

시판 사료를 먹인 틸라피아(*Oreochromis niloticus*) 의 질소 및 인 부하량

김유희 · 조재윤 · 정관식*

부산수산대학교 양식학과

*국립수산진흥원 어류양식과

Nitrogen and Phosphorus Excretion of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed Commercial Diets

Youhee KIM, Jae-Yoon Jo, Kwan-Sik JEONG*

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

*Fish Culture Division, National Fisheries Research and Development
Agency, Kyongnam 626-900, Korea

ABSTRACT

Attempts were made to find out nitrogen and phosphorus loads to aquatic environment resulting from feeding Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Two different size groups, small and large, were used. The average sizes of small and large tilapia were 65.2 g and 389.2 g respectively, and three kinds of commercial diets were used for each size.

The 3 kinds of commercial diets for tilapia contained in average 33.8% crude protein (5.4% nitrogen) and 1.4% total phosphorus. The load of nitrogen and phosphorus were measured by subtracting the amounts of nutrients retained in the body of fish from consumed nutrients. Sixty five percentage of total feces was excreted within 24 hours after feeding at 23°C. Nitrogen content in the feces was higher in large fish than small ones.

The apparent digestibility of dietary protein for small and large tilapia was 90.0% and 89.7%, respectively. Availability of dietary phosphorus for small and large tilapia was 44.7% and 51.4%, respectively. The total load of nitrogen and phosphorus per 1 metric ton of tilapia production was 49.5 kg and 6.3 kg, respectively, for small ones with feed conversion ratio (FCR) of 1.4, and 61.3 kg and 13.4 kg, respectively, for large ones with the FCR of 1.8.

Nitrogen balance appeared that small and large tilapia excreted 7.1% and 9.9% of consumed nitrogen through fecal-nitrogen and 55.5% and 62.3% through urine and gills, retaining 37.4% and 27.8% in the body, respectively. These results show that small fish pollute less than large fish, excreting less and retaining more nutrients in the body.

서론

최근들어 어류 양식이 증가함에 따라 내수면 양식장에서는 사료 공급에 따른 사료 찌꺼기의 퇴적을 비롯하여 분(糞)이나 뇨(尿) 등의 어류 배설물과 아가미를 통해 배출되는 질소(N)와 인(P)이 댐이나 호소 등의 폐쇄성 수역에서 침전 또는 용존되어 부영양화를 일으키기도 한다(浜田 等 1979).

어류의 질소 배설은 분(糞)을 비롯하여 아가미나 뇨와 같은 대사성 배설 경로를 통해 주로 유출되므로 (Jayaram and Beamish 1992), 특히 집약적 양식시에는 양식 시설 내 질소 축적이라는 문제를 일으키기도 한다(Avnimelech *et al.* 1992). 한편, 인(磷)도 어류가 정상적으로 성장하는데 필수적인 성분이며, 대사를 거쳐 신장과 항문에서 직접 배설된다. 대사성 산물뿐만 아니라 사료 찌꺼기로 부터 용출되어 나오는 인은 질소와 함께 직접 식물성 플랑크톤의 영양원으로 기능하여 유해 플랑크톤을 대량 증식시켜 양식어를 대량 폐사시키기도 하며(浜田 等 1979), 간접적으로는 pH, COD, BOD, 세균 조성에 영향을 미치기도 한다(Clark *et al.* 1985).

어류 양식장이 환경에 미치는 영향에 대한 논의가 커지면서, 영국, 일본, 스웨덴 등지에서는 인 함량을 줄인 사료를 개발하려는 연구와 더불어 오염 부하량 산정과 환경 평가를 위한 연구가 이루어지고 있다(Phillip *et al.* 1993; 浜田 等 1979; Ackefors and Enell 1990). 비록 우리 나라에서도 내수면 양식이 상수원을 오염시키는 주요 원인 가운데 하나인 것으로 인식하고 있지만, 오염 부하량에 대한 자료도 부족하여 단순히 수질 조사와 가두리 양식장에서 공급한 사료내의 영양소 함량과 평균 흡수량을 계산하는 정도에 불과하다(허 등 1992; 이 등 1993). 이처럼 양식장의 오염 부하에 관한 기초 자료가 거의 없이 외국에서 사용했던 계산식을 그대로 인용한 탓에 가두리 양식이 오염의 주범으로 과대 평가받게 되었기에 오염 부하량을 정확하게 산정할 수 있는 기초 자료가 절실히 필요하다.

이러한 필요성에 입각하여 본 실험에서는 양어장의 자가오염 부하량 산출을 위한 기초 자료를 제공하고, 저오염 사료 개발을 위한 질적 개선과 함께 폐쇄 순환식 사육 시설에 있어 효율적인 여과면적 및 어류 방양량의 산출에 필요한 기초 자료를 마련하기 위하여 국내에서 시판중인 3개사의 양어용 상품 사료로 주요 양식 대상종인 틸라피아를 사육하면서 단백질과 인의 이용율 및 부하량을 산출하였다.

재료 및 방법

실험 사료 및 제조

실험 사료로는 현재 시판중인 A, B, C사의 틸라피아용 펠렛 사료를 사용하였으며, 조성을 Table 1에 나타내었다. 시판 사료의 간접 소화율 측정을 위해 각 실험 사료를 잘게 분쇄한 후 지표물질인 산화크롬(Cr_2O_3 : α -cellulose = 1:1)을 1%씩 섞어 실험 어류의 입크기에 맞도록 재조제한 후 $-30^{\circ}C$ 의 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

실험어와 사육 방법

실험에 사용한 틸라피아 (*Oreochromis niloticus*)는 부산수산대학교 양어장에서 산란·부화시켜 사육중이던 개체 중에서 성장이 가장 빠른 시기인 치어(평균 65.2 g)와 출하 직전의 미성어(평균 389.2 g)를 사용하였다. 사육 실험에 앞서 각 실험어는 A 사의 상품 사료로 1주일간 예비 사육시킨 다음에 본 실험을 시작하기에 앞서 2일간 절식시켜 각 실험 수조에 무작위로 수용하였다.

사육에는 250 l 수조를 사용하여 치어와 미성어를 각각 30일과 28일간 사육하였다. 사육 기간중 치어 및 미성어의 사육 수온은 21.6°C, 25.7°C였고, 용존 산소량은 4.2 mg/l, 3.3 mg/l, 암모니아 농도 1 mg/l, 0.8 mg/l 이었다.

먹이는 1일 6회, 먹이 유실이 없도록 주의하면서 매번 포식량에 가깝게 공급하여 성장율과 사료계수를 구하여 질소 및 인 부하량 산출에 이용하였다.

분(糞)의 수집과 총배설량 측정

분(糞)은 Fig. 1과 같은 장치를 이용하여 수집하였다(Watanabe *et al.* 1988). 간접 소화율 측정을 위해 실험 사료를 실험어에 공급한후 15 시간째 분을 수집하였다. 수집된 분은 40°C에서 24 시간 건조시킨 후 분쇄하여 분석하기 전까지 -30°C의 냉동고에 보관하였다.

분의 총배설량은 포만시까지 공급하였을때 질소 배설을 조절하는 대사 작용이 48 시간 이상 지속된다는 Kikuchi *et al.* (1991)의 결과에 따라 72시간 절식시킨후 치어의 경우 사료 공급량의 차이에 따른 차이를 알기 위해 어체중의 0.6%와 1.2%를 공급하였고, 미성어의 경우에는 포만시(어체중의 약 0.6%)까지 공급하여 24시간, 48시간 및 72시간 경과 시점의 미소화 상태로 배설되는 분의 총량을 측정하였다.

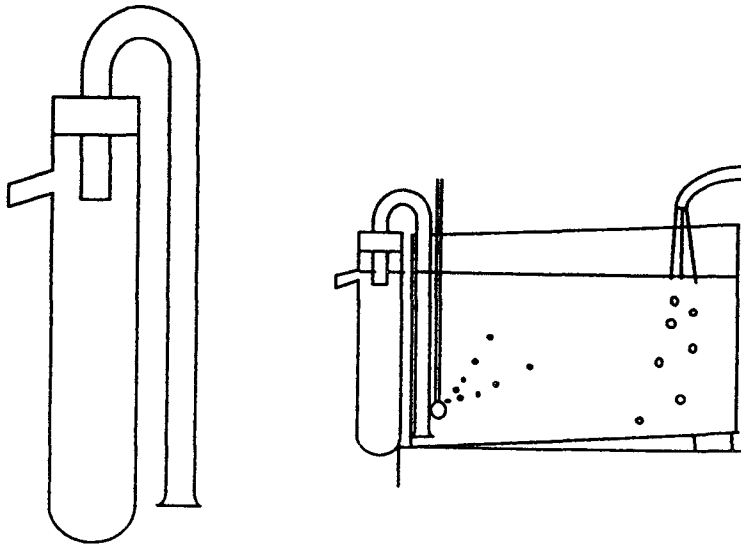


Fig. 1. The apparatus used for the collection of feces.

소화 흡수율 측정

사료 중의 각 영양소의 간접 소화 흡수율을 구하기 위해서 다음 식에 따라 계산하였다.

각 영양소의 소화 흡수율(%)

$$= 100 - \left\{ 100 \times \frac{\text{사료중의 Cr}_2\text{O}_3(\%)}{\text{분중의 Cr}_2\text{O}_3(\%)} \times \frac{\text{분중의 영양소}(\%)}{\text{사료중의 영양소}(\%)} \right\}$$

오염 부하량 측정

오염 부하량은 浜田 等(1979)의 방법에 따라, 사료로 공급한 영양 성분량에서 어체에 축적된 양을 뺀 값으로 하였으며, 분과 대사물 중의 질소(N) 및 인(Total-P)의 양을 측정하였다. 단, 사료 공급시 먹이 찌꺼기가 생기지 않도록 충분한 주의를 기울여 공급하였으므로 사료 공급시의 사료 유실로 인한 부하량은 고려하지 않았다.

질소부하량(T-N; Kg/생산량 t)=(사료계수×사료중 질소 함량-어체중 질소 함량)×10

인 부하량(T-P; Kg/생산량 t)=(사료계수×사료중 인 함량-어체중 인 함량)×10

분석 방법

일반 성분은 AOAC (1984)법에 따라 수분은 상온가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소 정량법, 조회분은 건식 회화법, 지방은 soxhlet 추출법으로 측정하였다. 칼로리 측정은 시료 1 g 씩을 취한 후 calorimeter (PARR 1261)를 이용하여 측정하였고, 인의 분석은 ascorbic acid를 사용한 molybden-blue 비색법으로 하였으며, Cr₂O₃의 정량은 Furukawa and Tsukahara (1966)의 방법을 따랐다.

사료의 통계처리

성장, 어체 및 분의 분석 결과와 평균치를 이용한 오염 부하량 산출 결과는 반복구의 평균을 계산하여 one-way analysis of variance 를 사용하여 검정하였고 사료 공급량과 어체 크기에 따른 털라피아 분 총배설량은 student's t-test를 이용하여 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

사료 성분과 사료 효과

실험에 사용한 상품 사료의 일반 성분중 치어용 사료와 미성어용 사료의 조단백질 함량은 각각 31.9~36.3%, 32.8~34.7%, 조지방 함량 4.3~5.2%, 3.9~4.5%, Total-P 1.19~1.77%, 1.29~1.51% 범위로, 타사에 비해 B 사 사료의 Total-P 함량이 다소 높게 나타내었을 뿐, 그 외 성분 함량에 큰 차이는 없었다(Table 1).

한편, 평균 65.2 g 치어와 389.2 g 미성어를 각각 30일과 28일간 사육한 결과 각각 평균 96.5 g, 평균 443.2 g으로 성장하였다. 이때 사료계수(Feed efficiency : FC), 일일성장율(Daily growth

틸라피아의 질소 및 인 부하량

rate : DGR), 일일사료섭취율(Daily feed consumption: DFC) 및 단백질축적효율(Protein efficiency ratio: PER)는 치어의 경우 각각 평균 1.4, 1.31%, 1.81%, 2.10%, 미성어의 경우 평균 1.81, 0.47%, 0.84%, 1.67%였다(Table 2). 어체 성장율은 어종, 크기, 사육 수온과 밀도 등에 따라 차이가 생길수 있다. 본 실험에 사용된 오염 부하량 산출시 사료 이용율 즉, 사료계수가 이용되므로 실험 조건에서 정상 성장 여부가 실험 결과에 크게 영향을 준다. 본 실험 기간중 어류는 질병 등에 의한 폐사 현상 없이 전체적으로 정상적인 성장을하였다.

Table 1. Proximate composition, total phosphorus and gross energy contents of three commercial diets for tilapia (%)

	Fingerling			Young		
	A	B	C	A	B	C
Crude protein	34.2	31.9	36.3	34.7	33.0	32.8
Crude lipid	4.3	5.2	4.6	4.5	4.1	3.9
Crude ash	8.2	9.7	7.0	8.2	9.6	6.7
Total-P	1.19	1.77	1.22	1.40	1.51	1.29
Moisture	7.6	7.5	8.2	12.4	8.5	12.1
GE*	4.2	4.2	4.3	4.0	4.1	4.1

*Gross energy (kcal/g).

Table 2. Results of the feeding trials for fingerling and young tilapia with three commercial diets

	Fingerling			Young		
	A	B	C	A	B	C
Av. body wt.						
Initial(g)	65.2	65.2	65.2	392.0	389.1	386.6
Final(g)	95.8	98.3	95.3	442.0	445.6	441.9
FC*	1.37	1.46	1.37	1.87	1.78	1.78
DGR*	1.29	1.38	1.27	0.43	0.49	0.48
DFC*	1.74	1.96	1.72	0.80 ^a	0.86 ^b	0.85 ^b
PER*	2.13	2.15	2.01	1.58 ^a	1.71 ^b	1.72 ^b

* FC: Feed coefficient, DGR: Daily growth rate (%), DFC: Daily feed consumption (%), PER: Protein efficiency ratio (%).

어체 분석

치어와 미성어의 일반 성분 및 Total-P 함량 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 치어와 미성어의 수분 함량은 각각 71.1~73.0% (평균 72.3%)와 70.0~71.0% (평균 70.6%)이었으며, 조단백질 함

량은 15.2~16.6% (평균 15.7%)와 17.0~17.6% (평균 17.3%)로 성장에 따라 수분 함량이 줄고 조단 백질 함량은 증가하였다. 조지방 함량도 성장함에 따라 증가하였으나, 조회분은 감소하는 경향을 보였다. 일반적으로 어체 성분중 수분 함량과 조지방 함량간에 역상관관계를 보이는 것으로 알려져 있으며, 본 실험에서도 치어기에는 수분 함량이 많은 대신에 지방 함량이 적어 같은 경향을 나타내었다. 한편, 어체내 Total-P 함량은 치어와 미성어의 경우 각각 1.2~1.3% (평균 1.3 %)와 1.1~1.3% (평균 1.2%)로 나타났다.

분의 총 배설량

3 개사의 상품 사료를 공급한 후 공급구별로 24 시간, 48 시간 및 72 시간되는 시점에서 분의 총량을 조사하였다(Fig. 2). 틸라피아 치어에 어체중 당 0.6%와 1.2%의 사료를 공급하였을 경우 24 시간 후에는 공급한 사료의 20.6%와 15.1%를 각각 분으로 배설하였고, 48 시간 후에는 8.8%와 9.9%, 72 시간 후에는 1.7%와 1.8%를 배설하였다. 그리고 틸라피아 미성어에 포만 상태(어체중당 약 0.6%)까지 사료를 공급하였더니 24 시간, 48 시간 및 72 시간 후에는 공급한 사료의 13.1%, 6.3% 및 5.6%를 각각 분으로 배설하여, 치어나 미성어나 모두 사료 공급후 24 시간 내에 분 배설량의 약 65% 정도를 배설하였다. 넙치의 경우, 사료공급율에 따른 분 배설율을 조사한 결과 공급율에 따른 차이는 없는 것으로 나타났고, 어체중당 0.5%와 1.0% 공급시 질소 배설은 각각 1 일과 2 일 안에 끝났으나 1.5% 공급시에 36~48 시간째에 암모니아 배설율이 증가되어 질소 배설이 48 시간 이상 지속되는 것으로 나타났다(Kikuchi *et al.* 1991).

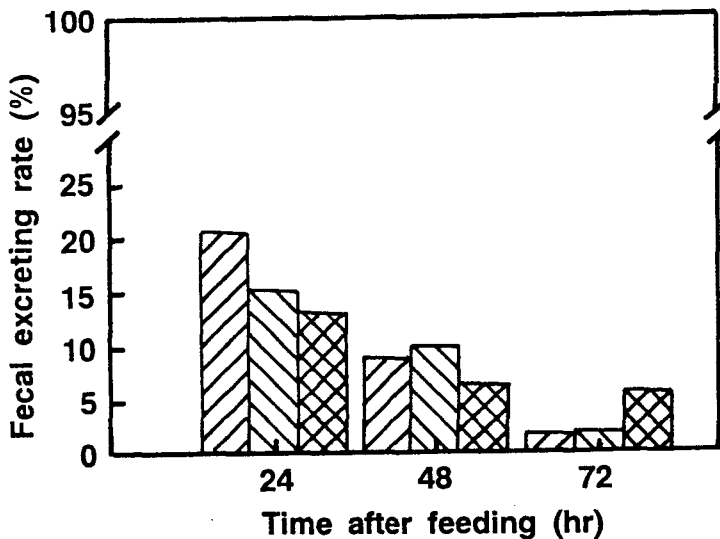


Fig. 2. Postprandial fecal releasing pattern of fingerling and young tilapia depends on the ration levels (▨ : 0.6% ration level, fingerling, ▩ : 1.2% ration level, fingerling; ▤ : 0.6% ration level, young).

틸라피아의 질소 및 인 부하량

Table 3. Proximate compositions and total phosphorus of the whole body of tilapia after feeding trials with three commercial diets (%)

	Fingerling				Young			
	Initial	A	B	C	Initial	A	B	C
Crude protein	16.4	15.4	15.2	16.6	17.4	17.6	17.3	17.0
Crude lipid	4.4	4.5	4.4	4.6	7.8	5.9	5.2	6.7
Crude ash	6.4	5.3	5.6	5.3	4.1	4.9	4.9	5.0
Total-P	1.5	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.3
Moisture	72.9	73.0	71.1	72.9	70.6	70.0	71.0	70.6

한편, 배설된 분의 일반 성분은 Table 4와 같다. 조단백질 함량이 비교적 적고 회분 함량이 많은 B 사료를 공급한 것의 분에서도 마찬가지로 회분 함량은 많고 조단백질 함량이 적었다. 한편, 분의 조단백질 함량은 치어의 경우 12.5~14.3% (평균 13.8%), 미성어는 16.1~19.0% (평균 18.0%)로서 사료의 조단백질 함량에는 차이가 없었으나 미성어의 분이 치어의 것 보다 조단백질 함량이 1.4 배 정도 많았고, 조지방도 미성어(9.5~10.5%)가 치어(4.2~4.5%) 보다 많았다. 분 중의 인 함량은 치어와 미성어가 각각 1.2~1.6% (평균 1.4%)와 1.1~1.4% (평균 1.3%)로 체중 증가에 따른 차이는 거의 없었다. 또한, 분의 총에너지 함량에도 큰 차이는 없었다.

Table 4. Proximate composition, total phosphorus and gross energy contents of feces of tilapia that were fed three commercial diets (%)

	Fingerling			Young		
	A	B	C	A	B	C
Crude protein	14.3	12.5	13.9	18.9	16.1	19.0
Crude lipid	4.3	4.2	4.5	9.9	9.5	10.5
Crude ash	20.8	21.1	17.5	27.7	31.1	23.8
Total-P	1.5	1.6	1.2	1.3	1.4	1.1
Moisture	7.8	8.1	8.0	12.0	10.9	11.0
GE*	2.5	2.5	2.6	2.6	2.5	2.8

* Gross energy; calculated based on 4 kcal/g protein, 3 kcal/g carbohydrate, 9 kcal/g fat.

소화 흡수율과 질소 수치

Table 5에는 치어와 미성어에서 각 영양소의 소화율을 나타내었다. 단백질 소화율은 치어와 미성어가 각각 88.9~90.8%와 88.3~90.4%로 여체 크기에 따른 차이는 없었지만 조지방의 소화율은 치

어(73.6~80.5%)가 미성어(44.8~61.0%) 보다 유의적($P < 0.05$)으로 높았다.

한편 인은 어류의 정상적인 성장에 필요하기는 하지만 너무 낮거나 높은 사료를 공급하면 어류의 성장율은 감소한다고 알려져 있다(Ogino and Takeda 1976). 더욱이 인의 이용성은 위의 유무(有無)나 서식 온도(온수성, 냉수성), 어종에 따라 달라 무위어(無胃魚)는 염산을 분비하지 못하므로 수용성 인만을 이용할 수 있고, 유위어(有胃魚)라도 온수성은 냉수성에 비해 위산 분비율이 낮아 인의 섭취율이 낮다(Satoh *et al.* 1992). Takeuchi *et al.* (1989)는 어체 크기와 사료내 영양소의 함량에 따라 각 영양소의 소화 흡수율이 달라지고 또 사료 조성시 사용된 원료에 따라서도 차이가 생긴다고 보고하고 있다. 본 실험에서는 사료중 인 함량이 B 사의 것이 다소 높았음에도 불구하고, 치어와 미성어의 인 흡수율이 각각 23.3~46.9%와 36.0~65.0%로 치어의 경우 A 사의 것이 타사에 비해 낮았고, 미성의 경우 B 사의 것이 타사의 것 보다 낮은 것으로 나타났다($P < 0.05$). 이와 같이 사료 중 인 함량과는 관계없이 소화율에 차이가 생기는 것은 회사마다 사용한 원료의 차이라고 생각된다.

Table 5. Apparent digestibility of protein, lipid and phosphorus of three commercial diets for tilapia (%)

	Fingerling			Young		
	A	B	C	A	B	C
Protein	88.9	90.5	90.8	90.4	88.3	90.3
Lipid	73.6	80.5	76.3	61.0	44.8	53.6
Total-P	23.3	46.9	43.4	65.0	36.0	58.1

어류는 질소 대사의 최종산물인 암모니아를 내인성(endogenous)과 외인성(exogenous)의 2 가지 형태로 배설한다(Brett and Groves 1979). 내인성 배설은 이화 작용과 단백질 전환으로 부터 생기는 것을 체단백질의 절감없이 본래의 상태를 유지하는 질소 균형 상태에서 어류가 배설하는 것이며, 외인성 배설은 사료 공급후 단백질 동화와 탈아미노 작용과 연관되는 에너지 손실을 말한다.

공급한 사료의 총 질소량을 100 이라 했을때, 배설되는 질소량과 축적하는 질소량을 나타내면 Table 6과 같다. 본 실험에서 틸라피아 치어와 미성어를 조단백질 함량이 34.1% 와 33.5%인 사료로 사육하였을 경우, 섭취된 질소 중 분을 통해서는 7.1% 와 9.9% 가 각각 배설하고, 뇨와 아가미를 통해 배설한 내인성 질소는 55.5% 와 62.3% 를 각각 배설하여, 배설되는 질소의 약 90% 정도가 아가미와 뇨를 통하였다. 따라서 체내에는 각각 37.4% 와 27.8% 의 질소를 축적하였다. 한편 냉수성 어종인 lake trout (*Salvelinus namaycush*)에서도 섭취한 총 질소 중 56.8%는 아가미와 뇨에서 배설되고, 5.6%는 분으로 배설되며 체내에는 36.1%가 축적되었다(Jayaram and Beamish 1992). 또, 浜田等(1979)은 잉어를 이용하여 질소 수지를 조사한 결과 섭취된 질소중 분을 통해 19.1%, 뇨로 27.4% 가 배설되고, 성장에 52.3%가 이용된다고 보고하였고, 무지개송어에서도 비슷한 연구 결과가 보고되었다(Beamish and Thomas 1984; Barnabe 1990; Sayer and Davenport 1987).

틸라피아의 질소 및 인 부하량

Table 6. Nitrogen balances of fingerling and young tilapia

Nitrogen intake 100					
Undigested			Digested		
Fingerling	7.1		Fingerling	92.9	
Young	9.9		Young	90.1	
Released through feces			Excreted through urine and gills		Retained
Fingerling	7.1		Fingerling	55.5	Fingerling 37.4
Young	9.9		Young	62.3	Young 27.8
Total excretion					
Fingerling			62.6		
Young			72.2		

한편, 본 논문에서는 공급한 영양 성분의 양에서 어체에 축적한 양을 뺀 것을 환경에 부하한 양으로 한다는 것을 바탕으로 이상의 자료를 토대로 하여 틸라피아를 1 톤 생산할 경우 주변 환경에 대한 질소 및 인의 부하량을 Table 7에 나타내었다. 질소 부하량은 틸라피아 치어와 미성어 1 톤당 36.4~59.3 kg (평균 49.8 kg), 49.6~68.2 kg (평균 61.3 kg)으로 치어 보다 미성어에서 질소 부하량이 높았다. 인 부하량도 치어는 3.0~12.5 kg (평균 6.3 kg)이고 미성어는 11.0~14.9 kg (평균 13.4 kg)으로 질소 부하량과 비슷한 경향을 나타내었다. 사료내 단백질과 인의 함량이 많아짐에 따라 수중 오염 부하량도 증가한다는 보고(Ackefors and Enell 1990)가 있으나, 본 연구에서는 치어와 미성어 사료내 단백질 함량에는 거의 차이가 없었는데도 질소 부하량과 인 부하량에 차이가 있었는데 이는 Table 6에서 나타난 것 처럼 치어 보다 미성어의 분 및 뇨와 아가미로 배설 양이 증가하는 것과 같은 결과를 보인다.

실제 대청호나 소양호의 총 인 부하량 가운데 가두리 양식장이 약 20~32%를 차지한다고 이 등(1993)과 허 등(1992)은 보고하고 있다. 양식장에서의 오염 원인은 근본적으로 사료에 기인하므로 오염 부하량을 줄일 수 있는 최선의 방법은 성장 단계별로 적정 단백질과 인을 함유한 사료를 개발하여 공급하고 아울러 사료의 손실을 최소화하는 것이다.

Table 7. Estimate of nitrogen and phosphorus excretion per one ton of tilapia production

	Fingerling			Young		
	A	B	C	A	B	C
T-N*	51.8	59.3	36.4	68.2	66.1	49.6
T-P**	3.0	12.5	3.4	14.2	14.9	11.0

* Total nitrogen ; (kg/ production ton)

** Total phosphorus ; (kg/ production ton)

앞으로는 가두리 양식장이나 유수식 양식장의 배출수에 대한 규제가 강화될 것이므로 순환 여과식 양식의 비중이 점차 커질 것이다. 그러나 시설의 설치 비용 외에도 효과적인 운영을 위해서는 시설의 적정 여과 면적, 어류 방양량 등의 자료가 필요하다. 본 연구 결과는 이러한 연구를 위한 기초 자료로 이용될 수 있을 것이다.

요 약

육상에서 틸라피아를 양식할 때 문제가 되는 질소 및 인의 부하량을 측정하기 위하여, 시판되는 상품 사료로 치어와 미성어를 사육하여 사료 중 영양 성분의 소화율과 분의 배설량 등을 통해 환경 수계에 미치는 오염 부하량을 추정하였다.

시판되는 틸라피아 사료의 단백질 함량은 평균 33.8% (질소 함량 5.4%)였고, 인 함량은 평균 1.4% 였으며, 사료 공급후 24 시간내에 총 분 배설량의 60%가 배설되었다. 틸라피아 치어 (평균 어체중 65.2 g) 및 미성어 (평균 어체중 389 g)의 단백질 소화율 및 인의 소화율은 거의 차이가 없었으나, 지방의 소화율은 치어가 높았다.

질소 수지는 치어와 미성어의 경우, 공급한 질소의 7.1%와 9.9%를 분으로 배설하였고 뇨와 아가미를 통하여는 각각 55.5%와 62.3%를 배설하여, 어체에는 각각 37.4%와 27.8%를 축적하였다. 따라서 성장함에 따라 질소의 축적량은 줄면서 배설량은 늘어나는 것으로 나타났다.

한편, 치어 1 톤 생산당 질소 및 인 부하량은 평균 49.5 kg과 6.3 kg 이었고 미성어의 경우 61.3 kg과 13.4 kg으로 어체 크기가 클수록 오염 부하량도 많아졌다.

참 고 문 헌

- A.O.A.C. 1984. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. p.1094, Washington, U.S.A.
- Ackefors, H. and M. Enell, 1990. Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas. *AMBIO* 19: 28~35.
- Avnimelech, Y., S. Diab and M. Kochva, 1992. Control and utilization of inorganic nitrogen in intensive fish culture ponds. *Aquacult. Fish. Manage.* 23: 421~430.
- Barnabe, G., 1990. *Aquaculture*. vol. 1. Ellis Horwood. 528pp.
- Beamish, F. W. H. and E. Thomas, 1984. Effects of dietary protein and lipid on nitrogen losses in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Aquaculture* 41: 359~371.
- Brett, J. R. and T. D. D. Groves, 1979. Physiological energetics. In: *Fish Physiology*. vol. VIII. Academic Press, New York, pp. 279~352.
- Clark, E. R., J. P. Harman and J. R. M. Forster, 1985. Production of metabolic and waste products by intensively farmed rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.* 27: 381~393.
- Furukawa, A. and H. Tsukahara, 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 32: 502~506.
- Jayaram, M. G. and F. W. H. Beamish, 1992. Influence of dietary protein and lipid on

- nitrogen and energy losses in lake trout. *Salvelinus namaycush*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2267~2272.
- Kikuchi, K., S. Takeda, H. Honda and M. Kiyono, 1991. Effect of feeding on nitrogen excretion of Japanese flounder. Nippon Suisan Gakkaish 57: 2059~2064.
- Ogino, C. and H. Takeda, 1976. Mineral requirements in fish-III. Calcium and phosphorus requirements in carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 47: 793~799.
- Phillip, M. J., Clarke and A. Mowat, 1993. Phosphorus leaching from atlantic salmon diets. Aquacult. Eng. 12: 47~54.
- Satoh, S., C. Y. Cho and T. Watanabe, 1992. Effect of fecal retrieval timing on digestibility of nutrients in rainbow trout diet with the Guelph and TUF feces collection systems. Nippon Suisan Gakkaishi 58: 1123~1127.
- Sayer, M. D. J. and J. Davenport, 1987. The relative importance of the gills to ammonia and urea excretion in five seawater and one freshwater teleost species. J. Fish. Biol. 31: 561~570.
- Takeuchi, T., T. Watanabe, S. Satoh, R. C. Martino, T. Ida and M. Yaguchi, 1989. Suitable levels of protein and digestible energy in practical carp diets. Nippon Suisan Gakkaishi 55: 521~527.
- Watanabe, T., T. Takeuchi and S. Satoh, 1988. Studies on evaluation methods for dietary energy in fish. Research report of grant-in-aid for scientific research, the Ministry of Education, Science and Culture of Japan pp. 1~100.
- 浜田篤信, 外岡建夫, 山崎二郎, 光田三男, 1979. 網いけす養殖の負荷量の算定と対策. 茨城縣内水面水産試験場調査研究報告, 第16號. pp. 45~63.
- 이기중, 허우명, 김범철, 1993. 대청호 유역과 가두리로 부터의 인 부하량과 인 수지(phosphorus budget). 수질보전학회지 9: 139~144.
- 허우명, 김범철, 안태석, 이기중, 1992. 소양호 유역과 가두리로 부터의 인 부하량 및 인수지(phosphorus budget). 한국육수학회지 25: 207~214.