

## 순환여과식 시스템에서 나일틸라피아의 종묘 생산성 향상을 위한 연구

노충환 · 남윤권\* · 조재윤\* · 김동수\*

한국해양연구소 생물자원개발연구소

\*부경대학교 양식학과

## Improved Seed Production Method of Nile Tilapia in Closed Recirculation System

Choong Hwan Noh, Yoon Kwon Nam\*, Jae-Yoon Jo\* and Dong Soo Kim\*

Living Resources Lab., KORDI, Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

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

The experiments were conducted to improve the mass production of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, seed in closed recirculation systems. It was observed that smaller females (340g av. body weight) under lower stocking density (1.2 kg/m<sup>2</sup>) group produced 3.6 times more fry than larger females (612g av. body weight) under higher stocking density (2.1 kg/m<sup>2</sup>) group when the fry were collected at 30 days after the broods stocked. The clutch removal method where the eggs and sac fry were collected from female mouth followed by artificial incubation showed improved seed production, when compared to the traditional natural mouth-brooding method by harvesting free swimming fry from brood tanks ( $p < 0.05$ ). Under the clutch removal method, short-term incubation of brooders (14 days) was proven to be more effective than long-term incubation (21 days). Hatching success of clutch removed eggs was ranged from 55.7 to 91.5% in 1.8ℓ of upwelling incubators depending on the different developmental stages.

Key words : Nile tilapia, Seed production, Artificial incubation

### 서 론

Cichlidae 과에 속하는 틸라피아는 중앙 아프리카가 원산지이며 열대 및 아열대 지방에 서식하고 있는 담수 어종으로서 분류학적으로 그들의 부화 방법에 따라 어소(nest)에서 어미의 보호를 받으며 부화하는 *Tilapia* 속, 수컷 또는 암컷의 구중에서 부화하는 *Sarotherodon* 속, 암컷의 구중에서 부화하는 *Oreochromis* 속으로 나누며 (Munro et al., 1990), 전세계적으로 양식되고 있는 틸라피아의 대부분은 체외 수정 후 어미의

입에서 구중 부화(mouthbrooding)하는 종으로서 산란수는 적은 반면 연중 산란이 일어나는 특징이 있어 산업 현장에서 동일한 연령 및 크기의 종묘를 대량 생산하기가 힘든 문제점이 있다(Stickney, 1986).

틸라피아 종묘 생산은 흙 못 또는 콘크리트 수조에서 친어 방양 후 생산된 자어의 크기가 2-3 cm 이상일 때 수확하는 자연 부화법(natural mouthbrooding method)이 주로 이용되어 왔으나, 이 방법은 관리가 용이한 반면 단위 면적당 생산력이 낮고 비교적 장기간이 소요되는

단점이 있어 이를 극복하기 위한 방편으로 일정 기간 동안 여러번에 걸쳐 구중 부화 중인 난을 꺼내어 인공 부화를 통해 종묘를 생산하는 인공 부화법 (clutch removal method)이 시도되었다 (Bautista et al., 1988 ; Watanabe et al., 1992). 인공부화법은 구중 부화 습성으로 인해 지연되는 암컷의 산란 주기를 단축시키며 (Perters, 1983 ; Verdegem and McGinty, 1987), 생산된 자어들 간의 공식(cannibalism)을 막을 수 있어 종묘 생산성 향상을 기대할 수 있다 (Lovshin and Ibrahim, 1988).

한편 틸라피아의 생산성 향상을 위하여 최근에는 나일틸라피아를 대상으로 초수컷(super male) 및 초암컷(super female) 어류를 친어로 사용하여 단순 교배만으로 전수컷 종묘를 생산하는 기법에 관한 연구가 진행되고 있으며 (Kim et al., 1996 ; Vera Cruz et al., 1996 ; Mair et al., 1997), 이에 따라 초수컷 및 초암컷 어류를 이용하여 전수컷 종묘 생산을 극대화 시키기 위한 종묘 생산 기법의 연구가 필요하다.

이 연구는 환경 변화에 대한 내성이 강하고 성장이 빠른 대형종으로 틸라피아 중 가장 널리 양식되고 있는 나일틸라피아 (*Oreochromis niloticus*)의 종묘 생산성을 향상시키기 위한 연구의 일환으로 실시되었으며, 암컷 친어의 어체중 및 친어 방양 관리 방법에 따라 자연 부화법과 인공부화법에 따른 생산성을 조사하였고, 인공부화법 적용시 친어 방양 기간에 따른 종묘의 생산량과 인공 부화의 성공률을 조사하였다.

## 재료 및 방법

이 실험은 국내에 도입되어 부경대학교 부설 양어장에서 사육하고 있던 나일틸라피아를 대상으로 1994년 6월 29일부터 96년 9월 29일까지 부경대학교 어류 육종학 실험실과 경남 진주 및 도천에 소재하고 있는 틸라피아 양어장에서 실시하였다.

### 1. 어체중에 따른 암컷의 종묘 생산성 비교

#### 1-1. 친어 방양 및 사육 관리

중앙부로 경사가 진 배수 시설이 설치된 수면적 35m<sup>2</sup> (5×7m) 크기의 순환여과식 사각 콘크리트 수조 4개에 암컷 친어의 평균 체중에 따라 대형어 (평균 611.5g)와 소형어 (평균 340.0g)로 나누어 각각 암컷 52마리와 수컷 13마리(4♀ : 1♂)씩 방양하였고 이때 방양한 수컷 친어의 평균 체중은 대형 암컷군과 소형 암컷군에 각각 856.0g 및 549.0g 이었다. 실험 기간 동안의 수온은 25-32℃였으며 광주기는 자연 조건을 따랐다. 친어용 사료로는 잉어용 부상 사료(우성 사료, 조단백질 함량 36.0% 이상)를 1일 2회 충분히 공급하였다. 사육수의 순환량은 한시간에 1회전이였다. 실험 기간 동안 사망한 개체는 없었다.

#### 1-2. 생산된 종묘의 수집

친어 방양 후 30일 째 탱크의 수위를 20-30cm 이하로 낮추면서 친어를 제거한 후 중앙에 위치한 배수구에 모인 유영 자어를 수집하였으며, 친어 제거시 암컷의 구강을 확인한 후 부화 중인 알과 부화 자어를 수집하였다. 수집한 유영 자어는 무게를 측정하여 계수하였으며, 알 및 부화자어는 areal method (Watanabe et al., 1992)를 적용하여 계수하였다.

### 2. 친어 방양 관리 방법에 따른 생산성 비교

#### 2-1. 친어 방양 및 사육 관리

중앙부로 경사가 진 배수 시설이 설치된 수면적 63.6m<sup>2</sup> 크기의 순환여과식 원형 콘크리트 수조 두 개씩을 이용하여 실험 I에서는 평균 어체중이 513.3g인 암컷과 평균 어체중이 857.0g인 수컷 등 대형어를 수조당 암컷 210마리와 수컷 70마리(3♀ : 1♂)의 비율로 방양하였고, 실험 II에서는 평균 어체중이 350.3g인 암컷과 평균 어체중이 605.5g인 수컷을 수조당 암컷 300마리와 수컷 100마리(3♀ : 1♂)의 비율로 방양하였다. 수조에는 순환 여과된 사육수를 공급하였으며 순환율은 한시간당 1회전이였으며 실험 기간 동안의 수온은 26.0-28.0℃로 유지하였고 광주기는 자연

조건을 따랐다. 친어용 사료로는 틸라피아용 부상 사료(우성 사료, 조단백질 함량 32% 이상)를 1일 2회 충분히 공급하였다.

### 2-2. 자연부화법에 의한 종묘 생산

친어 방양 후 44일 (실험 I) 및 43일 째(실험 II) 그물을 이용하여 친어를 수조의 한 쪽으로 모은 후 친어를 제거하면서 구강 부화 중인 난 및 난황 자어를 수집하였으며, 유영 자어는 수위를 낮추면서 뜰채를 이용하여 자어를 수집하였다. 알 및 부화자어의 계수는 1-2의 방법과 동일하게 실시하였다.

### 2-3. 인공부화법에 의한 종묘 생산

방양 후 45일 동안 동일한 친어를 대상으로 15일 간격으로 3회에 걸쳐 2-2와 동일한 방법으로 종묘 수집 및 계수를 실시하였으며, 수집이 끝난 후 먼저 생산된 자어에 의한 오염을 막기 위하여 수조의 물을 완전히 뺀 후 수돗물로 세척하였다.

## 3. 친어 방양 기간에 따른 종묘 생산성 비교

### 3-1. 친어 방양 및 사육 관리

부경대학교 양어장에서 사육하고 있던 암컷(평균 어체중 276.6g)과 수컷(평균 어체중 523.5g)을 경남 진주 초전동 소재 순환 여과식 틸라피아 양어장으로 옮겨 친어로 사용하였다. 방양 기간에 따른 종묘 생산성을 조사하기 위하여 중앙부로 경사가 진 배수 시설이 설치된 수면적 49m<sup>2</sup> (7×7m)인 사각 콘크리트 수조 6개(실험 I)와 수면적 35m<sup>2</sup> (5×7m)인 사각 콘크리트 수조 4개(실험 II)를 사용하여 수조당 각각 암컷 52마리와 수컷 13마리(4♀ : 1♂)의 밀도로 방양하였다. 실험 기간 동안의 수온은 25-32°C였으며 광주기는 자연 조건을 따랐다. 친어용 사료로는 잉어용 부상 사료(우성 사료, 조단백질 36.0% 이상)를 1일 2회 충분히 공급하였다. 실험 기간 동안 사망한 개체는 없었다.

### 3-2. 생산된 종묘의 수집

친어 방양 후 14일 및 21일 째 1-2와 동일한 방법으로 생산된 종묘의 수집을 실시하였다. 유영 자어는 난황이 흡수안된 것과 난황을 흡수한

자어로 분류하면서 계수한 후 2.1×1.2×1.2 크기의 가두리에 분리하여 수용하였고, 암컷 어미의 구강에서 꺼낸 알과 부화 자어는 미발안난, 발안난, 난황이 붙은 자어로 분류하여 계수한 후 부화 이전 단계의 알은 계속하여 인공 부화를 실시하였다.

### 3-3. 부화율 및 부화 소요 시간 조사

수집된 알은 zugar-jar method를 현장 조건에 맞도록 변형한 1.8ℓ 용량의 갈색 부화병에 발생 단계별(2세포기-상실기, 포배기-낭배기, 발안난)로 수용하였다. 부화 기간 동안 가온된 지하수(28±1.0°C)를 전체 알이 천천히 움직일 수 있을 정도로 공급하였다.

## 4. 통계분석

실험 결과의 유의성 검정을 위하여 Student's t-test 및 일원 분산 분석법(one-way ANOVA test)를 실시하였다.

## 결 과

### 1. 어체중에 따른 암컷의 종묘 생산성 비교

어체중에 따른 암컷의 종묘 생산 결과는 Table 1에 나타내었다. 총생산량에 있어서 대형친어 실험군에 비해 소형친어 실험군이 유의하게 많았으며(p<0.05), 단위 면적당 일간 생산량(seed m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>), 암컷 마리당 일간 생산량(seed female<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>), 암컷 어체중당 일간 생산량(seed female BW (kg)<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>)에서도 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

### 2. 친어 방양 관리 방법에 따른 생산성 비교

생산 방법을 달리하여 실시한 대량 종묘 생산 결과는 Table 2에 나타내었다. 친어 방양 기간(43일-45일) 동안의 종묘 생산량은 기존의 자연부화법(실험 I; 29,575 seed, 실험 II; 37,215 seed)에 비해 인공부화법(실험 I; 151,500 seed, 실험 II; 195,420 seed)를 적용한 경우 유의하게 많았으며(p<0.05). 단위 면적당 일간

**Table 1. Hatchery production of Nile tilapia seed in relation to female size under natural mouthbrooding condition of broodstock management**

	Size of fish		Improved yield (%) <sup>2</sup>
	Large group	Small group	
Mean female BW (g)	611.5 ± 23.3 <sup>b</sup>	340.0 ± 20.0 <sup>a</sup>	—
Stocking density <sup>1</sup>	2.1	1.2	—
No. of Breeders m <sup>-2</sup>	1.5	1.5	—
Incubation period (day)	30	30	—
<i>Seed production</i>			
Total	4095.0 ± 277.2 <sup>a</sup>	8153.0 ± 362.8 <sup>b</sup>	199.1
Seed m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup>	3.9 ± 0.26 <sup>a</sup>	7.77 ± 0.35 <sup>b</sup>	199.2
Seed female <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup>	2.60 ± 0.18 <sup>a</sup>	5.23 ± 0.23 <sup>b</sup>	201.2
Seed female BW (kg) <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup>	4.30 ± 0.46 <sup>a</sup>	15.42 ± 1.58 <sup>b</sup>	358.6

\*Each brood tank was stocked with 52 females and 13 males (4♀ : 1♂).

\*\*Means with different superscript letters in the same row were significantly different (p<0.05).

<sup>1</sup>Body weight of brood fish (kg) m<sup>-2</sup>

<sup>2</sup>Data from small group/large group × 100

**Table 2. Hatchery production of Nile tilapia seed in tanks (63.6m<sup>2</sup>) under natural mouthbrooding and clutch removal methods of broodstock management**

Method of Broodstock management	Trial I		Trial II	
	Natural mouthbrooding	Clutch removal	Natural mouthbrooding	Clutch removal
Mean female BW (g)	515.0 ± 8.5 <sup>b</sup>	511.5 ± 5.0 <sup>b</sup>	340.0 ± 2.0 <sup>a</sup>	360.5 ± 1.5 <sup>a</sup>
Stocking density <sup>1</sup>	1.70 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.69 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.12 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.19 ± 0.05 <sup>a</sup>
Number of female/m <sup>2</sup>	3.30	3.30	4.72	4.72
Incubation period (day)	44	45	43	45
<i>Seed production</i>				
Total	29575.0 ± 2637.5 <sup>d</sup>	151500.0 ± 3677.0 <sup>b</sup>	37215.0 ± 3783.0 <sup>c</sup>	195420 ± 7905.5 <sup>a</sup>
Number of fry/m <sup>2</sup> /day	10.6 ± 0.94 <sup>c</sup>	52.9 ± 1.28 <sup>b</sup>	13.6 ± 1.38 <sup>c</sup>	68.30 ± 2.76 <sup>a</sup>
Number of fry/female/day	3.2 ± 0.29 <sup>b</sup>	16.40 ± 1.16 <sup>a</sup>	2.8 ± 0.29 <sup>b</sup>	14.8 ± 0.60 <sup>a</sup>
Number of fry/BW(kg) of female/day	6.2 ± 0.45 <sup>d</sup>	31.3 ± 0.46 <sup>b</sup>	8.5 ± 0.37 <sup>c</sup>	40.2 ± 0.56 <sup>a</sup>

\*Each brood tank was stocked with 210 females and 70 males in Trial I and 300 females and 100 males in Trial II (♀ : ♂ = 3 : 1).

\*\*Under the clutch removal method, seed was collected from each brood tank at 15-day intervals.

\*\*\*Means with different superscript letters in the same row were significantly different (p<0.05).

<sup>1</sup>Body weight of brood fish (kg) m<sup>-2</sup>.

생산량, 암컷 마리당 일간 생산량, 암컷 단위 어체중당 일간 생산량에서도 생산량이 많은 것으로 조사되었다(p<0.05). 암컷의 어체중에 따라서는 자연부화법을 적용하였을 때 실험 II (암컷 평균 어체중; 340.0g, 방양밀도; 1.12)의 생산량이 실험 I (Trial I, 암컷 평균 어체중; 515.0g, 방양 밀도; 1.70)에 비해 유의하게 높은 것으로

조사되었으며(p<0.05), 인공부화법을 적용한 경우에서도 실험 II (Trial II, 암컷 평균 어체중; 360.5g, 방양 밀도; 1.19)의 생산량이 실험 I (Trial I, 암컷 평균 어체중; 511.5g, 방양 밀도; 1.69)에 비해 유의하게 많았다(p<0.05; Table 3). 단위 면적당 일간생산량, 암컷 어체중당 일간 생산량에서도 같은 경향을 보였으며(p<0.05),

암컷 마리당 일간 생산량에서는 실험 II의 생산량이 많은 것으로 조사되었으나 유의한 차이는 없었다( $p>0.05$ ).

3. 친어 방양 기간에 따른 종묘 생산성 비교  
친어 방양 후 10일째 모든 수조에서 벽면을 따라 수영하는 난황 자어(*swimming sacfry*)가 관찰되었으며, 14일째에는 무리지어 수영하는 자어(*free swimming fry*)들이 출현하였다. 친어 방양 기간에 따른 종묘 생산량 조사 결과는 Table 3에 나타내었다. 실험 I (Trial I, 방양 밀도:  $0.30 \text{ kg m}^{-2}$ )에서 총생산량은 방양 후 21일째 수확할 경우 14일에 비해 유의하게 많았으나( $p<0.05$ ), 단위 면적당 일간 생산량( $p<0.05$ ), 암컷 마리당 일간 생산량( $p>0.05$ ) 그리고 암컷 어체중당 일간 생산량( $p<0.05$ ) 조사 결과에서는 방양 기간 후 14일째 수확할 경우 21일에 비해 생산량이 많은 것으로 조사되었다. 실험 II (Trial II, 방양 밀도:  $0.41 \text{ kg m}^{-2}$ )의 경우 단위 면적당 일간 생산량, 암컷 어체중당 일간 생산량에서는 방양 기간이 14일인 경우 21일에 비해 유의하게 많았고( $p<0.05$ ), 총생산량은 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ). 방양 밀도에 따른 생산량 조사 결과 총생

산량과 단위 면적당 일간 생산량에서 방양 밀도가 낮을 때(Trial II) 생산량이 유의하게 많은 것으로 나타났으며( $p<0.05$ ), 다른 조사 항목에서도 같은 경향을 보였으나 14일째 수확할 때의 암컷 마리당 생산량을 제외하고는 유의한 차이가 없었다(Table 3). 생산한 종묘의 발생 단계별 비율 조사 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 전체 생산량 중 발안난 이전 단계에서부터 유영 능력이 없는 난황 자어 단계까지의 생산량 비율은 방양 기간이 14일인 경우  $52.9 \pm 7.4\%$  (Trial I)와  $67.0 \pm 6.5\%$  (Trial II)로 조사되었으며, 유영 자어의 생산량 비율은 21일째에  $78.7 \pm 6.4\%$  (Trial I) 및  $78.4 \pm 2.8\%$  (Trial II)로 조사되었다.

#### 4. 부화 소요 시간 및 부화률 조사

수확한 종묘 중 부화 이전 단계의 알을 대상으로 각 단계별 부화 시간 및 부화률을 조사한 결과는 Table 4에 나타내었다. 2세포기-상실기 단계 알의 경우 부화까지의 소요 시간은 84-118시간, 부화률은  $55.7 \pm 16.0\%$ 로 조사되었으며, 포배기-낭배기 단계와 epiboly-발안 단계의 알의 소요 시간은 각각 78-110시간 및 60-106시간으로 조사되었으며, 부화율은  $76.9 \pm 17.4\%$  및  $91.5 \pm 3.0$

Table 3. Hatchery production of Nile tilapia seed in relation to brooder incubation period under clutch removal method of broodstock management

	Trial I		Trial II	
	14 d	21 d	14 d	21 d
Mean female BW (g)	$278.0 \pm 6.25$	$277.7 \pm 6.81$	$276.6 \pm 5.77$	$273.3 \pm 5.51$
Stocking density <sup>1</sup>	0.30	0.30	0.41	0.41
No. female brooders $\text{m}^{-2}$	1.33	1.33	1.86	1.86
<i>Seed production</i>				
Total	14896.7 $\pm 414.8^b$	18526.7 $\pm 185.2^c$	13235.0 $\pm 403.1^a$	12520.0 $\pm 367.7^a$
Seed $\text{m}^{-2} \text{ day}^{-1}$	$53.2 \pm 3.3^c$	$44.2 \pm 0.4^b$	$47.3 \pm 1.5^{bc}$	$29.8 \pm 2.5^a$
Seed female <sup>-1</sup> $\text{day}^{-1}$	$20.5 \pm 1.7^b$	$17.0 \pm 0.2^{cb}$	$17.8 \pm 0.5^c$	$11.5 \pm 1.0^{ab}$
Seed female BW(kg) <sup>-1</sup> $\text{day}^{-1}$	$73.7 \pm 3.9^c$	$61.2 \pm 1.6^{ab}$	$66.3 \pm 4.4^b$	$41.8 \pm 4.6^a$

\*Each brood tank was stocked with 52 females and 13 males.

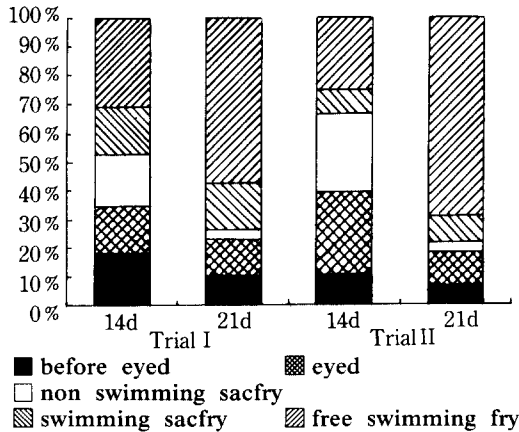
\*\*Trial I and II are triplicate and duplicate, respectively.

\*\*\*Means with different superscript letters in the same row were significantly different ( $p<0.05$ ).

<sup>1</sup>Body weight of brooder ( $\text{kg} \text{ m}^{-2}$ )

**Table 4.** Hatching success of clutch removed Nile tilapia eggs during artificial incubations in 1.8 ℓ upwelling incubators at different developmental stages

	Developmental stages		
	2 cell-Morula	Blastula-Gastrula	Epiboly-Eyed
Time to hatch (hour)	84-118 h	78-110 h	60-106 h
Hatching success (%)	55.7±16.0	76.9±17.4	91.5±3.0



**Fig. 1.** Percentages of each developmental stage of clutch removed eggs.

%로 조사되었다(Table 4).

## 논 의

틸라피아의 종묘 생산에 영향을 주는 요인으로는 친어의 영양 상태, 계절, 수온, 수질, 생산 시스템 등이 있으며(Silvera, 1978; Verdegem and McGinty, 1987; Lovshin and Ibrahim, 1988; Rana, 1986; Ridha and Cruz, 1989; Smith et al., 1991), 환경 요인의 인위적 조절이 가능한 순환 여과식 생산 시스템에서는 친어의 크기, 방양 밀도, 성비 및 방양 관리 등이 중요한 요인으로 작용한다(Bautista et al., 1988; Watanabe et al., 1992).

암컷 친어의 어체중에 따른 종묘 생산량 비교 결과 크기가 작은 암컷을 친어로 사용하였을 때의 생산량이 큰 암컷을 사용할 때 보다 유의하게 많은 것으로 조사되었으며(Table 1 & 2,  $p < 0.05$ ), 크기가 작은 친어는 큰 친어에 비해 동일한 방양

밀도(female BW (kg)  $m^{-2}$ )에서 더 많은 수를 방양할 수 있으므로 제한된 공간에서 종묘 생산량을 증대시킬 수 있을 것으로 생각된다.

친어의 방양 관리 방법에 있어서 인공부화법은 자연부화법에 비해 종묘의 생산량이 뛰어난 것으로 보고된 바 있으며(Bautista et al., 1988; Watanabe et al., 1992), 이 연구 결과 인공부화법을 실시하여 단위 면적당 일간 생산량에 있어서 최고 68.3 seed를 생산하여 자연부화법 (13.6 seed)에 비해 생산량이 많은 것으로 나타났다(Table 2). Watanabe et al. (1992)은 Florida red tilapia를 대상으로 실시한 연구에서 인공부화법과 자연부화법의 단위 면적당 일간 생산량이 각각 91.7 및 3.3 seed로서 나일틸라피어를 대상으로한 이 연구의 결과와 일치하였다.

인공부화법에 비해 자연부화법의 생산량이 낮은 이유는 구중 부화 기간 동안 암컷의 생식 주기가 지연되고(Peters, 1983; Verdegem and McGinty, 1987), 친어 방양 기간이 길어짐에 따라 수조내에서 생산된 자어들간의 공식(cannibalism)과 친어에 의한 포식 때문인 것으로 보고된 바 있으며(Berrios-Hernandez and Snow, 1983), 본 연구에서도 먼저 생산된 자어에 의한 공식이 관찰되었다.

Snow et al. (1983)은 방양 기간에 따른 종묘의 생산량을 조사한 연구(단위 면적당 암컷 마리수; 0.6마리, 성비 3 : 1)에서 10-12일 간격으로 수확하는 것이 가장 효과적이며 기간이 길어짐에 따라 오히려 생산량이 감소한다고 보고한 바 있어, 이 연구에서 방양 기간이 14일 일때의 생산량이 21일에 비해 높은 결과와 일치하였다. 그러나 방양 기간이 짧아짐에 따라 전체 생산량 중 구중 부화 중인 난 및 난황 자어의 비율이

높아져(Fig. 1) 종묘 생산량을 증대시키기 위해서는 이들의 관리가 매우 중요하다. Watanabe et al. (1992)은 구중 부화중인 Florida red tilapia의 난을 꺼내 인공 부화를 실시한 결과 수용 밀도(462-1,846 eggs/l)와 무관하게 63.9% 이상의 부화 성공률을 보였으며, 이 연구에서는 발생 단계에 따라 55.7% - 91.5%의 부화 성공률을 보여(Table 4), 난의 대량 배양을 통해 성공적인 종묘 생산이 가능한 것으로 조사되었다.

종묘 생산에 있어 단위 면적당 암컷 마리수(No. of female breeders m<sup>-2</sup>)는 생산성에 영향을 미치는 요인이며, 이 연구에서 1.33마리(♀ : ♂ = 3 : 1)일 때의 종묘 생산량이 1.86마리일 때에 비해 많은 것으로 조사되었다(Table 1). 그러나 평균 어체중 88.8g인 나일틸라피아 암컷을 친어로 사용하여 2×2×1.5m 크기의 콘크리트 수조에 단위 면적당 암컷의 수를 1-10마리로 하여 실험한 이전의 연구 결과에서는 4마리일 때 가장 효과적인 것으로 보고된 바 있어(Batista et al., 1988) 이 연구 결과와 일치하지 않았으며 이는 친어의 크기와 생산시스템의 차이에 의한 것으로 생각된다.

본 연구 결과, 나일틸라피아의 종묘의 생산은 크기가 작은 친어를 사용하여 친어 방양 14일 후 유영 자어와 암컷 어미의 구중에서 부화 중인 난을 수집하여 인공 부화를 통해 종묘를 생산하는 방법 인공부화법(clutch removal method)이 효과적인 것으로 나타났으며, 초수컷 및 초암컷 어류를 친어로 사용한 전 수컷 종묘의 생산에 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

## 요 약

순환 여과 시스템에서 나일틸라피아의 종묘 생산성을 향상시키기 위한 연구의 일환으로 암컷 친어의 크기, 친어 방양 관리 방법에 따른 생산 성과 생산된 난의 인공 부화 성공률을 조사하였다. 암컷 친어의 크기가 작고(평균 어체중 ; 340.0g) 방양 밀도가 낮을 때(1.2kg m<sup>-2</sup>)의 종묘 생산

량이 크기가 크고(평균 어체중 ; 611.5g) 방양 밀도가 높을 때(2.1kg m<sup>-2</sup>) 보다 유의하게 많은 것으로 조사되었다(p<0.05). 대량 종묘 생산에 있어서 구중 부화 중인 난과 난황 자어의 제거 후 인공 부화를 통한 인공부화법(clutch removal method)은 유영 자어의 수집에 의한 자연부화법(natural mouthbrooding method)에 비해 총 생산량, 단위 면적당 생산량, 암컷 마리당 생산량 및 암컷 단위 어체중당 생산량에서 유의하게 높은 것으로 조사되었다(p<0.05). 암컷 친어의 구강 으로부터 제거한 알의 발생 단계별 인공 부화 실시 결과 55.7% - 91.6%의 부화율을 보였다.

## 참 고 문 헌

- Bautista, A. Ma., M. H. Carlos and A. L. San Antonio, 1988. Hatchery production of *Oreochromis niloticus* L. at different sex ratios and stocking densities. *Aquaculture*, 73 : 85-95.
- Berrios-Hernandez, J. M. and J. R. Snow, 1983. Comparison of methods for reducing fry losses to cannibalism in tilapia production. *Prog. Fish-Cult.*, 45 : 116-118.
- Lovshin, L. L. and H. H. Ibrahim, 1988. Effects of broodstock exchange on *Oreochromis niloticus* egg and fry production in net enclosures. p. 231-236. In : The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. (eds. R. S. V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J. L. MacClean), IC-LARM Conference Proceedings 15, 623 pp. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Mair, G. C., E. J. Morales, J. Mongkonsawad, J. A. Beardmore and D. O. F. Skibinski, 1997. Properties of novel YY male Nile tilapia and implications for technology dissemination in the Philippines. In : The Sixth International Symposium on Genetics in Aquaculture, Stirling, Scotland, 24-28 June 1997. University of Stirling, Scotland.
- Munro, A. D., P. S. Alexander and T. J. Lam,

1990. Tropical freshwater fish. p. 145-188. Reproductive seasonality in teleosts : Environmental influences (eds. Munro, A. D., A. P. Scott and T. J. Lam), CRC Press, Inc., Florida, USA.
- Peters, H. M., 1983. Fecundity, egg weight and oocyte development in tilapia (Cichlidae, Teleostei). ICLARM Translations 2. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 27 pp.
- Rana, K. J., 1986. An evaluation of two types of containers for the artificial incubation of *Oreochromis* eggs. Aquacult. Fish. Manage., 17 : 139-145.
- Ridha, M. and E. M. Crus, 1989. Effect of age on the fecundity of the tilapia *Oreochromis spilurus*. Asian Fish. Sci., 2 : 239-247.
- Silvera, P. A. W., 1978. Factors affecting fry production in *Sarotherodon niloticus* (Linnaeus). M. S. thesis. Auburn University, Auburn, AL, 40 pp.
- Smith, S. J., W. O. Watanabe, J. R. Chan, D. H. Ernst, R. I. Wicklund and B. L. Olla, 1991. Hatchery production of Florida red tilapia seed in brackishwater tanks : the influence of broodstock age. Aquacult. Fish. Manage., 22 : 141-147.
- Snow, J. R., J. M. Berrios-Hernandez and H. Y. Ye, 1983. A modular system for producing tilapia seed using simple facilities. p. 402-412. In : International Symposium on Tilapia in Aquaculture, (compliers L. Fishelson and Z. Yaron), Nazareth, Israel, 8-13 May 1983. Tel Aviv University, Israel.
- Stickney, R. R., 1986. Tilapia. p. 57-77. Culture of nonsalmonid freshwater fishes (ed. R.R. Stickney), CRC Press, Inc., Florida, USA.
- Vera Cruz, E. M., G. C. Mair and R. P. Marino, 1996. Feminization of genotypically YY Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. Asian Fish. Sci., 9 : 161-167.
- Verdegem, M. C. and A. S. McGinty, 1987. Effects of frequency of egg and fry removal on spawning by *Tilapia nilotica* in hapas. Prog. Fish-Cult., 49 : 129-131.
- Watanabe, W. O., S. J. Smith, R. I. Wicklund and B. L. Olla, 1992. Hatchery production of Florida red tilapia seed in brackishwater tanks under natural-mouthbrooding and clutch-removal methods. Aquaculture, 102 : 77-88.
- 김동수 · 노충환 · 최윤희 · 남윤권, 1996. 성전환 및 염색체공학 기법을 이용한 초수컷(YY) 및 초암컷( $\Delta$ YY) 나일틸라피아(*Oreochromis niloticus*) 생산. II. 생산된 초수컷 및 초암컷 나일틸라피아의 자손 검정. 한국양식학회지, 9 : 101-106.