

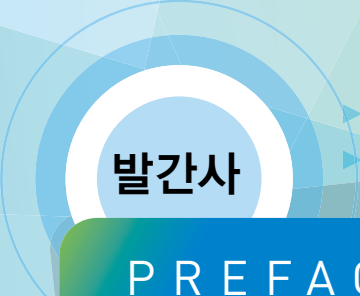
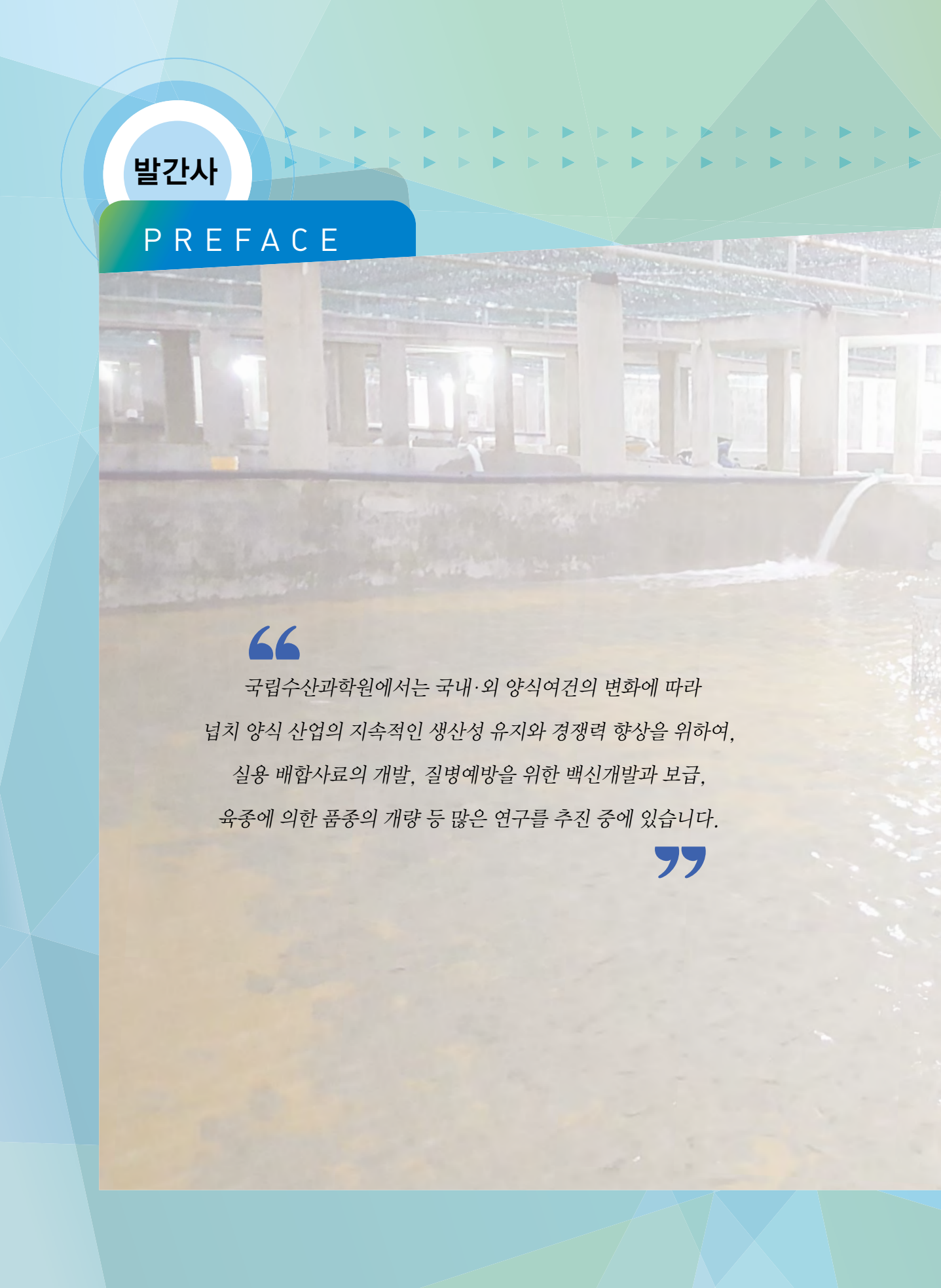
넙치양식

광어(廣魚)

표준 매뉴얼



Olive flounder



발간사

P R E F A C E

“

국립수산물과학원에서는 국내·외 양식여건의 변화에 따라
넙치 양식 산업의 지속적인 생산성 유지와 경쟁력 향상을 위하여,
실용 배합사료의 개발, 질병예방을 위한 백신개발과 보급,
육종에 의한 품종의 개량 등 많은 연구를 추진 중에 있습니다.

”

우리나라의 양식 산업은 지난 1970년대 이후 비약적인 성장을 거듭해 세계적인 양식선진국으로 발전했습니다. 특히 국내 양식 산업의 대표적 품종인 넙치의 경우, 국립수산물과학원에서 1984년 인공종묘 생산기술을 개발한 이후, 괄목할만한 성장을 지속하여 왔으며, 최근에는 우리나라 연간 전체 어류 양식생산량 83천 톤의 약 50%인 42천 톤을 생산하는 주요 양식어종으로 자리를 확고히 하고 있습니다. 그러나 국민 건강증진과 식량자원의 확보 측면에서 그 중요성이 매우 큼에도 불구하고, FTA 확대 등 수입개방화와, 자연적 혹은 인위적으로 발생하는 여러 가지 수산재해로 인하여 위기가 가중되고 있습니다. 특히 해양오염, 적조 대량 발생, 이상 해황에 따른 급격한 수온 변화, 빈번한 태풍 내습 등과 같은 수산재해는 양식업의 생산성을 저하시키고, 경제적인 피해를 가중시켜 수산업 전반에 커다란 어려움을 가져오는 원인이 되고 있습니다.

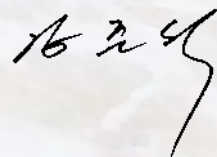
국립수산물과학원에서는 국내·외 양식여건의 변화에 따라 넙치 양식 산업의 지속적인 생산성 유지와 경쟁력 향상을 위하여, 실용 배합사료의 개발, 질병예방을 위한 백신개발과 보급, 육중에 의한 품종의 개량 등 많은 연구를 추진 중에 있습니다. 그러나 양식 현장에서 필요로 하는 정보는 부족한 실정으로, 개개인이 가지고 있는 지식과 경험이 자료화 되지 못한다 그 원인이 있다고 할 수 있습니다.

이러한 취지에서 지금까지 발행된 자료와 최근의 연구결과를 바탕으로 양식에 종사하시는 어업인들의 경험을 반영하여 넙치 양식 초보자도 활용 가능한 현장중심의 표준 매뉴얼을 출판하니, 양식 어업인 및 양식에 관심이 있는 분들에게 조금이나마 도움이 되기를 바랍니다.

우리나라 넙치 양식이 명실상부한 세계 1위 어종을 유지하기 위해서는 어업인, 정부 및 관련 기관에서 힘을 합쳐 더욱 노력해야 될 것으로 판단됩니다.

2016. 3.

국립수산물과학원장



목차

CONTENTS

1 일반 개요 7

가. 서론	8
나. 생태 및 생리	9
다. 국내외 양식 생산량	15

2 친어(親魚) 사육 및 수정란 확보 19

가. 친어 사육	20
나. 수정란 확보	21
다. 수정란 관리 및 수송	22
라. 부화	23

3 종묘생산 25

가. 착저기 이전 사육	26
나. 착저기 이후 사육	36
다. 부화부터 종묘 크기까지의 성장 및 생존율	39
라. 치어 수송	40

4 양성 43

가. 장소의 선정 및 시설	45
나. 사육환경, 종묘구입 및 사육밀도	48
다. 계절별 사육관리	50
라. 적조 및 냉수대 발생 시 사육관리	52
마. 성장 및 생존율	52
바. 사료의 종류와 공급	55
사. 지하해수	63

5 체색 이상어 발현 및 대책 65

- 가. 백화 발현 및 대책 66
- 나. 흑화 발현 및 대책 66

6 질병과 대책 73

- 가. 기생충 74
- 나. 세균 76
- 다. 바이러스 80

7 육종 83

- 가. 육종 프로그램 84
- 나. 육종 방법 85

8 경영 분석 91

- 가. 넙치 양식업 비용 구조 분석 92
- 나. 넙치 양식장 운영에 따른 비용 분석 93
- 다. 넙치 양성장의 수익성 분석 94

9 참고문헌 101



Olive flounder





일반 개요

1. 일반 개요

www.nifs.go.kr

가. 서론

넙치의 학명은 *Paralichthys olivaceus*, 영명은 olive flounder, bastard halibut, lefteyed flounder 이다. 일명은 히라메(ヒラメ, 平目)이고, 중국명은 헤야핑(褐牙鲆, Hè yà píng)이다. 넙치는 학술적인 어종명이며, 일반인들에게는 광어(廣魚)로 더 알려져 있다.

넙치 양식은 종묘생산과 양성으로 구분할수 있다. 우리나라 넙치 종묘생산 기술 개발은 국립수산진흥원(현, 국립수산물연구원)에서 시작되었다. 국립수산진흥원은 1981년 경남 거제군 외포리에서 성숙한 자연산 친어에서 확보한 수정란을 이용하여 종묘생산을 시도하였다. 산업적인 규모의 넙치 종묘생산은 민간 양식장에서 넙치 친어를 체계적으로 관리하여 연중 수정란을 생산한 1990년부터이다.

최초의 넙치 양성은 1982년 강원도 강릉시 안인진리에 있는 동방원양(주)이었다. 동 회사는 안인화력 발전소의 온배수 이용하여 육상수조에서 자연산 넙치의 양성을 시도하였다. 산업적인 규모의 넙치 양성은 1989~1991년 제주도에 대규모의 양성장이 건립되면서 시작되었다. 그 후 동해안, 남해안 및 제주도에서 넙치 양성장이 본격적으로 건립되면서 오늘날과 같은 넙치 양식업이 가능하게 되었다.

넙치 양식 통계가 처음으로 기록된 것은 1987년으로 20톤 이었다. 1990년대에는 완만한 성장을 보이다가 1997년부터 생산량이 증가하기 시작하여 2009년도에 54,674톤으로 생산량이 가장 많았다. 2010년부터는 40,000톤 내외로 정체 상태를 유지하고 있다. 넙치 양식은 우리나라 어류 양식의 50% 전후를 차지하는 중요한 어종으로서 대단히 중요한 위치를 차지하고 있다.

넙치는 「넙다」라는 동사에 물고기를 뜻하는 「치」라는 단어가 합쳐 「몸이 넓은 물고기」를 뜻한다.

「봄 도다리, 가을 넙치」와 「5월 넙치는 개도 안 먹는다」라는 말이 있듯이 넙치는 11월에서 다음해 3월 까지 겨울철에 가장 맛이 있다.

한방에서 넙치는 「몸이 허한 사람을 보(補)해 주고, 기혈이 부족한 사람에게는 기운을 더해 주며, 입맛이 없고 식욕의 감퇴가 오는 모든 증상을 없애준다」는 것으로 알려져 있다. 따라서 넙치는 당뇨병 환자나 간장 질환이 있는 사람에게 좋으며, 병의 회복기에 있는 사람에게도 훌륭한 식품이다.

나. 생태 및 생리

1) 형태적 특징

넙치는 분류학적으로 가자미목 넙치과 넙치속에 해당된다. 넙치는 우리나라 및 일본의 전 연안, 중국해 연안에 널리 분포한다. 주 분포지역은 북위 약 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 이다(정, 1977).

넙치의 몸은 긴 타원형이고 입은 넙치속의 다른 어종에 비하여 대단히 크다. 윗턱의 끝은 눈보다 후방에 있고 양턱의 이빨은 강하다. 유안(有眼, 눈이 있는 쪽)측의 비늘은 빗비늘이고, 무안(無眼, 눈이 없는 쪽)측의 비늘은 둥근비늘이다. 넙치는 서식하는 지역(주위 환경)에 따라 몸의 색을 변화시켜 자신을 보호하는 성질(보호색)이 뚜렷하다. 일반적으로 유안측은 암갈색으로 유백색의 작은 반점 및 흑갈색의 무늬가 산재해 있고(그림 1-1), 무안측은 흰색이다. 넙치는 부화자어의 경우 일반 어류처럼 눈이 몸의 양쪽에 있으나 자어후기 때 변태(變態)라는 과정을 거치면서 우측의 눈이 좌측으로 이동하여 성어처럼 양쪽 눈이 몸의 한쪽에 위치하게 된다. 변태가 완료되면 생활양식이 부유생활에서 저서생활로 전환된다.

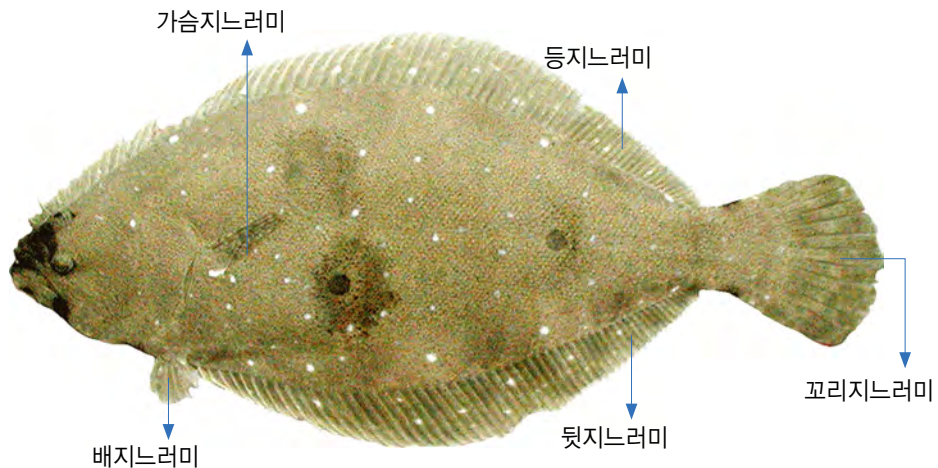


그림 1-1. 넙치의 외형 및 지느러미 명칭.

넙치의 연조 수는 등지느러미 79~82개(81개가 80%), 뒷지느러미 59~62개(59개가 70%), 가슴지느러미 12개이다. 척추골 수는 37~38개(38개가 70%)이며, 새파 수는 21~22개(22개가 75%)이다. 옆줄 비늘 수는 112~116개 범위에서 골고루 분포한다(김, 1994).

2) 성숙 및 산란

가) 성숙

자연에서 넙치의 성숙 연령 및 성숙 크기는 지리적인 차이에 따라 다르다. 자연에서의 성숙 시작 연령을 보면 수컷은 1세~3세까지 다양하지만 대다수가 2세이고, 암컷은 2세~4세로 대부분 3세이다. 자연산 넙치의 성숙 최소 체장은 수컷이 30cm(30~40cm), 암컷은 36cm(36~45cm)이다(일본수산자원보호협회, 1985).

우리나라 남해 동부해역의 자연산 넙치의 생식소 발달을 보면 가을에서 겨울까지는 미숙 상태로 생식소의 크기가 작지만, 봄(3월)이 되면 암컷의 생식소는 급격하게 비대해져 생식소지수 “ $\text{생식소지수} = \text{생식소중량} \div (\text{체중} - \text{생식소중량}) \times 1000$ ”가 20을 넘어서게 된다. 성숙이 더 진행되어 난소의 일부가 투명해지는 4~5월이 되면 생식소지수는 30이상이나, 6월 이후에는 급격히 작아진다. 수컷의 정소는 암컷과 같이 4~5월경에 비교적 높은 값을 유지하다가 6월부터 감소한다. 수컷의 생식소는 암컷에 비하여 상대적으로 작으므로 생식소지수도 암컷보다 작다. 따라서 우리나라 남해안 동부해역의 넙치 산란기는 4~5월로 판단된다(민, 1987). 일반적으로 산란 시기는 남쪽이 빠르고 북쪽으로 갈수록 늦어진다.

넙치는 산란기 외에는 외관상 암·수 판별이 불가능하며, 수컷의 경우 참돔 수컷에서 볼 수 있는 혼인색은 나타나지 않는다. 산란기가 되면 암컷의 난소는 성숙하여 복부가 팽만하고 꼬리 방향으로 난소가 발달하며, 생식공은 붉은 색을 띠고 둥글게 된다. 수컷의 정소는 복강 내에서만 발달하고 꼬리 방향으로 발달되지 않으며, 생식공은 약간 붉으며 조금 돌출되어 있다. 성숙한 난소는 옅은 노란색을 띠며, 정소는 하얀색이다(그림 1-2).

생식소의 경우 미숙 상태에서는 난경이 0.3mm 이하이지만, 난소가 중간 성숙 상태로 되면 난소 내의 난은 0.3mm 이상으로 된다. 성숙이 더 진행되면 일부 난의 크기는 0.7~0.8mm로 발달하고, 성숙의 최성기에는 최대 0.9mm 전후의 투명한 난으로 된다(落合 明, 1981). 성숙이 잘된 투명한 난은 복강 내의 수란관을 거쳐 배란된다.

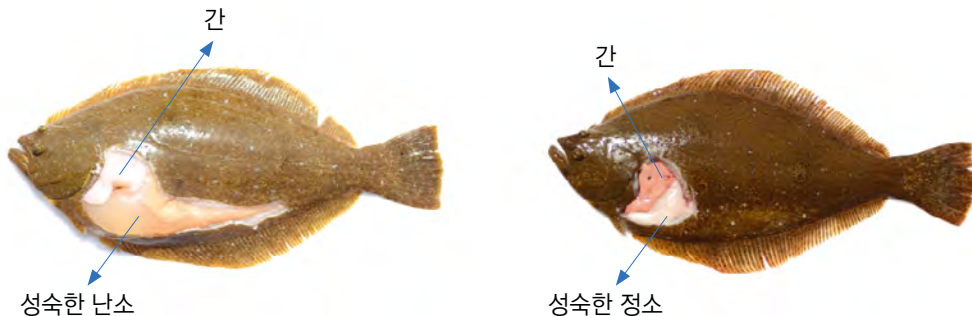


그림 1-2. 성숙한 넙치의 생식소(왼쪽: 암컷, 오른쪽: 수컷).

나) 산란

자연에서 넙치의 산란기간은 약 2개월 전후로 1마리가 수회 산란한다. 산란 시간은 0~3시에 가장 활발하고, 다음은 3~6시, 12~18시 순이며, 일몰부터 야간에는 산란이 활발하지 않다(落合 明, 1981). 양식산의 경우 사육수온이 12℃에서 14~15℃로 상승하고 광주기가 10L/14D에서 14L/10D로 되는 시기에 산란이 이루어진다(민, 1987). 4세어 양식산 암컷 친어(親魚) 1마리의 산란량은 800~1,150만개 이다(平野 · 山本, 1992).

3) 체색 이상

어류는 종마다 특유의 체색을 가진다. 특히, 넙치나 가자미류는 주변의 환경에 따라 체색을 변화시킨다. 체색은 어류의 피부 진피층에 존재하는 색소세포로 그 양과, 확산 또는 수축 상태에 의하여 결정된다.

넙치를 포함해서 가자미목 어류는 인공적으로 생산하는 경우에 체색 이상 현상이 많이 출현한다. 넙치의 체색 이상은 2가지가 있다. 본래 눈이 있는 쪽의 체색이 흑갈색인데 몸의 일부분에 백색이 나타나는 것을 백화(albinism)라 한다. 또한, 본래 눈이 없는 쪽의 체색이 백색인데 일부 또는 전부 착색 되는 것을 양면유색(ambicoloration, malpigmentation)이라 하며, 양면유색을 흑화(hypermelanosis)라고 부른다(그림 1-3).

백화나 흑화는 몸체 중에서 체색 이상을 일으키기 쉬운 부위와 그렇지 않은 부위가 있다. 백화는 가자미목 어류가 인공적으로 사육된 시기부터 주목되어 왔다. 넙치의 백화는 유전적으로 흑색세포의 멜라닌 생합성 능력이 결핍되는 알비노(albino)는 아니기 때문에 슈도알비노(psuedoalbino) 혹은 하이포멜라노시스(hypomelanosis)라고 한다. 이는 포유류에서 나타나는 백반 현상과 유사하다. 왜냐하면 백화는 유안측의 부분적 이상 형질로서 눈의 색소상피세포에는 멜라닌이 형성되고, 또 변태완료시에는 거의 백화인 개체가 성장하면서 정상 반문이라고 할 수는 없지만 유안측에 착색이 서서히 진행되기 때문이다. 넙치의 체색 이상은 색소세포의 종류와 양의 이상으로 발생되며 변태 완료 후에 나타난다. 흑화나 백화는 질병은 아니기 때문에 식용으로는 문제가 되지 않는다.

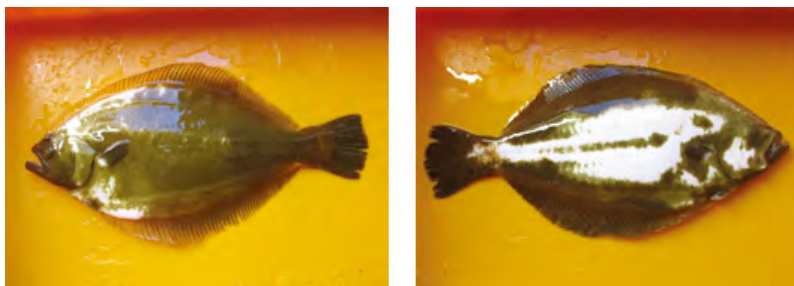


그림 1-3. 체색 이상 넙치(왼쪽: 백화, 오른쪽: 흑화).

가) 백화

넙치의 백화 현상은 변태기의 유안측에 발생할 색소아세포가 흑색세포로 발달하지 못하고 원래의 몸 바탕에 있는 백색세포가 강하게 나타나 흰색으로 보이는 현상이다. 백화는 변태 말기까지의 성장과 발육에 관한 요인들과 관련이 있다. 백화 개체의 출현율은 넙치 자어기에 공급하는 먹이생물 및 배합사료 중의 DHA와 비타민A의 양에 따라 달라진다. 백화는 종묘생산과정에서 빈번히 발생하지만 자연 개체에서는 지극히 드문 현상이다. 백화는 종묘생산 시 공급하는 먹이의 질에 따라 큰 영향을 받으며, 백화가 나타나는 시기는 부화 후 14~20일의 변태 시작 시점이다.

나) 흑화

흑화는 2가지 형이 있다. 하나는 완전 양면유색어로 변태가 완료될 때 발현하는 것이고, 다른 하나는 착색형 양면유색어로 변태기 이후 성장과 함께 발현하는 것이다. 완전 양면유색 개체에서는 등쪽 피부에 나타나는 반문이 배쪽 피부에도 출현하고, 소형의 흑색소포 외 황색소포와 홍색소포도 발현된다. 반면, 착색형 양면유색은 거의 모든 양식산 넙치에서 나타나는 현상으로 무안측 주변부에 소형의 흑색소포와 황색소포가 발현되어 점차 지느러미에서 중심부 쪽으로 착색이 진행된다.

흑화는 여러 가지 환경 요인에 의하여 영향을 받는다. 예를 들면, 영양, 자외선, 사육밀도, 사육수조색, 사육시 수조 바닥의 저질(모래) 유무 등이나, 흑화의 유전 여부에 대해서는 확실하지 않다.

4) 체형 이상(기형)

인공적으로 양식하는 어종의 체형 이상을 일으키는 요인은 유전성과 비유전성이 있다. 유전성으로는 추골이 짧은 계통, 추골만곡증이 있다. 비유전성으로는 난형성 과정의 장애, 중금속 및 방사선에 노출, 사육환경(극한 상황 및 급격한 변화), 영양결핍 등이 있다(隆島, 1979).

사육환경이 체형 이상 자어를 생기게 하는 요인으로는 난 관리 시 용존산소량 부족 및 수온이 적정 범위를 벗어나는 경우이다. 사육수 중의 용존산소량 부족은 기관조직의 호흡 저해로 세포분열을 감소시켜 자치어 기의 체형 이상을 일으킨다. 그 외 사육환경 요인으로는 빛의 유무, 사육밀도, 수온, 수질, 수조의 색 등이다. 사료(영양) 요인으로는 고도불포화산(EPA, DHA), 지용성비타민(비타민 A, E, D), 인지질(PC, PI), 비타민 B2, 미량원소(Zn, Cu, Fe), 먹이생물로 사용되는 알테미아의 생산지 등이다. 친어의 요인으로는 형질, 연령, 산란시기, 사료 등이다(그림 1-4).

넙치의 인공종묘 생산 시에는 일부 체형 이상 개체(기형)가 나타난다. 기형으로는 척추골의 융합 또는 단축 등의 골격 이상, 체장 단축, 눈의 위치가 반대인 개체, 새개골의 형태 이상, 배지느러미의 일부 결실, 아래턱의 길이 짧은 등이 있다. 일반적으로 체형 이상은 유전적 요인 보다는 환경적인 요인이 강하게 작용한다. 따라서 종묘생산 시 사육 환경 및 기술에 따라 기형의 출현율은 차이가 있다.

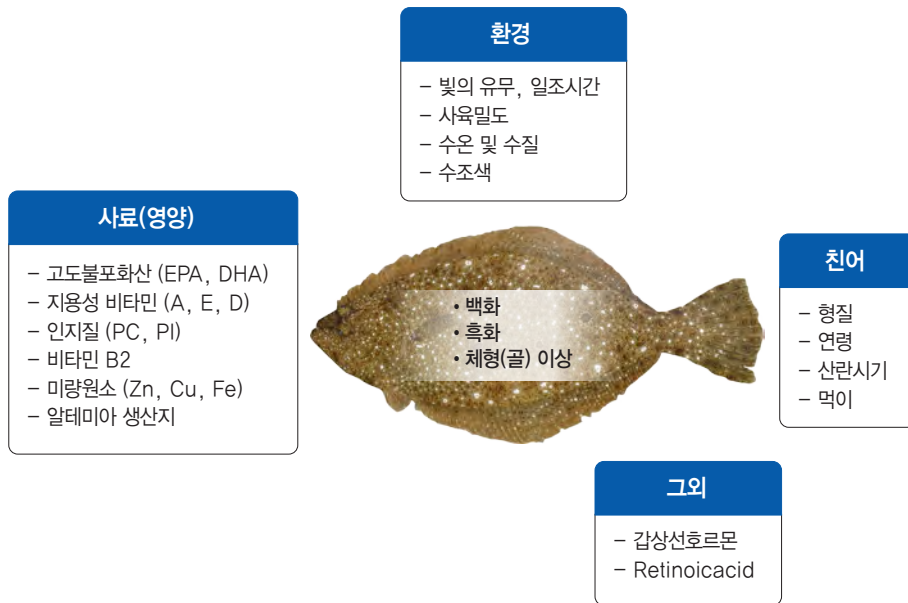


그림 1-4. 넙치 양식 시 체색 및 체형 이상에 영향을 미치는 여러 요인(竹内, 1998).

5) 변태(變態)

변태(metamorphosis)는 육상동물의 곤충에서 잘 알려져 있으며, 수중생활을 하는 갑각류와 극피동물에서 많이 볼 수 있는 현상이다. 척추동물 중에서는 수중생활을 하는 어류와 양서류에 국한되어 변태가 일어난다. 다양한 동물군에 있어 기본적인 변태는 새로운 생활양식 및 환경 적응과 깊은 관련이 있으며, 일반적으로 뚜렷한 생태적 변화를 동반한다. 동물의 변태 현상은 몸의 구조와 기능, 형태 변화, 생리적 및 생태적 변화를 포함하는 발생 현상의 모델로서 주목받고 있다.

대부분의 해산어류에서는 자어(仔魚)에서 치어(稚魚)로 되는 과정에 있어 생태 및 생리 변화와 식성의 전환이 생기며, 이와 같이 새로운 생태에 적응하기 위하여 몸의 구조와 기능에 있어 큰 전환이 나타나는 현상을 변태라고 한다.

넙치는 부유생활을 하는 후기 자어까지는 좌우 상칭의 체계이지만, 착저생활을 시작하기 전에 한쪽의 눈이 머리를 돌아 다른 한쪽으로 모이게 된다. 이런 현상과 함께 두개골도 비틀어지고, 한쪽 코의 위치, 턱의 형태, 새궁(鰓弓), 체측근(體側筋), 비늘 등 많은 부분에서 좌우비대칭이 나타난다. 착저 후에는 눈이 있는 쪽을 위로 하여 생활한다(岩井, 1985).

어류의 변태기에는 막(膜)지느러미의 소실과 지느러미의 분화, 척추를 비롯한 주요한 골격계의 형성, 초기 아가미 형성 등 플랑크톤 생활에서 벗어나 치어의 체계로 변한다. 특히, 호흡계, 순환계, 감각계,

소화계, 내분비계 등에서 다양한 변화가 나타난다. 넙치에는 이러한 변화 외에 등지느러미 신장, 기조(鰭條)의 소실, 유생형 가슴지느러미의 퇴축과 성어 type 가슴지느러미의 생성, 오른쪽 눈의 이동 등 최종적으로 몸 구조가 좌우비대칭(등과 배의 분화)으로 되는 “구조적 변태”가 완성된다. 이런 구조적 변화는 필연적으로 감각, 호흡, 소화 흡수, 삼투압 조절, 내분비 등 생리적으로 큰 변화를 유발한다. 이러한 구조와 기능의 종합적인 전환이 나타나는 것은 생존상의 이유, 다시 말해서 새로운 생활양식에 적응하기 위한 생태적 전환이다.

6) 생식소의 성분화 및 성결정

넙치는 수컷보다 암컷의 성분화 시기가 약간 빠르다. 즉 암컷의 난모세포 출현이 수컷의 정모세포 출현보다 빠르며, 암컷에 있어 감수분열 전기의 핵 변화를 표시하는 난모세포 포낭의 출현은 전장 55 mm 전후인 것에 비해 수컷의 감수분열이 확인된 크기는 전장 100 mm 전후이다. 따라서 생식소의 발달에 의하여 암컷과 수컷이 구분 되는 크기는 전장 100 mm 이후이다.

넙치는 대부분의 어종처럼 성염색체(sex chromosome)가 발견되지 않으며, 성결정의 유전적 지배에 관해서는 불명확한 점이 많다. 넙치의 성을 결정하는 유전자형 model은 기본적으로 수컷 hetero형(XY 수컷, XX 암컷)이나 성비의 특이성에 관해서는 일부 논란이 있다. 넙치 성결정 기구는 명확하게 주유도유전자가 존재하며 그 유전자 모델은 수컷 hetero 이라는 것이 판명되었다. 그러나, 유전적 암컷(XX 개체)의 성분화 시 암컷의 성은 유전적으로 강하게 고정되어 있지 않고 환경 요인에 의하여 생리적 수컷(가짜수컷, pseudomale)으로 전환이 일어나 편향된 성비의 변동을 보일 때도 있다.

성분화 시 환경 요인의 영향에 대하여 유전적 수컷(XY 개체)은 암컷(XX 개체)보다 안정화되어 있다. 한편, 넙치는 성분화 시 사육수온이 유전적 암컷의 성분화 전환에 관여하는 것으로 밝혀졌다. 넙치 생식소의 분화 임계기는 착저 종로 후 1개월 정도이다. 이 기간에 자성발생2배체 및 성전환 수컷으로 생산된 유전적 전(全)암컷을 18~22℃의 수온에서 사육하면 암컷의 비율은 100%에 근접하지만, 25~28℃의 고수온에서 사육하면 수컷으로 성전환이 이루어져 수컷 비율이 높아진다. 또 15℃의 저수온으로 사육을 해도 수컷으로 전환이 되는 경향이 있다. 일반 넙치도 넙치 생식소의 분화 임계기에 적정 수온에서 사육하면 암컷과 수컷의 성비가 1:1 전후이지만, 고수온과 저수온 어느 쪽에서 사육을 할 경우 수컷의 비율이 증가된다. 유전적 암컷이 수컷으로의 전환되는 원인으로는 사육수온 외에 먹이 빈도와 성분화 시기의 대사 이상도 관련된다는 설(說)이 있다.

7) 양식넙치의 영양성분

넙치는 고급어로 육질은 흰색이며, 넙치류 및 가자미류 중에서는 가장 맛이 좋다. 특히, 겨울철(10월

~2월)에 맛이 있다. 씹는 맛이 좋고 지방질 함량이 적어 담백한 맛을 느낄 수 있다. 넙치는 콜라겐 함량이 높아 세포막을 튼튼하게 할 뿐만 아니라 팽팽하고 윤기 있는 피부를 만들어 준다. 넙치는 양질의 아미노산에 의해 영양의 균형이 잘 잡혀져 있으며, 헛감으로서 소화가 매우 잘되는 저지방질 고단백 저칼로리 식품으로 환자 회복식 및 산후 조리식으로 효과가 있다.

넙치회에서 가장 맛있는 부위는 운동량이 가장 많은 담기골살(‘엔피라’로 불리움)로 지느러미에 붙어 있는 날개살이며, 여기에는 기능성 물질인 다당류의 콘드로이틴황산과 고도불포화지방산이 많이 함유(근육의 지방질 함량은 약 1%인데 반하여 날개살은 약 30%이다)되어 있으며, 입맛을 감도는 씹힘성이 일품이다(조, 2002).

넙치의 어체 성분을 분석해 보면, 수분 76.4%, 단백질 20.4%, 지방 1.7%, 탄수화물 0.3%, 회분 1.3%로 구성되어 있다. 무기질을 구성하는 칼슘 및 철은 각각 53mg, 199mg이 함유되어 있다. 단백질을 구성하는 아미노산은 단백질 100g 당 글루탐산(3,208mg)이 가장 많고, 리신(1,828mg), 루이신(1,634mg), 아스파르트산(1,592mg) 순이다. 특히, 넙치는 유리아미노산의 일종인 타우린을 단백질 100g 당 196mg 함유하고 있어 혈압조절 작용, 동맥경화 예방, 인슐린 분비 촉진에 의한 당뇨병 치료에 효과가 있다.

양식산 넙치를 대상으로 크기별(1~4kg) 수율을 조사한 결과, 1kg은 49~54%, 2kg은 44~54%, 3kg은 42~60%, 4kg은 43~52%로 큰 차이를 보이지 않았으며, 계절별로는 산란기인 4월 전후에 수율이 가장 낮았다. 또한, 부위별 지방 함량 변화를 보면 등근육보다 배근육이 전반적으로 지방함량이 높았다. 계절별 지방 함량을 보면 2kg 이상의 크기에서는 겨울철(12월~2월)에 높았으나, 1kg 양식산 넙치의 경우 등근육과 배근육 모두 2월~4월에 지방함량이 가장 높으며 5월 이후 감소하였다.

한편, 자연산 및 양식산 근육의 영양성분을 비교해 보면 자연산보다 양식산의 지방함량이 높았으나 아미노산, 지방산, 미네랄 및 비타민(A와 E)에서는 차이가 없는 것으로 조사되었다(佐藤 등, 1986).

다. 국내외 양식 생산량

1) 세계 생산량

FAO(2015)에 의하면 넙치(영명, bustard halibut)의 연도별 생산량 및 금액을 보면 세계 1위의 생산국은 한국이며, 다음은 일본이다. 2013년도 세계 총 넙치 양식생산량은 39,445톤이며, 한국의 생산량은 36,944톤으로 전체의 93.7%, 일본은 2,501톤으로 6.3%였다(그림 1-5). 2013년도 세계 총 넙치 양식 생산금액은 427,865천 \$이며, 한국은 397,702천 \$로 전체의 92.9%, 일본은 30,163천 \$로 7.1%였다(그림 1-6).

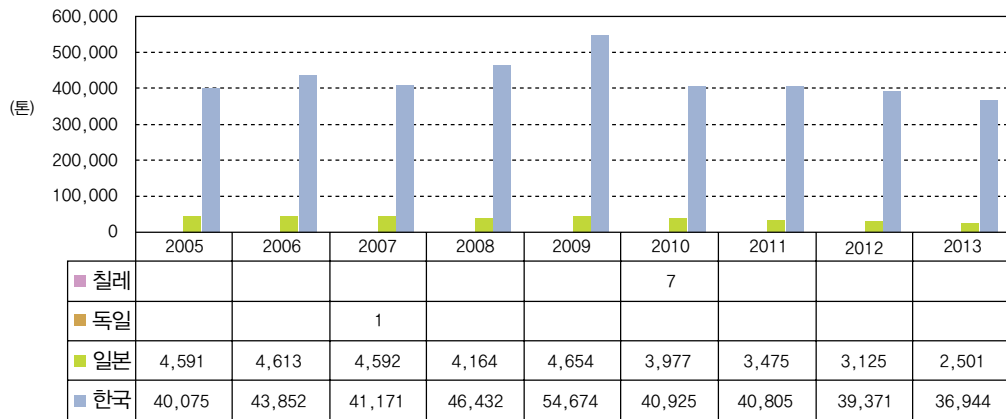


그림 1-5. 연도별 세계 넙치 양식 생산량(2005~2013).

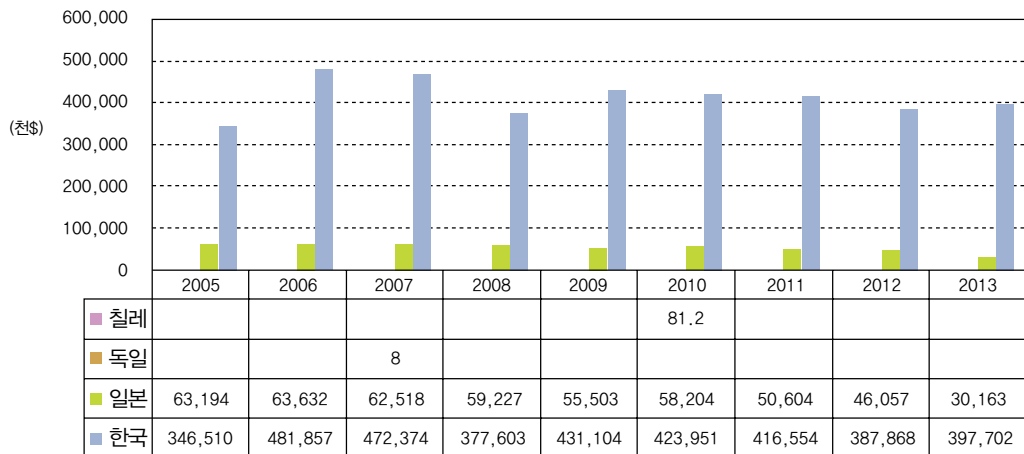


그림 1-6. 연도별 세계 넙치 양식 생산금액(2005~2013).

2) 한국 생산량

넙치 양식 통계가 처음으로 기록된 것은 1987년으로 20톤 이었다. 1990년대에는 완만한 성장을 보이다가 1997년부터 생산량이 증가하기 시작하여 2009년도에 54,674톤으로 생산량이 가장 많았다. 그러나 2010년부터는 40,000톤 내외로 정체 상태를 유지하고 있다(그림 1-7).

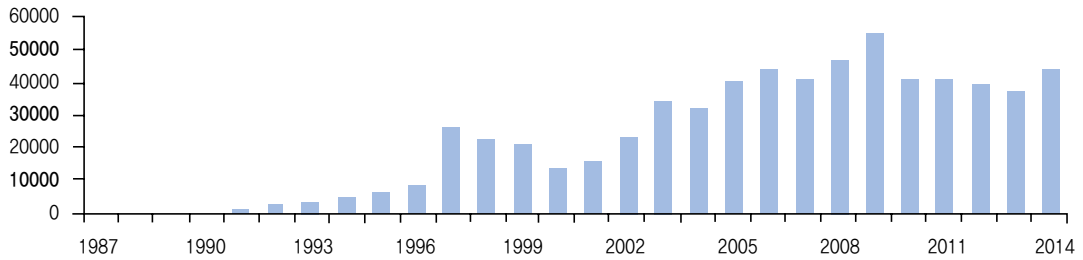


그림 1-7. 넙치 연도별 생산량(톤).

넙치 양식 생산금액을 보면 2009년도에 545,790백만원으로 가장 높았고, 그 이후부터는 감소 현상을 보여 2014년도에는 415,077백만원이었다(그림 1-8).

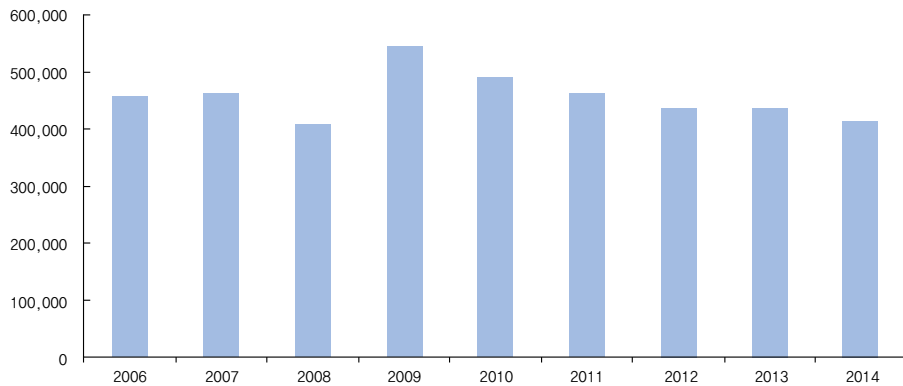


그림 1-8. 넙치 연도별 생산금액(백만원).

넙치 양식 생산시설은 육상수조식, 축제식, 해상가두리가 있으며, 2014년 기준으로 육상수조식의 생산량 및 생산금액은 전체의 99.7%를 차지하고 있다(표 1-1).

표 1-1. 2014년도 우리나라 넙치 양식 방법별 생산, 어가 및 사육면적

	생산량(톤)	생산액(백만원)	어가(호)	사육면적(m ²)
계	43,413(100%)	415,077(100%)	579(100%)	2,214,566(100%)
육상수조식	43,291(99.7%)	413,911(99.7%)	567(97.9%)	2,199,658(99.3%)
축제식	116(0.3%)	1,106(0.3%)	7(1.2%)	14,800(0.7%)
해상가두리	6(0.01%)	61(0.01%)	5(0.9%)	108(0.01%)



Olive flounder





친어(親魚) 사육 및 수정란 확보

2. 친어(親魚) 사육 및 수정란 확보

www.nifs.go.kr

종묘생산의 제1과제는 양질의 수정란을 안정적으로 확보하는 것이다. 이를 위해서는 친어의 관리가 대단히 중요하다. 수정란 생산에 필요한 친어 확보는 자연산을 이용하는 방법과 양식산을 이용하는 방법이 있다.

가. 친어 사육

양질의 난을 안정적으로 확보하기 위해서 양식산의 경우 2세어 이상 3~5세어가 바람직하다. 적정 크기로는 암컷은 3~4 kg, 수컷 1~2 kg 이다. 친어사육 수조 위치는 주위가 조용하고 사람들의 출입이 최소화 되는 곳이 좋다. 수조 크기는 20~50 m³ 용량의 원형 또는 8각형이 좋으며, 사육 수심은 깊으면 넙치에게 안정감을 주어 좋으나 너무 깊으면 사육 관리가 어렵기 때문에 1.2~1.5 m가 적당하다. 일반적으로 산란용 친어의 수조는 외부환경에 의한 스트레스를 최소화 하기 위하여 콘크리트 수조를 이용하는 경우가 많다. 산란된 넙치 난은 분리부성란이므로 수정란을 용이하게 수거할 수 있도록 친어 사육수조 시설 시 수조벽의 상부에 구멍을 내어 수정란을 수집할 수 있도록 한다(그림 2-1).



그림 2-1. 산란용 친어 수조 및 수정란 수거 장치.

산란용 친어는 스트레스 등을 감안하여 m² 당 1~2마리(2~4 kg)가 좋다. 산란에 관여하는 적절한 암·수비는 암컷 1마리에 수컷 1~2마리이지만 수컷이 암컷보다 빨리 성숙하여 정자 방출이 조기에 종료되는 개체가 있으므로 가능한 수컷의 수가 암컷보다 2배정도 많으면 좋다.

양호한 수질을 유지하기 위해서는 환수율이 1일 5~12회전이면 적당하다. 정전 등 양수기 고장으로 환수가 중단될 경우를 대비하여 액화산소, 산소발생기 및 포기(aeration) 시설도 갖추어야 한다. 적정 조도에 대한 정확한 수치는 없지만 너무 밝지 않는 것이 좋다. 넙치는 저온에 강하나 상대적으로 고온에 약하며, 고수온(30℃ 이상)이 일정기간 지속되면 폐사하는 경우가 있으므로 수온 관리에 주의해야 한다.

산란용 친어의 사료로 냉동 생사료를 해동하여 공급한 경우도 있으나 최근에는 MP(습사료, moist pellet)를 주로 공급한다. 생사료의 종류는 전갱이, 정어리, 고등어 및 기타 소형 잡어로 냉동된 상태에 따라 신선도의 차이가 있으므로 좋은 품질의 생사료를 구입해야 한다.

난질은 공급하는 사료에 따라 가장 영향을 많이 받으므로 계절에 따라 신선한 먹이를 공급하는 것이 중요하다. 난질을 좋게 하기 위해서는 한 종류의 사료만 공급하지 말고 여러 가지를 혼합하여 주는 것이 좋으며, 영양제, 비타민 등을 보충하여 공급하는 것이 일반적이다. 친어용 사료는 양성용보다 단백질, 무기질 및 비타민 등의 함량이 높아야 하며 향산화 물질을 첨가하는 것도 좋다.

먹이공급량은 사육수온, 친어크기, 사육환경에 따라 다르나 어체중의 1~3% 기준으로 1일 1~2회 공급한다. 친어관리 시 가장 중요한 것은 질병이므로 백신이나 사육관리를 통하여 예방하는 것이 좋다. 질병 등 사고에 의한 친어 폐사가 일어나는 것에 대비하여 별도의 후보 친어를 확보한 후 필요 시 보충해 준다.

나. 수정란 확보

양식산은 대부분 실내수조에서 자연산란이 가능하다. 수정란 크기가 900~1,000 μ m이므로 실내수조에서 수정란을 수거할 시 채집망은 400 μ m 정도가 적당하다. 망목의 크기가 너무 작으면 채집망에 찌꺼기 등이 막혀 수정란 수집이 곤란하다. 수정란 수를 산정할 시에는 수집된 수정란을 깨끗하게 씻은 후 부상란을 수거하여(그림 2-2) 중량을 측정한다. 중량 측정 시에는 반드시 현미경으로 수정 상태를 파악하고 물을 제거해야 한다. 일반적으로 수정란 1g 당 개수는 알의 크기에 따라 차이는 있으나 1,300~1,600개이며, 수분을 완전히 제하면 약 2,000개가 된다. 수정률이 좋을 시에는 부상란을 수정란으로 취급해도 상관이 없다. 산란된 난의 수집은 산란 후 2~3시간 이내에 이루어지는 것이 좋다.



그림 2-2. 자연산란된 넙치 수정란 부상란(위)과 침하란(아래).

자연환경 조건으로 양식산을 사육하면 자연에서와 같이 3~5월에 산란한다. 그러나 양성장에서 종묘를 가장 많이 입식하는 시기는 3~6월과 10~11월이므로 이 시기에 필요한 종묘를 생산하기 위해서는 수정란 생산시기를 조절할 필요가 있다.

수정란 생산시기를 조절하기 위해서는 수온과 광주기를 인위적으로 조절하면 된다. 우리나라는 수정란을 연중 생산할 수 있는 시스템이 갖추어져 있으므로 원하는 시기에 수정란 구입이 가능하다.

양식산 암컷이 1회 산란하는 난의 수를 보면 전장 45~50 cm는 20~50만개, 60~70 cm는 40~60만개이다. 1마리가 1년 동안 산란하는 양은 전장 46~86 cm는 427~3,634만개로 추정된다. 양식산 넙치의 경우 친어 1마리가 수조 내에서 1일 평균 100만개를 자연산란하여 산란기간(3개월) 동안 총 1,000만~3,630만개의 난을 확보한 예가 있다(高橋 등, 1980).

상업용으로는 자연산란된 수정란을 이용하나, 실험 등 특수 목적을 위해서는 인공수정을 시키는 경우가 있다. 인공수정 방법은 먼저 정자를 채취하고, 암컷으로부터 난을 받은 후(그림 2-3) 정자를 섞어 수정시킨다.



그림 2-3. 넙치 친어의 채란(왼쪽) 및 채정(오른쪽).

다. 수정란 관리 및 수송

1) 수정란 관리

수정란을 해수에서 관리하는 방법은 2가지가 있다. 첫째는 월러가제(수정난이 평균 950 μ m 전후이므로 월러가제의 망목은 400 μ m가 적당)로 제작한 네트(직경 40~85 cm)에 알을 수용한 후 부화 직전까지 관리하는 것으로, 수용 밀도는 톤당 10~60만개이다. 둘째는 사육수조에 직접 수정란을 수용하는 것으로 수용밀도는 톤당 1.5~4만개이다. 수정란 수용 시에는 산란된 알에서 미 수정된 알과 죽은 알을 제거한 후 정상적인 수정란만을 선별해야 한다. 네트에 수용한 수정란의 경우 여과해수를 네트 내에 직접 주입하고 통기시켜 준다. 죽어서 가라앉은 알은 될 수 있는 한 빨리 제거하는 것이 좋다. 왜냐하면 침하란을 방치할 시 수생균이 발생하므로 주의해야 한다. 자어 사육수조에 수정란을 심을 시에는 부화 직전의 알을 사용하는

것이 좋다.

수정란 관리 수온은 15℃ 전후가 좋으며, 15℃보다 고온일수록 생존율이 낮아지는 경향이 있다. 특히, 25℃에서는 12시간 후에 생존율이 6.4%로 낮아지고 배체기까지는 발생하지만 전량 폐사한다. 30℃에서는 2시간 후 전량 폐사한다.

2) 수정란 수송

수정란을 종묘장으로 수송하기 위해서는 비닐포대(50×70 cm)에 해수를 60~70% 넣고 알을 수용한 후 산소를 주입한다. 수용밀도는 비닐포대(해수용량 15~18 l 기준) 1개당 수정란 15~20만개가 좋으며, 이동 시 기온이나 거리를 감안하여 수정란 수를 조절할 필요가 있다. 보통 수송 중 수온 상승을 방지하기 위하여 수정란이 담긴 비닐포대를 스티로폼 박스에 넣은 후 박스 내부에 얼음을 넣는다. 수송 시간은 당일 산란한 수정란의 경우 15~20시간 정도면 문제는 없지만, 산란후 1~2일 경과한 난은 장시간 수송하면 도중에 부화하여 폐사하는 경우도 있고 살아있더라도 기형의 비율이 높기 때문에 장시간 수송은 피하는 것이 좋다. 또한, 제주도에서 항공기를 이용하여 육지로 수정란을 수송할 시에는 공항에서 X-ray를 통과하지 않도록 해야 한다. X-ray를 통과한 수정란은 부화 후 일정시간이 지나면 전량 폐사한다.

라. 부화

부화 가능 수온은 10~24℃이지만 적정 수온은 15~19℃이고, 부화 최적 수온은 15℃ 전후이다. 14~16℃에서는 80~90시간 경과하면 부화가 되고 부화율도 좋으며 기형율도 낮다. 수온 19.5±0.5℃에서 수정 후 부화까지의 발생 과정을 보면 수정 6시간 경과하면 상실기가 되고, 17시간 후에는 낭배기가 되며, 18시간 후에 배체기가 된다. 또한, 수정 후 29시간 후에는 안포가 형성되며, 40시간 후에는 심장이 박동하고, 46시간이 경과하면 부화를 시작한다(그림 2-4). 수온에 따른 기형 부화율의 경우 13~19℃에서는 거의 차이가 없고, 20℃ 이상에서는 수온이 높을수록 기형률이 높다.

부화시간(T)과 수온(t)과의 관계식은 12℃와 20℃에서 변곡점을 보이며, 수온 12~20℃에서는 $\log T = 2.704 - 0.059t$, 수온 20~24℃에서는 $\log T = 1.791 - 0.013t$ 이다. 부화까지의 적산수온은 부화시간과 수온의 관계처럼 12℃와 20℃에서 변곡점을 보이고, 적산수온(T0)과 수온(t)의 관계식은 수온 12~20℃에서는 $\log T0 = 3.39 - 0.03t$ 이다.

염분과 부화의 관계를 보면 기준 염분을 1(비중 1.025, salinity 33.8, pH 8.2)로 했을 때 1/2~1/8 해수 및 2배 해수에서는 포배후기에서 발생이 정지되어 모두 폐사한다.



그림 2-4. 넙치 난 발생 과정.



종묘생산

3. 종묘생산

www.nifs.go.kr

가. 착저기 이전 사육(부화에서 착저까지의 사육)

1) 부화자어의 형태 변화

부화자어부터 변태까지의 성장에 따른 외부 형태의 변화는 그림 3-1과 같다.

2) 사육수조

가) 재질 및 색깔

사육수조의 재질로는 콘크리트, FRP, 캔바스시트, PP 등이 있다. 과거에는 주로 콘크리트로 만든 수조가 많았으나 최근에는 PP 수조도 이용된다. 콘크리트 수조를 사용할 시에는 콘크리트 자체가 알칼리이기 때문에 바로 사용 시 폐사가 발생하므로 사용하기 전에 중화제를 이용하여 알칼리를 낮추어야 한다. 또한, 알칼리를 낮추기 위하여 예전에는 에폭시 페인트나 FRP로 수조 내면을 코팅하였지만 최근에는 전용 도료가 개발되어 이를 사용하는 경우도 있다. 특히 자치어용 사육수조의 색깔은 넙치의 성비 및 체색 이상에 영향을 줄 수 있는 경우가 있으니 신중하게 선택해야 한다.

나) 수조크기 및 모양

사육수조의 크기는 생산 규모와 사육방법에 따라 결정되는데 일반적으로 사육방법에는 2가지가 있다. 첫째는 소형수조에서 고밀도로 사육하다가 변태 전후에 수조 수를 늘리거나 대형수조로 옮겨 사육하는 방법, 둘째는 처음부터 대형수조에서 전장 20~30 mm 크기까지 계속하여 사육하는 방법이다. 고밀도 사육 시 수조 크기는 사육환경 및 관리 등을 고려해 볼 때 5~10톤이 적당하다. 부화자어부터 20~30 mm 크기까지 계속하여 사육할 때의 수조크기는 40~50톤이 좋다. 수조의 모양은 원형, 팔각형, 장방형, 사각형(모서리를 완만하게 만든 것) 등 여러 가지가 있지만 물의 흐름, 교환율 및 침전물 제거 등을 고려하면 중앙배수가 가능한 원형과 팔각형이 좋다.



그림 3-1. 넙치 부화자어에서 변태완료까지의 외형 변화.

다) 수심

수조의 높이는 0.8~1.2m 범위이지만 1m 전후가 많다. 수심은 보통 40~80 cm이다. 넙치는 변태 후에 착저하기 때문에 저면적이 넓으면 좋다.

라) 해수 급수 및 배수

급수관은 보통 1~2곳에 설치하되 물의 흐름을 고려하여 수를 조절한다. 급수관의 직경은 수조크기에 따라

20~65 mm이다. 배수관은 수조의 모양에 따라 수조 가운데에 설치하며, 직경은 40~150 mm이고, 배수구는 1~2곳이다. 자어사육 시 사육수의 환수 방법으로 대형수조에서는 배수관에 구멍을 낸 후 적당한 망목을 이용하여 배수관을 싸는 방법으로 하고, 소형수조에서는 수조 내에 망으로 둘러 싼 배수관을 넣은 후 배수관의 내부에 호스를 설치하여 사이폰하는 방법을 사용한다. 어느 방법이나 배수망의 면적을 넓게 하여 배출수의 유속을 늦추어 유영능력이 약한 자어가 망에 걸리지 않아야 한다.

마) 수조 저면의 구배

넙치는 변태 후 착저하여 생활하므로 바닥면적을 최대한 크게 하고 수조바닥의 구배가 없는 것이 좋으나, 이럴 경우 배설물과 사료찌꺼기 등이 원활하게 배수되지 않기 때문에 어느 정도의 완만한 기울기는 필요하다.

바) 차광시설

실내에서 사육 시 조명을 하기 때문에 별도의 차광시설은 필요 없다. 실외수조의 경우 채광이 지나치면 용존산소 과포화로 인한 가스병 때문에 폐사가 발생하고, 수조저면 및 측면에 해조류 등이 번식하여 관리가 어렵기 때문에 수조 위에 차광시설을 하는 것이 좋다.

3) 사육방법

가) 공급 해수와 환수

자어사육용 해수는 모래여과기를 통과시킨 후 자외선이나 오존장치 등으로 살균하여 사용하는 것이 좋다. 사육수의 가온을 위해서는 주로 히터펌프, 보일러, 열교환기를 이용한다. 사육수 관리는 처음에는 지수로 하다가 성장과 함께 유수로 전환시킨다. 보통 지수사육 기간은 5~16일간이다. 고밀도 사육의 경우는 일찍 유수로 전환한다. 지수사육을 하더라도 수질상황에 따라서 일부 환수를 하는 경우가 있으며, 환수량은 수질 상태에 따라 1일 사육수의 20~50%이다. 유수사육 시 사육수 교환율은 전반기에는 1일 0.3~1회전, 후반기에는 1.1~3.5회전이다. 유수의 시기 및 교환율은 자어의 유영력, 사료의 섭취 상태, 수온, 수질을 고려하여 결정한다. 현장에서는 이러한 상황을 참고하여 대부분 사육자가 경험적으로 유수 여부와 교환율을 정하고 있다.

나) 식물플랑크톤 첨가

자어사육 시 식물플랑크톤 첨가는 수질안정, 차광 및 로티퍼의 먹이로서 효과가 있다. 식물플랑크톤을 첨가하는 기간은 1~20일간이며, 지수 기간에는 대부분 첨가하고 유수사육에서도 초기에는 첨가하는 경우가 있다. 첨가 농도는 mL 당 20~100만 세포이지만 보통 20~50만 세포가 대부분이다. 식물플랑크톤

첨가구의 경우 무첨가구보다 성장이 빠르고 생존율도 높은 것으로 알려져 있다. 식물플랑크톤 첨가 효과는 로티퍼 먹이원의 역할과 수질정화 작용이라고 추측된다. 첨가하는 식물플랑크톤의 종류는 주로 해산 클로렐라이다.

다) 포기

에어스톤을 이용하여 포기(aeration)를 실시한다. 3~56m³ 수조크기에는 1~9개 정도 설치한다. 저면적 비율로 보면 0.6~5.4m²마다 1개이다. 포기 세기는 자어일 때는 약하게 하고 성장과 함께 점차 증가시킨다.

라) 조도

일반적으로 자어사육의 조도는 500~25,000 lux이다. 자어가 먹이를 먹을 수 있는 수조의 수면 임계 조도는 18~25 lux이다(安永, 1975). 20 lux 이하의 조도에서 사육하면 변태는 하지만 비정상적으로 흑색 세포가 발달한 넙치가 많아지고 변태완료 후 10일 이내에 폐사하는 개체가 많기 때문에 변태기가 가까워지면 어느 정도의 조도는 필요하다(石田 등, 1973). 해산클로렐라 첨가 사육 시 너무 밝게 하면 클로렐라의 탄소동화작용에 의한 용존산소 상승으로 과포화에 의한 가스병이 발생하며 pH도 상승된다. 반대로 너무 어두우면 해산클로렐라의 대사생리 기능이 저하된다. 해산클로렐라 무첨가로 인해 사육수조가 너무 밝으면 수조 저면과 측면에 규조류와 같은 식물성 플랑크톤이 번식하며 심할 경우에는 넙치에 나쁜 영향을 미치므로 적절한 차광시설을 해야 한다. 조도와 성장과의 관계는 주야 연속 조도 하에서 성장이 빨라진다는 보고가 있어 기술개발 초기에는 연속 조명을 하는 경우도 있었으나 최근에는 야간에 거의 조명을 켜지 않는다.

마) 수온

자어의 사육 수온은 15~22℃이다. 부화 직후에는 수정란 관리 수온과 동일하게 15~16℃로 하고, 그 이후부터 매일 0.5~1℃씩 상승시켜 부화 후 3~7일째부터 적정 사육수온인 18~20℃를 유지한다. 사육 시 수온이 낮은 지역에서는 가온을 한다. 수온이 자어의 성장에 미치는 영향의 경우 먹이공급량을 동일하게 하면 적정수온 범위 내에서는 수온이 높을수록 성장이 좋다. 또 수온의 적산값과 전장과의 관계를 보면 사육수온이 달라도 그 수온의 적산값이 동일하면 성장 차이는 거의 없다.

바) 염분

넙치 자어사육 시 해수의 염분은 보통 27~36‰ 범위이다. 자어의 사육수로는 원해수를 사용하는 것이 가장 좋고 성장도 양호하다. 그러나 해수 염분이 낮아도 자어에 미치는 영향은 크지 않다(高橋·小倉, 1977).

사) 수소이온농도(pH)

해수의 pH는 7.7~8.4 범위이다. 사육수조의 pH는 식물 및 동물의 생리작용에 의하여 다소 변화한다. 야간에는 식물플랑크톤의 호흡에 의하여 탄산가스가 증가하므로 pH가 낮아지며, 주간에는 동화작용이 왕성하여 pH가 상승한다.

아) 바닥청소

자어의 배설물 등 침전물로 인한 수질악화가 일어나지 않으면 부화에서 착저까지는 수조바닥 청소를 하지 않는 경우도 있으나 부화 직후 먹이생물 공급 전에 바닥 청소를 실시하는 수도 있다. 해산클로렐라 첨가 시에는 바닥이 잘 보이지 않으므로 청소가 쉽지 않다. 최근에는 알테미아 공급 시부터 자어용 배합 사료를 병행 사용하기 때문에 수질관리가 대단히 중요하다. 배합사료 공급 시에는 배설물 및 여분의 배합 사료 때문에 수조바닥이 하얗게 변한다. 이것은 정상적인 상태이므로 바닥청소를 할 필요가 없으나, 넙치가 착저하기 전에 바닥청소를 실시하는 경우도 있다.

자) 수용밀도

부화자어의 수용밀도는 사육방법에 따라 다르다. 고밀도 사육에는 톤당 3만마리 이상으로 수용한다. 이 방법은 사육하면서 일정 수용밀도 이상이 되면 여러 개의 수조로 분조한다. 적정 사육밀도에 관한 명확한 기준은 없지만 부유 자어기 즉 착저 이전(전장 8mm)까지는 톤당 5~10만마리의 고밀도 사육이 가능하며, 이 시기의 생존율은 60~95%이다. 한편, 부화자어부터 전장 20~30mm까지 한 수조에서 계속하여 사육할 시 적정 사육밀도는 톤당 1~3만 마리이며, 이때까지의 생존율은 특별한 하자가 없으면 70% 이상이다. 적정 사육밀도 범위 내에서 자어 수용밀도는 먹이공급이 충분하면 수조크기에 따른 성장 차이는 크지 않다. 실제로 우리나라 종묘생산 시 수정란의 수용밀도는 전국 평균이 톤당 $13,230 \pm 5,474$ 개였으며, 동해안이 $16,866 \pm 6,174$ 개로 가장 높다(표 3-1).

표 3-1. 해역별 넙치 종묘생산 시 수정란 수용밀도

지역별	전국 평균	동해안	서해안	남해안	제주도
수정란 수용 (개/톤)	$13,230 \pm 5,474$	$16,866 \pm 6,174$	$11,821 \pm 5,481$	$11,428 \pm 1,589$	$12,634 \pm 9,071$

차) 먹이

종묘생산 시 먹이 공급 계열은 로티퍼 ⇒ 알테미아 ⇒ 자어용 배합사료 순이다. 착저까지는 로티퍼와 알테미아가 주 먹이이고, 보조로 자어용 배합사료가 이용된다. 착저 후에는 알테미아와 자어용 배합사료를 공급하나 점차 배합사료의 비율을 증가시킨다.

4) 먹이생물

어류의 종묘생산에는 자어의 먹이공급이 중요하다. 따라서 종묘생산 초기에는 살아있는 상태의 식물 플랑크톤 및 동물플랑크톤을 먹이생물로 많이 이용한다. 좋은 먹이생물의 조건을 보면, ① 양식생물이 먹어야 하고, ② 크기가 양식생물의 입 크기에 맞아야 하며, ③ 저렴한 경비로 대량생산 및 지속적으로 생산이 가능해야 하고, ④ 영양적인 면에서 우수하고, ⑤ 섭취 후 소화 흡수가 잘되고, ⑥ 비병원성이어야 한다.

가) 식물플랑크톤

식물플랑크톤은 어류 자어사육 시 동물플랑크톤의 먹이생물로 매우 중요하다. 대표적인 종은 클로렐라(chlorella), 테트라셀미스(Tetraselmis), 난노클로롭시스(Nannochloropsis) 등이다. 클로렐라는 담수산과 해수산이 있다. 보통 해수산클로렐라로 불리는 것은 난노클로롭시스 오큐랄타(*Nannochloropsis oculata*)를 말한다.

최근에는 담수산클로렐라 뿐만 아니라 해수산클로렐라도 전문 업체에서 고농축으로 배양하여 판매하고 있어 종묘생산 시작 시 대부분 이를 구입하여 사용한다.

나) 동물플랑크톤

동물플랑크톤은 주로 어류 자어의 먹이생물로 이용되는데, 대표적인 종은 로티퍼(rotifer), 알테미아(Artemia), 물벼룩(Daphnia), 코페포다(copepoda) 등이다. 넙치 종묘생산 시에는 로티퍼 및 알테미아가 자어용 먹이로 사용된다.

① 로티퍼

브라키오누스(*Brachionus*)속의 로티퍼는 어류 및 갑각류의 초기 종묘생산에 가장 널리 이용되는 먹이생물이다(그림 3-2). 로티퍼는 크게 머리, 목, 몸, 발 등 4개 부분으로 나누며, 몸 전체는 큐우티클층으로 덮여 있다. 해수어 종묘생산에 널리 이용되는 로티퍼는 기수산인 브라키오누스 플리카틸리스(*B. plicatilis*)와 브라키오누스 로툰디포미스(*B. rotundiformis*)이다. 브라키오누스 플리카틸리스(*B. plicatilis*) 종의 경우 크기, 피갑(lorica), 앞쪽(anterior)의 모양 등 형태적인 면에서 다양성을 가지고 있다.

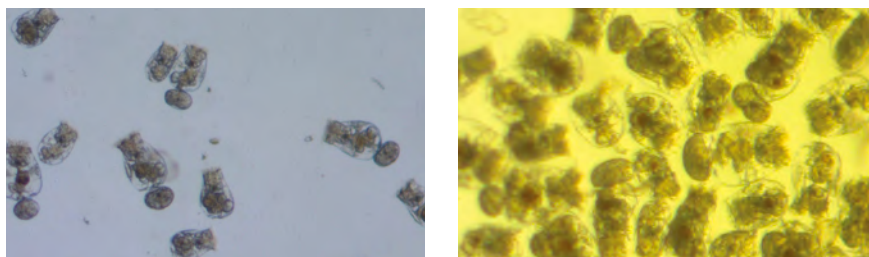


그림 3-2. *Brachionus*속에 속하는 로티퍼(왼쪽: 영양강화 이전, 오른쪽: 영양강화 후).

비교적 대형의 로티퍼를 large (L)형, 소형을 small (S)형, 소형보다 더 작은 크기의 로티퍼를 super small (SS)형으로 부른다.

최근의 연구 결과, L형과 S형은 유전적으로 다른 종류라는 것이 밝혀져 학명이 각각 다르게 명명되었다. 2가지 형의 형태적 차이는 후두극과 피갑장이다. 생리적 차이는 증식 적정수온의 차이로 S형은 25℃ 이상의 고수온 조건하에서 L형보다 높은 증식률을 보이는 반면, L형은 S형에 비하여 비교적 낮은 수온에서 증식이 양호하다. 1994년 국제 로티퍼 심포지움에서 S형은 *Brachionus rotundiformis*, L형은 *Brachionus plicatilis*로 정립되었다. 시중에서 부르는 SS형(super small)은 소형인 *B. rotundiformis*의 아종(subspecies)일 가능성이 있다. L형의 크기는 280 μ m 전후(L형 중 수컷은 120 μ m 정도), S형의 크기는 180 μ m 전후이다. 지금은 로티퍼도 해산클로렐라와 마찬가지로 전문 업체에서 고농축으로 판매하고 있으므로 대부분의 종묘생산업체가 로티퍼를 구입한 후 자체적으로 배양하여 사용한다.

② 알테미아

브라인쉬림프(brine shimp)로 불리는 알테미아(Artemia)는(그림 3-3) 보통 암·수가 교미를 하여 다음 세대를 만드는 유성생식을 하나 일시적으로 수컷만 존재하는 개체군이 있다. 출산은 암컷 육아낭의 생식공으로 부터 직접 노우플리우스로 태어나는 난태생형과 내구란의 형태로서 체외로 방출되는 난생형이 있다.

알테미아속은 남극과 북극을 제외한 전세계의 함수역에 분포한다. 알테미아는 염전과 같이 함도가 높은 곳에서 발견이 되는데 이런 곳에서는 여러 종의 알테미아가 함께 서식하기도 한다. 알테미아류는 서식환경에 따라 형태적으로 변이가 크다.

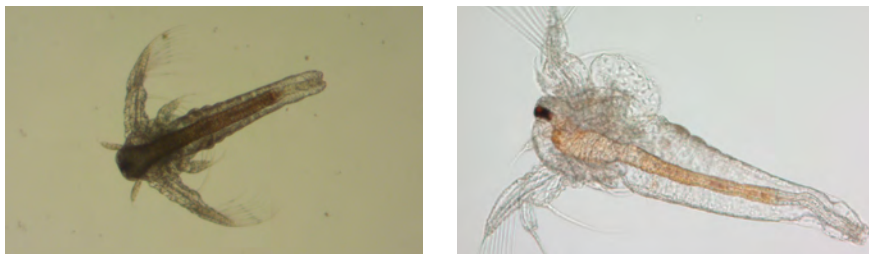


그림 3-3. 알테미아의 유생(왼쪽: 부화유생, 오른쪽: 영양강화한 유생 부화후 30시간 경과).

세계 각지의 알테미아 서식지에서 대량 채집된 내구란은 일정한 처리공정을 거쳐 통조림 모양으로 판매되고 있다. 알테미아의 알(cyst)는 부화율에 따라 등급이 다르며, 가격 차이도 많다. 일반적으로 부화율 90% 이상을 프리미엄그레이드라고 한다.

부화는 알테미아 알을 해수에 담구어 수분이 난막을 통하여 흡수되는 광화학적 반응을 거쳐야 가능하다. 부화는 일반해수의 1/4~3배의 염분농도에서 가능하지만 일반해수보다 염분농도가 높을수록 부화에 소요되는 시간은 길어진다. 그러므로 알을 빨리 부화시키기 위해서는 담수를 30% 정도 채워주는 것이 좋다.

알테미아 알은 수온 30℃전후, pH 7~9, 용존산소 30% 이상의 조건에서 가장 빨리 부화한다.

알테미아 알은 개체군(산지)에 따라 다르나 일반적으로 1 g 당 28~59만개이다. 부화는 200~1,000 ℓ 크기의 용기를 사용하나 대량으로 부화시킬 시에는 이보다 큰 수조를 이용한다. 부화 방법은 500~2,500 g의 알테미아 건조 알을 해수가 담긴 배양용기에 수용한 후 포기시킨다. 부화는 수온 28~30℃에서 20~24시간이 지나면 이루어진다. 알테미아는 ω 3고도불포화지방산(ω 3HUFA)이 극히 낮기 때문에 영양강화를 하지 않고 넙치 자어에게 장기간 단독으로 공급할 경우 넙치가 허약하게 되어 폐사하는 경우도 있고, 색소이상(백화) 개체의 비율도 높아진다(산지에 따라 차이가 있음). 알테미아 1 g을 부화시키면 노우플리우스 유생 25~28만 마리가 부화된다. 부화유생의 크기는 전장 0.45 mm, 폭 0.17 mm 이다.

알을 부화시킨 후 자어에게 공급할 시에는 부화유생(노우플리우스)과 부화되지 않은 난을 분리하여야 한다. 부화되지 않은 난과 부화유생을 함께 자어에게 공급할 경우 자어는 부화유생과 함께 난을 먹어 소화 장애를 일으키는 경우가 있다. 부화되지 않은 난을 분리하는 방법은 부화용기 내의 포기를 멈추게 한 후 일정시간이 지나면 부화유생은 수조 하층에 모이고 부화되지 않은 난은 상층에 뜨기 때문에 수조 하층에 설치된 배수 밸브를 통하여 부화유생을 모은다. 이때 부화유생을 효율적으로 집적시키기 위해서는 분리기의 아래 부분을 상부보다 밝게 해 준다.

다) 영양강화

넙치 등 해산어류는 양호한 성장과 생존을 위해 필수영양소인 ω 3고도불포화지방산(ω 3HUFA)을 요구한다. 로티퍼와 알테미아 지방산 조성은 이들의 먹이에 따라 크게 좌우된다. 로티퍼의 경우 대부분 담수산 클로렐라를 이용하여 개체 증식을 시킨다. 또한, 알테미아는 생산지 또는 생산연도에 따라 지방산 조성이 다르고, 알테미아 노우플리우스 유생은 불포화지방산(22:6 ω 3)이 없거나 극히 미량이다. 따라서 이들 먹이생물을 넙치에게 공급 시에는 영양강화를 하여야 한다.

최근에는 영양강화제가 많이 개발되어 판매되고 있으며, 이들을 사용할 시에는 편리성, 영양강화 효과, 경제성 등을 고려하여 신중히 선택해야 한다. 알테미아의 영양강화 시에는 부화한 유생의 입이 열린 후 (보통 부화 후 6~8시간 전후에 입이 열림) 영양강화를 해야 하며, 영양강화 시간은 12시간 전후이다. 로티퍼 영양강화에 소요되는 시간은 최소 3시간에서 최대 12시간이다.

5) 자어용 배합사료

넙치 종묘생산기술 개발 초기(1980년대)에는 자어용 배합사료가 개발되지 않아 알테미아 다음 먹이로 어육(잡어, 새우 등을 갈아서 만든 것)을 공급하였다. 그러나 어육의 제조에는 일손이 많이 들고 공급 시 수질을 악화시키는 단점이 있어 대량종묘생산이 어려웠다. 현재에는 넙치의 영양 요구와 기호성을 갖춘 자어용 배합사료가 개발되어 종묘생산이 보다 체계적이고 안정적으로 이루어지고 있다.

6) 먹이생물 공급량과 섭취량

가) 먹이생물 공급량 및 공급 시기

부화 직후의 자어는 유영능력이 없고 난황을 영양원으로 하여 생활하므로 외부 먹이를 공급할 필요가 없지만, 부화 후 3일이 지나면 눈이 발달하고 입이 열리며 소화관도 형성되어 외부 먹이를 먹기 시작한다. 따라서 입이 열리기 하루 전인 부화 후 2~3일째부터 로티퍼를 공급한다. 최초 로티퍼 공급량은 사육수 mL 당 2~3마리로 하며, 성장함에 따라 밀도를 늘려 12일째에는 mL 당 10~12개체를 공급한다.

사육수는 18℃ 기준으로 부화 후 10~13일째 자어는 알테미아 노우플리우스 유생을 먹기 시작한다. 처음에는 mL 당 0.1~3개체 범위에서 공급하고, 이후 성장과 함께 공급밀도를 늘려가되 바로 전에 공급한 먹이가 가급적 수조 안에 남아있지 않아야 하므로 적은 양을 자주 주어야 한다. 알테미아유생을 먹이로 공급하는 초기에는 일정기간 로티퍼도 함께 주는 것이 바람직하므로 로티퍼를 공급하고 약 30분후에 알테미아 유생을 준다. 갓 부화한 알테미아 유생은 부화 후 3~4시간 지나면 영양가치가 낮아지기 때문에 영양강화를 하지 않을 시에는 난각 분리 후 가능한 바로 공급하는 것이 좋다. 그러나 로티퍼나 알테미아의 경우 공급량 및 공급횟수는 수조 내에 남아 있는 먹이생물의 양을 기준으로 하여 관리자가 경험적으로 공급하는 경우가 많다.

넙치는 먹이생물의 종류 및 공급시기 등에 의하여 성장 차이를 보인다. 로티퍼만 계속하여 넙치에게 공급한 것과 로티퍼 공급 후 일정 시기에 알테미아로 먹이를 교체한 것과의 성장 차이를 비교해 보면, 알테미아로 교체한 경우의 성장이 빨랐다.

자어용 배합사료의 최초 공급 시기는 대체적으로 변태를 시작하기 이전(부화 후 15~20일)이며, 넙치가 성장함에 따라 배합사료의 입자 크기를 조절해야 한다. 자어용 배합사료의 공급 시작 시에는 알테미아와 함께 공급하다가 완전히 배합사료로 순치가 되는 시점(변태를 완료하여 저서생활로 이행)에는 단독으로 공급하는 것이 일반적이다. 넙치 자어는 배합사료보다 알테미아를 선호하기 때문에 소화관이 비어 있을 때 배합사료를 먼저 공급하고 일정시간 후 알테미아를 준다. 먹이 붙임이 어느 정도 이루어지면 배합사료 위주로 공급하고 알테미아를 보조 먹이로 사용한다.

자어용 배합사료를 처음 공급 시에는 1일 2~3회, 먹이 붙임이 완료되면 6~8회 준다. 배합사료를 과다 공급 시 먹지 못한 배합사료가 수조 바닥에 쌓여 수질악화에 의하여 폐사가 발생하므로 반드시 먹은 상태를 관찰하면서 수조 전면에 소량씩 골고루 뿌려주어야 한다.

나) 넙치 자어의 로티퍼와 알테미아의 섭취 수

넙치 자어가 섭취하여 소화관 내 있는 로티퍼와 알테미아의 개체 수는 체장 증가에 따라 지수적으로 상승한다. 넙치가 먹은 로티퍼 평균 마리 수는 사육환경에 따라 차이는 있지만 대략적으로 부화 후 6일째 2개체, 13일째 7개체, 20일째 29개체, 25일째 70개체이다. 넙치가 알테미아 노우플리우스를 먹은 평균 마리수는 보통 부화 후 18일째 12개체, 26일째 39개체, 38일째 155개체, 48일째 498개체이다(安永, 1971).

다) 넙치 자어가 먹이생물을 공복에서 섭취하여 포식할 때까지 소요되는 시간

넙치 자어가 먹이생물을 섭취한 후 소화관 내의 로티퍼와 알테미아 수를 세어 보면 사육일수에 관계없이 15~20분에 만복 상태에 도달하였으며, 사육수조 내에 먹이생물이 있을 시에는 만복 이후에도 동일하게 계속하여 만복상태를 유지한다(安永, 1971).

한편, 로티퍼와 알테미아를 공복상태에서 섭취 후 포식에 이르는 시간을 보면 자어 크기에 따라 로티퍼는 공급 후 40~60분, 알테미아는 60~70분 소요되었다. 일단 포식상태에 도달한 후에도 먹이가 사육수에 있으면 계속하여 포식 상태를 유지하였다(森 등, 1990).

라) 넙치 자어가 먹이생물을 섭취한 후 소화되는 시간

넙치 자어가 먹이생물을 먹은 후 소화에 소요되는 시간은 로티퍼의 경우 부화 후 10일까지는 4시간, 15일에는 2.5시간, 25일에는 1.5시간 전후이다. 알테미아의 경우는 부화 후 20일에는 5~8시간, 25일에는 4시간, 30일~40일에는 3시간 전후로 성장함에 따라 소화시간이 점차 단축되었다(安永, 1971). 종합적으로 보면 로티퍼 평균 소화 소요시간은 2시간 전후, 알테미아는 3.5시간 전후이다.

한편, 로티퍼의 경우 자어 크기(전장 5.7~9.9 mm)에 상관없이 소화관 내 포식상태에서 완전히 소화되어 소화관에 로티퍼가 없어질 때까지의 소요시간은 150분이었다. 알테미아 유생의 경우 포식상태에서 완전 소화까지의 소요시간은 전장 5.7 mm 넙치 자어는 300분, 7.1 mm 는 240분, 9.9 mm는 210분으로 자어 크기가 크면 소화까지의 소요시간이 짧았다(森 등, 1990).

마) 넙치 자어가 먹이생물의 섭취에 필요한 조도

1일 중 연속조명(조도 18~25 lux) 하에서 넙치 자어의 소화관 내 먹이생물이 출현하는 것은 거의 일정하므로 소화관 내에 하루 종일 먹이생물이 관찰되었고 비어 있는 개체는 없었다. 수조 위 조도가 0 lux이면 먹이생물의 섭취가 관찰되지 않기 때문에 섭취에는 어느 정도의 조도가 필요하다.

바) 넙치 자어의 먹이생물 섭취량 변화

넙치 자어의 일일 먹이생물 섭취량은 아침에 가장 많다. 넙치 자어는 알테미아를 한꺼번에 많이 먹는 습성이 있고, 로티퍼의 경우에는 알테미아 만큼 극단적인 섭취는 하지 않지만 항상 먹은 상태를 유지하였다. 따라서 1회에 포식한 먹이생물이 소화되어 배설한 후 다시 섭취한다고 보면 넙치 1마리가 하루 동안 섭취하는 먹이생물의 수는 다음 식과 같다. “1마리당 일간 섭취 먹이생물 마리수=섭취 1회당 포식수×(1일 섭취 가능시간/소화시간)”이다.

사) 넙치 자어의 먹이생물 섭취 시각

넙치 자어가 로티퍼나 알테미아 유생을 먹이로 섭취하여 소화까지는 장시간이 필요하지 않다. 하루 중 소화관 내에서 먹이생물이 관찰되는 시각은 빠른 경우에는 새벽 4시30분, 늦은 경우에는 5시 20분으로 이 시각의 조도는 18~25 lux (평균 21.4lux)로 거의 일정하다. 낮에는 항상 소화관 내에 먹이생물이 관찰되었고 비어 있는 개체는 없다. 따라서 하루 중 먹이생물 섭취 가능 시간은 13~14시간으로 판단된다. 한편, 야간에 수면 기준으로 2,500 lux의 조도를 유지할 경우 소화관 내 먹이생물이 남아 있다.

나. 착저기 이후 사육(착저 이후에서 전장 70 mm 까지 사육)

변태를 완료하여 저서생활로 들어간 크기부터 양식용 종묘(전장 5~7 cm 정도)까지의 사육은 일반적으로 육상수조에서 이루어진다. 이 시기에 수용밀도가 지나치게 높아 먹이가 부족하게 되면 성장이 느린 개체는 체색이 흑색으로 변하고 수면 위를 힘없이 유영하며, 공식에 의한 폐사도 높아져 생존율이 낮다. 그러므로 적정 사육밀도 유지와 함께 충분한 먹이를 공급해야 하며, 크기 선별도 대단히 중요하다.

1) 사육수조

보통 치어사육 시 자어사육 수조를 그대로 이용하는 경우와 새로운 수조로 이동하는 경우가 있다. 소형 수조(10톤 이하)에서는(그림 3-4) 바닥청소, 먹이공급, 치어의 관찰이 용이하다는 장점이 있지만 사육 밀도가 과다하게 높을 수 있어 공식과 수질 악화를 초래할 경우도 있다. 대형수조(100~200톤)에서는 소형수조 만큼 고밀도로 사육하지 않기 때문에 단위면적당 먹이공급량이 적어 수질악화에 의한 폐사가 적은 반면, 관리 면적이 넓기 때문에 작업 인원 및 관리에 시간이 많이 소요된다.



그림 3-4. 넙치 치어 사육수조(왼쪽: 콘크리트 수조, 오른쪽: PP 수조).

이러한 단점을 보완하기 위하여 일부에서는 사각수조 내에 가두리를 설치하지만 가두리가 오히려 사육수의 흐름을 방해하여 질병 발생 가능성이 있으므로 최근에는 이 방법을 사용하는 경우는 많지 않다(그림 3-5). 또한 가두리를 설치하면 바닥에서 그대로 사육하는 경우보다 넙치의 사육밀도가 1/2 정도이기 때문에 효율적이지 않다. 그러나 바닥청소를 수시로 할 수 있는 장점도 있다.

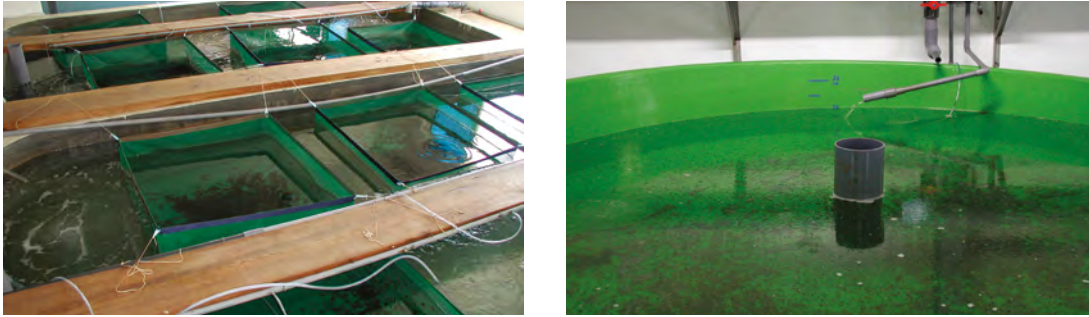


그림 3-5. 착처 후 치어사육 방법(왼쪽: 가두리 사육, 오른쪽: 수조 바닥에서 사육).

2) 사육환경

안정적인 사육을 위해서는 적절한 사육환경(수온, 용존산소, pH 등의 수질 조건)과 사육밀도가 중요하다. 착처 이전에는 18~20℃가 적정 수온이지만 변태 후 치어기에는 10℃ 이하의 저온에는 약한 반면, 20℃ 이상의 고온에 강하기 때문에 보통 18~22℃로 관리한다. 용존산소와 pH 등은 사육수의 교환율에 절대적인 영향을 미친다.

염분에 관해서는 체장이 증가함에 따라 저염분에 대한 내성이 강해져 착처한 치어에서는 20% 해수(염분 6.7‰)까지, 전장 25~30 mm에서는 5% 해수(염분 1.8‰)까지 내성이 있어 이들 농도에서 24시간까지의 생존율이 100%이며 먹이도 잘 섭취한다(安永·興石, 1980). 또 전장 12.5~70 mm 크기의 경우 50~75% 해수에서도 성장을 하므로 담수 영향이 다소 있는 곳이라도 사육에는 문제가 되지 않는다.

3) 사육밀도

전장 13~15 mm 착처기 치어의 경우 m²당 0.3~3만마리 범위에서 사육하나 보통은 5,000마리이고, 전장 30 mm 크기에서는 m²당 1,000~2,000마리가 적합하다. 특히 전장 30 mm부터는 공식을 격렬하게 하므로 고밀도 양식에서는 생존율이 낮아진다. 따라서 치어가 성장함에 따라 사육밀도를 낮추고 환수율도 높여 주어야 한다.

4) 환수율

넙치 사육 시 크기 12~18 mm에서는 환수율을 3~5회전까지 높여 준다. 전장 50 mm 이상이 되면 환수율을 10회전 이상으로 하지만 공급하는 먹이의 종류와 양에 따라 조절할 필요가 있다. 이 시기에는 배합사료를 본격적으로 공급하는 시기이므로 사육수의 적정 환수에 특별히 신경을 써야 한다. 또한 적정 환수율은 수온, 수조의 형태, 주수 방법, 사육 방법 등에 따라서도 달라진다.

5) 먹이

착저 이후 치어기의 먹이로는 1980년대에는 알테미아, 양성 알테미아, 천연 코페포다 등을 공급하였으나, 현재에는 자어용 배합사료가 개발되어 알테미아 이후에는 적정 크기의 배합사료를 공급한다. 배합 사료 공급 시 고수온기에는 수질악화로 인한 치어기의 대량폐사가 일어나기 쉽기 때문에 치어의 유영 상태와 먹이 섭취 상태를 보면서 공급량을 조절한다. 공급하는 배합사료 크기는 넙치의 크기에 따라 다르다(표 3-2).

표 3-2. 넙치 치어(1만마리 기준)의 전장에 따른 배합사료 크기 및 사료 공급률

전장(mm)	배합사료 크기(mm)	사료 공급률(%)	사료 공급량(g)
30	1.0	4	120
40	1.5	3	240
50	1.9	2~3	300~450
60	2.4	2~3	520~780
70	2.8	2~3	820~1,230
80	3.3	2~3	1,220~1,830

6) 공식과 선별

공식은 착저 후 치어의 활력 차이에 의하여 서로를 공격하는 것으로 개체 간에 성장의 차이가 생기는 전장 23~25 mm 이후에 빈번하게 일어나며(富山縣栽培漁業センター, 1981), 전장 50 mm 전후까지는 공식의 피해가 계속된다(山形縣栽培漁業センター, 1983). 공식에 의한 폐사는 대부분 대형 개체로부터 공격받는 소형 개체에서 일어난다. 공격받은 소형 개체의 대부분은 수면 부근에 힘없이 유영하고 지느러미가 손상되어 결국 폐사하므로 비록 생존하여도 정상적인 성장이 어렵게 된다. 따라서 공식이 심하면 선별을 하여 공식에 의한 생존을 저하를 막을 필요가 있다. 선별 시 넙치 몸에 상처가 생겨 질병으로 진행될 수 있으니 조심해야 한다.

다. 부화부터 종묘 크기까지의 성장 및 생존율

1) 성장

부화자어의 전장은 수온에 따라 차이가 있으나 보통 2.1~2.6 mm이다. 난황의 길이(장경)는 1.0 mm 전후, 유구 크기는 0.13~0.18 mm이다. 난황 흡수까지는 3~4일이 소요된다. 자어의 성장에 영향을 미치는 요인은 수온, 수조크기, 수용밀도, 조도, 수질 등이다. 같은 사육환경에서는 먹이의 품질, 먹이량, 먹이공급 시기 등에 따라 성장이 다르다. 대략적인 성장을 보면 보통 20~25일에 변태가 진행되어 30~40일에는 변태가 완료된다. 변태 완료 후에는 착저기에 들어간다. 이 기간 동안 자어의 형태 변화는 안구의 이동, 몸의 측면화, 배지느러미 연조의 성장 등이다.

부화자어는 난황흡수 후 먹이생물을 섭취하면서 성장이 시작되나, 배합사료를 섭취한 후부터는 성장이 빨라진다. 착저(전장 12 mm 전후)가 시작되면 최대 크기 개체와 최소 크기 개체의 차이는 3 mm 정도로 성장 차이가 뚜렷해지고, 수조의 바닥 또는 벽면에 착저와 부상을 반복하는 개체의 비율이 높아진다.

변태 개체가 나타난 이후 모든 개체가 변태 완료될 때까지의 소요 기간은 수온에 따라 다르나 5~12일이다. 변태 완료 개체의 크기는 양식산은 보통 13 mm 전후이다. 일간성장률은 부화 후 10일에는 10% 전후, 30일에는 2~4%이다. 이러한 성장률의 변화는 체형의 변화와 관련이 있다. 즉 부화 후 10일까지는 길이 성장을 주로 하지만 변태 전후(부화 후 25~30일 전후)에는 길이 성장보다는 체고 성장을 주로 한다. 착저 이후부터는 부화 후 40~50일까지는 전장 위주의 성장을 보이거나 50일 이후는 체중 성장 위주로 바뀌어 70일 이후부터는 급격한 체중 성장을 보인다. 배합사료로 먹이전환이 완전히 이루어지면 성장이 급격히 빨라져 부화 후 60일째는 전장 50~60 mm 내외로 성장한다. 부화 후 70일째는 전장 70~80 mm로 성장하여 양성용 종묘로 이용이 가능하다(표 3-3, 3-4).

표 3-3. 넙치 자치어의 사육일수에 따른 성장(사육수온 19.5±0.5℃ 기준)

부화후 사육일수	10	20	30	40	50	60	70	80
전장(cm)	0.6	0.8~0.9	1.5~2.0	3~3.5	4~4.5	5.5~6.5	7.5~8.5	9~10
체중(g)	-	-	0.03~0.05	0.2~0.35	0.5~0.8	1.3~3.0	4.0~6.0	7~10

표 3-4. 넙치 자치어의 전장과 체중과의 관계

전장(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8
평균체중(g)	0.007	0.054	0.2	0.5	1.0	1.8	3.0	4.5

2) 생존율

생존율에 미치는 영향은 성장의 요인과 같다. 즉 수조크기, 수용밀도, 먹이, 수온, 조도, 수질 및 질병 등이다. 생존율은 수온 16~22℃ 범위에서 가장 높고, 1/2 해수~1/1 해수의 염분에서는 큰 차이가 없다 (高橋·小倉, 1977). 수용밀도가 생존율에 미치는 영향은 명확하지 않지만 고밀도에서는 수질관리가 어렵기 때문에 일반적으로 생존율이 낮은 경향이 있다.

질병은 복수증 및 전염성장관백탁증 등이 있다. 이들의 예방으로는 사육환경을 양호한 상태로 유지하는 것 외에 달리 방법이 없으며, 유효한 치료방법도 없기 때문에 질병이 발생하면 대량폐사를 면하기 어렵다.

자어의 생존율을 높이기 위해서는 수정란의 부화율이 높고 자어의 기형이 없어야 하며, 사육 시에는 자어의 상태를 보면서 환수량을 적기에 조절해 주어야 한다. 부화자어부터 변태 후 착저까지의 생존율에는 3곳의 큰 변화가 있다. 즉 ① 부화 후 감모, ② 부화 후 10일부터 변태 이전까지의 감모, ③ 변태완료 전후의 감모이다. 이들 감모 요인은 난질의 불량, 먹이 부족, 먹이의 영양 결핍, 수질 악화, 질병 등이나 최근에는 사육기술의 향상으로 부화 후 20일까지는 감모가 없으며, 변태완료 전후에 일부 감모가 발생한다. 변태기에 감모가 일어나는 중요한 요인은 생리 및 먹이 섭취행동의 급격한 변화 때문이다. 따라서 자어사육의 생존율을 높이기 위해서는 변태기를 효과적으로 빨리 넘기는 것이 중요하다.

치어사육에 있어 생존율의 추적은 쉽지 않다. 특히, 질병이 발생하거나 사육관리 실수에 의하여 생존율이 크게 변하나 일반적으로 이 시기의 생존율은 높은 편이다. 정확한 생존율을 위해서는 선별 시 생존 마리수를 계수하여 추정한다.

3) 성장 및 생존율에 영향을 주는 요인

성장과 생존율에 영향을 주는 요인으로는 수온, 수용밀도, 먹이, 수질, 질병 등이다. 치어사육에 있어 적정 사육수온은 18~24℃ 범위이지만 성장은 20~23℃가 바람직하다. 수질악화에 의한 대량 폐사는 생존율을 현저히 낮추는 경우가 많다. 특히 하절기 고수온에서는 관리에 각별히 신경을 써야 하므로 항상 수조를 청결히 관리하고 먹이 섭취 및 유영 상태를 자세히 관찰하여야 한다. 종묘 생산을 시작할 시에는 사육수조 및 사육수 인입 배관의 소독 등에 반드시 관심을 가져야 한다. 또한 자외선 등을 이용한 사육수의 관리 시스템도 갖추어야 한다.

라. 치어 수송

넙치 치어의 소량 운반 시에는 비닐봉지에 사육수의 수온과 비슷한 해수를 반 정도 채우고 넙치를 일정량

넣은 후 봉지 내의 공기를 빼고 산소를 채운 다음 밀봉하여 스티로폼 상자에 담아 운반한다. 대량의 종묘를 운반할 경우에는 활어차를 이용하는데, 이때에는 산소를 연속적으로 공급해야 하므로 운반차에 산소통을 싣고 호스를 통하여 이동 중 계속하여 산소를 공급한다. 활어차를 이용한 적정 수송 마리수는 수송시간, 수온, 기후 및 종묘 크기에 따라 가감한다.

수송 시에는 대사 기능의 저하를 위하여 수송 전 1~2일 정도 먹이를 중단하는 것이 좋으며 수온이 상승하지 않도록 얼음 등을 준비하여 수온에 의한 스트레스를 줄여야 한다. 장시간 운반 시에는 배설물 등 오물이 생겨 수질 악화가 우려되므로 필요에 따라 운반 도중 새로운 해수로 물갈이를 해 주어야 한다. 수송 완료 후 양성장에 도착하면 질병 발생을 예방하기 위하여 일반적으로 약욕 처리를 한다.



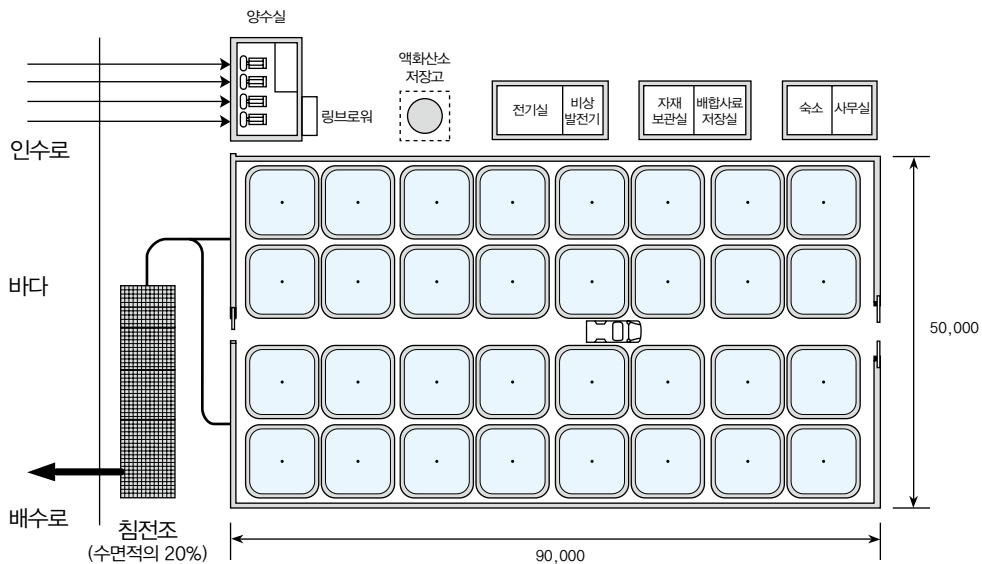


양성

4. 양성

www.nifs.go.kr

우리나라 넙치 양성은 육상수조식, 해상가두리, 축제식 등 3가지 방법으로 이루어지고 있으나 육상수조식이 거의 대부분이다(그림 4-1).



수면적 : 1,000평(3,300 m²), 수용전력 : 300KVA, 비상발전기 : 150KVA, 양수기 : 75마력X4대, 링브로워 : 5마력X4대

그림 4-1. 넙치 육상 양성장 평면도.

육상수조에서 넙치를 사육하기 위해서는 사고와 관리 소홀에 의한 대량폐사와 극단적인 성장 불량 상태가 발생되지 않아야 한다. 일반적인 사고로는 정전 외에 펌프의 정지, 배관의 파손, 취수구의 막힘, 밸브 조작의 실수 등이다. 해수를 사용하기 위해서는 부착생물에 의한 급수관의 통수 능력 저하도 주의를 해야 한다. 일상적인 사육관리로는 적정량의 먹이공급으로 가능한 수조 내에 남아있는 찌꺼기가 없어야 하며, 사육환경을 깨끗하게 유지시켜야 한다. 또한 넙치의 상태를 정확히 파악하여 어병 발생을 미연에 방지하는 것이 가장 중요하다.

넙치의 육상수조 양성은 장단점이 있다. 단점으로는 적합한 부지 확보가 어렵고, 수조 및 양수 펌프 등의 설비에 많은 돈이 들며, 전기중단으로 사육생물의 위험성이 높고, 해수 및 부착생물에 의한 부식과 막힘으로 급배수관의 능력 저하 등이다. 장점으로는 사육생물의 관찰 및 사육관리가 쉽고, 저서생활을 하는 넙치의 생태적 특성과 부합되며, 하절기 고수온기에 심층수의 양수가 가능하여 수온 상승을 막을 수 있다.

가. 장소 선정 및 시설

1) 장소 선정

장소 선정 시 해수와 토지의 생물학적 및 경제적 측면에서의 검토가 중요하다. 사용하는 해수는 ① 성장 적수온 범위가 길어야 하며, ② 용존산소량이 높고, ③ 하천 유입에 의한 염분농도의 극단적인 저하가 없으며, ④ 적조와 현탁물질 등 오염원이 적은 청정한 곳이어야 한다. 이를 위해서는 조류 유통이 좋은 먼 바다의 해저면에서 취수가 가능해야 하며, 또한 지하해수를 추가로 이용할 수 있으면 좋다. 단 지하해수는 용존산소량이 적기 때문에 충분히 포기를 해야 하는 경우가 있다. 부지는 ① 해안에 근접한 곳으로 토지 가격이 싼 곳, ② 해면과의 수위차가 적어 해수 펌핑(pumping)에 과도한 전력이 소비되지 않는 곳, ③ 출하, 먹이, 재료 등의 반입이 편리한 곳, ④ 태풍 등의 자연재해를 받지 않는 곳, ⑤ 먹이공급 및 상품 출하에 유리한 곳 등이다.

2) 취수시설

취수시설은 양식장이 위치하는 바다의 여건에 따라 다르나 일반적으로 바닷물을 직접 취수하여 수조에 공급하는 이른바 '직수식'과 취수한 물을 여과하여 사용하는 '여과식'으로 구분된다. 그러나 대부분의 양식장은 유수식으로 넙치를 사육하기 때문에 직수로 취수시설을 한다. 취수배관의 재질은 PE이며 배관의 직경은 300~600 mm다. 취수 지점은 수질에 따라 다르나 양성장지의 펌프실로부터 100~500 m 떨어진 연안이나 실제로 해수 상태에 따라 더 멀리 나가는 경우도 있다. 취수구는 연중 수온의 급격한 변화가 적고 염분이 낮지 않으며 물이 현탁되지 않는 곳이 좋다. 또한, 취수구는 연안에서 수백 m 지점의 해저 바닥(자갈과 큰 돌이 주로 많은 곳)으로부터 1 m 이상 높은 곳에 설치하고 비닐 등 이물질이 취수관 내로 유입되지 않도록 차단장치를 만들어야 한다. 취수 펌프 용량은 30~125마력까지 다양하다. 지하해수를 활용하는 경우, 저질은 모래와 자갈로 된 곳이 자연여과가 되므로 해수는 깨끗하나 용존산소가 부족할 수 있으니 반드시 수질검사를 하여야 한다.

양수 펌프는 가능한 해수면과 같은 높이에 설치하는 것이 좋다. 해수면보다 너무 높으면 양수하는데 전력이 많이 소비되어 유지비가 상승한다. 양수 펌프는 고장으로 양수가 중단되는 경우가 있으므로 고장 시 자동 경보 장치 및 예비 펌프도 갖추어야 한다. 부득이 해수면보다 높은 위치에 양수기를 설치할 경우에는 사용하는 펌프의 용량 등이 중요하므로 설계 시 이를 반영하여 과도하게 전기가 많이 사용되는 것을 막아야 한다.

3) 배관

배관은 견고성 및 경제성을 고려하여 재질을 결정하고 배관 내 부착생물 등에 의한 통수능력의 저하를 감안하여 직경을 정해야 한다. 일정시간 사용하지 않은 배관의 경우 배관 내에 있는 해수가 부패하여 양식 생물에 치명적인 문제를 야기하므로 사용 전에는 반드시 썩은 물을 충분히 배수시켜야 한다. 배관은 언제든지 수리가 가능하도록 설치하여야 한다. 또한 바다에서 해수를 인입하는 배관의 경우 배관 내에 담치 같은 생물이 부착하여 인입되는 해수의 양이 줄어드는 경우가 많으므로 반드시 계절마다 배관 청소를 실시하여 배관 내에 부착되어 있는 생물을 제거해야 한다. 배관의 직경은 사용하는 전체 해수량을 계산한 후 적정 규격을 선택해야 한다.

4) 사육수조

수조는 철근콘크리트, PP (polypropylene), 나일론사 등의 재질로 제작한다. 철근콘크리트는 가격이 비싸나 내용연수가 길고 사육관리가 편리하여 대형수조의 경우 대부분은 철근콘크리트 수조이다. PP 수조는 크기 및 모양을 다양하게 할 수 있는 장점이 있어 최근에 이용되고 있으나 진동에 약하여 수조안에 있는 넙치가 놀라는 경우가 있다. 나일론사는 내용연수가 짧고 수조바닥에 주름이 생기는 단점이 있다.

수조의 모양은 사각(모서리를 없앴), 8각형, 정방형, 장방형 등이 있다. 수조 넓이는 50~150 m²이고, 깊이는 치어용은 30~60 cm, 성어용은 40~80 cm의 것이 많다. 우리나라 지역별로 넙치 양성용 사육수조는 동해안은 사각 7~8 m 크기가 84%, 남해안은 사각 9~10 m 크기가 77%, 제주도는 사각(모서리를 없앴 것) 10 m와 12 m 수조가 91%를 차지하고 있다. 넙치는 수면위로 뛰는 성질이 있기 때문에 필요 시 수조 상단에 30~50 cm 높이로 보호망을 설치하는 경우도 있다.

수조의 색은 넙치가 안정될 수 있는 색으로 한다. 최근에는 수조 바닥에 칠하는 전용 도료가 개발되어 원하는 색을 선택할 수 있으나 도색하지 않고 콘크리트 그대로 사용하는 경우가 많다. 수조의 저면은 완만하게 경사를 주어 물의 흐름에 따라 먹이 찌꺼기나 배설물들이 효율적으로 나갈 수 있도록 중앙에 배수구를 설치해야 한다(그림 4-2). 수조 위에는 철골스레트 또는 비닐하우스로 지붕을 하고, 차광막으로 직사광선을 차단함으로써 수온의 상승과 조류의 번식을 방지하여 안정된 환경에서 넙치가 자랄 수 있도록 한다.

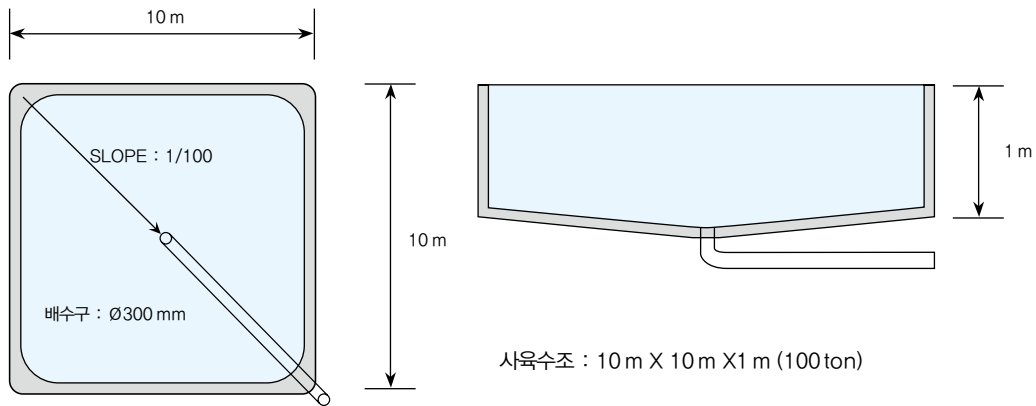


그림 4-2. 넓치 육상양성장 콘크리트수조 평면도.

5) 기타 양식 설비 및 기자재

물속에 산소를 공급할 수 있는 장치는 필수적이다. 최근에는 순수 산소만을 공급할 수 있는 산소발생기가 개발되어 시판되고 있다. 산소공급을 위해 규모가 어느 정도 있는 양성장에서는 액화산소를 많이 이용한다. 액화산소는 200ℓ 크기의 소형용기부터 허가를 받아야만 사용이 가능한 3~20톤의 대형 크기까지 다양하다.

또한, 수온, 염분, 용존산소, 수소이온농도 등을 측정할 수 있는 휴대용 수질측정기를 갖추어야 한다. 양성 초기에는 어류의 성장과 함께 선별을 자주하는데 이에 필요한 선별기도 있어야 한다. 또한 산란용 친어 관리 등 특별한 경우 수온을 높여줄 필요가 있을 시에는 수온을 조절할 수 있는 설비도 필요하다. 최근에는 수온 조절을 위하여 히터펌프를 많이 이용하고 있다.

6) 안전장치

육상수조에서 양성 시에는 정전에 대비하여 반드시 비상발전기를 갖추어야 한다. 정전이 아닌 경우에도 비상발전기를 주기적으로 점검하여 정상 가동 여부를 확인해야 한다. 실제로 양성장에서는 여름철 태풍에 따른 정전 시 비상발전기가 작동되지 않아 큰 피해를 입는 경우가 가끔 있다. 또한 양성장에서는 선별 등 작업 후 환수 시 밸브 조작 등 의도하지 않는 실수로 인하여 수조내의 사육수가 바닥 나 넓치가 폐사하는 사고가 가끔 생긴다. 이를 대비하여 작업 후에는 수조마다 물이 제대로 공급되는 지를 확인해야 한다. 또한 수조에 물이 없을 때, 정전, 양수펌프 고장, 저수위 등 사육에 이상이 있을 시 관리자에게 알려줄 수 있는 경보장치를 갖추면 좋다. 또한 양수기는 과다 사용으로 인한 고장이 일어날 수 있으므로 여분의 양수 펌프를 갖추어야 한다.

나. 사육환경, 종묘구입 및 사육밀도

1) 사육환경

넙치 양식에 있어 사육수온은 중요하다. 성장 적정수온은 21~24℃이며, 사료효율이 가장 높은 수온은 18~24℃이다. 26℃를 넘어서면 먹이 섭취가 활발하지 못하고 27℃ 이상에서는 폐사하는 개체가 나타나는 경우가 있다. 수온상승에 대한 스트레스 내성의 경우 28~29℃가 되면 바닥에서 이탈하여 유명하기 시작한다. 아가미 덮개 연동 수는 28℃에서 가장 많고 31℃에서는 역으로 연동수가 작아지다가 32℃에서 폐사한다. 이들 결과에서 넙치의 경우 크기에 따라 다르지만 고온한계는 32~33℃라고 생각된다. 한편 저수온에 대한 스트레스 내성을 보면 3~4℃에서 이상한 움직임을 보이기 시작하여 0.4~0.8℃에서는 가사(假死) 상태가 된다.

용존산소에 대한 스트레스 내성은 2.0 ml/l 전후에서 이상 유영을 보이며, 1.0 ml/l에서는 광분하고, 0.3~0.5 ml/l에서는 폐사한다. 산소소비량은 10℃에서는 15~30 l/kg/시간으로 많지 않지만, 25℃에서는 130~150 l/kg/시간으로 수온이 15℃ 상승함에 따라 산소소비량은 5~10배 증가한다.

넙치는 비중이 1.0 이하로 낮아져도 약 20시간 이내에서는 생존하므로 방어와 참돔에 비교하면 광염성이다. 사육해수의 비중을 1.015에서 1.024까지 4단계로 구분하여 사육해 보면 성장과 사료효율 모두 1.021 부근에서 가장 높았다. 앞에서 말한 것처럼 넙치 양성에 있어서 하계의 적정수온(23℃ 이하) 유지가 중요하기 때문에 지하해수(18℃ 전후)를 사용하면 좋다. 일본의 近畿대학에서는 100 m 심층해수(10~19℃)를 이용하여 넙치를 양식한 결과, 심층 지하해수를 이용하여 20~23℃로 조절 후 사육한 넙치의 근육성분에서 맛에 관여하는 수용성 질소함유량이 표층해수보다 높다는 것이 확인되었고, 관능시험에서도 종합평가가 높아 고품질 넙치 양식의 가능성을 제시하였다.

2) 종묘 구입

제주도의 경우 조기종묘를 구입하여 양성하면 1년 이내 상품크기(체중 1 kg)까지 사육이 가능하다. 양성의 출발은 좋은 종묘를 선택하는 것이므로 종묘 선택에 주의해야 한다. 좋은 종묘의 기준은 같은 시기에 태어난 집단 중에서 건강한 선두 그룹을 선택하면 되나 종묘의 가격이 상대적으로 비싸므로 종묘의 상태와 가격을 고려하여 적정 종묘를 골라야 한다. 일반적으로 건강한 종묘는 전체적으로 색이 연하고, 체표의 무늬가 뚜렷하며 활발한 먹이 섭취 행동을 하는 것이다. 양성용 종묘 크기는 7~8 cm가 적당하다. 그 이하의 크기도 양성장에서 관리를 잘하면 문제가 없으나 양성기간이 상대적으로 길어지기 때문에 양성업자들의 선호도가 떨어진다. 보통 양성업자들이 종묘를 입식하는 시기는 3~6월, 10~11월이다(그림 4-3). 최근에는 20~30 cm 크기가 양성에 이용되는 경우도 있다.

양성용 종묘로서 가장 중요한 고려사항은 종묘의 질병 감염 여부와 기형이다. 종묘장에서 질병이 감염된 경우 양성 초기에 질병으로 어려움을 겪는 경우가 자주 있으므로 종묘의 선택 시 질병감염 여부를 면밀하게 체크하여 건강한 종묘를 확보하는 것이 무엇보다 중요하다. 또한 예전에는 기형율이 높지 않았으나 최근에는 종묘의 기형율이 높아지는 경향이 있으므로 주의해야 한다.

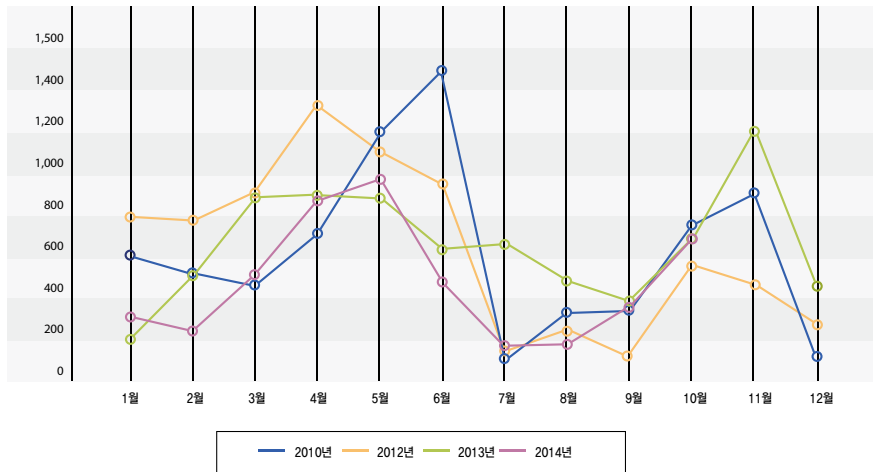


그림 4-3. 넙치 양성장에 종묘를 입식하는 시기(월)에 따른 종묘 입식량(천마리).

넙치는 양성 시 암컷이 수컷보다 성장이 빠르므로 구입 종묘의 암·수 비율도 중요하다. 앞에서 언급한 것처럼 넙치는 성분화 시기에 사육환경에 따라 암·수 비율이 달라지기 때문에 성분화 시기 때 사육 수온 등 관리를 체계적으로 할 필요가 있다.

3) 사육밀도

넙치는 저착성 어종이므로 덮는울(넙치 체면적/수조 바닥면적)을 입식 밀도 산정 기준으로 활용하는 것이 적합하다. 소형수조에서는 입식밀도를 덮는울 1 정도로 사육하면 성장이 양호하고, 상업적 규모에서는 덮는울을 0.5~1 정도로 유지하는 것이 성장률 및 생존율이 좋다.

육상수조식 양식장에서 넙치의 사육밀도는 성장과 생존율에 직접적인 영향을 주기 때문에 적정 사육밀도를 유지하는 것이 매우 중요하다. 우리나라 넙치 육상수조식 양식장의 크기별 사육밀도는 표 4-1과 같으나, 사육밀도는 양성장의 사육환경(수온, 용존산소량, 환수량, 수조크기), 먹이종류 및 공급 방법, 양식장 고유의 사육기술 등에 따라 차이가 많으므로 표준화된 적정 사육밀도를 산정하는 것은 현실적으로 불가능하다.

표 4-1. 육상수조식 양식장에서 넙치 크기별 사육밀도

전장(cm)	평균체중(g)	사육밀도	
		마리/m ²	뎡눈울(체면적/수조바닥 면적)
8	5	150~300	0.39
10	10	100~250	0.45
15	35	70~150	0.58
20	85	50~90	0.69
25	180	30~60	0.80
30	320	25~50	0.90
35	500	15~35	0.99
40	800	10~30	1.08

4) 사육수 환수량

사육수 환수량은 일반적으로 사육밀도에 따라 차이가 있으며, 제주지역의 경우 1일 환수량은 15~30회전이며 평균 약 24회전으로 조사되었다. 완도지역은 1일 환수량은 10~26회전이며 평균 약 20회전으로 조사되어 제주지역에 비해 다소 낮은 환수량을 보였다.

다. 계절별 사육관리

1) 겨울철(1~3월)

수온이 12℃ 이하가 되면 먹이 섭취량도 줄어들고 성장률도 저하되며 상대적으로 질병 발생률도 낮아진다. 가을철 수온 하강기와 겨울철에 사육관리를 잘하면 이듬해 봄에 성장과 생존율이 좋아진다. 월동관리 시 먹이공급 횟수는 12~14℃에서는 1일 1회, 9~12℃에서는 2일에 1회가 적당하다. 저수온기에는 질병이 발생하면 치료제를 사용하여도 잘 해결되지 않는 경우가 많으므로 치료보다는 예방에 주력하고 사료의 영양강화에 신경을 써야 한다.

2) 봄철(4~6월)

수온이 서서히 회복되면서 각종 세균성 질병이 시작되는 시기이다. 성어에서는 연쇄구균 감염으로 인한 대량 폐사가 일어나기 시작한다. 이 시기는 산란기에 해당되는데 암컷의 경우 성숙은 되어도 산란을 제대로 하지 못하여 폐사하는 경우가 있으므로 이로 인한 피해를 최소화해야 한다. 치어기에서는 이 시기에 백신을 처리할 수 있다. 특히, 종묘를 입식할 때는 약육관리를 잘하여 여름철 대량폐사를 예방해야 한다.

3) 여름철(7~9월)

넙치는 21~24℃에서 성장이 가장 좋다.當年어는 비교적 고수온에 강하나 2년생 이상은 수온이 28℃ 이상 올라가면 먹는 양이 적어 오히려 체중이 줄어드는 경우가 있다. 고수온이 장기간 유지될 때는 폐사율이 높아지기 때문에 주의를 기울여야 한다. 수온이 28℃ 이상으로 지속되거나 용존산소가 4~4.5 mg/ℓ 이하로 낮아지면 먹이공급을 중지하는 것이 좋다. 수온이 높아질수록 사육수의 용존산소는 낮아지므로 충분한 산소를 공급해야 한다. 사료는 과잉으로 투여하지 말고 1일 포식량의 70~80%의 공급이 좋으며, 생사료의 경우 하계에는 산화가 빠르기 때문에 해동은 가능한 빠른 시일에 끝내어 선도가 떨어지지 않도록 해야 한다. 또한 영양 장애를 방지하기 위하여 사료에 종합비타민제 및 면역증강제를 첨가하면 좋다. 2년생의 경우는 고수온이 오기 전에 사육밀도를 낮추어야 한다. 이 시기에는 가급적 종묘 입식을 자제하는 것이 좋다.

4) 가을철(10~12월)

가을철에 수온이 낮아져 성장 적정 수온이 되면 먹이 섭취량이 증가되고 성장도 점차 빨라지므로 먹이 공급량도 포식량에 가깝게 늘려 성장을 최대로 해야 한다. 이 시기는 넙치의 성장이 1년 중 가장 많이 되는 시기이므로 특별히 사육관리를 잘 하여 질병에 걸리지 않도록 해야 한다. 또한 선별과 함께 성장에 적절한 사육밀도를 유지해 주어야 한다. MP 사료의 경우 공급하는 사료는 영양가가 높고 신선한 것을 공급하며, 종합영양제 등을 첨가하여 제조하면 좋다.

라. 적조 및 냉수대 발생 시 사육관리

여름철 적조생물 발생 시에는 적조생물이 포함된 사육수가 수조내로 유입되지 않도록 하는 것이 중요하다. 적조생물이 일정 밀도 이상으로 증식하면 사료공급을 중단하고 위험 단계가 되면 양수를 중단한 후 수조마다 수중펌프를 부착하여 자체적으로 물이 순환될 수 있도록 한다. 또한 산소발생기 및 액화산소를 이용하여 최대한 산소 공급을 늘려야 한다.

냉수대 접근 시에는 사육수 및 주변 해역의 수온 변화를 주시하고, 사료공급량을 줄인다. 냉수대가 도달 시에는 사육수온의 급격한 변화를 방지하기 위해 환수량을 감소시키고 사료공급을 중단한다. 또한 수중 펌프를 이용하여 자체적으로 순환을 시켜 사육생물의 생리적인 스트레스를 최소화한다. 냉수대가 소멸 되면 사육수 환수량을 점차 증가시킨 후 사료를 공급한다.

마. 성장 및 생존율

육상수조식 넙치 양식장의 사육기간에 따른 지역별 성장을 보면, 종묘 입식 후 1년간 사육한 경우 제주 지역이 평균 약 1,100 g으로서 가장 양호한 성장을 보였으며, 완도와 포항은 각각 평균 850 g 및 750 g으로서 제주지역에 비하여 77% 및 68% 수준으로 나타났다. 이러한 성장 차이가 발생하는 이유는 제주도의 경우 지하해수 활용도가 높아 성장 적수온을 장기간 유지하기 때문인 것으로 조사되었다. 넙치 성장에 있어 가장 중요한 요소가 사육수온으로서 넙치의 성장 수온인 17~23℃를 유지하는 것이 매우 중요하다. 특히, 지하해수를 개발하여 자연해수와 적절히 혼합하여 사육한다면 효율성이 높을 것으로 기대된다.

생존율은 제주지역이 50~80%로 나타났고, 완도지역이 60~85%로 나타났다. 폐사 현황은 제주지역 및 완도지역 모두 입식 후 6개월 이내에 전체 폐사 마리수 중 70~80%가 폐사하는 것으로 조사되었다.

일반적으로 성장 및 폐사율은 양식장마다 같은 양식장이라고 연도마다 차이를 보인다. 이러한 이유로는 양식장의 사육환경, 사육밀도, 질병발생 상황, 사육기술, 사료공급 방법 및 사료종류, 입식하는 종묘의 건강상태 및 입식 시기가 다르기 때문이다. 따라서 표준화된 성장 및 생존율을 산정하는 것은 불가능하다.

한편, EP를 사용한 양성 결과를 알아보기 위하여 제주와 완도 양성장에서 EP와 MP를 공급하여 사육한 실험 결과는 다음과 같다. 제주지역(A 양식장)에서 육성어(4만마리)를 대상으로 EP와 MP 사료를 공급하여 성장을 비교하였다(표 4-2). 최초 평균체중이 4 g이던 것이 14개월 후에 평균체중이 EP 공급구는 1,234 g, MP 공급구는 1,286 g으로 성장하였다. 증체율은 EP가 MP보다 낮은 값을 보였으나, 두 실험구간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험어의 선두그룹(1.3 kg 이상)은 EP(12.7%)가 MP(22.3%) 보다 다소 낮게 나타난 반면에 중간 그룹(1 kg~1.3 kg)은 EP(60.3%)가 MP(39.9%)보다 높은 경향을 보였으며,

하위그룹(1 kg 이하)은 EP(27%)가 MP(37.8%)보다 낮게 나타났다. 상기 결과로 볼 때, EP는 전체적으로 고른 성장을 보인 반면에 MP는 상위와 하위 그룹간에 차이가 큰 것을 알 수 있었다. 월별 증체량에 있어서 9~11월의 수온 상승으로 평균 124~223 g 이상의 높은 증체량을 보였으며, 2~4월에는 평균 100 g 이하의 낮은 증체율 보였다.

표 4-2. 제주지역(A 양식장) 육성어의 월별 성장 및 증체량

월	사료 종류에 따른 평균무게(g)	
	EP	MP
9월	4	
10월	35(31)	
11월	80(45)	
12월	120(40)	120
1월	213(93)	244(124)
2월	263(50)	285(41)
3월	343(80)	339(54)
4월	419(76)	408(69)
5월	514(95)	521(113)
6월	630(116)	610(89)
7월	721(91)	753(143)
8월	785(64)	799(46)
9월	921(136)	923(124)
10월	1,100(179)	1,146(223)
11월	1,234(134)	1,286(140)

() : 증체량

완도지역 양식장에서 넙치 육성어의 사육 실험 결과, 최초 평균체중이 4 g이던 것이 15개월 후 평균체중이 EP 공급구는 833g, MP 공급구는 898 g으로 성장하였다. 증체율은 EP가 MP보다 낮은 값을 보였으나, 두 실험구 간에 유의적인 차이는 없었다(표 4-3). EP와 MP를 비교해 보면 EP가 MP의 93% 성장을 보여 EP가 MP를 대체할 가능성이 있는 것으로 추측된다. 또한, 넙치 배합사료 공급 시 문제점으로 제기된 500 g 이상에서의 성장 둔화로 인한 출하시기 지연도 해소될 수 있을 것으로 기대된다.

표 4-3. 완도지역(B 양식장) 넙치 육성어 월별 성장 및 증체량

월	사료 종류에 따른 평균무게(g)	
	EP	MP
8월	4	—
9월	30(26)	—
10월	60(30)	—
11월	90(30)	—
12월~2월	110(20)	—
3월	120(10)	—
4월	150(30)	—
5월	194(44)	194
6월	273(79)	274(80)
7월	372(99)	390(116)
8월	515(143)	536(146)
9월	650(135)	664(128)
10월	833(183)	898(234)

() : 증체량

한편, 경남 거제지역에서 1g 종묘를 이용하여 EP사료 공급 후 MP 사료로 전환하여 사육한 결과, EP사료를 공급한 9월까지의 평균체중 518g으로 성장하였다. 그 후 MP 사료로 사육하였더니 11월에는 825g, 이듬해 1월에는 평균 1,110g으로 성장하였다(표 4-4).

표 4-4. 거제지역 육성어의 월별 성장 및 증체량

월	평균무게(g)	공급한 사료
12월	1	EP
1월	8(7)	“
3월	52(44)	“
5월	196(144)	“
7월	332(136)	“
9월	518(186)	9월 측정 후부터 MP공급
11월	825(307)	MP
1월	1,110(285)	“

() : 증체량

양성 시 비만도는 사육관리 및 사료에 따라 차이가 많다. 비만도는 전장과 체중으로 계산되기 때문에 양성가들은 비만도를 높이는 것이 중요하다. 전장에 따른 체중 및 비만도는 표 4-5와 같다.

표 4-5. 전장에 따른 체중 및 비만도 변화

전장(cm)	평균체중(g)	비만도*	전장(cm)	평균체중(g)	비만도*	전장(cm)	평균체중(g)	비만도*
6	1.82	8.43	21	100	10.82	36	562	12.05
7	2.98	8.70	22	116	10.82	37	614	12.12
8	4.57	8.93	23	134	11.02	38	668	12.18
9	6.66	9.14	24	154	11.12	39	726	12.24
10	9.34	9.34	25	175	11.21	40	788	12.31
11	12.7	9.51	26	199	11.29	41	852	12.37
12	16.7	9.68	27	224	11.38	42	921	12.43
13	21.6	9.84	28	252	11.46	43	993	12.49
14	27.4	9.98	29	282	11.54	44	1068	12.54
15	34.2	10.12	30	314	11.62	45	1148	12.60
16	42.0	10.25	31	348	11.70	46	1232	12.65
17	51.0	10.38	32	386	11.77	47	1319	12.71
18	61.2	10.50	33	426	11.84	48	1411	12.76
19	72.8	10.61	34	468	11.91	49	1508	12.81
20	85.8	10.72	35	514	11.98	50	1608	12.87

* 비만도 = 체중(g)/전장(cm)³×1000

바. 사료의 종류와 공급

1) 먹이 습성

어류는 먹이 습성에 따라 크게 초식성, 잡식성, 육식성으로 분류되며, 다시 광식성(여러 가지 다른 먹이를 섭취하는 경우), 협식성(한정된 종류의 먹이를 섭취), 단식성(한가지 종류의 먹이를 섭취)으로 나눌 수 있다. 어류는 먹이 습성에 따라 소화관의 발달형태에서 큰 차이를 보이는데, 넙치의 경우는 광식성과 육식성에 속한다.

어류는 식성에 따라 소화관의 길이와 형태가 큰 차이를 보인다. 육식성인 넙치의 장은 짧으며 유문수가 발달되어 있으나, 틸라피아는 잡식성이며 광식성으로 유문수가 없고 장의 길이가 상당히 길다. 식물성을 주로 섭취하는 잉어의 경우는 위와 유문수가 없으며 장의 길이가 더욱 길다. 소화기관의 형태로만 보아도 육식성인 넙치는 식물성 원료보다는 동물성 원료를 잘 이용하는 특성을 갖고 있다(그림 4-4).

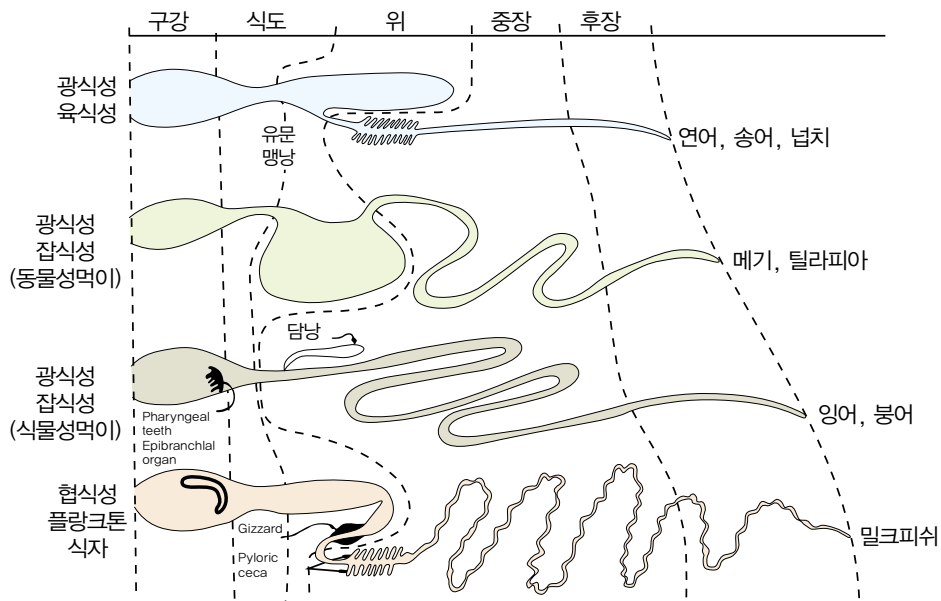


그림 4-4. 먹이 습성에 따른 어류의 소화기관 형태.

2) 사료 종류

넙치의 사료 종류는 크게 생사료, 습사료, 반습사료 및 배합사료로 구분된다. 생사료(raw fish)는 수분함량 60~70% 이상으로 고등어, 까나리 및 잡어 등과 같은 어린물고기를 통째로 또는 잘게 절단한 사료이다. 먹이 공급 시 30~40% 유실로 오염 부하량이 높고 어황에 따라 수급이 불안정하다. 사료변질은 질병발생의 원인이 된다.

습사료(MP, moisture pellet)는 수분함량 50~60% 내외로 잘게 부순 생사료에 분말사료, 첨가제 등을 혼합한 사료이다. 완전배합사료에 비하여 결착력이 떨어져 양식장에 공급하게 될 때 수중에서 풀어지거나 분산되기 쉽다.

반습사료(SEP, soft extrude pellet 혹은 semi-moist pellet)는 수분함량이 20~30% 내외로 70℃에서 사료 제조과정을 거친 다음 건조과정을 거치지 않고 바로 냉각처리 후 포장 냉동 유통된다. 높은 수분함량으로 인해 운반 시 뭉개지기 쉽고, 여름철 운반 및 보관 시 산패와 변패가 생길 가능성이 높아 저온 보관이 필요하다.

배합사료(EP, extruded pellet)는 수분함량이 14% 미만인 건조사료이며 익스투루더(extruder)로 제조되기 때문에 일반적으로 EP라고 한다. 130℃ 이상 고온에서 사료 제조과정을 거친 다음 건조과정으로 수분함량을 낮게 한 후 냉각처리하여 포장된다. 넙치의 배합사료는 부상사료이다.

3) 사료 공급량

사료의 공급량은 사육 수온과 넙치 크기에 의해 가장 큰 영향을 받는다. 특히 넙치는 수온에 의해 체온이 변하는 변온동물이기 때문에 수온에 따른 생리활성 변화는 사료 공급량에 가장 큰 영향을 미치는 요인이다. 적정 수온보다 높거나 낮은 사육조건에서는 어류의 대사가 떨어지므로 공급량 또한 낮아진다. 모든 동물들이 초기 성장단계에서는 대사율이 높기 때문에 공급량이 많아지나 성장함에 따라 대사율 저하로 공급량이 점차 감소하게 된다. 공급량을 높이기 위해서는 적정 수온을 유지시켜 주는 것이 관건이지만, 대부분의 넙치 양식장은 유수식으로 수온을 조절하기가 쉽지 않다.

현재 넙치 양식현장에서는 만복에 가깝게 사료를 공급하고 있는데, 사료 공급량이 적정량 이상부터 만복에 가까울수록 사료효율은 떨어지며, 만복공급 90% 수준으로도 만복공급과 동일한 성장을 이끌어 낼 수 있다(표 4-6). 따라서 사료를 약 10% 절약하면서 만복공급과 동일한 성장효과를 본다면 양식경영비에서 사료의 비중을 감안했을 때 양식경영비를 절감할 수 있다.

표 4-6. 넙치 수온별 및 성장 단계별 사료 공급량(%)

수온(℃) 체중(g)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
5	2.3	2.8	3.4	3.7	3.9	4.0	4.1	4.3	4.4	4.3	4.2
10	1.8	2.4	2.8	3.1	3.3	3.4	3.5	3.7	3.8	3.7	3.6
20	1.2	1.5	2.3	2.6	2.7	2.8	3.0	3.2	3.3	3.0	2.9
30	1.2	1.4	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6	2.5	2.4
40	1.1	1.3	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3	2.4	2.3	2.2
50	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.3	2.2	2.1
100	0.7	1.1	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.0	2.0
200	0.6	0.9	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	1.9	1.8
300	0.6	0.6	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.5	1.4
400	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.4
500	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	1.0	1.3	1.4	1.5	1.4	1.3
600	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.0	0.9
700	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	0.9	0.8
800	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.7	0.5
900	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.6	0.5

넙치의 최적 성장 수온 범위는 21~24℃로 이 수온 범위보다 낮아지거나 높아질 경우 사료 섭취량과 소화능력은 점차 줄어들게 된다. 자연수에 의존하는 넙치 양식장에서는 수질, 특히 수온과 용존산소량이 사료섭취량에 가장 큰 영향을 미치게 된다(그림 4-5). 넙치를 양식할 때 수온이 10℃ 이하 또는 28℃ 이상일

경우 사료 공급을 중지하는 게 좋다. 특히 고수온에서는 용존산소량이 떨어지기 때문에 액화산소를 공급하여 10ppm 이상으로 유지해줘야 한다. 사료섭취량이 증가하게 되면 영양소 소화를 위해 많은 양의 산소가 소모되기 때문이다. 용존산소량의 저하는 바로 소화 장애로 이어지며, 복수증으로 인한 폐사의 원인이 된다.

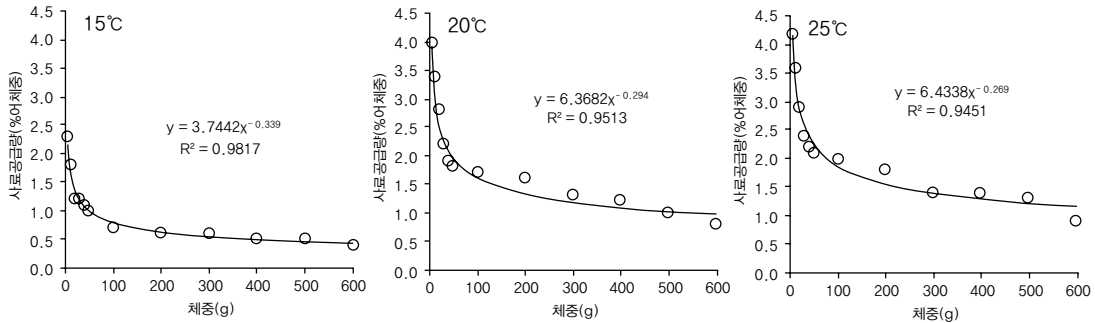


그림 4-5. 넙치의 수온에 따른 적정 사료 공급량 변화.

4) 사료 공급횟수

사료 공급횟수는 공급량과 마찬가지로 사육 수온과 어체 크기에 의해 영향을 받는다. 넙치의 초기 성장 단계인 자치어 시기에는 대사활성이 빠르게 일어나기 때문에 사료를 하루에 여러 번 공급해야 한다. 사료를 한 번에 과잉 공급하는 것 보다는 적정량의 사료를 여러 번 나누어 공급하였을 때 더 좋은 성장을 보인다 (표 4-7).

표 4-7. 넙치 배합사료의 월별 공급량, 공급횟수 및 사료크기

	2월	4월	6월	8월	10월	12월	익년 2월
수온(℃)	15.2	17.7	21.5	27.2	22.7	18.0	14.9
어체크기(g)	6.4	36.0	94.0	231.0	452.0	686.0	835.0
공급량(%)	5.8	1.3	2	1.8	1.3	0.4	0.2
공급횟수	5	3	3	3	2	1~2	1~2
사료크기(nm)	2~3	4~5	5~6	8~9	10~11	12~13	16~18

만복공급이란 사료의 섭취활동이 눈에 띄게 느려지는 시점까지 사료를 공급하는 것을 말하지만, 실제로 넙치를 포함한 어류에 있어 포식과 과식을 구분하기는 어렵다. 따라서 사료공급의 중단 여부를 결정하는 것은 숙련된 관리자의 경험에 따라야 한다.

치어일수록 위(胃)의 용적률은 작지만 상대적인 단백질 합성과 에너지 소비가 높기 때문에 사료의 공급 빈도를 늘려 주어 필요한 단백질과 에너지를 섭취하도록 한다. 또한 성장할수록 위의 용적률이 커져 하루에 필요한 단백질과 에너지를 상대적으로 짧은 시간에 섭취할 수 있기 때문에 공급횟수를 줄일 수 있다. 일반적으로 50g 단계까지는 하루 세 번, 그 이후부터 600g까지는 하루 두 번, 그리고 그 이상의 크기에서는 하루 한 번 공급으로 필요한 단백질과 에너지가 충족될 수 있다.

제주지역 넙치 양식현장에서도 종묘 입식 후 치어기에는 1일 3~5회 사료를 공급하다가 200~300g을 전후에서는 1일 2회 사료를 공급하고 있다. 공급횟수는 수온 또는 성장단계 그리고 양식장 환경에 의해서도 영향을 받는다. 먹이 불임된 어류의 경우 공복 시 먹이 공급자가 보일 경우 수면위로 떠오르거나 또는 수면 밖으로 입을 내미는 등 행동양식의 변화를 보인다. 이처럼 양식 어류의 행동변화를 관찰하여 적정 사료 공급 횟수를 결정할 수 있다.

5) 사료 크기

넙치는 사료 섭취 시 하악골의 이빨로 상당히 큰 먹이도 섭취할 수 있다. 사료의 크기는 육성어 또는 미성어 보다는 자치어 시기에 더욱 민감하며 생존과 직결된다. 갓 부화한 자어기 어류는 먹이생물의 영양적 균형과 함께 고려되어야 할 부분이 먹이생물의 크기와 운동성이다. 먹이생물의 크기가 자치어의 입보다 크면 먹이로 공급될 수 없으며, 너무 작을 경우 포식활동에 의한 에너지 소모가 많아지므로 적정 크기의 먹이는 생존과 성장을 위한 필수 요인이 된다.

넙치를 대상으로 배합사료 입자 크기에 따른 성장률을 조사한 결과, 사료크기가 클수록 성장이 빠르게 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 배합사료의 크기가 커질 경우 한 번의 포획활동으로 얻게 되는 칼로리가 높아지며, 먹이활동 중 개체간의 먹이경쟁을 통한 에너지 소모를 줄여 효율적인 먹이섭취 효과를 이끌어낼 수 있다. 그러나 일부 양식 현장에서는 배합사료의 크기가 너무 클 경우 개체 간 성장 차이가 커지기 때문에 적정 또는 그 이하 크기의 배합사료를 선호하는 경향이 있다.

수분 함량이 적은 펠릿사료의 경우 소화율을 고려할 때 큰 것 한 개를 먹는 것보다 작은 것 두 개 또는 세 개를 먹는 것이 더 나을 것이다. 작은 펠릿 두 개 또는 세 개를 먹는 것에 상응하는 큰 것 하나를 섭취할 경우 섭취 활동에너지는 절약되겠지만 위에서 소화효소의 공격을 받을 표면적은 훨씬 줄어들기 때문에 무조건 큰 펠릿이 좋다고 할 수 없다. 따라서 너무 큰 펠릿도 일부 문제가 있지만 너무 작은 펠릿 또한 피해야 할 것이다.

국내 넙치양식 현장을 보면 약 500~600g 크기까지는 EP와 MP 간에 성장 차이가 없는 것으로 알려져 있으나 그 이상의 크기부터는 EP가 MP 간에 성장 차이가 발생한다. 넙치 1kg 출하 시 기준으로 EP의 성장은 MP의 90~95% 수준이다.

이전의 연구 자료를 검토해 보면 건중량 기준으로 EP가 MP보다 사료 공급량이 낮게 나타나는데, 그 이유는 국내에서 생산되는 EP 사료의 최고 크기가 약 15~18mm로 생사료에 비해 입자 크기가 작아서

한 번의 먹이섭취 활동을 통해 공급되는 양이 EP가 MP보다 적기 때문이다. 따라서 미성어기 이후의 성장 단계에서 MP와 EP 사료간의 성장 차이를 극복하기 위해서는 MP와 비슷한 크기의 EP 제품을 생산하여 공급할 필요가 있다. 또한 배합사료 생산업체에서는 자사 제품을 사용하는 양식어업인에게 적정 사료 공급량과 공급방법에 대한 가이드라인을 제시할 필요가 있다(표 4-8).

표 4-8. 넙치 크기 및 사육수온에 따른 배합사료 공급 크기(사료회사 제공)

제품명	입자도(mm)	전장(cm)	어체중(g)	수온별 급여율(%/어체중/일)				공급 횟수
				15℃	18℃	21℃	23℃	
S1호	1.1~1.3	2~3						수시
S2호	1.4~1.6	3~4						수시
S3호	1.7~1.9	4~5						수시
1호	1.9~2.3	5~7		3.70	4.30	5.50	6.50	4~10
2호	2.4~2.8	7~10		3.40	4.10	5.10	6.00	4~8
3호	3.0~3.4	10~14		3.00	3.80	4.50	4.70	3~5
4호	3.5~4.1	13~18		2.40	2.90	3.40	3.50	3~4
5호	4.4~5.0	15~20		2.00	2.30	2.50	3.00	2~4
6호	5.5~6.1	17~22		1.60	1.85	2.30	2.60	2~4
7호	6.7~7.5	21~25	100~300	1.45	1.55	1.80	2.00	2~3
8호	8.1~8.9		200~500	0.85	1.00	1.30	1.40	2~3
10호	10.1~11.1		400~700	0.60	0.70	0.80	1.00	1~3
12호	12.9~13.9		600~1kg	0.55	0.65	0.72	0.80	1~2
15호	16.0 이상		1kg 이상	0.50	0.60	0.68	0.72	1~2

6) 사료 수분첨가

배합사료의 수분함량을 10~40%까지 조절하여 수분 함량별로 EP 사료를 넙치에게 공급한 후 위 및 장내 내용물 함량을 비교한 결과, 모든 실험구에서 사료 섭취 3시간 후 위 내용물의 수분 함량이 70%까지 증가한 것으로 나타났다(그림 4-6). 따라서, 배합사료의 물성 개선을 위해 첨가되는 수분은 넙치의 위에서 이미 충분히 수화되기 때문에 수분 첨가에 따른 부대비용을 발생시킬 것이 아니라 적정 사료 공급량을 계산하여 사료를 공급하는 것이 효율적이다.

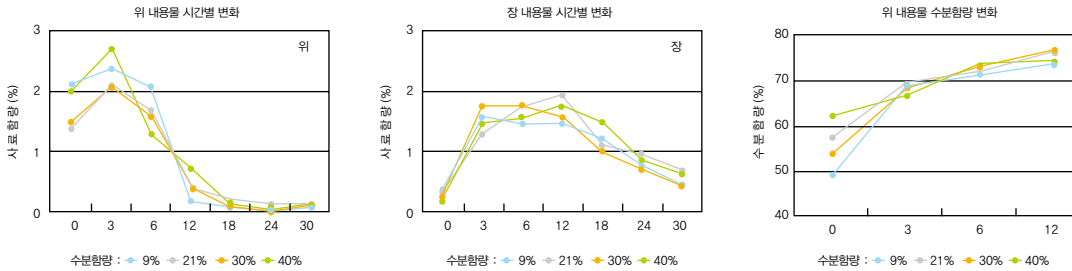


그림 4-6. 넙치 배합사료의 수분함량에 따른 소화관 내용물의 시간별 변화.

7) 사료 공급방법

국내 넙치양식 현장에서는 오전과 오후에 넙치가 섭취하는 사료량이 다르다. 공복상태에서는 최대한 많은 양의 칼로리를 섭취하여 오랫동안 보존하려는 경향이 있기 때문에 아침에 반복 가깝게 사료를 섭취하면 오후에는 오전보다 적은 양의 사료를 섭취하게 된다. 반대로 오전에 충분한 양의 사료를 섭취하지 못할 경우 오후 공급 때에 더 많은 칼로리를 섭취하려고 한다. 공복시간이 길어질수록 굶은 시간에 대한 보상으로 더 많은 사료를 섭취한다.

국내의 양식장에서 사료 공급은 대부분 사람이 직접 주는 수동 방법이다. 그 이유는 먼저 사료 자동공급기에 투자할 만한 자금여력이 없거나 기존의 노동력으로도 충분히 사료공급을 할 수 있기 때문에 자동공급기에 대한 필요성을 느끼기 못한다. 자동공급기를 통해 사료를 공급할 경우 선행되어야 할 부분이 적정 사료공급량에 대한 공급 비율을 설정하는 것이다. 이는 수온과 어체 크기, 사료 내 칼로리 및 수분 함량에 따라 달라진다. 배합사료에 대한 사육관리 지침서가 만들어졌다 하더라도 양식 현장마다 사육환경(수조크기, 유수량, 지하해수 비율, 밀도, 종묘 등)이 통일되어 있지 않기 때문에 하루의 사료 공급량 설정 등에 대해서는 양식장마다 노하우를 확보할 필요가 있다.

또한 넙치는 양식 환경에서 독특한 먹이행동을 보여주는데, 사료에 적응이 제대로 되지 않은 수조의 경우 1~2 마리가 먹이를 먹기 시작하면 나머지 개체들이 따라 사료를 섭취하게 된다. 먹이 붙임이 된 상태에서는 사료 공급 시 경쟁적으로 사료를 섭취한다. 사료 공급 시 소량의 사료를 너무 자주 공급하게 되면 사료를 많이 섭취한 개체가 우점종이 되어 작은 개체의 먹이섭취 활동을 방해하는 경우가 나타난다. 이렇게 형성된 계급은 개체 간 성장 차이를 가속화시키기 때문에 큰 개체들은 더욱 크게 성장하고 상대적으로 먹이경쟁에서 밀린 개체는 성장속도가 늦어지게 되는 현상이 발생한다. 따라서 사료 공급 시 적정량의 사료를 충분히 골고루 공급하는 것이 개체 간 성장 차이를 최소화 시키는 방법이다. 또한 개체 간 성장 차이가 많이 일어날 경우 선별하여 분조를 실시하는 것이 바람직하다.

8) 배합사료 공급프로그램 활용

넙치용 배합사료 공급프로그램에서는 크기별(치어, 육성어, 미성어) 및 수온별(저수온, 적수온, 고수온) 사료공급 방법을 제공하고 있다(그림 4-7). 이 프로그램을 이용하면 양식현장의 적정 사료공급량을 산출할 수 있기 때문에 양식 어업인들에게 넙치용 배합사료 공급방법에 대한 가이드라인을 제시하고, 또한 배합사료를 처음 사용하는 양식 어업인에게도 길잡이 역할을 할 것이다.



그림 4-7. 배합사료 공급프로그램 홈페이지(www.nifs.go.kr).

스마트폰에서도 배합사료 공급프로그램의 어플리케이션(앱)을 설치할 수 있다. 이 앱은 안드로이드와 애플 운영 체계를 기반으로 만들어져 모든 스마트폰 사용자들이 현장에서 바로 넙치의 성장단계와 수온변화에 따라 달라지는 사료공급량을 자동으로 계산이 가능하다. 구글 플레이스토어와 애플 앱스토어에서 '배합사료 공급프로그램'을 검색하면 무료로 설치할 수 있다(그림 4-8).



그림 4-8. 배합사료 공급프로그램 어플리케이션 및 사용법.

사. 지하해수

제주도 연안에서 용출되고 있는 지하해수는 약 30~70 m의 층에 비교적 고염분이 함유된 상태로 보존되고 있다. 지하해수는 연중 17℃ 내외로 거의 일정한 수온을 나타내기 때문에 넙치 육상 사육 시 여름철 고수온기와 겨울철 저수온기에 자연해수와 혼합하여 사용하면 적절한 수온을 유지할 수 있다.

제주도 지하해수의 수온은 14.5~18.4℃(평균 16.7±1.5℃)로 지역별 변동은 그다지 크지 않으며, 계절에 따른 수온도 16.5~18.8℃로 변동이 심하지 않다. 또한, 염분은 평균 30.0ppt 이상(22.3~43.3ppt)으로 일반해수와 큰 차이가 없으며, 계절에 따른 염분 변동은 20.6~34.0ppt로 연안수(26.5~34.5ppt) 보다는 변동 폭이 다소 크다.

수소이온농도는 7.5~8.1(평균 7.87)이다. 지하해수의 용존산소 포화도는 지역에 따라 차이가 심하여 29~106%이나 대부분은 80% 이하의 불포화 상태로 연안수보다 용존산소량이 낮다. 특히, 평균값이 60% 이하인 지역도 많다. 용존산소의 계절적 변동을 보면 대체적으로 가을과 겨울에는 낮고 여름에 높아지는 경향을 보였다(김 등, 2003).

우리나라 넙치 양식 발전은 종묘생산 및 양성 기술과 함께 지하해수가 중요한 역할을 하였다. 제주도에서는 겨울 및 여름에 지하해수를 사용함으로써 육지와 달리 연중 넙치 성장이 가능하게 되었다. 이처럼 지하해수는 제주도가 우리나라 넙치 양식 산업의 중심 지역으로 자리매김을 하는데 크게 기여하고 있다.



Olive flounder





체색 이상어 발현 및 대책

5. 체색 이상어 발현 및 대책

가. 백화 발현 및 대책

1980년대 들어서 백화의 원인 규명과 유효한 방제 방법을 찾기 위하여 넙치 종묘생산 시기에 먹이생물의 영양 및 사육환경 측면에서 검토하였다.

넙치 백화 발생 원인은 ① 동일 친어에서 채란하더라도 백화 개체의 출현율에 있어 차이가 나타나므로 후천적 요인이라고 생각되지만, 유전적인 요인도 작용한다. ② 유안측의 몸 전체 백화는 전장 10mm, 부분적 백화는 전장 14mm부터 나타난다. 10mm 이후는 먹이의 종류와 백화 개체의 출현과는 연관성이 없으므로 백화는 착저기 이전에 결정된다. ③ 알테미아의 공급시기가 빠르면 백화의 출현율이 높은 경향이 있지만 로티퍼나 알테미아 공급 시 영양강화 한 먹이를 전장 10mm까지 공급하면 백화 개체의 출현율이 현저히 낮아진다. 그러나 체색 이상어가 먹이만의 요인으로 해석하는 것은 무리가 있다. 백화의 원인으로는 채란과 부화, 특히 자어기에 관여하는 여러 가지 사육환경이 복합적으로 작용한다. 또한 부유 자어의 성장 및 발육이 백화 출현율을 좌우하는 요인이며, 산란용 친어와 난질도 백화의 원인으로 관여할 가능성이 있다.

백화는 변태를 완료한 시점에서 발현하기 때문에 해결책으로는 자어기 때 배합사료를 적극적으로 활용하거나, 먹이생물에 고도불포화지방산 또는 지용성 비타민류를 강화하면 백화 개체의 출현율 낮출 수 있다. 그러나 넙치에 있어 백화 예방 방법(먹이생물의 영양강화 또는 배합사료의 사용)이 다른 가자미과 어류의 백화 개체 감소에도 효과적인지 여부에 대해서는 다양한 검토가 필요하다. 지금은 넙치 종묘생산 시 백화 개체의 출현율은 보통 10% 이하이지만, 사육 시 자어기의 생존율이 낮을 때에는 50% 이상의 백화 개체가 출현하는 경우도 있다.

나. 흑화 발현 및 대책

1) 원인

흑화는 무안측의 착색 상태에 따라 착색형, 반점형 및 양면유색형(유안측과 같은 모양의 반문 등이 나타나는 것) 등 3가지로 구별된다. 흑화의 발현 시기는 변태완료 시에 발현하는 것과 변태완료 시에는 정상이지만 성장하면서 흑화가 나타나는 것으로 나눌 수 있다. 변태완료 시에 발현하는 것이 양면유색형이고, 변태완료 후 성장하면서 흑화가 발현되는 것은 착색형이다. 양식넙치의 경우 대부분 착색형이다. 반점형에는 양면유색형과 착색형이 혼재되어 있는 것으로 추정된다.

흑화 개체가 출현하는 요인으로는 부유기의 사육밀도와 사료(먹이생물, 배합사료)이며, 착저 전후에는 먹이생물의 영양강화이다(高橋, 1994). 흑화 개체의 출현율과 면적은 배합사료에 따라서도 차이가 있다. 변태완료 후의 착색은 무안측에 빛의 조사(照射)가 큰 영향을 미친다. 변태 완료된 자연산을 실내수조에서 사육 시 저면에 모래가 없으면 흑화가 서서히 진행되고, 전장 30mm 이후에도 흑화가 발현하는 것으로 보아 흑화의 원인에 대해서는 사육환경 측면에서 면밀한 검토가 필요하다. 또한 무안측에 흑화가 없는 자연산 성어를 육상수조에서 장기간 사육하면 흑화 현상이 나타나기 시작한다.

최근까지의 연구에 의하면 흑화에 영향을 주는 요인으로는 사육밀도, 사육환경, 사료 등으로 알려져 있다. 이를 세분화하면 배합사료, 먹이생물과 배합사료의 공급 체계(공급 크기와 공급 시간 등), 사육밀도(고밀도와 저밀도), 사육환경(빛, 사육수온, 저질, 사육수조의 색깔) 등이다. 양식산 무안측의 흑화 출현 빈도를 보면 정상 넙치보다 백화 넙치가 더 높다.

흑화는 방류 종묘의 표식으로 이용되기도 하지만, 방류용으로 흑화 종묘의 적합 여부에 대해서는 세밀한 검토가 필요하다. 자연에 방류하는 넙치의 경우 가능한 무안측에 흑화가 없는 개체를 방류해야 한다. 따라서 방류용 종묘 생산은 양식용 방법과 달리 성장과 생존율 측면보다는 체색 이상 및 기형어를 최소화할 수 있는 방법으로 사육해야 한다.

2) 발현 부위

넙치 자치어 사육 중에 최초로 흑화가 점(spot) 상태로 나타나는 시기는 전장 18mm(부화후 38일)이나 눈으로는 판단할 수 없고 현미경으로는 가능하다(Kang과 Kim, 2012). 보통 눈으로 흑화가 띠 모양(patch)으로 확인되는 최초의 시기는 변태완료 후 전장 28mm(부화후 45일)이며, 출현 부위는 무안측의 항문 바로 위의 배지느러미 기저부 또는 꼬리자루 주변부이다(그림 5-1).

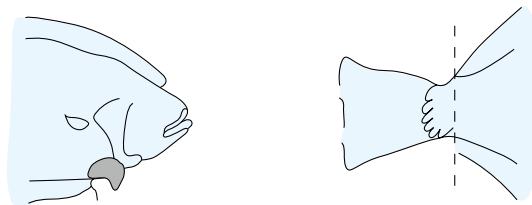


그림 5-1. 넙치 무안측 체색이상(흑화) 최초 출현 부위
(왼쪽: 배지느러미 기저부, 오른쪽: 꼬리자루 주변부).

착저 후에는 넙치 무안측의 꼬리자루 부분에 흑화가 출현하여 점차 등지느러미와 뒷지느러미 주변부로 확대되면서 몸 중앙 부분으로 퍼져 나간다(Toshinori 등, 2013). 또한, 머리 주변의 경우에는 가슴 지느러미와 두부 및 항문 위의 배지느러미 주변부에서 나타난 흑화가 점차 주변부로 확대된다. 흑화의 출현 비율을 보면 최초의 흑화 출현 시기(0주, 전장 5.4cm)에는 몸 전체의 3%였으나 5주 후에는 50%, 10주 후(전장 12.4cm)에는 몸 전체의 60%를 차지한다(그림 5-2).

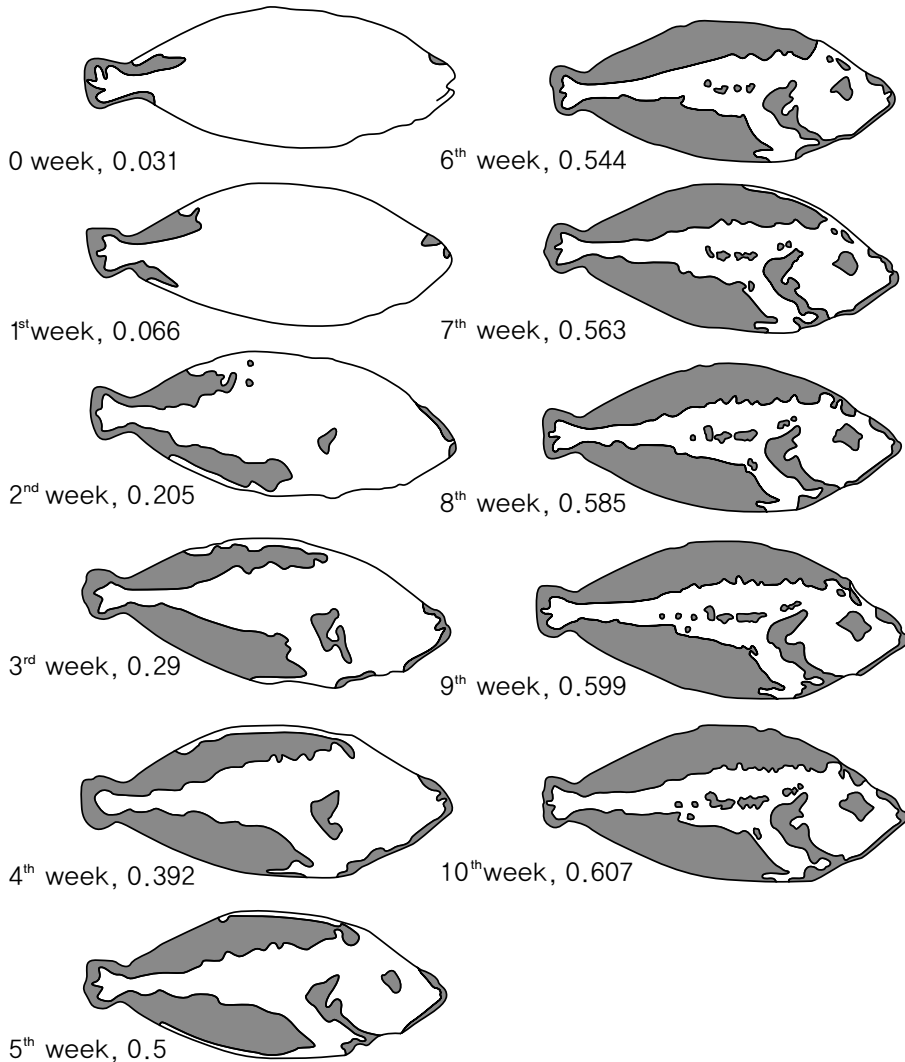


그림 5-2. 성장에 따른 넙치 무안측 흑화 확산 과정

(0 주: 전장 5.4cm, 10 주: 전장 12.4cm).

3) 출현 요인

가) 사육밀도

넙치(전장 13 mm)를 사육밀도(톤당 20,000마리, 5,000마리, 1,000마리)에 따라 전장 30 mm와 40 mm까지 사육한 결과, 사육밀도가 높을수록 흑화 유도율이 높고 흑화 부위도 확대되었다. 30 mm보다 40 mm 크기의 넙치가 흑화 유도율이 높고, 흑화 부위도 넓다. 특히 사육밀도가 m^2 당 20,000마리와 1,000마리의 경우 정상 개체의 출현율에서 큰 차이를 보였다(표 5-1). 그 원인으로는 고밀도 사육에 의한 스트레스가 무안측 착색의 분화 정도에 영향을 미친 것으로 보이며, 흑화의 관점에서 볼 때 변태기 이전(전장 13 mm) 크기에서 적정밀도는 m^2 당 5,000마리이다. 착저가 완료된(전장 20 mm) 이후에는 사육밀도가 흑화 발현에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 추정된다(高橋, 1994).

표 5-1. 사육밀도에 따른 넙치 흑화 개체의 출현율

시험구	사육밀도 (마리/ m^2)	전장 30 mm(%)			전장 40 mm(%)		
		정상	흑화 50% 이하	흑화 50% 이상	정상	흑화 50% 이하	흑화 50% 이상
1	20,000	19	81	0	3.5	86	10.5
2	5,000	40	60	0	11	83.5	5.5
3	1,000	54	46	0	29.5	63.5	7

나) 조도 및 수조 저면의 모래 여부

전장 19.5 mm 넙치(실험 시작 시 정상 개체 90%, 흑화 개체 10%)를 이용하여 빛의 차단 여부, 수조 투명 여부 및 수조 저면의 모래 여부에 따라 사육한 후 전장 30 mm 크기에서 흑화율을 조사한 결과(표 5-2), 사육 조건에 따라 흑화율에 있어 차이를 보였다. 특히 40 mm 크기에서는 수조바닥에 모래를 깔은 경우에만 일부 정상적인 개체가 있었다. 차광 유무에 따른 흑화 출현 여부는 큰 차이가 없는 것으로 보아 흑화에 대한 빛의 영향은 상대적으로 적은 것으로 판단된다. 이상의 결과에서 흑화에 영향을 미치는 환경요인은 빛 보다는 수조바닥의 모래에 의한 잠사 가능 여부가 더 중요한 것으로 나타났다. 변태완료 후의 넙치 사육에서는 수조 저면에 모래를 깔아서 사육하면 흑화의 발현이 억제된다.

특히 콘크리트 수조 바닥에 모래를 깔고 넙치 치어 2.4~3.1 cm(유안측 백화 개체 13.9%, 무안측 흑화 개체 100%)를 7주간 사육한 결과, 유안측과 무안측 모두 정상적으로 회복된 개체가 55~72.9% 였다. 특히, 이 기간 동안 무안측의 흑화 개체가 정상적으로 돌아온 비율이 상당히 높은 것으로 보아 수조 바닥에 잠사 가능한 모래 여부가 흑화와 밀접한 관련이 있는 것으로 추측된다.

표 5-2. 사육환경에 따른 넙치의 흑화 출현율

시험구	사육조건			전장 30 mm(%)			전장 40 mm(%)		
	차광	수조	수조저면 (모래)	정상	흑 화 50% 이하	흑 화 50% 이상	정상	흑 화 50% 이하	흑 화 50% 이상
1	차광	투명	없음	20	80	0	0	99.5	0.5
2	"	"	있음	57.5	42.5	0	14	86	0
3	"	흑색	없음	15.5	84.5	0	0	100	0
4	"	흑색	있음	55	45	0	11.5	88.5	0
5	없음	투명	없음	15	85	0	0	100	0

다) 초기 배합사료 공급 시기

최근에는 배합사료를 종묘생산 시 많이 이용하고 있다. 대부분 자어기 때 배합사료를 가능한 빠른 시기(전장 8 mm 전후)에 공급한다. 그 결과 과거에 문제가 되었던 백화는 해결되었지만 흑화 정도는 더 심해졌으며, 이것은 배합사료의 공급시작 시점과 관련이 있는 것으로 나타났다(표 5-3). 배합사료를 공급하는 시기가 전장 10 mm 이하 즉, 착저 이전부터 공급한 경우 흑화의 발현율이 높고, 배합사료 공급시작 시점이 전장 12 mm 이후인 경우에는 흑화 발현율이 상대적으로 낮다. 특히 전장 20 mm 이후부터 배합사료를 공급하여 전장 40 mm 크기까지 사육한 결과, 정상개체 비율이 71% 였다. 따라서 흑화 발현율만 낮추기 위해서는 전장 12 mm 이전까지는 먹이생물을 공급하고 12 mm 이후부터 배합사료를 공급하는 것이 좋다.

표 5-3. 초기 배합사료 공급 시작 크기에 따른 넙치의 흑화 출현율

배합사료 공급 시작 크기(mm)	전장20 mm (%)				전장30 mm(%)				전장 40 mm(%)			
	정상	50% 이하	50% 이상	흑화	정상	50% 이하	50% 이상	흑화	정상	50% 이하	50% 이상	흑화
전장 8 mm	0	49	48	3	2	24.5	62	11.5	1	16.5	70	12.5
전장 10 mm	7.5	36	53	3.5	2.5	22.5	59.5	15.5	3.5	18.5	65	13
전장 12 mm	32.5	66	1.5	0	46.5	53	0.5	0	61.5	38.5	0	0
전장 20 mm	84	16	0	0	74	26	0	0	71	28.5	0.5	0

흑화를 줄이기 위해서는 1,000 lux 전후의 차광조건하에서 사육하는 것이 필요하다(靑海, 1991). 한편, 배합사료를 공급하지 않고 알테미아 노우플리우스만을 단독 공급한 경우 흑화 개체의 발현율은 낮다.

라) 사육수조 색

사육수조 색에 따른 흑화 출현율을 비교하기 위하여 넓치 전장 5.6 cm(체중 1.6 g)를 이용하여 하얀색 수조와 검은색 수조에서 전장 24 cm(체중 152 g)까지 사육한 결과(Yamanome 등, 2007), 하얀색 수조에서 사육한 넓치의 흑화 정도가 검은색 수조에서 사육한 넓치보다 낮게 나타났다.

4) 방지 대책

가) 넓치 변태 완료시까지(전장 20 mm 미만 사육까지)

백화 개체는 체색 정상 개체보다 흑화로 되기 쉬운 특성이 있으므로, 종묘의 이력에 따라서 흑화가 되기 쉬운 개체와 어려운 개체가 존재할 가능성이 있다. 따라서 부유기 때 백화 개체의 출현을 억제시키는 것이 흑화를 방지하는 것이다.

넓치 자어기 때는 대부분 차광조건에서 사육을 하는데 세포학적 측면에서 볼 때 색소 발현의 결정 시기가 전장 8~10 mm의 부유기이므로 이 시기에 낮은 조도하에서 사육하는 것이 흑화의 비율을 낮출 수 있다. 또 착저가 시작되는 크기에서는 사육밀도를 m^2 당 5,000마리 이하로 할 필요가 있다. 이 시기에 배합사료를 먹이로 사용한 경우 착저 완료후의 종묘가 흑화가 되기 쉬우므로 배합사료의 사용을 억제할 필요가 있다. 배합사료의 영양성분에서 비타민 D, 비타민 A, $\Sigma n3\text{-HUFA}$ 의 함유량에 따라 착저 완료 시 흑화발현에 차이가 크다.

먹이공급과 관련된 흑화 방지대책은 전장 11 mm까지는 먹이생물을 공급하고, 전장 11~15 mm까지는 알테미아와 배합사료를 같이 주며, 배합사료 단독 공급은 15 mm 이후가 좋다(小金 등, 2007). 따라서 배합사료의 공급 시작 크기는 전장 12 mm 이후로 하고, 착저 완료까지는 가능한 먹이생물 중심으로 먹이를 공급할 필요가 있다. 그러나 배합사료 공급 시기를 착저 이후로 할 경우에는 현실적으로 성장속도가 느리므로 산업적으로 적용하는 데는 한계가 있다.

나) 넓치 변태 완료 후(전장 20 mm 이후)

흑화 비율을 낮추기 위해서는 밝은 날 기준으로 빛의 강도를 1,000 lux 전후까지 차광하고, 배합사료의 성분 조성에 유의하여 배합사료를 공급하며, 수조저면에 잠사 가능한 입경 1 mm 이하의 모래를 깔아서 사육하면 흑화 비율을 낮출 수 있다. 그러나 현실적으로 넓치 양성 시 수조 바닥에 모래를 깔아서 장기적으로 사육하는 것은 관리상 어려움이 있다.





질병과 대책

6. 질병과 대책

www.nifs.go.kr

가. 기생충

1) 스쿠티카충 감염증

원인체는 스쿠티카충(*Miamiensis avidus*)이다(그림 6-1). 해수나 해면저질 중에 서식하며 자유생활을 하는 섬모충으로 방추형 또는 오이씨 모양으로 성충의 크기는 30~45 μm , 자충의 크기는 18~25 μm 이며 번식은 단순한 2분열로 한다. 환수가 좋지 못한 사육수조에 상존하는 스쿠티카충이 감염원으로 작용하여 질병이 발생한다.

감염초기 증상은 체색이 검어지며 체표가 희게 탈색되고, 체표에 출혈성 염증이 나타난다. 감염후기에는 체표에 근육이 노출되는 껍질이 형성되고, 지느러미 출혈 및 결손이 나타나며, 내부 장기에서 스쿠티카충이 확인된다(그림 6-2).

대책으로는 종묘 사육지 시설의 철저한 소독과 정기적인 청소를 해야 하며, 로티퍼를 세척 후 공급하고 착저기 이후에는 환수량의 증대 및 치어의 주기적 검사가 필요하다. 양성장의 경우 감염 종묘의 입식을 방지하고 사육수가 정체되지 않도록 만전을 다해야 하며 중증 감염어는 발견 즉시 수조에서 제거하여야 한다. 감염초기에 담수욕, 과산화수소욕, 수산용 포르말린약욕으로 감염률을 낮출 수 있으나 근절하지는 못한다. 사육수의 환수율은 넙치가 스트레스를 받지 않을 정도로 높여야 한다. 사육밀도에 따라 폐사율에 큰 차이가 있으므로 밀식을 피해야 하고, 양식장의 청결을 유지하여야 한다.

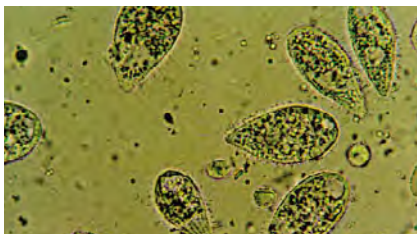


그림 6-1. 스쿠티카충.



그림 6-2. 스쿠티카충에 감염된 넙치.

2) 트리코디나병

원인체는 섬모충문, 소막강 운동목 트리코디나속 트리코디나충(*Trichodina* sp.)이다(그림 6-3). 넙치의 아가미나 체표에 기생하며(그림 6-4), 스트레스를 받은 넙치의 생체 방어 기능이 떨어질 때 트리코디나충의 대량증식이 일어난다. 수질이 좋지 못한 양식장에서 감염이 확인되며, 환수량이 부족한 경우에도 발생한다. 트리코디나충은 일반해수 중에서는 장시간 살지 못하나 숙주인 어류가 물리적인 요인 등으로 인해 점액을 과다 분비하게 되거나, 환수가 불량하여 수조 내 사수구역이 생겨 수질이 악화되면 대량으로 번식하여 질병을 일으킨다. 질병 발생은 풍랑이나, 태풍 등의 해상기상이 좋지 않아 취수구 주변의 물 뒤집어짐이 심하거나, 수조 내의 청결상태가 좋지 않아 수질이 나빠질 경우 발생한다.

트리코디나충이 기생된 넙치는 외관상 아무런 증상이 없으나, 감염이 심한 경우에는 넙치의 표피가 벗겨지거나 궤양이 형성되며 아가미에 점액이 과다 분비되고, 먹이를 잘 먹지 못한다. 트리코디나충의 기생으로 대량폐사 한 사례는 없으나 아가미나 체표에 손상을 주어 2차적인 질병을 유발하며, 먹이를 먹지 못해 행동이 둔해지고 서서히 여위어 지게 된다.

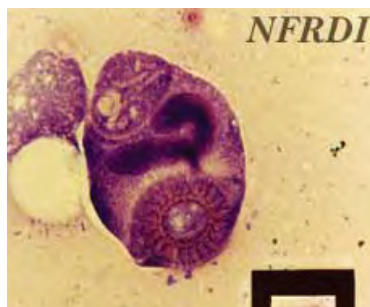


그림 6-3. 트리코디나충(김자염색).



그림 6-4. 아가미조직에서 트리코디나충.

대책으로는 대량증식 전 초기감염 때 치료(수조를 청소한 후 치료)가 필요하며, 발생수온이 20~22℃이므로 고수온기에 사육관리가 중요하다. 트리코디나충이 발견된 양식장에서는 ① 환수량을 최대한 증가시켜 사수구역이 없도록 하여 주고, ② 수조바닥을 깨끗이 청소하여 수질이 악화되지 않도록 하며 ③ 넙치에 물리적 스트레스를 최소화시켜 주는 것이 무엇보다 중요하다. 치료방법으로는 수산용 포르말린 약욕이 효과적이다. 수산용 포르말린 200 ppm 농도로 약욕하면 효과가 있다. 또한 사육밀도가 높을수록 기생율이 높기 때문에 사육밀도를 낮추어야 한다.

3) 백점병

원인체는 백점충(*Cryptocaryon irritans*)이다(그림 6-5). 병원성 섬모충으로 영양형(theront)은 구형으로 직경 0.4~0.5 μm이며, 서로 연결된 구형의 4개 대핵을 가진다. 넙치에 기생하였을 때 흰점처럼 보이기

때문에 백점병으로 부른다. 광범위한 수온대(7~37℃)에서 생존이 가능하다. 넙치에서 백점충의 감염은 사육밀도가 높거나, 지속적인 스트레스를 받는 경우 발생하기 쉽다. 백점충의 생활사는 ① 숙주인 어류에 기생하여 성숙(trophont)이 되면 ② 해수 중으로 방출되어 시스트를 형성, 분열(tomont)하여 ③ 감염자충(theront)을 생성 다시 숙주어류에 기생한다.

증상으로는 사육중인 넙치의 체표와 지느러미에 미세한 흰색의 점이 관찰되며 심한 경우 아가미뿐만 아니라 안구 등에서도 흰색의 점이 나타난다(그림 6-6). 영양체(trophont)가 넙치의 아가미, 피부, 지느러미의 상피조직 하층 또는 기저막 사이에 감염한다. 아가미에 기생할 경우 자극으로 인해 상피세포가 과대 증식하고 비후되어 점액이 과다 분비된다. 백점충의 기생율이 높을수록 상피조직과 진피조직의 염증이 심해지고, 조직의 괴사로 인해 폐사를 일으킨다. 백점충 감염은 넙치의 혈액성상의 변화를 초래한다. 혈액성상의 변화로는 Na^+ , Mg^+ 농도가 감소하고, K^+ , 요소, 암모니아성 질소의 농도가 높아진다.

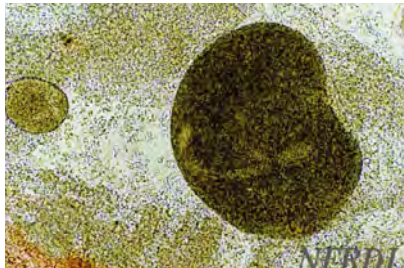


그림 6-5. 백점충.



그림 6-6. 백점충에 감염된 넙치.

대책으로는 총체가 상피조직 하층 또는 기저막 사이에 기생하기 때문에 구제하기 어렵고, 포자(cyst)를 형성할 때도 구제가 어렵다. 시스트내에서 분열이후 자충(tomites)이 수중에 자유 유형하는 시기 또는 감염자충을 형성하기 전 단계에 백점충으로부터 어류를 격리시키는 것이 구제 방법이다. 약욕방법으로 감염을 경감시킬 수는 있으나 완치는 어렵다.

나. 세균

1) 연쇄구균병

원인체는 *Streptococcus iniae*, *S. parauberis*, *Lactococcus garvieae* (그람양성 구균)이다(그림 6-7, 6-8). 고수온기에 주로 발생하며, 수온과 해수중의 영양분에 의해 균의 생존기간이 영향을 받는다. 연쇄구균은 수온이 낮을수록 해수중의 영양분이 많을수록 오랜 기간 생존한다. 감염경로는 병원균의 오염사료를

매개로 한 감염이 알려져 있으며, 또한 접촉에 의해 감염되는 경우도 있다.

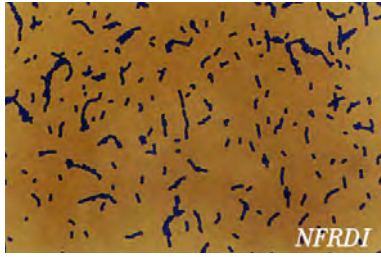


그림 6-7. 연쇄구균(그램양성 구균).

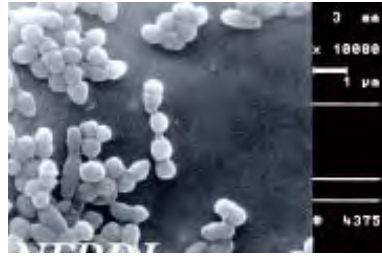


그림 6-8. 연쇄구균(주사전자현미경).

연쇄구균에 감염된 병어는 안구돌출, 백탁 및 충혈, 아가미뚜껑 출혈, 아가미뚜껑 배측의 충혈, 점액분비가 많아진다. 내부증상으로 간의 울혈과 퇴색, 장관의 발적, 복수 발생, 신장 및 비장의 비대, 아가미의 빈혈과 괴사가 나타난다(그림 6-9, 6-10).

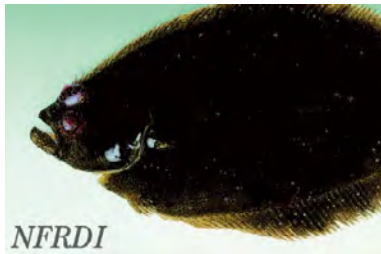


그림 6-9. 연쇄구균에 감염된 넙치.

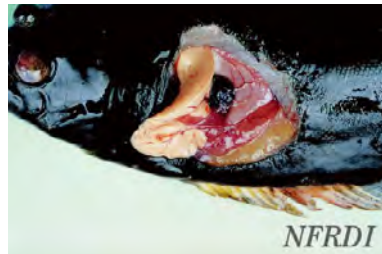


그림 6-10. 안구충혈 및 돌출, 비장의 비대.

대책으로는 사육환경의 청결유지와 사육관리에 주의가 필요하다. 죽거나 병든 개체를 빨리 제거하여 수평 감염을 줄여야 한다. 양질의 사료 공급과 항병력을 높이는 노력이 필요하다. 에드워드와 혼합감염의 경우 연쇄구균병을 먼저 치료하고 에드워드병을 치료하기를 권장한다. 치어기의 감염 예방대책으로서는 양호한 사육 환경조건을 만들어 주어야 하고, 당년어의 경우 과밀사육을 방지하고, 단일사료의 장기간 투여 및 사료의 과잉 투여를 막아야 한다.

2) 비브리오병

원인체는 *Vibrio* sp., *V. harveyi*, *V. ichthyenteri* (그램 음성 간균)이다(그림 6-11, 6-12). 대부분의 비브리오균은 해수에 상존하고 있다. 넙치의 연령에 관계없이 질병을 유발하며, 면역력이 약화되었을 때 질병이 유발되는 기회성 병원체이다. 선별이나 이동시 발생하는 상처에 감염되어 발생한다. 비브리오균은 0.5%에서 3%까지의 염분농도에서 잘 자라며, 선택배지인 TCBS agar에서 세균증식을 확인할 수 있다.

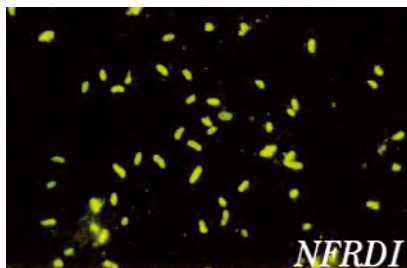


그림 6-11. 비브리오균(형광염색).



그림 6-12. 비브리오균(주사전자현미경).

증상으로는 병어의 체색이 검어지고 사료를 잘 먹지 않으며 힘이 유영한다. 복부의 팽만, 탈장, 지느러미 갈라짐이 발생하며, 등 부위의 부분적 발적, 궤양 형성, 배부분의 충혈 등이 나타난다. 내부증상으로 간의 충혈과 퇴색, 복수의 고임, 장의 점상출혈이 나타난다(그림 6-13, 6-14).



그림 6-13. 비브리오병에 감염된 넙치
(등근육의 출혈성 궤양).

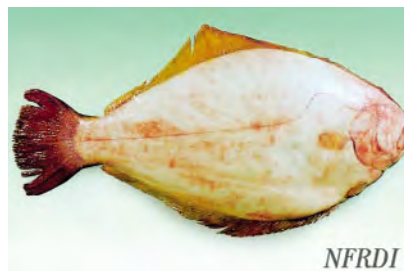


그림 6-14. 복부 및 지느러미의 충혈.

대책으로는 감염된 어체로부터 세균을 분리하여 약제감수성 시험을 실시한 후, 적정 항생제를 선정하여 경구투여하면 치료 효과를 충분히 거둘 수 있다. 병어의 발견이 늦어져 투약시기를 놓친 경우에는 치료 효과가 나타나지 않는 경우가 있으므로 발병초기에 치료하는 것이 필요하다.

3) 에드워드병

원인체는 *Edwardsiella tarda* (그램음성 단간균)이다(그림 6-15). 넙치 양식장 사육 수온이 25℃를 넘으면 발생률과 피해율이 급격하게 증가한다. 장내세균으로 세포내에서 성장 분열하기 때문에 치료가 어려우며, 감염되면 만성적으로 폐사가 발생하여 누적폐사율이 높다. 에드워드균의 증식가능 조건은 수온 15~45℃, 염분농도 0~4 psu, pH 5.5~9.0으로 환경내성이 강한 편이다. 배양 시 보통 한천 배지 상에 담백색의 광택있는 정원형의 집락을 형성하고, 선택배지(SS) 상에 중심부가 흑색이고 가장자리가 투명한 작은 집락을 형성한다.

감염어는 먹이를 잘 먹지 못하고 체색이 흑화되어 표층을 힘없이 유영하며, 안구 돌출, 백탁, 농양이 형성되고, 복부가 팽만하여 발적된 장기가 탈장된다. 해부 시 악취와 함께 출혈성 복수가 있으며 간, 신장, 비장의 비대와 결절이 확인된다(그림 6-16).

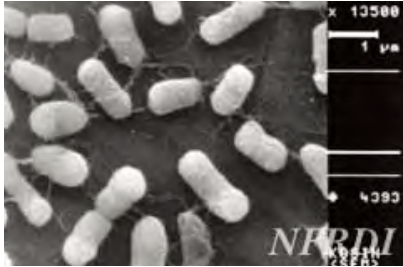


그림 6-15. 에드워드균(주사전자현미경).



그림 6-16. 에드워드병에 감염된 넙치.

대책으로는 고수온기 환수율이 낮은 수조에서 발생이 빈발하기 때문에 환수율을 높여 주고, 사육 수조의 찌꺼기 제거 등 수조청소를 주기적으로 하여 사육환경을 청결하게 한다. 또한 사육밀도를 적절하게 조절하여 넙치가 스트레스를 받지 않아야 한다. 사육밀도가 낮으면 에드워드병의 발생 및 피해는 극히 적다.

4) 활주세균병

원인체는 활주세균(*Flexibacter maritimus*)이다(그림 6-17). 활주세균에 감염된 병어는 체색이 검어지고 사료를 잘 먹지 않는다. 50% 해수가 첨가된 cytophaga 배지에서 자라며, 굴곡운동을 하고 균체의 크기는 3~20 μm로 환경과 배양조건에 따라 균체의 형태와 크기가 다르다. 양식 넙치에서는 활주세균만 단독 검출되는 경우보다 활주세균과 비브리오균, 활주세균과 트리코디나, 활주세균 및 비브리오균과 트리코디나, 활주세균 및 비브리오균과 스쿠티카종의 혼합 감염 등과 같이 활주세균 감염 상태에서 그 외 세균 또는 기생충이 혼합 감염되어 있는 경우가 많다. 연령에 관계없이 발생되며, 연중 발생하는 경향을 보인다. 특히, 수온변화가 심한 봄과 가을에 질병 발생이 현저하게 높아진다.

감염어는 체표면이 회색으로 변하고 체표면에 원형의 상처 및 궤양이 형성되며, 지느러미가 부식되어 골격만 남는다. 아가미는 흰색으로 변하거나 부분적 부식이 일어난다. 전체적으로 체색이 검어지고 힘없이 헤엄치며, 다른 병원성 세균 및 기생충의 2차 감염에 의한 폐사가 발생한다(그림 6-18, 6-19, 6-20).

대책으로는 사육밀도를 낮추고 환수량을 높여 주며, 치어를 입식하면 반드시 약욕을 한다. 선별 및 수조 청소를 할 경우 넙치에 상처가 발생하지 않도록 하여야 한다. 치료대책으로서는 항생제 약욕과 경구투여를 병용하는 것이 효과가 높다. 그리고 기생충과 혼합 감염의 경우에는 우선 기생충 구제를 한 후 치료하는 것이 바람직하다.

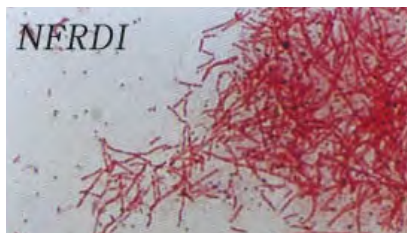


그림 6-17. 활주세균(그람 음성).



그림 6-18. 활주세균에 감염된 넙치 치어.



그림 6-19. 지느러미 기부 및 근육 궤양 형성.



그림 6-20. 꼬리지느러미 부식 및 결손.

다. 바이러스

1) 바이러스성 출혈성 패혈증

원인체는 Viral hemorrhagic septesemia virus (VHSV)이다(그림 6-21). 총알모양(직경 약 70 nm, 길이 약 180nm), 단일가닥 RNA 바이러스이며, 감염초기 급속한 폐사를 유발(최고 100%의 폐사를 나타내기도 함)한다. 한국을 포함한 일본 등에서 분리되는 VHSV 유전자형은 IV형이다. 주 감염 장기는 심장과 신장이며 이외에도 비장, 뇌, 근육, 아가미 등이다. 발병 수온은 10~13℃로 치어 입식 시기에 피해가 크다.

체색이 검어지고, 안구돌출, 빈혈증상과 지느러미 기부, 아가미, 눈, 피부의 출혈이 나타난다. 복수로 인한 복부팽만이 나타나며, 심할 경우 탈장이 일어난다(그림 6-22). 병어를 해부해 보면 복강에 맑은 복수가 차 있고 간의 출혈 현상이 나타난다. 개체에 따라 신장이 종대되어 있거나 회백색으로 퇴색되어 있다. 비장은 비정상적으로 종대 되어 있다.

바이러스에 대한 특별한 치료대책은 없으며, 예방이 최선의 방법이다. 양식장에 종묘를 입식할 경우 반드시 바이러스 감염 여부를 확인한 이후 종묘를 입식하여야 한다. VHSV는 자외선(UV radiation)처리에도 불활화 되며, 소독제(chlorine, hypochlorite, iodophore)에도 쉽게 불활화 되므로 양식장에서

기구와 수조를 소독해 주는 것이 효과적인 것으로 알려져 있다.

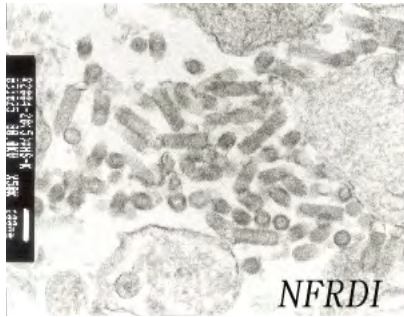


그림 6-21. VHSV (투과전자현미경).

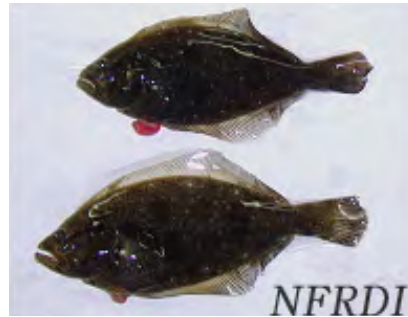


그림 6-22. VHSV 감염 넙치 치어.

2) 버나바이러스병

원인체는 Marine Birnavirus이다(그림 6-23). 버나바이러스는 외막이 없으며, 구형으로 크기가 65nm이고, 이중가닥 RNA (double strand RNA)을 유전자로 갖는다. 치어기에 발생하며, 수온 18~20℃에서 바이러스의 빠른 증식이 일어난다.

병어는 일반적으로 힘없이 사육지 가장자리를 유영하거나 바닥에 가라앉는 등 무기력한 개체가 나타나며, 죽기 직전에 발광하여 회전유영하는 개체도 종종 관찰된다. 주로 치어기에 많이 발생되며 병어는 체색이 검어지고 복부팽만 증상이 관찰된다. 병어를 해부하면 복수가 고여 있거나 간이 퇴색되어 있으며, 뇌에 출혈 및 발적 증상이 나타나는 경우가 있다(그림 6-24).

일단 발병하면 특별한 대책이 없다. 양식장에 치어를 입식하기 전에 질병검사를 하여 바이러스에 감염되지 않은 치어를 입식하여야 한다. 버나바이러스병이 발생한 경우 최대한 치어가 스트레스를 받지 않도록 안정되게 관리하여야 한다. 병어에 대해 질병감염 검사를 하여 바이러스로 확인한 경우 폐사가 완화될 때 까지 안정화시켜야 한다.

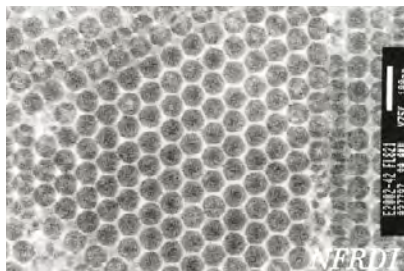


그림 6-23. 버나바이러스(투과전자현미경).

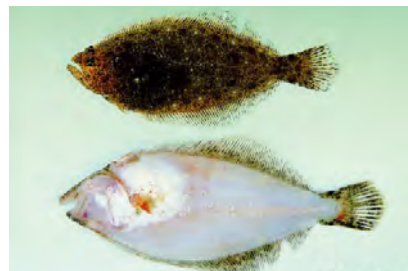


그림 6-24. 버나바이러스 감염 넙치 치어.

3) 림포시스티스바이러스

원인체는 림포시스티스바이러스(LCDV)이다(그림 6-25). 정20면체의 DNA 바이러스로 140여종의 어류에 감염되며, 바이러스에 의한 종양을 형성한다. 밀식, 환수율 부족 및 수질악화 등의 사육환경이 좋지 않을 경우 발생한다.

바이러스에 감염된 넙치는 지느러미, 체표, 입 주위와 내부 장기에 종양을 형성하며, 입 주위와 구강에 종양이 형성될 경우 먹이를 먹지 못하여 굶어죽는 경우도 있다. 종양이 커질 경우 감염어가 유영 및 움직일 때 상처가 생겨 출혈이 발생하고 빈혈증상이 나타난다(그림 6-26).

림포시스티스바이러스에 대한 특별한 대책은 없다. 사육환경의 적절한 관리로 피해를 줄일 수 있다. 증상이 심할 경우, 감염된 넙치에서 종양을 제거하고 제거 부위에 난 상처를 소독하고 상처부위를 통해 어병세균 등이 2차 감염할 수 있어 항생제 약욕 등의 사육관리가 필요하다.

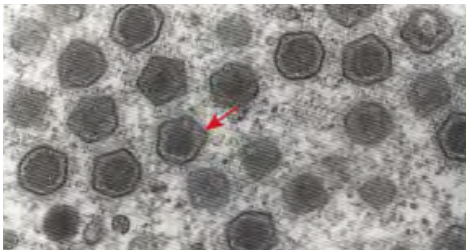


그림 6-25. 림포시스티스바이러스.

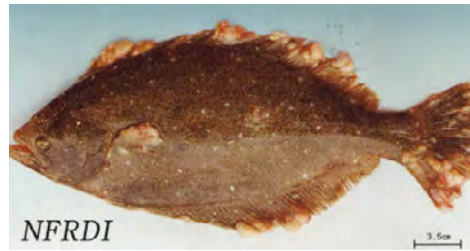


그림 6-26. 림포시스티스바이러스 감염 넙치.



목종

7. 육종

www.nifs.go.kr

가. 육종 프로그램

우량 종묘생산을 위해서는 친어의 과학적인 교배가 대단히 중요하다는 것이 이미 밝혀졌음에도 불구하고 세계적으로 전체 양식의 약 3%만이 체계적인 친어관리에 의하여 생산된 우량종으로 양식이 되고 있다.

육종이란 생물이 가진 유전적인 소질을 개량하여 인간에게 유용한 새로운 형의 동물이나 식물을 만드는 일을 말하며, 육종에 의하여 만들어진 새로운 형을 신품종이라고 한다. 유사한 단어로는 품종개량이 있다. 품종개량은 넓은 의미로는 육종과 같은 뜻으로 사용되기도 하지만, 엄밀한 의미로는 현재의 식물이나 동물의 특성을 개량하는 것으로 육종의 한 분야로 취급된다.

육종을 통해 만들어진 우수한 신품종은 현재 사육되고 있는 품종에 비하여 종합적으로 우수성(優秀性)과 균등성(均等性)을 갖추어야 하며, 이러한 우수성과 균등성이 계속 유지되어야 한다. 이와 같은 특성을 갖춘 새로운 우수 품종을 만들기 위한 육종 단계로는 ① 대상종 및 목표로 하는 형질의 선택, ② 원하는 형질을 가진 계통의 생산, ③ 형질의 유용성을 평가하기 위한 해석 기술의 개발(최근에 개발되고 있는 다양한 방법 도입) 및 과학적인 평가, ④ 유용 계통의 생산 및 계대보존, ⑤ 생산된 계통에 대한 시장에서의 평가이다.

모든 생물은 자연 상태에서도 여러 종류의 변이를 나타내며, 이들 변이 중에는 환경의 영향에 의하여 일시적으로 나타나는 경우도 있고, 유전자의 차이에 의하여 나타나는 영속성 있는 변이도 있는데, 육종에 효과적으로 이용될 수 있는 변이는 유전에 기인된 변이로 유전변이만이 부모로부터 자손에 전달된다.

육종의 목표는 식물이나 동물의 생산성을 향상시키고 품질을 개선하여 생산자의 수익을 증대시킬 뿐만 아니라 인류생활에 공헌하는데 있다. 육종 목표의 설정 시에는 어떠한 형질을 개선하는가를 결정하고, 그 다음에는 어떠한 집단에서 실시하는 가를 정해야 한다. 그리고 최종적으로 어떤 방법(기술)으로 육종을 할 것인가를 선택해야 한다. 왜냐하면 육종을 하고자 하는 품종 및 형질에 따라 효과적인 육종 방법이 정해지기 때문이다.

따라서 최근에는 대상생물의 선정, 적합한 육종 기법 선택 및 추진, 효과성 및 경제성 파악 등 일련의 과정들이 체계적이고 과학적인 계획에 의해 진행되어야 하기 때문에 이러한 육종의 전 과정을 통틀어 육종프로그램이라 한다.

나. 육종 방법

1) 성전환

어류의 성은 크게 유전학적 성과 생리학적 성으로 나눌 수 있다. 유전학적 성은 각 어류의 정자와 난자가 수정할 때 성염색체 또는 성 유전자의 조합에 의해 결정된다. 생리학적 성은 성을 결정하는 유전인자의 조절 하에서 개체발생 시 생화학적 기작을 통해 형성되는 성이다.

넙치의 경우 성염색체가 없어 유전학적 성에 대한 연구가 미진하며, 단지 염색체 조작에 의하여 수컷 hetero(XY) type으로 추측된다. 그러나 최근에 유전학적인 성을 구별할 수 있는 마커(marker)가 개발되어 부화 자어 단계에서도 성을 구별할 수 있게 되었다. 그러나 어류에서는 환경 요인에 의해 유전학적인 성이 변하는 예가 있으며, 넙치에서도 부화 후 성분화 시기에 고온으로 사육하면 유전학적으로 암컷인 넙치가 수컷(pseudomale, 유전학적으로는 암컷이나 생식소는 정소를 가짐)으로 전환되는 현상이 나타나기도 한다.

어류의 생리학적 성을 조절하기 위해서는 환경적인 제어 외에 성호르몬을 처리하는 방법이 있다. 호르몬 처리 시에는 적절한 호르몬의 선택(남성호르몬 : 테스토스테론 등, 여성호르몬 : 에스트로겐 등), 호르몬 최초 처리 시기 및 기간(생식소의 성분화와 관련이 있음), 호르몬 처리 방법(경구 투여 및 침지 처리)에 대한 검토가 선행되어야 한다.

넙치에 있어 유전학적으로 암컷이지만 생리적으로 수컷인 개체(pseudomale)로 부터 얻은 정자를 이용하여 정상 난과 교배시키면 그 자손은 모두 암컷인 단성집단이 된다. 넙치는 암컷의 생산성이 높기 때문에 이와 같은 성전환 기법을 이용하여 전(全) 암컷 넙치 집단을 생산할 수 있다.

2) 잡종화

잡종 또는 잡종화는 우량 형질을 가진 서로 다른 2종간의 교배에 의해 단기간 내 유용 형질을 획득하여 잡종강세를 얻기 위한 것이다. 잡종 개체는 정자와 다른 종의 난자가 가진 유전물질을 인위적으로 교배시켜 생산된 개체를 말하는 것이다. 서로 다른 계통(재래종 잉어×이스라엘 잉어)간에 의해 생산된 개체는 엄밀한 의미에서는 잡종이 아니며 단지 서로 다른 계통간의 교배일 뿐이다.

최근의 잡종화는 인공수정을 시키기 전에 정자와 난자에 여러 가지 물리·화학적 처리를 하여 유전적으로 변형된 정자와 난자를 서로 교배시키거나, 수정 후 처리를 하여 유전물질을 변형시켜 산업적으로 우수한 형질을 얻는 연구를 수행하고 있다. 이에 따라 자성발생성 잡종, 웅성발생성 잡종, 잡종 3배체 및 잡종 4배체의 유도도 가능하다.

잡종의 경우, 유도된 형질은 부모로 사용된 2종의 중간형질을 나타내는 것이 일반적이다. 그러나 이는 절대적인 경향은 아니며 간혹 부모가 가지지 않는 새로운 잡종강세의 형질을 보이기도 한다. 또한 지금

까지 유도된 잡종은 몇 종을 제외하고 대부분 불임으로 알려져 있다. 일반적으로 잡종은 불임이나 생식 능력을 가지는 잡종도 있다.

3) 염색체공학

대부분의 어류와 패류의 경우 수정은 체외에서 일어나 염색체 수를 조작하는 것이 가능하다. 이와 같은 특성을 이용하면 반수체, 3배체 및 4배체의 생산이 가능하다. 염색체공학은 염색체의 반수체 또는 2배체를 넣어주거나 제거하는 조작 기법이다(그림 7-1, Arai, 2001).

염색체 조작은 암컷의 배란 후 정자와의 수정 이전에 난의 핵분열, 수정 이후의 극체 방출 억제 또는 제1난할 시 이들을 억제함으로써 가능하다. 수정란의 극체 방출 및 세포분열을 억제하기 위한 물리적 처리로는 저온처리, 고온처리 및 수압처리가 있으며, 화학적 처리로는약품처리 방법이 있다.

가) 3배체

수정란을 대상으로 수정 후 방출되는 제2극체(n)를 억제하여 3배체를 유도한다(그림 7-1).

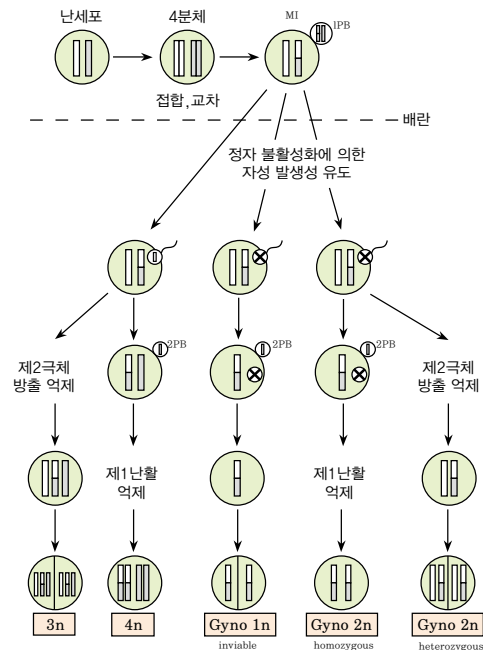


그림 7-1. 어류의 염색체 조작에 의한 3배체(3n), 4배체(4n) 및 자성발생성2배체(Gyno 2n)

유도 방법(1PB: 제1극체, 2PB: 제2극체, MI: 제1감수분열,
inviabile: 반수체로 생존 불가능, homozygous: 동형, heterozygous: 이형).

제2극체를 억제하는 방법으로는 저온자극, 고온자극, 화학약품 및 수압처리 등이 있다. 넙치의 경우 수정 2~3분 후 저온(1~2℃)으로 약 45분간 처리하면 제2극체 방출이 억제되어 3배체가 유도된다(김 등, 1994). 3배체는 일반적으로 불임이므로 생식소 발달에 필요한 에너지를 성장으로 이용할 수 있어 사료 효율이 좋아짐은 물론 정상2배체보다 성숙기 이후 빠른 성장을 보인다(그림 7-2, 한 등, 2013). 넙치 육상수조 양식의 경우 2~3년생 이상의 암컷은 생식소가 성숙은 하나 산란을 하지 못하고 폐사하는 개체가 종종 있다. 따라서 일부 양성업자들은 불임이 가능한 3배체 넙치의 필요성을 강조하는 경우도 있으나 현실적으로 3배체를 대량으로 처리하는 것은 쉬운 일이 아니다.

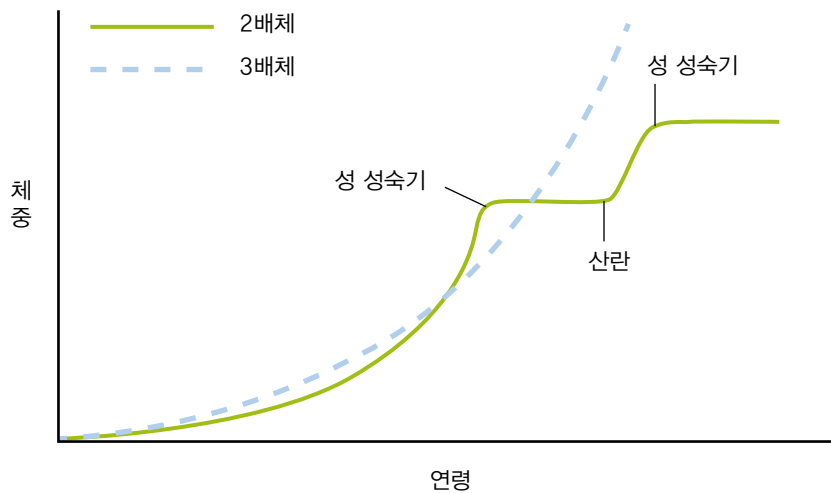


그림 7-2. 3배체 및 2배체 어류의 성장 곡선.

나) 4배체

정자(n)와 난자(n)를 수정시킨 후 2배체 수정란의 제1난할을 억제시켜 4배체를 유도할 수 있다(그림 7-1). 4배체 유도 방법은 수정 후 2세포 분열을 억제하여야 하는데, 억제 방법으로는 수압처리가 효과적이다. 4배체 유도는 일부 어류(담수) 및 패류(굴)에서 성공하였으나, 해산어류에서는 아직 성공한 예가 없다. 4배체가 필요한 이유 중 하나는 4배체와 정상2배체를 교배하여 3배체 생산을 쉽게 하기 위한 것이다.

다) 자성발생성2배체

알의 유전물질만으로 개체를 생산하는 방법이다. 자외선 조사를 통해 정자의 유전물질을 불활성화시킨 후 이들 정자와 정상 난을 수정시킨 알(반수체, n)을 대상으로 저온처리 및 수압처리를 하여 제2극체(n) 방출을 억제시키거나 또는 제1난할을 억제함으로써 2배체를 유도할 수 있다(그림 7-1). 이 방법의 산업적 장점은 넙치처럼 암컷이 동형접합(xx)이고 수컷보다 성장이 빨라 암컷의 비율을 높이고자 할 때 사용한다. 넙치에서 자성발생성2배체를 유도하기 위하여 주로 많이 사용하는 방법은 정자(가능한 타어종의

정자를 많이 이용)를 자외선으로 불활성화 시킨 후 이를 정자와 넵치 난을 인공수정(n)시킨다. 그 다음 수정 1~2분후에 저온(1~2℃)에서 45분간 처리하여 제2극체 방출을 억제시킴으로서 자성발생성2배체(2n)를 유도한다. 전암컷 넵치 2배체는 자성발생성 2배체 중 수컷(pseudomale)과 일반 넵치의 암컷과의 수정으로 유도가 가능하다(김 등, 1994).

라) 웅성발생성2배체

정자의 유전물질만으로 개체를 생산하는 방법이다. 이온화 또는 비이온화 방사선 등을 이용하여 난자의 유전물질을 불활성화 시킨다. 그 후 이들 난자를 정상 정자와 수정시킨 반수체 난(n)을 대상으로 제1난황을 억제하여 웅성발생성2배체를 만든다(그림 7-1). 이렇게 만들어진 2배체는 수컷의 성결정 양식이 이형 접합형(XY)일 경우 반수는 XX형인 암컷이 생산되며, 나머지는 YY형 수컷이 만들어진다. 주로 많이 사용하는 유도 방법은 먼저 자외선 등으로 난자를 불활성화 시킨 다음 정상 정자와의 인공수정으로 배수체(2n)를 유도한다. 웅성발생의 어려움은 이온화된 방사선이 난자의 유전자를 손상시켜 생존력을 감소시킨다는 점이다.

4) 유전자 이식

유전자 이식이란 유용 유전자를 생물체에 직접 이식하여 원래 그 생물체가 가지고 있지 않은 새로운 형질을 발현시키거나, 그 생물체가 가지고 있던 유용 형질을 증폭시켜 단기간에 많은 생산성 향상을 꾀하는 것이다. 대서양연어, 무지개송어 및 미꾸라지 등 담수어 중심으로 유전자 이식이 시도된 바 있다. 지금도 성장률 증가, 저온내성 향상, 질병 저항성 중심으로 많은 연구가 이루어지고 있다.

5) 선발육종

선발육종이란 유전이 가능한 변이 중 경제적으로 유용한 변이를 가진 집단을 대상으로 교배를 통하여 유전자 변이를 지속적으로 축적해 나가는 것이다. 대상형질로는 성장률, 질병에 대한 저항력, 사료 전환효율, 산란력, 육질, 성숙시기 등이 있다. 현대적 선발육종은 양적유전학과 최근 발달하고 있는 DNA marker 기술을 이용하여 개체간의 유전적 유연관계를 접목시킨 것이다.

현대적 선발육종(선발육종 이라 칭함)의 근본원리는 가장 우수한 형질을 가진 개체를 선발한 후 그들의 교배를 통해서 우량형질들을 계속해서 축적해 나가는 것이다. 이 때 각 개체의 양적 표현형(무게, 길이 등)을 1차적 근거로 하고 2차적으로는 그 개체와 교배 대상생물과의 유전적 유연관계를 고려하여 교배지침을 만든 후 교배시키는 방법이다. 만약 선택하기를 원하는 양적 형질이 유전학적 원리에 따라 유전이 된다면 다음 세대의 개체들은 그 이전 세대의 개체들이 보인 형질의 평균값보다 좋은 값을 나타내야 한다. 이러한 세대

간의 차이를 유전적 획득이라고 부르며 일반적으로 세대간 증가율은 10~15% 정도다. 이러한 증가율을 얻기 위해서는 아무리 좋은 양적형질을 가진 개체라도 그들의 유전적 유연관계를 고려하여 근친교배를 방지해야 장기간 육종 효과를 유지할 수 있다.

최근에는 유전자 지문(DNA fingerprint)을 이용한 친자확인법을 육종에 적극 이용하고 있다. 육종 효과를 검증하기 위해서는 환경적인 요인(수조, 수온, 밀도 등)을 동일하게 적용하기 때문에, 부화자어부터 가능한 동일한 환경 조건으로 관리해야 한다. 이럴 경우 가계 확인은 최근에 발달한 유전자 지문을 통한 친자확인으로 가능하다. 따라서 과거와는 달리 훨씬 많은 개체와 가계(family)를 한정된 수조에서 키울 수 있게 되었으며, 결과적으로 선택할 수 있는 개체의 수가 많아져 선발강도를 강하게 할 수 있다. 또한 각 개체에 대한 정확한 유전능력이 파악되므로 유전적 획득율도 이전의 방법보다 높아진다. 또한 고전적인 선발육종에서 가계별로 구분하기 위하여 물리적 표시에 소요되는 막대한 비용도 절감할 수 있다.

선발육종의 목적은 생물의 유전자를 조작하지 않고 부모 개체로부터 후손으로 유전자가 어떻게 전달되는지, 또 유전자가 표현형을 어떻게 발현시키는지 이해하여 대상생물이 가지고 있는 경제적인 형질을 개량하는 것이다.



Olive flounder





경영 분석

8. 경영 분석

www.nifs.go.kr

가. 넙치 양식업 비용 구조 분석

제주도의 경우, 총비용 중 사료비는 25~45%, 인건비는 10~20%, 전력비는 10~15%, 종묘 구입비(종묘크기 6~8cm)는 5~10% 였다(표 8-1). 표준어가의 비용구조를 보면 특징적인 것은 사료비를 비롯한 모든 비용항목에서 규모의 경제가 적용되고 있다. 즉 규모가 클수록 단위 수면적당 각각의 비용이 적게 소요된다(표 8-2).

표 8-1. 넙치 양성장의 표본어가 비용구조 분석

항목	연구*		연구**	
	원/평	비중(%)	원/평	비중(%)
종묘비	46,217	7.9	47,467	7.9
사료비	206,468	35.5	221,291	36.6
인건비	91,077	15.7	83,660	13.9
약품비	41,961	7.2	47,467	7.9
전력비	75,718	13.0	79,744	13.2
유류비	2,800	0.5	2,967	0.5
수선유지비	18,457	3.2	11,867	2.0
소모품비	3,818	0.7	1,187	0.2
주부식비	12,669	2.2	12,341	2.0
복리후생비	5,919	1.0	3,560	0.6
판매비	6,399	1.1	9,968	1.7
차량유지비	7,027	1.2	8,900	1.5
감가상각비	34,029	5.8	29,667	4.9
이지비용	15,190	2.6	27,293	4.5
잡비	13,994	2.4	16,613	2.8
합계	581,743	100	603,993	100

연구* : 넙치 양식표준지침서, 2006(국립수산물과학원)

연구** : 제주지역 넙치 양식업의 경영실태분석 및 경제성 분석, 2010(제주발전연구원)

표 8-2. 제주도 지역의 넙치 양성장 규모별 표준단가 추정을 위한 기본 값

항목	수면적 500평	수면적 1000평	수면적 1500평	수면적 2000평	수면적 2500평
종묘입식량(마리/평)	138.5	134.5	130.4	126.4	122.3
사료소비량(kg/평)	345.8	313	321.5	338.4	327.6
생산량(kg/평)	85.6	83.1	80.6	78.1	75.6
종묘단가(원/마리)	350	350	350	350	350
사료단가(원/kg)	610	610	610	610	610
판매단가(원/kg)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
소요인력(명)	2	5	7	9	11

나. 넙치 양식장 운영에 따른 비용 분석

1) 치어 크기와 양성 기간

입식 치어의 크기는 성장속도가 낮은 지역일수록 큰 것으로 나타났다. 특히, 동해안의 일부 양성장지의 입식 크기는 13~15 cm로 다른 지역의 입식 크기 6~8 cm 보다 큰 것으로 조사되었다. 이것은 동해안 지역의 넙치 성장률이 타지역에 비해 상대적으로 낮기 때문에 육성기간을 줄이기 위한 방법으로 큰 치어를 입식한 것이다. 동해안 지역은 종묘 입식 크기가 큼에도 불구하고 1.2 kg까지의 사육기간이 남해안에 비해 1~1.5개월, 제주도에 비해 2~3개월 더 소요된다. 한편, 제주도 지역은 1 kg 내외로 사육하여 판매할 경우 비용적인 측면에서 가장 효과적인 것으로 나타났다.

2) 성장률과 양성 기간

생존율은 양성 기간이 길수록 낮아지는 특성을 갖고 있다. 동해안 지역은 양식환경의 변동이 다른 지역에 비하여 커 양성기간이 길다. 남해안과 제주도의 생존율이 같다고 가정하면 1 kg까지의 사육 시 남해안이 제주도에 비해 1개월 더 소요된다. 따라서 제주지역의 경우 1 kg 내외로 사육하여 판매하는 것이 수익성에 중요하며, 동해안 지역은 생존율을 높여 1 kg 이상 키우는 것이 수익성 면에서 유리하다.

각 지역별로 넙치의 연간 성장 중량을 "연간 성장 중량=(성어 평균 출하 중량-치어 중량)÷성어 평균 사육

기간”으로 계산한 결과, 연간 성장 중량은 제주도 지역(779 g)이 가장 크고, 다음은 남해안 지역(658 g), 동해안 지역(평균 562 g) 순으로 나타났다. 연간 성장 중량의 표준편차를 보면 동해안이 가장 큰데, 이것은 수온 변동이 다른 지역보다 심하다는 것을 의미한다. 또한, 제주도와 남해안은 수온 변동이 동해안 보다 작으므로 양식장 수익성의 불확실성이 상대적으로 동해안 지역보다 적다.

3) 양식장 규모

양식장 규모별로 수익성을 비교해 보면 이익은 사육 규모 1,000~1,500평이 높고, 양식 비용은 1,500~2,000평이 낮다. 따라서 양식장의 수익성은 1,000~2,000평이 높고, 2,000평 이상은 상대적으로 낮다. 그 이유는 규모가 큰 경우(2,000평 이상)에는 관리의 효율성이 낮기 때문이고, 규모가 작은 경우(1,000평 이하) 고정비용 요소 때문인 것으로 판단된다.

다. 넙치 양성장의 수익성 분석

제주도 넙치 양성장의 투자수익률은 경영자가 수익을 창출하기 위하여 조달한 투자금액(또는 총자본)을 얼마나 효율적으로 이용하고 있는지를 나타내는 것으로, 투자수익률=영업이익÷{(기초투자액+기말투자액)÷2}×100으로 계산한다. 그 결과, 양성장 규모와 판매가격에 따라 투자수익률이 변한다. 제주도 지역의 경우 판매가격이 kg당 9,500원 이상만 되면 투자수익률이 적합한 것으로 나타났다. 규모별로 보면 판매가격이 9,000~10,000원에서는 2,000평 양성장의 투자수익률이 가장 높고, 500평 규모가 가장 낮았다. 판매가격이 8,000원 이하로 하락하면 500평 규모의 투자수익률이 급격히 하락하였다(표 8-3).

넙치 양식소득을 지역별로 보면 제주도가 다른 지역보다 소득이 높은 것으로 조사되었다. 500평 규모의 경우 판매가격이 kg당 9,000원이면 생계유지가 될 수 있으며, 7,000원으로 하락하면 적자가 발생하는 것으로 조사되었다. 2,000평 규모의 경우 판매가격이 kg당 8,000원이면 생계유지가 가능하며, 7,000원으로 하락하면 적자가 발생하는 것으로 조사되었다. 이상을 종합해 보면 사육장 규모에 따라 차이는 있지만 판매가격이 kg당 7,000원 이하이면 적자가 발생한다. 이를 근거로 우리나라 지역별 투자수익률을 분석한 결과, 제주도 지역이 가장 높고 다음은 남해안, 동해안 순으로 나타났다.

표 8-3. 제주도 지역의 넙치 양식 규모별 표준양식 소득 비교

(단위: 천원)

항목	양식장 수면적(평)	12,000원 판매	11,000원 판매	10,000원 판매	9,000원 판매	8,000원 판매	7,000원 판매
수익	500	513,558	470,762	427,965	385,169	342,372	299,576
	1,000	997,116	914,023	830,930	747,837	664,744	581,651
	1,500	1,450,674	1,329,785	1,208,895	1,088,006	967,116	846,227
	2,000	1,874,232	1,718,046	1,561,860	1,405,674	1,249,488	1,093,302
	2,500	2,267,790	2,078,808	1,889,825	1,700,843	1,511,860	1,322,878
원가	500	346,885	344,745	342,605	340,465	338,325	336,186
	1,000	646,096	641,941	637,787	633,632	629,477	625,323
	1,500	949,310	943,226	937,221	931,177	925,132	919,088
	2,000	1,175,434	1,167,625	1,159,815	1,152,006	1,144,197	1,136,388
	2,500	1,438,932	1,429,483	1,420,033	1,410,584	1,401,135	1,391,686
순이익	500	166,673	126,017	85,360	44,703	4,047	-36,610
	1,000	351,020	272,082	193,143	114,205	35,267	-43,672
	1,500	501,364	386,519	271,674	156,829	41,984	-72,861
	2,000	698,798	550,421	402,045	253,668	105,291	-43,086
	2,500	828,858	649,325	469,792	290,258	110,725	-68,809

참고자료-1 (제주도 지역 양성장 설문조사 결과 취합)

구분	내역	비고
양식장 면적	1,000평~4,000평	
수면적	650평~2,800평	
양수기 펌프	50마력~200마력	
에어블로와	20마력	
자가발전기	300KW~600KW	
산소발생기	30마력	
취수관 재질	PE	
취수관 직경	250 mm~600 mm	
사육수조 재질	콘크리트(대부분)	
사육수조 크기	치어 8×8 m, 양성어 10×10 m, 11×11 m, 12×12 m	
사육수조 모양	사각(모서리 각도 완화)	
사육수조 수량	30개~100개	
사육수조 높이	100 cm~130 cm(사육수심 40~80 cm)	
사육수조 중앙 배수관	200 mm~300 mm	
사육수조 내부 급수배관	250 mm(PVC)	
환수량	연중 20~24회전/일	
먹이공급 횟수	치어기 3회~4회(겨울 1회), 중간어 2회~3회(겨울 1회/2일) 성어 1회~2회(겨울 1회/2~3일)	
사육밀도	전장 5~10 cm 17,000~30,000마리 전장 15~20 cm 5,000~15,000마리 전장 30 cm 2,500~3,500마리 전장 40 cm~ 2,000~3,000마리 ※ 수조크기 10×10 m 기준	

구분	내역	비고
성장도	종묘 입식 후 6개월 250~500g 12개월 9000~1,100g 18개월 1,700~2,000g 24개월 2,200~3,000g ※ 종묘크기 6~8 cm 기준	
사육수온	15~23℃	
폐사율	종묘 입식 후 3개월 이내 10~18% 3~6개월 5~9% 6~12개월 2% 12~24개월 1% ※ 총폐사율 30% 기준	
계절별 폐사	봄 50~70% 여름 10~20% 가을 5~8% 겨울 2% ※ 총폐사율 100% 기준	
폐사원인 질병	스쿠티카, 비브리오, 트리코디나, VHS, 연쇄구균, 에드워드	
치료 방법	백신(200 g 이하), 경구투여 및 주사(성어), 약욕(수산용 포르말린, OTC)	

참고자료-2 (완도 지역 양성장 설문조사 결과 취합)

구분	내역	비고
양식장 면적	1200평~4300평	
수면적	900평~2800평	
양수기 펌프	100마력~200마력	
에어블로와	20마력	
자가발전기	400KW~600KW	
산소발생기	30마력	
취수관 재질	PE	
취수관 직경	250 mm~600 mm	
사육수조 재질	콘크리트(대부분)	
사육수조 크기	치어 8×8 m, 양성어 10×10 m, 12×12 m	
사육수조 모양	사각(모서리 각도 완화)	
사육수조 수량	30개~100개	
사육수조 높이	80 cm~100 cm(사육수심 50cm)	
사육수조 중앙 배수관	200 mm~300 mm	
사육수조 내부 급수배관	250 mm(PVC)	
환수량	연중 20~24회전/일	
먹이공급 횟수	치어기 2회~4회(겨울 1회), 중간어 2회~3회(겨울 1회/2일) 성어 1회~2회(겨울 1회/2~3일)	
사육밀도	전장 5~10 cm 10,000~30,000마리 전장 15~20 cm 8,000~15,000마리 전장 30 cm 1,500~3,500마리 전장 40 cm~ 1,000~2,000마리 ※ 수조크기 10×10 m 기준	

구분	내역	비고
성장도	종묘 입식 후 6개월 300~400g 12개월 550~1,000g 18개월 1,500~2,000g 24개월 2,500g ※ 종묘크기 6~7cm 기준	
사육수온	7~26℃	
폐사율	종묘 입식 후 3개월 이내 10~20% 3~6개월 5% 6~12개월 3% 12~24개월 2% ※ 총폐사율 30% 기준	
계절별 폐사	봄 40% 여름 20% 여름~가을 30% 가을~겨울 10% ※ 총폐사율 100% 기준	
폐사원인 질병	스쿠티카, 비브리오, 트리코디나, VHS, 연쇄구균, 에드워드	
치료 방법	백신(200g 이하), 경구투여 및 주사(성어), 약욕(수산용포르말린, OTC)	



Olive flounder





참고문헌

참고문헌

- 강종호 · 김영철 · 박수일 · 배승철 · 서종표 · 손맹현 · 신인수 · 유진형 · 이남수 · 정민민 · 한용옥 (2007)
 넙치 현장 가이드북, 비전 21 양식 포럼 : 1-245.
- 고봉현 · 강석규 (2010) 제주지역 넙치 양식업의 경영실태 및 경제성 분석, 제주발전연구원 : 1-86.
- 김경길 (1994) 넙치와 범가자미의 잡종에 대한 세포유전학적 및 분자생물학적 연구, 부산수산대학교
 박사학위논문 : 1-109.
- 김동수 · 정창화 · 이영돈 · 노섬 (1994) 3배체 넙치의 유도에 관한 연구, 한국양식학회지 7(1) : 55-61.
- 김성수 · 김대권 · 손팔원 · 이창훈 · 하동수 (2003) 제주도 연지하수 수질의 시공간적 변화, 한국양식학회지
 16(1) : 15-23.
- 민병서 (1987) 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 종묘생산에 관한 연구, 박사학위논문 : 1-175.
- 손맹현 외 (2006) 넙치 양식 표준 지침서, 국립수산물과학원 : 1-192.
- 정문기 (1977) 한국어도보, 일지사, 서울 : 210-218.
- 조영제 (2002) 생선회 100배 즐기기, 도서출판 한글, 부산 : 172-175.
- 한현섭 · 김경길 · 강정하(2013) 수산생물 선발육종 프로그램, 바이오사이언스, 서울 : 293-305.
- 栽培てびき(2012) ヒラメ, 山口縣水産部(社)山口縣栽培漁業公社 : 12-25.
- 竹内俊郎 (1998) ヒラメ稚稚魚の栄養要求, 水産廳 日本栽培漁業協會 : 1-23.
- 村田修(1997) 海水魚(ヒラメ), 恒星社厚生閣, 東京 : 83-109.
- 岩井 保 (1985) 水産脊椎動物學Ⅱ, 魚類, 恒星社厚生閣, 東京 : 1-336.
- 平野ルミ · 山本榮一 (1992) 鳥取水試報告 : 18-28.
- 隆島史夫 (1979) 魚類における体形異常の實驗的發症例, 水産増殖 4 : 183-190.
- 日本水産資源保護協會 (1985) 水産生物の生活史と生態(續) : 138p.
- 森 立成 · 草刈宗晴 · 三浦宏記 · 齊藤節雄 · 中島幹二 (1990) ヒラメ稚仔魚のワムシとアルテミアの給餌量
 について, 北水試年報 34 : 9-20.
- 小金隆之 · 塩澤 聰 (2007) 配合飼料の給餌開始サイズがヒラメ無眼側体色異常個体の出現状況に及ぼす影
 響, 栽培漁業センター技報 6 : 19-23.
- 安永義暢 (1971) ヒラメ稚仔の攝餌生態と成長, 東海水研研報 68 : 31-43.
- 安永義暢 (1975) ヒラメ卵稚仔の發生 · 生殘態に及關ぼす水温, 鹽分のについて, 東海水研 研報
 81 : 151-169.
- 安永義暢 · 興石裕一 (1980) ヒラメ増殖上の諸問題に關する基礎的研究. I. 低鹽分順化, 攝 餌および蠕
 集性について, 日水研研報 31 : 17-31.

- 落合 明 (1981) ヒラメの生態, 形態, 習性から食性まで. 養殖 18(3) : 48-51.
- 工藤敏博 外 (1983) 北部日本海 ブロツクたおけるヒラメ種苗生産技術の現況. 日本水産資源保護協會 : 1-110.
- 高橋邦夫・小倉大二郎 (1977) 昭51指定調査研究事業ヒラメ・かれい類種苗生産技術研究報告書. 青森水増 : 6-16.
- 高橋庸一 (1994) ヒラメ稚魚の無眼側の体色異常に及ぼす飼育密度と飼餌料の影響. Nippon Suisan Gakkaishi 60(5) : 593-598.
- 富山縣栽培漁業センター・富山縣水産試験場他 (1981) 昭55放流技術開発事業報告書(ヒラメ班) : 18-24.
- 山形縣栽培漁業センター他 (1983) 昭58放流技術開発事業報告書(ヒラメ班) : 23-27.
- 小田切譲二・池内 仁・奈良賢静・小倉大二郎 (1985) 昭和59年度青森水試事報 : 165-176.
- 佐蘇 守・吉中禮二・西中義裕・森本晴之・小島朝子・山本義和・池田静徳 (1986) 天然および養殖ヒラメ肉の營養成分の比較. 日本水産學會誌 52(6) : 1043-1047.
- Arai K (2001) Genetic improvement of aquaculture finfish species by chromosome manipulation techniques in Japan. Aquaculture 197 : 205-228.
- Kang DY, Kim HC (2012) Progression of blind-side hypermelanosis after metamorphosis in culture flounder, *Paralichthys olivaceus* J. World Aquaculture Society 43(6) : 848-857.
- Toshinori I, Naoshi M, Masato T, Masatomo T (2013) Progression of staining-type hypermelanosis on the blind side in normally metamorphosed juveniles and pigmentation progression in pseudoalbino juveniles of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* using individual identification. Fish Sci 79 : 787-797.
- Yamanome T, Amano M, Amiya N, Takahashi A (2007) Hypermelanosis on the blind side of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* is diminished by rearing in a white tank. Fisheries Science 73 : 466-468.



표준 매뉴얼

발행일	2016년 3월
발행인	국립수산물과학원장 강준석
저 자	김경길, 황형규, 김현철, 김강웅, 도정완, 정민환
편 집	김응오, 명정인, 이정용
감 수	최종길, 김광익, 박종수
발 행	국립수산물과학원 부산광역시 기장군 기장읍 기장해안로 216 Tel. 051-720-2114
디자인/인쇄	메이플디자인 Tel. 051-257-0302 http://mapledesign.blog.me
ISBN 979-11-953957-6-7 93520	