



붉은솜뱅이의 인공종묘생산 기술개발

Study on the Development of Seedling Production of the Red Marbled Rockfish, *Sebastiscus tertius*



金光洙*

Kim, Kwang Soo

*수산양식기술사, 국립수산진흥원 남해

수산연구소 완도수산증묘시험장장

E-mail: wdfh01@chollian.net

To develop seed reproduction techniques investigate in red marbled rockfish, *Sebastiscus tertius* the annual reproductive cycle, the early life history, optimum culture condition.

The value of annual changes in GSI, female was increased shaply in May and male reached the maximum in November throughout the year. The egg was measured 0.72~0.80mm in diameter and the naturally bearing larvae measured 3.79~3.97mm in total length. The broodstocks of 32.3~45.0cm in total length spawned 296,648~600,000 larvae.

Mouth sizes of newly spawned red marbled rockfish larvae were 0.263, 0.197 and 0.132mm at D, 0.75D and 0.5D, respectively, when the upper jaw length was 0.186mm.

The total length and survival rates of red marbled rockfish larva showed that the proper conditions for the mass production of red marbled rockfish larvae were 23℃ of water temperature, fish larva stocking density of 5~10 inds./l of water and rotifers density of 5~10 inds./ml as live feed.

I. 서론

우리 나라 해산어류의 인공종묘생산 과정을 보면 1970년대에 연구가 시작되었으며 1980년대 초반 넙치(*paralichthys olivaceus*), 참돔(*Pagurus major*)과 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)을 중심으로 자연산 어미를 어획하여 채란, 수정시키는 방법을 거쳐 1980년대 후반 친어의 실내사육에 의한 자연산란을 유도함으로써 대량 종묘생산단계에 이르게 되었다.



〈그림 1〉 붉은솜뱅이

대량인공종묘생산에 의한 완전양식은 넙치, 조피볼락, 참돔 등 몇몇 종에 한정되고 이들 어종의 과잉생산 및 홍수 출하로 가격 폭락의 우려가 있을 뿐 아니라 다양한 소비자의 욕구에 부응할 수 있는 새로운 양식대상품종의 개발이 절실히 요구된다.

붉은솜뱅이(*Sebastiscus tertius*)는 양볼락과 솜뱅이 속에 속하며 솜뱅이(*Sebastiscus marmoratus*), 붉감쟁(*Sebastiscus albofasciatus*)과 비슷하고 Barsukov와 Chen(1978)에 의해 新種으로 분류되었다(〈그림 1〉). 이 종은 남해안, 제주도 및 일본 등에 서식하는 연안 정착성 어종으로 자어를 출산하는 난태생어류이다. 그러나 출산시기는 솜뱅이, 볼락(*Sebastes inermis*), 황점볼락(*Sebastes oblongus*) 등은 12~4월에 출산하는 동계출산종이고 붉은솜뱅이는 조피볼락과 같이 4~6월에 출산하는 춘계출산종이다(〈표 1〉). 식성은 새우류, 어류, 조개류 등 저서동물

섭식하며 전장 50cm, 체중 2kg 내외까지 성장하는 대형종으로 기호도가 높으며 수요가 많은 고급 어종이다. 특히, 질병과 저수온에 강하고 연중 어획이 가능하여 경제성이 높아 양식품종의 다양화와 어족자원의 증강을 위한 적합한 품종으로 보고되고 있다(Masuda et al., 1984 : 한국동물분류학회, 1997).

최근에는 해양 환경변화와 남획으로 과거에 비하여 붉은쏨뱅이 자원이 현저히 격감되고 있어 자원 증강 및 관리가 필요하며 양식을 통하여 어민 소득을 증가시킬 수 있는 인공종묘생산기술 개발과 양정기술 확립이 절실히 요구되는 실정이다.

본 연구에서는 새로운 양식 대상종이며 생식, 생태나 종묘생산기술이 전혀 밝혀져 있지 않은 붉은쏨뱅이의 인공종묘생산을 위하여 생식주기, 초기생활사, 초기 먹이계열 및 최적사육환경 등을 구명하여보고하고자 한다.

〈표 1〉 양볼락과 4종의 출산생태 비교

출산종	전장 (cm)	체중 (g)	색	출산 시기	출산량 ($\times 10^3$)	출산자어 크기(mm)
붉은쏨뱅이 ¹	37.3	1116.5	붉은색	4~6	296.6	3.7
쏨뱅이 ²	22.5	190.5	암갈색	12~4	58.7	3.5
조피볼락 ³	44.4	1,795	회갈색	4~5	162	5.7~5.9
황점볼락 ⁴	30.1	719.2	황갈색	12~3	29	7.1

¹김광수, 임상구, 한경호, 오성현, 노병용, 1998

²김경민, 강용진, 김성철, 1997

³박 승, 노 심, 김상근, 1993

⁴변순규, 김병학, 한석중, 문영봉, 1997

II. 본 론

1. 친어관리

출산을 위한 붉은쏨뱅이 어미는 전남 완도군 연안에서 어획된 성어 100여 마리를 국립수산진흥원 완도수산종묘배양장의 콘크리트 사각수조

(4m×2m×0.8m) 2개에 50마리씩 수용하여 1998년 2월에서 5월까지 관리하였다. 사육은 깨끗한 여과해수를 70l/min 유수시켰으며 먹이는 전갱이와 분말사료를 5:5로 혼합하여 제조한 M.P사료를 매일 오전 09:00에 1회 공급하였고 수조청소는 2~3일에 1회 실시하였다. 이시기의 수온은 10.8~13.8℃, 비중 1.024~1.026, DO 6.46~7.52mg/l, pH 7.9~8.15 범위로 실험어 사육관리에는 지장이 없는 환경이었다. 사육수조 내에서의 본종의 서식특징은 저면과 벽면에 기대거나 비스듬히 누워있으며 유영을 거의 하지 않았으며 안정감을 주기 위하여 넣어둔 원통 PVC 속에 은신하는 개체들이 많이 관찰되었다.

2. 생식년주기

생식년주기조사를 위하여 1997년 4월부터 1998년 8월까지 전남 연안에서 연승어업에 의해 어획된 것을 매월 중순에 15~20마리씩 총 261마리를 완도수협공판장에서 활어상태로 구입하여 실험에 사용하였다. 이때 암컷의 평균 전장은 21.60~45.20cm, 평균 체중 220.5~2,085g이었고, 수컷의 평균 전장은 25.20~45.90cm, 평균 체중은 318.50~2,190g이었다.

1) 수온과 광주기

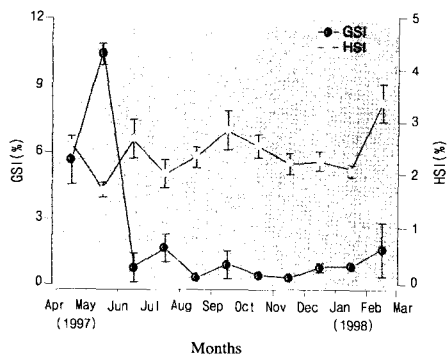
해산어류의 성숙에 가장 큰 영향을 미치는 환경 요인인 수온과 광주기는 수온의 경우 국립수산진흥원 월별수온자료를 이용하였으며, 일장은 완도기상대의 기상관측자료를 이용하여 조사한 결과 조사 기간 중 완도연안수역의 수온의 변화는 7.22~24.02℃범위로 산출기인 5월 7일에서 5월 25일 사이의 수온은 각각 14.5~19.2℃를 나타내었으며, 6에서 7월까지 계속 상승하여 8월에는 연중 최고 수온인 23.47℃에 이르렀다. 9월부터 수온이 하강하기 시작하여 10월에는 18.4℃, 12월에는 11.32℃, 다음해 2월에는 7.64℃로 연중



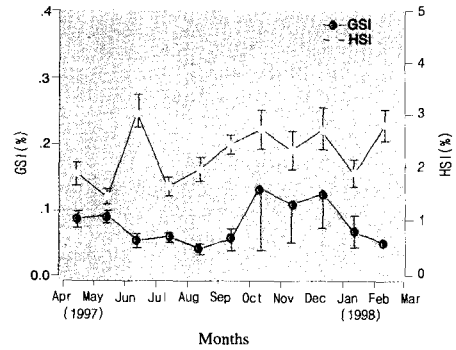
최저 수온을 나타냈다. 한편, 광주기의 변화는 6월말 하지에 광주기가 가장 긴 14.52L로 나타났고 12월말 동지에 연중 광주기가 가장 짧은 9.81L로 나타났다.

2) 생식소 중량지수(GSI), 간 중량지수(HSI)

생식소의 성숙상태와 간의 영양축적 상태를 알아보기 위하여 구입한 어미를 활어 상태로 실험실로 옮겨 혈액을 채취하고 원심분리 후 냉동고에 보관하였고 전장과 체중을 측정하였다. 그리고 생식소와 간을 정량한 후 조직학적 관찰을 위하여 Bouin's 용액에 하루동안 고정하였으며 생식소 중량지수(gonadosomatic index: GSI (%)) = 생식소중량 × 100 / 체중)와 간 중량지수 (hepatosomatic index: HSI (%)) = 간중량 × 100 / 체중)를 조사한 결과 암컷의 생식소 중량지수(GSI)는 4월에 7.94 ± 1.89로 상승하여, 5월에 10.84 ± 2.72, 0.17 ± 0.45로 연중 최고 값을 나타내었으며, 그후 급격히 GSI가 하강하여 6월에 0.70 ± 0.34로 나타났으며 이러한 낮은 값은 조사된 11월까지 계속 되었다(〈그림 2〉). 그리고 간 중량지수 (HSI)는 자어출산시기인 4월과 5월에 가장 낮은 값을 보였으며 6월부터는 점차 증가하는 것을 알 수 있었다.



〈그림 2〉 붉은쏨뱅이 암컷의 연간 생식소중량지수(GSI)와 간중량지수(HSI)



〈그림 3〉 붉은쏨뱅이 수컷의 연간 생식소중량지수(GSI)와 간중량지수(HSI)

수컷의 생식소 중량지수는 10월에 0.24 ± 0.38로 상승하여 11월에는 0.39 ± 0.62로 연중 최고 값을 보였으며, 12월에는 0.19 ± 0.24로 비교적 높은 값을 나타냈다(〈그림 3〉). 이것으로 보아 붉은쏨뱅이의 암컷의 출산시기는 암컷(전장: 15.9 ~ 45.9cm)은 4월 ~ 6월 초순까지로 주 출산시기는 5월이며, 수컷(전장: 19.0 ~ 50.2cm)의 성숙 및 교미시기는 10월 ~ 12월인 것으로 나타났다.

생식세포발달의 조직학적인 관찰과 생식소중량지수의 변화를 종합하여 암·수의 생식년주기를 구분하였다. 암컷의 경우는 성장기(growing stage), 성숙기(mature stage), 완숙 및 교미기(ripe and copulation stage), 임신 및 산출기(gestation and parturition stage), 퇴화 및 휴지기(degeneration and resting stage) 등의 5단계로 나눌 수 있었고 수컷의 경우는 성장기 및 성숙기, 기능적 성숙 및 교미기, 퇴화 및 휴지기의 3단계로 나눌 수 있었다.

3) 포란수와 체내자어수

붉은쏨뱅이 어미로부터 출산된 정확한 자어량을 알아보기 위하여 성숙기인 9월에서 이듬해 3월까지 암컷 40마리를 임의로 선택하여 전장과 체중을 측정 후 복부를 절개하여 생식소 1g속의 자어량을 계수하여 크기와 중량비로 환산하였다.

친어의 전장과 중량별 출산량을 알아본 결과는 <표 2>와 같다. 실험어의 평균전장은 37.28±6.52cm로 평균 체내 포란수 및 자어량은 296,648개체였으며 크기가 클수록 체내 자어량이 많았다. 구간별로는 전장 45cm이상 되는 실험어에서 631,833개체로 가장 많은 자어를 가지고 있었으며 30cm 이상의 어미들에서는 200,000개체 이상의 자어들을 가지고 있음을 알 수 있었다.

평균체중은 1,116.5±251.0g이었으며 평균 체내 포란수 및 자어량은 296,648개체였으며 2,000g을 기준으로 체내 자어량이 큰 차이를 보이며 체중 1,000g 이상의 친어에서 300,000개체 이상의 자어량을 가지고 있음을 알 수 있었다.

친어의 출산후 체내에 잔존한 자어량을 조사해본 결과 1회 출산시 50% 이상을 한꺼번에 출산하며 출산하지 못한 자어가 생식소내에 존재하고 있었다.

<표 2> 붉은쏨뱅이 어미의 체장과 체중에 따른 포란 및 체내 자어수

전 장 (cm)	평균 체내자어수 (개체±편차)
>25.9	64,768±5,900
26.0~29.9	102,471±10,820
30.0~34.9	243,028±45,600
35.0~39.9	367,509±15,900
40.0~44.9	370,277±58,600
<45.0	631,833±12,000
평 균 37.28±6.52	296,648±24,470

체 중 (g)	평균 체내자어수 (개체±편차)
>399	68,489±4,700
400~799	111,888±12,500
800~1,199	198,106±48,400
1,200~1,599	338,318±35,700
1,600~1,999	439,584±72,500
<2,000	623,501±11,300
평 균 1,116.5±251.0	296,648±28,150

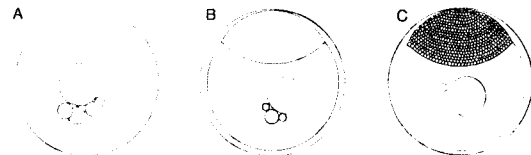
3. 초기생활사

출산 직전의 붉은쏨뱅이 어미를 인위적으로 복부를 압박하여 卵을 채란 한 후 난의 형태를 관찰하였으며, 이들 어미에서 산출한 자어를 사육하면서 자치어의 성장에 따른 형태발달과정을 관찰하였다.

수정란의 형태는 입체해부현미경을 사용하여 관찰하였고, 자어는 무작위로 추출하여 MS222-Sandz(Tricaine methanesulfonate)로 마취시켜 입체해부현미경과 만능투영기를 사용하여 관찰, 스케치하였다.

1) 난의 형태

전장 27.5~41.0cm의 어미(♀)에서 인위적으로 얻은 미수정란과 수정란은 무색투명한 구형이고, 난경이 0.72~0.80mm(평균 0.75mm, n=50)이며, 유구는 발생초기에는 대부분 큰 것(0.20~0.22mm) 1개와 작은 것(0.03~0.08mm) 2~7개를 가지고 있으나 (<그림 4>A, B), 상실기(<그림 4>, C) 이후부터 대부분 큰 것 1개만 남는다.



<그림 4> 붉은쏨뱅이 알의 발생

A : 미수정란, B : 수정란(0.72~0.80mm)
C : 상실기(0.5mm)

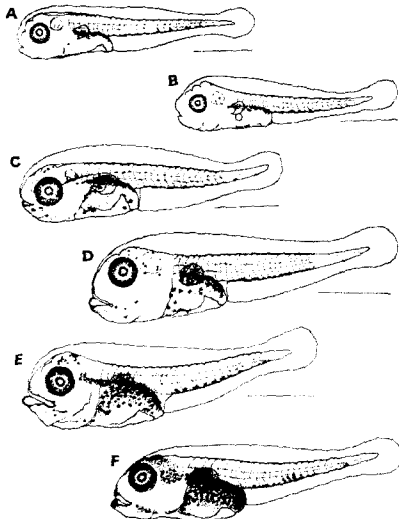
2) 산출자치어의 형태발달

산출 직후의 자어는 전장 3.79~3.97mm(평균 3.88mm, n=10)로 큰 난황과 1개의 작은 유구를 가지고 있으며, 입과 항문이 열려 있고, 항문은 8~9번째 근절 아래에 위치하여 몸의 중앙보다 약간 앞쪽에 분포하였다. 근절수는 7~8+15~16=22~24개였고, 척색말단은 직선으로 곧게 뻗어 있었다. 흑색소포는 난황 윗부분에 별모양



과 점모양으로 많이 분포하고 있으며, 난황의 아래쪽에 4~5개와 꼬리부분의 배쪽에 9~10개가 점모양으로 분포하였다(〈그림 5〉, A).

산출 16시간후의 자어는 전장이 3.85~4.15mm(평균 3.96mm, n=10)로 체형은 부화직후 자어와 거의 비슷하지만, 두부가 분화하면서 비공이 열리기 시작하고 난황이 약간 흡수되며, 비뇨관이 발달한다. 흑색소포가 소화관 위쪽에서 증가한다(〈그림 5〉, B).



〈그림 5〉 붉은솜뱀이의 자어 발달

A : 3.88mm, B : 3.96mm(16시간), C : 4.07mm(30시간),
D : 4.32mm(6일), E : 4.42mm(8일), F : 4.64mm(11일)

산출 30시간후의 자어는 전장이 3.90~4.33mm(평균 4.07mm, n=10)로 난황이 완전히 흡수되고 눈에 색소포가 더욱 짙게 착색된다. 흑색소포는 나뭇가지모양으로 소화관 위쪽에서 아래쪽으로 증가하며, 아래턱 주둥이 끝부분과 두정부에는 점모양의 것이 새로이 출현하였다(〈그림 5〉, C).

산출 6일째 자어는 전장이 4.21~4.48mm(평균 4.32mm, n=10)로 유구가 완전히 소실되고 비공이 더욱 크게 분화되며, 가슴지느러미는 막상

으로 크게 분화하면서 흑색소포가 출현하였다. 흑색소포가 아가미뚜껑 부분에 점모양으로 출현하며, 두정부와 소화관부분에는 별모양으로 출현하였다(〈그림 5〉, D).

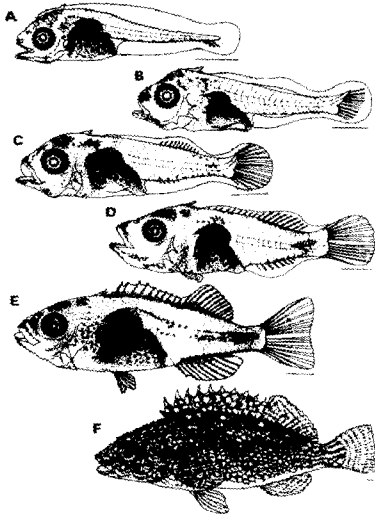
산출 8일째 개체는 전장이 4.23~4.60mm(평균 4.42mm, n=10)로 근절수는 7~8+16~17=23~25개로 증가하고, 흑색소포는 소화관부분, 두정부, 아가미뚜껑부분 및 가슴지느러미에서 증가하며, 처음으로 위턱의 전상악골 전반부에 점모양의 흑색소포가 출현하였다(〈그림 5〉, E).

산출 11일째 자어의 전장은 4.38~5.02mm(평균 4.64mm, n=10)로 가슴지느러미 줄기가 9~10개가 출현하였다. 흑색소포가 두정부와 소화관부분 전체에 밀집하여 분포하며, 꼬리부분의 배쪽에도 증가하며 처음으로 후두부에 나뭇가지모양의 것과 가슴지느러미에 점모양의 것이 출현하였다(〈그림 5〉, F).

산출 15일째 자어의 전장은 4.81~5.51mm(평균 5.23mm, n=10)로 등지느러미 앞쪽에서 처음으로 두정극이 출현하기 시작하였고, 전새개골에는 3개의 가시가 출현하였다. 가슴지느러미 줄기는 18개로 증가하며, 꼬리지느러미 줄기가 처음으로 4~5개가 출현하였다. 흑색소포는 두정부와 소화관부분에서 나뭇가지모양으로 증가하며, 꼬리부분의 배쪽에서는 별모양의 것이 증가하였다(〈그림 6〉, A).

산출 21일째 자어의 전장은 5.83~7.10mm(평균 6.54mm, n=10)로 각 지느러미가 분화하기 시작하면서 척추말단이 45° 각도로 굽어져 있었고, 꼬리지느러미 줄기가 10개로 증가하였다. 흑색소포는 머리전체와 소화관 전체에 나뭇가지모양으로 밀집되어 나타나고, 꼬리자루 부분에는 별모양의 것이 새롭게 출현하였다(〈그림 6〉, B).

산출 24일째 자어의 전장은 6.70~7.20mm(평균 6.81mm, n=10)로 등지느러미 줄기가 11개,



〈그림 6〉 붉은섬뱅이의 자치어 발달

A : 5.23mm(15일), B : 6.54mm(21시간),
C : 6.81mm(24시간), D : 8.81mm(27일),
E : 11.24mm(33일), F : 65.00mm(90일)

뒷지느러미 줄기는 5개가 출현하며, 꼬리지느러미 줄기는 14개로 증가하였다. 흑색소포는 전차에 비해서 꼬리자루 등쪽과 배쪽, 주둥이 부분에서 증가하였다(〈그림 6〉, C).

산출 27일째 자어의 전장은 7.94~9.85mm(평균 8.81mm, n=10)로 등지느러미 가시 9개와 줄기 9개, 뒷지느러미 가시 2개, 줄기 6개로 증가하였고, 처음으로 배지느러미 줄기 2~3개가 출현하였다. 흑색소포는 몸통부분의 등쪽과 꼬리부분의 등쪽 및 꼬리자루 부분에서 별모양으로 증가하였다(〈그림 6〉, D).

산출 33일째 전장은 9.80~12.36mm(평균 11.24mm, n=10)로 흑색소포는 머리와 소화관 부분에서 더욱 증가하여 흑갈색의 반문이 형성되며, 척추골의 정중선을 따라 몸통에서 척추말단까지 위, 아래로 별모양의 흑색소포가 분포하였고, 모든 지느러미가 분화하여 D. XI~XII, 11~12; A. III, 6; P. 18; V. I, 4; C. 14~16으로 정수에 달하여 치어기로 이행하였다(〈그림 6〉, E).

산출 90일째 개체의 전장은 60.05~70.10mm(평균 65.00mm, n=10)로 몸 전체가 흑갈색을 띠고 있으며, 체형과 반문이 성어와 닮아 있다(〈그림 6〉, F).

4. 자치어 사육

1) 자어출산

사육관리중이던 어미중 복부가 팽만하여지고 생식공이 붉게 변화된 출산직전의 암컷 10마리를 15ton 콘크리트 원형수조 2개에 옮겨 지수식으로 관리하였으며 1998년 5월 7일부터 수회에 걸쳐서 자어를 출산하였다. 출산 후 어미는 모두 다른 수조로 옮겨 관리하였으며 출산된 자어는 15ton 원형수조 4개에 분산시켜 사육하였다. 출산된 자어는 15ton 원형수조에서 사육되었으며, 사육기간 중에는 *Chlorella ellipsoidea*(10×10^6 cells/ml)로 green water를 하였고, 초기 먹이생물로는 L-type과 S-type이 혼합된 rotifer (*Brachionus plicatilis*), *Artemia nauplius*와 시중에서 판매되는 미립자사료를 공급하였다. 수온은 가온하여 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 를 유지하였으며, 사육 6일째까지는 지수식으로, 7일째부터는 여과된 해수를 5 l/min를 유수하였다.

2) 자치어 사육

자어는 3ton FRP 수조에 5월7일부터 8월30일까지 100일간 사육되었으며, 사육기간에 공급한 먹이는 일령 1일째부터 *Chlorella* sp($3 \sim 6 \times 10^6$ cell/ml)와 rotifer (5~20개체) 먹이를 공급하였으며, 주수는 일령 7일째부터 5 l/min를 공급하였으며, 사육수조는 차광을 하여 약간 어둡게 해주었다.

자치어 사육기간 동안의 수온은 $16.0 \sim 19.5^\circ\text{C}$, 비중은 1.0234~1.0252 이었으며, 성장 및 생존율은 표 2와 같다. 출산직후 자어 크기는 전장 $3.78 \pm 0.72\text{mm}$, 중량은 0.0018g 이었으며 일령



〈표 3〉 붉은썸뱅이 자치어 사육기간의 성장과 생존율

사육 일수	사육마수 (마리)	생존율 (%)	전장 (mm)	체중 (g)
0	480,000	100	3.78	0.0018
10	350,000	72.9	4.42	0.0042
20	275,000	57.2	5.98	0.0127
30	200,000	41.6	10.6	0.2064
40	180,000	37.5	18.2	0.6089
50	150,000	31.2	31.5	1.2119
60	120,000	25.0	41.4	1.8145
70	110,000	22.9	52.6	2.9185
80	85,000	17.7	66.5	5.0815

20일째는 평균전장 $5.98 \pm 1.48\text{mm}$, 중량 0.0127g 으로 성장하였다(〈표 3〉).

총 산출자어 중에서 출산 90일째 85,000마리가 생존하였고 폐사된 자어는 대부분 일령 40일 전후까지 나타났으며, 이는 자어의 먹이섭식 문제와 소화능력, 영양의 결핍, 세균의 감염 등 원인으로 추정된다.

3) 자어의 입크기 변화와 먹이계열

자어의 먹이섭취 시기를 알아보기 위하여 입크기 변화를 조사하였다. 실험기간동안 매일 자어 30마리를 임의로 선택하여 전장과 상악장을 계측하였으며 입크기는 代田(1970)의 $D = AB \times \sqrt{2}$ 의거하여 구하였다. 단 D는 입크기, AB는 상악장을 의미한다. 자어의 먹이섭취는 만능투영기하에서 시각적인 방법과 자어를 절개하여 소화관 내의 먹이생물의 유무로써 판정한 결과는 〈표 4〉와 같다.

붉은썸뱅이 자어는 출산된 직후부터 입이 열려 있었으며 출산 직후의 자어는 전장이 $3.70 \pm 0.52\text{mm}$, 중량 1.8mg , 상악장 크기가 0.186mm 일 때 입크기는 D는 0.263mm , $0.75D$ 는 0.197mm , $0.5D$ 는 0.132mm 로 나타났다. 또한 사육 20일 경에는 전장이 $6.21 \pm 0.33\text{mm}$ 중량 5.1mg , 상악장 크기가 0.581mm 로 급격한 증가를 보였으며 이때 입크기는 D는 0.822mm , $0.75D$ 는 0.617mm , $0.5D$

〈표 4〉 사육기간동안의 붉은썸뱅이 자어의 입크기 변화

사육 기간	전장 (mm)	체중 (g)	상악장 크기(mm)	D	입크기(D) (mm)	0.75D	0.50D
0	3.70	1.4	0.186	0.263	0.197	0.132	
10	4.48	2.9	0.272	0.385	0.289	0.193	
20	6.21	5.1	0.581	0.822	0.617	0.411	
30	9.97	10.7	0.915	1.294	0.971	0.647	
40	18.09	16.9	1.636	2.314	1.736	1.157	
50	26.50	25.9	2.410	3.408	2.556	1.704	

는 0.411mm 로 나타났다. 붉은썸뱅이 자어의 입크기는 전체적으로 다른 어종에 비하여 입이 컸으며 사육 30일 이후부터는 전장에 대하여 입크기 비율은 약 13% 정도를 차지하는 것을 알 수 있었다.

입크기를 기준으로 먹이공급시기를 판단해보면 붉은썸뱅이 자어는 출산직후부터 $100\mu\text{m}$ 내외의 S-type rotifer나 갯 부화하여 성장중인 크기가 작은 rotifer의 섭취가 가능할 것으로 생각된다. 그러나 소화관 절개와 시각적인 관찰에 의하면 실제적인 첫 먹이섭취는 사육 2일 후부터 시작되었으며 rotifer공급기간은 약 35일로 다른 어종에 비하여 긴 것으로 나타났다. Artemia의 섭취는 사육 20일부터 가능할 것으로 판단되었으나 실제적인 섭취는 약 25일 전후부터 가능하였고 공급기간은 약 20일로 다른 어종과 비슷하였다. 그리고 배합사료의 급이는 사육 10일 경부터 점차 사료 크기를 늘려가며 공급하였으며 생먹이생물에서 배합사료로의 먹이 순치는 그다지 어렵지 않았다(〈그림 5〉).

먹이 종류	사육 일수						
	10	20	30	40	50	60	70
Chlorella($3 \times 10^6 \text{cell/ml}$)	_____						
Rotifer(5~20개체/ml)	_____						
Artemia(1~2개체/ml)	_____						
배합사료(μm)	100	200	400	700			

〈그림 5〉 붉은썸뱅이 자치어의 먹이계열

5. 최적사육환경

1) 수온별 성장과 생존율

15ton 원형수조에서 사육되고 있는 출산직후의 자어(전장 3.68~3.73mm)에게 rotifer 10개체/ml를 1일 2회 (10:00, 17:00) 공급하여 25일간 실험하였으며 실험구는 자연수온(13~16°C, 대조구)과 가온한 20, 23, 26°C의 4구간으로 구분하였다. 실험수조로는 250l(해수량 200l) 원형 플라스틱 수조에 자어 15 개체/l를 수용하여 지수식으로 사육하다가 사육 7일째부터는 유수하여 성장과 생존율을 알아본 결과 수온에 따른 자어의 성장은 실험구별 차이를 보였는데 전장의 성장은 가온한 23°C와 20°C 실험구에서 각각 10.80mm와 9.32mm로 좋게 나타났으나 고수온인 26°C 실험구에서는 전장 8.30mm로 저조한 성장을 보였다. 특히 23°C 실험구에서는 실험 10일 경부터 매우 빠른 성장을 보였다.

생존율은 모든 실험구에서 실험종료시 비교적 낮게 나타났으며 특히 고수온인 26°C 실험구에서는 실험종료시 7.0%의 매우 낮은 생존율을 보였으며 20°C와 23°C의 실험구에서 24.0%와 18.5%로 비교적 높게 나타났다(〈표 5〉).

위의 결과 자연수온에 비해 가온한 실험구에서 성장과 생존율이 높게 나타났으나 오히려 너무 수온이 높으면 성장과 생존율이 크게 감소하는

〈표 5〉 수온에 따른 붉은쏨뱅이 자어의 성장과 생존율

수 온 (°C)	사 육 기 간(일)		
	0	10	25
대조구 전 장(mm)	3.69±0.15	4.49±0.24	8.75±0.21
(12~16) 생존율(%)	100	34.0±4.0	9.5±1.5
20 전 장(mm)	3.73±0.30	4.92±0.20	9.32±0.33
생존율(%)	100	48.5±5.0	24.0±3.5
23 전장(mm)	3.63±0.25	4.88±0.25	10.80±0.48
생존율(%)	100	44.5±3.0	18.5±4.0
26 전 장(mm)	3.72±0.27	4.30±0.31	8.30±0.34
생존율(%)	100	41.5±5.5	7.0±4.5

것을 알 수 있었다. 따라서 붉은쏨뱅이 자어의 최적 사육수온은 약 20~23°C정도가 적당할 것으로 판단된다.

2) 자어 사육 밀도별 성장과 생존율

사육 10일된 건강한 자어(전장 4.18~4.28mm)를 250l(해수량 200l) 원형 플라스틱 수조를 이용하여 20일간 유수식으로 실험하였다. Rotifer는 10개체/ml를 1일 2회 (10:00, 17:00) 공급하였으며, 수온은 20±0.5°C로 고정하였고, 실험구는 5, 15, 30개체/l로 구분하여 실험한 결과 전장은 5개체/l 실험구에서 11.52mm로 가장 좋은 성장을 보였으나 15개체/l 실험구와는 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 자어밀도가 30개체/l인 실험구에서는 7.55mm로 가장 성장이 좋지 않았다.

생존율의 경우는 자어밀도가 높을수록 생존율이 감소하는 경향을 보였는데 자어밀도가 가장 낮은 5개체/l인 실험구에서 49.0%로 가장 높게 나타났으며 15개체/l 실험구에서도 41.0%의 비교적 높은 생존율을 보였다. 그러나 30개체/l의 실험구에서는 18.0%로 매우 낮은 생존율을 보였다(〈표 6〉).

〈표 6〉 자어밀도에 따른 붉은쏨뱅이 자어의 성장과 생존율

자어밀도(개체/l)	사 육 기 간(일)			
	0	10	20	
5	전 장(mm)	4.29±0.19	6.95±0.3.0	11.52±0.41 ^c
	생존율(%)	100	60.0±2.0	49.0±3.5 ^d
15	전 장(mm)	4.21±0.25	6.26±0.25	10.92±0.29 ^{ab}
	생존율(%)	100	59.5±3.0	41.0±4.0 ^c
30	전장(mm)	4.28±0.21	5.52±0.21	7.55±0.39 ^a
	생존율(%)	100	41.0±2.5	18.0±3.5 ^a

3) Rotifer 공급량에 따른 자어의 성장 및 생존율

Rotifer의 공급량에 따른 자어의 성장과 생존 실험은 사육 10일된 자어(전장 4.18~4.29mm)를 대상으로 20일간 실험하였다. 실험에 사용된 rotifer는 S-type으로 20ton 콘크리트 사각수조



에서 $28 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 로 *C. ellipsoidea*와 유지효모로 배양한 것을 사용하였으며 50 μm net로 수확하여 깨끗이 세척한 후 1일 2회(10:00, 17:00) 먹이로 공급하였다. 실험구는 5, 10, 20, 30개체/ml의 4구간으로 설정하였으며 자어는 지수식으로 사육하였고 매일 100l씩 환수하여 실험한 결과 전장의 성장은 rotifer 밀도가 10개체/ml 실험구에서 11.89mm로 성장이 매우 좋았으나 30개체/ml와 5개체/ml인 실험구에서는 전장이 각각 8.40mm와 8.75mm로 매우 저조하였다. 생존율의 경우는 모든 실험구에서 생존율이 낮게 나타났으나 10개체/ml의 실험구에서 48.0%로 비교적 양호하였다(〈표 7〉). 또한 실험기간동안 rotifer 공급량이 가장 적었던 5개체/ml 실험구에서는 공식현상이 나타나는 것이 관찰되었다.

〈표 7〉 Rotifer 공급량에 따른 자어의 성장 및 생존율

Rotifer 공급량(개체/ml)		사육기간(일)		
		0	10	20
5	전장(mm)	4.18 \pm 0.18	6.53 \pm 0.31	8.75 \pm 0.29
	생존율(%)	100	54.5 \pm 3.5	31.0 \pm 3.0
10	전장(mm)	4.23 \pm 0.24	6.92 \pm 0.19	11.89 \pm 0.32
	생존율(%)	100	63.0 \pm 3.5	48.0 \pm 5.5
20	전장(mm)	4.25 \pm 0.18	6.30 \pm 0.25	9.52 \pm 0.19
	생존율(%)	100	58.5 \pm 3.5	37.0 \pm 5.5
30	전장(mm)	4.29 \pm 0.29	5.45 \pm 0.29	8.40 \pm 0.30
	생존율(%)	100	46.5 \pm 4.5	21.5 \pm 4.0

6. Rotifer와 artemia의 영양강화 효과

*C. ellipsoidea*로 배양한 rotifer와 갯 부화한 artemia를 외국산 유화oil인 Super selco로 영양강화시켜 자어의 성장과 생존을 알아보았다. Rotifer 영양강화 실험은 사육 10일, artemia 영양강화 실험에는 사육 20일이 지난 자어를 사용하여 20일간 실시하였다. Rotifer에 대한 영양강화는 양과 시간은 rotifer 10⁶ 개체 당 유지효모 0.3g과 Super selco 1g을 각각 16시간과 5시간

영양 강화하였다. Artemia nauplius에 대한 영양강화는 cyst 1g당 유지효모 1.5g과 Super selco 1g으로 부화직후 5시간 동안 영양 강화시켰다. Rotifer의 경우 10개체/ml, artemia는 3개체/ml였으며 1일 2회 공급하여 성장과 생존율을 조사한 결과 rotifer의 경우 전장과 체중은 영양강화를 시키지 않은 실험구에 비하여 Super selco로 영양 강화시킨 실험구에서 각각 13.0mm와 12.7mg로 더 좋게 나타났다. 생존율의 경우는 Super selco로 영양 강화시킨 실험구에서 48.0%로 영양강화를 하지 않은 실험구에 비하여 높게 나타났다.

Artemia의 경우는 Super selco로 영양 강화한 실험구에서 전장과 체중은 영양강화를 하지 않은 실험구와 큰 차이를 보이지 않았으나 생존율은 영양 강화한 실험구들이 영양강화를 하지 않은 실험구에 비하여 매우 높게 나타났다(〈표 8〉).

〈표 8〉 초기 먹이생물의 영양강화에 따른 붉은쏨뱅이 자어의 성장과 생존율

실험구	실험기간		실험결과		생존율 (%)
	전장 (mm)	체중 (mg)	전장 (mm)	체중 (mg)	
Rotifer	4.21 \pm 0.30	1.1	10.9 \pm 0.27	10.5	39.5
Rotifers + Super selco	4.20 \pm 0.25	1.1	13.0 \pm 0.25	12.7	47.5
Artemia	6.22 \pm 0.35	1.8	14.7 \pm 0.52	13.9	56.5
Artemia + Super selco	6.25 \pm 0.20	1.8	16.1 \pm 0.33	14.4	65.0

rotifers fed on *C. ellipsoidea*

III. 결론

새로운 양식대상종인 붉은쏨뱅이(*Sebastiscus tertius*)의 인공종묘생산기술을 개발하기 위하여 생식년주기, 초기생활사, 자치어사육 및 최적사육 환경을 조사하였다.

암컷의 생식소 중량지수(GSI)는 5월에는 암수 각각 10.84 ± 2.72 , 0.17 ± 0.45 로 연중 가장 높은 값을 나타내었으며, 간중량지수(HSI)는 자어출산시기인 4월과 5월에는 낮은 값을 보였다. 이것으로 보아 암컷의 출산시기는 4월에서 6월 초순까지로 주 출산시기는 5월이며, 수컷(전장: 19.0~50.2cm)의 성숙 및 교미시기는 10월에서 12월로 나타났다.

친어의 전장과 중량별 출산량을 알아본 결과 실험어의 평균전장은 37.28 ± 6.52 cm, 평균체중은 $1,116.5 \pm 251.0$ g로 체내 자어량은 296,648개체였으며 전장 45cm이상, 체중 2,000g이상의 친어에서 600,000개체 이상의 많은 자어를 가지고 있었다. 또한 친어의 정상출산율은 약 50% 정도로 나타났다.

초기 먹이생물의 공급시기는 입크기와 다른 요인들을 기준으로 판단했을 경우 rotifer는 출산 2일부터 크기가 작은 개체의 섭취가 가능하였으며, 공급기간은 약 35일간으로 비교적 길었다. Artemia의 섭취는 사육 25일 전후부터 가능하였으며 급기간은 약 20일로 다른 어종과 비슷하였다. 그리고 배합사료의 급이는 사육 10일경부터 공급하는 것이 적당할 것으로 판단된다.

수온별 자어의 성장과 생존율은 성장의 경우 수온 23°C에 전장 10.80mm로 가장 좋게 나타났

으며 고수온인 26°C에서 8.30mm 매우 저조하였다. 생존율은 20°C에서 24.05%로 높게 나타났으며 고수온인 26°C에서는 7.0%로 매우 저조하였다. 이것으로 붉은썸뱅이 자어의 최적수온은 29~23°C 정도로 판단된다.

자어 사육밀도별 성장과 생존율은 5~15개체/l인 실험구들에서 성장이 양호하였으며 30개체/l인 실험구에서는 매우 저조하였다. 생존율의 경우도 30개체/l의 실험구에서 18.0%로 매우 낮게 나타났으며 5~15개체/l인 실험구들에서 비교적 높은 생존율을 보였다.

Rotifer밀도별 자어의 성장과 생존율은 rotifer 밀도가 10개체/ml인 실험구에서 각각 11.92mm와 48.5%로 가장 높게 나타났다. 그러나 먹이공급량이 적은 5개체/ml인 실험구에서는 공식현상이 관찰되었고 30개체/ml인 실험구에서는 전장과 생존율이 각각 8.40mm와 21.5%로 매우 가장 저조하였다.

붉은썸뱅이 인공종묘생산시 자어의 초기성장은 비교적 느린 것으로 나타났는데 먹이생물을 영양 강화했을 때 성장이 향상되는 것으로 보아 영양 강화가 필수적인 것으로 판단된다.

(원고 접수일 1999. 9. 7)

참고문헌

- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino, 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago. Tokai University Press, 437pp.
- 金京敏·姜龍珍·金聖喆, 1997. 썸뱅이 種苗生産技術開發 試驗. 남해수산연구소 사업보고서, 1997 : 489-493.
- 玄忠勳·盧暹, 1996. 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 초기 성장에 관한 연구. 韓國養殖學會誌 9(1): 25-42.
- 朴勝·盧暹·金相根, 1993. 조피볼락, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf)의 仔魚出産과 初期成長. 수진연구보고 47: 45-57.
- 趙成煥, 1993. 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 仔·稚魚의 먹이 生物學的研究. 釜山水産大學校碩士學位請求論文, 80pp.
- 김광수·임상구·한경호·오성현·노병율, 1998. 붉은썸뱅이, *Sebastes tertius* Barsukov et Chen)의 초기 생활사. 1. 난의 형태 및 산출자치어의 성장에 따른 형태 발달. 한국양식학회지, 12(1):15-24.
- 배희찬·정상철·이정재·이영돈, 1998. 제주산 썸뱅이 (*Sebastes marmoratus*)의 생식년주기와 체내자어 발달. 한수지, 31(4):489-499.
- 변순규·김병학·한석중·문영봉, 1997. 황점볼락, *Sebastes oblongus*의 출산과 자치어 사육. 수진연구보고, 53:81-88.
- 한국동물분류학회, 1997. 한국동물명집(곤충제외). 도서출판 아카데미서적, 서울, 489pp.