

새만금호의 수질예측과 그에 따른 대책 3. 환경오염원이 담수산 미세조류, *Cryptomonas ovata*의 증식과 참재첩(*Corbicula leana*) 섭이율에 미치는 영향

최문술 · 정의영 · 신윤경*

군산대학교 해양자원육성학과, *부경대학교 해양생물학과

=Abstract=

Prediction of Water Quality and Water Treatment in Saemankeum Lake 3. Effects of Environmental Pollutants on Propagation of Freshwater Microalgae, *Cryptomonas ovata* and Feeding Rate of *Corbicula leana*

Moon Sul Choi, Ee-Yung Chung and Yun-Kyong Shin*

Department of Marine Living Resources, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea
*Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan 608-737, Korea

As a preliminary study, effects of environmental pollutants on propagation of freshwater microalgae, *Cryptomonas ovata* and feeding rate of *Corbicula leana* were investigated at $20 \pm 1^\circ\text{C}$, over 20 days after treatment of pollutants, glucose, complex fertilizer and NH_4Cl .

Number of *C. ovata* in control group was increased from 38×10^4 cell/ml to 1.910×10^4 cell/ml after 20 days cultivation in Sorokin-Krauss medium. Increments of cell number in experimental groups treated with glucose, complex fertilizer and NH_4Cl were higher than that of control group.

The higher propagation rate of *C. ovata* was observed when 30 mg/l of glucose treated, 120 mg/l of complex fertilizer treated, and 4 mg/l of NH_4Cl treated, compared with other concentrations in each pollutant treated group.

The feeding rates of large size group of *C. leana* which fed with a living organism, *C. ovata* in each experimental group were higher than small size group, and slightly reduced with the increase of pollutant concentrations. The feeding rates were not significantly different between any concentrations of the pollutant, and among experimental groups treated with glucose, complex fertilizer and NH_4Cl .

Key words : *Cryptomonas ovata*, *Corbicula leana*, Growth rate, Feeding rate, Pollutant

생태계 전반에 걸쳐 광합성에 의해 생산되는 유기물의 연중생산량은 2×10^{11} 톤으로 추정되고 있으며, 이중 식물성 플랑크톤이 총생산량의 50% 이상을 차지하고 있다. 식물성플랑크톤 중 미세조류는 수산생물분야에 있어서 어패류 양식을 위한 Rotifer 등 동물성 플랑크톤의 먹이생물로 이용되거나(Hur and Kim, 1988), 연료, 비타민, β -carotene, EPA와 같은 고도 불포화 지방산, 단백질 및 천연색소 등의 고부가가치소재의 공급원으로도 이용될 수 있기 때문에 효율적인 이용을 위한 다양한 연구가 진행되어 오고 있다(Becker, 1981; Hartig et al., 1988).

미세조류에 대한 연구는 우리나라에서도 일부 이루어지고 있으나(Hur and Kim, 1988), 대부분 해산 미세조류에 국한되어 있으며, 미세조류의 증식에 미치는 환경오염원의 영향에 관한 연구는 아직까지 찾아볼 수 없었다.

따라서 본 연구는 환경오염원 유입시 담수 수질을 정화시키는데 큰 역할을 하고 있을 뿐만 아니라 담수 패류의 먹이생물로서 이용되는 중요한 담수산 미세조류 중 *Cryptomonas ovata*를 대상으로 환경오염원이 참재첩의 미세조류 섭이율에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 또한 이들 환경오염원이 먹이생물인 미세조류의 증감율에 미치는 영향도 아울러 조사하였다.

재료 및 방법

실험에 이용한 먹이생물인 담수산 미세조류 FC-2 (*Cryptomonas ovata*)를 부경대학교 부설 수산과학연구소에 설립되어 있는 한국미세조류은행(KMCC)에서 분양받아 실험실 내에서 배지를 만들어 배양·증식시켜서 실험에 사용하였다.

*C. ovata*를 S-K배지(Sorokin-Krauss medium), 수온 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 조도 5,000 lux의 조건하에서 20일간 증식시켰다.

참재첩의 먹이생물, *C. ovata*의 실험방법은 먹이생물 배양액 500 ml에 glucose는 1, 10, 30 mg/l, 복합비료(진해화학주식회사 제품)는 30, 60, 120 mg/l, 그리고 NH_4Cl 은 2, 4, 8 mg/l로 조제한 후 균일하게 배지 10 ml씩을 투여하였으며, 이러한 상황은 7일을 주기로 배양액을 2배로 늘리면서 glucose, 복합비료 및 NH_4Cl 의 각 실험농도별로 맞추어 실험을 행하였다. 그리고 실

험조건은 수온 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 조도 5,000 lux으로 맞추었으며, 대조구는 오염원을 넣지 않고 S-K배지 10 ml만을 투여하여 조사하였다.

먹이생물, *C. ovata*의 성장률은 격일마다 일정한 시간에 각 실험구로 부터 배양세포를 1 ml씩 채취하여 영상분석기(Image Analyzer Package, Image-Pro Plus 2.0)로 PC 모니터상에 영상을 확대해서 계수하였고 성장률은 다음 식에 의해 계산하였다.

$$K = (3.322/t_2 - t_1) (\ln N_{t_2}/N_{t_1}) \dots \dots \dots \text{(식1)}$$

K= 성장률

N_{t_2} = 접종후 t_2 의 세포수

N_{t_1} = 접종후 t_1 의 세포수

t_2 = 접종후 2일

t_1 = 접종후 1일

참재첩, *Corbicula leana*의 먹이생물은 실내에서 배양한 미세조류 *C. ovata*를 이용하였으며, 실험조건은 수온, $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 염분 0‰에서 행하였다.

각 실험용액의 농도는 glucose의 경우, 30, 50, 70, 90 및 110 mg/l, 복합비료는 90, 117.5, 130, 150 및 170 mg/l, 그리고 NH_4Cl 은 1, 5, 10, 15 및 20 mg/l의 농도로 전보(Chung et. al., 1997)에서 보고한 농도와 동일하게 하였다. 조제된 각 실험용액의 농도에 참재첩을 10일간 노출시킨 후 먹이생물을 투여하여 실험구별로 섭이량을 3회 반복 실험·측정하여 평균값을 구하였다. 섭이량 측정은 먹이생물을 혼합한 실험용액 2 liter에 각 오염원별 실험농도에 노출시킨 후 생존한 참재첩을 끄집어내어 조제된 각 농도(각 실험구는 10 개조로 나누었고 1개조 실험병마다 크기별로 2-3마리씩 넣음) 속에 넣고 실험 전·후의 먹이생물량의 차이로서 섭이량을 측정하였고, 실험결과는 유의성검정(ANOVA analysis)을 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

Glucose, 복합비료 및 NH_4Cl 의 각 실험 농도구에서 *C. ovata*를 배양한 후 2 - 3일 간격으로 세포 수를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 3회 반복 실험한 결과 오염원을 첨가하지 않은 대조구에서는 20일 후 ml당 38×10^4 세포에서 $1,910 \times 10^4$ 세포로 증가하였다. Glucose 실험구의 경우는 농도에 따른 유의한 세포 수의 증가가 관찰되지 않았으나, 복합비료 120 mg/l 농도구와

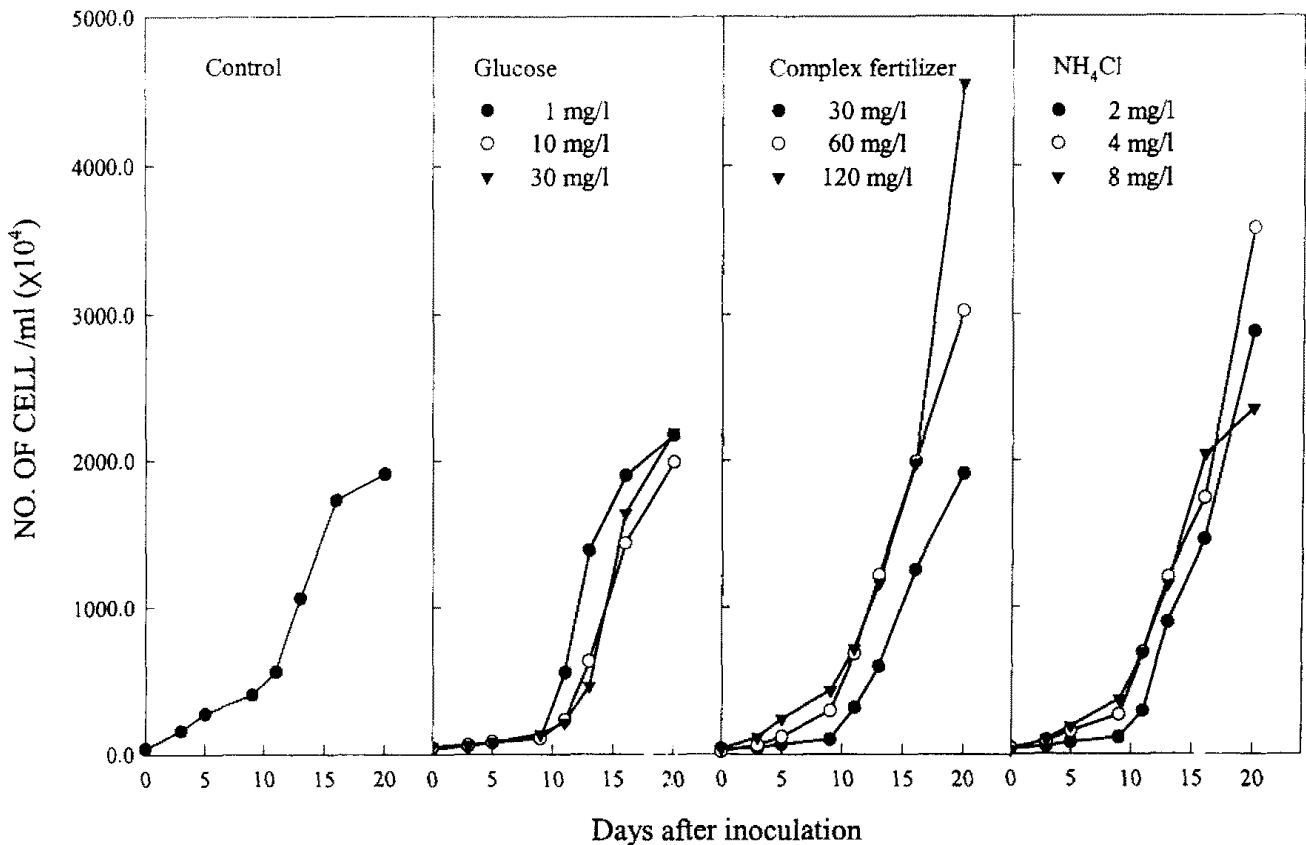


Fig. 1. The growth curves of *Cryptomonas ovata* cultured under experimental concentrations of glucose, complex fertilizer and NH₄Cl

NH₄Cl 4 mg/l 농도구의 경우는 20일 후 세포 수가 각각 $4,451 \times 10^4$, $3,579 \times 10^4$ 로 증가하여 대조구나 다른 농도구에 비하여 세포 수가 현저하게 증가하였다.

세포 수 증가를 식 (1)에 따라 성장률로 나타낸 Fig. 2를 보면, 세포수의 증가와 유사한 경향을 보였다. 각 오염원에서 모두 13일 이내에 저농도에서 최대성장률을 나타낸 후 감소하였으며, 각 실험구별 뚜렷한 차이는 없었다. 성장률은 대조구의 경우 배양 후 3일경과 13일경에 최대치에 이른 다음 차츰 감소를 보인 반면, 오염원 처리구에서는 대체로 5일경과 13일경에 최대치를 보인 후 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 최대성장률은 glucose의 경우는 1 mg/l 농도구에서 2.70, 복합비료에서는 30 mg/l 농도구에서 1.91, 그리고 NH₄Cl에서는 2 mg/l 농도구에서 1.84를 나타내었다(Fig. 2).

모든 실험구에서 2회의 peak를 보인 후 감소하는데, 일반적으로 식물성 플랑크톤의 life cycle이 이 5일-7일 주기(Takano, 1965)이므로, *C. ovata*도 life cycle에 기인하여 대조구와 오염원별로 각기 다른 peak를 보인

후 10일에 감소하다가 7일을 주기로 S-K배지를 첨가하므로 다시 peak가 일어나는 것으로 여겨지며, 대조구와 오염원별 peak시기와 감소시기의 차이는 명암, 조도 및 온도가 같은 배양조건하에서 대조구에 비해 투입된 오염원의 종류와 농도가 다른 것에 기인하는 것으로 생각된다.

*C. ovata*의 배양에 투입된 glucose, 복합비료 및 NH₄Cl은 모두 N, C, P를 가진 물질로서 적절한 온도 및 조도의 조건 하에서 먹이생물의 증식에 도움을 준 것으로 생각된다. 특히 복합비료의 경우는 식물의 성장에 도움을 주는 모든 영양염을 함유하고 있으므로 복합비료의 첨가 실험구에서 증식률이 가장 높은 것으로 사료된다.

Table 1은 참재첩을 각 오염원별 실험 농도구에 10일간 노출시킨 후 먹이생물인 *C. ovata* 섭이율 변화를 나타낸 것으로, 각 오염원의 농도에 따른 섭이율은 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 개체크기별로 섭이율을 비교하여 보았을 때 큰 개체들이 작은 개체들에 비

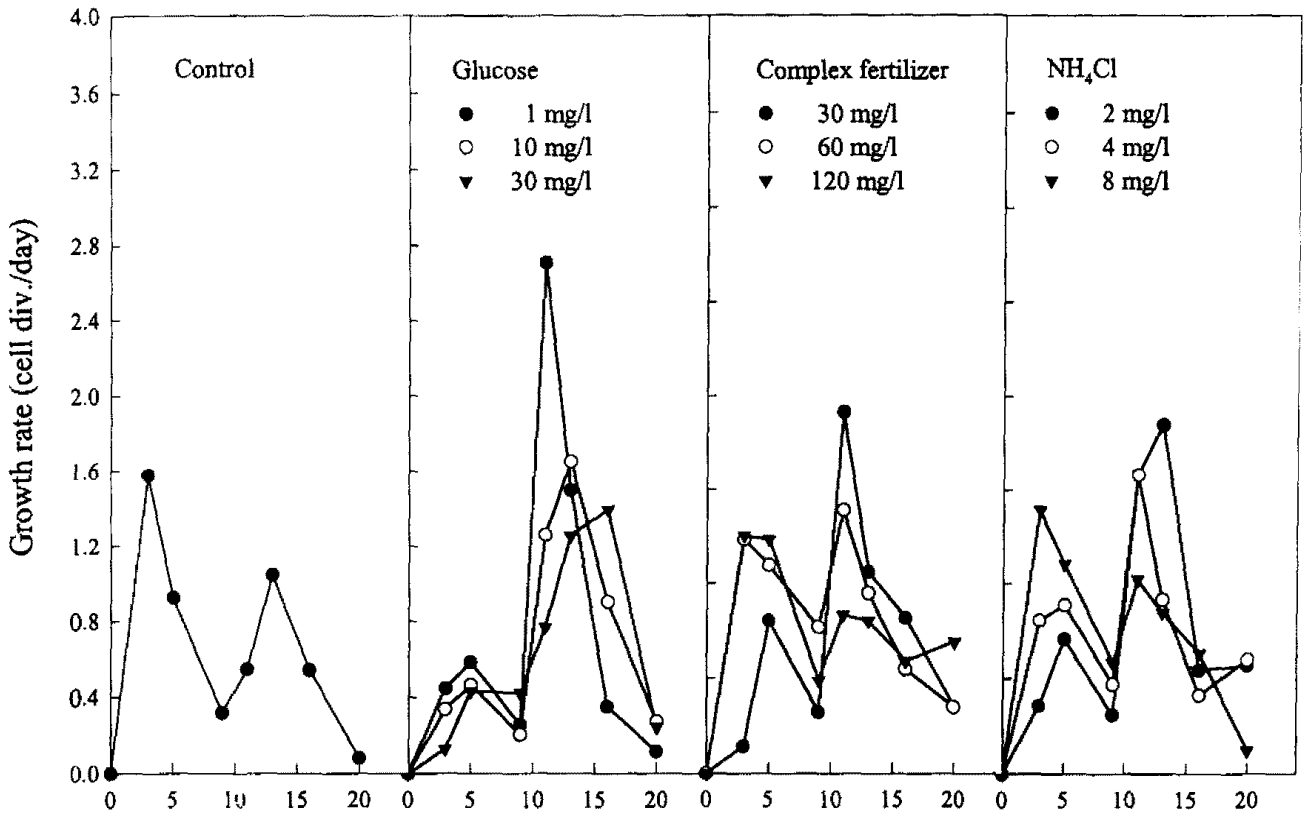


Fig. 2. The daily growth rate of *Cryptomonas ovata* cultured under experimental concentrations of glucose, complex fertilizer and NH_4Cl

해 섭이율이 높아 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 한편, Glucose, 복합비료 및 NH_4Cl 를 각각 처리한 실험군 간의 섭이율에는 차이가 없었다.

수질 내에 환경오염원을 영양염으로 흡수하여 성장·증식하는 식물플랑크톤은 종류에 따라서 성장률, 세포분열의 주기성, 온도 및 염분에 대한 저항성, 영양분 흡수의 선택성, 적정 조도 그리고 유기질소원 이용능력 등이 달라진다(Terry *et al.*, 1983). 광의 질, 조도, 영양주기, 영양분 농도 및 온도 등은 식물플랑크톤의 성장에 영향을 미치고(Strickland, 1965), 일간성장률의 변화를 지배한다(Rhee and Gotham, 1981).

이매패류를 포함한 여과섭식형 동물에게는 식물플랑크톤이 필수적인 먹이로 이용되고 있으며, 조개류의 유생사육에서는 먹이효과가 매우 중요한 것으로 보고되어있다(Guillard, 1958; Walne, 1963).

성장주기(growth cycle)나 배양 생장은 배양하는 중에 따라 다르며, 또 같은 종이라고 하더라도 배양액이

나 기타 배양조건에 따라서 다르다(Takano, 1965; Taylor, 1964).

담수산 참재첩의 먹이생물인 *C. ovata*를 먹인 참재첩의 섭이율은 glucose, 복합비료 및 NH_4Cl 의 농도에 따라 다소 감소하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었다. 이는 각 오염원의 농도에 따른 참재첩의 생리적 내성에 따라 나타난 것으로 여겨진다.

요 약

담수산 미세조류인 *Cryptomonas ovata*를 이용하여 환경오염원에 의한 참재첩, *Corbicula leana*의 섭이율 효과 및 환경오염원으로서 glucose, 복합비료 및 NH_4Cl 으로 인한 먹이생물의 증감을 등을 조사하였다.

20일 동안 배양한 *C. ovata*의 세포 수는 대조구에서 $\text{ml 당 } 38 \times 10^4$ 에서 $1,910 \times 10^4$ 로 증가하였으며, glucose, 복합비료 및 NH_4Cl 을 첨가한 실험구들은 대조구에 비해 증식률이 높았다. 환경오염원 세종류를 첨가한 실

Table 1. Feeding rate of the marsh clam, *Corbicula leana* fed *Cryptomonas ovata* with various concentration of glucose, complex fertilizer and NH_4Cl

Pollutant	Conc. (mg/l)	Feeding rate (No. of cells ($\times 10^4$ /ml)/ind./hr.)	
		small size [†]	large size [†]
control		1.41 \pm 0.60	2.40 \pm 0.58
glucose**	30	1.51 \pm 0.86*	2.85 \pm 0.06*
	50	1.48 \pm 0.10*	2.82 \pm 0.44*
	70	1.48 \pm 0.25*	2.65 \pm 0.26*
	90	1.36 \pm 0.21*	2.49 \pm 0.23*
	110	1.35 \pm 0.43*	2.41 \pm 0.26*
complex fertilizer**	90	1.52 \pm 0.48*	2.41 \pm 0.11*
	117.5	1.46 \pm 0.23*	2.34 \pm 0.29*
	130	1.40 \pm 0.62*	2.30 \pm 0.30*
	150	1.30 \pm 0.20*	2.30 \pm 0.27*
NH_4Cl **	170	1.24 \pm 0.28*	2.31 \pm 0.36*
	1	1.40 \pm 0.42*	2.67 \pm 0.40*
	5	1.37 \pm 0.25*	2.60 \pm 0.42*
	10	1.32 \pm 0.34*	2.15 \pm 0.16*
	15	1.32 \pm 0.18*	2.00 \pm 0.41*
	20	1.28 \pm 0.61*	2.12 \pm 0.14*

[†]Values represent means of three replicates \pm standard error.

*Feeding rates were significantly different between small sized and large sized group.

**No significant difference of feeding rate by concentrations of a pollutant was observed.

험구들 중 glucose는 30 mg/l 농도 실험구, 복합비료는 120 mg/l 실험구, 그리고 NH_4Cl 은 4 mg/l 실험구에서 각각 세포수가 다른 실험 농도구에 비해 가장 높았다.

먹이생물, *C. ovata*를 먹인 참재첩의 각실험 농도별 섭이율은 큰 개체에서 높았으며, 각 오염원의 농도의 증가에 따라 다소 감소하는 경향을 보였으나, 오염원에 따른 참재첩의 섭이율은 유의한 차를 나타내지 않았다.

사 사

먹이생물 실험을 위해서 담수산 미세조류 FC-2 (*Cryptomonas ovata*)를 제공하여 준 부경대학교 부설 수산과학연구소의 한국미세조류은행(KMCC)에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Becker, E.W. (1981) Algae mass cultivation-production and utilization. *Process Biochemistry*, 8/9: 10-14.
- Chung, E.Y., Shin, Y.K. and Choi, M.S. (1997) Prediction of water quality and water treatment in Saemankeum lake 1. Effects of environmental pollutants on filtration and oxygen consumption of the marsh clam, *Corbicula leana*. *Korean J. Malacol.*, 13(2): 203-206.
- Guillard, R.R.L. (1958) The production of extracellular carbohydrates by some marine flagellates. *Limnol. Oceanogr.* 3(4): 449-454.
- Hartig, P., J.U. Grobbelaar, C.J. Soeder and Groeneweg, J. (1988) On the mass culture of microalgae: A real density as an important factor for achieving

- maximal productivity. *Biomass.*, **15**: 211-221.
- Hur, S.B. and Kim, H.J. (1988) Chlorella cultivation for mass culture of rotifer, *Brachionus plicatilis*. I. Selection of suitable Chlorella species. *J. Aquacult.*, **1**: 135-143.
- Rhee, G.Y. and Gotham I.J. (1981) The effect of environmental factor on phytoplankton growth: Light and the interactions of light with nitratelimitation. *Limnol. Oceanogr.*, **26**: 649-659.
- Strickland, J.D.H. (1965) Production of organic matter in the primary stages in the marine food chain. In: *Chemical Oceanography*. (ed. by Riley J. P. and Skirron G.). pp. 478-610 Academic Press, London.
- Takano, H. (1965) Diatom culture in artificial sea water-III. Growth of diatoms in small flasks. *Bull. Tokai Reg. Fish Res. Lab.*, **44**: 17-24.
- Taylor, W.R. (1964) Inorganic nutrient requirements for marine phytoplankton organisms. *Proc. Symp. Experiment. Mar. Ecol., Occasion Publ.*, **2**: 17-24.
- Terry, K.L., Hirata, J. and Laws, E.A. (1983) Light-limited growth of two strains of the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin: Chemical composition, carbon partitioning and the diel periodicity of physiological processes. *J. Exp. mar. Biol. Ecol.*, **68**: 209-227.
- Walne, P.R. (1963) Observations on the food value of seven species of algae to the larvae of *Ostrea edulis*. I. Feeding experiment. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **43**: 767-784.

Received September 30, 1998

Accepted December 10, 1998

Corresponding author: Choi, Moon Sul

Tel: (82) 654-469-4593; e-mail: cms218@knusun1.kunsan.ac.kr