

넙치(*Paralichthys Olivaceus*) 수정란 수송조건에 따른 생존율 및 부화율 조사

서종표 · 윤영석 · 김성현¹ · 이우재² · 이치훈³ · 이영돈^{4*}

영어조합법인 해연, ¹피쉬케어연구소, ²어업회사법인 주식회사 블루젠코리아, ³어업회사법인 씨알 주식회사, ⁴제주대학교 해양과학연구소

Investigation on the Survival and Hatching Rate of Fertilized Eggs in Olive Flounder *Paralichthys olivaceus* During Commercial Transport Conditions

Jong-pyo Suh, Young-seock Yoon, Sung-hyun Kim¹, Woo-jai Lee², Chi-Hoon Lee³ and Young-Don Lee^{4*}

Haeyeon fish farm, Jeju 63359, Korea

¹Fishcare laboratory, Jeju 63629, Korea

²BluGen Korea, Busan 40871, Korea

³CR Co., Ltd., Jeju 63333, Korea

⁴Marine Science Institute, Jeju National University, Jeju 63333, Korea

This study was investigated the survival and hatching rate of fertilized eggs in olive flounder *Paralichthys olivaceus* at water temperature, salinity, duration of transport and different stock densities during commercial transport. The observed optimal temperature during transport was 17.5°C similar to the natural environmental conditions. The proper salinity was observed to be at 33 psu (practical salinity unit) in both surviving and hatching rate. In terms of the duration of transport, there were no differences until 12 hours between survival and hatching rate, but shorter time of transport would be better. With the best conditions during transport, 20,000 eggs/L were handled in both survival and hatching rate. These results can be essential in the production and transport of healthy olive flounder seeds.

Keywords: Olive flounder, Fertilized eggs, Transport conditions, Survival rate, Hatching rate

서론

넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 우리나라에서 광어로도 불리는 대표적인 해산어 양식어종으로서, 연간 4만여 톤이 생산되고 있다(KOSIS, 2018). 넙치는 횡감으로 기호도가 매우 높아 국내시장은 물론 일본과 미국 등으로 수출하는 양식어류이다.

국내에서 넙치의 종자생산은 넙치의 수정란이 연중 생산되고 공급됨에 따라 연중 이루어진다. 대부분 넙치의 수정란은 제주에서 생산된다. 제주도는 화산섬으로 제주섬의 동부지역지질 구조 특성으로 바닷물이 지하로 스며들어 저장된 지하해수 자원이 풍부하다. 지하해수는 연중 수온 16-18°C, pH 7.4±0.2, 염분농도 33±1.0 psu를 유지하는 항상성과 청정성을 가진다(Park and Oh, 1996). 넙치 수정란을 생산한 어가는 항공운반

과 차량운반으로 수요어가에 공급한다. 수정란 수송과정에 수질 변화는 난질, 생존율 및 부화율에 영향을 준다(Garcia and Toledo, 1988). 난질과 폐사율은 종자생산 어가의 경제적 손익에 직접적인 요소이다. 수정란 수송 시 수질 변화에 노출될 경우 수정란의 대량 폐사가 발생하기도 한다. 이러한 환경 변화 시 수정란의 생리적 반응 및 폐사에 영향을 미치는 특정한 환경 스트레스 인자를 규정하는 것은 어려운 실정이다(Carneiro et al., 2009). 어류의 수정란과 자치어 생산어가는 운반과정에서 노출되는 수질환경을 관리하여 이들의 생존율을 높이는 것은 매우 중요한 일이다. 수정란과 자치어 운반시기 내 수질환경 요소 변화는 복합적이고 수용밀도 초과는 수질환경을 악화시킨다(Paterson et al., 2003; Jia et al., 2020; Vanderzwalmen et al., 2020). 어류의 수정란이나 자치어 운반에 따른 비용과 스

*Corresponding author: Tel: +82. 64. 783. 9260 Fax: +82. 64. 782. 8281

E-mail address: leemri@jejunu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0486>

Korean J Fish Aquat Sci 53(4), 486-491, August 2020

Received 24 June 2020; Revised 27 July 2020; Accepted 10 August 2020

저자 직위: 서종표(대표이사), 윤영석(연구원), 김성현(연구소장), 이우재(대표이사), 이치훈(대표이사), 이영돈(교수)

트레스 저감을 고려한 적정 수용밀도가 필요하다(Carneiro and Urbiati, 2002, Bittencourt et al., 2018).

이 연구는 넙치 수정란 수송을 위한 최적 환경을 탐색하기 위하여 수온, 염분, 시간, 밀도에 따른 수질의 DO (dissolved oxygen), pH, CO₂ 변화와 수정란의 생존율과 부화율 등을 조사하였다.

재료 및 방법

수정란 채취 및 운반, 수질 조건

이 연구를 위해 영어조합법인 해연(Jeju, Korea)이 보유하고 있는 넙치 어미(암컷 3-5년생, 수컷 2-4년생)로부터 자연적으로 산란된 수정란을 사용하였다. 어미는 지하해수를 사용하여 16.5±1.0°C, 33.0±1.0 psu 조건에서 사육하였다. 수정란 포장 시 포장비닐(0.1×250×600 mm)을 사용하여 해수 1 L (액화산소를 3-5분 주입하여 DO 22.0±3.0 mg/L)를 넣고 포장비닐에 해수 1 L 높이만큼 포장비닐 내부의 공기층에 산소포장하고 해수와 산소층의 비율을 1:1로 하였다(단, 수온별 실험에서는 산소포장을 하지 못하였음). 모든 수온, 염분(MASTER-S/mill α, ATAGO, Tokyo, Japan), DO (Pro ODO, YSI, Yellow springs, OH, USA), pH(HQ 40d, HACH, Loveland, CO, USA) 그리고 CO₂ (OxyGuard-CO₂, OxyGuard, Farum, Denmark)를 수송 종료 후 밀봉을 최대한 유지한 상태에서 측정하여 이들 변화를 조사하였다.

수송에 사용한 수정란은 발생단계상 배체형성초기(수온 16.5±0.5°C에서 수정 후 24-25시간 후)의 것을 사용하였다. 생존율을 조사하기 위해 수송 후 모든 수정란을 수집하여 메스실린더 100 mL에 넣은 후 5-10분간 방치하여 부상란은 생존한 수정란, 침강란은 폐사한 수정란으로 판단하였으며, 실험당 3반복 실험한 결과를 통계처리하였다. 그리고 부화율은 수송실험 후 생존한 수정란을 하나로 모아 랜덤으로 100개를 샘플링하여 1.0 L 비이커에 부화시켜 조사하였다. 부화할 때까지 1일 2회 50%씩 물교환을 해주었으며 에어레이션을 사용하여 교반해주었다. 실험에 사용한 해수는 마이크로 필터(Ø 25.0 μm)를 이용하여 여과한 해수를 사용하였으며(Han and Kim, 1997), 또한 수송과정에 발생하는 비슷한 정도의 물리적 충격을 주기 위해 매 시간마다 한 번씩 15회 강하게 교반 후 실시하였다(Kim et al., 2018).

수송 수온에 따른 생존율 및 부화율

넙치 수정란의 적정 수송 수온을 조사하기 위해 Kim et al. (2010)에 따라 난발생이 가능한 수온인 5.0°C에서 2.5°C 간격으로 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5, 20.0, 22.5 그리고 25.0°C 9구간으로 설정하였다. 수송 염분은 (영)해연 친어 산란 사육수와 같은 33.0±1.0 psu, 수송밀도는 1.0 L당 20,000개(NIFS, 2016) 그리고 수송시간은 6시간(국내수송기준)으로 설정하였

다.

염분에 따른 생존율 및 부화율

넙치 수정란의 염분에 따른 생존율 및 부화율을 조사하기 위해 어미 산란 수조의 염분 조건인 33.0±1.0 psu를 기준으로 23, 28, 33, 38 그리고 43 psu의 5 구간으로 설정하였으며, 수온은 어미 산란 사육수와 같은 16.5±1.0°C, 수송밀도는 1 L당 20,000개(NIFS, 2016), 수송시간은 국내수송의 경우 6시간으로 설정하였다.

수송시간에 따른 생존율 및 부화율

넙치 수정란의 장거리 수송을 위해 국내수송 6시간을 기준으로 6시간, 12시간, 24시간 그리고 36시간 4구간으로 설정하였으며, 수송 수온과 염분은 친어 산란 사육수와 같은 16.5±1.0°C, 33.0±1.0 psu, 수송밀도는 1.0 L당 20,000개(NIFS, 2016)로 하였다.

수송 밀도에 따른 생존율 및 부화율

넙치 수정란의 수송을 위한 적정 밀도를 조사하기 위해 넙치양식표준매뉴얼(NIFS, 2016)을 기준으로 1.0 L당 20,000개, 30,000개, 40,000개 그리고 50,000개 4구간으로 설정하였다. 수송 수온과 염분은 어미 산란 사육수와 같은 16.5±1.0°C, 33.0±1.0 psu로 하였다. 수송시간은 국내 수송 기준 6시간으로 설정하였다.

통계처리

모든 자료의 통계 분석은 SPSS 17.0 통계처리 소프트웨어를 이용하였으며, ANOVA-test를 실시한 후 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

수송 수온에 따른 생존율 및 부화율

수송 수온에 따른 넙치 수정란의 생존율을 조사한 결과, 5.0°C, 7.5°C, 10.0°C, 12.5°C, 15.0°C, 17.5°C, 20.0°C, 22.5°C, 25.0°C 실험구에서 생존율은 각각 36.19±1.85%, 61.21±4.35%, 75.93±3.00%, 78.43±0.54%, 82.50±3.54%, 86.63±2.55%, 76.55±1.34%, 58.53±9.83%, 44.35±2.72%로 5.0°C와 25.0°C 실험구에서 가장 낮은 값을 보였고, 17.5°C 실험구가 가장 높은 값을 나타냈다(P<0.05). 5.0°C, 7.5°C, 10.0°C, 12.5°C, 15.0°C, 17.5°C, 20.0°C, 22.5°C, 25.0°C 실험구에서 부화율은 각각 37.56%, 59.75%, 66.01%, 67.20%, 83.17%, 86.38%, 68.14%, 57.08%, 38.36%로 15.0°C와 17.5°C 실험구에서 다른 실험구와 비교해서 상대적으로 높게 나타났다(Fig. 1).

수온별 DO 및 pH는 수송수온의 증가에 따라서 점진적으로 낮아졌으며, 반대로 CO₂의 농도는 수송수온의 증가에 따라서 증가를 보였다(P<0.05) (Table 1).

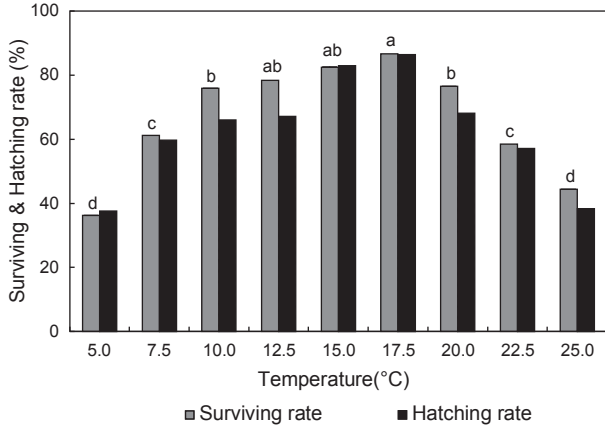


Fig. 1. Survival and hatching rate on the different temperatures according to transport of fertilized egg of olive flounder *Paralichthys olivaceus*.

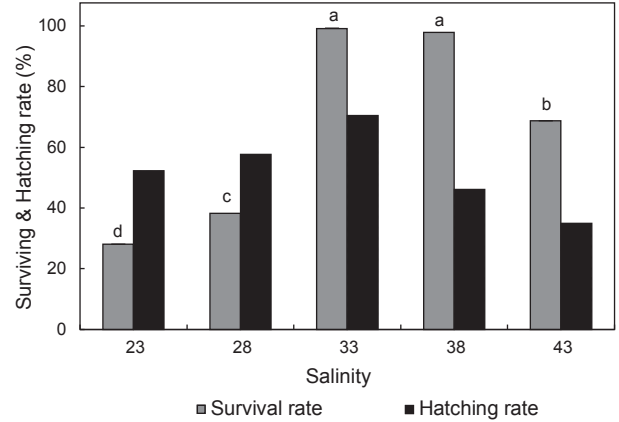


Fig. 2. Survival and hatching rate on the different salinities according to transport of fertilized egg of olive flounder *Paralichthys olivaceus*.

수송염분에 따른 생존율 및 부화율

수송과정에 있어 염분에 따른 넙치 수정란의 생존율을 조사한 결과, 23 psu, 28 psu, 33 psu, 38 psu, 43 psu 실험구에서 생존율은 각각 28.04 ± 1.59%, 38.22 ± 4.87%, 99.16 ± 0.03%, 97.91 ± 0.18%, 68.72 ± 1.38%로 23 psu 실험구에서 가장 낮은 값을 보였고, 33 psu 실험구가 가장 높은 값을 나타냈다 (P<0.05). 부화율은 23 psu, 28 psu, 33 psu, 38 psu, 43 psu 실험구에서 52.31%, 57.75%, 70.51%, 46.15%, 35.00%로 33 psu, 38 psu에서 다른 실험구와 비교해서 상대적으로 높게 나타났다 (Fig. 2). 염분별 DO 및 pH에서는 크게 차이가 없었으나, CO₂

의 농도는 33 및 38 psu에서 낮게 나타났다(P<0.05) (Table 2).

수송시간에 따른 생존율 및 부화율

수송시간이 짧을수록 수정란 자체의 스트레스 및 수질 조건이 변화가 적어 생존율이나 부화율이 높게 나타났다(Fig. 3). 수송시간에 따른 수정란의 생존율을 조사한 결과 6시간, 12시간, 24시간, 36시간 실험구에서 각각 96.95 ± 1.15%, 93.56 ± 2.68%, 86.66 ± 0.42%, 29.07 ± 3.89%로 36시간 실험구에서 가장 낮은 값을 보였고, 6시간, 12시간 실험구에서 가장 높은 값을 보였다(P<0.05). 부화율에서는 6시간, 12시간, 24

Table 1. DO, pH and CO₂ levels on the different temperatures according to transport of fertilized egg of olive flounder *Paralichthys olivaceus*

WT (°C).	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0
DO(mg/L)	16.57±0.62 ^a	16.05±0.10 ^a	15.33±0.25 ^b	14.71±0.26 ^{bc}	14.53±0.19 ^c	14.40±0.27 ^c	13.60±0.10 ^d	13.08±0.17 ^d	12.37±0.29 ^e
Initial pH	8.20±0.11 ^a	8.07±0.12 ^a	8.06±0.10 ^a	8.05±0.10 ^a	8.05±0.08 ^a	8.04±0.06 ^a	8.04±0.11 ^a	8.02±0.12 ^a	7.99±0.21 ^a
CO ₂ (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Final DO(mg/L)	8.31±0.60 ^a	8.17±0.71 ^a	7.59±0.68 ^a	7.05±0.65 ^{ab}	6.19±0.45 ^{bc}	5.51±0.58 ^{cd}	4.91±0.51 ^{de}	3.91±0.43 ^{ef}	3.39±0.34 ^f
Final pH	8.14±0.21 ^a	7.91±0.01 ^b	7.90±0.04 ^b	7.75±0.08 ^{bc}	7.59±0.01 ^{cd}	7.55±0.06 ^d	7.43±0.01 ^{de}	7.28±0.01 ^e	6.91±0.04 ^f
CO ₂ (ppm)	1.0±0.00 ^e	1.5±0.35 ^{de}	1.0±0.00 ^{de}	2.0±0.00 ^{de}	2.0±0.00 ^{de}	3.5±0.00 ^{cd}	4.5±0.71 ^c	8.0±1.41 ^b	13.0±0.28 ^a

Table 2. DO, pH and CO₂ levels on the different salinities according to transport of fertilized egg of olive flounder *Paralichthys olivaceus*

Salinity (psu)		23	28	33	38	43
Initial	DO(mg/L)	22.0±3.21 ^a	22.0±2.39 ^a	22.0±3.01 ^a	22.0±2.93 ^a	22.0±3.32 ^a
	pH	8.28±0.26 ^a	8.28±0.21 ^a	8.04±0.03 ^b	8.04±0.05 ^b	8.00±0.16 ^b
	CO ₂ (ppm)	0	0	0	0	0
Final	DO(mg/L)	19.7±1.72 ^a	19.8±1.15 ^a	17.5±1.68 ^a	19.7±1.71 ^a	17.0±1.62 ^a
	pH	7.02±0.12 ^b	7.03±0.05 ^b	7.49±0.11 ^a	7.45±0.01 ^a	7.45±0.04 ^a
	CO ₂ (ppm)	3.0±0.00 ^b	4.0±0.00 ^a	2.0±0.00 ^c	2.5±0.71 ^{bc}	4.0±0.00 ^a

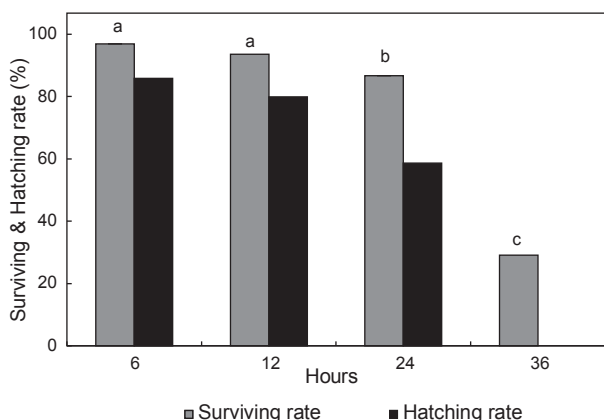


Fig. 3. Survival and hatching rate on the different duration according to transport of fertilized egg of olive founder *Paralichthys olivaceus*.

시간, 36시간 실험구에서 각각 85.84%, 79.92%, 58.74%, 0%로 6시간 실험구에서 다른 실험구에 비해 상대적으로 높게 나타났다.

수질조건에서는 DO는 약간씩 시간이 가면서 낮아졌으며, pH도 중성에서 산성으로 변해갔다. 특히 CO₂의 농도는 시간이 가면서 점점 더 악화되어 6시간에는 1.5가 36시간 후에는 24로 변해 가장 심한 변화를 보였다(Table 3). 그리고 수송시간에 따른 DO의 변화는 시간이 길수록 감소하는 경향을 보였지만, 실험구간별 유의적인 차이는 없었다(P<0.05). 그러나 수송시간이 길수록 CO₂의 농도는 증가하였다(P<0.05). 36시간 실험구에서는 부화하면서 난막 등으로 인하여 수질이 악화되어 생존율이 현저히 떨어졌으며 부화한 자어는 확인하지 못하였다.

수송 밀도에 따른 생존율 및 부화율

넙치 수정란 밀도에 따른 생존율 및 부화율을 조사한 결과,

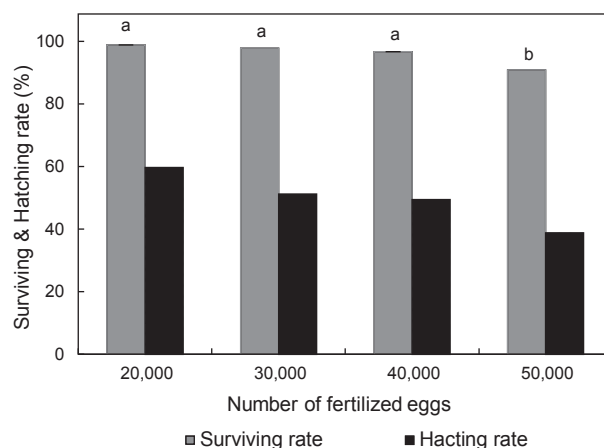


Fig. 4. Survival and hatching rate on the different densities according to transport of fertilized egg of olive founder *Paralichthys olivaceus*.

20,000개/L, 30,000개/L 40,000개/L 50,000개/L 밀도 실험구에서 생존율은 각각 98.77±0.34, 97.86±0.91%, 96.71±1.77%, 90.92±1.06%로 20,000개/L, 30,000개/L 40,000개/L 실험구에서 높은 값을 보였고, 50,000개/L 실험구에서 낮은 값을 나타냈다(P<0.05). 부화율은 20,000개/L, 30,000개/L 40,000개/L 50,000개/L 밀도 실험구에서 각각 59.79%, 51.20%, 49.51%, 38.87%로 20,000개/L 실험구에서 다른 실험구에 비해 상대적으로 높게 나타났다(Fig. 4). 수질조건에서는 DO는 수송밀도가 높을수록 낮게 나타났으며(P<0.05), pH에서도 점진적으로 낮아졌으나 중성대를 유지하였다(Table 4).

고찰

이 연구에서는 국내에서 가장 많이 양식되고 있는 해산어인

Table 3. DO, pH and CO₂ levels on the different duration according to transport of fertilized egg of olive flounder *Paralichthys olivaceus*

Hours	Initial		Final		
	0	6	12	24	36
DO(mg/L)	22.0±3.00	17.97±2.00 ^a	16.43±1.32 ^a	15.63±1.88 ^a	14.36±1.29 ^a
pH	8.04±0.03	7.52±0.03 ^a	7.01±0.01 ^b	6.76±0.01 ^c	6.70±0.04 ^c
CO ₂ (ppm)	0	1.5±0.71 ^c	4.0±0.00 ^c	13.0±1.41 ^b	24.0±2.83 ^a

Table 4. DO, pH and CO₂ levels on the different densities according to transport of fertilized egg of olive flounder *Paralichthys olivaceus*

No. of fertilized eggs	Initial		Final		
	0	20,000	30,000	40,000	50,000
DO(mg/L)	22.0±3.00	21.18±1.41 ^a	18.63±2.23 ^{ab}	18.50±2.08 ^{ab}	15.79±1.12 ^b
pH	8.04±0.03	7.52±0.01 ^a	7.29±0.06 ^b	7.14±0.04 ^c	7.16±0.01 ^c
CO ₂ (ppm)	0	3.0±0.00 ^b	4.5±0.71 ^{ab}	5.75±1.06 ^a	6.0±0.00 ^a

넙치의 수정란에 대한 운반조건을 조사하였다. 수정란은 넙치 어미(암컷 3-5년생, 수컷 2-4년생)로부터 자연적으로 산란된 수정란을 사용하였고, 수정란 포장시 포장비닐을 사용하여 산소 포장하고, 수정란의 수송수온, 염분, 시간, 밀도에 따른 DO, pH, CO₂를 수송 종료 후 측정하여 변화를 조사하였다. 넙치 수정란 수송 시 적정 수온, 염분, 시간, 밀도를 규명하는 것은 건강한 종자를 생산하는데 매우 중요하다고 여겨진다.

어류의 수정란을 운송하는 과정에서 수질의 변화는 수정란의 생존에 직접적인 영향을 주며, 가장 적합한 환경에서 수송되어야 한다. 수정란이 생존하며, 동시에 발생도 정상적으로 이루어지기 위해서는 최적의 수온에서 적정량의 밀도로 수정란이 수송되어야 한다. 본 실험에서는 다양한 수온조건에서 수송 조건을 검사한 수온 17.5°C 조건에서 가장 높은 생존율을 보였고 (P<0.05), 이는 넙치 수정란의 최적의 수온 조건은 17.5°C 라고 생각된다. 이는 넙치가 자연 산란하는 5-6월인 수온 15-18°C (NIFS, 2019)와 동일한 조건이다.

본 연구에서 수정란의 염분별 실험에서는 33 psu에서 가장 높은 생존율을 보였다. 염분에 따른 생존율 및 부화율 조사에서 한가지 뚜렷한 특징은 33 psu보다 낮은 23 및 28 psu에서는 생존율보다 부화율이 높게 나왔으나, 33 psu보다 높은 38 및 43 psu에서는 생존율이 부화율보다 높게 나타났다. 이전 연구에 따르면, 넙치의 염분변화에 따른 스트레스 분석에서 저염분구간인 10 psu 및 15 psu로 갈수록 코티솔 및 글루코스를 비롯한 스트레스 호르몬이 증가하였고, HSP70 mRNA의 발현에서도 대조구와 유의한 차이가 보였다(Kim et al., 2004; Park and Min, 2018). 이러한 결과를 고려해 볼 때 넙치 수정란의 생존율이 낮은 원인은 저염분으로 인해 발생한 스트레스에 영향을 받은 것으로 추측된다. 성어의 경우 적어도 20-25 psu를 유지해 주어야만 혈액 생리화적인 인자를 비롯한 스트레스 반응에 영향을 미치지 않으며, 넙치에 있어 적정 염분조건이 건강도에 중요한 영향을 미친다고 보고 되어있다. 본 결과로부터 수정란의 수송조건에서 최적의 염분농도는 성어의 사육 염분조건과 비슷한 33 psu가 가장 적절한 농도임이 확인되었다.

넙치 수정란의 수송시간에 따른 생존율 및 부화율에서는 수송시간이 짧을수록 높은 것으로 나타났는데, 이는 수질변화가 적었기 때문인 것으로 보인다. 그러나 36시간 실험구에서 생존율도 낮았으며, 부화자어 또한 관찰되지 않았는데, 이것은 36시간 이전에 이미 수정란이 부화되면서 수질이 악화되었기 때문인 것으로 보인다. 넙치의 난질 평가시 부상률과 수정률, 그리고 난의 크기도 중요한 요소가 된다. 우수한 수정란으로부터 양질의 자치어를 얻을 수 있음이다. 그러나 아무리 우수한 수정란이라도 운반도중 스트레스 등을 받아서 수정란의 질이 저하된다면 낮은 수정율과 약한 자어가 생산될 수 있다(Kim et al., 2010). 넙치 종자생산에 사용되는 수정란은 대부분 수온 17±0.2°C, 염도 33.0±0.5‰에서 난발생이 진행되는 것으로 알려져 있다. 그러나 장시간의 수송시간은 먼저 수질에서 문제를 일으킨다.

본 실험에서도 수송시간이 길어질수록 CO₂의 농도는 증가하였다(P<0.05). 이에 따라 pH도 중성에서 산성으로 변해갔다. 이러한 수질변화는 결과적으로 수정란의 생존율과 부화율 감소에 영향을 준 것으로 판단된다.

수송별 실험에서는 수송밀도가 높아도 생존율에서는 큰 차이가 없으나, 부화율이 가장 높은 59.79%를 나타낸 20,000개/L가 가장 적합한 수송밀도임을 확인하였다. 수송밀도가 높을수록 DO소비량은 늘고, CO₂의 농도는 증가하였다(P<0.05). 따라서 적정밀도로 수송하는 것이 생존율과 부화율에 좋은 것으로 생각된다. 수송밀도에 따른 넙치 근육의 물리·화학적 변화를 조사한 결과, 근육의 물리·화학적 변화는 미미하였지만, 수송기간 10일 동안은 최소 대사에 필요한 에너지원으로 지방질 보다는 glycogen을 이용되는 것으로 확인되었으며, 또한 수송밀도의 증가는 glycogen 함량의 큰 변화가 나타났다(Shim and Yoon, 2014). 성어에서도 이러한 변화가 나타났듯이, 수정란에서도 상당한 양의 에너지 소모가 예상되며, 이러한 에너지 소모는 결국 생존율과 부화율에 나쁜 영향을 줄 것으로 예상된다. 추후 연구를 통하여 수정란이 수송시에 어떤 에너지원이 소모되었는지 조사할 필요가 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 지금까지 종합적으로 연구되지 않았던 수정란의 다양한 수송 조건에 따른 생존율 및 부화율을 각각 조사하였다. 그 결과 염분에 따른 생존율 및 부화율에서는 적정농도(33 psu)가 필요함을 밝혔다. 넙치의 적정 수송밀도는 20,000/L로 이전 결과와 동일한 결과가 나타나 보였다(NIFS, 2016). 제한된 공간에서 최대한의 수정란을 수송할 때 부화율과 생존율에 최소한의 영향을 주는 결과를 확정하였다. 수송시간에 따른 생존율 및 부화율에서는 짧을수록 높으나, 12시간 정도의 수송시간에서는 수정란이 부화율과 생존율에 큰 차이를 보이지 않았다. 마지막으로 수송 수온에 따른 생존율 및 부화율 조사에서는 최저수온(17.5°C)에서 수송함이 좋은 것으로 나타났다. 본 조사 결과는 앞으로 건강한 넙치 종자를 생산함에 기초자료로 활용될 뿐만 아니라 국제적으로 장시간이 필요한 어류의 수정란 입식시에 필요한 자료로도 활용될 것으로 사료된다.

사 사

이 논문은 해양수산부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 Golden Seed Project 사업(213008-05-4-SB210)의 지원을 받아 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Bittencourt F, Damasceno DZ, Lui TA, Signor A, Sanches EA and Neu DH. 2018. Water quality and survival rate of *Rhamdia quelen* fry subjected to simulated transportation at different stock densities and temperatures. Acta Sci Anim Sci 40, 1-8. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.37285>.
- Carneiro PCF, Kaiseler PHdS, Swarofasky EdAC and Baldis-

- serotto B. 2009. Transport of jendia *Rhamdia quelen* juveniles at different loading densities: water quality and blood parameters. *Netrop Ichthyl* 7, 283-288. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252009000200021>.
- Carneiro PCF and Urbinati EC. 2002. Transport stress in matrinxá, *Brycon cephalus* (Teleostei: Characidae), at different densities. *Aquac Int* 10, 221-229.
- Garcia LMB and Toledo JD. 1988. Critical factors influencing survival and hatching of milkfish (*Chanos chanos* Forsskal) eggs during simulated transport. *Aquaculture* 72, 85-93. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(88\)90149-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(88)90149-4).
- Han KH and Kim YO. 1997. The early life history of the flounder, *Paralichthys olivaceus* I. Development of egg, larvae and juveniles. *Bull Yosu Nat'l Fish Univ* 11, 105-117.
- Jia WF, Zhang SH, Yang YF and Yi YJ. 2020. A laboratory investigation of the transport mechanism of floating eggs: A case study of Asian carps. *Aquaculture* 519, 734855. A laboratory investigation of the transport mechanism of floating eggs: A case study of Asian carps.
- Kim MJ, Chung SC and Song CB. 2004. Effect of salinity on growth and survival of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Korean J Ichthyol* 16, 100-106.
- Kim YS, Do YH, Kim SY and Chang YJ. 2010. Developmental speed of olive flounder *Paralichthys olivaceus* eggs in various water temperatures. *Develop Reproduc* 2, 59-63.
- Kim KR, Moon SJ, Park JY, Huynh DT, Park JY, Kim KS, Han SB and Bang IC. 2018. Effects of salinity, water temperature and development stage on the hatching rate and survival of fertilized eggs in Hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀×*E. lanceolatus* ♂) for long-distance transport. *Ocean Polar Res* 140, 161-167. <https://doi.org/10.4217/OPR.2018.40.3.161>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2019. Expenditure per aquaculture. Retrieved from http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01&parentId=K.1;K2.2;K2_4.3;#SelectStatsBoxDiv on May 20, 2020.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2016. Standard manual of olive flounder culture. NIFS, Korea, 39-41.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2019. Statistic database for fisheries production. Retrieved from https://www.nifs.go.kr/frcenter/species/?_p=species_view&mf_tax_id=MF0008111 on May 25, 2020.
- Park GS and Oh YK. 1996. A study on the chemical characteristics of ground-seawater in the coast of Cheju Island. *J Korean Soc Environ Eng* 184, 301-315.
- Park HJ and Min BH. 2018. Stress responses of olive flounder *Paralichthys olivaceus* to salinity changes. *Korean J Ichthyol* 30, 1-8.
- Paterson BD, Rimmer MA, Meikle GM and Semmerns GL. 2003. Physiological responses of the Asian sea bass, *Lateolabrax japonicus* to water quality deterioration during simulated live transport: acidosis, red-cell swelling, and levels of ions and ammonia in the plasma. *Aquaculture*, 218 717-728. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00564-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00564-1).
- Shim KB and Yoon HD. 2014. Effect of Transport stocking density on the physicochemical characteristics of muscle from olive flounder *Paralichthys olivaceus*. *Korean J Fish Aquat Sci* 47,707-712. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0707>.
- Vanderzwalmen M, Edmonds E, Carey P, Snellgrove D and Sloman KA. 2020. Effect of a water conditioner on ornamental fish behaviour during commercial transport. *Aquaculture* 514, 734486. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734486>.