

먹이생물 시리즈 IX.

동물 먹이생물로서 담수산 물벼룩류

정민민¹ · 노 섬²

¹국립수산진흥원, ²제주대학교



정민민, 수산연구사
국립수산진흥원 남해수산연구소 증식과
Tel) 061-690-8981
Fax) 061-685-9073
E-mail) jungminmin@nfrda.re.kr

이번 호에서는 200년 전부터 오늘까지 주로 담수어 양식 과정에서 어린 자치어의 동물 먹이생물로 이용되어 온 담수산 물벼룩류에 대하여 기술한다.

1. 물벼룩류란?

담수역에 서식하는 물벼룩류의 동물 플랑크톤을 우리들은 흔히 물벼룩이라고 통칭하지만 정확하게 다시 이야기한다면, 담수 수계에서 우리들이 접할 수 있는 물벼룩은 다양한 종이 있기 때문에 물벼룩류라고 하여야 할 것이다. 한편, 물벼룩류는 지각류, 기각류, 미진고 등의 다양한 이름으로 불리워지고 있는데, 지각류 또는 기각류 라고 부르는 것은 한자명에서 유래한 것이며, 미진고는 일본명을 그대로 사용한 경우이다. 우리나라 말의 물벼룩이라는 것은 물(수계)에 사는 벼룩 같이 매우 작은 생물이라는 의미로 이름이 붙여졌으며, 일본명의 미진고 라는 의미도 물속에 있는 아주 작은 먼지라는 뜻으로, 일반인들이 흔히 웅덩이나 호수의 물을 떠서 육안으로 비교적 쉽게 관찰할 수 있는 생물(플랑크톤)중 가장 작은 종류에 속한다는 의미를 공통적으로 내포하고 있다.

물벼룩류는 분류학적으로는 Branchiopoda(새각아강), Cladocera(기각목 또는 지각목이라고도 한다)로

크게 구분될 수 있는데, 1964년 정리된 보고서에 의하면 8과 30속 76종의 물벼룩류가 있는 것으로 알려져 있다 (미즈노 등, 1991).

물벼룩류에 관한 연구는 다양한 분야에서 매우 오래전 부터 활발하게 이루어졌는데, 그 이유는 하천, 호수, 댐은 물론 인간의 생활권내의 작은 웅덩이에서도 쉽게 관찰, 채집 가능하기 때문이다. 이와같이 어디서나 볼 수 있는 물벼룩류는 현대나 온대 그리고 열대 지역 구분 없이 그리고 습지와 같이 물이 풍부하지 않은 지역, 고산 지역의 호수와 같이 해발 고도가 높은 지역에서도 관찰, 채집되고 있다. 심지어는 담수역에서 유래된 것으로 추정되는 물벼룩이 기수역에서도 발견되고 해수 고유종도 수종 보고되고 있을 정도로 광범위하게 분포한다.

2. 동물 먹이생물로 이용되고 있는 담수산 물벼룩류

담수 양식 어종 다변화로 담수 양식업 활성화를 목적으로 하고 있는 최근의 담수어류 양식은 과거 잉어, 붕어와 같은 어종에서 탈피하여 메기, 쏘가리, 뽕가사리, 은어 등과 같은 다양한 어종의 종묘 생산이 이루어지고 있다. 이에 따라 담수어의 양식 과정에서 필요

한 동물 먹이생물로서 부화된 자어의 초기 먹이생물로 담수산 물벼룩에 관한 연구가 최근 다시 활발하게 이루어지고 있다.

표 1은 현재 전세계적으로 담수어 (일부 해산어의 먹이로도 이용)의 종묘 생산 과정에서 먹이생물로 이용중이거나, 효율적인 이용을 목적으로 연구 검토중인 담수산 물벼룩의 종류를 나타내었다.

담수어의 종묘 생산 과정에서 동물 먹이생물로 널리 이용되는 물벼룩류는 수십종 이상이 있는 것으로 알려진 *Daphnia*속과 4종이 있는 것으로 알려진 *Moina*속이 있는데, *Daphnia*속의 경우는 지역이나 환경에 따라 변이가 심한 것으로 알려져 있어 분류학적인 체계 재정립이 필요하며, *Moina*속의 경우에는 과거 분류학적 체계로는 50여종이 있는 것으로 알려졌으나, 재확립되어 4종으로 정리되었다. *Moina*속에 속하는 4종은 다음과 같다. *Moina micrura* Kurz, 1874, *Moina rectirostris* Leydig, 1860, *Moina weismanni* Ishikawa, 1896, *Moina macrocopa* Straus, 1820 (미즈노 등, 1991).

표 1. 동물 먹이생물로 이용되고 있는 담수산 물벼룩류의 크기 비교

종 명	크 기 (mm)		비 고
	암컷	수컷	
<i>Daphnia similis</i>	2.0~2.7	1.0~1.5	
<i>Daphnia magna</i>	2.2~5.0	1.8~2.5	저염분 서식 보고
<i>Daphnia pulex</i>	1.5~3.3	0.9~1.4	
<i>Daphnia longispina</i>	1.2~3.0	1.0~1.8	
<i>Daphnia cuculata</i>	0.8~3.0	0.7~1.5	저수온에 강함
<i>Moina macrocopa</i>	0.8~1.2	0.6~0.80	광온성 (5~30℃)
<i>Moina weismanni</i>	0.8~1.2	0.9 전후	

위 표 1에서 보는 바와 같이 동물 먹이생물로 이용되는 담수산 물벼룩류는 주로 *Daphnia*속과 *Moina*속에 속하는 종류로 두 속간의 크기를 비교하여 보면, *Moina*

속에 비교하여 *Daphnia*속의 종들이 비교적 크기가 대형으로 *Daphnia*속이 0.8~5.0mm인 반면에 *Moina*속의 종은 0.8~1.2mm 정도이다. 그러므로 담수어 (또는 일부 해산어)의 종묘 생산 과정에서 초기 동물 먹이생물로서 담수산 물벼룩류를 이용하는 경우에는 *Moina*속의 종이 적당할 것으로 판단된다.

특히, 담수산 물벼룩류중에서 비교적 배양이 간단하고 증식 밀도도 높으며, 지금까지 동물 먹이생물로서 널리 이용되고 있는 *Moina macrocopa* (그림 1)는 우리 나라 전역의 웅덩이, 호수에서 채집이 가능하며 보통 여름철에 자연 수계에서 대량 발생하는 것을 쉽게 관찰할 수 있다 (엔도, 1980).

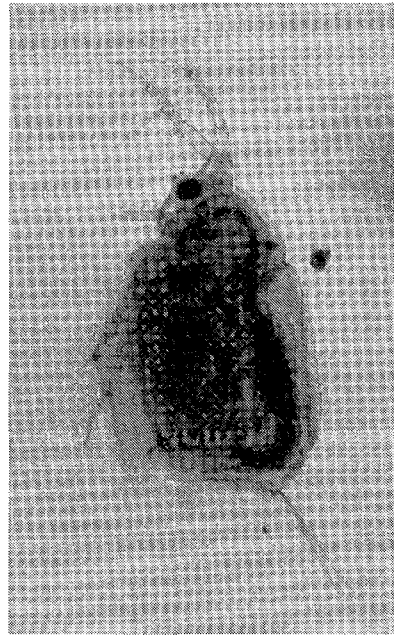


그림 1. 동물 먹이생물로서 가장 널리 이용되고 있는 담수산 물벼룩, *Moina macrocopa*.

3. 관상어 양식에 있어서 동물 먹이생물로 이용되는 물벼룩류의 역할

담수산 물벼룩이 어류 종묘 생산 과정에서 초기 동물 먹이생물로 가장 먼저 사용된 곳은 금붕어나 비단

잉어와 같은 관상어류의 종묘를 생산하는 시설에서 시작되었다. 특히, 고가의 건강한 고급 품종에 속하는 금붕어나 비단잉어를 생산하기 위해서는 양질의 물벼룩이 대량 확보되어야만 가능하였다.

특히, 금붕어의 종류 중에서도 토좌금(그림 2)이나 남경, 오란다, 란쥬, 수포안 등과 같은 고급 금붕어를 생산하는 가장 첫 단계의 준비는, 수정란에서 태어난 어린 자어가 마음껏 먹을 수 있는 물벼룩을 대량 발생시키는 일이었다. 영양가 높은 물벼룩을 대량으로 확보한 경우에는 부가가치 높은 품질 좋은 고급 금붕어를 대량 생산 가능하였다. 고급 금붕어의 종류 중에서 가장 고가로 거래되는 토좌금의 경우 만 2년생 1마리의 가격이 5백만원 이상 호가하는 경우도 있으므로 물 속의 작은 먼지 또는 물 속에 사는 벼룩이라는 의미로 불리우는 보잘 것 없는 작은 생물인 물벼룩은 이때 가장 높은 존재 및 이용 가치를 발휘할 수 있다고 할 수 있다.



그림 2. 담수산 물벼룩을 초기 동물 먹이생물로 이용하여 만들어낸 고가의 고급 금붕어(토좌금, 만 2년생).

4. 해산어 종묘의 동물 먹이생물로 담수산 물벼룩류의 이용, 문제점 및 대책

담수산 물벼룩류를 초기 동물 먹이생물로 급이하면서 담수어 특히, 금붕어나 비단잉어와 같은 관상어의 종묘를 생산하는 경우, 동일 어미에서 산출된 수정란

을 사용함에도 불구하고 한 탱크내에서 사육중인 자치어의 개체간에는 현격한 성장의 차이를 볼 수 있다. 즉, 같은 사육 탱크내에서 숙성기와 미달이가 발생하고 평균 성장 개체에 비교하여 숙성기와 미달이의 성장 차는 매우 심하게 나타난다. 그 이유로서는 각 개체간의 선천적인 형질의 차이에서 오는 것이라고도 할 수 있지만, 거의 대부분 그들이 성장하는 과정에서 섭이한 먹이생물에 기인한다.

담수어의 종묘 생산 과정에서 부화자어의 초기 동물 먹이생물로 널리 이용되는 물벼룩류는 이 글의 표 1에서 보는 바와 같이 중간 크기 차이가 매우 심하며, 같은 종이라고 하여도 미성숙, 성숙 등의 발달 단계에 따라서 크기 차이가 현격하게 나타난다. 이렇게 크기 변화가 다양한 동물 먹이생물을 먹이생물로 이용하는 경우에는 같이 태어난 다른 개체보다 큰 먹이(물벼룩류), 많은 먹이, 양질의 먹이를 먼저 섭이한 경우에는 그 사육 탱크내에서 숙성기가 될 수 밖에 없다. 반대로 같은 탱크내에서 사육되더라도 비교적 작은 먹이, 적은 양의 먹이, 영양가가 적은 먹이를 다른 자어에 비교하여 나중에 섭이한 경우에는 미달이로서 밖에 존재할 수 없는 것은 누구라도 조금 깊이 생각하면 당연히 일어날 수 있는 현상이다.

최근 해산어의 인공 종묘 생산 시설에서도 알테미아 가격의 급상승이 주원인이 되어 알테미아를 대체할 수 있는 동물 먹이생물로서 담수산 물벼룩을 이용하고 있다. 그러나, 지금까지 이용하여 온 로티퍼가 비교적 개체간 크기 차이가 작은 반면에 담수산 물벼룩의 경우에는 위에서 설명한 것처럼 개체간 크기 차이가 심하므로 담수어에서 볼 수 있는 숙성기와 미달이의 발생을 상습이 해산어의 종묘 생산 과정에서도 충분히 일어날 수 있다.

이에 대한 대책으로서 다음과 같은 방안을 제시하여 본다.

첫째, 알테미아의 대체 먹이생물로서 담수산 물벼룩을 이용하고자 하는 경우에는 비교적 개체간 차이가 심하지 않은 종을 선택 배양하는 것이 바람직하다. 특히, 다른 종의 물벼룩이 혼재 배양되지 않도록 배양

관리를 철저히 하여야 할뿐만 아니라, 이용하고자 하는 물벼룩은 스트레인 배양 단계에서 순수 관리, 보존, 배양된 것을 사용하여야 할 것이다.

둘째, 담수산 물벼룩을 배양하여 먹이로서 공급하는 단계에서 다단계 망목 사이즈의 네트를 사용하여 크기별 분리 급이하는 방법이 있다. 그러나, 이 방법은 노동력과 노동 시간이 부가됨은 물론 여러 번의 취급에 의하여 먹이생물의 질을 저하시킬 가능성이 높다.

그러므로, 담수산 물벼룩류를 사용하여 해산어의 종묘를 생산하고자 하는 경우에는 숙성기와 미달이가 발생하지 않는지 세심한 주의와 잦은 관찰이 요구된다. 만약 숙성기와 미달이가 발생한 경우에는 가능한 빠른 시일 내에 선별 작업을 거칠 필요성이 있다.

그 외 담수산 물벼룩을 배양하여 해산 자치어의 동물 먹이생물로 이용하는 경우에는 몇 가지 주의점이 더 있다.

그 중 한가지가 영양적인 문제로 담수를 사용하여 담수 생태계가 형성된 상태에서 배양된 담수산 물벼룩류를 해산 자치어의 먹이로 이용하는 경우에는, 영양적인 불균형 및 부족 현상으로 인하여 사육중인 어류의 대량 폐사가 발생할 가능성을 배제할 수 없다. 왜냐하면 담수 생태계가 조성된 수조에서 배양한 담수산 물벼룩은 해수 배양 생태계에서 배양한 다른 먹이생물에 비교하여 영양 성분의 불균형이 심하거나, 일부 성분이 부족한 경우가 있을 수 있기 때문에 해산 자치어의 먹이생물로 이용하는 경우에는 균형 잡힌 양질의 영양 강화제로 영양 강화를 하여야 할 필요성이 높다.

그리고 또 한가지 문제점으로는 담수산 물벼룩은 해수에서 배양이 곤란하므로 담수에 배양하여야 하는데, 이와 같이 담수에서 배양된 먹이를 해산 자치어를 사육하고 있는 해수 탱크에 먹이로서 투여하는 경우에는 투여된 먹이는 바로 사망하여 만약 그 즉시 해산 자치어의 먹이로서 이용되지 못한 경우에는 수조 바닥에 쌓여 수질을 악화시킬 수 있을 뿐만 아니라, 담수산 물벼룩의 배속에 있던 병원성 세균이나 원생

동물의 증식 기반을 조성하는 결과를 초래할 수 있다. 뿐만 아니라 염분 쇼크로 사망하여 바닥에 쌓인 사체가 시간 경과 후 자치어에게 섭이되는 경우에는 영양 결핍은 물론 소화기계 질병을 초래할 가능성도 전혀 배제할 수 없다.

저자들이 검토한 실험 결과 (정민민 등, 투고 심사 중)에 의하면 담수산 물벼룩류중에서 동물 먹이생물로서 가장 널리 이용되는 *M. macrocopa*를 담수에서 각 염분 단계의 해수로 점프 이동시킨 후 활력 상태를 관찰한 결과, 0ppt, 1ppt 그리고 2ppt로 이동한 경우에는 비교적 왕성한 *M. macrocopa*의 섭이력과 증식이 관찰되었으나, 점프 이동 염분 농도 3ppt 이상부터는 섭이력이 서서히 둔화되기 시작하여 5ppt 이상에서는 거의 섭이 활동을 하지 않았다. 그리고 3ppt 이상의 염분 농도로 점프 이동한 경우에는 사망 개체가 관찰되기 시작하여 15ppt 이상의 염분 농도로 점프 이동한 경우에는 실험 개시시 수용한 전 개체수가 5분 이내에 사망하였다. 이에 대한 대책으로서 해수에 적응 내성이 강한 물벼룩류의 이용 방안을 제시할 수 있는데, 이 글의 저자들은 *Diaphanosoma celebensis*라고 하는 기수산 물벼룩을 완전 해수에 순치시키는데 성공한 후 적정 배양 방법 및 환경을 검토중에 있다 (정민민 등, 1999).

5. 담수산 물벼룩류의 배양법

담수산 물벼룩은 200년 이상 전부터 이루어지고 있는 재래적이고 조방적인 방법과, 비교적 최근 개발된 기술 집약적인 방법의 두 가지로 구분된다 (시로다, 1975).

1) 재래적·조방적 방법

지금도 거의 대부분의 시설에서 이루어지고 있는 방법으로 노지의 자연 조성된 못이나 콘크리트 등으로 만든 인공 사육 시설에서 이루어지고 있는 방법이다. 종묘 생산 과정에서 지난 해 사용한 연못 또는 탱크의 저질 속에 남아 있는 담수산 물벼룩의 내구관 (또는 휴면란)을 이용하는 방법으로 겨우내 건조 상태

었던 사육 수조 (또는 연못, 이하 사육 수조라고 통일한다)에 봄이 오면 산란시키고자 하는 어종의 산란기에 앞서 먼저 담수산 물벼룩류의 내구란이 섞여 있는 사육 수조에 물을 채운다. 그리고 그 속에 화학 비료를 이용하여 시비하거나, 계분이나 마분을 첨가하는 방법으로 수조내에 영양분을 첨가한 후 내구란으로부터 부화된 담수산 물벼룩이 증식하기를 기다린다. 이때 담수산 물벼룩의 증식을 수조 바닥에 있는 내구란에 의존하는 대신에 보다 적극적인 방법으로서 보관 또는 시판중인 내구란을 첨가하거나, 다른 연못이나 개천, 웅덩이 등지에서 채집된 담수산 물벼룩을 인위적으로 접종하는 경우도 있다.

한편, 이 글에서는 담수산 물벼룩을 배양하기 위하여 실시하는 화학 비료나 유기 비료의 시비 양은 구체적으로 언급하지 않는다. 물론 일부 문헌에는 성분별 시비량이 표기, 고찰된 경우가 있으나, 그 연구가 이루어진 시대와는 달리 최근에는 생산 시판되는 화학 비료의 종류가 너무 다양하여 일정한 기준을 설정하는 것이 곤란할 뿐만 아니라 일부 화학 비료의 경우는 오히려 담수산 물벼룩류가 증식하는데 필요한 미소 생태계의 조성을 방해하는 경우도 있기 때문이다.

그러므로 화학비료의 시비양은 주변 사용자의 조언을 바탕으로 조절하는 것이 바람직하다고 생각한다. 그리고 오랜 옛날부터 이루어진 계분이나 마분을 이용하는 방법 (야마다 등, 1972)은 담수산 물벼룩을 배양하는데 필요한 영양분으로서는 매우 탁월한 효과를 발휘할 수 있으나, 병원 생물의 2차 감염, 구하기가 어렵다는 점 등 여러 가지 부정적인 면이 있기에 가능하면 사용을 삼가하기를 바란다.

2) 기술 집약적 방법

이 방법은 위 1)의 배양 방법이 불안정적인 것에 대하여 보다 안정적이고 계획적이며 고밀도의 담수산 물벼룩을 생산하기 위하여 개발된 방법이다. 배양을 저해하는 요소가 배제될 수 있도록 배양수나 배양 시설이 철저하게 관리되는 인위적인 배양 시설내에서 스트레인 관리 보존 배양중인 담수산 물벼룩의 씨앗 (내

구란 또는 단성 증식 개체)을 접종하여 배양하는 방법으로 빵효모나 클로렐라와 같이 대량 공급과 보관이 용이한 먹이를 급이하면서 배양하는 방법이다. 이 방법은 배양 기술이 집약되게 되면 대량의 담수산 물벼룩을 계획적이고 안정적으로 생산 가능하다. 최근에는 해산어의 종묘 생산 과정에서 이루어지고 있는 로티퍼 고밀도 배양 장치를 응용하여 담수산 물벼룩을 고밀도 배양하고자 하는 시도가 이루어지고 있다.

6. 담수산 물벼룩류의 증식 밀도를 좌우하는 미소 생태계의 구조

배양중인 담수산 물벼룩류의 배양 수조내 미소 생태계의 구조를 살펴보면 그 배양 수조내에는 배양을 목적으로 하는 담수산 물벼룩류 이외에도 다양한 종류의 미소 생물이 살고 있는 것이 관찰된다 (담수산 물벼룩 이외의 미소 생물은 모두 혼재 생물이라고 할 수 있다). 그리고 이들 미소 생물들은 배양을 하고자 하는 담수산 물벼룩과의 사이에서 다양한 중간 관계를 형성하고 있으며, 형성된 중간 관계에 따라서 담수산 물벼룩류의 배양이 안정적이고 계획적으로 성공하는 경우가 있는가 하면, 때로는 배양을 실패하는 경우도 종종 발생한다.

담수산 물벼룩·배양 수조내에서 볼 수 있는 혼재 생물로는 세균류, 식물플랑크톤, 편모충이나 섬모충과 같은 원생동물류, 코페포다류 그리고 다른 종의 담수산 물벼룩이 관찰된다.

특히, 재래적이고 조방적으로 이루어지는 담수산 물벼룩의 배양 수조는 다양한 혼재 생물이 출현, 번성, 사멸하는 과정을 거치면서 형성되는 미소 생태계의 구조와 방향성에 의하여 배양하고자 하는 담수산 물벼룩이 잘 증식하기도 하고, 눈 깜짝할 사이에 전멸하기도 한다.

배양하고자 하는 담수산 물벼룩은 배양 수조내에서 증식하면서 먹이로서 급이한 빵효모나 식물 플랑크톤을 이용하는 경우도 있으나 거의 대부분 수조내에 있는 혼재 생물을 주로 섭이한다고 할 수 있다 (특히,

재래적·조방적 배양 방법의 경우). 이때 담수산 물벼룩이 섭이하는 먹이로는 주로 수중의 세균이며, 그 외 식물 플랑크톤과 편모충을 위주로 하는 원생동물이 먹이로서 이용된다. 그러나, 먹이가 되는 세균이나 편모충 중 일부는 병원성을 띠어 그 먹이를 섭이한 어류 자치어의 생존을 위협할 수도 있으므로 주의가 필요하다.

그러므로 담수산 물벼룩의 배양은 순수 관리된 스트레인을 사용하여 배양수와 배양 시설을 철저하게 관리하면서 배양을 하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 미즈노, 다카하시, 1991. 일본 담수 동물플랑크톤 검색 도설. 동해대학 출판부, 126~180.
2. 시로다, 1975. 수산 이료 생물학. 향성사후생각, 411~421.
3. 엔도, 1980. 동물성플랑크톤의 증식에 관한 연구. VI. *Moina macrocopa*의 연속 배양. 수산증식, 27: 217.
4. 야마다, 오스가, 우시아마, 시모다, 1972. 계분을 이용한 물벼룩의 생산시설과 그와 관련된 몇가지 실험 결과에 대하여. 시즈오카 송어 배양장, 1: 71~81.
5. 정민민, 김형신, 노섬, 1999. 기수산 물벼룩 *Diaphanosoma celebensis*의 안정 배양을 위한 배양 용기의 크기 선택. 한국수산학회, 32: 466~469.
6. 정민민, 김형신, 노섬, 투고중. 담수산 물벼룩 *Moina macrocopa*과 기수산 물벼룩 *Diaphanosoma celebensis*의 염분 농도별 점프 이동에 대한 생존 및 증식 반응. 한국수산학회. ㉞