

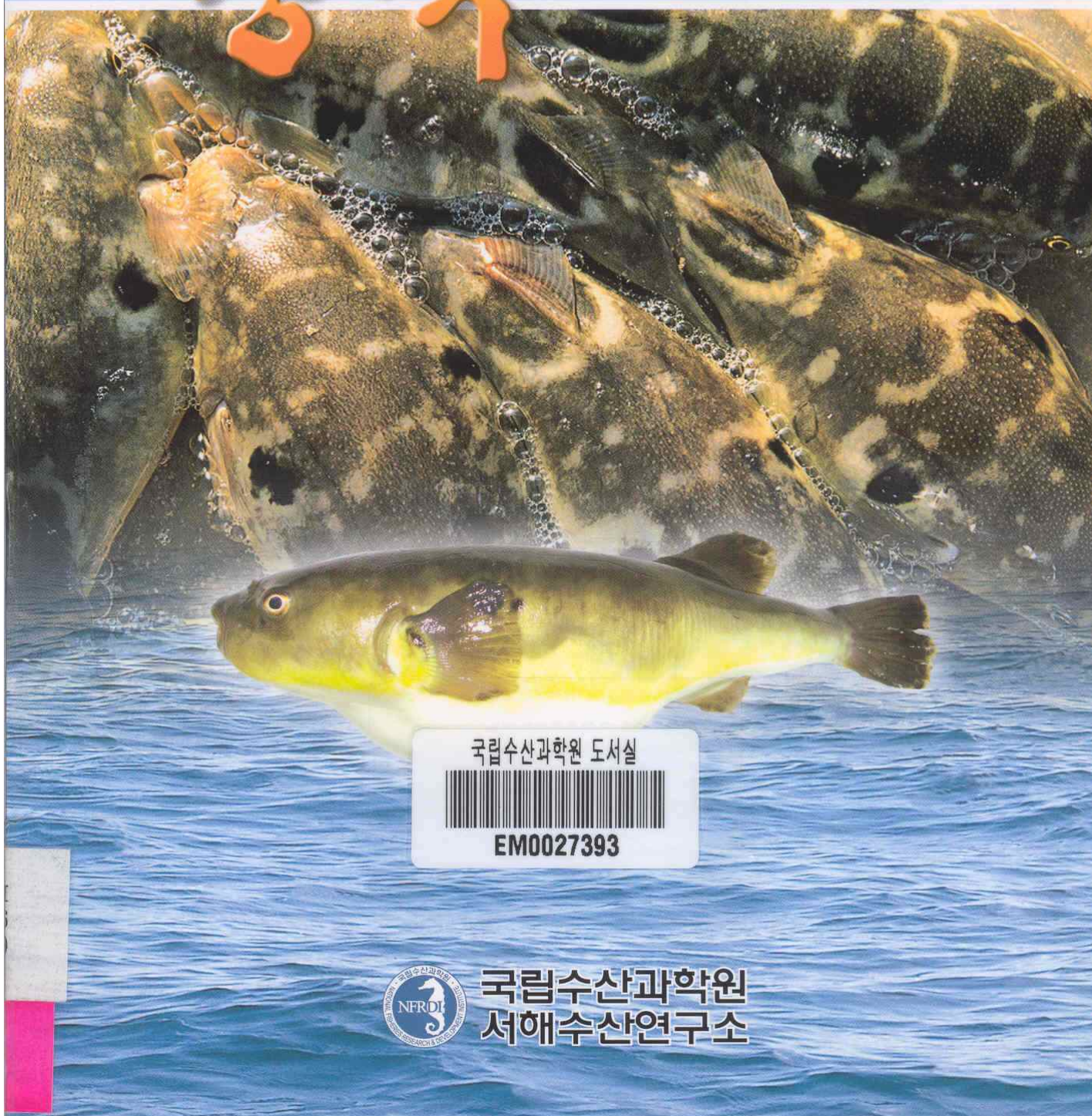
간행물발간등록번호

11-1520661-000002-01

과학원간행물번호

ED-2006-AQ-001

화부양식 매뉴얼



국립수산과학원 도서관



EM0027393



국립수산과학원
서해수산연구소

목 차

■ 제 1장 서 론	1
■ 제 2장 생물학적 특성	3
■ 제 3장 인공 종묘생산	9
■ 제 4장 조기 종묘생산	23
■ 제 5장 양식방법	29
■ 제 6장 영양요구와 사료	69
■ 제 7장 영양과 종합이용	73
■ 제 8장 질병과 치료 대책	83

〈중국의 복어양식 사례〉

■ 제 1장 인공 종묘생산	119
■ 제 2장 양식방법	133
■ 제 3장 월동기술	163
■ 제 4장 질병 예방	186
● 참고문헌	190

황복(*Takifugu obscurus*)은 복어목(Tetraodontiformes) 참복과(Tetraodontidae)의 어류로서 자주복, 참복 등과 더불어 복어류 중 최고급 어종에 속한다. 황복을 포함한 복어는 캐비어, 트뤼프, 푸아그라와 함께 세계 4대 진미식품의 하나로 꼽힐 만큼 맛이 뛰어나고 경제적 가치가 높은 수산생물이다.

황복은 영명으로 river puffer라고 하며, 중국에서는 강하구에 서식한다 하여 하둔(河豚)이라고도 불린다. 황복은 특히 맛과 육질이 뛰어나 중국 송나라 시인 소동파는 죽음과도 바꿀만한 가치가 있는 맛이라고 극찬하였으며, 최근 우리나라에서도 웰빙(well-being) 기호식품으로 점차 소비가 늘어나고 있다. 그러나 황복자원은 강이나 하천의 오염, 하구역의 제방이나 댐 시설 등으로 서식장과 산란장의 훼손이 심해지고 있어 산란을 위해 소상하는 어미황복이 현저히 줄어들고 있을 뿐만 아니라 무분별한 남획으로 자원이 더욱 줄어들고 있다.

황복은 1993년까지는 서해 중부의 금강 하구에서도 많이 어획되었지만 하구둑 설치 이후에는 거의 자취를 감추고 있으며, 현재는 경기도 김포, 인천 강화도, 임진강과 한강 지역에서만 일부 서식하는 보호어종이 되고 있다.

한편, 강화도 창후리에서는 수 년 전에 황복마을이 조성되어 많은 사람들이 찾아오지만 2004년에는 황복의 어획량이 급감하여 선금을 주고 예약을 하지 않으면 먹을 수 없을 정도이며 “대통령이 와도 없어서 못 쥐”라는 일화가 있다.

황복은 특이한 생태습성 때문에 산란기인 4~6월경에만 어획되어 애호가들에게는 봄에만 맛볼 수 있는 어종으로 알려져 있는데, 산란을 위해 강으로 올라오는 대부분의 어미들은 식용으로 잡히기 때문에 자원량이 더욱 감소하고 있을 뿐만 아니라 종묘생산용 어미를 구할 수

없을 정도로 급격히 줄어들고 있다. 이러한 이유로 최근에는 황복양식이 점차 확대되고 있으며, 생산량의 증가로 양식산 황복을 연중 먹을 수 있게 되었다.

황복은 넙치, 조피볼락, 숭어 등과는 비교할 수 없을 정도의 고급 어종으로서 우리나라뿐만 아니라 중국과 일본에서도 가장 값이 비싸고 경쟁력이 있는 고소득 양식 품종으로 평가받고 있다.

국내의 황복양식 연구는 1995년에 국립수산물과학원 보령수산종묘시험장과 한국해양연구원에서 연구를 시작한 이후 1996년에 국립수산물과학원에서 인공종묘생산 기술개발에 최초로 성공하였으며, 2000년부터는 인공종묘생산 및 양식에 대한 기술이 어업인에게 이전되어 산업화 양식에 성공을 거두고 있다. 이와 함께 황복자원 증가를 위한 종묘방류사업이 매년 김포, 강화 등의 지방자치단체와 어촌계를 중심으로 시행되어 자원을 회복시켜 나가고 있으며, 국립수산물과학원 서해수산연구소에서는 황복 양식산업화 기술개발을 성공적으로 추진 중에 있다.

황복은 자주복이나 참복과는 달리 염분에 대한 적응성이 매우 높아 해면은 물론 내수면에서도 양식할 수 있는 장점이 있다.

황복은 웰빙 수산물을 선호하는 국민의 식생활 개선으로 금후 소비량이 크게 증가할 것으로 예측되기 때문에 지속적인 양식기술개발로 생산성 및 경제성을 향상시켜 나갈 계획이다.

따라서 본 자료에서는 현재까지의 국내 황복 양식산업화 기술개발 결과와 중국의 양식기술 사례를 소개하며, 본 자료가 황복 인공종묘생산 및 양식에 관심있는 어업인들에게 다소나마 도움이 되길 바라고, 진보된 고품질 생산성향상 양식기술을 증보편으로 계속 제공하고자 한다.

1 형태적 특성

몸은 복어형으로 두툽고 둥글며 입은 작고, 이는 좌우로 각 2개가 밀착되어 새부리 모양을 하고 있다. 머리는 넓고 원통형이며, 눈앞에 있는 콧구멍은 2개로 짧으면서 융기되어 있고 눈동자와 등지느러미는 바깥쪽으로 나와 있다.

등지느러미 기조수는 17~19, 가슴지느러미 기조수는 16~17, 뒷지느러미 기조수는 15~17, 꼬리지느러미 기조수는 11, 척추골 수는 23~24 개이다.

황복의 빛깔은 등쪽이 짙은 회갈색이고, 선이나 점으로 된 백색의 가로띠가 여러 개 있는 개체도 있으며, 배부분과 뒷지느러미 기부는 미색 또는 흰색이다.

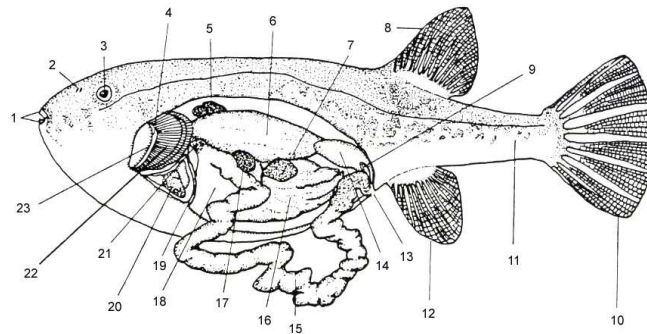


그림 2-1. 황복의 해부도

1. 이 2. 콧구멍 3. 눈 4. 새궁 5. 신장 6. 부레 7. 담낭 8. 등지느러미 9. 방광
10. 꼬리지느러미 11. 꼬리자루 12. 뒷지느러미 13. 항문 14. 생식선 15. 장 16. 간장
17. 비장 18. 위 19. 위복공융막 20. 심장 21. 식도활약근 22. 새변 23. 새파

가슴지느러미 상후방과 뒷지느러미 기저부에 커다란 검은색 반점이 있고, 가슴지느러미와 뒷지느러미는 등황색이며, 몸의 옆쪽에는 넓은 황

색띠가 입아래에서 꼬리자루까지 이어져 있다. 옆줄은 배쪽 분절이 뚜렷하여 꼬리자루에서 보면 2열을 육안으로 확인할 수 있다. 체장에 대한 백분비로서 체고는 26.4~32.8%, 두장은 30.9~33.8%, 등지느러미 기점까지의 거리는 70.4~75.0%이다. 황복의 내부형태는 그림 2-1과 같다.

2 생태적 특성

황복은 우리나라의 서해 연안(금강하구, 한강, 임진강)과 기수역, 동중국해 및 남중국해와 인접한 강하류에 분포하며, 우리나라와 중국의 황해로 유입되는 하천의 중·상류 지역까지 서식한다.

서식환경은 수온이 15~22℃이며, 어린 황복들은 바다로 내려가서 어미가 될 때까지 생활하다가 성장하면 산란을 위해 담수로 소상한다. 그러나 산란을 위해 강에 머무는 시간은 짧다.

성숙한 어미의 생물학적 최소형은 체장 17.0 cm, 체중 200 g이며, 산란기는 봄에 진달래꽃이 필 무렵인 4월 중순~6월 초순(수온 15~20℃)으로 산란을 위해 임진강, 한강, 만경강 등 서해안 하천으로 소상하는 독특한 산란생태를 가진다.

황복은 회유성 어종으로 성장과 생활은 주로 바다의 저층부근에서 서식한다. 산란장은 바닥에 자갈이 깔린 여울로, 물 흐름의 영향이 작은 곳이다. 산란 어미의 크기는 전장 30~40 cm, 체중은 0.6~1.5 kg 정도이다.

황복은 산란을 위해 강으로 올라가기 전인 4월 초순에 기수역에 머무르면서 조개류나 게류 등을 잡아먹어 체력을 보강한다. 황복은 야행성으로 이동시에는 주로 야간에 움직이며, 먹이를 먹거나 짝짓기 등도 야간에 이루어진다. 낮 동안에는 여울목의 모래에 몸을 붙이고 머물다가 오후 9시경부터 새벽녘 사이에 이동한다.

산란기에는 다소 붉은색으로 혼인색을 띄며, 암컷의 생식공이 붉게 변한다. 유영력이 약한 황복이 강의 상류까지 소상할 수 있는 것은 조류(밀물작용)에 따라 이동하기 때문이다.

어미의 산란습성은 산란기에 성숙한 수컷이 연안으로 접근하고 하천의 중류인 산란장에 먼저 도달하여 암컷을 기다리면 하류에서 완전히 성숙한 암컷이 강의 상류로 이동하여 모래나 자갈이 많은 강바닥에 산란하게 된다. 이때 수컷이 기다리다가 동시에 방정을 하여 수중에서 수정이 이루어진다. 산란을 마친 암컷은 강하류와 바다로 다시 내려가는 반면, 수컷은 여러 번의 방정을 위해 산란장에 머문다.

자연에서 부화 직후 황복의 새끼는 평균전장 3.1~3.4 mm이며, 부화 10일 후에 가슴지느러미가 생기고, 부화 18일 후(평균 7~8 mm)에 다른 지느러미도 형성되며, 체장 45 cm까지 성장하는 중형 복어류에 속한다.

일반적으로 황복의 식성은 잡식성이지만 어린시기에는 성어와 달리 부유동물과 소형치어를 잡아먹는다. 성어가 되면 동물성인 새우, 권패류(우렁이, 다슬기), 조개류, 곤충의 유충, 지각류와 식물성인 고등식물의 잎사귀 등 긴 모양의 조류 등을 먹는다.

3 습성

황복 등 복어류는 다른 어류에서 볼 수 없는 많은 특성들을 가지고 있다. 급히 채포하거나 공기 중에서 강한 자극을 주면 배를 부풀리고 강한 이로 물어뜯는 습성이 있으며, “꾸우 꾸우” 소리를 내기도 한다(그림 2-2,3). 또한 수중에서 적을 만나면 복부의 공기주머니(기낭)을 빠르게 팽창시켜 몸을 둥글게 만들어 수면에 뜨게 하고 동시에 피부에는 작은 가시를 세워 자신을 보호한다.



그림 2-2. 복부팽창 능력을 가진 치어



그림 2-3. 다른 개체에 의한 물림 현상

황복은 난소와 간장, 정소와 장, 담낭, 비장 등에 강한 독을 가지고 있으며, 독성은 청산가리의 10배 이상의 무서운 위력을 가지고 있다. 복어류의 독은 테트로도톡신(Tetrodotoxin, $C_6H_{31}N_{16}$)으로 불리며 요리를 할 때 매우 조심해야 한다.

복어류의 이는 봉합치로 되어 있어 스트레스를 받을 경우 동종(同種)의 몸체나 꼬리지느러미를 물어뜯거나, 양식어망 등을 손상시키는 등 양식하기에 까다로운 종이라 할 수 있다. 그러나 황복은 자주복과 참복 등 다른 복어류에 비해 온순하여 종묘생산 시기가 지나면 양성과정에서는 서로 물어뜯는 공식현상이 줄어든다.

자연에서 황복은 모래를 파고드는 습성이 있다. 복어는 항상 복부를 아래로 하여 해저에 앉아있는데, 신체를 좌우로 격렬하게 흔들며 모래에 묻히려 한다.

축제식 양식장에서는 꼬리지느러미를 못 바닥에 닿게 하여 머리를 못 벽에 기대고 반듯하게 누워 정지해 있다. 황복은 월동시 못 바닥의 작은 골에 나와 있는 낮은 구멍에 들어가 있으며, 구멍안에는 3~5마리의 황복이 숨어있는 경우가 있고 작은 개체는 1개의 구멍을 갖는 것도 있다.

동절기의 아침에 큰 하우스 천막 축제식 양식장에서 황복에게 먹이를 줄때 체표에 흙이 한겹 달라붙어 있는 것을 볼 수 있는데 이는 몸

을 흙속에 숨기고 있다가 나타나는 현상이다.

보통 어류는 눈꺼풀이 없어 눈을 개폐할 수 없다. 그러나 황복은 눈 주위에 피부褶이 있어서 이것을 카메라의 셔터와 같이 하여 눈을 천천히 개폐할 수 있어 눈을 감는 습성이 있으며, 몸을 흙속에 숨길 때 이런 광경을 관찰할 수 있다.

4 성장

자연상태에서 황복의 성장은 표 2-1과 같이 당년에 부화된 개체는 체중 약 40 g 정도로 자라며, 3년어가 되면 평균체중 478.9 g, 5년어는 900 g 이상으로 성장한다.

표 2-1. 자연산 황복의 성장(중국 상해수산연구소, 2002)

구 분	1년생	2년생	3년생	4년생	5년생
평균체장(cm)	9.8	18.1	23.4	27.6	29.4
평균체중(g)	39.9	225.8	478.9	763.1	915.2

5 번식

황복은 산란기에 생식소의 점유비율이 높아져 성숙개체는 어체중의 30%까지 생식소가 차지하며, 정소는 독이 거의 없다. 황복의 수컷 성숙년령은 2~3세, 암컷의 성숙년령은 3~4세이며, 수컷의 경우 성숙 최소 체장은 18.8 cm, 체중은 245 g이고, 체중 350 g 이상 개체에서는 모두 성숙한다. 암컷의 성숙 최소 체장은 19.6 cm, 체중은 340 g이며, 체중 450 g 이상에

서는 모두 성숙하여 수컷과 비교하여 성숙한 어미의 크기가 증가한다.

채란량은 체장 19.0~30.0 cm, 체중 343.0~982.5 g의 어미에서 평균 82~491천개이며, 체장에 대한 상대번식능력은 평균 418~1,687개/cm, 체중에 대한 상대번식능력은 240~499개/g 이다. 산란기 황복의 암·수 구별은 華元渝 등(1996)의 방법에 의하면 95% 이상 가능하다(표 2-2).

표 2-2. 황복의 암·수 외부형태 및 행동 특징(華元渝 등, 2002)

몸의 특징과 행동	암 컷	수 컷
가슴지느러미	첫 번째 기조가 평평하며 곧고, 지느러미 밑 겨드랑이는 짧고 좁다.	첫 번째 지느러미 기조는 약간 두꺼우며, 물결모양으로 구부러져 있고 지느러미 밑쪽 겨드랑이는 길고 넓다.
등지느러미	등지느러미 앞의 가장자리 각은 비교적 크고 아랫부분과 반대편의 끝선은 가파르고 곧다.	등지느러미 앞의 가장자리 각은 비교적 작고 등지느러미 밑부분 맞은편의 끝선은 약간 호형이다.
뒷지느러미	기부 맞은편의 가장자리 선은 대략 굽은 호형을 보인다.	기부 맞은편의 가장자리 선은 비교적 가파르다.
주름대간 거리	등지느러미 앞쪽으로 담색의 주름거리가 동일하다.	등지느러미 앞쪽으로 담색의 주름거리가 같지 않다.
가슴지느러미 위쪽의 흑반	두 개의 검은 무늬 사이에 흑반이 있다.	두 번째 검은 무늬 선 옆에 흑반이 있다.
등지느러미 기부의 흑반	넓고 짧다.	좁고 길다.
꼬리지느러미 기부의 옅은색 원반	편평하고 매끄러우며, 돌출감이 없다.	원반아래는 들어갔고 검은점위는 불룩하다.
생식공	비교적 크고 약간 국화형이다.	비교적 작고, 약간 타원형이다.
유영행동	유영이 느리고 가슴지느러미 운동이 느리며, 부채질하는 모양이다.	유영이 빠르고 가슴지느러미 움직임이 비교적 빠르며, 소용돌이 형상이다.
휴식행동	등지느러미는 한쪽 편으로 약 45°경사졌는데, 보통 오른쪽을 향한다. 가슴지느러미 상부는 약간 몸 밖으로 35~45°늘어져 있다. 배지느러미는 약 1/3 정도 나와 있다.	등지느러미는 한쪽 편으로 약 15°가량 경사진 상태이며 곧게 서 있다. 가슴지느러미 상부는 몸에 바짝 붙어있다. 배지느러미는 약 1/2 정도 나와 있다.

황복의 인공 종묘생산은 산란기에 양질의 수정란을 안정적으로 확보하는데 성공 여부가 달려있다. 현재 종묘생산은 성숙한 자연산 어미를 구해 채란하거나 HCG 등의 호르몬제를 주사하여 배란을 유도하는 방법으로 채란하고 있다.

황복은 일반 어류의 종묘생산과 달리 수정 후 점착력이 강해지는데 수정란의 점성이 높을수록 수정율과 부화율이 높아진다. 또한 초기 성장에는 일정한 염분농도와 온도범위가 필요하다.

1 어미 확보

우리나라의 연안에서 산란기에 어획되는 황복은 해마다 기상상황에 따라 풍흉이 심해 소상량에 차이가 있다. 채란용 어미는 산란을 위해 강으로 올라오는 시기에 삼각망 등으로 어획된 개체 중 체표에 상처가 없고 눈에 백탁 또는 눈이 함몰되지 않은 복부가 팽만한 어미를 선택하는 것이 중요하다(그림 3-1).

특히 연안에서 어획된 어미보다는 한강이나 임진강에서 그물을 놓아 몇 시간이 안되어 어획된 어미를 확보하는 것이 좋다. 어미는 어획장소에서 즉시 채란하거나 종묘생산장으로 옮겨 채란하는데, 활어차로 안전하게 수송하여 1일 동안 담수에 안정시킨 후 채란하거나 호르몬을 주사하여 채란할 수도 있다.

인공수정시 암수 비율은 약 2:1 정도가 적당하다. 자연상태에서 산란이 임박한 어미를 장시간 수송하면 스트레스로 인해 과숙 또는 난질이 나빠져 채란이 되었더라도 수정 후 발생이 진행되지 않는 경우가 많다. 그러나 약간 미성숙한 어미에 호르몬을 처리하는 경우에는

양질의 난을 많이 얻을 수 있는 장점이 있다.

2005년도의 경우, 산란을 위해 임신강으로 소상하는 어미의 체중은 암컷의 경우 대부분 1,000 g 전후였으며, 수컷은 500 g 전후로 암컷의 체중이 수컷에 비해 큰 것으로 나타났다.

2 배란유도

자연산 황복어미를 구입한 후 인간의 태반성 성선자극 호르몬 (human chorionic gonadotropin, HCG)을 복강에 주사하여 쉽게 배란을 유도할 수 있다(그림 3-2).

배란유도에 가장 적합한 HCG의 농도는 어체중 kg당 1,000 IU이다. HCG를 500 IU씩 2일에 걸쳐 복강에 주사하면 어체의 상태에 따라 2~4일 후에는 생식공이 약간 돌출되어 채란할 수 있다(장 등, 1996).

난의 과숙을 방지하기 위해 1일에 2회 정도는 복부를 만져보면서 성숙상태를 확인하여야 한다. 수컷의 대부분은 호르몬을 처리하지 않아도 채정이 가능하며 호르몬 처리를 하면 양질의 정액을 다량 얻을 수 있다.



그림 3-1. 채란용 자연산 황복어미



그림 3-2. 복강에 호르몬 주사 광경

3 채란 · 채정 및 수정란 관리

채란은 복부를 머리쪽에서 생식공쪽으로 가볍게 쓸어내리듯이 압박할 경우 양질의 알은 미백색으로 약간 빠듯하게 배출되며, 유리판에서는 점착력이 매우 강해진다. 그러나 알의 색이 진한 노란색으로 동그랗고 줄줄 나오면 과숙인 경우가 많다.

채란은 직경이 30~40 cm되는 깨끗한 플라스틱 용기에 알의 부착을 방지하기 위해 바세린을 바른 후 실시하고(그림 3-3), 즉시 수컷의 복부를 압박하여 정액을 첨가(그림 3-4)한 다음, 부드러운 붓으로 가볍고 고르게 섞은 후 약 2~3분간 방치하여 수정시킨다(그림 3-5). 이후 300 μ m 나일론 메쉬로 만든 세란망지(직경 20 cm)에 부은 후 여과한 깨끗한 담수로 남아있는 정액을 3~4회 깨끗하게 세척한다(그림 3-6).

세란(洗卵)된 알은 플라스틱 용기에 담고 여과수를 주입한 후 유리판 위에 골고루 뿌린다. 이때 알의 밀도가 너무 높으면 수생균이 발생하여 폐사량이 증가하므로 겹치지 않을 정도로 적절히 뿌린다(그림 3-7). 예를 들면 30×120 cm의 유리판에는 약 2만개의 알을 부착시키는 것이 적당하며, 유리판은 양쪽 모두에 붙일 수 있다.

황복의 알은 습중량 기준으로 1 g에 약 600개(자주복과 비슷)이므로 채란된 알의 무게를 측정하여 알의 수를 계수할 수 있다. 알 관리는 유리판 5장, 즉 10만개의 알을 2톤 수조에 수용하고 1일에 약 2회전 이 되게 사육수를 공급하면 수생균은 발생하지 않는다.



그림 3-3. 황복의 채란



그림 3-4. 황복의 채정

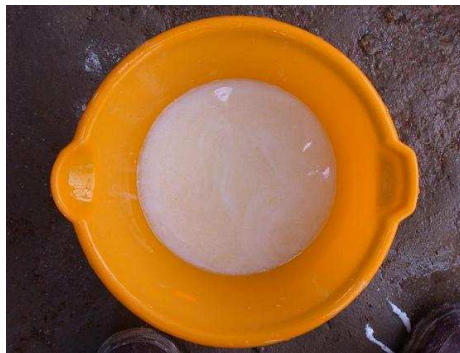


그림 3-5. 황복의 수정



그림 3-6. 황복 수정란의 세란

수생균은 사육수가 적게 공급되고 알의 수가 많을 경우에 발생하므로 유리판을 꺼내어 깨끗하게 여과된 담수를 위에서 흘려주면 사란(死卵)이나 수생균이 생긴 알을 쉽게 제거하여 부화율을 높일 수 있다. 또한 염분이 4~5%인 지하수를 이용하여 부화하면 수생균의 발생을 방지할 수 있다. 그리고 유리판은 매일 부화 정도를 확인하여 빨리 제거해 주는 것이 수질관리에 도움이 된다.



그림 3-7. 수정란의 유리판 부착

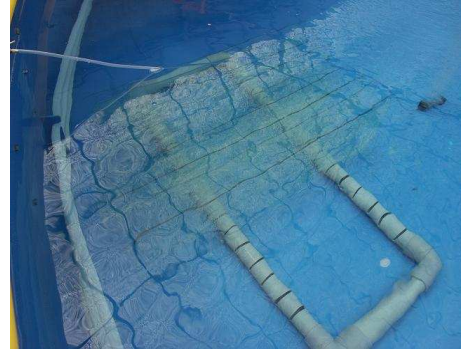


그림 3-8. 수정란 부화관리



그림 3-9. 원추형 부화기



그림 3-10. 원통형 부화기(알테미아 부화기)



그림 3-11. 간이 부화기



그림 3-12. 사각형 부화수조

수정란의 부화방법은 대부분 유리판에 부착시켜 부화하는 방법과 원추형 부화기(그림 3-9)나 알테미아 부화기에서 알과 깨끗한 담수를 주입하여 강하게 포기(曝氣)시키는 방법(그림 3-10)이다. 이 방법을 사용하면 좁은 공간에서도 많은 양의 알을 부화시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 부화가 임박한 시기에는 포기를 약하게 하여 부화자어들이 스트레스를 받지 않도록 하여야만 생존율을 높일 수 있다.

그리고 부화시 조도는 차광막 등을 이용하여 1,000 Lux 정도로 낮게 유지해야 하며 직사광선이 쬐는 것을 피해야 한다. 최근에는 양식 어가에서 관리가 쉬운 다양한 부화기를 제작하여 사용하고 있다(그림 3-8,11,12).

4 난 발생

성숙난은 난경이 1.28~1.40 mm (평균 1.35 mm, n=100)의 구형으로 유백색을 띠며 작고 많은 유구를 포함하고 있다. 배란된 난은 분리침성란으로 물질에 따라 부착강도가 다르나 유리재질에는 매우 강한 점착력을 갖는다. 난 발생과정은 형태학적 특징에 따라 융합기, 난할기, 포배기, 낭배기, 체절형성기, 인두형성기, 부화기 등 7가지의 범주로 나눌 수 있다(그림 3-13, 표 3-1).

수온 17.0±1.0℃에서 수정 후 260~280시간에는 근육운동과 함께 꼬리부분이 난막을 뚫고 돌출하면서 부화가 시작되며, 부화 직후 자어는 전장이 3.00~3.54 mm (평균 3.25 mm, n=30)로 입은 열리지 않고, 항문은 몸통 중앙의 난황 말단에 위치하고 있다(그림 3-13).

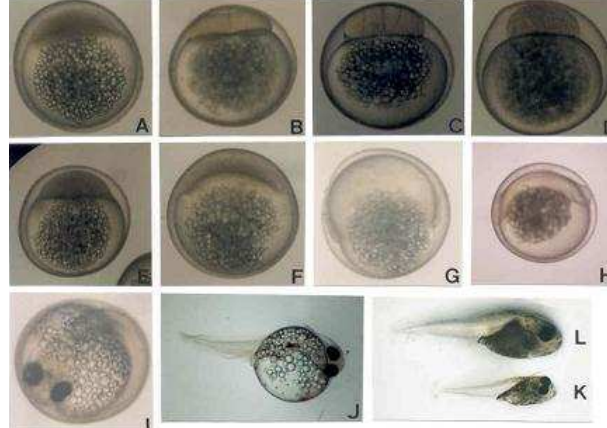


그림 3-13. 황복의 난발생 및 자치어 발달의 형태적 특징(강, 2005)

A. 배반 형성 B. 2세포기 C. 16세포기, D. 포배기(128-cell) E. 포배기 (256-cell),
F. 포배기 (dome) G. 낭배기 (60% epiboly), H. 낭배기 (bud) I. 인두형성기, J.
부화자어, 전장 3.20~3.67 mm K. 부화 후 7일된 후기자어, 전장 4.02~4.41 mm
L. 부화 후 19일된 후기자어, 전장 6.87~7.23 mm

표 3-1. 황복 난발생 과정의 주요 특징($17 \pm 0.5^\circ\text{C}$; 강, 2005)

발생단계	형태적 특징	수정 후 소요시간
융 합 기	○ 세포질이 동물극쪽으로 이동	30분
	○ 배반 형성	60분
난 할 기	○ 제 1분열(2세포기)	6시간 30분
	○ 64세포기	11시간 30분
포 배 기	○ 128세포기	12시간 30분
	○ 포배고도기	20시간 30분
낭 배 기	○ 동물극과 식물극의 비율이 60%를 점유하는 외포기 도달	32시간
	○ 아체형성(뇌와 꼬리 기원)	49시간
체절형성기	○ 4체절 형성	55시간
	○ 7체절, 원시안포, Kupffer세포 형성	67시간
	○ 25~26 체절 형성, 약한 운동성	124시간
인두형성기	○ 눈에 색소 출현, 심장 형성, 혈액 순환	137시간
	○ 눈과 두부에 색소가 뚜렷, 등·가슴·꼬리 지느러미 형태 출현	240시간
부 화 기	○ 근육운동과 함께 꼬리부분이 난막을 뚫고 부화	260~280시간

5 부화에 미치는 염분 및 수온의 영향

부화에 미치는 염분의 영향은 염분이 낮을수록 난발생 및 부화 후의 활력이 좋았다. 실험 결과 20 ‰ 이상에서는 발생이 진행되지 않으며, 15 ‰에서는 발생은 진행되나 부화 후 폐사율이 높았다. 10 ‰ 이하에서는 발생과 부화가 양호하였으나 담수에 비해 부화율이 저조하고 활력상태가 떨어져 수정란의 부화에는 담수를 사용하는 것이 가장 좋다.

수온별 부화시간은 17.0℃에서 280~384시간, 22.0℃에서 190~203시간, 25.0℃에서 165~178시간으로 수온이 높을수록 부화에 소요되는 시간이 짧았다. 그러나 부화율은 17.0℃에서 95%, 22.0℃에서 90%, 25℃에서 82%로 나타나 17.0℃ 전후에서 부화율이 높았다.

6 자치어의 형태발달

부화 후 1일째에 자어의 전장은 3.20~3.67 mm (평균 3.41 mm, n=30)에 달하고 유영동작은 부화 직후 보다 활발하였다. 부화 후 2일째에는 입과 항문이 열리고 점차 난황이 흡수되면서 유구의 수가 점차 감소하였다.

5일째에는 전장이 3.89~4.23 mm (평균 4.07 mm)로 유영동작은 매우 활발하며 가슴지느러미 윤곽이 뚜렷이 나타나고 먹이를 찾기 위한 동작이 반복되었다.

7일째에는 전장이 4.02~4.41 mm (평균 4.32 mm)에 달하며 난황이 완전히 흡수되고 로티퍼(윤충)를 먹기 시작하였다. 15일째에는 전장이 5.37~5.98 mm (평균 5.67 mm)로 로티퍼와 알테미아 유생에 대한 섭식활동이 활발하고 소화기관에는 이들 동물플랑크톤을 먹은 흔적이 뚜렷

하게 나타났다. 두정부(頭頂部)와 몸통부분이 더욱 더 착색되었고 꼬리, 가슴, 배 및 등지느러미 등이 완전한 형태로 분화되었다. 19일째에는 전장이 6.87~7.23 mm (평균 5.41 mm)에 달했다(그림 3-13).

부화 30일경 이후에는 자어가 외부로부터 스트레스나 공격을 받을 때 순간적으로 몸을 2~3배 부풀리는 복어류의 독특한 특징이 나타났다.

부화 후 60일경에는 완전한 형태의 치어가 되는데 전장은 23.54~30.12 mm (평균 28.04 mm)에 달하며 성체와 비슷한 특징을 나타낸다.

7 자치어 사육

가 해수 적응능력

알에서 갓 부화된 자어의 해수 적응능력을 알아보기 위해 경과시간 별로 해수에 넣었을 때의 실험결과는 부화 후 1시간이 경과된 자어의 생존율은 77.5%이었으며, 부화 12시간 후에는 82.5%, 24시간 후에는 92.5%, 그리고 부화 36시간 이후 해수에 수용할 경우 생존율이 95% 이상으로 나타났다.

이러한 결과를 토대로 난황이 흡수되기 이전인 전기자치어 사육시에는 담수량이 풍부하면 그대로 유지하지만 담수가 부족한 경우에는 부화 후 3일이 경과한 후에 10% 정도의 염분을 유지하며, 로티퍼가 공급되는 5일 후에는 로티퍼의 생존을 위하여 약 20%를 유지시켜 주는 것이 좋을 것이다.

난황이 흡수된 후기자치어의 해수적응 실험에서는 기수에서 생존율과 성장이 양호하였으나 완전 담수와 해수에서는 생존율이 낮았으며 성장도 다소 부진하였다.

나 수온의 영향

일령 15일된 후기자어를 이용하여 고수온에 대한 내성과 종묘생산 시기에 적정 사육수온을 구명하기 위하여 수온별로 65일째까지 50일간 사육한 결과, 최종 성장은 26℃ 실험구에서 전장 41.4 mm로 가장 양호하였으나, 17℃ 실험구에서 전장 9.5 mm로 성장이 거의 이루어지지 않았다(그림 3-14). 20℃와 23℃ 실험구에서는 각각 27.5 mm와 31.3 mm로 비교적 양호한 성장을 보였다.

최종 생존율은 20℃ 실험구에서 64.7%로 가장 양호하였으며, 29℃에서는 5일만에 전량 폐사하였다(그림 3-15). 23℃ 실험구에서는 51.3%, 26℃ 실험구에서는 32.5%로 나타났으며, 17℃ 실험구에서는 27.3%로 가장 낮았다.

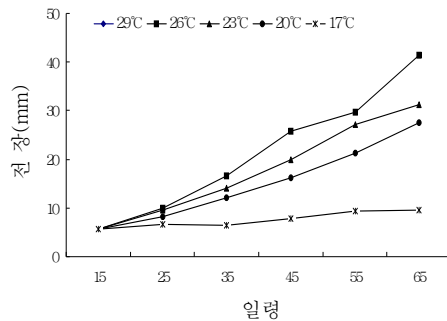


그림 3-14. 황복 후기자어의 사육수온별 성장

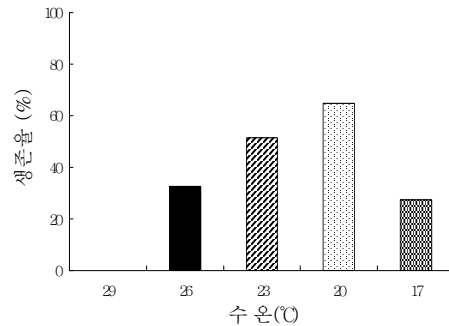


그림 3-15. 황복 후기자어의 사육 수온별 생존율

따라서 일령 20일경 종묘생산 과정에서 황복 자치어를 사육할 때의 수온은 23℃ 전후가 적당하였다. 그러나 황복의 자치어는 성장하면서 고수온에 대한 적응력이 강하고 성장이 빨라 그 이후에는 25℃ 전후로 조절하는 것이 좋다.

다 염분의 영향

성장 단계별로 먹이계열을 달리하면서 황복 자치어의 성장과 생존에 미치는 사육 염분의 영향을 파악하기 위한 목적으로 Stage 1의 경우, 실험어는 부화 15일된 자어(전장 5.8 ± 0.4 mm)를 15일간 알테미아 부화유생과 물벼룩을 공급하였다.

Stage 2의 경우, 실험어는 부화 36일된 치어(전장 12.0 ± 0.2 mm)를 30일간 알테미아 유생과 물벼룩, 모기유충을 공급하였다. Stage 3의 경우, 실험어는 부화 70일된 치어(전장 44.5 ± 0.7 mm)를 30일간 넙치용 배합사료를 공급하면서 사육하였다. 염분농도는 0(담수), 10, 20, 30 ‰(해수)의 4개구로 설정하였다.

실험 결과, Stage 1의 경우 성장에 있어서는 염분별로 뚜렷한 차이를 찾아 볼 수 없었으나, 생존율은 10~20 ‰에서 87.3~89.3%로 높게 나타났다. 또한 Stage 2에서는 성장과 생존율 모두 10~20 ‰에서 70% 이상으로 양호하였으며, Stage 3에서는 0~30 ‰의 모든 염분 조건에서 정상적인 성장과 생존율을 나타내었다.

위의 결과로서, 황복의 종묘생산시 완전한 담수 또는 해수보다는 기수역의 염분농도를 유지하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

라 먹이별 적정 공급 시기

황복 종묘생산시 성장단계별로 공급해야 할 먹이종류는 표 3-2와 같다.

알테미아 유생은 빨리 공급할수록 생존율과 성장이 빨라지므로 최소한 부화 후 13일 이전부터 공급하는 것이 좋다. 배합사료는 자치어가 10 mm 이상일 때 공급하고 배합사료에 길들이기 위해서는 20일령부터 소량씩 공급하는 것이 좋다.

표 3-2. 황복 자치어의 성장단계별 먹이계열(강, 2005)

먹이종류	경과일수	공급량(개체/ml)	횟수(일)	비 고
클로렐라	부화후 1~10일	50만 cells	1	
로 티 퍼	부화후 5~20일	1~10	1~2	클로렐라 배양
알테미아 유생	부화후 10~35일	0.5~2	1~2	부화유생
배합사료	부화후 20일~	적정량	4~7	
물 벼 룩	부화후 20일~	적정량	2~3	
실지렁이	부화후 40일~	적정량	1~2	항생제 처리

황복은 전장 10 mm 이상으로 성장하면서부터 공식으로 인한 피해가 크게 나타난다. 특히 먹이가 알테미아 유생에서 배합사료로 전환되는 과정에서 공식으로 인해 생존율이 떨어지는 경우가 많다. 따라서 황복 종묘생산시에 공식현상을 줄이고, 생존율을 높이기 위해서는 알테미아 유생 공급 이후의 먹이생물이 필요한데 물벼룩이나 실지렁이를 공급하는 방법이 있다(표 3-2).

마 공식방지 먹이생물

황복 자치어의 성장과 생존에 미치는 공식방지 먹이를 구명하고자 공식이 발생하는 시기인 부화 후 25일된 자어(전장 8.7 ± 0.1 mm)를 대상으로 30일간 사육시험을 실시하였다.

먹이종류는 대조구는 알테미아 유생만을 단독 공급하였으며, 실험구는 실지렁이, 물벼룩, 곤쟁이, 바지락, 배합사료를 알테미아 유생과 혼합하여 공급하였다. 성장은 실험종료시 배합사료 공급구가 전장 27.6 ± 0.5 mm으로 가장 양호한 성장을 보였으며, 다음으로 실지렁이 > 물벼룩 > 알테미아유생 > 바지락 > 곤쟁이 순으로 성장 차이가 나타났다.

생존율의 경우 실험종료시에 물벼룩 > 곤쟁이 > 바지락 > 실지렁이 > 알테미아 유생 > 배합사료 순으로 물벼룩 공급구가 58.5%로 다른 시험구에 비해 높았으며, 배합사료 공급구는 41.5%로서 가장 낮은 생존율을 보였다.

본 실험결과, 황복 종묘생산시 생산성을 고려할 때 공식방지에 물벼룩이 가장 우수한 것으로 보이며, 목적(目測)으로도 물벼룩구의 자치어가 섭식행동이 가장 왕성하였으며, 그로 인하여 충분한 영양섭취가 가능하였고, 상대적으로 낮은 공식율을 유도한 것으로 보인다. 그러므로 황복 후기자어기 사육에 있어 알테미아 유생과 더불어 물벼룩의 혼합 공급은 충분한 영양원 공급으로 개체간 공식을 예방하여 자어의 성장과 생존에 양호한 효과를 나타낼 수 있을 것이다.

따라서 물벼룩은 그 수집이나 대량배양 기술만 확립된다면, 황복 종묘생산시 공식방지를 위한 좋은 먹이생물로 활용이 가능하다. 또한 종묘생산과정 중에 공식을 방지하는 방법으로 축제식의 사육수를 이용하거나 식물플랑크톤을 번식시켜 투명도를 낮게 하면 공식현상을 줄일 수 있다.

바 적정 사육 유수량

황복 종묘생산시 유수량별 성장은 8회전/일 실험구가 실험개시시 평균전장 19.31 mm에서 실험종료시 51.25 mm로 증가하여 일간 성장율은 5.62%로 가장 양호하였다. 10회전/일 실험구는 50.79 mm로 증가하여 일간 성장율은 5.51%였으며, 2~4회전/일 실험구는 평균전장이 각각 44.35 mm, 49.17 mm로 증가하여 일간 성장율이 각각 5.27%, 5.25%로 낮았다.

유수량에 따른 생존율은 실험종료시에 6~8회전/일 실험구가 각각 69.4%, 70.8%로 양호하게 나타났으며, 2~4회전/일 실험구가 62.6~ 64.3%로 저조하였다. 따라서 황복 종묘생산시의 유수량은 8회전/일 전후가 가장 적당하였다.

사 적정 사육밀도

일반적으로 어류는 밀도가 높으면 성장과 생존이 느리고 밀도가 낮으면 성장과 생존에서 양호하다. 그러나 적정 사육밀도보다 매우 낮으면 먹이에 대한 경쟁이 없어서 성장이 느린 경우도 있다.

황복은 복어류 고유특성인 상호 공식현상 때문에 다른 어류에 비하여 사육밀도가 대단히 중요하다. 특히 종묘생산 시기에는 공식현상이 뚜렷하게 증가하는데 밀도가 높을 경우에는 먹이가 충분하더라도 공식으로 인한 폐사량이 증가한다.

초기자어의 적정 사육밀도는 대략 10,000마리/m³, 전장 3 cm 일때 1,000~1,500마리/m³ 전장 5 cm 일때 500~600마리/m³ 정도가 적당하다.

아 선 별

황복의 공식현상은 사육밀도가 높거나 먹이가 부족한 경우 이외에도 자치어의 성장 차이가 크면 더욱 심하게 발생한다. 먹이를 잘 먹고 건강한 황복의 자치어는 수조 가장자리에서 유영하지만 먹이를 먹지 못하고 큰 개체에 물린 작은 개체는 수조의 중앙부에서 힘없이 유영하다가 폐사한다.

그러나 이러한 개체만을 선별하여 다른 사육수조에 수용하여 관리할 경우 며칠 후 건강한 개체로 성장할 수 있다. 그러므로 자치어의 선별은 자주하는 것이 좋다.

선별할 때 주의사항은 자치어에게 스트레스를 최소화하고 상처를 입히지 않는 방법을 사용하여야 하는데 배를 부풀리기 전에 빠르게 실시하여야 한다. 그리고 항상 물과 함께 운반하고 선별 후에는 반드시 항생제로 약욕하여 외상에 의한 질병발생을 막아야 한다.

조기(早期) 종묘생산

황복 어미는 자연산란기에만 국한되어 어획되며, 어획량이 해가 갈수록 급감하고 있어 양식산 친어 및 자연산 친어의 사육을 통한 인공 종묘생산 기술이 절실히 필요하다. 특히 황복양식에 있어 조기 종묘생산은 고수온기의 초기성장을 극대화시켜 상품출하 기간을 크게 단축시킬 수 있는 방법으로 자연산란기 보다 약 2개월 빠른 조기 종묘생산 방법을 소개하고자 한다.

1 어미 사육관리

조기 종묘생산에 이용된 자연산 어미는 2001년 구입하여 채란용으로 사용했던 개체였으며, 양식산 어미는 1998년 및 1999년에 종묘생산하여 사육한 만 3~5년생의 어미이다(표 4-1).

표 4-1. 성숙유도용 황복어미 크기(강, 2005)

시험용 어미	연령	어미 크기	
		평균체장(cm)	평균체중(g)
자연산(2001년 구입)		26.4±1.7	571.4±120.7
양식산(1998년산)	5년생	25.2±1.7	432.5±125.3
양식산(1999년산)	4년생	22.3±1.8	395.4±121.0

어미 사육수조는 7톤 사각 콘크리트 수조(3.5×2.5×H 0.8 m)를 사용하였으며, 사육관리는 5~10월중에는 모래여과 해수를 1일 10~12회전 되도록 주수하였고, 겨울철 저수온기인 11~4월에는 사육수를 가온하여 13~16℃로 유지하였다. 사료는 사육환경이 양호한 시기인 6~10월

에는 신선한 냉동생사료 (까나리)와 배합사료 (EP)를 병행하여 공급하였으며, 성숙유도 1개월 전부터 배합사료에 비타민 E를 첨가하였다.

어미의 성숙도를 파악하기 위해 산란기 이전에 1999년산을 대상으로 생태조사한 결과, 2월에 생식소중량지수(GSI)가 17.3이던 것이 3월과 4월에는 각각 21.4, 26.1로 급격히 증가하였으며, 반대로 성숙도가 증가함에 따라 간중량지수는 점차 감소하였다(표 4-2).

표 4-2. 산란용 황복어미의 생태조사(4년생 양식산; 강, 2005)

구 분 조사일시	조 사 마리수	평균체장 (cm)	평균체중 (g)	생식소 중량지수	간중량 지수
2003. 2. 15	10	22.8±1.4	405.4±11.8	17.3±1.6	6.8±0.4
2003. 3. 14	10	23.6±1.3	414.6±18.2	21.4±0.8	6.4±0.6
2003. 4. 15	10	23.8±1.3	436.2±14.7	26.1±1.2	5.2±0.7

2 조기 성숙유도

성성숙 유도를 위해 150 L의 FRP 사각수조에 각각의 실험어를 수용하고 약 2주간에 걸쳐 해수에서 담수로 순치하면서 사육수온을 17~19℃로 점차 상승시켰다(그림 4-1,2). 먹이는 넙치용 배합사료 (EP)를 2회/일 공급하였다. 그리고 인간의 태반성 성선자극호르몬(HCG)을 어체중 1 kg 당 500 IU씩 1~2회 복강에 주사하였다.

실내수조에서 사육한 자연산과 자체생산 (1998년, 1999년)하여 3~4년간 해수에서 사육한 어미 및 민간 황복양식장에서 담수사육한 개체를 확보해 해수와 담수로 구분하여 성숙을 유도한 결과, 자연산과 자체생산 하여 사육한 어미 모두 100%의 배란율을 나타내었다.



그림 4-1. 실내사육 황복 암컷의 난소



그림 4-2. 실내사육 황복 수컷의 정소

양식산 중 담수에서만 사육한 어미에서는 배란이 전혀 일어나지 않은 반면, 해수에 옮겨 50일간 사육한 양식산 어미는 70%가 배란하여 황복어미의 실내 성숙을 위해서는 해수사육이 반드시 필요하였다.

채란량은 실내에서 지속적으로 해수를 공급하여 사육한 어미에서는 170~210천개, 일시적으로 해수에서 사육한 어미에서는 50천개를 각각 채란하였다. 수정율은 모두 92% 이상이었고, 부화율은 72.6% 이상으로 나타났다(표 4-3).

2002년도 채란에 이용하였던 어미(5년생)와 실내에서 사육한 자연산 어미 및 5년생 양식산 어미를 이용하여 자연산란기 보다 약 2개월 빨리 배란을 유도한 결과, 100%의 반응률을 나타내었다. 표 4-3에서와 같이 양식산 어미의 경우 3년생 이상부터 인공채란이 가능하였고 또한 호르몬 주사시 1주일 이내에 배란유도가 가능하였다.

특히 자연산 어미의 경우 복부압박 채란 후에는 외부 상처로 인하여 상품 가치가 낮아지거나 대부분 폐사하여 1회 채란용으로 밖에 이용할 수 없었으나 복부를 적당히 압박하여 안정적으로 채란한 다음 신중하게 사육관리를 하면 계속적으로 채란용 어미로 반복 활용이 가능하였다.

표 4-3 . 황복의 조기 성숙유도(강, 2005)

구 분	시험어 (마리)	사육환경	배란유도 마리수		채란량 ($\times 10^3$)	수정율 (%)	부화율 (%)
			♀	♂			
자연산 (2001년 구입)	6	해수사육	3	3	210	95.7	76.5
양식산 (1998년산, 자체생산)	10	해수사육	5	5	280	92.6	78.3
양식산 (1999년산, 자체생산)	10	해수사육	3	7	170	98.2	80.4
양식산 (2000년산)	10	담수→해수 (50일)	1	6	50	94.1	72.6
양식산 (2001년산)	10	담수사육	-	-	-	-	-

3 염분조절에 의한 성숙유도

황복어미의 성숙에 미치는 염분의 영향을 구명하고자 1999년도에 자체 생산하여 해수에서 사육관리한 4년생 어미 (체장 17.0~21.0 cm, 체중 150.0~305.2 g, 50마리)를 이용하여 염분농도를 32.5 ‰ (1.024), 27.5 ‰ (1.020), 21.0 ‰ (1.015), 15.0 ‰ (1.010), 0.5 ‰ (1.003)로 조절된 실험구에 어미를 각각 10마리씩 수용하였다.

각 실험구의 염분은 10일간에 걸쳐 조절 후 HCG를 어체중 1kg당 500 IU씩 2회 주사하여 23일 후에는 전 실험구에서 복부압박법으로 채란이 가능하였고 건식법으로 수정 후, 깨끗이 여과한 담수를 이용하여 세란하였다.

염분 32.5 ‰ (자연해수)~0.5 ‰ (담수)에 순치사육 후 HCG를 처리한 결과, 염분이 27.5 ‰ 이상에서 100%의 배란율을 나타내었으며(표 4-4), 수정율과 부화율에 있어서도 다른 염분 농도에 비해 양호하게 나타났다 (표 4-5).

표 4-4. 황복 성숙유도시 염분농도별 반응(수온 $17 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)

염분(‰)	시험어 마리수	반응마리수			배란율(%)		
		계	♀	♂	계	♀	♂
32.5	10	10	4	6	100	100	100
27.5	10	10	5	5	100	100	100
21.0	10	7	-	7	70	0	100
15.0	10	8	2	6	80	50	100
0.5	10	7	2	5	70	40	100

따라서, 지금까지 어미성숙 유도를 위해 해수사육 후에 일정 기간에 걸쳐 담수로 순치 사육한 후 호르몬을 주사하여 채란을 해오던 기존의 방법보다는 해수에서 계속 사육하면서 수온을 $16 \sim 19^{\circ}\text{C}$ 로 상승시켜 성숙을 촉진시키는 방법이 채란에 유리한 것으로 확인되었다. 그러나 해수에서 자연산란시는 수정이 전혀 되지 않는 단점도 있다.

배란유도를 위해서는 인간의 태반성 성선자극호르몬(HCG)과 포유류의 황체형성호르몬-방출호르몬(Luteinizing Hormone Releasing Hormone, LHRH)이 이용되고 있으나 (장, 1996) 황복의 경우에는 HCG만으로도 효과적인 배란유도가 가능하였다.

가을철 하강기 수온이 봄철 산란기와 유사한 2002년 10월 20일에서 11월 4일 사이에 1998년 생산된 체중 $287 \sim 479\text{ g}$ 범위의 10마리와 1999년 생산된 $184 \sim 350\text{ g}$ 범위의 20마리를 담수자극과 가온사육 및 호르몬 주사를 하여 춘계와 동일한 방법으로 추계 인공채란을 실시한 결과, 수컷 28마리는 채정이 가능하였으나, 암컷 2마리는 미성숙한 상태로 수정란을 확보하지는 못하였다.

표 4-5. 처리 염분농도별 황복의 성숙유도(수온 $17 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$; 강, 2005)

염 분(‰)	시험어마리수	채란량($\times 10^3$)	수정율(%)	부화율(%)
32.5	10	105	76.4	78.3
27.5	10	95	63.8	83.6
21.0	10	-	-	-
15.0	10	55	72.6	66.6
0.5	10	20	61.4	58.2

4 종묘생산

2003년도에 조기성숙을 유도하여 3월 18일과 4월 1일 2회에 걸쳐 채란하여 종묘생산 시험을 한 결과, 320천마리의 부화자어를 원형 FRP 수조(2톤)와 사각콘크리트 수조(7톤)에 분산 수용하여 6월 19일 까지 사육하여 종묘 110천마리를 생산하였으며 이때의 생존율은 34.4%였다(표 4-6).

사육환경은 사육초기 약 1주일간은 담수로 유수사육한 후 점차 해수로 전환하여 사육하였으며, 수온은 $17 \sim 24^{\circ}\text{C}$, 염분은 $0.5 \sim 32.5\text{‰}$ 로 조절하여 관리하였다. 먹이인 로티퍼는 부화 후 일령 5일째부터, 알테미아 유생은 일령 9일째부터, 초기 배합사료는 일령 12일째부터, 물벼룩(실지렁이)은 일령 23일째부터 공급하였다.

표 4-6. 조기 인공채란에 의한 황복의 종묘생산(강, 2005)

구분 년도	시험용 어미	채란일	사육 일수	부화량 ($\times 10^3$)	최종생산량 ($\times 10^3$)	생존율 (%)
	계			320	110	34.4
2003년	자연산(2001년 구입)	3.18	92	220	76	34.5
	양식산(5년생)	4.1	79	100	34	34.0

1 복어의 인공양식 현황

가 국내 양식현황

국내 황복양식은 1995년 국립수산물과학원 보령수산물종묘시험장과 한 국해양연구원에서 종묘생산 기술개발시험에 착수, 1996년 인공종묘 대량생산기술을 확립하였으며, 현재는 민간 어업인에게 기술이 완전히 이전되었다.

연간 종묘생산량은 서해안 지역에서 약 400만마리 정도가 생산되고 있으며, 상품생산은 2000년부터 양식이 시도되어 현재는 10여개 양식장에서 연간 약 50톤을 생산하고 있다.

황복에 관한 연구는 형태분류학적인 특징(이, 1993), 독성(전유, 1995), 배란유도(장, 1996), 난발생과 자치어 발달(장 등, 1996), 세포 유전학적 연구(박 등, 1997), 산소소비와 관련한 일주기 리듬(Kim et al., 1996; Kim et al., 1997), 기생성 요각류(Choi et al, 1998), 초기 발달 과정의 먹이와 염분의 영향(강 등, 2004), 담수순환여과 양성시험(청평내수면연구소, 2001) 등에 관한 연구가 있으나 양식에 관한 연구는 극히 미흡한 실정이다.

국내의 황복 양식방법은 주로 육상 순환여과식 시스템으로 이루어지고 있다. 축제식과 해상가두리 양식의 산업화 기술개발은 국립수산물과학원 서해수산물연구소에서 연구를 수행 중에 있으며, 경기도 민물고기연구소와 인하대학교 해양과학과에서 황복 종묘생산에 관한 연구 및 산란생태와 기초생물학적 연구를 진행 중에 있다.

나 국외 양식현황

전 세계적으로 복어를 양식하는 국가는 한국과 중국, 일본으로 중국이 전 세계 복어양식 생산량의 70%를 차지하고 있다.

일본은 주 양식 대상종이 자주복으로 황복은 생산하지 않으나, 자주복의 생산량은 2003년에 약 5,000톤을 생산하였고, 50달러/1 kg로 경제적 가치가 매우 높은 어종이다. 일본에서 복어어업의 발전은 크게 4단계로 나눌 수 있다.

첫째는 탐색단계로 일본은 1963~1973년에 걸쳐 10년 동안 주요 해상가두리 양식을 위주로 복어양식기술을 탐색하였다. 야마구치현(山口縣)에서는 1960년에 부화실험을 시작하여 1963년에 종묘생산장을 건설하고 1964년에 종묘생산을 시작하였으나, 1965년에는 양식기술 부족으로 양식 생존율이 낮았다. 또한 자연산 복어생산량이 증가하고 양식어가의 수익성이 낮아 복어어업 발전단계에 들어서지 못하였다.

둘째는 발전단계로 1973년 일본에서는 복어양식 열기가 일어나고 1976년에 200해리 경제수역이 선포됨에 따라 일본의 복어양식업이 크게 발전되었다.

셋째는 성숙단계로 종묘생산기술과 사육기술, 질병예방기술, 월동기술 등이 발전하여 1980년대에 이르러서는 복어양식 생산량이 급격히 증가하여 1987년에는 18개월 만에 대부분 1 kg의 상품규격에 도달하였다. 양식생산량은 1,657톤으로 금액은 약 8,000만불이며 생산량은 시장소비량의 20~30%이었다.

넷째는 종묘생산기술의 혁신단계로 자연산 친어에서 채란 종묘생산량이 시장수요에 미치지 못하자 복어의 축양 번식기술과 인공종묘 생산기술, 계절 종묘생산기술을 해결하여 양식기술을 확대 보급하고 복어 종묘생산 수요 예측이 가능한 수준으로 복어양식이 발전하였다.

현재 일본에서는 복어양식이 3대 해수 양식어종으로 자리잡고 있으며, 복어어업의 발전으로 일본에서는 거대한 경제적 시장가치가 형성되고 있다.

중국은 황해, 발해, 동해에 19종의 참복속(屬) 어류가 있는데 그 중 대부분은 경제적 가치가 매우 높고 중국과 국외에서 시장수요가 매년 증가하여 복어어업이 기르는 어업 방향으로 발전하고 있다.

중국의 복어양식은 1980년대 이전에는 탐색단계로 생태분포 조사 및 채란 배양연구와 가두리에서의 복어양식시험이 성공하여 대규모의 인공양식기술의 기초가 되었다.

중국의 황해수산연구소에서는 1981년에 참복, 자주복의 육상 순환 여과식 종묘생산시험에 성공하였으며, 같은 시기에 상해수산연구소에서도 황복의 종묘와 양식기술개발 방면에 발전하였다. 1998년에는 참복의 해상가두리 양식시험에도 성공하였다.

중국 북방의 경우 1년 반 정도 양식(실내월동 4~5개월 포함)으로 체중이 750 g 전후로 성장하였으며, 1990년대에는 번식과 사육기술이 한발 앞서서 복어양식업이 빠르게 발달하였다.

최근에는 중국 남방 연안에서 해상가두리 양식과 축제식 양식이 크게 발전하고 있으며, 북방 연안에서는 축제식 양식 위주로 발전하고 있는데, 해상가두리 양식에 비해 투자비용이 적고 경제성이 좋다.

축제식 양식은 이미 복어와 대하 등의 종류와 혼양 발전하였다. 양자강(長江)입구와 양자강 하류에서는 이미 축제식에서 성공적으로 양식이 이루어지고 있으며, 폐양만장을 이용한 공장화 양식이 성공적으로 이루어진다고 보도되고 있다.

현재 복어의 주요 양식종은 자주복, 참복, 황복이다. 양식기술의 발전과 보급에 따라 양식종류 또한 증가양상을 보이며 복어양식지역도 이미 연해에서 점차 내륙지방으로 확장되어 가고 있다. 현재 하남(河

南), 안징(安徽), 호북(湖北), 호남(湖南), 사천(四川), 강서(江西) 등 성도(省都)에서는 이미 시험양식을 시작하였다. 국제시장에서 복어를 판매하도록 가공하는 것이 완비되고 중국 자체 소비시장이 개척되면 중국의 복어양식은 새롭게 발전하는 좋은 기회를 얻게 될 것이다.

황복양식은 중국의 경우, 1990년 상해수산연구소에서 인공종묘생산에 성공하여 현재는 대규모 생산능력을 가졌다. 국가종묘 대규모단지에서는 1994년부터 자연산 친어로부터 인공양식하여 2,000마리를 어미로 사육하였다. 중국 강소성(江蘇省)지방 중양집단(中洋集團)에서는 인공종묘생산의 표준화가 시행되고 있으며, 양식어가에 매년 수천만 마리의 우량종묘를 공급하고 양자강(長江)에도 방류하고 있다.

중국의 황복 양식생산량은 연간 1,500톤 이상으로 경제적 가치가 매우 높다. 주요 생산지역은 남경(南京) 아래 지역으로 강에 접한 각 현(縣)이며, 강음현(江陰縣)에서 생산량이 가장 많고, 여기는 3월 하순부터 활발하다. 맛이 좋고 지방과 단백질함량이 높아 약용으로 이용되기도 한다.

황복 양식산업화 연구는 중국 강소성의 경우 황복의 양식생물학 및 산업화기술 연구가 국제적 수준에 도달해 있으며, 황복 양식생물학 및 산업화기술 연구 과제는 남경사범대학, 강소성 내수면연구소, 강소성 수산기술센터, 강소중양집단 등에서 단위별로 공동연구를 수행하고 있다. 이 과제는 황복의 산업화 기술개발을 범위로 양식생물학, 양식기술, 인공번식, 독을 제거하는 건강양식, 영양요구, 소화생리, 전용배합사료, 질병예방 및 안전식용 등의 방면에서 과제 전체의 연구성과 및 응용수준이 향상되고 있다. 담수에서 황복은 최근 몇 년 동안 양식규모가 해마다 확대되었으며, 우수한 양식품종으로 양식산업의 발전 전망이 매우 크다.

2 순환여과식 양식

이 양식방법은 고밀도 사육시스템으로 양식시설 면적과 사육수가 많이 필요하지 않아 사육수가 충분하지 못한 곳이나 소비지 시장 근처에 시설할 경우, 소비자와 직접 연계하여 경영상 이익을 얻을 수 있는 장점이 있다. 또한 폐수처리가 간단하고 외부와 완전히 차단되어 해적생물과 질병대책이 쉽다. 시설비가 많이 들고 고도의 발달된 장치와 관리가 까다로운 단점이 있으나 단위면적당 생산량이 높아 황복 등 고급 어종의 양성에 많이 이용된다.

표 5-1. 국내에서 운영중인 순환여과시스템의 특성 비교

항 목	IBK시스템 (갑각류연구센터)	MB시스템	극동물산 (유동충공법)
사육조 형태	원 형	수로형	팔각형
오염물질(고형 및 현탁)제거	침전, 포말분리	침전, 포말분리	섬유여과기
생물 여과조	침지식	-	유동층
주요 여과재료	선라이트 파관	벤토나이트	폴리우레탄
최대수용밀도	20 kg/m ²	30 kg/m ²	20 kg/m ²
주요 시설 재질	콘크리트	PP 재질	콘크리트
1일 보충수 첨가	5% 이하	500~1,100%	20~30%
1일 사육수 순환율	27회	90회	20~24회
공 간 이 용	미 흡	우 수	-
시 설 비	많 음	적 음	많 음

* IBK : Intensive Bio-production Korean

* MB : Micro-Bead

국내에서 운영중인 순환여과시스템은 표 5-1과 같이 3가지 형태로 나눌 수 있으며, 순환여과시스템 주요 운영 모식도 및 운영 공정은

그림 5-1 및 5-2와 같다. 순환여과식 사육수조에서의 수류방향과 배설물 및 찌꺼기 등을 처리하기 위한 모식도는 그림 5-3과 같으며, 국내의 순환여과식은 주로 수산과학원 갑각류 연구센터 및 내수면 생태연구소에 시설되어 있는 IBK시스템이다(그림 5-4).

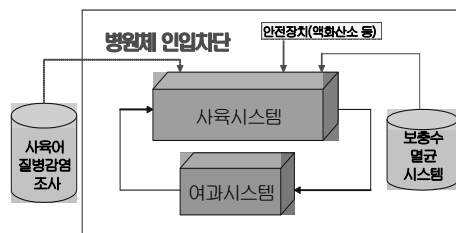


그림 5-1. 순환여과 시스템 주요 구성 요소 모식도

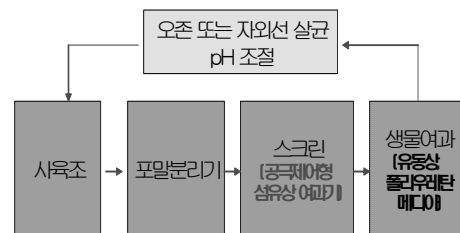


그림 5-2. 순환여과 시스템 주 운영 공정

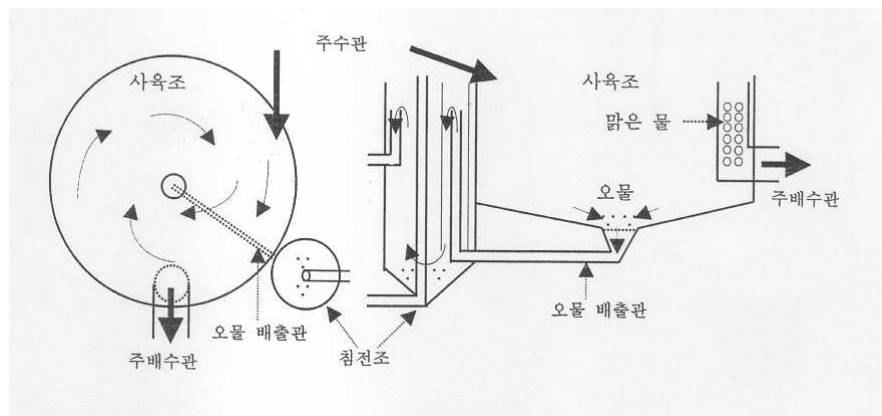


그림 5-3. 순환여과수조의 수류 형성방향과 오물유출 모식도(김, 2003)

가 산소소비량

황복의 기초대사량을 알아보기 위하여 크기별(당년생 종묘 체중 10.5 ± 1.5 g, 중간종묘 체중 143.3 ± 27.7 g), 수온별(15, 20, 25℃) 및

염분별(0, 15, 30 ‰)로 절식시 산소소비량을 측정하였다.

산소소비량의 측정은 연속적으로 물이 흘러 나가고 다시 재이용할 수 있도록 고안된 호흡실을 사용하였고, 유입수와 호흡실을 거쳐 나오는 배출수의 산소량을 연속적으로 자동 측정하여 조사하였다. 시험어는 호흡실에 수용하기 전 24시간 동안 절식시켰다.

표 5-2에서 보는 바와 같이 황복의 절식시 산소소비량은 수온이 높을수록, 어체가 작을수록 증가하였다. 염분별 산소소비량은 당년생 종묘 및 중간종묘 모두에서 염분이 높아짐에 따라 증가하였으나, 염분 증가에 따른 산소소비량의 증가폭은 고수온보다는 저수온에서 증가하였으며, 중간 종묘보다는 당년생 종묘에서 커지는 경향을 보였다. 황복은 완전 담수보다는 어느 정도 염분이 함유된 물에서 사육하는 것이 생리적 대사에 좋을 것이다.

표 5-2. 어체크기와 염분 및 수온에 따른 황복의 산소소비량(윤, 2001)

(mgO₂/kg fish/hr)

종묘 크기별	수온(℃) 염분(‰)	15	20	25
10 g 내외 (10.5±1.5 g)	0	266.1±15.5	335.0±22.1	385.7±16.0
	15	377.3±17.5	414.4±13.9	492.8±19.4
	30	404.9±20.6	475.6±21.2	559.9±16.7
150 g 내외 (143.3±27.7 g)	0	128.3±17.6	202.8±24.8	241.6±22.6
	15	145.9±14.2	213.6±17.2	248.8±22.4
	30	192.9±18.5	231.5±24.3	265.8±21.9

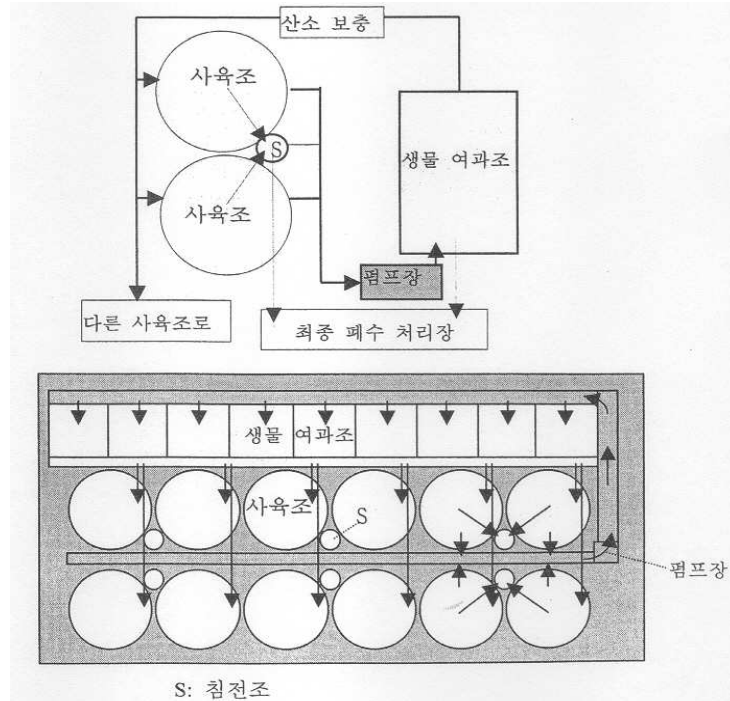


그림 5-4. 한국형 순환여과식(IBK) 양식장 모식도(김, 2003)

나 수온별 성장

황복의 치어기 적정 사육수온을 구명하기 위하여 생물여과조가 장착된 120x57x47 cm (320 L) 항온수조에 시험어를 40마리씩 2반복으로 수용하여 53일간 사육하였다. 환수는 매일 전체수량의 1/3을 교환하였으며, 환수 후 식염을 첨가하여 각 시험구의 염분을 4~6‰ 범위로 동일하게 조절하였고, 넙치용 사료를 1일 3회 반복하도록 공급하였다. 시험기간 중의 수질환경은 pH 7.0~7.6, DO 4.5~6.5 mg/L로 유지하였다.

표 5-3과 그림 5-5에는 수온별 사육시험 결과와 시험기간 중 평균 체중의 변화를 나타내었다. 생존율은 시험구간에 차이가 없었으나, 일간성장률, 일간섭식률 및 사료계수에는 많은 차이가 있었다. 사료계수

는 1.42~1.96 범위에서 수온이 높을수록 감소하였고, 일간섭식률과 일간성장률은 각각 2.16~2.88% 및 1.11~2.03% 범위에서 수온 상승에 따라 비례적으로 증가하였다.

평균체중의 변화를 보면 방양 20일까지는 저수온구와 고수온 시험구간에 차이가 거의 없었으나, 시간이 경과함에 따라 차이가 커져 고수온 시험구에서 높은 체중증가를 보였다.

표 5-3. 황복의 수온별 사육시험(윤, 2001)

시험구	수온 마리수	평균 체중(g)		생존율 (%)	사료계수	일간 성장률(%)	일간 섭식률(%)
		방양시	취양시				
19℃	40	9.45	14.65	100	1.96 ^a ±0.03	1.11 ^a ±0.01	2.16 ^a ±0.01
22℃	40	9.52	16.88	98.8	1.67 ^b ±0.14	1.42 ^b ±0.11	2.36 ^b ±0.02
25℃	40	9.43	18.57	100	1.67 ^b ±0.09	1.67 ^c ±0.06	2.78 ^c ±0.05
28℃	40	9.52	22.02	100	1.42 ^c ±0.15	2.03 ^d ±0.09	2.88 ^c ±0.18

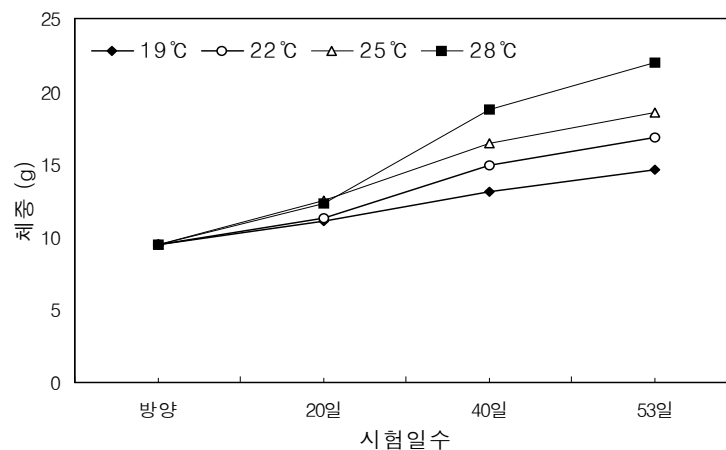


그림 5-5. 황복의 수온별 사육시 평균체중(윤, 2001)

다 염분별 성장

당년생 황복종묘 양성시 사육수의 적정 염분농도를 구명하기 위하여 생물여과조가 장착된 156×62×62 cm (600 L) 항온수조에 10 g 내외의 시험어를 40마리씩 2반복으로 수용하여 57일간 사육하였다. 시험구는 염분 0, 4, 8, 12‰의 4개구를 설정하였고, 매일 전체수량의 1/3을 환수한 후 천일염을 첨가하여 염분농도를 조절하였다. 사료는 넙치용 사료를 1일 3회 만복되도록 공급하였으며, 사육기간 동안의 수질 환경은 수온 25±1℃, pH 7.1~7.9, DO 4.5~6.9 mg/L로 유지하였다.

시험결과, 생존율은 0‰ 시험구에서 71%로 유의적으로 낮았으나, 다른 시험구에서는 87~98%로 양호하였고 시험구간에는 차이가 나타나지 않았다. 사료계수는 4‰ 시험구에서 1.48로 가장 양호하였으며, 다음은 8‰ 시험구로 1.54이었다. 염분이 전혀 없는 0‰ 시험구와 염분이 가장 높은 12‰ 시험구에서는 각각 1.67과 2.09로 비교적 높게 나타났다.

일간성장률도 4‰ 시험구가 1.86%, 8‰ 시험구가 1.75%로 0‰ 시험구와 12‰ 시험구의 1.24%와 1.61%보다 높았다(표 5-4). 0‰ 시험구의 생존율이 현저히 낮은 이유는 어체 측정 후 백점충이 급격히 발생하여 일시에 대량폐사가 발생하였기 때문이며, 어체 측정 전후에 일시적으로 사육수의 염분농도를 높인 결과 백점충의 발생을 억제할 수 있었다.

이상의 결과로서 성장뿐만 아니라 기생충 감염방지 등 질병예방을 위해서도 황복의 사육시에 완전 담수보다는 어느 정도의 염분이 있는 사육수를 사용하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 또한 내륙지방의 완전담수에서 사육시는 주기적으로 염분을 첨가시켜 대사기능이 저하되지 않도록 할 필요가 있다.

표 5-4. 황복 치어의 염분별 사육시험(수온 25℃; 윤, 2001)

시험구	수용 마리수	평균 체중(g)		생존율 (%)	사료계수	일간 성장률 (%)	일간 섭식률 (%)
		방양시	취양시				
0 ‰	40	11.71	23.32	71.3 ^a	2.09 ^a ±0.11	1.24 ^a ±0.09	2.58 ^a ±0.05
4 ‰	40	11.49	30.32	97.5 ^b	1.48 ^b ±0.06	1.86 ^b ±0.07	2.74 ^b ±0.02
8 ‰	40	10.85	27.13	96.3 ^b	1.54 ^{bc} ±0.17	1.75 ^b ±0.10	2.68 ^b ±0.14
12 ‰	40	11.91	28.87	87.5 ^b	1.67 ^c ±0.11	1.61 ^c ±0.12	2.68 ^b ±0.02

또한 해수에서 사육중이던 평균 18.7 g의 종묘를 이용하여 1주일간 안정시킨 다음, 각 단계별 염분농도로 조절된 순환여과식 수조 (600 L) 에 시험어를 40마리씩 수용하여 120일간 사육하였다. 시험구는 염분 2, 12, 22, 32 ‰의 4개구를 설정하였고 1주일씩 순차시켜 염분을 조절하였으며, 먹이는 넙치 부상사료를 1일 2회 만복되도록 공급하였다. 사육수온은 23℃ 전후였으며, 4개월간 사육결과, 12 ‰에서 평균 34.0 g으로 성장이 가장 양호하였고 생존율은 12~22 ‰에서 92.5~95.0%로 비슷하였다.

표 5-5. 황복 치어의 염분별 사육시험(수온 23℃; 윤, 2001)

시험구	수용 마리수	총 체중(g)		생존율 (%)	총증중량 (g)	사료공급량 (g)	사료계수
		방양시	취양시				
2 ‰	40	748.0	1,041.1	40.0	6.43	1,886.0	6.43
12 ‰	40	752.5	1,247.2	92.5	3.74	1,850.9	3.73
22 ‰	40	733.5	1,235.1	95.0	3.70	1,854.9	3.70
32 ‰	40	763.5	1,038.9	85.0	5.75	1,584.3	5.75

사료계수도 염분 12~22 ‰ 범위에서 3.70~3.74로 나타나 본 시험에서도 담수와 해수보다는 기수인 10~20 ‰에서 황복이 생리적으로 안

정적이고 높은 성장을 나타낸다고 볼 수 있다(표 5-5).

그리고 산소소비율과 질소배설률은 사료섭식과 관련되어 일주기성을 보이며 산소소비는 사료섭식 3시간 후에 암모니아 질소 배설은 사료섭식 4시간 후에 각각 높은 값을 나타내었다(이와 김, 2005).

라 사료공급 횟수별 성장

황복 초기 양성시 적정 사료공급 횟수를 조사하기 위하여, 360 L 항온 수조에 평균체중 15 g 내외의 시험어를 25마리씩 2반복으로 수용하여 64일간 사육하였다. 시험구는 사료공급 횟수에 따라 1일 1회(09:00시), 2회(09:00, 17:00), 3회(09:00, 12:00, 17:00), 4회(09:00, 11:00, 13:00, 15:00)로 나누어 넙치용 사료를 만복되도록 공급하였으며, 시험기간 중 수온은 23~26℃, pH는 6.2~7.1, DO는 4.2~6.5 mg/L 범위였다.

표 5-6. 황복 당년생 종묘의 사료공급 횟수별 사육시험(윤, 2001)

시험구	수용 마리수	평균 체중(g)		생존율 (%)	사료계수	일간성장률 (%)
		방양시	취양시			
1회	25	15.90	28.57	100	1.74	1.39
2회	25	15.88	36.17	100	1.52	1.90
3회	25	15.84	37.07	100	1.48	1.96
4회	25	16.05	36.24	100	1.49	1.88

사료공급 횟수별 성장시험 결과(표 5-6), 1일 1회 공급구의 일간성장률과 사료계수는 각각 1.39%와 1.74로 가장 낮았으며, 2~4회 공급구에서는 일간성장률이 1.88~1.96%, 사료계수가 1.48~1.52로 시험구간에 큰 차이는 없었다. 따라서 평균체중 15 g 전후의 당년생 황복종

묘 양성은 경제적인 관점에서 보면 사료를 1일 2회 공급하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

마 순환여과식 장기 양성

황복을 내수면 생태연구소의 담수 순환여과지 원형수조(φ 3.2 m, 수량 7톤)에 수용하여 메기, 뱀장어 및 넙치용 부상사료를 치어시기에는 1일 10회, 점차 성장하면서부터는 1일 2~3회로 줄여 자동급이기로 공급하였다. 사육기간 동안의 DO는 6.12 ± 0.44 mg/L (5.2~7.6 mg/L), pH는 6.36 ± 0.25 (5.7~7.0), 수온은 $24.3 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ (21.3~27.3 $^{\circ}\text{C}$)로 유지하여, 제 I기는 1999년 8월 4일부터 2000년 2월 25일까지 206일간, 제 II기는 2000년 2월 26일부터 2000년 9월 26일까지 215일간, 총 421일간 실시하였다.

표 5-7. 황복 순환여과 양성시험(윤, 2001)

	사육 일수	사료공급 일수	방 양 평균체중(g)	취 양 평균체중(g)	사료 계수	일간 성장률 (%)	일간 섭식률 (%)	생존율 (%)
I 기	206	171	2.00	91.87	1.51	1.12	1.69	85.8
II 기	215	177	100.19	176.14	3.43	0.31	1.06	94.3

사육시험 결과, 제 I기에서는 평균체중 2 g의 치어가 92 g으로 성장하여(표 5-7) 일간성장률은 0.62~4.01% (평균 1.12%) 범위로 60 g까지는 비교적 빠른 성장을 보였으나 그 이후에는 성장이 점차 완만하였다. 사료계수는 치어기에 0.88로 매우 양호하였으나 100 g에 가까워지면서 2.0 내외로 높아졌다.

황복은 종묘입식 시기부터 체중이 약 30 g 정도까지는 사람을 잘 따르는 편이었으나 성장함에 따라 사람이 접근하면 놀라서 섭식을 중단하는 등 습성이 점점 까다로워지는 양상을 보였다. 100 g부터 사육한 제 II기에서 사료계수는 2.14~4.15 (평균 3.43), 일간성장률은 0.23~0.57% (평균 0.31%) 범위로 성장은 느렸으나 생존율은 94.3%로 제 I기의 85.8%보다 향상되었다(그림 5-6). I, II기의 전 사육기간을 통해 평균체중 2.0 g에서 약 180 g까지 성장하는데 14개월이 소요되었다.

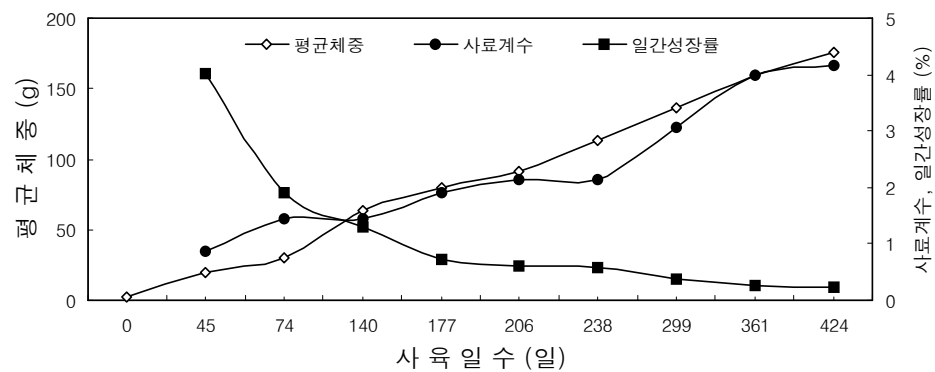


그림 5-6. 황복 순환여과양성시 평균체중, 사료계수 및 일간성장률(윤, 2001)

또한 서해수산연구소 시험양식장에서 2003년 6월 18일 순환여과조 5톤 원형수조에서 체장 2.7~3.3 cm, 체중 1.4~1.5 g의当年생 종묘를 이용하여 사육수 톤당 300마리, 400마리, 500마리, 600마리의 밀도로 2004년 4월 30일까지 9개월간 양성시험을 실시하였다. 사육기간 동안의 수질환경은 수온 22.0~27.0℃ (평균 24.5℃), 염분 1.0~5.6‰ (평균 1.7‰), DO 4.3~6.9 mg/L (평균 5.8mg/L), pH 5.8~6.7 (평균 6.4), NO₂-N 0.1 mg/L 이하, NH₄-N 0.06 mg/L 이하였다. 먹이는 초기에 해산

용 치어사료를 1일 5~6회, 후기에는 황복치어용 침강 배합사료를 1일 2~3회 반복되도록 공급(어체중의 2~3%)하였다.

양성 3개월째부터는 밀도별로 성장차이가 뚜렷이 나타났으며, 그림 5-9에서와 같이 양성 9개월째에 300마리/ m^3 밀도구가 100g 전후로 성장하여 종묘입식부터 100 g의 중간종묘까지의 적정 사육밀도로 판단되었다. 생존율은 전 시험구가 70~80%였고, 일간성장율은 1 g의 종묘에서 평균체중 50 g 전후까지는 2.66~2.94%이었으며, 체중 50~100 g에서는 0.31~0.57%이었다. 비만도는 9개월 양성기간동안 31.1~67.6 범위였다(그림 5-7,9).

2003년 4월 20부터 2004년 4월 3일까지 약 12개월 동안 평균체중 100 g의 중간종묘를 이용하여 50톤 원형 순환여과조 2개조에서 사육한 결과, 300 g 전후의 상품이 생산되었다(그림 5-10). 중간종묘 양성기간동안의 사료계수는 0.75~6.30(평균 2.07)였으며, 일간성장율은 0.31%, 비만도는 31.7~35.0이었다.

순환여과식을 이용한 황복양식은 1 g의 종묘 입식부터 300 g 상품생산까지 22개월, 부화로부터는 24개월 정도가 소요되었으며, 중간종묘 양성의 생존율은 90% 이상으로 당년생 종묘 사육시험에 비해 높게 나타났다.

순환여과식 양성에서 속성 성장을 위해서는 성장단계별로 사육밀도 조절이 필수적으로 50~100 g 종묘는 300마리/ m^3 , 120~180 g 종묘는 140마리/ m^3 , 180~300 g은 50~70마리(15 kg)/ m^3 가 적당할 것으로 생각된다.



그림 5-7. 순환여과식의 밀도별 사육 성장



그림 5-8. 축제식과 순환여과식의 성장 비교
(상, 축제식 양성; 하, 순환여과식 양성)

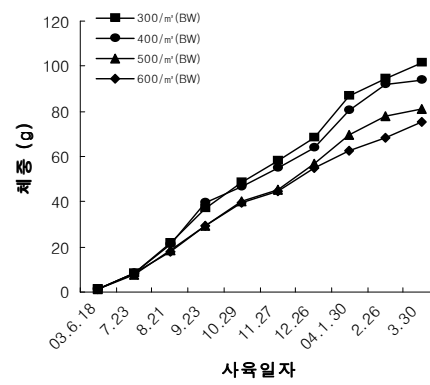
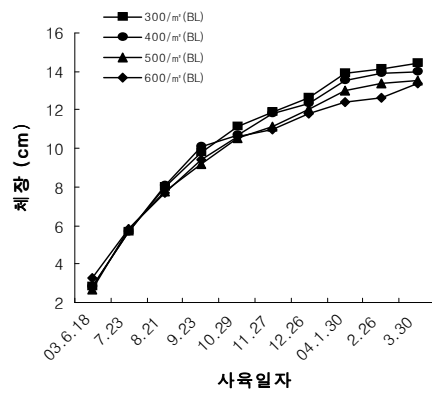


그림 5-9. 순환여과식에 의한 황복 치어의 밀도별 성장(강, 2005)

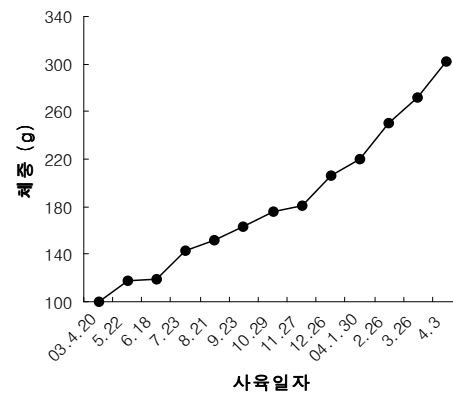
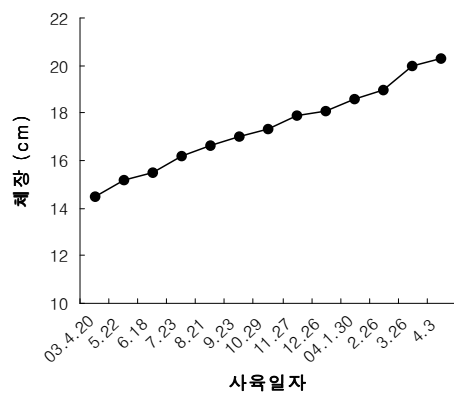


그림 5-10. 순환여과식에 의한 황복 중간종묘의 성장(강, 2005)

바 순환여과 양성시의 수질관리

(1) 고형오물 제거

황복의 배설물과 먹고 남은 사료 등 사육지 바닥에 가라앉은 고형오물을 가능한 한 신속하게 제거해야 하며, 고형오물이 제거되지 않으면 완전한 순환여과식의 효율성이 낮아진다(그림 5-3). 침전오물을 제거하기 위해서는 침전수조나 스크린 필터를 이용한다.

(2) 부유성 고형오물 제거

고형오물에서 부서져 나와 사육수 중에 물을 탁하게 하는 미세한 부유성 고형오물은 유속이 비교적 빠른 사육수조에서는 수조바닥에 가라앉지 않고 사육수중에 현탁되어 침전조에서는 제거가 곤란하기 때문에 구슬여과기(Bead filter)나 거품분리법(포말분리법)으로 신속하게 제거해야 한다.

(3) 용존 유기물의 제거

고형오물에서 용출되었거나 황복의 몸에서 분비된 용존 유기물은 병원생물의 증식에 관여하여 양식 중 질병을 일으키는 요인이 되기 때문에 거품분리법(포말분리법)으로 효과적으로 제거해 준다.

(4) 암모니아 등 무기대사물질 제거

암모니아는 어류 사육수조 바닥에 대사물질 형태로 계속 배설물이 쌓여 사육수에 축적되며 그 농도가 높아지면 치명적인 해를 끼친다. 암모니아 제거능력이 15% 내외로 낮아질 때 생물여과조 청소를 실시할 경우 암모니아 제거율은 1주일 이후부터는 점차 증가하여 3주 후에는 52% 전후로 최대가 되며, 그 후 점차 감소하여 6주 후부터는 암

모니아 제거율이 청소 이전과 비슷하게 유지된다.

따라서 황복의 건강상태, 사료공급량 등에 따라 암모니아 농도가 달라지지만 6주 정도의 주기가 생물여과조 기능을 최대로 유지하기 위한 적정 청소주기로 여겨진다.

(5) 산소 보충과 탄산가스의 제거

고밀도 양식장에서는 항상 황복이 요구하는 산소를 충분히 보충해 주어야 한다. 수질환경의 다른 요소를 다 충족해 주어도 산소가 부족하면 성장이 저하되고 생산량이 떨어지게 된다. 황복뿐만 아니라 질산화 여과세균도 산소를 함께 소비한다. 1 kg의 산소가 소비될 경우 1.3 kg 이상의 탄산가스가 배출되므로 어류가 내어 놓는 탄산가스는 사육수중에 녹아 그 농도가 높아지면 황복의 생리작용에 해를 끼쳐 섭식량이 줄어들고 성장을 저해한다.

(6) pH 조절

순환여과식 수조에서 황복을 사육하다 보면 사육수 중의 알칼리가 계속 소비되어 pH가 내려간다. 따라서 주기적으로 pH를 점검하여 pH를 7 전후로 유지하는 것이 바람직하다. pH 조절은 여러가지 알칼리 성분의 사용이 가능하며 일반적으로 중탄산소다(NaHCO_3)를 사용하는 것이 안전하다고 알려져 있으며, 가성소다(NaOH)와 생석회(CaO)를 사용하는 것도 가능하다. 생석회는 강한 살균력을 가지고 있어 소석회를 사용하는 것이 안전하다.

pH가 낮아졌을 때 사육수 300톤 기준으로 생석회 3 kg을 주수로에 뿌려주면 pH를 6.5 이상으로 유지가 가능하다. 생석회 사용방법은 직접 살포하는 것보다는 물에 녹여 사용하는 것이 좋으며, 오전 10~11시에 용기에 담아 녹인 다음 오후 6시에 투입하고, 오후 6시에 녹인

것은 익일 오전에 투입하면 된다.

생석회사용 농도는 7~8분 후에 최대값에 달한 후, 석회투입 20~25 분 후에 안정상태가 된다. 생석회 3 kg을 일시에 투입시는 단시간에 pH 값이 2정도 상승하므로, 급격한 변화를 줄이기 위해서 1일 2회 1.5 kg씩 투입하여 pH 변화를 1 이내로 하는 것이 좋을 것으로 사료 된다. 또한 여과조 입구에서 생석회를 투입하는 것보다는 주수로에 넣는 것이 좋다(표 5-8). 그 외에 황복 순환여과식 양식시 지켜야 할 사육관리 요령은 표 5-9와 같다.

표 5-8. 생석회 살포 후 시간대별 pH의 변화(수온 24.8℃)

시간	10:50	10:55	10:57	10:58	11:00	11:10	11:20	12:00
pH	6.32			8.24				
변화 (석회투입)	6.44	8.12	(최대값)	8.00	6.58	6.57	6.58	

표 5-9. 황복 순환여과식 양식시 사육관리 요령

수질항목	적정 범위	비 고
수온(℃)	22~28	8℃ 치사온도
염분농도(‰)	3~15	대부분 0~5 ‰에서 양식, 5 ‰ 성장 양호
수소이온농도(pH)	6.5~7.5	생석회 투여로 유지(중국, 8.13~8.82)
용존산소(DO)	5 mg/L 이상	1.5 mg/L에서 입올림 현상, 1.3 mg/L 폐사 발생
아질산염(NO ₂ -N)	0.1 mg/L 이하	6주에 1회 정도 여과조 청소 필요 (중국, 0.01~0.06)
암모니아(NH ₄ -N)	0.1 mg/L 이하	(중국, 0.12~0.2)
화학적산소요구량(COD)	5 mg/L 이하	
사육지 수심(m)	1~1.2	
먹이공급	2회/일	
조 도	1,000 Lux	사육지가 어두운 것이 상품성 양호

3 축제식 양식

내만 또는 하구쪽에서 바닷물에 의한 조석간만의 차이를 이용하여 사육수를 자연적으로 환수하여 양식하는 방법이다. 제방시설의 위치는 간조시에 배수를 하고 만조시에는 주수를 하여 환수를 해야 하므로 환수량을 많게 하기 위해서는 가급적 최간조선 가까이에 양식장 시설을 하는 것이 좋다. 간조시 자연배수를 위해 배수구는 바다쪽 가장 낮은 쪽에 시설하고, 주수구는 바다쪽 전면 또는 옆면에 시설하여 깨끗한 물이 들어오게 해야 한다. 사료찌꺼기, 배설물 등이 가라앉은 저층수가 잘 빠져 나가도록 바다쪽으로 낮게 바닥경사를 줘야하고 배수구는 가장 낮은 쪽 아래 물이 밀려 나가도록 해야 깨끗한 사육수를 유지할 수 있다.

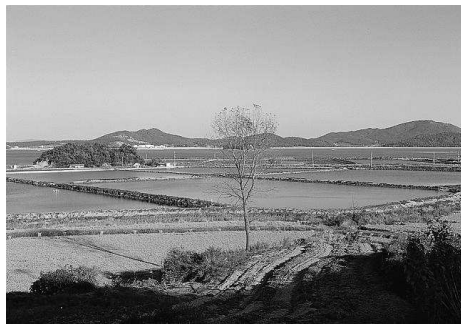


그림 5-11. 축제식 양식장 전경



그림 5-12. 황복 축제식 양식장

배수량은 매번 양식장 전체의 30% 이상이 될 수 있도록 수문의 크기와 개수를 규모에 따라 적절하게 해야 한다. 수심은 1.5 m 정도가 적당하다. 또한 기수 또는 담수에 의해 사육하기도 한다. 사육수의 환수가 많을수록 깨끗한 수질유지가 가능하므로 하구 또는 하천 옆에 시설하는 것이 편리하다. 수량이 적어 마땅치 않을 때는 하구쪽에서 수질이 좋고 풍부한 많은 물을 양수기로 양수하여 사육하는 시설이 바람직하다.

중국의 축제식 복어양식은 최근에 발전한 수산양식 형태로 단독과 혼합양식의 2가지 방법이 있다. 이 방법은 투자비가 적게 들고 기술 요구량이 낮기 때문에 경제성이 높고 내륙지방까지 널리 확대할 수 있다. 양식어종은 황복, 자주복, 참복 등이 있으며, 우리나라에서는 황복을 양식하고 있다.

우리나라에서는 서해안 지역인 경기도 화성과 인천시 옹진군 신도, 전북 고창에서 2003년도부터 새우양식장과 폐염전을 이용한 황복양식 시험으로 좋은 결과를 얻고 있다. 축제식 양식은 실내 순환여과식과 같은 유수식 양식보다 성장기간을 1년 이상 단축시키며 활력도 좋고 체색도 뚜렷해 자연산에 거의 가깝게 성장한다.

황복의 중간종묘는 축제식양식장에 입식하여 당년에 상품으로 출하할 수 있으나,当年생 종묘는 월동을 한번 거쳐야만 상품을 생산할 수 있는 어려움이 있어 그 동안 대부분의 황복 양식어업인들이 육상양식을 선호하고 있다.

경기도 화성과 인천시 옹진군에서의 축제식 사육시험 결과를 소개하면 다음과 같다(그림 11, 12).

가 当年생 종묘 양성

当年생 황복종묘의 사육시험은 2003년 6월 18일부터 10월 29일까지 134일간 실시하였다. 사육지는 경기도 화성에 위치한 1,155㎡ (350평) 규모의 축제식 양식장으로 보령수산종묘시험장에서 조기(早期)에 생산한 평균체중 1.20 ± 0.24 g의 시험어 14,000마리를 ㎡당 12마리의 밀도로 방양하였다(그림 5-13). 먹이는 초기에 해산어용 치어사료를 1일 5~6회, 후기에는 황복치어용 침강 배합사료를 1일 2~3회(어체중의 2~3%) 공급하였다.

수온은 6월부터 9월말까지 황복성장에 적합한 23.8~29.0℃로 유지되었으나, 10월말부터 급격히 수온이 12.0℃ 이하로 하강하였다. pH 및 DO는 순환여과식에 비해 식물플랑크톤 등의 작용으로 높게 나타났으며, NO₂-N 및 NH₄-N는 8월에 가장 높게 나타났고, 9월 이후에는 감소하였다(표 5-11).

성장은 축제식에 방양 후 2개월째에는 체중이 약 30 g 전후, 4개월째에는 약 60 g으로 증가하였다(그림 5-14, 18). 황복 치어의 주 성장기는 9월말까지이며, 향후 빠른 성장을 위해서는 조기 종묘에 의한 축제식에서의 성장기간의 연장이 필요하다.

당년생 황복종묘를 축제식으로 양성시험 결과, 같은 크기의 종묘 및 동일 사육기간에 순환여과식 양정보다 체중이 10~20 g 빠르게 성장(비만도 34.37)하였으나, 생존율은 56.4%로 순환여과식 74.8~80.7%보다 낮았다(표 5-10 및 그림 5-19).

표 5-10. 황복 당년생 종묘의 축제식에 의한 사육(강, 2003)

사육밀도 (마리/㎡)	시험개시(6.18)			시험종료(10.29)			일간성장율 (%)	생존율 (%)
	평균체중 (g)	마리수	총중량 (kg)	평균체중 (g)	마리수	총중량 (kg)		
12	1.22±0.24	14,000	17.05	59.4±13.7	7,893	468.80	3.27	56.4

축제식 양식장에 입식 당시 꼬리지느러미 결손율이 90% 이상으로 높았으나 방양 1개월 후에는 거의 완전하게 재생되어 꼬리지느러미 끝부분이 검은색을 띄었다(그림 5-8).

월동을 위한 취양은 수온이 15℃ 전후시기가 적당하며, 11월 초순을 넘어서면 수온에 의한 체력약화로 폐사가 많이 발생하므로 주의해야 한다. 축제식 양식장에서 취양한 황복은 반드시 항생제로 약육하

여 질병발생을 예방하여야 한다. 취양작업은 그물을 이용하여 채포하며 가능한 물과 함께 운반한 후(그림 5-15, 16) 계수, 계측하여 적정 밀도로 수용하여 월동에 들어간다(그림 5-17).

표 5-11. 당년생 종묘의 축제식 양식 수질환경(김 등, 2003)

일자	수온 (℃)	염분 (‰)	DO (mg/L)	pH	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	생존율 (%)	일간 성장율 (%)	사료 계수
6. 18	28.9	7.9	9.6	9.0	0.01	0.04	100	-	-
7. 23	26.1	8.1	8.1	8.7	0.01	0.10	78.6	5.89	0.88
8. 21	26.2	9.9	8.6	8.2	0.04	0.27	71.4	3.85	0.79
9. 23	23.8	4.6	9.2	8.3	0.02	0.05	67.9	8.97	3.91
10.29	11.9	4.8	11.4	7.0	0.02	0.05이하	56.4	0.57	4.30

나 중간종묘의 상품화 양성

황복 중간종묘의 사육시험은 인천시 옹진군 신도에서 2003년 4월 20일부터 10월 29일까지 실시하였다. 사육지의 형태는 폐염전을 양식장으로 조성한 정사각형으로 사육지 바닥은 펄질이었으며, 사육지 면적은 1,155m² (350평)이었다.

사육지는 소독하지 않고 4월 초순에 자연해수를 채워 수심을 1.5 m 전후로 유지하였다. 축제식 양식장을 이용한 황복 양식 포인트는 주 배수만 잘 되면 큰 문제가 발생하지 않기 때문에 기존시설에 PVC 파이프를 연결한 중앙배수구를 만들어 배수에만 신경쓸 경우 질병 등을 줄일 수 있고 수질을 적정하게 유지할 수 있다.

시험어는 평균체중 150 g 크기의 중간종묘로 방양밀도는 m²당 6마리로 7,000마리를 4월 20일에 방양하였다. 먹이는 넙치용 부상사료를

1일 2회(해뜨기 전, 해질 무렵) 어체중의 1~2%로 공급하였다. 사육지 내에는 2마력(HP) 용량의 수차 2대를 가동하여 산소공급과 사육수를 회전시켜 사료 잔유물 및 배설물 등 오물들이 중앙 배수구쪽으로 모이게 한 후 3~5일 간격으로 1회씩 배수구를 열어 청소해 주었다.



그림 5-13. 축제식 방양시 종묘
(체중 1~2 g)



그림 5-14. 축제식 양성종묘(2개월, 체중 30 g 전후)



그림 5-15. 월동을 위한 취양 작업



그림 5-16. 대형사육지에서의 취양용 그물



그림 5-17. 취양한 종묘의 계수 광경



그림 5-18. 당년생 종묘의 취양(체중 60 g 전후)

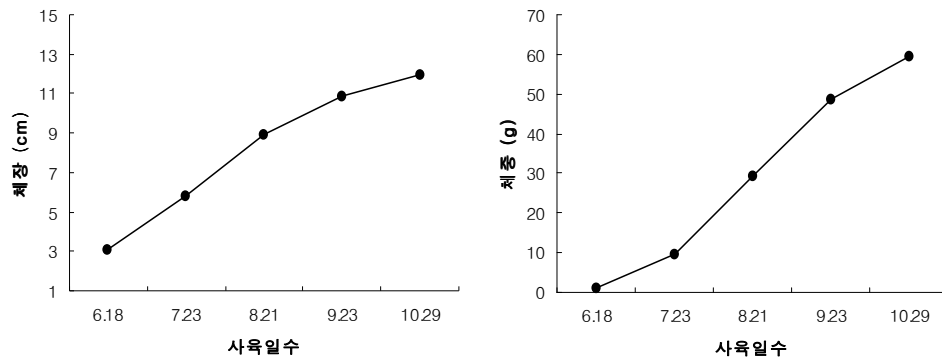


그림 5-19. 당년생 종묘의 축제식 양성에 의한 성장도(2003)

수색의 변화에 따라 5% 전후의 해수를 소형양수기를 사용하여 주수하였다. 우리나라 축제식 양식은 기온의 영향을 많이 받아 9월 하순에는 20℃ 전후로 하강하여 정상적인 성장은 9월 하순까지로 볼 수 있으며 10월 하순부터는 월동에 들어가야 한다.

성장은 수온이 24.0℃ 이상부터 빠르게 나타났으며, 사육지 주변 가장자리에 생식회를 뿌려 pH를 6.77~8.60 범위로 안정되게 유지하였다(표 5-12). 서해안의 축제식 양식장은 여름철 강우의 영향으로 염분이 점차 낮아지나 황복은 염분 적응성이 강해 성장에는 큰 영향이 없다.

4월 20일 방양한 평균체중 150 g 개체 7,000마리를 5개월간 사육한 결과, 평균체중 328.2 ± 28.2 g으로 성장하였으며, 순환여과식 중간종묘 사육과 비교하여 매우 양호한 성장을 보였다(표 5-13).

일부는 5개월만에 500 g 전후까지 자라 비만도가 높은 자연산과 동일한 고품질의 상품가치를 지니고 있었다(그림 5-20, 21). 또한 순환여과식 등 실내수조에서는 꼬리지느러미와 주둥이의 결손율이 60% 이상이었으나, 축제식양식장에 입식 2개월 후 대부분이 완전히 회복되었다.

표 5-12. 축제식 양식장에서의 황복 중간종묘의 사육환경(2003)

항목 조사일	수온(℃)	염분(‰)	pH	DO (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)
4. 20	12.0	31.0	7.81	7.9	0.01	0.001 이하
5. 20	22.0	31.0	8.60	8.3	0.01	0.001 이하
6. 20	24.1	25.0	8.02	9.4	0.10	0.024
7. 20	27.0	28.0	7.41	6.0	0.01	0.002
8. 20	27.1	12.3	6.97	4.8	0.03	0.004
9. 25	21.7	13.5	6.77	5.9	0.01	0.016
10.29	10.0	10.5	6.89	6.0	0.06	0.001 이하

표 5-13. 축제식 양식장에서의 황복 중간종묘의 사육(2003)

사육밀도 (마리/m ²)	시험개시(4.20)			시험종료(9.23)			총증중량 (kg)	생존율 (%)
	평균체중 (g)	마리수	총중량 (kg)	평균체중 (g)	마리수	총중량 (kg)		
6	150	7,000	1,050	328.2±28.2	6,500	2,132	1,082	92.9

중간종묘 양성시 생존율은 92.9%로 순환여과 양식과 같이 높게 나타나 1,155m² (350평) 규모의 양식장에서 2톤 정도를 생산할 수 있어 7천여 만원의 소득이 예상된다. 적정 사육면적은 3,300~6,600m² 전후가 관리에 양호하며, 환수조건이 좋으면 m²당 1.5~2.1 kg을 생산할 수 있어 고소득을 올릴 수 있을 것으로 기대된다.

황복의 중간종묘를 사육한 축제식 양식장의 식물플랑크톤 조성을 조사한 결과, 식물플랑크톤 종조성은 4개 식물문 15개종이 출현하였고 이 중 규조강이 6개종, 녹조강 7개종, 와편모조강 1개종, 트리보조강이 1개종으로 분류되었다. 8월중에는 녹조류의 *Golenkinia* sp.,

Ulothrix sp. 가 우점종이었으며, 10월중에는 트리보조류의 *Botrydiopsis* sp., 규조류의 *Nitzschia* sp., *Closterium* sp. 가 우점종으로 나타났다(표 5-14).



그림 5-20. 축제식 양성에 의한 상품생산



그림 5-21. 비만도가 높은 황복



그림 5-22. 중간종묘의 순환여과식과 축제식 양성에 의한 성장 비교
(상, 순환여과식 양성; 하, 축제식 양성)

축제식 양식장은 자연상태와 비슷한 환경으로 스트레스를 받지 않아 먹이활동이 활발하고 자연의 풍부한 플랑크톤에 의한 균형유지로 건강하게 자랄 수 있도록 하며, 실내 순환여과양식에 비해 상품생산시까지 양식비용의 절감이 가능하다(그림 5-22). 축제식 양식장시 권장할 수 있는 수질환경 조건 및 사육환경은 표 5-15와 같다.

표 5-14. 축제식 황복양식장의 식물플랑크톤 조성(강, 2003)

(단위 : $\times 10^4$ cells/L)

플랑크톤 종류	조사일시	
	8. 26일	10. 28일
Bacillariophyceae (규조강)		
<i>Amphora</i> sp.		0.69
<i>Closterium</i> sp.		74.82
<i>Navicula</i> sp.		2.06
<i>Nitzschia</i> sp.	2.20	217.59
<i>Pleurosigma</i> sp.	8.80	2.06
<i>Stephanodiscus</i> sp.		27.46
Chlorophyceae (녹조강)		
<i>Chlamydomonas</i> sp.		0.69
<i>Dictyosphaerium</i> sp.		17.84
<i>Golenkinia</i> sp.	45.10	
<i>Synedra</i> sp.		1.37
<i>Scenedesmus</i> sp.		2.06
<i>Gonium</i> sp.		0.69
<i>Ulothrix</i> sp.	15.40	
Dinophyceae (와편모조강)		
<i>Triceratium</i> sp.		0.69
Tribophyceae (트리보조강)		
<i>Botrydiopsis</i> sp.		829.86
Protozoa (원생동물)		
		2.06

표 5-15. 축제식 양식시 사육관리 요령

수질항목	적정 범위	비 고
입식시 수온(℃)	15	3월 하순~4월 초순
염분농도(‰)	0~30	담수로 양식된 종묘 수송시 5‰ 유지
수소이온농도(pH)	7.0~8.5	pH가 낮으면 석회석 살포(100 kg/ha)
용존산소(DO)	6 mg/L 이상	최소 3.0 mg/L 이상 유지
아질산염(NO ₂ -N)	0.1 mg/L 이하	
암모니아(NH ₄ -N)	0.05 mg/L 이하	
방양밀도(m ²)	1~2 g 20마리 100 g 전후 3~6마리	1~2 g 5~6마리(중국) 100 g 전후 1~1.5마리(중국)
사육지 수심(m)	1.5~2.0	
먹이공급	2회/일	이른 아침, 해질 무렵
투 명 도(cm)	40 전후	환수로 조절
환 수	월 2회 이상	1회 전체 사육수의 20% 이상
월동시 수온(℃)	15	10월 하순~11월 초순

다 황복과 대하의 복합양식

2003년도에 경기도 화성과 전북 고창지역에서 황복과 대하의 양식 시험을 수행하여 성공한 사례가 있다. 화성의 S양식장의 경우 1.3ha (13,200m²) 사육지에 황복 4,000마리와 대하 480,000마리를 혼양하였다. 고창의 1.7ha (16,500m²) 양식장에는 황복 30,000마리와 대하 500,000마리를 방양하여 사육하였다.

황복의 성장은 저밀도로 방양한 화성양식장에서 성장이 4개월 만에 입식시보다 체중이 170 g 이상 증중되었다. 사료는 화성양식장의 경우 해산어(조피볼락) 사료를, 고창은 담수어(메기) 사료를 새우사료와 함께 1일 아침과 저녁 2회 공급하였다. 사육수의 염분은 화성은 사육기

간동안 4% 이하, 고창은 17% 전후의 기수였다.

황복과 대하의 복합양식 결과, 대하 단일종을 양식한 주변 양식장은 모두 바이러스에 의해 전량폐사한 반면 복합양식장은 수확량은 약간 낮은 수준이었지만 황복과 대하를 동시에 수확하는 양호한 결과를 보였다(표 5-16).

표 5-16. 축제식 복합양식 시험(강, 2003)

양식장명	S 수산(화성)		H 수산(고창)	
사육지 면적	1.3ha		1.7ha	
입식시기	'03. 6. 18		'03. 5. 18	
종묘 크기	황복	30 g	황복	50 g
	대하	1 cm	대하	1 cm
방양밀도(마리/m ²)	황복	0.3	황복	1.8
	대하	37	대하	30
염분(‰)	4.0		17.0	
양식기간	황복	128일	황복	153일
	대하	60일	대하	153일
취양시기	황복	'03. 10. 23~25	황복	'03. 10. 31~11. 7
	대하	'03. 8. 15~22	대하	'03. 10. 31~11. 7
취양시 성장	황복	206.1 g	황복	137.9 g
	대하	20 g	대하	25 g
생산량(kg)	황복	450	황복	2,100
	대하	1,000	대하	2,000
생존율(%)	황복	54.6	황복	50.8
	대하	10.4	대하	16.0

4 양만장 시설을 활용한 황복양식

최근 실뱀장어 가격 상승으로 뱀장어 양식을 포기하거나 양식면적이 줄어들어 따라 유희 양만장을 이용하여 황복을 양식하고 있다(그림 5-23). 이 방법은 해수에서 종묘생산된 황복을 담수로 순치하여 기존의 양만시설의 활용도를 높이며 온실의 잇점을 살리고 양식기간을 단축하여 인건비 등 제반경비를 절감하는 경제성 있는 양식방법이다.



그림 5-23. 양만장을 이용한 황복양식장

1998년 7월 22일부터 1999년 12월 31일까지 정사각형의 콘크리트 육상수조식(양만시설) 667 m² (200평)에서 10,000마리의 종묘(체장 3~4 cm, 평균체중 1.2 g)를 이용하여 양식시험을 실시하였다.

사육수의 담수순치는 7월 22일부터 7월 25일까지 4일간 염분을 단계적으로 입식 후 매일 10%씩 낮추어 4일째 완전담수(0%)로 전환하였다. 4일 동안 해수에서 담수로 순치한 결과, 수송 스트레스 및 염분변화로 1~2일 사이에 165마리가 폐사하였으며, 3일째부터는 20마리 이하로 폐사량이 줄었으며, 4일째 이후에는 폐사가 나타나지 않았다.

담수 순치기간 4일 동안 황복은 총 200마리가 폐사되어 2%의 폐사율을 보였다(표 5-17).

표 5-17. 황복 치어의 담수순치(해양수산부, 1999)

구 분	30 % (1일)	20 % (2일)	10 % (3일)	0 % (4일)
폐사마리수	95	70	20	15
생존마리수	9,905	9,835	9,815	9,800
생존율(%)	99.1	98.4	98.2	98.0

사육수는 지하담수로 원수의 수온은 18.6~21.5℃이었으며, 가온하여 연중 23.6~26.2℃(평균 25.4℃)로 유지하였다. 사육기간동안 수질환경은 pH가 8.0~8.5(평균 8.3), DO는 4.80~5.80 mg/L (평균 5.41 mg/L), COD는 2.12~5.64 mg/L (평균 3.83 mg/L), SS는 40.12~125.40 mg/L (평균 79.08 mg/L), NH₄-N는 0.03~0.26 mg/L (평균 0.12 mg/L), NO₂-N는 0.34~1.55 mg/L (평균 0.87 mg/L), PO₄-P는 0.01~0.21 mg/L (평균 0.03 mg/L) 범위였다.

초기사료는 침강사료로 먹이붙임을 하였으며, 입식 20~30일 후부터 침강과 부상사료를 혼합하여 부상사료로 전환하였다. 초기 사육시에는 사료를 1일 7~10회 정도 공급하였으며, 공식방지와 꼬리지느러미의 결손방지를 위하여 골고루 먹이섭식이 가능하도록 충분하게 공급하였다. 꼬리지느러미의 결손은 입식시부터 나타났고 사육기간동안 결손은 약 30% 정도로 관찰되었다. 초기 사육과정에서 공식현상이 있었으나 5 cm 이상으로 성장하면서 크게 감소하였다.

입식시 평균체중이 1.2 g인 치어가 약 7개월 후에는 100 g, 14개월 후에는 200 g, 약 18개월에는 평균중량 310 g으로 빠른 성장을 보였으며, 최종 생존율은 92.7%로 양호하였다. 해수 유수식양식시 황복을

체중 300 g으로 성장시키려면 약 3년 정도가 소요되었으나, 담수순치 후 수온을 26℃ 전후로 유지하면 성장기간을 1년 6개월로 단축시킬 수 있었으며, 최종 생존율은 92.7%이었다.

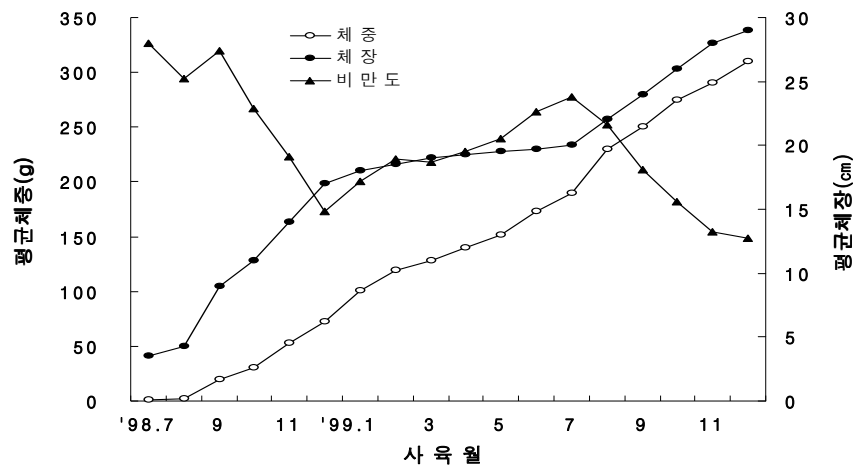


그림 5-24. 양만장시설을 이용한 황복의 성장(해양수산부, 1999)

양식시험 분석결과, 방양시 중량은 12 kg, 취양시 중량은 2,874 kg, 증육량은 2,862 kg, 증육비는 239.5%, 사료효율은 69.3%, 사료계수는 1.44, 비만도 12.7~28.0(평균 20.0)으로 나타나 다른 어류에 비해 사료 효율이 높고 사료계수가 낮으며, 생존율과 증육비는 높았다(그림 5-24).

5 해상가두리 양식

해상가두리 양식은 축제식 시설보다 시설비가 적고 생산성이 높으므로 적지를 잘 선정하면 어느 방법보다 생산에 유리한 방법이다. 해상가두리양식 적지는 풍파가 심하지 않고 수심이 10 m 이상 유지되는

곳으로 물의 환수량이 풍부한 곳일수록 좋다.

최근 2003~2004년 서해안의 충남 안면도 해상에서 민간 어업인이 시도하였으나 축제식 양식장에 비해 수온상승이 늦고, 양성기간이 약 5개월 정도밖에 되지 않을 뿐만 아니라 월동상의 문제점이 있어 현재는 연중 월동이 가능한 경남 통영에 3개소의 황복 가두리양식장이 있는 정도이다.

가 **당년생 종묘의 양성**

한국해양연구원에서 1995년 생산된 당년생 종묘를 이용(평균체중 7.4 g)하여 충남 태안군 천수만 해상가두리에서 6월부터 12월까지 시험한 양식시험 결과를 소개한다. 당년생 종묘를 월동전까지 6개월간 해상가두리 5×5×3 m에서 사육한 결과, 평균체장은 8 cm, 평균체중은 20 g으로 성장하였다. 사료는 조피볼락용 사료를 공급하였다.

사육기간 동안 수온은 7~9월에 23.0~29.0℃으로 황복의 성장에는 적당하였으나 10월 이후에는 성장이 둔화하였다. 9월~10월 2개월간의 성장은 체중 16 g에서 22 g으로 약 6 g이 증중되어 다른 어류에 비해서는 낮은 성장을 보였다. 2개월간의 사료효율은 0.88~1.03, 일간성장율은 1.04~2.55%, 일간섭식율은 0.92~2.62%이었다. 사육기간동안 특별한 질병발생은 없었다.

해상가두리 사육에서 황복은 고수온에 대한 적응성은 높은 편이나 겨울철 저수온에 대한 월동의 문제점이 있다. 국내에서 황복양식이 시도된 해역은 충남 천수만, 경남 거제, 통영, 전남 거문도 등이다.

표 5-18. 해상가두리 황복양식장의 연간 평균수온(국립수산과학원)

지역 월별	천수만		통 영		거 제		제주도(서귀포)	
	표층	저층	표층	저층	표층	저층	표층	저층
2	3.9	3.7	9.8	9.7	10.4	10.1	15.1	15.3
5	14.3	13.5	16.5	14.4	16.5	14.9	16.7	15.9
6	19.7		20.6		18.5		19.1	
8	26.3	25.9	25.0	20.3	24.3	20.0	25.6	21.2
9	23.6		23.8		23.1		24.4	
10			22.2		21.2		24.3	
11	15.4	15.2	16.4	16.7	16.1	16.1	20.7	21.0

* 1992~2004년 월별 평균자료, 국립수산과학원 한국해양환경조사 자료

각 지역별 특성은 충남 태안군 천수만 해역은 서산 방조제 근처에 시설되어 여름철 강우시 담수의 영향을 많이 받는 곳이나 황복은 저염분에 적응성이 강하므로 큰 문제점은 없으며, 조류소통이 좋고 관리사와 거리가 가까워 관리가 편리하다.

경남 통영시 산양면 해역은 태풍의 영향을 적게 받으며, 수심이 15 m 정도로 조류소통이 좋은 편이다. 전남 여천군 거문도는 수질 오염원이 없고 어느 지역보다 수온이 높아 월동장으로 유리하다.

경남 거제시 해역은 우리나라에서 겨울철에 가장 수온이 높은 곳으로 수심, 투명도 등 수질이 좋으며 조류소통도 양호한 곳이다.

위에서 설명한 겨울철 월동이 가능한 거문도, 제주도, 통영 등의 지역은 연중 황복양식이 가능하리라 생각되지만 육상과 멀어 교통이 불편하고 생산된 상품을 소비지까지 운반하는데 많은 시간과 경비가 소요되는 단점이 있다.

표 5-18에서와 같이 서해안 천수만에서 연간 평균수온 변화는 여름철인 8월에는 다른 지역에 비해 황복이 성장하기 좋은 수온을 유지하

는 반면, 2월의 수온은 평균 4.0℃ 이하로 황복의 월동은 불가능하다.

남해안 지역인 통영과 거제 해역은 한겨울인 2월에도 평균 10℃ 전후를 유지하여 해사가두리에서 연중 사육할 수 있으며 현재는 통영지역에서 3개소에서 민간 어업인이 황복양식을 하고 있다.

나 중간종묘의 양성

군산지방해양수산청에서 2003년 5월 초순부터 10월 하순까지 6개월간 실시한 해사가두리 양식시험 결과를 소개한다. 시험장소는 전라북도 군산시 옥도면 개야도리에 있는 해사가두리 양식장(8×8×8 m, 2대)이었다. 중간종묘의 크기는 평균체장 17.3cm, 평균체중 114.5 g으로 2,600마리를 입식하였다. 어장환경조사는 수온, 투명도, pH, DO, COD, SS, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P를 월 1회 조사하였다.

표 5-19. 해사가두리 양식장에서의 중간종묘의 사육환경
(군산지방해양수산청, 2004)

항목 월별	수온 (℃)	염분 (‰)	투명도 (m)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	NH ₄ -N (μg-at/L)	NO ₂ -N (μg-at/L)	NO ₃ -N (μg-at/L)	PO ₄ -P (μg-at/L)
5	15.3	25.0	2.0	7.9	8.56	1.68	9.50	0.884	0.323	4.687	0.0453
6	16.5	25.0	2.1	8.0	7.62	1.98	10.40	0.916	0.284	4.858	0.0486
7	23.5	28.0	2.2	8.0	8.25	1.54	10.40	0.429	0.522	3.593	0.0204
8	24.0	28.0	2.5	8.0	7.00	1.98	8.80	0.652	0.550	3.707	0.0540
9	23.2	28.0	2.4	8.0	6.25	1.74	8.80	0.316	0.242	4.736	0.0809
10	21.0	28.0	2.0	8.1	9.20	1.58	6.00	0.289	0.069	4.786	0.0447

사육기간동안 수온은 7~8월의 잦은 강우로 인하여 24.0℃ 이하를 유지되었으며, 황복이 성장하기에 적당한 온도는 23.2~24.0℃로 7~9월

의 3개월이었다. 염분은 강우의 영향을 받아 28.0‰이었으며, pH는 7.9~8.1로 해역 수질기준에 적합하였다. 투명도는 2.0 m 이상으로 상당히 높았으며, DO 역시 전 사육기간동안 6.0 mg/L 이상을 보였고 그 외의 수질항목은 대체로 양호하였다(표 5-19).

표 5-20. 해상가두리 양식장에서의 황복의 성장(군산지방해양수산청, 2004)

월별	항목	평균체장(cm)	평균체중(g)	비만도	생존율(%)	사료공급량(kg)
5		17.3	114.5	22.12	95.0	50
6		17.5	117.0	21.83	89.0	120
7		19.1	125.0	17.94	85.0	140
8		19.3	132.0	18.36	83.0	220
9		19.7	152.0	19.88	73.0	260
10		21.0	170.0	18.36	69.0	210

5월 6일 종묘입식부터 약 8일간은 섭식행동을 보이지 않았고 8일후부터는 섭식행동이 관찰되었으나 육상수조에서 부상사료에 길들여져 있어 침강사료에 먹이붙임이 늦었고 사료허실이 많았다. 가두리에 방양 2주 후부터는 사료공급시 가두리의 저층에서 중층으로 이동하면서 사료를 섭식하였다. 7월부터는 침강사료에서 부상사료로 전환하여 1일 2회 유속이 약한 시간에 먹이를 공급하였다.

비만도는 20 전후로 육상 온실 뱀장어 양만장을 이용한 양성에서의 성장과 비슷하였다. 황복의 성장은 수온에 따라 크게 영향을 받았는데, 전북 군산 연안의 해상가두리 양식시험에서는 수온이 낮아 성장이 저조하였다. 생존율의 경우에도 9월 초순경 태풍의 영향으로 가두리가 심하게 움직여 스트레스에 의한 폐사가 증가하였다.

사료 섭취량은 수온이 가장 높은 8~9월에 가장 많았고, 10월부터는 수온

하강으로 감소하였으며, 양식시험 기간동안 질병발생은 없었다(표 5-20).

해상가두리 양식의 장점은 육상양식(담수양식)에서 보다 채색은 선명한 황색을 띄며, 꼬리지느러미의 결손율도 적어 상품가치가 높았다. 가두리 망목에 부착한 갑각류 중단각목에 속하는 천연먹이생물인 옆새우(*Gammarus sobaegensis*), 바다대벌레(*Caprella kroeyeri*)를 활발하게 섭식하여 보조먹이로 이용이 가능하였다.

단점은 해상가두리에서의 사료공급시 해수의 유속에 의해 유실이 많아 사료효율이 낮게 나타났다. 또한 수온이 육상수조나 축제식에 비해 낮아 성장이 저조하여 6개월간의 양성기간동안 입식시의 체중이 114.5 g인 개체가 170.0 g으로 평균 55.5 g 정도밖에 성장하지 못하여 상품화가 되지 못하였다.

또한 태풍 등 풍파의 영향을 많이 받으며, 그림 5-25에서와 같이 가두리 망목에 해조류가 번성하면 조류소통을 방해하여 질병발생 위험성이 있어 수시로 청소해 주거나 망갈이를 해 주어야 한다.

사료공급시 사료유실을 방지하기 위해서는 침강사료 보다는 부상사료를 공급하거나 가두리 안에 PVC 등으로 만든 먹이터를 설치해야 한다.

다 해상가두리 양식 성공사례

황복은 상품까지의 사육기간이 2년 이상이 소요되어 월동관리가 필수적이다. 전남 완도지역은 겨울철 수온이 7℃ 이상 유지되어 월동이 가능하다는 점을 착안하여 완도군 신지도의 민간기업인 D수산에서 해상가두리 양식시험을 하였다.

1995년에 국립수산물과학원 보령수산물종묘시험장에서 생산한 체중 4~5 g의 치어 5,000마리를 무상분양받아 시험을 실시하였다.



그림 5-25. 해상가두리 황복양식장 전경(충남 태안)

방양밀도는 6×6 m 크기의 4개 가두리에 나누어 사육하였으며, 먹이는 전갱이, 고등어 등 생사료를 공급하였다.

초기 사육에 대한 경험부족으로 생존율은 40%이었으나, 1997년 2년간 사육으로 전장 17~20 cm, 체중은 200~400 g 규격의 상품 2,000마리(600 kg)를 kg당 35,000원에 판매하였다. 체중 400 g까지 성장, 출하가 성공하여 향후 600~700 g 상품을 생산하여 횡감용으로 판매시 높은 수익이 기대된다.

1996년 12월에도 체중 3 g 전후의 종묘 16,000마리를 입식하였는데, 입식시기가 겨울철로 수송과정의 스트레스 및 사육초기 수온에 대한 적응이 어려워 일부 폐사가 나타났지만 대부분 해상가두리 양식장에 잘 적응하였다. 1997년 11월에 전장 11~12 cm로 성장하였으며, 1년간 양성 생존율은 약 60%이었다.

황복은 자주복과 마찬가지로 위가 짧아 먹이의 공급횟수는 다른 어류에 비해 자주 공급하여야 한다. 초기양성에서는 하루에 5~ 6회 정도 공급하고 성장하면서 횟수를 줄일 수 있으나, 200 g 전후로 성장하였을 경우에도 수온변화에 따라 하루에 2회 이상 자주 공급할수록 좋다.

사료의 종류는 자연산 잡어, MP사료, EP사료 등 어느 것이나 신선한 것이면 좋으며, 최근에는 국내에서도 황복전용 배합사료를 생산, 공급하고 있다.

황복은 입의 크기가 작고 목구멍의 크기가 작으므로 성장하면서 적절한 크기의 먹이를 공급하는 것이 매우 중요하다. 입의 크기에 비해 사료입자가 크면 이로 부수어 허실되는 양이 많아지며 수질오염의 원인이 된다.

1 치어기의 적정 단백질 요구량

황복 치어기의 적정 단백질 요구량을 구명하기 위하여 단백질 함량(Crude protein)을 30, 40, 45, 50, 55, 60%로 구분하여 12주간 시험한 결과, 50%, 55%는 비슷하였고, 나머지 함량에서는 큰 차이를 보였다. 단백질 함량이 50%인 시험구에서 사료효율과 간중량지수가 가장 높게 나타났다.

따라서 황복 5 cm 전후 치어기에 비만도, 헤모글로빈농도, 생존율 등을 고려할 때 가장 적당한 단백질 함량은 50% 내외로 여겨진다.

중국에서도 체장 10.2 ± 0.12 cm, 체중 23.6 ± 0.12 g의 황복 치어를 이용하여 12주간 시험한 결과, 단백질 함량이 50%에서 양호하였고 55~60%와는 큰 차이를 보이지 않았으며, 자주복의 단백질 요구량과 비슷하였다.

2 복어 배합사료 조성 및 사료 공급율

국내에서는 S 사료회사에서 황복 전용사료를 수 년 전부터 생산하여 황복 양식어가에 공급하고 있다. 사료형태는 침강 및 부상 펠렛사료로 조단백질 함량은 45.0% 이상이다.

중국의 경우는 단백질 함량이 높은 뱀장어, 자라 사료를 사용하다가 최근 황복 전용 배합사료를 개발 중이다. 황복 전용사료의 조성은 표 6-1에서 보는 것과 같이 단백질 함량은 높고 지방함량은 적게 배합되어 있다. 사료공급율은 초기 양성기에 높고 성장이 진행되면서 줄어든다(표 6-2). 참고로 일본에서 주요 복어 양식대상종으로 연간 4,000톤 이상을 생산하는 자주복의 배합조성은 표 6-3과 같이 황복사료에 비해 단백질 함량이 50% 이상으로 높았으며, 주로 해소가두리에서 양성하므로 부상사료를 생산하고 있다.

국내 황복 배합사료의 단백질 함량은 영양소 측면에서 표기한 것이며, 원료가 100%일 때 어분 60~70%, 곡물 30~40%가 함유된 것을 의미한다.

표 6-1. 황복 배합사료 조성(한국 S사료, 침강사료)

성 분	성분량	성 분	성분량
조단백질	45.0% 이상	칼슘	1.20% 이상
조 지 방	4.0% 이상	인	2.70% 이하
조 섬유	5.0% 이하	기타 영양제	미량
조 회 분	20.0% 이하		

황복과 비교하여 일본에서 자주복 양식시 먹이공급은 초기양성부터 중간종묘까지 황복에 비해 적게 공급하고 있다(표 6-4).

표 6-2. 황복사료 사료공급율 표(한국 S사료, 2003)

제품명	평균입경 (mm)	사료공급 대상어		어체중 대비 예상 사료공급율(%)	
		체장(cm)	체중(g)	20℃	25℃
황복 3호	1.7	5~8	3~20	5~10	5~15
황복 4호	2.1	8~12	20~50	2~4	3~5
황복 5호	2.6	12~15	50~100	1.4~2	2~3
황복 6호	3.2	15~22	100~300	0.7~1.4	0.9~2
황복 7호	3.7	22~	300~	0.4~0.6	0.4~0.8

표 6-3. 자주복 배합사료 조성(일본, 2003)

제품명	평균 입경 (mm)	성분량				C/P 비율	동물성 사료 함유율(%)	사료공급 대상어	
		조단백질 (% 이상)	조지방 (% 이상)	조섬유 (% 이하)	조회분 (% 이하)			체중 (g)	크기 (cm)
치어 1호	1.9	56.0	6.0	4.0	17.0	63	82	3~20	5~8
치어 2호	2.4	56.0	6.0	4.0	17.0	63	82	20~50	8~12
육성 3호	3.3	54.0	8.0	4.0	17.0	66	82	50~100	12~15
육성 4호	4.3	54.0	8.0	4.0	17.0	66	82	100~250	15~22
육성 5호	5.5	52.0	10.0	4.0	17.0	70	78	250~400	22~25
육성 6호	8.8	52.0	10.0	4.0	17.0	70	78	400~	25~
육성 7호	9.1	50.0	12.0	4.0	17.0	74	76	600~	27~
육성 8호	11.7	50.0	12.0	4.0	17.0	74	76	800~	30~

표 6-4. 자주복 어체크기별 사료공급 횟수(일본)

어체중(g)	공급 횟수(회/일)	어체중(g)	공급 횟수(회/일)
~50	4	100~300	2
50~100	3	300~	1

3 사료에 첨가한 비타민이 치어의 성장에 미치는 영향

황복의 초기 양성과정에서 비타민이 치어의 성장에 얼마나 영향을 미치는지를 조사하기 위해 평균 5.14 g의 치어를 대상으로 시판되는 배합사료에 비타민을 첨가하여 90일간 사육시험한 결과는 다음과 같다.

사료 100 g 당 비타민 C 70 mg, B₁ 50 mg, B₁₂ 50 mg을 각각 공급하여 치어를 사육한 결과, 대조군에 비해 성장효과가 좋았으며, 이들 비타민을 혼합하여 공급한 시험구에서의 성장은 대조군에 비해 현저히 증가되었다.

따라서 시판되는 사료에 비타민을 첨가하여 사육하면 성장에 큰 효과가 있는 것으로 여겨진다. 시판되는 사료는 주성분이 어분이기 때문에 어분은 쉽게 지질산화가 일어나 어류의 생체에 치명적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 특히 간세포에 큰 자극을 주어 생체의 생리균형을 파괴시키는 것으로 알려져 비타민 또는 합성 항산화제를 첨가해 어류를 사육해야 한다는 보고가 많다.

또한 비타민 C와 같은 수용성 비타민은 열 또는 보관시간에 따라 쉽게 파괴되므로 사료에 첨가하여 사육하는 것이 바람직한 것으로 여겨진다.

남북한을 연결하여 흐르며 서해와 맞닿아 있는 임진강에는 귀중하고 맛있는 어종이 많이 서식하는데 그 중에서도 황금물고기로 불리는 황복이 있다.

황복은 옆구리에 노란색을 띠며 검은 반점이 등 양쪽에 하나씩 나 있는게 특징이다. 등가죽을 흑피라 부르고, 뱃가죽은 백피라고 하는데 가장 맛있는 부위가 뱃가죽 부위다.

황복은 회 또는 맑은탕, 매운탕 등 현재까지는 단순하게 이용되고 있지만 양식생산량이 증가하면 다양한 음식으로 개발이 가능하다.

1 복어의 시식 역사

복어는 그 맛이 뛰어나 인류가 오랜 옛날부터 먹어왔다. 2,000여년 전의 패총으로부터도 복어의 골편이 발견되고 있으며, 산이나 바다의 동식물에 관하여 기록된 중국의 산해경(山海經)이라는 책에도 「폐어(肺魚), 이것을 먹으면 사람이 죽는다」라고 중독이 발생한 사실이 기록되어 있다.

중국 고대 시인들은 주로 황복을 상식하면서 시를 지었다. 매성유(梅聖俞)의 시집 중에 「春洲生荻芽 春岸飛楊花 河豚當是時 貴不數魚鰕」하는 시는 복어의 맛있는 시기를 읊은 시로서 「초봄에 돌아난 갈대 움과 버드나무 꽃이 떠다닐 시절에 복어의 맛이 각별하여 다른 물고기나 새우 무리 중에서는 찾아 볼 수 없는 진미」라는 뜻이다.

「美味求真(木下)」이라는 책에는 복어를 먹으면 신통하게 체내의 불화가 사라지고 엄동설한의 추위도 잊어버리게 한다고 하면서 복어는 천계의 옥찬이 아니면 마계의 기미라고 표현했다. 사실상 복어살은

백옥같이 희고 맑고 깨끗한데다가 빛이 있어 아름다우면서도 단맛이 있다. 이른바 「담백하면서 싱겁지 않고(淡而不薄) 살이 쪼 있어도 어둡지 아니하다(肥而不膩)」란 말은 이 복어를 이르는 말이다.

중국에서는 수컷 복어의 뱃속에 있는 하얀 정소(魚白)를 서시(西施)의 젖(乳)에 비유하여 서시유(西施乳)라 하며 절미(絶味)로 쳤다. 이 유래는 춘추전국시대 월나라의 경국지색(傾國之色)인 서시가 자기 조국이 오나라에 망해 오왕 부차에게 끌려갔으나 서시의 천하일색과 색향에 빠져 결국 오나라가 망하고 마는 고사가 있는데, 복어 이리와 같이 천하일품의 맛을 지니고 있는 것에는 항상 함정이 있다는 교훈을 주고 있는 것이다. 그래서인지 중국에서는 뛰어나게 맛있는 음식에는 서시(西施)라는 말을 앞에 붙였다. 이를테면 「서시설(西施舌)」이라 하면 오월(吳越) 지방에서 나는 특미인 조갯살을, 서시비(西施臂)」라 하면 소주(蘇州)의 연뿌리를 그렇게 불렀다.

복어의 맛에 대해서 11세기 宋나라의 시인 소동파는 「죽음과도 바꿀 만한 가치가 있는 맛」이라고 예찬하였으며, 「복은 먹고 싶고, 목숨은 아깝고…」, 「복어를 먹지 않는 놈에게는 후지산을 보여주지 말라」는 한 일본의 한 시인 이야기는, 복어의 맛과 독을 알지 못하는 사람이 어떻게 후지산을 이해 할 수 있겠느냐는 의미를 내포하고 있다.

중국이나 일본처럼 호들갑을 떨지는 않았지만 우리 조상들도 나름대로 복어를 즐겨왔던 것 같다. 동국세시기(東國歲時記)나 규합총서(閩閩叢書)를 보면 복어 손질법과 요리법이 소상히 적혀있다. 규합총서에는 복을 끓일 때는 부엌의 그을음이 떨어지는 것을 크게 꺼리니 뜸에서 끓이고 복을 먹고 나서 숭늉 마시는 것을 크게 꺼린다 했다. 그리고 복어 독에 중독 됐을 경우에는 곧쟁이 짓갈로 해독하라는 처방까지 기록된 걸 보면 우리나라에서도 복어가 인기 있는 어종이었음에 틀림없다.

한국과 중국, 일본 외에 동남아시아 지역과 멀리 이집트에서도 복어를 먹는데, 특이하게도 이집트 사람들은 복어 껍질로 만든 주머니를 들고 다니면 돈을 많이 번다고 해서 장사꾼들 중에서는 복어 껍질로 만든 지갑을 갖고 다니는 사람이 많다고 한다. 이는 복어를 잡았을 때 배가 풍선처럼 부푸는 것을 재산증식으로 생각하였기 때문이 아닌가 생각된다.

2 황복의 영양학 및 약리작용

황복을 영양학적 측면에서 보면 단백질이 20% 내외, 지방은 1% 이하로 단백질이 풍부하고 지방이 적어 칼로리는 낮으면서 맛이 담백한 고급어류이다.

2002년 중국 국가수산물질량 감독센터에서 조사한 자료에 의하면 양식산 황복의 단백질 함량이 17.71%, 지방함량 0.6%, 불포화지방산 함량이 높으며, 인체에 필요한 8종의 아미노산을 함유하는 것으로 보고하고 있다.

황복의 단백질을 구성하는 아미노산 중에는 타우린, 라이신, 알라닌, 글리신 등의 성분이 많다. 특히 심장의 수축작용 및 인슐린 작용 등 생리적 활성물질인 타우린 함량이 풍부하여 심장질환, 고혈압, 당뇨병 등 성인병 예방에 좋다. 또한 황복은 간장 해독작용이 뛰어나 숙취제거, 알코올 중독 예방에 효과가 있고 혈액을 맑게 하여 피부를 아름답게 하는 역할도 하는 것으로 알려져 있다.

국내에서 2003년에 자연산과 양식산 황복의 영양학적 조성을 분석한 결과, 단백질 함량은 양식산과 자연산이 비슷하였고 맛을 좋게 하는 글리코젠 성분은 양식산에서 높게 나타났으며 지방함량은 자연산

에서 높게 나타났다.

자연산 황복보다 양식산 황복의 글리코겐 함량이 높은 이유는 자연산의 경우는 먹이를 섭식한 후 대부분을 운동에너지로 소비해 버리는데, 양식산 황복은 인공먹이의 영양성분이 높은 반면, 운동량이 자연산보다 적어서 섭식한 영양분을 근육의 조직에 축적하기 때문이라고 생각된다(김, 2003).

한의학에서도 황복은 허한 기운을 보충하고 이뇨작용이 뛰어나며, 정신을 맑게 해주는 음식으로 평가한다. 허준의 동의보감에는 하돈(河豚)은 성질이 따뜻하고 맛이 달며 독이 있으며, 허(虛)한 것을 보(補)하고 습(濕)한 기운을 없애주며 허리와 다리의 병을 치료하고 치질을 낮게 한다고 전한다. 이렇게 맛도 좋고 효능도 뛰어나지만 제대로 손질하지 않고 먹으면 심할 경우 목숨을 잃을 수도 있다.

최근에는 양식산 황복을 이용하여 한약제 등을 가미한 추출물을 가공하는 양식어가도 있으며 이를 먹으면 허약체질이나 암환자의 통증을 감소하는 효과가 있다고 한다.

3 황복의 독소 이용

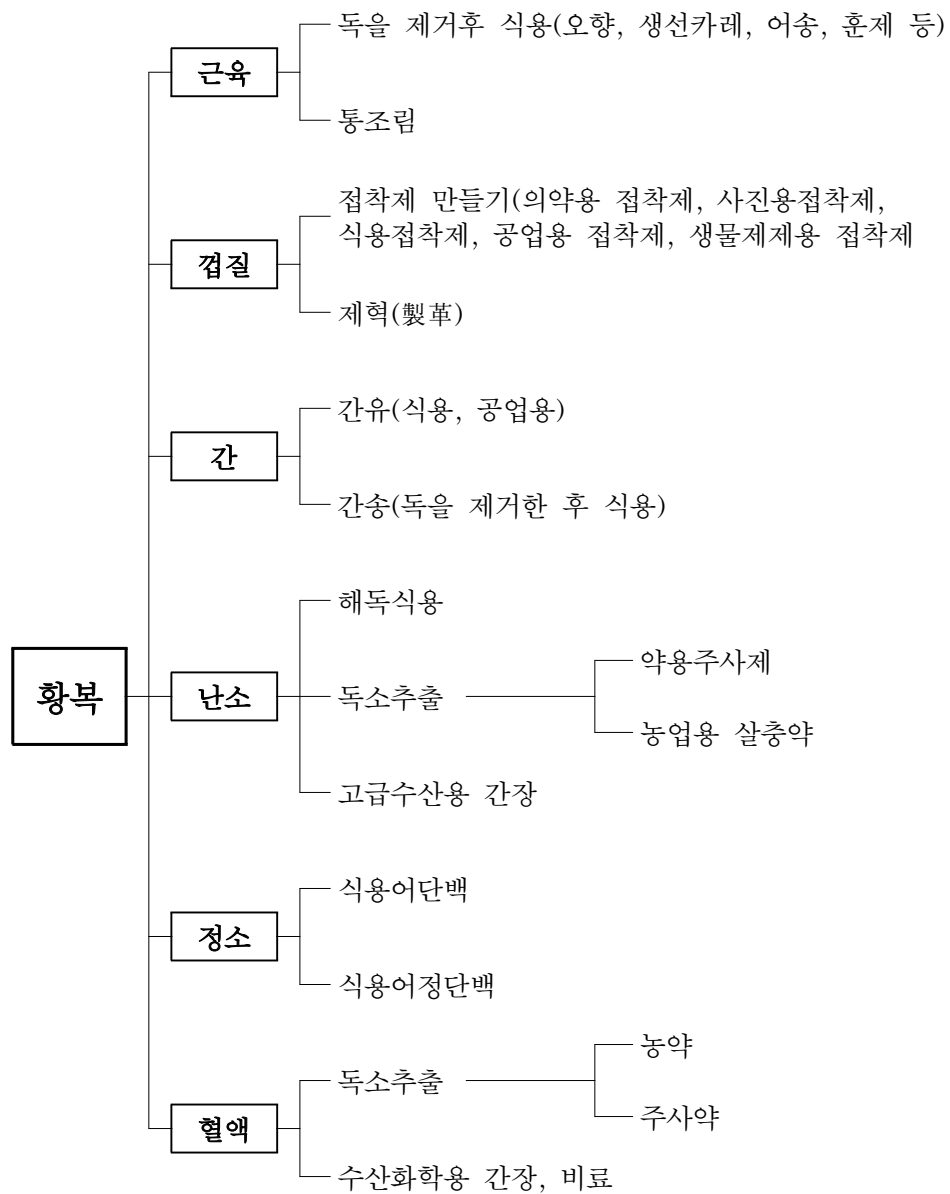
황복은 맛은 좋지만 무서운 독(毒)을 가지고 있으며, 겨울에 독성이 늘어나기 시작하여 산란기인 4~6월에 독성이 최고에 달한다. 복어의 내장, 특히 알에 있는 맹독은 테트로도톡신이라는 것으로 때로는 수컷에도 섞여 있다. 테트로도톡신(Tetrodotoxin)은 복어의 학명인 테트로와 독(毒)을 뜻하는 독신을 붙인 것으로 치사율이 60%나 된다. 맹독성 물질인 테트로도톡신은 가열하거나 햇볕에 쬘어도 없어지지 않고 냄새도 없다.

이 독은 동물의 중추와 말초신경에 작용하여 지각이상, 운동장애, 호흡장애, 혈류장애를 일으킨다. 사람의 몸속에서 분해와 흡수가 빠른 것이 특징인데 극히 소량으로도 1~8시간에 죽음에 이르게 한다. 이렇게 처분이 곤란한 복어알에서 추출한 복어의 독을 최근에는 과학자들이 통증치료제 및 마취제로 개발하고 있다.

2001년 캐나다 토론토대학의 에드워드 셀러 박사는 테트로도톡신을 이용해 테트로딘이라는 약을 개발해 캐나다 식품의약품국의 허가를 받았다. 또한 하버드 대학의 대니얼 코언박사는 복어독으로 국소마취제로 개발하고 있다.

북한에서도 복어에서 테트로도톡신을 원료로 2004년 진통 주사제가 개발되어 말기암, 신경통, 류머티스 관절염 환자들의 극심한 통증을 진정시키는 진통제로 사용되고 있으며, 악성감기, 기관지 천식, 기관지염, 폐렴, 인두염 등 호흡기 질환에도 특효가 있다고 소개했다. 북한의 조선장생합영회사에서 수 십년간 임상실험 결과 각종 질병 치료에서 놀랄만한 효과를 나타내어 차세대 신약으로 관심을 모으고 있다.

최근 들어 국내에서도 복어독을 응용한 신종 마취제 개발에 관심을 가지고 있으며 2003년 경성대 연구팀이 복어의 알과 간에서 테트로도톡신을 추출·정제하는 기술개발에는 성공하였으나 상품화 단계에는 이르지 못하고 있다. 테트로도톡신 개발과 더불어 경성대 연구팀은 복어간에서 고혈압과 동맥경화를 예방하고 시력을 좋게 하는 건강보조식품인 복어간유구를 개발, 상품화를 앞두고 있다. 간유구는 아직까지 자연산 복어간에서 추출했으나 황복 대량양식으로 생산되는 황복 간을 이용하면 부산물처리는 물론 연간 1조원대에 달하는 건강보조식품 시장에서 신제품으로 각광받을 것으로 기대된다.



* 어송(魚松) : 생선을 가공하여 솜처럼 만든 식품, 간송(肝松) : 복어의 간을 얇게 저며 건조시켜 만든 식품

그림 7-1. 황복의 종합 이용(陽, 2002)

한국은 테트로도톡신을 원료로 한 마취제를 전량 미국 등에서 수입하고 있으며, 가격은 10 mg당 400만원 수준이다. 중국에서도 복어에서 독소를 추출하여 의약, 공업, 농업용 살충제 등으로 광범위하게 이용하고 있다.

황복은 전체가 보물로 취급되며 식용 및 약용가치가 매우 높아 양식대상 생물로서 개발, 이용이 시급하다. 각 신체부위별 사용가치는 그림 7-1과 같이 종합적으로 이용된다.

4 한국산 황복의 독성

가 자연산 황복의 독성

복어의 독은 mouse unit (MU)로 나타내는데, 1 MU는 30분 이내에 20 g의 쥐를 죽일 수 있는 양이다. 자연산 복어는 가공처리하여 근육 및 표피가 10 MU/g 이하인 것은 무독으로 취급하여 안전하게 유통되고 있다.

임진강으로 소상하는 황복을 대상으로 어체의 부위별 독성을 조사한 결과, 난소와 간장은 맹독, 정소와 내장, 담낭, 비장은 강독, 근육과 껍질은 약독으로 나타났고, 혈액은 5 MU/g 이하로 무독이었다. 각 부위별 평균 독성은 최고 독성보다는 한 단계 약하게 나타났다.

황복의 독성은 같은 종이라도 개체별, 지역별, 시기별, 성별에 따라 차이가 있으며, 특히 이제까지 무독 또는 약독으로 여겨 식용으로 이용되었던 근육과 정소의 독성이 본 연구에서 약독 또는 강독으로 독성을 보이고 있어 중독예방 및 식품의 안전성 확보차원에서 주의할 필요가 있다(표 7-1).

표 7-1. 자연산 황복의 부위별 독성(전, 1995)

부 위	시료에 대한 독성 출현율(%)	독성발견수				독성(MU/g)	
		●	◎	○	×	범위	평균±표준오차
생식선♂	67(4/6)	0	2	2	2	<5~195	71±35
♀	96(23/24)	1	14	8	1	<5~1,380	268±67
간 장	93(42/45)	2	13	27	3	<5~1,920	181±58
내 장	89(24/27)	0	7	14	6	<5~401	64±13
근 육	22(2/9)	0	0	2	7	<5~22	5±3
껍 질	80(8/10)	0	0	8	2	<5~40	20±4
담 낭	70(7/10)	0	2	5	3	<5~396	76±38
비 장	78(14/18)	0	1	13	4	<5~148	38±9
혈 액	0(0/3)	0	0	0	3	<5	0

● : 맹독성, 1,000 MU (10 g 이하에서 치사량이 된다); ◎ : 강독성, 100 MU (10 g에서부터 100 g까지 치사량이 된다); ○ : 약독성, 10 MU 이상 100 MU 이하(100 g에서부터 1 kg까지 치사량이 된다); × : 무독성, 10 MU 이하(1 kg 이하는 치사량이 되지 않는다)

나 양식산 황복의 독성

자연산 황복에 존재하는 테트로도톡신(TTX)이 육상수조에서 양식한 황복에서도 존재하는 가를 밝히기 위해서 생물학적 정량법(bioassay)을 이용하여 조사한 결과, 독력이 매우 약해서 쥐가 사망하는 개체가 출현하지는 않았지만 추출액이 복강주사된 대부분의 개체가 졸거나 약간의 마비증세를 일으키고 자극을 주어도 거의 움직임이 없는 증상을 나타냈다(표 7-2).

이것은 양식산 황복도 공정서에 따른 독력 측정방법 및 기준(국립수산물품질검사원, 1998)에 의하면 안전하다고 인정되는 수준이기는 하나 쥐에서 나타나는 미약한 증상으로 미루어 낮은 수준이라도 테트

로도톡신을 함유하고 있다고 의문을 가질 수 있다.

표 7-2. 양식산 황복의 쥐에 대한 부위별 독성(TTX) 반응(김, 2003)

시료수	조사부위					
	성	근 육	간 장	생식선	내 장	껍 질
1	-	느린행동, 경련	정 상	반응없음	느린행동, 마비증상	졸음, 느린행동
2	♀	느린행동, 졸음	졸 음	느린행동, 마비증상	졸 음	느린행동
3	-	느린행동, 졸음	졸음, 느린행동	반응없음	느린행동	졸음, 마비증상
4	♀	느린행동	졸음, 느린행동	느린행동, 마비증상	마비증상	정 상
5	-	느린행동, 마비증상	느린행동, 졸음	반응없음	느린행동, 졸음	졸 음
6	-	느린행동	느린행동, 졸음	반응없음	반응없음	느린행동, 마비증상
7	-	마비증상, 졸음	느린행동, 경련	반응없음	마비증상	정 상
8	-	졸 음	느린행동, 졸음	반응없음	느린행동, 마비증상	정 상
9	-	마비증상, 느린행동	느린행동, 졸음	반응없음	정 상	졸 음

한편, 최근의 분석영역에서 응용이 가장 광범위하고 성숙된 기술 중의 하나인 고도액체크로마토그래피(HPLC)를 이용하여 조사한 결과에서는 전혀 검출되지 않았다(표 7-3).

일본의 양식산 자주복에서도 독력이 10 MU/20 g 이하로 검출되어 무독으로 인정되고 있지만(Toshio, 1984) 아직까지는 분석한 시료량이 적어 앞으로 계속적인 연구가 필요하다. 또한 해상가두리나 축제식

양식과정에서 배합사료를 공급하지 않고 생사료나 조개류를 공급할 때 복어 체내에 독이 생성될 위험성이 있으며, 또한 양식산 황복의 독성이 약하거나 없다 하더라도 자연산 황복을 양식산으로 오인할 경우, 중독사고가 발생할 가능성이 있으므로 양식산 황복이라도 독을 함유한 내장 등 부위를 제거하는 것이 안전하다.

표 7-3. 양식산 황복의 HPLC에 의한 독성(TTX) 분석(김, 2003)

시료수	HPLC ($\mu\text{g/L}$)				
	근 육	간 장	생식선	내 장	껍 질
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0

질병과 치료 대책

현재까지 양식황복에 대한 다양한 질병원이 밝혀져 있지 않기 때문에 실제 양식현장에서 발생한 질병(표 8-1)과 자주복을 대상으로 기존에 연구·확인된 질병을 종합적으로 기술하였다.

표 8-1. 황복의 해수양식시 발병하는 질병 종류(보령수산시험장, 2002)

발생시기	발생 질병명
5 ~ 6월	활주세균증(1년어)
6 ~ 7월	백점병(당년어, 1년어, 성어)
7월	스쿠티카병, 연쇄구균증, 비브리오행증(1년어)
8월	활주세균증, 백점병(당년어)

1 해수양식에 의한 질병

가 세균성 질병

(1) 활주세균증

황복, 자주복 등 복어류에 가장 많이 발생하는 세균성 질병으로 특히 종묘생산 시기인 치어기에 그 피해가 대단히 크다. 복어는 상하로 날카로운 이가 있어 서로 공격하는 경우가 있는데, 이때 입은 상처부위에 활주세균이 증식하여 발병한다.

활주세균은 체표와 지느러미에 번식할 뿐만 아니라 입 가장자리와 아가미에도 증식한다. 활주세균이 아가미에 증식할 경우 아가미 부식 현상을 일으킨다.

[원인] 활주세균에 속하는 플렉시박터 마리티무스(*Flexibacter maritimus*)

의 감염에 의해 일어나는 질병으로 본 세균은 해수 중에 존재하는 그람 음성균인 해양미생물로서 양어장 주변의 해수역에 다량 분포한다. 병원균의 크기는 10~20 μm 로 600배의 광학 현미경으로 보면 긴 막대모양을 하고 있다.

[중상] 복어 치어를 선별하거나 이동한 후 활주세균증에 감염될 가능성이 높으며, 감염 시기는 선별작업이나 이동 4~5일 후부터 10여일 사이에 주로 발병한다. 고수온기에는 치어뿐만 아니라 성어에도 유행한다. 발병초기에는 체표의 백화와 부스럼이 보이고 지느러미의 결손과 백화도 관찰된다. 증상이 진행됨에 따라 체표에 궤양이 생기고, 꼬리 부식, 아가미 부식 등이 생긴다. 바이러스성 질병인 “입백증”과의 일반적인 차이점은 복어 개체간의 상호 공격을 하지 않거나 가두리를 물어뜯지 않는다는 점이다. 병어를 해부해 보면 간장에 선상 출혈현상이 없다. 그러나 치어나 성어를 과밀식 할 경우 서로 물어뜯는 현상이 일어나며 그 결과 꼬리지느러미, 등지느러미, 체표 등에 활주 세균이 증식하게 된다(그림 8-1, 2).



그림 8-1. 활주세균에 의한 두부와 눈 가장자리의 백화



그림 8-2. 활주세균에 의한 꼬리지느러미 부식

[치료] 활주세균에 의한 부식병은 초기에 치유하지 않으면 치료하기 어렵다. 아가미나 지느러미가 부식하게 되면 다른 병원균에 의한 2차

감염으로 항생제에 의한 감수성에 한계가 있기 때문이다.

초기 치료시에는 약육만으로도 뚜렷한 효과가 있으나 이시기를 놓칠 경우 약육과 경구투여를 겸해야만 치유가 가능하다. 활주세균증의 치료를 위해서는 원인균에 대한 전문가의 약제감수성 시험을 통해 추천받은 유효성분의 항생제가 함유된 승인 수산용의약품을 사용하여 경구투여를 해야 한다. 또한 시판되는 수산용의약품의 제품 설명서에 기재된 용량을 준수하여야 한다.

상기와 같이 처리하여 치료가 안 될 경우 다른 어떠한 약제를 투여해도 치료 효과를 기대할 수 없다. 한편, 가두리 사육조건에서는 가두리 그물망을 주기적으로 청소하여 기생충이나 병원균이 서식하지 못하도록 해야 한다.

따라서 초기감염 시기에 약제 선택이 매우 중요하며 저밀도 사육과 먹이를 자주 공급하여 공복시간을 단축시키는 효과적인 사육 관리방법도 중요하다. 그러나 무엇보다도 발병되지 않도록 예방시기를 잘 선택하는 것이 최선의 방법이다.

(2) 슈도모나스병(*Pseudomonas fluorescens*)

본 질병은 육상수조식 황복 종묘생산장에서 어린 치어시기에 일부 발병한다.

[원인] 그람음성 단간균으로 증식온도는 20~27℃이며, 사육수조 환경이 나쁘면 발생하고 종묘생산시기 치어기에 대량 발생한다. 주로 종묘생산시기에 밀도가 높을 경우 발생한다(일령 20일경, 수온 20℃ 전후).

[증상] 체색이 검어지고 아가미 뚜껑의 출혈이 보이며, 산소 부족에 따른 순환계 장애로 즉사한다. 또한 아가미에 점액질이 많이 분비되어 호흡이 어려워 섭식행동을 하지 못한다.

[예방 및 치료대책] 치료를 위해서는 원인균에 대한 전문가의 약제

감수성 시험을 통해 추천받은 유효성분의 항생제가 함유된 승인 수산 용의약품을 사용하여 경구투여를 해야 한다.

발병된 어류는 자외선 살균수 등 멸균된 사육수를 받아서 다른 수조로 옮긴다. 사육수온을 25℃ 이상 유지하게 되면 감염된 황복은 폐사하고 나머지는 자연치유된다.

(3) 비브리오병

비브리오병은 황복의 종묘생산시기에 간혹 발병하여 피해를 주기도 한다.

[원인] 원인균은 비브리오(*Vibrio anguillarum*)로 이 병균은 작은 자루모양으로 조금 굽었거나 또는 곧바르며, 어떤 것은 S형으로 이루어져 있다. 또한 균체는 편모 운동을 한다.

[증상] 황복 치어의 체표면에 궤양이 생기며, 지느러미 기저 부분과 몸통 부분이 붉어지거나 반점이 나타나면서 출혈증상이 나타난다. 병세의 정도에 따라, 환부 조직이 침윤하여 출혈성 궤양으로 발전한다.

[예방 및 치료대책] 환수량을 증가시켜 좋은 수질과 양식환경을 유지하고 부패변질된 먹이를 공급하지 않는다. 양식장에서 과밀식을 피하고 밀도가 너무 높으면 좋지 않으며, 고기가 상처를 입지 않도록 조심스럽게 다루어야 한다. 항생제를 용법에 따라 사료에 첨가하여 4일정도 경구투여한다.

나 기생충성 질병

(1) 스쿠티카병

치어에서 성어까지 관찰되는데 치어인 경우에는 체표, 지느러미 및 아가미에 기생된 스쿠티카충을 쉽게 찾아 볼 수 있으며, 대량폐사한 양식장의 복어에서는 뇌 조직내에 기생하고 있는 스쿠티카충을 볼 수 있다.

[원인] 섬모충인 스쿠티카충(Scuticociliatida)은 해수중에 분포하며 해상가두리, 육상수조식, 축제식 양식장에서도 유행한다. 충체의 크기는 20~40 μm 로 체표에 섬모를 지니고 활발히 운동하며 앞부분에 세포구를 지닌다(그림 8-3).

스쿠티카충은 황복의 치어에서 성어까지 주로 체표나 아가미에 기생한다. 감염상태가 심할 경우에는 뇌조직에 기생한다(그림 8-4). 충체는 이분열로 증식하는데, 특히 여름철에는 증식속도가 빨라 복어를 대량 폐사시키기도 한다.

[증상] 외부 증상으로는 각 지느러미가 붓고 체표의 부분적인 발적과 백화가 관찰되며 체표면에 점액이 상실된 부분과 피하 점상출혈이 관찰된다. 체표나 피하조직에 기생하는 스쿠티카충은 지속적인 약욕으로 구제할 수 있으나 뇌에 기생하는 경우에는 사실상 구제하기 어렵다.

[예방] 본 충의 효과적인 구제를 위해 연구차원에서 여러 약품을 사용한 보고가 있으나 현재까지 국내 승인된 수산용의약품은 개발되어 있지 않은 실정이므로 과밀식을 피하거나 깨끗한 사육환경을 유지하여 주는 것이 가장 좋은 방법이라 할 수 있다.

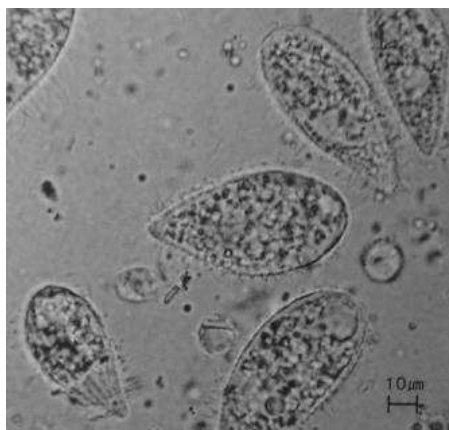


그림 8-3. 해수중 스쿠티카충

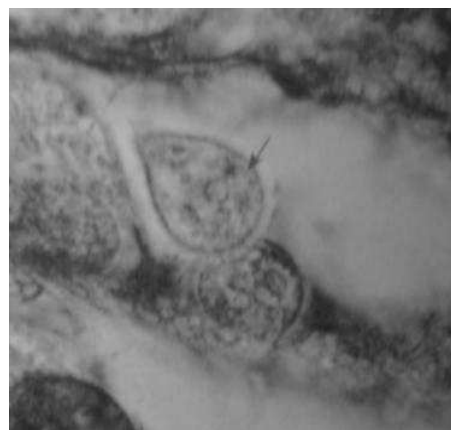


그림 8-4. 뇌조직에 기생한 스쿠티카충

(2) 백점병

과거 양식어류에서는 해수성 백점충의 감염 및 발병 정도가 미약하였다. 그러나 최근들어 황복을 육상수조, 해상가두리 및 축제식과 같이 다양한 방법으로 사육하게 되면서부터 주요한 질병원으로 대두되고 있다. 특히 해수 유통이 원활하지 못하거나 수심이 낮은 곳에 설치한 가두리 양식장에서 주로 발생하며, 드럼필터가 설치된 순환여과식 육상수조 사육방식에서는 백점충이 필터에 축적되어 지속적으로 사육수조내로 유입되므로 백점충에 만성적인 감염을 초래하게 된다.

축제식 양식에서 초기 방양시에는 성장이 양호하나 단시간내에 완전환수가 곤란하여 사육후기에는 배설물, 사료찌꺼기 등이 사육지 바닥에 축적되면서 백점충 발병 조건이 만들어지게 된다. 때로는 여름철 태풍이나 해일이 일어난 후 또는 가을철 해수중의 용존산소가 부족했을 경우에도 유행한다. 일반적으로 백점충에 감염되면 일주일 이내에 대량 폐사로 이어지는 경우가 많다.

[원인] 백점충(*Cyptocaryon irritans*)은 구형 또는 타원형으로 공이 굴러가는 것처럼 이동한다. 충체의 한 끝에는 세포구가 있으며 내부에는 4개의 연결된 대핵이 관찰된다. 숙주인 황복으로부터 충분한 영양을 취해 성충이 된 백점충은 숙주에서 나와 사육지 바닥에 부착해 시스트(Cyst)를 형성한다. 자충은 수일 후에 시스트에서 방출돼 수중을 유영하여 숙주인 황복에 다시 기생하게 된다.

이상과 같은 일련의 생활사는 수온에 따라 차이가 있으며 고수온기에는 1주일, 저수온기에는 3주일 만에 한 세대가 완결된다. 시스트내에는 30~50 μm 의 자충이 존재하며 한 개의 시스트에서 방출되는 자충의 수는 100마리 이상이고, 세대교번을 반복함으로써 막대한 수의 자충이 생성되므로 단시간내에 급격히 전 사육어류에 감염된다.

백점충의 증식가능 온도는 7~37℃이며, 염분은 15~50‰이다. 축제

식 양식장(10월, 수온 22℃)에서 발생하는 경우는 환수불량에 따른 수 질악화가 주 원인이며, 육상수조식 월동과정(2월, 수온 23℃)에서 백점충의 발생은 연료비 절감을 위한 과밀식, 노폐물과 분비물 제거 미흡 및 환수불량이 주 원인이다.

[중상] 백점충의 감염이 심한 황복은 먹이를 잘 먹지 않으며 서서히 체중이 감소하게 된다. 해상가두리와 육상수조 사육환경에서 백점충에 감염된 개체는 수중 저면에 유영을 하지 못한 채 움직임이 거의 없다가 서서히 수 일안에 죽게 되며 축제식양식 조건에서 감염된 개체는 체색변화는 없으나 먹이섭식이 불량하고 수표면에서 힘없이 유영하며 안구가 함몰하는 개체가 발견되기도 한다.

또 일부 개체는 복부와 아가미에 발적이 생기고 질병이 진행됨에 따라 먹이 섭취량이 감소하기 시작하여 발병 후에는 전혀 섭식활동을 하지 못한다. 백점충이 전 어체에 감염되면 일주일 이내에 100% 폐사한다.

외관상 체표, 지느러미, 아가미에 기생한 충체가 하얀 작은 점으로 보이는데, 이는 백점충이 피부, 지느러미, 아가미의 상피조직 하층에 침입해 있으므로 빛이 투과되어 흰점으로 보이게 되는 것이다.

황복 등 복어의 경우, 피부는 두껍지만 다른 어류에 비해 아가미 뚜껑의 구멍이 작기 때문에 우선적으로 아가미에 주로 감염된다. 아가미에 기생하게 되면 그 자극으로 상피세포가 증생되어 아가미 조직이 현저하게 두꺼워지게 되며 아가미의 호흡면적 감소, 점액의 과잉분비 그리고 분비된 점액에 수중 부유물이 부착하므로써 새강출구를 통한 호흡수 방출 장애현상이 일어나 호흡곤란이 대량폐사의 직접적인 원인으로 작용한다(그림 8-5, 6).

[치료 및 예방] 해상가두리 양식의 경우 조류 소통이 잘되며 수심이 깊은 곳으로 사육지를 이동시킨다. 사료첨가제인 라이소자임 클로라이

드(Lysozyme Chloride)를 어체중 1톤당 1일 20 g(유효성분)씩 사료에 첨가하여 7일간 연속 투여한다.

육상수조식 드럼필터 순환여과양식에서는 드럼필터 제거 및 환수를 증가와 양어지 저면을 청소하여야 하며, 드럼필터를 사용할 경우에는 정기적으로 세척과 소독을 해 주는 것이 바람직하다.

특히 황복은 모든 양식 방법에서 사육밀도와 유속 및 환수량에 민감하게 반응하므로 과밀식을 피하고 환수량을 증가시켜 줄 경우 질병 감염에 대한 예방효과를 충분히 기대할 수 있다.

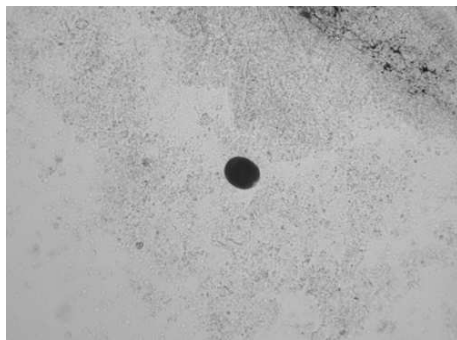


그림 8-5. 해수 백점충(*Cryptocaryon irritans*)

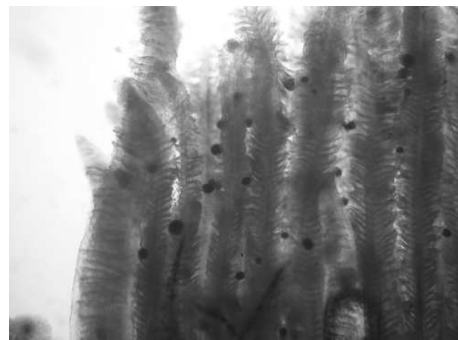


그림 8-6. 해수 백점충에 감염된 아가미

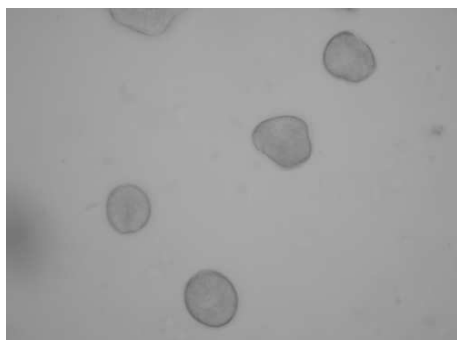


그림 8-7. 담수 백점충(*Ichthyophthirius multifiliis*)

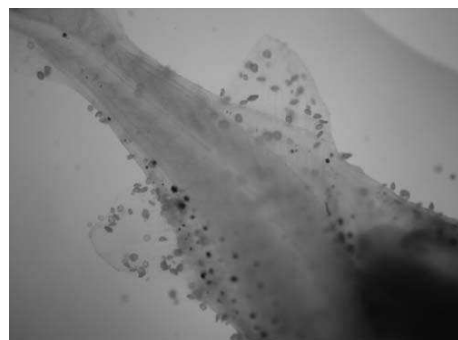


그림 8-8. 담수 백점충에 감염된 황복 치어

(3) 트리코디나병

본 증은 예로부터 내수면 양식어류에서 알려져 온 기생충성 질병이다. 하지만 근래 각지에서 양식용 종묘가 양산되면서 다른 양식어류에서도 쉽게 찾아볼 수가 있으며, 복어의 경우 체표, 지느러미, 아가미에 기생하며 상피세포를 갉아먹는 기생충으로 알려져 있다. 현재까지 해면 양식대상 어류로 자리 잡고 있는 황복의 경우에 발생빈도가 낮게 나타나고는 있으나 일본의 경우, 다른 양식 어류에 큰 피해를 주고 있는 것으로 보고되고 있다. 특히 다른 기생충이나 세균성 질병이 발생하는 고수온기에 트리코디나 충에 감염될 경우 폐사율이 크게 높아지게 된다.

[원인] 트리코디나(Trichodina)는 섬모충류 중 주모류에 속하며 복어의 체표, 지느러미, 아가미에 기생하여 상피세포를 붕괴시킨다(그림 8-9, 10). 복어에 기생하는 트리코디나충은 다른 기생충에 비해 크기가 작으며 이분열로 증식한다. 따라서 초기 소량의 충체가 발견되더라도 수일 후에는 급격히 증가하게 된다.

본 충은 숙주의 상피세포를 영양원으로 하기 때문에 어체에 심한 스트레스를 주게 되며, 복어의 체표면을 이동하면서 계속적으로 체표를 자극하기 때문에 점액세포의 기능에 문제를 일으켜 일시 점액을 과다하게 분비하도록 만든다. 그 후 점액이 전혀 분비되지 않는 기간이 2~3일 지속되는데 이때 2차로 세균성 질병원에 감염된다.

[증상] 트리코디나충은 복어의 아가미나 체표에 기생하게 되어도 외관(체표면)상 판단할 수 있는 뚜렷한 특징이 없다. 감염기간이 길어져 그 수가 증가하게 되면 운동력 감소, 먹이섭식 불량 및 아가미와 체표의 점액분비가 증가하게 된다. 증상이 심해질 경우 체표 붕괴와 각종 병원균의 2차 감염으로 발전하게 된다. 이때 궤양이 생기는 경우가 있으며 체색이 회백색으로 변한다.

본 증의 발생은 비교적 고수온기에 나타나기 때문에 고수온기에 유영, 먹이섭식이 활발치 못한 어군 또는 폐사어의 출현이 계속되는 어군에 대해서는 아가미의 육안 또는 현미경검사가 필요하다. 기생충에 감염된 어류의 아가미는 일반적으로 다량의 점액질이 분비되며 아가미의 탈색현상이 나타난다. 체표면에 기생하는 경우도 있으므로 피부 궤양 주변의 점액을 검사한다.

[대책] 과밀식을 피하고 사육지를 환수가 양호하도록 시설한다. 기생충 감염의 예방 차원에서 폐사한 개체나 허약한 개체의 조기 제거도 중요하다.

본 증의 효과적인 구제를 위해 연구차원에서 여러 약품을 사용한 보고가 있으나 현재까지 국내 승인된 수산용의약품은 개발되어 있지 않은 실정이므로 무엇보다 사육관리가 우선적으로 필요하다.

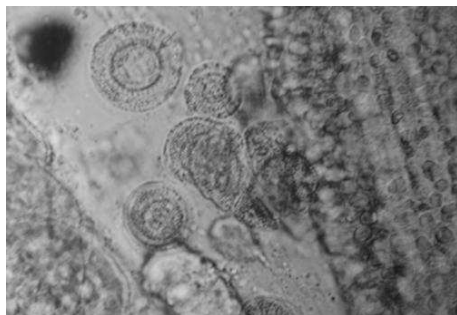


그림 8-9. 표피에 기생한 트리코디나충

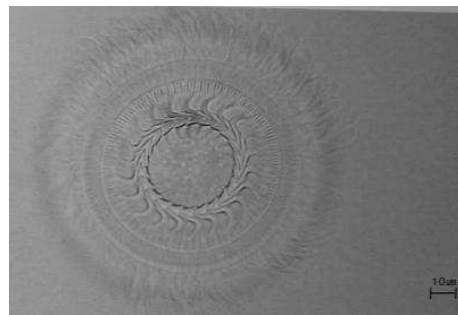


그림 8-10. 중앙에 치상돌기를 가진 트리코디나충

(4) 기로닥티루스증(피부흡충증)

최근 양식 자주복에 나타나기 시작한 기생충병의 하나로 당년생 개체에서 많이 발생한다. 발견이 늦어지면 세균의 2차 감염으로 폐사량이 급격하게 증가하므로 조기 발견이 필요한 질병이다.

[원인] 단생류인 기로닥티루스(*Gyrodactylus*)가 체표면, 지느러미, 안구 및 새공(鰓孔)의 내면 등에 기생하게 된다(그림 8-11).

[증상] 본 충의 초기 감염시 외관적으로 관찰하기는 어렵지만 예견할 수 있는 일반적인 증상은 수온 저하시 유영과 섭식활동 불량, 체색 백화 및 가슴지느러미의 불투명화 현상이 나타난다. 세균의 2차 감염을 받게 되면 피부 부식과 발적, 출혈, 지느러미 결손 및 출혈 증상 등이 나타난다(그림 8-12).

[대책] 본 충의 효과적인 구제를 위해 연구차원에서 여러 약품을 사용한 보고가 있으나 현재까지 국내 승인된 수산용의약품은 개발되어 있지 않은 실정이다.



그림 8-11. 기로닥티루스충의 모양

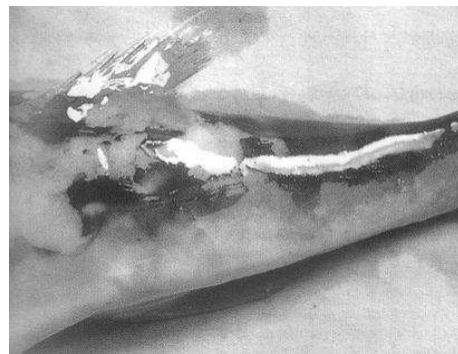


그림 8-12. 점액과다 분비 및 궤양형성

(5) 헤테로보투리움증

주로 자주복에 발생하는 질병으로 알려져 있다. 우리나라에서는 발병으로 인한 피해사례가 없었지만 일본의 경우, 자주복 양식시 밀식과 해수의 교환이 불량한 조건에서 발병하여 그로 인한 피해가 보고되고 있다.

[원인] 단생류인 헤테로보스리움(*Heterobothrium tetrodonis*)은 아가미와 새강(鰓腔) 내면에 기생한다. 어린 충은 현미경으로, 성충은 평

균 10 mm로서 육안으로도 확인이 가능하다(그림 8-13).

[증상] 본 질병은 단기간에 대량 폐사를 일으키지는 않으나 장기간에 걸쳐 매일 소수의 폐사어를 발생시킨다. 본 충에 감염된 무리는 유영, 섭식상태가 불량하고 체색도 흑화되는 경우가 있으나, 수중에서 외견상 본 충을 파악하기에는 어려운 점이 있다. 그러므로 이상개체의 발생시 개체를 선별하여 육안 또는 현미경을 이용한 아가미 검사로 아가미의 빈혈, 아가미의 찢음 상태 및 아가미 내면의 세균에 의한 2차적 병변 상태를 쉽게 확인할 수 있다.

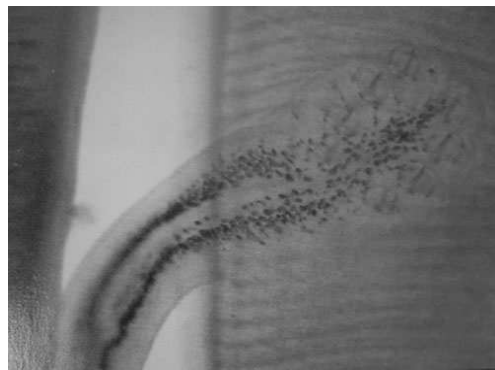


그림 8-13. 아가미에 기생한 헤테로보스리움충

[대책] 본 충은 약제사용(약욕, 경구 투여)에 의하여 구제하기는 극히 어렵다. 가두리 위치를 해수교환이 잘 이루어지는 지점을 선정하고 사육밀도를 알맞게 하며 가두리 그물망에 부착한 생물을 제거하고 기생어군을 어장에 반입하지 않도록 한다.

(6) 칼리구스병

복어를 해상가두리에서 양식하게 되면 기생성 갑각류인 칼리구스충이 복어에 기생하게 된다. 본 충의 기생으로 복어가 폐사되는 경우는

드물지만 대량으로 기생하게 될 경우 세균에 대한 2차 감염에 의해 상당한 피해가 일어날 수 있다.

축제식 양식장에서 황복의 체표면에 기생하여 피해를 주기도 한다.

[원인] 기생성 요각류인 칼리구스(Caligus)는 모두가 해산어류의 외부기생충으로서 약 2백여 종류가 보고되고 있다.

복어에 기생하는 종은 *Pseudocaligus* spp.로서 암컷의 체장은 3.1~3.7 mm이며 수컷의 체장은 2.3~3.3 mm으로 두흉부는 편평하고 후부로 갈수록 넓어지며 갑옷으로 이뤄져 있다(그림 8-14). 암컷은 두흉부의 길이가 1.9~2.0 mm 정도이다. 갑옷 등쪽에는 수많은 갈색 반점이 불규칙하게 산재한다. 갑옷 앞 끝에는 한 쌍의 흡반상 기구를 지닌다. 두흉부에 이어 흉절이 한절 있다. 흉절 양끝에 유영지의 흔적이 있으며 한 개의 강모와 한 개의 침이 있다. 암컷은 생식질이 잘 발달돼 뒤 끝에 한 쌍의 난낭(egg string)이 있다. 한 개의 난낭에는 39~41개의 편평한 알이 들어있다.

생활사를 살펴보면 난에서 부화된 노플리우스(nauplius)는 자유생활하면서 외부로부터 영양물질을 취하지 않는다. 코페포다기(copepod stage)가 되면 어류에 기생하며 제 2촉각으로 어류체표를 파악한다. 앞 끝에는 전각선이라는 기관이 있어 어류에 부착하면 탈피하면서 전각기에서 실을 내어 기생한다. 코페포다기에서 탈피하게 되면 칼리구스 유충으로 변태한다. 어류에 고착한 상태로 5~6회 탈피한 후 성충이 된다. 이 시기에는 전각사가 상실되고 어체 표면을 자유로이 이동하며 기생시기 동안 어체의 조직을 갉아먹는다(그림 8-15).

[증상] 복어에 소수 기생하게 되면 큰 문제는 없으나 칼리구스 유충이 기생하는 부착부위에는 어류의 세포가 증생하게 된다. 칼리구스는 기생기간이 짧아 탈피를 반복하여 성충이 되면 서서히 염증부위가 치유된다.

성충에 의한 피해는 부착으로 인한 자극과 함께 상피세포를 섭이함으로써 염증이 발생하게 되며, 이때 2차 감염으로 폐사하는 경우도 있다. 성충은 유영지를 이용해 어체 표면을 빠르게 이동하며 대부분 복어의 구강벽에 기생하게 되는데, 육안으로 충분히 관찰 할 수 있다.

황복의 경우에는 두부쪽에 대부분 기생하여 가두리 등에 문질러 피부가 박리되어 2차 세균성 질병이 감염되어 폐사를 일으키며 몸이 여위고 식욕이 감소된다.

[대책] 본 충의 효과적인 구제를 위해 연구차원에서 여러 약품을 사용한 보고가 있으나 현재까지 국내 승인된 수산용의약품은 개발되어 있지 않은 실정이다.

축제식 양식장에서는 밀식을 피하고 조류소통을 원활하게 하여 사육환경을 개선하면 피해를 감소시킬 수 있다.

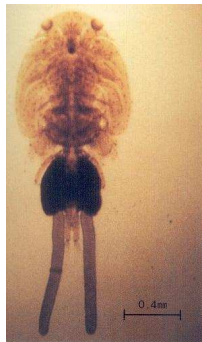


그림 8-14. 칼리구스충(암컷, 수컷)

그림 8-15. 황복에 기생한 칼리구스충

(7) 심장포자충증

복어를 인공적으로 사육한 후 처음 발견된 포자충으로 현재까지 정확한 피해와 생활사가 밝혀져 있지 않다. 복어의 크기에 관계없이 9~10월이 되면 심장에 포자충이 기생한 것을 볼 수 있다.

[원인] 양식복어의 심장에서 볼 수 있는 흰색의 시스트로 쿠도아(*Kudoa Shiomitsui*)라고 하는 점액포자충이 원인체이다(그림 8-16). 방어의 심장에 기생되는 종류와는 차이가 있다. Kudoa 충은 4개의 극낭을 지니며, 길이가 5.5~6.9 μm 이고 넓이가 8~9 μm 인 다수의 포자가 집결되어 시스트를 형성한다.

[증상] 복어에 Kudoa 충이 기생해도 외견상 아무런 증상이 나타나지 않는다. 또한 복어의 운동이나 유영에도 장애를 주지 않는다. 복어를 해부하여 심장을 절개할 경우에만 흰색의 시스트를 관찰할 수 있다. 심장의 병리조직 절편을 관찰하면 심장외벽이나 심장내강에 시스트가 부착돼 있다. 또한 심장의 심근육내에서도 시스트가 관찰된다. 고배율의 현미경상에서 시스트가 4개의 극낭을 지닌 9~10 μm 크기의 포자임을 관찰할 수 있다(그림 8-17).

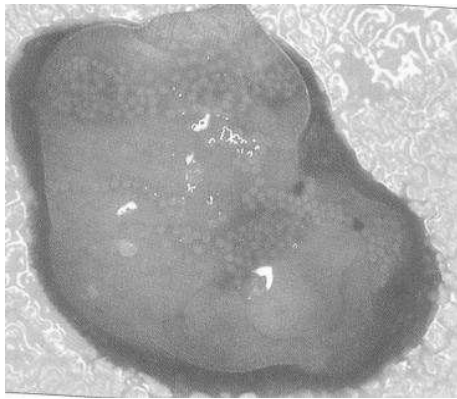


그림 8-16. 심장의 표면에 흰과립상의 시스트 관찰

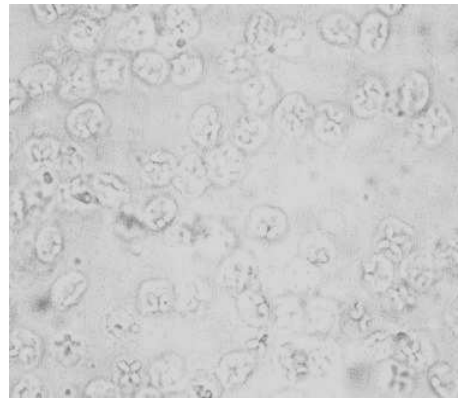


그림 8-17. 시스트내에 있는 수많은 포자

[대책] 현재까지 심장포자충에 대한 생활사나 감염경로가 밝혀져 있지 않기 때문에 예방과 치료대책이 전무한 실정이다.

다 바이러스성 질병

(1) 구백증

입술에 궤양이 형성되는 질병으로 외견상 입 가장자리가 하얗게 변하는 일명 「입백증」이라고도 한다. 해상 가두리 양식장이나 육상수조에서 쉽게 나타나는 질병으로 발병시 그 피해가 크다.

주로 고수온기인 여름철에 유행하며 수온 25℃ 이상만 되면 각 양식장에서 연령이나 크기에 관계없이 발병하기도 한다.

[원인] 병어의 병리조직학적 분리와 검사 및 병원성 실험을 통해 바이러스가 원인인 것으로 밝혀졌다. 현재까지 구백증원인 바이러스에 관한 상세한 연구결과가 발표되지 않았으며, 다만 자주복의 생식선 배양세포를 이용하여 균주를 증식·분리되었다.

본 바이러스는 정 20면체이며 50 nm 이하의 작은 입자형태로 병원성이 매우 강하다. 바이러스에 노출되었을 경우 감염율과 감염도는 매우 높으나 질병으로 발병 될 때까지는 장시일이 소요된다. 동일한 가두리 내에서는 쉽고 빠르게 감염되나 발병되지 않은 인접한 가두리 내의 복어개체에 감염되는 데에는 상당한 시간이 걸린다.

양식장에서 본 병원체에 감염된 개체가 발생할 경우 병어가 정상적인 다른 개체를 공격하는 행동으로서 수평감염의 속도를 배가시키는 것으로 추정된다.

[증상] 구백증에 감염된 복어는 발병초기에 먹이를 잘 먹지 않으며 체색이 검어지고 무리에서 이탈해 힘없이 유영하고 있는 경우가 많으며 움직이고 있는 물체를 보면 공격하는 광견병과 유사한 행동을 보이며, 서로 공격하는 행동으로 인해 사육중인 복어의 체표와 지느러미에 수많은 상처가 관찰된다.

외관상 특징은 입 가장자리에 괴사와 궤양이 형성되며, 중증인 경

우 치판과 악골이 노출되어 수중에 있을 때에는 백화된 것처럼 보인다(그림 8-18).

여름철에는 개체의 크기에 관계없이 발병하며 병어를 해부해 보면 간에 1줄 또는 2줄의 선상 출혈반이 관찰되며 어떤 개체에서는 간 전체가 울혈 되는 경우도 있지만 육안적으로 다른 장기의 변화는 관찰되지 않는다(그림 8-19).

[치료 및 예방대책] 복어의 구백증은 바이러스성 질병이므로 현재까지 치료에 대한 뚜렷한 방법이 없는 실정이다.

이 병은 주로 병어의 공격에 의해 피해가 증가되므로 과밀식을 피하고 또한 복어가 공복상태가 되면 다른 개체에 대한 공격성이 강해지므로 공복주기를 단축시키므로써 발병 피해를 감소시킬 수 있다. 그러나 구백증에 감염된 복어가 완전히 치유되기는 어려우므로 구백증 감염의 특이적인 증상을 나타내는 병어는 발견되는 즉시 신속히 제거하는 것이 예방에 효과적이다.



그림 8-18. 구백증에 의한 치판과 악골의 노출

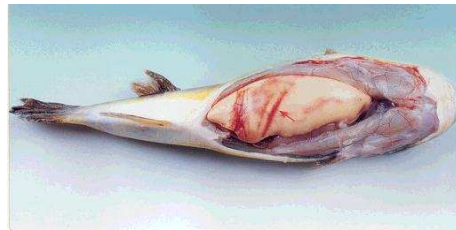


그림 8-19. 간의 발적 및 선상출혈

(2) 이리도바이러스병

1994년 복어에서도 이리도바이러스(Iridovirus)에 의한 질병이 발생했다. 참돔에서와 같이 수온이 24℃ 전후가 되는 8월 하순에서 10월 초순의 수온 하강기에 주로 발생하였다.

1992년 hedrick 등에 의하면 배양시 15~20℃일 때 가장 잘 자라며 25℃ 이상에서는 성장하지 않았다고 보고한 반면, 같은 해 Kusuda 등은 BF-2cell에서 이리도바이러스를 배양한 결과, 5℃부터 30℃까지 성장하며 25℃일 때 가장 잘 자란다고 보고하였다. 여름철 우리나라의 수온영역에서 항상 유행 가능성이 높은 질병이다.

[원인] 복어 치어나 성어에 이리도바이러스가 감염돼 생기는 병으로 감염속도가 빠르고 폐사율이 높기 때문에 피해가 크다. 이리도바이러스의 크기는 250 nm이고, 정 20면체의 구조이다.

이리도바이러스는 다음과 같은 과학적인 방법으로 진단이 가능하다.

◆ 병어 비장의 김자(Giemsa)염색법

- ① 힘없이 떠다니는 병어를 잡아 해부한다.
- ② 비장의 일부를 절취해 슬라이드글라스에 스탬프한다.
- ③ 슬라이드글라스를 빨리 건조시켜 메탄올로 고정한 후 다시 건조시킨다.
- ④ 염색용 김자액을 슬라이드 글라스에 첨가해 30분간 염색한다.
- ⑤ 물로 충분히 씻은 다음 건조시킨다.
- ⑥ 고배율로 검경한다.

◆ 간접 형광 항체법

◆ 유전자 배열에 의한 PCR법 등이 있다.

[증상] 이리도 바이러스에 감염된 복어는 체색이 검어지고 체중이 감소하며, 때로는 체표가 퇴색하여 회백색을 띤 부분이 나타나기도 한다(그림 8-20). 특히 아가미는 심한 빈혈현상이 나타난다.

본 바이러스에 감염된 개체는 힘없이 수면에 유영하며 수직으로 떠있기도 한다. 체표나 지느러미에 출혈성 붕괴(그림 8-21)가 일어나며 안구는 백탁된다. 해부해 보면 비장이 비대해지고 검게 된 것이 주요

한 변화라 할 수 있다. 때로는 비장이 연한 호도색으로 탈색되며, 증상이 심해질 경우 먹이를 먹지 않는다.

[대책] 이 병은 바이러스성 질병이기 때문에 항생물질에 의한 치료효과는 기대할 수 없다. 병어에 스트레스를 감소시키기 위해서 먹이공급을 중단하거나 사육밀도를 적절하게 조절하는 방법 등이 필요하다.

외국에서는 병이 발생하기 전에 예방을 위해 백신 주사로 효과를 높이고 있고, 국내에서도 이리도바이러스 질병에 대한 치료제는 연구 개발 중이며, 예방차원에서 면역증강제 투여와 입식 전 바이러스 감염 검사와 같은 방법들이 있다.



그림 8-20. 병어의 체색흑화(자주복)



그림 8-21. 병어의 체표출혈(황복)

라 기타 질병

(1) 상피성 시스티스병

복어 치어(4~5 cm)에 발생하는 상피성 시스티스병(epitheliocystis)은 복어 아가미에 시스트(cyst)를 형성하는 클라미디아(Chlamydia)에 속하는 미생물이다. 주로 5~6월의 고수온기에 유행하며 2~3주일 만에 모든 가두리에 전파되는 경우도 있다.

1969년엔 처음 블루길의 아가미에 형성된 시스트가 보고된 후에 송

어, 참돔, 농어 등에서도 발견되었다. 이 병은 전 세계적으로 널리 분포하고 있으며 해산어 뿐만 아니라 담수산 어류와 기수산 어류에도 유행되고 있다. 이들은 치어에는 상당한 피해를 일으키나 성어에는 큰 피해를 입히지 않는 것으로 알려져 있다.

[원인] 전자 현미경으로 관찰하면 원형 또는 타원형으로 핵과 같은 물체가 세포 내에서 발견된다.

세포의 크기는 어종에 따라 다소 차이가 있으나 일반적으로 0.3~0.7 μm 의 크기를 지닌다. 이분열로 증식하며 시스트를 형성한다. 시스트 크기는 10~100 μm 에 달한다(그림 8-22).

[증상] 물을 통해 아가미 상피세포에 감염된 시스트성 세균은 숙주 세포 내에서 증식하고 봉입체를 형성해 시스트 형태를 가진다. 증식하면서 시스트가 커지고 숙주세포가 비대해져 보이는데 이런 경우 세포질이 확대되어 시스트를 둘러싼 것처럼 보이기 때문이다. 이때 시스트의 크기는 80~100 μm 에 달한다.

본 세균에 감염된 개체는 상피세포가 두터워지는데 이는 세균이 상피세포 내에서 과잉 증식하기 때문이다. 시스트가 더욱 커지면 숙주의 상피세포는 파열돼 2차 감염을 받게 된다. 시스트의 수가 적을 때는 무해성 감염(benign infection) 상태로 숙주가 아무런 영향을 받지 않지만 일반적으로 아가미 상피세포의 증식으로 아가미가 변형되고 곤봉화되어 순환장애와 호흡장애로 인하여 치어들이 폐사하게 된다.

진단은 현미경으로 아가미 조직을 관찰하여 시스트의 감염 유무를 확인한다. 반투명한 크고 작은 원형의 시스트가 있으면 그 내용물을 김자(Giemsa)용액으로 염색해 미생물을 확인한다. 정확한 진단을 위해 조직절편을 H&E 염색이나 김자염색으로 관찰한다. 숙주의 아가미, 지느러미, 체표에도 10~50 μm 의 시스트가 형성되기 때문에 관찰해야 한다. 특히 1cm 전후의 치어에도 나타나기 때문에 치어의 아가미도

김자염색으로 확인해야 할 필요가 있다.

[대책] 이 병은 전 세계적으로 유행하기 때문에 종묘생산시기가 5~6월인 어종에 대해서는 각별히 주의해야 한다.

해산어와 담수어 모두 감염되기 때문에 감염원에 대해서는 파악하기 어렵다. 성어에 있어서는 무해성 감염인 경우가 많지만 치어에 감염되었을 경우에는 2차 감염에 따른 염증을 막기 위해 항생물질을 일정기간 투여하는 방법이 요구된다.

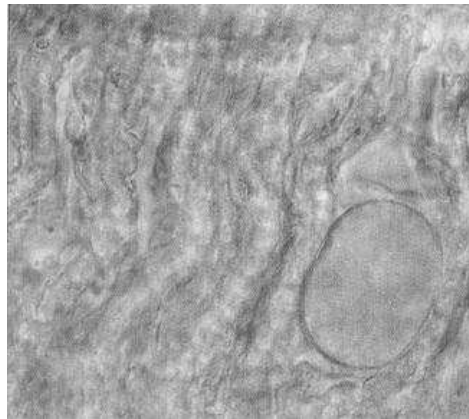


그림 8-22. 현미경상의 시스트

(2) 세로이드증

세로이드는 어류의 지질이 산화되어 생긴 과산화물질과 사육 어류가 지니는 각 장기내 실질세포가 지니는 단백질이 결합하여 생긴 이 물질로서 잘 분해되지 않고 각 장기의 세포내에 축적된다.

먹이가 되는 잡어의 보관이나 냉동이 잘못됐을 때 먹이가 되는 어류의 지방산화 또는 높은 수치의 과산화물값(Peroxide value, POV)을 지닌 원료로 MP(Moist pellet)를 만들어 장기간 공급했을 때 복어는 세로이드증으로 쇠약해져서 폐사한다.

[원인] 변질되었거나 산패된 사료를 장기간 공급할 경우 부패된 사료가 장관을 통해 흡수되어 각 장기에 세로이드가 침착되고 근육조직에 중독적으로 작용하여 등여웁병으로 진행된다. 이것은 과산화지질에 의해 비타민 E가 소모되므로서 비타민 E 결핍증 때문에 일어나는 병이다.

[증상] 병어는 체중이 감소하고 체색이 검어진다. 해부해 보면 근육이 검은색을 띄며 위축되어 여위어 보인다. 간장은 황갈색을 나타내고 장 끝 부분이 검게 보인다. 근육 섬유를 조직학적으로 관찰하면 근섬유가 위축되고 괴사되어 찢겨져 있는 것처럼 보인다. 간장세포나 장관세포에도 세로이드 침착이 심하게 나타난다(그림 8-23, 24).



그림 8-23. A 병어, 성장정지, 근육위축, B 정상어



그림 8-24. A:건강어, B:병어, 근육흑화

[대책] 양질의 생사료를 공급해야 하며, 산패된 사료가 공급되었을 가능성이 있을 경우 비타민 E와 C가 혼합된 영양제를 지속적으로 MP에 투여하여야 한다. 글루타치온을 어체중 kg 당 1일 5~20mg씩 일정기간 경구 투여해야 한다.

(3) 간장 세로이드증

지방이 산화된 생선이나 잘못 냉동해 변질된 잡어로 MP를 만들어

장기간 복어에 공급했을 경우 복어의 간장에 황색 반점이나 갈색 반점의 병소가 나타나는 질병이다. 간장 실질세포에 세로이드가 침착해 육아종화된 것으로 사료의 산패로 인한 간세포의 지방이 세로이드화된 것이다.

(4) 장관 세로이드증

양식복어에서 쉽게 관찰되는 현상으로서 MP로 복어를 사육할 때 냉동사료로 변질된 생선이 첨가되면 장관의 후반부나 직장이 갈색이나 다갈색으로 변색된다. 해부하여 장관을 절개하면 변색된 부분을 관찰할 수 있다. 변색된 부위는 산패된 지질이 점막 하조직에 세로이드가 침착돼 있어 시간이 지날수록 육아종 모양으로 된다. 산화된 사료를 많이 먹을수록 증상이 심하다.

(5) 영양성 질병

어류 양식 생산성 향상을 위한 방안으로 대량양식과 더불어 다양한 배합사료가 개발되면서 자연산 어류에는 나타나지 않는 여러가지 질병들이 발생하고 있으며, 이로 인해 매년 양식어류의 대량 폐사가 빈번히 일어나고 있다. 양식어류의 질병원이 되는 병원균과 기생충의 치료 및 예방으로 어류양식은 크게 발전하여 왔지만 인위적 사육환경에 적응시키는 과정에서 많은 문제점이 나타나고 있다.

해산어류의 생사료 원료인 잡어는 영하 20℃에서 4~5개월 또는 그 이상 냉동된 상태에서는 산화되어 유리지방산이 증가하게 되는데, 이와 같은 원료를 이용하여 생산된 사료가 양식어류에 공급되면 영양성 질병이 발생하게 된다. 그 결과 영양장애 현상은 성장이 저하되며 세균성 질병이나 기생충성 질병에 대한 저항력이 감퇴한다(그림 8-25).

어류가 지니는 불포화지방은 쉽게 변질되는 성질을 지니고 있다.

폐사된 어체는 지방분해 효소가 지방을 분해하면서 변질되고 공기 중의 산소에 의해 지방이 산화되어 변패하게 된다. 어류의 지방이 산화되면 어류 체색이 황색으로 변하는데, 이는 식염에 절인 갈치에서 쉽게 찾아볼 수 있다. 지방을 많이 지닌 정어리를 공기 중에 노출시키면 곧 산화되어 변질된다.

일반적으로 어류의 붉은색을 가진 근육이 공기 중 산소와 접하면 산화되어 지방이 빨리 부패한다. 어류의 지질인 불포화지방산이 산화되어 과산화물로 변하고 다시 알데하이드류로 분해되어 어체에 독성으로 작용한다. 불포화지방산을 많이 함유한 어육은 저온에서도 잘 굳지 않는다. 정어리는 체내의 지방 중 불포화지방산 함유량이 61~68%를 차지하는데 그중 70%가 고도불포화지방산이다. 고도불포화지방산은 산화되기 쉬우므로 쉽게 변질된다.

어류 근육에 함유된 지방이 산화되면 그 정도에 따라 과산화물 값(POV)이 결정되며 POV 수치가 클수록 많이 산화된 것을 의미한다. 이 같은 어류의 산화과정은 저온에서 서서히 진행되며 상온에서 산화속도가 빨라지게 된다. 예를 들면 POV가 37 meg/kg인 정어리를 영하 5℃에 15일간 저장 후 POV를 측정하여 보면 137 meg/kg로써 100 meg/kg나 증가되었으며, POV가 28 meg/kg인 정어리를 영하 10℃에 15일간 저장한 결과 68 meg/kg로 증가하였다. 그러나 영하 35℃에 냉동하였을 경우에는 POV에 변화가 없었다.

해상 가두리에서 먹이를 공급하는 것과 같은 방법으로 멸치를 해동시켜 MP로 만들었을 경우 POV가 12 meg/kg이었으나, 2시간 경과 후 50 meg/kg, 4시간 경과 후 68 meg/kg, 8시간 경과 후는 110 meg/kg으로 증가하였다. 그러나 이와 같이 POV가 증가하더라도 외관상으로는 판단하기 어렵기 때문에 일반 양식장에서는 사료를 햇빛에 노출된 상태로 상온에 장시간 방치하는 것을 삼가하는 것이 바람직하다.



그림 8-25. 체색흑화, 근육위축된 병어

(6) 과산화지질에 의한 질병

산화된 사료의 과산화지질을 어류가 섭식할 경우 어체 생체의 세포막 지질을 산화시켜 각종 장애를 일으킨다. 또한 과산화지질이 분해되어 생긴 알데하이드(aldehyde)는 체내에서 강한 독성으로 작용하게 되며 어류의 장기인 간장, 비장, 신장, 소화관의 점막상피 에 괴사와 세포내에 세로이드(ceroid)로 축적된다. 이들 세로이드가 어체내에 축적되면 쉽게 분해되지 않을 뿐만 아니라 체외로 배설되지도 않기 때문에 각 장기의 기능저하 및 장애를 유발하여 생체방어능력을 상실시키게 된다.

그 결과 어체에 피부염, 녹간증, 한지증, 등여윍병, 근육의 젤리(jelly)화, 복수병, 간장비대증, 비장비대증, 빈혈 등의 증상들이 나타나며 결국 대량폐사로 이어지게 된다. 과산화지질인 POV가 40 meq/kg 이상인 사료를 계속 공급하면 세로이드증(ceroidosis)에 의한 증상이 발생하며 POV가 100 meq/kg 이상인 사료를 공급하면 1~2개월 만에 대량 폐사하는 경우가 있다.

2 담수양식 해산어의 질병 방제

내수면의 새로운 양식품종 개발을 위해 광염성 해산어를 대상으로 내수면연구소와 양식현장에서 담수양식 시험이 이루어지고 있다. 현재 시험 중에 있는 어종은 감성돔, 황복, 점농어, 송어 등이다.

이와 같이 해산어를 담수에서 사육하였을 때 발생하는 질병은 해수와 담수에 공통으로 감염가능성이 있는 질병원으로 표 8-2에서와 같은 광염성 세균을 들 수 있다.

표 8-2. 주요 어병세균의 성장 가능 염분 농도

균 주	염분농도(w/v)	성 장
<i>Staphylococcus epidermis</i>	0~15%	+
<i>Aeromonas salmonicida</i>	0~3.0%	+
<i>Pseudomonas sp.</i>	0~4.0%	+
<i>Vibrio anguillarum</i>	0.5~7.0%	+
<i>Edwardsiella tarda</i>	0~4.5%	+

표 8-3. 주요 기생충 감염증의 원인 기생충과 숙주(방, 2001)

병 명	원 인 기 생 충	기 생 숙 주
킬로도넬라증	<i>Chilodonella cyprini</i>	담수어(잉어, 송어류, 송어, 메기 등)
트리코디나병	<i>Trichodina</i> 속	담수어(잉어, 금붕어, 뱀장어, 송어류 등) 해산어(복어, 가자미 등)
백점병	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i> <i>Cyrtocaryon irritans</i>	담수어 해산어
아가미흡충병	<i>Dactylogyrus sp.</i> <i>Bivagina tai</i>	담수어(잉어, 금붕어 등) 해산어(참돔 등)
피부흡충증	<i>Gyrodactylus sp.</i>	담수어(잉어, 붕어, 은어 등) 해산어(넙치 등)

또한 기생충성 질병은 종은 다르지만 담수어와 해산어에 공통으로 감염되는 경우도 볼 수 있다(표 8-3). 이와 같이 담수사육 해산어는 기존의 내수면양식 과정에서 보고된 질병(표 8-4)과 해수양식에서 발생하는 질병이 함께 발병할 수 있기 때문에 주의가 요구된다.

표 8-4. 해산어의 담수사육시 질병(방, 2001)

발생시기	발생 질병명
4월	백점병, 수생균
6월	백점병, 에로모나스 속 세균
7월	백점병, 에로모나스 속 세균, 트리코디나병
8월	슈도모나스 속 세균
10월	에로모나스 속 세균

3 황복의 백점충 감염 사례

가 황복치어의 백점충 감염 정도

실내 사육수조에서의 백점충의 감염 예는 2002년 5월 29일부터 2002년 6월 4일 사이였으며, 감염경로는 축제식 양식장에서 백점충에 감염된 황복을 시험중인 순환여과시스템내에 수용(2002년 5월 27일) 함으로써 수평 감염되었다.

사육수조에서 10마리씩 30마리를 무작위로 추출한 결과 16마리가 백점충에 감염되어 있었으며, 이들 개체 중 7마리는 심한 감염상태를 나타내었다(표 8-5, 그림 8-26).

표 8-5. 황복치어의 부위별 백점충 감염 상태(김등, 2003)

감염부위	부위 감염개체/감염개체/시료(마리)	백점충 개체수
두 부	2 / 16 / 30	3±1
아가미	4 / 16 / 30	7±2
등지느러미	14 / 16 / 30	27±13
배지느러미	13 / 16 / 30	22±9
꼬리지느러미	16 / 16 / 30	94±26

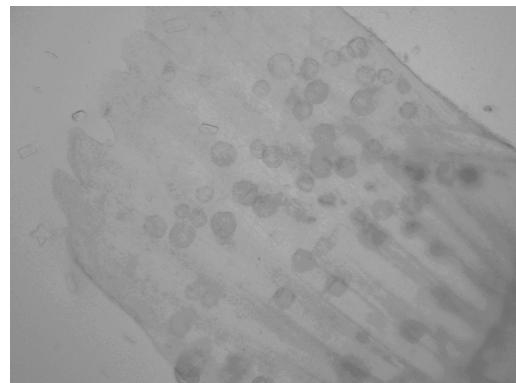


그림 8-26. 백점충에 감염된 꼬리지느러미(황복)

나 백점충 구제

본 충의 효과적인 구제를 위해 연구차원에서 여러 약품을 사용한 보고가 있으나 현재까지 국내 승인된 수산용의 약품은 유효성분이 라이소자임 클로라이드(Lysozyme Chloride)인 사료첨가제가 있다.

4 소독제

소독은 질병의 발생과 확산을 억제하기 위해 유해미생물(바이러스,

세균, 곰팡이)과 기생충을 제거하는 방법이다. 소독법은 일광, 자외선, 오존 등을 사용하는 이학적 소독과 소독제제를 사용하여 유해미생물을 제거하는 화학적 소독 방법이 있다.

가 수산용 소독제

(1) 이산화염소

현재 수산용으로 허가된 제품 중 사육수, 시설 등 소독에 허가된 제품은 이산화염소, DF-100(천연생물학적 집합물) 뿐이다.

나 기타 소독제

(1) 크레졸 비누액

크레졸을 42~52% 함유한 점성이 높은 액체로서 크레졸 특유의 냄새를 풍긴다. 오염물질의 존재하에서도 비교적 효과가 안정하고 통상 3~5% 용액이 많이 사용되며 수온이 높을수록 소독효과가 크다. 바이러스, 에로모나스속 세균 등의 살균에 효과적이다.

(2) 알콜

세균의 영양형에 대해서는 살균 효과가 매우 높으나, 세균의 아포(포자)에는 거의 효과가 없으며 바이러스 종류에 따라 효과가 다르기 때문에 사용목적에 대한 충분한 지식이 필요하다. 에틸알콜의 경우 70%가 많이 사용되며, 이소프로필 알콜은 30~50% 용액을 소독제로 사용한다.

(3) 염소화합물

염소화합물은 요오드 화합물과 함께 오래전부터 소독제로 사용되고

있는 할로젠 화합물이다. 유기염소 소독제로 클로라민 T (chloramine-T)와 클로라민 B가 시판되고 있으며 무기염소 소독제로는 표백 분말과 차아염소산나트륨이 많이 사용되고 있다.

- ① **표백 분말** : 생식회에 염소를 흡착시킨 백색 분말로 짙은 염소 냄새를 풍긴다. 병원체의 오염 가능성이 있는 사육지나 배출수에 보통 2~5% 용액이 사용된다.
- ② **차아염소산나트륨** : 바이러스, 세균, 원충류 등 대부분의 미생물에 살균 효과가 있는 소독제로 다양한 농도의 용액이 시판되고 있다. 대장균이나 원충류는 0.1 ppm 이하에서 단시간에 살균되고 바이러스도 4~8 ppm에서 불활성화된다(최적 pH 7~9).

(4) 요오드 화합물

수산분야에서는 포비돈아이오다인(10%, Povidone iodine)을 사용할 수 있으며, 물에 잘 녹고 독성이 적으며 병원미생물의 살균 효과가 크기 때문에 수정란의 소독에 많이 이용되고 있다. 1일 용량으로 물 1L당 10mℓ (유효농도 50ppm)를 녹여서 10분 동안 약욕한다.

다 사용방법 및 주의점

수산분야에서 소독의 대상이 되는 것은 ① 사육수조, 사육지 가두리 망 ② 수정란 ③ 사육용수 및 배수 ④ 양식기자재 ⑤ 장갑, 작업복, 신발 등인데 소독 대상 미생물과 사육수의 특성을 고려하여 소독제의 종류와 소독방법 등을 결정해야 한다.

(1) 사용방법

현장에서 소독효과는 대상미생물 및 수온, 빛, 산소의 영향 등에 따

라 달라지며, 소독제의 농도표시는 w/w% (중량백분율), w/v% (중량 용량 백분율), v/v% (용량 백분율), ppm 또는 희석배율 등 여러 단위가 사용되고 있으므로 충분한 주의를 기울려야 한다.

(2) 주의점

소독제의 대부분은 약사법에 규정된 독물 및 극물로 사용자나 양식 생물에 독성이 높은 제제로 만들어졌기 때문에 소독제의 오용을 미연에 방지해야 하며, 보관 중 쉽게 불활성화되는 것도 있으므로 저온, 차광, 밀봉 등 소독제의 특성에 맞게 보관되어야 한다.

5 치료약제의 사용

병어에 대한 약제 투여방법은 경구투여와 약욕으로 크게 구분된다.

가 경구투여

(1) 투약기준량

투약량의 기준은 어류의 경우 체중에 기준을 두는 것이 가장 정확하다. 투약기준량은 대체로 단위체중에 대한 약제의 양을 의미하며 실제 어류에 투여되는 투약량(투약 기준량×사육 총중량)과는 다르다.

(2) 경구 투여량과 투여 횟수

일반적으로 체내 일정농도까지는 치료효과와 비례한다고 생각해야 하므로 치료효과를 높이기 위해서 사료량은 통상 먹이공급량의 50%가 좋으며, 공급횟수는 하루 1회 전량 공급하는 것이 좋다. 그리고 병어

의 체내에서 혈중농도가 유지되도록 투약기간을 엄수해야 소정의 효과를 볼 수 있다.

(3) 투약개시 시기

발병된 개체가 관찰되면 병원체를 즉시 확인하고 섭식상황, 유영상태, 폐사어 수 및 외관 증상에 유의하면서 투약시기를 판단한다. 보통 하루의 폐사어 수가 총 사육마리수의 0.1%에 달하고 증상이 계속 나타날 경우 투약을 개시한다.

나 약 욕

사육수중 혹은 용기에 약제를 녹여서 어체의 표면 등 외부에 기생하고 있는 병원체에 직접 작용하거나 환부와 아가미에 약제를 흡수하게 하여 체내의 병원체에 작용시키는 방법이다.

(1) 수량의 측정

물에 약제를 녹여 치료하기 때문에 먼저 어류를 사육하고 있는 사육지의 수량을 정확하게 계산해야 한다. 축제식 양식장은 사육지 면적에 수심을 곱하여 계산한다(예 : 1톤 = 1 m×1 m×1 m).

(2) 약의 농도

약제마다 사용농도가 결정되어 있으므로 그 농도에서 사용하는 것이 안전하지만, 어류의 경우 수온에 따라 치료효과가 다르게 나타난다. 수온이 상승하면 약제의 독성도 증가하기 때문에 양식 적수온보다 수온이 높을 때는 약제의 농도를 낮추는 편이 안전하다.

대부분 어류는 약욕시 수온이 20℃ 이상, pH는 중성, 용존산소는

충분해야 치료효과에 도움이 된다.

(3) 약욕처리 전 절식

어류는 포식시 산소소비량이 공복시의 1.2~2.0배로 높기 때문에(수온에 따라 변동) 약욕 2일 또는 1일 전부터 절식시켜 약욕을 하면 치료효과가 더욱 높다.

다 약품 사용

약제의 최대 투여허용량으로서 경구투여법은 어체 1 kg당 1일 투여량이며, 약욕법 및 살포법은 물에 녹이는 양을 의미한다. 이때 약제의 용량은 유효성분을 뜻하며, 실제 상품 약제량을 결정하는 방법은 예시와 같다.

※ 약제 투여량 계산법 :

어류 사육 총중량(kg) × 어체중 1kg 당 약제 투여량(mg) × [약제 포장 중량(g) ÷ 약제 유효성분 함량(g)] = 1일 약제 투여량(mg)

(예) 황복의 어체 총중량 5,000 kg 에 염산옥시테트라사이클린(본제 1 kg 중, 유효성분 200 g 함유)을 어체 kg 당 50 mg 을 투여할 경우 :

$$\begin{aligned} 1일 약제 투여량 &= 5,000 \text{ kg} \times 50 \text{ mg} \times [1,000 \text{ g} \div 200 \text{ g}] \\ &= 1,250,000 \text{ mg} = 1.25 \text{ kg} \end{aligned}$$

중국의 복어양식 사례



1 어미의 선택

어미확보는 자연산 친어의 경우 4~5월경에 구입하며, 체표가 건강하고 성선발육이 양호한 개체로서 생식공이 붉고, 복부가 팽만하여 채란시 난의 외형이 고르며 원형인 개체를 선별한다. 양식산의 경우에는 선별하여 사용하는데 야성이 감소하여 종묘생산이 유리하며, 수백만 마리의 생산 능력을 가진 4년생 이상을 사용한다.

친어 수집은 2001년에는 산란기에 자연산 친어를 이용하여 종묘생산을 하여으나, 2002년부터는 양식산 친어를 이용하여 종묘생산을 하고 있다. 친어 수송은 활어통을 이용하여 운반하며, 수송 환경조건이 불량할 때는 성선 발육에 영향을 주어 조기 배란하거나 퇴화한다.

친어의 축양은 친어 수송 후 곧바로 약육하며, 암수 수용 비율은 1 : 2로 한다. 친어 수송시에 항생제(50 ppm)를 첨가하면 세균성질병의 번식을 방지할 수 있다. 친어 방양밀도는 1~2마리/㎡로 하며, 유수사육으로 3~5회/일, 매회 1/3씩 환수한다. 또한 광선을 약하게 하여 안정시킨다. 산란능력은 친어에 따라 10~90%에 이른다.

2 배란유도

배란유도를 위한 친어의 선별은 자연산일 때 체표가 건강하고 성선 발육이 양호한 개체로 생식공이 붉고, 복부가 팽만한 개체를 선택한다.

성숙촉진(호르몬 처리)은 LHRH-a(황체형성호르몬 방출호르몬) 100~250 mg/kg, HCG 1,000~2,500 IU/kg, LHRH-a 50~300 mg + HCG 500~1,000 IU/kg, HCG 1,000~2,500 IU + PG 1 g/kg, HCG 1,000~1,200 IU + 뇌하수체 2~3개/kg 등의 다양한 방법이 있다.

③ 부화방법

부화방법은 직경 60 cm, 높이 100 cm, 용적 180 L의 투명한 원통형 부화기를 이용하며, 수정란은 침성점착란으로 저면으로 가라앉고 사란(死卵)은 부상한다. 수정란은 유수시키면서 관리하며, 환수는 매일 2~3회 순환시키고, 부화 전에는 10~15회가 되도록 증가시킨다.

180 L 부화수조의 수정란 수용밀도는 50~100만개이며, 충분한 포기(aeration)와 양호한 수질유지가 필요하다.

부화조건은 조도를 500~800 Lux로 어둡게 관리하며, 부화시 수온은 14~25℃, 염분 0~32‰ 조건에서 수온이 높으면 부화속도는 빠르나 부화율은 낮다. 부화 소요일수는 16~17℃에서 9~10일, 15~18℃에서 6~7일, 21~23℃에서 5~6일이 걸린다.

부화자어의 분리는 자어가 분리되어 난에서 나오면 수질이 양호한 사육지에 넣어야 한다. 부화가 되면 우선 포기를 중지하고, 유수시킨다. 사란은 수질악화의 원인이 되는데 염분농도를 낮추면 사란은 가라앉고, 부화자어는 표층에 떠 있어 사육지로 쉽게 옮길 수 있다.

부화시작에서 완전 부화종료까지는 일반적으로 3~4일이 소요되며, 1일째에 10%, 2일에 70%, 3일에 20~30%가 부화된다.

④ 자치어 사육

자어는 부화 후 실내 사육지에서 사육하게 되는데 사육과정은 전기 사육과 후기사육 단계로 구분된다. 각 단계별 환경조건, 사육밀도, 사료종류 및 수량 요구는 각각 다르다.

먹이공급시 적정 크기나 개체간 크기 차이는 먹이를 먹을 때 만족하지 못해 상호공식이 일어난다. 황복 종묘생산시 먹이계열은 표 1-1과 같다.

표 1-1. 황복 종묘생산시 먹이계열

먹 이 종 류	경 과 일 수
로 티 퍼	부화후 4~16일
알테미아 유생, 요각류	부화후 12~32일
알테미아 양성 성체	부화후 26~36일
해동 새우부스리기, 분쇄어육	부화후 30~55일

가 전기사육

초기자어는 실내 콘크리트 수조나 FRP 수조 등 소형규모에서 5~6 mm까지 사육하며, 일반적으로 부화 후 10~15일까지이다.

(1) 사육조건

수조용량은 1~2 m³으로 500~1,000 Lux의 낮은 광도가 좋으며, 수온은 15~20℃, pH 7.8~8.0이며, 사육수는 담수를 이용한다.

(2) 사 료

부화한 자어가 입이 열리고, 어체내의 난황이 절반 정도 흡수되며, 구경이 300 μ m가 되었을 때 로티퍼를 10~20개체/ml 밀도로 공급해서 자어가 섭식 후 사육수에 2~5개체/ml가 남도록 하고 매일 3~5회 공급한다.

자치어의 섭식량은 어체중의 60~70%를 차지한다. 사육기간 중 주의깊게 관찰할 점은 섭식정보로써 자어의 전장증가에 따른 먹이량 증가, 먹이충족 여부, 개체간의 크기차이에 의한 상호공식 등을 조사하여 생존율을 높이는데 신경을 써야 한다.

(3) 일상관리

사육초기에는 깨끗한 사육수를 충분히 사용하고, 매일 환수는 2~3회 실시하며 매회 환수시는 전체 사육수의 1/3~1/2을 교환해 준다. 환수는 먹이공급 전에 실시하며, 매일 1~2회 바닥을 청소한다. 광도는 차광막을 이용하여 어둡게 한다.

(4) 중간 사육수조에 옮기기

자어가 성장하여 전장 5~6 mm가 되었을 때 개체간의 차이가 비교적 커져서 성장속도에 영향을 미치므로 종묘를 선별하고, 밀도를 낮추어 큰 사육수조로 옮긴다. 크기 차이를 다르게 해서 후기사육을 실시한다.

종묘는 그물망에 수용해서 취급이 쉽도록 하며 계수 후 후기 사육수조에 넣는다. 전기 사육수조는 규모가 작아서 작업이 편리하다.

㉠ 후기사육

개체차이와 밀도가 높아져 상호공식이 일어나는 것을 피하기 위해서는 5~6 mm가 되었을 때 저밀도로 낮추어 후기사육에 들어가야 한다. 후기사육은 실내수조 또는 실외의 대형 콘크리트 수조에서 진행한다.

(1) 사육조건

콘크리트수조는 일반적으로 4각형 수조로 수심은 1m 전후이며, 크기에 따라 20~60 m³(실내수조, 실외 사육수조가 비슷)를 이용한다. 실내 사육시에는 수온이 높을수록 유리해 20~28℃하에서 수온이 높으면 성장속도가 빠르다. 자어크기가 5~7 mm가 되면 후기 사육시기가 된다.

사육지의 크기에 따라 방양밀도가 결정되는데, 실내수조에서는 1,500~2,000마리/m³, 대형 축제식 양식장 사육시에는 50~100마리/m³를 방양한다.

자어의 크기가 11~15 mm로 성장하면 해상가두리에서 2차 사육을 하며, 실내 대·중형 수조에서 부화자어부터 체장 30~60 mm 종묘까지 연속해서 사육할 때의 방양밀도는 1,500마리/m³이다.

(2) 먹 이

먹이를 처음 공급할 때에는 부분적으로 로티퍼를 공급하고, 이후에는 알테미아 유생 또는 요각류를 위주로 공급한다. 알테미아 유생의 공급량은 사육수 0.1~0.3개체/L로 하고, 매일 4~6회 공급하며, 공급량을 점차 증가시킨다.

복어의 알테미아 유생 섭식량은 성장함에 따라 증가시켜 주는데, 전장 4.4 mm일 때 일간 섭식량은 40~50개체/마리, 전장 5.9 mm일 때 일간 섭식량은 160~180개체/마리, 전장 8.3 mm일 때 일간 섭식량은 370~400개체/마리이다.

전장 9~10 mm일 때는 알테미아 유생과 알테미아 양성 성체를 혼합하여 공급하지만 새우부스러기, 어육 등의 사료도 공급하기 시작하고, 이후에는 양성장으로 나가서 냉동 선어를 사용한다. 최근에는 자체 인공배합사료를 사용해서 성공을 거두고 있다.

(3) 성장발육 및 특성

전장 5 mm가 되었을 때 배를 부풀리는 습성과 상호 공격현상이 나타난다. 전장 7~8 mm가 되었을 때 치어기에 돌입하고 이가 형성되면서 상호 공식현상이 시작되며, 공격당한 개체는 폐사하고 종묘의 사망률이 높아진다.

전장 12 mm가 되었을 때 각 기관의 기본발육이 완성되며, 활동과 섭식이 활발하다. 전장 18 mm 전후에서는 변태가 완료되어 외형이 성어와 동일하다. 후기사육 후부터는 실내보다 실외에서 성장속도가 빠르고, 생존율은 35~50%에 이른다.

(4) 일상관리

첫째, 환수 및 유수사육을 해야 하며, 처음에는 매일 환수가 0.5~1배, 8mm 전후시에는 매일 2배, 냉동먹이를 공급시에는 수질오염 억제와 유수사육을 병행해야 하므로 환수량은 매일 2~4배가 되어야 한다.

둘째, 연속 포기를 해야 하며 포기량은 중간정도로 유수시에는 가능한 정지 포기하고 그 외 먹이공급시에 증가한다.

셋째, 유어기에 들어가면 1차로 종묘를 분산시킨다.

넷째, 수질측정과 질병예방에 힘쓴다.

(5) 축제식 양식장 사육

축제식 양식장의 종묘크기는 20~30mm로 유어기에 들어가 완전한 종묘로 활동력이 강한 선두그룹의 종묘를 축제식으로 양식한다. 사육지로 내보낼 때는 물을 빼고 그물망으로 잡아 용기 중에 계수하여 즉시 운반한다. 10~50mm 크기를 축제식 양식장으로 내보낼 때에는 유어단계의 공식예방에 주의해야 한다.

(6) 종묘 수송

종묘를 운반하여 양식장소로 내보내는 것으로 활어통과 산소공급시설 등을 탑재한 차량이나 선박을 이용한다.

운송시 주의할 점은 운송시간이 짧아야 하고, 산소공급이 충분해야 하며 종묘의 크기가 균일해야한다. 복어종묘는 쉽게 점액을 분비해서 수질오염이 되므로 운송시 환수와 산소공급이 필요하다.

5 동종 포식현상(공식현상)

자어사육과정 중에 동종포식은 보편적으로 일어나는 하나의 현상이

다. 동종간에 교차적 포식수단으로 서로 잡아먹으며, 특히 육식성인 자어와 조기 치어의 습성으로 적절한 먹이가 부족할 때 대항행동에 의한 사망과 동종간의 포식현상이 나타난다.

종묘생산과정 중 공식현상은 어류에서 비교적 많이 나타난다(참돔, 감성돔, 넙치 등). 일반어류 종묘의 공식정도와 발생빈도는 비교적 낮아서 생존율에 큰 영향을 미치지 않지만, 복어에서는 그렇지 않다.

복어의 상호공식은 생존율을 매우 낮게 하여 심할 때에 종묘생산이 실패에 이르게 된다. 따라서 복어의 상호공식현상을 방지하는 일은 종묘생산에 있어 무엇보다도 중요하다.

가) 공식현상의 발생시간 및 크기

복어의 상호공식현상은 단계성이 있다. 부화 후 전장 5~6 mm 이상으로 성장하면서 치어기가 시작된다. 이후 개체가 성장하고 이가 발달하면서 공식이 심해지고 10~30 mm 종묘(부화 후 20~50일)가 되었을 때 공식현상은 최고에 이른다. 이 단계에서 황복은 먹이를 준 후 얼마 지나지 않은 포식전이거나 상호 종간에 방해가 되면 공식이 일어나며, 먹이부족은 상호간에 공식현상의 주요원인이 된다.

따라서 종묘생산 과정에서 충분한 먹이를 공급하면 상호 공식현상을 줄일 수 있다.

나) 공식방식 및 행태

공식방식은 여러 마리가 집단으로 공격하며 꼬리부위나 복부에 원형 입자국이 나거나 폐사한다. 심할 경우에는 꼬리지느러미의 결손이 일어나고, 꼬리부분이 하얗게 되어 운동능력이 낮아지면서 무리에서 이탈하여 개별 유영한다.

㉠ 상호공식의 원인

(1) 개체차이

개체차이는 상호공식현상을 일으키는 중요한 원인이다. 크기가 동일한 치어의 사육시 공식현상은 낮아지고, 포식상태에서 크기가 동일한 치어의 공식율은 3%로 낮다. 크기차이가 50%일 때 개체차이가 있는 치어를 혼양시 공식율이 매우 높으며, 사료가 충분해도 공식율은 50%에 달한다. 예로 크기차이가 클 때 상호공식 발생의 결정적 원인이 되는데 공격자와 피공격자의 개체크기 차이는 약 2:1일 때 가장 심하다. 일반 공격자는 항상 비교적 개체가 크고, 피공격자는 개체크기가 작아서 상호간의 개체차이가 매우 클 때 공식율이 높다.

(2) 먹이부족 또는 먹이크기에 따른 공식의 차이

기아(굶주림) 혹은 사료부족의 상황일 때, 공식행동 발생이 증가된다. 앞에서 기술한 바와 같이 포식어에 비해 기아어는 공식율이 높고 기아시간이 길게 되면 공식율도 증가한다.

먹이의 종류나 먹이 크기의 차이가 크면 먹이섭식의 성공율과 섭식량에 영향을 주고 공식율의 높고 낮음에도 영향을 준다. 평상시 종묘 생산과정 중에 항상 관찰되는 현상은 치어기 때 이른 아침의 먹이공급 전에 기아현상이 발생하는 시기로 먹이밀도가 최소일 때 가장 격렬하며, 먹이 부족시에 공식은 중요한 원인이 된다. 그밖에 저녁 무렵의 공식은 빛의 강약에 영향을 받아 공식도 방해를 받는다.

(3) 방양밀도

후기사육 종묘의 성장이 뚜렷하여 개체가 증가하면서 밀도가 높아지면 성장속도에 영향을 줄 뿐만 아니라 개체조성 차이와 먹이부족이

나타남과 동시에 고밀도에 의해 수질환경이 악화되면서 공식이 발생한다.

종묘생산 중에 방양밀도는 10~15 mm인 종묘는 1,500~2,000마리/m³, 20~25 mm인 종묘는 1,000마리/m³, 30~35mm인 종묘는 600~800마리/m³, 40 mm인 종묘는 400마리/m³ 전후이다.

양식이 가능한 규격의 종묘크기가 되면 가장 좋은 양식방법이 해상가두리 양식이나 축제식양식이다. 그밖에 인공양식 환경조건하에서 방양밀도가 높고 환경압력이 커지면 종묘가 긴장상태가 조성되어 일부분에 생리적 장애가 발생되고 어체내 긴장 축적에 의한 스트레스로 공식현상을 유발한다. 그러므로 종묘생산과정 중 때에 맞춰 분리해서 공식을 감소시켜야 한다.

(4) 사육조건에 의한 유영 행태

일본학자 畑中은 32 mm 자주복 치어를 이용하여 수조색깔, 조도, 사육밀도에 대해서 서로 싸우는 영향을 연구하였다.

그 결과, 백색수조내에서는 치어가 수조벽 쪽으로 모여 벽에 입술부분을 문질러 상처가 나고, 수조 중앙부에 치어가 얼마 없었다. 흑색수조의 치어는 군집을 이루어 원을 이루며 회전하는 온순한 유영을 하였다. 조도가 높을 때는 흑색수조나 백색수조의 치어는 사람의 그림자에 모두 민감한 반응을 나타내었다. 조도가 낮을 때는 흑색수조의 치어는 높은 조도에서 보다 민감성이 적었다. 또한 고밀도와 저밀도에서 치어의 유영행동과 사람의 그림자 반응에서도 뚜렷한 차이가 있었다.

⑥ 황복 종묘생산 과정

최근에 황복 인공종묘생산은 실내·외에서 좋은 결과를 얻고 있는데,

본 시험에서 시험용 친어는 자체 양식생산한 4년생으로 인공성숙시켜 수정란을 부화시킨 후 실내 콘크리트 수조에서 고밀도로 0.6~0.8 cm까지 사육하고 있다.

가 유어(幼魚)를 축제식 양식장에 방양하기 전 준비 작업

양자강(長江) 지역에서 황복 유어는 일반적으로 4월 중하순에 축제식 양식장에 수용하는데 수온은 20℃이며, 양식용수는 담수 또는 5% 이하의 기수를 이용한다.

(1) 축제식 양식장의 선택

황복의 유어가 전장 0.6~0.8 cm에 도달하면 실외 축제식 양식장으로 옮겨 큰 면적에서 사육한다.

축제식 양식장은 너무 크면 관리가 어렵기 때문에 2,000~3,333m²(600~1,000평) 규모로 하며, 수심은 1.5~2 m가 좋고 누수가 없어야 하고 주배수가 편리해야 한다.

(2) 사육지의 청소와 소독

종묘방양 전에 축제식 양식장에 있는 오니(汚泥), 잡초, 잡물을 제거하고, 황복 유어가 건강하게 성장하도록 축제식 양식장에 있는 해적생물과 유해병균을 사멸시킨다.

표백분 : 사육수 m³당 표백분 30~60 g을 전 사육지에 살포하여 해적생물과 유해한 잡조류를 제거한다. 표백분을 사용시 약효가 빨리 소실되어 축제식 양식장에 사용 후 1주일 전후에 종묘방양이 가능하다. 방양하기 전 염소농도를 측정해서 염소에 의한 영향을 제거하면 황복 유어의 생존율을 향상시킬 수 있다.

생석회 : 수심을 0.5 m로 유지하고 사육지 667 m² (200평)당 100~150 kg을 전체 사육지에 살포하여 병원세균과 유해생물을 사멸시킨다. 적적량의 단세포 조류 등 기초 먹이생물을 번식시켜 먹이생물이 충분히 번식되면 황복 유어의 생존율을 높일 수 있으며, 사육지를 소독한 후 10~15일이면 방양이 가능하다.

㉠ 먹이생물 접종과 종묘 입식

황복 유어가 사육지에 방양되면 적합한 먹이가 있어야 하며, 종묘 방양 3~4일전에 축제식 양식장에서 요각류, 지각류 등 먹이생물을 적당히 번식시켜야 한다. 종묘 방양시 대량의 먹이생물 유생이 부화되어 황복 유어가 섭식하게 한다.

먹이생물 방양밀도는 667 m²당 2~3 kg이다. 먹이생물은 활력이 좋고 번식성장이 잘되는 개체를 방양해야 한다. 축제식 양식장에 방양하는 복어 종묘는 3~4만마리/667 m² (200평)가 적당하다. 방양시 주의할 점은 온도차가 크지 않아야 한다.

황복 유어 사육과정에서 먹이생물을 점차 증가시켜 주어야 하는데 일부 어업인들은 노란콩국(黃豆漿), 질소비료와 인산비료를 뿌려 먹이생물의 번식을 촉진하기도 한다.

㉡ 종묘관리

종묘사육과정에서 일상관리 작업의 주요내용은 다음과 같다.

(1) 산소공급

황복 유어의 용존산소 요구량은 비교적 높아서 수중의 용존산소량

이 1.5 mg/L로 낮을 때 떠오르기 시작하고, 1.3 mg/L 이하로 되면 폐사하여 적정 용존산소는 3.0 mg/L 이상 유지되어야 한다.

용존산소가 결핍될 때에는 수차를 필수적으로 가동하여 하며 일반적으로 이른 새벽 1~2시 사이에 산소결핍이 많이 나타난다.

(2) 적정 먹이생물 밀도 유지

수중 먹이생물 상태를 주의 깊게 관찰한 후 먹이생물을 증식시키기 위해 667 m²당 매일 노란콩국 3~4 kg을 3회로 나누어 뿌린다. 혹자는 3일마다 250 g의 질소비료를 혼합하여 시비하여 먹이생물의 번식을 촉진한다. 수질변화에 주의해야 하며 수색은 녹두색이 적당하다. 항상 종묘의 성장상태와 먹이생물의 감소를 관찰해야 한다.

(3) 먹이 길들이기

종묘크기가 2 cm 전후가 되면 사육지 4각 귀퉁이에 먹이터를 만들어 인공사료로 순치시킨다.

(4) 주수와 환수

일반적으로 5~7일마다 1회 주수하며 매회 20 cm 전후씩 수질이 깨끗한 오염되지 않은 물로 수심을 증가시키고, 환수는 20일 간격으로 1회 하며, 매 환수량은 2/5가 적당하다.

(5) 질병치료

종묘단계에서 항상 발견되는 질병은 백점충, 가스병 등이다. 종묘단계에서는 예방위주로 사육관리를 강화해야 하며 수질환경을 좋게 하고 먹이, 기구 등을 소독해야 한다. 또한 정기적으로 먹이에 항균제를 첨가하여 어병의 발생을 예방하며, 병어가 발견되면 잡아내어 감염을 방지하고 질병증상을 검사하여 격리 치료한다.

㉠ 그물끌기 작업과 출하

종묘가 3~4 cm로 성장하면 출하가 가능하며, 축제식 양식장에 나가
기 전 유어의 적응능력이 증강되면 그물로 1~2회 끌어 잡는다. 그물
망목이 크면 어체의 손상이 크므로 그물작업 시간을 짧게 하고 종묘
의 밀도도 높으면 안된다. 출하용 종묘는 가두리 상자 안에서 20~30
분간 안정시키고 소독하여 계수 후 출하한다.

㉡ 종묘수송

축제식 사육장에서 나와 크기별로 선별된 종묘는 양식장으로 운반
한다. 종묘수송에는 산소 공급시설이 있는 선박이나 활어차를 이용하
여 운반한다. 안전한 운송을 위해서는 운송시간이 짧아야 하며 용존
산소가 충분히 유지되어야 한다. 동시에 종묘운반 사육수에 항생제를
첨가해서 그물을 끌 때의 손상 및 상호간에 물어서 생긴 병원균감염을
막는다. 황복 종묘는 쉽게 점액질을 분비해서 수질이 오염되므로 장
거리 운반시에는 환수와 산소공급이 필수적이다.

㉢ 토 의

2000년 상해시 수산연구소 청포구의 양식시험장에서 황복의 인공종
묘생산 시험을 실시한 결과, 70만마리의 종묘를 생산하여 경제적으로
이익을 얻었다. 최근의 종묘생산 실적과 비교하여 인공종묘생산은 성
공적이었으며 생존율에 영향을 미치는 요소는 다음과 같다.

(1) 축제식 양식장에 방양하기 전 수질 조사

황복 치어를 축제식 양식장에 넣기 전에 실제 사육수에 치어를 넣

어 적응여부를 시험한 다음 복어가 24시간 경과 후 이상이 없이 건강하게 활동하면 종묘를 방양한다. 사육지의 소독을 위해 사용한 염소를 제거하고 수질오염의 영향을 피하면 생존율을 높일 수 있다.

(2) 초기 종묘방양시 사육지의 온도

1998년의 경우 축제식 양식장에 종묘방양시 온도차이가 커 생존율은 35%에 불과하였으며, 온도를 높여 주었을 때는 종묘의 생존율이 75%까지 높아졌고 이때 축제식 양식장에 종묘를 방양하는 적정 온도는 약 20℃이다.

(3) 먹이생물 밀도

먹이생물이 가장 적을 때에는 종묘의 생존율이 낮아지며, 먹이생물이 충분하면 방양밀도를 늘릴 수 있고 생존율도 높일 수 있다.

(4) 종묘방양시 크기 차이

종묘의 크기 차이가 심하면 큰 개체가 작은 개체를 포식해서 생존율은 현저하게 낮아진다. 따라서 동일한 크기의 종묘를 선별해서 방양하여야만 생존율을 높일 수 있다.

1 순환여과식 양식

가 순환여과양식 개요

순환여과식 고밀도 육상양식은 취수가 용이한 육상에서 가온시설 및 먹이 공급, 수질환경 조절 등을 조합한 양식설비와 실내 콘크리트 수조 혹은 FRP 등으로 사육시설을 만들어 양식하는 고밀도 집약적 양식생산 방식으로 엄격한 기술관리를 요한다.

이 방법은 시설 투자비가 많이 소요되는 반면, 협소한 부지면적에서 단위 수면적당 생산량을 높일 수 있고, 자연환경의 영향을 적게 하여 생존율과 경제성을 높일 수 있다. 특히 시설비용을 줄이기 위해 기존의 대하 종묘생산장과 해변의 개울 등을 이용하며 양만장을 부분 개조하여 사용할 수 있다.

순환여과양식은 중국에서 빠르게 증가하고 있으며, 사육수의 정화설비를 개조하여 수원(水源)이 개방형에서 부분적으로 폐쇄형인 순환여과 양식장으로 발전하고 있다.

상해시 수산연구소 승단(承担)시에서는 절수형 순환여과양식 시설을 갖추고 있고, 산둥성에서는 수십 어가가 순환여과양식(공장화양식)을 시행하고 있는 사례가 있다.

산둥성의 경우, 순환여과 양식지의 면적은 200,000㎡(60,000평)로, 이곳에서는 연간 각종 어류 1,000톤을 생산하며 주요 양식종은 넙치 등이다. 최근에 와서는 양만장을 개조하여 복어의 순환여과양식을 부분적으로 시행하고 있다.

㉠ 순환여과양식 설비

(1) 장소 선택

우선 취수장소가 수질환경에 적합해야 하며, 수온변화 속도가 비교적 완만하며 변동이 적어야 한다. 또한 용존산소가 충분하며 투명도가 높고, 적조와 오염원의 유입우려가 없어야 하며, 풍량이 적고 수심이 비교적 깊어야 한다.

건설장소는 취수지점과 가깝고 충분한 수량이 되어야 하며, 양식장은 배수가 편리해야 하고 취수지점은 양식장의 수면보다 높아야 한다.

(2) 양식장 시설

사육지의 수조는 FRP로 많이 시설하며, 실내조도는 1,000 Lux 정도가 좋다. 사육지의 형태는 원형이나 팔각형으로 바닥면적은 100~200 m² (30~60평), 수심은 1.5 m 전후를 유지한다. 배수구의 위치는 수조의 중앙에 설치하고 배수관 위쪽에 구멍을 많이 뚫어준다.

사육지의 경사도는 중앙쪽으로 3~5%를 유지한다. 주수관은 4~6조로 사육지의 한쪽 방향으로 주수하여 물고기들이 회전할 수 있도록 만들고 남은 사료나 배설물 등의 오물은 중앙배수관으로 빠져 나가게 한다.

(3) 수처리 계통과 기타 조합 설비

순환여과식 양식은 고밀도, 집약적 생산방식으로 양식용수는 수처리 계통을 거쳐 높은 수질환경을 유지할 수 있어야 한다. 수처리 설비는 일반적으로 모래여과와 생물막 처리로 사육수 중의 부유물질을 제거하며 수원의 투명도는 높고, 용존산소가 풍부하며 각 항목이 양식 수질기준에 적합해야 한다. 동시에 수처리 효율이 높고, 처리량이 많아야 한다.

양식수면의 용적, 양식수조의 수량 및 환수율을 근거로 펌프의 용

량과 수량 및 배수관의 직경 등을 결정할 수 있다. 산소공급장치와 사료가공설비 및 소형냉장고가 구비되어야 한다. 정전을 방지하기 위해 설치하는 소형발전기는 사육수 공급과 산소를 공급할 수 있는 발전용량이 되어야 한다.

㉠ 순환여과식 성어 양식

(1) 종묘수송과 방양

인공생산된 종묘는 7월 초에 평균체장이 3 cm 전후로 성장하면, 산소 비닐포장하여 운반하는데 봉지당 100마리로 양식장까지 5시간 안에 수송할 경우 운반 생존율은 95% 이상의 유지가 가능하다.

양식장 면적은 100~200 m²이며, 종묘입식 전에 8~10%의 식염수로 10분간 소독하고 방양밀도는 m²당 8~12마리로 하며, 이후 어체의 성장에 따라 점차 분조(分槽)하여 양식한다.

(2) 양식밀도와 성장

방양밀도와 성장속도는 일반적으로 역상관관계로 밀도가 높으면 성장속도가 약간 차이가 있다. 방양밀도와 성장속도는 양식조건과 직접 관련이 있는데 특히, 환수량은 수질상황과 수온 등에 따라 밀접한 관계가 있다. 적온범위 내에서 성장속도가 빠르며, 환수량이 많고 유수조건이 좋을 경우에는 방양밀도를 높일 수 있다.

황복 등 복어류는 상호 공식현상으로 방양밀도가 높으면 공식 기회가 많아져 어체의 손상에 의한 질병발생으로 생존율이 낮아진다. 방양밀도가 낮으면 양식설비의 낭비로 인해 최대한도의 이익을 얻지 못하므로 복어의 순환여과식 양식은 경제성을 유지할 수 있는 적정 방양밀도로 조절하는 것이 관건이다. 표 2-1은 황복 가온양식장의 방양

밀도를 나타낸 것이다.

표 2-1. 황복의 가온양식 방양밀도

종묘크기(cm)	수량(만마리)	체중(g)	방양밀도(마리/m ²)	생존율(%)
3~4	1.6	0.5~0.6	8~12	-
14~22	1.3	150~250	6~8	81.3
28~32	1.2	400~600	4~5	72.8

(3) 크기별 선별

복어의 공식 습성 때문에 방양밀도가 높으면, 상호공식이 심하여 크기가 고르지 못하며 질병발생으로 인하여 양식 생존율이 낮아진다. 초기 방양밀도를 좋게 한 상태에서는 복어의 크기 차가 명확히 나타나 선별이 필요하다. 선별시 끌그물을 사용하여 고기를 모아 대형 종묘와 소형종묘로 나누어 다른 수조에 방양한다. 중간 규격의 종묘는 본래 사육장에서 그대로 양식한다.

그물을 끌 때와 선별작업 시에서는 어체의 손상이 없어야 하며, 가능한 밀집과 노출시간을 단축해야 하며, 선별시 고기의 밀도를 높게 해서는 안된다. 또한 많은 양의 물을 흘려주고 산소량이 충분해야 하며, 선별 후에는 반드시 약욕을 하여 세균감염이나 기타 어병의 발생을 예방한다.

(4) 먹이종류 및 공급

종묘방양 후 우선 먹이순치를 하여야 한다. 각 사육지 가장자리에 먹이대를 1개씩 매달아 주고, 사육지 수위는 40~60 cm로 조절하여, 신선하고 적합한 어육, 새우육, 실지렁이 등을 죽으로 만들어 초기사료로 이용한다. 점차 양식환경에 적응하면 이후에는 인공사료로 전환한

다. 처음에는 매일 4~6회를 공급하고, 점차 인공배합사료에 적응되면 사육지의 수심을 점차 1~1.2 m로 높여, 매일 2회로 8~9시와 16~17시로 나누어 공급한다.

사료는 뱀장어 사료 위주로 공급하며, 해수산 작은 잡어, 소형새우, 권패류 육질 등을 섞은 신선한 사료도 혼합하여 공급한다. 기후변화, 어체크기, 건강 및 섭식상태에 따라 섭식량을 조절하는데 일반적으로 6~9월에는 어체중의 10~20%를 공급하며, 그 외에는 2~7%를 공급한다.

먹이공급시에는 일정한 시각, 일정한 장소, 일정한 양을 지켜야 하며, 먹이는 일반적으로 덩어리 상태로 섞어 주면 이용률이 높다.

(5) 수질관리

매일 수온 외에 용존산소, pH, 암모니아, 황화물 함량 등을 정기적으로 조사해야 한다. 일반적으로 6~9월경에는 3일마다 1회 환수하며, 그 외의 달에는 5일마다 1회 환수한다. 매일 브로워로 수중에 산소를 풍부하게 공급하여 수질을 좋게 한다.

황복 양성기간 중 수질환경 지표는 pH 8.13~8.82, 용존산소량 5 mg/L 이상, 질산태 질소 0.01~0.06 mg/L, 암모니아태 질소함량은 0.12~0.2 mg/L이다.

먹이공급 후에 사육지 바닥에 남아 있는 먹이 또는 분변이 많이 남아 있고, 수면에 거품이 있으면 수위를 낮추어 환수율을 높이고, 오물과 먹이찌꺼기(殘餌)를 배출해야 한다. 유수가 불가능할 때에는 사육지 저면의 오물을 사이폰하는데 1일 1회 또는 2일에 1회 제거한다. 사육지 벽과 바닥은 항상 사료의 유지(油脂)와 배설물 등이 묻어 있으므로 항상 솔로 문질러 닦아 주어야 한다. 사육지를 닦거나 사이폰으로 청소할 때 어체가 상처를 입지 않도록 하고 어군이 놀라지 않게 주의해야 하며, 어군이 놀라서 섭식불량과 어병발생이 되지 않도록 예방해야 한다.

(6) 어병 예방, 치료

가온 콘크리트 수조에서 고밀도로 양식시에는 쉽게 놀라서 어류면역력이 낮아져 쉽게 질병이 발병하여 대량폐사에 이른다.

황복 양성과정 중에 항상 백점충 등 기생충성 질병 및 세균성 질병이 있는지 관찰하여야 하며, 발병하면 대량폐사에 이른다. 병해에 대해서는 주로 예방위주로 관리하여야 하며, 환수를 잘하여 수질을 양호하게 유지하고 우량종묘와 좋은 사료를 사용하며 어구를 잘 소독해야 한다. 정기적으로 사료에 비타민 E, C를 첨가하여 어체의 면역력을 증강시키고, 사료에 정기적으로 항생제를 혼합하여 공급한다. 어병이 발병하면 병의 증상에 따라 약을 써야 한다.

(7) 일상관리 강화

어체를 항상 주의 깊게 관찰하여 체색흑화, 무리에서 이탈하여 유일하게 유영하거나 사육지 바닥이나 벽에 문지르는지, 사육지 바닥에 움직임이 없이 조용히 있는지, 외상, 유영이상 등 비정상 상태를 관찰하여야 한다.

복어 양식일지를 만들어 매일 기온, 수온, 먹이종류, 수량, 섭식 상황 및 어체 유영상태를 매일 2회 기록하여야 하며, 이상상태가 나타나면 원인을 분석하고 검사하여 어병을 진단, 치료해야 한다. 병어 또는 죽은 개체가 발견되면 건져내어 어병의 확산을 방지한다.

(8) 여름 보내기와 월동관리

황복의 적정 성장온도는 15~32℃로 수온조절이 매우 중요하다. 5월경부터 온실지붕의 얇은 막을 철거하고 온실의 통풍이 잘되게 하며, 7~8월경에는 수심을 깊게 하고 필요시에는 새로운 물을 주입해 수온을

낮춘다. 10월 하순 이후에는 기온이 하강하여 새롭게 지붕을 설치하고 지하수를 이용하여 수온을 조절하며, 수온은 19℃ 전후로 유지한다.

황복은 여름철 고수온기를 거치면서 성장이 빠르며 겨울철 성장정체기에도 지하수를 사용하면 양식기간을 연장할 수 있다. 그밖에 양식수온차가 발생하지 않도록 하여 황복의 여름나기와 월동을 하면 양식생존율을 높일 수 있다.

(9) 경제성 분석

2,300 m² (700평)인 양만장 온실에서 1년 6개월을 정성껏 관리하여 황복을 양식했을 때, 출하한 복어량은 5,272.5 kg으로 m²당 2.3 kg의 황복을 생산하였고, 생존율은 72.9%였다. 상품어 크기는 마리당 400~600 g으로 평균가격은 35,200원(320위안)/kg, 총 생산금액은 185,482,000원(168.62만위안)으로 m²당 생산금액은 80,630원(733위안)이다. 그 중 투자비는 종묘비 20,460,000원(18.6만위안), 먹이 및 약품비 23,188,000원(21.08만위안), 전기료 23,760,000원(21.6만위안), 온실 감가상각비 17,600,000원(16만위안), 인건비 34,760,000원(31.6만위안), 기타 비용 6,600,000원(6만위안), 공동이익 60,368,000원(54.88만위안)으로 투자산출비는 1:1.5로 경제성이 현저히 높다.

② 축제식 양식

가 축제식에 의한 종묘 사육

(1) 양식장 선택

축제식 양식장은 수량이 충분하고 수질오염이 없고, 연간 수온변화가 적어야 한다. 만약 기수나 담수양식을 할 경우는 물을 사용하기에

편리하고, 도로 길이가 짧으며 제방건설이 쉬운 곳이어야 한다. 그 외에 교통과 전기사용이 편리하고, 양식장 주위에 고층건물 또는 폭풍이나 조수(潮水) 및 홍수 등 영향이 없어야 한다.

(2) 양식장의 정리 및 청소

겨울철이나 또는 우수기를 피하여 사육수를 배수하고, 양식장 바닥에 쌓여 있는 흙을 제거한 다음 자연햇볕에 말린다. 종묘를 축제식 양식장에 넣기 전에 생석회, 표백분 등 약품을 이용하여 깨끗이 소독하여, 병균과 유해생물을 죽인다. 생석회는 667 m² (200평, 1무)당 100~150 kg, 표백분은 30~40 g/m²를 살포하며, 1주일 후에 물을 채우고 시비를 해서 먹이생물 번식 후 황복종묘를 방양한다.

(3) 종묘방양

종묘가 실내사육에서 전장 1.2~1.5 cm가 될 때 이미 요각류와 지각류를 섭식할 능력이 있으므로 0.2~0.3 ha 축제식 양식장에서 사육한다.

양식장의 수심은 1.2~1.5 m, 667 m²에 1~2만마리를 방양한다. 종묘 수송거리는 가까운 것이 좋으며 비닐봉지 포장의 경우, 한 봉지당 800~1,000마리가 가능하며 7~8시간 안에 수송하면 생존율은 양호하다.

황복의 수송용수의 최적염분은 3~5 mg/L (0.003~0.005 ‰)의 염수이며, 방양시 온도는 18℃ 이상으로 봉지안과 밖의 온도차가 없어야 한다.

(4) 먹이공급과 수질관리

종묘가 전장 3 cm 전후가 되면 667 m² (200평)의 축제식양식장에 매일 1 kg의 노란콩국을 공급하여 식물플랑크톤의 성장과 번식을 촉진시키고 황복종묘의 먹이로 충분히 공급되게 한다.

사육수의 투명도는 약 30 cm로 조절하고, 수색은 녹두색이 되게 한

다. 먹이생물이 너무 많아지면 새로운 물을 주입해서 먹이생물의 밀도를 낮추고 수질을 깨끗하게 유지한다.

(5) 질병치료

종묘생산 단계에서 보통 발견되는 질병은 백점충과 가스병이다. 백점병은 5% 식염에 침적하면 치료가 가능하며, 사육수를 염도가 있는 물로 바꾸면 백점병의 예방과 치료가 가능해진다. 가스병은 환수량을 사육수의 2/3~3/4를 바꾸어주면 된다.

나 대규모 종묘양성

(1) 종묘수송과 방양

축제식 양식장은 방양 7~10일전에 물을 주입한 후 소독한다. 어체가 건강하고 질병이 없으며, 상처가 없고 규격이 일정하며 물을 거슬러 올라가는 성질이 있는 개체가 방양대상이다.

종묘는 산소 비닐포장을 하는데 3~4 cm 크기를 봉지당 100~150마리로 5~8시간내에 수송하면 생존율은 95% 이상으로 유지할 수 있다. 종묘방양 전에 항생제로 10분간 소독하는 것이 좋고, 방양시에 온도차가 크지 않게 한다.

황복종묘의 분산은 3~5 cm의 종묘가 되면 방양밀도를 2,000~3,000마리/667 m²로 하며 수량이 충분하고, 수질이 양호하며 환수량이 많은 축제식 양식장에서는 3,500~4,000마리/667 m²도 가능하다. 어체의 성장에 따라 분산해 주어야 한다.

(2) 먹이순치

황복은 잡어육, 새우, 권패류육(우렁이류), 조개육 등을 세절하여 공

급하면서 순치시킨다. 종묘방양 1주일 내에는 신선하고 입에 적합한 어육, 새우육, 패류육 등을 공급하고 순치가 되면 점차 양식환경과 먹이조성에 알맞게 공급한다. 복어들이 먹는 습관이 들면 생사료와 인공사료를 섞어 점차 인공 사료량을 증가시키고 인공사료를 완전하게 먹으면 생사료 공급을 중지한다. 먹이 길들이는 기간에는 선도가 좋은 사료를 확보해야 한다.

(3) 사료공급

먹이는 뱀장어용 사료를 위주로 해서 일간 사료공급량은 어체중의 3~7%이다. 먹이 공급시 공급장소를 일정하게 하고 사료가 남지 않도록 일정량을 공급해야하며, 먹이공급 속도는 천천히, 먹이는 입에 맞는 신선한 사료를 공급해야 한다. 일반적으로 1일 공급횟수는 2회이다. 양식장에 먹이공급대를 설치하여 공급하는데 먹이공급 후 2시간 후에는 먹이대를 제거하여 청소하고 햇빛에 건조시켜 질병발생을 예방한다.

(4) 수질관리

복어는 수질환경을 새롭게 바꾸어 주는 것을 선호함으로 축제식양식 중에는 수색, 수질, 투명도, 산소농도 및 어류, 새우 등의 활동을 면밀히 관찰하여 새로운 사육수를 공급해야 한다. 매월 수질을 개선하기 위해 한번정도 50% 이상 환수를 해야 한다.

복어의 성장 적온범위는 15~32℃이며, 여름철 사육수온이 32℃ 이상일 때는 지하수나 하천수를 이용하여 온도를 내려주고, 겨울철 양식장의 온도가 9℃ 이하로 내려가면 온실월동에 들어가야 한다. 또한 수중의 용존산소가 1.5 mg/L 정도로 내려가면 사육어가 떠오르기 시작하고, 1.3 mg/L 이하로 내려가면 폐사에 이르게 되므로 적정 용존산소

량은 3 mg/L 이상이 유지되도록 하고 용존산소가 결핍되면 수차 등을 가동시켜 주어야 한다.

(5) 분산과 상호공식 방지

복어는 크기 차이가 심하면 먹이공급시 대형개체가 소형개체를 공격하며 소형개체의 섭식과 성장에 영향을 크게 미친다. 크기 차이가 나면 분산을 해주어야 하며, 분산은 일반적으로 1~1.5개월이 지나면서 1회 실시한다. 적당한 분산은 상호 공식현상을 줄일 수 있으며 양식 생존율을 높일 수 있다.

(6) 질병치료

질병은 예방위주로 관리하는 것이 효율적인데 수질환경의 지속적 관리 개선과 기구의 소독 및 정기적으로 사료에 항생제를 투입해서 어병의 발생을 방지한다. 질병이 걸린 어류가 발견되면 격리시켜 원인 검사와 치료를 실시한다.

(7) 일상관리

매일 복어의 활동과 섭식, 수색, 수질상황을 관찰하고 양식시설을 검사한다. 매일 정시에 수온, pH, 용존산소, 투명도 등 사육수의 수질 환경을 측정, 기록하여 관리의 지침으로 삼는다. 어체의 성장을 10일 또는 15일 간격으로 조사하여 기록하면 공급할 먹이량을 산정할 수 있으며, 통상 4~5개월을 정성껏 사육하면 당년생 종묘는 100~150 g까지 성장할 수 있으며, 생존율은 85~95%에 이른다.

㉠ 상품어 양성

상품어 양식은 1년 사육한 중간종묘를 월동 후부터 체중 500 g 전후의 상품크기로 양성하는 과정을 말한다. 일반적으로 단독양식과 혼합양식의 2가지 방식이 있다.

단독양식은 축제식 양식장에 복어 1종만을 사육하는 것이며, 혼합양식은 동일한 축제식 양식장에 복어 외에 기타 어류, 새우 등을 함께 기르는 것으로 경제적 이익이 높다. 아래에 단독양식방식을 소개한다.

(1) 양식장의 정비와 관리용품

동절기에는 양식장의 물을 빼고 바닥에 쌓인 흙을 준설 후 제방을 보수하고, 주배수 계통을 점검해야한다. 봄철이 되면 양식장에 깨끗한 물을 채우고 ha당 생석회 750~1,500 kg으로 소독한 다음 8~10일 후에 준비된 종묘를 방양한다.

상품어 양식에서 주로 준비해야 할 물품은 펌프, 운송기구, 먹이가 공기, 브로워, 가두리상자, 성어 채포망, 물통 등 기구와 인공배합사료 등이다.

(2) 종묘 방양방법

월동 후의 1년생 종묘의 크기는 큰 것은 체중이 보통 50~150 g이다. 방양종묘는 유영활동이 활발하고 물을 따라 거스르는 성질이 강하며 배부분이 부풀러 있고, 체표가 광택이 나며, 지느러미 기초의 충혈이 없고 상처가 없어야 한다.

축제식양식장에 사용하는 종묘는 방양시에 크기가 균일하도록 종묘를 크기별로 선별하여야만 방양관리시 군체의 성장이 촉진된다. 3~4

개월의 월동기를 보낸 방양종묘는 체력이 약하기 때문에 너무 일찍 방양하는 것은 좋지 않다. 하지만 너무 늦게 방양하면 양식 생산량에 영향을 미친다.

방양에 적당한 온도는 15℃ 전후에서 안전하며, 중국 상해지역의 방양시기는 3월 중하순경이다. 수송시와 사육시 생존율을 높이기 위해서는 방양전 10일 전후에 사육관리를 강화해서 어체의 체력을 강화해야 하며 수송시 가능한 한 물과 함께 운반한다.

(3) 종묘의 방양밀도

종묘의 방양밀도는 방양 양식장의 조건에 따라 차이가 있지만 수심이 깊으며 물의 환수조건이 좋고, 소형 양어지보다 먹이공급이 좋으면 667 m²당 800~1,000마리의 중간종묘를 방양하여 400~500 kg의 생산이 가능하다. 일반적인 양식장은 667 m²당 400~500마리의 중간종묘를 방양하여 200~250 kg을 생산한다. 그러나 수심이 낮고 환수조건이 나쁜 대형수면의 경우나 사육관리가 불편한 경우에는 667 m²당 100~200마리를 방양하며 생산량은 매우 낮다.

(4) 먹이공급

사육용 복어사료는 저가의 잡어를 위주로 사용하고 있으며, 점차 배합사료로 전환하여 사용하고 있다. 복어 전용사료가 없기 때문에 대체사료로 뱀장어 양식용 사료와 자라사료를 사용한다.

① 먹이 길들이기

종묘를 새로운 사육지로 옮겼을 때는 생활환경이 변해 유영이 산만해지고 군집을 이루지 못해 집중적인 섭식장소로 모이지 못한다. 이와 같이 복어는 예민한 성질이 있어 먹이 길들이기를 해야 하는데 일정한 시간과 일정한 장소에서 모이게 하여 먹이를 주면 된다. 양식장

이 길 경우는 중간에 먹이터를 만들고 매일 일정한 시간에 조금씩 먹이를 준다. 대략 7~10일 정도면 일정한 시간 한 장소에서 먹이를 먹는 습성이 길들여진다.

② 세심하게 주의할 섭식행동

정상적인 상황에서 먹이 길들이기를 하면서 복어의 유영상태를 관찰하여 체표 청결정도, 체표충혈 여부, 지느러미의 결손 여부, 아가미와 체표에 기생충감염 여부, 섭식 후의 토사현상 등을 조사해야 한다.

③ 먹이량 조절

적온범위에서 복어의 성장속도는 비교적 빠르며, 체중증가에 따라 일간 먹이공급량은 적절히 조절하여야한다. 매번 10~15일 간격으로 사육중인 복어 어체중의 총량을 조사해서 1단계로 먹이공급량을 조정하는데 일반적인 먹이공급량 조절은 체중의 3~5%이다.

(5) 사육관리

① 양식장 순찰

관리자는 먹이주는 것 외에도 매일 3~4차례씩 양식장을 순찰해야하며, 먹이주기 전에 복어의 활동상황이나 떠오르는지 등의 행동습성을 관찰해야 한다. 양식 중반기에 섭식량이 커져 먹이공급이 증가하면 사육지내 복어의 배설물과 먹이찌거기가 쌓여서 수온이 올라가면 수질이 쉽게 악화되므로 사육지 순찰을 강화해서 어병 및 산소결핍의 발생을 조사해야 한다.

② 수질관리

정상적인 수색은 황갈색 또는 황록색이며, 양식장의 투명도는 40 cm 전후이다. 맑고 시원한 수질은 복어의 성장을 빠르게 하며, 짙은 갈색과 흑색, 간장색은 정상적인 수색이 아니므로 이때에는 환수를 해야

한다. 사육전기에 양식장 사육수의 교환은 소량만 한다. 온도가 높아 섭식이 왕성한 계절인 여름, 가을에는 사육지내 잔이, 배설물이 축적되어 분해속도가 빨라 암모니아태 질소, 아질산염 및 황화수소 등 유해한 유독물질이 생성되어, 용존산소를 소모하고 pH 수치가 내려가 복어 섭식량에 직접 영향을 주게 되어 질병이 발생하고 양식장에 죽은 복어가 뜨게 된다.

따라서 양식 중반기를 지나면서 점차 환수량을 증가시켜야 하며 수온을 내림과 동시에 산소도 보충해야 한다.

③ 질병예방

종묘방양시 포획, 운반 등의 작업으로 매번 어체는 상처를 입기 때문에 상처부위의 세균감염을 막기 위해서 항생제 등을 이용하여 약욕 처리한다.

질병을 예방하기 위해서는 15~20일 간격으로 약사료를 공급한다. 비타민 C를 배합사료에 첨가하면 장도병(腸道病)과 지방간을 예방하며, 면역력과 항병능력을 증강시키는 작용을 한다.

(6) 상품어 수확

중국시장에서 황복 등 복어의 상품규격은 400 g 이상이며, 계절성과 지역성의 차이로 일정지역, 일정계절에 판매된다. 시장수요는 일반적으로 1~4월경 많으며, 상품어 판매가 지연되면 1차 월동에 들어간다.

상품어 포획시기와 월동어 포획시기는 차이가 많이 나지 않으며 일반적으로 10월 하순부터 11월 상순에 수온 15℃ 전후 일때 진행한다. 수확시 우선 양식장의 물을 빼고 그물을 2~3회 끌면 85~90% 잡을 수 있다. 마지막에는 사육지의 물을 완전히 빼고 바닥에서 수확한다. 상품어는 수확해서 가공처리하거나 활어로 공기운반 또는 선박으로 해외시장에 판매하며, 일본에서는 9~12월에 복어의 가격이 가장 높다.

㉠ 양자강지역의 축제식 고효율 상품복어 생산기술

복어사육은 비교적 경제적 이익이 높으며, 당년 양식기간내에 최고 상품규격인 500~600 g에 도달할 수 있다. 어체가 크면 시장판매 가격이 높다. 적당한 규격의 종묘를 선택하여 복어성장에 영향이 없이 성장하면 경제적 이익을 얻을 수 있다.

현 단계에서 양자강지역 복어양식은 일반적으로 50 g 전후의 월동 종묘를 이용하여 7개월을 축제식 양식장에서 사육하면 마리당 400~450 g으로 성장하지만 다수 양식업자의 양식복어가 350 g에 미치지 못한다. 복어의 성장은 완만해서 당년에 최고 상품화 규격에 도달하지 못하는 주요 원인은 다음과 같다.

첫째, 사용하는 월동종묘의 크기가 일반적으로 30~75 g 전후로 너무 작아 상품어가 되기에는 부족하며 최고 양식종묘 크기는 약 100~150 g 전후이다.

둘째, 사료배합이 비과학적으로 성체에 필요한 사료의 품질이 영양학적으로 균형을 이루지 못하고 있다. 사료공급량과 공급방법도 적당하지 않으며, 성장촉진 능력을 가지지 못한다.

셋째, 양식과정 중 고수온기에 복어가 섭식하지 않아 체중이 증가하지 못하고 감모되며, 성장기간 단축과 어체의 쇠약, 항병능력 및 환경적응 능력 저하에 따른 악화로 성장이 늦어진다.

넷째, 저밀도일 때 성장환경 중에 보이지 않는 요인이 있으면 어체의 성장에 영향을 준다. 이상의 4가지 문제를 해결할 수 있는 방법과 조치는 다음과 같다.

(1) 월동종묘의 준비

복어종묘의 방양기간은 3월 하순에서 4월 상순이다. 종묘는 선두그

롭으로 건강해야하고 최적크기는 100~150 g 전후가 적당하다. 첫해에는 5월 하순~6월 초순에 방양해서 100 g 전후까지 성장시키고, 월동단계의 관리강화와 사육으로 익년 봄철까지 개체크기가 150 g까지 이르게 하여 방양 최적크기에 도달하게 한다. 667 m²당 600~800마리를 방양하며 7~8개월을 사육하면 상품어 크기인 450~550 g/마리에 도달한다.

(2) 사료

복어는 육식성 어류로 자연환경에서는 선택적 섭식활동을 가지며 주로 먹이는 어류, 새우류, 게류, 지각류 등이다. 따라서 복어사료는 요구 단백질함량이 높으며, 입의 크기에 적합해야 한다.

중국에서 주로 이용되는 복어사료는 뱀장어 양식사료(성만용)로 주요 영양성분은 다음과 같다. 조단백질 45% 이상, 조지방 3% 이상, 조섬유 1% 이하, 조회분 18% 이하, 칼슘 4.6% 이하, 인 1.5% 이하, 수분 10% 이하(비타민 일부 첨가)이며, 뱀장어사료 대체용 복어전용사료를 연구 중에 있다.

복어사료는 습과립 원형사료로 반죽된 사료는 침수 후 2시간 후에는 풀어지므로 일반적으로 순치가 된 복어는 시간을 두고 조금씩 주면 적정하게 먹이를 먹기 때문에 사료낭비가 적다. 복어의 사료량을 주의 깊게 관찰하여 주어야 하며, 곰팡이가 생긴 사료를 공급해서는 안 된다.

(3) 고수온기 먹이를 먹지 않는 기간의 단축 응급처치 절차

복어의 성장은 수온과 밀접한 관계가 있어 성장에 적합한 온도범위는 13~30℃이며, 온도가 높거나 낮으면 성장에 영향을 받는다. 먹이를 먹지 않는 최저 임계온도는 8℃, 최고온도는 33℃가 된다. 온

도가 30~33℃가 될 때 복어는 섭식량이 떨어지고, 33℃를 초과하면 복어는 섭식하지 않는다. 따라서 고수온기에는 복어가 야위는 시기로 양만장 양식복어의 경우 여름철 문제에 부딪히게 된다. 야위는 시기에는 복어 상품어 규격 생산에 영향을 주므로, 고수온기에 적당한 온도로 바꾸면 복어의 성장을 촉진할 수 있다.

① 먹이공급시 주의할 점

먹이는 신선한 뱀장어사료를 위주로 하여 매일 먹이 공급량은 어체 중의 2~5%를 공급한다.

먹이공급시에는 정위치 유지(먹이공급위치 고정), 정량(배부르게 먹고 사료가 남지 않도록 하는 게 원칙), 정속(먹이공급속도는 느리고, 빠르고, 느리게), 정질(사료가 입에 맞고, 신선하고, 깨끗해야 한다)로 하면 복어가 섭식조건반사를 형성한다.

일반적으로 일간 먹이공급 횟수는 2회로 한다. 양식장에 먹이대를 설치하면 섭식상황을 조사하기가 좋고, 먹이를 공급하고 2시간 후에 먹이대 위에 먹이가 남아 있으면 공급량을 줄이고, 먹이공급 1시간 내에 먹이대 위에 있는 먹이가 남아있지 않으면 공급량을 증가시킨다. 환수 후에는 복어는 분명히 포식이 증가할 것이다. 먹이대는 항상 깨끗이 세척해서 햇빛에 말려 질병발생을 막아야 한다.

고수온 계절이 오기 전에 점차 먹이공급 시간을 조절하여 오전 공급시간은 동이 트고 2시간, 오후 공급시간은 일몰 전 4시간이며, 비가 내리는 낮에 공급하면 복어의 섭식을 촉진하는데 유리하다.

② 수질관리 강화와 수량조절

복어는 깨끗하고 신선한 환경의 수질을 좋아한다. 축제식 양식에서는 수색, 수질, 투명도, 용존산소 및 어류, 새우 활동상황 등을 근거로 해서 새로운 사육수를 주수하고 매월 1회 대량 환수하여 수질을 개선한다.

복어의 성장적온 범위는 13~30℃이므로, 여름철 사육지 수온이 30℃ 이상이 되면 온도가 비교적 낮은 지하수나 하천수를 주입해서 사육지의 온도를 조절한다. 환수와 함께 사육지의 수심을 증가하면 사육수의 온도변화를 줄일 수 있다. 수심은 1.8~2 m이며, 2.5 m까지도 유지한다.

그밖에 복어는 용존산소 요구가 비교적 높아서 수중의 용존산소가 1.5 mg/L 이하로 떨어지면 떠오르기 시작하고 1.3 mg/L 이하로 떨어지면 폐사하기 시작하므로 적정 용존산소는 3.0 mg/L 이상은 유지해야 한다. 용존산소가 높으면 복어의 섭식과 성장을 촉진시키는데 유리하다.

(4) 성장기간의 연장방법

복어의 성장은 환경의 영향을 크게 받는다. 저밀도 사육환경 조건 하에서 사육기간의 연장은 최고 상품규격의 상품어를 생산하는데 유리하고 양식의 경제성이 높다.

① 적온, 적시에 축제식 양식장에 방양하기

복어는 13℃에서 정상적인 섭식을 하며, 축제식 양식장에서 최저수온이 13℃로 지속되면 1주일 후에 복어를 양식장으로 낼 수 있다. 양자강 삼각주지구(長江三角洲地區)에서는 일반적으로 3월 하순~4월 상순이며, 이때 수온은 일반적으로 14~15℃이다. 복어의 방양밀도를 낮추어 일반적으로 600~800마리/667 m²로 하면 성장이 촉진되며, 양성규격으로 높일 수 있고 경제성 목적을 달성할 수 있다.

② 적온, 적시에 월동지에 들이기

수온이 15℃가 되면, 상품어는 축양 또는 월동을 위해 사육지에 들어와야 한다. 10월 하순이 되면 기온 하강속도가 빨라 수온은 빠르게 낮아져 적절하게 월동지(사육지)에 들이는 준비작업을 해야 한다. 11

월 상순이 되면 수온이 13~15℃로 떨어지고 복어의 활동능력이 떨어져 포식 또한 적극적이지 못하고 부분적으로 신체가 경직되는 어류가 출현하며, 지느러미 출혈과 물곰팡이 등 증상이 나타나서 월동장내에서 질병이 번지는 것을 방지해야 한다.

월동지에 들어오면 생활환경의 변화가 적고 운동범위가 협소해지며 상대밀도가 높아져 개체간에 상호 공격습성과 운송 손상의 후유증으로 월동지에 옮기고 난 2주내에 쉽게 질병이 발생하여 폐사하고 폐사율은 10~20% 정도가 된다. 11월 상순에는 수온하강으로 복어의 운동능력이 떨어지므로 고밀도 사육이나 월동 또는 축양시에 적정온도와 밀도가 유지되어야 한다.

※ 중국 해남성 황복양식 성공사례 : 축제식 양식장 6,600㎡ (2,000평)에 20,000마리(3마리/㎡)로 방양하여 6,000 kg (0.91 kg/㎡)을 생산하였다. 수온 14~30℃에서 양호한 수질과 우세한 양식조건으로 양식 1년만에 400~500 g/마리 상품어를 생산하였다.

㉠ 복어의 복합양식

(1) 복어와 백련어·흑련어 복합양식

복어 당년생 종묘는 5~6 cm 일때 체중은 2 g 전후이며, 667㎡에 방양밀도는 4,000~5,000마리이다. 혼양 방양규격은 50 g 전후의 흑련어(*Aristichthys nobilis*) 70~100마리 또는 백련어(*Hypophthalmichthys molitrix*), 흑련어 각 50마리이다.

상품어 양식시에는 667㎡에 100 g 전후의 복어종묘를 800~1,200마리, 500 g 전후의 백련어 50마리 또는 500 g 전후의 백련어, 흑련어를 각 20~30마리씩 혼양한다.

복합양식시 복어의 먹고 남은 사료나 배설물은 부유생물의 성장을 촉진시키고, 백련어, 흑련어는 사육지의 부유생물을 이용하여 축제식 양식의 수질환경을 개선하며, 사육수 부하능력과 양식효율을 높인다. 주의 깊게 수질을 조절하고, 어병예방에 힘쓰면 복어양식 생존율은 90% 이상으로 높일 수 있다.

복어종묘가 100~150 g/마리이면 상품 복어크기는 최소한 350~400 g/마리가 된다.

(2) 자주복과 보리새우 복합양식

1996년 대련시 영안식품유한공사(永安食品有限公司)는 요령성에서 자주복과 보리새우의 복합양식 시험을 수행하였다. 8 ha (5.3 ha와 2.7 ha의 2개 사육지)에 복어종묘 10,000마리와 보리새우를 혼양하였다.

보리새우는 낮에는 바닥에 잠복해 있다가 야간에 나와서 먹이를 찾았으며, 복어는 낮에 먹이를 찾았고 저녁때에는 바닥에 잠복해 있었다. 보리새우가 먹고 남은 먹이를 복어는 계속해서 먹었으며, 상호 보완작용으로 보리새우 생존율이 높아지고, 자주복의 성장도가 빨라 당년 수확한 보리새우는 3,000 kg, 자주복은 약 7,000 kg으로 충분한 경제적 이익을 얻었다.

(3) 복어와 대하 복합양식

1996년 4월부터 1997년 11월까지 중국의 하북성 당해현에서는 자주복과 대하의 복합양식에 성공하였는데, 양식과정을 소개하면 다음과 같다.

첫째, 사육지 면적은 일반적으로 2.7~3.3 ha, 평균수심은 2 m, 수량이 충분하고 오염이 없으며 pH는 5.9~9.8, 투명도는 높고 양식장의 배수시설이 좋으며, 수문을 열어 물을 주입할 때는 60目(망목) 거름망

을 치며, 배수문에는 7目 철조망과 8目 안전망을 친다.

둘째, 복어 방양전에 먼저 사육지를 말리고 소독하며, 양식장을 평평하게 정리한다. 667 m²의 수면에 수심은 1 m, 생석회 70 kg과 표백분 6 kg을 사용하거나 혹은 차박(茶粕, 기름동백나무 씨를 짠 찌꺼기) 5 kg과 표백분 3 kg을, 혹은 차박 35 kg과 생석회 45 kg을 뿌려 소독 후 2일째에 물을 채운다.

셋째, 대규모시설에서 월동한 종묘의 평균크기는 약 150 g이다. 양식장에 방양할 때 수온은 15℃ 이상이며, 사육지의 염분은 월동장보다 약간 낮게 하며, 단거리 수송에서는 25톤 범포(帆布, 돛단배) 장치에 종묘(크기 100~150 g/마리) 600~800마리를 운반한다. 못에 넣기 전에 항생제 10~15 ppm으로 20~30분간 약욕한다.

넷째, 축제식 양식의 조건, 환수정보, 먹이공급, 양식기술, 상품크기와 계획 생산량을 근거로 방양밀도를 정한다. 667 m²의 양식장에 복어 80~100마리, 대하 6,000~8,000마리를 방양한다.

다섯째, 먹이는 항상 냉동사료인 고등어, 밴댕이, 큰가시고기 및 털새우, 알테미아 등으로 신선해야 한다. 저수온기에는 어체중의 1.5~5%, 가을철 비육기의 일간공급량은 6~10%로 사료계수는 7 전후이며, 추분(秋分, 9월 23일)후에는 감량하여 일간 사료공급 횟수는 2회로 일정한 수면범위에서 번갈아 던져주며, 오전에는 일간 공급량의 55%를 나머지는 오후에 공급한다. 변질사료를 공급해서는 안되며, 수온이 30℃ 이상으로 어류가 산소가 부족할 때는 공급하지 않는다. 성장이 빠를 때는 많이 공급하고, 시장에 출하시기가 다가오면 사료공급을 중단해야 한다.

여섯째, 양식관리.

① 수위조절은 1.2~2 m로 전기에는 수위를 비교적 낮게 하고, 중반기 이후부터는 수위를 높여 깨끗한 수질을 유지하고 수온을 일정하게

한다. 전기에는 매회 30 cm씩 7일에 1회 환수하며, 중반기 이후에는 매회 30 cm씩 3~5일에 1회 환수한다.

② 수시로 사육지를 순찰하는데 아침 일찍 또는 해지기 전에 1회, 병어가 있는지, 떠오르는 것은 없는지, 수위, 수색, 냄새, 투명도 등이 어떠한가, 배수문 및 그물에서 빠져나가는 고기가 없는지 순찰해야 한다.

③ 10일마다 체중 성장 상태를 조사해서, 먹이공급 및 관리정보에 의해 먹이공급량을 조절해야 하며, 이상증상 유무를 검사해야 하고, 사육지의 사육량을 추정하여 투약시와 먹이공급시 참고로 한다.

④ 수질을 좋게 유지하면 정상수색은 연한 녹색, 황녹색, 유백색과 갈색을 띄며, 이상수색은 흑녹색, 흑회색, 적색과 간장색을 보인다. 수온은 13℃ 보다는 높아야 하고, 32℃ 보다는 낮아야 하므로 수온이 높을 때는 환수를 많이 하여 온도를 내려야 한다. 염분은 18~22‰, 투명도는 35~40 cm, 용존산소는 5~10 mg/L, 암모니아태 질소는 0.02~0.6 mg/L이어야 한다.

⑤ 어병예방과 치료는 병이 있으면 빨리 치료하고 병이 생기지 않도록 예방한다. 10일마다 비타민을 첨가한다.

일곱째, 혼양시 신중히 복어를 관리해야 한다. 대하는 적정량의 먹이를 공급해야 하는데 매일 2회씩, 전기에는 매회 알테미아 25~30 kg을 공급하고, 중반기 이후에는 배합사료를 매일 6~20 kg을 공급한다. 양식기간 중 대하는 알테미아, 배합사료, 부유생물 및 복어의 먹고 남은 잡어부스러기를 먹는다.

여덟째, 복어는 5개월 반 정도 사육으로 상품크기에 도달하면 서리가 내리기 전에 판매를 완료해야 하며, 온도가 내려가면 복어가 폐사하므로 경제적 손실이 발생한다.

③ 온실 양만장을 이용한 황복양식

온실 양만장을 이용하여 지하수로 온도를 일정하게 유지, 황복양식에 성공하였으며, 양식기술은 비교적 성숙단계에 있고 이미 대규모 양식에 도달하였다.

(1) 사육지 조건

사육지는 큰 지붕안에 정사각형 콘크리트수조로 되어 있으며, 사육지 바닥은 직경 2~3 cm의 자갈을 15 cm로 두껍게 깔다. 지붕은 6 m로 높게 하고, 백색 썬라이트(FRP 지붕)를 이용한다.

사육지 면적은 400 m² 전후로 수심은 1.8 m이다. 사육지 바닥은 깔대기형으로 중간에 오물과 물이 나가는 구멍이 있다. 구멍의 직경은 60 cm로, 철판으로 된 덮개로 싸여 있으며 철판 위에는 직경 0.2 cm 망목의 많은 구멍이 있고 덮개 높이는 2 m이다. 사육지 가까이 양쪽에는 각 1개의 주수관이 있으며 수원은 온도가 25℃인 지하수이다. 각 사육지마다 0.75 kw 공기펌프와 수차식 산소공급기를 1대씩 설치한다.

(2) 종묘방양

사육지는 생석회를 이용하여 200 mg/L (200 ppm) 농도로 소독하는데, 사육지 벽에 생석회 용액을 뿌려 부글부글 끓게 한다. 사용하는 기구들은 사육지에 들어가지 전에 예비 소독한다(먹이대, 오물방출기, 통 등).

5일 후에 깨끗이 세척해서 사육지에 물을 가득 채우고 포기하며, 연속 3회에 걸쳐 사육지의 물을 빼고 다시 새 물을 50cm로 주수한 다음 산소펌프로 포기한다. pH 값은 8 내외, 용존산소는 5 mg/L 이상, 수온은 20~30℃가 되면 종묘를 방양한다.

종묘는 체장이 2.5~3.5 cm, 체중 1~2 g으로 체질이 건강하며, 체색은 인쇄잉크색(油墨色)으로 크기가 고르며 상처가 없고, 기생충 감염이나 질병이 없어야 한다. 방양 사육지의 수온은 종묘 운반 봉지의 수온과 비슷해야 하며, 종묘 운반봉지를 일정시간 사육지내에 띄워 놓은 후 종묘를 방양한다.

육묘장 종묘의 주요 먹이는 윤충류, 지각류(枝角類), 알테미아 등 천연먹이이다. 실지렁이, 새우알맹이죽, 어육죽, 패육죽 등 4종은 복어의 적합한 먹이이다. 이들 사료는 반드시 신선해야 하며, 사용 전에 반드시 엄격히 소독해야 하고, 소독약은 1% 식염용액이나 OTC (5 ppm 농도)를 사용한다.

사육지 4각 가장자리에 먹이대를 각 1개씩(먹이대는 직경이 1 m 원형 철근, 덮개 위에는 45目으로 된 망포), 수면아래 20 cm에 매단다. 신선한 사료를 먹이대 위에 올려 놓는데 먹이공급시간은 5시 20분, 12시, 16시, 20시, 1시로 나누며, 저녁에는 등불을 켜서 먹이를 먹도록 유인한다. 먹이대는 24시간 먹이를 중단하지 않으며, 일간 먹이공급율은 12%이다. 3일 후에는 생사료에 배합사료(뱀장어)를 같이 공급하며, 생사료와 배합사료의 비율은 3:1, 2일 후부터는 3:2, 3일 후에 1:1로 공급한다. 1주일 후에는 완전 배합사료로 전환되게 한다. 사료와 물의 비율은 1:1.5이다.

복어가 점차 성장함에 따라 먹이에 사용되는 물의 비율도 점차 감소하여, 양성시에는 1:1이 되며, 먹이대도 4개에서 1개로 줄인다. 먹이공급시간도 점차 매일 5회에서 초저녁 1회로 하며 수위는 50 cm로 점차 높이고 먹이대는 점차 사육지 바닥으로 넣는다(사료를 바닥에 가라앉힐 때 복어들이 뜨는 먹이를 추격할 때 수차에 부딪히지 않도록 주의해야 한다).

복어의 종묘 방양밀도는 크기가 3~6 cm일 때 20마리/m², 6~10 cm일

때 15마리/m², 10~15 cm일 때 10마리/m², 15 cm 이상일 때 8마리/m²이다. 이 방양밀도에서는 성장이 빠르고, 쉽게 질병이 발생하지 않아 생존율이 95% 이상이다. 예로, 한 양식장에서 1998년 7월 27일 종묘 크기 3 cm를 입식하여 익년 식목일(4월 5일)에 400 g/마리 으로 30%가 상품어로 성장하였다. 수질은 수산용 지침에 적합하였으며, 수온은 25~27℃ 였다.

복어 양식과정 중에 어체가 성장함에 따라 필수적으로 분산시켜 주어야 하며, 분산을 위해 미리 2개 혹은 2개 이상의 사육지를 준비해야 한다. 분산 절차는 그물로 끌기 → 복어 바구니에 건져내기 → 크기별로 선별하기 → 중량 달기 → 운반 → 서둘러 예정된 사육지에 방양한다.

복어는 사나운 성질을 가지고 있어, 사육시 시간이 경과하면서 쉽게 크기차이가 생기며 항상 공식행동이 나타난다. 큰 개체는 작은 개체를 물어뜯으므로 동일한 사육지에는 크기가 서로 비슷해야 한다. 바구니에 잡아 담을 때의 동작은 조용하고, 빠르게 숙련된 동작으로 사육지에 넣은 후 항생제로 약욕하여 질병감염을 예방해야 한다.

(3) 일상관리

첫째, 오물 배수로 오물 배출기(직경 25 cm 원형 철판)를 수직으로 사육지 바닥에서 위쪽으로 세우고, 매회 배수량은 사육수의 1/4씩을 배수하며, 2일에 1회 오물을 제거해 준다. 환수량은 20%로 하고 10일 마다 먹이대 밑과 오물 배출공 주변을 자주 청소해 준다.

둘째, 매월 1회씩 그물을 끌어 크기를 측정(망포 45目で 제작)한다.

셋째, 매월 초순경 치료과정으로 항생제를 투약하며, 생석회 8~10 ppm을 매월 2회 살포하여 살균 약욕한다.

넷째, 항상 25~27℃의 수온을 유지하며, 용존산소는 6 mg/L, 질산태 질소와 암모니아태 질소 농도는 기준치를 초과해서는 안 된다.

(4) 출하

뱀장어와 같이 산소비닐 포장하여 출하가 가능하다. 방법은 사육지의 물 3 L를 주입하고 복어를 봉지에 넣은 후 공기를 충분하게 넣고 고무밴드로 묶는다. 수온은 18~25℃로 한다. 1봉지 당 400~600 g/마리 크기를 5 kg 포장할 수 있고, 12시간까지는 문제가 없다.

4 가두리 양식

가 황복 종묘의 가두리 양식

1994~1996년도에 강소성 조호(漕湖) 수산양식장에서 황복의 가두리 사육시험 연구를 실시하여 수확에 성공하였다.

(1) 가두리 설치장소 선택

황복의 가두리양식장은 수심 3 m 이상이며, 용존산소량은 6 mg/l 이상, 총인량은 0.02~0.8 mg/L, 질산태 질소는 0.8 mg/L, 암모니아태 질소는 2.5 mg/L, 투명도는 35cm 이상, pH는 7.4~8.6으로 오염원이 없어야 하며, 페놀(酚)은 0.05 mg/L 이하, 풍량의 영향이 적고 조류소통이 좋은 수역에 설치해야 한다.

(2) 가두리망 교체와 가두리 오염 청소

종묘생산과정 중에 개체가 성장함에 따라 가두리 망목을 알맞게 교체해 주어야 하며, 해수의 유속, 용존산소량, 조류소통 등 수역의생태가 황복에 적당해야 한다.

종묘생산과정 중에 적합한 망목조합은 자어에서 치어까지는 100망 가두리(5 m×8 m×2 m)에서 가장 좋으며, 종묘기(3 cm 전후)에서는 60망

가두리(5 m×8 m×2.5 m)에서 사육하고, 3 cm 이상에서는 6目 가두리(5 m×8 m×2 m)에서 사육한다. 1년어에서 2년어까지는 1.5 cm 목의 가두리에서 사육하는 것이 좋다.

가두리의 수심은 가두리내의 종묘활동 수층공간 유지를 위해 어체의 성장에 따라 깊어져야 한다. 소형어 군집을 가두리에 넣을 때는 가두리 수심이 0.7 m가 좋고, 중간종묘는 1.4 m, 대형개체군은 2 m 전후가 좋다. 풍랑이나 사육수 변화에 따라 가두리 높이를 조절해야 하며, 가두리 망을 교체할 때는 어체에 상처가 나지 않도록 해야 한다. 또한 정기적으로 청소를 해서 조류소통을 좋게 해야 한다.

(3) 사육밀도 조절

조호(漕湖) 수역조건에서 3 cm 전후 종묘의 최적 방양밀도는 4~5마리/m², 3 cm 이상에서는 2.2~3마리/m²가 최적밀도이며, 그 생존율은 각각 55~86.1%와 92.6%였다.

(4) 사료 공급시간과 공급량 조절

황복 치어를 방양하기 5~7일 전 가두리 안에 매일 노란콩국(필요시 계란 노른자를 더함)을 뿌려 충분한 먹이생물을 만들어 조기먹이로 이용하고, 이후에는 어육을 갈아 만든 것과 보리가루(2~3:1)의 혼합사료를 공급한다.

먹이공급량은 어체중의 10%로, 혼합사료는 가두리내의 먹이대 위에 공급한다. 복어의 섭식량 변화 관찰과 종묘의 성장발육을 분석해서 먹이공급량을 조절한다. 매일 정시에 2회 공급하며, 평균 사료계수는 3~5이다.

(5) 질병예방

양식기간에 정기적으로 어체와 가두리망을 관찰해야 하고 물새, 물쥐의 침입에 의한 피해를 방지해야한다. 황복의 체표에 상처가 없어

야 하며, 가두리 모서리에서 습관적으로 유영하면 체표에 상처를 입게 되고 쉽게 세균과 기생충에 감염된다. 항상 수생균병, 꼬리부식병, 지느러미 부식병, 백점충 등이 있는지 조사해야 하며, 매 10일 간격으로 2~3%의 식염수에 어체를 10분간 침적하여 체표를 소독한다. 병어는 정확히 진단을 내린 후 격리치료한다.

(6) 가두리내의 수생식물의 증식

황복 사육기간 동안 가두리안에 물에서 싹이 나는 갈대 등 수생식물을 넣어주는데 방양면적은 1/10~1/4로 여름철에 온도를 내리는 작용을 하며, 가두리안의 사육수에 암모니아태 질소함량 조절 등의 환경친화적 효과가 있으며, 황복 서식환경을 개선하여 여름철 고수온기에 폐사를 줄일 수 있다.

그밖에 중국수산과학원 저수지(담, 水庫) 어업연구소의 연구원은 1997년에 호북성(湖北省)의 과학위원회 중점항목인 “저수지 황복양식 기술개발 연구”를 수행하였다. 황복은 저수지 가두리양식의 집약화 조건하에서 성장이 양호하여 보통 3개월을 사육하면 종묘 0.5 g이 50 g, 200 g이 400 g 전후로, 생존율은 90% 이상을 보여 저수지 가두리양식은 이미 성공했다고 볼 수 있다. 참고로 가두리에서 황복양식 결과는 표 2-2와 같다.

표 2-2. 가두리에서의 황복 방양과 수확

장소	면적(m ²)	방 양		수 확			
		체중(g)	마리수	체중(g)	마리수	생존율(%)	증중배수
신합(新合)	48	120	50	520	34	68.0	2.93
월강(越江)	60	190	83	700	52	62.6	2.31
청항(靑港)	100	100	261	610	171	65.3	3.81

* 注 : 1999년 방양한 3 cm 복어치어(담수산 복어)

해상가두리에서의 자주복 성장에 따른 일간 사료공급율은 어린시기에는 증가하다가 성장함에 따라 점차 감소하는 경향을 보인다(표 2-3).

표 2-3. 해상가두리에서의 자주복의 어체중에 따른 일간 사료공급율

어체중(g)	일간 사료공급율(%)	어체중(g)	일간 사료공급율(%)
50~100	15~12	350~450	3~1.5
100~150	12~10	400~500	3~2
150~250	10~6	500~600	4~2
250~300	6~4	600~750	5~3
300~350	2~1	700~900	5~3
350~400	3~1.5	800~1,000	4~2

1 월동기술에 미치는 영향과 월동요인 분석

복어 월동기술은 복어양식의 발전을 제약하는 가장 중요한 기술요소이다. 복어의 생리·생태적 지식에 대한 이해가 매우 적고 경험이 없어 수많은 좌절을 겪었으며, 양식과정 중 월동기술의 제반 포인트를 놓 파악하지 못했기 때문에 양식에 실패를 초래하였다.

중국에서 1996년 이전에는 양식어가의 월동 생존율이 일반적으로 20~30%에 불과하였고, 어떤 곳에서는 심지어 전량 폐사하였다. 최근에 와서는 복어 월동기술이 상당히 발전하였다. 예를 들면, 산동성의 일부 생산단위에서는 참복, 하북성의 일부 생산단위에서는 자주복, 상해시 수산연구소에서는 황복에 대한 월동시험에 성공하였다. 우수한 기술을 가진 생산단위에서는 대량 월동시 생존율이 80~85%에 달하고 있고, 일부 생산단위의 월동 생존율은 심지어 85~95%의 수준에 도달하였다.

1998년에 상해시 수산연구소 담수시험장에서 실시한 350 g 전후 황복 월동시험의 생존율은 98%에 달하였으며, 동년 25 g 내외의 생존율은 95%를 초과하였다. 이와 같이 중국에서 황복의 월동기술은 이미 성숙단계에 와 있다.

월동기에 대량폐사가 일어나는 주요 원인은 추위가 엄습하는 시기에 양식어류가 견딜 수 있는 한계 이하로 수온이 떨어지면, 어류가 움직이거나 먹이를 먹지 않으며, 체표기관에 국부적 탈수가 일어난다. 이로 인해 삼투성이 변하여 조직의 괴사를 일으켜 어체가 꼬리지느러미가 딱딱해지고 체표에 수생균이 자라기 때문이다. 수온이 다시 상승한 후에는 이미 국부적으로 동상이나 괴사가 일어난 병어에 병원균이 쉽게 감염되며, 발병하면 균혈증(菌血症)을 형성해서 폐사에 이르게 된다.

최근에 와서 월동기의 대량폐사는 복어를 월동시설(비닐하우스)에 입식하거나 봄철에 월동시설에서 야외사육지로 옮긴 후 2주내에 발생한다. 주요 원인은 잘못된 취급으로 인해 어류가 손상되고, 병균에 감염되어 조직에 괴사가 생기기 때문이다. 국부조직의 괴사는 황복에 대해 전체적인 기능에 영향을 주거나 폐사할 정도에 이르게 하지는 않지만 수온이 다시 상승하면 국부괴사를 지닌 병어는 세균에 쉽게 감염되어 발병하고, 병균이 괴사조직에서 대량 증식함으로써 괴사조직 주변 혈관에 혈액이 침투하여 폐사에 이르게 된다.

따라서 복어의 대량폐사는 항상 이동(운반)후 수일 내에 발생한다. 수온을 잘 조절하여 동상을 방지하고, 어체를 정성껏 취급하여 손상을 방지하며, 관리를 강화하여 좋은 수질을 유지하는 등 종합적인 예방대책을 강구하면 월동 중 생존율을 높일 수 있다.

복어양식 초기에는 주로 가두리 양식을 하였고, 그 후에 점차 못 양식으로 발전했기 때문에 월동 환경조건이나 월동방식의 차이 내지 월동기술 발전 순서의 선후에 따라 월동기술을 가두리 월동, 실내 월동 및 실외 대형하우스 월동의 3종류로 나눌 수 있으며, 아래에 종류별로 서술하고자 한다.

② 월동기 관리 및 월동시설에 입식과 방양시 작업기술

매년 10월 하순에서 11월 상순까지는 양식복어를 월동지에 입식하여 월동하는 시기이며, 4월 중순은 월동 사육한 복어를 월동지에서 야외사육지로 방양하는 시기이다. 월동지에 넣거나 내오기 전후의 환경의 변화 또는 복어가 추운 환경에 반응하는 정도로 인해 각지의 양식장마다 폐사정도에 차이가 있다. 따라서 복어 월동기와 월동지 입·퇴식시의 관리를 철저히 하는 것이 무엇보다 중요하다.

가) 기후환경이 복어에 미치는 영향

10월에 들어서면 기온의 하강속도가 빠르고, 수온도 이에 따라 빠르게 하강하므로 이 시기부터 복어의 입식준비를 철저히 해야 한다. 11월이 되어 수온이 13~15℃로 내려가면, 복어의 활동능력이 떨어지고, 먹이도 잘 먹지 않으며, 일부는 어체가 굳어지고 지느러미에 출혈이 생기며 수생균이 생기는 등의 증상이 발생하는데 이때는 가능하면 빨리 고기를 월동시설로 운반해야 한다.

월동시설에 들어간 후에는 생활환경 변화가 적고 활동범위가 협소해지며, 밀도가 갑자기 증가하므로 개체간에 서로 긴장 압박을 일으켜 어체는 바뀐 환경에 대한 감수 적응력이 극도로 낮아진다. 설상가상으로 개체 상호간의 공격 및 운반으로 인한 어체 손상이 일어나게 된다. 따라서 월동입식 후 2주내에 쉽게 발병하여 폐사하는데 폐사량은 전체 입식량의 10~20%까지 차지한다. 월동 후기관리에 도달한 상황이라면, 이 기간 중(즉 입식 후 2주내)의 폐사가 전체 월동기 사망수의 80%까지도 접하게 된다.

입식 3개월 후 기온이 다시 오르고 월동장 밖의 야외사육지 수온도 이에 따라 빠르게 상승할 때에는 야외사육지 방양준비를 철저히 해야 한다. 4월이 되어 외부의 수온이 올라 14~16℃가 되면 월동장의 수온도 18~20℃로 오르며 복어의 활동능력이 증강되고 섭식활동도 활발하여 먹이량도 많아지고 사육지의 생체부하량이 갈수록 커져 상대적으로 활동공간이 작아진다.

사육수의 암모니아태 질소와 유화물의 함량은 날마다 증가되며 세균번식도 가속화되어 세균의 수 및 종류도 그에 따라 증가하는 등 환경이 갈수록 악화되어 사육수의 관리가 더욱 어려워진다.

봄에는 월동 사육지내의 기온과 수온의 기복이 비교적 크고, 사육

수에 상하 대류가 빈번하게 생기며, 침전한 유기물 즉 분변과 먹이찌꺼기 등이 물의 대류와 함께 위쪽으로 떠서 수질이 극도로 악화되기 쉽다. 또한 지느러미에 충혈과 궤양이 생기거나 물어 뜯겨 손상되는 현상이 날이 갈수록 심각해지며 어병이 쉽게 발생한다. 그렇게 되면 월동지내 양식장 상황의 압력에 쫓겨서 때로는 복어를 급히 밖으로 옮기게 된다. 이때에는 복어의 활동능력이 현저하게 약해지고 섭식도 줄어들며 건강이 나빠지고 면역능력과 환경 반응능력이 떨어져 항병력이 악화되어 갑작스런 환경변화에 적응이 어려워진다. 그렇게 되면 이전부터 지니고 있던 질병과 잡을 때의 마찰로 생긴 피부염증 등으로 인해 보통 10% 전후가 폐사한다.

나 월동 입식 전후와 월동기간 중의 관리대책

첫째, 월동전 사육관리를 강화해야 한다. 영양상태와 체질을 강화하고 입식 전에 반드시 적당량의 비타민 E 와 C 및 항생제를 투여함으로써 어체의 면역력을 증강시켜 병원균의 감염을 예방한다.

둘째, 월동 전에 월동시설에 대한 소독을 철저히 해야 한다. 월동지에 병을 일으키는 균을 깨끗이 소독하여 어체에 접촉하는 병원균과 감염기회를 감소시키며, 맑고 깨끗한 오염되지 않은 소독용수를 주수하는 등 입식 준비를 충분히 한다.

셋째, 월동지에 입식시 수온이 13℃ 아래로 내려가지 않도록 해야 하며, 월동시설 내외의 온도차가 크게 발생하지 않도록 한다. 작업시에는 반드시 세심하게 주의를 기울여 꼭 물과 함께 고기를 취급하며, 손으로 잡는 것을 금하여 어체 손상을 감소시킨다. 어체 운반시 물과의 비율을 1:3~5로 하고, 물 없는 상태로 운반하지 않는다. 어체를 검사하고, 약욕시켜 체표와 아가미에 붙어있는 기생충을 사멸시킴으로써

병원균이 어체에 붙어 월동지로 들어오지 않게 한다.

넷째, 월동밀도를 적절히 조절한다. 크기에 따라 방양밀도를 다르게 하는데, 어체가 크면 밀도를 약간 낮춘다. 일반적으로 667 m² (200평)에 25~60 g의 고기를 3~4만마리 방양하는데, 월동지의 부하능력을 충분히 이용하되 양을 초과하지 않게 하면 월동기간중의 관리가 편하다.

다섯째, 월동기간의 수온은 13~15℃를 유지해야 한다. 월동 중 생존율을 보장하고 월동비를 절감하기 위해서는 투광과 온도상승 및 보온이 되도록 사육시설에 얇은 비닐을 이중으로 씌우고, 열수보일러 및 전열기로 가온한다.

여섯째, 수질관리를 한층 강화하여 수질악화를 방지한다. 지속적으로 관찰하여 수질이 나빠진 것이 발견되면 즉시 환수하며, 환수량은 일반적으로 사육수의 3/4 전후, 많으면 4/5 정도로 한다. 환수 전후의 온도차를 최소화하여야 하는데 일반적으로 1℃를 넘지 않도록 한다. 수질이 악화되면 복어의 생존율이 크게 감소하고 심지어는 전체가 폐사된다.

일곱째, 월동 후 야외사육지로 복어를 옮기기 위해 그물을 끌 때는 어류용 그물망지를 사용하고, 그물안의 어체가 공기 중에 노출되지 않게 한다. 어체가 기포를 들이켜 배를 부풀리거나 산소부족이 일어나지 않게 하며 물 없이 운반하거나 운반 중 손상을 피해야 한다. 야외로 이동 전에 중장기적인 기후상태를 잘 파악하여 한파 등 좋지 못한 날씨가 어체에 영향을 미치지 않게 한다. 야외사육지에 방양 후에는 때를 놓치지 않고 약사료를 공급하여 질병을 예방해야 한다.

㉠ 월동시설에 입식 및 방양시 작업세척

첫째, 그물을 끌 때에는 반드시 맑은 날을 택하여 작업함으로써 동

상을 방지하고 산소 부족 및 기계적 손상을 막는다. 작업은 가볍고 신속히 하고, 어체는 반드시 물과 함께 다룬다.

둘째, 월동기의 최저 수온이 13℃ 아래로 내려가지 않게 하여 섭식 능력을 유지시킨다. 먹이는 섭식상태를 관찰하여 공급하는데 먹이를 남기지 않게 함으로써 수질을 보전한다.

셋째, 환수시 온도차가 1℃를 초과하지 않게 한다. 환수량은 4/5정도로 하며, 맑고 깨끗한 수질은 섭식을 촉진하고 항병력을 높인다.

넷째, 야외사육지로 옮기기 전 1주간은 먹이를 충분히 공급하고 사료에 항생제를 첨가하여 항병력을 증강시킨다. 비닐하우스의 창문을 열어 최대한 통풍을 시켜 실내수온을 떨어뜨림으로써 실내수온과 야외사육지의 수온을 같게 한다.

다섯째, 실내 및 야외사육지의 수온이 15℃ 전후로 안정되고 야간 최저수온이 13℃ 이하로 내려가지 않을 것이 예상되면 야외사육지로 이동해도 된다. 이동을 위해 그물을 끌 때는 산소결핍에 유의하면서 물과 함께 신속하게 야외사육지로 운반하여 작업으로 인한 손상을 최대한 감소시킨다. 그물 작업 후 남은 어체도 재빨리 잡아 물과 함께 옮긴다.

복어의 월동은 위에서 기술한 경험을 잘 살핌과 동시에 어종별로 적수온 이상으로 최저수온을 조절하는 등 각 어종마다 상이한 생리·생태 등 환경적 실제 요구사항을 잘 결합시켜야 한다. 월동밀도를 잘 조절하고 질병의 예방과 치료를 강화하며, 수질을 양호하게 보전한다. 또한 온도·밀도 등을 적시에 조절하는 등 월동환경을 동계 자연 월동환경과 비슷하게 조성해주며, 항상 세심하게 관찰하여 그때 그때의 상황을 잘 파악하고 대처하면 월동에 반드시 성공할 수 있다.

③ 가두리 월동

가 월동 전 준비

복어월동을 위한 가두리의 크기는 다양한데 일반적으로 6 m×6 m×6 m, 8 m×8 m×8 m, 10 m×10 m×8 m 등이 있다. 가두리 망목은 복어의 크기에 따라 결정되는데 어체가 빠져 나가지 못하고 해수의 교환이 좋아야 한다.

복어의 가두리 월동기간은 4~5개월로 길다. 월동기에는 수온이 낮고 장기간 먹이를 먹지 않기 때문에 체력이 약해진다. 월동기에는 가두리망을 교체해서는 안 되며, 어체의 움직임을 줄여 상처가 나는 것과 체력소모를 피해야 한다.

월동 전(수온 15℃ 전후)에 가두리 바닥을 청소해야 하는데, 표면의 부착물을 깨끗이 제거하여 월동기간동안 조류소통이 잘 되고 용존산소를 풍부하게 한다. 월동 전에 가두리, 부자 등 시설을 잘 점검해야 하며 월동기의 어류의 도망, 산소부족, 질병발생 등으로 경제적 손실이 발생하지 않도록 한다.

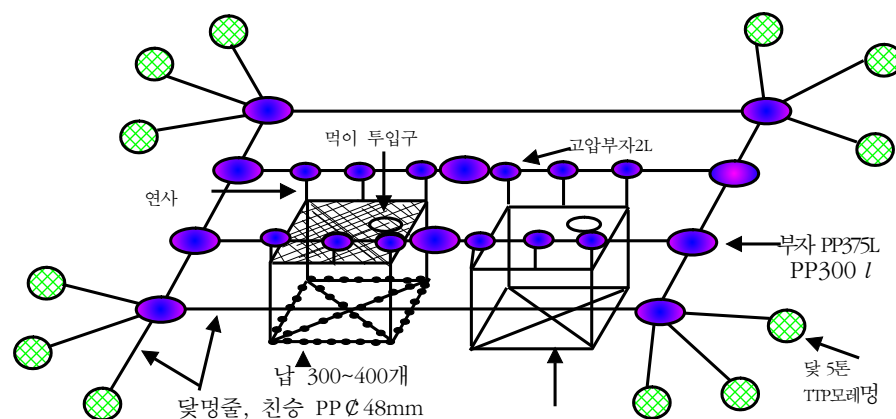


그림 3-1. 중층침하식 가두리 양식장 모식도

㉠ 월동수역

복어의 월동수역은 수심이 비교적 깊고(최소 10~12 m), 풍량이 적으며 수류가 비교적 완만하고 수질이 양호한 수역으로 유속은 10~20 cm/sec, 연간 수온은 10℃ 이하로 내려가지 않아야 한다. 국내에서는 경남 통영, 전남 거문도 일부 지역에서만 해상가두리 월동이 가능하다. 저층부에 어체의 대사물과 먹이 잔유물이 쌓이므로 가두리 월동수역을 일정하게 정하지 못한다. 오염물이 큰 파랑을 만나면 월동해역의 수질이 악화되므로 복어가 중독되어 사망할 수 있다.

복어 월동수역은 일정 수심을 유지해야 하는데 가두리 월동시 표층 수온이 낮으므로 가두리를 수심 8~10 m 이하로 가라앉게 한다.

㉡ 월동 전 사육

월동 전에 복어의 체형은 살을 찌워야만 월동 기간동안 추위에 견딜 수 있으며 생존율을 높일 수 있다. 월동 1개월 전부터 전용사료 또는 복어가 가장 좋아하는 살아있는 갑각류를 먹이로 공급하여 복어를 살이 찌게 만들어 건강하게 월동할 수 있다.

시험결과, 복어는 수온 12℃ 이상에서 먹이를 소량 섭식한다. 따라서 너무 일찍 먹이공급을 중단할 필요는 없으며 정해진 시간과 장소에서 먹이공급이 필요하며, 일간 먹이공급량은 복어섭식 상황을 항상 조사하여 판단하며, 먹이를 연속적으로 먹지 않을 때에는 중지한다.

㉢ 월동방법 및 관리

(1) 종묘 준비

복어의 가두리양식은 수질환경 조건에 적합한 곳에서 침하식 가두

리로 월동을 한다. 축제식양식의 종묘는 가두리 월동 전에 그물로 채 포해서 수송 등 작업과정에서 어체가 쉽게 손상되는데 수송 중에 항생제에 10~15분 정도 약욕한다.

선박의 운반통에 봉지포장이나 활어차로 수송하며 복어와 물의 비율은 1:3~5로 하고 산소를 충분히 공급한다. 또한 직접 통으로 수송할 경우에는 어류와 물의 비율은 1:1로 한다.

월동수역과 양식수역의 염분차이가 없도록 주의해야 하며, 염분차이가 크면 염분에 순치시키고 충분히 산소를 공급해야 한다. 염분차이가 나지 않으면 복어는 가두리에 입식하여 월동한다. 가두리에 종묘 입식 시간은 각 지역별로 차이가 커서 상해지역은 11월 전후로 수온이 안정될 때이며, 수온이 하강하면 복어가 이미 섭식이 적어지기 때문에 월동준비를 해야 한다.

(2) 월동밀도

복어의 가두리 월동밀도는 월동기간의 용존산소량의 제약을 받아 결정된다. 해상가두리 월동구역에서는 기온과 풍량의 영향을 받아 해수는 확실히 대류작용을 형성하는데 표층수와 10 m 전후 수심의 해수 용존산소는 일치하며 월동기간동안 6 mg/L 이상은 되어야 한다. 남방지역은 수온이 비교적 높아 고정식 침하가두리의 월동이 가능하다.

월동기간동안 가두리의 부하(負荷)는 5~7.5 kg/m³ 로 세심하게 관리하면 월동 생존율은 80~90%가 가능하다.

(3) 침하식 가두리 수심

복어의 침하식 가두리 수심은 수온과 용존산소에 따라 결정되는데 해상 침하식 가두리 수심은 8 m 전후로, 침하식 가두리의 바닥은 해저에서 최소한 0.5~1 m는 떨어져야 한다.

(4) 가두리 침하 방법

침하 가두리는 우선 가두리 입구를 그물로 잘 막은 다음, 수평을 유지하면서 가두리 자체가 자연적으로 가라앉도록 한다(그림 3-1).

(5) 월동기 관리

월동기에는 적당한 사료를 공급하는데 복어가 섭식을 하면 공급하며, 먹이공급량은 어체의 섭식상황과 움직임을 파악하여 결정한다. 먹이공급량이 많으면 월동지역의 수질악화가 발생하므로 섭식하지 않을 때는 먹이공급을 중단한다. 어병예방에 신경을 쓰고 월동기의 질병발생을 줄여야 하며, 병어 발견시는 격리하여 치료해야 한다.

(6) 가두리 올리기

복어 가두리 월동을 익년 봄까지 하면 자연수온이 15℃로 될 때 가두리를 점차 수면으로 올려서 정상위치로 조절하여 가두리 덮개를 청소하고 가두리 위의 부착물을 청소한다.

(7) 가두리를 올린 이후의 관리

월동 후 복어는 체력이 약하고 운동능력이 낮아 질병이 쉽게 발생하거나 발생단계에 있으므로 약물로 예방해야 하며 약욕 또는 항생제를 사료에 섞어 공급한다. 병어가 발견되면 즉시 잡아내어 병의 원인을 조사하여 증상에 따라 투약하고 질병발생을 방지해야 한다. 신선한 전용사료나 살아있는 갑각류 먹이를 공급하면 복어의 체력과 항병력을 높일 수 있다. 가두리를 올리고 15~20일 후에 어병이 나타나지 않고 정상섭식을 하면 수온이 상승함에 따라 복어의 섭식량은 증가하며, 이미 월동에 성공했다고 설명할 수 있다. 적절한 지역의 월동은

생존율이 80~90%에 달한다.

예전에 복어 가두리 월동이 초기에 성공하지 못한 주요 원인은

①월동 전에 어체가 이미 동상에 걸려 복어가 건강하지 못하였다.

②월동환경 수온이 매우 낮아 월동기 복어의 체표가 동상이 걸려 세균감염과 발병으로 폐사하였다.

③월동기 관리부실과 기술확립이 안되었다.

④월동후기와 양식초기는 어병 발생으로 사망률이 높았다.

이상의 요소들을 해결하면 복어의 가두리 월동은 가능할 것으로 판단된다.

4 실내 월동

복어의 실내 월동은 연안 종묘배양장의 동계 유휴시설을 이용하는 월동방법이다. 이 방법은 월동비가 비교적 많이 들고 작업관리가 복잡하지만 안전하고 믿을만하다.

1991년 겨울부터 1992년 봄까지 중국과학원 해양연구소는 내주만(荊州灣)의 유휴 대하 종묘배양시설에서 참복을 대상으로 지하해수를 이용하여 자연 월동시험을 실시하였다. 50.2 g의 복어 2,600마리를 방양하여 수온을 12~16℃로 유지하였으며, 생존율은 91.6%, 일간 증중량 0.3~0.4 g의 결과를 얻었다.

1993년 겨울부터 1994년 봄에 산둥성 해양연구소에서는 유산시(乳山市) 수산양식공사의 50 m² 실내콘크리트 수조 6개를 이용하여 참복 월동시험을 실시하였다. 방양시 크기는 93 g이었으며, 5,200마리를 방양하여 수온을 12~13℃로 유지시킨 결과, 생존율은 91%, 일간증중율은 2.6%이었다.

1997년 겨울부터 1998년 봄사이 하북성 수산연구소는 진황도시 창

려현 신개구(秦皇島市 昌黎縣 新開口)에서 대하 종묘배양실 3개동과 지하해수를 이용하여 자주복 월동 생산성시험을 수행하였다. 평균체중 131g의 복어 9만마리를 방양하여 8~10℃에서 월동시킨 결과, 생존율은 95% 이상, 마리당 증중량은 54 g, 지출절약은 19만위안(元), 마리당 평균 경비절감은 2.2위안의 실적을 올렸다.

상해시 수산연구소에서는 시험장의 설비를 이용하여 1996~1998년에 황복 실내월동시험을 실시하였다. 1996년에는 50 g 전후의 생존율은 85% 전후, 1997년에는 300 g 전후의 생존율이 90~95%였다. 단 월동시간이 길고 설비의 이용과 소모가 많으며, 비용이 많이 드는 등 문제가 있어 생산에 어려움이 있었다. 그러나 월동성공 및 기술력 발전으로 인해 복어의 저비용 월동과 양식보급을 위한 발전의 기반을 다졌다.

그 외에 조건이 갖춰진 지방에서는 발전소 냉각수, 공장 폐열, 동굴 및 터널 등을 이용하여 복어월동을 할 수 있다. 특히 발전소 냉각수와 공장 폐열 등을 이용하면 저비용으로 대규모 월동이 가능하다.

가 월동시설의 점검과 소독

대다수의 종묘생산 시설은 봄·가을에 종묘생산을 마친 후에는 가동을 중단한다. 따라서 복어의 월동 전에 먼저 양수기와 주배수 계통, 사육지의 사용가능 여부 및 창문과 지붕의 밀폐상태 등 시설상태를 잘 점검해야 한다. 월동 전후 전체 주배수 계통과 탱크 및 파이프 등을 소독하는데 먼저 30 ppm의 표백분 용액을 주수관에 통과 시킨 후 사육지 벽과 바닥 등에 끌고루 살포한다. 이후 주배수 밸브 및 월동실을 닫고 2일 후에 표백분 용액을 빼낸 후 깨끗한 물로 잘 씻어낸다.

㉠ 월동어 준비

월동 대상이 되는 복어는 주로 야외 축제식 혹은 가두리에서 양식한 큰 어류나 상품 규격에 미달한 성어이다. 복어의 실내입식은 너무 빠르면 관리비용이 많이 들고 너무 늦으면 고기에 동상이 걸리기 쉬울 뿐만 아니라 그물끌기나 운반이 불편하며, 상처의 회복이 느리다. 수온이 12~15℃로 내려가는 때(10월 하순~11월 초순)가 그물을 끌어 복어를 잡아 월동지로 옮기기에 좋은 시기이다.

복어는 상호 공식습성이 있기 때문에 월동지에 입식 전 크기별로 선별하여 각 월동지의 어체 크기를 최대한 균일하게 해야 한다. 방양밀도는 월동조건, 어체크기 등에 따라 큰 차이가 있는데, 환수 조건이 좋고 충분한 설비가 되어 있는 경우라면, 사육수 m²당 5~7kg 정도가 적당하다.

㉡ 일상관리

(1) 사료공급

복어는 월동지 입식 후 수온 12~15℃에서는 어느 정도 섭식능력을 유지하므로 시간에 맞추어 사료를 공급해야 한다. 방양초기에는 복어가 사육지내 정해진 지점 범위내에서 섭식하도록 습관을 들인다.

사료종류는 양식장마다 차이가 크지만 냉동잡어를 주로 사용하는 곳에서는 공급 전에 잡어를 세척하여 물기를 뺀 후 적당한 크기로 절단하여 공급한다. 습사료(모이스트펠렛)를 사용하는 곳에서는 반드시 현장에서 만들어 바로 주어야 하며, 일간 사료공급량은 체중의 0.5~3%로 하되 섭식상태를 잘 관찰하여 공급량을 조절해야 한다.

공급횟수는 매일 매일 먹는 것을 보아가며 1~2회로 한다. 수온 10℃에서는 복어의 섭식량이 현저히 줄며, 8℃에서는 일반적으로 섭식

하지 않으므로 이때는 사료공급을 중지하는 것이 좋다. 먹이를 줄 때는 세심하게 주의를 기울여 가능한 공급한 먹이를 다 먹도록 해야 하며, 먹이를 준 후에는 먹이 찌꺼기를 배출시켜 수질이 악화되지 않게 한다. 반드시 사료에 소량의 비타민 E와 C를 첨가하여 영양성 질병의 발생을 예방해야 한다.

(2) 수질관리

월동 사육수로는 모래여과 해수나 소독처리한 물을 사용하는 것이 가장 좋다. 고밀도 월동 상황에서는 양호한 수질을 유지하는 것이 필수적이다. 수질의 좋고 나빠지는 것은 수원 외에도 환수량 및 포기량이 결정적 요인이 된다.

환수량의 결정은 또한 수온 및 섭식상황과 관련이 있다. 수온이 비교적 높고 복어가 아직 섭식능력이 있어서 사료공급을 할 필요가 있을 때는 일간 환수량을 50% 전후로 하여 연속 포기를 한다. 수온이 낮아서 복어가 섭식을 중지하면 일간 환수량을 10~30%로 낮추고, 간헐적 포기(30분 포기 후 30분 정지)를 한다. 매일 퇴근 전 점검을 강화하여 정전으로 인한 폐사가 일어나지 않도록 한다. 시간에 맞추어 월동지의 분변, 먹이찌꺼기 및 거품, 유기물, 유막을 잘 청소해야 하는데, 먹이공급 1시간 후에 먹이장 부근의 오물을 사이폰으로 배출해서 수질을 양호하게 유지한다.

최근의 새로운 순환여과식 양식장에는 오물 자동배출시설이 되어있어 사이폰을 사용할 필요가 없다. 단, 큰 덩어리의 남은 먹이나 사육수 표층의 피막은 건져내 버려야 한다.

(3) 어병예방 및 치료

복어의 실내 월동시에는 질병이 쉽게 발생하여 생존율을 떨어뜨리

므로 월동기간 중 질병의 예방과 치료가 무엇보다 중요하다. 우선 실내 입식시 1차 약욕을 실시하여 체표 기생충을 구제하고 동상이 걸린 개체에 세균이나 수생균의 감염을 막아야 한다.

월동기간 중에는 10~15일마다 항균제로 1~3회 약욕시키든지 15~20일마다 항균제를 첨가한 약사료를 5일간 연속 공급한다. 이미 병이든 복어는 즉시 건져내어 격리 치료해야 질병의 만연을 방지할 수 있다. 월동기간에는 반드시 고기의 유영상태, 체색변화, 지느러미의 상태, 체표와 아가미의 기생충 유무 등을 상세히 관찰함으로써 질병을 조기에 발견하여 적시에 치료할 수 있다.

(4) 수온조절

월동과정 중에는 수온의 변화를 항상 관측하고 일기예보에 유의하여 가온시설이 제때에 가동되도록 추위가 오기 전에 철저한 준비를 하여야 한다. 실내 수온이 10℃로 내려가면 반드시 가온을 하여 12℃ 전후로 수온을 높이며 수온의 변화 폭이 1~2℃범위 내를 유지하도록 조절한다.

(5) 정기적인 환수 및 월동환경의 유지

환수를 하면 수중의 암모니아태 질소와 질산태 질소 등의 대사노폐물 및 병원균이 감소되어 수질환경이 개선된다. 주기적으로 환수를 하고 철저한 소독을 함으로써 유해 미생물과 기생충을 없애 질병 발생 가능성을 현저히 낮출 수 있다.

환수시는 모든 사육지를 동시에 하지 말고 하나씩 건너서 환수하는 것이 작업강도를 줄이고 어체 손상을 방지하는데 좋다.

㉠ 월동비용 절감조치

월동비용 절감은 에너지 절약, 폐사율 감소 등의 다양한 면을 고려해야하며 구체적으로는 열에너지 및 전기에너지 절약, 사육수 사용량 절감 및 생존율 향상 등이 된다.

(1) 에너지 절약

공장 폐열, 발전소 냉각수, 지열수 등의 열 자원을 사용하여 양식장의 열에너지 투입량을 감소시킨다. 보온조치를 강화하여 월동지의 열발산을 감소시키며 수온을 12℃ 내외로 조절한다.

(2) 전기사용량 절약

사육수의 용존산소는 6 mg/L까지 올라가지만 복어는 3 mg/L에서도 정상섭식과 운동을 하여 산소결핍 증세를 나타내지 않는다. 그러므로 산소 측정장치를 통과함으로써 포기 및 정지 시간비를 조정하여 전기사용량을 절약 할 수 있다.

자주복 실내 월동시에는 포기 1시간, 정지 3시간의 간헐적 포기방식을 사용하며 안전한 월동과 동시 포기용 전기의 3/4을 절약한다. 그 외 환수 횟수 및 환수량의 감소를 통해서도 전기 사용량을 줄일 수 있다.

(3) 사육수 절약

일반적으로 환수를 위한 물빼기는 한달에 1회 한다. 가장 좋은 방법은 옆 수조에 있는 물로 환수하는 것이다. 원래 사육지 상층수의 1/3~1/2을 사이폰을 사용하여 소독된 사육수조로 주수함과 동시에 수조의 물을 배수하고, 그 후에 수온과 염분을 조절한다. 이렇게 하면

환수도 되면서 어체의 정상 섭식에는 영향을 주지 않는다. 일반적으로 매일 1~2회 사이폰하여 분변과 먹이찌꺼기 등을 밖으로 배출하고 주 1회 사육수를 보충하는데 환수량은 1/5~1/4 정도로 한다. 이렇게 하면 환수 주기를 연장하여 전기 및 용수량을 절약할 수 있다.

(4) 해수 및 염분용량의 절약

복어의 적정 염분 범위는 자주복 5~35‰, 황복 0~20‰이다. 그러므로 복어가 월동환경에 적응한 후 매 환수시마다 염분을 5‰ 전후씩 점차 감소시켜 8‰ 전후(자주복)까지 내림으로써 해수 및 염분용량을 절약할 수 있다.

(5) 질병 감소 및 생존율 향상

월동기간 중 매월 1회 약물처리를 하여 질병발생을 예방하고 병어는 발견 즉시 격리 치료한다. 온도, 염분, 밀도, 수질, 용존산소 등 제반요소를 복어의 월동환경에 맞도록 조절하면 질병발생을 최소화하고 건강하게 정상적인 월동을 시킬 수 있다.

월동비용 절감의 관건은 생존율을 향상시키므로 월동은 반드시 생존율 향상이라는 전제하에 진행되어야 한다.

실내월동은 조건을 조절하기 쉽고 지역이나 동계 기후조건의 제약을 받지 않으므로 남쪽이나 북쪽지방에 모두 적합한 월동방법이다. 단 월동비용이 높고, 위에 기술한 양식상의 제약이 있기 때문에 조건이 구비된 지방에서만 적용할 수 있다.

⑤ 실외 대형 비닐하우스 월동

가 대형 하우스 월동 요건

비닐하우스 양식은 반드시 교통이 편리하고, 사육수가 풍부하며 수질이 양호한 지역에 시설해야 한다. 월동지의 보온보수(保溫保水)가 편하도록 지형이 낮아야 하며, 모양은 장방형으로 하고 남향으로 지어 채광이 충분하도록 해야 한다. 월동지의 북쪽에는 바람막이 시설물을 설치하여 동계 북풍과 한파의 내습을 막는다.

양식장의 바닥은 삼합토(三合土 : 白灰, 細紗, 粘土) 또는 직접 파낸 진흙바닥을 그대로 한다. 독은 생석회로 소독처리하고 독의 경사는 1:1.3이 되게 한다. 하우스는 아치형으로 하는데, 철근이나 대나무로 기둥을 하고 비닐을 씌운 다음 그 위에 그물망이나 차광막을 덧씌우고 철사나 끈으로 고정시킨다. 하우스 양쪽 끝에는 각 1개씩의 통풍문을 내어 고온시 온도조절을 편리하게 한다.

하우스는 남쪽과 북쪽에 가온보일러를 1대씩 설치하고 양식장 바닥에 가온관을 깔다. 동시에 반드시 환수 조절용 예비못(調配池)을 셋트로 갖추고 배관을 잘 하여 환수시 사용을 편리하게 한다.

나 월동지 청소·정리

복어의 월동기간은 매우 길어서 3~5개월에 달한다. 만약 못바닥에 오물이 쌓여 수질이 악화되면 질병이 쉽게 발생하여 월동에 심각한 영향을 주므로 월동 전에는 반드시 청소와 소독을 철저히 해야 한다. 먼저 못 바닥의 펄을 깨끗이 긁어내고 햇볕에 잘 말린 후 20 mg/L의 표백분 용액으로 세척한 후 3일 후에 물을 모두 빼고 새 물을 주수한

다. 그리고 가온시설의 배관이 잘 통하는지, 가온시설이 정상적으로 작동하는지를 검사한다.

㉠ 월동지 주수

복어 월동지의 용수는 반드시 모래여과 해수나 소독처리수를 사용하는 것이 좋다. 복어 월동 3~5일 전 월동지에 물을 가득 채우고 복어가 중독되거나 의외의 상황이 발생하는지의 여부를 시험한다. 또한 주수시에는 염분을 야외 사육지보다 약간 높게 조절한다.

㉡ 월동 전 사육 강화

복어는 월동기간 중 장기간 절식하거나 소식하여 체력이 현저히 저하되므로 월동 전에 체내에 지방을 충분히 축적시켜 체력을 보강하여 야만 월동시 생존율을 높일 수 있다. 따라서 월동전에 반드시 사료 공급을 강화해야 하며, 특히 양식후기에 수온이 내려가 섭식이 감소하는 단계에서 사료 공급을 정지해서는 절대 안 된다.

축제식 양성시 복어는 통상 16℃ 전후에서 섭식이 현저히 감소되며, 12℃ 전후에서 대부분 섭식을 정지한다. 그러나 일부는 여전히 섭식을 하므로 먹이공급을 중지하지 말고 정해진 시간과 장소에 먹이를 주어야 하며, 모든 복어가 섭식을 완전히 중지한 후에야 사료 공급을 중지한다.

㉢ 선별

그물을 끌어 월동지에 입식할 때는 어체를 크기별로 선별한다. 선

별시에는 먼저 연령별로 나누고 그 다음 같은 연령군에서 크기별로 나눈다. 월동지가 충분하다면 크기가 일정하게 선별하는 것이 좋다.

당년어는 가급적 150 g 이상, 100~150 g, 50~100 g, 25~50 g, 25 g 이하의 5단계로 분류한다. 2년어는 200 g 이하, 200~300 g, 350 g의 세 가지 규격으로 나눈다. 선별할 때는 신속하게 해야 하며 옮길 때 밀도가 높지 않도록 고기와 물의 비를 1:2~3으로 한다.

④ 바 체표 소독

복어의 월동전에는 반드시 약욕을 해서 체표의 병원균과 기생충을 완전히 구제함과 동시에 그물끌기나 선별시 생긴 상처에 세균이 감염되는 것을 예방한다. 보통 항생제나 4%의 식염용액에 10분간 포기하면서 약욕시킨다. 월동전기의 폐사량이 전체 월동 중 폐사량의 40~90%를 차지하기 때문에 체표소독이 대단히 중요하다.

④ 사 월동밀도

복어의 월동밀도는 대상어종 및 크기를 감안하여 결정한다. 월동밀도는 일반적으로 사육수 톤당 3.5~5 kg으로 한다. 구체적인 밀도는 어종, 규격 및 월동기술 정도와 관계가 있으며, 기술과 경험이 풍부하면 월동밀도를 적당히 높일 수 있다.

고밀도의 생산성 규모화 월동에서는 체중 50 g 전후의 복어를 사육수 톤당 90마리, 체중 100 g 전후는 70마리, 체중 200 g 전후는 40마리, 300 g 전후는 25마리까지 방양한다.

아 월동관리

(1) 해적생물의 구제

그물작업이나 운반중의 기계적 손상과 초기에 환경 부적응으로 인해 월동전기에 폐사가 생기면 새들이 몰려와 죽은 복어는 물론 산 것도 공격한다. 쥐나 물뱀이 못가에서 못 주위에 유영하는 복어를 물어서 끌어내며 심지어는 사육지에 까지 들어가서 공격한다. 매일 밤 수십 마리씩 심할 때는 수백 마리까지 피해를 본다. 따라서 이러한 해적생물을 구제하여 월동 중 피해가 없도록 해야 한다.

(2) 일상점검과 측정

일상적인 점검 및 측정 규칙을 잘 만들어 매일 정해진 시간에 월동지의 수온, 용존산소 및 폐사수량을 기록하고 정기적으로 암모니아와 pH의 변화를 조사한다. 점검·측정 결과를 잘 분석하여 적시에 가온, 투약, 환수 등 제반 월동작업의 지침으로 삼는다.

(3) 가온 및 보온 작업

하우스 지붕의 서리와 눈을 즉시 제거하여 투광율을 높여 보온을 하며, 폭설시에는 지붕의 안전상태를 수시로 점검하고 사고발생시 복어의 이송대책을 강구한다. 또한 한파 엄습시에는 보일러를 가동하여 수온을 12~15℃로 유지한다.

(4) 사료공급을 조절 및 수질 유지

월동기간이 길기 때문에 일정량의 사료공급은 복어의 영양과 체질을 강화시키고 어느 정도의 성장을 보장하는 동시에 질병 저항력과

저온에 대한 내성을 높인다. 단 사료를 지나치게 많이 먹여 수질이 악화되지 않도록 해야 한다. 고기의 행동이 비정상적인 것이 관찰되면 즉시 투약하여 예방한다. 간헐적으로 포기하면 용존산소는 충분하다. 실례로 월동지의 포기와 정지 시간비를 1:2~4시간으로 하면 산소 요구량이 충족되어 복어가 입을림 없이 정상적으로 활동한다. 단 월동지마다 산소용해율이나 방양밀도, 어체크기 등에 차이가 있기 때문에 포기와 정지의 적정 시간비율도 일률적으로 고정할 수는 없기 때문에 각 월동지의 구체적인 상황을 감안하여 잘 조절할 필요가 있다.

(5) 환수

복어의 월동기간 중에는 일반적으로 1개월에 1회 환수하며, 환수량은 3/4 전후로 한다. 환수기준은 복어의 섭식이 현저하게 감소하거나 섭식활동이 둔화되지 않는 정도로 한다.

(6) 관리강화

월동기간 중 반드시 관리계획을 잘 세워 수온과 용존산소 조절을 엄격히 하고 정전으로 인한 피해가 없도록 해야 한다. 동시에 대량월동용 비닐하우스는 면적이 크기 때문에 관리가 쉽지 않으므로 도난방지에도 특별히 신경을 써야 한다.

⑥ 성공사례

중국 하북성 당해현(河北省 唐海縣)의 팔리탄(八里灘) 양식장에서 대형비닐하우스 월동기술을 응용하여 자주복의 월동을 실시하였다. 양식장 바닥이 삼합토(三合土)로 된 하우스에서 보온, 먹이공급 및 수질 관리, 질병예방 등 관리를 강화한 결과, 자주복 1년생의 고밀도 월동

생존율이 98%에 달하였고, 월동 종료시에 평균중량이 105 g에서 124 g으로 성장한 복어를 15만마리 수확하였다. 1996년에 다시 월동을 시켜 15,000 kg의 자주복을 양성하여 대부분을 일본에 수출하였다.

상해시 수산연구소 담수시험장에서는 300 g 전후의 황복 2,000마리를 바닥이 흙으로 된 200 m² (60평) 하우스에서 5개월간 월동시켜 100%의 생존율을 올렸다. 하우스 월동은 높은 기술을 필요로 하지 않고 월동비가 상대적으로 저렴하므로 각 양식단위에서 적용하기에 적합하다. 하우스 월동기술의 성공으로 복어의 대규모 양식을 위한 기술적 확립과 복어양식 어업발전의 기반을 조성하였다.

① 종묘생산기간 중 질병 예방

종묘생산 못은 사용전에 사육지 벽면, 바닥을 깨끗이 청소하고 소독제를 사용하여 충분히 침적시켜 소독하고, 15 ppm의 표백분으로 종묘생산 용수를 깨끗이 소독처리한다.

종묘생산 과정에서 사란(死卵) 및 죽은 종묘와 사료 잔유물은 즉시 제거한다. 또한 환수를 자주하고 용존산소를 충분하게 하며 수질이 안정되어야 한다. 종묘생산시 사용하는 알테미아 난은 원생동물, 세균 및 기타 병원체의 유입을 피하기 위하여 반드시 약 30분간 소독하고 충분히 세척한 후 부화를 시킨다.

종묘생산기간 중 공급하는 먹이생물은 2~3 ppm의 항생제에 15~20분간 약욕 후 여과수로 세척하여 공급한다. 종묘생산 기간 중 다른 사육지로 수송하는 과정에서 어체의 병원감염을 방지하기 위해 수중에 2~3 ppm의 항생제로 약욕한다.

② 종묘 사육과 성어 양식기간 중 질병 예방**가 양어지 청소 및 정비**

양어장은 연속적으로 사용할 경우 양식장 바닥에 남은 먹이, 분변, 오니 등이 많이 쌓여 부패되는 등 병원균 발생의 온상이 되며, 분해산물로 메탄(CH_4), 암모니아, 황화수소(H_2S) 등 유독가스가 생성되고 이들이 산소를 대량으로 소모하여 어체의 건강에 크게 해를 끼친다. 그러므로 종묘방양 전에 축제식 양식장에 있는 많은 양의 유기물을 청소하여 제거해야만 병원균 발생을 줄이고 양식 수질환경을 개선할 수 있다.

㉠ 양어지 소독

종묘입식 전 축제식 양식장은 약물소독을 해야 하는데 일반적으로 사용하는 방법은 생석회 단독 소독과 생석회와 표백분 혼합 소독 2가지가 있다.

(1) 생석회 소독

생석회 양은 수심이 10 cm로 낮을 때에는 ha당 1,050~1,200 kg, 수심이 0.5~1 m 일 때에는 ha당 7,950~2,250 kg을 사용하며 약효기간은 7~10일이다.

(2) 생석회와 표백분 혼합소독

일반적으로 축제식 양식장의 수심이 1m 전후일 때 ha당 생석회는 1,050~1,200 kg, 표백분은 75~105 kg을 혼합하여 사용한다. 이러한 방법은 축제식 양식장 바닥 펄의 pH 값을 12 이상으로 변화시켜 유기물의 분해를 빠르게 하고 다수의 수생동물 뿐만 아니라 조류(藻類) 등에 사멸작용을 한다. 소독 7~8일 후에는 부유생물이 확실히 잘 증식되며, 종묘사육에 유리하다.

㉡ 품질좋은 사료에 의한 항균력 제고

복어는 냉동잡어, 선어, 대하 등을 먹이로 공급하여 양식하기도 하는데 이때 공급된 먹이에 어류병원체가 유입될 가능성이 있다. 특히 사료가 약간만 변질되어도 세균이 대량으로 번식해서 어류가 섭식했을 때 질병에 걸릴 확률이 높기 때문에 부패 변질된 잡어나 새우를 공급해서는 안 된다.

배합사료를 만들 때에도 복어의 성장요구에 적합하도록 해야 하며,

면역력을 증강하고 질병발생을 줄이기 위해 조단백질, 조지방, 칼슘, 비타민 등 각종 미량원소가 적절히 배합되도록 해야 한다.

라) 수질관리 강화

수질과 복어의 건강은 밀접한 관계가 있으므로 아래와 같이 수질관리를 강화해야 한다.

(1) 적정 방양밀도 조절

방양밀도가 높으면 사육수의 자정능력을 초과하여 용존산소량이 낮아지면서 수질이 악화되어 어류를 폐사시킨다.

(2) 적정 환수량

수온변화와 어체의 성장에 따라 적시에 환수량을 조절해야 하며 사육수의 수질을 개선한다. 일반적으로 매주기마다 10~30 cm를 환수하며, 수심은 항상 1.5~2 m를 유지한다.

(3) 정기적인 약욕으로 질병 예방

질병발생을 예방하기 위해서는 10~15일 간격으로 생석회를 1회 살포하는데, ha당 225~375 g이다. 10~15일마다 항생제에 의한 치료과정을 거치는데 항생제 사용량은 사료 1 kg에 0.1~0.2 g을 섞어 3~5일간 연속 투약한다.

③ 월동기의 질병피해 예방

월동기간동안 복어의 양식밀도, 수온, 수질환경 조건은 평상시에 비

해 크게 변화하는데 월동을 위해 복어를 잡아낼 때 물리적 손상을 입을 경우 쉽게 질병에 감염된다. 따라서 예방작업이 중요하다.

종묘를 양식장에 입식하기 전에 바닥 청소와 소독을 해야 하며, 전 사육지에 염소를 살포하여 소독하고 복어를 사육지에 수용할 때 항생제로 30분 정도 약욕한다. 어체의 소독은 10일 전후 간격으로 실시하는데(약품과 약제량은 양성기간과 동일) 한번에 3~5일간 치료한다.

- 강희웅, 2005. 민물고기 양식기술 교육 III. 황복의 종묘생산 및 양성. 경기도민물고기연구소, 42~66.
- 강희웅 · 강덕영 · 조기채 · 이진호 · 박광재 · 김종화, 2004. 황복, *Takifugu obscurus*의 초기발달동안 성장 및 생존에 있어 먹이와 염분의 효과. 한국양식학회지, 17 : 221~227.
- 김도영, 2003. 자연산 황복(*Takifugu obscurus*)과 양식산 황복의 체성분 및 Tetrodotoxin 독성비교. 석사학위논문, 군산대학교 대학원. 39 pp.
- 김동우 · 한경남 · 임양재, 2003. 황복, *Takifugu obscurus*의 초기성장과 이석의 미세구조. 한국해양학회지, 8 : 237~242.
- 김인배, 2003. 내수면 양식기술 교육 III. 환경친화적 순환여과 양식. 청평내수면 연구소, 37~90.
- 김응오 · 최낙중 · 이진호 · 강희웅 · 조영록 · 김종화, 친환경적 양식기술개발. I. 서해안 특산어류 양식기술 개발. 국립수산물과학원 사업보고서, 443~468.
- 군산지방해양수산청, 2004. 경쟁력 있는 새로운 양식 기술개발보급(황복 해상가두리 양식). 2003년도 수산물기술보급사업보고서, 8~13.
- 농림수산부, 1997. 황복 종묘 대량생산 및 증·양식 기술개발. 농림수산특정연구보고서, 258 pp.
- 박인석 · 김형선 · 김은실 · 김정혜 · 박철원, 1997. 황복, *Takifugu obscurus* (Teleostomi : Tetraodontiformes)의 세포유전학적 연구. 한수지, 30(3) : 408~412.
- 박성우 · 최현민 · 유진하, 2004. 해수 양식 황복의 백점증 (*Cryptocaryon irritans*) 감염. 한국어병학회지, 17 : 99~103.
- 박 훈 · 한경남 · 김형선, 1999. 황복 *Takifugu obscurus* 자치어를 이용한 침출수 단기독성 연구. 한국해양학회지, 4 : 298~304.

- 방종득, 2001. 해산어 담수양식 세미나 VI. 담수양식 해산어의 질병방제 연구. 청평내수면연구소, 111~122.
- 이복규 · 허만규 · 김양우 · 최주수 · 김병기, 2004. 수온이 황복(*Takifugu obscurus*) 치어의 성장과 혈액학적 반응에 미치는 영향. 한국어류학회지, 16 : 27~33.
- 이완옥, 1993. 한국산 참복과(복어목) 어류의 계통분류학적 연구. 박사학위 논문, 전북대학교 대학원. 171 pp.
- 이정열 · 김덕배, 2005. 급격한 염분변화에 따른 황복의 산소소비와 질소배설. 한국양식학회지, 18 : 45~51.
- 윤길하, 2001. 해산어 담수양식 세미나 V. 해산어의 담수양식 기술과 전망. 청평내수면연구소, 89~110.
- 전중균 · 유재명, 1995. 한국산 복어의 독성, I. 황복의 부위별 독성. 한수지, 28 : 137~140.
- 장선일, 1996. 인간의 태반성 성선자극호르몬 또는 성선자극호르몬-방출호르몬 Pimozide에 의한 황복의 배란유도. 한국양식학회지, 9 : 3~10.
- 장선일 · 강희웅 · 한형균, 1996. 황복의 난발생과 자치어 발달. 한국양식학회지, 9 : 11~18.
- 장영진 · 임한규 · 장윤정 · 김형선, 1999. 황복(*Takifugu obscurus*) 정자의 냉동보존 및 해동정자의 수정능력. 한국양식학회지, 12 : 1~5.
- 장후천 · 박종운 · 김종화, 2003. 복어가 지니는 독성의 생성원인에 관한 연구. 한국수산해양교육학회, 15 : 67~80.
- 해양수산부, 1999. 1999년도 우수 수산기술 보급사례. 황복 담수순치 양식. 75~84.
- 해양수산부, 1998. 황복종묘생산. 47 pp.
- 해양수산부, 2002. 수산양식생물 질병도감. 해양수산부. 222 pp.
- 陽淸發, 2002. 河豚養殖与利用. 金盾出版社, 200 pp.

-
- 楊州·華元渝, 2004. 鹽度對暗紋東方魷胚胎發育的影向. 齊魯漁業, 21(9) : 3~5.
- 楊州·華元渝, 2002. 集約化養殖條件下暗紋東防魷生長特征的研究. 齊魯漁業, 19(3) : 11~13.
- 楊州·華元渝, 2003. 集約化養殖條件下暗紋東防魷行動習性初步觀察. 齊魯漁業, 20(3) : 22~24.
- Bing. X. W. and J. Xie, 2001. The conversion rate of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ by nitrifying bacteria in filtering troughs of *Takifugu obscurus*. Jour. of Shanghai Fisheries Uni, 10(4) : 303~306.
- Chen. Y., Y. Chen and Z. Liu, 1999. Artificial reproduction on *Takifugu obscurus*. Jour. of Lake Sciences, 11(2) : 129~134.
- Chen. Y., Y. Chen, Z. Liu, H. Liu and C. Li, 1999. Culturing techniques of *Takifugu obscurus* in greenhouse and analysis of economic profit. Transactions of Oceanology and Limnology, 1 : 51~55.
- Choi. S. D., S. Y. Hong and K. J. Park, 1998. Two species of Parasitic Copepods (*Clavelloopsis hugu* and *Taeniocanthus yamagutii*) from the Cultured Marine Fish, *Takifugu obscurus*, from the Western Coast of korea. J. Fish Pathol., 11 : 119~127.
- Hiroyuki. H, 1997. Influence of the tank color, light intensity and rearing density on the growth and the shape of caudal fin in juvenile tiger puffer *Takifugu rubripes*. Nippon Suisan Gakkaishi, 63 : 734~738.
- Hua. Y., Y. Chen, Y. Hu, L. Qian, Z. Yang, S. Zhang, B. Cai and Y. Qian, 1996. A study on the sexual identification of *Takifugu obscurus* in reproduction period. Jour. of Fisheries of China, 20(3) : 209~215.

- Jiang. R. L., C. W. Zhang, Y. K. Ding, C. B. Chen and M. F. Li, 2000. Artificial propagation of nontoxic *Takifugu obscurus* cultured in pond. Jour. of Fisheries of China, 24(6) : 539-543
- Kim W. S., J. K. Jeon, S. H. Lee and H. T. Huh, 1996. Effects of pentachlorophenol (PCP) on the oxygen consumption rate of the river puffer fish *Takifugu obscurus*. Mar Ecol Prog Ser, 143 : 9~14.
- Kim W. S., J. M. Kim, S. K. Yi and H. T. Huh, 1997. Endogenous circadian rhythm in the river puffer fish *Takifugu obscurus*. Mar Ecol Prog Ser, 153 : 293~298.
- Ohgami, H. and Y. Suzuki, 1982. The Influence of rearing condition on survival and cannibalism on fingerlings of tiger puffer (*Takifugu rubripes* T. et S.). Bull. Shizouka Pref. Fish. Exp. Station, 16 : 79~85
- Toshio. S, J. Maruyama, S. Kanoh, J. G. Jean, T. Noguchi, T. Harada, O. Murata and K. Hashimoto, 1984. Toxicity of the cultured pufferfish *Fugu rubripes* along with their resistibility against tetrodotoxin. Bul. of the Jap. Soc. of Scientific Fisheries, 50 : 1573-1575.
- Yan. M, Z. Li and B. Xiong, 2005. Preliminary results osmolality response of pufferfish *Takifugu obscurus* to sudden salinity change. J. Appl. Ichthyol., 21 : 156~159.
- Yang. Z. and Y. Hua, 2002. Preliminary analysis of feeding and food selectivity of *Takifugu obscurus* in culture. Transactions of Oceanology and Limnology, 3 : 53~57.
- Yang. Z and J. Yang, 2003. Optimum protein requirement of juvenile

Takifugu obscurus. Jour. of Fisheries of China, 27(5) : 450~455.

Zhou, Y and Y. Chen, 2005. Effect of temperature on incubation period and hatching success of obscure puffer *Takifugu obscurus* (Abe) eggs. Aquaculture, 246 : 173~179.

<http://garden.2118.com.cn/xiyr/yzjs/dft02.htm>

<http://www.zjfishery.com/show.asp?>

<http://www.00968.com/12345/s1/1/fish/content.php?>

<http://www.sdscsj.com/jishu/readnewslook.asp?>

<http://ennew.cappma.com/jishu/readnewslook.asp?>

<http://www.00968.com/12345/s3/fish/s321/401.htm>

목차별 담당자

제 목	담당자	연락처
제 1장 서론 제 2장 생물학적 특성 제 3장 인공 종묘생산 제 4장 조기 종묘생산 제 5장 양식방법 제 6장 영양요구와 사료 제 7장 영양과 종합이용 <중국의 복어양식 사례> 제 1장 인공 종묘생산 제 2장 양식방법 제 4장 질병 예방	국립수산과학원 서해수산연구소 수산학박사 강희웅	hwgang@nfrdi.re.kr 032-745-0561
제 8장 질병과 치료 대책	국립수산과학원 서해수산연구소 이학박사 이진호	jinho@nfrdi.re.kr 032-745-0560
<중국의 복어양식 사례> 제 3장 월동기술	국립수산과학원 양식사료연구센터 수산학박사 이종윤	leejy@nfrdi.re.kr 054-232-5433

황복양식 매뉴얼

2006년 4월 인쇄

2006년 4월 발행

발행인 : 국립수산과학원 서해수산연구소장

편집인 : 양식연구팀장 조기채, 이학박사 박영제

집필진 : 강희웅, 이진호, 이종윤

발행처 : 국립수산과학원 서해수산연구소

인천광역시 중구 을왕동 707번지

전 화 : (032) 745-0561
