

어분이 40% 함유된 배합사료에 P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn과 Se 무 첨가가 조피볼락의 성장에 미치는 효과

이상민 · 박승렬* · 김태진* · 명정인* · 장영진**
강릉대학교 해양생명공학부, *국립수산진흥원, **부경대학교 양식학과

Effects of Deletion of P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn, or Se from Mineral Premix in the Diets Containing 40% Fish Meal on Growth Performance of Juvenile Korean Rockfish (*Sebastes schlegelii*)

Sang-Min LEE, Sung-Real PARK*, Tae Jin KIM*, Jeong-In MYEONG* and Young Jin CHANG**

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

*National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

**Aquaculture Division, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

A feeding experiment was conducted to investigate the effects of deletion of P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn, or Se from mineral premix in the diets containing 40% fish meal on growth performance of juvenile Korean rockfish. Three replicate groups of the fish initially averaging 5.4 g were fed the experimental diets deleted one of each mineral (P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn, Se or all) in the mineral premix for 9 weeks. A basal diet with fish meal (40%), meat meal (9%), soybean meal (5%), corn gluten meal (3%), and feather meal (3%) as protein sources were included. Weight gain in fish fed diets deleted Ca, Zn, K, or Se was lower than that of control diet ($P < 0.05$). Daily feed intake, condition factor, hepatosomatic index and liver chemical composition were not affected by dietary mineral premixes ($P > 0.05$). Apparent skeletal deformities were not observed in the diets deleted each mineral. The data obtained in this study indicate that each of the Ca, Zn, K, or Se should be added in the diet contained 40% fish meal for normal growth of Korean rockfish.

Key words: mineral, fish meal, rockfish

서 론

해산어용 배합사료에는 단백질원으로 항상 어분이 사용되고 있으며, 이러한 어분에는 골격 유래의 각종 미네랄이 다량 함유되어 (NRC, 1993) 있기 때문에 사료의 어분 함량에 따라 미네랄 함량이 달라진다. 이러한 미네랄은 형태와 어종에 따라 그 이용성이 달라지는데 (Ogino et al., 1979; Sakamoto and Yone, 1979; Watanabe et al., 1980), 예를 들어 어분의 인은 불용성 형태의 제 3인산칼슘으로 존재하기 때문에 어류가 이용하는데에는 어려움이 따른다. 차벌메기의 어분 인 이용률은 40% (Lovell, 1978)로 보고되었고, 위가 없는 잉어는 그 이용률이 낮아진다고 (Ogino et al., 1979) 보고되었다. 또한, Satoh et al. (1987a)는 어분의 아연 이용성이 낮은 것을 어분의 제 3인산칼슘의 함량이 높기 때문으로 해석하였다. 따라서 사료의 어분함량을 감소시키는 것이 사료단가를 낮출 뿐 아니라 이용되지 못하는 인의 수중 배출을 줄여 수질오염원을 감소시키는 방법이기도 하다. 그래서 Lee and Park (1998)은 우리 나라의 주요 양식종인 조피볼락에 대해 사료 단백질원으로 카제인과 조피볼락 근육을 사용

한 사료에 P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn 및 Se의 첨가 필요성을 밝혔다. 이들의 연구에서는 P, Ca, Zn 등이 적게 함유된 조피볼락 근육과 카제인을 단백질원으로 사용하였기 때문에 어분중의 미네랄 이용성에 대해서는 연구되지 못했다. 그래서 Park et al. (1997)은 어분이 65% 함유된 배합사료에 인과 철의 보충효과를 실험한 결과 성장 개선효과가 없었는데, 이는 단백질원으로 어분만이 첨가되어 그 함량이 높아 어분중의 미네랄 함량이 요구량에 충족되었기 때문으로 해석된다. Lee et al. (1996a, b)과 Lee and Lee (1996)는 조피볼락의 경제적인 배합사료 개발을 위한 어분 대체 단백질원의 혼합첨가 효과를 이미 제시한 바 있다. 따라서 본 연구는 앞 연구 (Lee and Park, 1998; Park et al., 1997)에 이어 조피볼락 사료의 실용적인 배합비 (Lee et al., 1996a,b; Lee and Lee, 1996)를 고려한 어분사료에 P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn 또는 Se의 무첨가가 성장, 사료효율 및 간 성분 변화에 미치는 영향을 조사하여 이들 미네랄의 첨가 필요성을 검토하고 나아가서는 실용 배합사료의 mineral premix 개발에 필요한 자료를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

Lee and Park (1998)의 실험에서는 어분이 첨가되지 않았기 때문에 실용배합사료에 미네랄 첨가 여부를 알 수 없었다. 그래서 2회의 사육실험을 실시하였는데, 먼저 실험 1에서는 Lee and Park (1998)의 실험사료 조성에서 단백질원으로 조피볼락 근육대신 어분을 55% 첨가하여 사료의 일반성분이 앞 실험과 유사하게 조정된 사료에 mineral premix를 보충한 실험구와 보충하지 않은 실험구를 설정하였다 (Table 1). 실험 2에서는 Table 2에 표시한 바와 같이 어분이 60% 함유된 HF (high fish meal) 사료와 HF 사료의 어분 20%를 육분, 대두박, 콘글루텐 밀, 우모분으로 대체한 C 사료 (대조구)를 설계하여 어분함량에 따른 효과를 조사하였다. 이와 동시에 이들 사료에 Lee and Park (1998)이 사용했던 reference mineral premix를 각각 모두 보충하지 않은 사료 (HF-all와 C-all), 그리고 경제적인 배합비로 설계된 C 사료의 reference

mineral premix에 P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn 및 Se을 각각 첨가하지 않은 12종의 실험사료를 제조하였다.

실험 1은 평균체중 4.2g의 치어를 40 l plastic 수조에 25마리씩 실험사료마다 각각 3반복으로 수용하여 10주간 사육실험하였으며, 실험 2는 평균체중 5.4g의 치어를 100 l FRP 수조에 40마리씩 실험사료마다 각각 3반복으로 수용하여 9주간 사육실험하였다. 여과된 해수를 각 실험수조에 3 l/min씩 주수하였으며, 약하게 산소를 공급하여 주었다. 사료는 1일 2회 (09:00, 17:00) 반복으로 공급하여 주었으며, 평균수온은 20°C (실험 1)와 23°C (실험 2)였다. 성분분석은 Lee and Park (1998)이 실시했던 방법과 동일하게 하였다. 결과의 통계처리는 실험 1은 t-test를 실시하였고, 실험 2는 Lee and Park (1998)과 동일한 방법으로 검정하였다.

결과 및 고찰

실험 1에서 4.2g의 치어를 10주간 사육한 결과 (Table 3), 증체율, 사료효율 및 영양소축적률이 미네랄을 보충하지 않은 실험구가 유의하게 낮은 값 ($P < 0.01$)을 보였으며, 일일사료섭취율 및 어체성분은 통계적인 차이 ($P > 0.01$)가 인정되지 않았다. 실험 1의 결과로부터 조피볼락의 정상성장을 위해서는 어분이 55% 첨가된 사료에 mineral premix의 첨가가 필요할 것으로 판단되며, 각 미네랄의 보충 여부는 실험 2에서 계속 실험되었다.

5.4g의 조피볼락 치어를 9주간 사육한 실험 2 (Table 4와 5)에서 어분이 40% 첨가된 대조사료의 증체율, 사료효율, 일일사료섭취율, 어체성분, 비만도 (condition factor) 및 간 중량비의 값이 어분 60% 첨가사료 (HF)와 유의차없이 ($P > 0.05$) 양호한 성적을 보여, 조피볼락 사료의 어분함량을 40%까지 낮출수 있음이 확인되었다. 이미 Lee and Lee (1996)는 각종 대체단백질을 사용하여 4.7g의 조피볼락 치어 사료의 어분 함량을 30% 수준까지 낮추어도 성장에 영향을 미치지않아 사료단가를 절감시킬 수 있는 것으로 보고한 바 있다. 이들 실험에서도 역시 본 실험의 대조사료에 사용된 수준의 mineral premix를 보충하였기 때문에 어분 중의 미네랄 이용성은 평가되지 못했다. 본 실험의 경제적인 배합비 형태로 제조된 대조사료에 mineral premix를 첨가하지 않은 C-all 사료의 사료효율은 대조사료와 HF 사료에 비해 그 값이 유의하게 ($P < 0.05$) 낮은 것으로 나타나 배합사료의 어분함량이 40%일 때는 미네랄 보충이 필요할 것으로 판단된다. 반면에 mineral premix를 첨가하지 않은 HF-all 사료의 성장효과는 HF 사료와 차이가 없어 ($P > 0.05$), 사료

Table 1. Composition (%) of the experimental diet (Exp.-1)

Ingredients	With	Without
Casein	8	8
White fish meal	55	55
α -starch	9	9
β -starch	9	9
Squid liver oil	7	7
Vitamin premix ¹	3	3
Mineral premix ²	4	-
Carboxymethyl cellulose	3	3
α -cellulose	2	6
Chemical composition (dry matter basis)		
Protein (%)	47.3	47.9
Lipid (%)	10.5	10.5
Ash (%)	14.2	11.8
Fiber (%)	3.7	6.9
P (%)	2.1	1.7
Ca (%)	2.5	2.2
Zn (mg)	20.3	0.4
Mg (mg)	192	138
Fe (mg)	28.1	1.1
K (mg)	606	331
Mn (mg)	2.6	-

¹ Vitamin mix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg mix): ascorbic acid, 92.7; α -tocopheryl acetate, 14.5; thiamin, 2.1; riboflavin, 7.0; pyridoxine, 1.4; nicin, 27.8; Ca-D-pantothenate, 9.7; myo-inositol, 139.1; D-biotin, 4.2; folic acid, 0.5; p-amino benzoic acid, 13.9; K₃, 1.4; A, 0.6; D₃, 0.002; choline chloride, 278.3; cyanocobalamin, 0.003.

² H - 440 premix NO.5 (mineral) (NAS, 1973).

Table 2. Composition (%) of the experimental diet (Exp.-II)

Ingredients	High fish meal diet (HF)	Control (C)	HF-all	C-all	C-each mineral
White fish meal	45.0	30.0	45.0	30.0	- P
Brown fish meal	15.0	10.0	15.0	10.0	- Ca
Meat meal		9.0		9.0	- Zn
Soybean meal		5.0		5.0	- Mg
Corngluten meal		3.0		3.0	- Fe
Feather meal		3.0		3.0	- K
Wheat flour	21.0	19.7	21.0	19.7	- Mn
Yeast	2.0	2.0	2.0	2.0	- Se
Dextrin	5.0	5.0	5.0	5.0	
Squid liver oil	2.0	4.0	2.0	4.0	
Soybean oil	4.0	3.3	4.0	3.3	
Vitamin premix ¹	3.0	3.0	3.0	3.0	
Mineral premix ²	3.0	3.0	-	-	
α -cellulose	-	-	3.0	3.0	
Chemical composition (dry matter basis)					
Protein (%)	47.5	48.2	47.3	48.2	47.9 \pm 0.3
Lipid (%)	11.8	12.3	11.4	11.9	12.3 \pm 0.2
Ash (%)	11.6	9.6	10.2	7.9	9.5 \pm 0.5
Fiber (%)	1.5	1.8	4.5	4.8	2.2 \pm 0.5
P (%)	2.5	2.3	2.3	2.0	
Ca (%)	4.0	3.5	3.9	3.4	
Mg (mg/100 g)	220	223	196	199	
Fe (mg/100 g)	144	161	117	134	
Zn (mg/100 g)	91	84	72	70	
K (mg/100 g)	955	942	750	737	
Mn (mg/100 g)	33	32	31	30	
Se (mg/100 g)	1.1	0.9	1.1	0.9	

¹ Refer to footnote of Table 1.

² Reference mineral premix (Lee and Park, 1998).

에 어분이 60% 일때는 미네랄의 보충이 불 필요할 것으로 나타났고, 이미 Park et al. (1997)도 65% 어분사료에 P와 Fe의 보충효과는 없는 것으로 발표하였다. 이와 같이 사료의 어분함량에 따라 즉, 어분이 60% 이상일 때에는 mineral premix의 보충이 성장에 영향을 주지 못했지만, mineral premix가 첨가되지 않은 어분 55% 이하의 사료에서는 성장이 저하되어 차이를 보였는데, 이는 이미 언급하였듯이 어분중의 미네랄 함량 때문으로 생각된다.

어분이 40% 첨가된 사료의 mineral premix중에 P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn 및 Se을 각각 첨가하지 않은 실험구들 중에서는 P, Mg, Fe 및 Mn을 각각 첨가하지 않은 사료의 증체율은 미네랄을 모두 첨가한 대조사료 및 HF 사료와 유의차가 없었으며 ($P > 0.05$), 반면에 Ca, Zn, K 및 Se을 각각 첨가하지 않은 실험구는 대조사료보다 낮았다 ($P < 0.05$). 일일사료섭취율은 사료간에 유의차가 없었고, 사료효율은 Zn 무첨가구가 사료 대조구보다 낮은 값 ($P <$

0.05)을 보였으며, 그의 실험구들은 차이가 없었다. 간의 일반 성분, 간중량지수 및 condition factor는 사료의 미네랄에 특별한 영향을 받지 않았다 ($P > 0.05$).

P를 첨가하지않은 실험구의 성장, 사료효율 및 체성분이 HF 및 대조구와 차이가 없었던 것은 40%의 어분에 포함된 P 함량만으로도 조피볼락의 요구량을 만족시킬 수 있었기 때문으로 보인다. 본 실험의 P 무첨가구의 P 함량이 2%였는데, 어분중의 P 이용률을 40% (Lovell, 1978)로 계산하여도 40% 어분사료의 유효인은 0.8%가 되고, 이 사료의 어분유래 P (1.4%)의 유효 P가 0.56%로 계산된다. 이러한 방식으로 계산된 본 실험에서 P 무첨가구의 유효 P 함량은 타 어종의 P 요구량인 0.5~0.8% (Ogino and Takeda, 1978; Ketola, 1975; Watanabe et al., 1980)의 수준에 해당하는 값이다. 따라서 조피볼락이 차넬메기의 어분 P 이용률 (40%) 이상만 되더라도 40% 어분사료에 P을 보충할 필요가 없는 것으로 판단된다.

Table 3. Performance and body chemical composition of Korean rockfish fed the diets with or without mineral premix after 10 weeks of the experimental period (Exp-I)¹

	With	Without	Significance (P-value) ⁶
Growth performance			
Weight gain (%) ²	271.7 ± 7.7	211.3 ± 7.1	0.001
Feed efficiency (%) ³	100.7 ± 1.0	88.0 ± 2.1	0.001
Daily feed intake (%) ⁴	1.91 ± 0.01	1.94 ± 0.02	0.02
Protein retention (%) ⁵	34.9 ± 1.0	28.7 ± 1.4	0.01
Lipid retention (%) ⁵	80.2 ± 1.4	74.9 ± 1.5	0.01
Whole body composition			
Moisture (%)	72.0 ± 0.3	72.8 ± 1.3	0.4
Protein (% of wet wt.)	16.1 ± 0.3	15.4 ± 0.7	0.2
Lipid (% of wet wt.)	6.5 ± 0.1	6.4 ± 0.2	0.6
Ash (% of wet wt.)	4.7 ± 0.2	4.5 ± 0.4	0.5
P (% of dry wt.)	2.9 ± 0.6	2.3 ± 0.3	0.2
Ca (% of dry wt.)	4.3 ± 0.7	4.2 ± 0.3	0.8
Zn (mg/100 g of dry wt.)	8.6 ± 1.7	7.2 ± 0.5	0.3
Mg (% of dry wt.)	0.25 ± 0.03	0.21 ± 0.04	0.2
F (mg/kg of dry wt.)	64.3 ± 35.7	52.7 ± 25.0	0.7
K (% of dry wt.)	1.4 ± 0.04	1.3 ± 0.07	0.2
Dorsal muscle composition (wet basis)			
Moisture (%)	77.9 ± 0.6	78.5 ± 0.7	0.4
Protein (%)	18.8 ± 0.3	19.2 ± 0.8	0.5
Lipid (%)	1.4 ± 0.5	1.1 ± 0.3	0.4
Liver composition (wet basis)			
Lipid (%)	18.5 ± 0.5	15.4 ± 1.3	0.04
Bone composition (dry basis)			
Ash (%)	59.3 ± 1.3	60.3 ± 3.7	0.7
P (%)	6.6 ± 1.6	5.8 ± 4.1	0.8
Ca (%)	11.2 ± 0.3	11.0 ± 0.5	0.6
Zn (mg/100 g)	16.3 ± 9.2	13.0 ± 10.6	0.7
Mg (%)	0.5 ± 0.03	0.4 ± 0.05	0.5
K (g/kg)	0.6 ± 0.47	0.4 ± 0.25	0.6

¹ Values (mean ± s.d. of three replications).² (Final fish weight - initial fish weight) × 100 / Initial fish weight.³ (Fish weight gain × 100) / Feed intake (dry matter).⁴ [Feed intake (dry matter) × 100] / [(Initial fish weight + final fish weight) / 2] × days fed.⁵ [Protein (or lipid) gain × 100] / Protein (or lipid) intake.⁶ P-value from t-test between experimental diets.

하지만 잉어는 어분중의 P 이용성이 매우 낮기 때문에 어분사료에 P를 첨가할 필요가 있다고 하였다 (Yone and Toshima, 1979; Kim et al., 1996). Ca 무첨가구의 증체율과 사료효율이 HF 사료 또는 대조사료보다 낮은 값 ($P < 0.05$)을 보여 어분 40% 첨가사료에 Ca의 첨가가 필요한 것으로 나타났다. 담수어의 Ca 요구량은 0.3~0.7% (Ogino and Takeda, 1976; Robinson et al., 1986, 1987)로 보고되어 있고, 본 실험의 Ca 무첨가구의 Ca 함량은 3.4%로 이들 요구량보다 훨씬 높은 값인데도 불구하고 성장효과가 다소 저조한 것에 대해서는 차후 계속 연구되어야 할 것이다.

Zn 무첨가구의 성장 및 사료효율은 본 실험에서 가장 낮은 값을 보여 어분 사료에 Zn을 보충할 필요가 있는 것으로 나타났다. 담수어의 Zn 요구량은 15~30 mg/kg diet (Ogino and Yang, 1979; Gatlin and Wilson, 1983; McClain and Gatlin, 1988)인데, 본 실험의 Zn 무첨가구의 Zn 함량은 700 mg/kg diet로 나타나 이들의 요구량보다 매우 높은 수준이다. 앞 실험 (Lee and Park, 1998)에서도 Zn 무첨가구의 성적이 매우 낮은 것으로 나타나 Zn 요구량 구명을 위한 추가적인 연구 필요성이 제시된 바 있다. Lee and Park (1998)의 실험에서는 미네랄을 모두 첨가하지 않은 실험구의 성장효과가 Zn 무첨가구보다

Table 4. Performance of Korean rockfish fed the diets containing different mineral premix after 9 weeks of the experimental period (Exp-II)¹

Diets	Initial body weight (g)	Weight gain (%) ²	Feed efficiency (%) ³	Daily feed intake (%) ⁴
HF	5.4 ± 0.05 ^a	351.6 ± 4.8 ^c	101.8 ± 1.3 ^d	2.32 ± 0.01 ^a
Control (C)	5.4 ± 0.05 ^a	352.1 ± 5.4 ^c	101.0 ± 0.4 ^{cd}	2.31 ± 0.02 ^a
HF-all	5.4 ± 0.00 ^a	329.0 ± 6.9 ^{abc}	98.8 ± 1.3 ^{bcd}	2.33 ± 0.01 ^a
C-all	5.5 ± 0.00 ^a	327.6 ± 14.0 ^{abc}	96.4 ± 1.9 ^{ab}	2.36 ± 0.01 ^a
C-P	5.5 ± 0.05 ^a	334.4 ± 16.1 ^{bc}	99.4 ± 2.4 ^{bcd}	2.33 ± 0.01 ^a
C-Ca	5.4 ± 0.05 ^a	312.5 ± 13.9 ^{ib}	97.1 ± 2.6 ^{abc}	2.32 ± 0.02 ^a
C-Zn	5.4 ± 0.05 ^a	304.2 ± 21.1 ^a	93.8 ± 2.6 ^a	2.36 ± 0.01 ^a
C-Mg	5.4 ± 0.00 ^a	330.2 ± 18.4 ^{abc}	99.1 ± 3.3 ^{bcd}	2.31 ± 0.03 ^a
C-Fe	5.4 ± 0.00 ^a	333.4 ± 24.8 ^{bc}	98.5 ± 1.9 ^{bcd}	2.34 ± 0.01 ^a
C-K	5.4 ± 0.05 ^a	321.3 ± 9.8 ^{ab}	97.2 ± 0.5 ^{abc}	2.34 ± 0.03 ^a
C-Mn	5.5 ± 0.00 ^a	330.5 ± 11.1 ^{abc}	98.6 ± 3.4 ^{bcd}	2.32 ± 0.05 ^a
C-Se	5.4 ± 0.05 ^a	322.0 ± 6.4 ^{ab}	98.1 ± 1.9 ^{bcd}	2.32 ± 0.02 ^a

¹ Values (mean ± s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

² (Final fish weight - initial fish weight) × 100 / Initial fish weight.

³ (Fish weight gain × 100) / Feed intake (dry matter).

⁴ [Feed intake (dry matter) × 100] / [(Initial fish weight + final fish weight) / 2] × days fed.

Table 5. Proximate analysis of liver, condition factor and hepatosomatic index (Exp-II)¹

Diets	Protein (%)	Lipid (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Condition factor ²	Hepatosomatic index ³
HF	7.4 ± 0.3 ^a	30.1 ± 0.7 ^a	49.9 ± 0.7 ^a	1.0 ± 0.3 ^a	1.70 ± 0.16 ^a	3.27 ± 0.16 ^a
Control (C)	7.4 ± 0.3 ^a	28.2 ± 1.6 ^a	52.0 ± 2.8 ^a	0.9 ± 0.3 ^a	1.95 ± 0.13 ^a	3.62 ± 0.18 ^a
HF-all	7.5 ± 0.4 ^a	28.6 ± 0.7 ^a	52.1 ± 0.9 ^a	1.0 ± 0.2 ^a	1.85 ± 0.01 ^a	3.56 ± 0.12 ^a
C-all	7.3 ± 0.5 ^a	28.4 ± 1.5 ^a	51.0 ± 1.2 ^a	0.8 ± 0.1 ^a	1.89 ± 0.03 ^a	3.64 ± 0.31 ^a
C-P	6.9 ± 0.0 ^a	29.3 ± 0.3 ^a	50.6 ± 0.4 ^a	0.7 ± 0.1 ^a	1.66 ± 0.04 ^a	3.92 ± 0.61 ^a
C-Ca	7.4 ± 0.3 ^a	28.9 ± 1.9 ^a	50.6 ± 1.9 ^a	0.9 ± 0.2 ^a	1.77 ± 0.08 ^a	3.43 ± 0.28 ^a
C-Zn	7.6 ± 0.2 ^a	26.8 ± 0.7 ^a	50.4 ± 1.6 ^a	0.9 ± 0.2 ^a	1.83 ± 0.10 ^a	3.40 ± 0.15 ^a
C-Mg	7.9 ± 0.2 ^a	28.5 ± 3.4 ^a	49.0 ± 0.6 ^a	0.8 ± 0.1 ^a	1.86 ± 0.05 ^a	3.52 ± 0.12 ^a
C-Fe	7.6 ± 0.3 ^a	29.4 ± 2.1 ^a	50.4 ± 0.2 ^a	0.8 ± 0.1 ^a	1.84 ± 0.05 ^a	3.68 ± 0.13 ^a
C-K	7.7 ± 0.8 ^a	28.0 ± 1.6 ^a	51.5 ± 1.8 ^a	0.8 ± 0.1 ^a	1.77 ± 0.12 ^a	3.94 ± 0.46 ^a
C-Mn	7.7 ± 0.4 ^a	28.6 ± 2.9 ^a	48.8 ± 1.3 ^a	0.8 ± 0.1 ^a	1.78 ± 0.12 ^a	3.80 ± 0.23 ^a
C-Se	7.6 ± 0.4 ^a	30.5 ± 2.6 ^a	50.3 ± 1.2 ^a	0.8 ± 0.0 ^a	1.83 ± 0.10 ^a	3.42 ± 0.13 ^a

¹ Values (mean ± s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

² (Body wt. × 100) / Total body length³

³ (Liver weight × 100) / Body weight.

유의하게 낮았지만 ($P < 0.01$), 본 실험에서는 Zn 무첨가구의 성장효과가 미네랄을 모두 첨가하지 않은 실험구보다 수치상으로 더 낮은 값을 보여 두 실험간에 차이를 보였다. Gatlin and Willson (1983, 1984a)은 차널메기의 Zn 요구량이 정제사료인 경우에 20 mg/kg diet인데, 어분이 함유된 사료의 경우에는 150 mg/kg diet로 더 높게 나타났다고 보고하였다. 이러한 차이에 대해서는 어분의 제 3인산칼슘과 식물성 원료에 함유된 phytate가 Zn의 이용성을 낮춘다고 보고된 것 (Satoh et al., 1987; 1989)과 연관시켜 설명할 수 있을 것으로 판단되며, 이에 대

해서는 상세한 연구가 추진되어야 할 것이다.

담수어의 Mg 요구량은 0.04~0.08% (Ogino et al., 1978; Ogino and Chiou, 1976; Gatlin et al., 1982; Shim and Ng, 1988)로 보고되었는데, 본 실험의 Mg 무첨가 사료의 Mg 함량은 0.07%로 나타났으며, 성장이나 사료 효율 등의 효과도 대조구에 비해 저하되지 않은 것으로 보아 Mg의 별도 보충은 필요 없을 것으로 보인다. Fe 함량이 134 mg인 Fe 무첨가구의 성장, 사료효율 및 어체 성분은 대조사료와 차이를 보이지않아 40% 어분사료에서는 Fe를 별도로 보충하지 않아도 될 것으로 판단되며,

Park et al. (1997)의 실험에서도 어분 65% 첨가사료에는 Fe 보충효과가 없었다고 보고하였다. Lee and Park (1998)은 조피볼락의 K 요구량이 0.9% 이상일 가능성이 높다고 추측하였으며, 본 실험에서 K 무첨가구의 함량이 0.7%로 나타났고, 성장이 대조구보다 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$). Mn 무첨가구의 성장 및 사료효율은 대조구와 차이가 없었으며, 이는 Mn 무첨가구의 Mn 함량이 300 mg/kg diet로 다른 어류의 요구량 2.4~13 mg/kg diet (Gatlin and Wilson, 1984b; Ogino and Yang, 1980)보다 훨씬 높은 수준으로 Mn 요구량이 만족되었기 때문으로 판단된다. Se 무첨가구의 성장은 대조사료보다 낮은 반면, 사료효율은 차이가 없었던 것으로 보아 어분사료에도 Se을 보충하여 주는 것이 조피볼락의 성장을 개선시키는데 도움이 될 것으로 보인다.

위의 결과로부터 어분이 40% 함유된 사료에는 P, Mg, Fe 및 Mn을 별도로 첨가하지 않아도 될 것으로 판단되며, Ca, Zn, K 및 Se은 별도 첨가가 필요할 것으로 보인다. 하지만 어분사료에 각각의 미네랄을 보충하는 것이 성장을 개선시키지 못한다고 해서 첨가가 불필요한 미네랄을 모두 보충하지 않아도 성장에 영향이 없는지에 대해서는 차후 어분사료의 미네랄 요구량 및 적정 미네랄 혼합비의 측면에서 계속 연구되어야 할 것이다.

요 약

어분이 40% 첨가된 조피볼락 실용 배합사료의 미네랄 첨가효과와 적정 mineral premix 개발에 필요한 자료를 제공하기 위해 mineral premix중에 P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn 및 Se을 각각 첨가하지 않은 실험구와 mineral premix 전부를 첨가하지 않은 실험구를 설정하여 9주간 3 반복으로 사육하였다. 어분 60% 첨가사료 (HF)와 어분 40% 첨가사료 (대조구)에 미네랄을 모두 첨가 했을 때의 증체율 및 사료효율은 서로 차이가 없었다 ($P > 0.05$). 어분을 40% 첨가한 사료에 P, Mg, Fe 및 Mn을 각각 첨가하지 않은 사료의 증체율은 미네랄을 모두 첨가한 HF 사료 및 대조사료와 유의차가 없었고 ($P > 0.05$), Ca, Zn, K 및 Se을 각각 첨가하지 않은 사료는 대조구 및 HF 사료보다 유의하게 낮았다 ($P < 0.05$). 일일사료섭취율은 사료간에 유의차는 없었으며, 사료효율은 Zn 무첨가구와 mineral premix를 첨가하지 않은 실험구가 대조구보다 낮은 값 ($P < 0.05$)을 보였으며, 그외 실험구들은 차이가 없었다. 간의 일반성분 및 중량지수는 사료의 미네랄에 영향을 받지 않았다 ($P > 0.05$). 위의 결과로부터 사료에 어분이 40% 함유된 사료에는 P, Mg, Fe 및 Mn을 별도로

첨가하지 않아도 될 것으로 판단되며, Ca, Zn, K 및 Se은 별도 첨가가 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- Gatlin, D. M., III, E. H. Robinson, W. E. Poe, and R. P. Wilson. 1982. Magnesium requirement of fingerling channel catfish and signs of magnesium deficiency. *J. Nutr.*, 112, 1181~1187.
- Gatlin, D. M., III, and R. P. Wilson. 1983. Dietary zinc requirement of fingerling channel catfish. *J. Nutr.*, 114, 630~635.
- Gatlin, D. M., III, and R. P. Wilson. 1984a. Zinc supplementation of practical channel catfish diets. *Aquaculture*, 41, 31~36.
- Gatlin, D. M., III, and R. P. Wilson. 1984b. Studies on the manganese requirement of fingerling channel catfish. *Aquaculture*, 41, 85~92.
- Ketola, H. G. 1975. Requirement of Atlantic salmon for dietary phosphorus. *Trans. Am. fish. Soc.*, 104, 548~551.
- Kim, J.D., K.S. Kim, J.S. Song, M.W. Kang, S.B. Lee, K.Y. Yoon and K.S. Jeong. 1996. Dietary phosphorus requirement of Juvenile Israeli carp (*Cyprinus carpio*) of 34 G fed practical diets. *Kor. Anim. Nutr. Feed.* 20, 489~496.
- Lee S. M., J. H. Yoo and J. Y. Lee. 1996a. The use of soy-bean meal, corn gluten meal, meat meal, meat and bone meal, or blood meal as a dietary protein source replacing fish meal in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.*, 20 (1), 21~30 (in Korean with English abstract).
- Lee, S.M., I.G. Jeon, C.K. Lee, C.W. Im, T.J. Kim and J. G. Min. 1996b. Evaluation of economical feed formulations for Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Korean J. Aquacult.*, 9, 255~264.
- Lee, S.M. and J.Y. Lee. 1996. Substitution of plant and animal proteins for fish meal in the practical formulated feeds for juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Kor. Anim. Nutr. Feed.* 20, 409~418.
- Lee, S.M. and S.R. Park. 1998. Influence of P, Ca, Zn, Mg, Fe, K, Mn, or Se in the dietary mineral premix on growth and body composition of Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Bull. Korean Fish. Soc.*, 31, 245~251.
- Lovell, R. T. 1978. Dietary phosphorus requirement of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Trans. Am. fish. Soc.*, 107, 617~621.
- McClain, W. R., and D. M. Gatlin, III. 1988. Dietary zinc requirement of *Oreochromis aureus* and effects of dietary calcium and phytate on zinc bioavailability. *J. World Aquacult. Soc.*, 19, 103~108.
- N.A.S. (National Academy of Sciences). 1973. Nutrient re-

- quirements of trout, salmon and catfish. N.A.S., Washington, D.C., p. 50.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.
- Ogino, C., and J. Y. Chiou. 1976. Mineral requirements in fish. 2. Magnesium requirements of carp. Bull. Jpn. Soc. Sci. fish., 42, 71~75.
- Ogino, C., and H. Takeda. 1976. Mineral requirements in fish. 3. Calcium and phosphorus requirements of carp. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 42, 793~799.
- Ogino, C., and G. Y. Yang. 1978. Requirement of rainbow trout for dietary zinc. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 44, 1015~1018.
- Ogino, C., and G. Y. Yang. 1979. Requirement of carp for dietary zinc. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 45, 967~969.
- Ogino, C., and G. Y. Yang. 1980. Requirements of carp and rainbow trout for dietary manganese and copper. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 46, 455~458.
- Ogino, C., F. Takashima, and J. Y. Chiou. 1978. Requirement of rainbow trout for dietary magnesium. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 44, 1105~1108.
- Ogino, C., L. Takeuchi, H. Takeda, and T. Watanabe. 1979. Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 45, 1527~1532.
- Park, S.R., S. M. Lee, G. S. Jeong and Y. J. Chang. 1997. Effects of supplemental phosphate and iron in the diets containing fish meal as only protein source on growth in juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). Korean J. Aquacult., 10, 255~260. (in Korean with English abstract).
- Robinson, E. H., S. D. Rawles, P. B. Brown, H. E. Yette, and L. W. Greene. 1986. Dietary calcium requirement of channel catfish (*Ictalurus punctatus*), reared in calcium-free water. Aquaculture, 53, 263~270.
- Robinson, E. H., D. LaBomascus, P. B. Brown, and T. L. Linton. 1987. Dietary calcium and phosphorus requirements of *Oreochromis aureus* reared in calcium-free water. Aquaculture, 64, 267~276.
- Sakamoto, S. and Y. Yone. 1979. Availabilities of phosphorus compounds as dietary phosphorus sources for red sea bream. J. Fac. Agric. Kyushu Univ. 23, 177~184.
- Satoh, S., K. Tabata, K. Izume, T. Takeuchi, and T. Watanabe. 1987. Effect of tricalcium phosphate on availability of zinc to rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 1199~1205.
- Satoh, S., W.E. Poe and P.R. Wilson. 1989. Effects of supplemental phytate and/or tricalcium phosphate on weight gain, feed efficiency and zinc content in vertebrate of channel catfish. Aquaculture, 80, 155~161.
- Shim, K. F., and S. H. Ng. 1988. Magnesium requirement of the guppy *Poecilia reticulata* Peters. Aquaculture, 73, 131~142.
- Watanabe, T., A. Murakami, L. Takeuchi, T. Nose, and C. Ogino. 1980. Requirement of chum salmon held in freshwater for dietary phosphorus. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 46, 361~367.
- Yone, Y. and N. Tashima. 1979. The utilization of phosphorus in fish meal by carp and black sea bream. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 45, 753~756.

1997년 6월 23일 접수

1998년 3월 7일 수리