin과 eosin-phloxin으로 염색한 후 생식소의 조직학적 분석에 이용하였다.

### 2-4. 실험사료

성전환 처리를 위한 실험사료는 17 $\alpha$ -methyltestosterone (17 $\alpha$ -methyl-4-androstene-17 $\beta$ -ol-3-one : MT, Sigma) 15, 30 그리고 60 mg을 취한 후, 각각 95 % 에탄올에 녹여 1 l의 사육용수에 섞었다. 그후 강한 통기를 하여 에탄올을 휘발시키고, 시판되는 사료에 섞어 건조시킨 후, 냉장 보관하면서 사용하였다. 대조군의 사료도 같은 방법으로 제조하였으나 단지 MT를 넣지않았다.

성전환 처리가 끝난 실험군의 치어에는 대조군의 사료를 공급하였다.

### 2-5. 성전환 유도

부화 자어의 난황이 거의 흡수되는 부화 후 7 일째 부터 호르몬이 함유된 사료를 공급하여 성전환을 유도하였다. 처리기간은 각 농도별로 10, 20, 30 그리고 40일 동안 실시하였다.

### 2-6. 성장율

처리가 끝난 실험군의 치어 20 마리씩을 마취시켜 전장을 1/50 mm까지 측정하였고, 모든 실험군의 부화 후 57, 67 그리고 77일째의 전장과 체중을 각각 1/50 mm, 1 mg까지 측정하였으며 condition factor (K)는 Carlander (1977)의 식을 약간 수정하여 구하였다.

### 2-7. 성전환을 분석

부화된지 80일째 되는 모든 실험어의 복부를 절개하고 생식소를 채취하여 슬라이드에 놓고 압착 (squash) 표본을 작성한 후 광학현미경 ( $\times 100$ ) 하에서 압,수를 구별하였다.

## 결 과

### 1. 인공 수정 및 부화시의 수정율, 부화율과 초기성장

본 실험에 의하여 얻어진 수정란의 수정율은 95.1 %, 그리고 부화율은 92.3 %였으며 무작위로 추출된 치어의 성장은 Table 1에 나타내었다.

### 2. 초기 생식소 형성

부화 직후 자어의 초기 생식소는 아직 형성되지 않았고, 원 생식 세포 (primordial germ cell)가 중심관 (mesonephric duct)과 장 사이에 위치하였다 (Plate 1-a). 원 생식 세포는 세포질이 약하게 염색되어 투명하고 그 크기가 비교적 커서 (평균 11.5  $\mu$ m) 여타 세포와 쉽게 구별되었다.

부화 후 3 일째 자어의 생식 세포는 복강의 형성과 더불어 복막의 기부로 이동하여 복막의 상피에 부착하였다 (Plate 1-b). 부화 후 6 일째 자어의 생식세포는 3 일째의 생식세포보다 약간 뚜렷하게 쌍으로 배열되어 있었으나 크기에는 큰 차이를 보이지는 않았다.

부화 후 9 일째 자어의 전장은 평균 10.28 mm였으며, 체세포 분열이 생식소 끝 부분에서 활발히 일어났고 초기 생식소로 판별할 수 있는 ridge를 형성하였다 (Plate 1-c). 이후 생식소는 복강쪽으로 점차 커졌고 생식소의 기부로 부터 계속적인 분열을 하여, 부화 후 15 일까지 조직학적 형태에 의한 난소와 정소가 뚜렷하게 구분되지는 않았지만 생식소의 크기는 계속 증가되었다.

부화 후 20 일째에는 전장이 평균 21.04 mm로 생식소의 양 끝으로 부터 세포분열이 활발히 이루어져 난소에는 난소강 (ovarian cavity)이 (Plate 1-d), 정소에서는 정소관 (efferent duct)이 형성되었다

Table 1. Sizes of *O. niloticus* up to 80 days old

Age (days)	Total length (mm)*
0	4.32 ± 0.21
3	6.78 ± 0.23
6	9.15 ± 0.25
9	10.28 ± 0.41
12	13.16 ± 0.26
15	15.50 ± 0.59
20	21.04 ± 0.64
25	24.30 ± 1.33
30	28.78 ± 1.69
40	39.03 ± 2.28
50	49.24 ± 3.30
60	58.69 ± 4.58
70	64.88 ± 5.67
80	71.21 ± 4.29

\* Mean ± S.D.

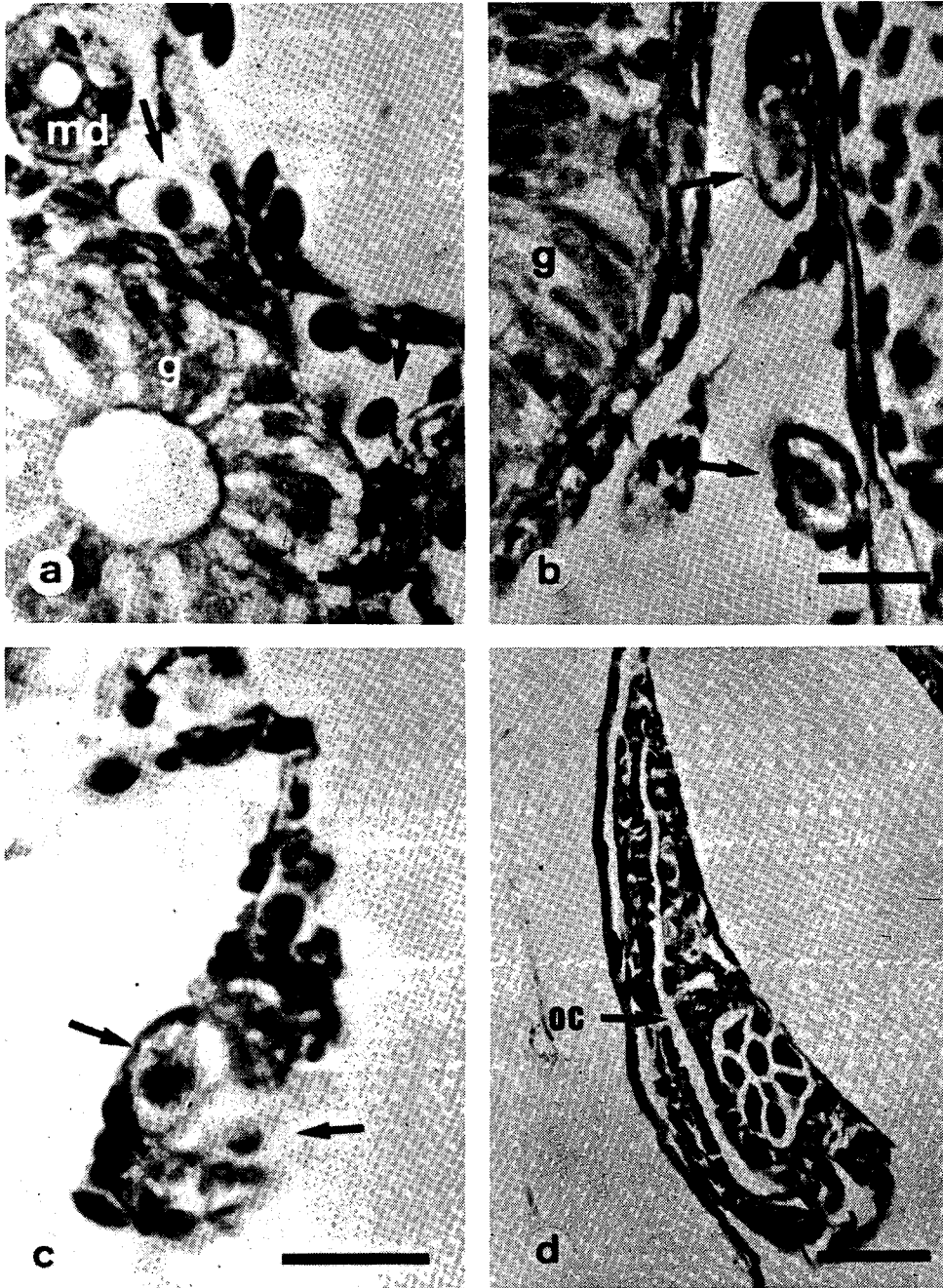
(Plate 2-a).

30일째의 난소는 난모세포가 관찰되기 시작하여 40일째에는 난모세포의 수가 점차 증가되었고 (Plate 2-b), 부화 80일째의 난소는 거의 모든 조직이 난모세포로 구성되었음이 관찰되었다 (Plate 2-c). 정소 조직은 부화 후 20 일 이후 점진적인 발달을 보였으며, 부화 60일째 부터 활발한 감수분열이 관찰되었다 (Plate 2-d). Plate 3-a는 성체 암컷의 생식소 조직으로 성숙된 난은 관찰되지 않았고, Plate 3-b는 성체 수컷의 생식소 조직으로 감수분열이 매우 활발하게 일어나고 있으며 정자도 관찰되었다.

Table 2. Effects of various concentrations and treatment durations of 17 $\alpha$ -methyltestosterone on sex reversal

Dose (ppm)	Treatment		Duration (days)	No. of specimens	No. of males	No. of females	Percent of males
	Start*	End*					
0	—	—	—	82	42	40	51.2
15	7	17	10	75	73	2	97.3
	7	27	20	77	76	1	98.7
	7	37	30	87	86	1	98.9
	7	47	40	79	79	0	100.0
30	7	17	10	79	77	2	97.5
	7	27	20	74	72	2	97.3
	7	37	30	80	80	0	100.0
	7	47	40	97	97	0	100.0
40	7	17	10	71	68	3	95.8
	7	27	20	86	83	3	96.5
	7	37	30	73	70	3	95.9
	7	47	40	79	96	3	96.2

\* Days after hatching



Bar=10  $\mu$ m. md : mesonephric duct, g : gut.  
 b. Transverse sections of a fry 3 days after hatching. Arrows indicate germ cells. Bar=10  $\mu$ m. g : gut.  
 c. Transverse sections of undifferentiate gonad of 9-day-old fry. Arrows indicate germ cells. Bar=10  $\mu$ m.  
 d. Transverse sections through ovaries of 20-day-old fish. Bar=20  $\mu$ m. oc : ovarian cavity.

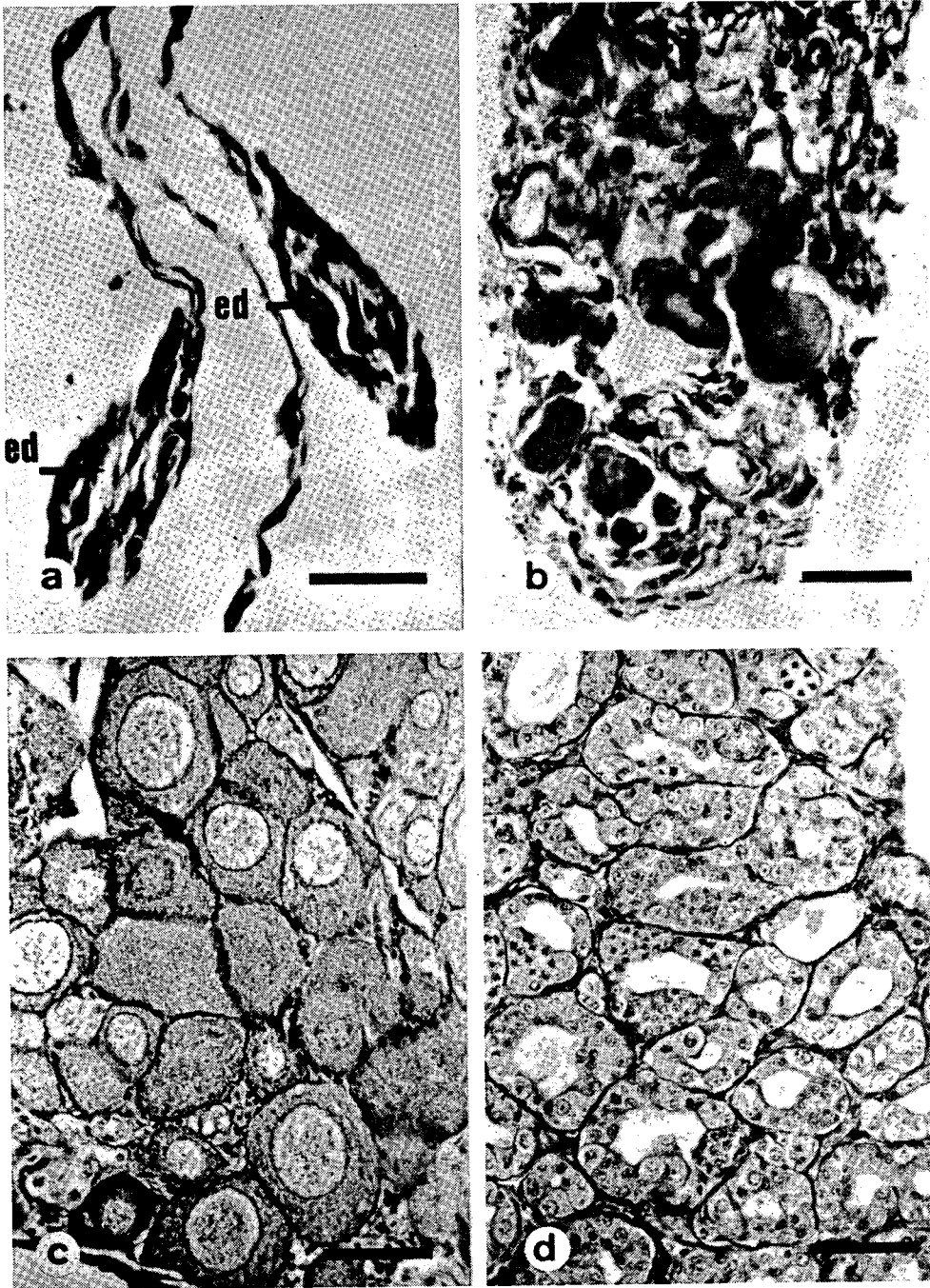


Plate 2-a. Transverse sections through testes of 20-day-old fish. Bar=20  $\mu$ m. ed : efferent duct  
b. Transverse sections through ovaries of 40-day-old fish. Bar=20  $\mu$ m.  
c. Ovarian tissues from juvenile fish. Bar=50  $\mu$ m.  
d. Testicular tissues from juvenile fish. Bar=50  $\mu$ m.

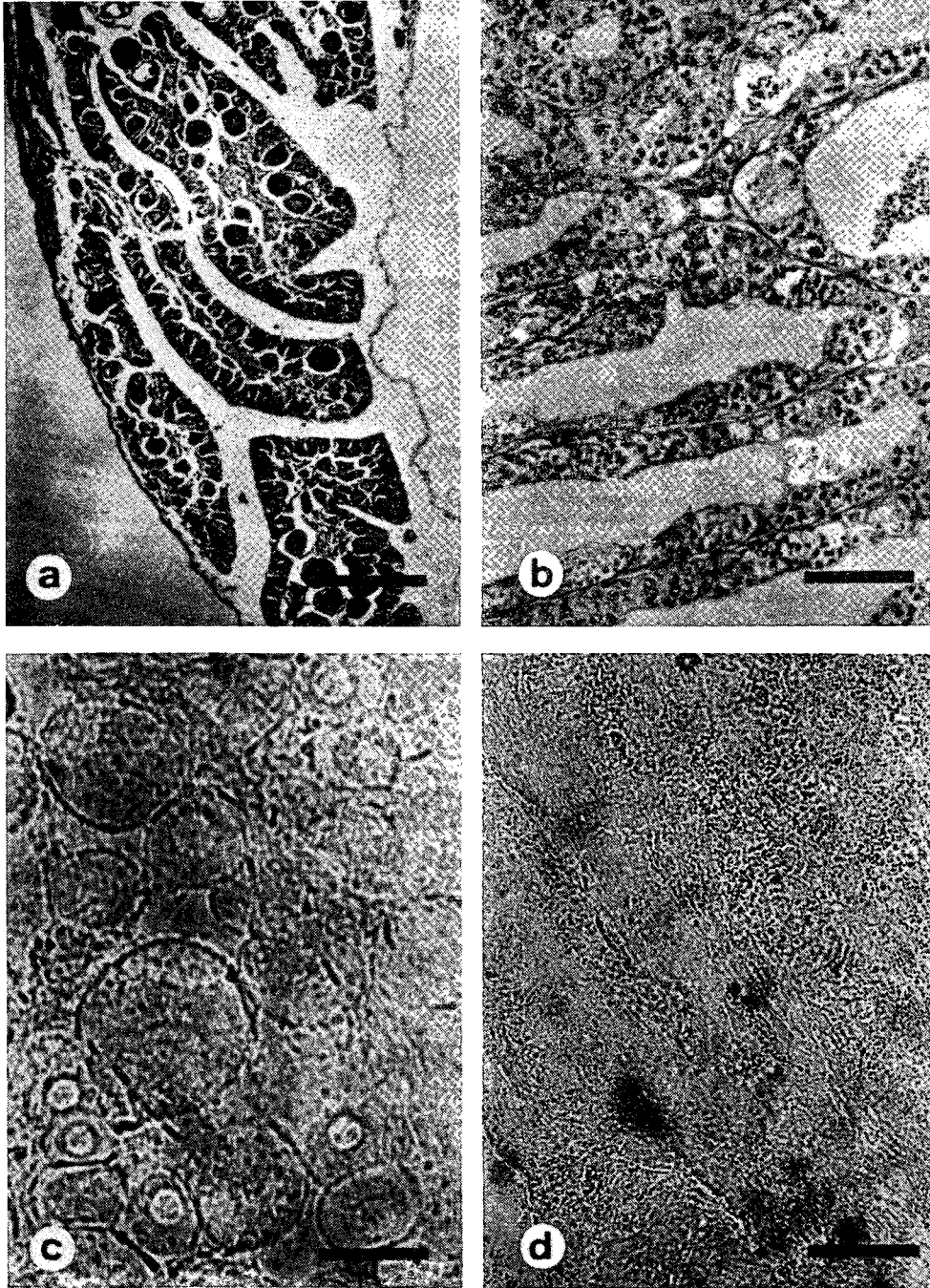


Plate 3-a. Ovarian tissues of adult female. Bar=200  $\mu$ m.  
b. Testicular tissues of adult male. Bar=50  $\mu$ m.  
c. Squash preparation of the ovary from 77-day-old fish. Bar=200  $\mu$ m.  
d. Squash preparation of the testis from 77-day-old fish. Bar=100  $\mu$ m.

### 3. 성전환

부화 후 80일째의 생식소의 압착 표본상을 현미경으로 관찰한 결과 난모세포와 정모세포는 쉽게 구별되었다 (Plate 3-c, d). 이렇게 구분된 암, 수의 비는 Table 2에 나타내었다. 본 실험 대조군의 암, 수의 비는 1 : 1 이었다. 그러나 MT를 처리한 모든 실험군에서는 95.8 % 이상의 수컷이 생산되었고, 15 ppm-40일, 30 ppm-30일 및 30 ppm-40일 처리군에서는 100 %의 수컷이 생산되었다. 각 농도에 따른 평균 수컷 생산율은 15와 30 ppm 에서 98.7 %, 그리고 60 ppm에서 96.1 %로 오히려 높은 농도에서 낮게 나타났으며, 처리 기간에 따른 수컷 생산율은 기간이 길수록 높게 나타나 10 일 처리군이 96.9 %, 그리고 40 일 처리군은 98.7 %였다(Table 2).

### 4. 성장 및 condition factor

성전환 처리가 끝난 후 모든 처리군의 전장을 Table 3에 나타내었다. Table 3에서 보듯이 대조군과 처리군과는 비교적 뚜렷한 성장차이를 보였다. 특히 농도에 따른 성장차도 관찰되어 MT 15 ppm 및 MT 60 ppm 처리군의 전장은 대조군과 매우 현저한 차이를 보였다 (Fig. 1).

호르몬 처리가 끝난 후 호르몬처리군의 전장성장은 시간의 경과에 따라 대조군과는 월등한 성장차이를 보였다. 농도증가에 따른 성장차도 관찰되어 처리군의 평균전장은 15 ppm이 51.5 mm, 30 ppm이 52.2 mm, 그리고 60 ppm이 54.7 mm로 농도증가에 따라 성장이 증가되었다. 부화 후 67일째까지는 모든 실험군에 있어 각 농도에 따라 처리기간이 길어질수록 전장성장이 크게 나타남을 알 수 있었다. 77일째의 평균전장은 대조군이 69.8 mm, 15 ppm이 81.8 mm, 30 ppm이 79.7 mm, 그리고 60 ppm이 83.7 mm로 나타나 대조군과 처리군의 성장차가 더욱 커졌다. 농도에 따른 성장차는 60 ppm 처리군의 평균전장이 가장 커서 일반적으로 농도의 증가에 비례하였다. 그러나 30 ppm에서는 15 ppm의 전장보다 오히려 작게 나타났다 (Table 4).

체중의 경우 대체로 전장과 유사한 경향을 보였으나, 부화 후 77일째에 이르면 MT 처리군이

Table 3. Effects of various concentrations of 17 $\alpha$ -methyltestosterone in the diet on mean total length of *O. niloticus* at the end of the treatment period

Dose (ppm)	Treatment		Duration (days)	Total length* (mm)
	Start**	End**		
0	7	17	10	18.16 $\pm$ 0.85
	7	27	20	26.57 $\pm$ 1.94
	7	37	30	35.29 $\pm$ 2.02
	7	47	40	43.58 $\pm$ 2.31
15	7	17	10	18.37 $\pm$ 0.87
	7	27	20	27.24 $\pm$ 1.85
	7	37	30	37.25 $\pm$ 2.62
	7	47	40	47.20 $\pm$ 4.18
30	7	17	10	18.37 $\pm$ 1.02
	7	27	20	25.64 $\pm$ 1.66
	7	37	30	35.71 $\pm$ 1.46
	7	47	40	43.46 $\pm$ 2.34
60	7	17	10	18.45 $\pm$ 1.04
	7	27	20	26.92 $\pm$ 1.15
	7	37	30	38.70 $\pm$ 1.61
	7	47	40	47.38 $\pm$ 2.85

\* Mean  $\pm$  S.D.      \*\* Days after hatching



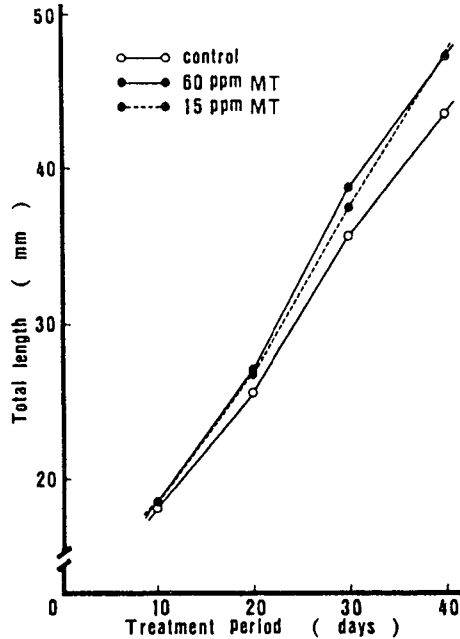


Figure 1. Growth of *O. niloticus* treated with 0, 15 and 60 ppm 17 $\alpha$ -methyltestosterone.

Table 4. Post-treatment effects of 17 $\alpha$ -methyltestosterone on mean total length of *O. niloticus*

Dose (ppm)	Treatment		Duration (days)	Total length (mm)*		
	Start**	End**		57**	67**	77**
0	—	—	—	52.7 $\pm$ 5.5	60.6 $\pm$ 4.8	69.8 $\pm$ 8.1
15	7	17	10	47.6 $\pm$ 3.1	62.0 $\pm$ 6.3	84.5 $\pm$ 7.7
	7	27	20	49.3 $\pm$ 3.0	63.3 $\pm$ 6.6	82.8 $\pm$ 7.9
	7	37	30	54.2 $\pm$ 3.3	68.9 $\pm$ 5.6	80.6 $\pm$ 6.5
	7	47	40	55.1 $\pm$ 5.5	67.1 $\pm$ 5.0	79.2 $\pm$ 6.7
30	7	17	10	54.2 $\pm$ 3.3	66.8 $\pm$ 5.0	81.6 $\pm$ 6.4
	7	27	20	48.6 $\pm$ 3.8	62.9 $\pm$ 5.6	77.8 $\pm$ 5.4
	7	37	30	52.6 $\pm$ 3.7	67.1 $\pm$ 6.5	80.8 $\pm$ 7.1
	7	47	40	53.5 $\pm$ 3.3	65.8 $\pm$ 5.0	78.4 $\pm$ 5.2
60	7	17	10	53.4 $\pm$ 5.7	64.9 $\pm$ 7.2	84.2 $\pm$ 7.5
	7	27	20	52.4 $\pm$ 3.9	65.3 $\pm$ 7.9	82.5 $\pm$ 6.8
	7	37	30	55.1 $\pm$ 2.7	69.5 $\pm$ 7.9	84.8 $\pm$ 5.9
	7	47	40	57.9 $\pm$ 4.9	70.6 $\pm$ 5.0	83.4 $\pm$ 6.1

\* Mean  $\pm$  S.D.

\*\* Days after hatching

대조군에 비해 1.5~2배의 현저한 체중 증가를 보였다 (Table 5).

Table 6 은 부화 후 57, 67 및 77일째의 condition factor로써 condition factor는 모든 MT 처리군에서 대조군보다 크게 나타났으며 성장함에 따라 점차 감소함이 관찰되었다.

Table 5. Post-treatment effects of 17 $\alpha$ -methyltestosterone on mean body weight of *O. niloticus*

Dose (ppm)	Treatment		Duration (days)	Body weight (g)*		
	Start**	End**		57**	67**	77**
0	—	—	—	3.25±1.22	4.79±1.09	6.78±2.09
15	7	17	10	2.48±0.54	6.41±2.01	13.56±4.32
	7	27	20	2.93±0.73	6.65±2.22	13.17±4.11
	7	37	30	3.89±0.80	7.86±1.75	10.70±2.97
	7	47	40	4.33±1.24	7.49±1.60	10.03±2.43
30	7	17	10	3.75±0.90	7.04±1.93	10.88±3.18
	7	27	20	3.09±0.89	5.93±1.85	10.37±2.50
	7	37	30	3.83±0.96	7.66±2.11	10.69±2.74
	7	47	40	4.09±0.87	7.30±1.88	9.90±2.43
60	7	17	10	3.69±1.04	6.64±2.55	13.34±4.03
	7	27	20	3.24±0.79	6.43±2.26	11.15±3.06
	7	37	30	3.80±0.72	8.06±2.70	11.90±2.90
	7	47	40	4.91±1.19	8.52±1.48	12.08±2.85

\* Mean ± S.D.

\*\* Days after hatching

Table 6. Post-treatment effects of 17 $\alpha$ -methyltestosterone on mean condition factor of *O. niloticus*

Dose (ppm)	Treatment		Duration (days)	Condition factor*		
	Start**	End**		57**	67**	77**
0	—	—	—	2.14±0.32	2.14±0.30	1.81±0.30
15	7	17	10	2.27±0.44	2.35±0.43	2.20±0.34
	7	27	20	2.40±0.31	2.51±0.31	2.25±0.30
	7	37	30	2.43±0.19	2.38±0.27	1.99±0.20
	7	47	40	2.53±0.24	2.45±0.19	1.98±0.12
30	7	17	10	2.31±0.31	2.30±0.24	1.95±0.23
	7	27	20	2.63±0.26	2.30±0.29	2.17±0.26
	7	37	30	2.59±0.20	2.48±0.26	1.99±0.20
	7	47	40	2.64±0.22	2.52±0.27	2.02±0.39
60	7	17	10	2.39±0.41	2.30±0.30	2.19±0.54
	7	27	20	2.21±0.23	2.19±0.30	1.94±0.23
	7	37	30	2.26±0.28	2.30±0.24	1.92±0.18
	7	47	40	2.49±0.25	2.42±0.31	2.10±0.52

\* (Body weight/Total length<sup>3</sup>)×10<sup>5</sup>

\*\* Days after hatching

## 고 찰

어류의 성전환에 관해서는 Yamamoto (1969)가 medaka (*Oryzias latipes*)를 재료로 하여 최초로 완전한 생리적인 성전환을 유도한 이래 여타 어류에서도 많은 연구가 이루어졌다.

어류의 성전환은 호르몬의 종류, 농도, 투여 방법, 유전적 계통, 최초 처리시간 및 처리 기간 등에 크게 좌우되며 특히 최초 처리시간은 성 분화와 관계되어 매우 중요시 된다 (Hunter and Donaldson, 1983; Nakamura and Iwahashi, 1982). 틸라피아의 성 분화는 일반적으로 2~6 주 사이에 이루어짐이 보고되어 있다 (Guerrero, 1982; Rothbard *et al.*, 1983). 예컨대, Eckstein and Spira (1965)는 *O. aureus* 의 경우 성 분화가 부화 후 10~30 일째에 이루어짐을 밝힌 바 있으며, Nakamura and Takahashi(1973)는 *O. mossambicus*에서 조직학적 분석을 통해 부화 후 16~20일째 (체장 8~11 mm) 난소와 정소로 구분할 수 있는 난소강과 정소관이 형성됨을 밝혔고, Yoshikawa and Oguri (1977)는 *Tilapia zillii*의 성 분화가 부화 후 15~20일째에 난소와 정소를 구분 지을 수 있는 난소강과 정소관이 형성되는 것으로 보아 전술한 여타종과 비교해 볼때 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

틸라피아의 남성 호르몬 처리에 의한 기존의 성전환 결과는 Table 7 에 종합하였다. 본 실험에서 사용된 MT는 여타 틸라피아의 경우에도 성전환이 유도됨을 알 수 있어 성전환에 매우 효과적인 호르몬인 것으로 사료된다. 본 실험 결과, MT 60 ppm 에서 성전환율이 비교적 나쁜 결과를 보인 것은 30 ppm 보다 높은 농도에서는 MT의 효과가 오히려 떨어진다는 여타 연구 결과 (Clemens and Inslee, 1968; Guerrero, 1975; Nakamura, 1975; Obi and Shelton, 1983)와 일치하였다. 더우기 본 연구 결과 15 ppm 의 저농도에서도 비교적 높은 수컷생산율 (평균 98.7 %)을 나타냈은 Clemens and Inslee (1968), Guerrero and Abella (1976) 및 Jo (1988)의 연구에서와 비슷한 결과이나, 단지 본 농도로 10일간 처리한 군에서도 비교적 높은 수컷생산율 (97.3 %)을 보임은 매우 흥미로운 결과로 사료된다. 이렇듯 짧은 처리기간에 성전환이 보고된 결과는 이제까지 전무하여 직접 비교는 곤란하나, 본 연구에서는 최초 처리시기가 빠르므로 성분화 결과 (15~20 일)로 미루어 볼때 충분한 가능성을 시사하고 있다. 그러나 각 계통간의 유전적 차이에 따른 결과일 가능성을 전혀 배제할 수 없으므로 더 낮은 농도로 더욱 짧은 기간 처리하여 본 결과와 비교 검토하여야 할 것이다.

모든 MT 처리군에서 부화 후 77일째의 전장과 체중이 대조군보다 월등한 차이를 보여 MT 처리가 성장에 기여한다는 다른 연구결과와 일치하였다 (Goetz *et al.*, 1979; Jo, 1988; Yamazaki, 1976), 특히, Jo (1988)는 성전환 처리가 끝나는 시기까지의 성장이 MT 25 ppm에서 보다 15 ppm 처리군이 오히려 빠르다고 보고하였다. 그러나 본 실험의 60 ppm 처리군이 성장이 가장 빠른 것으로 보아 이는 실험 조건에 따른 인위적인 요인일 가능성도 전혀 배제할 수는 없으리라 생각된다.

본 실험 결과 나타난 MT 처리기간의 증가에 따른 condition factor의 증가는 매우 흥미로운 결과로, 특히 처리가 끝난 후 시간의 경과에 따라 대조군과 유사한 수치로 회복됨은 MT가 틸라피아의 체중증가와 직접 관계되는 것으로 판단된다. 그러나, 틸라피아의 경우 아직 이러한 결과가 보고된 바 없어 앞으로 더욱 많은 실험결과의 축적이 필요하리라 생각되나, yellow perch의 경우에는 상기의 결과와 동일한 자료가 보고된 바 있다 (Malison *et al.*, 1985). 따라서 앞으로 적정 농도들을 처리한 후 농도 증가에 따른 condition factor의 증가에 대한 연구가 수행 되어야 할 것이다.

## 국 문 요 지

틸라피아는 암수간에 성장차가 커 수컷 종묘만을 생산하여 양식함은 산업적으로 매우 중요시 된다. 본 연구는 나일틸라피아의 암컷을 수컷으로 성전환시키기 위한 연구로써 본 종의 초기생식소 분화 및 여러 농도의 호르몬 처리에 의한 성전환율을 구한 후 호르몬이 성장에 미치는 효과를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

나일틸라피아의 초기 생식소는 원생식세포의 점진적인 분열에 의해 부화후 9일째 형성되었으며,

Table 7. A review of androgen treatment in tilapias

Species	Steroid	Dose (ppm)	Duration (days)	% Males	References
<i>O. aureus</i>	M*	15~60	18	84~98	Guerrero (1975)
	E**	"	"	85~100	"
	E	30	22	90~100	Sanico (1975)
	M	60	21~28	100	Shelton <i>et al.</i> , (1981)
	M	5~10 15~60	30 "	73~99 100	Jo (1988)
<i>O. mossambicus</i>	M	10~40 50	60 "	100 77.3	Clemens and Inslee (1968)
	M	50	19	100	Nakamura (1975)
	M	30	14~28	69~98	Guerrero (1976a)
	M	50	30	100	Guerrero (1976b)
	M	30 60	42 "	81~85 100	Anonymous (1979)
	M	50	40	100	Guerrero (1979)
	M	15~50	42	96~98	Guerrero and Abella (1976)
<i>O. niloticus</i>	M	30~60	25~59	99~100	Tayamen and Shelton (1978)
	E	"	"	98~100	"
	M	50	28~42	100	Owusu-Frimpong and Nijhar (1981)
	M	50	30	100	Nakamura and Iwahashi (1982)
	M	5~25	30	77~100	Jo (1988)
<i>T. zillii</i>	M	50	45	100	Wodiwode (1977)
<i>O. mossambicus</i> × <i>O. niloticus</i>	E	60~120	28	97.3~99.7	Berger and Rothbard (1987)
<i>O. niloticus</i> × <i>O. mossambicus</i>	E	60	25~28	96~99	Buddle (1984)
<i>O. niloticus</i>	M	15~60	10~40	95.8~100	Present study

\* 17 $\alpha$ -methyltestosterone

\*\* 17 $\alpha$ -ethynyltestosterone

난소와 정소로의 성 분화는 부화후 약 20일부터 조직학적으로 식별되었다.

17 $\alpha$ -methyltestosterone (MT)을 15, 30 및 60 ppm의 농도로 10~40일 동안 처리한 후 성전환율을 조사한 결과 모든 실험군에서 95% 이상의 수컷이 생산되었다. 특히 15 ppm-40일, 30 ppm-30일과 30 ppm-40일 처리군에서는 100% 수컷이 유도되었다.

호르몬 처리에 의한 성장의 증가는 대조군에 비해 비교적 뚜렷하게 나타났으며, condition factor 역시 크게 나타나 MT는 틸라피아의 성장을 증가시키는 물론 비만하게 함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- Anonymous, 1979. Preliminary study of the utilization of androgen to induce the all-male tilapia. Chin. J. Zool., 1 : 1-3.
- Avtalion, R. R. and I. S. Hammerman, 1978. Sex determination in *Sarotherodon (Tilapia)*. I. Introduction to a theory of autosomal influence. Bamidgeh, 30 : 110-115.
- Bardach, J. E., J. H. Ryther and W. O. McLarney, 1972. Aquaculture : the farming and husbandry of freshwater and marine organisms. Wiley-Interscience Publication, New York, pp. 1-869.
- Berger, A. and S. Rothbard, 1987. Androgen induced sex-reversal of red tilapia fry stocked in cages within ponds. Bamidgeh, 39 : 49-57.
- Buddle, C. R., 1984. Androgen induced sex-inversion of *Oreochromis (Trewavas)* hybrid fry stocked into cages standing in an earthen pond. Aquaculture, 40 : 233-239.
- Carlander, K. D., 1977. Handbook of freshwater fishery biology. Vol. 2. Iowa State University Press, Ames, IA. pp. 1-431.
- Chevassus, B., 1983. Hybridization in fish. Aquaculture, 33 : 245-262.
- Clemens, H. P. and T. Inslee, 1968. The production of unisexual broods by *Tilapia mossambica* sex-reversed with methyltestosterone. Trans. Amer. Fish. Soc., 97 : 18-21.
- Eckstein, B. and M. Spira, 1965. Effect of sex hormones on the gonadal differentiation in a Cichlid, *Tilapia aurea*. Biol. Bull., 129 : 482-489.
- Goetz, F. W., E. M. Donaldson, G. A. Hunter and H. M. Dye, 1979. Effects of estradiol-17 $\beta$  and 17 $\alpha$ -methyltestosterone gonadal differentiation in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Aquaculture, 17 : 267-268.
- Guerrero, R. D., 1975. Use of androgens for the production of all-male *Tilapia aurea* (Steindachner). Trans. Amer. Fish. Soc., 2 : 342-348.
- Guerrero, R. D., 1976a. Culture of male *Tilapia mossambica* produced through artificial sex reversal. FAD Tech. Conf. Aquacult., 1976. E. 15, pp. 1-3.
- Guerrero, R. D., 1976b. *Tilapia mossambica* and *T. zillii* treated with ethynyltestosterone for sex reversal. Kalikasan, 5 : 181-192.
- Guerrero, R. D., 1979. Use of hormonal steroids for artificial sex reversal of tilapia. Proc. Indian Natl. Sci. Acad., Part B, 45 : 512-514.
- Guerrero, R. D., 1982. Control of tilapia reproduction. In : The Biology and Culture of tilapias. (R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell, Editors). International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, pp. 309-316.
- Guerrero, R. D. and T. A. Abella, 1976. Induced sex reversal of *Tilapia nilotica* with methyltestosterone. Fish. Res. J. Philipp., 1 : 46-49.
- Hickling, C. F., 1960. The Malacca tilapia hybrids. J. Genet., 57 : 1-10.
- Hunter, G. A. and E. M. Donaldson, 1983. Hormonal sex control and its application to fish culture. In : Fish Physiology, Vol. IX (W. S. Hoar, D. J. Randall and E. M. Donaldson, editors), Acad. Press, New York, pp. 223-303.
- Jensen, G. L., 1976. The effects of several naturally occurring estrogens on *Sarotherodon aureus* (Steindachner) and their potential application to yield monosex genetic male. M. S. Thesis, Auburn University, Auburn, Alabama.
- Jo, J.-Y., 1988. Effects of 17 $\alpha$ -Methyltestosterone in the diet of sex reversal, growth, body composition, and gonadosomatic indices of *Tilapia aurea* and on sex reversal and growth of *T. nilotica*. Ph. D. Thesis, Auburn Univ., Alabama.
- Kim, D. S., I. C. Bang, S.-K. Chun and Y. H. Kim, 1988. Effects of the anaesthetic lidocaine on some fishes. Bull. Kor. Soc. Fish Pathol., 1(1) : 59-64.
- Kim, I.-B., 1980. Feed conversion efficiency of the F1 hybrids *Sarotherodon niloticus* and *S. mossambicus*. Commemoration Paper for Prof. C.-W. Kim's 60th Birthday Anniv., pp. 303-311.
- Lovshin, L. L., 1982. Tilapia hybridization, In : The biology and Culture of Tilapias (R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell, editors). International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, pp. 279-308.

- Malison, J. A., C. D. Best, T. B. Kayes, C. H. Amundson and B. C. Wentworth, 1985. Hormonal growth promotion and evidence for a size-related difference in response to estradiol-17 $\beta$  in yellow perch (*Perca flavescens*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42 : 1627-1633.
- Mires, D., 1977. Theoretical-and practical aspects of the production of all male tilapia hybrids. Bamid-geh, 29 : 94-101.
- Nakamura, M., 1975. Dosage-dependent changes in the effect of oral administration of methyltestosterone on gonadal sex differentiation in *Tilapia mossambica*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 26 : 99-108.
- Nakamura, M. and H. Takahashi, 1973. Gonadal sex differentiation in *Tilapia mossambica* with special regard to the time of estrogen treatment effective in inducing complete feminization of genetic males. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 24 : 1-13.
- Nakamura, M. and M. Iwahashi, 1982. Studies on the practical masculinization in *Tilapia mossambica* by the oral administration of androgen. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 48 : 763-769.
- Obi, A. and W. L. Shelton, 1983. Androgen and estrogen sex reversal in *Tilapia hornorum*. In : Int. Symposium on Tilapia in Aquaculture (L. Fishelson and Z. Yaron, editors), Tel-Aviv Univ., Tel-Aviv, pp. 165-173.
- Owusu-Frimpong, M. and B. Nijjhar, 1981. Induced sex reversal in *Tilapia nilotica* (Cichlidae) with methyltestosterone. Hydrobiologia, 78 : 157-160.
- Park, E. H. and D. S. Kim, 1984. Hepatocarcinogenicity of diethylnitrosamine to the self-fertilizing hermaphroditic fish *Rivulus marmoratus* (Teleostomi : Cyprinodontidae). J. Natl. Cancer Inst., 73 : 871-876.
- Philippart, J-C. and J-C. Ruwet, 1982. Ecology and distribution of tilapias. In : The biology and culture of tilapias (R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnel, editors). International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, pp. 15-59.
- Rothbard, S., E. Solnik, S. Shabbath, R. Amado and I. Grabie, 1983. The technology of mass production of hormonally sex-inversed all-male tilapias. In : Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture (L. Fishelson and Z. Yaron, Compilers), Tel-Aviv University, Tel-Aviv, pp. 425-434.
- Sanico, A. F., 1975. Effects of 17 $\alpha$ -ethynyltestosterone and estrone on sex ratio and growth of *Tilapia aurea* (Steindachner). M. S. Thesis, Auburn University, Auburn, Alabama.
- Shelton, W. L., D. Rodriguez-Guerrero and J. Loper-Maciás, 1981. Factors affecting androgen sex reversal of *Tilapia aurea*. Aquaculture, 25 : 59-65.
- Stickney, R. R., 1979. Principles of warmwater aquaculture. John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 1-375.
- Tave, D., 1986. Genetics for Fish Hatchery Managers. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, pp. 1-299.
- Tayamen, M. M. and W. L. Shelton, 1978. Inducement of sex reversal in *Sarotherdon nilotica* (Linnaeus). Aquaculture, 14 : 349-354.
- Trewavas, E., 1982. Tilapias : taxonomy and speciation. In : The biology and culture of tilapias (R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnel, editors). International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, pp. 3-13.
- Wodiwode, J. G., 1977. Sex reversal *Tilapia zillii* by injection of vertebrates. Gen. Comp. Endocrinol. Suppl., 1 : 356-361.
- Wohlfarth, G. W. and G. Hulata, 1983. Applied genetics of tilapias. ICLALM Studies and Reviews 6, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, pp. 1-25.
- Yamamoto, T., 1969. Sex differentiation. In : Fish Physiology, Vol. 3 (W. S. Hoar and D. J. Randall, editors). Academic Press, New York, pp. 117-175.
- Yamazaki, F., 1976. Application of hormones in fish culture. J. Fish. Res. Board Can., 33 : 948-958.
- Yamazaki, F., 1983. Sex control and manipulation in fish. Aquaculture, 33 : 329-354.
- Yoshikawa, H. and M. Oguri, 1977. Sex differentiation in a Cichlid, *Tilapia zillii*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 44 : 313-318.