

콩(*Glycine max* Merr) 유묘를 이용한 수질정화에 관한 연구

김순진 · 나규환
연세대학교 환경과학과

Studies on the Water Purification Using *Glycine max* Merr Seedling

Sun-Jin Kim and Kyu-Hwan Ra
Dept. of Environmental Science, Yonsei University

ABSTRACT

The removal efficiency of nutrient was investigated by using *Glycine max* Merr seedling. After budding, *Glycine max* Merr was raised at darkness for 4 days. During cultivation, the removal efficiency of $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ was up to 90% with initial concentration of 20~100 ppm. The removal efficiency of $\text{PO}_4\text{-P}$ was up to 80% with initial concentration at 30 ppm, but it was down to 22% and 27% at 40 ppm and 50 ppm. When the removal efficiency of nutrient was compared with alternating 12 hours' light and darkness, the removal efficiency of $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$ was up to 90% at below 60 ppm. It was not different from each other. But it was particularly low about 62% and 34% at 80 ppm and 100 ppm in alternating 12 hours' light. The removal efficiency of $\text{PO}_4\text{-P}$ was low at alternating 12 hours' light between 10~50 ppm on the whole range. The neutralizing capacity of pH was shown in acidity and alkalinity except strong acidity (below pH 3). The initial pH was neutralized at 6.0~7.7 of pH after 4 days. Particularly, *Glycine max* Merr seedling that was difference from other water plants, was shown the neutralizing capacity in strong alkalinity.

Keywords : Removal efficiency, *Glycine max* Merr, $\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$

I. 서 론

최근 산업화와 도시화의 급진에 따른 用水의 이용량이 증가함에 따라 폐수의 배출량도 이에 비례하고 있다. 그러나 이용가능한 水資源의 개발은 한정되어 있어 사용량의 증가에 따라 용수부족현상이 예상된다. 이에 따라 현재의 하천 및 호소 수질을 양호하게 확보하는 것이 시급한 실정이다.

특히 수역으로 유입되는 질소 및 인 등 영양염류는 자연상태 뿐만아니라 인간 활동에 의해 발생된다. 이중 인위적인 활동에 의해서 발생하는 질소와 인이 문제가 되고 있다.¹⁾ 수역의 부영양화는 이들 영양염류에 직접원인이 되며 플랑크톤의 번식과 생장은 지속적인 수질악화가 일어나며 경제가 급속히 발전하는 지역에서 더욱 심각한 실정이다.^{2,4)} 부영양화 원인성분의 처리방법으로는 수생식물을 이용하

는 것이 경제적 및 시간적 효과가 크다. 뿐만 아니라 생태계 파괴와 같은 우려가 없으므로 부레옥잠과 같은 수생식물을 이용하는 연구가 진행되고 있다.^{5,6)}

본 연구에서는 실험실내에서 콩과식물의 생장에 따른 영양염류의 제거능을 조사하여 몇가지 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험방법

사용한 콩은 황백태(*Glycine max* Merr)로 쟁반을 이용하여 25°C 암실에서 24시간 흡수 발아 시켰다. 발아된 콩을 아크릴제 배양용기(20×10×10 cm)를 이용하여 나이론사 망위에 각각 150립(粒)씩 파종하고 망을 수면에 설치하여 다시 2일간 지하수로 재배하였다. 다음 Table 1과 같은 조성의 배양원액을 이용하여 각각 일정의 초기 농도를 조제하고

Table 1. Composition of synthetic nutrient solution

Ingredient	Concentration(mg/l)
KNO ₃	144.4
NaNO ₂	98.6
Na ₂ HPO ₄ · 12H ₂ O	215.5
MgSO ₄ · 7H ₂ O	250
KCl	150
CaCl ₂ · 2H ₂ O	75

Table 2. Analytical condition of ion chromatography

Component	
Eluent	1.8mM Na ₂ CO ₃ /1.7 mM NaHCO ₃
Pump	LKB 215
Injector	7161 Rheodyne
Analytical column	DIONEX IONPAC AS4A-SC
Guard column	DIONEX IONPAC AG4A-SC
Flow rate	1.0 ml/min
Detector	Shodex CD-5
Suppressor	DIONEX Anion Microsuppressor AMMS-II
Regenerant sol.	25 mM H ₂ SO ₄

Table 3. Initial condition of pH

Solution	pH
Sulfuric acid	3.0
	5.0
	7.0
Sodium Hydroxide	9.0
	11.0
	13.0

뿌리부분을 침적하였다.⁷⁾

실험재배는 비조대군(非照帶群)과 부분조대군으로 밤과 낮의 차이(12시간)를 이용하여 4일간 재배하면서 매 1일간격으로 5회씩 측정하여 평균값으로 하였다. 배양액중의 성분분석은 NO₂-N+NO₃-N 및 PO₄-P는 Table 2와 같은 조건의 ion chromatography로 측정하였다.⁸⁾

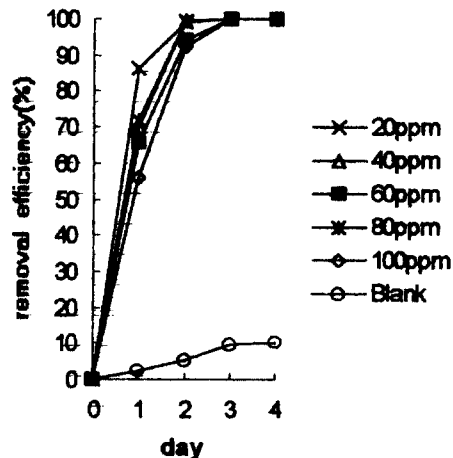
pH 중화능에 대한 실험은 상기와 같이 2일간 지하수로 재배한 후 영양염류액 대신 Table 3과 같은 최초액 성분액에 침적한 후 동일한 조건으로 재배하였다. pH의 변화는 Hanna Co. 8417 pH meter로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 영양염류의 제거능

Table 4. Composition of solution in darkness

Tank	pH	Bean No.	Conc. of NO ₂ -N+NO ₃ -N (ppm)	Conc. of PO ₄ -P (ppm)
A	7.0	150	20	10
B	7.0	150	40	20
C	7.0	150	60	30
D	7.0	150	80	40
E	7.0	150	100	50

**Fig. 1.** Removal efficiency of NO₂-N+NO₃-N in darkness

비조대군에서의 제거능은 콩 유묘(幼苗)의 다른 환경조건을 일정하게 한 후 영양염류의 초기 농도별 제거능 실험조건은 Table 4와 같이 하였다. Fig. 1 및 2에서 보는 바와같이 NO₂-N+NO₃-N농도는 20~100 ppm 전 범위에서 90%이상의 높은 제거율을 나타내었다. 한편 PO₄-P는 30 ppm 이하에서는 85.4~98.1%의 높은 제거율을 나타내었으나 보다 높은 농도인 40 ppm 및 50 ppm에서는 22% 및 27%의 상당히 낮은 제거율을 나타내었다. 이는 Table 5에서 보는바와 같이 식물생장량의 증가율이 PO₄-P의 농도가 높을수록 약간 감소하는 경향과 비교할 때 과도한 PO₄-P에 의한 생장저해와 상관성이 있다고 사료된다. 영양염류의 시간경과에 따른 제거경향은 영양염류의 식물흡수경로가 뿌리부분에서는 표피를 반투막으로 내·외부간의 급속한 농도 평형상태가 되는 부분이 있어 흡수된 후 NO₃-N로 산화되어 내피를 경유하여 경엽부(莖葉部)로 이동한다. 또한 NO₃-N는 식물조직중에 고농

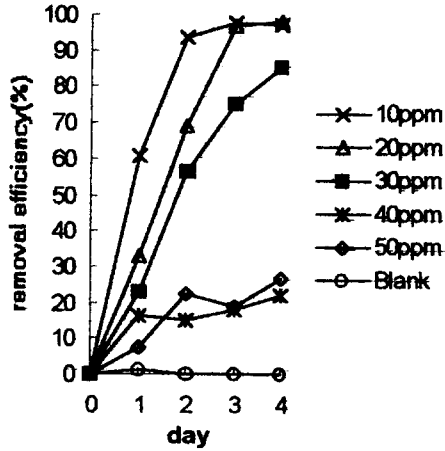


Fig. 2. Removal efficiency of PO₄-P in darkness

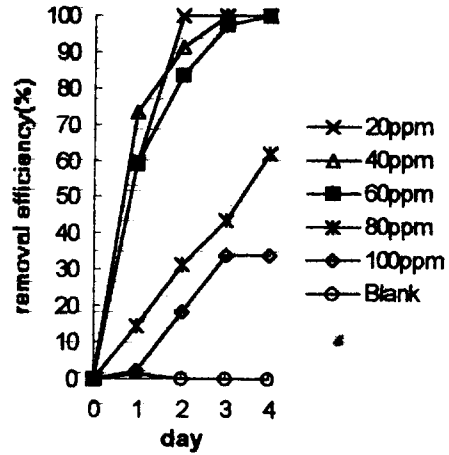


Fig. 3. Removal efficiency of NO₂-N+NO₃-N in alternating 12 hours' light and dark period

Table 5. Increasing rate of weight in darkness (unit : %)

Tank	A	B	C	D	E
Day 1	21.7	12.3	19.1	10.9	11.9
Day 2	43.4	35.8	37.3	32.5	29.9
Day 3	53.1	52.1	49.7	48.1	48.1
Day 4	62.9	61.8	56.9	56.2	54.9

도로 축적이 가능한 엽부(葉部)에 질산 및 아질산 환원효소의 이동에 의한 암모니아를 거쳐 최종적으로 단백질로 되는 것이다. 그리고 ¹⁵N와 ³²P를 이용하여 수생식물의 흡수경로를 파악하고 줄기와 뿌리에서의 흡수율이 알려지는 등 각종 보고에 유래된다고 사료된다.^{9,11)} 한편 NO₂-N+NO₃-N는 저농도에서는 짧은 시간에 제거율이 높은 반면 고농도에서는 다소 완만하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 콩유묘의 생육이 PO₄-P에 보다 더 현저한 차이가 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 콩유묘의 생육이 PO₄-P 보다 더 민감하다는 보고와 유사하였다.¹²⁻¹⁴⁾ 부분조대군에서의 제거율은 12시간의 간차조도를 이용하여 비조대군과 같은 방법으로 4일간의 시간경과에서 20~60 ppm 농도에서는 비교적 제거율이 높았으나 농도가 높을수록 비조대군에 비해 훨씬 낮은 제거율을 나타내어 Fig. 3 및 4에서 보는 바와 같이 80 ppm에서는 62%, 100 ppm에서는 34%이었다. PO₄-P 역시 전범위의 농도에서 제거율이 낮게 나타났으며 특히 40~50 ppm 농도에서는 20 %이내이었다. 이는 녹두를 이용한 영양염류의

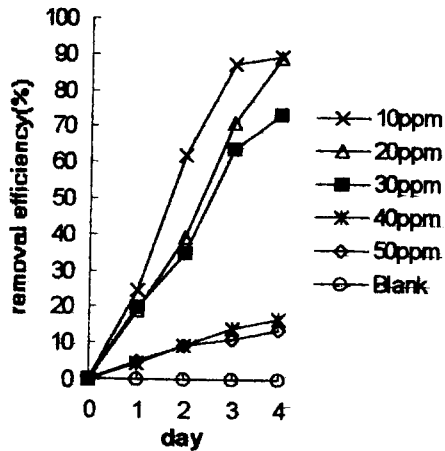


Fig. 4. Removal efficiency of PO₄-P in alternating 12 hours' light and dark period

제거율과 유사한 경향이었으며 앞으로 조도(照度)의 강도에 따른 연구가 필요하다고 사료된다.¹⁵⁾ 조도에 의한 고농도에서의 제거율의 차이로 보아 PO₄-P 보다 NO₂-N+NO₃-N에서 더 많은 영향을 주는 것으로 사료된다. 식물생체중량은 Table 6에서 보는바와 같이 부분조대군보다 비조대군에서 증가함을 알 수 있다.

2. pH 중화능

콩유묘가 생장하는 동안 산 및 알칼리성용액의 중화능의 조사는 Table 3에서 보는바와 같이 H₂SO₄ 및 NaOH로 pH를 3.0~13.0 범위 6개조로 하여 4일

Table 6. Increasing rate of weight in alternating 12 hours' light and dark period (unit : %)

Tank	A	B	C	D	E
Day 1	1.3	4.7	1.7	4.1	3.0
Day 2	2.9	9.5	6.1	4.8	3.5
Day 3	10.9	13.3	11.3	11.5	10.1
Day 4	12.2	20.2	14.1	12.8	12.9

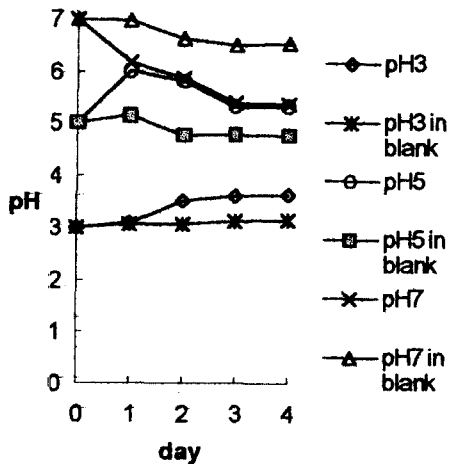


Fig. 5. Variation of pH in acidic solution

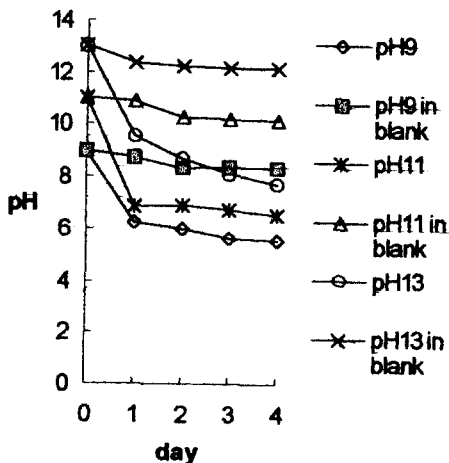


Fig. 6. Variation of pH in alkaline solution

간 pH를 측정하였다.

초기 농도가 강산성인 pH 3을 제외하고는 산성이 나 알칼리성에서 일반적으로 pH 중화능을 나타내었다. 즉 초기 pH에서 재배기간 4일후에는 6.0~7.7 범

위이었으며 이는 미나리보다 높은 중화능을 보였으며 특히 pH 13의 강알칼리성에서도 중화능을 보였다.¹⁶⁾ 수생식물에 의한 pH 중화능은 뿌리부분에 존재하는 탈수소효소에 의해 수소를 제거하고 전자수용체로 작용해서 기질을 중화시키는 기능을 갖고 있기 때문이라고 사료된다.¹⁷⁾

V. 결 론

1. 콩의 유묘를 이용한 영양염류의 제거율은 발아 후 4일간의 재배기간동안 비조대군에서 NO₂-N+NO₃-N는 20~100 ppm 범위에서 90% 이상의 높은 제거율을 나타내었다. PO₄-P는 30 ppm에서는 80% 이상의 높은 제거율을 보였으나 40 ppm 및 50 ppm에서는 22% 및 27%의 낮은 제거율을 나타내었다.

2. 비조대군과 부분조대군에서의 영양염류의 제거율 비교에서는 NO₂-N+NO₃-N는 60 ppm 이하에서는 90%이상으로 차이가 없었다. 그러나 80 ppm 및 100 ppm에서는 각각 62% 및 34%로 부분조대군에서 현저히 낮았다. PO₄-P는 10~50 ppm전 범위에서 부분조대군이 제거율이 낮았다.

3. pH중화능은 강산성(pH 3이하)용액을 제외하고는 산성 및 알칼리성 모두에서 나타났으며 초기 pH에서 4일후 pH 6.0~7.7로 중화되었다. 특히 수생식물과는 달리 콩의 유묘는 강알칼리성 용액에서도 중화능력을 나타내었다.

참고문헌

- 1) 이상은 : 오 · 폐수 질소 · 인 고도처리기술, 첨단환경기술, 1, 10~12, 1995.
- 2) 안정효 : 호소부영양화 방지 대책에 관한 연구(I), 국립환경연구원, 14, 289~298, 1992.
- 3) 유홍일,공동수,천세억 : 호소부영양화방지에 관한 연구(III), 국립환경연구원보, 16, 229~248, 1994.
- 4) 김정현 : 수질관리, 동화기술, 305~308, 1991.
- 5) 이창기 외 7인 : 폐수중 영양성분의 생물학적 제거기술에 관한 연구(II), 국립환경연구원보, 13, 401~406, 1991.
- 6) 안윤주, 공동수 : 생이가래를 이용한 영양물질의 제거 방안 연구, 대한환경공학회추계학술논문초록집, 487~492, 1994.
- 7) Motobu H. et. al : Removal of pesticides in golf courses wastes using Mung Beans. Japan Society on Water Environment, 16(4), 278~283, 1993.
- 8) Anold E.G. et.al : Standard methods for the water and wastewater. 18th edition, APHA AWWA

- WEF, 1992.
- 9) D.M Knoll : Effect of nitrogen/phosphorus ratio of the culture medium on growth and nutrient removal by the waterhyacinth, *Aquatic plants for water treatment and resource recovery*, 657~663, 1987.
 - 10) T.A. Debusk, et.al : Removal of nitrogen and phosphorus from wastewater in a waterhyacinth-Based treatment system, *J. Environ. Qual.*, **12**(2), 257-263, 1983.
 - 11) K.K. Moorhead, et.al : Nitrogen transformations in a waterhyacinth - Based water treatment system. *J. Environ.Qual.* **17**(1), 71-75, 1988.
 - 12) K.R. Reddy, and W.F. Debusk. : Nutrient storage capabilities of aquatic and wetland plants. *Nutrient storage in plants*, 337-356, 1987.
 - 13) Kina S. and Yara C : Effect of NO₃-N level on growth, absorption of NO₃-N and nitrogen contents in tissues of waterhyacinth. *Japan Society on Water Environment*, **9**(7), 445-452, 1986.
 - 14) W.F. Debusk. and K.R. Reddy. : Density requirements to maximize productivity and nutrient removal capability of waterhyacinth, *Aquatic plants for water treatment and resource recovery*. 673-680, 1987.
 - 15) 本部 廣哲, 新納 正也, 上田耕三郎. : ブラックマッペを用いた植物フィルターによる水中の窒素・リンの除去. *用と廃水*, **32**(6), 486~490, 1990.
 - 16) 권성환, 나규환, 류재근, 김종택 : 미나리를 이용한 수질정화에 관한 연구, *한국환경위생학회지*, **22**(3), 49~55, 1996.
 - 17) 김준호 : 생태학 개론, 교문사, 70~78, 1989.