한국환경위생학회지, 제23권 제1호 (1997)
Kor. J. Env. Hlth. Soc., Vol. 23, No. 1, pp 105~108 (1997)

콩을 이용한 식물filter에 의한 중금속 제거에 관한 연구

나규환 · 김순진 · 신정식 · 최한영 · 이장훈*
연세대학교 환경과학과, 호서대학교 환경공학과*

Removal of Heavy Metals in Wastewater Using *Glycine max* Merr

K.H. Ra, S.J. Kim, J.S. Shin, H.Y. Choi and J.H. Lee*
Dept. of Environmental Science, Yonsei University
**Dept. of Environ. Eng., Hoseo University*

ABSTRACT

For the removal of heavy metals, Cd, Cu and Cr were used. The initial concentration of Cd and Cu were 1~10 ppm, the removal efficiency of Cd and Cu was 76.2~89.0% and 69.0~79.0%, respectively. The initial concentration of Cr were 1~5 ppm, and the removal efficiency was low especially at high concentration. In general, the initial concentrations of heavy metals had no relation to the removal efficiency. At the beginning, the removal efficiency was very high, but it was maintained at constant concentration. The trends of accumulations of heavy metals in the stem increased in proportion to the initial concentration. The removal efficiency of heavy metals increased a little bit when nutrients existed in the solution. So that, the initial concentration of Cd and Cu were 1~10 ppm, the removal efficiency of Cd and Cu was 84.8~91.0% and 75.9~82.0%. The initial concentration of Cr were 1~5 ppm, the removal efficiency was 25.0~67.0%.

Keywords : *Glycine max* Merr, heavy metal, removal efficiency

I. 서 론

근대 산업의 발달과 인구의 증가 및 도시 집중화 현상은 환경생태계오염을 가중시키고 있다. 특히 수질오염현상은 도시하수의 유기성 물질과 산업 폐수의 각종 중금속 및 무기물에 의해 급속도로 진행되고 있다. 유기성 영양염이 함유된 가정하수의 유입은 수역부영양화의 원인이 되고 있으며[1,2] 이의 처리 방법으로는 주로 생물학적 방법이 이용되고 있다. 한편 산업폐수의 처리에는 일반적으로 이화학적 또는 특수처리공법이 통례적으로 이용되고 있다. 특히 최근에는 고도의 산업화로 각종 중금속류가 함유된 폐기물 및 폐수가 급속히 증가하여 수질, 대기 및 토양 등의 오염이 심각한 문제로 되고 있다. 이들 중금속류는 생물체내에서 미량으로는 생리적으로 필수적인 경우도 있다. 그러나 오염으로 인한 필요량 이상이 되는 경우에는 치명적인 건강상 위해를 일으키는 경우가 있다.

수처리 방법중 수생식물을 이용하는 방법은 경비 및 효능면과 생태계 파괴와 같은 우려가 없어 부레옥잠등 수생식물과 콩과식물의 생장에 따른 연구가 진행되고 있다.[3-7]

본연구에서는 식물을 이용한 수질정화방법의 일환으로 콩의 발아 생장에 따른 수중 중금속류의 제거능에 대하여 실험실적 연구를 통하여 몇가지 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험방법

황백태를 미리 25℃의 암실에서 흡수 발아시켰다. 다시 발아된 콩을 아크릴제 배양용기에 나이론사 망을 설치한후 150립씩 파종한 후 수면에 닿게 하여 2일간 지하수로 재배하였다.[8] 중금속의 농도는 Cd는 $CdCl_2$, Cu는 $CuCl_2$ 및 Cr은 K_2CrO_4를 이용하여

Table 1. Composition of synthetic nutrient solution

Ingredient	Concentration(mg/*l*)
KNO_3	144.4
$NaNO_2$	98.6
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	215.5
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	250
KCl	150
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	75

Table 2. Analytical condition of ion chromatography

Component	
Eluent	1.8mM Na_2CO_3/1.7mM $NaHCO_3$
Pump	LKB 215
Injector	7161 Rheodyne
Analytical column	DIONEX IONPAC AG4A-SC
Guard column	DIONEX IONPAC AS4A-SC
Flow rate	1.0 ml/min
Detector	Shodex CD-5
Suppressor	DIONEX Anion Microsupressor AMMS-II
Regenerant sol.	25 mM H_2SO_4

각각 중금속으로 1000 ppm되도록 원액을 조제한후 각각 일정농도로 희석하여 사용하였다. 재배기간은 4일간으로 하였으며 24시간마다 5회씩 측정하여 평균치로 하였다. NO_2-N+NO_3-N 및 PO_4-P는 前報[8]와 같이 ion chromatography법을 이용하였다.[9] 배양액 중의 중금속은 Atomic absorption photometer(Perkin Elmer 2380)로 측정하였다. 한편 식물생체중 중금속 함량은 HNO_3-H_2O_2로 회화한후 위의 방법으로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 중금속의 제거능

중금속의 초기농도는 1000 ppm표준원액을 영양염류가 함유하지 않는 환경이 되도록 증류수로 희석하여 Table 3과 같은 조건으로 하였다. 중금속의 제거실험에서 농도가 높으면 역시 독성이 강해져서 외관상으로 콩유묘의 뿌리가 검고 가늘게 변하였다. 또한 잔뿌리가 없어지는 뿌리성장 억제를 일으키며 줄기가 약간 굵어졌다. 수생식물에 의한 중금속제거 경향은 단순 흡착이 아닌 뿌리를 통하여 체내에 축적되는 흡수에 의한 것으로 알려졌다. 즉 일정농도에서는 식물체의 뿌리를 통하여 경엽부로 이동하여 식물조

Table 3. Composition of solution in removal efficiency of heavy metal

Metal	pH	Bean No.	Conc. of metal (ppm)
Cd	6.4	150	1
	6.4	150	5
	6.8	150	10
Cu	4.5	150	1
	5.0	150	5
	5.1	150	10
Cr	5.4	150	1
	6.3	150	5

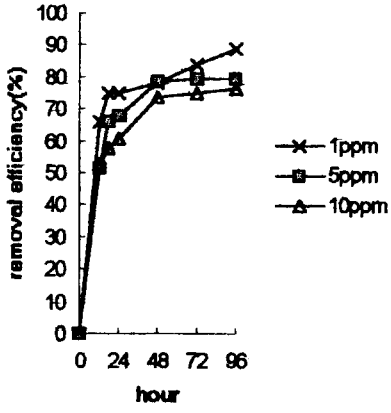

Fig. 1. Removal efficiency of Cd with time

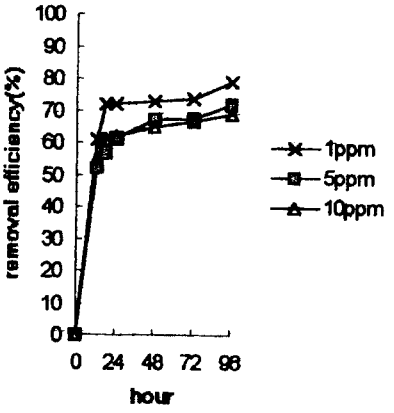

Fig. 2. Removal efficiency of Cu with time

직내에 축적된다는 보고와 같은 경향으로 콩의 유묘에서도 흡수 제거되었다.[10,11] 제거경향은 Fig.1, 2 및 3에서 보는바와 같이 Cd, Cu 및 Cr 모두 재배초기

(24시간내) 에 급격한 제거율을 보였으며 그후로는 완만한 경향으로 제거되었다.[12-14] 4일 재배후 Cd는 1~10 ppm에서 제거율이 76.2~89.0% 이었으며 다음이 Cu로서 69.0~79.0%이었으며 Cr은 1~5 ppm에서 24.6~64.0%로 가장 낮았다. 또한 일반적으로 각 중금속의 농도가 높을수록 제거율이 낮았으며 특히 Cr은 5.0 ppm에서 24.6%로 가장 낮았는데 이는 저농도에서 제거가 용이하다는 보고와 유사하였으며 중금속의 종류에 따른 제거율차이는 수생식물의 특성에 의한 것으로 추정된다.[15] 또한 콩유묘 생체내의 중금속의 축적은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 초기농도와 관계가 있으며 농도가 높음에 따라 체내 축적이 증가함을 알 수 있다. 중금속간의 차이에서는 Cd이 가장 높게 축적되었으며 Cu 및 Cr의 순이었다. 한편 비교적 중금속의 제거율이 낮은 고농도의 축적율을 제외하고는 생체축적율은 수중제거율에 영향을 받는 보고와 유사한 경향을 나타내었다.[16]

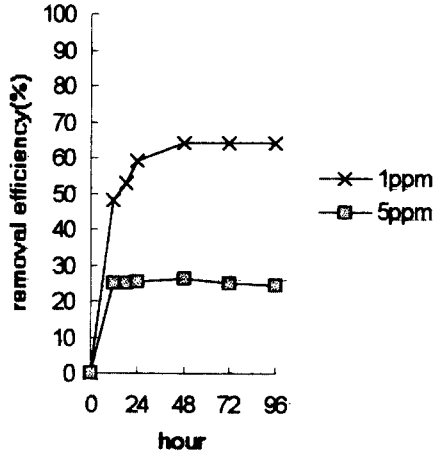

Fig. 3. Removal efficiency of Cd with time

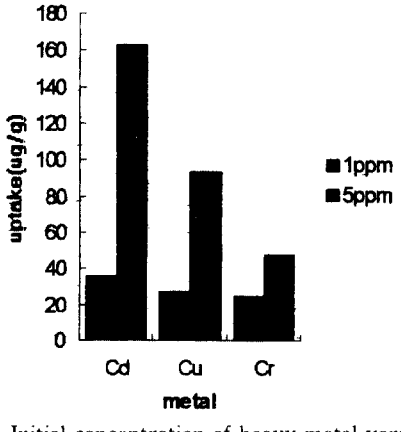

Fig. 4. Initial concentration of heavy metal versus uptake of heavy metal in *Glycine max* Merr

2. 중금속제거능에 미치는 영양염류의 영향

한편 영양염류의 제거실험에서 최적농도인 NO_2-N+NO_3-N 40 ppm, PO_4-P 20 ppm의 인공배양액 조건에서 중금속제거 실험은 Fig. 5, 6 및 7에서 보는바와 같다. 영양염류를 첨가하지 않은 중금속만의 조건에서의 제거율보다 전 농도범위에서 다소 증가하는 경향을 보였다. 이는 영양염류에 의한 식물생장으로서 중금속의 흡수제거에 좋은 조건을 주는 것으로 생각된다. 즉 Cd는 1~10 ppm에서 84.8~91%의 좋은 제거율을 나타냈으며 Cu는 75.9~82.0%로 Cd과 제거경향성은 비슷하였으나 제거율은 낮았다.

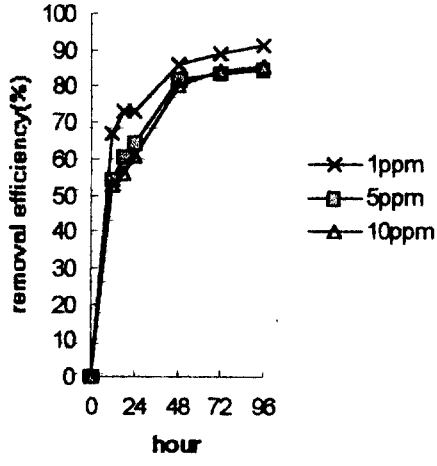

Fig. 5. Removal efficiency of Cd with nutrients

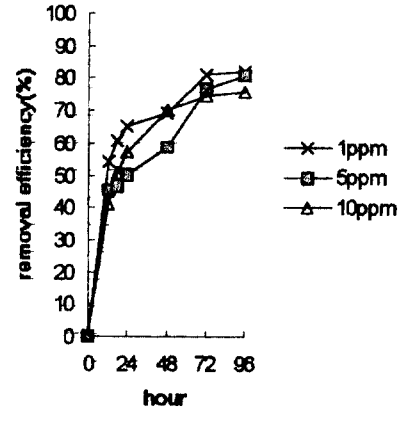

Fig. 6. Removal efficiency of Cu with nutrients

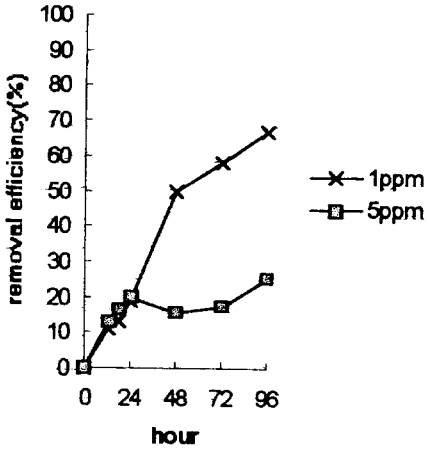

Fig. 7. Removal efficiency of Cr with nutrients

특히 Cr은 1~5 ppm에서 25~67%로 제거율이 낮았으나 제거경향성은 역시 Cd와 유사하였으며 이 보다 고농도에서는 식물생장에 악영향을 나타냈다. 특히 영양염류 존재에서는 재배 2일후 제거율이 중금속만의 용액에서보다 높아짐을 알 수 있다.

IV. 결 론

1. 콩 유묘에 의한 중금 속의 제거경향은 각 중금속의 초기농도에 큰 영향없이 초기에는 급격한 제거율을 보이며 그 후 차츰 완만한 경향을 나타내었다. 한편 Cd과 Cu는 1~10 ppm 초기농도에서 각각 76.2~89.0% 및 69.0~79.0%의 제거율을 나타냈으며 Cr은 1~5 ppm에서 24.6~64.0%로 낮게 나타났다.

2. 콩유묘의 식물생체내 중금속 축적현상은 중금속의 초기농도와 상관성이 있으며 초기농도가 일정농도 범위내에서는 높을수록 비례적으로 증가함을 보였다.

3. 콩유묘에 의한 중금속 제거능은 영양염류를 첨가한 경우가 첨가하지 않은 조건보다 전반적으로 제거율이 높아졌다. 즉 Cd과 Cu는 1~10 ppm에서 각각 84.8~91.0%의 제거율을 보였으며 Cr은 1~5 ppm에서 25~67%로 제거율이 낮았다.

감사의 글

본 연구는 1994년도 연세대학교 교내 연구비의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1) 호소수질연구소 : 호소영양염화 방지대책에 관한 연구(I),-안정호, 주암호-, 국립환경연구원보, **14**, 289~298, 1992.
2) 조규송외: 호소환경조사법, 동화기술, 31~34, 1991.
3) 이창기 외 7인 : 폐수중 영양성분의 생물학적 제거기술에 관한 연구(I), 국립환경연구원보, **13**, 401~406, 1991.
4) 안윤주, 공동수 : 생이가래를 이용한 영양물질의 제거방안 연구, 대한환경공학회 추계학술연구논문초록집, 487~492, 1994.
5) Motobu H., et al. : Removal of Pesticides in Golf Course Wastes Using Mung Beans, J. of Japan Society on Water Environment, **16**(4), 278~283, 1993.
6) 나규환, 권성환, 이장훈 : 수생식물을 이용한 수질정화에 관한 연구, 한국환경위생학회지, **22**(3), 49~55, 1996.
7) 권성환, 나규환, 류재근, 김종택 : 미나리를 이용한 수질정화에 관한 연구, 한국환경위생학회지, **22**(3), 56~63, 1996.
8) 김순진, 나규환 : 콩유묘를 이용한 수질정화에 관한 연구, 한국환경위생학회지, **23**(1), 1997.
9) Anold E.G., S.C. Lenore, D.E. Andrew : Standard Methods for the Water and Wastewater, 18th edition, APHA, AWWA, WEF, 4-1~4-8, 1992.
10) C.Heaton, J.Frame, J.K.Hardy : Lead Uptake by the Waterhyacinth, Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery, 463~470, 1987.
11) R.A. Wills, S.S. Pierson : Absorption of ^{59}Fe by Waterhyacinth, Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery, 471~478, 1987.
12) Om Prakash, Indu Mehrotra, and Pradeep Kumar : Removal of Cadmium from Water by Waterhyacinth, J. of Environmental Engineering, **113**(2), 161~171, 1987.
13) G.Blake, B.Kaigate, A.Fourey and C.Boutin : Incorporation of Cadmium by Waterhyacinth, Water Science Technology, **19**(10), 123~128, 1987.
14) Francis E. Chigbo, Ralph Wayne Smith and Fred L. Shore : Uptake of Arsenic, Cadium, Lead and Mercury from polluted Waters by the Waterhyacinth *Elchornia crasspes*, Environmental Pollution (Series A), 31~139, 1992.
15) 소규복, 김복영 : 부레옥잠(수초)을 이용한 개관수중 유해 중금속 제거연구, 한국환경위생학회지, **11**(2), 133~139, 1992.
16) C.L.R.Pinto, A.Caconia and M.M. Sanza : Utilization of Wasterhyacinth for Removal and Recovery of Silver from Industrial Wastewater, Water Science Technology, **19**(10), 89~101, 1987.