

17 α -Methyltestosterone의 침적처리에 의한 나일틸라피아 (*Oreochromis niloticus*)의 성전환

노충환 · 남윤권 · 김동수
부산수산대학교 양식학과

Sex Reversal of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by Immersion in a Solution of 17 α -Methyltestosterone

Choong Hwan Noh, Yoon Kwon Nam and Dong Soo Kim
Department of Aquaculture, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea

Effects of 17 α -methyltestosterone (17 α -MT) in rearing water on sex reversal of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) were investigated and optimum conditions as initial treatment time, concentrations and treatment durations of hormone were evaluated in this study.

For the study of the optimum initial treatment time, 0 to 20-day-old fry were treated by immersion in a 500 ppb solution of 17 α -MT. Desirable results were obtained at 12-day-old fish as 86.4% of male induction rates and this frequency was obviously higher than the other age groups.

Twelve-day-old fry were immersed in 17 α -MT solutions at concentrations of 0~2,000 ppb for 24 hours for the study of dose dependent relationship between sex ratios and concentrations of 17 α -MT. Male induction rates of all treated groups were higher than 80%. X^2 values against the sex ratio of control group indicate that sex reversal has taken place effectively in all experimental groups ($P < 0.001$). Furthermore, 500 ppb treated groups showed highest male incidence of 86.4%.

Effects of 5 different durations (0, 12, 18, 24 and 30 hours) treated with 1,000 ppb of 17 α -MT were also evaluated. Male induction rate from 0 to 24 hours treated group was increased with treatment durations. However, male incidence of 30-hour treated group (84.0%) was slightly decreased compare to the 24-hour treated group (85.2%).

It is concluded that immersion treatment using 17 α -MT on *O. niloticus* is possible on sex reversal at low concentration of 500 ppb and short treatment durations within 24 hours with 12-old-day fry.

Key words : Nile tilapia, Sex reversal, Immersion, 17 α -Methyltestosterone

서 론

Cichlidae 과에 속하는 틸라피아는 사육환경에 잘 적응하며 성장이 빨라 열대 및 아열대 지역에서 활발히 양식되고 있으며 특히 나일틸라피아(*Ore-*

ochromis niloticus)는 성장이 빠른 대형종으로 틸라피아 양식에 있어 중요한 대상종으로 각광 받고 있다. 그러나 틸라피아는 조기 성숙으로 인해 성장이 둔화되어(MaCintosh et al., 1985) 상품 크기까지 도달하는데 많은 시간이 필요하며, 번

식력 및 생존력이 강하여 쉽게 과밀도로 되고 종(species), 계통(strain) 및 성(sex)에 따라 성장에 차이가 있어 조기 성숙을 막아 생산량을 높이기 위한 몇 가지 연구가 수행된 바 있다(Scott et al., 1989).

그중 포식어류로 하여금 자치어를 잡아 먹게 하는 방법은 번식에 따른 성장을 둔화를 막지 못하며(Lovshin, 1975), 종묘의 암수 선별 방법은 암컷을 제거하고 양식하게 되므로 이에 따른 손실이 크다. 또한 중간 교배를 통한 단성 생산 방법이 있으나 실제 교배에 사용되는 친어가 유전적으로 순수하지 못하므로 항상 성공적인 결과를 기대할 수 없다(Mires, 1977; Tave, 1986). 따라서 가장 많이 사용되는 방법중 하나는 호르몬 처리를 통한 생리학적인 성전환 방법이다.

틸라피아는 암컷에 비하여 수컷의 성장 잠재력이 높아 산업적으로 유리한 전 수컷 집단 생산이 필요하며 Yamamoto (1969)에 의해 암컷을 수컷으로 성전환시키는 실험이 성공한 이래 최근까지 호르몬을 처리하여 전 수컷 집단을 생산하려는 많은 연구가 수행되었다(Yamazaki, 1983; Phelps et al., 1992; Lone and Ridha, 1993; Hiott and Phelps, 1993). 그 중 호르몬을 사료에 섞어 경구 투여하여 성전환 시키는 방법은 그 처리 방법이 간편하여 가장 흔히 쓰이는 방법이다. 그러나 번거로운 사료 제조 과정을 거쳐야 하고 비교적 높은 농도의 호르몬을 장기간 투여하여야 하며, 개체간 먹이 먹는 양이 서로 달라 모든 개체에 동일한 처리를 할 수 없다(Lone and Ridha, 1993). 또한 소실 사료 및 배설물을 통해 호르몬이 자연수계로 유출되는 등의 환경 오염 문제가 잠재되어 있으며(Gall 1983), 어체에 잔류된 호르몬이 이들 어류를 먹은 인간의 체내에서 발암 물질로 작용할 수도 있다(Curtis et al., 1991).

이러한 문제점을 해결코자 저농도의 호르몬을 사육수에 희석시켜 어류를 침적 처리함으로써 성전환을 시키기 위한 연구가 시도되었다. 이 방법은 성어는 물론 갓 부화한 자어뿐만 아니라

발안난까지 처리가 가능하여 보다 효과적으로 쉽게 성전환을 유도할 수 있고(Lone and Ridha, 1993), 모든 개체에 노출 정도가 같아 동일한 처리를 할 수 있는 잇점이 있다. 이에 Varadaraj와 Pandian (1987) 그리고 Varadaraj (1990)는 부화 10 일된 *O. mossambicus* 자어를 5 µg/l 농도의 17α-methyltestosterone에 10 일간 침적 처리하여 100% 수컷을 생산한 바 있다.

이 연구는 호르몬 처리를 통한 전 수컷 집단의 생산에 있어 환경 오염 문제를 줄일 수 있으며 양식 산업 현장에서 보다 간편하게 이용할 수 있는 침적 처리를 통한 나일틸라피아(*Oreochromis niloticus*)의 수컷 집단 생산의 가능성을 타진하기 위하여 다양한 처리 농도 및 처리 시간에 따른 수컷 유도율과 발생 과정에 따른 적정 최초 처리 시간을 구하였다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 사육

부산수산대학교 양어장에서 사육하고 있는 체중 150~200 g 되는 나일틸라피아(*Oreochromis niloticus*) 암컷 및 수컷을 250 l 용량의 유리 수조에서 28±2℃로 사육하면서 광주기 조절(16 L : 8D)을 통하여 산란을 유도하였다.

2. 방 법

2-1. 수정

인공수정은 암컷의 산란행동과 생식공을 관찰한 후 산란 직전에 수조에서 꺼내어 복부를 압박하여 채란하고 수컷의 생식소를 적출하여 얻은 정자와 수정시켰으며, 자연산란을 위해 암컷과 수컷을 4 : 1로 유리 수조에서 유지하면서 자연 교배시켰다.

2-2. 인공부화

Rothbard와 Hulata (1980)의 zugar jar technique을 본 실험 조건에 맞게 수정하여, 유수식으로 만든 200 l 들이 사각수조에 설치한 후 28±2℃를 유지하면서 부화시켰다(Fig. 1).

인공수정된 난은 수정 직후 Fig. 1의 부화기로 옮겨졌으며, 자연산란된 알은 구중 부화 시작 3일째 친어의 입에서 알을 꺼내 부화기로 옮겨 부화시켰다. 모든 경우 수정 후 4일째 부화된 모든 개체를 부화기에서 꺼내 가두리로 옮겨 실험에 사용하였다.

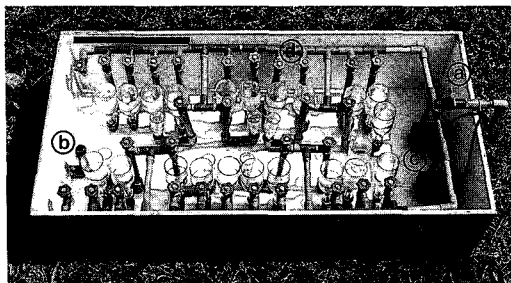


Fig. 1. A view of the zugar-jar egg incubator composed of 28 bottles each contains 1,000 eggs of *O. niloticus*.

a) inflow b) overflow c) pumps d) control valve
bar=30 cm

2-3. 초기 성장율 조사

부화 후 최초 처리 시간에 따른 자어의 전장을 측정하기 위하여 부화부터 20일까지 5일 간격으로 각각 20 마리씩을 1.25% glutaraldehyde 용액에 고정하여 버어니어캘리퍼스 1/20 mm까지 측정하였다.

2-4. 호르몬 용해

성전환 처리를 위하여 17 α -methyltestosterone (17 α -methyl-4-androstene-17 β -ol-3-one, Sigma Chemical Co., USA) 100 mg을 100 ml ethanol (99%)에 녹여 stock solution을 만들어 냉장고에 보관하면서 실험시 사육수에 필요한 농도로 희석하여 충분히 통기한 후 사용하였다.

2-5. 17 α -MT 처리에 따른 사망율

2-5-1. 처리 시간별 사망율

발생 과정에 따른 사망율을 조사하기 위하여 인공수정시켜 28 \pm 2 $^{\circ}$ C에서 사육하고 있던 자어를 부화 12일째 60마리씩 다섯개의 플라스틱 가두

리에 나누어 후 28 \pm 2 $^{\circ}$ C를 유지하면서 500 ppb의 17 α -MT를 0~90 시간 처리하였다. 처리 기간이 48시간 이상인 처리군은 매 24시간 마다 사료를 공급하고 호르몬 용액을 모두 교환하였다. 호르몬 처리가 끝나면 실험군이 들어 있는 플라스틱 가두리를 여과조가 설치된 200 l 용량의 나무 수조로 옮겨졌다. 개체가 성장함에 따라 큰 가두리로 바꾸고 분석 1~3주 전부터는 순환 여과장치가 설치된 100 l 용량의 유리 수조로 옮겨 사육하였다. 대조군으로는 무처리군과 ethanol (99.9%)만을 사육수에 희석하여 호르몬 처리군과 동일한 방법으로 처리한 실험군(ethanol 대조군)을 두었다.

2-5-2. 농도별 사망율

17 α -MT의 농도별 사망율을 조사하기 위하여 부화 12일된 자어 60마리씩을 0~2,000 ppb의 농도로 24시간 처리하였다. 이때 대조군 및 처리 후 분석은 상기 2-5-1의 방법과 동일하게 처리하였다.

2-6. 발생 과정에 따른 성전환 처리

17 α -MT를 사용한 침적 처리에서 가장 효과적인 최초 처리 시간을 조사하기 위하여 부화 직후(day 0)부터 16일(day 16)까지 2일 간격으로 500 ppb의 17 α -MT 농도로 24시간 동안 처리하였다.

앞서의 성전환 결과를 분석한 후 다시 부화 직후 부터 부화 후 20일까지를 4일 간격으로 나누어 동일한 방법으로 처리하여 반복 실험하였다.

2-7. 농도에 따른 성전환 처리

구중 부화중인 수정란을 수정 후 3일째 zugar jar bottle로 옮겨 부화 시킨 후 부화 후 12일째 0, 250, 500, 1,000 및 2,000 ppb 농도로 앞서의 실험들과 동일한 방법으로 24시간 동안 처리하였다.

2-8. 처리 시간에 따른 성전환 처리

처리 시간에 따른 성전환율을 분석하기 위하여 부화 12일된 자어를 대상으로 1,000 ppb 농도로 6시간 간격으로 30시간까지 처리하였다. 30시간 처리군은 24시간 경과 후 사료를 공급하고 호

르몬 처리를 6시간 더 실시하였다.

2-9. 성전환을 분석

부화 후 60~90일째 모든 개체의 복부를 절개하고 생식소를 채취하여 squash method와 aceto-carmin squash method (Guerrero and Shelton, 1974) 그리고 Park과 Kim (1984)의 방법에 따른 hematoxylin, eosin-phloxin 염색 후 조직학적 분석을 하였다.

2-10. 통계처리

모든 실험군은 X^2 test를 실시하여 발생 과정, 호르몬 농도 및 처리 시간별 성전환 결과의 유의성을 검정하였다.

결 과

1. 17 α -MT 처리에 따른 사망율

부화 12일된 개체를 각 처리 시간별로 500 ppb의 농도에서 침적 처리한 후 1일째 및 60일째

사망율을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 96시간 동안 처리한 경우 사망율이 25.0%로 가장 높았으며 ethanol 대조군, 48시간 및 72시간 처리군에서 각각 8.3%, 11.7% 및 8.3%로 낮은 사망율을 보였다. 그러나 각 처리군 공히 처리하는 동안 사망한 개체는 전혀 없었으며, 처리 후 1일째에도 사망한 개체는 없었다.

Table 2는 처리 농도별 사망율을 나타내었으며 0~2,000 ppb 농도에서 부화 12일된 개체를 24시간 처리시 처리 기간중 죽은 개체는 없었으며, 처리 1일째에도 사망율은 모든 처리군 공히 0%로 나타났다. 처리 60일 후에는 500 ppb에서 24시간 처리한 경우 21.7%의 가장 높은 사망율을 보였고 2,000 ppb에서의 사망율은 13.3%로 대조군의 15.0% 보다 오히려 낮았다. 따라서 이 실험에서 사용한 호르몬 농도는 부화 12일된 나일틸라피아 자어의 생존에 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다.

Table 1. Mortality in *O. niloticus* at 1-day and 60-day after exposure at various durations of 500 ppb 17 α -methyltestosterone

Duration (hours)	No. of fish treated	No. of fish died		Mortality** (%)	
		1-day after	60-day after	1-day after	60-day after
0	60	0	9	0	15.0
0*	60	0	5	0	8.3
24	60	0	13	0	21.7
48	60	0	7	0	11.7
72	60	0	5	0	8.3
96	60	0	15	0	25.0

*Treated with ethanol only

** (No. of fish died/No. of treated fish) × 100

Table 2. Mortality in *O. niloticus* at 1-day and 60-day after 24hr exposure at various concentrations of 17 α -methyltestosterone

Dose (ppb)	No. of fish treated	No. of fish died		Mortality** (%)	
		1-day after	60-day after	1-day after	60-day after
0	60	0	9	0	15.0
0*	60	0	5	0	8.3
250	60	0	1	0	1.7
500	60	0	13	0	21.7
1000	60	0	7	0	11.7
2000	60	0	8	0	13.3

*Treated with ethanol only

** (No. of fish died/No. of treated fish) × 100

2. 초기 성장율

Fig. 2는 본 종의 발생 과정별 전장의 성장율을 호르몬 처리시의 최초 처리 시간을 기준으로 측정하여 나타낸 것이다. 부화한 개체의 전장 평균은 5.64 mm (S.D. : ± 0.18), 부화 후 4일째에는 8.15 mm (S.D. : ± 0.26), 난황이 완전히 흡수 되고 첫 먹이를 먹기 시작하는 부화 후 8일째 전장이 9.76 mm (S.D. : ± 0.25)였으며, 사료 섭식이 활발해지기 시작하는 부화 8일 이후에는 성장율이 다소 높아졌다.

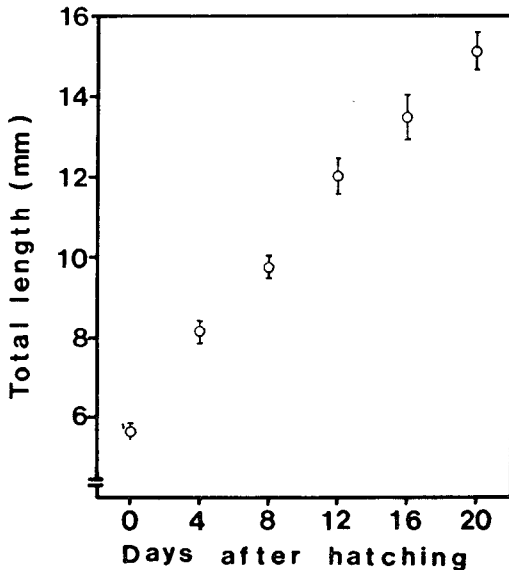


Fig. 2. Early growth of *O. niloticus* in accordance with initial treatment time.

3. 발생 과정에 따른 성전환율

발생 과정에 따른 효과적인 최초 처리 시간을 구하기 위하여 반복 실험을 행한 결과는 Table 3 및 4와 같다. 먼저 부화 직후 그리고 부화 후 4일부터 16일까지 2일 간격으로 500 ppb의 농도에서 24시간 동안 처리한 결과는 Table 3에 나타내었다. 부화 직후 처리한 경우 수컷 유도율이 51.2% 였으며 부화 후 12일째 처리군에서는 86.4%의 높은 수컷 유도율을 보였고, 부화 후 8, 10, 14, 16 일째 처리군에서도 80.0% 이상의 높은 수컷 유도율을 보였다. 예상 성비 1 : 1에 대한 X^2 test 결과에서도 부화 후 12일째 처리군의 성비가 매우 유의하여($p < 0.001$) 이 시기가 수컷으로 성전환시키는 데 있어 가장 민감한 시기로 나타났다.

Table 3의 결과를 토대로 부화 직후 부터 부화 20일까지를 4일 간격으로 나누어 동일한 방법으로 반복 실험한 결과는 Table 4에 나타내었다. 부화 후 12일째 처리한 경우 86.4%의 가장 높은 수컷 유도율이 나타났으며, 예상 성비 1 : 1에 대한 X^2 test 결과에서도 가장 유의하게 나타나($p < 0.001$) 반복 실험 결과 역시 부화 후 12일째가 17 α -MT의 침적법에 의한 성전환에 있어서 가장 적절한 최초 처리 시간으로 판단되었다.

4. 농도에 따른 성전환율

부화 12일된 개체를 17 α -MT의 여러 농도로 24

Table 3. Preliminary data of various initial treatment time, 0 to 16 days after hatching on sex reversal treated by immersion of 500 ppb 17 α -methyltestosterone for 24 hours

Initial treatment time*	Experimental group							
	8	4	6	8	10	12	14	16
No. of fish examined	82	10	10	10	25	44	24	10
No. of males	42	5	5	8	19	38	20	8
No. of females	40	5	5	2	6	6	4	2
% male	51.2	50.0	50.0	80.0	76.2	86.4	83.3	80.0
X^2 against 1 : 1	0.049	0	0	3.6	6.76	23.237	10.667	3.6
Probability	>0.8	—	—	<0.1	<0.01	<0.001	<0.005	<0.1

*Days after hatching

Table 4. Effects of various initial treatment time, 0 to 20 days after hatching on sex reversal treated by immersion of 500 ppb 17 α -methyltestosterone for 24 hours

	Experimental group					
Initial treatment time*	0	4	8	12	16	20
No. of fish examined	36	52	29	22	29	21
No. of males	19	36	20	19	20	16
No. of females	17	16	9	3	9	5
% male	52.8	69.2	69.0	86.4	69.0	76.2
X ² against 1 : 1	0.111	7.692	4.172	11.636	4.172	5.762
Probability	>0.7	<0.01	<0.05	<0.001	<0.05	<0.02

*Days after hatching

Table 5. Effects of various concentrations of 17 α -methyltestosterone treated for 24 hours on sex reversal

	Experimental group					
Concentrations of hormone (ppb)	0	0*	250	500	1000	2000
No. of fish examined	45	48	56	85	81	49
No. of males	25	29	47	73	67	41
No. of females	20	19	9	12	14	8
% male	55.6	60.4	83.9	85.9	82.7	83.7
X ² against 1 : 1	0.556	2.083	25.786	43.776	34.679	22.224
Probability	>0.8	>0.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*Treated with ethanol only

Table 6. Effects of various treatment durations on sex reversal treated by immersion of 1,000 ppb 17 α -methyltestosterone

	Experimental group					
Treatment durations (hours)	0	0*	12	18	24	30
No. of fish examined	44	35	52	53	81	75
No. of males	23	21	39	43	69	63
No. of females	21	14	13	10	12	12
% male	52.3	60.0	75.0	81.1	85.2	84.0
X* against 1 : 1	0.08	1.4	13.0	20.553	40.111	34.68
Probability	>0.7	>0.2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

*treated with ethanol only

시간 동안 침적 처리한 결과는 Table 5에 나타내었다. 500 ppb 농도에서 처리한 경우 85.9%로 가장 높은 성전환율이 나타났으며 250, 1,000, 2,000 ppb 처리군에서도 각각 83.9%, 82.7% 및 83.7%의 성전환율을 보여 모든 처리군에서 높은 성전환율을 보였다. 예상 성비 1 : 1에 대한 X² test 결과 모든 처리군에서 매우 유의하게 나타났으며(p<0.001), 가장 효과적인 처리 농도는

500 ppb인 것으로 조사되었다.

5. 처리 시간에 따른 성전환

1,000 ppb 농도로 12~30시간 처리한 결과는 Table 6에 나타내었다. Table 6에 나타난 바와 같이 처리 시간이 길어질수록 성전환율이 증가하여 24시간 처리군에서 85.2%로 가장 높았으며 30시간 처리한 경우 24시간 처리군에 비해 오히려

낮았다(84.0%). 예상 성비 1 : 1에 대한 X^2 test 결과 모든 처리군에서 매우 유의하였다($p < 0.001$).

논 의

Hunter 등(1986)은 coho salmon과 chinook salmon을 대상으로 200~1600 ppb 농도의 17 β -estradiol 희석액에 침적 처리한 결과에서 호르몬 처리에 따른 생존율의 변화는 없었다고 보고한 바 있다. Table 1과 2에 나타난 침적 처리 시간 및 처리 농도에 따른 사망율은 1.7~25.0%로 나타났으나 대부분 사육 기간 동안 발생한 것으로 관찰한 결과로 볼 때 호르몬 처리에 따른 효과로는 생각되지 않으며, 호르몬 농도 및 처리 시간에 따른 사망율 변화의 경향은 보이지 않았다.

호르몬 처리에 의한 어류의 성전환 유도시 처리 농도와 처리 시간 및 최초 처리 시간은 매우 중요하며, 적절한 최초 처리 시간은 성분화 시기와 관련되어 매우 중요시 된다(Hunter and Donaldson, 1983). 일반적으로 틸라피아의 성분화는 부화 후 2~6주 사이에 이루어지며(Guerrero, 1982), Kim 등(1988)은 이 종의 성분화가 부화 후 15~20일째 이루어진다고 보고하였다. 본 연구에서 사용된 17 α -methyltestosterone은 *Oreochromis* 속의 성전환 연구에서 일반적으로 난황이 흡수된 직후 부화 자어에 2~4 주간 투여하여 효과적으로 성전환시킬 수 있는 웅성화 호르몬으로 알려져 있다(Yamazaki, 1983). 이 연구 결과 부화 8~16 일 후 24시간 동안 처리하여 비교적 높은 성전환율 결과가 나왔으며, 부화 후 12일째 처리한 경우 가장 높은 수컷 유도율을 보여 *O. niloticus*의 침적 처리에 있어서 부화 후 12일째에 처리하는 것이 17 α -MT의 성전환 효율에 가장 좋은 것으로 나타났다. 따라서 이 종의 성분화 시기와 부화되는 적절한 최초 처리 시간은 성전환 효율을 높이는 데 있어 매우 중요한 것으로 나타났다.

효과적인 성전환 유도를 위하여는 최초 처리

시간 뿐만 아니라 크기(size) 역시 중요하다(Hiott and Phelps, 1993). 일반적으로 틸라피아에 있어서 그 전장이 14 mm 이하일 때 경구 투여를 시작하며, *O. niloticus*의 경우 Shelton 등(1981)은 전장이 9~11 mm일 때 처리를 시작하여 높은 수컷 유도율을 보였으며, Popma (1987)는 12~13 mm일 때 경구 투여 처리를 시작하여 100% 수컷을 유도하였고 Owuso-Frimpong과 Nijjhar (1981)는 10 mm 및 13.5 mm일 때 호르몬 처리를 시작하여 100% 수컷을 유도한 바 있다. 이 연구의 Table 3 및 4의 결과에서 전장이 11.60~13.15 mm (평균 전장: 12.01 mm) 일때 처리를 시작하였을 경우가 가장 높은 성전환율(86.4%)을 보였으며, 평균 전장이 9.76 mm (9.45~10.35 mm), 13.46 mm (12.75~14.25 mm), 15.11 mm (14.15~15.90 mm)일 때 처리하였을 경우에도 비교적 높은 성전환율을 보였으나, 전장이 8.15 mm 이하일 때 처리한 경우 대조군의 성비와 유의하지 않았다($P > 0.8$ 또는 0.1). 이상의 결과는 고농도의 호르몬을 장기간(24일 이상) 처리하는 경구투여와 직접적인 비교는 어렵지만 호르몬을 이용한 성전환 유도시 최초 처리 시간이 성전환 효율을 결정 짓는데 중요하다는 것을 시사하는 것으로 사료된다.

이 연구에서 처리 농도에 따른 성전환율을 조사한 결과 ethanol 대조군을 제외한 250, 1,000 ppb의 농도에서 모두 효과적으로 성전환이 이루어졌으며(Table 5), 그 중 500 ppb에서 가장 높은 수컷 유도율이 나타났다. 이 결과는 경구 투여에 비해 1/100 정도의 농도에서 효과적인 성전환 처리가 가능한 것으로 나타났다.

이 연구에서 비록 100% 수컷 유도율 결과가 나오지 않았지만 본 종의 침적 처리에 있어서 부화 후 12일째 500 ppb의 농도에서 24시간 처리하는 것이 가장 효과적인 것으로 조사되었다. 따라서 고농도의 호르몬으로 인한 자연수계의 오염 및 인체의 발암 가능성을 경감시키고 장시간 처리에 따른 사료 제조 및 보관의 번거로움과

산업 현장에서 적용의 어려움 등의 문제점을 해결하기 위한 방편으로 저농도의 호르몬을 단시간 처리하는 침적법에 의해 100% 수컷을 유도할 수 있는 최적 처리 조건을 밝히고, 보다 정확한 효과를 밝히기 위하여 유전적으로 암컷인 개체 들만의 집단(XX female)을 대상으로 침적 처리에 의한 성전환 연구가 수행되어야 하겠다.

요 약

나일틸라피아, *Oreochromis niloticus*는 암컷에 비해 수컷의 성장이 빨라 전 수컷 종묘만을 생산하여 양식함으로써 생산성을 향상시킬 수 있다. 이에 본 연구는 나일틸라피아의 생산성 향상을 위한 유전 육종학적 연구의 일환으로 17 α -methyltestosterone (17 α -MT)의 침적법에 의한 성전환 연구로써 침적 처리에 따른 사망률 및 높은 수컷 유도를 위한 적정 처리 조건을 조사하였다.

부화 후 12일된 자어를 500 ppb의 농도에서 0~96 시간 침적 처리하고, 0~2,000 ppb 농도의 17 α -MT 희석 용액에 24 시간 동안 침적 처리한 결과 사망률은 1.7~25.0%로 다양하게 나타났으나 처리 시간 및 처리 농도에 따른 사망률 변화의 경향은 보이지 않았다.

초기 성장을 조사 결과에서 부화 직후 개체의 전장은 5.64 \pm 0.18 mm 였으며 난황이 흡수되고 첫 먹이를 먹기 시작하는 부화 후 8일째에는 9.76 \pm 0.25 mm로 나타나 부화 후 20일까지의 조사 기간에서 부화 직후부터 부화 8일까지의 기간이 가장 높은 성장을 보였으며 그 이후 부터 전장 성장이 둔화되었다.

발생 과정에 따른 가장 효과적인 최초 처리 시간을 구하기 위하여 17 α -MT를 500 ppb 농도로 사육수에 희석하여 부화 직후부터 16일까지 그리고 부화 직후부터 20일까지 반복 실험한 결과 최초 처리 시간이 늘어질수록 수컷 유도율이 높아져 부화 후 12일째 처리군에서 수컷 유도율이 86.4%로 가장 높게 나타났으며 이때의 전장은 12.01 \pm 0.42 mm였다. 부화 14일 이후 처리군

에서 수컷 유도율이 감소하다가 부화 후 18일 및 20일째 처리군에서 다시 약간 증가하였다.

적정 호르몬 농도를 구하기 위하여 부화 12일된 자어를 대상으로 24시간 동안 침적 처리한 결과 모든 처리군에서 80% 이상의 수컷 유도율을 보였고 통계분석시 매우 유의하게 나타났으며(P < 0.005), 500 ppb 처리군에서 수컷 유도율이 가장 유의하게 높았다(85.7%, p < 0.001).

처리 시간에 따른 성전환을 결과에서 24시간 처리군에서 85.2%의 가장 높은 수컷 유도율을 보였으며, 12, 18, 30시간 처리군에서도 각각 75.0%, 81.1%, 84.0%로 나타났다.

따라서 17 α -MT의 침적 처리법에 의한 이 종의 성전환 연구에서 가장 효과적인 처리 조건은 부화 후 12일째 500 ppb 농도에서 24시간 처리하는 것으로 조사되었다.

참 고 문 헌

- Curtis, L. R., F. T. Diren, M. D. Hurley, W. K. Seim and R. A. Tubb, 1991. Disposition and elimination of 17 α -methyltestosterone in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 99 : 193-201.
- Gall, A. E., 1983. Genetics of Fish : A summary of discussion. *Aquaculture*, 33 : 383-394.
- Guerrero, R. D. and W. L. Shelton, 1974. An aceto-carmines squash method for sexing juvenile fishes. *Prog. Fish Cult.*, 36 : 56.
- 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 Centers for Living Aquatic Resources Management, Manila, pp. 309-316.
- Hiott, A. E. and R. P. Phelps, 1993. Effects of initial age and size on sex reversal of *Oreochromis niloticus* fry using methyltestosterone. *Aquaculture*, 112 : 301-308.
- Hunter G. A. and E. M. Donaldson, 1983. Hormonal sex control and its application to fish culture. In : W. S. Hoar, D. J. Randall and E. M. Donaldson (Editors), *Fish*

- Physiology, Vol. IX, Part B, Behaviour and Fertility Control. Academic Press, New York, NY, Chap. 5, pp. 223-303.
- Hunter, G. A., I. I. Solar, I. J. Baker and E. M. Donaldson, 1986. Feminization of coho salmon (*Onchorhynchus kisutch*) and chinook salmon (*Onchorhynchus tshawytscha*) by immersion of alevins in a solution of estradiol-17. *Aquaculture*, 53 : 295-302.
- Kim, D. S., I. C. Bang and I.-B. Kim, 1988. Sexual differentiation and androgen sex reversal on *Oreochromis niloticus*. *J. Aquacult.*, 1 : 53-66.
- Lone, K. P and M. T. Ridha, 1993. Sex reversal and growth of *Oreochromis spilurus* (Gunter) in brackish and sea water by feeding 17 α -methyltestosterone. *Aquacult. Fish. Man.*, 24 : 593-602.
- Lovshin, L. L., 1975. Progress report on fisheries development in northeast Brazil. Res. Dev. Ser. No. 9. Int. Cent. Aquaculture. Auburn Univ., Auburn, Alabama, 11pp.
- MaCintosh, D. J., T. J. Varghese and G. P. Sathyanarayana Rao, 1985. Hormonal sex reversal of wild-spawned tilapia in India. *J. Fish. Biol.*, 26 : 87-94.
- Mires, D., 1977. Theoretical and practical aspects of the production of all male Tilapia hybrids. *Bamidgeh*, 29 : 94-101.
- Owuso-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.
- Phelps, R. P., W. Cole and T. Katz, 1992. Effects of fluoxymesterone on sex ratio and growth of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquacult. Fish. Manag.*, 23 : 405-410.
- Popma, T. J., 1987. Fresh water fish culture project, ESPOL, Guayaquil, Equador. Final Technical Report. Auburn University, AL, 34pp.
- Rothbard, S. and G. Hulata, 1980. Closed systems incubators for cichlid eggs. *Prog. Fish Cult.*, 42 : 203-204.
- Scott, A. C., D. J. Penmann, J. A. Beardmore, and D. O. F. Skibinski, 1989. The 'YY' supermale in *Oreochromis niloticus* (L.) and its potential in aquaculture. *Aquaculture*, 78 : 237-251.
- Shelton, W. L., D. Rodriguez-Guerrero and J. Loper-Macias, 1981. Factors affecting androgen sex reversal of *Tilapia aurea*. *Aquaculture*, 25 : 59-65.
- Tave, D., 1986. Genetics for Fish Hatchery Managers. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, pp. 1-299.
- Varadaraj, K., 1990. Production of monosex male *Oreochromis mossambicus* (Peters) by administering 19-noretisterone acetate. *Aquacult. Fish. Manag.*, 21 : 133-135.
- Varadaraj, K. and T. J. Pandian, 1987. Masculinization of *Oreochromis mossambicus* by administration of 17-methyl-5-androsten-3-17-diol through rearing water. *Curr. Sci.*, 56 : 412-413.
- Yamamoto, T., 1969. Sex Differentiation. In : W. S. Hoar and D. J. Randall (editors), *Fish Physiology*, Vol. III. Academic Press, New York, pp. 117-175.
- Yamazaki, F., 1983. Sex control and manipulation in Fish. *Aquaculture*, 33 : 329-354.