

大豆粕 蛋白質 利用 잉어 飼料에의 最適 磷酸鹽 添加量의 決定을 위한 實驗 研究

金仁培* · 金永美* · 孫孟鉉**

*釜山水產大學 養殖學科 **國立水產振興院 魚類養殖科

Determination of Optimal Amount of Phosphorus to be Supplemented to Carp Feed which Contains a Large Amount of Soybean Meal

In-Bae Kim* · Yeong Mi Kim* · Maeng-Hyun Son**

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

**National Fisheries Research and Development Agency
Yangsan-gun, Kyongsangnam-do 629-900, Korea

ABSTRACT

An experiment was conducted to determine for the optimal phosphorus supplementation to carp feed which contains 50% soybean meal, with 32% protein content to obtain maximum growth of the Israeli strain of common carp (*Cyprinus carpio*). The experimental fish were between 100 g and 1000 g in body weight. The results, obtained were as follows : the optimum amount of phosphorus added to the experimental feed was 1.6% as $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ which brings up the total amount of available phosphorus to 0.504% of the feed.

This amount is slightly less than the amount, 0.6-0.7% which was previously reported for the Japanese native strain of carp which weighted around 4.5g. Thus there seems to be some difference for the requirement of phosphorus between the sizes of carp.

序 論

養魚用 飼料에 콩 또는 大豆粕을 魚粉 대신에 사용하여 高價인 동물질 原料를 절약하기 위한 노력이 꾸준히 경주되어 왔다(Andrews 1977; Brandt 1979; Lovell 1980, 1982; Abel *et al*

註) 1988年度 이 研究를 施行함에 있어서 研究費의 一部는 納國文化財團에서 支援하였음을 밝히고, 感謝의 뜻을 전합니다.

1984; Kim *et al.* 1984; Kim and Oh 1985). 그 중, 잉어의 배합사료에 소량의 대두박을 혼합하는 일도 오래 전부터 시행되어 왔으나 Kim *et al.* (1984)은 魚粉을 代替하는 大豆粕 함량의 증가와 더불어 잉어의 성장 속도와 사료 효율면에서 다같이 성적이 저하하는 結果를 가져오는 것을 밝히고, 그 원인으로서 잉어가 이용할 수 있는 磷의 함량이 부족해짐을 감안하여, 大豆粕 대량 함유 사료에 인을 첨가하면 이 결함을 수정할 수 있음을 밝혔다(Kim and Oh 1985). 사료중에 磷이 부족하면 魚類의 成長에 지장을 준다는 것이 보고되어 왔는데(Andrew *et al.* 1973; Ketola 1975; Lovell 1977), 잉어에서는 그 영향이 뚜렷함을 보였다(Ogino and Takeda 1976).

그런데, 飼料에 첨가해야 할 인산염은 高價일 뿐만 아니라 環境 水質의 부영양화 오염에도 크게 영향을 주므로 그 最適 添加量을 알아내는 일이 대단히 중요하다. 그래서, 本 實驗에서는 大豆粕 대량 함유 잉어용 配合 飼料에 磷의 添加量을 달리한 각 실험구를 설정하여 사육 성장 실험을 하고 磷의 最適 添加量을 측정하였다.

材料 및 方法

本 實驗은 3段階로 이루어졌다.

1단계 실험은 1987년 9월 30일에서 11월 20일까지 7주간 인의 함량을 0.5%의 범위로 정하여 그 효과를 알아보는 사육 실험이었고, 2단계는 실험과 3단계 실험은 1988년 4월 14일에서 11월 19일까지 13주 동안 1단계에서 얻어진 자료를 기초로 인산염의 添加量을 0.2%의 간격을 두고 最適 磷 添加量을 구하는 사육 실험이었다.

실험 수조: 실험실 내에 설치한 순환여과식 사육 수조로, 4개의 유리 수조와 1개의 여과조가 1실험구를 이루며 모두 6 실험구로 되어 있다. 그 중 1실험구는 제 2단계 이후의 실험에서는 對照區로 이용하였다. 유리 수조의 크기는 60cm × 45cm × 45cm이며, 수조의 바닥에 中央排水 裝置를 하였으므로 固形 汚物은 그 속으로 모여 침전하도록 하고 수시로 수동 배출시키는 방식을 취하였다.

實驗 魚類: 釜山水產大學 養魚場에서 產卵 孵化시킨 이스라엘계 잉어(향어)의 稚魚를 사용하였다. 이 실험은 1987년산 稚魚를 유리 수조로 옮겨 1개월 동안 순치시킨 후 상품 사료를 4주 동안 먹여 고르게 성장시키는 예비실험을 한 후 1단계 본 실험을 착수하였다. 2단계 실험에 사용한 魚類는 1988년산 稚魚를 1단계 실험에서와 같은 방법으로 순치시켜 사육 실험을 하였다.

실험용 魚體의 크기는 작은 것은 75g 전후 되는 것부터 실험 도중 성장에 의하여 큰 것은 1,000g 이상 되는 것까지 사용하였다.

實驗 飼料: 솔벤트 추출 대두박(단백질 함량 44%)을 50% 함유시키고, 魚粉은 10%로 줄인 配合飼料를 研究室에서 處方 調劑하였다. 총단백질 함량은 32%로 조절하고, 필수 아미노산의 함량도 잉어의 요구량에 부족하지 않도록 유의하였다. 단, 實驗用 磷의 添加量은 제1단계 실험에서는 잉어가 이용할 수 있는 可用磷 含量으로 계산하여 잉어의 표준 요구량(Ogino and Takeda 1976; NRC 1983)으로 알려진 인의 사료중 함량 0.6%를 중심으로 實驗區를 설정하도록 하고, 제2단계 이후의 실험에서는 제1단계 실험의 결과에 따라서 實驗 飼料중의 제1-磷酸 나트륨의 함량을 달리하여 사육하는 방식을 취하였다.

消化 吸收 가능한 磷의 양은 어분속의 인은 25%(Lovell 1979; Yone and Toshima 1979; Watanabe *et al.* 1988), 대두박과 밀가루에 함유된 磷은 대부분 피틴질의 인(phytate phosphorus)이므로 그 含量의 28%로 계산하고(NRC 1983; Kim and Oh 1985), 제1인산나트륨은 94%로 하였다(Ogino *et al.* 1979). 그래서, 실험 사료에 함유된 인은 Table 1-1 및 1-2에 표시한 바와 같다.

大豆粕 蛋白質 利用 잉어 飼料에의 最適 磷酸鹽 添加量의 決定을 위한 實驗 研究

Table 1-1. Ingredients of experimental feed and calculated amount of phosphorus contained in each feed.

ingredient(%)	diet for experiment 1					
	1	2	3	4	5	6
soybean meal	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
fish meal (white)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
wheat flour	36.5	36.0	35.5	35.0	34.5	34.0
yeast	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
vitamine mixture	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
mineral mixture	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
NaH ₂ PO ₄ · 2H ₂ O	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
vitamin C	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
total available P (%)	0.299	0.393	0.486	0.579	0.672	0.766
protein content (%)	33.88	33.81	33.75	33.68	33.61	33.55
energy (kcal, available)	2,146.0	2,138.0	2,129.0	2,120.0	2,111.0	2,102.0

Table 1-2. Ingredients of experimental feed and calculated amount of phosphorus contained in each feed (continued).

ingredient(%)	diet for experiment 2 and 3							
	7	8	9	10	11	12	13	control
soybean meal	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	45.0
fish meal (white)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	15.8
wheat flour	36.4	36.2	36.0	35.8	35.6	35.4	35.2	23.2
yeast	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—
vitamine mixture	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.3 *
mineral mixture	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.3 *
NaH ₂ PO ₄ · 2H ₂ O	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9
salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.36
vitamin C	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.02
others (not specified)*								13.12
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
total available P(%)	0.318	0.352	0.393	0.430	0.467	0.504	0.542	0.610
protein content(%)	33.87	33.84	33.81	33.79	33.76	33.73	33.71	34.78
E (kcal, available)	2,145.0	2,141.0	2,138.0	2,134.0	2,130.0	2,127.0	2,123.0	2,515.0

*Compositions not available because of the contents in commercial feeds.

水質 條件 : 수온이 높은 시기에는 室温에서 사육 실험을 하였으며, 수온이 낮은 때는 전열 장치로 수온을 25℃를 중심으로 가급적 일정하게 유지되도록 노력하였다. 수중 용존산소량은 Kim(1986)의 보고에 의거 3.5-4.0mg/l의 범위 속에 들어가도록 노력하였으며, 암모니아, 기타 生活 대사 물질은 瀟過飼育 장치의 기능 이용과 충분한 補充水의 사용으로 魚類의 生理的 장애를 가져오지 않도록 유의하고, 활발한 먹이 섭취가 이뤄지도록 하였다.

飼料 供給 方法 : 사료는 매일 일정량을 달아서 아침 7시부터 오후 7시경 사이에 가급적 균 등 분할 공급되도록 시간 조절 자동 사료 공급 장치를 이용하여 주었다. 사료 공급량의 결정은 먹을 수 있는 포식량의 약 80-90% 정도 된다고 인정되는 선에서 정해지도록 하였다.

結果 및 考察

제1단계 실험은 대누박을 50% 함유한 사료에 인($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)을 0.5-3.0%(消化 가능한 有效 磷의 총합량 : 0.299-0.766%)의 범위에 걸쳐서 첨가한 사료를 실험구로 하여 그 효과를 알아보기 위한 사육 실험을 하였다.

제1단계 제1차 飼育實驗의 結果(Table 2-1a 및 2-1b)에 의하면 제1인산나트륨을 0.5% 및 1%(有效磷總含量 : 0.299-0.393%) 첨가한 실험구에서는 飼料效率과 成長率 모두가 1.5%(有效 磷 총합량 : 0.486%) 첨가한 실험구에 비교하여 뚜렷하게 좋지 않았다. 그러나 1.5% 이상 첨가구에서는 飼料係數 1.2전후였으며, 1일 成長率도 개체 중량 80g 전후의 작은 개체를 이용한 실험구에서는 2% 이상이였으며(Table 2-1a), 200g 이상의 實驗區에서도 1.7% 전후의 좋은 성적을 올렸다(Table 2-1b). 그리고 磷酸鹽을 1.5% 이상 첨가한 實驗區 상호간에는 유의차가 없었다.

Table 2-1a. Results of the first feeding of the first experiment with phosphorus supplementation between 0.5 and 3.0% of feed at $25.4 \pm 0.68^\circ\text{C}$ for 25 days from September 30 to October 24, 1987 (Small size group).*

diet	p** added (%)	number of fish	initial weight(g)		final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
			total	average					
1	0.5	59	4,860	82.4	7,200	2,340	3,637	1.55	1.58
2	1.0	59	4,850	82.2	6,750	1,900	3,556	1.87	1.33
3	1.5	61	4,800	78.7	8,000	3,200	3,724	1.16	2.06
4	2.0	63	4,950	78.5	8,190	3,240	3,587	1.11	2.03
5	2.5	70	4,930	70.4	7,670	2,740	3,698	1.35	1.78
6	3.0	74	4,900	66.2	8,140	3,240	3,747	1.16	2.05

*Initial average body weight : 76.4 ± 6.0

**Phosphorus was added as $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Table 2-1b. Results of the first feeding of the first experiment with phosphorus supplementation between 0.5 and 3.0% of feed at $25.4 \pm 0.57^\circ\text{C}$ for 25 days from September 30 to October 24, 1987 (Large size group).*

diet	p** added (%)	number of fish	initial weight(g)		final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
			total	average					
1	0.5	24	4,900	204.0	6,490	1,590	2,919	1.84	1.13
2	1.0	18	4,900	272.2	6,400	1,500	2,921	1.95	1.07
3	1.5	20	4,670	233.5	7,130	2,460	2,978	1.21	1.71
4	2.0	18	4,700	261.1	7,250	2,550	2,994	1.17	1.75
5	2.5	18	4,800	266.7	7,100	2,300	2,986	1.30	1.58
6	3.0	26	4,850	186.5	7,450	2,600	3,031	1.17	1.73

*Initial average body weight : 237.3 ± 32.5

**Phosphorus was added as $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Table 2-2a 및 2-2b에 나타난 자료는 1단계 실험의 제2차 飼育 實驗의 結果인데, 이 때는 水温이 갑자기 내려가서 飼料 效率과 1일 成長率 다같이 전반적으로 좋지 않았지만, 인산나트륨을 1% (有效磷總含量 : 0.393%) 첨가한 實驗區 後에서 飼料 效率과 成長率의 뚜렷한 차이를 보이기 때문에 일인산나트륨 1-1.5% 添加區를 중심으로 한 실험을 해야 할 필요성이 생겼다.

제2단계 사육 실험은 인산염 함량 0.6% - 1.4% (消化 吸收 可能한 有效磷의 총합량 : 0.318-0.467%) 안에서 0.2% 간격으로 5개의 實驗區를 설정하고 對照區로는 市販 飼料(금성 사료 : 단백질 함량 34.7%, 有效磷 총합량 0.610%)를 이용하였다. 魚體重 평균 163.7g 되는 비교적 작은 실험구(Table 3-1a)에서는 磷酸鹽을 0.6% (有效磷 : 0.318%)와 0.8% (有效磷 0.352%) 첨가한 실험구에서는 飼料係數 1.4 전후였고, 1일 成長率 1.3% 남짓한 결과였으나, 첨가한 磷酸鹽이 1.0% (有效磷 총량 : 0.393%) 및 1.2% (有效磷 총량 0.430%) 實驗區에서는 飼料係數 1.18 및 1.20 이었으며, 1일 成長率은 1.61% 및 1.55%로 뚜렷한 效率 향상을 나타내었다. 그리고, 1.4% 첨가구 (有效磷 총량 : 0.467%)에서는 飼料係數 1.06, 1일 成長率 1.76%로 더욱 향

Table 2-2a. Results of the second feeding of the first experiment with phosphorus supplementation between 0.5 and 3.0% of feed at 23.3±1.10°C for 23 days from October 29 to November 20, 1987 (Small size group)*

diet	p** added (%)	number of fish	initial total	weight(g) average	final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
1	0.5	53	6,120	115.5	7,650	1,530	3,473	2.27	0.97
2	1.0	53	5,730	108.1	8,210	2,480	3,696	1.49	1.58
3	1.5	46	5,980	130.0	8,510	2,530	3,723	1.47	1.55
4	2.0	50	6,310	126.2	9,250	2,940	4,048	1.38	1.68
5	2.5	50	5,910	118.2	8,650	2,740	3,780	1.38	1.67
6	3.0	52	6,100	117.3	8,850	2,750	3,914	1.42	1.63

*Initial average body weight : 119.2±7.1

**Phosphorus was added as NaH₂PO₄ · 2H₂O

Table 2-2b. Results of the second feeding of the first experiment with phosphorus supplementation between 0.5 and 3.0% of feed at 23.3±1.10°C for 23 days from October 29 to November 20, 1987 (Large size group)*

diet	p** added (%)	number of fish	initial total	weight(g) average	final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
1	0.5	23	6,020	261.7	7,080	1,060	2,800	2.64	0.71
2	1.0	17	4,680	275.3	5,940	1,260	2,419	1.92	1.04
3	1.5	16	5,580	348.8	7,100	1,520	2,956	1.95	1.05
4	2.0	16	6,020	376.3	7,600	1,580	3,103	1.96	1.02
5	2.5	16	6,390	399.4	7,750	1,360	3,152	2.32	0.84
6	3.0	22	6,090	276.8	8,100	2,010	3,136	1.56	1.25

*Initial average body weight : 323.0±54.0

**Phosphorus was added as NaH₂PO₄ · 2H₂O

Table 3-1a. Results of the first feeding of the second experiment with phosphorus supplementation between 0.6 and 1.4% of feed at 20.5±0.42°C for 11 days from April 15 to 25, 1988 (Small size group).*

diet	p** added (%)	number of fish	initial		final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
			total	average					
7	0.6	38	6,201	163.2	7,178	977	1,338	1.37	1.34
8	0.8	38	6,004	158.0	6,939	935	1,310	1.40	1.32
9	1.0	40	6,086	152.2	7,256	1,170	1,382	1.18	1.61
10	1.2	40	6,752	168.8	7,995	1,243	1,492	1.20	1.55
11	1.4	38	6,955	183.0	8,426	1,471	1,558	1.06	1.76
control		37	5,818	157.2	7,021	1,203	1,272	1.06	1.72

*Initial average body weight : 163.7±10.0

**Phosphorus was added as NaH₂PO₄·2H₂O

Table 3-1b. Results of the first feeding of the second experiment with phosphorus supplementation between 0.6 and 1.4% of feed at 20.5±0.42°C for 11 days from April 15 to 25, 1988 (Large size group).*

diet	p** added (%)	number of fish	initial		final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
			total	average					
7	0.6	16	6,524	407.8	7,474	950	1,448	1.52	1.24
8	0.8	16	6,568	410.5	7,805	1,237	1,536	1.24	1.58
9	1.0	15	6,472	431.5	7,421	949	1,470	1.55	1.25
10	1.2	14	6,222	444.4	7,122	900	1,382	1.53	1.24
11	1.4	14	6,970	497.9	8,032	1,062	1,536	1.44	1.30
control		18	6,158	342.1	7,474	1,316	1,393	1.06	1.78

*Initial average body weight : 422.3±46.6

**Phosphorus was added as NaH₂PO₄·2H₂O.

Table 3-2a. Results of the second feeding of the second experiment with phosphorus supplementation between 0.6 and 1.4% of feed at 22.1±0.72°C for 10 days from April 28 to May 7, 1988 (Small size group).*

diet	p** added (%)	number of fish	initial		final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
			total	average					
7	0.6	31	5,791	186.8	6,995	1,204	1,691	1.40	1.91
9	1.0	33	5,914	179.2	7,345	1,431	1,719	1.20	2.19
11	1.4	28	6,059	216.4	7,676	1,617	1,727	1.07	2.39
control		31	5,939	191.6	7,538	1,599	1,726	1.08	2.41

*Initial average body weight : 193.5±13.9

**Phosphorus was added as NaH₂PO₄·2H₂O.

상된 효과를 나타내고, 이 결과는 蛋白質含量 34.7%의 시판 사료와 꼭 같은 성적을 올린 것이 된다.

이들을 계속하여 사육 실험한 결과중 磷酸鹽 添加量 0.6%, 1.0%, 1.4%의 飼料實驗結果는 飼料係數 1.40, 1.20, 1.07이었고, 일 성장률 1.91%, 2.19%, 2.39%로 역시 이들 3구간 사이에 뚜렷한 效率 차이를 나타내고, 1.4% 첨가구는 단백질 함량 34.7%의 시판 사료를 이용한 실험구와 꼭 같은 성적을 올렸다(Table 3-2a).

이러한 결과에 의하면 인산염의 함량을 1.4%까지는 올리는 것이 좋다는 것이 밝혀졌고, 일면 1.4% 첨가구는 우수한 시판 사료와 거의 같은 효과를 올릴 수 있다는 것을 뜻한다.

그런데, 여타 實驗區(Table 3-1b, 3-2b 및 3-3b)에서는 이들 磷酸鹽 含量의 차이에 따르는 성적 차이를 나타내지 않았다. 그 이유로 짐작되는 것은 실험용 어체중이 모두 400g 이상 1000g에 이르는 대형으로 자라고, 이러한 큰 개체로는 소형 유리 수조에서는 어느 정도의 스트레스를 받은 것으로 보여졌다. 더우기, 대형으로 될수록 飼料效率과 成長率이 다 같이 더욱 나빠졌으며, 약 1kg 전후되는 실험구(Table 3-3b)에서는 飼料係數는 2.0을 넘어서고, 1일 성장률도 0.5% 내외 또는 그 이하로 떨어졌다.

Table 3-2b. Results of the second feeding of the second experiment with phosphorus supplementation between 0.6 and 1.4% of feed at 22.1±0.72°C for 10 days from April 28 to May 7, 1988 (Large size group)*

diet	p** added (%)	number of fish	initial total	weight(g) average	final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
7	0.6	15	6,486	432.4	7,627	1,141	1,887	1.65	1.63
9	1.0	13	6,264	481.8	7,455	1,191	1,820	1.53	1.76
11	1.4	12	6,815	567.9	8,183	1,368	1,972	1.44	1.85
control		14	6,346	453.3	7,632	1,286	1,841	1.43	1.86

*Initial average body weight : 483.8±51.6

**Phosphorus was added as NaH₂PO₄·2H₂O.

Table 3-3b. Results of the third feeding of the second experiment with phosphorus supplementation between 0.6 and 1.4% of feed at 26.3±0.73°C for 10 days from July 7 to 16, 1988 (Large size group)*

diet	p** added (%)	number of fish	initial total	weight(g) average	final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
7	0.6	8	7,795	975.4	8,088	293	950	3.24	0.37
8	0.8	8	7,860	982.5	8,286	426	958	2.25	0.53
9	1.0	8	6,975	871.9	7,356	381	846	2.22	0.53
10	1.2	8	7,795	974.4	8,250	455	950	2.09	0.57
11	1.4	8	8,517	1,064.6	8,932	415	1,038	2.50	0.48
control		8	6,905	863.1	7,266	361	846	2.34	0.51

*Initial average body weight : 955.3±69.4

**Phosphorus was added as NaH₂PO₄·2H₂O.

Table 3-4. Results of the fourth feeding of the second experiment with phosphorus supplementation between 0.6 and 1.4% of feed at 23.9±0.62°C for 20 days from September 3 to 22, 1988 (Small size group)*

diet	p** added (%)	number of fish	initial		final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
			total	average					
7	0.6	60	5,060	84.3	7,570	2,510	3,826	1.52	2.03
8	0.8	60	5,070	84.5	7,847	2,777	3,845	1.38	2.21
9	1.0	70	5,123	73.2	7,565	2,442	3,628	1.49	1.97
10	1.2	65	5,220	80.3	8,076	2,856	3,861	1.35	2.21
11	1.4	70	4,979	71.1	7,990	3,011	3,867	1.28	2.39
control		60	5,294	88.2	8,730	3,436	3,971	1.16	2.53

*Initial average body weight : 80.2±6.2

**Phosphorus was added as NaH₂PO₄ · 2H₂O.

Table 3-5. Results of the fifth feeding of the second experiment with phosphorus supplementation between 0.6 and 1.4% of feed at 22.2±0.61°C for 20 days from September 27 to October 17, 1988 (Large size group)*

diet	p** added (%)	number of fish	initial		final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
			total	average					
7	0.6	43	5,167	120.2	7,655	2,488	3,800	1.53	1.98
8	0.8	40	5,057	126.4	7,675	2,618	3,680	1.41	2.11
9	1.0	46	5,345	116.2	8,085	2,740	3,880	1.42	2.09
10	1.2	40	5,430	135.8	8,380	2,950	3,883	1.32	2.19
11	1.4	43	5,375	125.0	8,635	3,260	3,860	1.18	2.40
control		40	5,450	136.3	9,025	3,575	4,060	1.14	2.55

*Initial average body weight : 126.6±7.4

**Phosphorus was added as NaH₂PO₄ · 2H₂O.

그래서 1988년산 치어가 자라서 실험용으로 이용할 수있는 크기가 될 때까지 기다려 좀 더 飼育實驗을 계속하기로 하였다. 그리하여 치어 사육지에서 자란 것을 7월 23일에 실험 水槽에 옮겨서 42일간 실험 환경과 실험 사료에 순치시켜서 다시 사료 실험을 시작하였다. 처음은 2단계 실험 때와 같은 인산염 첨가구를 설정하고 그 결과를 Table 3-4 및 3-5에 나타내었다.

Table 3-4 및 3-5에 의하면 제1인산나트륨을 0.6% 내지 1.4% 첨가한 범위에서는 磷酸鹽을 많이 첨가한 실험구일수록 飼料效率과 1일 成長率이 다 같이 향상되었다. 그리하여 1.4% 添加區에서는 對照구로 사용한 市販飼料에 의한 결과와 거의 같은 결과에 이르렀다.

여기서 한가지 주목할 일은 어체중이 80g되는 것을 이용한 실험(Table 3-4)에서는 磷酸鹽을 1.4% 첨가한 경우 시판 사료와 效率 차이가 비교적 있었지만, 그 다음의 실험인 어체중 126g 되는 것을 이용한 실험(Table 3-5)에서는 對照區로 사용한 상품 사료구와의 성적 차이가 아주 좁혀 졌다는 사실이다. 이것은 魚體가 크면 磷의 要求量이 감소한다는 것을 보여준 것이므로 일반적인 인의 최적 함량을 밝힌 다음에 다시 魚體 크기별 磷의 要求量을 밝힐 필요성을 보여

Table 4-1. Results of the first feeding of the third experiment with phosphorus supplementation between 1.0 and 1.8% of feed at 20.3±1.27°C for 21 days from October 30 to November 19, 1988.*

diet	p** added (%)	number of fish	initial total	weight(g) average	final weight (g)	incre- ment (g)	feed supplied (g)	feed coef- ficient	daily growth rate(%)
9	1.0	20	4,105	200.8	5,395	1,380	2,410	1.75	1.42
10	1.2	20	4,100	205.0	5,960	1,860	2,460	1.32	1.80
11	1.4	20	3,715	185.8	5,415	1,700	2,220	1.31	1.81
12	1.6	20	4,005	200.3	6,031	2,026	2,420	1.19	1.96
13	1.8	20	4,085	204.3	6,120	2,035	2,460	1.21	1.94
control		20	4,011	200.6	6,035	2,024	2,400	1.19	1.91

*Initial average body weight : 199.4±6.38

**Phosphorus was added as NaH₂PO₄·2H₂O.

준다. 그렇지만, 磷酸鹽을 1.4% 이상 첨가하였을 때의 結果를 검토하지 않으면 最適 含量을 결정하기 힘드므로 다음에 인산염 첨가량 1.0%부터 1.8%(有效磷總量 : 0.393% - 0.542%)까지의 첨가 실험을 하였다(Table 4-1). 이 실험은 어체 중 200g 되는 것을 사용한 결과인데, 제1 인산나트륨을 1.6% 및 1.8% 첨가한 실험구에서 사료계수 1.2 전후였고, 1일 성장률은 1.9% 남짓한 성적으로서 대조구로 사용한 상품 사료에 의한 결과와 이들 사이에 조금도 차이가 없었다. 단, 먹이 攝取量과 이에 수반되는 成長率이 비교적 저조한 것은 실은 하강에 의한 낮은 수온에 기인했다고 생각된다.

이상의 結果들을 종합해보면, 제1단계 실험에서는 50% 大豆粕 함유 잉어사료에 인산염을 0.5%부터 3.0%까지 첨가했는데(消化 可能한 磷 含量 : 0.299-0.766%), 1.5%(消化 可能한 磷 含量 : 0.486%) 이상 첨가한 실험구 사이에서는 飼料效率과 成長率 다 같이 차이를 볼 수 없었으며, 따라서 제 2단계 실험에서는 인산염을 0.6% 이상 1.4%(消化 可能한 磷 含量 : 0.318-0.467%)까지 함유한 飼育實驗을 하였다.

그 結果 이번에는 磷酸鹽 添加量이 1.4%까지는 많을수록 성적이 좋은 결과를 나타내었으므로 제3단계 실험에서는 인산염 첨가량을 1.0% 이상 1.8%(消化 可能한 磷 含量 : 0.393-0.542%)까지로 정하고 사육 실험을 하였던바, 1.6% 이상 첨가구에서는 飼料效率이나 成長率 모두 차이가 없었고, 또한 시판 사료와도 꼭 같은 성적을 올렸으므로 50% 대두박을 함유한 잉어 사료에는 제1인산나트륨(결정수 2 분자 함유)을 사용할 경우 1.6% 첨가하면 충분하다는 결론을 얻었다. 여기서 제1인산나트륨을 1.6% 첨가한 실험구의 消化吸收 可能한 磷의 含量은 0.504%로 계산되었으므로, Ogino and Takeda(1976)가 밝혀낸 0.6%-0.7%보다 상당히 적은 함량에 해당된다. 이것은 Ogino and Takeda가 사육 실험에 사용한 魚體의 크기가 4.5g 되는 작은 것이었는데, 이번 실험에 사용한 것은 가장 작은 것이 75g이었고, 거의 대부분은 100-200g 이상이었으므로 인의 要求量이 0.1-0.2% 줄어진 것이라고 해석된다. 또한 보다 큰 개체에 인의 함량을 줄여도 되지 않나 하는 짐작이 들기 때문에 앞으로 魚體의 크기별 磷의 最適 含量을 알기 위한 實驗研究가 요망된다.

要 約

體重 범위 100 ~ 1000g 되는 이스라엘계 잉어에 50% 大豆粕을 함유하고 粗蛋白質 함량 약 32% 되는 飼料에 磷酸鹽 添加量 결정을 위한 실험을 하였다. 그 결과 약 200g의 잉어인 제1 인산나트륨($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)을 1.6% 첨가하면 충분하다는 결론을 얻었다. 이때 잉어가 消化 吸收할 수 있는 磷의 양은 총사료량의 0.504%로 계산되었다. 그리고 300g 이상에서는 磷의 要求量이 적게 필요한 경향은 보이지만 여기서는 정확한 자료는 얻지 못하였으므로 앞으로 크기에 따른 잉어의 磷 要求量 研究가 필요하다고 사료된다. 여기에서 얻은 磷 함량은 다른 연구가가 보고한 4.5g 되는 작은 일본계 재래종 잉어가 필요로하는 인의 요구량 0.6 ~ 0.7%보다 적은 양이며, 이것은 魚體의 크기가 다르고 또 種의 strain이 다르기 때문이라고 짐작되며, 種類別 크기별 研究가 필요하다고 사료된다.

參考文獻

- Abell, H., K. Becker, C. Meske and W. Fridrich. 1984. Possibilities of using heat-treated fullfat soybeans in carp feeding. *Aquaculture* 42(2): 97-108.
- Andrews, J. W. 1977. Protein requirement. *Nutrition and Feeding of Channel Catfish. A report from the Nutrition Subcommittee of Regional Project S-83. Southern Cooperative Services Bulletin* 218: 10-13.
- Andrew, J. W., T. Murai and C. Campbell. 1973. Effects of dietary calcium and phosphorus on growth, food conversion, bone ash and hematocrit levels of catfish. *J. Nutrition* 103: 766-771.
- Brandt, T. M. 1979. Use of heat treated full-fat soybeans in channel catfish and golden shiner feeds. Paper presented at the Texas Fish Farming Conferences. Texas A & M University, College Station, Texas 77843.
- Ketola, H. G. 1975. Requirement of Atlantic salmon for dietary phosphorus. *Trans. Am. Fish. Soc.* 104(3): 548-551.
- Kim, I.-B., S. H. Lee and S.-J. Kang. 1984. On the efficiency of soybean meal as a protein source substitute in fish feed for common carp. *Bull. Korean Fish. Soc.* 17(1): 55-60.
- Kim, I.-B., J.-K. Oh. 1985. The effect of phosphorus supplementation to 40% soybean meal substituted diet for common carp. *Bull. Korean Fish. Soc.* 18(5): 491-495.
- Kim, I.-B. 1986. Optimum dissolved oxygen level for the growth of the Israeli strain of common carp, *Cyprinus carpio* in the recirculating water system. *Bull. Korean Fish. Soc.* 19(6): 581-585.
- Lovell, R. T. 1977. Mineral requirements. nutrition and feeding of channel catfish. A report from the nutrition subcommittee of regional research project S-83. *Southern Cooperative Series Bulletin* 21: 30-32.
- _____. 1979. Phosphorus in fish feed. *Commercial Fish Farmer and Aquaculture News.* 5(5): 34.
- _____. 1980. Using heat-treated full-fat soybean meal in fish feed. *Aquaculture Magazine* 6(3): 39.
- _____. 1982. Use of soybean products in diet for aquaculture species. Presentation made in Philippine and Taiwan, as ASA consultant. p. 21.
- NRC. 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes and shell fishes. Rev. Ed. National Academy Press, Washington D. C. pp 102.
- Ogino, c., and H. Takeda. 1976. Mineral requirements in fish - 3. Calcium and phosphorus requirements in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 42(7): 793-799.

大豆粕蛋白質利用 잉어 飼料에의 最適 磷酸鹽 添加量의 決定을 위한 實驗 研究

- Ogino, C., L. Takeuchi, H. Takeda, and T. Watanabe. 1979. Availability of dietary phosphorus in carp and reibow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 45 : 1527-1532.
- Watanabe, T., Satoh, S. and T. Takeuch. 1988. Availability of minerals in fish meal to fish. *Asian Fish. Sci.* 1 : 175-195.
- Yone, Y. and M. Toshima. 1979. The utilizaton of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 45(6) : 753-756.