

## 저오염 사료의 급여에 의한 잉어의 성장과 질소 및 인 배설량

김정대 · 이종윤\* · 김광석 · 이승복 · 최낙중\* · 김응오\*

강원대학교 축산학과, \*청평내수면연구소

## Growth and Excretion of Nitrogen and Phosphorus of Israeli Strain of Carp (*Cyprinus carpio*) Fed a Low Pollution Diets

Jeong-Dae Kim, \*Jong-Yoon Lee, Kwang-Seok Kim, Seung-Bok Lee,  
\*Nak-Joong Choi and \*Euong-Oh Kim

Department of Animal Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701,  
\*Chunpyeong Inland Fisheries Institute

Growth performance and excretions of nitrogen (N) and phosphorus (P) were investigated with carp (*Cyprinus carpio*) grower fed a low pollution diets (A and B) and commercial ones (Com-1 and Com-2). A recirculated rearing system (Exp. I) and a floating net cage system (Exp. II) were employed for two feeding trials in which fish having an initial body weight of 152g and 193g were fed for 41 and 39 days, respectively. The highest weight gain, daily growth rate and protein efficiency ratio were found ( $P<0.05$ ) in fish fed diet A containing 10% fish meal and 2% monocalcium phosphate (MCP) for both experiments. They also showed the lowest feed conversion ratio and daily feeding ratio among treatments. Fish fed diet B containing 10% fish meal, 5% fish protein concentrate and 1% MCP showed weight gain and FCR more improved ( $P<0.05$ ) than those fed commercial diets. In all groups, whole body compositions were not greatly different among treatments, and protein and P contents in final fish ranged from 14.3 to 15.6% and from 0.39 to 0.48%, respectively. Fish fed diet A excreted the least N which were 38.3 in Exp. I and 39.6g/kg gain in Exp. II. However, the values found in fish fed two commercial diets amounted to 59.1 and 58.9g, respectively. A significant decrease in P excretion was also found in fish groups fed diets A and B. In Exp. I, a reduction of 53.4% was shown in fish fed diet A, compared to the averaged value (18.5g P/kg gain) of two commercial groups. In Exp. II conducted using the floating net cages, fish fed diet B excreted the least P (8.6g/kg gain) among the treatment, which was followed by fish fed diet A, showing 48.6% reduction compared to the average value (18.5g/kg gain) for fish fed two commercial diets. The present results clearly showed that N and P excretions from fish culture could be significantly reduced by using the low pollution diet.

Key words : Low pollution diets, Excretions of nitrogen and phosphorus, Carp

### 서론

저오염 사료란 어류 양식으로 부터 파생되는 생

물학적 산소요구량, 질소 및 인과 같은 수질오염  
원의 수중 부하량을 경감시킬 수 있는 사료를 말  
한다. 양식에 의한 오염물의 폭은 어류의 성장속

도에 반비례하기 때문에 저오염 사료란 궁극적으로 고효율 사료를 의미한다고 볼 수 있다. 그러나, 일반적인 의미에서 볼 때 고효율 사료란 양질의 원료사료를 이용하여 제조되기 때문에 사료가격의 인상이 불가피하다. 사양가는 수질오염물의 경감이나 생산성 향상을 통한 이윤 증대가 목적이기 때문에, 값비싼 저오염 사료란 상업화되기 어려운 문제점을 지니게 된다.

잉어의 사료내 단백질과 인 요구량은 각각 Ogino and Saito(1970) 및 Ogino and Takeda(1976)에 의해 최초로 보고되었다. 그후부터 단백질의 배설량을 줄이기 위해 적정 단백질 수준을 설정하기 위한 연구는 계속적으로 이루어졌다(Takeuchi et al., 1979a,b; Watanabe et al., 1987 a,b; Takeuchi et al., 1989). 그러나, 이에 비해 인의 배설량을 줄이기 위한 연구는 제한 적이었다. 인의 배설량 감소를 위해선 사료내 총 인의 수준을 요구량 수준으로 줄이는 것이 무엇보다 중요하지만 (Lall, 1991), 동물성 및 식물성 원료사료내 함유된 인의 이용성이 낮기 때문에 불가능한 실정이다 (NRC, 1993). 그러나, 정상적인 성장을 저해하지 않는 수준까지 어분의 사용량을 최소화할 경우 총 인의 수준은 크게 감소시킬 수 있으며, 그로부터 인 배설량의 유의적인 감소를 기대할 수 있을 것이다(김과 김, 1995; Kim et al., 1995).

양어용 배합사료가 출현한 1984년부터 잉어양식은 양적으로 급속한 속도로 팽창하였으며, 배합 사료의 연간 총생산량은 1990년 64,156톤으로 전체 내수면 양어사료 생산량(88,099톤)의 약 73%를 차지하였으나, 수질오염 문제에 연루되면서 서서히 감소하여 1996년에는 43,883톤으로 전체 내수면 양어사료 생산량(85,388톤)의 51%로 하락하였다(한국사료협회, 1997). 이같은 생산량 감소에는 행정적 규제에 따른 사양가의 의욕 상실과 어가의 하락 및 사료비의 상승 등과 같은 요인들이 복합적으로 연루되고 있다. 원료사료의 수입가격이 지속되고 있는 현 상황에서 사료비의 인상이란 불가피하며, 이 경우 잉어양식은 산업으로 정착되기 어렵다. 따라서, 사료가격이 저렴하고 성장이 우

수하며 동시에 수질 오염을 또한 경감시킬 수 있는 사료의 개발이 절실히 요구되고 있다. 이를 위해선 수질오염의 주된 인자인 질소와 인의 이용성에 대한 재조명이 필요하다. 최근, 김 등(1996a, 1997a)은 국내의 잉어사료 배합에 이용되는 원료사료의 영양소 및 인 이용성을 보고하였으며, 성장과 사료계수 및 질소 배설량에 기반한 잉어사료내 적정 단백질과 지방의 수준은 각각 32% 및 12% 수준임을 발표하였다(김 등, 1997b). 아울러, 사료내 일인 산칼슘체의 적정 사용량은 2% 수준임을 보고하였다(김 등, 1996b,c). 본 연구는 어분을 최소화 하는 수준에서 제조된 저가 및 고가의 저오염 사료급여에 따른 잉어의 성장과 질소 및 인 배설량을 실험수조(Exp. I)와 가두리(Exp. II)를 이용하여 평가하기 위하여 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 실험사료, 실험동물 및 실험설계

실험사료는 2종의 저가 및 고가 저오염 사료와 2종의 시판사료로서, 저가 저오염 사료(A)는 어분 10%에 대두박, 소맥분, 미네랄, 유지 및 비타민 혼합물로 구성되어 조단백질 30% 및 조지방 12%를 함유하도록 하였으며, 고가 저오염 사료(B)는 10%의 어분과 5%의 어류농축 단백질(BIO CP 70, Chile)을 동물성 원료로 함유하여, 조단백질 35% 및 조지방 12%를 함유하도록 제조하였다. A 사료의 경우 일인산칼슘을 이용하여 이용가능 인(P)의 함량이 0.55%를 유지하도록 하였으며, B 사료의 경우 총인의 수준을 가능한 한 줄이기 위하여 일인산칼슘의 사용량을 1%로 고정하였다. 두 종류의 실험사료는 Wenger extruder X-185를 이용하여 4mm 크기의 부상형으로 제조하였다. 한편, 비교용으로 사용된 2 종류의 부상성 시판사료는 국내 시판사료중 인 함량이 각각 가장 높은 것과 가장 낮은 것으로서 각 회사를 통하여 구입되었다. 실험사료의 화학적 조성은 Table 1에 제시된 바와 같았다.

사육수조를 이용(Exp. I), 평균 150g의 이스

Table 1. Ingredient and chemical composition of the diets for two experiments

Ingredient (%, as-fed basis)	Diet			
	A <sup>1</sup>	B <sup>1</sup>	Com-1	Com-2
Brown fish meal(67%)	10.00	10.00		
Soybean oil meal(44%)	39.15	45.45		
Wheat flour(13%)	39.83	30.23		
Fish oil(sardine)	7.80	7.10	closed	closed
FPC <sup>2</sup>	-	5.00		
MCP <sup>3</sup>	2.00	1.00		
Vit. min. mixture	1.22	1.22		
Chemical composition(g/100g diet)				
Moisture	8.06	8.12	8.54	6.46
C. protein	33.25	35.63	37.78	35.35
C. fat	12.77	13.05	8.40	8.83
C. ash	7.05	6.45	6.91	13.79
Ca	2.66	1.77	2.16	4.67
P	1.11	0.92	0.99	1.87

<sup>1</sup>Supplied the following amounts per kilogram of diet : vitamin A, 35,000 IU ; vitamin D3, 7,000 IU ; vitamin E, 70 mg ; thiamin, 14 mg ; riboflavin, 21 mg ; pyridoxine, 14 mg ; vitamin B<sub>12</sub>, 0.14 mg ; pantothenic acid, 49 mg ; niacin, 105 mg ; biotin, 1.4 mg ; vitamin C, 70 mg ; Mg, 240 mg ; Mn, 140 mg ; Zn, 280 mg, Fe, 84 mg ; Cu, 24 mg ; Se, 0.12 mg ; Co, 3.9 mg ; I, 6 mg.

<sup>2</sup>Fish protein concentrate (BIO CP70), Chile.

<sup>3</sup>Monocalcium phosphate, BASF, Germany.

라엘 잉어(*Cyprinus carpio*)를 실험동물로 사용하였으며, 강원대학교 축산대학 축산학과 부속 어류영양연구실에서 15일간의 적응기간을 거친후 6주간(사료급여 : 41일) 사양시험을 총 4처리 3반복으로 수조당 30미씩 완전임의 배치하여 실시하였다. 가두리를 이용한 Exp. II에서는 평균 192.9g의 동일 어류 2560마리를 사용하였으며, 15일간의 적응기간을 거친후 6주간 사양시험(사료급여 : 39일)을 실시하였다. 총 4종류의 사료에 2반복(320마리/반복)으로 완전임의 배치하였다. 적응기간 동안에는 실험에 이용하지 않은 시판 사료를 전 실험구에 급여하였다. 어체중의 계량 및 미수측정은 본실험의 개시와 종료시에 각각 24시간의 절식후 행하였다.

#### 사양관리

순환여과식 사육장치(Exp. I)는 12개의 사육조, 펌프, 침전조, 1차여과조 및 2차분해조로 구성되었으며, 유입수의 직전 파이프에 UV살균기를 부착하였다. 수조의 수량은 130L로서 유속(flow

rate)은 평균 10~12L/min였으며, 수온은 전 실험기간동안 28~31℃의 범위에 있었다. 각 사육조마다 폭기(aeration)가 계속적으로 이뤄졌으며, 실험기간중 폐양으로 인해 폐사된 두 마리를 제외한 나머지는 사육조에 잘 적응하였다. 기타의 사양관리는 Kim 등(1995)에 전술한 바와 같았다. Exp. II는 청평내수면연구소내 저수지에 설치된 가두리에서 실시하였다. 가두리 규모는 3×3×2m로서 내부에는 급여한 사료의 유실 방지를 위하여 모기장망으로 사료급여대를 설치하고, 상부에는 그물을 덮어 조류에 의한 실험어의 피해가 없도록 하였다. 저수지에는 20마력 펌프를 이용하여 하천수를 1일 24시간 연속 양수하여 수질을 양호하게 유지하였다. 사료는 오전 7시부터 오후 5시까지 2시간 간격으로 1일 6회, 1주에 6일간 급여하였다. 1일 사료 급여량은 체중의 3%를 기준으로 주었으며 체중 증가에 따라 매주 사료량을 보정하였다. 수온은 매일 사료급여시마다 측정(1일 6회)한 것을 평균하였는데 사육기간 동안 26.3±2.58℃(22.0~30.5℃) 범위를 나타내었다.

Table 2. Weight gain and feed utilization of carp fed the experimental diets for 6 weeks<sup>1</sup>

Diet	Initial wt. g/fish	Wt. gain g/fish	FCR <sup>2</sup>	DGR <sup>3</sup> %	DFR <sup>4</sup> %	PER <sup>5</sup>
〈Exp. I〉						
A	152.0±1.07	142.7±0.35 <sup>a</sup>	1.06±0.01 <sup>d</sup>	1.56±0.01 <sup>a</sup>	1.65±0.01 <sup>c</sup>	2.61±0.03 <sup>a</sup>
B	152.1±0.87	133.8±1.33 <sup>b</sup>	1.19±0.01 <sup>c</sup>	1.49±0.02 <sup>b</sup>	1.77±0.02 <sup>b</sup>	2.17±0.02 <sup>b</sup>
Com-1	151.6±0.78	117.1±1.94 <sup>c</sup>	1.30±0.01 <sup>b</sup>	1.36±0.01 <sup>c</sup>	1.76±0.00 <sup>b</sup>	1.87±0.02 <sup>c</sup>
Com-2	151.8±0.73	114.8±3.22 <sup>c</sup>	1.39±0.03 <sup>a</sup>	1.34±0.02 <sup>c</sup>	1.86±0.01 <sup>a</sup>	1.91±0.04 <sup>c</sup>
〈Exp. II〉						
A	192.1±3.13	223.1±3.27 <sup>a</sup>	1.08±0.01 <sup>d</sup>	2.23±0.00 <sup>a</sup>	2.41±0.02 <sup>c</sup>	2.56±0.02 <sup>a</sup>
B	194.6±1.91	211.8±0.25 <sup>b</sup>	1.15±0.01 <sup>c</sup>	2.14±0.01 <sup>b</sup>	2.45±0.01 <sup>bc</sup>	2.25±0.02 <sup>b</sup>
Com-1	193.3±2.00	191.6±0.80 <sup>c</sup>	1.25±0.01 <sup>b</sup>	2.01±0.01 <sup>c</sup>	2.50±0.02 <sup>b</sup>	1.95±0.01 <sup>c</sup>
Com-2	196.6±1.59	169.6±0.83 <sup>d</sup>	1.44±0.00 <sup>a</sup>	1.86±0.00 <sup>d</sup>	2.68±0.01 <sup>a</sup>	1.84±0.00 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>Values(mean±SE of duplicate groups) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different (P<0.05).

<sup>2</sup>Feed conversion ratio = feed intake, DM/wet weight gain.

<sup>3</sup>Daily growth rate = 100[wt. gain/((final wt + initial wt)/2)/feeding days.

<sup>4</sup>Daily feeding rate = (feed intake/41)×100/[(initial body wt.+final body wt.)/2].

<sup>5</sup>Protein efficiency ratio = weight gain/protein intake.

#### 조사항목

실험사료의 섭취에 따른 성장 및 사료효율을 파악하기 위하여 증체량(weight gain), 사료섭취량(feed intake), 사료계수(feed conversion ratio)와 어체내 축적량에 기반한 질소 및 인의 수중 배설량을 평가하기 위하여 개시어와 종료어의 도체분석을 실시한 후 섭취한 영양소에 서 체내 축적된 영양소량을 감하여 축적된 영양소로 계산하여 질소 축적효율(nitrogen retention efficiency : NRE) 및 인 축적효율(phosphorus retention efficiency : PRE)을 조사하였다. 질소 및 인의 이용효율은 증체량 단위로 표시하였다.

#### 분석방법

사료와 어체의 일반성분은 AOAC(1990)의 방법에 따라 분석하였는데, 수분은 105℃의 오븐에서 24 시간 건조하였으며, 단백질(N × 6.25)은 켈달 방법으로, 지방은 에테르추출법으로, 회분은 550℃에서 12시간 회화시켜 분석하였다. 칼슘함량은 ammonium oxalate 용액으로 침전시킨 후 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액과 반응시켜 KMnO<sub>4</sub>로 적정하여 구하였으며, 인(P)은 vandate molybdate-yellow 법으로 470nm에서 spectrophotometer로 분석

하였다. 각 실험의 개시시 10미 및 종료시에 반 복당 5미의 잉어를 임의로 채취한후 육골분쇄기를 이용 파쇄하여 잘 섞은후 약 10g정도의 시료를 취하여 분석에 이용하였다. 나머지 시료는 분석시 까지 -20℃의 냉동고에 보관하였다. 얻어진 결과의 통계적 분석은 분산분석과 Duncan(1955)의 multiple range test에 의하여 SAS statistics package(SAS Inst. Inc., 1985)를 이용하여 실시하였다.

#### 결과 및 고찰

##### 성장능력 및 단백질 이용효율

Table 2에 제시된 바와 같이 Exp. I의 6주간 실험사료를 섭취한 어류의 증체량은 114.8g에서 142.7g으로 유의적인 차이(P<0.05)를 보였다. 사료계수(FCR) 또한 1.06에서 1.39의 범위로 Com-2 사료를 섭취한 구에서 가장 높게 나타났 으며, 저가 저오염 사료 A구가 가장 낮게 나타났 다. 일일성장율(DGR)은 증체량과 마찬가지로 A가 1.56%으로 가장 우수하였으며, 고 가 저오염 사료 B구가 1.49%로 두 번째로 높았으나, 시판 사료구는 각각 1.36(Com-1) 및 1.34(Com-2)

Table 3. Whole body composition of carp fed the experimental diets for 6 weeks

Diet	Moisture	Protein	Fat	Ash	Ca	P
〈Exp. I〉						
A	75.98±0.29 <sup>ab</sup>	14.36±0.09 <sup>ns</sup>	5.84±0.43 <sup>ab</sup>	2.81±0.20 <sup>ab</sup>	1.85±0.15 <sup>a</sup>	0.48±0.04 <sup>a</sup>
B	75.20±0.26 <sup>b</sup>	15.06±0.38	6.55±0.43 <sup>a</sup>	2.54±0.16 <sup>b</sup>	1.53±0.11 <sup>bc</sup>	0.43±0.02 <sup>ab</sup>
Com-1	76.18±0.32 <sup>a</sup>	15.24±0.24	5.25±0.79 <sup>ab</sup>	2.59±0.15 <sup>b</sup>	1.62±0.05 <sup>abc</sup>	0.46±0.03 <sup>ab</sup>
Com-2	75.96±0.23 <sup>ab</sup>	14.97±0.37	6.10±0.40 <sup>ab</sup>	2.35±0.02 <sup>b</sup>	1.34±0.05 <sup>c</sup>	0.39±0.02 <sup>b</sup>
Initial	76.61±0.23 <sup>a</sup>	14.34±0.09	4.48±0.12 <sup>b</sup>	3.09±0.16 <sup>a</sup>	1.82±0.01 <sup>ab</sup>	0.50±0.00 <sup>a</sup>
〈Exp. II〉						
A	74.00±0.31 <sup>ns</sup>	14.27±0.26 <sup>cd</sup>	7.93±0.48 <sup>a</sup>	2.47±0.06 <sup>ns</sup>	1.70±0.04 <sup>ns</sup>	0.44±0.01 <sup>b</sup>
B	74.20±0.13	15.62±0.17 <sup>a</sup>	8.40±0.20 <sup>a</sup>	2.26±0.05	1.49±0.02	0.41±0.01 <sup>bc</sup>
Com-1	74.70±0.22	15.30±0.11 <sup>ab</sup>	6.65±0.45 <sup>b</sup>	2.29±0.12	1.59±0.07	0.43±0.02 <sup>b</sup>
Com-2	73.09±0.26	14.88±0.28 <sup>bc</sup>	8.77±0.42 <sup>a</sup>	2.28±0.20	1.49±0.12	0.39±0.02 <sup>c</sup>
Initial	74.33±0.07	14.12±0.18 <sup>d</sup>	7.86±0.08 <sup>a</sup>	2.56±0.16	1.67±0.03	0.54±0.00 <sup>a</sup>

<sup>abcd</sup>Values (mean±SE of triplicate groups) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different (P<0.05); ns = non significant.

로 A 및 B 사료 급여구와 유의적인 차이를 보였다. 평균 어체중 대비 일일 사료섭취율(DFR)은 Com-2구가 1.86%로 가장 높았으며, A구가 1.65%로 가장 낮았다. 그러나 B 및 Com-1구는 1.77% 및 1.76%로 유사하게 나타났다. 한편, 단백질 이용효율(PER)은 A구가 2.61로 처리구중 가장 높았으며(P<0.05), Com-1구가 1.87로 가장 낮았다.

Exp. II에서는 실험개시시 평균체중 192.9g의 실험어가 실험종료시에는 평균 391.9g으로 성장하여 약 2배의 증체를 보였다. 실험구별 증체량은 사료에 따라 차이가 컸는데 A구가 223.1g으로 가장 높았고, 그 다음이 B구로 211.8g이었으며, Com-1과 Com-2구는 A 및 B구보다 낮은 191.6g 및 169.7g이었다. DGR도 증체량과 같은 순위로 A구가 2.23%로 가장 높고 Com-2구가 1.86%로 가장 낮았으며 처리간에 유의차가 인정되었다(P<0.05). FCR은 저오염사료 A와 B구가 각각 1.08 및 1.15로 낮았으며, 시판사료 Com-1과 Com-2구는 1.25 및 1.44로 높았고, 각 사료간에 유의적인 차이를 보였다. PER은 성장과 사료계수가 가장 양호하고 사료의 단백질 함량이 낮은 A구가 다른 실험구에 비해 월등히 높은 2.56을 나타내었으며, 성장과 사료계수가 저조하고 사료의 단백질 함량이 높은 Com-2구가 1.84로 가장

낮은 값을 보였다. 한편, DFR은 사양실험시 사료급여 기준이었던 3%보다 약간 낮은 값인 실험구 평균 2.5%로 나타났으며, 시판사료구가 저오염사료구보다 다소 높았지만 사료간에 큰차이는 보이지 않았다. 또한, 양적으로도 각 실험구에서 거의 같은 양(239~244g DM/fish)을 섭취하였다.

개시어체중이 다르고 일일 사료섭취율이 큰 차이를 보이긴 했으나 두 실험의 결과는 유사한 경향을 보이고 있다. 특히, FCR은 저가 저오염 사료 A구가 각각 1.06 및 1.08로 유사하게 나타나고 있다. 또한, PER도 각각 2.61 및 2.56으로 A구의 개선효과를 잘 나타내고 있다. PER은 사료내 단백질 수준이 감소함에 따라 증가하는데(Pongmaneerat와 Watanabe, 1991), 이는 단백질 섭취량의 증가와 함께 감소된다는 것을 의미한다(Bowen, 1987; 김, 1994). 이러한 경향은 김 등(1997b)에서 뚜렷이 입증되었으며, 본 연구에서도 마리당 질소 섭취량이 가장 낮았던 A구가 타 처리구에 비해 유의적으로 증가하였다.

#### 체조직 조성

개시어와 6주간 실험사료를 섭취한 종로어의 체조직 조성은 Table 3에 나타나 있다. Exp. I의 개시어 수분 함량은 76.6%로 B사료를 섭취한 어류의 수분 함량 75.2%와는 유의적인 차이를

Table 4. Nitrogen(N) and phosphorus(P) utilization of carp fed the experimental diets for 6 weeks<sup>1</sup>

Diet	Intake	Gain	Excretion	NRE <sup>2</sup>	Intake	Gain	Excretion	PRE <sup>2</sup>
	<i>N g/kg wt. gain</i>			%	<i>P g/kg wt. gain</i>			%
〈Exp. I〉								
A	61.3±0.60 <sup>c</sup>	23.0±0.00 <sup>d</sup>	38.3±0.60 <sup>c</sup>	37.6±0.37 <sup>a</sup>	12.8±0.13 <sup>c</sup>	4.6±0.00 <sup>a</sup>	8.2±0.13 <sup>c</sup>	35.9±0.87 <sup>a</sup>
B	73.7±0.66 <sup>b</sup>	25.4±0.02 <sup>b</sup>	48.3±0.66 <sup>b</sup>	34.5±0.31 <sup>b</sup>	11.9±0.10 <sup>d</sup>	3.4±0.01 <sup>c</sup>	8.5±0.11 <sup>c</sup>	28.9±0.27 <sup>b</sup>
Com-1	85.6±1.05 <sup>a</sup>	26.3±0.03 <sup>a</sup>	59.4±1.03 <sup>a</sup>	30.7±0.35 <sup>c</sup>	14.0±0.17 <sup>b</sup>	4.1±0.01 <sup>b</sup>	9.9±0.18 <sup>b</sup>	29.1±0.41 <sup>b</sup>
Com-2	84.0±1.62 <sup>a</sup>	25.3±0.03 <sup>c</sup>	58.7±1.59 <sup>a</sup>	30.1±0.55 <sup>c</sup>	27.8±0.54 <sup>a</sup>	2.5±0.04 <sup>d</sup>	25.3±0.57 <sup>a</sup>	8.8±0.29 <sup>c</sup>
〈Exp. II〉								
A	62.6±0.50 <sup>d</sup>	23.0±0.00 <sup>d</sup>	39.6±0.50 <sup>d</sup>	36.8±0.30 <sup>b</sup>	13.1±0.11 <sup>c</sup>	3.6±0.00 <sup>a</sup>	9.5±0.10 <sup>c</sup>	27.1±0.21 <sup>a</sup>
B	71.1±0.64 <sup>c</sup>	27.2±0.02 <sup>a</sup>	43.9±0.62 <sup>c</sup>	38.3±0.31 <sup>a</sup>	11.5±0.10 <sup>d</sup>	2.9±0.01 <sup>c</sup>	8.6±0.12 <sup>d</sup>	25.3±0.34 <sup>b</sup>
Com-1	82.3±0.25 <sup>b</sup>	26.4±0.01 <sup>b</sup>	55.9±0.26 <sup>b</sup>	32.1±0.11 <sup>c</sup>	13.5±0.04 <sup>b</sup>	3.2±0.01 <sup>b</sup>	10.3±0.03 <sup>b</sup>	23.7±0.02 <sup>c</sup>
Com-2	87.0±0.14 <sup>a</sup>	25.2±0.01 <sup>c</sup>	61.8±0.14 <sup>a</sup>	29.0±0.04 <sup>d</sup>	28.8±0.04 <sup>a</sup>	2.2±0.00 <sup>d</sup>	26.6±0.06 <sup>a</sup>	7.7±0.03 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>Values (means of triplicate groups) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>2</sup>Retention efficiency =  $100((\text{final body wt.} \times \% \text{ N or P in whole body}) - (\text{initial body wt.} \times \% \text{ N or P in whole body})) / \text{N intake}$ .

보였으나, 타 처리구와는 유의적 차이를 보이지 않았다. 단백질은 14.3% (개시어)에서 15.2% (Com-1)의 범위를 보였으나 유의적인 차이는 발견되지 않았다. 지방은 모든 처리구가 개시어(4.5%)에 비해 높았으나 B사료 급여구(6.6%)를 제외한 타처리구간에는 유의적 차이가 없었다( $P > 0.05$ ). 회분 함량은 개시어 3.09%에 비해 모든 처리구에서 감소된 수치를 보였으며, 칼슘은 A사료구가 1.85%로 개시어 1.82%와 유사하였다. 인 함량은 0.43% (B 사료구)에서 0.50% (개시어)로 일정하였으나, Com-2사료 급여구는 0.39%로 개시어 및 A사료구에 비해 유의적인 차이를 보였다.

Exp. II에서도 Exp. I과 같이 수분함량은 실험개시어 및 각 종료어 간에 유의적인 차이가 없었다( $P > 0.05$ ). 단백질함량은 개시어의 14.12%에 비해 종료어는 14.27~15.62% 범위로서 다소 높은 값을 나타내었으며, 종료어 중에서는 B구와 Com-1구가 다른 실험구보다 높았다. 어체내 지방함량은 Com-1 사료를 섭취한 종료어 만이 6.65%로서 개시어(7.86%)나 다른 실험어 (7.93~8.77%)에 비해 유의적으로 낮았으며, 타실험구의 종료어나 개시어 간에는 차이가 없었다. 회분과 칼슘 함량의 경우에는 개시어에 비해 종료어가 약간 낮은 경향을 보였으나 개시어나 각 종료어

사이에 유의성은 인정되지 않았다. 한편, 종료어의 인함량은 0.39~0.44% 범위로서 어류의 체내 인함량은 생체 단위당 0.4~0.5%로서 상대적으로 일정한 수준으로 유지된다고 한 보고(Lall, 1991; 김과 김, 1995)와 일치하는 결과를 보여주었다. 그러나, 모든 구에서 개시어의 0.54%보다 낮았으며, 종료어 중에서는 Com-2구가 타 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값 (0.39%)을 나타내었는데, Exp. I에서의 함량과 동일하였다.

#### 질소와 인의 배설량

건물 사료내 질소 및 인 함량에 따른 Kg 증체 단위당 섭취량, 체내 증가량, 배설량 및 축적효율은 Table 4에 제시되어 있다. 증체 단위당 질소 섭취량은 사료내 질소 함량이 가장 높았던 Com-1구가 85.6g으로 A 및 B구에 비해 유의적으로 높았으나, Com-2구와는 유사하였다 ( $P > 0.05$ ). 한편, 사료내 질소 함량이 5.78g/100g이었던 A사료를 섭취한 어류의 질소 섭취량은 61.3g으로 타처리구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다( $P < 0.05$ ). 그러나 어체내 질소 증가량은 23.0g(A)에서 26.3g(Com-1)으로 비록 유의적인 차이는 발견되었지만 상대적으로 일정하였다. 결과적으로 질소 배설량은 질소 섭취량이 가장 낮았던 A구가

38.3g으로 가장 낮았고( $P<0.05$ ), 질소 섭취량이 가장 높았던 Com-1구가 59.4g으로 가장 높게 나타났다. 질소축적효율(NRE)는 30.1% (Com-2)에서 37.6% (A)의 범위로서 평균치는 33.2% 였다.

Exp. II에서 질소의 섭취량은 62.6g~87.0g의 범위로서 사료의 질소함량과 사료계수의 변동에 따라 A, B, Com-1 그리고 Com-2구의 순으로 증가하였다. 반면, 질소증가량은 B구가 27.2g으로 가장 높았고, A구가 23.0g으로 가장 낮았으나 각 실험구간의 차이는 근소하였다. 이러한 결과는 Exp. I에서의 결과와 거의 동일하였다. 따라서 질소의 배설량도 질소 섭취량과 같은 경향을 보여 Com-2구가 61.8g으로 가장 높았으며, A구가 39.6g으로 제일 낮았다. 또한, NRE도 A와 B구에서 36.8% 및 38.3%로 높았고, Com-1과 Com-2구에서는 32.1% 및 29.0%로 낮게 나타났다. 이와 같이 저오염사료 A 및 B구는 시판사료 급여구에 비하여 Kg 증체당 질소 배설량이 현저히 줄었는데 특히, 질소 배설량이 가장 낮았던 저가 저오염사료인 A구의 경우 시판사료 Com-1과 Com-2구의 평균치와 비교하여 32.8%가 감소된 것으로 나타났다.

건물사료 100g당 인 함량은 A 및 B 사료가 각각 1.21 및 1.00g이었으며, 시판사료는 1.08g (Com-1) 및 2.00g (Com-2)이었다. Exp. I에서 증체 Kg당 인 섭취량은 11.9g (B)에서 27.8g (Com-2)으로 사료내 인 함량에 따라 증가하는 경향을 보였다. 그러나, A구의 경우 12.8g으로 Com-1구의 14.0g 보다 유의적으로 낮게 나타났다. 어체내 인 증가량은 Com-2구가 2.5g으로 가장 낮게 나타났으며, A구가 4.6g으로 가장 높았다 ( $P<0.05$ ). Com-1구는 4.1g으로 두 번째로 높았으며, B구는 3.4g으로 Com-2구에 비해서는 높았으나, 타처리구에 비해서는 유의적으로 낮았다. 인 배설량은 저오염 A 및 B구가 각각 8.2g 및 8.5g으로 시판사료구에 비해 유의적으로 낮았으며, Com-1구는 9.9g으로 25.3g을 배설한 Com-2구에 비해 유의적으로 낮았다. 인 축적효율(PRE)은

Com-2구가 8.8%로 가장 저조하였으며, A구가 35.9%로 가장 우수하였고, B 및 Com-1구는 각각 28.9% 및 29.1%로 유사하게 나타났다. Exp. II의 인 섭취량의 경우에 있어서도 사료의 인함량과 사료계수의 변이에 따라 사료간에 큰 차이를 보였다. 즉, 사료의 인 함량과 사료계수가 각각 2% 및 1.44로 가장 높았던 Com-2구의 인 섭취량이 28.8g으로 가장 높았고, 인함량이 1%로 가장 낮고 사료계수는 1.15로 두번째로 우수하였던 B구의 인 섭취량이 11.5g으로 가장 낮았다. 그 외에 A와 Com-1구는 각각 13.1g 및 13.5g으로 중간을 나타내었다. Kg 증체당 어체내 인 증가량은 종료어 인함량과 증체량에 따라 달라졌는데, 종료어의 인함량이 낮고 증체량도 저조했던 Com-2구에서 2.2g으로 다소 적었고, 타 사료구에 있어서는 2.9~3.6g으로 그 차이가 크지 않았다. 따라서, Kg 증체당 인 배설량은 Com-2구에서 26.6g으로 가장 높았고, B구에서 8.6g으로 가장 낮았으며, Com-1구와 A구에서는 각각 10.3g 및 9.5g을 나타내었다. PRE는 배설량과 반대의 순위로 Com-2구가 7.7%로 가장 낮았고, A구가 27.1%로 가장 높았다. 이상과 같이 저오염 사료 A와 B구의 인 배설량은 시판사료 Com-1 및 Com-2구의 평균 인 배설량과 비교할 때 각각 48.7% 및 53.4%가 감소하였다. 본 실험의 결과 A구의 인 배설량(9.5g)은 B구(8.6g)에 비해 높았으나( $P<0.05$ ), Exp. I에서는 이와 반대로 A구가 8.2g으로 B구 8.5g과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이것은 어체내 인 증가량이 Exp. I에서 더 높았기 때문인 것으로 추정된다. 이러한 결과로부터 Exp. I에서 A 사료구의 인 축적효율은 35.9%로 Exp. II에서의 27.1%보다 훨씬 높게 나타났다.

Exp. II에서 시판사료 Com-1과 Com-2구의 경우 저가 저오염 사료 A구에 비해 증체 Kg당 질소 배설량은 각각 55% 및 53% 증가한 것으로 나타났는데, 이것은 사료내 단백질 수준 뿐 아니라 증체량의 감소로 인한 사료계수의 저하에서 유래한다. 사료내 단백질 수준의 감소와 함께 지방을 통한 에너지 수준의 증가는 증체량의 개선뿐 아

니라 질소 배설량의 유의적인 감소 를 가져온다는 사실은 Watanabe et al.,(1987a,b)의 보고에서 잘 나타나고 있다. 한편, 인 배설량의 감소를 위해서는 사료내 총 인의 수준을 가능한 한 인 요구량 수준으로 낮추고 사료효율을 증가시켜야 한다(Lall, 1991). 그러나 이때 이용가능 인의 수준은 요구량을 충족시켜야 한다(김 등, 1996a,b). 인의 함량이 가장 낮았던 시판사료 Com-1과 가장 높았던 Com-2의 경우 인 배설량이 A 및 B구에 비해 유의적으로 높았던 것은 이용가능한 인의 부족에 따른 요구량 미달로부터 기인했을 것이다. 이러한 사실은 사료내 총인의 수준을 낮추는 것이 우선적인 것이 아니라 이용가능 인의 수준을 우선적으로 요구량 수준으로 맞추는 것이 필수적인 것임을 시사한다. 이것은 일인산칼슘의 첨가로 이용가능 인의 수준이 요구량을 충족할 때, 비록 무첨가구 사료보다 총 인의 함량이 높아지더라도 증체단위당 인 배설량은 유의적으로 감소한다(Kim and Ahn, 1993)는 것을 의미한다. Exp. I의 저가 저오염 사료 A를 섭취한 어류의 증체단위당 인 배설량 (8.2g)은 실험에 사용된 시판사료를 섭취한 어류의 평균 배설량(17.6g) 보다 두배이상 감소하였다. 또한, 김과 김(1994)이 수종의 시판사료를 이용하여 측정한 평균 인 배설량 (12.5g)보다도 약 34% 감소한 것으로 나타났다.

Kg 증체당 섭취되는 질소와 인의 양은 사료내 이들 영양소의 함량 및 사료계수의 함수이므로 사료계수가 우수하고 사료내 단백질 또는 인함량이 낮은 사료일수록 Kg 증체당 그 섭취량이 적어진다. 반면, 질소나 인의 체내 축적량은 종료어와 개시어의 어체내 함량 차이와 증체량에 따라 달라지지만 대체로 어체내 질소와 인의 함량은 사료의 질소 및 인 함량 수준에 관계 없이 비교적 일정하게 유지되기 때문에(NRC, 1983), 사료에 따라 그 차이가 크지는 않다. 이러한 결과로 사료급여로 인한 질소와 인의 배설량은 사료계수와 사료내 이들 영양소의 함량에 의해 좌우된다(Beveridge, 1984)고 할 수 있다. 따라서, 저오염 사료 A와 B에 있어서 질소나 인의 배설량이 시

판사료에 비해 현저하게 감소된 것은 이들 사료내 질소와 인 함량을 요구량 수준으로 가능한 한 감소시키고 동시에 에너지 등 다른 필수영양소의 함량을 보강하여 사료효율을 크게 개선시킨 결과라 할 수 있다. 반면, 시판사료 Com-2와 같이 사료중 질소와 인의 함량이 상대적으로 높고 사료효율도 나쁜 경우에는 사료중에 함유된 이들 성분중 더 많은 부분이 체외로 배출되어 수질오염의 원인을 제공하게 되는 것이다.

## 요 약

개시어체중 152g(Exp. I) 및 193g(Exp. II)의 이스라엘 잉어를 전자는 실험수조, 후자는 가두리를 사용하여 저가(A) 및 고가(B) 저오염 사료의 급여에 따른 성장과 질소 및 인 배설량을 조사하였다. 실험사료는 부상형으로 제조하였으며, 두종의 시판사료 Com-1 및 Com-2와 함께 6주간 급여하였다. 질소 및 인의 배설량은 개시어와 종료어의 도체분석을 통하여 급여된 양과 축적된 양의 차이로 구하였다. Exp. I은 순환여과식 사육조를 이용, 총 4처리 3반복으로 수조당 30마리씩 완전임의 배치하여 일일 3회씩 급여하였으며 실험기간의 수온은 28~31℃의 범위로 유지되었다. Exp. II는 4처리 2반복으로 가두리(3×3×2m)당 320마리를 완전임의로 배치하였다. 사료는 어체중의 3%를 기준으로 일일 6회에 나누어 급여하였으며, 사육기간 6주중(사료급여 33일) 수온은 평균 26.3±2.58℃(22.0~30.5℃)로 유지되었다. 실험으로부터 얻어진 결과는 다음과 같다.

Exp. I의 증체량은 A구가 142.7g으로 타처리구에 비해 유의적으로 높았으며(P<0.05), B구는 133.8g으로 Com-2구(114.8g) 및 Com-1구(117.1g)보다는 높았다. 사료계수는 1.06(A구)에서 1.39(Com-2)으로 각 처리구간 유의성이 인정되었다. 단백질 이용효율은 A 사료구가 2.61로 가장 우수하였으며, B 사료구는 2.17 그리고 시판사료구는 각각 1.87 및 1.91로 처리구중 가장 낮았다(P<0.05). Exp. II의 증체량 또한 A구가



223.1g으로 가장 높았고, B구가 211.8g로 중간이었으며, Com-1과 Com-2구는 191.6g 및 169.7g이었다. 일일성장율도 증체량과 같은 순위로 A구가 2.23%로 가장 높고 Com-2구가 1.86%로 가장 낮아 유의차가 인정되었다( $P<0.05$ ). 사료계수는 A와 B구가 각각 1.08 및 1.15로 Com-1과 Com-2구(1.25 및 1.44)에 비해 우수하였다. 단백질 이용효율은 A구가 2.56으로 가장 우수하였으며, Com-2구가 1.84로 가장 낮은 값을 보였다. 체중에 대한 건물사료의 일일섭취율은 평균 2.5%로 나타났다.

두 실험에서 개시어와 종료어의 전어체 조성은 큰차이를 보이지 않았으며, 인의 경우 개시어에 비해 모든 처리구 공히 낮게 나타났다. Exp. I의 증체 단위당 질소 배설량은 38.3g(A)에서 59.4g(Com-1)의 범위로서 두 종의 시판사료구가 가장 높았고, B구는 중간을 차지하였다. 이러한 차이는 섭취량의 차이에서 기인된 것으로서 시판사료구는 각각 84.0g(Com-2) 및 85.6g(Com-1)으로 처리구중 가장 많은 섭취량을 보였으며, A 사료구는 61.3g으로 가장 낮은 섭취량을 보였다. 그러나 어체내 인 증가량은 23g(A)에서 26.3g(Com-1)으로 유의성은 있었으나 큰 변이를 나타내지 않았다. 축적효율은 A구가 37.6%로 가장 우수하였고 B 사료구가 34.5%로 중간이었으며 시판사료구는 30.7% 및 30.1%를 보였다. Exp. II의 질소의 섭취량은 62.6g~87.0g의 범위로서 실험사료 A, B, Com-1, Com-2구의 순으로 증가하였다. 반면, 질소증가량은 B구가 27.2g으로 많았고, A구가 23.0g으로 가장 적었다. 배설량은 섭취량과 같은 경향으로 Com-2구가 61.8g으로 가장 높았으며, A구가 39.6g으로 제일 낮았다. 또한, 질소축적효율에 있어서도 저오염 사료 A와 B구에서 36.8% 및 38.3%로 높았고, Com-1과 Com-2구에서는 32.1% 및 29.0%로 낮게 나타났다.

Exp. I의 Kg증체당 인 배설량은 A구가 8.2g으로 B구(8.5g)와 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 시판사료구는 9.9g(Com-1) 및 25.3g

(Com-2)으로 저오염 사료구와 유의적인 차이를 보였다. Com-2구의 높은 인 배설량은 사료내 인 함량이 높고(2.0%), 이에 따라 인 섭취량(27.8g)은 높은 반면 어체내 인 증가량은 2.5g으로 낮았던 데서 기인하고 있다. 한편, 인 축적효율은 A구가 35.9%로 처리구중 가장 우수하였으며, B구와 Com-1구는 각각 28.9% 및 29.1%로 유사하였으며, Com-2구는 8.8%로 가장 저조하였다. Exp. II에서도 Com-2의 인 섭취량이 28.8g으로 가장 높았고, 인함량이 1%로 가장 낮고 사료계수는 1.15로 두 번째로 우수하였던 B구의 인 섭취량이 11.5g으로 가장 낮았다. 어체내 인 증가량은 Com-2구에서 2.2g으로 유의적으로 낮았고( $P<0.05$ ), 타 처리구는 2.9~3.6g으로 그 차이가 크지 않았다. 인 배설량은 Com-2구에서 26.6g으로 가장 높았고, B구에서 8.6g으로 가장 낮았으며, Com-1구와 A구는 각각 10.3g 및 9.5g을 나타내었다. 축적효율은 배설량과 반대의 순위로 Com-2구가 7.7%로 가장 낮았고, A구가 27.1%로 가장 높았다. 본 실험의 결과 저가 저오염 사료 A구의 경우 시판사료의 평균 질소(59.1g) 및 인(17.6g) 배설량에 비해 Exp. I에서는 각각 35% 및 53.4%, Exp. II에서는 각각 32.8% 및 48.7%의 감소효과를 나타내었다.

본 실험으로부터 저오염 사료의 급여에 의해 나타난 성장율의 개선과 오염물의 감소효과는 시판사료의 질적개선 여지가 여전히 존재함을 시사하였다. 또한, 적절한 사료배합을 통하여 어류양식에 의한 오염물의 유의적인 감소가 가능함을 보여주었다.

## 참 고 문 헌

- Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Arlington, Virginia.
- Beveridge, M.C.M. 1984. Cage and pen fish farming: carrying capacity models and environmental impact. FAO Fish. Tech. Pap., 255: 131pp.
- Bowen, S.H. 1987. Dietary protein requireme-

- nts of fishes - a reassessment. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 44 : 1995-2001.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1-42.
- Kim, J.D. and K.H. Ahn. 1993. Effects of MCP supplementation on phosphorus discharge and growth of carp grower. Asian-Austral. J. Anim. Sci., 6 : 521-526.
- Kim, J.D., K.S. Kim, J.S. Song, Y.B. Woo, K.S. Jeong and T.H. Won. 1995. Effects of dietary full-fat soybean levels on growth performance and feed utilization and phosphorus excretion of carp (*Cyprinus carpio*). Asian-Austral. J. Anim. Sci., 8 : 587-594.
- Lall, S.P. 1991. Digestibility, metabolism and excretion of dietary phosphorus in fish. In : Cowey, C.B. and C.Y. Cho(Eds.). Nutritional Strategies & Aquaculture Waste. pp. 21-36. Fish Nutrition Research Lab., Ontario, Canada.
- NRC. 1983. Nutrient requirements of warm-water fishes and shellfishes. National Academy press, Washington, D.C., 102pp.
- NRC. 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington, D.C., 114pp.
- Ogino, C. and K. Saito. 1970. Protein nutrition in fish. I. The utilization of dietary protein by young carp. Nippon Suisan Gakkaishi, 36 : 250-254.
- Ogino, C. and H. Takeda. 1976. Mineral requirements in fish-III. Calcium and phosphorus. Nippon Suisan Gakkaishi, 42 : 793-799.
- Pongmaneerat, J. and T. Watanabe. 1991. Nutritive value of protein of feed ingredients for carp. Nippon Suisan Gakkaishi, 57 : 503-510.
- SAS. 1985. SAS user's guide : Statistic, SAS Inst. Inc., Cary. NC. USA.
- Takeuchi, T., T. Watanabe and C. Ogino. 1979 a. Optimum ratio of dietary energy to protein for carp. Nippon Suisan Gakkaishi, 45 : 983-987.
- Takeuchi, T., T. Watanabe and C. Ogino. 1979 b. Availability of carbohydrate and lipid as energy sources for carp. Nippon Suisan Gakkaishi, 45 : 977-982.
- 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, S. Satoh, T. Ida and M. Yaguchi. 1987a. Development of low protein high energy diets for practical carp culture with special reference to reduction of total nitrogen excretion. Nippon Suisan Gakkaishi, 53 : 1413-1423.
- Watanabe, T., T. Takeuchi, S. Satoh, K.W. Wang, T. Ida, M. Yaguchi, M. Nakada, T. Amano, S. Yoshijima and H. Aoe. 1987b. Development of practical carp diets for reduction of total nitrogen loading on water environment. Nippon Suisan Gakkaishi, 53 : 2217-2225.
- 김정대. 1994. 시판사료 급여에 의한 육성용 잉어의 성장과 단백질 및 인 배출량. 한영사지, 18 : 418-424.
- 김정대 · 김광석. 1994. 육성잉어에 의한 시판사료의 성장도 및 수중 영양소 배출량 비교. 한축지, 36 : 710-717.
- 김정대 · 김광석. 1995. 일인산칼슘의 첨가가 잉어의 성장능력, 사료 이용효율 및 인 배출량에 미치는 영향. 한영사지, 19 : 42-49.
- 김정대 · 김광석 · 송재성 · 정관식 · 우영배 · 최낙중 · 이종윤. 1996a. 육성용 거울잉어의 인 소화를 측정하기 위한 여러 분체집 방법의 비교. 한영사지, 20 : 201-206.
- 김광석 · 김정대 · 송재성 · 정관식 · 우영배 · 이종윤. 1996b. 어체중 18g 이스라엘 잉어의 인 요구량에 관한 연구. 동물자원연구, 7 : 1-11.
- 김정대 · 김광석 · 송재성 · 강민원 · 이승복 · 윤구석 · 정관식. 1996c. 관행사료를 이용한 34g 이스라엘 잉어의 인 요구량. 한영사지, 20 : 489-496.
- 김정대 · 김광석 · 이승복 · 정관식. 1997a. 육성용 이스라엘 잉어에 의한 원료사료의 영양소 및 에너지 소화율. 한국양식학회지, 10 : 327-334.
- 김정대 · 김광석 · 이승복 · 정관식. 1997b. 사료내 단백질과 지방의 수준이 잉어의 성장, 체조성 및 질소 배설량에 미치는 영향. 한영사지, 21 : 399-406.
- 한국사료협회. 1997. 배합사료 종별 생산내역. 사료, 14(1) : 98-101.