



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

사육수조 내 Shelter가 붉바리 (*Epinephelus
akaara*) 성장과 스트레스에 미치는 영향

제주대학교 산업대학원

중식학과

강 창 협

2020년 2월

사육수조 내 Shelter가 붉바리 (*Epinephelus
akaara*) 성장과 스트레스에 미치는 영향

지도교수 이 영 돈

강 창 협

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2019년 12월

강창협 의 이학석사 학위논문을 인준함

심사위원장 이 경 준 (인)

위 원 여 인 규 (인)

위 원 이 영 돈 (인)

제주대학교 산업대학원

2019년 12월

Effects of artificial shelter in tank on growth and stress of red spotted grouper, *Epinephelus akaara*

Chnag-Hyoup Kang

(supervised by professor Young-Don Lee)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL
FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE
DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

2020. 2

MARINE LIFE SCIENCE
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

I. 서론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 1차 실험	3
1) 실험어 및 사육관리	3
2) 수조 내 웰터 설치 및 붐바리 사육	4
3) 간의 조직적 관찰	7
4) 붐바리 뇌에서의 CRH mRNA 발현 비교	8
5) 통계 분석	10
2. 2차 실험	11
1) 웰터 제작 및 설치	11
2) 실험어 및 사육 관리	13
3) 간의 조직적 관찰	15
4) 붐바리 뇌에서의 CRH mRNA 발현 비교	15
5) 통계 분석	15
III. 결 과	16
1. 1차 실험	16
1) 웰터 설치에 따른 붐바리 체성장 변화	16
2) 웰터 설치에 따른 CRH mRNA 발현 변화	18
3) 웰터 설치에 따른 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)와 간조직 변화	20

2. 2차 실험	23
1) 켈터 설치에 따른 붐바리 체성장 변화	23
2) 켈터 설치에 따른 CRH mRNA 발현 변화	25
3) 켈터 설치에 따른 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)와 간조직 변화	27
IV. 고찰	30
V. 요약	33
VI. 참고 문헌	34

List of figures

Fig. 1. Shape of the shelter used in the experiment.....	5
Fig. 2. Shape of shelters setting in a experimental tanks.....	6
Fig. 3. Shape of new shelter in the tank.....	12
Fig. 4. Shape of shelters setting in a experimental tanks.....	14
Fig. 5. Change of body weight (A) and total length (B) according to the difference of shelters number.....	17
Fig. 6. Change of CRH mRNA expression in brain of red-spotted grouper according to the difference of shelters number.....	19
Fig. 7. Change of hepatosomatic index (HSI) in the liver according to the difference of shelters number.....	21
Fig. 8. Change of liver tissues according to the difference of shelters number. A; Initial, B; control group, C; experimental group I, D; experimental group II, E; experimental group III.....	22
Fig. 9. Change of body weight (A) and total length (B) according to the difference of shelters number.....	24
Fig. 10. Change of CRH mRNA expression in brain of red-spotted grouper according to the difference of shelters number.....	26
Fig. 11. Change of hepatosomatic index (HSI) in the liver according to the difference of shelters number.....	27

Fig. 12. Fig. 12. Change of liver tissues according to the difference of shelters number. A; Initial, B; control group, C; experimental group I, D; experimental group II..... 29

List of Tables

Table 1. Primer sets used in real-time quantitative PCR.	9
---	---

Abstract

To enhance the efficiency of the breeding control of the red spotted grouper, *Epinephelus akaara*, this study investigated effect on the behavioral characteristics, growth and stress response of red spotted grouper, when providing a space hidden (artificial fish shelter) in a rearing tank, taking into account the ecological habits of the fish inhabiting the rock-bottomed areas.

The shelter is manufactured with PVC tubes (length of 1,500 mm and diameter of 200 mm) and installed in a rearing water tank (3×3 m, circular PP)

The first experiment was divided into the control group (no shelter), group I (two shelters), group II (four shelters), and group III (six shelters), and housed 100 fish (body weight, BW 130.0 ± 29.18 g and total length, TL 21.5 ± 1.39 cm) respectively. The rearing water is used by filtering natural seawater with a sand filter. The rearing conditions are dissolved oxygen (D.O) 7.72 ± 0.57 and water temperature (WT) $18.9 \pm 2.5^\circ\text{C}$, and the circulation cycles of the rearing water is 3 to 4 rotations/day, and the commercial pellet was provided.

The second experiment was divided into the control group (no shelter), group I (two shelters), group II (four shelters), and experimental groups II (four shells) and accommodated 70 fish (BW 257.0 ± 56.13 g , 25.9 ± 1.77 cm) respectively. The rearing environment condition is maintained at D.O 6.4 ± 0.5 mg/L and WT $21 \pm 1.3^\circ\text{C}$, and the circulation number of the rearing water is 3 to 4 rotations/day, and the commercial pellet was provided.

Most of the red spotted grouper's behavior in the rearing tank showed a tendency to form a group under the shelter. Although the weight of red spotted grouper tends to be high in a group II in the first experiment ($p < 0.05$), in the second experiment, there was no differences TL and BW growth of fish in each experimental group. The corticotropin-releasing hormone (CRH) mRNA expression in the brain showed no differences in each experimental groups.

I. 서론

어류는 유영 형태와 서식지의 암반, 모래 등 환경 요소를 이용하는 행동 특성이 다양하다. 어류 양식은 어류의 행동 특성에 가능한 적합하도록 사육 수조의 크기와 깊이, 형태, 사육수의 순환 등을 고려한 양식시스템 설계로 생산성을 높이는데 주력하고 있다(Chang et al., 1995; Ji et al., 2008; Boo et al., 2002; Kim et al., 2011).

불바리 등 바리과 어류는 주로 아열대성 지방의 해조류가 많은 암반 지역에 서식하는 연안 정착성 어종으로(Coleman et al., 2010; Masuda et al., 2012; Ndiaye al., 2015) 잠재적인 포식자로부터 은신하기 위한 피난처로서 해저 암반에 있는 바위 구멍이나 바위틈을 이용하려는 어류의 행동 특성을 보인다 (Valdimarsson and Metcalfe, 1998, Steele 1998; Almany, 2004).

최근 연안 어족자원의 효율적 관리를 위하여 어초, 쉼터 등에 대한 어류의 행동 반응에 관한 연구들 (Millidine, Armstrong & Metcalfe, 2006; Goyal 2014; Ahn et al., 2014)이 다양하게 진행되고 있다. 쉼터와 같은 피난처가 어류의 성장률에 긍정적인 영향을 미치고 있고 (Finstad et al., 2007; Olsson and Nyström, 2009, Goyal et al., 2014), 어류의 생존률 또한 높은 것으로 보고가 되고 있다(Mous et al., 2006; Kawabata et al., 2010). 뿐만 아니라 몸집이 작은 치어들이 성어의 공격을 피하기 위한 은신처로 쉼터를 이용하기 때문에 치어의 생존율이 높으며(Finstad, 2007), 제한된 쉼터를 갖고 동종 어류 간 경쟁을 하는 특이성이 관찰되기도 한다(Goyal, 2014). 하지만 이러한 연구들은 대부분 바다, 연안, 하천, 연못 등 자연 생태계의 어류를 대상으로 한 것이거나, 자연산 어류를 임시 수용하여 연구한 결과들이 대부분으로 양식 어류를 대상으로 사육수조에 쉼터를 설치하여 어류의 행동특성이나 스트레스반응에 관한 연구는 찾아보기 힘들다.

이 연구는 서식지의 암반 지대에 있는 바위 틈 속에 숨거나 수초 등에

기대는 행동을 보이는 바리과 어류(Harmelin, 1999)의 행동 특성을 토대로
붉바리 사육수조에 PVC 재질의 인공 쉼터를 설치하여 사육 관리 하였을
때 붉바리의 성장과 스트레스 에 미치는 영향 등을 조사하여 붉바리 종자
생산과 중간 육성 사육관리에 대한 정보를 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 1차 실험

1) 실험어 및 사육관리

실험어는 제주대학교 해양과학연구소에서 사육중인 39개월령 붉바리를 실험에 이용하였다. 실험어는 각각 대조구 (평균체중 133.1 ± 28.63 g, 평균전장 21.8 ± 1.26 cm) 실험구 I(셸터2조, 평균체중 129.8 ± 27.21 g, 평균전장 21.5 ± 1.36 cm), 실험구 II(셸터4조, 평균체중 128.6 ± 29.95 g, 평균전장 21.5 ± 1.44 cm), 실험구 III(셸터6조, 평균체중 128.5 ± 30.99 g, 평균전장 21.3 ± 1.48 cm)로 구분하여 수조별로 100마리씩 수용하였으며, 실험기간은 2018년 09월 14일부터 2019년 01월 08일까지였다. 사육기간 동안 수온 $18.9^\circ\text{C} \pm 2.5^\circ\text{C}$ 와 용존산소 (dissolved oxygen, D.O)는 $7.7 \pm 0.6\text{mg/L}$, 사육수 순환 3~4회전/day 범위를 유지하였고, 사료공급은 1일 2회 만복 급이 하였다.

2) 수조 내 쉘터 설치 및 붉바리 사육

실험수조는 제주대학교 해양과학연구소 제6실험 실습동내 PP 원형 수조 (3 m×3 m×1 m, 탱크 용량 9t, 유효수량) 4개를 이용하였다.

본 실험의 사용된 쉘터는 길이 1500 mm 직경 200 mm PVC관을 횡단으로 절단하여 시멘트 블록(150 mm X 390 mm 190 mm) 위에 얹혀 고정시킨 후 사용하였다 (Fig. 1).

실험 그룹은 쉘터를 설치하지 않은 대조구와 실험구 I (쉘터 2조), 실험구 II (쉘터 4조), 실험구 III (쉘터 6조)로 구분하였으며, 어류 탈출을 방지하기 위한 그물망을 설치하였다 (Fig. 2).

실험어는 사육 후 7주와 16주차에 각각 체중(body weight, BW)과 전장(total length, TL)을 측정하였으며, 2-phenoxyethanol을 이용하여 실험어를 마취시킨 후 sampling을 수행하였다. sampling은 각 실험수조마다 5마리씩 무작위로 선택하여 이루어졌으며, 스트레스에 의한 반응을 확인하기 위하여 뇌와 간 조직을 적출하였다. 뇌는 시상하부에서 분비되는 corticotropin-releasing hormone (CRH)의 유전자 분석을 위하여 뇌를 적출하여 실험분석 전까지 -80℃에서 보관하였으며, 간은 조직학적 분석을 위하여 Bouin's solution에 고정시켰다.

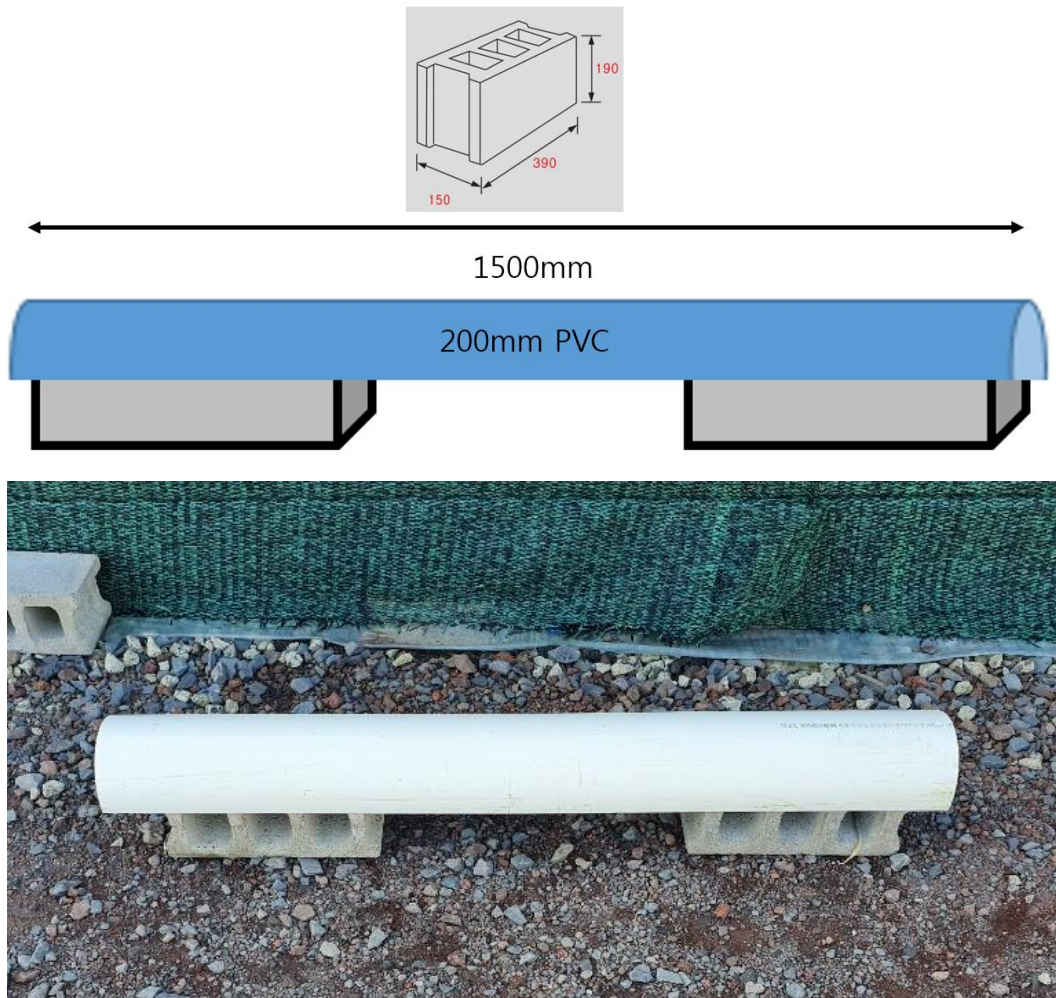


Fig. 1. Shape of the shelter used in the experiment.



Fig. 2. Shape of shelters setting in a experimental tanks

3) 간의 조직적 관찰

각 실험 수조별 붉바리 간의 조직적 변화를 관찰하기 위하여 적출된 간은 Bouin' s solution에 24시간 동안 고정한 후 70% 에탄올으로 치환시켰다. 고정된 조직은 70% 부터 100% 에탄올을 이용하여 단계별 탈수 과정을 거친 후 파라핀으로 포매하였으며, 5 μ m의 두께로 박절 후 조직절편을 Harris hematoxylin과 0.5% eosin을 이용하여 비교 염색하여 광학현미경을 이용하여 검경하였다.

4) 붉바리 뇌에서의 CRH mRNA 발현 비교

붉바리에서 적출된 뇌 조직들은 total RNA를 분리하기 위하여 RiboEx™ (GeneAll, Korea)와 함께 완전히 균질화 시켰다. 균질화된 tube에 Chloroform을 첨가한 후 원심분리기로 원심분리하여 상층액만을 분리시켰으며, iso-propanol을 첨가하여 RNA pellet을 획득하였다. RNA pellet은 DEPC가 첨가된 75% 에탄올을 이용하여 수세한 후 RNase-free 증류수에 용해시켜 total RNA를 얻었다. 획득된 total RNA는 RQ1 RNase-Free DNase (Promega, USA)를 이용하여 DNase 처리 후, Nano Vue (GE Healthcare, Ver.1.0.1, UK)를 이용하여 A260/A280nm의 비율이 1.7~2.1 범위 내의 값을 갖는 RNA만을 선택하여 실험에 사용하였다. DNase 처리된 total RNA는 PrimeScript™ 1st strand cDNA synthesis Kit (Takara, Japan)를 사용하여 합성하였다.

합성된 붉바리 뇌의 cDNA를 이용하여 real-time quantitative PCR을 수행하였으며, real-time quantitative PCR을 위하여 partial sequencing된 CRH유전자의 부분염기서열을 이용하여 종특이적인 primer를 제작하여 이용하였다 (table 1). 분석은 CRX96™ Real-Time System (BIO-RAD, USA)과 Evagreen premix PCR kit (abm, Canada)를 이용하여 수행되었으며, β -actin을 reference gene으로 이용하였다.

Table 1. Primer sets used in real-time quantitative PCR

Gene	Primer information	
	Primer	Sequence (5'-3')
CRH	CRH F	AGCGGCTTGGAGAGGAGTAT
	CRH R	AGCTGGAGTTGCAATGCTCT
β -actin	β -actin F	GAGGGGTATCCTGACCCTGA
	β -actin R	CTCCTCAGGGGCAACTCTC

5) 통계 분석

통계 분석은 SPSS version 21.0을 이용하였으며, ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 측정 평균값끼리의 유의성을 검정하였다.

2. 2차 실험

1) 쉘터 제작 및 설치

실험수조는 제주대학교 해양과학연구소 제6실험 실습동내 PP 원형 수조 (3m×3m×1m, 탱크 용량 9t, 유효수량) 3개를 사용하였다. 대조구는 쉘터를 설치하지 않았고 실험구 I 수조는 쉘터 2개, 실험구 II 수조는 쉘터개를 설치하였다.

1차 실험 시 설치된 쉘터로 인하여 붓바리 배설물과 사료 찌꺼기 등이 쉘터 주변에 적체되는 현상을 개선하기 위하여 1차 실험에 사용하였던 시멘트 블록을 제거하고, 절단 PVC관을 지지대에 매달아 수조 바닥에서 20 cm정도를 띄워 설치하였다 (Fig. 3).

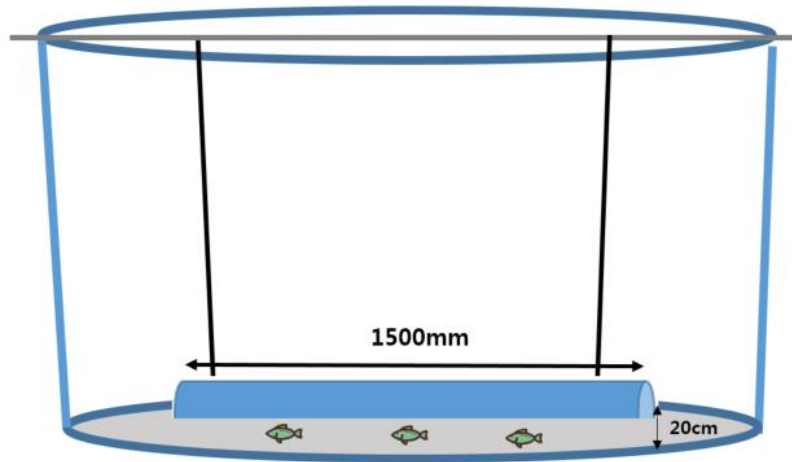


Fig. 3. Shape of new shelter in the tank.

3) 실험어 및 사육관리

실험어는 제주대학교 해양과학연구소에서 사육하는 51개월령 붉바리를 수용하여 사육하였다. 실험구는 각각 대조구(평균체중 252.8 ± 59.06 g, 평균전장 25.9 ± 1.88 cm), 실험군I(셀터2개, 평균체중 252.8 ± 47.19 g, 평균전장 25.9 ± 1.56 cm), 실험군II(셀터4개, 평균체중 251.7 ± 52.73 g, 평균전장 25.8 ± 1.89 cm)로 구분하여 각 수조별로 70마리씩 수용하였다 (Fig. 4). 사육기간 동안 수온 21 ± 1.3 °C, 용존산소 6.4 ± 0.5 mg/L 범위를 유지하였고, 사육수 순환은 3~4회전/day, 사료공급은 1일 2회 만복 급이 하였다.

사육기간은 2019년 09월 18일부터 11월 15일까지 진행되었으며, 실험 시작 후 5주와 8주차에 측정 및 sampling을 수행하였다. 각각 체중과 전장을 측정하였으며 및 sampling은 실험구별로 6마리씩 무작위로 선별하여 뇌와 간을 적출하였다. sampling은 2-phenoxyethanol을 이용하여 마취시킨 후 이루어졌다.



Fig. 4. Shape of shelters setting in a experimental tanks.

3) 간의 조직적 관찰

1차 실험에서의 방법과 동일

4) 붉바리의 CRH mRNA 발현 비교

1차 실험에서의 방법과 동일

5) 통계 분석

1차 실험에서의 방법과 동일

Ⅲ. 결과

1. 1차 실험

1) 쉘터 설치에 따른 붉바리 체성장 변화

쉘터 설치에 따른 붉바리의 체중과 체장의 변화를 조사한 결과, 실험 종료 시 쉘터 4조를 설치하였던 실험군Ⅱ에서의 체중이 대조군과 실험군Ⅲ에 비하여 높은 경향을 보였다(Fig. 5A). 하지만 전장 성장은 실험 그룹간 비슷하였다.

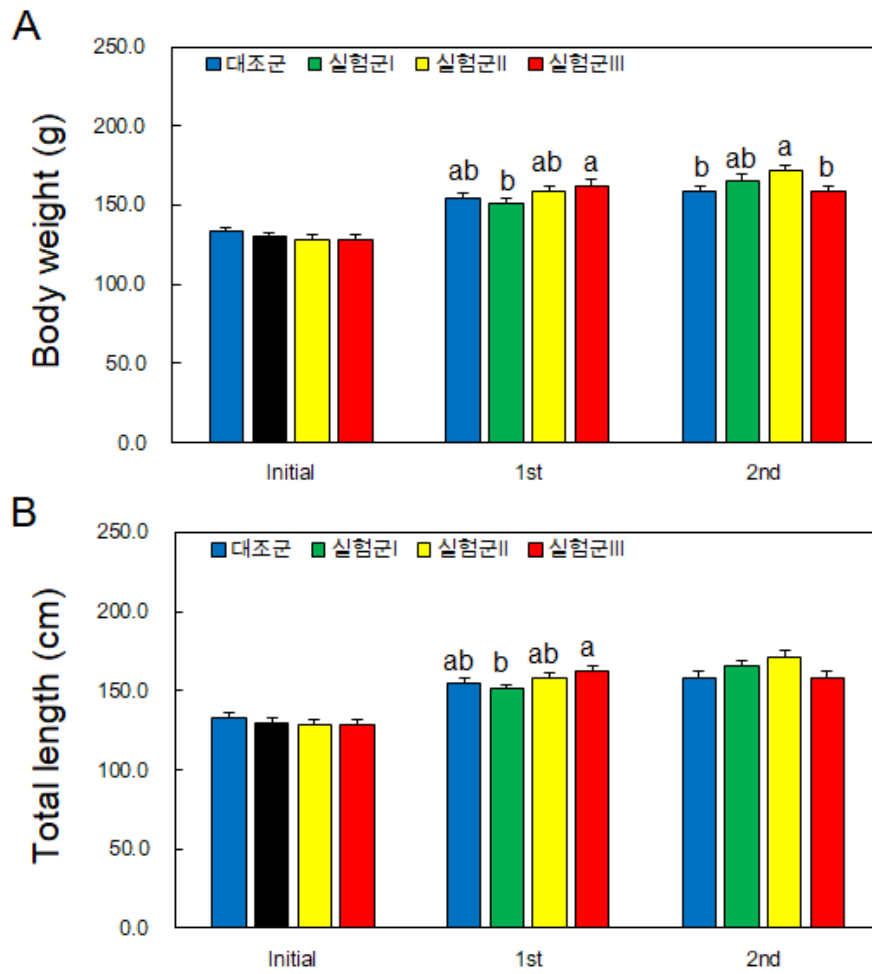


Fig. 5. Change of body weight (A) and total length (B) according to the difference of shelters number.

2) 쉼터 설치에 따른 CRH mRNA 발현 변화

쉼터 설치에 따른 붉바리 뇌에서의 CRH mRNA의 발현변화를 조사한 결과, 실험 7주차에서는 실험군I에서 다른 그룹들에 비해 유의적으로 가장 높았으나, 실험 종료 시인 10주차에서는 쉼터 실험군II이 대조군과 실험군 III에 비하여 유의적으로 높았다 (Fig. 6).

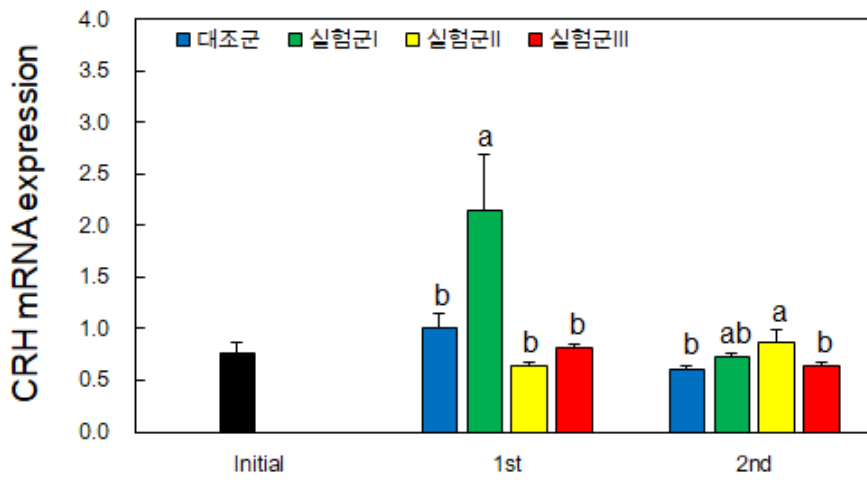


Fig. 6. Change of CRH mRNA expression in brain of red-spotted grouper according to the difference of shelters number.

3) 켈터 설치에 따른 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)와 간조직 변화

켈터 설치에 따른 붉바리 간중량지수 변화를 조사한 결과, 사육기간 동안 실험 그룹간의 유의적인 차이는 없었다(Fig. 7).

간의 조직학적 분석 결과에서도 실험 시작시의 간조직(Fig. 8A)과 실험 종료시 각 실험그룹의 간조직(Fig. 8B~E)의 특이적인 차이는 관찰되지 않았다.

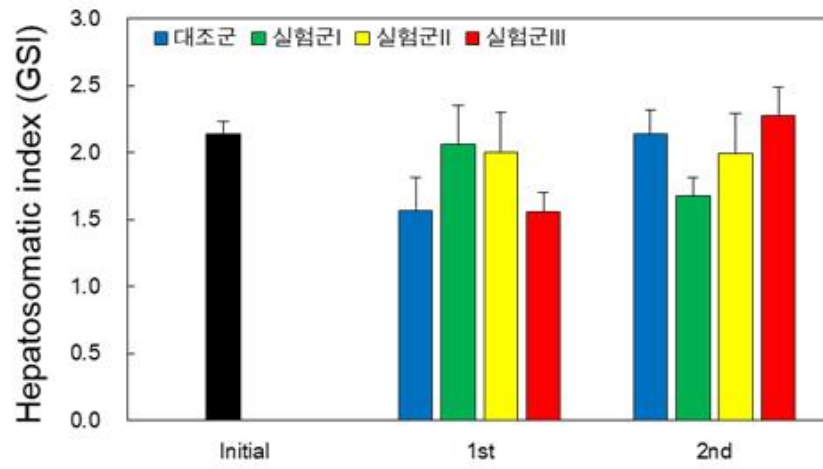


Fig. 7. Change of hepatosomatic index (HSI) in the liver according to the difference of shelters number.

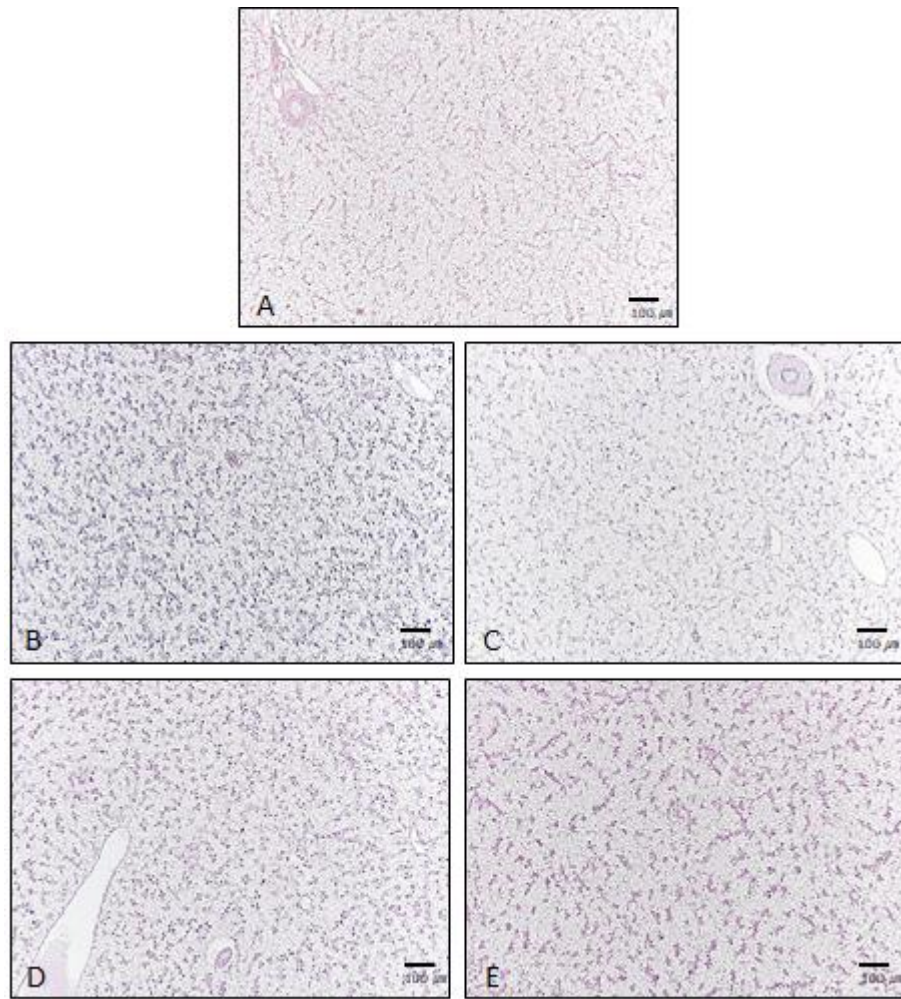


Fig. 8. Change of liver tissues according to the difference of shelters number. A; Initial, B; control group, C; experimental group I, D; experimental group II, E; experimental group III.

2. 2차 실험

1) 쉘터 설치에 따른 붉바리 체성장 변화

쉘터 설치에 따른 붉바리의 체중과 체장의 변화를 조사한 결과, 실험 종료 시까지 모든 실험그룹간의 유의적인 차이는 없었다(Fig. 5A).

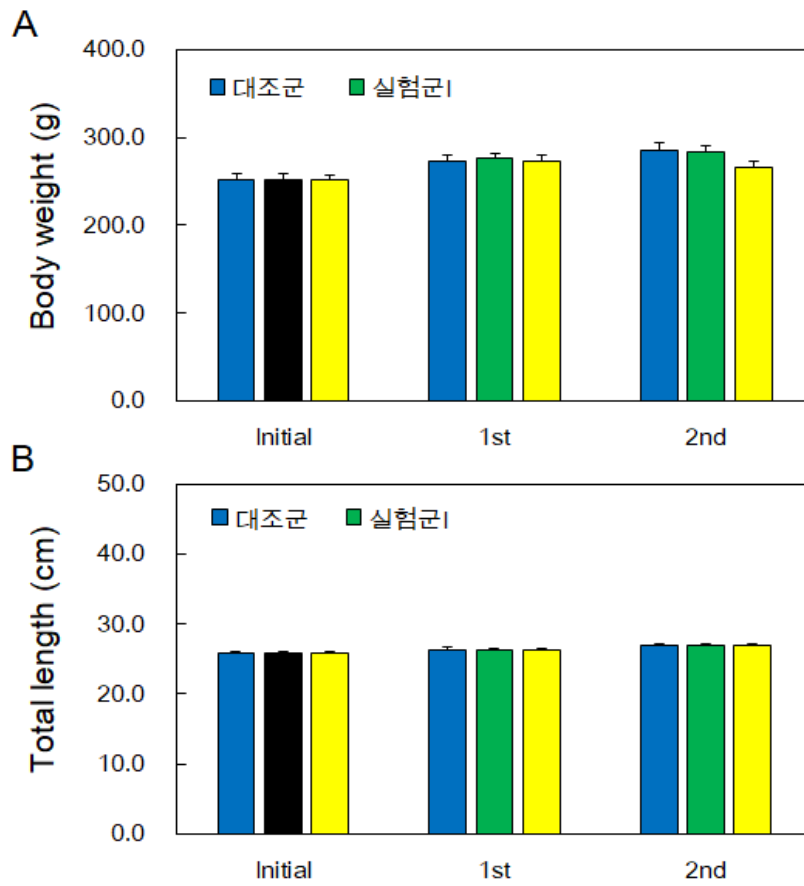


Fig. 9. Change of body weight (A) and total length (B) according to the difference of shelters number.

2) 쉼터 설치에 따른 CRH mRNA 발현 변화

쉼터 설치에 따른 붉바리 뇌에서의 CRH mRNA의 발현변화를 조사한 결과, 실험 5주차에서 실험구II에서 유의적으로 발현이 높았으나, 실험 8주차에서는 모든 실험그룹에서 유의적인 차이가 없었다(Fig. 10).

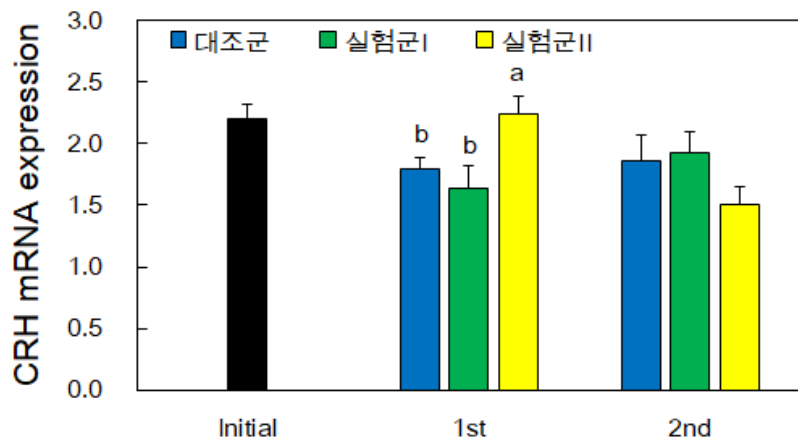


Fig. 10. Change of CRH mRNA expression in brain of red-spotted grouper according to the difference of shelters number.

3) 켈터 설치에 따른 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)와 간조직 변화

켈터 설치에 따른 붉바리 간중량지수와 간조직의 변화를 조사한 결과, 모든 실험그룹에서 특이적인 차이가 관찰되지 않았다(Fig. 11 and 12)

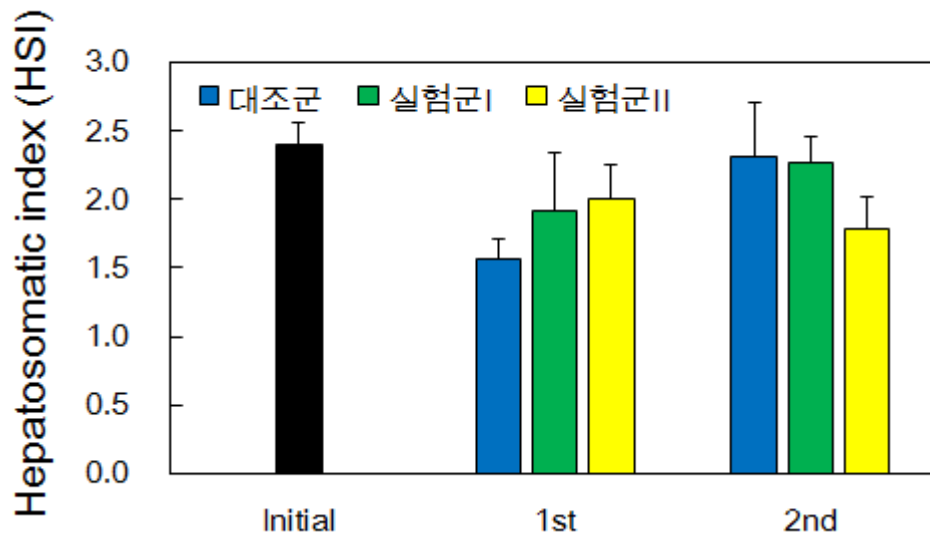


Fig. 11. Change of hepatosomatic index (HSI) in the liver according to the difference of shelters number.

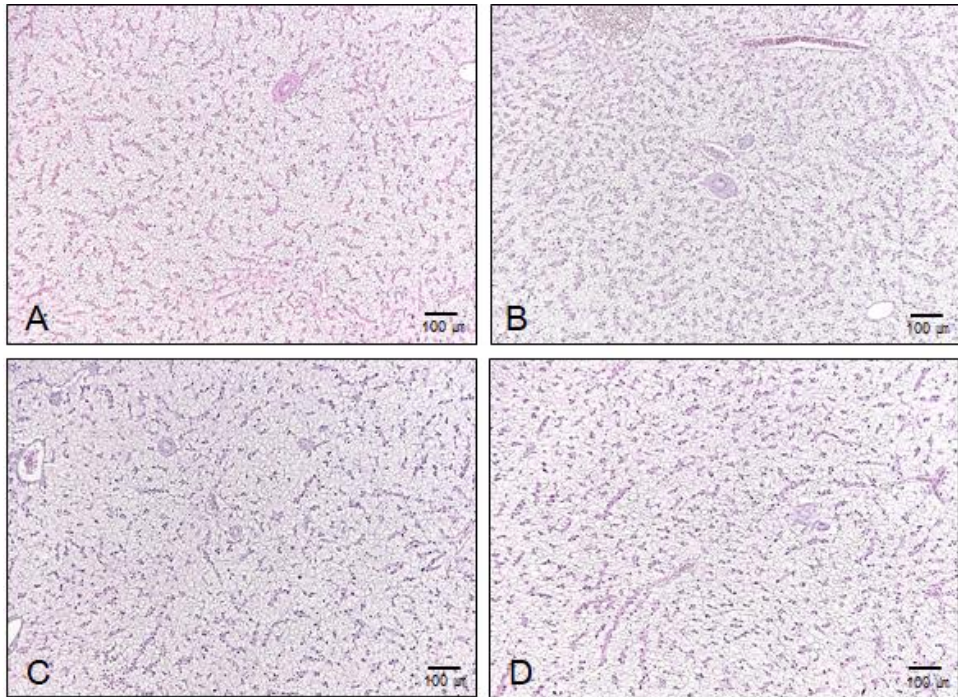


Fig. 12. Change of liver tissues according to the difference of shelters number. A; Initial, B; control group, C; experimental group I, D; experimental group II.

IV. 고찰

최근 어류 양식은 기존의 대량생산을 위한 양식 시스템 체제에서 벗어나 품질의 질을 높이고 친환경적인 어류 생산을 위한 양식 시스템으로 전환이 요구되고 있다. 이에 따라 어류를 양식하는데 있어서 적합한 환경조건을 찾기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다.

바리과 어류는 주로 해조류, 산호초가 많은 암반 암석 지역에 주로 서식한다(Ndiaye, 2015). 일본 후쿠이(Fukui) 지역 수중(35°32'N lat. and 135°30'E)에서 수중 촬영을 한 결과 붉바리(*Epinephelus akaara*)를 포함한 바리과 어류들이 암초, 암반 그리고 콘크리트 인공 구조물 속에서 대부분 관찰이 되었고(Masuda, 2012) 멕시코만 북동부 연안에서 관찰된 Red Grouper(*Epinephelus morio*)도 연안의 암초 지대에 대부분 서식하고 있다(Coleman, 2010).

본 연구는 붉바리가 자연상태에서 독립적으로 암반 사이에서 은신하여 서식하는 특이적인 행동 특성에 착안하여 진행되었으며, 안정적인 붉바리 사육조건을 탐색하기 위하여 자연환경조건과 유사할 수 있는 쉼터를 수조 내에 설치하여 붉바리를 사육하였다. 수조 내 쉼터 설치가 붉바리에 미치는 영향을 조사하기 위하여 붉바리의 체성장변화를 분석한 결과, 1차 실험에서는 쉼터 4조를 설치한 실험구에서 체중이 더욱 증가하는 경향이 보였으나, 2차 실험에서는 실험 그룹 간 차이가 나지 않았다.

corticotropin-releasing hormone (CRH)은 부신피질자극호르몬방출호르몬으로서 스트레스 반응에 의해 뇌의 시상하부에서 분비되어 뇌하수체로 전달되고, 뇌하수체에서 부신피질자극호르몬(adrenocorticotrophic hormone, ACTH)의 분비를 유도하게 된다. 뇌하수체에서 분비된 ACTH는 다시 신장의 부신으로 전달되어, 부신에서의 cortisol 분비를 촉진하게 된다. 이러한 스트레스에 반응하는 CRH를 이용하여, 수조 내 쉼터 설치가 붉바리 뇌에서의 CRH mRNA 발현에 미치는 영향을 분석한 결과, 1차 실험에서는 쉼터

4조를 설치한 실험구에서 증가하였으나, 2차 실험에서는 유의적인 차이가 없었다.

셸터 설치가 간에 미치는 영향을 분석한 결과, 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)와 간조직의 변화에도 큰 영향은 없는 것으로 나타났다.

본 실험의 결과를 통하여 수조 내 셸터의 설치가 붐바리 성장과 스트레스에는 직접적으로 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 하지만 이번 연구에서 실험을 진행했던 시기의 사육 평균 수온이 1차 실험 $18.9 \pm 2.4^\circ\text{C}$, 2차 실험 $21.4 \pm 1.3^\circ\text{C}$ 로 붐바리의 성장을 비롯한 생리활성이 감소하는 동절기에 이루어져 주로 아열대성 지방의 따뜻한 수온에서 서식하는 붐바리의 생리 특성(적정 사육 수온 $24 \sim 28^\circ\text{C}$)을 고려하였을 때 성장변화와 스트레스에 대한 반응을 분석하기에는 시기적으로 적합하지 못한 것으로 생각된다.

특이적으로 수조 내 셸터 설치 후 붐바리들이 설치된 셸터 밑과 그 주변으로 숨어들어가는 행동 특성이 관찰되었으며, 이외에도 제주대학교 해양과학연구소 붐바리 자치어 사육 수조와 중간 육성어 사육 수조에 셸터를 설치한 경우 유사한 행동이 관찰되었다. 인도 Kurukshetra 대학 어업수산연구소에서 *Clarias Batrachus*를 수조에 수용하여 다양한 크기의 PVC 파이프들을 한 개의 수조에만 설치를 하여 성장 실험을 한 결과 PVC파이프를 설치한 수조의 *Clarias Batrachus*들의 체중과 체장 모두가 설치하지 않은 수조의 어류들 보다 높았다(Goyal, 2014). 또한 일본 세이카이 국립 어류 연구소 (Seikai National Fisheries Research Institute)에서는 사육하고 있는 black-spot tuskfish(*Choerodon schoenleinii*)를 이시카섬 연안에서 포획한 포식자인 white-streaked grouper(*Epinephelus ongus*)와 함께 수용하여 일부 수조에만 셸터를 설치를 하여 실험을 한 결과 셸터가 있는 수조에서의 black-spot tuskfish 치어의 생존율이 높은 것으로 나타났으며(Kawabata, 2010)영국 글래스고 대학 생물 의학 생명과학연구소(Institute of Biomedical

& Life Sciences)에서 연어 치어 그룹으로 쉼터 비교 실험을 하여 두 그룹 간 표준 대사율(Metabolism)변화와 체색 변화를 관찰한 결과 쉼터가 없는 수조에서의 연어 치어 그룹의 체색이 더 어둡고 산소 소비율이 30% 더 높게 나타나 쉼터의 존재가 어류의 스트레스를 저감 시키는 것으로 나타났다(Millidine, 2006). 또한 인도 Kurukshetra 대학 어업수산연구소 *Clarias Batrachus* 쉼터 영향 실험에서 어류들이 제한된 쉼터를 갖고 서로 경쟁을 하는 행동 특성들이 빈번하게 발견이 되었고(Goyal, 2014), 본 실험에서도 마찬가지로 유사한 행동특성들이 관찰이 되어 적은 쉼터 설치는 오히려 어류의 스트레스를 높이게 될 수도 있다고 판단이 된다.

이러한 연구 결과들과 본 실험에서 관찰된 붉바리의 특이 행동 특성은 인위적인 쉼터의 설치가 붉바리에게 자연조건과 유사한 안정적인 환경을 조성할 수 있다고 사료되며, 이런 쉼터 환경조건이 아마도 붉바리의 스트레스 저감과 성장을 및 생존율 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 생각된다. 앞으로 적정 사육 조건에서 쉼터에 반응하는 붉바리의 적응 반응 특성을 토대로 한 생산성 평가가 요구된다.

V. 요약

본 연구는 붉바리의 사육관리 효율성을 제고하기 위하여 암반지역에 서식하는 붉바리 생태 습성을 고려하여 사육 수조에 숨을 수 있는 공간(셸터)을 제공하였을 때 붉바리의 행동 특성과 성장 및 스트레스에 미치는 영향을 조사 하였다. 실험 결과, 셸터의 설치가 특이적인 성장증가 및 스트레스 변화에 미치는 영향은 나타나지 않았다. 하지만 셸터 설치 후 붉바리가 셸터에 숨어 은신하는 행동이 관찰되었으며, 셸터의 설치가 붉바리에 안정적인 사육환경을 제공 할 수 있을 것으로 생각된다. 추후 적정 사육 조건 수온 하 실험을 통하여 셸터 설치가 붉바리의 사육조건에 미치는 영향에 대한 연구결과가 필요하다고 생각된다.

VI. 참고문헌

- Ahn, C.H., Joo, J.C., Lee, S., Oh, J.H., Ahn, H., Song, H.M. 2013. An Experimental Approach to Secure Freshwater Fish Shelter according to the Water Level Fluctuations in a Shallow Pond. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 35(9): 666-674.
- Almany, G.R. 2004. Differential effects of habitat complexity, predators and competitors on abundance of juvenile and adult coral reef fishes. *Oecologia*, 141: 105-113.
- Boo, K., Cho, H., Shin, S. 2003. Depressurized Circulating Water Channel Design Using CFD. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*. 40(4): 22-29.
- Coleman, F.C., Koenig, C.C., Scanlon, K.M., Heppell, S., Heppell, S., Miller, M. W. 2010. Benthic Habitat Modification through Excavation by Red Grouper, *Epinephelus morio*, in the Northeastern Gulf of Mexico. *The Open Fish Science Journal*, 3: 1-15.
- Chang, Y.J., Ko, C.S., Yang, H.S. 1995. Comparison on Seedling Production of Marine fishes between Recirculating and Running Seawater System. *Journal of Aquaculture*, 8(2): 117-131.
- Finstad, A.G., Einum, S., Forseth, T., Ugedal, O., 2007. Shelter availability affects behaviour, size-dependent and mean growth of juvenile Atlantic salmon. *Freshwater Biology*, 52 : 1710-1718.
- Goyal, A.K., Saxena N., Saini V. 2014. A Laboratory Study On The Effect of Shelter Availability On *Clarias Batrachus* Growth Performance. *International Journal of Pure and Applied Zoology*, 2(3): 228-230.
- Harmelin, J., Mireille, H., 1999. A review on habitat, diet and growth of the

- dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). Mar. Life 9(2): 11-20.
- Ji S.C., Osamu Takoka, Kenji Takii, Jeong G.S., Han S.J. 2008. Seedling Production of the Pacific Bluefin Tuna *Thunnus orientalis*. Journal of Aquaculture Society, 21(4): 272-277.
- Kawabata, Y., Asami, K., Kobayashi, M., Sato, T., Okuzawa, K., Yamada, H., Yoseda, K., Arai, N., 2011. Effect of shelter acclimation on the post-release survival of hatchery-reared black-spot *Tuskfish Choerodon schoenleinii* : laboratory experiments using the reef-resident predator white-streaked grouper *Epinephelus ongus*. The Japanese Society of Fisheries Sciences, 77 : 79-85.
- Kim, P.K. 2011. Effects of Stocking Density and Dissolved Oxygen Concentration on the Growth and Hematology of the Parrotfish *Oplegnathus fasciatus* in a Recirculating Aquaculture System (RAS). Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 44(6): 747-752.
- Lee, S., Ahn, C.H., Joo, J.C., Song, H.M., Park, J.R. 2014. A Study on Development of Freshwater Fish Shelter and Evaluation of Water Quality for the Reduction of Thermal Stress in Shallow Pond. Journal of Korean Society of Environmental Engineers, 36(12): 828-836.
- Masuda, R., Matsuda, K., Tanaka, M. 2012. Laboratory video recordings and underwater visual observations combined to reveal activity rhythm of red-spotted grouper and banded wrasse, and their natural assemblages. Environmental Biology of Fishes, 95(3): 335-346.
- Millidine, K.J., Armstrong, J.D., MetcalfeK, N.B. 2006. Presence of shelter reduces maintenance metabolism of juvenile salmon. Functional Ecology, 20: 839-845.
- Mous, P.J., Sadovy, Y., Halim, A., Pet, J.S., 2006. Capture for culture: artificial shelters for grouper collection in SE Asia. Fish and Fisheries, 7: 58-72.
- Ndiaye, W., Diouf, K., Samba, O., Ndiaye, P., Panfili, J. 2015. The

- Length-Weight Relationship and Condition Factor of white grouper (*Epinephelus aeneus*, Geoffroy Saint Hilaire, 1817) at the south-west coast of Senegal, West Africa. *International Journal of Advanced Research*, 3(3): 145-153.
- Olsson, K., Nyström P. 2009. Non-interactive effects of habitat complexity and adult crayfish on survival and growth of juvenile crayfish(*Pacifastacus leniusculus*). *Freshwater Biology*, 54: 35-46.
- Steele, M.A. 1999. Effects of shelter and predators on reef fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 233: 65-79.
- Valdimarsson, S.K., Metcalfe N.B. 2005. Shelter selection in juvenile Atlantic salmon, or why do salmon seek shelter in winter?. *Journal of Fish Biology*, 52(1):42-49.
- 김병훈. 2011. 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 PSS I/GH mRNA 발현 특성. 제주대학교 대학원 석사학위논문.
- 부경태, 조희상, 신수철. 2003. 수치 해석을 이용한 감압 회류 수조 설계. *대한조선학회논문집*, 40(4): 22-29.
- 순천향대학교. 2005. 생태양식법을 이용한 말쥐치 참돔의 종묘생산 및 생태학 연구(연구보고서). 해양수산부, P. 113.
- 안창혁, 주진철, 이새로미, 오주현, 안호상, 송호연. 2013. 얇은 연못에서 수위 변동에 따른 담수 어류 피난처 확보를 위한 실험적 접근. *대한환경공학회지*, 35(9): 666-674.
- 이새로미, 안창혁, 주진철, 송호연, 박재로. 2014. 얇은 연못에서 담수 어류의 열성 스트레스 저감을 위한 피난처 개발 및 수질환경 조사 연구. *대한환경공학회지*, 36(12): 828-836.
- 장영진, 고창순, 양한섭. 1995. 순환여과식과 유수식 사육시스템에 의한 해산어류 종묘생산 비교. *한국양식학회지*, 8(2): 117-131.

지승철, 타카오카 오사무, 타키이 켄지, 정관식, 한석중. 2014. 참다랑어 *Thunnus orientalis*의 종묘생산과 치어의 적정 사육수조 및 단백질 검토. 한국양식학회지, 21(4): 272-277.

최송희. 2019. 광량에 따른 붉바리(*Epinephelus akaara*)의 멜라닌 관련유전자 발현 특성. 제주대학교 대학원 석사학위 논문.