JFMSE, 33(4), pp. 940~948, 2021.
수산해양교육연구, 제33권 제4호, 통권112호, 2021.
www.ksfme.or.kr
https://doi.org/10.13000/JFMSE.2021.8.33.4.940

배합사료와 생사료 공급이 쏘가리(*Siniperca scherzeri*) 암컷의 발안율과 부화율에 미치는 영향

김달영 · 이동훈†
경기도해양수산자원연구소(연구사)

Effects of Artificial Diet and Live Food Diet on Eyed Egg State and Hatching Rates in Female Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri*

Dal-Young KIM · Dong-Hoon LEE†
Gyeonggi Province Maritime and Fisheries Research Institute(researcher)

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of artificial diet and live food on eyed egg stage rate and hatchability of eggs of broodstock mandarin fish (*Siniperca scherzeri*) for 10 months. Two groups (five fish per group) of fish with mean body weight of 892±65.7g (Mean±SD) were fed either artificial diet (commercial Japanese eel diet) or live food (crucian carp and common carp juveniles), respectively. Fish were cultured in running water culture system in which water temperature was kept at 3.9±0.4°C to 23.5±1.7°C. Averaged eyed egg stage rate (74.5±4.7%) and hatchability (68.6±1.1%) of eggs for broodstock mandarin fish fed artificial diet were significantly higher ($P<0.05$) than those of fish fed live food (eyed egg stage rate; 57.3±4.4%, hatchability; 51.8±3.3%).

Key words : Mandarin fish, *Siniperca scherzeri*, Hatchability, Broodstock, eyed egg

Ⅰ. 서 론

국내 내수면 어류의 연간 총 생산량은 2020년 기준 33,929톤에 이르고 있으며, 이 중 양식 생산량은 25,711톤으로, 전체 생산량의 75%를 차지하고 있다(MOF, 2021). 국내 내수면어류 중 쏘가리의 생산량은 137톤 내외로 대부분 어업을 통해 생산되고 있으며, 양식 생산량은 전국적으로 3톤 내외로 2% 미만에 지나지 않고 있다(MOF, 2021). 쏘가리 속(*Siniperca*) 어류는 한국, 중국 및 베트남에 분포하며 현재까지 9종이 알려져 있으며(Zhao et al., 2006), 상업적으로 이용성이 높은 내수면 어종으로 알려져 있다(Deng et al., 2010; Peng et al., 2020). 우리나라에는 1종의 쏘가리(*Siniperca scherzeri*)가 분포하며 서·남해로 흐르는 대형 하천의 중상류에 자갈이 깔린 지역 중 수심이 깊은 곳에 주로 서식한다(Cheng and Zheng, 1987; Kim and Kang, 1993). 쏘가리는 내수면 어종 중 기호도가 높은 식용어 중 하나로써, 자원조성 및 국내 수요를 증대시키기 위한 연구가 이루어져 왔으나(Kim et al., 1988), 자・치어기의 적정 먹이생물 공급 문제와 배합사료에 의한 순치가 어렵고 물고기만을 먹는 육식어종 고유의 특성 때문에 양식 대상 종으로 충분한 가치를 인식하고 있음에도 불구하고 대량 생산이 이루어지지 않고 있다. 현재 국내 대다수 쏘가리 양식장

† Corresponding author : 031-8008-6510, leedh27@gg.go.kr

에서는 붕어, 빙어 등 소형 민물고기를 살아있는 형태 또는 냉동 보관하여 이를 공급하고 있다. 최근에는 충청북도 내수면산업연구소에서 쏘가리를 배합사료에 순치하는 기술을 개발하였으나 (Kim, 2015) 국내 정착까지는 다소 시일이 소요될 것으로 사료된다.

현재까지 쏘가리 양식장에서 주로 사용하고 있는 먹이공급 방법은 부화 자어기 때부터 잉어 또는 붕어 등과 같은 내수면 어류의 부화자어를 먹이로 공급하여 3-4cm의 치어기까지 양성하고, 이후에는 이들 내수면 어류, 예를 들어, 잉어. 붕어 등의 양식산 치어를 생으로 또는 냉동하여 공급하는 방법과 계절에 따라 자연에서 어획되는 어종, 즉 피라미와 같은 소형어류를 잡아서 먹이로 공급하는 방법을 주로 사용해 왔으나, 이러한 양식 방법은 먹이생물 공급의 불안정 및 냉동보관에 따른 경영비 상승, 생사료의 산패에 따른 질병 발생, 배출수의 환경오염 등 여러 가지 문제점을 가지고 있어 쏘가리 양식산업의 발전을 위해서는 배합사료의 개발이 무엇보다도 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 양식산 치어(잉어, 붕어)를 공급하여 관리한 쏘가리 친어와 배합사료에 순치된 쏘가리 친어를 이용하여 인공종묘생산 과정을 수행하고, 이들 쏘가리로부터 획득한 수정란의 발안율과 부화율에 대한 영향을 조사하고자 하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

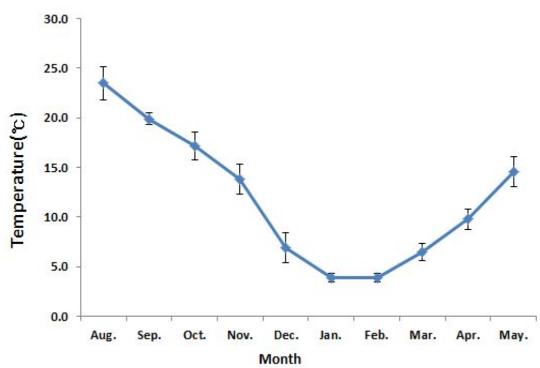
1. 실험어의 사육관리

실험에 사용한 쏘가리 개체는 6년산 쏘가리 친어로, 수정란에서부터 부화 후 5년 동안은 경기도해양수산자원연구소에서 생산된 붕어 및 잉어 치어를 공급하여 관리되었다. 이후 10개월간 PVC (Poly Vinyl Chloride) 재질의 원형 (∮6m) 3개 수조에 암컷(2개 수조), 수컷(1개 수조)을 분리하여 사육하였으며(<Table 1>), 사육된 암컷 개체는 3년산 이후 1회 이상 종묘생산 작업에 경험이 있는 개체들로 구성되었다.

<Table 1> Rearing condition of adult mandarin fish

Type of Diets	sex	individuals
LD Ⅰ (Live fish juvenile)	female	28
LD Ⅱ (Live fish juvenile)	male	32
AD (Eel commercial diet)	female	35

사육기간 중 수온은 하천수를 사용하여 자연수온에 의존하였으며, 사육수는 1일 4회전 유수식으로 관리하고 사료공급 후 남은 사료찌꺼기와 노폐물 제거를 위하여 1일 1회 20%의 사육수를 교환하였다. 사육기간 중의 수온변화는 [Fig. 1]에 나타내었다.



[Fig. 1] Water temperature during rearing period.

2. 먹이 공급

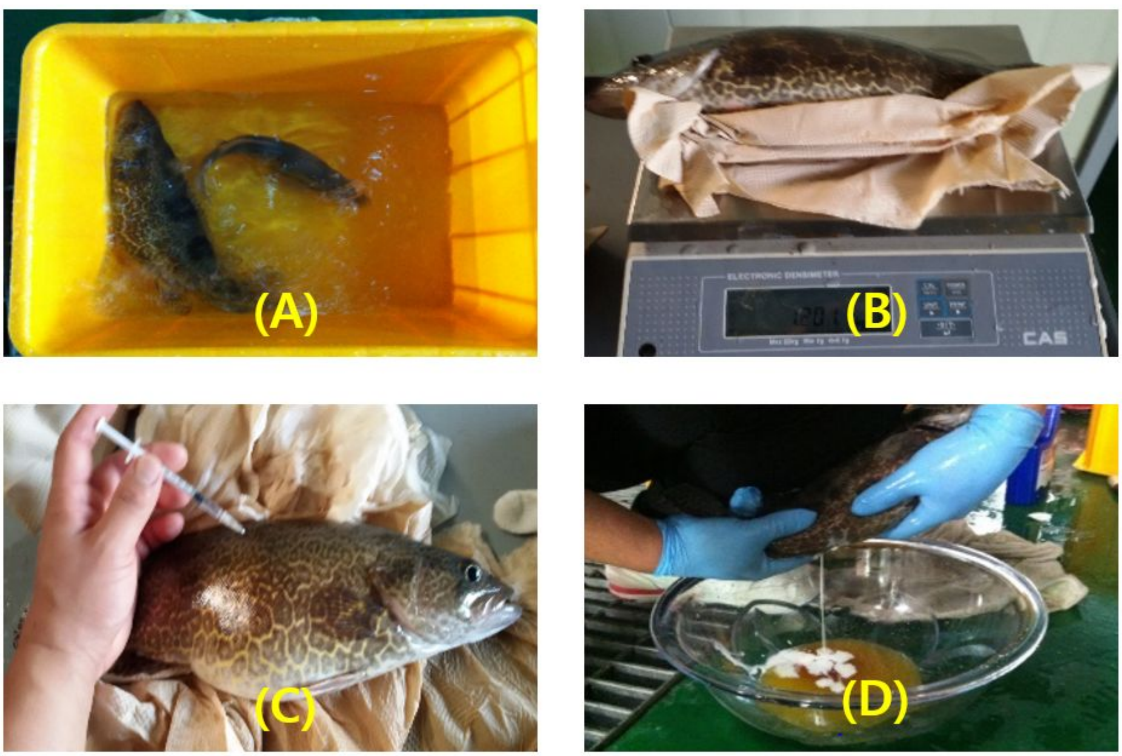
사육기간인 10개월 동안 암컷 1개 수조, 수컷 1개 수조에는 붕어 및 잉어 치어를 먹이로 공급하였고, 다른 1개의 암컷수조에는 상업용 뱀장어 분말 사료(Cargil Agri Purina, Inc. Korea)를 물과 1:1의 비율로 반죽한 다음 5-10 cm 길이의 막대 모양으로 성형하여 1일 2회 (오전 8시, 오후 5시) 만복 공급하였다.

3. 먹이 성분분석

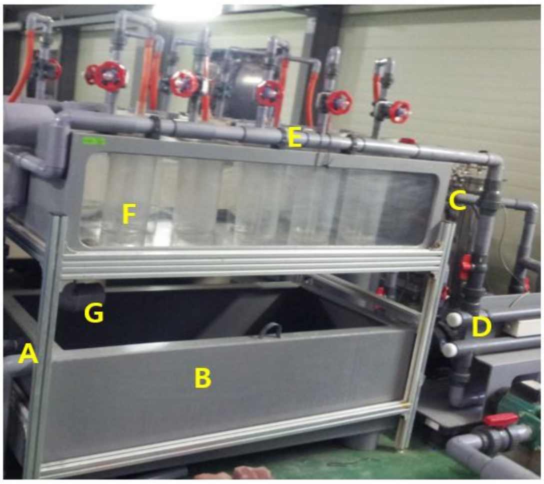
실험어의 먹이로 사용한 붕어 및 잉어치어(이하 "생사료")와, 뱀장어 반죽사료(이하 "배합사료")의 일반성분(수분, 조회분, 조지방, 조단백질)은 2반복으로 분석되었으며, 구성아미노산 및 지방산은 1회 분석하였고, 분석을 위해 부경대학교 사료영양연구소에 의뢰하여 진행하였다.

4. 인공부화

쏘가리의 치어생산 실험을 위하여 생사료를 공급한 실험수조 암컷 5마리(LDⅠ)와, 배합사료를 공급한 실험수조의 암컷 5마리(AD) 및 생사료를 공급한 실험수조의 수컷 10마리(LDⅡ)를 각각 선별하여 25±1.0℃의 수온으로 가온한 별도의 PVC 수조(2 m × 0.8 m × H 0.3 m) 20개 수조(LDⅠ 5, AD 5, LDⅡ 10)에 수용하였다. 호르몬 처리는 Jang et al.(1998)이 제안한 HCG (human chorionic gonadotropin)와 GnRH-a (gonadotroin releasing hormone-analogue)의 혼합 사용방법에 준하여 수행되었으며, 친어 수용 1일 후 LDⅠ구 암컷과 AD구 암컷의 어체중 kg당 LHRH-a (luteinizing hormone-releasing hormone) 15 ㎍ + HCG 3,000 IU를 등근육에 주사하였다. 30시간 후부터 1시간 간격으로 성숙 상태를 관찰하며 암컷의 성숙 정도에 따라 복부 압박법으로 채란하였다. 실험에 사용된 수컷은 자연 상태로 채정이 가능하여 인위적인 호르몬 처리는 하지 않았다([Fig. 2]). 채란된 알은 건식법으로 수정시켜 맥도날드 병부화기(McDonald hatching incubator) 시스템에 수용하여 부화 시까지 관리되었으며([Fig. 3]), 이때 부화 수온은 26±0.3℃로 유지하였다.



[Fig. 2] Fertilized egg production process. (A) Fish anesthesia, (B) Fish weight measurement, (C) Hormonal induction, and (D) Collection of gametes.



[Fig. 3] McDonald hatching incubator system and water flow of the experimental design: influent water pipe (A) → sump tank (B) → cartridge filter (C) → UV lamp (D) → incubator supply pipe (E) → mcdonald incubator (F) → drain pipe (G) → sump tank (B).

5. 발안율 및 부화율 측정

실험사료별 쏘가리의 발안율을 비교하기 위해 수정 48시간 후 발안기에 도달한 수정란을 각 실험 개체별로 0.5-1.0 g을 병부화기로부터 채취하여 발안란을 계수하여 발안율을 산출하였으며, 부화율은 부화된 자어가 부화기로부터 수조 밖으로 이동한 후 최종적으로 부화기 내에서 폐사한 알을 수집 및 알의 총무게를 측정하여 부화기 수용 시의 전체 알의 무게에서 빼는 방식으로 계산하였다. 계산식은 아래와 같다.

발안율(%) = (발안된 수정란 개수/ 샘플 난의 개수) × 100.

부화율(%) = [(채란된 난 수[1] - 폐사된 난 수[2]) / (채란된 난 수[1])] × 100

[1]암컷 쏘가리 개체 당 채란된 난 1 g당 난의 개수 × 수득된 난의 무게(g)

[2]암컷 쏘가리 개체 당 채란된 난 1 g당 난의 개수 × 폐사된 난의 무게(g)

6. 통계처리

쏘가리 수정란 생산과정 후, 병부화기 시스템의 부화과정에서 얻어진 자료들[(암컷 평균 체중, 전장, 개체별 수정란 총무게(total egg weight), 개체별 수정란 평균무게(average weight of egg), 개체별 수정란 직경(average diameter of egg), 발안율(eyed egg stage ratio, %) 및 부화율(hatchability, %)]은 SPSS Version 10 프로그램의 일원분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 분석하였으며, 통계분석의 유의수준은 5% (P<0.05)에서 결정되었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

실험어의 먹이로 사용한 배합사료와 생사료의 일반성분 분석 결과는 <Table 2>와 같으며, 지방산, 구성아미노산 분석 결과는 <Table 3, 4>에 각각 나타내었다.

<Table 2> Proximate composition of the experimental diets(% of dry matter basis)[1]

Nutrient contents	Diets	
	AD	LD
Moisture (%)	4.41±0.04*	69.27±0.27
Crude protein (%)	52.76±0.10[ns]	54.78±0.19
Crude lipid (%)	5.48±0.02*	27.35±0.18
Crude ash (%)	9.89±0.05*	12.51±0.03

[1]Values are means±SE of two replicates with 2 determinations per replicate for experiment trial. Means with a * letters in the same line are significantly different (P<0.05). AD, artificial diet (japanese eel powder commercial diet); LD, live food diet (crucian carp and common carp juvenile)

[2]ns = no significant differences

<Table 3> Fatty acids composition (% of as-is basis) of the experimental diets[1]

Fatty acid(%)	Diets	
	AD	LD
C10:0	0.13	0.00
C11:0	0.15	0.29
C12:0	0.00	0.05
C14:0	6.19	4.06
C14:1	0.26	0.21
C15:0	0.71	0.55
C15:1	0.07	0.00
C16:0	21.97	20.24
C16:1	7.85	8.98
C17:0	0.50	0.34
C17:1	0.31	0.73
C18:0	5.15	3.48
C18:1n9	14.27	28.63
C18:2n9	1.59	12.79
C18:3n6	0.11	0.18
C18:3n9	0.85	2.17
C20:1	3.94	2.54
C20:2	0.00	0.63
C20:3	0.00	0.15
C20:4	1.49	0.97
C20:5n3	11.26	4.69
C22:0	4.25	0.09
C22:1	0.13	0.00
C24:1	0.11	0.00
C22:6n3	18.71	8.23
Total	100	100

[1]Values are means of one replicates with 2 determinations for experiment trial. AD, artificial diet (japanese eel powder commercial diet); LD, live food diet (crucian carp and common carp juvenile)

실험사료의 일반성분 분석 결과 조단백질은 LD구 54.78±0.19%, AD구 52.76±0.10%로 차이가 없었으며 (P>0.05), 수분, 조지방 및 조회분은 LD구 69.27±0.27%, 27.35±0.18%, 12.51±0.03%, AD구 4.41±0.04%, 5.48±0.02%, 9.89±0.05%로 LD구가 AD구 보다 유의하게 높은 것으로 나타났다 (P<0.05).

실험사료별 지방산 분석결과 총중량 기준으로 Oleic acid (C18:1n9)의 함량이 AD구 14.27%, LD구 28.63%로 LD구가 AD구 보다 높았으며, Linoleic acid (C18:2n9) 함량은 AD구 1.59%, LD구 12.79%로 LD구의 어체가 매우 높은 함량을 보였다. 또한 고도불포화지방산인 EPA (C20:5n3)의 함량은 AD구 11.26%, LD구 4.69%로 AD구가 2배 이상 높게 나타났으며, DHA (C22:6n3) 함량은 AD구 18.71%, LD구 8.23%로 EPA와 같은 경향을 보였다(<Table 3>).

<Table 4> Amino acids composition (% of dry matter basis) of the experimental diets[1]

Amino acid (%)	diets	
	AD	LD
Aspartic Acid	5.47	4.94
Threonine.	2.58	2.09
Serine.	2.20	2.17
Glutamic acid	7.45	7.44
Proline	2.65	2.81
Glycine	3.40	3.94
Alanine	3.13	3.43
Valine	2.79	2.70
Isoleucine	2.38	2.38
Leucine	3.98	3.87
Tyrosine	1.60	1.34
Phenylalanine	2.10	2.04
Histidine	1.82	1.60
Lysine	4.55	3.91
Arginine	3.42	3.28
Total	49.53	47.93

[1]Values are means of one replicates with 2 determinations for experiment trial. AD, artificial diet (japanese eel powder commercial diet); LD, live food diet (crucian carp and common carp juvenile)

실험구별 사료의 아미노산 조성은 두 실험구간의 유사한 경향을 나타내었다(<Table 4>).

AD구 암컷 5마리와 LD구 암컷 5마를 사용하여 LHRH-a와 HCG의 호르몬을 이용한 쏘가리 암컷의 산란유도 결과는 <Table 5>와 같다. Jang et al.(1998)은 성성숙 호르몬 처리에 의한 쏘가리의 배란 유도 연구에서 한 종류의 호르몬 단독 처리보다 복합처리가 효과적임을 보고하였으며, 본 실험에서 사용된 HCG+LHRH-a 호르몬 처리 시 모든 실험구의 암컷에서 채란 가능한 결과를 나타내었다.

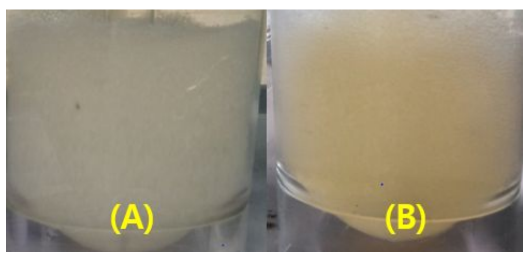
AD구 쏘가리 암컷의 평균 어체중은 892.3±65.7 g, 평균 체장은 38.0±0.8 cm으로, 개체별 채란한 알 무게는 67.2-78.9 g의 범위였다. 1 g당 알의 수는 183-200개의 범위였고, 알 1개의 무게는 0.0049-0.0055 g의 범위로 조사되었다. 난경은 1.91-2.12 ㎜로 나타났고, 개체별 채란량은 13,650-14,450개였다. LD구 쏘가리 암컷의 평균 어체중은 900.8±58.3 g, 평균 체장은 39.1±0.6 cm로 나타났다. 개체별 채란한 알 무게는 61.9-72.5 g의 범위였고, 1 g당 알의 수는 182～204개로 나타났다. 알의 무게는 0.0049-0.0055 g으로 조사되었으며, 난경은 1.78-2.01 ㎜의 값을 보였다. 개체별 채란량은 12,240-13,453개의 범위를 보였다(<Table 5>). AD구와 LD구의 암컷으로부터 채란한 알의 크기(난경), 1개당 알의 무게에는 유의한 차이를 나타내지 못했다(P>0.05).

AD구와 LD구의 발안율에 대한 결과는 <Table 6>에 나타내었다. AD구 암컷의 평균 발안율이 74.6±4.8% (70.7-82.7%)를 나타낸 반면, LD구 암컷의 평균 발안율은 57.3±4.4% (51.9-62.0%)로 AD구에 비해 유의하게 낮은 결과를 보였다(P<0.05). 또한 발안기에 수용된 난의 색도 확연한 차이를 보여 AD구는 흰색, LD구는 연한 노란색을 나타내었다([Fig. 4]).

<Table 5> Egg production of female mandarin broodstock fish fed the experimental diets[1]

Iitem (No. five fish)	Diet		p-value
	AD	LD	
Fish weight (g)	$892.3±65.7^{ns}$	900.8±58.3	0.844
Fish length (cm)	$38.0±0.8^{*}$	39.1±0.6	0.034
Total eggs weight (g)	$73.4±0.51^{ns}$	67.1±4.01	0.060
Average weight of egg (g)	$0.0052 ±0.0002^{ns}$	0.0052 ±0.0002	0.910
Average diameter of egg (mm)	$2.00±0.1^{ns}$	1.90±0.1	0.117

[1]Values are means±SD of five replicates for each of one fish groups. Means with the * in the same line are significantly different (P<0.05) between two grroup. ns = no significant differences. AD, artificial diet (japanese eel powder commercial diet); LD, live food diet (crucian carp and common carp juvenile)



[Fig. 4] Egg color of eyed egg stage. (A) AD, (B) LD.

AD구와 LD구 각각의 쏘가리 암컷 5마리의 부화까지의 실험 결과는 <Table 7>과 같다.

AD구의 쏘가리 암컷에서 채란되어 관리된 알의 최종 부화까지 소요시간은 134.4±2.2시간(132-136시간)이었고, 최종 부화 후 폐사한 알의 무게는 23.1±1.6 g이였다. 채란 및 폐사된 알의 무게를 측정하여 환산된 부화 자어의 수는 9,737±278마리였으며, 부화율은 평균 68.6±1.1%

(67-70%)였다. LD구의 최종 부화까지 소요시간은 136.0±4.0시간(132-140시간)으로, 최종 부화 후 폐사한 알 무게는 평균 32.3±2.4 g이며, 환산된 부화 자어의 수는 6,695±407마리로 나타났다. LD구의 부화율은 51.8±3.3% (49-56%)로 AD구의 부화율이 LD구의 부화율보다 유의하게 높은 결과를 보였다(P<0.05).

<Table 6> Eyed egg state ratio (%) of female mandarin broodstock fish fed the experimental diets[1]

Iitem (No. five fish)	Diet		p-value
	AD	LD	
Egg sampling (No.)	125.8±11.2^{ns}	126.2±16.5	0.965
Eyed egg stage (No.)	93.8±10.4*	72.6±13.0	0.022
Ratio (%)[2]	74.6±4.8*	57.3±4.4	<0.001
Egg color	white	yellow	

[1]Values are means±SD of five replicates for each of one fish groups. Means with the * in the same line are significantly different (P<0.05) between two grroup. ns = no significant differences. AD, artificial diet (japanese eel powder commercial diet); LD, live food diet (crucian carp and common carp juvenile)

[2]Ratio (%) = eyed egg (No.) / egg sampling (No.) × 100

쏘가리는 강한 육식성의 어종 특성으로 배합사료 순치가 매우 힘들어 양식 생산량이 다른 내수면 양식어종에 비해 극히 낮은 편이나 향후 국내 쏘가리 양식 증대를 통한 산업화 정착을 위해 사료 개발 분야에 대한 연구가 활발히 진행 중이다(Kim and Lee, 2016; Kim and Lee, 2017; Kim et al., 2020). 어류 양식에서 양질의 알과 정자의 질을 관리하는 것은 중요한 일이다. 세계적으로 양식 환경이 급변하고, 양식 대상 종의 수가 증가하는 상황에서 종묘생산의 성공은 양식의 성패를 좌우하는 중요한 요소라는 것은 분명한 사실이다(Chevassus-au-Louis and Lazard, 2009). 알과 정자의 질은 수정 후, 정상적인 개체로 부화될 수 있

<Table 7> Hatchability (%) of female mandarin broodstock fish fed the experimental diets[1]

Iitem (No. five fish)	Diet		p-value
	AD	LD	
Total eggs weight (g)	73.4 ±0.51^{ns}	67.1 ±4.01	0.060
Number of total eggs taking[2]	14,195 ±345*	12,935 ±503	<0.001
Weight of death eggs (g)	23.1 ±1.6*	32.3 ±2.4	<0.001
Number of death eggs[3]	4,458 ±202*	6,240 ±575	<0.001
Number of final larva (No.)[4]	9,737 ±278*	6,695 ±407	<0.001
Hatchability (%)[5]	68.6 ±1.1*	51.8 ±3.3	<0.001

[1]Values are means±SD of five replicates for each of one fish groups. Means with the * in the same line are significantly different (P<0.05) between two group. ns = no significant differences. AD, artificial diet (japanese eel powder commercial diet); LD, live food diet (crucian carp and common carp juvenile)

[2]Number of total eggs taking = total egg weight (g) / average weight of egg (g)

[3]Number of death eggs = death egg weight (g) / average weight of egg (g)

[4]Number of final larva = number of total eggs taking - number of death eggs

[5]Hatchability (%) = [(number of total eggs taking - number of death eggs) / number of total eggs taking] × 100

는 요인들(발안률 및 부화율)로 확인될 수 있다(Bobe and Labbe, 2010). 난자의 질은 영양이 풍부하고 정상적인 세포로 발생할 수 있는 알의 능력으로 정의할 수 있는데, 수정되기 전에는 세포발생의 성공을 판단하기가 매우 어렵다(Migaud et al. 2013). 또한 어류의 자어 또는 그 이후의 성장, 발달, 건강도, 미래 친어로서의 잠재력은 난질에 의해 크게 좌우된다(Bromage et al., 1992; Bromage and Roberts 1995). 어류의 난질 개선을 위해서는 필요한 영양소를 암컷에서 자어로 전달되도록 하여 자어의 생존율을 높이고 발생에 최

적화 하는 것이 매우 중요하다(Izquierdo et al., 2001).

본 실험에서 AD구의 암컷과 LD구 암컷을 이용하여 인공부화 생산 실험 결과 배합사료 AD구가 발안률 및 부화율이 LD구보다 유의하게 높게 나타났다. 이것은 AD구와 LD구 먹이공급원의 영양학적인 차이에서 기인하였다고 볼 수 있는데, 특히 AD구 사료의 불포화지방산과 같이 난질에 영향을 준다고 알려진 영양성분이 LD구에 비해 높게 함유되어 있어 이와 같은 성분이 쏘가리 난질에 영향을 주었기 때문이라고 사료된다. 지질은 친어 시기의 필수적인 영양소로서 가장 많은 연구가 되어져 왔는데, 대부분의 어류는 체세포 성장에 필요한 에너지를 지질로부터 제공받고, 또한 지질은 세포막 형성을 위해 필요로 하는 필수 지방산의 원료로써, 자어 성장에도 매우 중요한 역할을 한다(Sargent et al., 2002). 그러므로 적정한 양의 필수지방산의 공급은 양질의 자어를 생산하기 위해 필수적인 요소라 할 수 있다. 암컷 친어는 자어 생산에 필요한 불포화지방산과 에너지를 사료로부터 공급받아 축적하고, 필수지방산의 공급은 성공적인 종묘생산을 좌우하는 필수 영양소 중 하나이다(Migaud et al., 2013).

따라서 본 연구의 쏘가리 친어 관리에서 AD 사료의 순치는 LD사료의 구입비용 절감 및 보관을 위한 별도의 냉동시설 유지에 드는 비용 등의 경영비 절감 효과뿐만 아니라, AD사료를 공급함으로써 쏘가리 암컷의 건강상태 유지와 종묘생산에 필요한 영양소를 충분히 축척하여 자어의 생산성을 향상시키는 결과를 얻었다. 그러나 AD구와 LD구에서 획득한 알의 색깔의 차이에 영향을 미치는 영양성분에 대한 연구가 필요하며, AD 사료로 순치된 친어에서 부화한 치어들의 성장과 향후 성장기의 배합사료 순치율에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

Bobe J and Labbe C(2010). Egg and sperm quality in fish. General and Comparative Endocrinology 165(3), 535~548. https://doi.:10.1016/j.ygcen.2009.02.011.

Bromage NR, Jones J, Randall C, Thrush M, Davies B and Springate JRC(1992). Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 100(1~3), 141~166. https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90355-O.

Bromage NR and Roberts RJ(1995). Broodstock management and egg and larval quality. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 1~424. ISBN:9780632035915.

Cheng Q and Zheng B(1987). Systematic synopsis of chinese fishes. Science press, Beijing, 284~846.

Chevassus-au-Louis B and Lazard J(2009). Current situation and prospects for international fish farming: consumption and production. Cahiers Agricultures 18(2-3), 82~90. https://doi.:10.1684/agr.2009.0283.

Deng Y, Zhao J, Lu G, Wu X and Tao Y(2010). Cloning, characterization and expression of the pepsinogen C from the golden mandarin fish *Siniperca scherzeri* (Teleostei: Perciformes). Fisheries Science, 76(5), 819~826. https://doi.org/10.1007/s12562-010-0275-x.

Izquierdo MS, Fernandez-Palacios H and Tacon AGJ(2001). Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. Aquaculture 197(1-4), 25~42. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00581-6.

Jang SI, Lee WO, Lee JY and Son SJ(1998). Induced ovulation in the mandarin fish, *Siniperca scherzeri* by sex-maturation hormones. J Aquacultre 11(4), 513~519.

Kim IS and Kang EJ(1993). Coloured fishes of korea. Academy publishing company, seoul, Korea, 477.

Kim JD, Jung JY and Lee CH(1988). Study on the egg talking and hatching of *Siniperca scherzeri*. Bull Nat Fish Res Dev Agency Korea 42, 81~85.

Kim YO(2015). The study aquaculture of *Siniperca scherzeri*. The research report of Chungcheongbuk-do Inland Fisheries Research Institute, Munhwa Publishing Co., Chungju, Korea, 7~15.

Kim YO and Lee SM(2016). Effect of water temperature on growth and body composition of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri*. Korean J Fish Aquat Sci 49(5), 607~611. http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0607.

Kim YO and Lee SM(2017). Growth and body composition of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* reared at high water temperature. Korean J Fish Aquat Sci 50(6), 756~761. https://doi. org/10.5657/KFAS.2017.0756.

Kim YO, Oh SY and Lee SM(2020). Influence of different feeding frequency on the growth and body composition of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri* reared in a recirculating aquaculture system (RAS). Korean J Fish Aquat Sci 53(4), 538~543. https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0538.

Migaud H, Bell G, Cabrita E, McAndrew B, Davie A, Bobe J, Herraez MP and Carrillo M(2013). Gamete quality and broodstock management in temperate fish. Revive in Aquaculture 5(1), 194~223. https://doi.org/10.1111/raq.12025.

MOF(2021). Ministry of Oceans and Fisheries. Fisheries statistics. Retrieved from https://www.fips.go.kr/p/S020304/on July 06, 2021.

Peng M, Zhu W, Zeng D, Yang C and Chen X(2020). The complete mitochondrial genome of *Siniperca fortis* (Perciformes: Sinipercidae). Mitochondrial DNA Part B Resources, 5(2), 1857~1858. https://doi.org/10.1080/23802359.2020.1750997.

Sargent JR, Tocher DR and Bell JG(2002). The lipids. In: Halver JR, Hardy RW (eds) Fish Nutrition, 3rd edn, Academic Press, San Diego, CA. USA. 181~257. ISBN:9780080494920.

Zhao J, Wang W, Li S and Cai WQ(2006). Structure of the mitochondrial DNA control region of the sinipercine fishes and there phylogenetic relationship. Acta Genetica Sinica. 33(9), 793~799. https://doi:10.1016/S0379-4172(06)60112-1.

• Received : 13 July, 2021
• Revised : 21 July, 2021
• Accepted : 28 July, 2021