

육상호지를 이용한 참갑오징어(*Sepia esculenta*) 시험양식 국내 첫 보고

유해균 · 이기욱 · 김동휘* · 김기승** · 김우진*** · 임현정*** · 정민민†
국립수산과학원(연구사 · *연구원 · **주무관 · ***†연구관)

First Report in Korea on Trial Aquaculture of Cuttlefish (*Sepia Esculenta*) Using in the Open Tank

Hae-Kyun YOO · Ki-Wook LEE · Dong-Hwi KIM* · Gi-Seung KIM** · Woo-Jin KIM*** ·
Hyun-Jung LIM*** · Min-Min JUNG**

National Institute of Fisheries Science (researcher · *junior researcher · ** officer · ***†senior researcher)

Abstract

The present study was investigated to determine the aquaculture possibility of cuttlefish (*Sepia esculenta*) in the open tank. The broodstock cuttlefish were purchased at Sacheon port in the South sea of Korea. The broodstock cuttlefish were transported to East Sea Fisheries Research Institute and were spawned in an indoor tank. Approximately 50,000 eggs were transferred to the open tank in early May, when the water temperature was maintained at around 20°C. The opossum shrimps were placed in an open tank to be used as feed for hatched cuttlefish. For growth, 10 cuttlefish were randomly selected once a month and their mantle length (ML) and body weight (BW) were measured. The average ML and BW for hatched cuttlefish were 0.55 cm and 0.06 g. After 2 months, ML and BW were 4.5 cm and 10.1 g. After 4 months, ML and BW were 13.8 cm, 258.3 g, and after 6 months, ML and BW were 17.4 cm and 567.0 g. In this study, it was found that there was a difference in growth between individuals, but the confirmation of fast-growing cuttlefish suggests the aquaculture possibility of cuttlefish in the open tank. Cuttlefish farming is expected to succeed through technological methods that can select and breed fast-growing individuals and reach on growth improvement in the future.

Key words : Cuttlefish, Open tank, *Sepia esculenta*, Water temperature

I. 서 론

세계적으로 다양한 종의 갑오징어(*Sepia pharaonis*, *Sepia officinalis*, *Sepia lycidas* 등)가 알려져 있지만 한국에서는 주로 참갑오징어(*Sepia esculenta*, Golden cuttlefish, 이하 ‘갑오징어’라 칭함)가 어획된다. 본 종은 한국과 중국, 일본 등에

서 상업적으로 중요한 종으로(Nesisi, 1987; Okutani, 1995), 수심 10~150 m의 수심에서 서식하며, 한국의 서해 및 남해안에서부터 일본 등 아시아 해역에 광범위하게 분포하는 온대성 두족류이다(CFE, 1984). 산란기는 봄철로 연안의 해초, 풀, 가지 등에 산란을 한다(Natsukari and Tashiro, 1991). 갑오징어는 빠른 성장과 우수한

† Corresponding author : 033-660-8544, jminmin@korea.kr

* 이 논문은 2023년도 국립수산과학원 수산과학연구소 연어류 국내환경 맞춤형 사육조건 구명 연구(R2023062) 및 동해 특산품종 양식기술 개발 과제의 지원으로 수행된 연구입니다.

영양, 높은 시장 가격으로 인해 경제적 가치가 있는 양식 대상 종으로 인식이 되고 있다. 대부분의 갑오징어 양식에 관한 연구는 *S. pharaonis* 와 *S. officinalis* 종에 대한 연구가 보고되었으며 (Han and Jiang, 2022; Anil et al., 2005; Barord et al., 2010; Sykes et al., 2014), 아직까지 한국에서 갑오징어에 대한 양식연구는 보고되어 있지 않다.

두족류의 부화 및 번식 성공은 수온, 염분 및 pH와 같은 환경 요인에 의해 크게 영향을 받으며 (Vidal and Boletzky 2014; Caamal Monsreal et al. 2016), 부화에 적합한 수질 환경은 인공 번식 성공의 중요한 요인이다 (Cinti et al., 2004). 따라서 부화를 위한 최적의 사육환경에 대한 연구는 성공적인 두족류 양식 산업의 발전을 위해 중요하다 (Vidal et al., 2002; Cinti et al., 2004; Vidal and Boletzky 2014; Caamal-Monsreal et al., 2016; Sykes et al., 2014).

Grigoriou & Richardson (2004)에 따르면 갑오징어 (*S. officinalis*)는 성장과 먹이섭취를 위한 최적 수온이 필요하며, *S. pharaonis*는 16도 보다 낮은 수온에서 성장이 감소한다고 보고하였다 (Barord et al. 2010). *Sepiella maindroni*는 생존율, 성장률, 먹이섭취율 등을 고려하였을 때, 최적의 수온 범위는 25~27°C이다 (Peng et al., 2011).

S. pharaonis 수정란의 부화를 위한 적합한 염분 농도는 27-33이며, 최적의 염분 농도는 30으로 보고되어 있다 (Peng et al. 2017). Jiang et al. (2010)은 *S. maindroni*의 배아 발달에 적합한 최적 부화 수온은 27-29°C, 최적 염분 농도는 24.5-32.0임을 보여주었다. Peng et al. (2013)은 *S. lycidas*의 배아 발달이 염분에 의해 크게 영향을 받는 것으로 나타났으며, 부화에 적합한 염분 농도는 27~33의 범위였으며 최적 염분 농도는 30이었다. *S. esculenta*의 부화를 위한 염분 농도 범위는 29°C에서 24-36이다 (Nabhitabhata et al., 2001).

이전의 연구들은 갑오징어의 종마다 수정란의 부화 및 성장을 위한 최적의 수온과 염분 범위가

다르므로, 부화와 성장을 위한 최적의 수온 및 염분 범위가 각 종에 대해 결정되어야 함을 시사하였다.

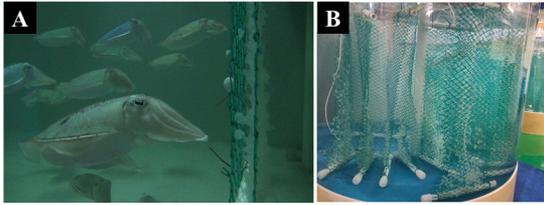
갑오징어는 짧은 수명 주기와 재생산이 쉽고 큰 알과 높은 부화율, 질병에 대한 저항성은 다른 두족류에 비해 비교적 쉽게 양식이 될 수 있다고 보고되고 있다 (Forsythe et al., 1994). 그러나 생산과 사육 시에 부화와 성장 환경의 변동성이 대량생산의 문제점으로 여겨지고 있다.

따라서, 본 연구는 국내에서 갑오징어 종자 생산 이후 양식 가능성을 알아보기 위해 수행한 시험연구로서, 육상호지 양식장에서의 갑오징어 수정란 입식부터 수확까지의 먹이 조성 등 생존에 필요한 사육환경과 성장에 대해 보고하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 갑오징어

어미 갑오징어는 2021년 4월 초 남해 사천항에서 100마리 (Mantle length 17.0 ± 1.8 cm, Body weight 507 ± 135.5 g)를 구입하여 동해수산연구소 내의 사육수조 (6 x 1.7 m, 수심 1.7 m) 2개에 나누어 수용하였다. 사육수온은 히트펌프 (BLUE AIR-TEC, Korea)를 사용하여 20°C 내외, 염분 30~32, DO 7 mg/L 이상, pH 7~8로 유지하였다. 갑오징어는 수조에 수용 직후부터 교접행동이 관찰되어 산란을 위한 부착기질로서 그물망 (30 x 100 cm, 망목 8.5 x 8.5 mm)을 투입하였다. 먹이로는 살아있는 칠게를 공급하여 7일간 먹이 불임을 하였으며, 이후 냉동 흰다리새우를 공급하였다. 부착기질은 어미 갑오징어의 산란량에 따라 4~5개를 넣어주었으며, 일정량 (약 2,000개 내외)의 알이 부착된 부착기질은 수정란 관리를 위한 수조 (약 2톤, Ø 1.5 m, 수심 1.2 m)로 옮겨져 양식장으로 이송할 때까지 수온 20°C 내외로 유수식으로 관리하였다 (Fig. 1).



[Fig. 1] Broodstock cuttlefish (A) and attached eggs (B) in nylon mesh.

2. 육상호지 양식장

시험양식을 위한 양식장으로 충청남도 태안에 위치한 야외 육상호지(약 500톤, 17 x 30 m, 수심 1.0 m) 양식장을 선정하였다([Fig. 2]). 시험양식용 육상호지의 해수는 유수식으로 공급하였으며, 4~6월 초까지 육상호지 내 수온을 상승시키기 위해 PE비닐(Polyethylene, 0.1 mm)을 이용한 보온시설을 설치(4.28~6.10)하였다. 보온시설 설치에 의한 수온을 비교하기 위해 동일한 규모의 육상호지에는 보온시설을 설치하지 않고, 유수식으로 관리하며 수온을 비교하였다.

이후 수온이 20℃내외로 유지되는 2021년 5월 중순에 부착란 약 5만개를 입식하였다. 시험양식 기간 동안 수온 데이터로거(Hobo pendent, UA 002-64)를 이용해 양식장의 수온 변화를 기록하였으며, 매일 다항목수질측정기(YSI Pro plus, USA)를 사용하여 수질환경(DO, 염분, pH)을 측정하였다. 여름철(7.17~8.24)에는 수온 상승을 피하기 위해 차광막(차광률 75%)을 설치하여 25℃ 내외의 수온을 유지하였다.

3. 먹이조성

갑오징어 초기 먹이로서 육상호지 양식장에 갑오징어 부착란을 입식하기 전, 알테미아 노플리우스 유생과 곤쟁이류를 입식하였으며, 이후 소형 새우류와 계류 유생을 채집하여 양식장에 공급하였다. 7월에는 먹이용으로 흰다리새우 치하(약 200 kg)를 갑오징어 육상호지 양식장에 입식

하였고, 8월부터는 냉동새우를 공급하였으며, 매월 갑오징어 먹이 분포를 조사하였다.



[Fig. 2] Open tank system. Tank volume: 500 tons (17 × 30 m, depth 1 m).

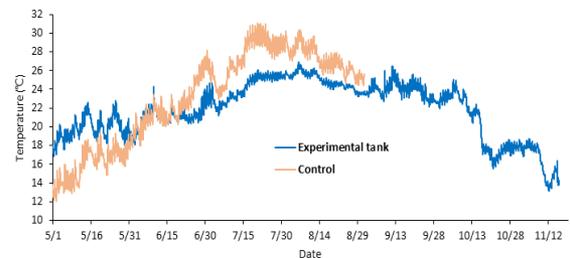
4. 성장 조사

갑오징어는 육상호지 양식장에서 매일 무작위로 10마리를 채집하여 중량(Body weight, g) 및 외투장(Mantle length, cm)을 측정하였다.

III. 연구 결과

1. 육상호지 양식장의 사육환경

육상호지 양식장은 입식 초기 보온시설을 설치하여 수온은 5월부터 19.9℃ 내외로 유지되어 보온시설을 설치하지 않은 호지 보다 평균 4℃ 정도 높게 나타났으며, 7월 중순부터 수온이 25℃로 상승함에 따라 차광시설을 설치하여 평균 25.3℃ 내외를 유지하였으며, 차광시설을 설치하지 않은 호지 보다 4℃ 정도 낮게 나타났다([Fig. 3]).



[Fig. 3] Water temperature change in the open tank during this trial.

갑오징어 부착란을 입식한 이후 5월부터 매월 수질환경을 측정하였으며, 수온, DO, 염분, pH를 <Table 1>에 나타내었다.

<Table 1> Measurement of rearing conditions (Temperature, DO, Salinity and pH) during trial

Date	5.20	6.23	7.20	8.23	9.28	10.25	11.1
Temp. (°C)	20.1	20.9	25.8	23.8	22.6	18.0	16.6
DO (mg/L)	8.33	9.14	10.05	6.35	8.28	12.58	8.68
Salinity	30.71	30.94	31.10	29.76	31.16	31.59	31.59
pH	7.88	7.72	7.94	7.65	7.75	7.85	7.72

2. 갑오징어 양식을 위한 먹이조성

[Fig. 4]는 육상호지 양식장에 공급한 먹이생물을 나타냈다. 갑오징어 부착란의 부화가 시작되기 전 4월 말 초기먹이로 곤쟁이류, 5월과 6월에는 포란한 줄새우류 및 계류를 육상호지 내 입식하였다. 곤쟁이류는 육상호지내에서 증식하며 6월까지 갑오징어의 먹이 포획 활동이 관찰되었다. 7월에는 흰다리새우 치하를, 8월부터는 냉동 새우를 공급하였다. 줄새우류와 계류는 8월까지 육상호지에서 치하, 치계 등이 관찰되어 재생산이 이루어짐을 확인하였으며, 흰다리새우 치하는 육상호지 내에서 갑오징어의 성장과 동반하여 성장 및 생존하여 살아있는 먹이가 되는 것이 확인되었다.



[Fig. 4] Feeding condition during the trial.

3. 갑오징어의 성장 조사

육상호지 내 갑오징어의 성장을 조사한 결과, 부화 시(5월) 크기는 평균 외투장(ML) 0.55 cm, 평균 체중 0.06 g이었으며, 6월에는 외투장 1.53 cm, 체중 0.67 g, 7월에는 4.5 cm, 10.1 g, 8월에는 10.0 cm, 105.2 g, 9월에는 13.8 cm, 258.3 g, 10월에는 15.7 cm, 362.3 g, 11월에는 16.7 cm (15.6~17.4 cm), 487.2 g (420.0~567.0 g)으로 나타났다([Fig. 5]). 육상호지 내 시험 종료(11월 16일) 시 최종 개체수는 440마리로 나타났으며, 월별 성장과 외투장의 길이는 <Table 2>에 나타냈다.

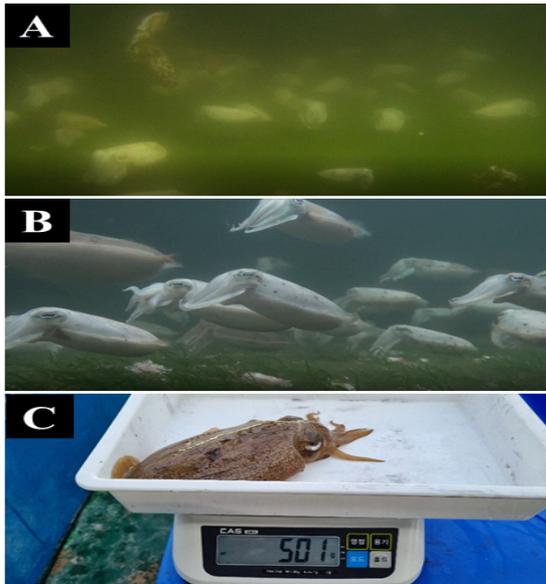
IV. 결론

본 연구는 육상호지에서 갑오징어의 양식 가능성을 알아보기 위한 목적으로 갑오징어의 사육환경과 성장을 조사하였다.

<Table 2> Growth in mantle length and body weight of cuttlefish during six months rearing in the open tank

Date	5.20	6.23	7.20	8.12	8.23	9.8	9.28	10.13	10.25	11.16
Mantle length (cm)	0.55 (0.52-0.58)	1.53 (1.3-1.7)	4.5 (3.6-5.3)	8.4 (7.1-9.7)	10.0 (9.0-11.0)	12.2 (11.5-12.9)	13.8 (13.1-15.0)	14.5 (13.7-15.6)	15.7 (15.1-17.4)	16.7 (15.6-17.4)
Total length (cm)	ND	2.44 (2.2-3.0)	6.8 (5.3-8.5)	12.5 (11.2-13.7)	15.1 (13.3-17.9)	18.7 (18.1-19.4)	21.5 (19.8-23.3)	23.1 (21.6-24.7)	24.3 (22.4-27.5)	25.0 (24.0-26.5)
Body weight (g)	0.06 (0.05-0.07)	0.67 (0.52-0.90)	10.1 (6.0-14.0)	54.06 (36.0-69.2)	105.2 (83.9-138.6)	175.6 (153.1-221)	258.3 (214.2-323.0)	300.4 (261.3-351.5)	362.3 (311.0-451.5)	487.2 (420.0-567.0)

※ Numbers in parentheses indicate ranges; ND, no data



[Fig. 5] Cuttlefish in the open tank and growth measurement. A: Cuttlefish in open tank (August), B: Cuttlefish in open tank (September), C: Growth measurement (November).

갑오징어는 다른 두족류에 비해 재생산이 쉬운 것으로 보고되었지만(Forsythe et al., 1994) 부화 시 수온 및 염분, 어미의 건강 상태, 산란 등의 변동성으로 인해 여전히 대량생산은 어렵다고 알려져 있다(Vidal and Boletzky 2014; Caamal Monsreal et al., 2016). 국내에서는 아직까지 참갑오징어의 인공종자생산과 양식에 대해 보고된 바가 없다. 동해수산연구소에서는 2018년 국내에서 처음으로 갑오징어 인공종자생산에 성공하였으며, 갑오징어의 양식 가능성을 알아보기 위해 시험양식을 수행해 오고 있다. 그 중 하나로서 육상호지를 이용하여 본 연구를 수행하였다. 야외에 위치한 양식장은 주변 환경 및 기후에 영향을 많이 받기 때문에 인위적으로 수온을 조절하기에는 어려운 단점이 있다. 그러나 본 육상호지 시험연구에서 5월 입식 시에 보온시설을 설치하여 주변 호지 보다 5°C 정도 수온을 높여 주어 초기 입식 시에 대량폐사는 관찰되지 않았다. 또한 여

름철 고수온기에 차광막을 설치하여 주변 호지보다 5°C 정도 수온을 낮게, 약 25°C 내외로 수온을 유지하여 고수온에 의한 피해를 최소화하였다. Cinti et al. (2004)는 갑오징어의 부화시에 적합한 수질 환경을 제공하는 것이 인공종자생산의 중요한 요인이라고 보고하였다. 본 연구에서는 갑오징어의 먹이로서 살아있는 곤쟁이류를 육상호지에 입식하였으며, 곤쟁이류는 육상호지내에서 증식함으로써 초기 먹이를 유지할 수 있었다. 초기에는 살아있는 먹이를 선호하는 습성이 관찰되어 7월까지의 살아있는 먹이를 공급하였으며 (Oshima and Choe, 1961), 이후 냉동 새우를 공급하면서 먹이 포획 여부를 확인한 후 8월부터 냉동새우의 공급이 가능해졌다.

본 시험양식에서는 사육 수온 유지 및 먹이생물 공급으로 최종 시험 종료 시(11월)에 500 g 이상의 성장이 우수한 갑오징어를 확인하였다, 개체별 성장 차이가 나타나 성장을 향상시키는 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 갑오징어 부착란을 약 5만개를 입식하였으나 정확한 부화율 추정에는 어려움이 있었으며, 최종 생존 개체수는 440마리로 생존율 향상을 위한 연구도 필요하다. 또한, 야외 육상호지외에 실내 수조를 이용한 양식 기술개발 및 먹이 종류의 다양화 등 갑오징어 양식을 위해서는 여러 가지 시험연구가 필요할 것으로 보인다. 육상호지 양식 시험연구 결과를 바탕으로 양식장 현장에 적용할 수 있는 다양한 시험연구를 통해 수온 및 염분에 대한 표준화된 방법과 안정된 먹이공급, 성장차이, 질병 등의 방법을 보완한다면 국내에서 갑오징어 양식은 성공할 수 있으리라 여겨진다. 현재 갑오징어의 양식 시험연구는 향후 갑오징어 양식산업에 큰 기여를 할 것이라 기대한다.

References

- Anil MK, Andrews J and Unnikrishnan C(2005). Growth, behavior, and mating of pharaoh cuttlefish

- (*Sepia pharaonis* Ehrenberg) in captivity. The Israeli Journal of Aquaculture – Bamigdeh, 57(1), 25~31.
- Barord GJ, Keister KN and Lee PG(2010). Determining the effects of stocking density and temperature on growth and food consumption in the pharaoh cuttlefish, *Sepia pharaonis*, Ehrenberg 1890. Aquaculture international, 18(3), 271~283. <https://doi.org/10.1007/s10499-009-9242-x>
- Caamal-Monsreal C, Uriarte I, Farias A, Díaz F, Sánchez A, Re D and Rosas C(2016). Effects of temperature on embryo development and metabolism of *O. maya*. Aquaculture, 451, 156~162. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.09.011>
- CFE R(1984). FAO species catalogue. Vol. 3. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Synop., 3, 125.
- Cinti A, Barón PJ and Rivas AL(2004). The effects of environmental factors on the embryonic survival of the Patagonian squid *Loligo gahi*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 313(2), 225~240. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.05.017>
- Forsythe JW, DeRusha RH and Hanlon RT(1994). Growth, reproduction and life span of *Sepia officinalis* (Cephalopoda: Mollusca) cultured through seven consecutive generations. Journal of Zoology, 233(2), 175~192.
- Grigoriou P and Richardson CA(2004). Aspects of the growth of cultured cuttlefish *Sepia officinalis* (Linnaeus 1758). Aquaculture Research, 35(12), 1141~1148. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01137.x>
- Han Q and Jiang X(2022). Recent developments in the culture of the cuttlefish, *Sepia pharaonis* Ehrenberg, 1831. Journal of Shellfish Research, 41(2), 243-254. <https://doi.org/10.2983/035.041.0210>
- Hanley JS, Shashar N, Smolowitz R, Bullis RA, Mebane WN, Gabr HR and Hanlon RT(1998). Modified laboratory culture techniques for the European cuttlefish *Sepia officinalis*. The Biological Bulletin, 195(2), 223~225. <https://doi.org/10.2307/1542850>
- Jiang X, Lu Z, He H, Ye P, Ying Z and Wang C(2010). Effects of several ecological factors on the hatching of *Sepiella maindroni* wild and cultured eggs. Yingyong Shengtai Xuebao, 21(5), 1321~1326.
- Nabhitabhata J, Asawangkune P, Amornjaruchit S and Promboon P(2001). Tolerance of eggs and hatchlings of neritic cephalopods to salinity changes. Phuket marine biological center special publication, 25(1), 91~99.
- Natsukari Y and Tashiro M(1991). Neritic squid resources and cuttlefish resources in Japan. Marine & Freshwater Behavior & Phy, 18(3), 149~226. <https://doi.org/10.1080/10236249109378785>
- Nesis, Kir N(1987). Cephalopods of the World: squids, cuttlefishes, octopuses, and allies. T.F.H. Publications, Inc, New Jersey, 351.
- Ohshima Y and Choe S(1961). on the rearing of young cuttlefish and squid. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 27(11), 979~986.
- Okutani T(1995). Cuttlefish and squids of the World in color. Published by National Cooperative Association of Squid Progressors, Tokyo, 43.
- Peng RB, Jiang XM, Yu SG, Luo J, Tang F, and Wang CL(2013). Effect of several ecological factors on embryonic development of *Sepia lycidas*. Acta Ecologica Sinica, 33(20), 6560~6568.
- Peng RB, Wang PS, Jiang MW, Ruan P, Han QX and Jiang XM(2017). Effect of salinity on embryonic development of the cuttlefish *Sepia pharaonis*. Journal of the World Aquaculture Society, 48(4), 666~675. <https://doi.org/10.1111/jwas.12321>
- Peng S, Yin F, Shi Z, Sun P, Wang J and Liu Z(2011). Optimum water temperature for the growth of juvenile common Chinese cuttlefish, *Sepiella maindroni* (De Rochebrune 1884). Journal of Shellfish Research, 30(2), 205~209. <https://doi.org/10.2983/035.030.0202>
- Sykes AV, Domingues P and Andrade JP(2014). *Sepia officinalis*. Cephalopod culture, 175~204.
- Vidal EA, DiMarco FP, Wormuth JH and Lee PG(2002). Influence of temperature and food availability on survival, growth and yolk utilization in hatchling squid. Bulletin of Marine Science, 71(2), 915~931.
- Vidal EA and von Boletzky S(2014). *Loligo vulgaris* and *Doryteuthis opalescens*. Cephalopod culture, 271~313. https://doi.org/10.1007/978-94-017-8648-5_16

-
- Received : 10 October, 2023
 - Revised : 22 November, 2023
 - Accepted : 01 December, 2023