J. Fd Hyg. Safety 17(1), 1–7 (2002)

미나리에 의한 합성세제에 오염된 물의 정화효과

김종규†
계명대학교 자연과학부 공중보건학전공

Purification of Water Contaminated with Synthetic Detergent by a Wild Strain of *Oenanthe javanica*

Jong-Gyu Kim†
Department of Public Health, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

ABSTRACT – This study was performed to investigate the possibility of water purification by a wild strain of *Oenanthe javanica* DC. Three commercially available dishwashing detergents and a standard surfactant, linear alkylbenzene sulfonate (LAS), were used for this study. The experiment was done in 1.5 *l* transluscent aquariums. The plants were distributed into various concentrations of detergents and various kinds of detergent in the separate aquariums. The wet weight of the plants was significantly decreased ($p<0.05$), and the visual vitality of the plants also decreased in 2 days. The higher the concentration of detergent was, and the more time the plants were exposed to the detergents, the more decrease of growth was observed. The pH value of the culture media decreased in 2 days and in 4 days, then slightly increased in 6 days. However, the pH value of the media did not return to the initial neutral level of pH in 6 days. The pH value of the culture media containing the LAS remarkably increased in 6 days and increased to a neutral pH value in 18 days ($p<0.01$) as the pH of the other culture media. The chemical oxygen demand (COD) of the culture media gradually increased over the 4 days. A decrease of COD was observed in 6 days, but no tendency was observed between 12 and 18 days. The detergent in the culture media was highly significantly decreased in 2 days ($p<0.01$) and gradually decreased after this. After 6 days the remaining detergent was 12.4~23.7% from the various levels of initially added concentration, and 22.4~34.2% from the four kinds of detergents. These results show that the reduction of detergent was caused by *Oenanthe javanica* and the effect was significant during the first 6 days when the plants were still growing well. These results indicate that the plant purifies contaminated water for several days and the effect could be variable according to the level of contamination and the environment in which the plant grows.

Key words □ *Oenanthe javanica*, detergents, wet weight, pH, COD

미나리(*Oenanthe javanica* DC)는 역사적으로 볼 때 인류가 이용한 오랜 채소 중의 하나로 물기가 많은 곳에서 산다고 해서 수근 (水芹) 또는 수영 (水英)이라고도 한다. 미나리는 중국, 사할린, 인도, 말레이시아 및 오스트레일리아 등지에서 널리 분포하고 있는 여러해 살이 풀로서 우리 나라에서도 전국의 산야지 연못가나 산골짜기의 도랑에 흔히 자라며 농가에서 재배도 하는 풀이다. 미나리의 줄기는 높이 20-30 cm이며 털이 없고 특유한 향이 있다. 그 줄기에 능각이 있으며 가지의 마디마디에 뿌리가 내려 번식하는 호습성 식물이다. 이는 찬 성질을 갖고 있으며 식품 영양학적으로 보면 비타민 A, B 및 C와 플라본, 칼륨, 칼슘 및 철분 등이 많이 들어 있는 대표적인 알칼리성 식품이다. 우리 나라에서는 대개 이른 봄에 어린 잎을 데치거나 생것으로 나물을 만들어 먹기도 하고 김장할 때 양념으로 많이 애용된다.[1-5]

미나리는 원래 우물가나 물이 잘 마르지 않는 지저분한 논에서 자란다. 미나리에는 독성 물질을 분해시키는 성분이 들어 있기 때문에 환경이 깨끗하지 않아도 생육을 잘 하는 것으로 생각되고 있다.[6] 우리 나라에서 많이 생육 및 재배하고 있는 미나리는 과거로부터 오염된 습지에서도 잘 자라는 것으로 알려져 있어 오염 물질의 정화 능력이 있는 것으로 기대된다.

오염된 물은 여러 가지 생물학적, 화학적 및 물리적 방법으로써 어느 정도 정화된다. 실제로 오염 물질이 산화작용, 수중식물의 생육 및 자정작용 등의 여러 요인에 의해 감소될 수 있음이 제시되었다. 그 동안 수분이 많은 곳에서 비교적 잘 생육하는 수초에 의한 오염 물질의 정화 등에 대한 시도가 있었던 바,[7-9] 본 연구에서는 우리 생활 주변의 물의 오염에 있

†Author to whom correspondence should be addressed.

어, 특히 대표적인 오염 물질인 세제의 오염을 감소시키는데 있어서 생물학적 방법을 통한 정화효과를 알아보고자 하였다.

세계적으로 합성세제의 개발은 '40년대부터 시작되었으며 '60년대에 연성화, '70년대에 무인화(無燐化)에 이르렀다. 우리 나라는 1966년 합성세제를 처음 시판한[10] 이후 급속한 경제 성장을 바탕으로 그 사용량도 급격히 증가하였다. 생산량으로 보아 1980년에 29,483톤, 그리고 1990년에 102,306톤으로 10년 사이에 3.5배 정도의 신장을 보인바 있다.[11] 사용량으로 보아 1인당 합성세제의 사용량이 1987년에 4.0 kg, 1991년에 6.9 kg, 그리고 1997년에는 10 kg으로 증가하였으며, 우리 나라 생활 하수 오염의 5~6%가 합성세제에 기인한다고 한다. 또 연간 합성세제 오염도가 전국적으로 29만톤 이상에 달하고 있으며 이는 공장 2천개에서 나오는 폐수의 오염도와 맞먹는다.[12] 세제 사용의 목적은 생활에 필요한 물질의 세정과 오염제거의 효과를 높이고자 함이나,[13] 반대 급부로 수처리 공정에 문제 야기, 수계의 자정 작용 방해, 부영양화 현상 유발 등의 환경오염 및 이로 인한 인체 건강에 미치는 영향 등이 쟁점이 되고 있다.[10,14-15] 합성세제로 인한 환경오염문제를 저감시키기 위하여 생물학적 분해가 어려운 경성세제(ABS: alkyl benzene sulfonate)에서 분해가 비교적 용이한 연성세제(LAS: linear alkyl benzene sulfonate)로 대체 사용하고 있으나 세탁기의 보급과 사용의 편리성 등으로 인하여 합성 세제 사용량은 급속히 증가되고 있는 실정이다.

이에 따라 본 연구는 생활 하수 등에서 세제 오염을 감소시킴에 있어 자연식물이 유용하다는 가정 하에, 주방용 세제가 혼입된 물에서 미나리를 재배하여 그 정화 효과 및 정도를 관찰하기 위하여 수행되었다. 이를 토대로 오염수를 정화시키는데 있어서 인공적인 방법을 보완하거나 또는 자연정화법에 직접 적용할 수 있는지를 예측하는 기초 자료로 활용되고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

1) 실험식물

실험에 사용한 미나리는 못에서 야생 상태로 자란 것으로 시중 미나리 재배자로부터 구입하였다. 3일 동안 실험 환경에 적응시킨 후, 각 실험군당 생체 중량이 21 ± 2 g이 되도록 배치하였다.

2) 세제

세제로는 주효 성분인 계면활성제[16] 표준품 (linear alkylbenzene sulfonate, LAS) (순도 99.9%)과 주방용 세제 3종을 사용하였다.

2. 실험방법

1) 배양액의 조제

미나리의 재배를 위하여 세제를 혼입시킨 배양액을 조제하였다. 세제별로 권장된 표준사용량에 따라 세제액을 조제하였 때, 각각의 계면활성제의 농도 [세제의 표준사용량 × 계면활성제(%)]는 세제I(A)의 경우 360 ppm, 세제II(Y)의 경우 420 ppm, 세제III(S)의 경우 420 ppm 이었다. LAS(TC)의 경우 세제I(A)과 같은 양을 사용하였다.

2) 실험설계 및 환경

실험을 위하여 1.5 l의 투명한 원통형의 수조를 준비하였다. 세제별 (대조군, 계면활성제 표준품군-이하 LAS군이라 함, 시판 세제 A, Y, 및 S군-이하 세제군이라 함) 및 세제 농도별 (0, 1/8X, 1/4X, 1/2X, X, 2X, X: 표준사용량)로 구분하고 각 군별로 생체무게를 비슷하게 맞춘 미나리 (21 g ± 2g)를 배치하였다. 각 수조에 해당 배양액을 조제하여 채우고 배양하면서 배양액의 수질 및 식물의 상태 변화를 경시적으로 관찰하였다. 세제 농도별로는 1종의 세제 (A)를 선정하여 6일 동안 배양하면서 0, 2, 4, 및 6일째의 변화를 측정하였다. 이는 실제로 주방용 세제를 사용하였을 때의 양상을 관찰하기 위함이었다. 세제별로는 예비 실험에서 6일까지의 성장이 비교적 양호한 표준사용량의 1/2배 농도 (1/2X)에서 18일 동안 배양하면서 0, 6, 12 및 18일째의 변화를 측정하였다. 식물체의 배양은 실험실내에서 실온에서 수행되었으며, 실험 기간 중 미나리 배양액의 수온은 22~28°C이었다.

3) 측정 항목 및 방법

측정 항목은 식물체의 성장 정도, 배양액의 pH, 화학적 산소요구량 (chemical oxygen demand, COD) 및 세제의 잔류농도 등이었다. 식물체의 성장에 대해서는 화학저울을 이용하여 미나리의 성장 변화를 생체 중량으로 측정하였다. 미나리 배양액의 pH는 pH meter (Tokyo TOA Electric Ltd., Japan) 를 사용하여 측정하였다. 배양액의 COD는 우리 나라 환경오염공정시험법[17]에 따라 과망간산칼륨법으로 측정하였다. 배양액 중의 계면활성제 (LAS)의 농도는 환경오염공정시험법[17]에 따라 메틸블루법으로 측정하였다.

결과 및 고찰

식물체의 성장 변화

배양액 중에서 미나리의 성장 변화는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다. 이는 세제가 함유된 배양액에서 미나리를 수경 재배하

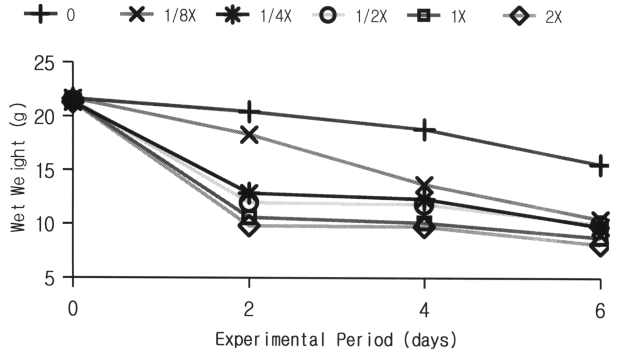

Fig. 1. Wet weight of *O. javanica* in culture media containing various concentration levels of commercial detergent A.

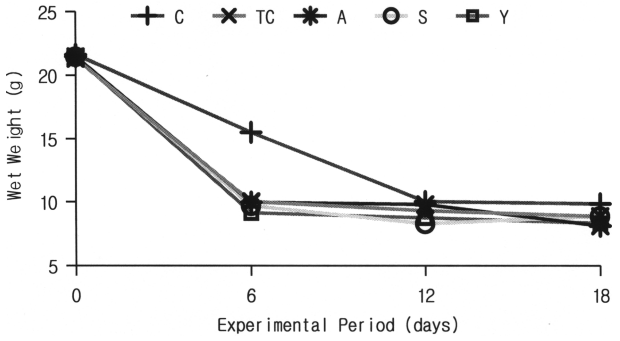

Fig. 2. Wet weight of *O. javanica* in a control and in four culture media each containing 1/2 of the recommended use concentration of a detergent.

였을 때에 시간에 따른 성장 변화를 습생체 중량으로 나타낸 것이다. 전반적으로 미나리는 배양액 중에서 시간이 경과함에 따라 대체로 성장이 위축되었다. 세제 농도별 실험에서 6일 경과 후의 결과를 보면 대조군의 경우 생체 중량이 초기 중량을 100%로 보았을 때 28.1% 감소하였으며, 세제군의 경우 농도별로 52.9~59.1%만큼 유의하게 감소하였다 ($p<0.05$). 여기서 1/8X, 1/4X 및 1/2X (X: 표준사용량)의 농도 군에서는 실험 종료 시까지 식물체의 상태가 비교적 양호하였으며, 그 이상의 농도에서는 중량 감소가 더욱 현저하였다. 1X 및 2X군에서는 식물체의 성장이 위축되었을 뿐만 아니라 잎이 마르고 갈변화 하는 등, 고사하기에 이르러 실험을 더 진행하기가 어려웠다.

세제별 비교를 위하여 1/2X 농도군을 선택하여 세제별 실험을 진행한 결과, 세제별 비교에서도 시간이 경과함에 따라 뚜렷이 생체 중량이 감소하였다. 대조군의 경우 6일 후 중량이 28.1% 감소, 12일 후 51.3% 감소, 그리고 18일 후 54.6% 감소한 반면, 세제군(A, S 및 Y)과 LAS군(TC)의 경우 6일 후 53.7~57.4% (평균 55.6%), 12일 후 53.0~59.3% (평균 57.0%), 그리고 18일 후 58.5~62.2% (평균 60.2%)의 감소를 보였다 ($p<0.05$). 이와 같은 결과는 뒤에서 논의될 pH와 COD 등의 수질 지표의 개선과 대체로 일치하는 경향이었다.

이 등[18]은 평균 수온 20°C 내외의 수조에서 미나리를 12일 동안 재배하였을 때에 생체 중량이 2.7% 증가하였다고 보고하여 본 연구의 결과에서 대조군에서 조차 초기보다 계속 감소한 것과는 다른 양상이었다. 본 연구에서 미나리의 생육 환경은 실내의 간접 조명에 의존하였던 관계로 일사량이 충분하지 못하여 성장이 잘 이루어지지 못한 것으로 보인다. 또 수온이 22~28°C이며 기온이 30°C 이상인 상황에서 실험이 진행되었던 만큼 식물체의 생장능력이 더욱 위축되고 고사가 더 빨리 진행된 것으로 보여진다. 한편 김[19]은 본 연구에서 설정한 농도보다 훨씬 낮은 농도(0.5~10 ppm)의 계면활성 성분 등에 의한 미나리의 체중량 변화가 4일 동안에 14~22%였다고 보고하여 본 연구에서 나타난 생체 중량 감소의 결과를 뒷받침해 준다. 본 연구 결과와 김의 보고에서 이렇게 식물체의 성장이 위축되는 것은 실험 환경의 열화에 의한 영향도 있겠으나 계면활성 성분에 의한 독성으로 추측된다.

배양액의 pH 변화

미나리 배양액의 pH 변화를 경시적으로 관찰한 결과는 Fig 3. 및 Fig 4.와 같다. 미나리 배양액의 pH는 시간의 경과에 따라서 달라지는 양상을 나타내었다. 세제 농도별 실험에서는 대조군의 경우 초기의 중성 pH를 유지하였으나 세제군의 경우 농도가 높을수록 초기뿐 아니라 전체 배양기간 중 배양액의 pH가 낮은 경향을 나타내었다. 시간이 경과함에 따라서 1/8X, 1/4X, 1/2X군, 1X 및 2X군 (X: 표준사용량) 등에서 모두 배양 4일 후까지 pH가 유의하게 낮아졌다가 ($p<0.05$) 6일 후에는 다시 높아졌으나 초기의 중성 pH로 완전히 회복되지는 못하였다. 이는 세제 사용으로 인한 배양액의 산성화를 미나리가 완화시킬 수 있으나, 미나리를 이용하여 중성화하는 데에도 한계가 있음을 추론하게 한다.

세제별 실험에서는 pH가 대조군에서는 실험 말기까지 초기와 유사하였으나, 세제군(A, S 및 Y)에서는 12일 후까지 초기보다 다소 낮아지다가 18일 후에는 다시 증가되어 초기 수준에 근접하였다. 그런데 LAS군(TC)의 경우 초기의 산성(pH 5.29)에서 계속 pH가 증가하여 6일 후에 pH 5.77, 12일 후에 pH 5.91, 그리고 18일 후에 중성에 가까운 pH 6.72로 매우 유의한 증가가 나타났다 ($p<0.01$). 권[20]의 연구에 의하면 pH 4.02~4.95의 산성 용액에서 미나리를 배양하였을 때에 단 2일 후에 pH 5.38~5.52로 증가하였고 또 5일 후에는 pH 6.20~6.56으로 증가하였음을 보여 본 연구의

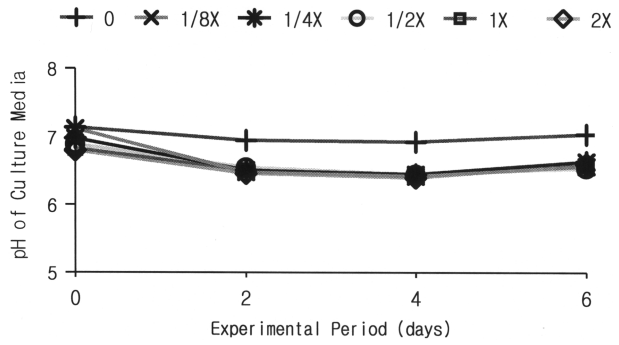

Fig. 3. Changes of the pH value of culture media containing various concentration levels of commercial detergent A caused by *O. javanica*.

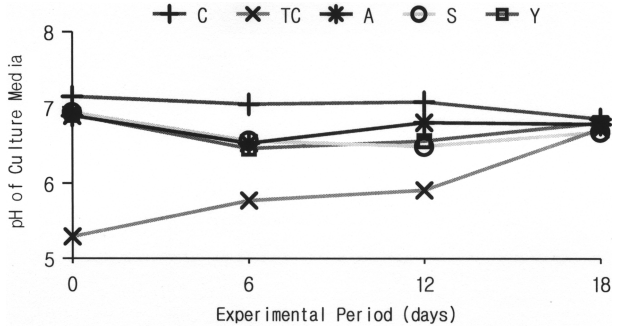

Fig. 4. Changes of the pH value of a control and four culture media each containing 1/2 of the recommended use concentration of a detergent caused by *O. javanica*.

LAS군의 결과와 일치하는 경향이었다. 권의 연구에서 본 연구보다 더 우수한 효과를 보였으나, 이는 본 연구보다 미나리의 생장 환경이 양호하였던 때문으로 보인다. 다른 수초를 이용한 연구로서 김 등[21]이 부레 옥잠을 세제가 혼입된 물에서 재배하면서 배양액의 pH를 측정해 본 결과 이러한 중성화가 4일 후에 관찰되었다.

이와 같이 미나리나 옥잠과 같은 식물체를 세제가 오염된 물에서 배양함으로써 수일 내에 물의 중성화에 상당한 효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다. 또 이러한 결과들은 세제의 권장사용량 이상의 농도에서는 그만큼 수질의 회복이 더디거나 정화에 어려움을 시사하는 것으로 평가된다. 특히 LAS군(TC)에서 배양액의 중성화의 정도가 급격히 진행된 것은 괄목할 만한 결과이다. 이러한 결과들로부터 미나리는 세제 등의 유기성 산성 용액을 중화하는 데 상당히 기여할 수 있음이 확실시된다. 이와 같은 미나리 등의 pH 중화능은 식물체의 뿌리 부분에 존재하는 탈수소효소에 의해 가능한 것으로 생각되고 있다.[7] 그러나 한편으로 물을 오염시키는 물질로는 산성 물질 뿐만 아니라 알칼리성 물질, 그리고 각종 유기 및 무기 물질 등이 다양하므로 앞으로 이들 수생 식물의 오염수 중화 능력을 오염 물질별로 면밀하게 평가해보아야 할 것이다.

배양액의 COD 변화

미나리 배양액의 COD 변화를 경시적으로 관찰한 결과는 Fig. 5 및 Fig. 6과 같다. 미나리 배양액의 COD는 세제 농도별 실험에서는 배양 2일 및 4일까지 모든 군에서 초기보다 증가되었다. 배양 6일 후에 대조군에서는 비슷한 수준을 유지하였다. 세제군에서는 농도별로 다시 감소하는 경향을 나타내었으나 초기 수준으로 회복되지는 못하였다. 또한 세제의 농도가 높을수록 COD가 높은 경향을 보여 이로부터 세제의 사용량이 많을수록 물의 정화는 더욱 어려워진다는 사실이 입증되며 세제의 사용량을 가능한 줄이도록 하는 노력이 절실하게 필요하겠다.

세제별 실험에서는 COD가 대조군에서는 실험 말기까지 초기와 유사하였다. 세제군(A, S 및 Y)과 LAS군(TC)에서 모두 COD가 6일 후에 다소 감소하였으나 12일 후에는 다시 증가하였다. 18일 후에는 더욱 증가하였을 뿐만 아니라 각 군별로 일정한 경향을 볼 수 없었다. 이로부터 초기의 6일 동안의 COD 감소 효과가 있으나 시간이 경과함에 따라 식물체가 세제의 독성을 이기지 못하여 생장 능력이 위축되었으므로 더 이상의 정화 능력을 발휘할 수 없고 그 효율이 계속 낮아지는 것으로 보인다. 주방용 세제들보다 세제 표준액(LAS)에 대한 식물체의 정화 능력이나 적응력이 비교적 더 낮은 것으로 보인다. 그러나 앞의 pH 측정치로 볼 때 세제 표준액의 경우 산성도가 다른 세제들에 비하여 훨씬 낮은 것으로부터 이러한 결과를 초래할 수 있었던 것으로 보인다.

수초에 의한 COD 감소에 대한 연구로서 곽 등[22]의 연구에서는 증류수에 부레 옥잠을 생육시킨 경우에는 COD의 변

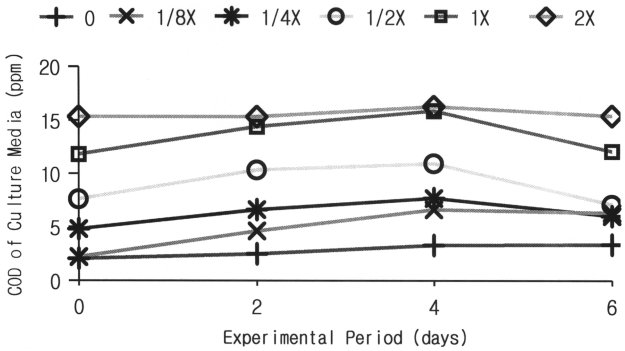

Fig. 5. Changes of the COD of culture media containing various concentration levels of commercial detergent A caused by *O. javanica*.

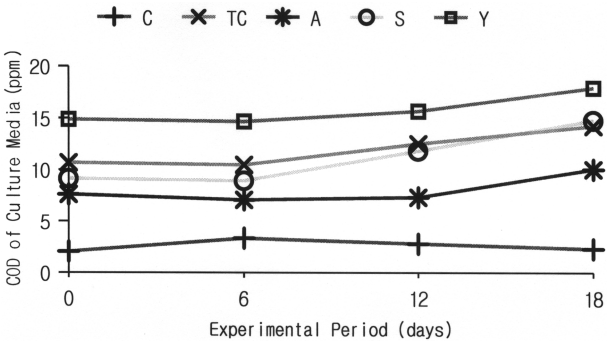

Fig. 6. Changes of the COD of a control and four culture media each containing 1/2 of the recommended use concentration of a detergent caused by *O. javanica*.

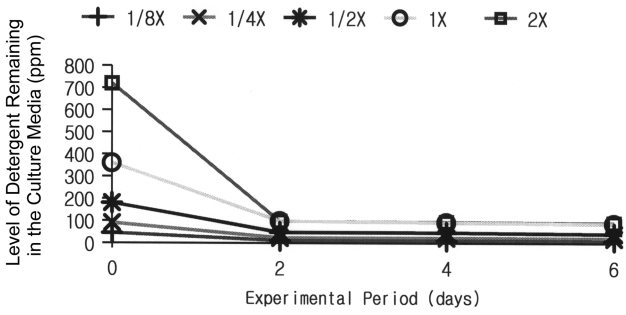

Fig. 7. The reduction of the level of detergent in culture media containing various concentration of commercial detergent A caused by *O. javanica*.

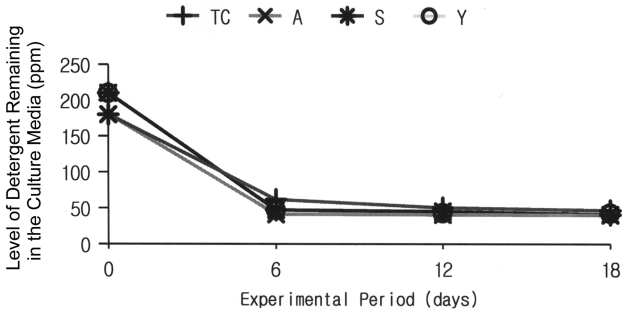

Fig. 8. The reduction of the level of detergent in four culture media each containing 1/2 of the recommended use concentration of a detergent caused by *O. javanica*.

화가 거의 없었다고 하여 본 연구에서 세제를 함유하지 않은 대조군에서 COD의 변화가 비교적 작은 것과 일치하였다. 김 등[21]이 부레 옥잠을 세제 용액에서 재배한 연구에서는 6일 후에 COD 감소 효과가 현저하였다. 김 등[23]의 연구에서는 합성 도시하수에 부레 옥잠을 생육시키면서 COD를 측정한 결과 2일 동안은 급격히 낮아지다가 이후 완만히 제거되었다. 이들의 연구에서 본 연구보다 COD 감소 효과가 더 좋은 것은 부레 옥잠의 식물체가 더 컸으며 또 각군별 개체수가 많았던 때문으로 생각된다. 그러나 그럼에도 불구하고 그들의 연구에서도 20일 이후에는 COD 감소 효과가 적은 것으로 나타났다. 실제로 본 연구에서도 18일 이후에는 식물체가 거의 고사하여 더 이상 실험을 진행할 수 없었으며 세제군과 LAS군에서는 COD가 오히려 증가하였다. 이는 주어진 실험계 내에서 이 식물체가 물을 정화하는 능력에는 한계가 있음을 나타낸다. 이와 같은 결과들은 어느 정도의 오염 농도에서는 미나리를 비롯한 수초들이 일정량의 물을 정화하는 능력이 있으나 그 이상의 오염도를 능가하는 물에서는 더 이상의 능력을 발휘할 수 없음을 나타낸다.

배양액의 세제 농도 변화

미나리 배양액의 세제 농도의 변화를 경시적으로 관찰한 결과는 Fig 7. 및 Fig 8.과 같다. 미나리 배양액의 세제 농도는 시간의 경과에 따라서 감소되는 양상을 나타내었다. 세제 농도별 실험에 있어서는 모든 농도군에서 세제가 배양 2일 후에 매우 유의한 감소를 나타내었으며 ($p<0.01$) 초기에 비하여 73.6~86.5%가 제거되었다. 4일 후에는 이보다 완만한 감소를 나타내었다. 6일 후에는 대체로 4일 후와 유사한 수준이었으며 초기에 비하여 76.3~87.6%로 감소된 것으로 나타났다 ($p<0.01$). 따라서 미나리에 의한 세제의 제거율은 초기 농도와 큰 관련 없이 재배 초기에 현저하게 높으며 이후에는 제거 효율이 완만한 것으로 보인다.

세제별 실험에 있어서는 모든 세제군(A, S 및 Y)과 LAS군(TC)에서 시간이 경과할수록 세제의 농도가 대체로 감소하는 경향을 보였다. 6일 후에는 초기의 65.8~77.6% (평균 74.5%)가 제거되어 매우 유의한 감소를 보였다 ($p<0.01$). 그 이후에도 약간의 감소를 보이기는 하였으나 대체로 6일 후와 비슷한 수준으로 6일 이후의 감소 효율은 극히 낮은 것으로 나타났다. LAS군은 다른 세제군들에 비하여 감소 정도가 낮은 경향을 보였다.

김[19]은 미나리를 이용한 계면활성성분의 제거 실험에서 저농도(0.5ppm 및 1 ppm)일 경우에는 5일 후에 거의 100%의 제거율을 보였으며 이보다 높은 농도에서는 60~70%의 제거율을 보였다고 보고하여 본 연구와 유사하였다. 김 등[21]이 부레 옥잠을 대상으로 세제 감소를 연구한 결과에서도 2일 후에 세제가 급격한 감소를 보였으며, 이 후부터는 아주 완만한 감소를 보여 본 연구에서의 6일 이후와 같이 역시 감소 효율이 낮게 나타났다. 또 6일 후에 세제의 66.9~79.1%가 제거되어 본 연구의 6일 후 65.8~77.6% 제거와 유사하였다. 또 김 등[23]은 생활 오수에 부레 옥잠을 재배함으로써 세제의 농도를 줄일 수 있다고 보고한 바 있다. 따라서 미나

리 등의 수초는 수일 정도의 시간에 비교적 빠르게 세제를 흡수하여 제거하는 것으로 추측된다. 그러나 본 연구에서는 세제가 식물체 내에 축적되었거나 또는 흡수된 정도를 실험하지 못하여 이러한 흡수의 속도나 메커니즘을 규명하지는 못하였으므로 이는 앞으로 수행될 연구에 기대한다. 또 각 수초 종류별로 동일한 환경 여건에서의 비교 실험이 필요하겠다.

일반적으로 세탁용 세제나 부엌용 세제의 생분해율을 25°C에서 8일 동안 배양하였을 때 90% 이상으로 보고 있다.[15] 본 연구에서는 미나리를 배양하여 6일 후에 평균 74.5%의 분해율을 나타내었다. 본 연구의 배양 환경에서는 수온 22~28°C로 수온이 25°C보다 높은 시점에서는 계면활성성분의 분해가 더 촉진되었을 가능성도 배제할 수 없다. 그러나 배양 후로부터 식물체의 성장이 위축되었음(Fig. 2)을 볼 때, 또 앞에 서술된 연구들에서 비교적 저온에서도 세제 감소 효과가 있었던 만큼, 이러한 분해율을 나타낸 것은 단지 온도에 의한 영향으로 보기가 어려우며 이 식물체의 세제 흡수 능력이 더 크게 작용한 것으로 보여진다.

본 연구에 사용된 미나리에서 보여지듯이 식물에는 어느 정도의 자정능력이 있음을 알 수 있다. 따라서 이제까지 행해진 연구들[18-23]에서 각종 오염물을 정화하는데 효과가 제시되었던 것처럼, 세제를 제거함에 있어서도 인공적인 방법을 보완하거나 또는 자연정화법에 직접 적용할 수 있음을 엿볼 수 있다. 그러나 세제를 혼입시킨 물에서 미나리는 서서히 시들어 죽어감을 볼 수 있었다. 자연 환경에서 수행된 다른 연구에서도 20일 이후에는 COD의 감소 효율이 극히 저조하였다. 즉 식물들이 어느 정도의 자정능력을 가지고는 있지만, 물의 오염이 지속되었을 때에는 한계가 나타나게 되고 결국은 물을 자정할 능력을 가진 식물 자체가 고사되어 버림을 볼 수 있었다. 최근에 물의 오염 개선을 위해 물리·화학적인 방법보다는 자연의 자정능력을 이용하자는 연구가 강조되고 있다. 본 연구를 통하여 미나리가 세제로 오염된 물을 자정시킨다는 것은 나타났으나, 식물체가 세제를 흡입 또는 감소시킨 기전을 밝히지는 못하였다. 또한 식물체 자체 내에 어떠한 영향을 미치는가를 알아내지 못하였으며, 이에 대해서는 향후의 연구가 필요하다고 본다. 또 한편으로 사람이 미나리를 식용으로 하는 바, 이렇게 세제로 오염된 물에서 생장한 미나리를 식용으로 하였을 때의 건강 위해가 우려될 수 있으므로 안전성에 대한 확인이 필요하다. 이를 위하여 물고기나 실험 동물을 이용한 연구 등을 통하여 안전성 검토와 역학적 고찰이 이루어져야 할 것이다.

국문요약

본 연구는 자연 식물 (미나리)을 이용하여 세제로 오염된 물에서의 정화 효과를 알아보고자 수행되었다. 세제로는 계면활성제 표준액 (linear alkylbenzene sulfonate, LAS)과 주방용 세제 3종을 사용하였으며, 이를 농도별 또는 세제별로 첨가한 수조에 야생의 미나리를 수경 재배하면서 식물체의 성장과 자정 능력을 경시적으로 관찰하였다. 식물체의 성장 변화에 있어서 미나리의 생체 중량은 배양 2일 후부터 유의하게 감소하였으며 ($p<0.05$) 대조군에 비하여 세제의 농도가 높을수록 감소의 정도가 컸고 시간이 경과할수록 더욱 위축되었다. 미나리 배양액의 pH는 초기의 중성에서 4일 후까지 유의하게 감소하였다가 ($p<0.05$) 6일 후에는 다시 증가 경향을 보였다. 그러나 초기 수준으로 회복되지는 못하였다. LAS 표준액을 사용한 배양액에서는 다른 세제들보다 초기에 산성의 경향이 짙게 나타났으나 6일 후에 현저히 pH가 증가하여 18일 후에 다른 세제배양액과 비슷하게 중성에 가까워졌다 ($p<0.01$). 배양액의 화학적 산소요구량 (COD)은 2일 후부터 증가되었으며 4일 후에도 계속 증가하다가 6일 후에 감소 경향을 보였다. 그리고 12일 후부터는 감소 또는 증가하는 등 일정한 경향을 볼 수 없었다. 배양액에 잔류된 세제는 농도별 실험에서는 배양 2일 후에 매우 유의하게 감소하였으며 ($p<0.01$) 이후에는 완만한 감소를 보여 6일 후에는 초기의 12.4~23.7%만이 잔류하였다. 세제별 실험에서는 6일 후에 세제가 초기의 22.4~34.2%가 잔류하여 매우 유의한 감소를 보였으며 ($p< 0.01$) 이후에는 이 수준을 유지하였다. 미나리가 비교적 양호하게 성장한 6일 동안의 세제의 감소 효과가 현저하며, 이후 시간이 경과함에 따라 그 효율은 계속 낮아졌다. 이로부터 미나리는 세제로 오염된 물을 수일 정도의 빠른 시간에 정화하는 것이 인정되며, 그 정화 능력은 물의 오염 정도나 생육 환경여건에 따라 달라질 수 있는 것으로 보여진다.

참고문헌

1. 장준근: 산야초 건강학, 렉서스, 서울, pp. 294-296 (1997).
2. 이정식, 윤평섭: 자생식물학, 도서출판 서일, 서울, pp. 152-156 (1996).
3. 최영전: 한국 민속 식물, 아카데미 서적, 서울, pp. 136-139 (1992).
4. http://www.dial.co.kr/000/가정의학/2-p191a.htm.
5. http://my.netian.com/~food70/food&nutrition.html.
6. http://www.yengnam.co.kr/clinic/ks-clinic/ks_300/38.html.

7. Rogers, H. H. and Davis D. E.: Nutrient removal by water hyacinth. Weed Science **20(5)**, 423-428 (1972).
8. Wolverton, B. C. and Mcdonald R. C.: Nutritional composition of water hyacinth grown on domestic sewage. Economic Botany **32(4)**, 363-370 (1978)
9. Kim, B. Y., Kim, K. S., and Park, Y. D.: Studies on the nutrient removal potential of selected aquatic plants in the pig waste water. Korean J. Environ. Agric. **7(2)**, 111-116 (1991).
10. 아태환경연구원: 합성세제의 환경영향 및 안전성 평가를 위한 조사연구 (1994)
11. 김점식: 세제의 특성, 비누·세제, '93 겨울호 (1993).
12. http://www.me.go.kr./education/class21/5-01.html.
13. 이용욱: 실험기구의 재사용강화를 위한 세척 방법에 관한 소고, 한국환경위생학회지 **18(2)**, 1-2 (1992).
14. 홍사욱: 합성세제의 안전성에 대한 고찰, 한국환경독성학회지 **5**, 1-2 (1990).
15. 구석진: 계면활성제의 악해 유발 농도와 그 증상, 한국환경농학회지 **8(2)**, 119~127 (1989).
16. 일본분석화학회: 유지·계면활성제, 일본분석화학편람, pp 6-11 (1991).
17. 김종택: 환경오염공정시험법해설, 신광출판사, pp. 203-205, 378-384 (1992).
18. 이병설, 정문호, 두옥주: 미나리에 의한 수중 중금속 Cd와 Pb의 제거에 관한 연구, 한국환경위생학회지 **21(1)**: 47-55 (1995).
19. 김경민: 미나리를 이용한 계면활성성분 및 합성세제 제거에 관한 연구, 연세대학교 대학원 석사학위논문 (1996).
20. 권성환: 미나리를 이용한 수질정화에 관한 연구, 연세대학교 대학원 석사학위논문 (1994).
21. 김종규: 부레 옥잠에 의한 물의 정화효과, 한국환경위생학회지 **25(2)**, 115-121 (1999).
22. 곽홍탁, 김종만: 부레 옥잠이 도시 하수의 수질개선에 미치는 영향, 효성여자대학교 기초과학연구 논집 **6**, 65-70 (1992).
23. 김복영, 이상규, 권장식, 채규호, 윤은호: 부레옥잠에 의한 생활오수의 정화효과, 한국환경농학회지 **10(1)**, 51-58 (1991).