

[Note]

피스테리아와 피스테리아 유사종의 전복 유생 섭식 특성과 생존율 연구

김재성^{1*} · 이창원² · 이희만² · 정해진³

¹군산대학교 적조연구센터

²군산대학교 해양학과

³서울대학교 지구환경과학부

Survival Rates of Larval Abalone by Direct Attack of *Pfiesteria* and *Pfiesteria*-like Species

JAESEONG KIM^{1*}, CHANGWON LEE², HEEMAHN LEE² AND HAE JIN JEONG³

¹Red-tide Research Center, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

²Department of oceanography, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

³Department of oceanography, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

중속영양 외편모류인 *Pfiesteria* 종과 이와 유사한 형태의 *Pfiesteria*-like 종간의 생태적 지위차를 확인하기 위해, *Pfiesteria piscicida*, *Cryptoperidiniopsis brodyi*, *Stoeckeria algicida* 3종에 전복유생(abalone larvae)을 투입하여 그들의 섭식 여부를 확인하고, 이들의 농도변화에 따른 전복 유생의 생존율 변화를 확인하였다. *P. piscicida*와 *C. brodyi*는 부화 1일차의 전복 유생을 직접 공격하여 치사 시킨 후 peduncle이라는 섭식기관을 이용하여 개체 전체를 섭식하는 것으로 밝혀졌다. 하지만 형태적으로 이들과 매우 유사하고 peduncle도 가진 *S. algicida*는 전복 유생을 직접 공격하거나 섭식하지 않았다. 전복 유생의 생존율은 *P. piscicida*와 *C. brodyi*의 초기 투입농도가 증가함에 따라 상대적으로 낮아졌다. 이러한 결과는 형태적으로 매우 유사한 중속영양성 외편모류일지라도 그들이 가지는 생태적 지위는 매우 다르며, 보다 명확한 해양 생태계 먹이사슬을 이해하기 위해서는 종(species) 수준의 명확한 종 동정 연구가 필요함을 제시해 준다.

To investigate the difference in the ecological niches between *Pfiesteria piscicida* and *Pfiesteria*-like species (*Cryptoperidiniopsis brodyi* and *Stoeckeria algicida*), we have observed the feeding behavior of three potential predators on abalone larvae and measured the survival rates of abalone larvae as a function of initial predator concentration. When the predators were mixed with abalone larvae, *P. piscicida* and *C. brodyi* became active and exhibited attacking behavior on abalone larvae within a few seconds. They could ingest whole soft body of abalone larvae using a peduncle. In contrast, feeding and attacking behavior were not observed from *S. algicida*. Survival rates in abalone larvae decreased with an increase of the initial concentration of *P. piscicida* and *C. brodyi*. These results indicate that *Pfiesteria* and *Pfiesteria*-like species displaying the very same shape and size have different ecological niche in the marine food webs, which implies that identification to species level is definitely important to understand and discriminate the ecological roles of them.

Keywords: *Pfiesteria piscicida*, *Cryptoperidiniopsis brodyi*, *Stoeckeria algicida*, Abalone larvae, Survival rate, Peduncle

서 론

중속영양 외편모류인 *Pfiesteria piscicida*와 *Pfiesteria* 유사종 (*Pfiesteria*-like species)에 관한 연구는 1990년대 초, 미국 동부 연안의 물고기 폐사원인 규명을 위한 연구 중 발견되어 시작되었다 (Burkholder and Glasgow 1995, 1997; Steidinger *et al.*, 1996; Noga *et al.*, 1996). 연구시작 당시부터 해양 미소생태학계의 높은 관심을 받았으며, 복잡하고 특이한 생활사, 어류 치사 독성물질의

*Corresponding author: kimjs90@kunsan.ac.kr

유무와 독성의 성분 등에 대하여 현재까지도 지속적인 논란의 대상이 되는 유해성 해양 미소생물이다(Glasgow *et al.*, 2001; Schmechel and Koltai 2001; Lewitus *et al.*, 2002; Seaborn *et al.*, 2002; Springer *et al.*, 2002, Parrow *et al.*, 2005; Shumway *et al.*, 2006; Moeller *et al.*, 2007).

현재까지 밝혀진 Pfiesteriaceae, 과(family)에 속하는 대표적인 종은 *Pfiesteria piscicida*, *Pseudopfiesteria shumwayae*, *Cryptoperidiniopsis brodyi*, *Lusiella masanensis*, *Stoeckeria algicida* 등이며, 이들 모두는 크기가 10 μ m 내외로 매우 소형이고, 형태적으로 매우 유사하

여 일반 광학현미경 관찰로 종 분류가 거의 불가능하다. 또한 이들은 peduncle이라는 섭식기관을 이용하여 다양한 크기의 먹이를 섭취할 수 있고 분자생물학적 유사성도 높다는 특성을 가지고 있다 (Steidinger *et al.*, 1996, 2006; Litaker *et al.*, 2005, Rublee *et al.*, 2005, Jeong *et al.*, 2005a,b, 2006, Marshall *et al.*, 2006; Mason *et al.*, 2007). 최근의 분자생물학적 기법을 이용한 연구에 의하면 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종은 전 세계 대부분의 연안 또는 만 (estuary) 지역에 혼재하여 출현하고 있다 (Litaker *et al.*, 2005; Rublee *et al.*, 2005; Marshall *et al.*, 2006). 우리나라에서도 다양한 연안에서 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종이 출현하고 있음이 확인된 바 있다 (Jeong *et al.*, 2005a,b, 2006).

생태학적으로 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종은 미소조류(microalgae) 및 해양 세균의 섭식자일 뿐 아니라, 물고기(fin-fish)와 조개류 유생(larval shellfish)을 직접 공격, 그들의 섭식기관인 peduncle을 이용하여 섭식할 수 있는 반면, 섬모류(ciliates)와 같은 원생동물플랑크톤과 요각류 등의 후생동물플랑크톤의 먹이가 되는 복잡한 생태학적 지위를 차지하고 있다 (Mallin *et al.*, 1995; Stoecker *et al.*, 2000; Parrow *et al.*, 2002; Springer *et al.*, 2002; Stoecker and Gustafson 2002; Gransden and Lewitus 2003; Setälä *et al.*, 2005; Lewitus *et al.*, 2006; Roman *et al.*, 2006; Paek *et al.*, 2007; Jeong *et al.*, 2005a,b, 2006, 2007a,b).

한국을 포함한 아시아 국가의 경우 식량으로서의 수산 양식산업이 활발하다. 특히 전복(abalone)은 우리나라 및 여러 국가에서 선호하는 해양 생물로, 해양 양식산업에서 이들이 차지하는 비중은 매우 높다. 우리나라 전복의 종묘생산에 관한 연구는 1970년대에 한국산 전복 증식에 관한 생태학적 연구의 일부로 참전복의 종묘 생산에 관한 연구(노 등 1974)를 시작하였고 1990년대에는 전복 종의 차별화와 전복양식의 선진화를 위한 연구를 진행하였으며(변 등 1981; 백 등 1985; 유, 1989; 정 등 1994; 지와 장 1995; 김 등 1997; 한, 1998), 현재는 산업적으로 충분한 가치가 있는 미래지향적인 양식산업으로 관심을 끌고 있다. 성공적인 패류의 개체군 성장을 위해서는 수정 성공률과 유생의 생존율이 매우 중요하다(변 등 1981; 백 등 1985). 부화한 패류 유생이 폐각을 형성하고 부착 치패로 성장하는 동안은 플랑크톤 형태로 자유유영하며 해수 중에 존재하는 다양한 생물군과 접하게 되는데, 유생 단계의 패류와 종속영양성 외편모류 간의 포식자-먹이 관계에 대한 연구는 많지 않으며 (Park *et al.*, 2007) 특히 전복 유생과 종속영양 외편모류간의 관계 연구는 아직 이루어지지 않은 실정이다.

본 연구에서는 전복의 수정란 및 초기 유생에 대한 종속영양 외편모류인 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종(*Pfiesteria piscicida*, *Cryptoperidiniopsis brodyi*, *Stoeckeria algicida*)의 직접 공격 및 섭식 여부와 각 생물종의 농도에 따른 전복 유생의 생존율(또는 치사

율)을 확인하고, 형태적으로 유사한 미소 생물 간에 나타나는 생태학적 차이를 확인해 보았다. 이를 통하여 해양 생태계 내 생물간 지위차를 명확히 이해하는 기본 정보와 종속영양성 외편모류가 전복 개체군 감소의 원인이 될 수 있음을 시사하는 가치 있는 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

Pfiesteria 및 *Pfiesteria* 유사종의 배양

실험에 사용한 *Pfiesteria piscicida*는 2005년 인천 연안에서, *Stoeckeria algicida*는 2004년 마산만에서 채집 후 순수 분리하여 배양체로 확립하였고, *Cryptoperidiniopsis brodyi*(strain CCMP 2781)는 미국의 National Marine Phytoplankton Collection(CCMP)으로부터 분양받아 배양하였다. *P. piscicida*와 *C. brodyi*는 독립영양성 외편모류인 *Amphidinium carterae*를 먹이종으로, *S. algicida*는 독립영양성 녹색편모조류인 *Heterosigma akashiwo*를 먹이종으로 20 °C에서 배양하였다(Table 1).

전복유생의 준비

전복 유생의 수정란을 얻기 위하여 실험 3일전 전남 완도의 전복 양식장으로부터 완전 발육한 전복 성체를 옮겨와 20 °C 수온의 암소에 유지하였다. 전복의 산란을 자극하기 위해 1차로 1시간 동안 간출자극을 실시한 후, 채란 수조(5L 고무수조)에 암수를 분리하여 수용한 후, 다시 2차로 자외선 살균해수를 사용하여 산란을 유발하였다. 방출된 알과 정자는 바로 혼합하여 수정시킨 후, 3-4 회 세란(washing of egg)하였고, 1L 비이커에 담아 실험에 사용하였다.

전복 수정란 및 유생과 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종 간의 포식자-먹이 관계 확인

3종의 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종이 전복 수정란과 유생을 섭식하는지를 확인하기 위하여, 먼저 6-well multi chamber에 고농도(약 30,000-40,000 cells mL⁻¹)의 *Pfiesteria piscicida*, *Cryptoperidiniopsis brodyi*, *Stoeckeria algicida* 배양시료를 각각 10 mL 씩 담고, 수정 후 2시간 이내의 수정이 성공적으로 이루어 졌음을 기증할 수 있는 2세포기 수정란을 chamber 당 20 개체씩 micro-pipette로 옮겨 주었다. 준비된 각각의 chamber를 해부현미경하에서 관찰하였고, 필요시 video 및 사진 촬영(Sony DXC-C33, Sony Co. Tokyo, Japan)을 실시하였다.

Pfiesteria 및 *Pfiesteria* 유사종 농도에 따른 전복유생의 생존율 실험

3종의 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종의 농도에 따른 전복유생의 생존율을 확인하기 위해, 먼저 수정 후 부화한 1일차 이내의 전복

Table 1. Isolation and maintenance conditions of the experimental organisms

| Organisms | Location | Date | Water temperature (°C) | Salinity (psu) | Maintenance temperature (°C) | Maintenance salinity (psu) | Prey species |
|-----------------------------------|----------------------|-----------|------------------------|----------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| <i>Pfiesteria piscicida</i> | Off Incheon | Jul. 2005 | 24.0 | 25.4 | 20 | 28 - 32 | <i>Amphidinium carterea</i> |
| <i>Stoeckeria algicida</i> | Masan Bay | Jul. 2004 | 24.8 | 20.6 | 20 | 28 - 32 | <i>Heterosigma akashiwo</i> |
| <i>Cryptoperidiniopsis brodyi</i> | Neuse River, NC, USA | Oct. 1996 | unknown | unknown | 20 | 28 - 32 | <i>Amphidinium carterea</i> |

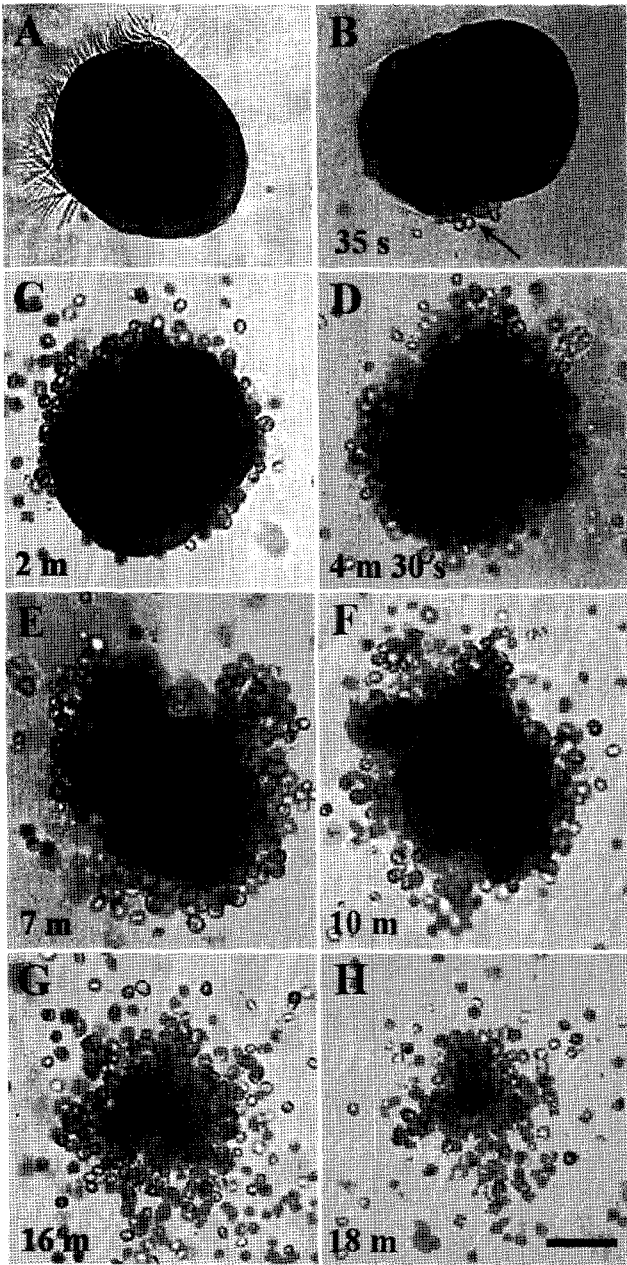


Fig. 1. Larval Abalone before (A) and after (B - H) adding the *Pfiesteria piscicida* culture. The times in figures indicate the elapsed time. The arrow in figure (B) indicates attached *P. piscicida* cells. All figures are the same magnification. Scale bar = 100 μ m.

유생(크기: 200-300 μ m)을 micro-pipette를 이용하여 각각 20개체씩 소량의 여과해수(염분: 30 psu)가 담긴 6-well multi chamber에 옮겼다. 그 후 사전에 계수하여 농도를 확인한 *Pfiesteria piscicida*, *Cryptoperidininopsis brodyi*, *Stoeckeria algicida* 배양시료를 초기 농도 1,000, 5,000, 10,000, 20,000 cells mL⁻¹이 되도록 각각 다른 양을 auto-pipette를 이용하여 chamber에 담은 후, 전체 실험 부피가 13 mL가 되도록 여과해수를 추가하였다. 대조군으로 전복 유생의 자연 사망률을 확인하기 위해 전복 유생과 여과해수 만 채운 대조구(Figure 2, 3의 CON-FSW)와 전복 유생에 대한 실험종 배양

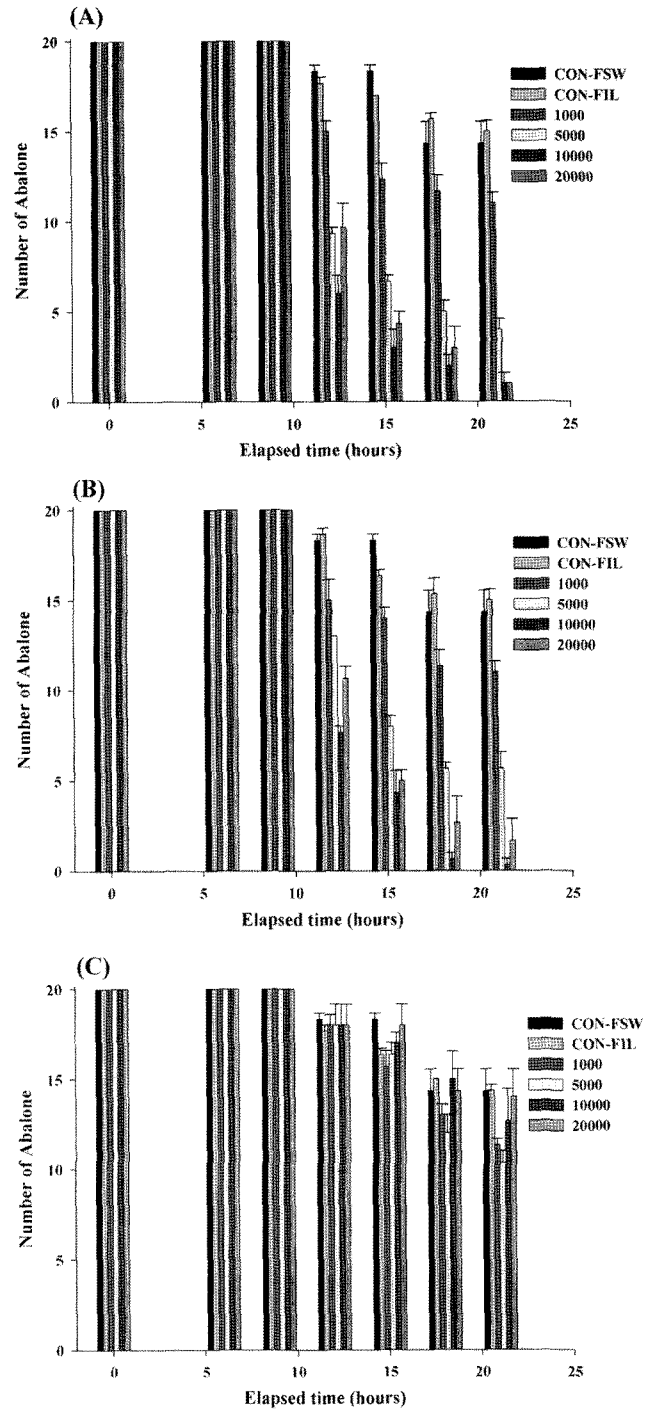


Fig. 2. Changes in a number of larval abalone as a function of the concentrations of *Pfiesteria piscicida* (A), *Cryptoperidininopsis brodyi* (B) and *Stoeckeria algicida* (C). CON-FSW and CON-FIL in captions indicate larval abalone within the filtered seawater and larval abalone within the filtered water of experimental organism cultures, respectively. Numbers in captions indicate the initial concentrations (cells mL⁻¹) of experimental organisms.

액의 영향을 확인하기 위해 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종 배양체를 GF/F 여과한 대조구(Figure 2와 3의 CON-FIL)를 각각 준비하였다. 준비된 chamber는 온도 20 °C, 광도: 20 μ E m⁻² s⁻¹에서 배양하였고,

3시간 단위로 21시간 동안 해부현미경으로 전복 유생의 개체수를 확인하였으며, 각각의 개체수 확인 시 video 및 사진(Sony DXC-C33, Sony Co. Tokyo, Japan) 촬영을 실시하였다.

결 과

전복 수정란에 대한 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종의 반응

전복 수정란에 고농도의 *Pfiesteria piscicida*, *Cryptoperidininopsis brodyi*, *Stoeckeria algicida*를 투입하였을 때, *P. piscicida*와 *C. brodyi*는 수정란 주변을 선회하며 그들의 섭식기관인 peduncle을 부착하기 위한 행동을 하였으나 실제로 수정란 표면에 부착하거나 수정란 막을 파괴하지는 못하였다. 다만, 인위적으로 수정란 막이 파괴되었을 때에는 고농도의 *P. piscicida*와 *C. brodyi*가 수정란 내부에 침입하여 세포질을 peduncle을 이용하여 섭식하는 모습을 확인하였다. 하지만, *S. algicida*는 수정란의 투입과는 무관한 반응을 보였다.

전복 유생에 대한 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종의 반응

부화 후 1일차 이내의 전복 유생은 각이 없는 일시 플랑크톤(meroplankton)의 모습으로 섬모(cilia)를 이용하여 자유 유영한다(Fig. 1A). 이러한 전복유생에 고농도의 *Pfiesteria piscicida*, *Cryptoperidininopsis brodyi*, *Stoeckeria algicida*를 투입하였을 때, *P. piscicida*와 *C. brodyi*는 수 초 이내에 전복유생의 주변에 모여 격한 반응을 보였고, 유생 표면에 peduncle을 이용하여 부착하였다(Fig. 1B). 그 후 수 분 이내에, 전복유생 1 개체 당 수 십 개체의 *P. piscicida* 및 *C. brodyi*가 부착하여 유생 몸체의 일부를 분해하거나 섭식하기 시작하였고, 20여분 후에는 개체의 대부분이 사라져 유생의 모습을 찾아볼 수 없었다(Fig. 1). 하지만 *S. algicida*는 전복 유생의 투입과는 무관한 반응을 보였다.

***Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종 농도에 따른 전복유생의 생존율**

실험에서 대조구로 적용한 여과 해수액(CON-FSW)과 *Pfiesteria* 및 *Pfiesteria* 유사종의 배양체 여과액 배양액(CON-FIL)에 투입한 전복 유생을 21시간 동안 배양하였을 때, 자연 사망률은 약 27-30% 내외로 나타나 3종 모두 배양액에 의한 전복 유생의 추가 치사는 나타나지 않았다. 또한 *Stoeckeria algicida*를 투입한 실험구에서 전복유생의 생존율은 여과해수 만큼 채운 대조구 및 *S. algicida* 배양체를 GF/F 여과한 후 투입한 대조구와 차이를 보이지 않았다(Fig. 3C). 이와 대조적으로 *Pfiesteria piscicida*와 *Cryptoperidininopsis brodyi*를 투입한 실험구에서 전복 유생의 생존율은 *P. piscicida*와 *C. brodyi*의 투입 농도에 비례하여 낮아졌다. 포식자 초기농도가 1,000 cells mL⁻¹일 때에는 전복유생의 생존율이 약 55% 였으나, 초기농도를 20,000 cells mL⁻¹까지 높였을 때에는 생존율이 5% 이내로 급감하였다(Fig. 3A, B).

결 론

1. 종속영양 외편모류인 *Pfiesteria piscicida*와 *Cryptoperidininopsis brodyi*는 전복 유생을 직접 공격하여 치사시키고, peduncle을 이용하여 유생의 전체를 섭식할 수 있다.
2. 종속영양 외편모류인 *Stoeckeria algicida*는 전복 유생을 직접

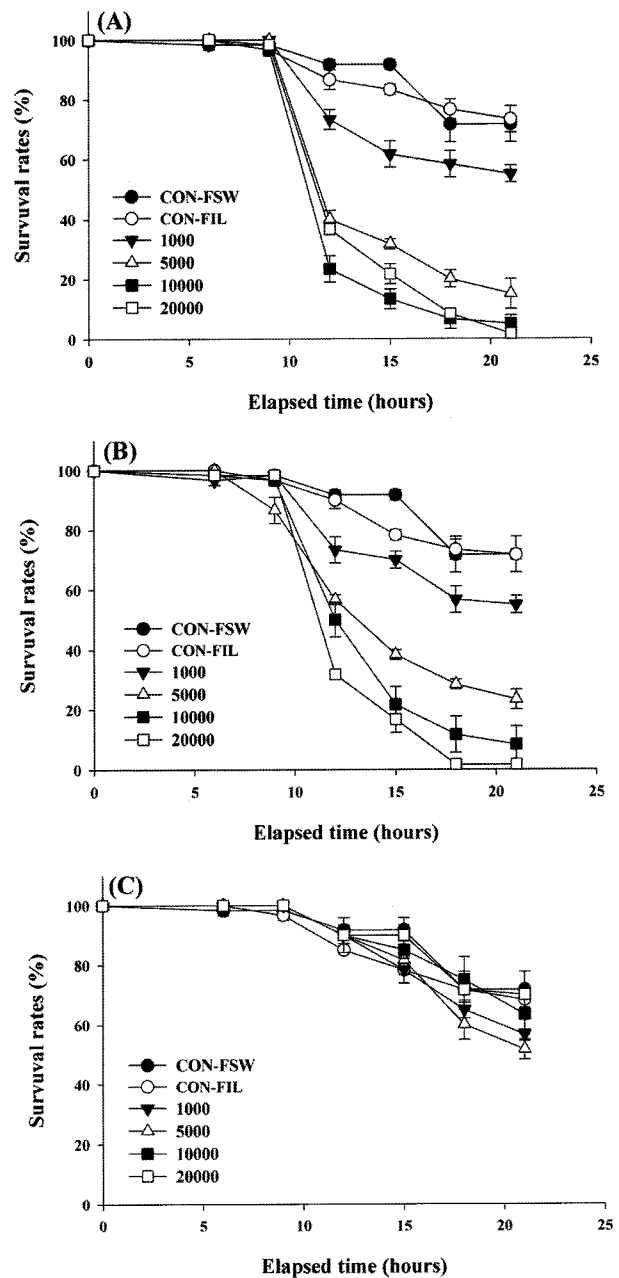


Fig. 3. Survival rates of larval abalone as a function of the concentrations of *Pfiesteria piscicida* (A), *Cryptoperidininopsis brodyi* (B) and *Stoeckeria algicida* (C). CON-FSW and CON-FIL in captions indicate larval abalone within the filtered seawater and larval abalone within the filtered water of experimental organism cultures, respectively. Numbers in captions indicate the initial concentrations (cells mL⁻¹) of experimental organisms.

공격하거나 섭식하지 않는다.

3. *Stoeckeria algicida*는 비록 *Pfiesteria piscicida* 및 *Cryptoperidininopsis brodyi*와 형태적으로 매우 유사한 종속영양 외편모류지만 본 연구결과에서 나타난 전복 유생과 포식자-먹이 관계 결과로 보아, 해양 생태계 내에서 생태학적 지위는 두 종과는 다를 것이다.

4. 종속영양 외편모류인 *Pfiesteria piscicida*와 *Cryptoperidininopsis brodyi*의 출현은 자연생태계 내에서 패류 유생의 개체군 감소의 원

인이 될 수 있고, 전복과 굴을 포함한 해양 패류 양식 산업에 유해한 영향을 미칠 수 있다.

사 사

이 논문은 2007년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-359-C00042). 논문의 심사 및 수정에 도움을 주신 군산대학교 박종규 교수님과 수산과학원의 박태규 박사님께 감사드립니다.

참고문헌

- 김봉래, 김재우, 원승환, 위중환, 박홍양, 1997. 전복 치패의 중간 육성시 광조건에 따른 성장 효과. 수진연구보고, **53**: 103-110.
- 노섬, 박준규, 변충규, 1974. 전복증식에 관한 연구. 수진연구보고, **13**: 72-92.
- 유성규, 1989. 친해양식. 새로출판사, 부산, 319-322 pp.
- 정성채, 지영주, 손팔원, 1994. 참전복의 육상수조사육에 관한 연구 I. 치패성장에 미치는 수조형태 및 사육밀도의 영향. 한국양식학회지 **7**(1): 9-20.
- 지영주, 장영진, 1995. 참전복의 3배체 유도와 생물학적 특성에 관한 연구 I. 3배체 유도. 한국양식학회지. **8**(3): 159-170.
- 한석중, 1998. 전복양식. 구덕출판사. 17 pp.
- 백국기, 장정원, 황영태, 조기채, 1985. 참전복의 인공종묘생산시험. 수진연구보고, **34**: 175-180.
- 변충규, 조재윤, 장계남, 양길호, 1981. 전복의 채란과 초기사육 기술에 관한 연구. 수진연구보고, **26**: 37-50.
- Burkholder J.M. and Glasgow H.B. Jr., 1995. Interactions of a toxic estuarine dinoflagellate with microbial predators and prey. Arch. Protisten. **145**: 177-188.
- Burkholder, J.M. and Glasgow, H.B. Jr., 1997. Trophic controls on stage transformations of a toxic ambush-predator dinoflagellate. J. Eukaryot. Microbiol. **44**: 200-205.
- Glasgow, H.B., J.M Burkholder, M.A. Mallin, N.J. Deamer-Melia and R.E. Reed, 2001. Field ecology of toxic *Pfiesteria* complex species and a conservative analysis of their role in estuarine fish kills. Environ. Health Perspect. **109**: 715-730.
- Gransden, S.G. and Lewitus, A.J., 2003. Grazing of two euplotid ciliates on the heterotrophic dinoflagellates *Pfiesteria piscicida* and *Cryptoperidiniopsis* sp.. Aquat. Microb. Ecol. **33**: 303-308.
- Jeong, H.J., J.S. Kim, J.H. Kim, S.T. Kim, K.A. Seong, T.H. Kim, J.Y., Song and S.K. Kim, 2005a. Feeding and grazing impact by the newly described heterotrophic dinoflagellate *Stoeckeria algicida* on the harmful alga *Heterosigma akashiwo*. Mar. Ecol. Prog. Ser. **295**: 69-78.
- Jeong, H.J., J.S. Kim, J.Y. Park, J.H. Kim, S.H. Kim, I.H. Lee, S.H. Lee, J.H. Ha and W.H. Yih, 2005b. *Stoeckeria algicida* n. gen., n. sp. (Dinophyceae) from the coastal waters off southern Korea: morphology and small subunit ribosomal DNA gene sequence. J. Eukaryot. Microb. **52**: 382-390.
- Jeong, H.J., J.H. Ha, J.Y. Park, J.H. Kim, N.S. Kang, S. Kim, J.S. Kim, Y.D. Yoo and W.H. Yih, 2006. Distribution of the heterotrophic dinoflagellate *Pfiesteria piscicida* in Korean waters and its consumption of mixotrophic dinoflagellates, raphidophytes, and fish blood cells. Aquat. Microb. Ecol. **44**: 263-278.
- Jeong, H.J., J.H. Ha, Y.D. Yoo, J.Y. Park, J.H. Kim, N.S. Kang, T.H. Kim, H.S. Kim and Y.H. Yih, 2007a. Feeding by the Pfiesteria-like heterotrophic dinoflagellate *Luciella masanensis*. J. Eukaryot. Microbiol. **54**: 231-241.
- Jeong, H.J., J.E. Song, N.S. Kang, S. Kim, Y.D. Yoo and J.Y. Park, 2007b. Feeding by heterotrophic dinoflagellates on the common marine heterotrophic nanoflagellate *Cafeteria* sp. Mar. Ecol. Prog. Ser. **333**: 151-160.
- Lewitus, A.J., K.C. Hayes, B.M. Willis, J.M. Burkholder, H.B. Jr. Glasgow, A.F. Holland, P.P. Maier, P.A. Rublee and R. Magnien, 2002. Low abundance of the dinoflagellates, *Pfiesteria piscicida*, *P. shumwayae*, and *Cryptoperidiniopsis* spp., in south Carolina tidal creeks and open estuaries. Estuaries. **25**: 586-597.
- Lewitus, A.J., M.S. Wetz, B.M. Willis, J.M. Burkholder, M.W. Parrow and H.B. Jr. Glasgow 2006. Grazing activity of *Pfiesteria piscicida* (Dinophyceae) and susceptibility to ciliate predation vary with toxicity status. Harmful Algae **5**: 427-434.
- Lin, S, M.R. Mulholland, H. Zhang, T.N. Feinstein, F.J. Jochem and E.J. Carpenter, 2004. Intense grazing and prey-dependent growth of *Pfiesteria piscicida* (Dinophyceae). J. Phycol. **40**: 1062-1073.
- Litaker, W.R., K.A. Steidinger, P.L. Mason, J.H. Landsberg, J.D. Shields, K.S. Reece, L.W. Haas, W.K. Vogelbein, M.W. Vandersea, S.R. Kibler and P.A. Tester, 2005. The reclassification of *Pfiesteria shumwayae* (Dinophyceae): *Pseudopfiesteria*, gen. nov. J. Phycol. **41**: 643-651.
- Marshall, H.G., P.E. Hargraves, J.M. Burkholder, M.W. Parrow, M. Elbrächter, E.H. Allen, V.M. Knowlton, P.A. Rublee, W.L. Hynes, T.A. Egerton, 2006. Taxonomy of *Pfiesteria* (Dinophyceae). Harmful Algae. **5**: 481-49.
- Mason, P.L., R.W. Litaker, H.J. Jeong, J.H. Ha, K.S. Reece, W.K. Vogelbein, N.A. Stokes, J.Y. Park, K.A. Steidinger, M.W. Vandersea, S. Kibler, P.A. Tester and W.K. Vogelbein 2007. Description of a new genus of *Pfiesteria*-like dinoflagellate, *Luciella* gen. nov. (dinophyceae), including two new species: *Luciella masanensis* sp. nov. and *Luciella atlantis* sp. nov. J. Phycol. **43**: 799-810.
- Moeller, P.D.R., K.R. Beauchesne, K.M. Huncik, W.C. Davis, S.J. Christopher, P. Riggs-Gelasco and A.K. Gelasco, 2007. Metal complexes and free radical toxins produced by *Pfiesteria piscicida*. Environ. Sci. Technol., **41**(4): 1162-1172.
- Noga E.J., L. Khoo, J.B. Stevens, Z. Fan, J.M. Burkholder 1996. Novel toxic dinoflagellate causes epidemic disease in estuarine fish. Mar. Poll. Bull. **32**: 219-224.
- Park, T.-G., C.J.S. Bolch and G.M. Hallegraef, 2007. Larval *Crasostrea* bivalve and *Artemia* brine shrimp bioassays to assess toxicity and micropredation by the heterotrophic dinoflagellates *Cryptoperidiniopsis brodyi* and *Pfiesteria piscicida* from Australian waters. J. Plank. Res. **29**(9): 791-801.
- Parrow, M.W., H.B. Glasgow, J.M. Burkholder and C. Zhang, 2002. Comparative response to algal prey by *Pfiesteria piscicida*, *P. shumwayae* and a co-occurring 'lookalike' species. In: Hallegraef, G.M., Blackburn S., Bolch C., Lewis R.(eds) Proc. of the Ninth International Conference on Algal Blooms by IOC UNESCO. Paris, p. 101-104.

- Parrow, M.W., J.M. Burkholder, N.J. Deamer and J.S. Ramsdell, 2005. Contaminant-free cultivation of *Pfiesteria shumwayae* (Dinophyceae) on a fish cell line. *Aquat. Microb. Ecol.* **39**: 97–105.
- Roman, M.R., M.L. Reaugh and X. Zhang, 2006. Ingestion of the dinoflagellate, *Pfiesteria piscicida*, by the calanoid copepod, *Acartia tonsa*. *Harmful Algae*. **5**: 435–441.
- Ruble, R.A., D.L. Remington, E.F. Schaefer and M.M. Marshall, 2005. Detection of the Dinozoans *Pfiesteria piscicida* and *P. shumwayae*: A review of detection methods and geographic distribution. *J. Eukaryot. Microbiol.* **52**: 83–89.
- Schmechel, D.E. and Koltai, D.C., 2001. Potential human health effects associated with laboratory exposures to *Pfiesteria piscicida*. *Environ. Health Perspect.* **109**: 775–779.
- Setälä, O., R. Autio and H. Kuosa 2005. Predator-prey interactions between a planktonic ciliate *Strombidium* sp. (Ciliophora, Oligotrichida) and the dinoflagellate *Pfiesteria piscicida* (Dinamoebiales, Pyrrophyta). *Harmful Algae* **4**: 235–247.
- Shumway, S.E., J.M. Burkholder and J. Springer, 2006. Effects of the estuarine dinoflagellate *Pfiesteria shumwayae* (Dinophyceae) on survival and grazing activity of several shellfish species. *Harmful Algae*. **5**: 442–458.
- Springer, J.J., S.E. Shumway, J.M. Burkholder and H.B. Glasgow, 2002. Interactions between the toxic estuarine dinoflagellate *Pfiesteria piscicida* and two species of bivalve molluscs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **245**: 1–10.
- Steidinger, K.A., J.M. Burkholder, H.B. Glasgow, C.W. Hobbs, J.K. Garrett, E.W. Truby, E.J. Noga and S.A. Smith 1996. *Pfiesteria piscicida* gen. et sp. nov. (Pfiesteriaceae fam. nov.), a new toxic dinoflagellate with a complex life cycle and behavior. *J. Phycol.* **32**: 157–164.
- Steidinger, K.A., J. Landsberg, P. Mason, W.K. Vogelbein, P.A. Tester and W. Litaker, 2006. *Cryptoperidiniopsis brodyi* gen. et sp. nov. (Dinopygyceae), a small lightly armored dinoflagellate in the Pfiesteriaceae. *J. Phycol.* **42**: 951–961.
- Stoecker, D.K. and Gustafson, D.E., 2002. Predicting grazing mortality of an estuarine dinoflagellate, *Pfiesteria piscicida*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **233**: 31–38.
- Stoecker, D.K., K. Stevens and D.E. Gustafson, 2000. Grazing on *Pfiesteria piscicida* by microzooplankton. *Aquat. Microb. Ecol.* **22**: 261–270.

2009년 5월 10일 원고접수

2009년 5월 29일 수정본 채택

담당편집위원: 박명길