

발간등록번호
11-1541370-000092-01

과학원간행물번호
TR-2009-AQ-009

넙치 배합사료 경북지역 현장적용시험

주관연구기관 : 국립수산과학원

농림수산식품부
국립수산과학원

넙치 배합사료 경북지역 현장적용시험

주관연구기관 : 국립수산과학원

**농림수산식품부
국립수산과학원**

제 출 문

농림수산물식품부장관 귀하

본 보고서를 “넙치 배합사료 경북지역 현장적용시험” 사업의 최종보고서로 제출합니다.

2009년 3월

주관연구기관: 국립수산물과학원 양식사료연구센터

총괄연구책임자: 이 해 영

참 여 연 구 원: 강 용 진

김 강 웅 김 경 덕

장 미 순 정 재 훈

허 셋 별 최 세 민

이 중 윤 권 순 자

김 철 울 서 정 환

황 진 욱 김 재 우

김 도 훈 김 성 연

박 명 애 조 미 영

김 명 석 오 윤 경

전 경 암 김 종 주

참여기업: 수협사료, 청양수산, 석병수산

참 여 연 구 원: 이 동 춘

박 흥 식 허 양

김 중 식 김 정 두

김 태 웅 김 원 배

강 태 호

보고서 요약

과제관리번호		해당단계 연구기간	2008~2009	단계 구분	종료/10개월
과제명	넙치 배합사료 경북지역 현장적용시험				
세부과제명					
연구책임자	이혜영	해당단계 참여연구원수	총: 30명 내부: 22명 외부: 8명	해당단계 연구비	정부: 300,000천원 기업: 천원 계: 300,000천원
과제소관부서명	양식사료연구센터		참여기업명	수협사료, 청양수산, 석병수산	
국제공동연구	상대국명:		상대국연구기관명:		
위탁연구	연구기관명:		연구책임자 :		
요약					보고서 면수
					122 면
<p>본 연구는 생사료(MP) 위주의 넙치양식을 배합사료(EP)로 전환하기 위하여 경북지역 양식현장에서 어업인과 공동으로 배합사료 품질을 검증하고, 배합사료 사용 확대 도모하고자 수행하였다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 성장도 조사는 증체율, 사료효율, 생존율을 비교한 결과, EP와 MP의 성장 차이가 없었고, EP만으로도 충분한 성장 가능성을 시사하였다. ○ 환경 조사는 유입수 및 배출수의 수질 분석한 결과, 사료공급 후에 MP보다 EP공급에 따른 환경오염이 현저하게 감소되었다. ○ 건강도 조사는 세균성, 기생충, 바이러스 등 질병을 모니터링한 결과, EP 및 MP에 따른 질병 발생률의 차이가 없게 나타났다. ○ 육질 평가는 일반성분, 지방산, 아미노산, 관능검사를 실시한 결과, EP 및 MP를 공급한 넙치 성어의 육질에 차이가 없게 나타났다. ○ 경제성 평가는 수익성과 경제성 항목을 분석한 결과, 청양수산이 석병수산보다 높았고, 청양수산은 MP구가 높은 반면 석병수산은 EP구가 높았다. 수익률이나 경제성의 차이는 생존율로 인한 생산량 차이와 상관관계가 높은 것으로 판단되고, 전반적인 수익성 및 경제성의 제고는 원가관리 및 출하가격에 영향을 크게 받을 수 있었다. 					
색인어 (각 5개 이상)	한글	넙치, 실용배합사료, 현장적용시험, 경북지역, 수질, 건강도, 육질, 관능검사, 경제성 분석			
	영어	Olive flounder, practical feed, field feeding experiment, Kyeongbuk region, water quality, fish health, flesh quality, sensory score, economic analysis			

목 차

요 약 문	1
제 1 장 연구개발 과제의 개요	8
제 1 절 연구개발의 필요성	8
제 2 절 연구목표 및 추진체계	9
1. 연구목표	9
2. 추진체계	9
제 2 장 국내외 기술개발 현황	11
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	12
제 1 절 성장도 조사	12
1. 실험사료 성분분석	16
가. 일반성분	16
나. 산가	16
다. 지방산	20
라. 아미노산	21
2. 성장도 조사결과	23
가. 청양수산	23
나. 석병수산	36

제 2 절	환경 조사	46
1.	사육수의 수질조사	47
가.	수질조사 방법	47
나.	수질조사 결과	47
제 3 절	건강도 조사	71
1.	서론	71
2.	재료 및 방법	72
3.	결과 및 고찰	74
가.	혈청의 생화학적 성상	74
나.	어류병원체 감염 여부	76
제 4 절	육질 평가	81
1.	일반성분	81
가.	연구방법	81
나.	연구결과	82
2.	지방산	84
가.	연구방법	84
나.	연구결과	84
3.	아미노산	86
가.	연구방법	86
나.	연구결과	86
4.	관능검사	88
가.	연구방법	88
나.	연구결과	88

제 5 절 경제성 평가	90
1. 분석과정 및 연구방법	90
가. 분석과정	90
나. 연구방법	91
2. 동해안 넙치양식 수익-비용 구조	93
가. 넙치 양식의 비용구조 분석	93
나. 넙치 양식의 수익구조	94
3. 시험양식장별 사료종류별 생산중량 차이 분석	96
4. 시험양식장별 사료종류별 수익성 분석	98
가. 청양수산	98
나. 석병수산	101
5. 시험양식장별 사료종류별 경제성 평가	104
가. 청양수산	104
나. 석병수산	104
6. 요약 및 결론	106
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	108
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	110
제 6 장 참고문헌	111

표 목 차

표 1-1. 연도별 어류양식 생산량 및 생산금액	14
표 1-2. 양식사료 수급동향	15
표 1-3. 양식용 배합사료(EP) 생산량	15
표 1-4. 습사료(MP)의 일반성분	17
표 1-5. 실험사료의 일반성분	18
표 1-6. 실험사료 산가	19
표 1-7. 실험사료의 지방산 조성	21
표 1-8. 실험사료의 아미노산 조성	22
표 1-9. 청양수산 넙치 미성어의 최종 성장 결과	25
표 1-10. 청양수산 넙치 육성어의 최종 성장 결과	26
표 1-11. 청양수산 넙치 미성어의 월별 증체량 및 생존율 결과	26
표 1-12. 청양수산 넙치 육성어의 월별 증체량 및 생존율 결과	27
표 1-13. 청양수산 넙치 미성어의 7월 성장 결과	30
표 1-14. 청양수산 넙치 미성어의 8월 성장 결과	30
표 1-15. 청양수산 넙치 미성어의 9월 성장 결과	31
표 1-16. 청양수산 넙치 미성어의 10월 성장 결과	31
표 1-17. 청양수산 넙치 미성어의 11월 성장 결과	32
표 1-18. 청양수산 넙치 육성어의 7월 성장 결과	32
표 1-19. 청양수산 넙치 육성어의 8월 성장 결과	33

표 1-20. 청양수산 넙치 육성어의 9월 성장 결과	33
표 1-21. 청양수산 넙치 육성어의 10월 성장 결과	34
표 1-22. 청양수산 넙치 육성어의 11월 성장 결과	34
표 1-23. 청양수산 넙치 육성어의 12월 성장 결과	35
표 1-24. 청양수산 넙치 육성어의 최종 성장 결과	35
표 1-25. 석병수산 넙치 육성어 1기의 성장 결과	38
표 1-26. 석병수산 넙치 육성어 2기의 최종 성장 결과	38
표 1-27. 석병수산 넙치 육성어의 월별 증체량 및 생존율 결과	39
표 1-28. 석병수산 넙치 육성어의 7월 성장 결과	42
표 1-29. 석병수산 넙치 육성어의 8월 성장 결과	42
표 1-30. 석병수산 넙치 육성어의 9월 성장 결과	43
표 1-31. 석병수산 넙치 육성어의 10월 성장 결과	43
표 1-32. 석병수산 넙치 육성어의 11월 성장 결과	44
표 1-33. 석병수산 넙치 육성어의 12월 성장 결과	44
표 1-34. 석병수산 넙치 육성어의 최종 성장 결과	45
표 3-1. PCR 분석에 사용한 프라이머 및 조건	73
표 3-2. 사료종류별 넙치의 병원체 종류별 검출률	80

표 4-1. 청양수산 넙치 미성어 전어체의 일반성분	82
표 4-2. 청양수산 넙치 육성어 전어체의 일반성분	82
표 4-3. 석병수산 넙치 육성어 전어체의 일반성분	83
표 4-4. 청양수산 성어넙치 등근육의 일반성분	83
표 4-5. 석병수산 성어넙치 등근육의 일반성분	83
표 4-6. 넙치 등근육의 지방산 조성	85
표 4-7. 넙치 등근육의 아미노산 조성	87
표 4-8. 넙치 등근육의 관능평가	89
표 5-1. 경제성분석과 수익성분석 비교	91
표 5-2. 동해안 넙치양식장의 평균 수익-비용 구조	94
표 5-3. 경상북도 포항지역 양식넙치의 월별 출하가격	95
표 5-4. 표본양식장의 사료종류별 생존율 및 생산량	96
표 5-5. 시험양식장별 사료종류별 넙치 평균체중	96
표 5-6. 청양수산 넙치 육성어 양성실험의 사료종류별 평균 개체중량과의 차이 검정결과	97
표 5-7. 석병수산 넙치 육성어 양성실험의 사료종류별 평균 개체중량과의 차이 검정결과	97
표 5-8. 청양수산 넙치시험양식현장의 사료종류별 수익성 비교	100
표 5-9. 석병수산 넙치시험양식현장의 사료종류별 수익성 비교	102
표 5-10. 청양수산 넙치양식현장 사료종류별 경제성분석	104
표 5-11. 석병수산 넙치양식현장 사료종류별 경제성분석	105

그림 목 차

그림 1-1. 청양수산 넙치 미성어 월별 평균체중	28
그림 1-2. 청양수산 넙치 육성어 월별 평균체중	28
그림 1-3. 청양수산 넙치 미성어 월별 누적생존율	29
그림 1-4. 청양수산 넙치 육성어 월별 누적생존율	29
그림 1-5. 석병수산 넙치 육성어 월별 평균체중	40
그림 1-6. 석병수산 넙치 육성어 1기 월별 누적생존율	40
그림 1-7. 석병수산 넙치 육성어 2기 월별 누적생존율	41
그림 2-1. 7월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도 변화	49
그림 2-2. 7월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도 변화	50
그림 2-3. 8월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도 변화	53
그림 2-4. 8월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도 변화	54
그림 2-5. 9월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도 변화	57
그림 2-6. 9월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도 변화	58
그림 2-7. 10월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도 변화	61
그림 2-8. 10월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도 변화	62
그림 2-9. 11월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도 변화	65
그림 2-10. 11월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도 변화	66
그림 2-11. 12월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도 변화	69
그림 2-12. 12월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도 변화	70

그림 3-1. 사료종류별 넙치의 혈청학적 성분 차이	76
그림 3-2. 사료종류별 넙치의 병원체 종류별 검출률	77
그림 3-3. 사료종류별 넙치의 월별 어류병원체 검출률 변화	77
그림 3-4. 시험양식장별 사료종류별 넙치의 병원체 검출률	78
그림 3-5. 시험양식장별 사료종류별 생존율 및 병원체 감염률	80
그림 5-1. 경상북도 포항지역 양식넙치 월별 출하가격	95
그림 5-2. 청양수산 넙치양식 수익성 비교	103
그림 5-3. 석병수산 넙치양식 수익성 비교	103
그림 5-4. 넙치 시험양식장별 사료종류별 내부수익률 비교	105
그림 5-5. 넙치 시험양식장별 사료종류별 편익비용 비율 비교	106

요 약 문

I. 제 목

- 넙치 배합사료 경북지역 현장적용시험

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 해산어 양식의 발달로 양식생산량이 지속적으로 증가하고 있음에도 불구하고 양식용 사료는 주로 생사료를 공급하고 있어 연간 사료소비량이 50여만 톤에 이르고 생사료 부족분은 수입에 의존하고 있음.
- 생사료 위주의 양식은 연안자원 남획과 사료허실로 인한 환경오염을 초래하고 있는 실정으로, 연안어장을 보호하고 양식경영비를 절감하기 위하여 환경친화적이고 경제적인 배합사료를 보급하여야 함.
- 배합사료가 개발되었더라도 대상어종에 완전하게 적합하지 못하여 성장 및 사료효율 측면에서 생사료에 비해 크게 개선되어 있지 않거나 가격 면에서도 비싸기 때문에 양식 어업인으로 부터 외면당하고 있는 실정임.
- 또한 '04이후 추진하는 “환경친화형 배합사료 지원사업”과 관련, 배합사료 품질에 대한 신뢰향상으로 배합사료 사용 어가는 전체 양식어가 2,906가구 중 668가구(23%)이다(2008년 기준). 지역에 따라 큰 차이가 있으며 국립수산물과학원 양식사료연구센터가 소재한 경상북도지역의 경우는 104가구 중 54가구(52%)이지만 제주지역은 228가구 중 9가구(4%)로 극히 저조한 실정으로 지속적인 확대공급이 필요한 실정임.
- 따라서, WTO/DDA, FTA 대비 국제 경쟁력 강화에 필요한 배합사료 품질의 우수성, 경제성, 편리성 등을 현장에서 인근 대어업인에 대한 홍보를 할 목적으로 배합사료 현장적용 시험사업 추진이 필요함.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 방법

1. 성장도 조사

넙치 육성어의 성장도 조사는 2008년 6월부터(5월은 예비사육) 2008년 12월(청양수산 넙치 미성어는 11월)까지이며, 조사양식장은 경상북도내 청양수산과 석병수산(구, 해성수산)을 대상으로 배합사료(extruded pellet, EP) 및 습사료(moist pellet, MP)는 생사료, 분말사료 및 첨가제를 혼합하여 양식장 자가로 제조하여 공급하면서 성장 가능성을 평가하고자 수행하였다.

실험어의 경우 청양수산은 총 8만 8천 마리로 넙치 미성어 1만 8천 마리(EP구 9천, MP구 9천), 육성어 7만 마리(EP구 3만5천, MP구 3만4천)를, 석병수산은 넙치 육성어 10만 마리(EP구 5만, MP구 5만)를 대상으로 사육시험을 실시하였으며, 실험넙치가 성장함에 따라 수조크기 변경, 실험어 선별 및 분조를 실시하였다. 성장도 조사는 매월 각 수조별 수용된 실험어의 20~40마리를 수조당 2~3회씩 평균체중을 측정하여 총중량, 증체량, 증체율, 사료섭취량, 사료효율 생존율 등을 조사하였다.

2. 환경조사

넙치 사료 현장실험을 통하여 배합사료인 EP의 품질을 평가하는 목적과 더불어 EP와 MP의 오염유발 정도를 비교하기 위하여 전체 실험 기간 중 2008년 7월부터 2008년 12월 까지 매월 1회 수질환경 조사를 실시하였다. 수조 내의 오염도를 조사하기 청양수산과 석병수산의 EP와 MP공급 수조를 대상으로 채수하였다. 채수 시간은 사료공급 전후와 매 4시간 간격으로 시료를 채취하여, 오전에는 사료공급 전과 후, 6시, 10시와 오후에는 사료공급 전과 후, 14시, 18시 그리고 이튿날 6시에 채수하였다. 넙치 사육 수조의 수질을 분석하기 위한 조사항목은 사료의 공급에 의해서 해수에 분산되는 부유물질의 양(SS), 유기물이 산화될 때 소비되는 산소량을 측정하는 화학적 산소요구량(COD), 휘발성부유고체(VSS), 질소계 화합물인 암모니아 질소·아질산 질소·질산질소·유기성질소·입자성질을 총 망라한 질소량(총질소, TN)과 사육수 중에 용존 되어 있거나 입자형태 또는 무기·유기 상태의 모든 인 화합물(총인,TP)등을 7~12월에 매월 1일간 오전 6시부터 4시간 간격으로 오후 6시까지 4회에 걸쳐 시료를 채취하여 실험실에서 해양환경공정시험방법(해양수산부, 1997)에 따라 분석하였다.

3. 건강도 조사

실험어는 2008년 7월부터 2008년 12월까지 6개월간 경상북도 포항시 북구 송라면 조사리 청양수산과 포항시 남구 구룡포읍 석병리 석병수산에서 사육하고 있는 넙치이며 매월 1회마다 현지 및 청취조사 등을 통하여 질병발생동향을 파악하였으며, 시료채취는 매월 1회씩 EP구와 MP구 각각 10마리 도합 1개소 양식장마다 20마리씩 그리고 MP로 사용하는 냉동어류는 상황에 따라 샘플하여 병원체의 감염여부를 조사하였다. 실험에 사용한 넙치는 외관적 및 내부적 관찰을 실시하였으며, 세균 검사, 기생충 검사 등을 위하여 환부 조직이나 표피일부를 떼어 내어 슬라이드글라스위에 얹혀놓아 커버글라스로 덮은 후 현미경으로 검경하였다.

4. 육질 평가

실험어 넙치에 공급한 실험사료는 이미 설명한 성장도 조사에서 사용한 것과 같은 EP와 MP를 사용하였다. 어체 육질평가를 위한 넙치는 청양수산(넙치 육성어 EP구 및 MP구, 넙치 미성어 EP구 및 MP구)과 석병수산(넙치 육성어 EP구 및 MP구)에서 최초측정일 6월, 중간측정일 8월 및 최종측정일 12월에 각각 5마리씩 즉살시킨 후 동결한 채로 실험실에 운송된 것을 시료로 사용하여 일반성분, 지방산 및 아미노산 분석을 실시하였다. 또한, 12월에 채취한 넙치는 평균 1kg이상 되는 것으로 관능검사를 실시하였다.

5. 경제성 평가

경제성분석을 위한 조사기간은 2008년 6월부터 2008년 12월까지이며, 조사양식장은 경북 포항지역 청양수산과 석병수산을 대상으로 하였다. 경제성분석을 위하여 우선, 표본양식장에 대한 현장 실태조사를 통하여 넙치양식장의 비용구조를 파악한 후, 포항지역의 2008년도 산지가격 평균치와 최종 생산량을 통하여 수익을 추정하여 수익-비용구조 모델을 설정하였다. 이어서 표본양식장에서 MP와 EP구별 매월 조사한 사육마리수와 총중량, 그리고 생존율 및 사료단가 등을 토대로 수익성과 경제성을 평가하였다.

IV. 연구개발 결과

1. 성장도 조사

청양수산의 넙치 미성어의 사육실험 결과, 최초 평균체중이 620g~628g이던 것이 5개월 후에는 평균체중 1,277~1,368g로 성장하였으며, 증체율은 배합사료(EP)가 106%로 습사료(MP)의 118% 보다도 실험구 간에 차이를 보이지 않았다. 청양수산의 넙치 육성어의 사육실험 결과, 최초 평균체중이 170~172g이던 것이 6개월 후에는 평균체중 764~793g로 성장하였으며, 증체율은 EP구 및 MP구에서 각각 344%, 366%로 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 넙치 미성어의 사료효율은 EP구가 100%로 MP구가 163%로 나타났다. 넙치 육성어 사료효율은 EP구가 94%로 MP구의 108%보다 다소 낮은 값을 보인 반면에 육성어의 경우 EP 및 MP가 각각 99%, 100%로 차이가 없었다. 생존율은 각 EP 및 MP구에서 넙치 미성어의 경우 72%, 80%였으며, 넙치 육성어의 경우 59%, 81%로 넙치 미성어의 경우 유사하였지만, 육성어의 경우 MP구가 EP구보다 다소 높은 경향을 보였다.

석병수산의 넙치 육성어의 사육실험 결과, 최초 평균체중이 174~177g이던 것이 6개월 후에는 평균체중 717~746g로 성장하였으며, 증체율은 EP구가 1기에 75%로 MP구의 84%보다 낮은 값을 보였으나, 두 실험구 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 사료효율은 넙치 육성어의 경우 EP구가 99%로 MP구의 155%보다 다소 낮은 값을 보였다. 생존율은 각 EP 및 MP구에서 넙치 육성어의 경우 1기에는 84%, 85%였으며, 2기에는 81%, 68%로 EP구가 MP구보다 다소 높은 경향을 보였다.

상기 청양수산 및 석병수산의 결과를 토대로 배합사료는 생사료의 성장, 사료효율 및 생존율과 비교하여 우수한 성적을 나타내었으며, 산업화 보급에 전혀 손색이 없을 것으로 판단된다.

2. 환경 조사

사육수에 수질 조사 결과, 청양수산 및 석병수산 모두 유입수보다는 배합사료(EP)구배출수가, EP구배출수보다는 습사료(MP)구배출수가 더 높은 농도를 보였다.

청양수산의 경우 유입수보다는 EP구배출수가, EP구배출수보다는 MP구배출수가 더 높은 농도를 보이는 경향을 보였다. COD는 유입수가 I~II등급을, 배출수가 II~III등급이었으며 유입수에 비해 EP구배출수가 1.1~1.9배, MP구배출수가 1~3배 높게 나타났다. E.P·MP구배출수는 유입수에 비해 각각 SS는 1.2~1.9배와 1.1~2.9배, VSS는 0.9~1.4배와

1.3~2.1배, 암모니아질소는 2.7~15.8배와 6.5~25.9배, 아질산질소는 1~26배, 1.6~196배로 나타났으나 유입수의 농도가 너무 낮아 다른 항목과 같은 기준으로 비교하기는 곤란하지만 일반적인 경향을 따르고 있었다. TN은 유입수와 EP구배출수가 I 등급을 나타내었고 MP구배출수는 II등급으로 각각 1.9~4.8배, 2.1~5.5배 높게 나타났고, TP는 유입수가 I 등급을 나타내었고 EP구배출수는 II~III등급을, MP구배출수는 III등급 이상을 나타내어 유입수에 비해 각각 1.6~3.8배, 2.9~5.7배 높은 것으로 나타났다.

석빙수산의 경우 또한 유입수보다는 EP구배출수가, EP구배출수보다는 MP구배출수가 더 높은 농도를 보이는 경향을 보였다. COD는 유입수와 EP구배출수가 I 등급을, MP구배출수가 II등급이었으며 유입수에 비해 EP구배출수가 1.1~1.8배, MP구배출수가 1.3~2.8배 높게 나타났다. EP, MP구배출수는 유입수에 비해 각각 SS는 1.1~1.6배와 1.0~2.2배, VSS는 동일하게 1.1~1.4배, 암모니아질소는 4.3~13.0배와 5.4~15.2배, 아질산질소는 유입수와 배출수간의 큰 농도차이는 없었으나 다소 높아지는 것으로 나타났다. TN은 유입수와 배출수가 I 등급이었고 각각 1.5~3.1배, 1.7~4.3배 높게 나타났고, TP는 유입수는 I 등급이었으나 EP구배출수는 II등급을, MP구배출수는 III등급을 나타내었고 유입수에 비해 각각 1.1~4.4배, 1.8~5.9배 높은 것으로 나타났다.

3. 건강도 조사

양식 넙치를 대상으로 6개월간 EP 및 MP를 공급하면서 조사한 병원체 감염 여부와 시험양식장별 최종 생존률을 비교한 결과, CY수산의 경우에는 EP구에 비해 MP구의 최종생존율이 높게 나타났으나 병원체 검출률은 MP구에서 다소 높게 나타났다. SB수산에서는 최종 생존률에서는 시험구별로 별다른 차이가 없었으나, 병원체 검출률은 EP구가 43.3%, MP구가 35.0%로 EP구에서 더 높게 나타났다. 두 시험양식장에서 조사된 결과를 종합하여 판단해 볼 때, EP 및 MP공급에 따른 병원체의 검출률에서는 별다른 차이가 없는 것으로 나타났으나, 계절적으로 고수온기인 7월부터 10월까지 MP구에서 병원체 검출률이 높게 나타났으며, 사육어류인 넙치의 건강도를 판정할 수 있는 혈청학적 지표의 일부 수치에서도 대사기능 및 생리적 기능이 다소 저하된 것으로 나타나 고수온기 동안에는 MP공급을 피하는 것이 사육넙치의 건강관리에 효과적일 것으로 판단된다.

4. 육질 평가

양식장별로 EP와 MP공급에 따른 전어체의 수분, 조단백질, 조지질 및 조회분의 함량은 유사하였고, 등근육의 분석결과도 각 양식장별로 일반성분 함량도 유사하였다. 하지만, 석병수산의 넙치 등근육의 조지질은 청양수산의 2배정도 높게 나타나 양식장에 따른 차이를 나타내었다. 청양수산 및 석병수산의 경우 넙치 등근육의 주요 지방산은 도코사헥사엔산(docosahexaenoic acid, DHA, C22:6n-3), 팔미톨레산(palmitic acid, C16:0), 올레산(oleic acid, C18:1n-9)이었고 EP와 MP공급에 따른 지방산 조성의 차이는 보이지 않았다. EP 및 MP공급에 따른 넙치 등근육의 구성아미노산 함량에는 차이가 없었다. EP와 MP구 공통으로 넙치 등근육의 구성아미노산의 대부분을 차지하고 있는 것은 글루탐산(glutamic acid), 아스파르트산(aspartic acid), 리신(lysine) 및 로이신(leucine)이었으며 필수아미노산 중에서 리신 함량이 가장 높았으며 로이신, 아르기닌(arginine) 순이었다. 시험양식장에서 EP와 MP를 섭취한 1kg이상의 상품크기 넙치 등근육의 관능검사 결과, 전반적 기호도, 냄새, 색택, 맛 및 질감에 있어서 EP와 MP공급구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

5. 경제성 평가

넙치 EP 및 MP공급에 따른 양식장의 수익성 및 경제성을 평가하기 위하여 표본양식장으로 경북소재 포항지역의 청양수산과 석병수산을 선정하고, 각각의 양식장 내에 실험설계를 하고 수익성과 경제성을 조사하였다. 본 현장적용 실험결과로 나타난 수익성과 경제성은 표본양식장의 일부에 설계된 시험양식장에 한하며, 청양수산과 석병수산 자체의 수익성과 경제성과는 별개임을 밝혀둔다. 다만, 표본양식장의 기술력과 경영능력을 그대로 반영하여 현장적용에 있어서 인위적인 요인은 없이 현장에서 실제 행해지고 있는 양식형태를 그대로 반영토록 노력하였다.

시험양식장별 사료종류별 청양수산의 수익성을 보면, 넙치 육성어의 경우가 넙치 미성어 육성보다 매우 수익성이 높았는데, 이를 육성어와 미성어 육성으로 나누어 사료종류별로 살펴보면, 넙치 육성어 양성의 경우, 수익성은 EP구와 MP구가 각각 20.32%, 37.57%로 전반적으로 수익률이 높게 나타났는데, 이는 출하가격이 전년도에 비해 20%~30% 하락

한 것을 감안하면 상당히 높은 수익률을 시현한 것이다. 넙치 미성어 육성의 경우는 EP와 MP구에 있어서 각각 -19.00%, -6.93%로서 모두 적자를 나타내었는데 이는 최종 생산물인 넙치 1,300g크기의 출하가격이 매우 낮았기 때문이었다. 석병수산 시험양식장별 사료종류별로 각 실험구의 수익률을 산정한 결과, EP구와 MP구가 각각 13.28%, 8.36%로 나타나 청양수산과는 반대로 EP의 수익성이 높았다. 시험양식장별 사료종류별 경제성평가에 있어서, 청양수산은, MP구가 EP구보다 내부수익률(17%>8%), 편익비용비율(1.60>1.26), 순현재가치(259,413천원>92,375천원) 등 모든 면에서 높은 경제성을 보였다. 석병수산의 사료종류별 경제성을 보면, EP구가 MP구에 비해 내부수익률(6%>4%)과 편익비용비율(1.15배>1.09배)이 모두 다소 높게 나타나고 있어서 청양수산의 경우와는 반대의 현상을 보였다. 또한, 순현재가치액도 순현재금유입이 높은 가운데, EP구가 MP구에 비해 높게 나타났다.

결론적으로 EP구와 MP구를 비교해 보면, 청양수산 실험구에서는 MP구가 EP구보다 높은 수익성과 경제성을 보이고 있었으며, 반대로 석병수산에서는 EP구가 MP구보다 수익성과 경제성이 높게 나타났다. 종합적으로 볼 때, 청양수산이나 석병수산 모두 사료종류에 따른 성장차이는 없는 것으로 분석되었지만, 사료종류에 따른 수익률이나 경제성의 차이는 생존율로 인한 생산량 차이와 상관관계가 높은 것으로 판단되고, 전반적인 수익성 및 경제성의 제고는 원가관리 및 출하가격에 영향을 크게 받음을 알 수 있다.

V. 연구개발 결과의 활용계획

- 양식어업인에게 환경친화적이고 경제적인 배합사료 개발 보급
- 양어용 완전 배합사료로 대체시 환경오염 방지
- 생사료 사용 감소를 위한 품질관리 등의 제도적 장치 마련
- 양식경영비 절감(사료비 및 관리비 절감, 사료유실 방지효과, 어병 감소)
- 양식산업의 안정적 발전으로 관련 산업 활성화
- 어류양식산업의 국가 식량 기간 산업화에 기여 및 수산물 경쟁력 강화

제 1 장 연구개발 과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

최근 양식기술의 비약적인 발전으로 해산어 양식 생산량은 1990년 3천 톤에서 2008년 99천 톤으로 계속하여 증가하였으며, 그 중 넙치와 조피볼락이 대부분 차지하고 있다. 특히 넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 우리나라 전 연안, 일본 및 중국 연안에 널리 분포하고 있는 어종으로, 성장이 빠르고 육질과 맛이 좋아 식용으로 각광받고 있는 고급 해산 어종이다. 국내 넙치양식은 1980년대 들어 인공종묘 생산 기술이 개발된 이후, 양식 기술의 보편화로 종묘생산부터 양성까지 완전양식이 이루어졌으며, 현재 해산어 양식의 40% 이상을 차지하는 매우 중요한 양식산업이다. 넙치 양식생산량은 해양수산부 자료를 토대로 1988년 10여 톤으로 처음 보고된 이래 2008년에 46천 톤(47%)로 증가 추세에 있다(통계청 어류양식현황조사, 2008). 해산어 양식 생산량과 더불어 양식사료 소비량도 606천 톤(2008년 기준)으로 증가하고 있으며, 그 중 배합사료 134천 톤(22%)으로 생사료 472천 톤(78%)에 비해 현저히 뒤떨어지고 있는 실정이다. 특히 배합사료 사용량의 경우 2003년 76천 톤(16%)에서 2008년 134천 톤(22%)으로 증가추세에 있으나, 넙치 등 주요 해산어종은 증가율이 저조한 상태이다.

현재 배합사료가 개발되면서 대상어종에 대체로 적합하지만, 여전히 성장 및 사료효율 측면에서 생사료에 비해 크게 개선되어 있지 않거나 가격 면에서도 비싸기 때문에 양식 사양가로부터 외면당하고 있는 실정이다. 어류 양식장의 경우 2004년 이후 추진하는 “환경친화형 배합사료 지원사업”과 관련, 배합사료의 품질에 대한 신뢰 부족으로 배합사료 사용 어가는 전체 양식어가 2,906가구 중 668가구(23%)이다. 지역에 따라 큰 차이가 있으며 경상북도지역의 경우는 104가구 중 54가구(52%)로 최대이지만 제주지역은 228가구 중 9가구(4%)로 극히 저조한 실정이지만(2008년 기준), 2007년도부터 2009년도 초까지 시행된 넙치배합사료 제주지역 및 경북지역 현장시험결과로 배합사료사용어가는 확대되었다.

앞으로 양식 배합사료 품질향상과 함께 배합사료 직불제 사업 등으로 인하여 배합사료 사용 비율이 점차적으로 늘어날 것으로 보이며, 특히 해산어 사료의 경우 생사료 수급 불안정과 가격 폭등, 생사료 사용시 수반되는 냉동창고 운영, 모이스트 펠렛(MP) 기계 설비

와 전기료 및 인건비의 비중이 높아 배합사료로의 전환이 점진적으로 이루지고 있다. 만일, 생사료 사용량의 전부를 배합사료로 전환한다고 가정하면 배합사료 생산량은 해수어용 사료만으로도 200,000톤 이상을 상회할 것으로 전망되어 국내 양어사료산업도 크게 성장할 것으로 보인다.

따라서, 양식어업인의 신뢰성 확보 및 WTO/DDA, FTA 대비 국제 경쟁력 강화에 필요한 배합사료 품질의 우수성, 경제성, 편리성 등을 「넙치 배합사료 경북지역 현장적용시험」을 통해 인근 대어업인에 대한 홍보를 할 목적으로 시험사업 추진이 필요할 것으로 판단된다.

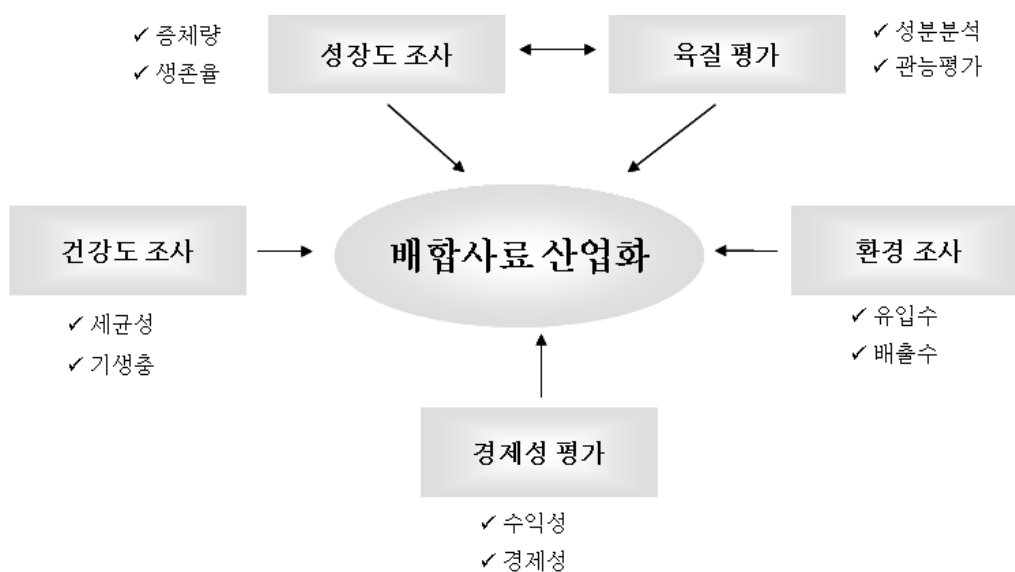
제 2 절 연구목표 및 추진체계

1. 연구목표

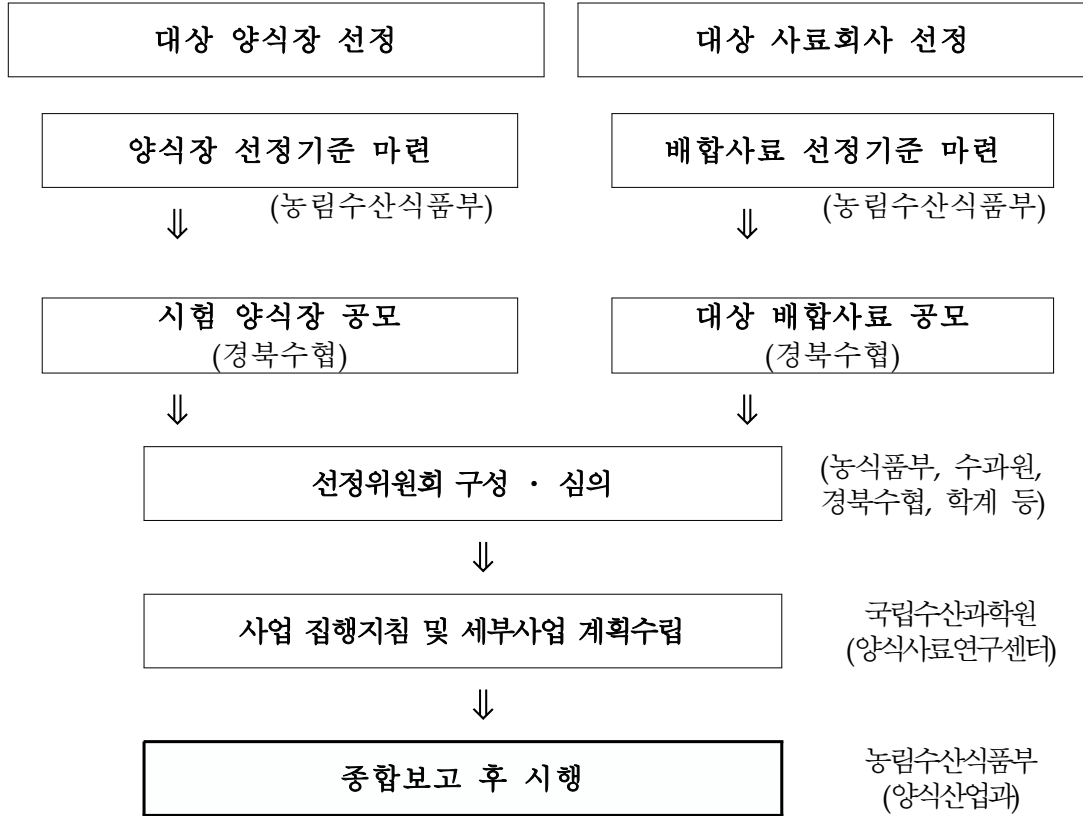
본 연구는 기존 어류양식시 사용하는 양식사료를 생사료 위주에서 배합사료 위주로 전환하여 정부의 친환경양식사료 사용 정책 및 배합사료 직불제 활성화를 위해 배합사료 현장시험을 통한 검증된 데이터로 양식 어업인들의 배합사료 불신 해소 및 인식 제고하는데 그 목적이 있다.

2. 추진체계

가. 추진내용



나. 사업자 선정



제 2 장 국내외 기술개발 현황

각 나라의 배합사료 기술현황을 살펴보면, 미국의 경우, 양식산업의 기반이라고 할 수 있는 환경 친화적 저오염, 고효율 배합사료 개발을 통하여 하와이주의 마이마이, 캘리포니아 주의 철갑상어, 텍사스주의 홍민어, 북부의 송어, 북동부의 연어, 남부지방에서는 채널메기를 주요 어종으로 하여 배합사료만으로 양식을 하고 있다(이, 1995; 이, 2000). 채널메기의 경우 연간 40만 톤을 생산하며, 메기용 배합사료 생산량만 60~80만 톤에 이르고 있다. 일본의 경우, 참돔은 연간 약7만 톤을 거의 전량 배합사료로 생산하고 있으며, 방어는 1.5 kg 전후까지는 대부분 배합사료로 공급하고, 이후 2~5kg까지는 여전히 배합사료와 함께 생사료(MP 포함)도 사용하면서 연간 약16만 톤을 생산하고 있다(農林水産統計, 2009). 노르웨이의 경우, 연간 약50만 톤의 연어류가 100% 배합사료로 해상가두리 양식장에서 생산되고 있다. 최근에는 사료계수가 0.9(연어 1kg 생산에 배합사료 사용량이 0.9kg) 밖에 안되는 고효율 배합사료를 개발했다는 보고가 있으며, 현재도 노르웨이 연어생산에 사용되는 상업용 배합사료의 국가 전체 사료계수가 약1정도인 것으로 알려져 있다.

국내 배합사료도 담수어 중심으로 개발되기 시작하여 1970년대까지는 주로 수입사료 혹은 생사료에 기반을 둔 자가사료로 양식어를 사육하였으며, 태동기라고 말할 수 있는 1980년대부터는 국내에서도 뱀장어 및 잉어용 배합사료가 처음으로 생산 판매되기 시작하였다. 또한 잉어 가두리 양식업의 비약적인 발전과 팽창에 힘입어 양어사료 생산이 매년 200%의 증가를 나타내면서 1989년에는 총 9만여톤에 달하였다. 또한 생산판매에 참여한 업체도 10여 개 회사로 늘어났다. 해산어 배합사료는 1980년대 초반의 방어 축양사업의 일시적 호황으로 시작되었고 1980년대 후반에는 넙치 및 조피볼락 중심으로 해산어류 양식으로 바뀌면서 양어사료에도 담수어 사료의 정체와 함께 해산어 사료의 증가로 전체 성장을 이끌어 가고 있다(이, 1995). 어종별 기초 영양연구 및 사료개발은 1980년대 중반부터 국립수산과학원을 중심으로 활발히 수행되어 왔으며, 1990년대 중반 이후에는 대학에서도 기초연구를 수행하고 있으나 어종별, 크기별 영양기준 표준화 및 고효율 저오염 배합사료 실용화 등에 미흡한 부분이 많은 실정이다(이, 1995). 2003년 국립수산과학원내 양어사료연구개발팀이 구성되었고, 이후 2004년 국립수산과학원 양식사료연구센터가 설립되면서 실용배합사료 연구가 본격적으로 시작되었고(국립수산과학원, 2009), 넙치용 배합사료가 시판되고 있지만, 향후 고품질 양식사료개발에 대한 지속적인 연구개발이 요구된다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 성장도 조사

우리나라에서 해산어 양식에 사용되고 있는 배합사료와 생사료(MP포함)의 총 사용량이 2008년 기준으로 총 61만여 톤으로 증가되고 있으나, 아직까지 양어가들의 배합사료에 대한 불신으로 인해 양식현장에서는 넙치의 육성용 먹이로 메가리와 전갱이 같은 MP를 주로 사용하는 실정이며, 그 사용량이 전체 사료 사용량의 약 78%에 이르고 있다(표 1-1, 표 1-2, 표 1-3). 생사료는 성장도에 비하여 가공, 유통 및 보관 등에 많은 문제점들이 잠재되어 있을 뿐 아니라 사료 유실로 발생하는 수질오염은 심각한 환경적 문제를 유발시킬 수 있으므로 지속적으로 공급할 경우, 많은 불이익을 초래할 수 있다. 그러나, 고품질 배합사료인 이피(extruded pellet, EP)는 생사료의 문제점을 보완함과 동시에 사료원료의 성분중 예를 들면 베타전분을 α -화시켜 사료의 소화율을 높일 수 있기 때문에 지속적인 양식생산량의 증대를 위해서는 그 어중에 적합한 경제적이고 환경친화적인 실용 배합사료 개발이 시급한 실정이다. 더욱이 배합사료는 생사료와 비교하여 영양학적으로 균형 잡힌 사료로 만들 수 있고, 보관 및 취급이 용이하며, 사료공급량 조절이 쉬워 양식어를 체계적으로 건강하게 키울 수 있다. 그리고 생산량을 쉽게 조정하여 기간별 계획생산이 가능하므로 공급과 가격이 안정적이다. 이와 같이 배합사료의 장점이 많음에도 불구하고 생사료를 계속 사용하는 이유는 사료회사간의 가격경쟁 및 어분의 가격 폭등으로 인해 배합사료의 품질이 저하되거나 성어기의 성장둔화로 배합사료가 생사료에 비해 1~3개월 출하시기가 늦어지기 때문이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 양식 현장에서 신뢰할 수 있는 고품질 실용배합사료를 개발하여 양식 생산성을 높이는 반면, 어분대체 사료원료 개발 등을 통해 사료가격을 지속적으로 낮출 수 있도록 해야 한다. 2007년부터 2008년 말까지 넙치배합사료 제주현장시험을 통하여 배합사료인 EP는 생사료(MP 포함)와 유사한 성장결과를 나타내었다(국립수산과학원, 2009).

넙치 영양연구는 사료원료 이용성, 단백질요구량, 단백질/에너지 비, 아미노산 요구량, 지질 및 지방산 요구량, 탄수화물 영양연구, 미량 영양소 요구량 등 사료개발을 위한 영양학적 기초연구들이 수행되어져 왔으며(Kikuchi et al., 1997; Kim et al., 2002; Alam et al., 2002; Kim et al., 2004; Kim and Lee, 2004; Kim et al., 2005a), 아울러 고품질

EP(Extruded floating pellet, EP)에 대한 연구도 활발히 수행되어지고 있다(Cho et al., 2005; Kim et al., 2005b; Seo et al., 2005; Kim et al., 2005c; 국립수산과학원, 2006). 그러나, 배합사료 개발 시 그 어중에 적합한가를 충분한 검토 없이 개발되는 경우가 많아 영양성분의 불균형으로 어류의 성장 및 사료효율 측면에서 생사료에 비해 크게 개선되어 있지 않거나 가격에서도 비싸기 때문에 양식 사양가로부터 외면당하고 있는 실정이다. 최근들어 국립수산과학원은 사료 및 사료원료회사와 공동으로 지속적인 상품사료의 품질향상을 추진 중에 있다(국립수산과학원, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008). 또한, 배합사료직불제의 시행에 따른 배합사료 품질의 획기적인 향상을 위하여 농림수산식품부의 집중적인 R&D투자로 산학연이 공동연구를 수행하면서 넙치 고효율 배합사료개발연구(국립수산과학원, 2009)와 함께 넙치배합사료 제주지역 현장시험을 통하여 넙치용 배합사료는 지속적으로 품질이 향상되어 생사료와 유사한 성장 및 육질을 나타내고 있는 실정이다(국립수산과학원, 2009). 따라서, 본 성장도 조사는 경상북도지역의 양식장 현장시험을 통해 배합사료(EP) 불신을 해소하여 배합사료 사용의 활성화를 위하여 배합사료의 우수성을 성장결과를 통하여 검증하고자 하였으며 이때, 넙치 배합사료(EP) 및 생사료(MP 포함)의 영양학적 효과도 평가하고자 수행하였다.

표 1-1. 연도별 어류양식 생산량 및 생산금액*

(단위 : 톤/백만원)

품 종 \ 년 도		2003	2004	2005	2006	2007	2008	증감율(%) '08/'07
합 계	생산량	72,393	64,476	81,437	91,123	97,663	98,942	-1.3
	생산금액	639,004	613,673	723,205	798,376	802,348	764,456	-4.7
넙 치	생산량	34,533	32,141	40,075	43,852	41,171	46,329	12.5
	생산금액	367,096	330,937	353,585	458,933	438,934	407,864	-7.1
조 피 볼 락	생산량	23,771	19,576	21,297	27,517	35,564	32,977	-7.3
	생산금액	164,953	175,521	197,335	187,178	197,549	207,170	4.9
송 어	생산량	4,093	3,596	5,500	5,651	4,921	6,149	25.0
	생산금액	14,376	15,626	21,610	24,668	21,251	27,592	29.8
참 돔	생산량	4,417	3,988	5,816	4,386	7,213	7,477	3.7
	생산금액	37,251	35,538	52,686	35,802	57,386	56,237	-2.0
감성돔	생산량	1,084	1,379	2,671	2,705	2,841	1,588	-44.1
	생산금액	11,577	14,790	25,697	24,043	26,418	16,347	-38.1
기타돔	생산량	1,287	1,430	2,048	1,689	1,109	31	-97.2
	생산금액	14,647	16,530	25,721	20,464	16,625	433	-97.4
기 타 볼 락	생산량	167	132	339	496	415	263	-36.6
	생산금액	2,079	1,627	4,281	6,134	5,110	3,900	-23.7
농 어	생산량	2,778	1,850	2,600	1,571	2,361	2,008	-15.0
	생산금액	22,265	17,938	25,596	15,349	22,318	18,506	-17.1
기 타	생산량	263	384	1,091	3,256	2,068	2,120	2.5
	생산금액	4,760	5,166	16,694	25,805	16,757	26,407	57.6

표 1-2. 양식사료 수급동향(추정)*

(단위: 천 톤)

구분 \ 년도		'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
합 계		455	453	519	563	570	637	606
배합사료	소 계	76(17)**	76(17)	99(19)	110(20)	117(21)	146(23)	134(22)
	분말	33	30	29	26	23	21	23
	E.P	33	34	58	73	78	113	105
	수입산	10	12	12	11	16	12	6
생사료	소 계	379(83)	377(83)	420(81)	453(80)	453(79)	491(77)	472(78)
	국내산	200	262	315	348	340	399	421
	수입산	179	115	105	105	113	92	51

* 자료 : 농림수산식품부('02~'08어류양식현황조사)관세청, 지방청, (주)수협사료

** 소계의 ()은 총량에 대한 사료별 비율임

표 1-3. 양식용 배합사료 생산실적^{1, 2}

(단위 : 톤)

구분 \ 연도	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08
총 계	104,484	88,267	100,963	97,662	100,690	113,147	90,002
해산어	65,567	53,623	64,448	67,013	74,277	76,682	55,470
넙 치	16,363	13,926	16,876	15,816	16,588	18,457	17,064
조피볼락	19,110	13,368	16,113	17,785	21,062	15,841	16,209
돔 류	-	-	-	6,188	5,195	6,291	5,734
새 우	11,526	9,918	9,227	7,869	6,585	5,002	4,500
기타 해산어*	18,568	16,411	22,232	19,355	24,847	31,091	11,964
담수어	38,917	34,644	36,515	30,649	26,413	36,465	34,531
송 어	7,094	6,904	6,954	4,859	4,243	4,202	4,116
뱀 장 어	6,795	5,637	5,455	4,157	4,657	13,530	8,059
메 기	12,288	10,841	13,625	9,947	7,609	12,924	13,298
미꾸라지	9,662	9,627	8,884	7,031	4,240	2,862	2,274
기타 담수어	3078	1,635	1,597	4,655	5,664	2,947	6,784

¹단미사료협회 통계자료(2002 ~ 2007)

²양어용 배합사료 판매실적(2008)

1. 실험사료 성분분석

가. 일반성분

(1) 분석방법

일반성분은 각 양식장의 생사료의 원료와 실험사료를 대상으로 분석하였으며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000)방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 2시간), 조단백질은 kjeldahl 질소정량법($N \times 6.25$), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, Soxtec system 1046(Tecator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

(2) 분석결과

각 양식장에서 MP 제조시 사용한 원료의 일반성분 분석결과를 표 1-4에 나타내었다. 수분은 65~87%, 조단백질은 11%~18%, 조지방은 1%~11%을 나타내어 월별로 생사료 원료의 성분 함량에 차이가 있었다. 넙치를 양식하는 동안 각 양식장에서 공급한 사료(EP 및 MP)의 일반성분 분석결과를 표 1-5(1-5-1, 1-5-2 및 1-5-3)에 나타내었다. 청양수산 및 석병수산 두 곳 모두 시판용 EP는 수분이 8~11%이었지만 수침을 하면서 청양수산은 18%~28%로 석병은 26%~29%로 나타났다. MP의 수분은 청양수산이 75~77%, 석병수산이 65~71%로 나타났다. MP의 수분함량이 EP보다 3~4배 높게 나타났다. EP의 조단백질 함량은 39%이상으로 MP 단백질의 13%~21% 보다 약3배 높은 값을 나타내었다. 조지방 함량의 경우 MP는 3%~8%로 나타났으며 EP는 2~3배 높게 9%~16%로 나타났다.

나. 산가

(1) 분석방법

산가(acid value, AV)는 분쇄한 EP 및 MP 3.0g을 정확히 취해 200mL 삼각플라스크에 넣고 ether : ethanol(1 : 1, v/v) 혼합용액 100mL를 가하여 녹인 다음 1% phenolphthalein 용액 2~3방울을 가하고 0.1N KOH-ethanol 용액으로 적정하였다. 용액이 미홍색으로 30초간 지속될 때를 종말점으로 하여 산가를 측정하였다.

(2) 분석결과

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 사료(EP 및 MP)의 산가를 표 1-6에 나타내었다. 7월, 8월 및 9월에 공급한 사료의 산가는 각종 영양제등 첨가제를 물에 섞어 첨가한 EP가 MP보다 대부분 높은 값을 나타내었다.

표 1-4. 생사료의 일반성분(%)

월별	어종	청양수산 & 석병수산				비고
		수분	조단백질	조지질	조회분	
08. 06.	까나리	79.1	15.7	5.0	2.1	경북
08. 06.	곤쟁이	86.7	11.2	1.1	3.0	경북
	청 어	65.4	15.5	16.4	2.1	경북
	청 어	65.2	18.2	14.6	2.9	경북
08. 08.~12.	청 어	72.3	15.8	9.3	2.4	경북
	청 어	68.4	16.2	14.9	2.5	경북
08. 6.	고등어	68.3	18.8	8.9	2.5	제주
	전갱이	71.8	18.0	3.3	3.4	제주
08. 7.	청어	70.3	17.3	8.1	2.9	제주
	고등어	75.9	17.9	1.8	2.8	제주
08. 9.	청어	73.6	17.2	7.6	3.4	제주
	고등어	73.7	20.2	3.4	2.8	제주
08. 11.	고등어	62.2	18.8	16.2	2.9	제주
	전갱이	72.5	21.6	1.1	4.8	제주

표 1-5. 실험사료의 일반성분(% as is)

1-5-1. 청양수산 넙치 육성어 실험사료의 일반성분(% as is)

월 별	청양수산(사료)							
	육성어 수침후EP*				육성어MP			
	수분	조단백질	조지질	조회분	수분	조단백질	조지질	조회분
08. 6.	17.8	45.6	10.2	8.9	77.1	13.4	4.0	2.5
08. 7.	18.3	45.0	11.1	8.8	74.7	14.0	4.2	2.3
08. 8.	20.6	43.5	10.9	8.3	77.2	13.5	2.5	2.6
08. 9.-11.	20.2	43.5	10.3	9.7	77.2	13.5	2.5	2.6
08. 12.	21.4	42.7	9.2	9.4	74.5	15.1	5.3	3.1

*EP수분함량(%): 7.9~10.8

1-5-2. 청양수산 넙치 미성어 실험사료의 일반성분(% as is)

월 별	청양수산(사료)							
	미성어 수침후EP*				미성어MP			
	수분	조단백질	조지질	조회분	수분	조단백질	조지질	조회분
08. 6.	19.5	43.8	9.2	7.8	77.1	13.4	4.0	2.5
08. 7.	17.5	43.0	15.5	8.0	77.3	13.3	4.5	2.5
08. 8.	27.8	38.8	8.9	7.9	75.1	13.9	3.3	3.5
08. 9-11	18.8	43.0	14.5	7.9	75.1	13.9	3.3	3.5
08. 12.	21.4	42.7	9.2	9.4	74.5	15.1	5.3	3.1

*EP수분함량(%): 9.1~10.2

1-5-3. 석병수산 넙치 육성어 실험사료의 일반성분(% as is)

월 별	석병수산(사료)							
	육성어 수침후EP				육성어 MP			
	수 분	조단백질	조지질	조회분	수 분	조단백질	조지질	조회분
08. 06.-07	25.5	41.0	10.6	7.8	64.9	19.6	7.1	4.0
08. 8.	28.8	39.1	9.1	6.5	66.8	17.4	8.4	3.9
08. 9.	(9.8)**	(49.0)	(9.5)	(10.9)	68.4	19.4	5.9	4.2
08. 10.	(9.7)	(49.0)	(8.9)	(10.9)	71.2	18.6	3.4	4.1
08. 11.~12.	25.6	41.2	7.8	9.5	65.9	20.7	7.4	2.8

*EP수분함량(%): 9.1~10.2

**(): 수침전 함량(%): 8.8~12.3

표 1-6. 실험사료 산가

월 별	청양수산		석병수산		비고
	육성어/미성어	육성어/미성어	육성어	육성어	
	EP(수침)	MP	EP(수침)	MP	
08. 7	8.8/5.0	2.8/2.9	7.1	6.7	경북
08. 8	8.6/6.5	4.6/2.6	3.0	1.8	경북
08. 9	5.6/5.2	-	4.7	4.9	경북
08. 6	3.8	3.7	3.7	4.0	제주
08. 7	8.1	5.0	7.4	4.4	제주
08. 8	4.5	4.0	3.7	3.8	제주
08. 9	6.6	3.4	6.8	2.7	제주

다. 지방산

(1) 분석방법

지방산 분석은 각 양식장의 배합사료와 습사료를 동결건조하고 분쇄한 시료 3 g에 대하여 4배량의 chloroform : methanol 혼합용매(2 : 1, v/v)를 가하여 homogenizer로 2분간 교반한 후, 여과하여 얻은 여액을 플라스크에 넣고 evaporator로 용매를 제거하여 지질을 추출하였다. 추출한 지질은 14% BF₃-methanol(Sigma Chemical Co., USA) 2mL를 가하고 30분간 85℃에서 가열시킨 다음, 석유 ether로 추출하여 지방산 분석용 시료로 사용하였다.

(2) 분석결과

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 사료(EP 및 MP)의 지방산 조성을 표 1-7에 나타내었다. EP 및 MP의 지방산중 가장 높은 함량을 나타낸 것은 포화지방산(saturated fatty acid, SFA)인 팔미트산(palmitic acid, C16:0)으로 청양수산 및 석병수산 MP에서 각각 29.51% 및 30.46%이었으며 청양 및 석병 EP에서 각각 20.20% 및 21.45%이었다. MP가 EP보다 높은 값을 나타내었다. Monoene인 올레산(oleic acid, C18:1n-9)함량도 높게 나타났으며 청양 및 석병 MP에서 각각 26.56% 및 25.96%이었으며 청양 및 석병 수산EP에서 각각 15.35% 및 15.57%이었다. MP가 EP보다도 높은 값을 나타내었다.

Polyene인 DHA(docosahexaenoic, 22:6n-3)함량도 높게 나타났으며 청양 및 석병수산EP에서 각각 23.17% 및 18.79%이었으며 청양 및 석병수산MP에서 각각 5.22% 및 4.19%로 사료종류별 큰 차이를 나타내었다. 리놀레산(linoleic acid, C18:2n-6)함량도 높게 나타났으며 청양 및 석병 EP에서 각각 12.87% 및 11.20%이었으며 청양 및 석병 MP에서 각각 2.05% 및 3.14%로 사료종류별 큰 차이를 나타내었다. 또한, EPA(eicosapentaenoic acid, C20:5n-3)함량도 다소 높게 나타났으며 청양 및 석병수산EP에서 각각 6.14% 및 5.10%이었으며 청양 및 석병수산MP에서 각각 4.43% 및 2.25%이었다. C22:5n-3도 유사한 경향을 나타내었다. 이들 고도불포화 지방산은 EP구에서 MP보다도 높은 값을 나타내었다. 나머지 다른 지방산 성분도 청양수산 및 석병수산의 EP구 및 MP구에서 유사한 경향을 나타내었다.

표 1-7. 실험사료의 지방산 조성(% of total fatty acid)

	청양수산EP	청양수산MP	석병수산EP	석병수산MP
C14:0	2.45	7.22	3.18	6.31
C16:0	20.20	29.51	21.45	30.46
C16:1n-7	3.18	12.40	7.35	8.48
C18:0	6.42	5.42	6.04	9.49
C18:1n-9	15.35	26.56	15.57	25.96
C18:2n-6	12.87	2.05	11.20	3.14
C18:3n-3	1.27	0.87	1.17	0.73
C20:1n-9	-	0.35	0.20	0.47
C20:2n-6	2.86	2.06	2.75	4.01
C20:3n-6	-	0.25	1.34	0.32
C20:3n-3	1.58	1.00	1.48	1.02
C20:5n-3	6.14	4.43	5.10	2.25
C22:0	-	0.29	0.72	0.38
C22:2n-6	0.84	0.34	0.75	0.50
C22:4n-3	0.51	0.18	0.28	0.11
C22:5n-3	2.16	0.38	1.74	0.48
C22:6n-3	23.17	5.22	18.79	4.19
C24:0	1.00	1.46	0.86	1.70
Total	100	99.99	99.97	100

라. 아미노산

(1) 분석방법

구성아미노산 분석은 각 양식장의 EP와 습사료를 동결건조하고 분쇄한 시료 0.5g을 정밀히 취하여 시험관에 넣고 6N-HCl 15mL를 가하여 감압밀봉한 후 110℃의 dry oven에서 24시간 이상 동안 산가수분해시켰다. Glass filter로 분해액을 여과하고 얻은 여액을 55℃에서 감압농축 하여 염산과 물을 완전히 증발시킨 다음, 농축된 시료를 sodium

citrate buffer(pH 2.20)로 25mL 정용플라스크에 정용하여 0.45 μ m membrane filter로 여과한 시료액을 아미노산 자동 분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd., England)를 사용하여 분석하였다.

(2) 분석결과

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 EP 및 MP의 구성아미노산 조성을 표 1-8에 나타내었다. 청양수산과 석병수산에서 넙치에 공급한 EP와 MP의 아미노산의 대부분을 차지하고 있는 것은 글루탐산(glutamic acid), 아스파르트산(aspartic acid), 리신(lysine) 및 로이신(leucine)이었으며 필수아미노산 중에서 리신의 함량이 가장 높았으며 로이신, 아르기닌순이었다.

표 1-8. 실험사료의 아미노산(% protein)

아미노산	청양수산 EP	청양수산 MP	석병수산 EP	석병수산 MP
Alanine	5.76	6.65	5.84	6.18
Arginine	5.78	6.29	5.81	5.95
Aspartic acid	8.90	8.86	8.87	9.23
Cystine	0.62	0.67	0.64	0.72
Glutamic acid	16.20	12.92	16.13	13.68
Glycine	6.03	8.89	6.28	6.75
Histidine	3.40	3.60	3.81	4.23
Isoleucine	4.32	3.84	4.25	4.38
Leucine	7.45	6.80	7.39	7.48
Lysine	7.49	8.10	7.45	8.46
Methionine	2.44	2.71	2.43	2.74
Phenylalanine	4.19	3.90	4.21	4.10
Proline	5.09	5.03	4.76	3.92
Serine	4.06	4.15	4.05	3.96
Threonine	4.09	4.19	4.07	4.31
Tyrosine	3.09	3.04	3.11	3.11
Valine	5.17	4.94	5.13	5.30

2. 성장도 조사결과

가. 청양수산

1) 실험방법

가) 실험사료

실험사료는 상품 배합사료인 EP(extruded pellet)와 습사료인 MP(moist pellet)를 사용하였다. 상품사료EP는 사료회사 1개사를 선정하여 시중에 시판되는 상업용 부상배합사료를 성장단계별로 구입하여 사용하였고, MP는 양식장현장에서 직접 크기별로 제조하여 냉동한 후 사용하였다. MP원료로는 까나리, 곤쟁이를 사용하였으며, 사료첨가제로는 소화제, 종합비타민, 비타민C, E를 EP(수침 10%) 및 MP에 첨가하여 사용하였다.

나) 넙치 실험어 및 사육관리

실험어인 넙치는 충청남도 태안군에 위치한 종묘배양장으로부터 경북 포항시 북구 청하면에 위치한 청양수산으로 운반하여 4주간 예비 사육하였으며, 실험사료에 적응시키기 위해 실험시작 전 넙치 상품사료를 공급하였다. 예비사육 후, 평균체중 $624 \pm 4g$ (mean \pm SD)인 넙치 미성어 각각 9,000마리(EP 9,000마리, MP 9,000마리)를 6개 콘크리트수조(10 \times 12m)에 각각 MP 및 EP실험구로 분조하여 무작위 배치하였고, 평균체중 $171.7 \pm 2g$ (mean \pm SD)인 넙치 육성어 69,500마리(EP 35,500마리, MP 34,000마리)를 10개 콘크리트수조(10 \times 10m)와 10개 콘크리트수조(6 \times 6m)에 각각 MP 및 EP실험구로 분조하여 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 생해수를 시간당 18~20회전 되도록 하였으며, 실험기간 동안 수온은 13~27 $^{\circ}C$ 로 전 기간 자연수온에 의존하였다. 사료 공급량은 1일 1~2회 만복 공급하였으며, 사육기간은 6개월(2008년 6월 4일~2008년 12월 22일)이었다.

다) 성장 및 통계처리

성장 측정은 매일 각 수조별 수용된 실험어의 20~40마리를 수조당 2~3회씩 평균체중으로 측정하였으며, 실험종료 후 총중량, 증체량, 증체율, 사료섭취량, 사료효율 생존율 등을 조사하였다.

결과의 통계처리는 SPSS program을 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

- 증체율(%)=(최종 평균체중-최초 평균체중)×100/최초 평균체중
- 사료효율(건물, %)=(증체량/총사료섭취량)×100
- 생존율(%)=(최종 어류 마리수/최초 어류 마리수)×100

2) 실험결과

가) 성장 결과 및 고찰

각 5개월(미성어), 6개월(육성어) 동안 사육한 넙치의 두 가지 사료구의 성장 결과는 표 1-9, 1-10에 나타내었다. 청양수산 미성어의 사육실험에서 최초 평균체중이 620~628g이던 것이 5개월 후에는 평균체중 1,277~1,368g으로 성장하였으며, 증체율은 EP 및 MP구에서 각각 106%, 118%로 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 월별 증체량에 있어서 6월에서 11월까지 넙치 성장에 적합한 수온이 유지되어 증체율은 평균 100g ~ 200g이상의 높은 증체율을 보였다. 사료효율은 건물기준으로 EP구가 100%, MP구가 163%으로 나타났으나, 미성어 실험구의 경우 선두그룹과 하위그룹간의 성장차이가 심해 측정시 차이가 발생하였던 것으로 사료되며, EP구의 경우 사료공급 방법에 따라 수중으로 유실되는 양이 많아질 수도 있기 때문에 사료효율이 낮아졌다고 사료된다. 생존율은 EP구가 72%, MP구가 80%로 MP구가 높게 나타났다. 이는 9월부터 발생한 아가미흡충, 세균성 질병에 의하여 EP구가 MP구에 비해 상대적으로 많은 폐사가 발생하였기 때문이다. 월별 생존율은 6월에서 8월까지의 차이가 없거나 오히려 EP구가 높게 나타났으나, 8월 이후 질병발생으로 EP구에 비해 MP구가 높게 나타났다.

청양수산의 육성어 사육실험에서 최초 평균체중이 170~172g이던 것이 6개월 후에는 평균체중 764~793g으로 성장하였으며, 증체율은 EP 및 MP구에서 각각 344%, 366%로 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 월별 증체량에 있어서 6월에서 8월까지의 차이가 없었으나, 8월 이후 EP구의 아가미 흡충, 세균성 질병발생으로 인한 절식 등의 영향으로 9~11월까지의 월별 증체량은 EP구가 낮게 나타났으나, 11월 이후부터 실험 종료시까지는 차이가 없었다. 사료효율은 건물기준으로 MP구가 170%로 EP구의 122%보다 우수한 성적을 보였다. 생존율은 59~81%로 MP구가 높게 나타났다. 이는 고수온기에 발생한 아가미흡충, 세균성 질병에 의하여 EP구가 MP구에 비해 상대적으로 많은 폐사 때문이다. EP제조시, 사료물성에 따라 성장, 영양소 이용효율, 사료섭취율 및 체성분 등에 있어 차이가 중요한 변수가 될 것으로 판단되어 향후 더 많은 기초연구가 뒷받침되어야 원인분

석에 따른 문제점 해결로 생존율 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

이와 같이 본 청양수산의 현장시험에서 EP가 MP와 유사한 성장을 나타내었음을 확인하였고, 사육관리의 용이성과 작업량 감소, 작업 시간 단축 등의 장점들을 확인 할 수 있었다. 넙치 육성어 (42~108g)를 대상으로 8주간 사육시험에 있어서 EP실험사료가 상품사료 및 습사료보다 우수한 성적을 보였고(이 등, 2005), 200g의 넙치 육성어(200~680g)를 대상으로 12개월 장기간에 걸쳐 EP와 습사료의 성적을 비교 평가한 결과, EP가 MP보다 좋은 증체율과 생존율을 보였다고 보고하였다(김 등, 2005). 최근에도 EP의 성능에 대한 많은 연구결과들이 보고되고 있다(Kim et al., 2005b; Cho et al., 2005; Lee et al., 2005; Seo et al., 2005).

상기 청양수산의 결과를 토대로 EP구의 넙치는 MP구의 넙치의 성장 및 사료효율과 비교하여 유사하게 나타났으며, EP의 산업화 보급에 손색이 없을 것으로 판단된다.

표 1-9. 청양수산 넙치 미성어의 최종 성장 결과(08. 06. 04~08. 11. 05)

조사내용	EP구	MP구
최초 마리수	9,000	9,000
현재 마리수	6,512	7,186
최초 체중(g) (08. 06. 04)	620	628
최종 체중(g) (08. 11. 05)	1,277	1,368
생존율(%)	72	80
증체량(g)	657	740
증체율(%)	106	118
사료효율(%, 건물)	100	163

표 1-10. 청양수산 넙치 육성어의 최종 성장 결과(08. 06. 04~08. 12. 22)

조사내용	EP구	MP구
최초 마리수	35,500	34,000
현재 마리수	20,778	27,700
최초 체중(g) (07. 06. 04)	172	170
최종 체중(g) (08. 12. 22)	764	793
생존율(%)	59	81
증체량(g)	592	623
증체율(%)	344	366
사료효율(%, 건물)	122	170

표 1-11. 청양수산 넙치 미성어 월별 증체량 및 생존율 결과

월 별	사료 종류	마리수	평균 체중 (g)	증체량 (g)	생존율 (%)	누 계		
						증체량 (g)	생존율 (%)	총 마리수
최초 (6월)	EP	9,000	620	-	-	-	-	18,000
	MP	9,000	628	-	-	-	-	
7월	EP	8,686	716	96	97	96	97	17,484
	MP	8,798	776	148	98	148	98	
8월	EP	8,327	777	61	96	157	93	16,667
	MP	8,340	809	33	95	181	93	
9월	EP	7,955	840	63	96	220	88	15,949
	MP	7,994	966	157	96	338	89	
10월	EP	7,059	1,004	164	89	384	78	14,549
	MP	7,490	1,116	150	94	488	83	
11월	EP	6,512	1,277	223	92	657	72	13,698
	MP	7,186	1,368	252	96	740	80	

표 1-12. 청양수산 넙치 육성어 월별 증체량 및 생존율 결과

월 별	사료 종류	마리수	평균 체중 (g)	증체량 (g)	생존율 (%)	누 계		총 마리수
						증체량 (g)	생존율 (%)	
최초 (6월)	EP	35,500	172	-	-	-	-	69,500
	MP	34,000	169	-	-	-	-	
7월	EP	34,790	259	87	98	87	98	68,286
	MP	33,496	234	65	99	65	99	
8월	EP	33,427	342	83	96	170	94	66,245
	MP	32,818	292	58	98	123	97	
9월	EP	32,041	388	46	96	216	90	63,385
	MP	31,344	393	101	96	224	93	
10월	EP	27,671	444	56	86	272	78	57,033
	MP	29,362	454	61	94	285	86	
11월	EP	22,740	553	109	82	381	64	50,960
	MP	28,220	578	124	96	409	83	
12월	EP	21,025	616	63	93	444	59	48,856
	MP	27,831	636	58	97	467	82	
최종 (12월)	EP	20,778	764	148	99	592	59	48,478
	MP	27,700	793	157	99.5	624	81	

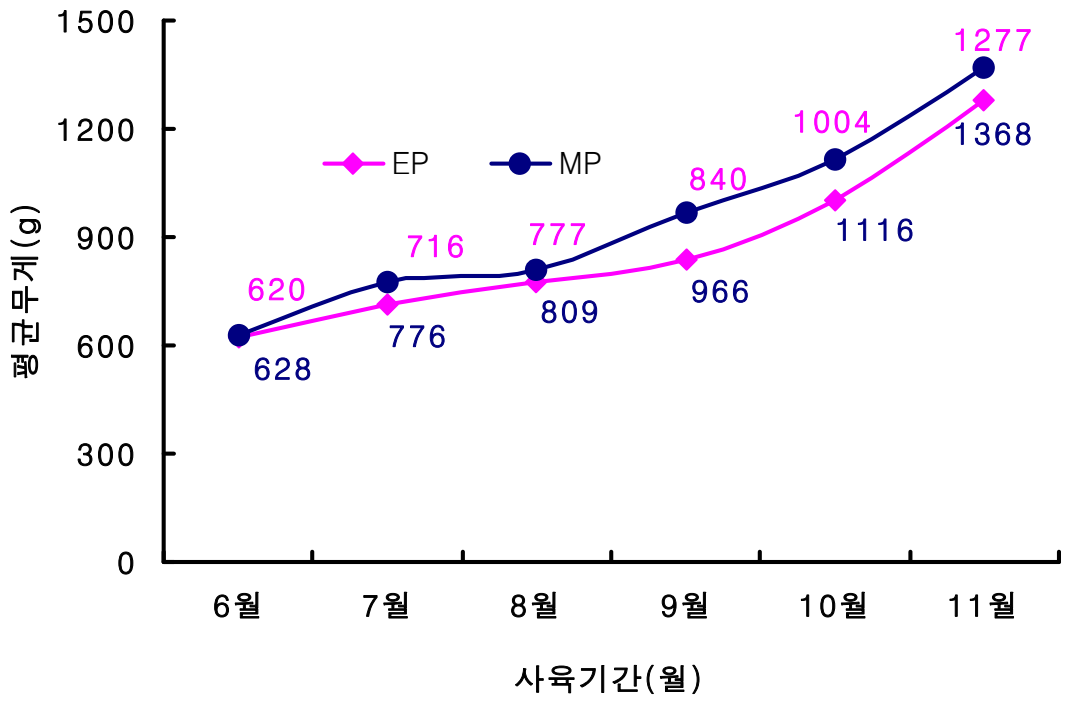


그림 1-1. 청양수산 넘치 미성어 월별 평균체중(g)

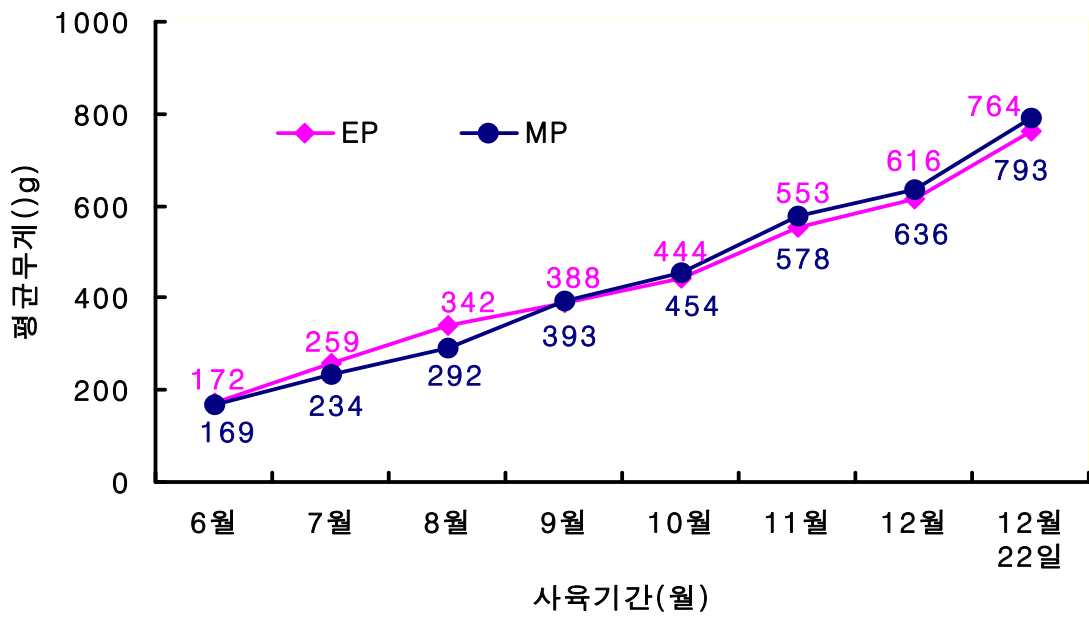


그림 1-2. 청양수산 넘치 육성어 월별 평균체중(g)

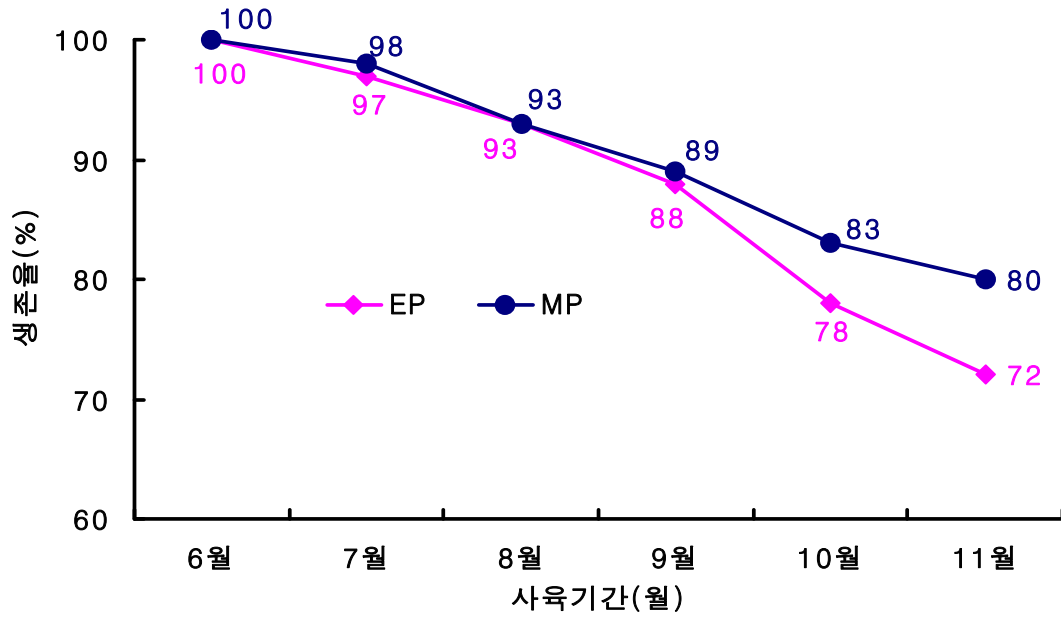


그림 1-3. 청양수산 넙치 미성어 월별 누적생존율(%)

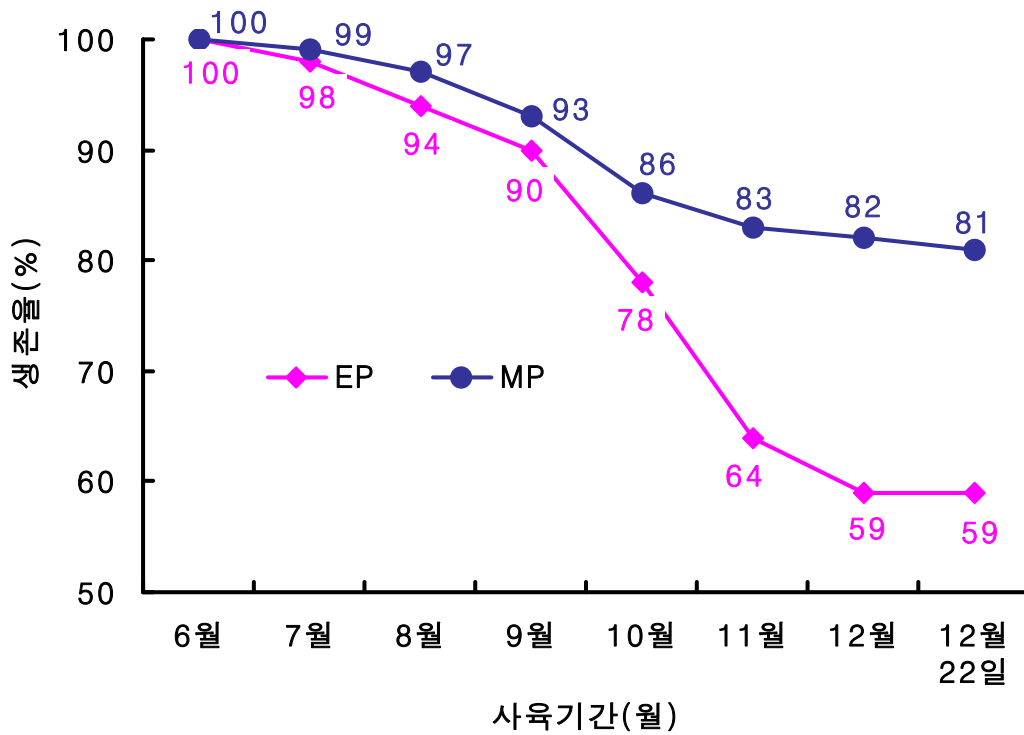


그림 1-4. 청양수산 넙치 육성어 월별 누적생존율(%)

나) 월별 성장도조사 결과

표 1-13. 청양수산 넙치 미성어 7월 성장 결과(08. 07. 07)

조사내용	EP구	MP구
최초 마리수	9,000	9,000
7월 마리수	8,686	8,798
최초 체중(g) (08. 06. 04)	620	628
7월 체중(g) (08. 07. 07)	715	776
생존율(%)	97	87
증체량(g)	96	148
증체율(%)	15	24
사료효율(% , 건물)	67	233

표 1-14. 청양수산 넙치 미성어 8월 성장 결과(08. 08. 05)

조사내용	EP구	MP구
7월 마리수	8,686	8,798
8월 마리수	8,327	8,340
7월 체중(g) (08. 07. 07)	715	776
8월 체중(g) (08. 08. 05)	777	809
생존율(%)	96	95
증체량(g)	62	33
증체율(%)	9	4
사료효율(% , 건물)	71	50

표 1-15. 청양수산 넙치 미성어 9월 성장 결과(08. 09. 03)

조사내용	EP구	MP구
8월 마리수	8,327	8,340
9월 마리수	7,955	7,994
8월 체중(g) (08. 08. 05)	777	809
9월 체중(g) (08. 09. 03)	840	966
생존율(%)	96	96
증체량(g)	63	157
증체율(%)	9	20
사료효율(%, 건물)	35	172

표 1-16. 청양수산 넙치 미성어 10월 성장 결과(08. 10. 08)

조사내용	EP구	MP구
9월 마리수	7,955	7,994
10월 마리수	7,059	7,490
9월 체중(g) (08. 09. 03)	840	966
10월 체중(g) (08. 10. 08)	1,004	1,116
생존율(%)	89	94
증체량(g)	164	150
증체율(%)	20	16
사료효율(%, 건물)	148	184

표 1-17. 청양수산 넙치 미성어 11월 성장 결과(08. 11. 05)

조사내용	EP구	MP구
10월 마리수	7,059	7,490
11월 마리수	6,512	7,186
10월 체중(g) (08. 10. 08)	1,004	1,116
11월 체중(g) (08. 11. 05)	1,277	1,368
생존율(%)	92	96
증체량(g)	223	252
증체율(%)	27	23
사료효율(% , 건물)	147	88

표 1-18. 청양수산 넙치 육성어 7월 성장 결과(08. 07. 07)

조사내용	EP구	MP구
6월 마리수	35,500	34,000
7월 마리수	34,790	33,496
6월 체중(g) (08. 06. 04)	172	169
7월 체중(g) (08. 07. 07)	259	234
생존율(%)	98	99
증체량(g)	87	65
증체율(%)	51	38
사료효율(% , 건물)	140	156

표 1-19. 청양수산 넙치 육성어 8월 성장 결과(08. 08. 05)

조사내용	EP구	MP구
7월 마리수	34,790	33,496
8월 마리수	33,427	32,818
7월 체중(g) (08. 07. 07)	259	234
8월 체중(g) (08. 08. 05)	342	292
생존율(%)	96	98
증체량(g)	83	58
증체율(%)	32	24
사료효율(%, 건물)	141	113

표 1-20. 청양수산 넙치 육성어 9월 성장 결과(08. 09. 03)

조사내용	EP구	MP구
8월 마리수	33,427	32,818
9월 마리수	32,041	31,344
8월 체중(g) (08. 08. 05)	342	292
9월 체중(g) (08. 09. 03)	388	393
생존율(%)	96	96
증체량(g)	46	101
증체율(%)	25	35
사료효율(%, 건물)	59	133

표 1-21. 청양수산 넙치 육성어 10월 성장 결과(08. 10. 08)

조사내용	EP구	MP구
9월 마리수	32,041	31,344
10월 마리수	27,671	29,362
9월 체중(g) (08. 09. 03)	388	393
10월 체중(g) (08. 10. 08)	444	454
생존율(%)	86	94
증체량(g)	56	61
증체율(%)	15	24
사료효율(% , 건물)	70	152

표 1-22. 청양수산 넙치 육성어 11월 성장 결과(08. 11. 05)

조사내용	EP구	MP구
10월 마리수	27,671	29,362
11월 마리수	22,740	28,220
10월 체중(g) (08. 10. 08)	444	454
11월 체중(g) (08. 11. 05)	553	578
생존율(%)	82	96
증체량(g)	109	124
증체율(%)	25	27
사료효율(% , 건물)	161	184

표 1-23. 청양수산 넙치 육성어 12월 성장 결과(08. 12. 02)

조사내용	EP구	MP구
11월 마리수	22,740	28,220
12월 마리수	21,025	27,831
11월 체중(g) (08. 11. 05)	553	578
12월 체중(g) (08. 12. 02)	616	636
생존율(%)	93	99
증체량(g)	63	58
증체율(%)	11	10
사료효율(%, 건물)	88	82

표 1-24. 청양수산 넙치 육성어 최종 성장 결과(08. 12. 22)

조사내용	EP구	MP구
12월 마리수	21,025	27,831
최종 마리수	20,778	27,700
12월 체중(g) (08. 12. 02)	616	636
최종 체중(g) (08. 12. 22)	764	793
생존율(%)	99	99.5
증체량(g)	148	157
증체율(%)	24	25
사료효율(%, 건물)	252	325

나. 석병수산

1) 실험방법

가) 실험사료

실험사료는 청양수산과 동일하게 배합사료는 사료회사 1개사를 선정하여 시판되는 상업용 배합사료인 EP를 성장단계별로 구입하여 사용하였고, 습사료인 MP는 양식장현장에서 직접 크기별로 제조하여 냉동한 후 사용하였다. MP원료는 생사료로 냉동 메가리, 곤쟁이 등을 사용하였으며, 사료제조는 생사료 90%에 분말사료 10%를 첨가하여 제조하였다. 사료첨가제로는 비타민제, 소화제 각각 5%를 EP(수침 30%) 및 MP에 첨가하여 사용하였다.

나) 실험어 및 사육관리

실험어인 넙치 육성어는 충남 태안군 개인양식장으로부터 포항시 남구 구룡포읍에 위치한 석병수산(구, 해성수산)으로 운반하여 예비 사육하였다. 이때 실험사료에 적응시키기 위해 실험시작 전 넙치 상품 배합사료인 EP를 4주간 공급하였다. 예비사육 후 평균체중 $176 \pm 1.5g(\text{mean} \pm \text{SD})$ 인 치어 100,400마리(EP 51,400마리, MP 49,000마리)를 콘크리트수조(6×7m, 7×8m, 10×15m, 12×34m, 7×25m)에 각각 MP 및 EP구로 분조하여 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 시간당 16~26회전 되도록 하였으며, 실험기간 동안 수온은 13~27℃로 전 기간 자연수온에 의존하였다. 사료공급은 1일 1~2회 반복 공급하였으며, 사육기간은 개월(2008 6월 5일~2008년 12월 23일)이었다.

다) 성장 및 통계처리

성장 및 통계처리는 청양수산과 동일한 방법으로 하였다.

2) 실험결과

가) 성장결과 및 고찰

6개월 동안 사육한 넙치에 대한 배합사료인 EP 및 습사료인 MP구의 성장 결과는 표 1-25 및 1-26에 나타내었다. 석병수산의 사육실험 결과, 최초 평균체중이 174~177g이던 것이 6개월 후에는 평균체중 746~717g으로 성장하였으며, 증체율은 1기(6월~9월)에서 EP가 143%로 MP의 123% 보다 높은 값을 보였으며, 2기(9월~12월)에서는 MP가 84%로 EP의 75%로 높은 값을 보였으나 두 실험구 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 6~8월에는 월별 증체량은 평균 40g을 보였으나, 9~11월에는 수온 상승에 따른 평균 135g 이상의 높은 증체량을 보였다.

사료효율은 1기(6월~9월)에 EP구가 55%, MP구가 89%, 2기(9월~12월)에 EP구가 99%, MP구가 155%로 전반적으로 여름철보다 가을철에 높은 값을 나타내었다. 모든 실험구에서 고른 성장을 보인 것으로 관찰되었다. 생존율은 1기(6월~9월)에서는 EP 및 MP구에서 84%, 85%로 차이가 없었으나, 2기(9월~12월)에 81%, 68%로 EP구가 MP구에 비해 높은 값을 보였는데, 이는 MP구에 10월초에 발생한 백점충과 기생충 질병발생에 기인한 것으로 보인다.

이와 같이 석병수산의 현장시험에서는 EP가 MP에 비해 오히려 뛰어난 성장을 보였으므로 배합사료인 EP산업화 보급에 전혀 손색이 없을 것으로 판단된다. 청양수산, 석병수산의 결과를 종합하여 볼 때 유사한 배합사료인 EP 및 MP를 사용하였지만 양식장별 사육 관리에 따라서 성장 및 생존율의 차이가 발생할 수 있음을 보여주고 있다.

표 1-25. 석병수산 넙치 육성어 1기(08. 06. 05~08. 09. 05)의 성장 결과

조사내용	육성어	
	EP구	MP구
최초 마리수	51,400	49,000
현재 마리수	44,475	32,529
최초 체중(g) (08. 06. 05)	174	177
최종 체중(g) (08. 09. 05)	426	390
생존율(%)	84	85
증체량(g)	252	213
증체율(%)	143	123
사료효율(% , 건물)	55	89

표 1-26. 석병수산 넙치 육성어 2기(08. 09. 05~08. 12. 23) 최종 성장 결과

조사내용	육성어	
	EP구	MP구
최초 마리수	44,475	32,529
현재 마리수	36,205	21,982
최초 체중(g) (08. 09. 05)	426	390
최종 체중(g) (08. 12. 23)	746	717
생존율(%)	81	68
증체량(g)	320	327
증체율(%)	75	84
사료효율(% , 건물)	99	155

표 1-27. 석병수산 넙치 육성어의 월별 증체량 및 생존율 결과

월	사료 종류	마리 수	평균 체중 (g)	증체량 (g)	생존율 (%)	누 계		
						증체량 (g)	생존율 (%)	총 마리수
1기 6월	EP	51,400	174	-	-	-	-	100,400
	MP	49,000	177	-	-	-	-	
1기 7월	EP	48,371	214	40	94	40	94	95,979
	MP	47,608	223	46	97	46	97	
1기 8월	EP	45,932	262	48	95	88	89	89,454
	MP	43,522	255	32	92	78	89	
1기 9월	EP	43,242	426	164	94	252	84	84,862
	MP	41,620	390	135	95	213	85	
2기 10월	EP	39,053	451	111	88	111	88	61,597
	MP	22,544	370	53	69	53	69	
2기 11월	EP	37,279	617	166	95	277	84	59,559
	MP	22,280	549	179	99	232	68	
2기 12월	EP	36,583	661	44	98	321	82	58,689
	MP	22,106	640	91	99	323	68	
2기 12월23일 (최종)	EP	36,205	746	85	99	406	81	58,187
	MP	21,982	717	77	99	400	68	

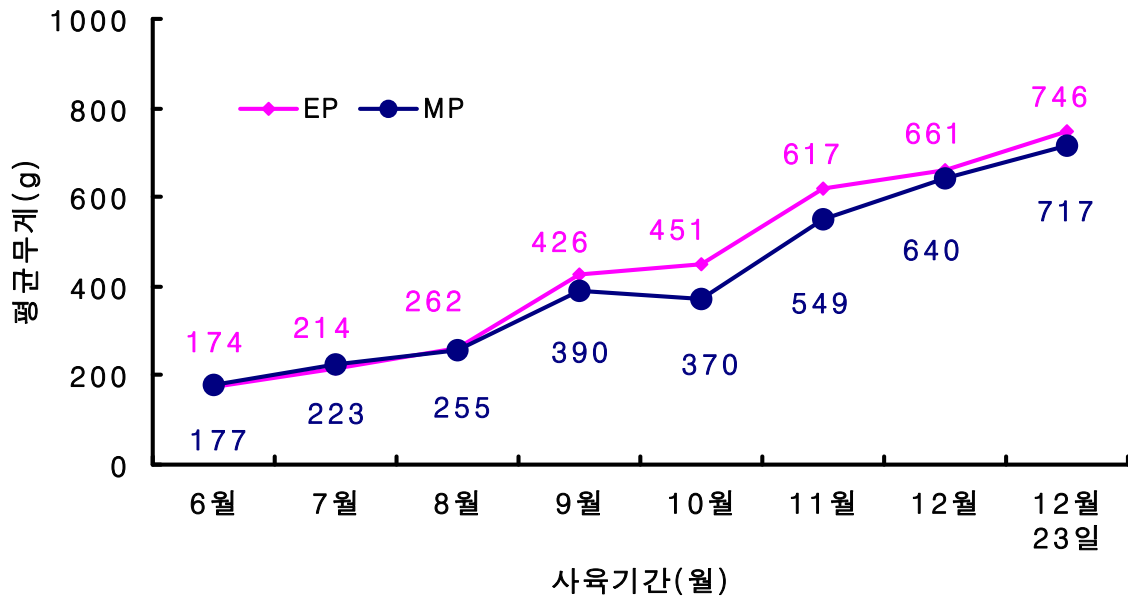


그림 1-5. 석병수산 넘치 육성어의 월별 평균체중(g)

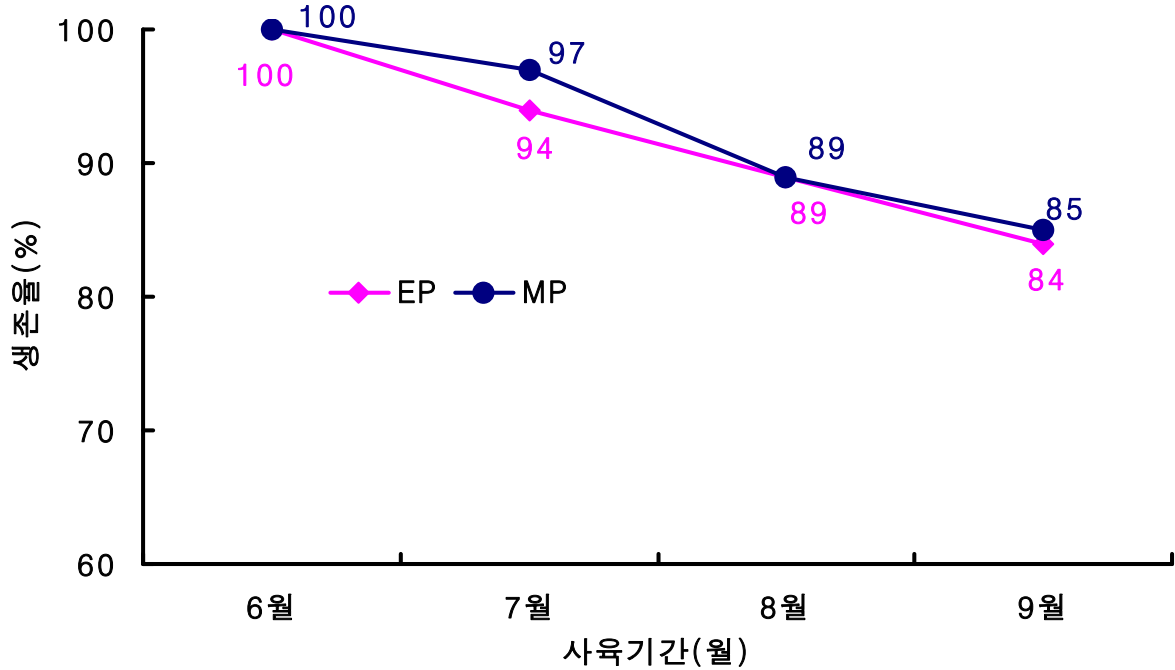


그림 1-6. 석병수산 넘치 육성어의 1기(6월~9월) 월별 누적생존율(%)

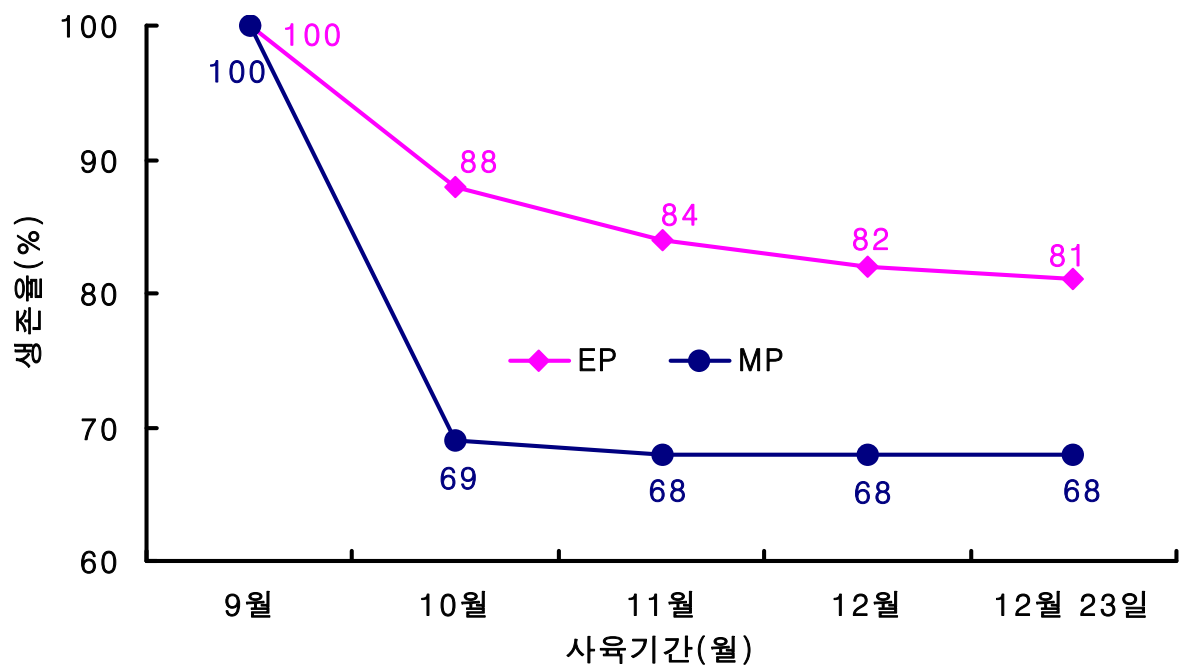


그림 1-7. 석병수산 넙치 육성어의 2기(9월~12월) 월별 누적생존율(%)

표 1-28. 석병수산 넙치 육성어의 7월 성장 결과(08. 07. 08)

조사내용	육성어	
	EP구	MP구
최초 마리수	51,400	49,000
7월 마리수	48,432	47,676
최초 체중(g) (08. 06. 05)	174	177
7월 체중(g) (08. 07. 08)	214	223
생존율(%)	94	97
증체량(g)	40	46
증체율(%)	23	26
사료효율(% , 건물)	45	97

표 1-29. 석병수산 넙치 육성어의 8월 성장 결과(08. 08. 07)

조사내용	육성어	
	EP구	MP구
7월 마리수	48,432	47,676
8월 마리수	45,932	43,522
7월 체중(g) (08. 07. 08)	214	223
8월 체중(g) (08. 08. 07)	262	255
생존율(%)	95	91
증체량(g)	48	32
증체율(%)	23	14
사료효율(% , 건물)	41	61

표 1-30. 석병수산 넙치 육성어의 9월 성장 결과(08. 09. 05)

조사내용	육성어	
	EP구	MP구
8월 마리수	45,932	43,522
9월 마리수	43,242	41,620
8월 체중(g) (08. 08. 07)	262	255
9월 체중(g) (08. 09. 05)	426	390
생존율(%)	94	96
증체량(g)	164	135
증체율(%)	63	53
사료효율(% , 건물)	75	275

표 1-31. 석병수산 넙치 육성어의 10월 성장 결과(08. 10. 07)

조사내용	육성어	
	EP구	MP구
최초 마리수	44,475	32,529
10월 마리수	39,053	22,544
최초 체중(g) (08. 09. 05)	426	390
10월 체중(g) (08. 10. 07)	451	370
생존율(%)	88	69
증체량(g)	25	-20
증체율(%)	6	-5
사료효율(% , 건물)	158	-33

표 1-32. 석병수산 넙치 육성어의 11월 성장 결과(08. 11. 06)

조사내용	육성어	
	EP구	MP구
10월 마리수	39,053	22,544
11월 마리수	37,279	22,280
10월 체중(g) (08. 10. 07)	451	370
11월 체중(g) (08. 11. 06)	617	548
생존율(%)	95	99
증체량(g)	166	178
증체율(%)	37	48
사료효율(% , 건물)	153	218

표 1-33. 석병수산 넙치 육성어의 12월 성장 결과(08. 12. 01)

조사내용	육성어	
	EP구	MP구
11월 마리수	37,279	22,280
12월 마리수	36,583	22,106
11월 체중(g) (08. 11. 06)	617	548
12월 체중(g) (08. 12. 01)	661	640
생존율(%)	98	99
증체량(g)	44	92
증체율(%)	7	17
사료효율(% , 건물)	47	133

표 1-34. 석병수산 넙치 육성어의 최종 성장 결과(08. 12. 23)

조사내용	육성어	
	EP구	MP구
12월 마리수	36,583	22,106
최종 마리수	36,205	21,982
12월 체중(g) (08. 12. 01)	661	640
최종 체중(g) (08. 12. 23)	746	717
생존율(%)	99	99
증체량(g)	85	77
증체율(%)	13	12
사료효율(% , 건물)	129	137

제 2 절 환경조사

육상시설을 이용하는 넙치양식은 날씨나 해황변동의 영향을 직접적으로 받지 않으며, 고밀도 육상양식장은 어류의 사육량에 비해 면적이 좁기 때문에 인위적인 환경관리가 쉽고, 목적에 따라 생산성 증대를 위한 수온 등 일부 환경요인을 조절할 수 있으며 자연 환경에서는 양식이 어렵거나 생산성이 낮은 어류를 대량 생산할 수 있다는 이점이 있어 1970년대 후반부터 보급되기 시작하였다(이 등, 2002). 하지만 폐쇄적인 양식장은 비교적 좁은 사육조에서 많은 어류를 수용함으로써 어류의 활동에 의한 수질 등 환경요소의 변화를 가져오기 쉽고, 양식 어류의 밀도가 높아짐에 따라 노폐물의 축적이 심각한 문제점으로 대두되고 있다. 사육조 내에서는 어류의 대사 배설물이나 먹고 남은 찌꺼기 등이 여러 가지 현탁물질로 부유하고 있으며 이들 고형물질이 분해되는 과정에서 생성되는 암모니아는 수중 생물에 강한 독성을 유발시켜 큰 문제점이 되고 있다. 이 중 어류의 배설물 및 기타 부산물은 생물을 양식으로 함으로써 필수적으로 발생하는 오염물질인 반면 사료는 그 종류를 달리함으로써 조절 가능하다. 국내에서는 1990년대부터 배합사료를 제조, 판매하여 그 사용량이 증가하고 있지만 전체 사료 사용량의 20% 미만으로 생사료 및 습사료(moist pellet, MP) 사용량에 훨씬 못 미치고 있는 실정이다(농림수산식품부, 2008). 이러한 생사료 위주의 사료 공급 체계는 환경오염을 가중시키고 낮은 사료효율로 양식 생산성을 저하시키는 원인이 된다(Cowey and Cho, 1991; Watanabe, 1991; 지 등, 2005). 양식생물의 생산성은 종묘관련 문제, 먹이의 품질과 공급량, 어장의 시설량, 기상, 환경오염의 정도 등 다양한 요인이 작용한다. 일반적으로 연안어장의 생산력은 자연자원을 포획하는 어장과 양식어업이 서로 다른 의미를 갖는다고 볼 수 있다. 포획어장은 연안해역의 고유한 생물생산력을 기초로 하여 먹이연쇄에 따라 전이되어 각 영양단계에 축적된 물질을 거두는 곳으로 이런 곳의 생산성은 기초생산력이 생산대상 영양단계까지 전이되는 과정, 적정한 어획규모, 자연종묘의 발생, 금어기 등의 제도적인 장치, 간척 및 매립 등 개발에 따른 산란장 소실 및 환경오염 등이 생산성과 관련되는 요인으로 판단된다. 양식어장은 대상종에 따라 생산성에 대한 평가가 다른데 굴, 홍합, 피조개 등 패류양식의 생산은 자연해수의 기초생산력을 기반으로 하며, 해조류는 영양염류의 농도와 관련이 깊다. 그러나 어류나 갑각류 등의 양식은 양식생물의 수용 매질로 해수를 이용할 다름이고, 생산의 기반은 양식해역의 외부에서 조달하여 투입하는 사료에 의한다. 그러므로 양식생물의 수용 매질로 이용하는 해수의 수질환경은 매우 중요한 의미를 갖는다 하겠다.

이에 따라 배합사료인 EP 및 습사료의 현장사육실험을 통하여 이들 사료의 품질을 평가하고 EP 및 MP의 오염유발 정도를 평가하여 배합사료인 EP의 우수성을 검증하고자 한다.

1. 사육수의 수질조사

가. 수질조사 방법

1) 조사 기간

넙치 사료 현장실험을 통하여 배합사료인 EP와 습사료인 MP(생사료 포함)의 품질을 평가하는 동시에 EP 및 MP의 오염유발 정도를 비교하기 위한 점도 있으므로 전체 실험 기간 중 2008년 7월부터 2008년 12월까지 매월 1회 수질환경 조사를 실시하였다.

2) 시료 채취

수조 내의 오염도를 조사하기 청양수산과 석병수산의 EP와 MP공급구 수조를 대상으로 채수하였다. 채수 시간은 연구소의 시료 처리 능력과 이전 현장사육 경험을 바탕으로 사료 공급 전후와 매 4시간 간격으로 시료를 채취하여, 오전에는 사료 공급 전과 후, 6시, 10시와 사료 공급 전과 후, 오후 14시, 18시 그리고 이튿날 6시에 채수하였다.

3) 분석항목 및 방법

넙치 사육 수조의 수질을 분석하기 위한 조사항목은 사료의 공급에 의해서 해수에 분산되는 부유물질의 양(SS), 유기물이 산화될 때 소비되는 산소량을 측정하는 화학적 산소 요구량(COD), 휘발성부유고체(VSS), 질소계 화합물인 암모니아 질소·아질산 질소·질산 질소·유기성질소·입자성질소를 총 망라한 질소량(총질소, TN)과 사육수 중에 용존되어 있거나 입자형태 또는 무기·유기 상태의 모든 인 화합물(총인,TP)등을 7~12월에 매월 1일간 오전 6시부터 4시간 간격으로 오후 6시까지 4회에 걸쳐 시료를 채취하여 실험실에서 해양환경공정시험방법(해양수산부, 1997)에 따라 분석하였다.

나. 수질조사 결과

1) 양식장별 7월 COD, SS, VSS, 암모니아질소, 아질산질소, 총질소 및 총인

2008년 7월 청양수산에서는 COD의 경우 유입수는 0.16~1.36mg/L, 평균 0.54mg/L로 I 등급이었고, EP구배출수는 0.32~1.16mg/L, 평균 0.65mg/L로 I 등급이었으나, MP구배출수는 0.80~2.60mg/L, 평균 1.45mg/L로 II등급으로 나타났다. 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 1.2배, MP구배출수는 2.7배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 5.8~11.0 mg/L, 평균 9.3mg/L이었고 EP구배출수는 8.6~21.2mg/L, 평균 14.6mg/L, MP구배출수는 9.8~21.0mg/L, 평균 15.1mg/L로 나타나 유입수에 비해 EP·MP구배출수는 모두 약 1.6배 증가하였으며 VSS는 유입수가 0.6~1.8mg/L범위로 평균 1.4mg/L였고 EP구배출수는 1.2~1.9mg/L, 평균 1.6mg/L, MP구배출수는 1.6~4.6mg/L, 평균 2.5mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 1.2배, 1.8배로 농도가 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.005~0.033mg/L, 평균 0.018mg/L이었고, EP, MP구배출수는 각각 0.016~0.084mg/L, 평균 0.060mg/L와 0.055~0.500mg/L, 평균 0.208mg/L의 농도범위를 보였고, 아질산질소는 유입수 0~0.001mg

/L로 평균 0mg/L, EP구배출수는 0.001~0.007mg/L, 평균 0.003mg/L, MP구배출수는 0.001~0.015mg/L, 평균 0.005mg/L이었다. 암모니아질소와 아질산질소는 유입수와 배출수 모두 저농도로 나타나 비교가 곤란하였다. TN의 경우 유입수 농도는 0.033~0.132mg/L, 평균 0.080mg/L로 I 등급이었고, EP구배출수 0.112~0.193mg/L, 평균 0.154mg/L로 I 등급, MP구배출수가 0.207~1.035mg/L, 평균 0.430mg/L로 II 등급인 것으로 나타나 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 1.9배, 5.4배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.012~0.046mg/L, 평균 0.025mg/L로 I 등급, EP구배출수는 0.016~0.098mg/L, 평균 0.040mg/L로 II 등급, MP구배출수는 0.032~0.276mg/L, 평균 0.146mg/L로 등급외 수질기준이었으며 유입수에 비해 각각 1.6배, 5.7배 증가하였다.

2008년 7월 석병수산에서는 COD의 경우 유입수는 0.08~0.44mg/L, 평균 0.26mg/L, EP구배출수는 0.12~0.44mg/L, 평균 0.29mg/L, MP구배출수는 0.04~0.72mg/L, 평균 0.35mg/L로 모두 I 등급으로 나타났다. 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 1.1배, MP구배출수는 1.3배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 5.8~12.0mg/L, 평균 9.5mg/L이었고 EP구배출수는 11.2~18.2mg/L, 평균 14.8mg/L, MP구배출수는 6.6~14.0mg/L, 평균 10.8mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 유입수에 비해 1.6배, 1.1배 증가하였으며 VSS는 유입수가 1.2~1.9mg/L범위로 평균 1.6mg/L이었고 EP구배출수는 1.5~2.5mg/L, 평균 1.8mg/L, MP구배출수는 1.4~2.4mg/L, 평균 1.8mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 1.3배, 1.1배로 농도가 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.003~0.013mg/L, 평균 0.006mg/L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.055~0.087mg/L, 평균 0.078mg/L와 0.010~0.137mg/L, 평균 0.086mg/L의 농도범위를 보였고, 아질산질소는 유입수 0~0.001mg/L로 평균 0mg/L, EP배출수는 0.001~0.002mg/L, 평균 0.002mg/L, MP배출수는 0~0.003mg/L, 평균 0.002mg/L이었다. 암모니아질소는 유입수와 비교하여 EP배출수 농도는 13배, MP배출수는 14배 높아졌고, 아질산질소는 유입수와 배출수 모두 저농도로 나타나 비교가 곤란하였다. TN의 경우 유입수 농도는 0.053~0.088mg/L, 평균 0.066mg/L로 I 등급이었고, EP배출수 0.176~0.235mg/L, 평균 0.205mg/L로 I 등급, MP배출수가 0.065~0.214mg/L, 평균 0.144mg/L로 I 등급인 것으로 나타나 유입수 농도에 비해 EP·MP배출수는 각각 3.1배, 2.2배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.013~0.018mg/L, 평균 0.015mg/L로 I 등급, EP배출수는 0.025~0.055mg/L, 평균 0.038mg/L로 II 등급, MP배출수는 0.026~0.039mg/L, 평균 0.032mg/L로 II 등급이었으며 유입수에 비해 각각 2.6배, 2.2배 증가하였다.

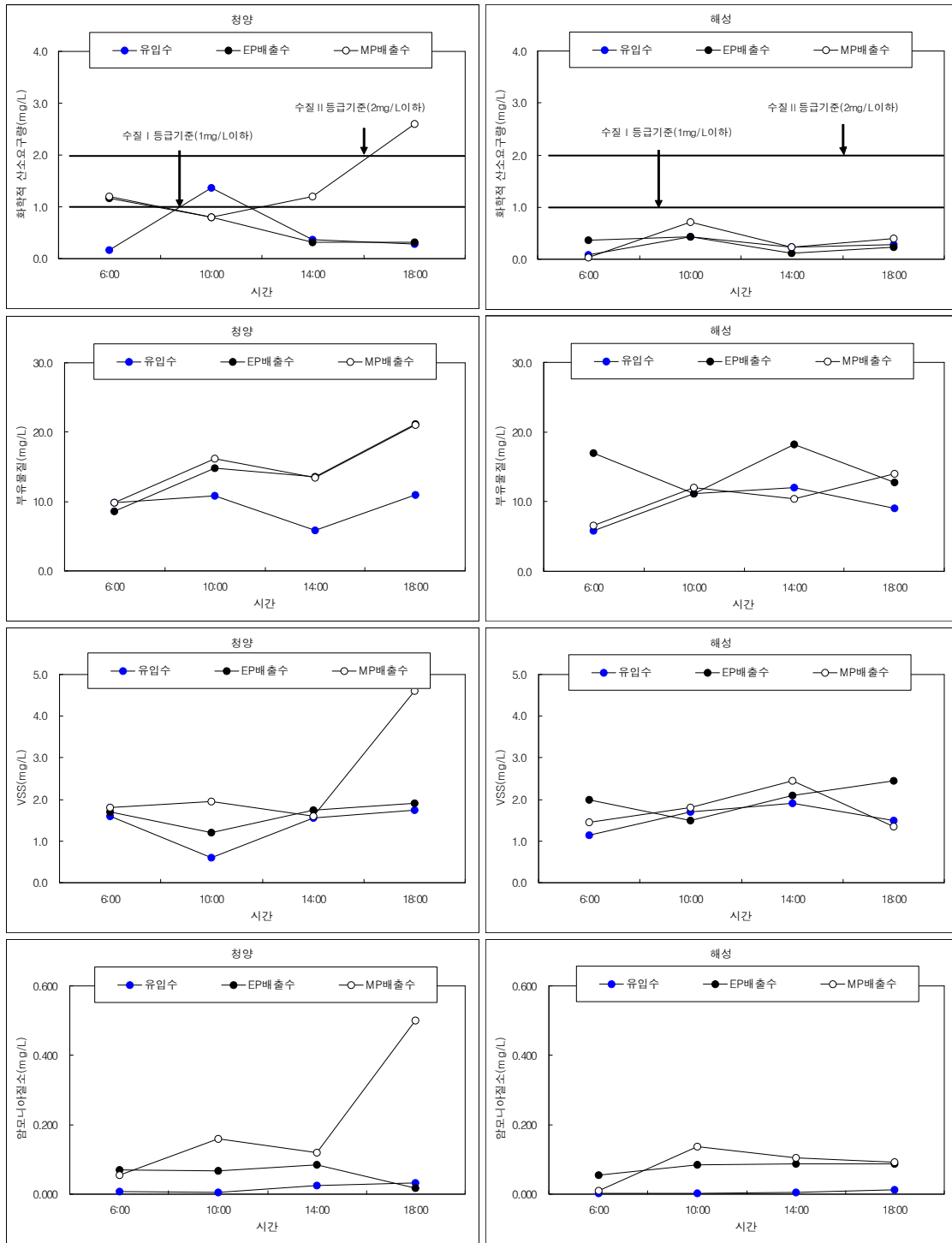


그림 2-1. 7월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도변화.

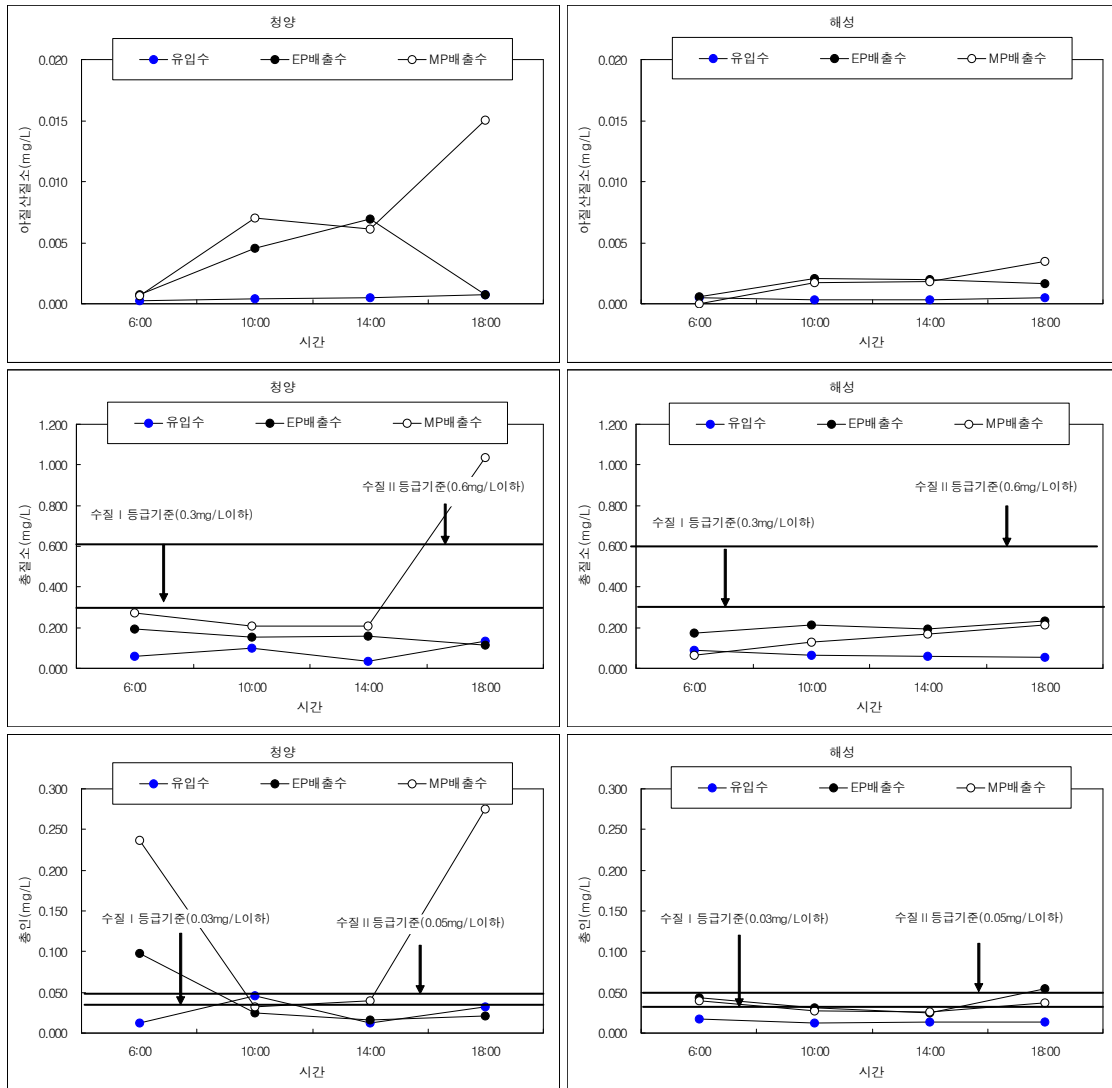


그림 2-2. 7월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도변화.

2) 양식장별 8월 COD, SS, VSS, 암모니아질소, 아질산질소, 총질소 및 총인

2008년 8월 청양수산에서는 COD의 경우 유입수는 0.20~0.76mg/L, 평균 0.50mg/L, EP구배출수는 0.20~1.12mg/L, 평균 0.54mg/L, MP구배출수는 0.36~0.80mg/L, 평균 0.51mg/L의 농도범위를 보여 모두 I 등급이었고 유입수와 EP·MP구배출수의 농도변화는 크지 않았다. SS의 경우 유입수는 2.6~5.2mg/L, 평균 3.9mg/L이었고 EP구배출수는 2.2~6.6mg/L, 평균 4.5mg/L, MP구배출수는 2.2~6.6mg/L, 평균 4.2mg/L로 나타나 유입수와 EP·MP구배출수의 농도변화는 크지 않았다. VSS는 유입수가 0.6~1.2mg/L범위로 평균 0.9mg/L이었고 EP구배출수는 1.0~1.7mg/L, 평균 1.2mg/L, MP구배출수는 1.1~1.3mg/L, 평균 1.2mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 모두 1.3배씩 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.004~0.018mg/L, 평균 0.010mg/L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.016~0.180mg/L, 평균 0.073mg/L와 0.016~0.158mg/L, 평균 0.080mg/L의 농도범위를 보여 EP구배출수 농도는 7.6배, MP구배출수는 8.3배 증가하였고, 아질산질소의 유입수 농도는 평균 0.000mg/L이었고, EP구배출수는 0.001~0.008mg/L, 평균 0.005mg/L, MP구배출수는 0.000~0.086mg/L, 평균 0.036mg/L이었다. 아질산질소의 유입수 농도가 너무 낮게 나타나 배출수와 비교가 곤란하였다. TN의 경우 유입수 농도는 0.058~0.157mg/L, 평균 0.091mg/L로 I 등급이었고, EP구배출수 0.135~0.224mg/L, 평균 0.185mg/L로 I 등급, MP구배출수가 0.101~0.269mg/L, 평균 0.192mg/L로 모두 I 등급인 것으로 나타났고 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 2.0배, 2.1배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.008~0.012mg/L, 평균 0.011mg/L로 I 등급, EP구배출수는 0.014~0.075mg/L, 평균 0.039mg/L로 II 등급, MP구배출수는 0.016~0.055mg/L, 평균 0.032mg/L로 II 등급 수질기준이었으며 유입수에 비해 각각 3.7배, 2.9배 증가하였다.

2008년 8월 해성수산에서는 COD의 경우 유입수는 0.08~0.68mg/L, 평균 0.40mg/L, EP구배출수는 0.44~1.12mg/L, 평균 0.73mg/L, MP구배출수는 0.32~0.76mg/L, 평균 0.59mg/L로 모두 I 등급으로 나타났다. 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 1.8배, MP구배출수는 1.5배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 0.8~1.8mg/L, 평균 1.5mg/L이었고 EP구배출수는 1.0~2.2mg/L, 평균 1.7mg/L, MP구배출수는 1.2~6.2mg/L, 평균 3.3mg/L로 나타나 EP·MP구배출수 각각 유입수에 비해 1.1배, 2.2배 증가하였으며 VSS는 유입수가 0.5~1.2mg/L범위로 평균 0.8mg/L이었고 EP구배출수는 0.8~1.2mg/L, 평균 1.0mg/L, MP구배출수는 0.8~1.2mg/L, 평균 1.0mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 1.2배, 1.3배로 다소 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.003~0.036mg/L, 평균 0.013mg/L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.012~0.143mg/L, 평균 0.058mg/L와 0.057~0.080mg/L, 평균 0.068mg/L의 농도범위를 보였고, 아질산질소는 유입수 0~0.001mg/L로 평균 0mg/L, EP구배출수는 0.003~0.005mg/L, 평균 0.003mg/L, MP구배출수는 0.003~0.004mg/L, 평균 0.003mg/L이었다. 암모니아질소는 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 4.6배, MP구배출수는 5.4배 높아졌고, 아질산질소는 유입수와 배출수 모두 저농도로 나타나 비교가 곤란하였다. TN의 경우 유입수 농도는 0.063~0.106mg/L, 평균 0.084mg/L로 I 등급이었고, EP구배출수는 0.227~0.284mg/L, 평균 0.257mg/L로 I 등급, MP구배출수는 0.111~0.200mg/L, 평균 0.143mg/L로 모두 I 등급인 것으로 나타나 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 3.1배, 1.7배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.009~0.016mg/L, 평균 0.011mg/L로 I 등급, EP구배출수는 0.039~0.057mg/L, 평균 0.048mg/L로 II 등급, MP구배출수는 0.032~0.067mg/L, 평균 0.045mg/L로 II 등급이었으며 유입수에 비해 각각 4.4배, 4.1배 증가하였다.

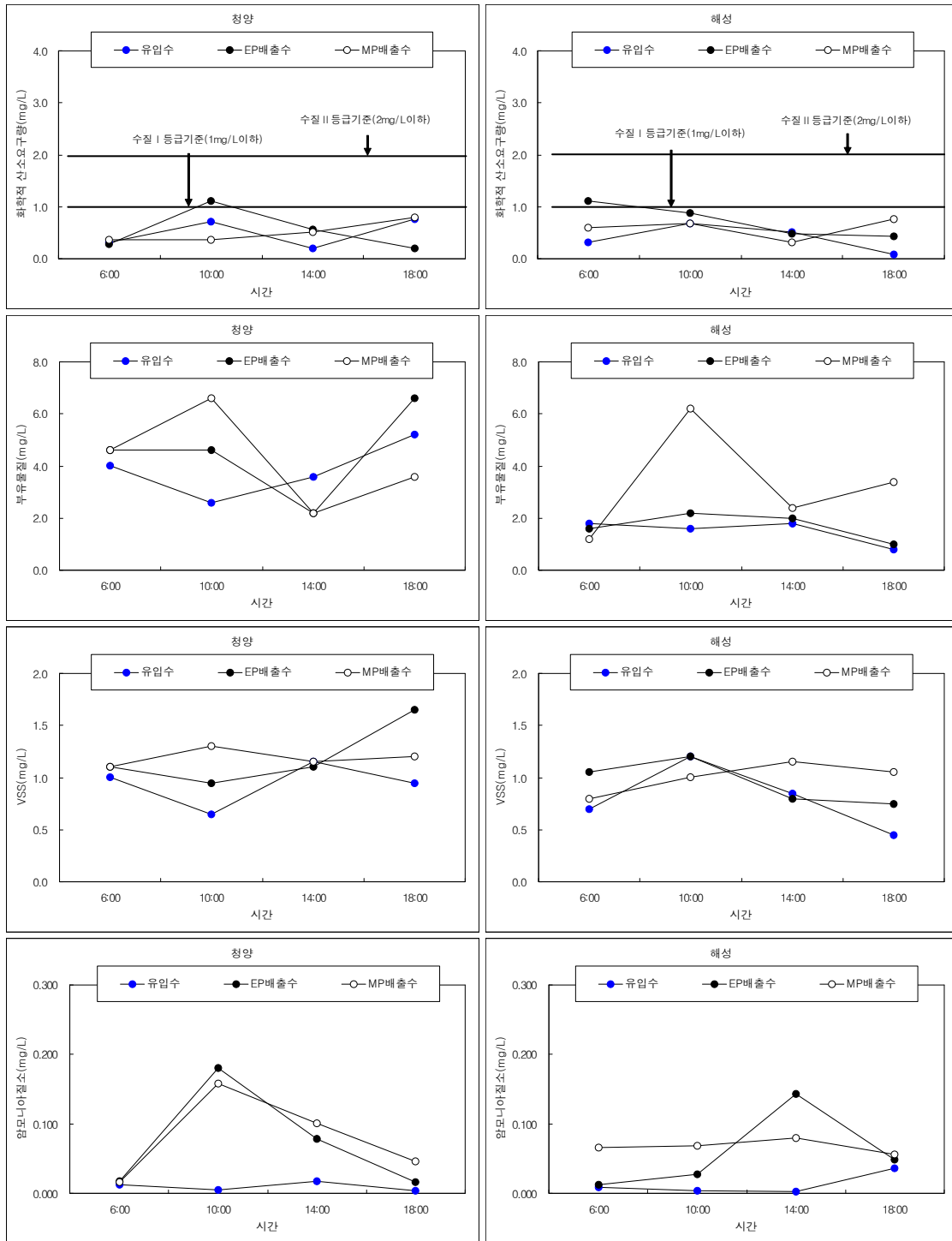


그림 2-3. 8월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도변화.

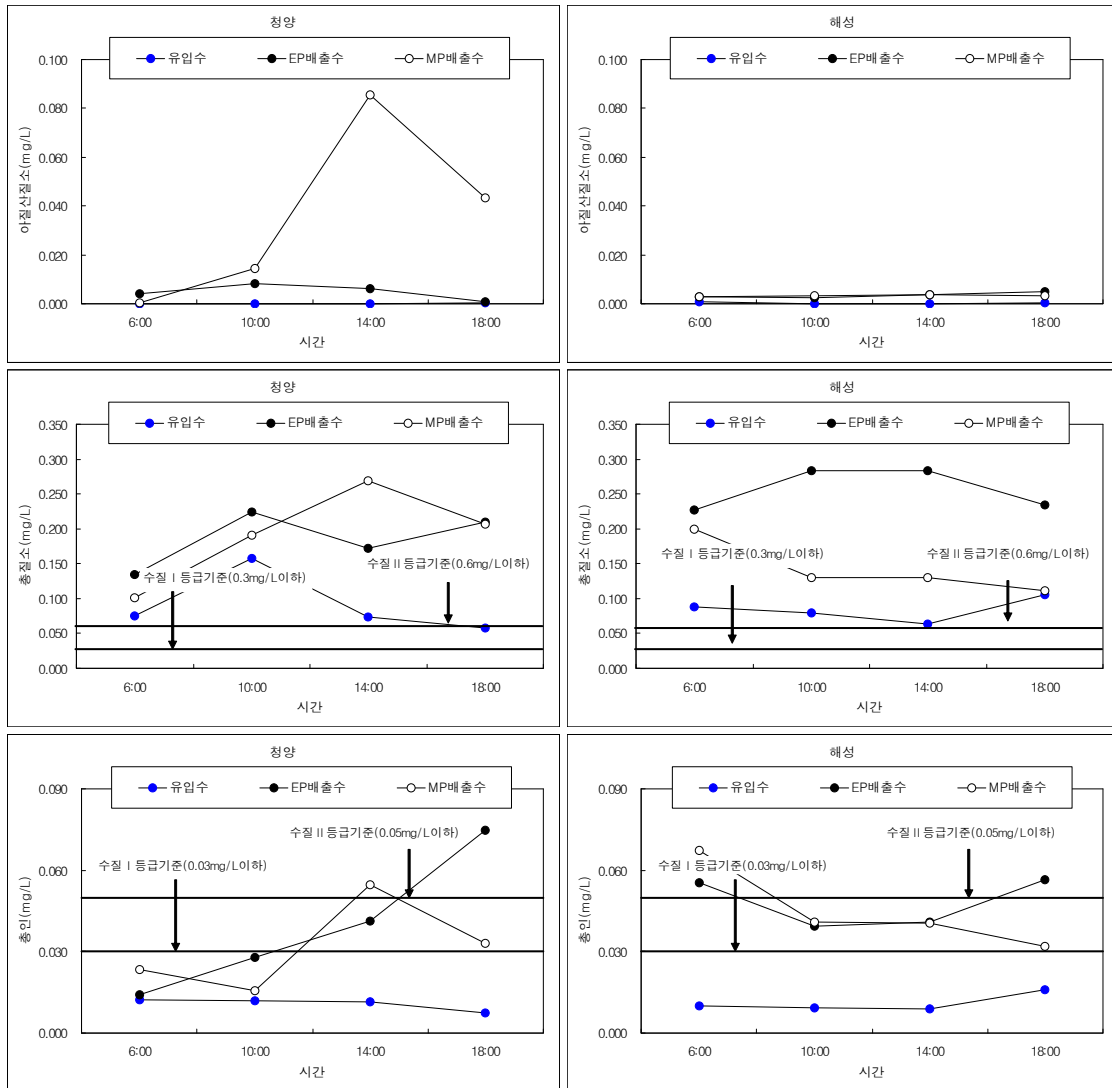


그림 2-4. 8월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도변화.

3) 양식장별 9월 COD, SS, VSS, 암모니아질소, 아질산질소, 총질소 및 총인

2008년 9월 청양수산에서는 COD의 경우 유입수는 0.32~0.92mg/L, 평균 0.67mg/L로 I 등급, EP구배출수는 0.72~1.64mg/L, 평균 1.26mg/L로 II 등급, MP구배출수는 0.96~3.32 mg/L, 평균 1.60mg/L의 농도범위를 보여 II 등급공급였고 유입수와 비교하여 EP·MP구배출수는 각각1.9배, 2.4배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 1.2~6.2mg/L, 평균 2.9mg/L이었고 EP구배출수는 2.4~10.2mg/L, 평균 5.0mg/L, MP구배출수는 1.8~12.8mg/L, 평균 5.1mg/L로 나타나 유입수와 EP·MP구배출수의 농도변화는 모두 1.7배로 농도가 높아졌다. VSS는 유입수가 1.0~1.6mg/L범위로 평균 1.2mg/L이었고 EP구배출수는 1.2~2.4mg/L, 평균 1.5mg/L, MP구배출수는 1.1~3.2mg/L, 평균 1.8mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 1.3배, 1.5배로 농도가 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.003~0.017mg/L, 평균 0.012mg/L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.071~0.179mg/L, 평균 0.114mg/L와 0.069~0.233mg/L, 평균 0.125mg/L의 농도범위를 보여 EP구배출수 농도는 9.9배, MP구배출수는 10.9배 증가하였고, 아질산질소는 유입수 0.003~0.004mg/L로 평균 0.003mg/L, EP구배출수는 0.007~0.010mg/L, 평균 0.008mg/L, MP구배출수는 0.009~0.013mg/L, 평균 0.011mg/L이었다. 아질산질소의 유입수 농도와 비교하여 EP·MP구배출수는 각각 2.4배, 3.3배 높아지는 것으로 나타났다. TN의 경우 유입수 농도는 0.062~0.087mg/L, 평균 0.074mg/L로 I 등급이었고, EP구배출수는 0.172~0.235mg/L, 평균 0.197mg/L로 I 등급, MP구배출수가 0.140~0.315mg/L, 평균 0.211mg/L로 모두 I 등급인 것으로 나타났고 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각 2.7배, 2.9배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.005~0.016mg/L, 평균 0.012mg/L로 I 등급, EP구배출수는 0.024~0.072mg/L, 평균 0.045mg/L로 II 등급, MP구배출수는 0.029~0.080mg/L, 평균 0.052mg/L로 III등급 수질기준이었으며 유입수에 비해 각각 3.8배, 4.3배 증가하였다.

2008년 9월 해성수산에서는 COD의 경우 유입수는 0.56~1.00mg/L, 평균 0.72mg/L, EP구배출수는 0.32~1.20mg/L, 평균 0.83mg/L, MP구배출수는 0.72~2.52mg/L, 평균 1.65mg/L로 유입수와 EP구배출수는 I 등급, MP구배출수는 II 등급으로 나타났다. 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 1.2배, MP구배출수는 2.3배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 2.6~3.8mg/L, 평균 3.2mg/L이었고 EP구배출수는 1.2~7.0mg/L, 평균 4.8mg/L, MP구배출수는 1.0~9.4mg/L, 평균 3.8mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 유입수에 비해 1.5배, 1.2배 증가하였으며 VSS는 유입수가 1.1~1.2mg/L범위로 평균 1.1mg/L이었고 EP구배출수는 1.0~2.0mg/L, 평균 1.5mg/L, MP구배출수는 1.1~2.5mg/L, 평균 1.5mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 모두 1.4배가 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.005~0.015mg/L, 평균 0.009mg/L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.099~0.124mg/L, 평균 0.112mg/L와 0.060~0.204mg/L, 평균 0.142mg/L의 농도범위를 보였고, 아질산질소는 유입수 0.003~0.004mg/L로 평균 0.003mg/L, EP구배출수는 0.003~0.004mg/L, 평균 0.004mg/L, MP구배출수는 0.003~0.008mg/L, 평균 0.004mg/L이었다. 암모니아질소는 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 11.9배, MP구배출수는 15.2배 높아졌고, 아질산질소는 유입수와 배출수 사이의 농도변화가 적었다. TN의 경우 유입수 농도는 0.064~0.079mg/L, 평균 0.073mg/L로 I 등급이었고, EP구배출수 농도는 0.079~0.181mg/L, 평균 0.147mg/L로 I 등급, MP구배출수가 0.128~0.327mg/L, 평균 0.248mg/L로 모두 I 등급인 것으로 나타나 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 2.0배, 3.4배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.007~0.009mg/L, 평균 0.008mg/L로 I 등급, EP구배출수는 0.013~0.045mg/L, 평균 0.026mg/L로 I 등급, MP구배출수는 0.025~0.058mg/L, 평균 0.047mg/L로 II 등급이었으며 유입수에 비해 각각 3.2배, 5.9배 증가하였다.

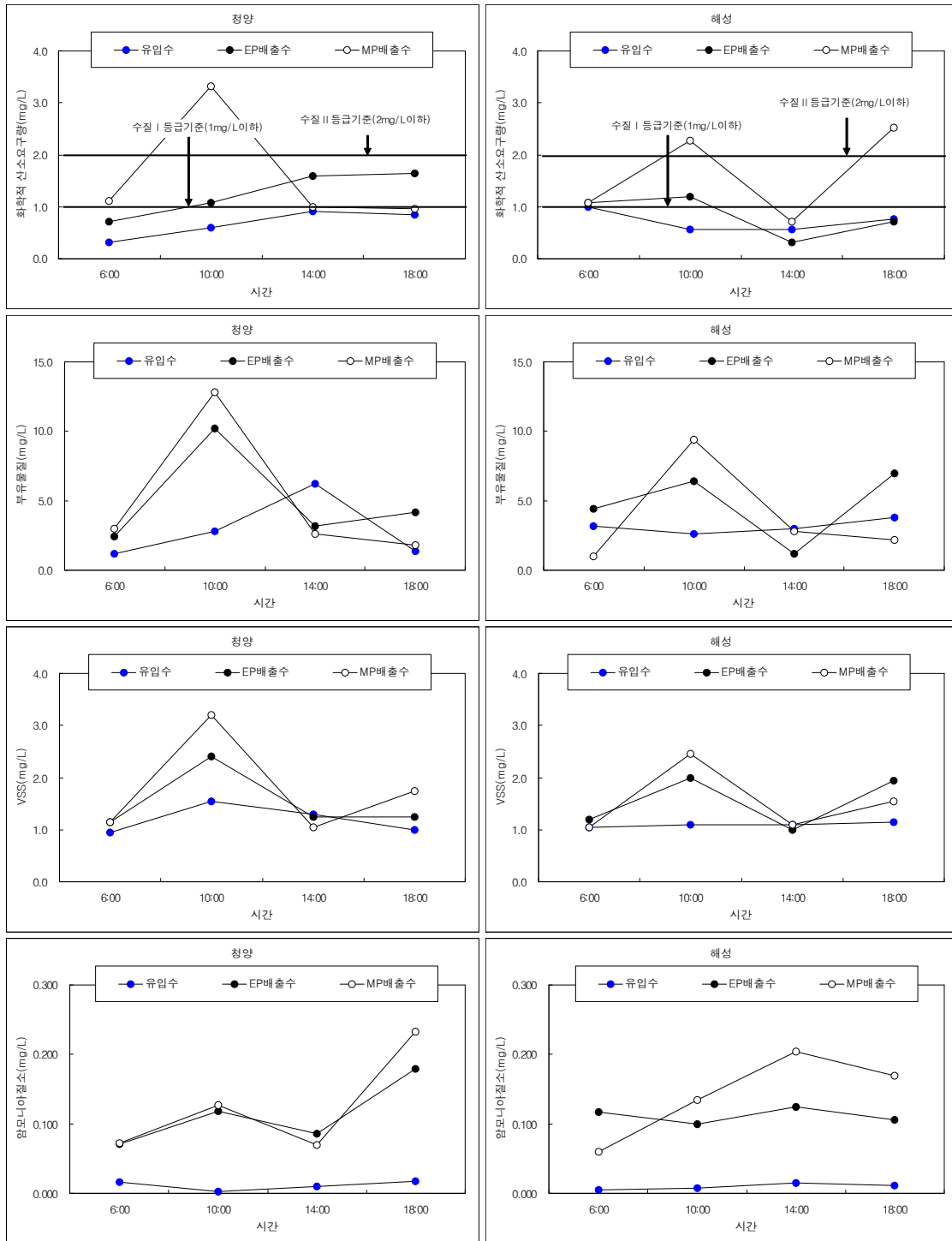


그림 2-5. 9월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도변화.

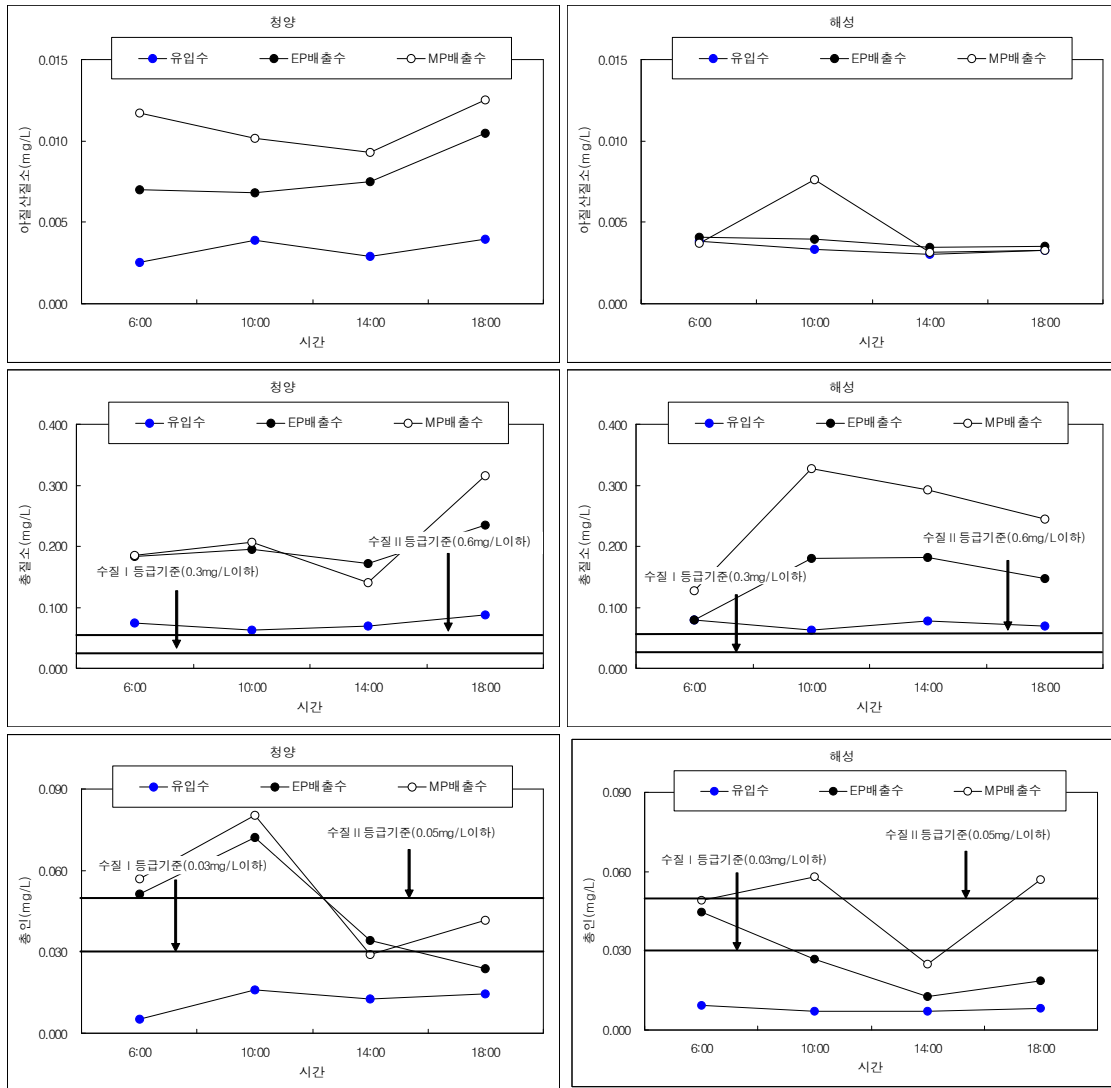


그림 2-6. 9월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도변화.

4) 양식장별 10월 COD, SS, VSS, 암모니아질소, 아질산질소, 총질소 및 총인

2008년 10월 청양수산에서는 COD의 경우 유입수는 1.22~1.26mg/L, 평균 1.25mg/L로 II등급, EP구배출수는 1.54~2.82mg/L, 평균 2.06mg/L로 II등급, MP구배출수는 0.94~4.85mg/L, 평균 3.31mg/L의 농도범위를 보여 III등급공급였고 유입수와 비교하여 EP·MP구배출수는 각각1.6배, 2.6배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 2.4~5.6mg/L, 평균 3.9mg/L이었고 EP구배출수는 5.2~5.4mg/L, 평균 5.8mg/L, MP구배출수는 3.8~19.6mg/L, 평균 10.7mg/L로 나타나 유입수와 EP·MP구배출수의 농도변화는 각각 1.5배, 2.7배로 농도가 높아졌다. VSS는 유입수가 1.0~1.6mg/L범위로 평균 1.2mg/L이었고 EP구배출수는 1.2~1.5mg/L, 평균 1.4mg/L, MP구배출수는 1.2~4.2mg/L, 평균 2.5mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 1.2배, 2.1배로 농도가 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.012~0.022mg/L, 평균 0.017mg/L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.221~0.362mg/L, 평균 0.264mg/L와 0.336~0.447mg/L, 평균 0.397mg/L의 농도범위를 보여 EP구배출수 농도는 15.8배, MP구배출수는 23.7배 증가하였고, 아질산질소는 유입수 0.001~0.005mg/L로 평균 0.002mg/L, EP구배출수는 0.008~0.030mg/L, 평균 0.016mg/L, MP구배출수는 0.011~0.034mg/L, 평균 0.023mg/L이었다. 아질산질소의 유입수 농도가 너무 낮아 EP·MP구배출수와의 비교가 곤란하였다. TN의 경우 유입수 농도는 0.067~0.107mg/L, 평균 0.092mg/L로 I등급이었고, EP구배출수는 0.400~0.475mg/L, 평균 0.438mg/L로 II등급, MP구배출수가 0.428~0.572mg/L, 평균 0.508mg/L로 II등급인 것으로 나타났고 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 4.8배, 5.5배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.013~0.021mg/L, 평균 0.016mg/L로 I등급, EP구배출수는 0.040~0.070mg/L, 평균 0.057mg/L로 III등급, MP구배출수는 0.043~0.086mg/L, 평균 0.063mg/L로 III등급공급였으며 유입수에 비해 각각 3.6배, 4.0배 증가하였다.

2008년 10월 해성수산에서는 COD의 경우 유입수는 1.06~1.58mg/L, 평균 1.30mg/L, EP구배출수는 1.62~1.74mg/L, 평균 1.68mg/L, MP구배출수는 1.34~2.62mg/L, 평균 1.98mg/L로 모두 II등급으로 나타났다. 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 1.3배, MP구배출수는 1.5배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 2.4~4.4mg/L, 평균 3.3mg/L이었고 EP구배출수는 2.6~5.4mg/L, 평균 3.9mg/L, MP구배출수는 1.8~5.6mg/L, 평균 3.7mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 유입수에 비해 1.2배, 1.1배 증가하였으며 VSS는 유입수가 0.9~1.1mg/L범위로 평균 1.0mg/L이었고 EP구배출수는 1.1~1.3mg/L, 평균 1.2mg/L, MP구배출수는 1.1~1.8mg/L, 평균 1.4mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 1.2배, 1.4배로 농도가 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.017~0.025mg/L, 평균 0.022mg/L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.051~0.186mg/L, 평균 0.137mg/L와 0.055~0.283mg/L, 평균 0.187mg/L의 농도범위를 보였고, 아질산질소는 유입수 0.000~0.002mg/L로 평균 0.001mg/L, EP구배출수는 0.002~0.006mg/L, 평균 0.005mg/L, MP구배출수는 0.002~0.012mg/L, 평균 0.006mg/L이었다. 암모니아질소는 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 6.2배, MP구배출수는 8.4배 높아졌고, 아질산질소의 유입수 농도가 너무 낮아 EP·MP구배출수와의 비교가 곤란하였다. TN의 경우 유입수 농도는 0.053~0.072mg/L, 평균 0.066mg/L로 I등급이었고, EP구배출수 농도는 0.159~0.245mg/L, 평균 0.206mg/L로 I등급, MP구배출수가 0.226~0.312mg/L, 평균 0.286mg/L로 모두 I등급인 것으로 나타났고 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 3.1배, 4.3배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.009~0.012mg/L, 평균 0.010mg/L로 I등급, EP구배출수는 0.018~0.045mg/L, 평균 0.031mg/L로 II등급, MP구배출수는 0.034~0.058mg/L, 평균 0.044mg/L로 II등급이었으며 유입수에 비해 각각 2.9배, 4.3배 증가하였다.

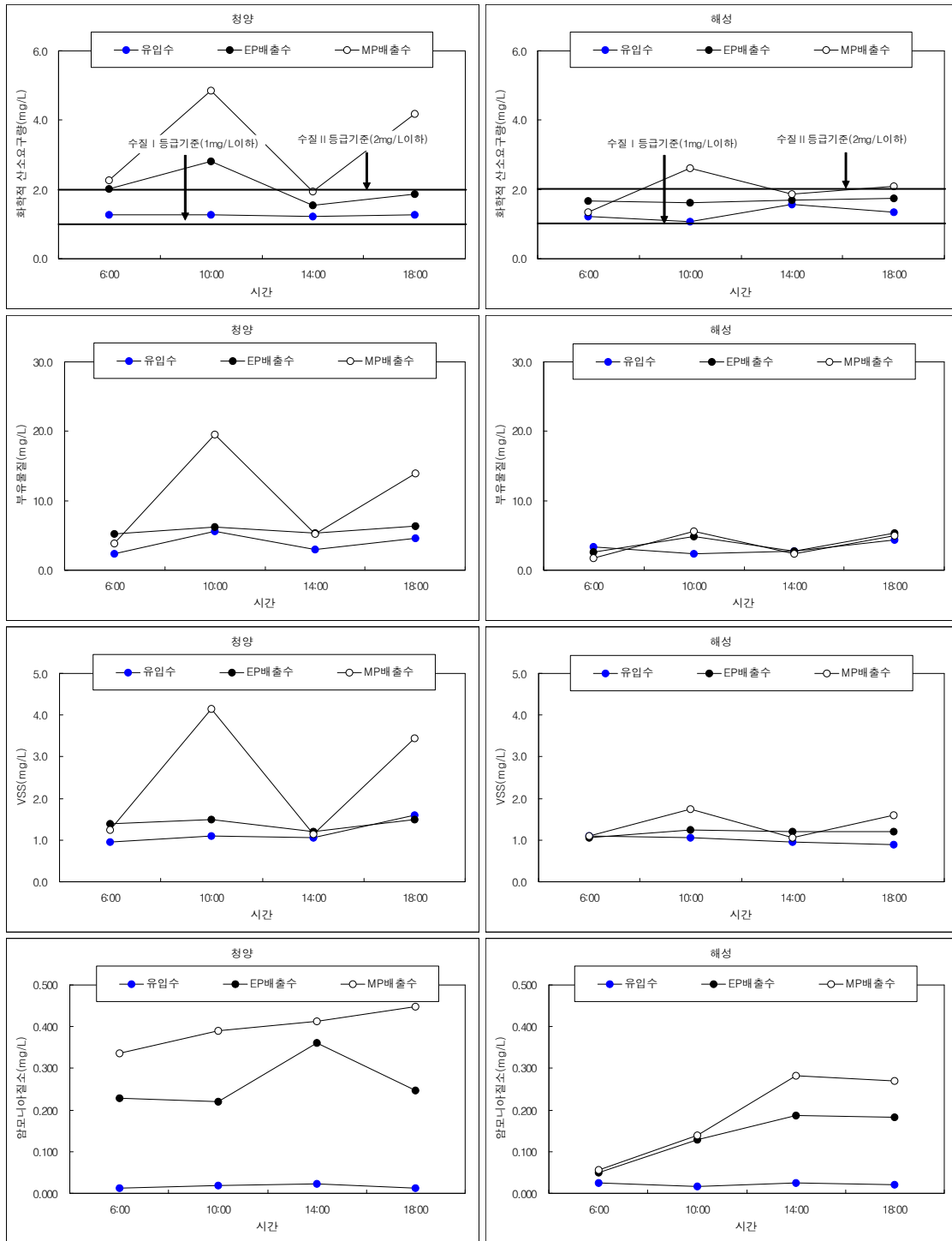


그림 2-7. 10월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도변화.

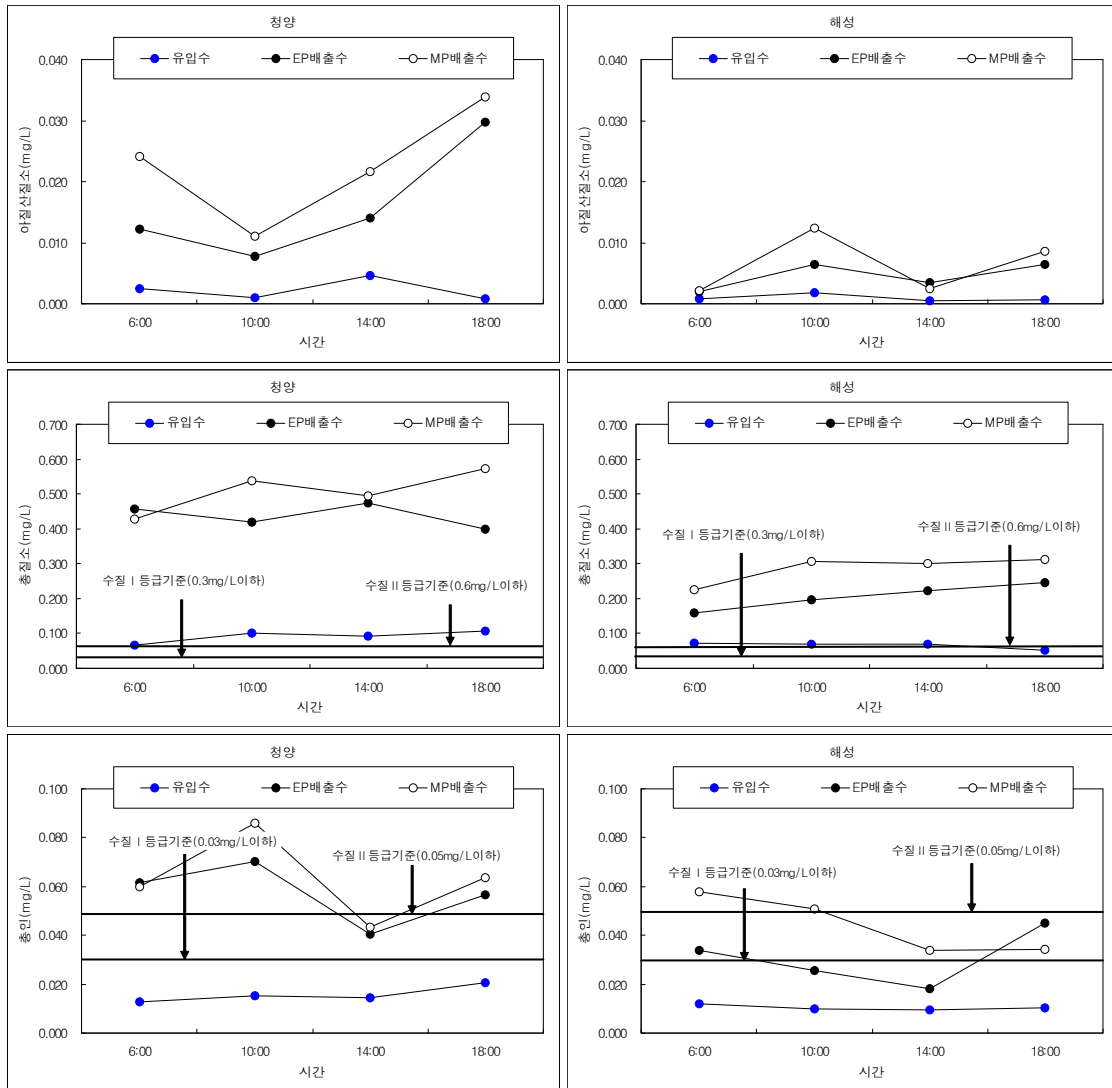


그림 2-8. 10월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도변화.

5) 양식장별 11월 COD, SS, VSS, 암모니아질소, 아질산질소, 총질소 및 총인

2008년 11월 청양수산에서는 COD의 경우 유입수는 0.64~1.76mg/L, 평균 1.41mg/L로 II등급, EP구배출수는 1.80~2.40mg/L, 평균 2.12mg/L로 III등급, MP구배출수는 2.04~3.48 mg/L, 평균 2.51mg/L의 농도범위를 보여 III등급공급였고 유입수와 비교하여 EP·MP구배출수는 각각1.5배, 1.8배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 5.4~10.6mg/L, 평균 6.9mg/L이었고 EP구배출수는 5.0~16.4mg/L, 평균 9.1mg/L, MP구배출수는 6.6~23.4mg/L, 평균 14.9mg/L로 나타나 유입수와 EP·MP구배출수의 농도변화는 각각 1.3배, 2.2배로 농도가 높아졌다. VSS는 유입수가 1.0~1.5mg/L범위로 평균 1.2mg/L이었고 EP구배출수는 1.0~1.3mg/L, 평균 1.1mg/L, MP구배출수는 1.2~2.9mg/L, 평균 2.0mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 0.9배, 1.7배로 농도가 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.006~0.014mg/L, 평균 0.010mg/L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.121~0.163mg/L, 평균 0.141mg/L와 0.214~0.370mg/L, 평균 0.268mg/L의 농도범위를 보여 EP구배출수 농도는 13.6배, MP구배출수는 25.9배 증가하였고, 아질산질소는 유입수 0.004~0.004mg/L로 평균 0.004mg/L, EP구배출수는 0.005~0.006mg/L, 평균 0.006mg/L, MP구배출수는 0.007~0.010mg/L, 평균 0.008mg/L이었고 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 1.4배, 2.0배로 농도가 높아졌다. TN의 경우 유입수 농도는 0.077~0.125mg/L, 평균 0.095mg/L로 I등급이었고, EP구배출수는 0.179~0.284mg/L, 평균 0.224mg/L로 I등급, MP구배출수가 0.291~0.385mg/L, 평균 0.351mg/L로 II등급인 것으로 나타났고 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 2.4배, 3.7배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.025~0.027mg/L, 평균 0.026mg/L로 I등급, EP구배출수는 0.055~0.107mg/L, 평균 0.077mg/L로 III등급, MP구배출수는 0.118~0.143mg/L, 평균 0.133mg/L로 등급 외였으며 유입수에 비해 각각 3.0배, 5.1배 증가하였다.

2008년 11월 해성수산에서는 COD의 경우 유입수는 0.32~0.72mg/L, 평균 0.51mg/L로 I 등급, EP구배출수는 0.04~0.76mg/L, 평균 0.57mg/L로 I 등급, MP구배출수는 0.80~1.80 mg/L, 평균 1.22mg/L로 II 등급으로 나타났다. 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 1.1 배, MP구배출수는 2.4배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 1.4~8.0mg/L, 평균 3.4 mg/L이었고 EP구배출수는 2.6~7.0mg/L, 평균 4.5mg/L, MP구배출수는 3.0~7.6mg/L, 평균 5.1mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 유입수에 비해 1.3배, 1.5배 증가하였으며 VSS 는 유입수가 0.7~1.2mg/L범위로 평균 0.9mg/L이었고 EP구배출수는 0.9~1.4mg/L, 평균 1.1mg/L, MP구배출수는 0.9~1.8mg/L, 평균 1.2mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 1.3배, 1.4배로 농도가 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.009~0.013mg/L, 평균 0.011mg /L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.067~0.123mg/L, 평균 0.091mg/L와 0.068~0.322mg /L, 평균 0.136mg/L의 농도범위를 보였고, 아질산질소는 유입수 0.004~0.006mg/L로 평균 0.005mg/L, EP구배출수는 0.005~0.006mg/L, 평균 0.006mg/L, MP구배출수는 0.001~0.012 mg/L, 평균 0.006mg/L이었다. 암모니아질소는 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 8.2 배, MP구배출수는 12.3배 높아졌고, 아질산질소의 유입수와 배출수의 농도변화는 거의 없었다. TN의 경우 유입수 농도는 0.083~0.123mg/L, 평균 0.098mg/L로 I 등급이었고, EP 구배출수 농도는 0.115~0.232mg/L, 평균 0.184mg/L로 I 등급, MP구배출수가 0.128~0.317 mg/L, 평균 0.215mg/L로 모두 I 등급인 것으로 나타났고 유입수 농도에 비해 EP·MP구 배출수는 각각 1.9배, 2.2배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.019~0.025mg/L, 평균 0.021mg/L로 I 등급이었으나, EP구배출수는 0.041~0.095mg/L, 평균 0.058mg/L로 III등급, MP구배출수는 0.043~0.098mg/L, 평균 0.066mg/L로 III등급이었으며 유입수에 비해 각각 2.8배, 3.2배 증가하였다.

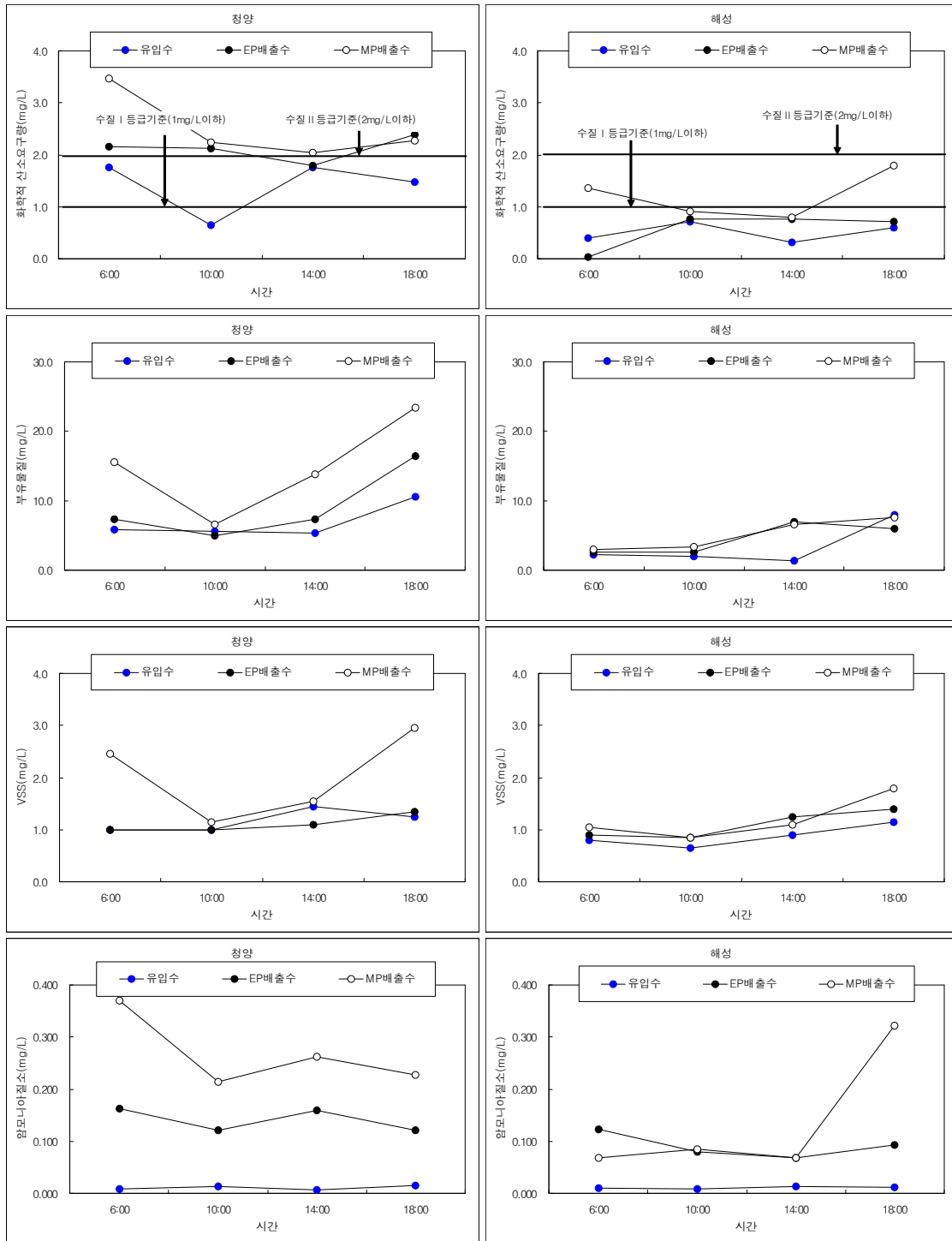


그림 2-9. 11월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도변화.

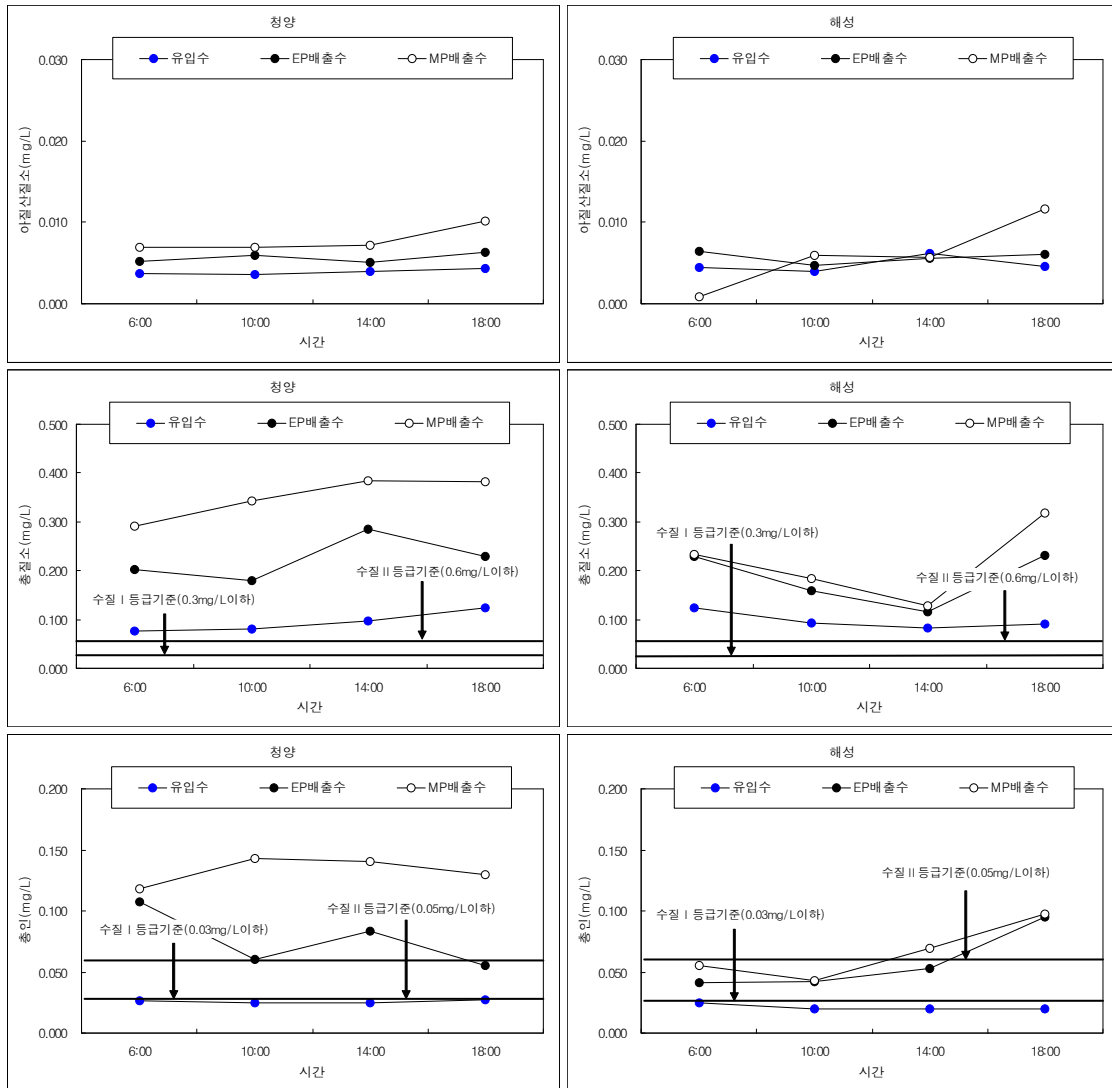


그림 2-10. 11월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도변화.

6) 양식장별 12월 COD, SS, VSS, 암모니아질소, 아질산질소, 총질소 및 총인

2008년 12월 청양수산에서는 COD의 경우 유입수는 0.16~0.84mg/L, 평균 0.56mg/L로 I 등급, EP구배출수는 0.36~1.12mg/L, 평균 0.74mg/L로 I 등급, MP구배출수는 0.84~3.60 mg/L, 평균 1.68mg/L의 농도범위를 보여 II등급공급었고 유입수와 비교하여 EP·MP구배출수는 각각1.3배, 3.0배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 1.0~3.2mg/L, 평균 2.2mg/L이었고 EP구배출수는 2.6~6.0mg/L, 평균 4.0mg/L, MP구배출수는 3.2~12.2mg/L, 평균 6.3mg/L로 나타나 유입수와 EP·MP구배출수의 농도변화는 각각 1.9배, 2.9배로 농도가 높아졌다. VSS는 유입수가 0.9~1.1mg/L범위로 평균 1.0mg/L이었고 EP구배출수는 0.9~1.9mg/L, 평균 1.4mg/L, MP구배출수는 1.2~3.0mg/L, 평균 1.9mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 각각 1.4배, 1.9배로 농도가 높아졌다. 암모니아질소의 유입수는 0.006~0.114mg/L, 평균 0.041mg/L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.070~0.149mg/L, 평균 0.110mg/L와 0.143~0.427mg/L, 평균 0.266mg/L의 농도범위를 보여 EP구배출수 농도는 2.7배, MP구배출수는 6.5배 증가하였고, 아질산질소는 유입수 0.006~0.010mg/L로 평균 0.010mg/L, EP구배출수는 0.007~0.012mg/L, 평균 0.010mg/L, MP구배출수는 0.014~0.017mg/L, 평균 0.015 mg/L이었고 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 1.0배, 1.6배로 농도가 높아졌다. TN의 경우 유입수 농도는 0.084~0.260mg/L, 평균 0.136mg/L로 I 등급이었고, EP구배출수는 0.144~0.325mg/L, 평균 0.262mg/L로 I 등급, MP구배출수가 0.331~0.532mg/L, 평균 0.464mg/L로 II등급인 것으로 나타났고 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 1.9배, 3.4배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.027~0.054mg/L, 평균 0.035mg/L로 II등급, EP구배출수는 0.049~0.163mg/L, 평균 0.099mg/L로 등급외, MP구배출수는 0.110~0.182mg/L, 평균 0.137mg/L로 등급 외였으며 유입수에 비해 각각 2.8배, 3.9배 증가하였다.

2008년 12월 해성수산에서는 COD의 경우 유입수는 0.24~0.68mg/L, 평균 0.48mg/L로 I 등급, EP구배출수는 0.40~1.16mg/L, 평균 0.78mg/L로 I 등급, MP구배출수는 0.72~1.88 mg/L, 평균 1.33mg/L로 II 등급으로 나타났다. 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 1.6 배, MP구배출수는 2.8배로 농도가 높아졌다. SS의 경우 유입수는 2.8~6.6mg/L, 평균 4.7 mg/L이었고 EP구배출수는 4.8~5.8mg/L, 평균 5.3mg/L, MP구배출수는 3.6~5.6mg/L, 평균 4.6mg/L로 나타나 EP·MP구배출수는 유입수와 비슷했으며 VSS는 유입수가 1.2~1.4mg/L 범위로 평균 1.2mg/L이었고 EP구배출수는 1.2~1.4mg/L, 평균 1.3mg/L, MP구배출수는 1.2~1.4mg/L, 평균 1.3mg/L로 나타나 EP·MP구배출수 또한 유입수와 비슷했다. 암모니아 질소의 유입수는 0.001~0.012mg/L, 평균 0.007mg/L이었고, EP·MP구배출수는 각각 0.037~0.079mg/L, 평균 0.059mg/L와 0.006~0.138mg/L, 평균 0.058mg/L의 농도범위를 보였고, 아질산질소는 유입수 0.006~0.008mg/L로 평균 0.007mg/L, EP구배출수는 0.006~0.008mg/L, 평균 0.007mg/L, MP구배출수는 0.006~0.007mg/L, 평균 0.007mg/L이었다. 암모니아질소는 유입수와 비교하여 EP구배출수 농도는 8.2배, MP구배출수는 8.1배 높아졌고, 아질산 질소의 유입수와 배출수의 농도변화는 거의 없었다. TN의 경우 유입수 농도는 0.092~0.114mg/L, 평균 0.106mg/L로 I 등급이었고, EP구배출수 농도는 0.089~0.207mg/L, 평균 0.155mg/L로 I 등급, MP구배출수가 0.119~0.279mg/L, 평균 0.206mg/L로 모두 I 등급인 것으로 나타났고 유입수 농도에 비해 EP·MP구배출수는 각각 1.5배, 1.9배로 농도가 높아졌다. TP의 유입수는 0.017~0.105mg/L, 평균 0.042mg/L로 II 등급이었으나, EP구배출수는 0.034~0.085mg/L, 평균 0.047mg/L로 II 등급, MP구배출수는 0.043~0.117mg/L, 평균 0.078mg/L로 III등급이었으며 유입수에 비해 각각 1.1배, 1.8배 증가하였다.

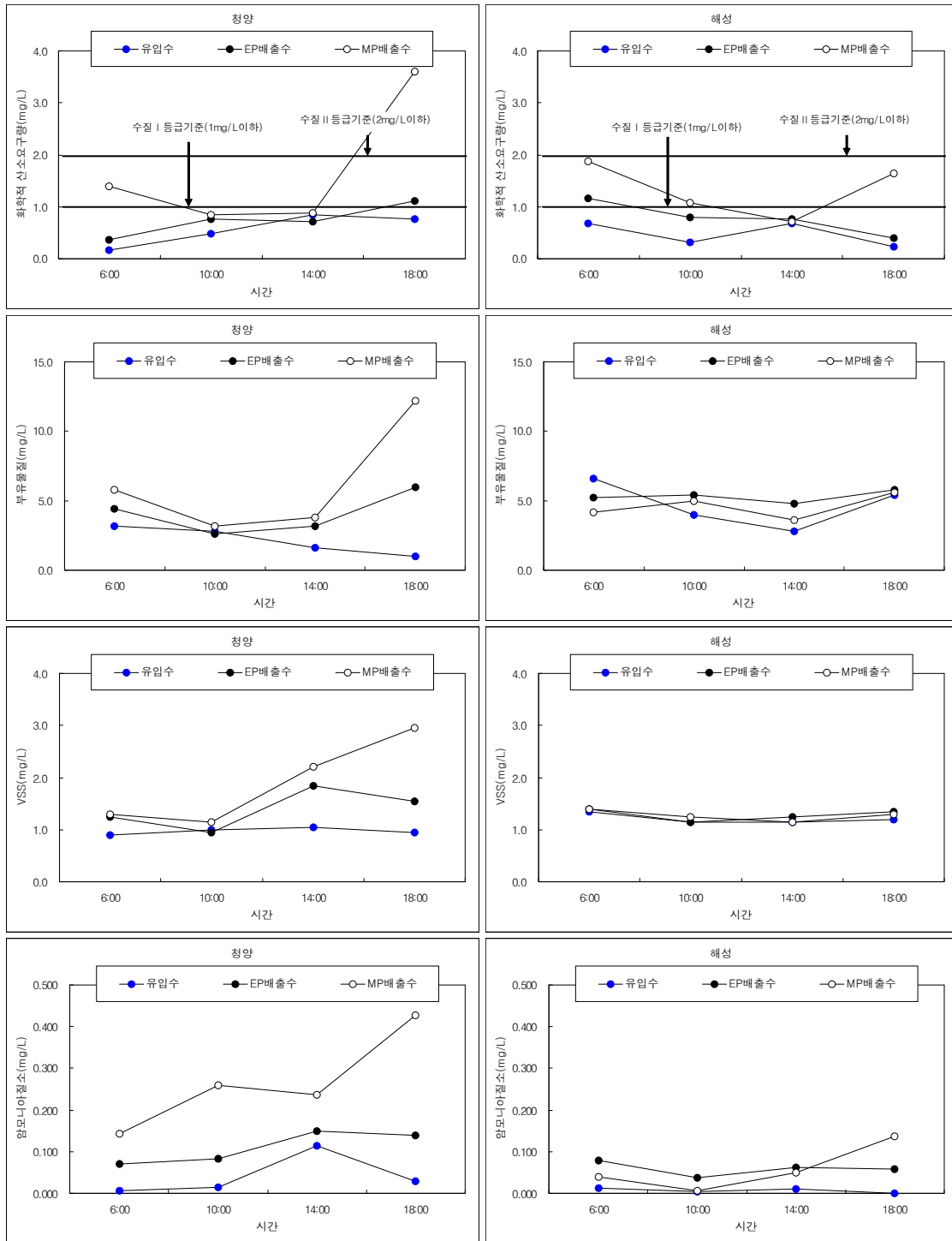


그림 2-11. 12월 COD, SS, VSS 및 암모니아질소의 시간대별 농도변화.

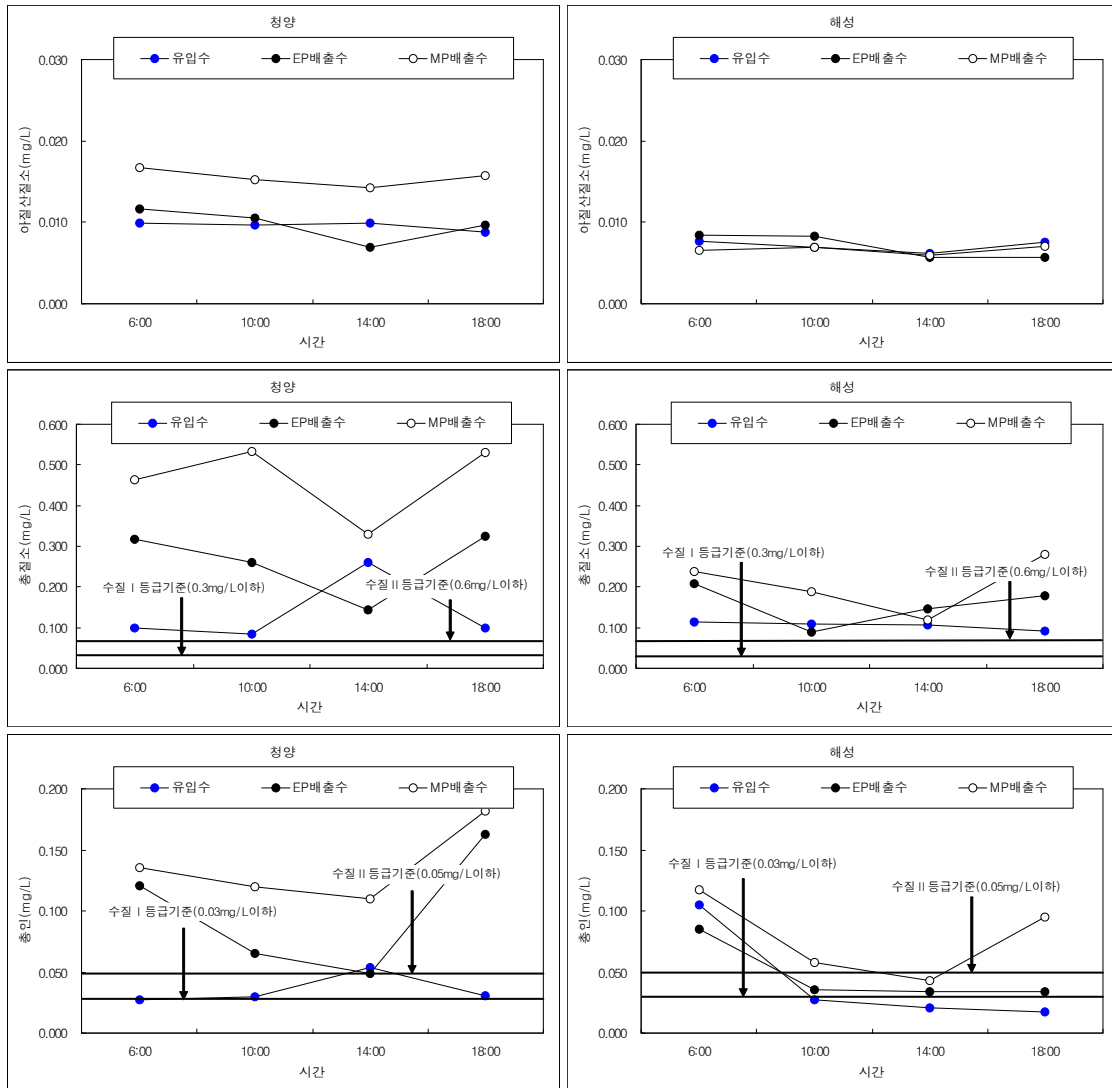


그림 2-12. 12월 아질산질소, 총질소 및 총인의 시간대별 농도변화.

제 3 절 건강도 조사

1. 서론

국내의 어류양식 산업은 양적으로 크게 성장하고 있으나, 양식도중 발생하는 어류의 질병이 양식 산업의 발전에 결정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 양식업계의 가장 큰 문제로 대두되고 있다(차 등, 2007). 특히, 양식현장에서 광범위하게 사용되고 있는 생사료는 일정기간동안 면허구역 내에 지속적으로 투입되면서 상당량이 어장 바닥에 누적되고 있는데, 이는 어장 바닥을 부패시키고 양식 환경을 악화시킴으로써 해양오염을 가중시키는 원인으로 작용할 뿐만 아니라 연안자원의 고갈, 양식 어류의 질병까지 초래하는 등 많은 문제를 야기하는 주범으로 지목받고 있다(임, 2005). 어류양식어업의 도입 초기에 국내에서는 양식어장의 집약적 개발과 물량중심의 생산시스템이 구축되면서 연근해 어획물을 이용한 생사료 중심의 공급시스템이 조성되었다. 그러나, 시간이 경과하여 수산 자원 및 어장환경 등이 크게 변화하면서 생사료 중심의 공급시스템은 가공, 유통 및 보관상의 번거로움 뿐만 아니라 사료 유실로 인한 수질 오염 및 질병 발생 가능성의 증가 등 자원과 환경 분야에서 여러 가지 고질적인 문제점들을 가지고 있다.

현재 넙치양성용 배합사료 개발을 위하여 많은 연구가 수행되고 있으나 아직까지는 배합사료에 대한 불신으로 인해 양식현장에서는 기존 생사료 공급체계를 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 양질의 배합사료 개발과 병행하여 사료가 어류 건강도에 미치는 영향 등 배합사료가 가질 수 있는 이점에 대한 체계적인 연구도 수반되어야 할 것으로 판단된다. 국내의 어류양식 산업은 양적으로 크게 성장하고 있으나, 양식도중 발생하는 어류의 질병이 양식산업의 발전에 결정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 양식업계의 가장 큰 문제로 대두되고 있다(차 등, 2007). 양식 어류의 사육 과정 중에서 질병을 야기하는 원인은 다양하게 있을 수 있으나, 크게 사육환경의 악화, 병원체의 감염 및 숙주(사육어류)의 면역능력 저하 등으로 나눌 수 있으며, 이 세 가지 모두에 밀접한 영향을 미치는 요소로서 공급 사료를 들 수 있다. 현재 해상가두리 및 육상수조식 양식어류에서 사용되는 사료는 생사료와 배합사료로 크게 나눌 수 있는데, 국내의 경우 전체 공급량 중 생사료에 대한 의존 비율이 약80% 수준으로 매우 높은 실정이다. 특히, 생사료 및 습사료(MP, moist pellet)는 일정기간동안 면허구역 내에 지속적으로 투입되면서 상당량이 어장 바닥에 누적되고 있는데, 이는 어장 바닥을 부패시키고 양식 환

경을 악화시킴으로써 해양오염을 가중시키는 원인으로 작용할 뿐만 아니라 연안자원의 고갈, 양식 어류의 질병까지 초래하는 등 많은 문제를 야기하는 주범으로 지목받고 있다(임, 2005). 질병 야기, 환경오염 및 불안정한 공급 등 생사료가 가지고 있는 부정적인 측면으로 인해 넙치양성용 배합사료 개발을 위하여 많은 연구가 수행되고 있으나 아직까지는 배합사료에 대한 불신으로 인해 양식현장에서는 기존 생사료공급 체계를 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 양어가가 신뢰할 수 있는 양질의 배합사료 개발과 병행하여 공급사료가 어류 건강도에 미치는 영향 등에 대한 체계적인 연구가 시급한 것으로 판단된다.

국내에서 양어사료와 관련된 연구는 주로 양식과정 중 공급 되는 사료의 조성, 공급 횟수 및 면역증강제 등의 사료첨가제가 성장(Kim et al., 2002, 2004; Cho et al., 2005; Kim et al., 2005a, 2005b; Seo et al., 2005) 및 사육 어류의 건강도(황 등, 1999; 목 등, 2001; 박 등, 2001; 정 등, 2002)에 미치는 영향을 중심으로 수행되어 왔으나, MP 또는 EP 등의 사료의 종류가 건강도 및 질병 발생에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 경북지역의 양식넙치를 대상으로 고�형 배합사료인 EP(extruded pellet)와 습사료인 MP(생사료 포함)를 공급하면서 사료종류에 따른 사육어의 건강도 차이를 평가하고자, 사료종류별 시험구의 병원체 감염 여부 및 혈청의 생화학적 성상을 비교하였다.

2. 재료 및 방법

실험어는 2008년 6월부터 2008년 12월까지 6개월간 경북 포항시 소재의 CY수산 및 SB수산(구, HS수산)에서 사육하고 있는 넙치를 대상으로 EP 및 MP를 공급하면서, 7월부터 매월 1회 시험양식장을 방문하여 시험구별로 각각 10마리씩 채취하여 병원체 감염 여부 및 혈액학적 성상 차이를 조사하였다. 채집한 시료는 먼저 EP 및 MP공급에 따른 혈액학적 성상의 차이를 조사하기 위해 각 시험구별로 사료 공급전 또는 사료 공급 2시간 후 10마리씩 채집하여 heparin(중외제약, 대한민국)이 처리된 일회용 주사기로 채혈하여 혈청을 분리하였다. 채혈시 시험어에 가해지는 스트레스를 최소화하기 위해 ethyl 3-aminobenzoate methanesulfonate salt(Sigma, USA)로 마취하여 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채취하였으며, 얻어진 혈액은 실온에서 30분간, 4℃에서 1시간 방치한 후 3,600rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 혈청을 이용한 시험어의 건강도

분석에는 FUJI DRI-CHEM 3000(FUJI PHOTO FILM Co., Japan)을 이용하여 aspartate aminotransferase(AST), alanine aminotransferase(ALT), alkaline phosphatase(ALP), blood urea nitrogen(BUN), glucose(GLU), calcium(Ca), total cholesterol(TCHO), total protein(TP) 및 lactate dehydrogenase (LDH) 수치를 측정하였다.

채혈한 넙치는 병원체 감염 여부를 조사하기 위하여 살아있는 상태로 실험실로 운반하여 병원체 분리에 사용하였으며, 모든 시료는 개체별로 기생충, 세균 및 바이러스에 대한 감염 여부를 조사하였다. 기생충은 현미경으로 검경하여 숙명까지 동정한 후 buffered formalin solution에 보관하였다. 세균의 동정법으로는 생화학시험 및 API kit법을 병행하였다. 즉, 실험어의 환부, 장기 및 뇌조직을 brain heart infusion agar(BHIA, Difco, USA) 등의 세균 분리용 배지에 백금이로 도말하여 27°C에서 24~48시간 배양한 후 배지에 자란 집락의 특성에 따라 순수분리 배양하였다. 분리된 균은 형태학적 및 기본적인 생화학적 특성을 검사한 후 API 20E kit(BioMeriux, France)를 사용하여 균을 동정하였다. 바이러스는 양식 넙치에서 주로 발생하는 6종(바이러스성신경괴사증바이러스, 해산버나바이러스, 참돔이리도바이러스, 바이러스성출혈성패혈증바이러스, 히라메랍도바이러스, 넙치립포시스티스바이러스)의 감염 여부를 조사하였다. 먼저 상법에 따라 DNA 및 RNA를 분리한 후 PCR을 실시하였으며(조 등, 2007), 넙치립포시스티스바이러스(FLDV)는 육안으로 상피종을 확인하였다. PCR법에 사용된 진단 프라이머와 시험조건은 표 3-1과 같다.

표 3-1. PCR 분석에 사용한 프라이머 염기서열 및 조건

바이러스	프라이머 염기서열	PCR 조건	PCR산물(bp)
MBV ¹⁾	F-GCACCACGAAGGTACGAAAT R-GTACGTTGCCGTTTCCTGAT	94°C(1')-55°C(1')-72°C(1')	597
RSIV	F-GTACTGACACCAATGGAC R-GGCTTTCTCAATCAGCTTGC	94°C(30'')-58°C(45'')-72°C(45'')	698
HRV	F-ACCCTGGGATTCCTTGATTC R-TCTGGTGGGCACGATAAGTT	94°C(30'')-55°C(10'')-72°C(45'')	533
VNNV	F-CGGATACGTTGTGTTGACG R-CAACAGGCAGCAGAATTTGA	94°C(30'')-55°C(45'')-72°C(45'')	758
VSBV	F-GAGAGAACTGGCCCTGACTG R-ATGATCCGTCTGGCTGACTC	94°C(30'')-57°C(45'')-72°C(45'')	444

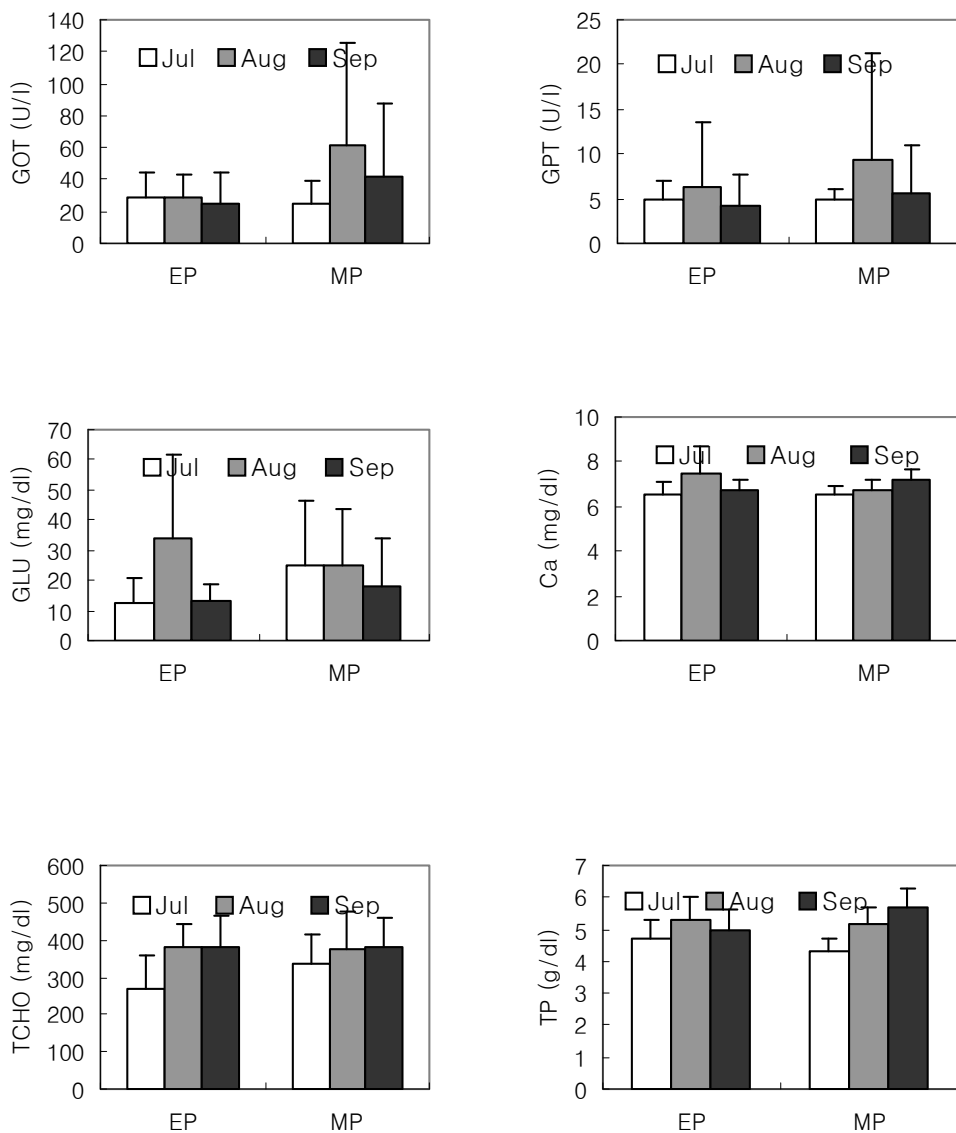
¹⁾MBV, 해산버나바이러스; RSIV, 참돔이리도바이러스; HRV, 넙치랍도바이러스; VNNV, 바이러스성 신경괴사증바이러스; VSBV, 바이러스성출혈성패혈증바이러스.

3. 결과 및 고찰

가. 혈청의 생화학적 성상

어류의 혈액 성분은 영양, 건강상태 및 스트레스의 해석에 널리 이용되어 왔으며, 사료의 필수영양소의 결핍이나 서식환경 및 성장에 따라 hemoglobin, protein, glucose, cholesterol, glutamate oxaloacetate transaminase(GOT), glutamic pyruvic transaminase(GPT) 등의 성상이 변화되는 것으로 보고되고 있다(차 등, 2007). 본 연구에서는 시험 양식장 중 하나인 CY수산의 시험어가 10월부터 11월까지 아가미흡충의 감염으로 인해 심각한 빈혈 증상을 나타내었으며, 이로 인해 사료 종류별 시험구의 혈청생화학적 성상을 비교한 결과에서는 7월부터 9월까지의 측정 결과만 분석에 사용하였다. 그 결과, 조사 시기에 따라 다소의 차이는 있었으나 EP구에 비해 MP구에서 GOT, GPT 및 GLU의 수치가 높게 나타났다(그림 3-1). 혈청내 ALT(GPT)와 AST(GOT)는 생체 내에서 중요한 당, 지질, 단백질 대사에 관여하는 효소로서, 일반적으로 어체 상태가 좋지 않을수록 간의 장애에 의해서 그 수치가 증가한다고 알려져 있으며, 이외의 다양한 스트레스 반응연구를 통하여 GPT와 GOT의 증가현상이 보고되고 있다(차 등, 2007). 혈액내의 transaminase인 GPT는 간세포 이상에 의해서 빠르게 증가하고 간이나 담관에 질환이 있을 시에 그 표지자로서 널리 이용되는데, 통상적으로 간괴사, 간경변증으로 인한 간의 손상으로 인해 활성이 증가한다. 간 이상의 표지자로 이용되는 다른 하나인 AST는 GOT라 부르기도 하며 간과 심장에 고농도로 존재하고 세포장애 정도와 비교적 상관성이 좋으며 급성 심근 경색, 감염, 담즙 분비 정지, 간경변, 근위축증 등의 이상 시에 높은 수치를 나타내어 골격의 근육, 신장, 췌장의 임상지표로도 사용한다. 혈중 glucose는 혈액으로의 당의 공급과 소비로 조절되며 기본적 세포대사의 중요한 지표로서 혈액에 glucose의 농도는 당뇨 및 내분비계 질환의 진단에 중요하게 작용한다. 본 연구의 결과와 유사한 것으로 넙치를 대상으로 EP 및 MP를 13개월간 공급한 후 혈청 성분을 분석한 결과, GOT, GPT 및 총콜레스테롤(TC, total cholesterol)의 수치가 전체적으로 EP구에 비해 MP구에서 높게 나타난 보고가 있다(김 등, 2006). 본 연구에서도 고수온기인 7월에서 8월까지 EP구에 비해 MP구의 병원체 검출률이 다소 높게 나타났으며 그 영향으로 10월까지의 혈청내 GOT 및 GPT의 수치가 높게 나타난 것으로 추정된다. 이와 반대로 EP구에서는 GOT 및 GPT의 경우 매우 안정적으로 낮은 수치를 나타내고 있어 MP구에 비해 간기능 증진과 대사기능이 원활했던 것으로 추정된다. MP구에서 다소 높게 나타난 GLU수치는 당뇨 및

내분비계 이상의 지표가 되기도 하나 공급의 영향이 남아 있으면 TG, GLU, TCHO 등이 높은 값을 나타내기도 해서 진단에 주의하여야 한다(정 등, 2006). 본 연구에서는 가능한 한 아침 사료공급 전에 채혈을 하였으나 경우에 따라 공급후 채혈을 할 경우에는 공급 혈청의 생화학적 성분에 영향을 미치지 않도록 충분한 시간을 두고자 하였으며, TP 및 TCHO의 수치에서 별다른 차이가 없는 것으로 보아 GLU에서 나타난 고수치는 공급의 영향보다는 건강도와 더 연관이 있는 것으로 판단된다.



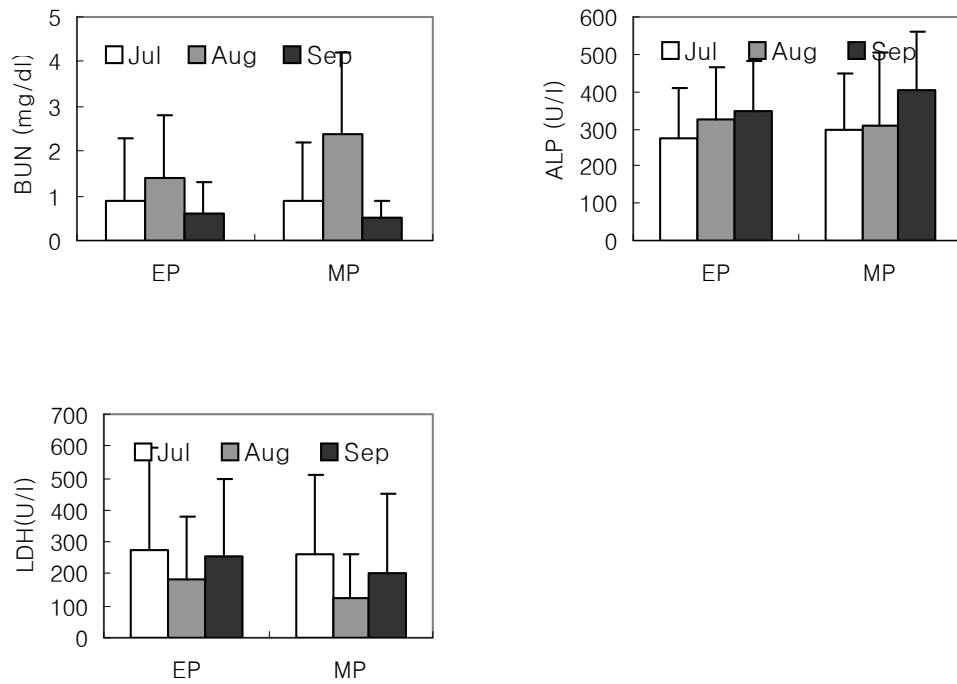


그림 3-1. 사료종류별 넙치의 혈청학적 성분 차이 (EP, EP; MP, 습사료; Jul, 7월; Aug, 8월; Sep, 10월).

나. 어류 병원체 감염 여부

공급 사료종류별 병원체 감염 여부를 조사한 결과, EP구의 경우 55.8%, MP구의 경우 55.0%의 검출률을 나타내어 공급 사료에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러나 조사시기별로는 다소의 차이가 있는 것으로 나타났는데 즉, EP구의 경우 9월, 11월 및 12월에 병원체의 검출률이 높게 나타났으며, MP구에서는 수온이 다소 높은 7월, 8월 및 10월에 높은 검출률을 나타내었다(그림 3-2). 병원체 종류별로는 EP구의 경우, 기생충 감염이 31.7%, 세균 감염이 42.5%, 바이러스 감염이 8.3%로 나타났으며, MP구에서는 기생충 36.6%, 세균 38.3%, 바이러스 9.2%로서 EP구에서는 세균의 검출률이 다소 높았으며, MP구에서는 기생충과 바이러스 검출률이 높게 나타났다(그림 3-3).

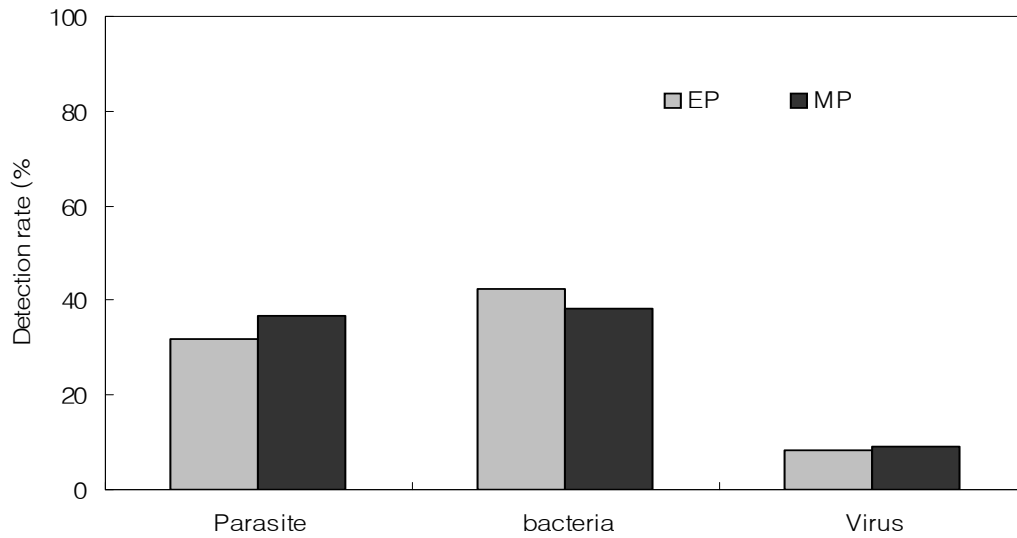


그림 3-2. 사료종류별 넙치의 병원체 종류별 검출률(EP, 배합사료; MP, 습사료; Parasite, 기생충; Bacteria, 세균; Virus, 바이러스).

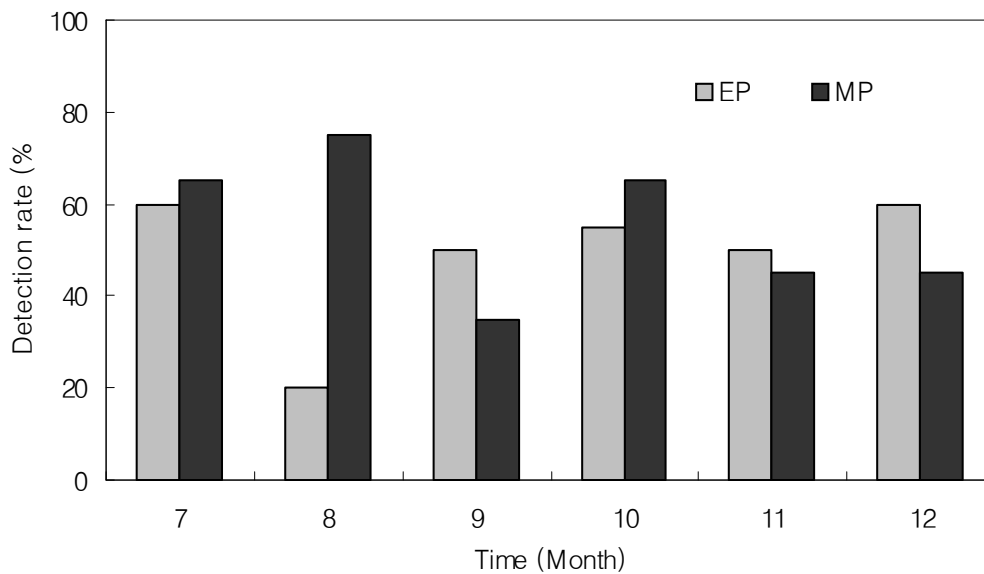


그림 3-3. 사료종류별 넙치의 월별 어류병원체 검출률 변화 (EP, 배합사료; MP, 습사료).

시험양식장별로 비교해보면, CY수산의 경우에는 EP구가 세균 및 바이러스의 검출률이 높게 나타났으며, MP구에서 기생충의 검출률이 다소 높은 것으로 나타났다. SB수산의 경우에는 EP구에서 기생충과 세균의 검출률이 높게 나타났으며, MP구에서는 바이러스 검출률만 높게 나타났다. 따라서 기생충과 바이러스의 검출률은 조사양식장에 따라 차이가 있었으나, 세균 검출률은 두 양식장 모두 MP구에 비해 EP구에서 다소 높게 나타났다(그림3-4).

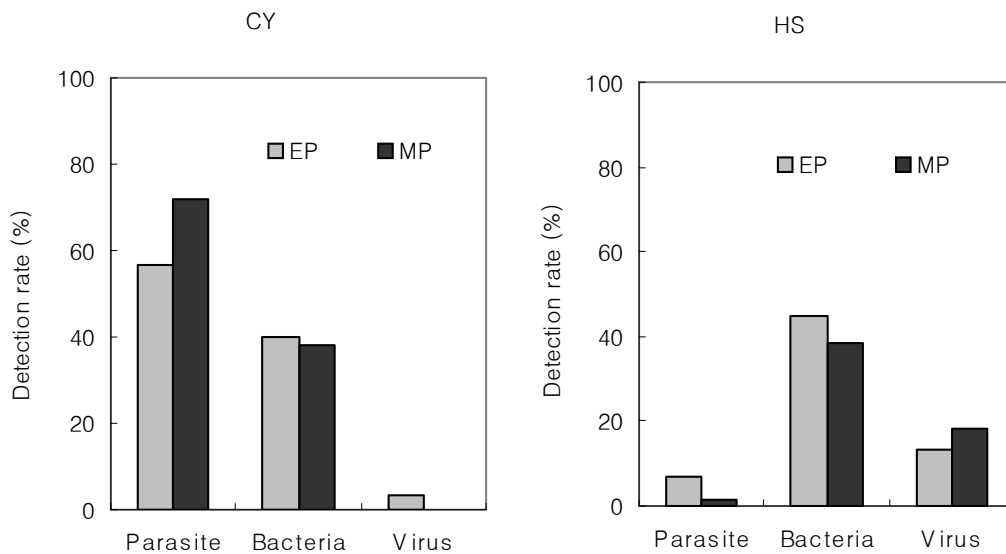


그림 3-4. 시험양식장별 사료종류별 넙치의 병원체 검출률 차이 (EP, 배합사료; MP, 습사료).

질병 발생과 연관성이 높은 병원체의 검출률을 시험사료별로 비교한 결과, 기생충류 중에서는 아가미흡충인 *Dactylogyrus*와 해산백점충인 *Cryptocaryon*이 EP구에서 높은 검출률을 나타낸 반면, MP구에서는 *Trichodina* 충 및 *Scutica* 충의 검출률이 높게 나타났다. 세균류의 경우에는 EP구에서 *E. tarda* 및 *Vibrio* 속 세균의 검출률이 높게 나타났으며, MP구에서는 *Streptococcus*속 세균의 검출률이 높게 나타났다. 바이러스는 EP구에서는 참돔이리도바이러스(RSIV)의 검출률이 높았으며 MP구에서는 바이러스성신경괴사증바이러스(VNNV)의 검출률이 높게 나타났다(표 3-2).

넙치에서 주로 발생하는 세균성 질병 중에서 에드워드병과 비브리오팀은 감염 병원체가 해수에서 유래하는 것으로 알려져 있는 반면 연쇄구균병은 넙치의 생사료로 이용되는 잡어가 직접적인 감염원으로 작용한다(전, 2005). 또한, 전(2000)은 넙치 등을 MP로 사육하면 MP의 주성분인 생사료 내에 존재하는 연쇄구균이 양식어류의 장내로 들어가 8월부터 연쇄구균증이 발생된다고 하였다. 또한, 생사료로 주로 이용되는 어종을 대상으로 연쇄구균을 분리한 결과, 눈통멸이 62%로 가장 높은 검출률을 나타내었으며 그 다음으로 정어리가 36%, 멸치 12%, 까나리 4%순으로 검출되었다고 보고하였다. 본 연구에서도 조사기간동안 시험구별 전체 세균검출률은 EP구에서 높게 나타났으나, 연쇄구균의 검출률은 MP구에서 더 높게 나타나 생사료가 질병발생의 주요 원인중 하나라는 사실을 뒷받침해주는 자료로 판단된다. 따라서 연쇄구균병에 의한 피해가 많은 지역의 경우 생사료의 공급을 피하는 것이 효과적이며, 양식 경영상의 문제로 생사료를 공급하는 경우에도 생사료의 원료가 되는 어류의 선택시 신선한 어류를 선택하는 것 이외에도 연쇄구균 검출률이 낮은 것을 선택하는 것이 연쇄구균병의 발생을 감소시키는데 효과적일 것으로 판단된다.

표 3-2. 사료종류별 넙치의 병원체 종류별 검출률

	기생충				세균			바이러스	
	아가미 흡충	트리코 디나	스쿠 티카	해산 백점충	에드와 드균	연쇄 구균	비브리 오균	RSIV ¹⁾	VNNV ²⁾
배합사료 (EP)구	8.3	25.8	0.0	4.2	12.5	8.3	7.5	5.0	3.3
습사료 (MP)구	3.3	34.2	1.7	0.8	2.5	13.3	5.8	0.8	8.3

¹⁾RSIV, 참돔이리도바이러스; ²⁾VNNV, 바이러스성신경괴사증바이러스.

시험양식장 넙치를 대상으로 6개월간 EP 및 MP를 공급하면서 조사한 병원체 감염 여부와 시험양식장별 최종 생존률을 비교한 결과, CY수산의 경우에는 EP구에 비해 MP구의 최종 생존율이 높게 나타났으나 병원체 검출률은 MP구에서 다소 높게 나타났다. SB수산에서는 최종생존률에서는 시험구별로 별다른 차이가 없었으나, 병원체 검출률은 EP구가 43.3%, MP구가 35.0%로 EP구에서 더 높게 나타났다(그림 3-5).

결론적으로 시험양식장에 따라 다소의 차이는 있었으나, 두 양식장에서 조사된 결과를 종합하여 판단해 볼 때, EP 및 MP공급에 따른 병원체의 검출률에서는 별다른 차이가 없는 것으로 나타났으나, 계절적으로 고수온기인 7월부터 10월까지 MP구에서 병원체 검출률이 높게 나타났으며, 사육어류의 건강도를 판정할 수 있는 혈청학적 지표의 일부 수치에서도 대사 및 생리적 기능이 다소 저하된 것으로 나타나 고수온기 동안에는 MP공급을 피하는 것이 넙치의 건강관리에 효과적일 것으로 판단된다.

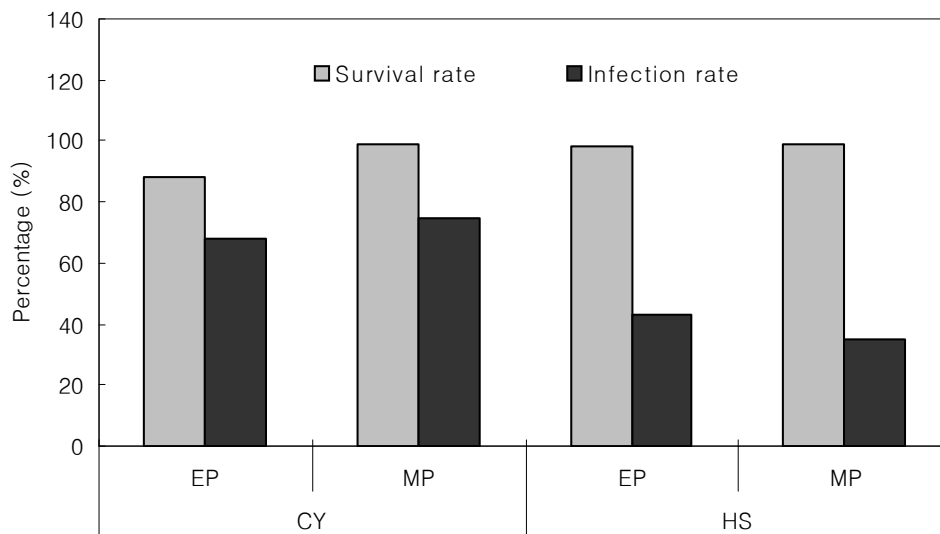


그림 3-5. 시험양식장별 사료종류별 생존율 및 병원체 감염률 (Survival rate, 생존율; Infection rate, 감염률).

제 4 절 육질평가

우리나라, 일본 및 중국 연안에서 주로 서식하고 있는 어종인 넙치는 우리나라 양식산 어류의 절반가량을 차지할 만큼 가장 많이 양식되는 어종으로 콜라겐 함량이 적어 단단하고 씹는 맛이 좋을 뿐 아니라 지방 함량이 적어 담백한 맛을 느낄 수 있어 주로 횡감으로 소비되고 있다. 우리나라 국민들의 수산물에 대한 일반적인 인식은 자연산이 양식산에 비해 영양적으로 풍부하며, 질감 및 기호도가 우수하다고 생각해 횡집에서 자연산이 양식산보다 몇 배 더 비싼 가격에 판매되고 있을 뿐만 아니라 같은 양식산라도 배합사료를 공급한 어류보다 생사료를 공급한 어류가 좋다는 인식이 팽배해 있는 실정이다. 이와 같은 인식 때문에 생사료를 공급한 넙치의 유통이 횡집 등으로 먼저 이루어진 다음 마지막으로 배합사료를 공급한 넙치의 유통이 이루어진다고 양어가들은 하소연하기도 한다. 하지만 최근들어 이런 인식은 양식용 배합사료의 품질향상으로 서서히 전환되고 있는 실정이다. 이에 배합사료와 생사료를 공급한 넙치의 육질평가에 대한 연구결과에 의하면 사료종류에 따른 어체 성분 조성에는 유의적인 차이는 있지만 육질에는 크게 차이가 없다고 보고하고 있다. 그러나 양식산업인들은 실험적인 규모의 수조에서 실험한 결과라 하여 이러한 연구결과들을 신용하지 않고 양식장 현장에서 실험한 결과들을 요구하기도 한다. 따라서 본 연구에서는 양식장 현장에서 직접 양식어업인과 함께 배합사료와 습사료(생사료 포함)를 공급하면서 성장단계별 육질평가를 실시하였다. 육질평가는 경북지역 양식장 2개소(청양수산 및 석병수산)를 선정하여 배합사료와 생사료를 공급한 넙치를 일정한 간격으로 시료 채취하여 어체의 일반성분, 지방산, 아미노산 및 관능평가를 실시하고 그 결과에 대해 비교하였다.

1. 일반성분

가. 연구방법

실험어에 공급한 실험사료는 앞서 설명한 성장도 조사에서 사용한 것과 같은 배합사료(EP)와 습사료(MP, 생사료 포함)를 사용하였다. 어체 육질평가를 위한 실험어는 청양수산(넙치 육성어 EP구 및 MP구, 넙치 미성어 EP구 및 MP구)과 석병수산(넙치 육성어 EP구 및 MP구)에서 6, 8, 12월에 각각 5~10마리씩 즉살시킨 후 동결한 채로 실험실에 운송된 것을 시료로 사용하여 분석을 실시하였다.

일반성분은 넙치 육성어의 전어체와 넙치 성어의 등근육을 마쇄하여 사용하였으며, 수분은 AOAC(1990)의 방법에 따라 105℃의 dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였고, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System(Bunchi B-324/435/124, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Switzerland)을 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 조회분은 550℃의 회화로에서 4시간 태운 후 측정하였다.

나. 연구결과

청양수산의 EP와 MP구 넙치 미성어 및 육성어의 전어체 일반성분 분석 결과는 표 4-1 및 4-2에 나타내었고 해성수산의 넙치 육성어는 표 4-3에 나타내었다. 양식장별 넙치 등근육의 분석결과는 표 4-4 및 표 4-5에 나타내었다. 각 양식장별로 공급한 EP와 MP에 따른 넙치 전어체의 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량은 유사하였고, 넙치 등근육의 분석결과도 각 양식장별로 일반성분 함량은 유사하였다.

표 4-1. 청양수산 넙치 미성어 전어체의 일반성분(%)

월 별	청양수산(사료)							
	넙치 미성어 EP구				넙치 미성어 MP구			
	수 분	조단백질	조지방	조회분	수 분	조단백질	조지방	조회분
08. 6.(최초)	72.15	17.57	6.20	3.69	72.15	17.57	6.20	3.69
08. 8.(중간)	72.93	18.17	5.75	3.22	71.69	18.61	4.72	2.85

표 4-2. 청양수산 넙치 육성어 전어체의 일반성분(%)

월 별	청양수산(사료)							
	넙치 육성어 EP구				넙치 육성어 MP구			
	수 분	조단백질	조지방	조회분	수 분	조단백질	조지방	조회분
08. 6.(최초)	73.91	17.46	4.39	4.11	73.91	17.46	4.39	4.11
08. 8.(중간)	73.32	18.68	5.13	3.05	72.80	17.31	6.54	3.27

표 4-3. 석병수산 넙치 육성어의 전어체의 일반성분(%)

월 별	석병수산(사료)							
	넙치 육성어 EP구				넙치 육성어 MP구			
	수 분	조단백질	조지질	조회분	수 분	조단백질	조지질	조회분
08. 6.(최초)	72.05	17.38	5.33	3.57	72.05	17.38	5.33	3.57
08. 8.(중간)	71.03	18.64	5.66	3.01	75.86	16.15	4.41	3.68

표 4-4. 청양수산 넙치 성어 등근육의 일반성분(%)

월 별	청양수산(사료)					
	EP구			MP구		
	수 분	조단백질	조지질	수 분	조단백질	조지질
08. 12.(최종)	76.59	21.94	0.24	77.77	21.55	0.27

표 4-5. 석병수산 넙치 성어 등근육의 일반성분(%)

월 별	석병수산(사료)					
	EP구			MP구		
	수 분	조단백질	조지질	수 분	조단백질	조지질
08. 12.(최종)	77.34	22.83	0.41	75.93	23.33	0.53

2. 지방산

가. 연구방법

지방산 분석은 각 사료구별 넙치의 전어체와 등근육을 동결건조하고 분쇄한 시료 3 g에 대하여 4배량의 chloroform : methanol 혼합용매(2 : 1, v/v)를 가하여 homogenizer로 2분간 교반한 후, 여과하여 얻은 여액을 플라스크에 넣고 evaporator로 용매를 제거하여 지질을 추출하였다. 추출한 지질은 14% BF₃-methanol(Sigma Chemical Co., USA) 2 mL를 가하고 30분간 85°C에서 가열시킨 다음, 석유 ether로 추출하여 지방산 분석용 시료로 사용하였다. GC 분석조건은 HP-INNOWax capillary column(30 m × 0.32 mm i.d., film thickness 0.5 μm, Hewlett-Packard, USA)이 장착된 gas chromatography(HP6890, USA)로 carrier gas는 helium을 사용하였다. Injector와 detector(FID) 온도는 각각 250°C, 270°C로 설정하였고, oven 온도는 170°C에서 225°C까지 1°C/min 증가시켰다. 각 지방산은 동일조건에서 표준지방산 methyl ester mixture(Sigma Chemical Co., USA)와 retention time을 비교하여 동정하였으며 함량은 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타내었다.

나. 연구결과

각 양식장에서 공급한 EP와 MP를 섭취한 넙치 등근육의 지방산 조성을 표 4-6에 나타내었다. 청양수산 및 석병수산의 넙치 등근육의 포화지방산(saturated fatty acid, SFA)과 monoene의 지방산 함량은 2개소 시험양식장 모두 EP와 MP구에 따른 차이는 보이지 않았다. EP와 MP를 공급한 넙치 등근육의 SFA로서는 공통적으로 팔미트산(palmitic acid, C16:0)의 함량이 가장 많았고, 불포화지방산(unsaturated fatty acid, USFA)으로는 도코사헥사엔산(docosahexaenoic acid, DHA, C22:6)가 가장 많이 함유되어 있었고 다음은 올레산(oleic acid, C18:1)이었다. 올레산은 단일불포화지방산으로서 다량 섭취시 혈중 중성지방이나 콜레스테롤을 낮춤으로서 동맥경화증과 같은 성인병에 유익한 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며, 근육의 맛과 관련해서는 올레산 함량이 높으면 근육의 맛을 좋게 하고, 관능평가에서 높은 점수를 얻는다는 보고가 있다. 2개소 양식장 모두 넙치 등근육의 주요 지방산은 DHA, 팔미트산, 올레산이었고, 생사료와 배합사료 공급에 따른 지방산 조성의 차이는 보이지 않았다. 이상의 결과로부터 넙치는 지방함량이 낮은 백색어류로, 사육기간동안 공급된 사료인 EP와 MP에 의해 넙치근육의 풍미 및 정미성에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 판단되었다.

표 4-6. 넙치 등근육의 지방산 조성(% of total fatty acids)

	청양수산 EP	청양수산 MP	석병수산 EP	석병수산 MP
C14:0	1.50	1.64	1.51	1.82
C16:0	21.75	22.77	22.05	21.56
C16:1n-7	1.93	2.57	2.25	2.40
C18:0	4.51	5.21	5.38	4.61
C18:1n-9	12.69	12.51	12.18	12.62
C18:2n-6	6.27	1.87	2.61	5.84
C18:3n-3	0.51	0.87	0.50	0.66
C20:1n-9	0.26	0.46	0.33	0.28
C20:2n-6	1.97	1.39	2.63	2.57
C20:3n-6	1.86	0.25	0.99	0.48
C20:3n-3	2.72	2.56	2.80	2.86
C20:5n-3	5.41	7.94	6.43	5.95
C22:0	0.34	-	0.53	0.18
C22:2n-6	0.36	0.30	0.31	0.53
C22:4n-3	0.28	0.22	0.19	0.19
C22:5n-3	3.04	2.79	2.84	3.01
C22:6n-3	34.11	36.36	35.99	33.85
C24:0	0.47	0.30	0.50	0.59

3. 아미노산

가. 연구방법

구성아미노산 분석은 각 사료구별 넙치의 전어체와 등근육 부위를 동결건조하고 분쇄한 시료 0.5g를 정밀히 취하여 시험관에 넣고 6N-HCl 15mL를 가하여 감압밀봉한 후 110°C의 dry oven에서 24시간 이상 동안 산가수분해 시켰다. Glass filter로 분해액을 여과하고 얻은 여액을 55°C에서 감압농축 하여 염산과 물을 완전히 증발시킨 다음, 농축된 시료를 sodium citrate buffer(pH 2.20)로 25mL 정용플라스크에 정용하여 0.45 μ m membrane filter로 여과 한 시료액을 아미노산 자동 분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd., England)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Cation separation column(oxidised feedstuff column, 4.6mm×200mm)을 사용하였고 0.2M sodium citrate buffer(pH 3.20, 4.25)와 1.2M sodium citrate buffer(pH 6.45) 및 0.4M sodium hydroxide solution을 이동상으로 사용하였다. 이동상의 유속은 0.42mL/min, ninhydrin 용액의 유속은 0.33mL/min, column 온도는 48~95°C, 반응온도는 135°C로 하였고 분석하였다.

나. 연구결과

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 EP와 MP를 섭취한 넙치 등근육의 아미노산 조성은 표 4-7에 나타내었다. 일반적으로 필수아미노산인 트레오닌(threonine), 발린(valine), 메티오닌(methionine), 이소로이신(isoleucine), 로이신(leucine), 페닐알라닌(phenylalanine), 히스티딘(histidine), 리신(lysine), 아르기닌(arginine), 트립토판(tryptophan), 맛 관련 아미노산인 글루탐산(glutamic acid), 감미제 아미노산인 트레오닌, 세린(serine), 글리신(glycine), 알라닌(alanine), 황함유아미노산인 메티오닌, 시스틴(cystine) 및 방향족 아미노산인 페닐알라닌, 티로신(tyrosine)을 들 수 있다. EP와 MP구 공통적으로 넙치 등근육의 필수아미노산 중에서 lysine의 함량이 가장 높았으며, 구성아미노산의 대부분을 차지하고 있는 것은 아스파르트산(aspartic acid), 글루탐산, 로이신 및 리신이였다. 참돔, 조피볼락 및 넙치의 구성아미노산의 대부분을 차지하고 있는 것은 글루탐산, 리신, 아스파르트산 등과 유사하였으나(국립수산과학원, 2009), 본 실험에서 프롤린의 함량은 낮았다. 한편, EP와 MP공급에 따른 넙치 등근육의 구성아미노산 함량에는 차이가 없었다. 이것은 수산동물의 체단백질 구성아미노산의 조성은 어종에 따라 큰 차이가 없다고 한 보고와 뱀장어와 가물치의 필수아미노산 함량은 성장조건별로 큰 변화 양상을 나타내지 않았다고 보고한 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

표 4-7. 넙치 등근육의 아미노산 조성(% protein)

	청양수산 EP구	청양수산 MP구	석병수산 EP구	석병수산 MP구
Alanine	5.70	5.61	5.58	5.77
Arginine	5.89	5.88	5.83	5.80
Aspartic acid	10.23	10.12	10.08	10.15
Cystine	0.66	0.68	0.67	0.93
Glutamic acid	14.85	14.93	14.93	14.73
Glycine	4.36	4.29	4.29	4.49
Histidine	2.52	2.43	2.45	2.50
Isoleucine	4.81	4.80	4.84	4.77
Leucine	8.21	8.26	8.23	8.20
Lysine	9.72	9.72	9.77	9.64
Methionine	2.99	3.08	3.23	3.03
Phenylalanine	4.25	4.22	4.11	4.30
Proline	2.89	3.20	3.30	2.71
Serine	4.08	3.95	3.99	4.13
Threonine	4.64	4.55	4.54	4.59
Tyrosine	3.74	3.73	3.64	3.67
Valine	5.47	5.48	5.55	5.37

4. 관능검사

가. 연구방법

관능검사를 위한 실험어는 12월에 채취한 평균 1kg이상 되는 넙치 성어를 사용하였다. 각 사료구별 넙치의 등근육을 일정한 크기로 썰어 4±1℃의 냉장고에 1시간정도 넣어 둔 것으로 관능평가를 실시하였으며, 간장을 동반식품으로 하였다. 기호도 검사는 양식관련 연구원 및 어업인 20명을 대상으로 전반적인 기호도(overall acceptability), 냄새(flavor), 색택(color), 맛(taste) 및 질감(texture)에 대해서 9점 척도법을 사용하여 설문지 방식으로 실시하였다. 1점은 매우 나쁘거나 낮음(extremely bad or slight), 9점은 매우 좋거나 강함(extremely good or much)으로 하여 9단계로 실시하였다.

나. 연구결과

각 양식장에서 넙치를 양식하는 동안 공급한 EP와 MP를 섭취한 넙치 성어 등근육의 관능검사 결과를 표 4-8에 나타내었다. 냄새, 색택, 맛 및 질감에 있어서 EP와 MP구간에 유의적인 차이를 보이지 않았고, 전반적인 기호도에서도 각 사료구별로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나, 맛과 색택에 있어서는 MP구가 EP구보다 유의적인 차이는 없지만 다소 높은 값을 나타내었다. 우리가 생선을 회로 먹을 때, 어육의 지질함량은 맛과 질감에 상당한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 지질 함량이 많은 어육은 육질에 탄력성을 잃어 질감이 좋지 않을 뿐만 아니라 기름진 느낌으로 맛에도 좋지 않은 영향을 미친다고 한다. 또한, 넙치는 저지방 백색어류로 담백한 풍미를 가지는 육질이기에 때문에, 아주 미량의 체성분 등의 변화에 의해 맛이 변화하기 쉬울 것이라고 보고하였다(Ioka 등, 1997). 본 실험에서 각 사료구별로 관능검사 결과가 유의적인 차이를 보이지 않은 것은, 성장도 조사의 사료 성분분석 결과에도 나타내었듯이 넙치 등근육의 조지질 함량은 1% 내외로 적어 각 사료구별로 넙치 근육의 맛과 질감의 차이를 구분하는데 한계가 있을 것으로 사료되었다. 따라서 넙치와 같은 흰살 근육의 경우는 근육의 조직감이 맛의 판단에 더 중요한 역할을 할 것으로 생각된다.

이상과 같이 육질 평가에 대한 연구결과, 배합사료로 사육한 넙치근육의 품질이 생사료로 사육한 넙치에 비해 결코 떨어지지 않는다는 것이 명확히 밝혀졌다. 더우기 배합사료를 공급하는 양식산 넙치의 경우에는 사료에 각종 기능성 물질을 첨가하는 등 고품질, 기능성 사료를 개발하여 체계적인 관리를 한다면 근육의 품질을 더욱 향상시킬 수 있을 것

으로 기대된다. 따라서 이러한 정확한 과학적인 정보를 국민에게 제공함으로써 그동안 잘못 자리 잡고 있는 자연산과 양식산, 그리고 배합사료 및 생사료에 의한 양식산 넙치의 품질에 대한 부정적인 고정관념을 탈피할 수 있으며, 양식산 넙치품질에 대한 인식전환 및 제고가 이루어질 수 있을 것으로 기대해본다.

표 4-8. 넙치 등근육의 관능평가¹

항 목	EP구	MP구
Overall acceptable(전반적 기호도)	6.3	6.9
Flavor(냄새)	6.3	6.1
Color(색택)	6.1	7.4
Taste(맛)	6.4	7.0
Texture(질감)	5.9	6.7

¹5항목에 대한 총점수(항목별 9점을 만점으로 한 20명 평가자 점수)의 평균값

제 5 절 경제성 평가

어류양식에 있어서 생사료(여기서는 습사료, MP) 사용의 단점으로는 수산자원의 치어 남획과 양식산장의 오염 가중, 그리고 생사료 공급시 높아지는 어병발생률 등이 가장 일반적으로 지적되고 있고, 경영관리적인 측면에서는 생사료 공급방식으로는 비용절감과 규모의 경제가 달성되지 않는다는 점이다. 다시 말해서 MP를 제조하기 위해서는 노동력이 필요하게 되고, 사료보관을 위한 냉동고의 운영으로 고정비 및 전력비용이 증가하게 되어 비용절감은 어려워지고, 노동력에 의존하기 때문에 대량생산을 통한 원가절감이 곤란하다는 것이다(이, 1995). 이와 같은 단점의 대응책으로서 이미 여러 선진수산국에서 시행하고 있듯이 우리나라에서도 양어용 생사료 사용에서 배합사료로의 전환이 필수적이다. 그러나 일반적으로 어업인들 사이에서는 배합사료보다는 생사료 공급이 성장이 빠르고 육질의 탄력도 및 맛이 우수하다는 인식이 뿌리 깊게 남아 있어서 배합사료로의 신속한 전환에는 한계를 지니고 있는 실정이다. 이에 따라 수산분야 배합사료직불제 시행과 함께 양식용 실용 배합사료개발이 수행중이며 최근에는 양식생산성 향상을 위하여 고품질 양식용 배합사료가 본격적으로 개발 중에 있다.

그런데 어류양식업은 산업으로서 자체 존립기반을 유지하고 있으며, 판매를 목적으로 자기 계산 하에 이루어지는 경제성의 원리가 존재하고 있는 영역이므로 경제적 타당성에 따라 움직인다. 따라서 본 실험에서는 실제 양식환경과 차이가 있는 연구목적의 소규모 실내 실험실이 아닌, 직접 양식산업인의 양식환경 속에서 어업인이 직접 양성하는 방식으로 현장적용실험을 하되, 경상북도의 포항지역 2개소 넙치양식장을 대상으로 고품형태의 배합사료인 EP(extruded Pellet)와 습사료(MP, moist pellet, 생사료포함)공급에 따른 성장도 차이와 경제성을 객관적으로 평가해 보는 데 그 목적이 있다.

1. 분석과정 및 연구방법

가. 분석과정

경제성분석을 위한 조사기간은 2008년 6월부터(5월은 예비사육) 2008년 12월까지이며, 조사 시험양식장은 경상북도 포항시 소재 넙치양식장인 청양수산과 석병수산(구, 해성수산)을 대상으로 하였다.

경제성분석을 위하여 표본 시험양식장에 대한 청취조사와 현장실태조사를 통하여 넉치 양식장의 비용구조를 파악한 후, 조사양식장의 수익-비용구조 모델을 설정하였다. 이어서 표본 시험양식장에서 MP와 EP로 매월 조사한 사육마리수, 총중량, 생존율 및 사료단가 등을 토대로 수익성과 경제성을 평가하였다.

본 분석에 있어서 표본 시험양식장 내에 실험설계를 하고 수익성과 경제성을 조사하였기 때문에 본 현장적용 실험결과로 나타난 수익성과 경제성은 표본양식장의 일부에 설계된 실험양식시설에 한하며, 청양수산과 석병수산의 수익성과 경제성과는 별개임을 밝혀 둔다. 여기서는 편의상 표본양식장내의 시험양식장을 청양수산, 석병수산으로 표기하였다.

나. 연구방법

수산시험연구사업의 경제성평가로서는 협의의 경제성분석과 경영분석으로 대별하여 생각해 볼 수 있다. 먼저, 경제성분석은 수산시험연구사업에 대한 투자가 기술적·경제적 타당성을 가지고 있는지를 국민경제적 관점에서 분석하여 합리적인 의사결정을 내리는 방법이며, 경영분석은 개별 프로젝트의 측면에서 어업소득 또는 순이익을 극대화하는 목적을 토대로 경영성과를 측정·평가하는 방법이다.

경제성분석은 경제적 타당성분석(Economic Feasibility Analysis)이라고도 하며, 시험연구과제 수행과 관련된 모든 직·간접비용과 편익을 비교하여 국민경제적 관점에서 사회후생의 증감여부와 그 정도를 판정하고 있다.

표 5-1. 경제성분석과 수익성분석 비교

분석종류	경 제 성 분 석 (Economic Feasibility)	수 익 성 분 석 (Financial Feasibility)
평가관점	양식업 투자에 대한 투자수익률	양식업체의 양식경영 수익률
비 용	초기투자비용+초기 운영비 (투자로 인한 현금유출 부분)	양식 비용
편 익	양식투자 수익으로 인한 연간 현금유입 부분	양식 이익

반면에 경영분석은 수익성분석(Profitability Analysis) 또는 재무적 타당성분석(Financial Feasibility Analysis)이라고도 하며, 양식장 경영체 입장에서 사업수행의 결과로 기대되는 순이익을 추정하는 분석방법이다.

이상의 두 분석방법은 투입산출물의 적용가치, 노임의 평가, 감가상각비, 용지매수 보상비, 생산비 노임 등에 있어서 차이가 있지만, 크게 보면 위 표와 같은 차이점을 나타내고 있다. 본 연구에서는 수익성분석과 동시에 경제분석기법으로 많이 이용되는 순현재가법(NPV method), 내부수익률법(IRR method) 및 편익비용비율법((Benefit/Cost Ratio: BCR)을 실시하였다.

순현재가법(net present value method : NPVM)은 화폐의 시간적 가치를 고려하여 투자안들을 평가하는 방법을 현금흐름할인법(discounted cash flow method : DCFM)의 일종으로서 순현재가(net present value : NPV)는 투자의 결과 발생하는 현금유입(cash inflow)의 현재가에서 현금유출(cash outflow : CO)의 현재가를 차감한 것을 의미한다. 즉, 순현재금유입(net cash flow)의 현재가치의 합계액이 순현재가이다.

투자안의 순현재가를 정의하면 다음과 같다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CI_t}{(1+k)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+k)^t}$$

선택기준 : 순현재가가 0보다 크면 투자안을 선택한다.

위 식에서 적정할인율(appropriate discount rate) k는 해당 투자안이 가지는 투자위험에 상응하는 할인율을 뜻하며, 그 투자안이 벌어들여야 하는 최소한의 수익률로서 소요자본의 요구수익률(required rate of return)을 의미한다. 또한, 이것은 투하 자본의 기회비용으로서 자본비용(cost of capital)이라고도 한다.

순현재가법의 의사결정 기준으로는 순현재가가 0보다 큰 투자안을 채택하고, 순현재가 0보다 작은 투자안을 기각한다. 순현재가법은 투자에 대해 순현재금흐름을 파악하는 방법으로, 미래에 발생할 현금흐름에 대해 할인율의 개념을 적용하여 초기투자액을 차감함으로써 순현재금흐름의 현재가치를 산정하게 된다.

또한, 내부수익률법(internal rate of return : IRR)을 보면, 내부수익률이란 투자에 소요되는 현금유출액(cash outflow : CO)의 현재가치합계액과 투자로 인해 예상되는 현금유입액(cash inflow : CI)의 현재가치합계액을 일치시켜 주는 할인율로서 투자안의 평균투자수익률을 의미하는데, 내부수익률은 다음의 식에 의해서 구할 수 있다.

$$\sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{CI_t}{(1+r)^t} \quad \text{단, } r \text{은 내부수익률}$$

선택기준: 내부수익률(r)이 최저기대수익률(k)보다 크면 투자안 선택한다.

NPV법에서는 할인율 r이 시장에서 결정된 자본비용으로서 미리 결정되어 있는데 반하

여, IRR법에서는 NPV를 0으로 만드는 특정 할인율 IRR의 값을 구한다. 내부수익률법의 의사결정 기준으로는 내부수익률 IRR이 자본비용 r 보다 높을 경우 투자안을 채택하고, IRR이 자본비용 r 보다 낮을 경우 투자안을 기각한다.

즉, 내부수익률법은 미래의 현금흐름에 대해 현금의 시장가치를 고려하는 방법으로, 현금가법의 공식에서 초기투자액을 빼어 0이 되게 할인율을 구하게 된다. 내부수익률법은 현금의 시장가치를 고려하기 때문에 상호 배타적인 투자대안 비교시 유용하다.

한편, 편익/비용비율(benefit/cost ratio: BCR)은 편익/비용비율은 투자로 인하여 발생하는 편익흐름의 현재가치를 비용흐름의 현재가치로 나눈 비율을 의미하며, 수익성지수법(profitability index method: PIM)이라고도 불린다.

$$\text{편익/비용비율(B/C)} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

여기서, B_t : t 시점의 편익, C_t : t 시점의 비용, r : 할인율, T : 분석기간

선택기준 : $B/C > 1$ 이면 경제적 타당성 있음

B/C 비율은 어떤 투자안의 경제적 타당성을 절대적 금액으로 측정하는 NPV법과는 달리, 투자안의 상대적 수익성을 비율로 측정한다. 즉, 투자사업에 대한 B/C비율이 1 이상이면 그 사업은 투자의 타당성을 가지며, B/C비율이 클수록 투자사업의 효과가 큰 것으로 판정한다.

2. 동해안의 넙치양식 수익-비용 구조

가. 넙치양식의 비용구조 분석

넙치양식에 있어서 비용구조는 지역에 따라 다르고, 동일지역이라도 양식업체에 따라서 상이한 경우가 많으며 양식장 규모에 따라서도 양식비용구조가 달리 나타난다. 뿐만 아니라 조사대상자의 월가관리 수준 및 정보 개방성 정도, 조사시점, 어병발생 여부 등 여러 요인에 따라 오류와 편이가 나타날 수 있다. 따라서 본 시험양식장의 양식수익-비용구조는 지역 양식장을 대표하는 것은 아니며, 오직 실험설계에 따른 현장 조사치임을 인식할 필요가 있다. 본 시험양식장의 비용구조는 현장실태조사를 통해 1차 자료를 수집하였고, 이와 병행하여 국립수산물과학원에서 수행하여 추정한 넙치양식표준지침서(국립수산물과학원, 2006)에 따라 본 실험규모와 유사한 동해안 넙치양식장의 평균 수익-비용구조를 추출하여 본 분석에 보충적으로 이용하였다.

표 5-2. 동해안 넙치양식장의 평균 수익-비용구조¹

항 목	3,300m ² 규모	
	금 액(천원)	비 율(%)
양식수익	651,300	100.00
수선유지비	22,261	3.42
종묘비	49,396	7.58
유류비	29,880	4.59
사료비	137,613	21.13
약품비	30,500	4.68
전력비	57,995	8.44
주부식비	1,350	0.02
지급이자	35,070	5.38
차량유지비	7,500	1.15
판매비	6,513	1.00
소모품비	1,000	0.15
감가상각비	35,000	5.37
인건비	94,476	14.51
복리후생비	6,000	0.92
잡 비	13,026	2.00
양식비용 합계	527,580	80.54
양식이익	126,720	19.46

¹넙치양식표준지침서(국립수산과학원, 2006).

나. 넙치양식의 수익 구조

양식장의 수익은 생존율과 출하가격에 따라 크게 좌우된다. 특히 출하가격은 수급에 따라 크게 영향을 받는데 실험기간인 2008년도에는 적체물량의 증가로 넙치 판매가는 전년 대비 20% 내지 30%까지 하락추세에 있어서 수익구조를 크게 악화시키고 있었다.

표본양식장에서의 실험어 출하 크기인 700g, 800g, 1,300g의 산지 출하가격을 조사하면 2008년 1년 동안에도 계속 하락추세에 있음을 확연히 드러나고 있다. 양식넙치의 상품 크기별 연평균 출하가격을 산출해 보면, 700g크기는 8,025원, 800g크기는 8,475원, 1,300g크기는 10,708원으로 나타났다.

표 5-3. 경상북도 포항지역 양식넙치의 월별 출하가격(원)¹

구 분	'08.01	'08.02	'08.03	'08.04	'08.05	'08.06	'08.07	'08.08	'08.09	'08.10	'08.11	'08.12
700g	8,500	8,500	8,300	8,900	9,000	8,600	8,000	7,100	7,400	7,500	7,500	7,000
800g	9,000	8,500	8,800	9,400	9,500	9,100	8,500	7,600	7,900	8,000	7,800	7,600
1,300g	11,500	11,000	11,000	11,400	11,500	11,200	11,300	9,400	10,200	10,500	10,500	9,000

¹경북어류양식수협 주간단가표에서 평균치를 산정함.

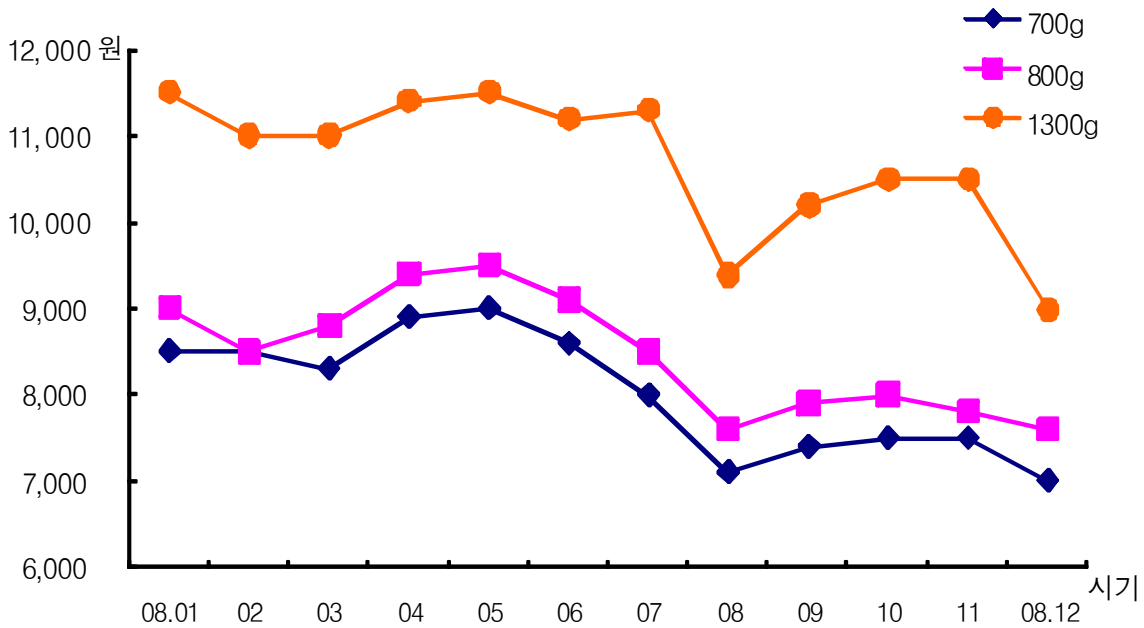


그림 5-1. 경상북도 포항지역 양식넙치 월별 출하 가격(원).

표 5-4. 표본양식장의 사료종류별 생존률 및 생산량

구 분	청양수산				석병수산	
	육성어		미성어		육성어	
	EP	MP사료	EP	MP사료	EP	MP사료
입식량(마리)	35,000	34,000	9,000	9,000	51,400	49,000
생존량(마리)	20,778	27,700	6,512	7,186	36,205	21,982
생존률(%)	59.37	81.47	72.36	79.84	70.44	44.86
생산량(kg)	15,874	21,966	7,768	8,623	27,008	15,761

한편, 수익구조는 생존률에 의해서도 직접적으로 영향을 받는데, 청양수산은 MP구가 생존율이 높았고, 석병수산은 반대로 EP가 생존율이 높게 나타났다. 이에 따라 수익률도 청양수산은 MP가 높고, 석병수산은 EP구가 높게 나타났다.

3. 시험양식장별 사료종류별 생산중량 차이 분석

본 실험에 있어서 시험양식장별로 EP 및 MP공급에 따른 성장도를 월별로 조사하고, 최종 실험종료시점에 있어서 평균중량을 실제 측정치를 통하여 산출하였다. 이는 본 연구의 핵심 목표이었고, 수익성이나 경제성분석을 위해서도 시험양식장별 사료종류별 경영성과 차이가 평균생산중량의 차이에 기인한 것인지, 아니면 다른 요인에 기인한 것인지를 사전에 파악할 수 있다는 점에서 사료종류별 평균생산중량에 대한 차이 유무를 검정하는 것이 대단히 중요하다.

2008년 6월부터 2008년 12월까지 7개월 동안 동일 양식장에서 동일한 경영환경과 동일한 양식환경 속에서 단지 사료종류에 따른 생산중량은 표 5-5와 같이 나타났다.

표 5-5. 시험양식장별 사료종류별 넙치 평균중량(g)

구 분	청양수산				석병수산	
	육성어		미성어		육성어	
	EP구	MP구	EP구	MP구	EP구	MP구
개체 평균중량	764	793	1,277	1,368	746	717

본 실험결과에 대하여 사료종류에 따라 양식넙치의 성장도에 차이가 있었는지에 대한 검정을 하기 위하여 SPSS 14.0 프로그램을 사용하여 T-test를 실시, 5% 유의수준에서 평균간의 동일성에 대한 유의성을 검정하였다.

먼저, 청양수산의 실험을 대상으로 한 검정결과는 육성어 양성의 경우는 표 5-6에서 나타내었는데, 미성어 양성의 경우는 마리수가 상대적으로 적어서 본 분석에서 제외하였다. 분석결과를 보면, 5% 유의수준에서 유의확률이 0.289로서 유의성이 없으므로 귀무가설 (H_0 =두 집단간의 표본 평균간의 차이는 없다)이 채택되어 청양수산의 육성어양식장에서의 사료종류간 개체 평균중량의 차이는 없다고 할 수 있다.

표 5-6. 청양수산 넙치 육성어 양성실험의 사료종류별 평균 개체중량과의 차이 검정결과

그 룹	N	평 균	표준편차	Levene의 등분산검정		평균의 동일성에 대한 t-검정						
				F	유의확률	t	자유도	유의확률 (양측)	평균차	차이의 표준오차	차이의 하한	95%신뢰구간 상한
EP구	20	764.0000	62.96616	1.789	0.189	-1.076	38	0.289	28.75000	26.70766	-25.31684	82.81684
MP구	20	792.7500	101.49507			-1.076	31.738	0.290	28.75000	26.70766	-25.66932	83.16932

이어서, 석병수산의 실험을 대상으로 한 검정결과는 표 5-7과 같았다. 분석결과를 보면, 5% 유의수준에서 유의확률이 0.350으로서 유의성이 없으므로 귀무가설(H_0 =두 집단간의
표 5-7. 석병수산 넙치 육성어 양성실험의 사료종류별 평균 개체중량과의 차이 검정결과

그 룹	N	평 균	표준편차	Levene의 등분산검정		평균의 동일성에 대한 t-검정						
				F	유의확률	t	자유도	유의확률 (양측)	평균차	차이의 표준오차	차이의 하한	95%신뢰구간 상한
EP구	42	746.0476	143.87579	2.699	0.105	-0.941	70	0.350	-29.04762	30.85320	-90.58239	32.48715
MP구	30	717.0000	104.61621			-0.992	69.965	0.325	-29.04762	29.28620	-87.45761	29.36238

표본 평균간의 차이는 없다)이 채택되어 석명수산의 실험장에서의 사료종류간 개체 평균 중량의 차이는 없다고 할 수 있다. 결론적으로 이상의 결과를 통해서 볼 때, 본 포항지역 시험양식장현장에서의 표본 양식장에서의 실험설계에 있어서 동일한 양식환경 조건하에서 EP와 MP에 따른 성장의 차이는 없었다.

4. 시험양식장별 사료종류별 수익성분석

가. 청양수산

청양수산에 있어서 우선, 육성어양성의 경우, 생산량에 직접적으로 영향을 미치는 생존율을 살펴보면, EP구가 59.37%로서 MP구 생존율인 81.47%보다 매우 저조하게 나타나서 수익률에 직접적인 영향을 미치게 될 것임을 예상할 수 있다. 미성어 육성의 경우는 EP구의 생존율이 72.36%, MP구의 생존율이 79.84%로 다행히 큰 차이를 보이지 않았지만, 이 역시 수익률에 영향을 미칠 것은 분명하다.

청양수산의 사료형태별 수익성분석을 위해서 직접 표본양식장 조사를 통해 수익 및 비용구조를 파악하였다. 수익은 양성 총중량에서 2008년도 경북지역 평균 출하가격을 곱하여 산출하였다. 양성어의 원가는 앞에서 분석한 비용구조를 기준으로 종묘비와 사료비는 양성중량과 사료소비량 누계량을 기준으로 산정하고, 약품비는 사료소비량과의 비율, 판매비는 출하량에 따라 부과하였고, 기타 비용은 양식간접비로서 양성중량에 따라 원가를 배분하였다.

배합사료의 경우 수협사료에서 정찰가로 구입한 가격인 kg당 1,900원을 기준가격으로 하되, 첨가제를 100원 포함하여 kg당 2,000원으로 분석하였다. MP는 생사료 450원, 첨가제 100원, 운임 50원을 적용하여 kg당 600원으로 계산하였다. 본 분석결과, EP구와 MP구를 구분하지 않고 육성어와 미성어 양성을 모두 포함한 청양수산 표본실험양식장 전체 수익률은 14.59%로 나타났다(총수익 479,235천원, 총비용 409,322천원, 양식이익 69,913천원).

<주요 비용 산출내역>

종묘비(육성어)

EP구 35,000마리 × 1,000원(평균 172g, 청양수산 평가가격)

MP구 34,000마리 × 1,000원(평균 169g)

(미성어)

EP구 9,000마리 × 8,000원

(평균 628g, 입식시 경북어류양식수협 출하가격)

MP구 9,000마리 × 8000원(평균 620g)

사료비(육성어)

EP구 15,986kg × 2,000원

(계약가격 1900원, 첨가제 100원)

MP구 47,098kg × 600원

(생사료 450원, 첨가제 100원, 운임 50원))

(미성어)

EP구 4,941kg × 2,000원

(수협사료 계약가격 1900원, 첨가제 100원)

MP구 12,978kg × 600원

(생사료 450원, 첨가제 100원, 운임 50원)

<수익 산출내역>

EP구

육성어 최종 양성 총중량 15,874kg × 8025원(평균 764g)
(700g크기 연평균 산지출하가격)

미성어 최종 양성 총중량 7,768kg × 10,7084원(평균 1,277g)
(1,300g 크기 연평균 산지출하가격)

MP구

육성어 최종 양성 총중량 21,966kg × 8,025원(평균 793g)
(700g크기 연평균 산지출하가격)

미성어 최종 양성 총중량 8,628kg × 10,708원(평균 1,368g)
(1,300g 크기 연평균 산지출하가격)

이를 육성어와 미성어 양성으로 나누어 사료종류별로 살펴보면, 육성어양성의 경우, 수익성이 EP구와 MP구가 각각 20.32%, 37.57%로 전반적으로 수익률이 높게 나타났는데, 이는 출하가격이 전년도에 비해 20%~30% 하락한 것을 감안하면 상당히 높은 수익률을 시현하였다. 그런데 육성어 양성에 있어서 MP구가 EP구보다 수익률이 높은 것은 상대적으로 생존율이 높는데 기인한다. 미성어 육성의 경우는 EP와 MP구에 있어서 각각 -19.00%, -6.93%로서 모두 적자를 나타내었는데 이는 1,300g크기 출하가격이 매우 낮았기 때문이었다. 본 결과는 표 5-8과 같다.

표 5-8. 청양수산 넙치시험양식현장의 사료종류별 수익성 비교

항 목	(단위 천원)			
	육성어		미성어	
	EP구	MP구	EP구	MP구
양식수익	127,389	176,277	83,180	92,389
종 묘 비	35,000	34,000	72,000	72,000
사 료 비	31,972	28,259	9,882	7,787
약 품 비	5,122	7,088	2,506	2,784
전 력 비	9,661	13,369	4,728	5,251
주부식비	1,106	1,531	541	601
조세공과금 (보험료포함)	562	778	275	305
판 매 비	1,274	1,763	832	924
감가상각비	6,711	9,287	3,284	3,648
인 건 비	7,376	10,206	3,609	4,009
소모품비	2,719	3,763	1,331	1,478
비용 합계	101,503	110,044	98,988	98,787
양식이익	25,886	66,233	- 15,808	- 6,398
양식이익률(%)	20.32	37.57	- 19.00	- 6.93

나. 석병수산

석병수산의 경우, 생존율에 있어서 앞에서 분석한 청양수산과는 반대로 EP구가 70.44%, MP구는 44.86%로서 MP구의 생존율이 매우 낮았다. 따라서 생존율 저하는 수익성 하락에 크게 영향을 주리라는 것을 쉽게 예상해 볼 수 있다. 사료에 있어서 배합사료인 EP는 청양수산의 경우와 동일하게 적용하였고, MP는 사료효율이 높아서 사용량이 적은 관계로 kg당 생사료가 400원 정도 소요되었고, 첨가제60원 그리고 대량구매로 인한 운임 절감으로 운임비 40원을 합산하여 kg당 500원을 적용하였다. 분석방법은 청양수산과 동일하게 산출하였다.

본 분석결과, EP구와 MP구를 구분하지 않은 석병수산 표본실험양식장 전체 수익률은 11.47%로 나타났다(총수익 343,221천원, 총비용 303,865천원, 양식이익 39,356천원). 이를 EP구와 MP구로 나누어 수익률을 산정하면, EP구와 MP가 각각 13.28%, 8.36%로 청양수산과는 반대로 EP구가 MP구에 비해 수익률이 높게 나타났다.

<주요 비용 산출내역>

종묘비 : EP구 51,400마리 × 1,000원(평균 174g, 석병수산 평가가격)
MP구 49,000마리 × 1,000원(평균 177g)

사료비 : EP구 35,937kg × 2,000원
(계약가격 1,900원, 첨가제 100원)
MP구 58,171kg × 500원
(생사료 400원, 첨가제 60원, 운임 40원)

<수익 산출내역>

EP구

최종 양성 총중량 27,008kg × 8,025원(평균 746g)
(700g크기 연평균 산지출하가격)

MP구

최종 양성 총중량 15,761kg × 8,025원(평균 717g)
(700g크기 연평균 산지출하가격)

한편, 석병수산의 사료종류별 수익률을 보면 출하가격이 하락하고 있는 것을 감안하면 비교적 안정적이라고 볼 수 있다. 물량 적체현상이 해소되면서 출하가격이 제자리를 찾게 되면 이에 따라 수익성도 개선되므로 본 수익률분석결과는 통상적인 경북 포항지역 넙치 양식 수익률로 일반화하는 데는 무리가 따르며 2008년 한 해만의 특성치를 포함하고 있다고 보는 것이 타당할 것으로 생각된다.

표 5-9. 석병수산 넙치시험양식현장의 사료종류별 수익성 비교

항 목	(단위 천원)	
	EP구 금 액(천원)	MP구 금 액(천원)
양식수익	216,739	126,482
종묘비	51,400	49,000
사료비	71,874	29,086
약품비	10,306	6,027
전력비	22,085	12,915
주부식비	2,385	1,395
판매비	2,167	1,265
감가상각비	10,512	6,148
인건비	15,018	8,782
수선유지비	2,209	1,291
비용 합계	187,956	115,909
양식이익	28,783	10,573
양식이익률(%)	13.28	8.36

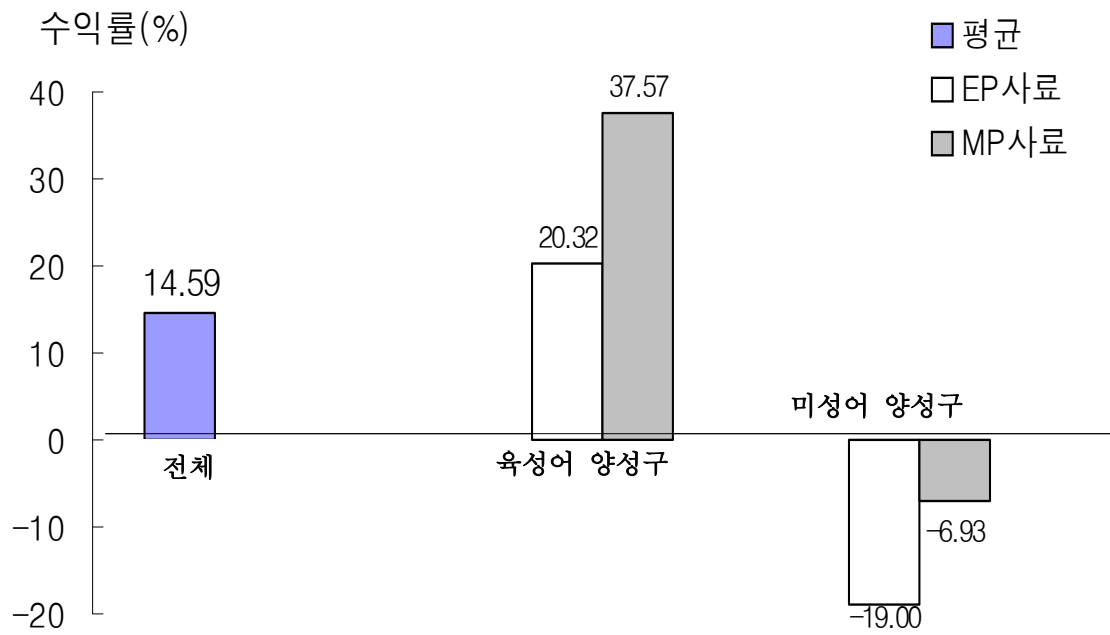


그림 5-2. 청양수산 넙치시험양식 수익성 비교.

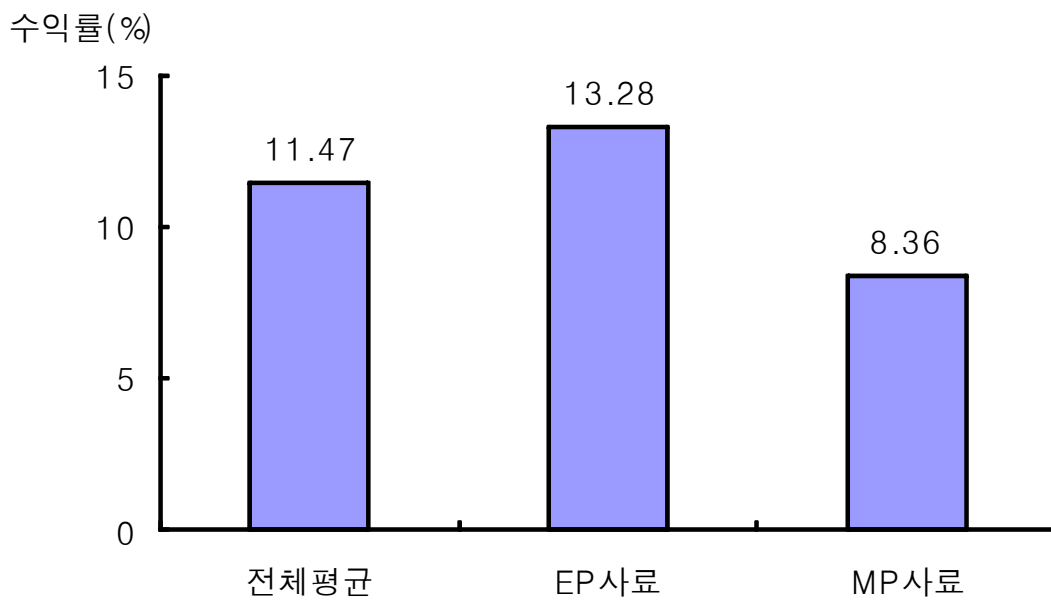


그림 5-3. 석병수산 넙치시험양식 수익성 비교.

5. 시험양식장별 사료종류별 경제성 평가

가. 청양수산

청양수산의 사료종류별 경제성을 평가하기 위하여 내부수익률과 편익비용비율, 그리고 순현재가치를 산정하였다. 청양수산에는 육성어와 미성어 사육을 병행하였는데, 미성어는 각 9,000마리 입식으로 비중도 적고 육성기간도 5개월로 짧아서 본 경제성분석에서 제외하였다. 본 분석에 있어서 할인률은 일본에서의 수산사업 할인율 4%와 한국개발연구원의 우리나라 공공투자사업의 경제성분석 할인율 6.5%, 그리고 최근 이자율 하락 추세를 감안하여 8%를 각각 설정하였다.

먼저 내부수익률은 EP구와 MP구에서 각각 8%와 17%를 나타내었고, 편익비용비율도 1.0을 상회하는 1.26과 1.60로 나타나서 경제성이 높은 것은 것으로 판단된다. 청양수산 전체적으로는 미성어 육성의 적자폭 확대로 내부수익률 6%, 편익비용비율 1.17배로 나타났다. 참고로 미성어 육성의 경우 적자심화로 편익비용비율이 EP구 0.84배, MP구 0.94배로 경제적 타당성이 없는 것으로 나타났다.

표 5-10. 청양수산 넙치시험양식현장 사료종류별 경제성분석

구 분	내부수익률 (IRR, %)	편익비용비율 (BCR)	순현재가치(NPV, 원)		
			할인율 4%	할인율 6.5%	할인율 8%
육성어 양성					
청양수산 전체	6	1.17	207,866,669	259,413,151	적자 전환
EP구	8	1.26	134,213,868	152,308,739	11,249,151
MP구	17	1.60	599,511,446	641,440,189	314,636,492

나. 석병수산

석병수산은 표본양식장 전체 평균으로 볼 때 내부수익률이 5%, 편익비용비율이 1.13배로 나타나 청양수산의 실험구와 비슷한 편이었다.

석병수산의 사료종류별 경제성을 보면, EP구가 MP구에 비해 내부수익률(6% > 4%)과 편익비용비율(1.15배 > 1.09배)이 모두 다소 높게 나타나고 있어서 청양수산의 경우와는 반

대의 현상을 보였다. 또한, 순현재가치액도 순현재금유입이 높은 가운데, EP구가 MP구에 비해 높게 나타났다.

종합적으로 볼 때, 청양수산이나 석병수산 모두 사료종류에 따른 성장차이는 없는 것으로 분석되었지만, 사료종류에 따른 수익률이나 경제성의 차이는 생존율로 인한 생산량 차이와 상관관계가 높은 것으로 판단되고, 전반적인 수익성 및 경제성의 제고는 원가관리 및 출하가격에 영향을 크게 받음을 알 수 있다.

표 5-11. 석병수산 넙치시험양식현장 사료종류별 경제성분석

구 분	내부수익률 (IRR, %)	편익비용비율 (BCR)	순현재가치(NPV, 원)		
			할인율 4%	할인율 6.5%	할인율 8%
육성어 양성					
석병수산 전체	5	1.13	61,275,721	92,375,833	적자 전환
EP구	6	1.15	92,331,874	114,148,478	적자 전환
MP구	4	1.09	4,740,766	15,486,673	적자 전환

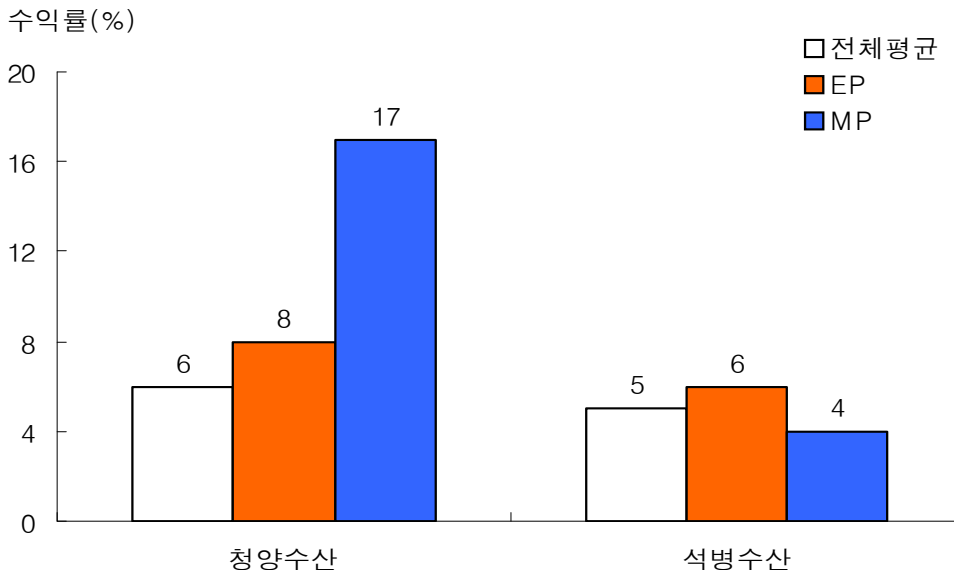


그림 5-4. 넙치시험양식현장별 사료종류별 내부수익률 비교.

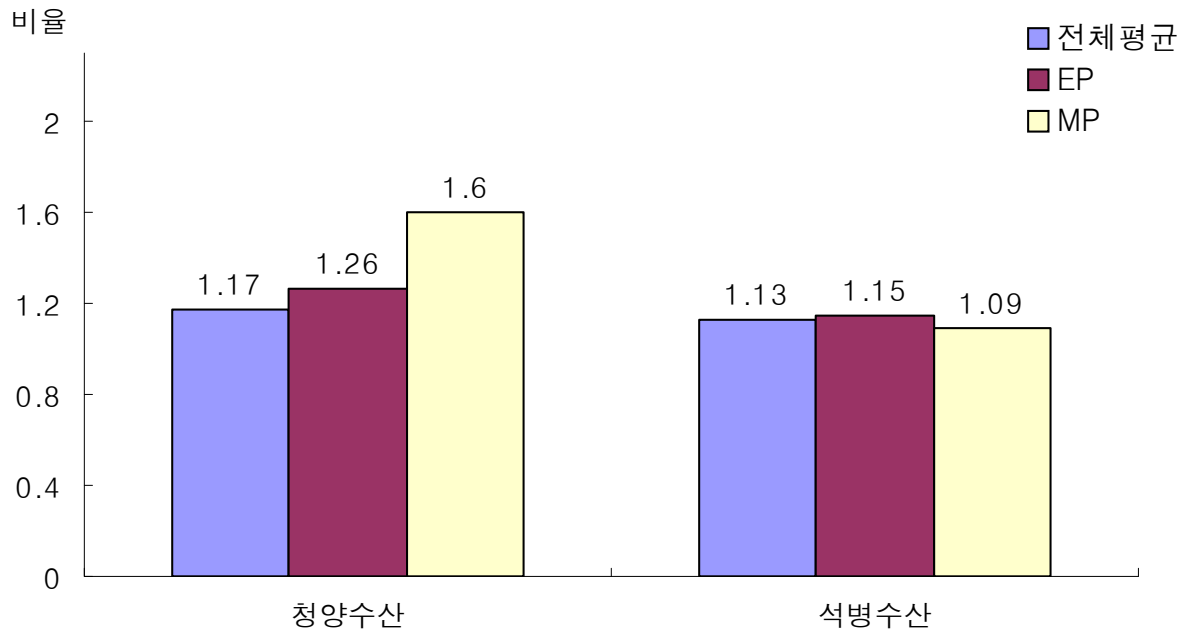


그림 5-5. 넙치시험양식현장별 사료종류별 편익비용 비율 비교.

6. 요약 및 결론

넙치 사료종류별(배합사료 및 생사료) 넙치시험양식장의 수익성 및 경제성을 평가하기 위하여 표본양식장으로 경북소재 포항지역의 청양수산과 석병수산을 선정하고, 각각의 양식장 내에 실험설계를 하고 수익성과 경제성을 조사하였다. 본 현장적용 실험결과로 나타난 수익성과 경제성은 표본양식장의 일부에 설계된 시험양식장에 한하며, 청양수산과 석병수산 자체의 수익성과 경제성과는 별개임을 밝혀둔다. 다만, 표본양식장의 기술력과 경영능력을 그대로 반영하여 현장적용에 있어서 인위적인 요인은 없이 현장에서 실제 행해지고 있는 양식형태를 그대로 반영토록 노력하였다.

시험양식장별 사료종류별 수익성 분석에 있어서 청양수산의 수익성을 보면, 육성어의 경우가 미성어 넙치 육성보다 매우 수익성이 높았는데, 이를 육성어와 미성어 육성으로 나누어 사료종류별로 살펴보면, 육성어양성의 경우, 수익성은 배합사료인 EP구와 생사료인 MP구가 각각 20.32%, 37.57%로 전반적으로 수익률이 높게 나타났는데, 이는 출하가격이 전년도에 비해 20%~30% 하락한 것을 감안하면 상당히 높은 수익률을 시현한 것이다. 넙치 미성어 육성의 경우는 EP와 MP구에 있어서 각각 -19.00%, -6.93%로서 모두 적

자를 나타내었는데 이는 최종 생산물인 넙치 성어 1,300g크기의 출하가격이 매우 낮았기 때문이었다.

석병수산 시험양식장별 사료종류별로 각 실험구의 수익률을 산정한 결과, EP구와 MP구가 각각 13.28%, 8.36%로 나타나 청양수산과는 반대로 EP의 수익성이 높았다.

시험양식장별 사료종류별 경제성평가에 있어서, 청양수산은, MP구가 EP구보다 내부수익률(17%>8%), 편익비용비율(1.60>1.26), 순현재가치(259,413천원>92,375천원) 등 모든 면에서 높은 경제성을 보였다.

석병수산의 사료종류별 경제성을 보면, EP구가 MP구에 비해 내부수익률(6%>4%)과 편익비용비율(1.15배>1.09배)이 모두 다소 높게 나타나고 있어서 청양수산의 경우와는 반대의 현상을 보였다. 또한, 순현재가치액도 순현재금유입이 높은 가운데, EP구가 MP구에 비해 높게 나타났다.

결론적으로 EP구와 MP구를 비교해 보면, 청양수산 실험구에서는 MP구가 EP구보다 높은 수익성과 경제성을 보이고 있었으며, 반대로 석병수산 실험구에서는 EP구가 MP구보다 수익성과 경제성이 높게 나타났다. 종합적으로 볼 때, 청양수산이나 석병수산 모두 사료종류에 따른 성장차이는 없는 것으로 분석되었지만, 사료종류에 따른 수익률이나 경제성의 차이는 생존율로 인한 생산량 차이와 상관관계가 높은 것으로 판단되고, 전반적인 수익성 및 경제성의 제고는 원가관리 및 출하가격에 영향을 크게 받을 수 있다.

제 4 장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표 달성도

연구항목	주관기관	연간계획	추진실적	달성도
1. 성장도 조사	양식사료연구센터	월 1회	8회 (08. 06~08. 12)	100%
2. 환경 조사	심해연구센터	월 1회	6회 (08. 07~08. 12)	100%
3. 건강도 조사	병리연구과(본원)	월 1회	6회 (08. 07~08. 12)	100%
4. 육질 평가	양식사료연구센터	총 3회 (관능평가 1회)	3회 (08. 06~08. 12)	100%
5. 경제성 평가	정책홍보과(본원)	수시	현장조사 5회 (08. 06~08. 12)	100%

※ 08. 4월말 ~ 08. 6월초까지 실험어 배치후 예비사육하고, 08년 6월부터 조사하였음

2. 관련분야 기여도

가. 정량적 기여

- 현재 해산어류양식에 사용되는 50여만톤의 생사료를 배합사료로 전환한다면, 사료회사에서는 배합사료 사용으로 약 10만톤의 어류 생산에 소요되는 배합사료 15만톤 생산으로 약 3,000억원, 5만톤 정도의 수입사료 대체효과로 약 1000억원 등의 매출이 예상
- 단미사료, 양식자동화 등의 양식 및 사료관련 산업 활성화 예상 및 이에 따른 고용 창출 가능

나. 정성적 기여

- 생사료 대체 가능한 배합사료가 보급되면, 생사료(습사료 포함) 사용으로 인한 영양소 불균형에서 유래되는 영양성 질병 및 병원균의 전염 예방, 사료 유실로 인한 수질오염원 감소, 연안수산자원 보호, 냉동보관, 유통 및 소요 노동력이나 시간낭비 등의 문제점을 해결
- 배합사료 회사에서는 품질향상된 실용 배합사료 연구개발에 투자
- 배합사료 보급에 따른 안정적인 양식어류생산 및 생산량 예측 가능
- 양식어류 생산물의 수요과 공급 조절 가능
- 국내 배합사료 공급으로 기존 수입사료 대체 및 수출에 따른 국가경쟁력 제고
- 양식용 배합사료 사용으로 사료의 자동공급체계 구축 등 어류양식 자동화 가능

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

- 연구기관, 대학, 사료회사 및 양식어업인이 참여하는 지역별(경북, 경남 등) 현장적용 시험을 실시하여 배합사료의 효과를 증명하고, 산·학·연 합동 현장 설명회를 통한 배합사료 사용 유도
- 배합사료 직불제는 배합사료 사용확대에 큰 역할을 하고 있으므로 지원단가 조정 등 일부 문제점을 보완하여 지속적으로 실시
- 궁극적으로 양식장 오염총량제 도입 등을 가능하게하여 생사료 사용을 점진적으로 규제하는 것을 검토
- 산·학·연 협의체를 구성하여 세미나 또는 간담회 개최를 통한 배합사료의 품질향상, 경제적인 가격 등에 대한 발전방향 제시
- 사료회사는 국립수산과학원의 양식사료 검정기능과 사료회사간 선의의 경쟁을 통하여 지속적인 품질향상이 되도록 노력
- 배합사료 사용으로 인한 양식 현장에서 이용 가능하도록 실용배합사료의 효율적인 공급방법을 양어가들에게 지도하여 어류양식에 의한 수질오염의 감소뿐만 아니라 생산성 향상과 소득증대를 도모
- 생사료에 대한 문제점 제시와 배합사료 사용에 대한 필요성을 생산성 향상 및 경제적 관점에서 사료회사, 양어가, 대학 및 연구기관에 지도 및 홍보를 통해 사료에 대한 불신을 없애고 실용배합사료를 사용하도록 적극 유도하여 수질오염 방지를 통한 환경친화적 어류양식 유도
- 실용배합사료 연구개발 및 기술의 선점을 통한 WTO 체재하의 현실에서 배합사료의 수출시장 확대 및 양식사료의 품질 우위에 인한 양식산업에 있어 국제경쟁력을 강화에 기여함

제 6 장 참고문헌

- Huss H. H. Fresh Fish: Quality and quality changes. FAO, Rome, Italy (1988)
- Lee K. H, Lee YS. Muscle quality of cultured and wild red sea bream(*Pagrosomus auratus*). Kotran J. Soc. Food Sci. 15, 639~644 (1999)
- Alam, M. S., S. I. Teshima, S. Kosiho and M. Ishikawa, 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. *Aquaculture*, 205, 127~140.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984, Official Methods of Analysis, 16th edition. AOAC International, Arlington, Virginia.
- AOAC(Association of Official Analytical Chemists), 1990. Official Methods of Analysis, 15th edition. Association of official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA.
- Bai, S. C., Y. T. Cha and X. J. Wang, 2002. A preliminary study on the dietary protein requirement of larval Japanese flounder. *North American Journal of Aquaculture*, 63, 92~98.
- Brett, J. R. and D. A. Higgs., 1970. Effects of temperature on rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 27, 1767~1770.
- Busboom JR, Miller GJ, Field RA, Crouse JD, Riley ML, Nelms GE, Ferrell CL., 1981. Characteristics of fat from heavy ram and wether lambs. *J. Animal Sci.* 52, 83~92.
- Cho, C. Y. 1993. Digestibility of feedstuffs as a major factor in aquaculture waste managements. In: Kaushik, S.J. & P. Luquet(Eds.). *Fish Nutrition in Practice*. INRA Press, Paris. pp. 364~374.
- Cho, S. H., S. M. Lee and J. H. Lee, 2005. Effects of the extruded pellets and raw fish-based moist pellet on growth and body composition of flounder, *Paralichthys olivaceus* for 10 months. *J. Aquaculture*, 18, 60~65.
- Choi, S. M., K. M. Han, X. J. Wang, S. H. Lee and S. C. Bai. 2004. Quality evaluation of domestic and foreign extruded pellets and moist pellet based on biochemical analyses

- for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacul. 17, 144~150.
- Cowey C. B. and C. Y. Cho, 1991. Nutritional Strategies & Aquaculture Waste. University of Quelph, Ontario, Canada. 274pp.
- Doughty, C. R. and C. D. Mcphall. 1995. Monitoring the environmental impacts and consent compliance of freshwater fish farms. Aquacult. Res. 26, 557~565.
- Dryden F.D, Marchello J.A., 1970. Influence of total lipid and fatty acid composition upon the palatability of three bovine muscles. J. Anim. Sci. 31, 36~43.
- Duncan D.B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics. 11, 1~42.
- Fletcher G.C., Statham J.O., 1988. Shelf life of sterile yellow-eyed mullet (*Aldrichetta forsteri*) at 4°C. J. Food Sci. 53, 1030~1035.
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley G.H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226, 497~509.
- Forster, I. and H. Y. Ogata, 1998. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream, *Pagrus major*. Aquaculture, 161, 131~142.
- Garrido, L. G., R. M. Chapuli and A. V. Andres, 1990. Serum cholesterol and triglyceride levels in *Scyliorhinus canicula* (L.) during sexual maturation. J. Fish Biol., 36, 499~509.
- Gatta, P. P., Thompson, K. D., Smullen, R., Piva, A., Test, S. and Adams, A., 2001. Dietary organic chromium supplementation and its effect on the immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish & Shellfish Immunol., 11, 371~382, 2001.
- Gordon, R. B. 1968. Distribution of transaminase (Aminotransferases) in the tissues of the pacific salmon, with emphasis on the properties and diagnostic use of glutamic oxaloacetic transaminase. J. Fish. Res. Bd. Can., 25, 1247~1268.
- Grinde, B., 1989. Lysozyme from rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, as an antibacterial agent against fish pathogens. J. Fish Dis., 12, 95~104.
- Grundy SM., 1986. Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for lowering plasma cholesterol. N. Engl. J. Med. 314, 2855~2856.

- Hardy, R. W., W. T. Fairgrieve and T. W. Scott. 1993. Periodic feeding of low-phosphorus diet and phosphorus retention in rainbow trout. In: Kaushik, S. J. & P. Luquet (eda.). *Fish Nutrition in Practice*. INRA Press, Paris pp. 403~412.
- Hasimoto HR., 1972. Taste of marine products. *Cookery Sci.* 5, 2~7.
- Hong CH, Lee JM, Kim KS., 2004. Changes of nucleotides in the raw fishes during the aquarium storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36, 379~384.
- Ioka H, Yamanaka H., 1997. Quality evaluation of the muscle of cultured plaice fed with three different diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 63, 370~377.
- Jauncey, K., 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture*, 27, 43~54.
- Jeon, I.G. 2004. The present condition of Korean aquaculture. *Proceeding of the Korea-Japan International Symposium on Aquaculture*. Yosue, pp. 9.
- Kikuchi, K., T. Furuta and H. Honda, 1997. Use of Meat and Bone Meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder. *Fisheries Science*, 63, 29~32.
- Kim HY, Shin JW, Park HO, Choi SH, Jang YM, Lee SO., 2000. Comparison of the taste compounds of red sea bream, rockfish and flounders differing in the localities and growing conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32, 550~563.
- Kim HY, Shin JW, Sim GC, Park HO, Kim SB, Kim SM, Cho JS, Jang YM., 2000. Comparison of the taste compounds of wild and cultured eel, puffer and snake head. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32, 1058~1067.
- Kim KW, Kang YJ, Kim KD, Choi SM, Lee JY, Moon Lee HY, Bai SC C., 2007. Long-term evaluation of muscle quality of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed with extruded pellet. *J. of Aquaculture*, 20, 51~55.
- Kim, G. U., H. S. Jang, J. Y. Seo and S. M. Lee. 2005d. Effect of feeding frequency of extruded pellet on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the winter season. *J. Aquacult.* 18, 31~36.
- Kim, J. D., S. H. Shin, K. J. Cho and Y. H. Lee, 2002c. Effect of daily and alternate day feeding regimens on growth and food utilization by juvenile flounder. *J.*

- Aquaculture, 15, 15~21.
- Kim, J. W., Park, S. I. and Chun, S. K., 1992. Purification and antibacterial effect of lysozyme from flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Fish Pathol., 5, 87-92, 1992. (in Korean)
- Kim, K. D. and S. M. Lee, 2004. Requirement of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids for juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture, 229, 315~323.
- Kim, K. D., S. M. Lee, H. G. Park, S. C. Bai. and Y. H. Lee, 2002b, Essentiality of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Journal of the World Aquaculture Society, 33, 432~440.
- Kim, K. M., K. D. Kim, S. M. Choi, K. W. Kim and H. Y. Lee. 2005c. Optimum feeding frequency of extruded pellet for growth of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the summer season. J. Aquacult. 18, 231~235.
- Kim, K. W., X. J. Wang and S. C. Bai. 2002. Reevaluation of the dietary protein requirement of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquacult. Res. 33, 673~679.
- Kim, K. W., X. J. Wang, S. M. Choi, G. J. Park and S. C. Bai, 2004, Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture research, 35, 250~255.
- Kim, K. W., X. J. Wang, S. M. Choi, G. J. Park and S. C. Bai. 2004, Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquacult. Res. 35, 250~255.
- Kim, K. W., Y. J. Kang, K. M. Kim, H. Y. Lee, K. D. Kim and S. C. Bai. 2005b. Long-term evaluation of extruded pellet diets compared to raw fish moist pellet diet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacul. 18, 225~230.
- Kim, K. W., Y. J. Kang, S. M. Choi, X. J. Wang., Y. H. Choi, S. C. Bai, J. Y. Jo and J. Y. Lee. 2005a. Optimum dietary protein levels and protein to energy ratios in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. World Aquacult. Res. 36, 165~178.
- Kubicek CP, Honlinger C, Jaklitsch WM, Affenzeller K, Mach R., 1990. Regulation of lysine biosynthesis in the fungus *Penicillium chrysogenum*. In Amino Acids:

- chemistry, biology and medicine. Lubec G, Rosenthal GA, eds. Escom, Leiden. p 1029~1034.
- Kwon, M. G., Kim, Y. C., Shon, Y. C. and Park, S. I., 1999. The dietary effects of kugija, *Lycium chinense*, on immune responses of nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, to *Edwardsiella tarda*. J. Fish Pathol., 12, 73~81. (in Korean)
- Lee KH, Lee YS., 1997. Muscle quality of cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Korean J. Soc. Food Sci. 13, 448~452.
- Lee KH, Lee YS., 2001. Observation of muscle structure and DSC measurement of collagen of the cultured and wild red sea bream and flounder. Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 17, 549~554.
- Lee KH, Lee YS, 2000. The effect of lipid and collagen content, drip volumn on the muscle hardness of cultured and wild red sea bream (*Pagrosomus auratus*) and flounder (*Paralichthys olivaceus*). Korean J. Soc. Food Sci. 16, 352~357.
- Lee, C. H., 1993, The development of ceroidosis in cultured flounder, *paralichthys olivaceus*. Journal of Fish Pathology, 6, 143~161.
- Lee, S. M., C. S. Park and I. C. Bang, 2002. Dietary protein requirement of young Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* fed isocaloric diets. Fish. Sci., 68, 158~164.
- Lee, S. M., J. Y. Seo, Y. W. Lee, K. D. Kim, J. H. Lee and H. S. Jang. 2005. Evaluation of experimental extruded pellet, commercial pellet and raw fish-based moist pellet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult. 18, 287~292.
- Lee, S. M., K. D. Kim and S. P. Lall, 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder. Aquaculture, 221, 427~438.
- Lee, S. M., S. H. Cho and K. D. Kim, 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. Journal of the World Aquaculture Society, 31, 306~315.
- Lunt DK, Smith SB., 1991. Wagyu beefs holds profit potential for U.S. feed lot. Feedstuffs, 19, 18~26.
- Morishita T, Uno K, Araki T, Takahashi T., 1989. Comparison of the fatty acid compositions in cultured red sea bream differing the localities and culture

- methods, and those in wild fish. Bull. Japan Soc, Sci, Fish, 55, 847~852.
- Mosconi-Bac, N., 1987, Hepatic disturbances induced by an artificial feed in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during the first year of life. Aquaculture, 67, 93~99.
- Murai, T., T. Akiyama and T. Takeuchi, 1985. Effect of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 51, 605~608.
- Nakagawa H, Kumai H, Nakamura M, Kasahara S., 1985. Effect of algae supplemented diet on serum and body constituents of cultured yellow tail. Bull. Japan Soc, Sci, Fish, 51, 279~286.
- Nandeesh, M. C., S. S. De Silva and D. S. Murthy, 1995. Use of mixed feeding schedules in fish culture: performance of common carp, *Cyprinus carpio* L., on plant and animal protein based diets. Aquaculture Research, 26, 161~166.
- New, M. B., 1999, Global Aquaculture: Current trends and challenges for the 21st Century. World Aquaculture, 30, 8~13.
- NRC (National Research Council) 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, DC. pp 114.
- OSBhima T, Wada S, Koizumi C., 1983. Comparison of lipids between cultured and wild sea breams. Bull. Japan Soc. Sci. Fish, 49, 1405~1409.
- OSBhima T, Widjaja HD, Wada S, Koizumi C. A., 1982. comparison between cultured and wild ayu lipids. Bull. Japan Soc, Sci, Fish, 48, 1795~1801.
- Park BH, Park SH, Jo JS., 2003. A study on the organoleptic characteristics and changes in freshness of cultivated and wild *Paralichthys olivaceus* during storage. Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 19, 72~78.
- Park, S. W., Kim, Y. G. and Choi, D. L., 1996. Increase in phagocytic activity of peripheral neutrophil and lysozyme activity of blood serum in Korea catfish (*Silurus asotus*) intraperitoneally injected with β -glucan. J. Fish Pathol., 9, 87~93. (in Korean)
- Parry, R. M., Chandau, R. C. and Shahani, R. M., 1965. A rapid and sensitive assay of muramidase. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 119, 384~386.

- Peres, H. and A. Oliva-Teles, 1999. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juvenile (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 179, 325~334.
- Rodriguez-Serna, M., M. A. Olvera-Novoa and C. Carmona-Osalde, 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry. *Aquaculture Research*, 27, 67~73.
- Sato M, Yoshinaka R, Nishinaka Y, Morimoto H, Kojima T, Yamamoto Y, Ikeda S., 1977. Comparison of nutritive components in meat of wild and cultured bastard halibut *Paralichthys olivaceus*. *Bull. Japan Soc, Sci, Fish*, 52, 1043~1047.
- Sato, T. and K. Kikuchi, 1997. Meat meal as a protein source in the diet of juvenile Japanese flounder, *Fisheries Science*, 63, 877~880.
- Sato, T., 1998, Development of formulated feeds for juvenile Japanese flounder. Ph. D thesis. Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan.
- Scott, M. L., M. G. Nesheim and R. J. Young, 1976. Feedstuffs for poultry. In: *Nutrition of the Chicken*, 2nd edn. M. L. Scott and Associates, Ithaca, NY, Chapter 8, 428~466.
- Seo, J. Y., J. H. Lee, G. U. Kim and S. M. Lee. 2005. Effect of extruded and moist pellets at different feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J. Aquacult.* 18, 26~30.
- Serrano, J. A., G. R. Nematipour and D. M. Gatlin, 1992. Dietary protein requirement of the red drum (*Sciaenops ocellatus*) and relative use of dietary carbohydrate and lipid. *Aquaculture*, 101, 283~291.
- Sim, D. S., S. H. Jung, and S. D. Lee. 1995. Changes of blood parameters of the cultured flounder *Paralichthys olivaceus* naturally infected with *Staphylococcus epidermidis*. *Bull. Natl. Fish. R & D Agency*, 49, 149~155.
- Springate, J. 1991. Extruded diets-worth the extra. *Fish Farmer*, 1~45pp
- Suyama M, Hirano T, Okada N, Shibuya T., 1977. Quality of wild and cultured ayu- I : On the proximate composition, free amino acids and related compounds. *Bull. Japan Soc, Sci, Fish*, 43, 535~540.

- Takada M, Li ZK, Hattori T, Kitai ST., 1990. Astroglia ablation by the glutamate analogue gliotoxin α -aminoadipic acid prevents 1-methyl-4-phenyl-1, 2, 3, 6-tetrahydropyridine-induced nigrostriatal neuronal death. In Amino Acids: chemistry, biology and medicine. Lubec G, Rosenthal GA, eds. Escom, Leiden. p 519~528.
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli. 1983. Effects of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquacult.* 32, 27~38.
- Wang, X. J., K. W. Kim and S. C. Bai, 2002. Effects of different dietary levels of L-ascorbyl-2-polyphosphate on growth and tissue vitamin C concentrations in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, *Aquaculture research*, 33, 261~267.
- Watanabe, T. 1991. Past and Present Approaches to Aquaculture Waste Management. In: Cowey, C.B. & C.Y. Cho (Eds.). *Nutritional Strategies & Aquaculture Waste*. University of Quelp, Ontario, Canada. pp. 137~154.
- Whittington FM, Prescott NJ, Wood JD, Enser M., 1986. The effect of dietary linoleic acid on the firmness of backfat of 85kg live weight. *J. Science Food and Agri.* 37, 753-761.
- Yamaguchi S., 1967. The synergistic taste effect of monosodium glutamate and disodium 5'-inosinate. *J. Food Sci.* 32, 473.
- Yang ST, Lee EH. Taste compounds of fresh water fishes, 1982. 5. Sensory evaluation of taste components in the extract of wild common carp and korean snakehead meat. *Bull. Korean Fish. Soc.* 15, 303~311.
- Yang ST, Lee EH., 1984. Taste compounds of fresh water fishes: 9. Taste compounds of wild loach meat. *Bull. Korean Fish. Soc.* 17, 177~183.
- 국립수산진흥원, 2000, 풍요로운 바다를 위한 2000신품종양식위크숍. 국립수산진흥원, 220pp.
- 국립수산과학원, 2005. 넙치양식의 경제성분석.
- 국립수산과학원, 2006. 넙치양식 표준 지침서, 192pp.
- 국립수산과학원, 2009. 고효율 배합사료 개발 및 실용화 연구-I, 241pp.
- 국립수산과학원, 2009. 넙치 배합사료 제주지역 현장적용시험, 174pp.

- 김강웅, 강용진, 이해영, 김경덕, 최세민, 배승철, 박홍식. 2006. 넙치 실용배합사료개발을 위한 현장적용시험. 한수지 39(2), 100~105.
- 김기수·배승철·최재영·김우경, 1998. 양어사료의 어분대체품 개발의 경제성분석. 수산경영론집 29(1). 한국수산경영학회.
- 김도훈·오태기, 2007. 양식업 배합사료 직접지불제의 적정지원수준결정에 관한 연구 : 직접지불제의 생산 및 소득효과분석을 중심으로. 수산경영론집 38(1). 한국수산경영학회.
- 김인태, 1997. 순환여과식 양식 산업 개발. 수산과학원 하이테크(김영설, 정도현 편저), 부산수산대학교 해양과학공동연구소, 113pp.
- 목종수, 송기청, 최낙중, 양호식. 2001. 계피 추출물의 어류질병 세균에 대한 항균 효과. 한수지 34(5), 545~549.
- 박성우, 광중기, 구재근, 조만기. 2001. 경구투여 β -glucan이 잉어와 넙치의 비특이적 면역활성에 미치는 영향. 한수지 34(4), 412~418.
- 어윤양·박영병, 1997. 우리나라 넙치양식 기술형태별 분석. 수산경영론집 28(2). 한국수산경영학회.
- 오상필, 김대환, 이정재, 정용욱, 송춘복, 이제희, 허문수: 경상북도양식넙치의 세균성질병 발생상황(1991-1997). 한국어병학회지.11, 13~27, 1998.
- 이용두, 김창영, 강문필. 2002. 전기분해 처리에 의한 양식장 배출수의 수질특성에 관한 연구. 한국수처리기술연구회지, 10(1), 41~49.
- 이용두, 김현희, 송희경. 2001. 육상수조식 양식장의 오염물질 배출특성. 한국수처리기술연구회지, 9(3), 105~114.
- 이해영, 1995. 魚類의 營養研究와 飼料開發의 現況(特別講演). 1995년도 춘계 수산관련 공동학회 발표요지집. 한국수산학회 한국양식학회 한국어업기술학회. 국립수산진흥원, 대한민국, p. 42~62.
- 이해영, 1998. 전복배합사료 효과와 실용성. 국립수산진흥원, 경제난 극복을 위한 전략양식 육성 전복양식워크숍. p. 31~68.
- 이해영, 2000. 홍민어의 환경 적응성과 양식전망. 풍요로운 바다를 위한 2000신품종양식워크숍. 국립수산진흥원, 대한민국 p. 199~220..
- 임경희, 2005. 양식어류용 배합사료의 품질 제고를 위한 제도개선의 시급성. 한국해양수산개발원, 제1182호 p. 1~8.

- 전세규. 2000. 양식어류의 질병. 한국수산신보사 p. 23~73.
- 전세규. 2005. 넙치의 질병과 치료. 한국수산신문사 p. 90~118.
- 정승희, 이주석, 한형균, 전창영, 이해영. 2002. 생약제 첨가 사료를 투여한 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 비특이적 면역반응, 혈액성분 및 항병력 효과. 한국어병학회지 15(1), 25~35.
- 정승희, 변순규, 지보영, 최혜승. 2006. 해상가두리 양식장 어류의 혈액검사에 사용된 동물용 생화학 분석장치의 활용 가능성. 한국어병학회지 19(3), 253~265.
- 조미영, 김명석, 권문경, 지보영, 최혜승, 최동림, 박경현, 이창훈, 김진도, 이주석, 오윤경, 이덕찬, 박신후, 박명애. 2007. 2005년부터 2006년 사이 우리나라 양식 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 세균성 질병에 대한 역학조사. 한국어병학회지 20, 61~70.
- 지승철, 문경수, 유진형, 이시우, 김호범, 정관식. 2007. 시판 넙치용 배합사료의 품질평가. 한국수산학회지, 38(5), 291~297.
- 진창남, 이창훈, 오상필, 정용욱, 송춘복, 이제희, 허문수: 경상북도양식넙치, *Paralichthys olivaceus*의 스쿠티카충병 발생동향. 한국어병학회지.16, 135~138, 2003.
- 차선희 · 조미란 · 이정석 · 제종선 · 전유진. 2007. 키토산과 목초액 혼합용액 코팅제로 코팅한 EP(extrude pellet) 사료가 양식넙치에 미치는 영향. 한국키토산학회지 13(3) p. 140~152.
- 차선희 · 조미란 · 이정석 · 제종선 · 전유진, 2008. 키토산과 목초액 혼합용액 코팅제로 코팅한 EP(extruded pellet) 사료가 양식넙치에 미치는 영향. 한국키토산학회지 13(3) p. 140~152.
- 황미혜, 박수일, 김이청. 1999. 나일틸라피아, *Oreochromis niloticus*의 비특이적 면역반응에 대한 생약제 투여 효과. 한국어병학회지 12(1), 7~15.
- 황진욱 · 이승우 · 류정곤, 1997. 넙치양식업의 경영실태와 경쟁력 제고방안 연구. 국립수산진흥원 연구보고.
- 황진욱 · 최정윤 · 박영병, 2002. 수산시험연구사업과 경제성평가. 태화출판사.
- 해양수산부, 1997. 해양환경공정시험방법. 317pp.

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 정책과제의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 정책과제의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.