

양식산 참조기 및 수조기 미성어의 계절별 성장 경향과 저수온 내성 특성

강희웅* · 강덕영 · 한현섭 · 조기채¹

국립수산과학원 서해수산연구소, ¹국립수산과학원 남동해수산연구소

Growth and Cold Temperature Tolerance of Cultured Juvenile Small Yellow Croaker, *Larimichthys polyactis* and Yellow Drum, *Nibea albiflora* by Hee-Woong Kang*, Duk-Young Kang, Hyon-Sob Han and Kee-Chae Cho¹ (West Sea Fisheries Research Institute, Incheon 400-420, Korea; ¹Southeast Sea Fisheries Research Institute, Tongyeong 650-943, Korea)

ABSTRACT In the present study, we investigated the characteristic of growth and the tolerance of cold temperature in small yellow croaker and yellow drum. The results shows that the growth of yellow drum were faster than those of small yellow croaker with high food convergency efficiency. In condition factor (CF), the results shows that the values of yellow croaker and yellow drum were significantly higher in September, respectively. In mortality according to cold shock, two fishes was died under 4.7°C in slow temperature descending test, but was both died under 9°C in acute temperature descending test.

Key words : Small yellow croaker, yellow drum, growth, cold shock

서 론

우리나라 서해 특산어종인 조기류는 예로부터 사람의 기운을 돕는 생선으로 조기(助氣)라 불리고 있으며, 종류로는 참조기(*Larimichthys polyactis*), 수조기(*Nibea albiflora*), 부세(*Larimichthys crocea*)가 있다. 참조기와 부세는 형태적으로 유사하여 두 종을 혼동하는 경우가 있다(국립수산과학원, 2005). 참조기는 “영광굴비”, “추자도굴비” 등의 브랜드로 개발되어 지역 특산품으로 큰 소득원이 되고 있어 부가가치가 매우 높은 어종이다. 그리고, 수조기는 참조기에 비해 어획량은 적으나 대형 종으로 체중이 1kg까지 성장하며, 성장이 빠르고, 활어로 취급이 쉬워 체장 30~45cm로 양성하면 횡감용 수요뿐만 아니라 제수용 생선으로 인기가 높을 것으로 기대되고 있다.

참조기는 서해안에서 산란 이후 가을철에 남하하여 12월부터 이듬해 3월까지 황해 중·남부로부터 동중국해의 길

은 수심에서 월동하며(해양수산부, 2006), 수조기는 가을이 되면 남하하기 시작하여 제주도 서쪽 해역에서 월동하는 것으로 알려져 있다(과학기술처, 1993). 참조기에 관한 국내 연구는 연령과 성장(정, 1970; 황과 최, 1980; 김 등, 2006), 성숙과 산란(박, 1981), 어장 분포와 해황(양과 조, 1982), 계군분석(허 등, 1992; Kim *et al.*, 2010; Kim *et al.*, 2012), 번식생태(강 등, 2006; 강 등, 2009; Lim *et al.*, 2010a), 난발생 및 자치어 형태(명 등, 2004), 종묘생산 기술개발(해양수산부, 2006), 정자보존(Lim *et al.*, 2010b) 및 자연산과 양식산의 영양분석(강 등, 2010) 등의 연구가 수행되었다. 국외에서는 계군분석(Wang *et al.*, 2009), 유전적 다양성(Xiao *et al.*, 2009)의 일부 연구가 있을 뿐이다. 수조기에 관한 국내 연구는 종 조성(허와 안, 2002), 기생 흡충류(김 등, 2001), 발음과 주음성(김, 1978)이 있으며, 국외에서는 난발생(Ide *et al.*, 2000), 성장과 체조성에 관한 단백질 함량(Han *et al.*, 1994)의 보고가 있을 뿐이다. 실제 양식에 필요한 대상종의 생물 특성에 대한 적정 양성 조건에 관한 연구는 없다.

현재 참조기, 수조기 등 조기류 양식은 제주도의 육상수조식과 전남 여수, 경남 통영의 해상가두리에서 일부 양식되고 있다. 그러나 우리나라 연안의 겨울철 수온은 참조기

*교신저자: 강희웅 Tel: 82-32-745-0714, Fax: 82-32-745-0619, E-mail: hwgang@nfrdi.go.kr

를 포함한 참돔, 감성돔, 돌돔 등 온대성 어류의 양식 저해 요인 및 월동 제한요인으로 작용하여 양식어종의 다양화에 걸림돌이 되고 있다. 대부분의 어종은 10°C 이상의 월동수온을 요구하기 때문에 연중 양식이 어렵고 겨울철 생리적인 장애로 대량폐사의 원인이 된다(농림수산식품부, 2008). 조기류가 돔류와 같이 온대성 어류로 겨울철 양식에 어려움이 있을 것으로 판단되어 저수온 내성 특성을 파악하는 것은 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 서해 특산어종인 조기류 양식시 적정 양성관리 조건을 구명하기 위한 연구의 일환으로 인공사육 조건에서 종의 생물학적 특성을 연간 성장 경향과 동절기 저수온기에 참조기와 수조기의 완전한 수온 하강이 생존에 미치는 영향을 조사하여 저수온에 대한 생물학적 반응을 밝히고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험어 사육 및 성장 측정

실험어는 2007년 5~6월에 국립수산물과학원 서해수산연구소 양식시험센터에서 자연산란에 의해 생산된 미성어로 실험기간은 2007년 12월 1일~2008년 12월 9일까지 1년간 실시하였다. 실험개시 실험어 크기는 참조기 평균 전장 14.1±0.1 cm(체중 29.9±1.0 g), 수조기 평균 전장 14.1±0.1 cm(체중 30.9±0.8 g)이었다. 사육밀도는 원형 콘크리트수조 Ø4.75 m×h 1 m(수용적 10 m³) 2개 수조에 20마리/m³ 밀도로 각각 200마리를 수용하였다. 사육수는 모래여과 해수를 이용하여 유수사육하였으며, 1일 5~6회전되도록 환수하였다. 사육환경은 수온의 경우 12.0~25.7°C로 월동기인 1~4월에는 가온사육하였으며, 고수온기인 7~8월에는 냉각기를 가동하여 26.0°C 이하로 유지하였다. 염분은 30.3~32.2 psu의 범위였으며(Fig. 1), DO는 5.19~8.23 mg/L(평균 6.79)이었다. 먹이는 천하제일사료(社) 시판용 넙치 부상사료(조단백질 50% 이상, 조지방 8% 이상, 조섬유 3.0% 이하, 조회분 17% 이하, 칼슘 1.2% 이상, 인 2.7% 이하)를 1일 2회(09:00, 16:00) 만복으로 공급하였다.

성장은 1개월 간격으로 실험구별 30마리를 무작위 채집하여 전장, 체중을 측정하였고 일간길이성장률(dGRL: daily growth rate for total length, %=[최종길이-최초길이]/[최초길이×사육일수]×100), 일간중량성장률(dGRW: daily growth rate for body weight, %=[최종체중-최초체중]/[최초체중×사육일수]×100), 비만도(condition factor: CF=체중×100/전장³)를 구하였다. 일간 사료 공급량을 바탕으로 사료계수(feed conversion ratio: FCR=[어체의 습중량 증가량/전조사료 섭취량]×100), 개체당 일간 사료섭식량(daily food intake: DFI, g/fish/day=소비된 건조사료 중량/[사육일수×개체수])

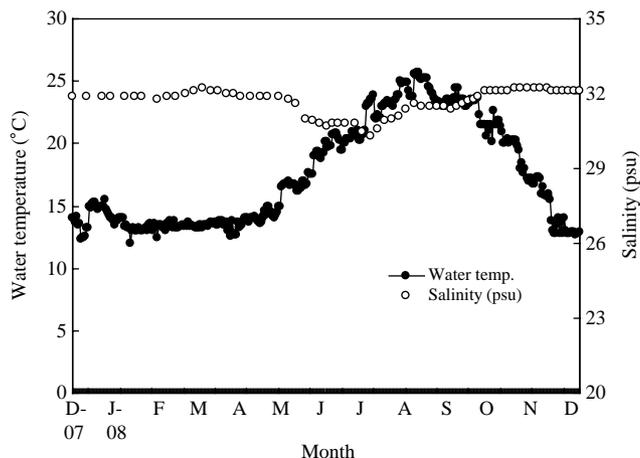


Fig. 1. Seasonal change of water temperature and salinity during rearing experiment period (from December, 2007 to December, 2008).

을 계산하였고, 생존율은 매일 폐사한 개체를 조사하여 누적폐사율로 계산하였다.

2. 저수온 노출 실험

참조기 미성어의 저수온 노출에 대한 영향을 알아보기 위해, 동절기 65일간(2007년 11월 15일부터 2008년 1월 18일까지) 사육수를 자연 수온에 지속적으로 노출시켜 14.7°C에서부터 2.3°C까지 떨어뜨렸으며, 그 기간 동안 생존율을 조사하였다. 실험어의 크기는 전장 12.6±0.2 cm, 체중 19.4±0.9 g이었으며, 1톤 FRP 사각수조에 30마리를 수용하여 유수식(5회전/1일)으로 사육하였다.

수조기 미성어의 저수온 노출에 대한 영향 실험은 동절기 25일간(2008년 12월 10일부터 2009년 1월 3일까지) 인위적으로 수온을 14.0°C에서 2일에 1°C씩 8일간 낮춘 다음 생존에 미치는 영향을 조사하였다. 실험어의 크기는 전장 13.1±0.3 cm, 체중 22.1±1.2 g이었으며, 1톤 FRP 사각수조에 30마리를 수용하여 유수식(5회전/1일)으로 사육하였다.

결 과

1. 참조기와 수조기 미성어 2종의 성장 특성

1) 성장

전장은 참조기 미성어의 경우, 실험개시시의 15.1±0.1 cm에서 3개월 후 15.4±0.2 cm, 6개월 후 16.9±0.2 cm, 9개월 후 19.2±0.2 cm, 실험종료시인 12개월 후 21.1±0.3 cm이었고, 수조기는 실험개시시의 14.1±0.1 cm에서 3개월 후 15.1±0.2 cm, 6개월 후 16.8±0.2 cm, 9개월 후 21.6±0.2 cm, 12개월 후에 24.0±0.3 cm으로 6개월까지는 비슷한 성장을 보

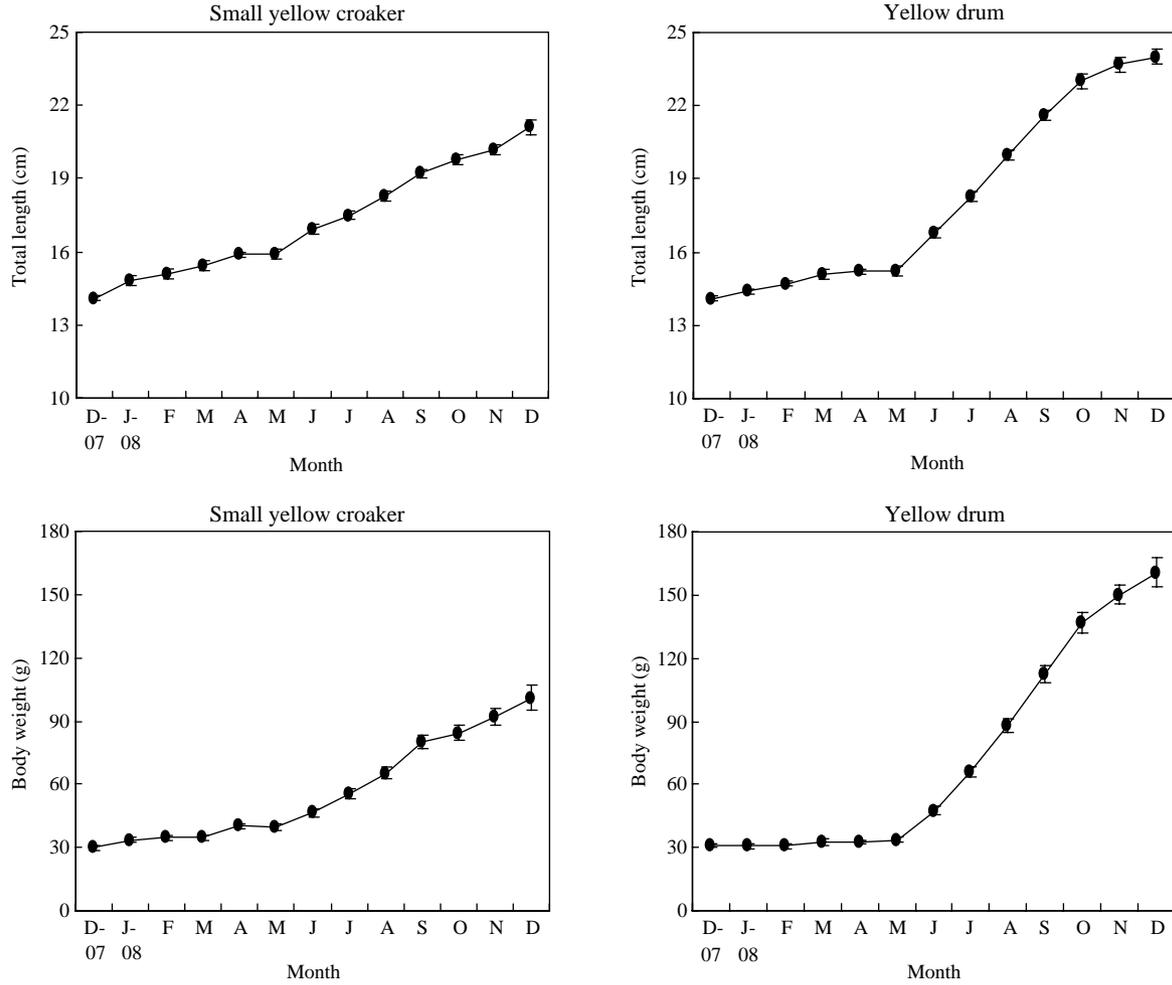


Fig. 2. Seasonal change of growth of juvenile small yellow croaker and yellow drum from December, 2007 to December, 2008.

였으나 9개월 이후부터는 성장차이가 나타났다(Fig. 2). 체중은 참조기의 경우, 실험개시시의 29.9 ± 1.0 g, 3개월 후 34.6 ± 1.2 g, 6개월 후 46.4 ± 1.9 g, 9개월 후 80.0 ± 3.0 g, 실험종료시인 12개월 후 101.0 ± 5.7 g이었고, 수조기는 실험개시시에 30.9 ± 0.8 g, 3개월 후 32.6 ± 1.3 g, 6개월 후 47.4 ± 1.9 g, 9개월 후 112.6 ± 3.9 g, 12개월 후 160.8 ± 6.8 g으로 전장과 비슷하게 수조기가 빠른 성장을 보였다(Fig. 2). 증중량은 참조기가 71.1 g, 수조기가 129.9 g으로 나타났다. 실험기간동안 일간길이성장률(dGRL)은 참조기가 0.13%, 수조기가 0.19%였고, 일간중량성장률(dGRW)은 참조기가 0.64%, 수조기가 1.16%를 나타냈다(Table 1).

2) 비만도(CF), 개체당 일간 사료 섭취량(DFI), 사료계수(FCR)

비만도는 참조기의 경우, 실험개시시에 15.7 ± 0.4 에서 3개월 후 15.8 ± 0.3 , 6개월 후 14.9 ± 0.2 , 9개월 후 19.6 ± 0.4 , 실험종료시인 12개월 후 15.9 ± 0.4 로 실험기간동안 14.9~19.6의 범위를 보였으며 9월에 가장 높은 값을 보였다. 수조

Table 1. Growth, feed utilization and survival of sub-adult small yellow croaker and yellow drum from December, 2007 to December, 2008 (Mean \pm SE)

Measurements	Small yellow croaker	Yellow drum
Initial body length (cm)	14.1 ± 0.1	14.1 ± 0.1
Final body length (cm)	21.1 ± 0.3	24.0 ± 0.3
Initial body weight (g)	29.9 ± 1.0	30.9 ± 0.8
Final body weight (g)	101.0 ± 5.7	160.8 ± 6.8
dGRL (%)	0.13	0.19
dGRW (%)	0.64	1.16
Weight gain (g/fish)	71.1	129.9
Food conversion ratio	2.20	1.34
Condition factor	15.9 ± 0.4	17.7 ± 0.4
Survival rate (%)	86.5	85.0

기는 실험개시시에 18.9 ± 0.3 에서 3개월 후 16.7 ± 0.3 , 6개월 후 16.5 ± 0.2 , 9개월 후 18.4 ± 0.4 , 실험종료시인 12개월 후 17.7 ± 0.4 로 실험기간동안 15.8~18.9로 참조기와 같이 9월에 높게 나타났다(Fig. 3).

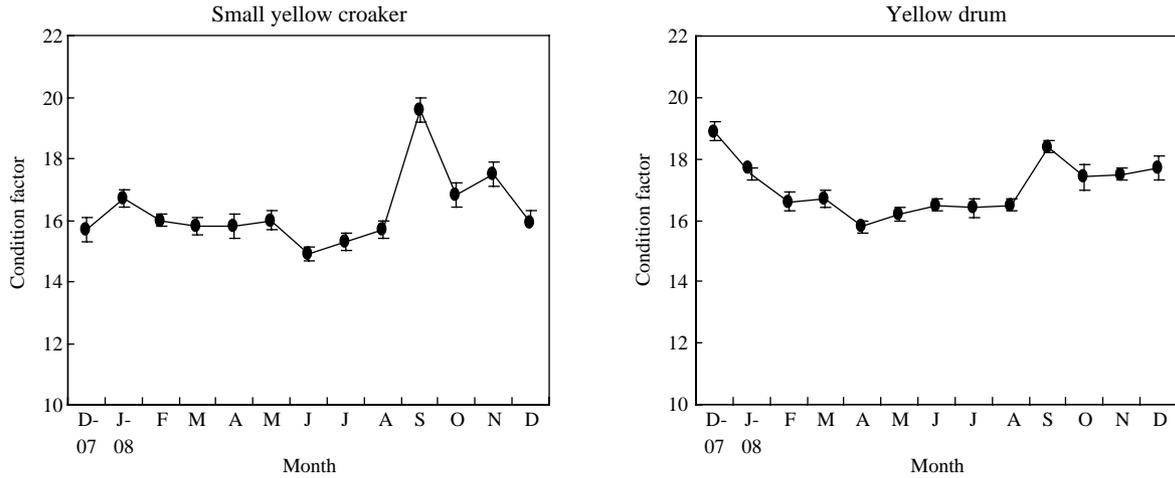


Fig. 3. Seasonal change of condition factors of juvenile small yellow croaker and yellow drum from December, 2007 to December, 2008.

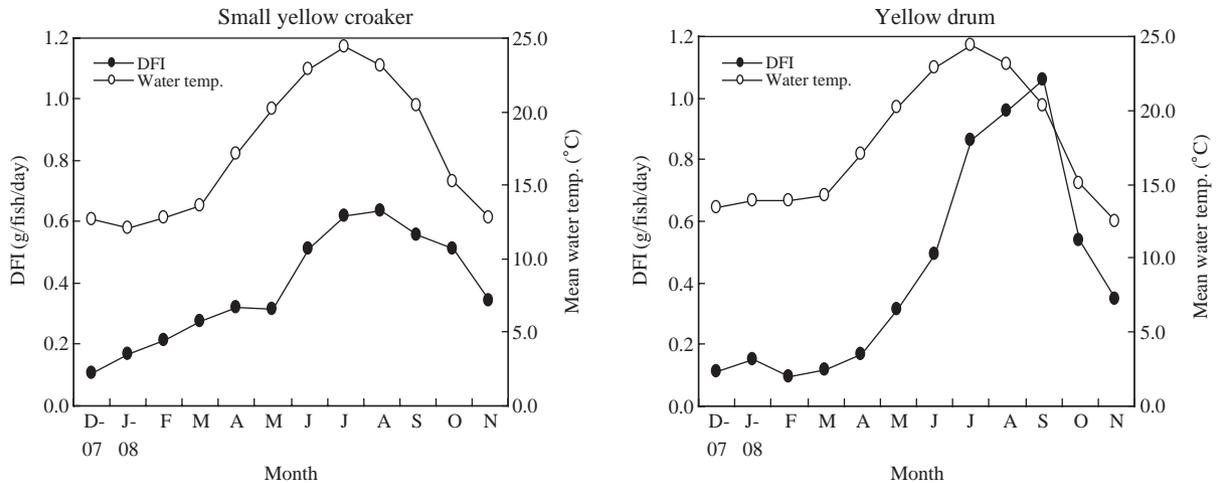


Fig. 4. Seasonal change of daily food intake (DFI) of juvenile small yellow croaker and yellow drum following from December, 2007 to December, 2008.

개체당 일간 사료 섭취량은 참조기의 경우 실험기간동안 0.11~0.64 g/fish로 나타났으며, 1월부터 증가하기 시작하여 평균수온이 23.1°C인 9월에 0.63 g/fish으로 최대값을 보인 후 수온하강과 더불어 10월부터는 하강하여 실험종료시에는 0.35 g/fish으로 낮아졌다. 수조기는 실험기간동안 0.10~1.06 g/fish로 나타났으며, 1월부터 증가하기 시작하여 평균수온이 20.4°C인 10월에 1.06 g/fish으로 최대값을 보인 후 11월부터 급격히 낮아졌다(Fig. 4). 실험기간동안 사료계수는 참조기가 2.20, 수조기가 1.34로 나타났다(Table 1).

3) 생존율

사육기간 1년 동안 생존율은 참조기의 경우, 6개월째에 98.5%, 실험종료시 최종 86.5%였으며, 수조기는 6개월째에 99.5%, 실험종료시 최종적으로 85.0%로 비슷하게 나타났

다(Fig. 5).

2. 저수온 노출 영향

참조기 미성어(전장 12.6±0.2 cm, 체중 19.4±0.9 g)를 사육수온(14.7°C)에서 자연수온에 순차적으로 노출시키면서 65일간 사육했을 때 49일째 4.3°C에서도 100% 생존하였으나, 저수온에 장기간 노출되었을 때 52일째(4.7°C)부터 폐사가 발생하기 시작하여 63일째인 3.6°C에서는 생존율이 66.7%, 64일째인 2.7°C에서는 43.3%, 65일째인 2.3°C에서 전량 폐사하였다(Fig. 6). 수조기 미성어(전장 13.1±0.3 cm, 체중 22.1±1.2 g)를 사육수온(14°C)에서 2일에 1°C씩 낮추어 자연수온에 순차적으로 노출시키면서 25일 동안 사육했을 때 4.6°C 이상에서는 100% 생존하였으나, 25일째 4.0°C

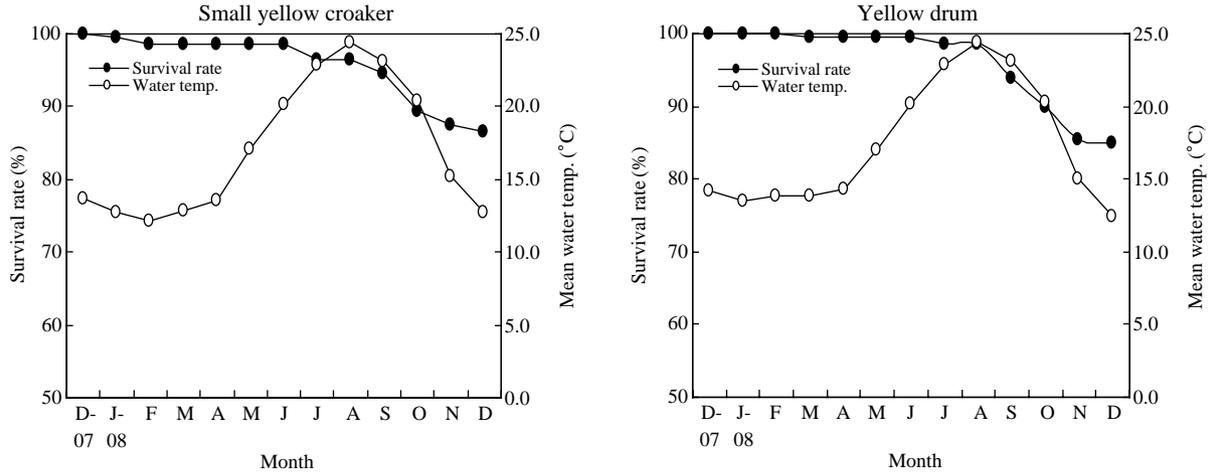


Fig. 5. Seasonal change of survival rate of juvenile small yellow croaker and yellow drum following from December, 2007 to December, 2008.

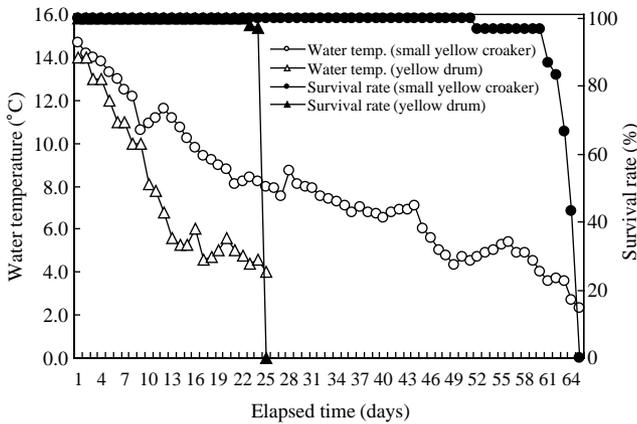


Fig. 6. Influence of cold temperature on survival of sub-adult small yellow croaker and the yellow drum for 65 days.

로 하강되었을 때 전량 폐사가 나타났다(Fig. 6).

고찰

본 연구에서 참조기의 성장은 부화 후 6개월된 미성어를 서해안의 육상수조에서 1년간 사육하여 부화시기부터 총 18개월만에 평균전장이 21.1±0.3 cm(체중 101.0±5.7 g)로 증가되었고, 서해 자연산 참조기의 경우, 2년생이 22.4 cm로 성장하여(정, 1970), 본 연구의 전장 성장과 비슷하여 사육기간을 고려하면 양식산 참조기의 성장이 자연산보다 빠르게 나타났다. 자연산 2년생이 전장 21.5 cm일 때 체중이 85.2 g으로 계산되어(정, 1970) 동일크기에서 자연산보다 양식산 참조기의 체중이 높게 나타났다. 또한 2년생 황해 동지나해산 참조기의 전장 20.9 cm(황과 최, 1980) 및 우리나라

라 연근해 2년생 참조기의 평균크기인 21.7 cm(과학기술처, 1991)와도 본 연구결과의 성장과 비슷하여 사육기간을 고려하면 자연산보다 양식산 참조기의 성장이 빠르게 나타났으며, 이것은 자연조건보다 수온 및 먹이조건이 양호했기 때문이라 사료된다. 참조기의 증중량은 본 연구에서는 양식산(평균체중 29.9±1.0 g)을 이용하여 1년간 사육했을 때 평균체중 101.0±5.7 g으로 평균 71.1 g이 증가한 반면, 자연산(평균체중 48.0±9 g)을 이용하여 해상가두리에서 8개월간 사육했을 때 162.0±23 g으로 성장하여 평균 114 g이 증가하였다(과학기술처, 1991). 해상가두리 사육 참조기의 증중량이 높은 원인은 본 연구에서 배합사료만을 단독 공급하였으나 생사료 위주로 공급하였기 때문이라 판단된다. 수조기의 성장은 본 연구에서 양식산 미성어를 이용하여 육상수조에서 1년간 사육하여 부화 개체부터 총 17개월만에 평균전장이 24.0±0.3 cm(체중 160.8±6.8 g)로 성장하여, 자연산 수조기 2세어의 전장 23~24 cm(과학기술처, 1993)와 비슷하게 나타나, 참조기와 마찬가지로 사육기간을 고려했을 때 양식산 수조기가 빠른 성장을 보였다.

개체당 일간 사료 섭취량은 본 연구에서 참조기의 경우 9월까지 증가한 후 10월부터 하강하였고, 수조기는 10월까지 증가하고 11월부터 하강하여 2종 모두 비슷한 경향을 보였는데 이는 체중 증가에 따른 섭취량의 변화와 수온하강에 따른 원인으로 판단된다.

비만도는 본 연구에서 양식산 참조기의 경우 14.9~19.6 이었으며, 자연산 참조기는 13.0~16.3(과학기술처, 1993)으로 양식산이 자연산에 비해 높은 값을 나타내었다. 본 연구에서 수조기는 15.8~18.9이었으며, 참조기와 같이 9월에 높은 값을 나타냈다. 사료계수는 본 연구에서 전 사육기간 중 양식산 참조기가 2.20, 수조기가 1.34로 참조기에서 높게 나타났으며, 자연산 수조기를 이용한 해상가두리 양식에서

는 1.6~8.8로 나타나 해상가두리에서는 저수온기에 높은 값을 보였다(과학기술처, 1993).

육상사육수조에서 1년간 사육기간동안 양식산 참조기와 수조기의 생존율은 각각 86.5%, 85.0%로 비슷하게 나타났으며, 대부분의 폐사발생은 성장조사를 위한 계측작업이나 수조변경에 따른 상처발생 및 세균감염으로 사망하였다.

서해 중부해역의 해상가두리에서 양식하는 어종은 조피볼락, 가숭어, 쥐노래미 등으로 동절기 저수온 충격에 상대적으로 강한 내성을 가지고 있지만(강 등, 2009), 월동기 한파조건과 같이 단기간에 사육수온에서 급격히 수온을 하강시키면 스트레스 관련 생체지수의 변화와 갑상선과 같은 내분비적 변동이 일어나 양식어류의 대량폐사 원인이 되고 있다(강 등, 2007).

급격한 저수온 노출에 따른 24시간동안 참조기 미성어의 생존율은 사육수온(13°C)에서 4°C 낮춘 9°C까지는 폐사가 없었으나 7°C에서는 90%, 5°C 이하에서는 전량폐사하여 생존율 측면에서 저수온 임계치는 9°C로 판단되었다(해양수산부, 2006). 완만한 수온하강의 영향은 참조기 미성어의 경우, 사육수온(14.7°C)에서 자연수온의 변화에 따라 사육했을 때 52일째인 4.7°C부터 폐사가 발생하였고, 65일째 2.3°C에서 전량 폐사하였다. 수조기 미성어는 사육수온(14°C)에서 저수온의 변화에 노출되었을 때 4.6°C 이상에서는 폐사가 없었으나, 25일째인 4.0°C로 하강되었을 때 전량 폐사하여 수조기보다는 참조기가 저수온 내성이 높게 나타났다.

자연산 참조기와 수조기의 경우, 저수온기에는 월동장으로 이동하여 서식하지만 해상가두리나 육상수조 양식장의 제한된 사육공간에서는 적정 월동수온 구멍이 매우 중요하다. 서해 중부해역의 연안 수온은 1~2월 중 최저수온이 1°C까지 하강하므로 해상가두리에서 참조기와 수조기의 사육은 불가능하며, 월동기 수온이 10°C 전후인 남해안의 통영, 여수(거문도) 등의 지역에서만 연중 해상가두리 양식이 가능할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물품질관리원 수산시험연구과제인 수산생물 종보존 및 복원(RP-2012-AQ-013)의 지원에 의해 수행되었습니다.

요 약

본 연구는 조기류(참조기, 수조기)의 양식생물학적 기초 자료를 확보하고자 육상수조에서의 성장 특성 및 저수온 노출에 대한 영향을 조사하였다. 1년 사육기간동안 수조기

가 참조기에 비해 성장이 빨랐고, CF는 모두 9월에 가장 높게 나타났으며, DFI는 모두 9~10월에 최대값을 보인 후 낮아졌다. 사료계수는 참조기가 2.20, 수조기가 1.34였다. 완만한 수온 하강에 대한 영향은 참조기와 수조기 미성어 모두 4.7°C 이하에서 폐사가 발생하였으며, 조기류 월동의 임계수온은 9°C로 나타났다.

인 용 문 헌

- 강덕영 · 조기채 · 이진호 · 강희웅 · 김효찬 · 김규희. 2006. 자연산 암컷 참조기, *Larimichthys polyactis*의 생식년주기. 한국양식학회지, 19: 188-196.
- 강덕영 · 강희웅 · 김규희 · 조기채 · 김효찬. 2007. 월동기 저수온 충격에 따른 양식산 가숭어 *Mugil haematocheilus*의 생리 생화학적 반응. 한국수산물학회지, 40: 226-233.
- 강덕영 · 조기채 · 이진호 · 강희웅 · 김규희 · 김효찬. 2009. 자연산 수컷 참조기 *Larimichthys polyactis*의 생식년 주기. 한국양식학회지, 22: 5-10.
- 강희웅 · 전제천 · 강덕영 · 조기채 · 최기호 · 김규희. 2009. 동갈돔, *Hapalogenys nitens* 난과 자치어의 생존 및 성장에 미치는 저염분 및 저수온의 영향. 한국어류학회지, 21: 158-166.
- 강희웅 · 심길보 · 조영제 · 강덕영 · 조기채 · 김종화 · 박광재. 2010. 자연산과 양식산 참조기의 식목학적 품질평가. 한국수산물학회지, 43: 18-24.
- 김상한. 1978. 몇가지 어류 및 갑각류의 발음과 주음성에 관한 연구. 한국어업기술학회지, 14: 15-36.
- 김영길 · 이대섭 · 박성우. 2001. 한국 연안산 어류에 기생하는 흡충류 4종. 한국어병학회지, 14: 21-30.
- 김영혜 · 이선길 · 이재봉 · 이동우 · 김영섭. 2006. 한국 남해 참조기의 연령과 성장. 한국어류학회지, 18: 45-54.
- 과학기술처. 1991. 조기류의 생산기술 연구(I). 한국해양연구소, 167pp.
- 과학기술처. 1993. 조기류의 생산기술 연구(III). 한국해양연구소, 309pp.
- 국립수산물품질관리원. 2005. 읽을수록 재미있는 수산물 이야기 수변정답. 국립수산물품질관리원, 187pp.
- 농림수산식품부. 2008. 남해안 가두리양식장 돔류 월동 사육기술 개발. 농림수산식품부, 224pp.
- 명정구 · 김용익 · 박용주 · 김병기 · 김종만 · 허형택. 2004. 실내수조에서 사육한 참조기 배발생 및 자치어의 형태. 한국수산물학회지, 37: 474-484.
- 박차수. 1981. 한국 서해산 참조기의 성숙과 산란. 수진연구보고, 27: 93-101.
- 양석기 · 조규대. 1982. 동지나해, 황해의 참조기 어장분포와 해황의 관계. 한국수산물학회지, 15: 6-34.
- 정상철. 1970. 한국 서해안 참조기의 연령과 성장. 한국수산물학회지, 3: 154-160.
- 황번일 · 최수하. 1980. 황해 동지나해산 참조기의 연령과 성장. 수진연구보고, 23: 171-178.

- 허성희 · 안용탁. 2002. 가덕도 주변 해역 어류의 종조성과 계절 변동 - 삼각망에 의해 채집된 어류 -. 한국수산학회지, 35: 366-379.
- 허회권 · 황규린 · 이영철 · 장정순. 1992. 황해산 참조기 (*Pseudosciaena polyactis*)의 계군 분석을 위한 분자생물학적 방법 검토. 한국수산학회지, 25: 474-484.
- 해양수산부. 2006. 참조기 인공종묘생산 기술개발. 해양수산부, 203pp.
- Kim, J.K., G.S. Min, M.G. Yoon, Y.H. Kim, J.H. Choi, T.Y. Oh and Y. Ni. 2012. Genetic structure of *Larimichthys polyactis* (Pisces: Sciaenidae) in the Yellow and East China Seas inferred from microsatellite and mitochondrial DNA analyses. *Animal Cells and Systems*, 1: 1-8
- Kim, J.K., Y.H. Kim, M.J. Kim and J.Y. Park. 2010. Genetic diversity, relationships and demographic history of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* (Pisces: Sciaenidae) from Korea and China inferred from mitochondrial control region sequence data. *Animal Cells and Systems*, 1: 45-51
- Han, K.N., T. Yoshimatsu, S. Matsui, M. Furuichi and C. Kitajima. 1994. Effect of dietary protein level on growth and body composition of Croaker, *Nibea albiflora*. *SUSANZOSHOKU*, 42: 427-431.
- Ide, K., K.N. Han and T. Yoshimatsu. 2000. Early development of laboratory-reared Yellow Croaker, *Nibea albiflora*. *J. Fac. Agr., Kuushu Univ.*, 45: 109-123.
- Lim, H.K., M.H. Le, C.M. An, S.Y. Kim, M.S. Park and Y.J. Chang. 2010a. Reproductive cycle of yellow croaker *Larimichthys polyactis* in southern waters off Korea. *Fish Sci.*, 76: 971-980
- Lim, H.K., B.H. Min, M.H. Jeong, B.N. Choi, M.H. Le and Y.J. Chang. 2010b. Cryopreservation of Semen in Dead Yellow Croaker, *Larimichthys polyactis*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 350-353.
- Wang, X.L., D.P. Li, X.G. Meng and X.M. Qiu. 2009. A panel of polymorphic EST-derived microsatellite loci for the small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*). *Conserv. Genet.*, 10: 1629-1631.
- Xiao, Y.S., Y. Zhang, T.X. Gao, T. Yanagimoto, M. Yabe and Y. Sakurai. 2009. Genetic diversity in the mtDNA control region and population structure in the small yellow croaker *Larimichthys polyactis*. *Environ. Biol. Fish.*, 85: 303-314.