

디지털 육종용 기초집단 넘치 인공수정란의 난질특성과 종자의 성장도

박정욱 · 김정은* · 이지훈** · 김가은* · 김문관* · 윤영석*** · 이제희†
제주대학교(학생 · **박사후 연구원 · †교수) · *기당해양과학원(박사후 연구원) ·
***제주특별자치도 해양수산연구원(연구사)

Influence of Selective Breeding on Olive Flounder Egg Quality and Larvae Growth Performance

Cheong-Uk PARK · Jeongeun KIM* · Jihun LEE** · Gaeun KIM* · Mun-Kwan KIM* ·
Young-Seock YOON*** · Jehee LEE†

Jeju National University(student · ** researcher · †professor) · *Kidang Marine Science Institute of Jeju National
University(* researcher) · ***Jeju Special Self-Governing Province Ocean and Fisheries Research Institute(researcher)

Abstract

This study investigated the effects of a selective breeding program on olive flounder egg quality and larvae growth. Two broodstock groups were utilized: a selective breeding group (experimental) and a standard fish farm group (control). Three egg types were produced: selected broodstock artificially fertilized eggs (SBAFE), selected broodstock naturally spawned eggs (SBNSE), and fish farm broodstock naturally spawned eggs (FFNSE). Egg size analysis revealed significant differences, with SBAFE eggs exhibiting the largest average diameter ($929 \pm 26 \mu\text{m}$), followed by SBNSE eggs ($923 \pm 22 \mu\text{m}$), and FFNSE eggs showing the smallest ($891 \pm 28 \mu\text{m}$). All eggs were hatched and reared under commercial conditions in Seogwipo from March to December 2023. The experimental group derived from SBAFE demonstrated superior growth performance, reaching an average weight of $(1,192.6 \pm 157\text{g})$ compared to $(1,006.1 \pm 98\text{g})$ in the control group (FFNSE), a difference of 18.9%. These findings suggest that genetic diversity and selective breeding in the experimental group led to larger eggs, enhancing the growth of the larvae. The larger egg size, especially in artificially fertilized broodstock, likely provided a developmental advantage for faster growth.

Key words : Olive flounder, Digital breeding, Egg quality, Egg diameter, Growth

I. 서론

세계은행에서 세계 어업·양식업을 예측한 보고서에 의하면 2030년 어업·양식업 생산량은 1억 8,684만 톤 이고, 이 중에서 식용 수어의 62%가 양식 수산물로 차지하게 되어 수산물 공급에 있어서 양식업의 중

요성을 강조하고 있다(The World Bank, 2013). 그러나, 우리나라 양식어류는 1990년 2,685톤에서 지속적으로 생산 증가하여 2009년도에는 109,515 톤으로 최고로 생산을 많이 하게 되었고, 그 후 부터 정체 또는 생산 감소 추세에 있다(KOSIS, 2022). 이와 같은 결과는 외국산 수산물과의 경쟁

† Corresponding author : 064-754-3472, jehee@jejunu.ac.kr

* 이 논문은 2022년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원 (과제번호 RS-2022-KS221670)과 2019년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 (과제번호 RS-2019-NR040078) 받아 연구되었음

이 심화되고 있는 수입산 연어나 방어 등으로 인해서 헛감용 어종의 다양화도 원인이 될 수 있고, 국내의 수산양식 현장에서 발생하는 수산생물 질병으로 인한 폐사피해가 매년 거듭되고 있으며, 산업적으로 이러한 수산생물 질병으로 인한 피해는 막대한 파급력으로 양식 산업의 근간을 흔들고 있는 것도(Shim et al., 2019) 생산 감소의 원인이 될 수 있다. 한편, 넙치양식은 번식 및 사육 기술의 완성도가 높은 해산 양식 어류의 하나로 육상에 설치한 대형 사육 수조를 이용하는 양식이 주류를 이루고 있다. 이렇게 비교적 폐쇄된 사육환경이기 때문에 에드워드병 (Edwardsiellosis), 연쇄구균병(Streptococcosis) 등의 세균 감염, 림포시스티스병(Lymphocystis) 등의 바이러스 감염, 혹은 기생충(*Enteromyxum leei*)에 의한 여윌증 등 많은 질병피해가 가속화하여 현재는 질병 발병 대응책으로서 백신 개발이나 감염증에 저항성을 나타내는 계통의 육종이 요구되어지고 있다(Araki et al., 2011).

본 연구에서는 수산종자 디지털 육종 플랫폼 구축이라는 국가 연구 과제의 일환으로 수행되었고, 양식업이 직면한 많은 문제점을 기술적으로 해결하기 위해 양식 대상 생물인 넙치를 유전적으로 개량하고 최종적으로는 우수한 여러 형질을 강화한 품종을 개량하는 것을 목표로 하고 있다. 여기에서는 기초집단 어미넙치를 이용하여 유전적 다양성이 최대가 되도록 인공교배에 의한 수정란을 생산하였고, 수정란에 대한 난질평가와 그 수정란을 이용하여 종자 생산한 치어에서부터 성어까지 성장도 조사한 결과를 보고하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 친어 관리

우리나라 주요 넙치 양식장에서 유전적 배경과 생산이력을 고려하여 넙치를 수집하였고, 표현형질과 유전형질 분석결과에서 탈락한 개체를 제외

한 1,359마리를 넙치 디지털 육종 기초집단으로 확정하였다. 1차 선별은 개체의 건강과 활력상태를 기준으로 선별하였으며 2차 선별은 수집 집단별 성장 수준과 각 형질의 유전체 육종가를 예측 고려하여 암컷 237마리, 수컷 100 마리를 제주시 소재 수정란 생산업체의 어미 사육동내 콘크리트 수조(8×8×1.5m, 유효수량 38톤)에서 사육관리하였다. 사육수는 우수식(24회전 내외/일)으로 공급하였다. 일반적으로 양성조건으로써 사육환경이 적당하고, 영양이 좋으면서 병원체 관리가 잘 되어야 한다고 보고되어 있다(Harada, 1969). 본 연구에서도 이 부분에 중점을 두었고, 우선 사육환경의 요인중에서 가장 관계가 깊은 것이 수온이어서 사육 기간에 지하해수를 공급하면서 17.1~17.2℃를 유지시켰다. 염분농도는 32.3~34.2psu이었고, 용존산소량은 6.7~7.9mg/L로 부족하지 않도록 많은 주의를 기울였다. 먹이는 냉동 고등어와 전갱이 등 생사료와 크릴새우어분, 면역증강제, 소화제 등 영양제를 혼합하여 자체 제작한 습사료(Moist pellet, MP)를 하루에 한번 공급하였다. 여기서 사육되고 있는 어미들을 활용해서 인공교배에 의한 수정란을 얻었다. 또한, 대조구는 수정란 생산업체에서 사육·관리되고 있는 어미를 일반 넙치 친어로 설정하였으며, 이들은 동일 양식장에서 동일한 사육조건하에 관리되었다.

2. 친어의 성 성숙유도

어류의 성숙·산란에 영향을 미치는 주요 외부 환경 요인으로 일반적으로 거론되는 것은 빛과 수온이라고 보고되었다(Nomura, 1964). 친어는 수온의 상승이나 하강, 그리고 하루 중 밝은 시간의 길고, 짧음으로 계절을 느끼는 것에 의해서 성숙, 산란을 반복하고 있어서, 본 연구에서는 수온 조절은 하지 않았고, 광주기를 조절하면서 성숙과 산란기를 앞당길 수 있도록 하였다. 성 성숙 유도는 2022년 8월 10일부터 10일간격으로(8월 10~19일, 8월 20일~29일, 8월 30일~9월 9

일) 하여 명주기를 30분씩(12:30L/11:30D, 13:00L/11:00D, 13:30L /10:30D) 점차 증가시켜서 9월 10일 이후에는 하루에 14시간(14:00L/10:00D) 동안 등을 켜주는 시간 제어를 하면서 광주기를 조절하였다.

3. 채란 및 채정

넓치 기초집단 자연산란의 수정란(이하 기초집단 자연수정란, SBNSE)은 사육수조 밖에 설치한 수정란 수집망(D1m×H0.5m)으로부터 매일 오전 10시에 수거한 후 비이커를 이용하여 부상란과 침하란을 각각 측정하였고, 어미넓치의 인공교배 시기 및 시각을 정하고자 자연산란 패턴을 일별 그리고 시간대별로 조사 분석하였다. 시간대별 산란량은 주, 야간 중심으로 나누어서 각각 조사하였다. 또한, 산란시각은 수정란의 발생단계를 현미경 관찰을 하면서 추정하였다. 또한, 일반 넓치 자연산란의 수정란(이하 일반넓치 자연수정란, FFNSE)도 같은 방법으로 수정란 수집 망으로부터 매일 오전 10시에 수거한 후 비이커를 이용하여 부상란과 침하란을 각각 측정하였다. 그리고, 넓치 기초집단 인공교배의 수정란(이하 기초집단 인공수정란, SBAFE) 생산은 자연산란 패턴 조사 결과에 따라서 산란량이 많을 때와 새벽 시간대에 실시했는데, 1차 인공수정란은 전날(10월 26일) 오후 4시에 성숙한 수컷으로부터 미리 정액을 채취하였고, 10월 27일 새벽 4~6시 사이에 성숙한 암컷을 대상으로 복부를 압박하여 채란한 다음 미리 채취한 정액을 건식법으로 수정하였다. 2차 인공수정란은 11월 17일 새벽 4시~7시 40분 사이에 먼저 채정을 하였고, 채란한 다음 미리 채취한 정액을 건식법으로 수정시켰다.

4. 난질 평가

기초집단 인공수정란의 난질 특성을 규명하고자 일반적으로 난질 평가의 유효지표로 되어 있는 난경을 중심으로(Kashiwagi, 1985), 유구경, 유

구의 이상 유무, 부상률, 수정률 등에 관해서 조사하였고, 기초집단 자연수정란과 일반넓치 자연수정란의 난질과도 비교 분석하였다. 난경과 유구경은 가장 많은 산란시각에 생산된 부상란(2~16세포기)으로부터 무작위 추출한 표본 수에 관해서 만능투영기를 이용해서 측정했고, 수정된 개체도 계수해서 수정률을 구했다. 또한, 정상 수정란 여부 판단을 위해서, 넓치의 유구는 오직 하나만을 가진 분리 부성란이고, 2개 이상의 유구를 가진 난은 비정상적인 난이기 때문에 유구수를 계수했다.

5. 종자생산 및 양성장 사육조건

기초집단 인공수정란과 일반넓치 자연수정란을 생산해서 제주도 소재 종자생산업체에 분양해 주었고, 종자생산은 콘크리트 사각수조(8×8×1m)를 이용하였다. 기초집단 인공수정란과 일반넓치 자연수정란은 수조를 달리하여 동시에 입식하였고, 사육수온은 수정란 입식부터 치어사육까지 지하해수로 17.6℃ 내외를 유지시켰고, 염분농도는 33.4psu 내외였다. 먹이는 부화 후 14일 경부터 상업용 사료를 구입하여 공급하고 점차적으로 입자규격을 증가시켜 나갔다. 또한, 치어가 성장함에 따라서 분조하게 되었고, 수조사정에 따라 기초집단 인공수정란 치어와 일반넓치 자연수정란 치어의 일정량을 다른 중간 양성장장에서 사육하게 되었다. 여기서도 수조를 달리하여 인공수정란의 치어와 자연수정란의 치어를 구분하여 엄격하게 관리하였다. 사육수온은 지하해수로 17.4℃ 내외를 유지하였고, 염분농도는 32.8psu 내외였다. 중간육성과정을 마친 치어는 인공수정란의 치어 5만마리와 일반넓치 자연수정란의 치어 10만 마리를 2023년 3월 10일에 서귀포 소재 양식장으로 이동하여 양성에 들어갔다. 먹이는 처음 한달 동안 상업용으로 시판되는 EP사료를 구입하여 공급하였고, 이후에는 습사료를 자체 제작하여 공급하였다. 사료 공급은 매일 2~3회 반복으로

공급하였고, 사육기간은 2023년 3월 10일부터 2023년 12월 18일까지였다. 사육기간 동안 환수량은 하루에 25회전이었고, 수온은 17.0~24.4℃, 염분은 23.3~33.2psu, DO는 6.5~9.6mg/L였다.

6. 성장도 조사

치어를 양성장으로 이동하여 수조에 입식 후, 조사 첫째날(일령 137일)과 마지막날(일령 415일)에 각각의 수조로부터 100마리를 무작위로 잡아서 마취없이 전장 및 체중을 측정하여 다음 다시 수조로 놓아 주었다. 조사 종료시에는 증중량 (weight gain, WG)을 다음의 식으로 계산하였다 (Min et al., 2010).

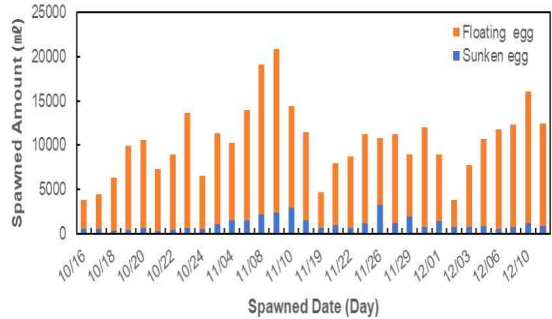
$WG (g) = \text{final body weight (FBW)} - \text{initial body weight (IBW)}$

7. 통계처리

실험결과는 기술통계를 이용하여 평균±표준편차로 나타냈으며, 두 집단 간의 유의차 분석은 IBM사의 SPSS Statistics 18.0 프로그램을 이용하여 독립표본 t검정(independent samples t-test)을 수행하였다. 유의수준은 P<0.05에서 판단하였다.

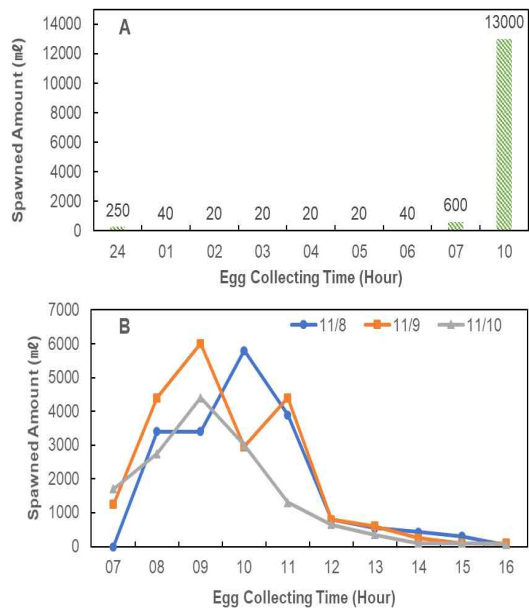
Ⅲ. 연구 결과

기초집단에서 자연 산란이 처음으로 시작된 날은 2022년 10월 16일이었고, 광주기 조절이 시작된 이후 68일째였다. 첫날 산란량은 [Fig. 1]에 나타난 바와 같이 3,800mL이었으나 점차 증가하여 10,600mL까지 생산되었고, 그 후 감소하다가 다시 증가하여 13,650mL까지 생산하게 되면서 10월 27일에 1차 작성된 교배지침에 따라서 인공 수정란을 생산하였다. 그 후에 다시 자연 산란하게 되었고 20,850mL를 정점으로 하여 산란량이 감소와 증가를 하면서 11월 17일에 2차 작성된 교배지침에 따라서 인공 수정란을 생산하였다.



[Fig. 1] Amount of daily spawned eggs.

기초집단 자연산란을 하는 동안 평균 산란량은 10,387±3,979mL이었고, 이 중에서 부상란은 9,284±3,627mL, 침하란은 1,104±744mL이었다. 그리고, 평균 부상란율은 89%로 높게 나타내었고, 일반납치의 평균 부상란율도 88%로 비교적 높은 편이었다. 이와같이 일별 자연 산란량에 대한 결과를 나타내었다. 이번에는 시간대별로 기초집단에서 자연 산란량을 조사하여 [Fig. 2]에 나타내었고, 전체 산란량의 80~86%가 아침 7시부터 11



[Fig. 2] Amount of hourly spawned eggs. (A:Night time B:Day time)

시 사이에 생산되었다. 이와 같은 결과로 수정은 아침 6시부터 10시 사이에 이루어 졌다고 추정되었고, 선행연구 결과와 거의 일치하고 있다고 생각되었다(Mizuta, 1996). 여기서 사육수조에서 생산된 수정란은 사육수조 밖에 설치된 수정란 수집망까지 이동하는 데 1시간이 걸린다고 추정하였다. 또한, 야간 (18:00~07:00)에는 침하란율이 40~71%로 높았고, 주간(07:00~16:00)에는 부상란율이 73~89%로 높았다. 1차 인공 수정란의 난질 특성을 파악하고자 기초집단 자연수정란, 그리고 일반넓치 자연수정란의 난질을 조사하여 비교한 결과를 <Table 1>에 나타내었다. 평균 난경의 크기는 인공수정란에서 929(±26)µm,

기초집단 자연수정란에서 923(±22)µm, 일반넓치 자연 수정란에서 891(±28)µm로 인공수정란에서 얻어진 수정란이 가장 크고, 일반넓치에서 얻어진 수정란이 가장 작았다. 최근 넓치 수정란의 난경 크기에 관한 연구 보고가 거의 없는 실정이고, 일반넓치에서는 선발 육종된 어미에서 수정란을 얻었고, 기초집단에서는 선발 육종과는 달리 유전적 다양성을 기본적으로 확보된 어미에서 수정란을 얻었다. 그리고, 인공수정란은 기초집단 어미들을 이용해서 교배지침에 따라서 수정란을 얻었고, 이와 같은 결과는 어미선발 과정에서 유전적 다양성을 유지하려고 하는 어미의 영향과 채란 방법상에서 교배지침 수립의 차이가 난경의 크기에 영향을 주었다고도 추정할 수 있고, 수정란의 크기에 영향을 미치는 요인은 유전자, 환경이나 먹이, 그리고 어미의 나이나 크기 등도 생각할 수 있어서 앞으로 좀 더 구체적이고 과학적

으로 규명할 필요성이 있다. 더 큰 난황(난경)을 가진 어종은 유영력이 강하고(Hunter, 1972), 기아 내성이 강하다(Blaxter, 1963). 또한, 자어기에는 난황이 크면 포식당하기가 쉽지 않고, 여러모로 유리하다고 보고하였다(Ware, 1975, Kayano et al., 1998). 특히, 바리과 어류같이 부화 자어가 작고, 초기감모가 큰 어종에서는 더 큰 수정란을 산출하는 친어를 양성하고 채란하는 것이, 더 큰 부화 자어 및 개구자어를 생산하는 것만이 아니고, 내부 영양 만에 의한 생존 기간도 길게 될 가능성이 있어서 종묘생산에 적합하다고 하였고, 수정란의 크기에 관해서는 주로 자치어의 생존율에 영향을 미친다고 하는 보고도 있다(Kawano, 2008). 이와 같이 선행연구 결과로 보면 난경의 크기가 자어기에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있고, 본 연구의 결과에서 얻어진 인공수정란이 건강한 종자생산에 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사하고 있다. 평균 유구경의 크기는 인공수정란에서 168(±19)µm, 기초집단 자연수정란에서 167(±9)µm, 일반넓치 자연수정란에서 155(±17)µm로 인공수정란에서 유구경이 가장 크고, 일반넓치 자연수정란 유구경이 가장 작았다. 이것으로 보면 난경이 크면 유구경도 크다는 것을 알 수 있으나, 최근 넓치 유구경의 크기에 관한 연구 보고가 거의 없는 실정이어서, 이것에 관한 분석 고찰은 제한적일 수밖에 없고, 좀 더 자료 축적에 의해서 난경과 유구경의 상관관계를 규명해 나아가는 것이 필요하다. 수정물은 자연산란 수정란과 인공수정란을 직접적으로 비교하는 것은 곤란하다고 생각되고, 자연산란으로 얻어진

<Table 1> Demographic characteristics of the respondents (Unit:µm)

	SBAFE	SBNSE	FFNSE
Egg Size	929±26 (n=106)	923±22 (n=117)	891±28 (n=115)
Oil Globule	168±19 (n=106)	167±9 (n=117)	155±17 (n=115)
Fertility	73.6%(n=193)	100%(n=128)	96.5%(n=230)

기초집단에서 수정률 100%가 일반넙치에서 수정률 96.5%보다 약간 높았다. 복어 양성 친어로부터 인공채란에 의해서 얻어진 수정률은 당초 평균 48.1%이었던 것이 채란방법을 개선해서 평균 85.9%까지 향상시킨 보고가 있다(Horiki et al., 1999). 이 결과와 비교 분석해 보면, 본 연구에서 인공채란에 의해서 얻어진 수정률 73.6%는 낮은 수치는 아니지만 채란방법을 좀 더 개선한다면 수정률을 더 높일 수 있다는 것을 시사하고 있다. 일반적으로 친어 넙치는 개체마다 매일 산란에 참여하지 않으리라 추정되고, 자연산란에 가입하는 개체가 일별로 달랐을 경우 난경(유구경)의 크기에 어떻게 영향을 미치고 있는지 조사하고 <Table 2>에 나타내었다. 난경과 유구경은 기초집단에서 일별로 각각 930(173) μ m, 922(171) μ m, 918(165) μ m로 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 또한, 일반넙치의 난경과 유구경은 884(152) μ m, 894(159) μ m, 890(159) μ m로 차이를 볼 수 없고, 이와 같이 차이가 거의 없는 것은 자연산란에 가입하는 개체가 매일 달라도 수정란의 크기 차이는

크지 않다는 것을 시사하고 있다. 한편, 인공교배에 의한 가계별로 수정란을 얻었고, 그 수정란의 난질 특성을 조사하여 <Table 3>에 나타내었다. 유구경은 163 ~ 199 μ m, 수정률은 38~70%로 가계별로 비교적 차이가 크다고 생각할 수 있지만, 대부분의 가계가 거의 비슷하고, 극히 일부 가계만이 차이가 있음을 알 수 있다. 이와 같이 가계별 차이에 관해서는 향후 데이터 축적으로 단순 개체의 차이인지, 교배 지침상의 차이인지를 분석할 필요가 있다. 인공교배에 의해서 얻어진 수정란이 복수의 유구를 가진 이상 수정란이 있는지 현미경 관찰을 통해서 확인해 보았지만, 현미경으로 관찰된 수정란 중에서 이상 수정란은 없었고, 100%가 1개의 유구만을 가지고 있는 정상 수정란이었다. 기초집단에서 자연 산란이 처음으로 시작된 날은 2022년 10월 16일이었고, 광주기 조절이 시작된 이후 68일째였다. 첫날 산란량은 [Fig. 1]에 나타낸 바와 같이 3,800mL이었으나 점차 증가하여 10,600mL까지 생산되었고, 그 후 감소하다가 다시 증가하여 13,650mL까지 생산하게

<Table 2> Quality comparison of natural spawned egg (Unit: μ m)

	11/08		11/09		11/10	
	SBNSE	FFNSE	SBNSE	FFNSE	SBNSE	FFNSE
Egg Size	930 \pm 30	884 \pm 30	922 \pm 28	894 \pm 24	918 \pm 25	890 \pm 26
Oil Globule	173 \pm 18	152 \pm 11	171 \pm 18	159 \pm 14	165 \pm 14	159 \pm 17

<Table 3> Quality comparison of natural spawned egg (Unit: μ m)

	Egg Size(μ m)	Oil Globule(μ m)	Fertility(%)	Abnormal egg (Two oil globule)
Family 1 (n=45)	938.0 \pm 14.6	193.0 \pm 16.8	67	No
Family 2 (n=50)	937.0 \pm 11.6	180.0 \pm 10.8	63	No
Family 3 (n=50)	924.0 \pm 15.8	176.0 \pm 13.3	55	No
Family 4 (n=50)	883.0 \pm 18.8	172.0 \pm 17.0	38	No
Family 5 (n=50)	937.0 \pm 12.1	166.0 \pm 10.4	70	No
Family 6 (n=50)	944.0 \pm 21.0	199.0 \pm 18.8	65	No
Family 7 (n=50)	929.0 \pm 20.1	163.0 \pm 18.7	59	No

되면서 10월 27일에 1차 작성된 교배지침에 따라서 인공 수정란을 생산하였다. 그 후에 다시 자연 산란하게 되었고 20,850mL를 정점으로 하여 산란량이 감소와 증가를 하면서 11월 17일에 2차 작성된 교배지침에 따라서 인공수정란을 생산하였다.

기초집단 자연산란을 하는 동안 평균 산란량은 10,387mL(\pm 3,979mL)이었고, 이 중에서 부상란은 9,284mL(\pm 3,627mL), 침하란은 1,104mL(\pm 744mL)이었다. 그리고, 평균 부상란율은 89%로 높게 나타났고, 일반넓치의 평균 부상란율도 88%로 비교적 높은 편이었다. 한편 기초집단에서 자연산란량을 시간대별로 조사하여 [Fig. 2]에 나타내었고, 전체 산란량의 80~86%가 아침 7시부터 11시 사이에 생산되었다. 이와 같은 결과로 수정은 아침 6시부터 10시 사이에 이루어 졌다고 추정되었고, 선행연구 결과와 거의 일치하고 있다고 생각되었다(Mizuta, 1996). 이를 토대로 인공교배에 의한 수정란 생산은 아침 6시까지의 끝내야 양질의 수정란을 최대로 생산될 수 있다는 것을 시사하고 있다. 여기서 사육수조에서 생산된 수정란은 사육수조 밖에 설치된 수정란 수집망까지 이동하는데 1시간이 걸린다고 추정하였다. 또한, 야간(18:00~07:00)에는 침하란율이 40~71%로 높았고, 주간(07:00~16:00)에는 부상란율이 73~89%로 높았다. 1차 인공 수정란의 난질 특성을 파악하고자 기초집단 자연수정란, 그리고 일반넓치 자연수정란의 난질을 조사하여 비교한 결과를 <Table 1>에 나타내었다. 평균 난경의 크기는 인공수정란에서 929(\pm 26) μ m, 기초집단 자연수정란에서 923(\pm 22) μ m, 일반넓치 자연 수정란에서 891(\pm 28) μ m로 인공수정란에서 얻어진 수정란이 가장 크고, 일반넓치에서 얻어진 수정란이 가장 작았다. 최근 넓치 수정란의 난경 크기에 관한 연구 보고가 거의 없는 실정이고, 일반넓치에서는 선발 육종된 어미에서 수정란을 얻었고, 기초 집단에서는 선발 육종과는 달리 유전적 다양성을 기본적으로 확보된 어미에서 수정란을 얻었다.

그리고, 인공수정란은 기초집단 어미들을 이용해서 교배지침에 따라서 수정란을 얻었고, 이와 같은 결과는 어미선발 과정에서 유전적 다양성을 유지하려고 하는 어미의 영향과 채란 방법상에서 교배지침 수립의 차이가 난경의 크기에 영향을 주었다고도 추정할 수 있고, 수정란의 크기에 영향을 미치는 요인은 유전자, 환경이나 먹이, 그리고 어미의 나이나 크기 등도 생각할 수 있어서 앞으로 좀 더 구체적이고 과학적으로 규명할 필요성이 있다. 더 큰 난황(난경)을 가진 어종은 유영력이 강하고(Hunter, 1972), 기아 내성이 강하다(Blaxter, 1963). 또한, 자어기에는 난황이 크면 포식당하기가 쉽지 않고, 여러모로 유리하다고 보고하였다(Ware, 1975, Kayano et al., 1998). 특히, 바리과 어류같이 부화 자어가 작고, 초기감모가 큰 어종에서는 더 큰 수정란을 산출하는 친어를 양성하고 채란하는 것이, 더 큰 부화 자어 및 개구자어를 생산하는 것만이 아니고, 내부 영양에 의한 생존 기간도 길게 될 가능성이 있어서 중요생산에 적합하다고 하였고, 수정란의 크기에 관해서는 주로 자치어의 생존율에 영향을 미친다고 하는 보고도 있다(Kawano, 2008). 이와 같이 선행연구 결과로 보면 난경의 크기가 자어기에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있고, 본 연구의 결과에서 얻어진 인공수정란이 건강한 종자생산에 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사하고 있다. 평균 유구경의 크기는 인공수정란에서 168(\pm 19) μ m, 기초집단 자연수정란에서 167 (\pm 9) μ m, 일반넓치 자연수정란에서 155(\pm 17) μ m로 인공수정란에서 유구경이 가장 크고, 일반넓치 자연수정란 유구경이 가장 작았다. 이것으로 보면 난경이 크면 유구경도 크다는 것을 알 수 있으나, 최근 넓치 유구경의 크기에 관한 연구 보고가 거의 없는 실정이어서, 이것에 관한 분석 고찰은 제한적일 수밖에 없고, 좀 더 자료 축적에 의해서 난경과 유구경의 상관관계를 규명해 나아가는 것이 필요하다. 수정률은 자연산란 수정란과 인공수정란을 직접적으로 비교하는 것은 곤란하다고 생각

되고, 자연산란으로 얻어진 수정란에서는 기초집단에서 수정률 100%가 일반넙치에서 수정률 96.5%보다 약간 높았다. 복어 양성 친어로부터 인공채란에 의해서 얻어진 수정률은 당초 평균 48.1%이었던 것이 채란방법을 개선해서 평균 85.9%까지 향상시킨 보고가 있다(Horiki et al., 1999). 이 결과와 비교 분석해 보면, 본 연구에서 인공채란에 의해서 얻어진 수정률 73.6%는 낮은 수치는 아니지만 채란방법을 좀 더 개선한다면 수정률을 더 높일 수 있다는 것을 시사하고 있다. 일반적으로 친어 넙치는 개체마다 매일 산란에 참여하지 않을 것이라고 추정되고, 자연산란에 가입하는 개체가 일별로 달랐을 경우 난경(유구경)의 크기에 어떻게 영향을 미치고 있는지 조사하고 <Table 2>에 나타내었다. 난경과 유구경은 기초집단에서 일별로 각각 930(173) μ m, 922(171) μ m, 918(165) μ m로 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 또한, 일반넙치의 난경과 유구경은 884(152) μ m, 894(159) μ m, 890(159) μ m로 차이를 볼 수 없고, 이와 같이 차이가 거의 없는 것은 자연산란에 가입하는 개체가 매일 달라도 수정란의 크기 차이는 크지 않다는 것을 시사하고 있다. 한편, 인공교배에 의한 가계별로 수정란을 얻었고, 그 수정란의 난질 특성을 조사하여 <Table 3>에 나타내었다. 난경은 883 ~ 944 μ m, 유구경은 163 ~ 199 μ m, 수정률은 38~70%로 가계별로 비교적 차이가 크다고 생각할 수 있지만, 대부분의 가계가 거의 비슷하고, 극히 일부 가계만이 차이가 있음을 알 수 있다. 이와 같이 가계별 차이에 관해서는 향후 데이터 축적으로 단순 개체의 차이인지, 교배 지침상의 차이인지를 분석할 필요가 있다. 인공교배에 의해서 얻어진 수정란이 복수의 유구를 가진 이상 수정란이 있는지 현미경 관찰을 통해서 확인해 보았지만, 현미경으로 관찰된 수정란 중에서 이상 수정란은 없었고, 100%가 1개의 유구만을 가지고 있는 정상 수정란이었다. 종자생산의 현장에서는 일반적으로 난경의 큰 산란 시기와 산란량이 많은 시기의 수정란을

이용하는 것을 선호하고, 그리고 부상란율의 높은 시기의 수정란을 이용하는 것이 높은 생존율을 유지한다는 것을 경험적으로 잘 알고 있다고 보고되어져 있고(Oda et al., 1988), 본 연구에서도 난경의 크기를 중심으로 난질 특성을 조사분석해 보았다. 그리고, 난경의 크기가 치어에서부터 성어의 성장도에 얼마나 관련성이 있는지 규명하는 기초적인 자료 확보 차원에서 성장도를 측정하고 그 결과를 <Table 4>에 나타내었다.

<Table 4> Growth performance of fish

	SBAFE Olive Flounder	FFNSE Olive Flounder
¹ ITL(cm)	14.1±0.8	13.5±0.9
² FTL(cm)	45.6±1.9	42.9±1.5
³ IBW(g)	34.0±5.4	26.6±5.3
⁴ FBW(g)	1,226.6±158.7	1,029.8±98.9
⁵ WG(g)	1,192.6	1,003.2

¹Initial total length, ²Final total length,

³Initial body weight, ⁴Final body weight, ⁵Weight gain

중증량은 기초집단 인공수정란의 넙치에서 1,192.6g, 일반넙치에서 1,003.2g이었고, 기초집단 인공수정란의 넙치가 일반 자연산란 넙치보다 18.9% 성장이 빨랐다. 이와 같이 기초집단 인공수정란의 넙치가 일반 자연산란 넙치에 비하여 유의하게 높았다(P<0.01). 연어 치어의 크기는 수정란 크기의 영향을 강하게 받고 있다고 보고하고 있다(Ando et al., 2015). 본 연구의 결과에서도 인공수정란의 치어가 일반넙치 자연산란 수정란의 치어보다 크다는 것을 알 수 있었지만, 이것에 관해서는 관련 자료를 축적해 나아가면서 수정란의 크기가 자치어의 성장도에 미치는 영향을 명확하게 규명할 필요성이 있다고 사료된다.

IV. 결론

본 연구에서는 기초집단 어미넙치를 이용하여 유전적 다양성이 최대가 되도록 인공교배에 의한

수정란을 생산하였고, 수정란에 대한 난질평가와 그 수정란을 이용하여 종자 생산한 치어에서부터 성어까지 성장도를 조사하였다.

자연산란 수정은 아침 6시부터 10시 사이에 이루어 졌다고 추정되었고, 이를 토대로 인공교배에 의한 수정란 생산은 아침 6시까지는 끝내야 양질의 수정란을 최대 생산될 수 있다고 판단되었다.

평균 난경의 크기는 인공수정란에서 929(±26) μ m, 기초집단 자연수정란에서 923(±22) μ m, 일반넙치 자연 수정란에서 891(±28) μ m로 인공수정란에서 얻어진 수정란이 가장 크고, 일반넙치에서 얻어진 수정란이 가장 작았다.

성장도를 측정한 결과, 증중량은 기초집단 인공수정란의 넙치에서 1,192.6g, 일반넙치에서 1,003.2g이었고, 기초집단 인공수정란의 넙치가 일반 자연산란 넙치보다 18.9% 성장이 빨랐다. 이와 같이 기초집단 인공수정란의 넙치가 일반 자연산란 넙치에 비하여 유의하게 높았고 (P<0.01), 이것은 어미의 영향이 가장 크게 반영되었다고 생각되고 있으나, 향후 성장에 관여하는 메카니즘을 좀 더 구체적이고 과학적으로 조사해야 할 것으로 생각된다.

References

- Ando D, Sasaki Y, Miyakoshi Y, Yasutomi R, Iijima A, Shimoda K and Nakajima M(2015). Differences in the growth patterns of fry among chum salmon *Oncorhynchus keta* families Aquacult. Sci. 63(1), 89~98.
DOI:10.11233/aquaculturesci.63.89
- Araki K, Ozaki T, Okauchi M, Okamoto H, Hara M, Yamada T, Masaokai T, Matsuyama T, Sakai T, Yoshida K, Hattori K and Takeuchi H(2011). Current Flounder Breeding in Japan. Fish Genetics and Breeding Science 40, 67~69.
- Blaxter JHS and G Hempel(1963). The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 28, 211~240.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/28.2.211>
- Harada T(1969). Breeding of Spawner and Egg Collection. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 35(6), 570~573.
- Horiki K, Okamoto S, Matumura T and Takasu Y(1999). Induction of ovarian maturation and ovulation in cultured Tiger Puffer, *Takifugu rubripes* by hormonal treatments - II, Bull. of the Aichi Fish. Res. Ins. 6, 39~43.
- Hunter JR(1972). Swimming and feeding behavior of larval anchovy *Engraulis mordax*. Fish. Bull. 70, 821~838.
- Kashiwagi M et al.(1985). Periodic changes during spawning of Japanese sillago *Sillago japonica* egg diameter. Aquacult. Sci. 33(3), 134~138.
- Kawano M(2008). Monthly change in egg diameter of firefly squid, *Watasenia scintillans* and its possible cause. Bull. Yamaguchi Pref. Fish. Res. Ctr. 6, 57~60.
- Kayano Y, WAN HY, Hara T and Fukunaga T(1998). Fecundity and egg quality of two age class broodstock of red spotted grouper *Epinephelus akaaya*. Aquacult. Sci. 46(2), 213~218.
<https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.46.213>
- KOSIS(Korean statistical information service)(2022). Statistic Database for Aquaculture Production. Retrieved from www.kostat.go.kr on January 27, 2024.
- Min BH, Kim HC, Lee JH, Noh JK, An HS, Park CJ, Choi SJ and Myeong JI(2010). Comparison of Growth Parameters in Selected and Unselected Strains of Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*. Kor J Fish Aquat Sci 43(5), 457~461.
<https://doi.org/10.5657/kfas.2010.43.5.457>
- Mizuta A and Tabata K(1996). Inference of spawning time of hirame *Paralichthys olivaceus* due to night viewer and cleavage stage observation. Hyogo Suishi Kenpo, 33, 27~32.
- Nomura M. (1964). Maturation, spawning of fish and external environmental factors. Aquacult. Sci. 12(3), 159~196.
- Oda T, Kayano Y and Murata M(1988). On the quality of flounder's eggs *Paralichthys olivaceus* spawned in rearing tank, Bull. of the Fish. Exp. Sta., Okayama Pre. 3, 33~40.
- Shim JD, Hwang SD, Jang SY, Kim TW and Jeong

- JM(2019). Monitoring of the mortalities in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) farms of Korea. *J. Fish Pathol.* 32(1), 29~35.
<https://doi.org/10.7847/jfp.2019.32.1.029>
- The World Bank(2013). FISH TO 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture.
<https://reliefweb.int/report/world/fish-2030-prospects-fisheries-and-aquaculture?gadsourc=1>
- Ware DM(1975). Relation between egg size, growth and natural mortality of larval fish. *J. Fish. Res. Board Can.* 32, 2503~2512.
<https://doi.org/10.1139/f75-288>
-
- Received : 29 September, 2025
 - Revised : 21 October, 2025
 - Accepted : 31 October, 2025