

## 돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*)의 수온 및 LED 광원에 대한 행동 분석

허겸 · 김민선<sup>1</sup> · 신현옥<sup>2\*</sup>

부경대학교 수산물리학과, <sup>1</sup>군산대학교 해양생산학과, <sup>2</sup>부경대학교 해양생산시스템관리학부

### Effect of water temperature and LED lights on the behavior of rock bream (*Oplegnathus fasciatus*)

Gyeom HEO, Min-Son KIM<sup>1</sup> and Hyeon-Ok SHIN<sup>2\*</sup>

Department of Fisheries Physics, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

<sup>1</sup>Department of Marine Science & Production, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

<sup>2</sup>Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

In order to study for the growth of fish in the aquaculture industry, the behavior analysis of rock bream (*Oplegnathus fasciatus*) depending on the temperature and LED lights was conducted. In this study, water temperatures from 10 to 30 degrees were used. One red light (wave length: 622 nm; light power: 811 mW) and one green light (wave length: 518 nm; light power: 648 mW) were used. Behavior of the rock bream was analyzed at an average moving distance for one minutes (AMD) and a rate of movement. The mean AMD were respectively 5.3 m, 7.3 m and 3.0 m in the red LED light, green LED light and control condition. The mean rates of movement were 77%, 88% and 61% respectively in the red LED light, green LED light and control condition. The mean AMD during 24 hours were 3.1 m, 3.1 m and 3.3 m respectively in the red LED light, green LED light and control condition.

Keywords : LED, Behavior, Rock bream

#### 서론

돌돔은 우리나라의 남부지역을 중심으로 분포하고 있는 어종으로 20℃ 이상의 수온을 좋아하고 적수온은 25℃ 내외이다 (Kim et al., 2008). 국내 양식 산업에서는 넙치 및 조피볼락이 주요어종이며, 새로운 양식 어종을 개발하기 위한 노력을 계속하고 있다.

돌돔은 적정 수온 등의 문제로 양식에 어려움이 있지만, 고가로 거래되는 이유로 양식에서의 경쟁력이 있다 (Kang et al., 1998). 통계청의 어류양식동향조사

항목의 시도·시군구별 양식방법별 어종별 양식현황 자료에 의하면, 2015년 양식 돌돔의 생산량 및 생산금액은 1,050 M/T 및 18,325백만 원이었다.

어류는 수온, 광주기, 강우 및 사육조건 등의 외부환경에 민감하게 반응한다.

수온의 급격한 변화는 어류의 성장, 번식 그리고 체내 대사 및 생리조건 등에 큰 영향을 미칠 수 있으며 (Barton and Iwama, 1991; Pickering, 1992), 광주기는 수온과 더불어 생식의 주기를 결정하는 주요 요인이다

\*Corresponding author: shinho@pknu.ac.kr, Tel: +82-51-629-5893, Fax: +82-51-629-5886

(Aida, 2007).

LED (Light Emitting Diodes) 광원의 개발 후 에너지 효율 및 긴 수명 등의 장점으로 여러 산업에서 LED 광원의 사용에 대한 연구가 이루어지고 있다. 어업에서는 어선의 집어등 개발 연구를 중심으로 연구가 이루어졌으며, 양식 산업에서는 어류 성장의 촉진 및 고품질 어류의 생산을 위한 LED 광원을 이용한 연구 등 여러 분야에서 연구를 진행하고 있다 (Choi, 2013; MOF, 2013).

이 연구는 양식 산업에서 LED 광원을 효율적으로 사용하기 위하여 실시하였으며, 양식 환경에서의 수온 및 LED 광원에 대한 돌돔의 행동을 분석하였다. 행동 분석은 실험 수조의 환경 설정에 따른 어류의 변화를 영상으로 기록하여 돌돔의 평균 이동거리 및 이동률을 구하여 실시하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험어

실험어는 경상남도 통영수산자원연구소에서 부화된 돌돔을 사용하였으며, 부화된 돌돔을 부경대학교 용당 캠퍼스 실험실로 옮겨와 1개월 이상 사육시킨 후 실험에 사용하였다.

실험은 총 3회를 실시하였으며, 수온 및 LED 광원에 대한 실험에서는 평균 체장이 127.8±9.9 mm인 돌돔 5마리를 사용하였다. 수온 증가 실험 (실험①)은 2016년 11월 16일부터 2016년 12월 4일까지, 수온 감소 실험 (실험②)은 2016년 12월 28일부터 2017년 1월 10일까지 실시하였다. LED 광원에 대한 실험 (실험③)에서는 평균체장이 57.0±3.5 mm인 돌돔 54마리를 사용하였으며, 2016년 6월 22일 실시하였다.

#### 실험환경 및 수온 설정

실험에 사용한 수조는 가로×세로×높이가 105 cm×60 cm×60 cm인 직사각형의 수조를 사용하였으며, 수위는 약 50 cm로 조절하였다. 수조의 수온은 히터와 냉각기를 이용하여 조절하였으며, 수질관리를 위하여 순환여과장치 및 살균장치를 설치하였다.

실험어의 먹이는 실험어 무게의 약 0.2%에 해당하는 양을 공급하였으며, 오전 9시부터 10시 사이, 오후 5시부터 6시 사이에 각각 공급하였다.

실험①은 수온을 증가시키며 수온별 실험어의 행동

을 분석하였다. 수온은 20℃에서 31℃까지 매일 1℃씩 증가시켰다. 실험②는 수온을 감소시키며 수온별 실험어의 행동을 분석하였다. 수온은 20℃에서 10℃까지 매일 1℃씩 감소시켰다. 실험③의 수온은 20℃로 일정하게 유지시켰다.

#### LED 광원 및 영상 기록

LED 광원은 가로×세로가 45 cm×45 cm의 평판형을 사용하였으며, LED 광원 2개를 합판으로 제작된 구조물에 나란히 고정하여 수조의 상부에 설치하였다. LED 광원의 설정은 LED 광원 제어 프로그램을 이용하였으며, 광원은 볼락 치어의 성장 연구 (Shin et al, 2015) 및 볼락의 행동 분석 연구 (Heo et al, 2016)에서 사용한 적색광 (Wave length: 622 nm; Light power: 811 mW) 및 녹색광 (Wave length: 518 nm; Light power: 810 mW)에 대해 실험하였다.

실험 결과의 비교를 위해 LED 광원을 소등한 상태를 대조구로 설정하였다.

실험① 및 ②에서는 수조 1개를 이용하여 실험을 실시하였다. 실험 시간 및 LED 광원은 14시에서 14시 40분까지 적색광, 15시에서 15시 40분까지 녹색광, 16시에서 16시 40분까지 대조구로 정하여 매일 반복되도록 설정하여 실험을 실시하였다. 실험③에서는 수조 3개를 이용하여 실험을 실시하였다.

실험 시간 및 LED 광원은 06시에서 20시까지 적색광, 녹색광 및 대조구로 설정하여 실험을 실시하였다. 실험실내에는 별도로 20 W의 3파장 전구1개를 설치하였다 (Table 1).

Table 1. Specification of each LED light

	LED color	LED value	Wave length (nm)	Light power (mW)
1	Red	110	622	811
2	Green	138	518	810
3			control	

실험별 실험어의 행동 분석을 위해 수조에 적외선 CCTV 카메라를 설치하여 촬영하였다. 촬영 영상은 디지털녹화장치 (H0401L, NADATEL Co., Korea)를 이용하여 저장하였다 (Fig. 1) (Heo et al., 2016).

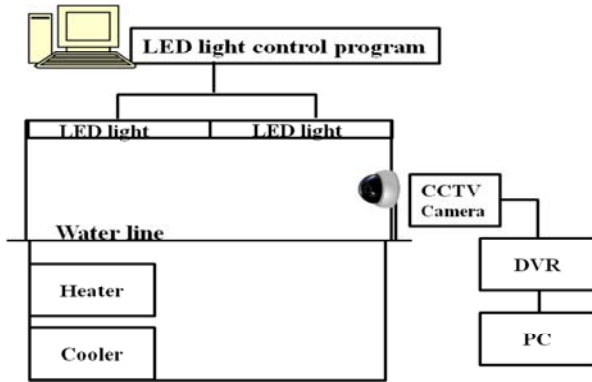


Fig. 1. Schematic diagram of experimental set up for behavior analysis (Heo et al. (2016)).

행동 분석

행동 분석을 위하여 영상분석 소프트웨어 (PV studio 3D 2.3, PAIKIN COMTEC., Japan)를 사용하였으며, 실험어의 위치추적을 통해 행동을 분석하였다. 실험어의 위치 추적은 영상을 초당 약 30프레임의 간격으로 나눈 정지화면을 이용하여 실시하였다. 추적 도중 실험어가 수조의 사각지대로 이동하여 추적이 불가능한 경우에는 다른 대상을 추적하였으며, 변경 도중 발생한 오차는 계산 과정에서 수정하였다. 수온 및 LED 광원에 대한 돌돔의 행동 분석을 위하여, 광원별로 10℃의 수온에서 5℃의 간격으로 30℃까지 각각 30분씩 돌돔의 위치를 추적하였다. LED 광원에 대한 돌돔의 행동 분석을 위하여, 광원별로 0시부터 1시간 간격으로 23시까지 각각 15분씩 돌돔의 위치를 추적하였다. 실험어의 위치는 엑셀에서 2차원 좌표로 나타내었으며, 이동거리 (Moving distance (m))는 식 (1)을 사용하여 구하였다. 또한 이동률 (Rate of movement)은 식 (2)를 이용하여 구하였으며, 5초 동안의 평균 좌표 사이의 거리를 구하여 실험어의 평균체장의 절반 값인 63.9 mm와 비교하여 이동거리가 크면 이동한 것으로 판단하여 이동률을 구하였다 (Heo et al., 2016).

$$Moving\ distance = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{1}$$

$$Rate\ of\ movement = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} + \dots + \sqrt{(x_6 - x_5)^2 + (y_6 - y_5)^2}}{5} > 63.9 (Move) \tag{2}$$

결과

수온에 대한 LED 광원별 행동 분석

돌돔의 수온 및 LED 광원별 행동은 실험어인 돌돔의 1분 동안의 평균 이동 거리 (AMD: Average Moving Distance for 1 min, m) 및 이동률 (Rate of Movement, %)로 나타내었다 (Heo et al., 2016). 10℃에서의 평균 AMD는 3.7 m였으며, 적색광에서 최대 AMD는 3.8 m였다. 15℃에서의 평균 AMD는 4.0 m였으며, 녹색광에서 최대 AMD는 5.0 m였다. 20℃에서의 평균 AMD는 4.5 m였으며, 녹색광에서 최대 AMD는 7.3 m였다. 25℃에서의 평균 AMD는 7.2 m였으며, 녹색광에서 최대 AMD는 11.7 m였다. 30℃에서의 평균 AMD는 6.6 m였으며, 녹색광에서 최대 AMD는 9.1 m였다 (Fig. 2). 10℃에서의 평균 이동률은 76%였으며, 녹색광에서 최대 이동률

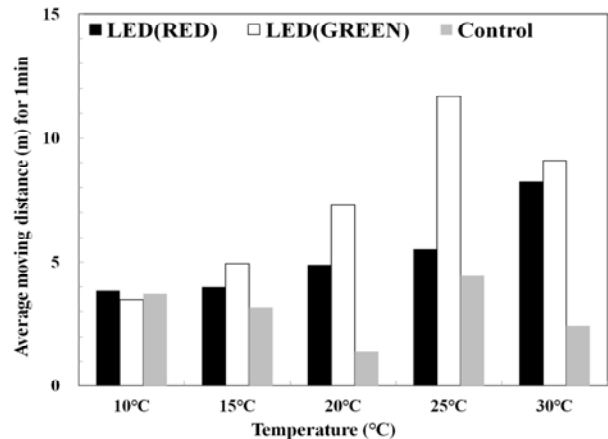


Fig. 2. Average moving distance (m) for 1 min during 10℃ and 30℃.

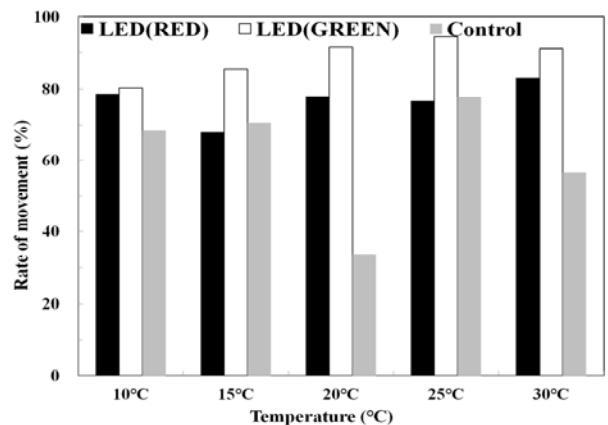


Fig. 3. Rate of movement (%) during 10℃ and 30℃.

은 80%였다. 15°C에서의 평균 이동률은 75%였으며, 녹색광에서 최대 이동률은 85%였다. 20°C에서의 평균 이동률은 68%였으며, 녹색광에서의 최대 이동률은 91%였다. 25°C에서의 평균 이동률은 83%였으며, 녹색광에서의 최대 이동률은 94%였다. 30°C에서의 평균 이동률은 77%였으며, 녹색광에서의 최대 이동률은 91%였다 (Fig. 3).

LED 광원에 대한 수온별 행동 분석

적색광에서의 평균 AMD는 5.3 m였으며, 30°C에서 최대 AMD는 8.2 m였다. 녹색광에서의 평균 AMD는 7.3 m였으며, 25°C에서 최대 AMD는 11.7 m였다. 대조구에서의 평균 AMD는 3.0 m였으며, 25°C에서 최대 AMD는 4.4 m였다 (Fig. 4). 적색광에서의 평균 이동률

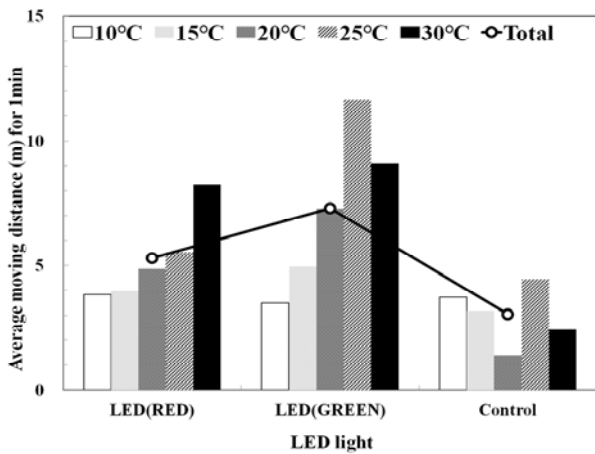


Fig. 4. Average moving distance (m) for 1 min during wave length of LED light.

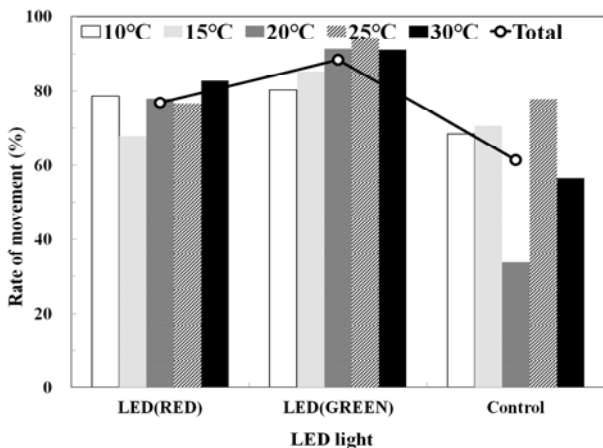


Fig. 5. Rate of movement (%) during wave length of LED light.

은 77%였으며, 30°C에서 최대 이동률은 83%였다. 녹색광에서의 평균 이동률은 88%였으며, 25°C에서 최대 이동률은 94%였다. 대조구에서의 평균 이동률은 61%였으며, 25°C에서 최대 이동률은 78%였다 (Fig. 5).

LED 광원에 대한 행동 분석

돌돔의 LED 광원별 행동은 실험어인 돌돔의 시간별 1분간 평균 이동 거리 (AMD: Average Moving Distance for 1min, m)로 나타내었다 (Heo et al., 2016). 적색광에서의 평균 AMD는 3.1 m였으며, 14시에서 최대 AMD는 5.3 m였다. 녹색광에서의 평균 AMD는 3.1 m였으며, 16시에서 최대 AMD는 6.7 m였다. 대조구에서의 평균 AMD는 3.3 m였으며, 16시에서 최대 AMD는 6.2 m였다 (Fig. 6).

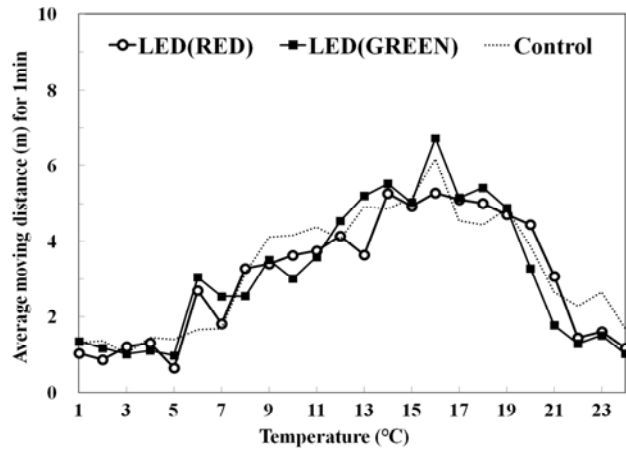


Fig. 6. Average moving distance (m) for 1 min during 24 hours.

고찰

이 연구는 양식 산업에서의 생산성 향상을 위한 LED 광원의 효과적인 이용을 위한 기초연구로 실시하였으며, 어류의 대사 및 행동에 영향을 주는 외적 환경 요인 중 수온의 변화 및 광주기 (LED 광원의 변화)에 대한 어류의 반응을 연구하였다. 수온 및 LED 광원에 대한 돌돔의 행동은 돌돔의 위치를 추적한 후 1분 동안의 평균 이동 거리 (AMD) 및 이동률을 사용하여 분석하였다. 두 지표는 유의할 것으로 예상하였으나 서로 다른 양상을 나타내기도 하였다. 이 점은 추가적인 실험을 통하여 보완할 필요가 있는 것으로 생각된다.

수온 및 LED 광원에 대한 돌돔의 행동 분석 결과에서 적색광 및 녹색광에서는 대체적으로 수온이 증가할수록

이동량이 높은 것으로 나타났지만, 가장 높은 활동량은 적색광 및 녹색광에서 각각 30℃ 및 25℃에서 나타났다. 대조구에서는 가장 높은 활동량이 25℃에서 나타났지만, 수온에 따른 경향을 확인할 수 없었다. 이와 같은 결과는 돌돔의 서식 적수온이 25℃ 내외인 것과 관계가 있다고 판단된다. 대조구의 광원을 다른 것으로 교체하여 추가적인 실험이 필요할 것으로 생각된다.

수온에 대한 LED 광원별 행동 분석에서는 10℃를 제외한 수온에서 돌돔의 활동량이 녹색광에서 가장 높은 것으로 나타났다. Heo et al. (2016)의 볼락의 수온 및 LED 광원에 대한 행동분석에서 최저 온도를 제외한 수온에서 볼락의 활동량이 녹색광에서 가장 높게 나타난 결과와 유의한 결과로 나타난다. 녹색 LED 광원에 의한 볼락 치어의 성장 향상 효과 (Shin et al., 2015) 및 넙치의 성장 향상 효과 (Go, 2014) 등에 대한 연구가 최근에 이루어졌다. 어류의 행동이 활발한 것은 어류의 성장과도 관계가 있을 것으로 생각되며, 돌돔의 성장 실험을 통해 성장과 행동률 사이의 관계를 파악하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

수온에 대한 LED 광원별 행동 분석 및 24시간 동안의 행동 분석에서 돌돔의 활동량은 각각 녹색광 및 대조구에서 가장 높은 것으로 나타났다. 대조구에서의 실험 결과 값이 일정하지 않고 변동이 큰 것으로 나타났으므로 광원을 교체하여 추가적인 실험을 통해 원인을 파악할 필요가 있을 것으로 생각된다.

돌돔의 행동 분석 연구에서 실험에 사용한 개체어의 수 및 영상 분석의 횟수가 적어 결과값의 신뢰성이 적다는 한계를 가지고 있으므로, 추가적인 실험 설계를 통해 신뢰성을 향상시켜야 할 것으로 생각된다.

## 결론

이 연구는 돌돔의 행동 연구를 위한 세 번의 실험의 결과를 분석하였다. 적색광 (Wave length: 622 nm; Light power: 811 mW), 녹색광 (Wave length: 518 nm; Light power: 810 mW) 및 대조구를 이용하여 수온 및 LED 광원에 대한 돌돔의 행동을 분석하였다. 분석 지표로는 돌돔의 1분 동안의 이동거리 (AMD: Average Moving Distance for 1min, m) 및 이동률(Rate of Movement, %)을 이용하였다. 수온 및 LED 광원에 대한 실험에서 돌돔의 평균 AMD는 적색광, 녹색광 및 대조

구에서 각각 5.3 m, 7.3 m 및 3.0 m였다. 수온 및 LED 광원에 대한 돌돔의 평균 이동률은 적색광, 녹색광 및 대조구에서 각각 77%, 88% 및 61%이었다. LED 광원에 대한 실험에서 돌돔의 평균 AMD는 적색광, 녹색광 및 대조구에서 각각 3.1 m, 3.1 m 및 3.3 m이었다.

이와 같은 연구는 양식 산업의 생산성 향상을 위한 연구로 LED 광원의 효율적인 사용에 기초적인 자료로 사용될 것으로 생각된다.

## 사사

이 논문은 2016년 부경대학교 자율창의기술연구비의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

## References

- Aida K. 2007. Fish physiology. Bioscience. Seoul, Korea, 193-197.
- Barton BA and Iwama GK. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids, Annu Rev Fish Dis 1, 3-26. (DOI:10.1016/0959-8030(91)90019-G)
- Choi CY. 2013. Development of the high valued product of marine fish using an environmental-friendly LED light. Korea Maritime University.
- Go GR. 2014. Research on the effect of color ambience on body colors and growth of flatfish. Ph.D. Thesis, hongik university, Korea, 123.
- Heo G, Kim MS and Shin HO. 2016. A study for behavior analysis of rockfish (*Sebastes inermis*) corresponding to the LED light by image analysis. J Korean Soc Fish Technol 52(2), 96-102. (DOI:10.3796/KSFT.2016.52.2.096)
- Heo G, Kim MS and Shin HO. 2016. Behavior analysis of rockfish (*Sebastes inermis*) depending on the temperature and LED lights. J Korean Soc Fish Technol 52(3), 191-196. (DOI:10.3796/KSFT.2016.52.3.191)
- Kang YJ, Lee SM, Hwang HK and Bai SC. 1998. Optimum Dietary Protein and Lipid levels on Growth in Parrot Fish (*Oplegnathus fasciatus*). J Aquaculture 11, 1-10.
- Kim KM, Lee JU, Moon TS, Lee CH, Yang MH, Kang YJ and Jo JY. 2008. Optimum feeding rate of parrot fish *Oplegnathus fasciatus* during the low temperature season. J Aquaculture 21(4), 299-303.
- MOF. 2013. Development of the gifh valued product of marine

fish using an environmental-friendly LED light. Ministry of Oceans and Fisheries, Seoul, Korea, 101.

2015.51.2.179)

Pickering AD. 1992. Rainbow trout husbandry: management of the stress response. *Aquaculture* 100, 125-139.

2017. 03. 27 Received

Shin HO, Heo MA and Heo G. 2015. The effect of LED light wavelength on the growth of fingerling *Sebastes inermis*, *J Korean Soc Fish Technol* 51(2), 179-187 (DOI:10.3796/KSFT.

2017. 08. 23 Revised

2017. 08. 24 Accepted