

L-lysine에 의한 *Microcystis* sp.의 선택적 성장억제송석환 · 신규철<sup>2</sup> · 한명수<sup>1,2</sup> · 최영길\*<sup>2</sup>한양대학교 자연과학대학 생명과학과, <sup>1</sup>환경과학과,  
<sup>2</sup>국가지정 물환경생태복원연구실The Effect of L-lysine on Growth Inhibition of *Microcystis* sp.Seok-Hwan Song, Kyu-Chul Shin<sup>2</sup>, Myung-Soo Han<sup>1,2</sup> and Yong-Keel Choi\*<sup>2</sup>Department of Life Science and <sup>1</sup>Environmental Science Hanyang University, Seoul 133-791 Korea,  
<sup>2</sup>National Research Laboratory for Water Environmental & Restoration

**Abstract** - Various physico-chemical and biological methods have been used to remove cyanobacteria which causes blooms and releases toxin. The purpose of the following experiment is aimed finding out which cyanobacteria are affected by L-lysine and what concentration of L-lysine inhibits cyanobacteria. The 20 samples of *Microcystis* sp. have been tested. To prove the growth inhibition on *Microcystis* sp., double-layered agar method and microplate method have been used. When the concentration of L-lysine is as heavy as 100  $\mu\text{g ml}^{-1}$ ~300  $\mu\text{g ml}^{-1}$ , some *Microcystis* sp. have made halo zone. Some *Microcystis* sp. have shown so high activity as to be inhibited in their growth by the L-lysine of concentration 10  $\mu\text{g ml}^{-1}$  with microplate method. These activities are various in accordance with every species. In additions, the microplate method has been proven to be an easy way which examine the lytic activity on the species of algae.

**Key words** : L-lysine, *Microcystis* sp., microplate, growth inhibition

## 서 론

산업화, 도시화가 되면서 많은 생활하수와 오폐수가 하천에 유입되고 하천의 부영양화를 유발시켜 이로 인해 수화가 발생한다. 수화를 일으키는 조류에는 녹조류, 규조류, 남조류가 있으며 담수에서 발생하는 수화는 주로 남조류에 기인한다(Hermansky *et al.* 1990). 남조류 중에는 독소를 분비하는 것과 이취미 물질을 분비하는 것이 있다(Carmichael 1992). 수화를 일으키는 남조류를 제거하기 위하여 많은 방법이 시도되었으나 기술적인

면과 경제적 측면에서 제한이 있다(Dart and Stretton 1980).

남조류를 제거하기 위한 방법 중에서 황산동(CuSO<sub>4</sub>, copper sulfate)을 이용하는 화학적 방법(Reyssac and Pletikisic 1990)이 시도되었으나 생태계에 영향을 주기 때문에(Lee 1989; Reyssac and Pletikisic 1990) 영향을 적게 주는 방법으로서 생물을 이용하는 연구가 있어왔다(Ho and Alexander 1974; Reynolds and Walsby 1975; Redhead and Wright 1978; Barnet *et al.* 1981; Brabrand *et al.* 1983; Desjardins 1983).

Yamamoto 등(1988)은 호수의 sediments로부터 분리한 40여종의 남조류 분해능을 가진 bacteria 중에서 가장 분해능이 뛰어난 종으로 분류된 *Streptomyces phaeo-*

\* Corresponding author: Yong-Keel Choi, Tel. 02-2290-0952, Fax. 02-2293-9230, E-mail. ykchoi@hanyang.ac.kr

*faciens*가 분비한 아미노산인 L-lysine이 남조류 중 일부 *Microcystis*의 성장을 억제하거나 분해 활성을 보인다고 보고한 바 있다. 이와 같은 세포의 물질을 이용한 남조류 제거 연구는 극히 미비한 실정이며 Yamamoto 등(1998)도 2종의 *Microcystis* sp.와 1종의 *Anabaena* sp.만을 L-lysine으로 실험하였을 뿐이다.

생태계에 영향을 적게 주고 선택적으로 남조류를 제어하는 방법으로 세포의 물질을 사용할 경우 아미노산을 이용하는 것이 보다 효과적일 것으로 사료되어 본 연구를 통하여 영양 물질인 아미노산 L-lysine에 영향을 받는 남조류 종류와 이에 영향을 미치는 L-lysine의 농도를 파악하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 균주 (strains)

실험에 이용한 남조류는 국립환경연구소(NIER), 배재대학(PUCC), 인제대학(인제대), 유전자은행(KCTC)(AG), NIES(BC, NC), ATCC 등으로부터 분양 받은 *Microcystis* sp. 20종 실험하였다.

### 2. 남조류의 배양

남조류의 배양은 BG-11배지(Rippka 1988; Castenholz 1988)를 이용하여 pH 7.1에서 culture broth방법으로 배양하였다. 미량원소(micronutrients)는  $H_3BO_3$ , 2.86 g;  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ , 1.81 g;  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ , 0.222 g;  $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ , 0.39 g;  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ , 0.079 g;  $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ , 49.4 mg을 증류수 1.0 l에 용해시켜 사용하였다. 고체 배지는 BG-11배지 1 l에 agar 10 g을 넣어 사용하였다. 남조류의 배양은 2000 lux,  $28 \pm 1^\circ C$ , 조류배양기(Sanyo, growth cabinet)에서 배양하였다. 아주 적은 양의 균주를 배양하는 경우 250  $\mu$ l의 96-well flat-bottom microplate(Rojíčková et al. 1998)을 이용하여 cool white fluorescence light 조류배양기에서 배양하였다.

배양기간동안 multichannel pipette을 이용하여 하루에 한번씩 섞어주었다.

### 3. L-lysine

Sigma사로부터 L-lysine(L-2, 6-diaminohexanoic acid, 분자량 146.2,  $C_6H_{14}N_2O_2$ )을 구입하여 증류수에 녹인 후 직경 0.2  $\mu$ m 구멍을 가진 syringe filter로 여과시켜 사용하였다. L-lysine의 농도는 각각 0  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 50  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 100  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 200  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 30  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 500  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>,

700  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 1000  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>로 하였다.

### 4. Double-layered agar method

남조류의 성장억제에 미치는 L-lysine의 농도를 분석하기 위해 double-layered agar method(Currier and Wolk 1979; Mitsutani et al. 1987; Sakata et al. 1991)와 microplate방법(Blaise et al. 1986; Rojíčková et al. 1998)을 사용하였다.

Double-layered agar method를 이용한 algal lawn은 대수성장기의 남조류를 원심분리(Hitachi, 3500 rpm, 4  $^\circ C$ , 10분)하여 얻은 세포를 멸균된 2배 농축 BG-11배지에  $10^7$  cell ml<sup>-1</sup>로 현탁하고, 2%의 agar를 포함하는 증류수를 멸균한 후 50 $^\circ C$ 까지 온도를 내리고 시험관에 각각 5 ml씩을 혼합한 후 미리 준비된 BG-11 평판 배지에 부어 수평판에서 굳히고 조류배양기에 옮겨 2~3일간 배양시켜 후 사용하였다.

준비된 algal lawn에 멸균된 filter paper disk(FC-Wattman, 직경 6 mm)를 놓고 농도 0  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 50  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 100  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 200  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 300  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 500  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 700  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 1000  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>의 L-lysine을 각각 20  $\mu$ l씩 적신 후 조류배양기에 넣고 일주일간 투명대 형성을 관찰하였다.

### 5. Microplate 방법

배양기(shaker)에서 배양하여 성장기로 들어선 남조류를 96-well flat-bottom microplate(Cellstar, 멸균, non pyrogenic, DNase and RNase free, Intron)의 3행 8열의 24개 well을 1조로 하여 4종의 남조류를 180  $\mu$ l ( $10^6$  cells ml<sup>-1</sup>)씩 접종하였다(Rojíčková et al. 1998).

제1열은 대조군으로 이용하고 2열부터 각 열에 L-lysine의 최종 농도가 0  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 10  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 50  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 100  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 200  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 300  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 500  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>씩 되게 각각 20  $\mu$ l씩을 넣어서 한 균주에 대한 똑같은 조건을 3행 만들었다. L-lysine을 첨가한 microplate를 조류배양기에 옮겨서 4일간 배양하였다.

저농도에서의 L-lysine의 남조류성장 억제능을 알아보기 위하여 위와 같은 방법으로 L-lysine 최종 농도가 0  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 0.1  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 0.5  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 1.0  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 5.0  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>, 10  $\mu$ g ml<sup>-1</sup>씩 되게 20  $\mu$ l씩을 접종한 후 조류배양기에 옮겨 같은 방법으로 배양하였다.

### 6. L-lysine의 남조류 성장 억제능 및 분해능 측정

성장 억제 및 분해 활성을 분석하는 방법으로는 chloro-

Table 1. Effective concentration of L-lysine on *Microcystis* sp.

Strains	Concentration ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ )							
	0	50	100	200	300	500	700	1000
<i>Microcystis aeruginosa</i> NIER-10001	-	-	-	-	○	○	○	○
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kutzing AG-10073	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis aeruginosa</i> 인제대	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis aeruginosa</i> NIER-10039	-	-	-	△	○	○	○	○
<i>Microcystis aeruginosa</i> NIER-10051	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis aeruginosa</i> NC 7	-	-	-	-	△	△	△	△
<i>Microcystis ichthyoblabe</i> NIER-10021	-	-	△	△	△	○	○	○
<i>Microcystis ichthyoblabe</i> NIER-10045	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis novacekii</i> BC-18	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis novacekii</i> NIER-10022	-	-	△	○	○	○	○	○
<i>Microcystis novacekii</i> NIER-10029	-	-	-	-	△	△	○	○
<i>Microcystis</i> sp. NIER-10004	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis</i> sp. NIER-10056	-	-	-	○	○	○	○	○
<i>Microcystis viridis</i> NIER-10017	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis viridis</i> NIER-10026	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis viridis</i> PUCC-1002	-	-	-	-	-	-	-	-

(- : no halo zone, △ : vague halo zone, ○ : halo zone)

phyll a의 흡광도가 algal growth를 측정하기에 적합하다는 보고(Hersh *et al.* 1987; Fargašová 1994; Rojíčková *et al.* 1998)가 있기에 L-lysine의 영향을 분석하기 위해 absorbance microplate reader (Spectra Max 190 : Molecular devices)를 이용하여 680 nm (Rojíčková *et al.* 1998)에서 4일 동안 24시간 간격으로 chlorophyll a의 흡광도를 측정하였다.

## 결 과

### 1. Double-layered agar method에 의한

#### L-lysine의 성장 억제

Double-layered agar method로 투명대가 형성되는 남조류와 L-lysine의 농도를 조사하였다. double-layered agar plate에서 잘 성장하지 못하거나, 배양 기간동안 생장이 잘 안되는 4종을 제외한 16종의 *Microcystis* sp. 중 *M. aeruginosa* NIER-10001, *M. aeruginosa* NIER-10039, *M. aeruginosa* NC 7, *M. ichthyoblabe* NIER-10021, *M. novacekii* NIER-10022, *M. novacekii* NIER-10029, *M. sp.* NIER-10056 등 7종에서는 투명대가 형성되는 것이 관찰되었다(Table 1).

투명대가 나타나는 L-lysine의 농도는 *M. ichthyoblabe* NIER-10021와 *M. novacekii* NIER-10022는 100  $\mu\text{g ml}^{-1}$ 부터, *M. aeruginosa* NIER-10039와 *M. sp.* NIER-10056는 200  $\mu\text{g ml}^{-1}$ 부터, *M. aeruginosa* NIER-10001와 *M. aeruginosa* NC 7, *M. novacekii* NIER-10029는

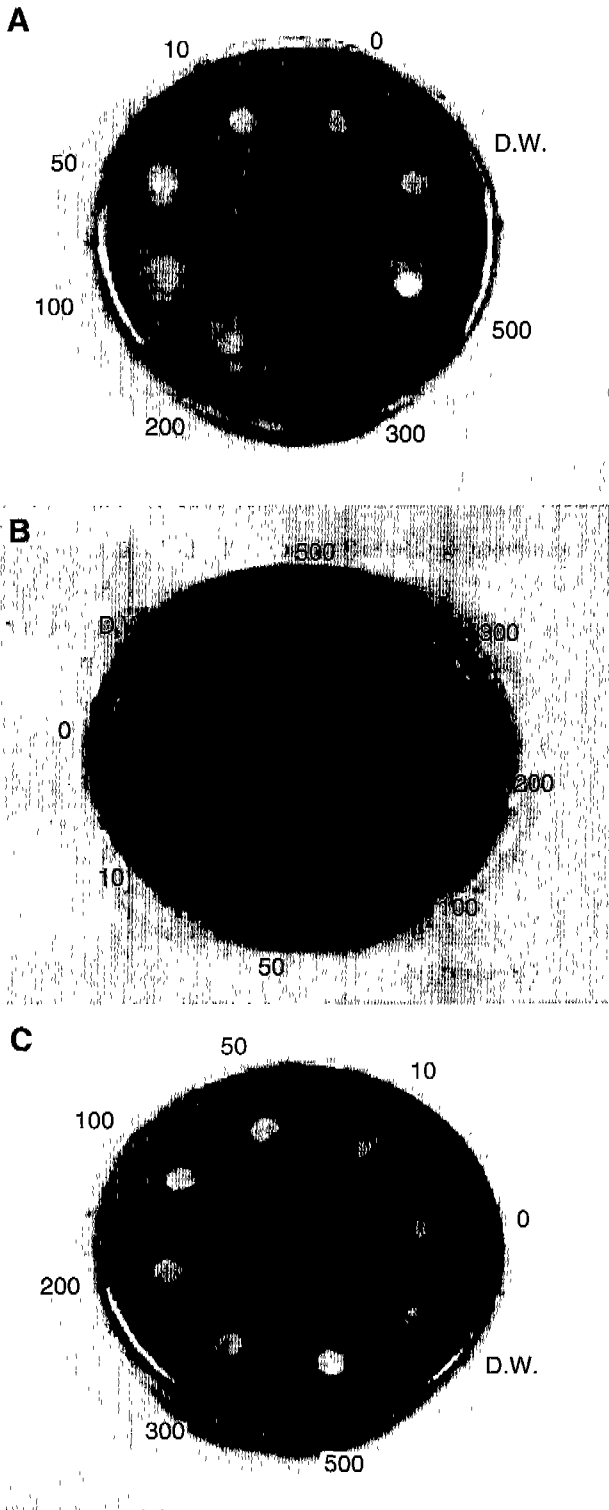
300  $\mu\text{g ml}^{-1}$ 부터 나타나기 시작하였다. 그리고 L-lysine의 농도가 높을수록 투명대의 직경이 크고 분명하게 나타났다(Plate 1).

이와 같은 결과로 보아 L-lysine은 일부 *Microcystis* sp.에서 선택적이고 효과적으로 성장을 억제 시키는 것을 확인하였다.

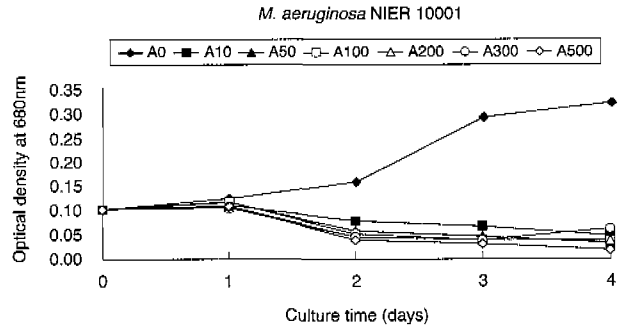
### 2. Microplate 방법에 의한 성장 억제 및 분해 활성

Double-layered agar method에 의해 투명대가 형성된 7종의 균주 중 *M. aeruginosa* NIER 10015, *M. aeruginosa* NIER 10001, *M. aeruginosa* NIER 10039, *M. novacekii* NIER 10022와 투명대가 희미한 *M. aeruginosa* NC 7, 투명대의 형성 유무가 의심적인 *M. viridis* PUCC 1002 그리고 double-layered agar method로 투명대의 형성이 어려운 *M. aeruginosa* NIER 10010, *M. viridis* NIER 10020 등 총 8종의 균주를 대상으로 생장을 억제하는 L-lysine의 농도를 조사하였다.

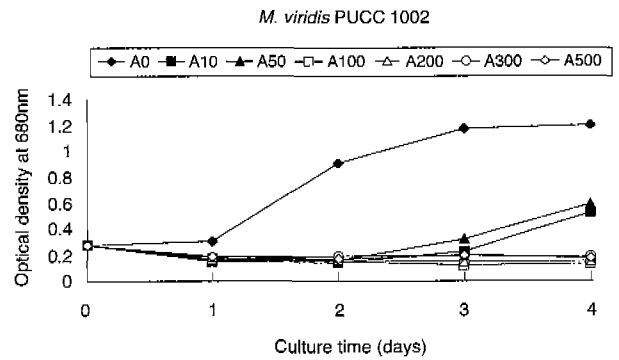
실험한 결과 *M. viridis* NIER 10020, *M. aeruginosa* NIER 10015, *M. aeruginosa* NC 7와 *M. aeruginosa* NIER 10001은 L-lysine을 처리하지 않은 대조군에서 흡광도 값이 계속 증가하거나 증가하다가 일정해지는 경향을 보이나, L-lysine을 처리한 실험군에서는 흡광도 값이 처음과 거의 같거나 내려가는 경향을 보인다(Fig. 1). *M. viridis* PUCC 1002는 L-lysine을 처리한 실험군에서 흡광도 값이 내려가는 경향을 보이나, L-lysine 농도가 50  $\mu\text{g ml}^{-1}$  이하에서는 2~3일 후부터 증가하는 것



**Plate 1.** Halo zone formed on the agar lawns (Concentration of L-lysine : 0, 10, 50, 100, 200, 300, 500 µg ml<sup>-1</sup>; D.W : negative control). (A) *M. ichthyoblabe* NIER-10021, (B) *M. aeruginosa* NIER-10039, (C) *M. novacekii* NIER-10029.



**Fig. 1.** Growth curves of *M. aeruginosa* NIER 10001 at different concentration during 4 days. A0 : 0 µg ml<sup>-1</sup>, A10 : 10 µg ml<sup>-1</sup>, A50 : 50 µg ml<sup>-1</sup>, A100 : 100 µg ml<sup>-1</sup>, A200 : 200 µg ml<sup>-1</sup>, A300 : 300 µg ml<sup>-1</sup>, A500 : 500 µg ml<sup>-1</sup>.

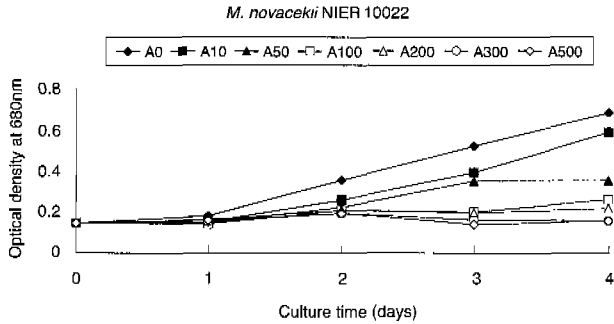


**Fig. 2.** Growth curves of *M. viridis* PUCG 1002 at different concentration during 4 days. A0 : 0 µg ml<sup>-1</sup>, A10 : 10 µg ml<sup>-1</sup>, A50 : 50 µg ml<sup>-1</sup>, A100 : 100 µg ml<sup>-1</sup>, A200 : 200 µg ml<sup>-1</sup>, A300 : 300 µg ml<sup>-1</sup>, A500 : 500 µg ml<sup>-1</sup>.

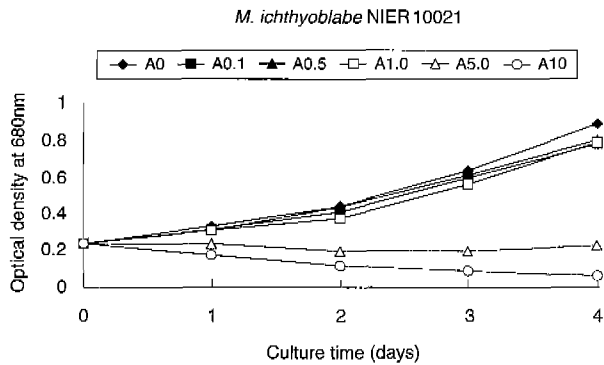
을 볼 수 있다(Fig. 2). *M. novacekii* NIER 10022는 L-lysine 농도가 50 µg ml<sup>-1</sup> 이하에서 흡광도가 증가하는 경향을 보이나 대조군 보다 값이 낮게 나타났으며, 그 이상의 농도에서는 흡광도 값이 처음과 큰 차이가 없었다(Fig. 3).

10 µg ml<sup>-1</sup> 이하의 L-lysine 농도에서도 생장 억제 및 lysis의 영향을 알아 보기 위하여 위에서 실험한 8종의 균주와 투명대가 형성된 *M. ichthyoblabe* NIER 10021 그리고 double-layered agar method로 조사하기 힘든 *M. wesenbergii* NC 5 등 2종을 더하여 총 12종을 실험하였다.

그 결과 *M. viridis* NIER 10020은 L-lysine 농도가 증가함에 따라 흡광도 값이 내려가는 것으로 나타났다. *M. aeruginosa* NIER 10015, *M. ichthyoblabe* NIER 10021와



**Fig. 3.** Growth curves of *M. novacekii* NIER 10022 at different concentration during 4 days. A0 : 0 µg ml<sup>-1</sup>, A10 : 10 µg ml<sup>-1</sup>, A50 : 50 µg ml<sup>-1</sup>, A100 : 100 µg ml<sup>-1</sup>, A200 : 200 µg ml<sup>-1</sup>, A300 : 300 µg ml<sup>-1</sup>, A500 : 500 µg ml<sup>-1</sup>.



**Fig. 4.** Growth curves of *M. ichthyoblabe* NIER 10021 at different concentration during 4 days. A0 : 0 µg ml<sup>-1</sup>, A0.1 : 0.1 µg ml<sup>-1</sup>, A0.5 : 0.5 µg ml<sup>-1</sup>, A1.0 : 1.0 µg ml<sup>-1</sup>, A5.0 : 5.0 µg ml<sup>-1</sup>, A10 : 10 µg ml<sup>-1</sup>.

*M. wesenbergii* NC 5는 L-lysine 농도가 1.0 µg ml<sup>-1</sup> 이하에서는 농도가 증가함에 따라 대조군 보다 흡광도 값이 낮은 수준에서 증가하는 현상을 보이나 5.0 µg ml<sup>-1</sup> 이상에서는 흡광도 값이 처음 수준이거나 떨어지는 것으로 나타났다 (Fig. 4).

이 결과는 L-lysine이 생장에 영향을 주는 것으로 보이며 5.0 µg ml<sup>-1</sup> 이상에서 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. *M. aeruginosa* NIER 10001, *M. aeruginosa* NC 7, *M. aeruginosa* NIER 10010에서도 일정한 경향성을 보이지는 않았으나 농도가 높은 곳에서 생장이 억제되는 것으로 나타났다. *M. aeruginosa* NIER 10039, *M. viridis* Pucc 1002는 10 µg ml<sup>-1</sup> 이하의 저농도 L-lysine에는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 본 실험 결과 일부 *Microcystis* sp.에서는 5.0 µg ml<sup>-1</sup>~10 µg ml<sup>-1</sup>의 낮은 농도에서도 성장 억제 및 분해활성이 나타나는 것으로 확인되었다.

## 고 찰

남조류의 의한 호소수에서의 수화현상을 제어하고자 하는 사례는 이미 세계 각 국에서 다양한 방법으로 진행되어왔다 (Jeffries and Mills 1990). 그러나 황산동 (CuSO<sub>4</sub>)이나 이산화염소 (ClO<sub>2</sub>), 오존 (O<sub>3</sub>) 등과 같은 화학물질을 사용한 수화의 제어시도는 수화의 원인 생물인 남조류 뿐만 아니라 수생태계 먹이 사슬의 기초가 되는 대부분의 식물 플랑크톤들도 함께 제거하며, 어류에도 독성을 갖는다고 보고된바 있다 (Reyssac and Pletikisic 1990). 따라서 수화의 원인이 되는 남조류만을 선택적으로 제거할 수 있는 새로운 기술의 개발이 절실한 실정이다.

Yamamoto 등(1998)은 lysome과 같은 효소나 protease가 아닌 간단한 아미노산인 L-lysine이 일부 남조류를 분해시킨다고 보고하였다. 본 실험에서도 L-lysine이 일부 *Microcystis* sp.의 성장을 억제하거나 분해하는 선택적 특이성을 나타냈으며 agar에 부착한 상태에서나 L-lysis를 넣은 혼합배양액 상태에서도 영향을 주었다. Yamamoto 등(1998)의 보고에 의하면 L-lysine이 세포벽에 영향을 준다고 보고하였으나 *Microcystis viridis* Pucc-1002는 분해된 것으로 보이는 상태에서 어느 정도 시간이 경과하면 다시 생장이 일어나는 것을 관찰할 수 있는 것으로 보아 일부 세포에서는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

Microplate 방법으로 조사한 결과 일부 *Microcystis* sp.에서는 아주 낮은 농도에서도 성장억제 및 분해활성이 큰 것으로 나타났다. 본 실험에 적용하지 않은 *Anabaena* sp.와 *Oscillatoria* sp. 등에 대해서 더 많은 연구가 진행되어야 하겠지만 L-lysine이 일부 남조류를 선택적으로 제어할 수 있을 것으로 보인다.

Microplate 방법으로 균주를 배양할 때 주기적으로 균주를 흔들어 주는 문제는 microplate shakers로 흔들어 주거나 multichannel pipette으로 섞어주고, 증발과 pH 감소는 습도를 높이거나 파라필름으로 싸서 막을 수가 있다. 이와같은 다소의 제한 요인에도 불구하고 microplate방법을 사용하는 것은 agar plate상에서 단순히 hollow zone의 생성 유무를 관찰하는거 보다 정확한 농도의 남조류 성장 억제 및 분해 농도를 측정할 수 있다는 장점과 아울러 하나의 microplate에서 여러 종의 균주를 동일한 조건으로 시험할 수 있는 장점때문이다 (Rojčková et al. 1998).

이상의 결과로 보아 이용된 L-lysine과 같이 일부 남조류의 성장을 억제하거나 분해를 일으킬 수 있는 다른

아미노산의 발견과 영향을 받는 남조류종들에 대한 연구가 생화학적으로 이어질 필요가 있다고 사료된다.

## 적 요

본 연구는 L-lysine (L-2, 6-Diaminohexanoic acid)의 영향을 받는 남조류와 남조류에 영향을 주는 L-lysine의 농도를 파악 하고자 20종의 *Microcystis* sp.를 실험에 사용하였다. 남조류의 성장 억제 능력은 double-layered agar method와 microplate method를 이용하여 측정하였다. L-lysine의 농도를  $100 \mu\text{g ml}^{-1} \sim 300 \mu\text{g ml}^{-1}$  이상에서 처리한 경우 *Microcystis ichthyoblabe* NIER-10021 외 7종의 *Microcystis* sp.에서 투명대가 형성되었다. Microplate method에서는 *Microcystis viridis* NIER-10020 외 7종의 *Microcystis* sp.에서는  $10 \sim 500 \mu\text{g ml}^{-1}$ 의 농도에서 성장억제 및 lysis를 나타내었다. 그리고 *Microcystis viridis* NIER-10020 외 3종은  $10 \mu\text{g ml}^{-1}$  이하의 낮은 농도에서도 성장억제 및 분해를 나타내는 높은 활성을 보였다.

## 사 사

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실 사업의 과제(2002-N-NL-01-C-290)에 의하여 수행됨.

## 참 고 문 헌

- Barnet YM, MJ Daft and WDP Stewart. 1981. Cyanobacteria-cyanophage interaction in continuous culture. J. Appl. Bacteriol. 51:541-552.
- Brabrand A, BA Faafeng, T Kälqvist and JP Nilssen. 1983. Biological control of undesirable cyanobacteria in culturally eutrophic lakes. Oecol. 60:1-5.
- Carmichael WW. 1992. Cyanobacteria secondary metabolites-the cyanotoxins. J. Appl. Bacteriol. 72:445-459.
- Castenholz RW. 1988. Culturing methods for cyanobacteria. Methods Enzymol. 167:68-92.
- Curier TC and CP Wolk. 1979. Characteristics of *Anabaena variabilis* influencing plague formation by cyanophage N-1. J. Bacteriol. 139:88-92.
- Dart RK and RJ Stretton. 1980. Microbiological aspects of pollution control. Fundamental aspects of pollution control and environmental science 6. Elsevier. 41:952-956.
- Desjardins PR 1983. Cyanophage: history and likelihood as a control. In: Proceedings of Conference on Lake Restoration, Protection, and Management. U.S. EPA Technical Report 440/5-83-001. 242-248.
- Fargašová A. 1994. Toxicity determination of plant growth hormones on aquatic alga-*Sxenedesmus quadricauda*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 52:706-711.
- Hermansky SJ, SN Wolff and SJ Stohs. 1990. Use of rifampin as an effective chemoprotectant and antidote against microcystin-LR toxicity. Pharmacol. 41:231-236
- Hersh CM and WG Crumpton. 1987. Determination of growth rate depression of some green algae by atrazine. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 39:1041-1048.
- Ho TS and M Alexander. 1974. The feeding of amoebae on algae in culture. J. Phycol. 10:95-100.
- Jeffries M and D Mills. 1990. Freshwater ecology. principles and applications. Belhaven Press. London.
- Lee RE. 1989. Phycology. 2nd ed. Cambridge University Press. New York. USA. 55-101.
- Mitsutani A, A Uchida and Y Ishida. 1987. Occurrence of blue-green algae algal lytic bacteria in lake Biwa. Nippon Biseibutsu Gakkaiho 2:21-28.
- Redhead K and SJL Wright. 1978. Isolation and properties of fungi that lyse blue-green algae. Appl. Environ. Microbiol. 35:962-969.
- Reynolds CS and AE Walsby. 1975. Water-blooms. Biol. Rev. 50:437-481.
- Reyssac SJ and M Pletikovic. 1990. Cyanobacteria in fish ponds. Aquaculture 88:1-20.
- Rippka R. 1988. Isolation and purification of cyanobacteria. Methods Enzymol. 167:3-27.
- Rojčková R, D Dvořáková and B Maršáek. 1998. The use of miniaturized algal bioassays in comparison to the standard flask assay. Environ. Toxicol. Water Qual. 13:235-241.
- Sakata T, Y Fujita and H Yasumoto. 1991. Plaque formation by algicidal *Saprospira* sp. on a lawn of *Chaetoceros ceratosporum*. Nippon Suisan Gakkaishi 57:1147-1152.
- Sallal AKJ. 1994. Lysis of cyanobacteria with *Flexibacter* spp. isolated from domestic sewage. Microbios. 77:57-67.
- Yamamoto Y and K Suzuki. 1990. Distribution and algal-lysing activity of fruiting myxobacteria in Lake Suwa. J. Phycol. 26:457-462.
- Yamamoto Y, T Kouchiwa, Y Hodoki, K Hotta, H Uchida and KI Harada. 1998. Distribution and identification of actinomycetes lysing cyanobacteria in a eutrophic lake. J. Appl. Phycol. 10:391-397.

Manuscript Received: March 4, 2003

Revision Accepted: May 6, 2003

Responsible Editorial Member: Saywa Kim

(Yong-In Univ.)