

부레옥잠을 이용한 생활하수의 고도처리에 관한 연구(I)

정 순 형

대구보건대학 보건환경과

A Study on Advanced Treatment of Sewage Wastewater by *Eichhornia crassipes*

Soon-Hyung Chung

Department of Health and Environment, Taegu Health College, Taegu 702-722, Korea

Abstract

The present time, water hyacinth(*Eichhornia crassipes*) was widely used for a purification of a polluted lake, livestock wastewater and sewage wastewater treatment.

This study was conducted to evaluate the propriety of sewage wastewater treatment by water hyacinth(*Eichhornia crassipes*). On the study of optimal cultivation density, 3 kg/m² was selected for the most suitable initial cultivation density through the BOD, T-N and T-P removal efficiency. In experiment of purification capacity, hyacinth(*Eichhornia crassipes*) removed the 267.2 mg BOD/kg·day, 72 mg T-N/kg·day and 8.6 mg T-P/kg·day at 30 operation days respectively. The result showed that hyacinth(*Eichhornia crassipes*) could be used for recovery of eutrophic lake effectively. In the test of optimal HRT(hydraulic retention time), 9 days was selected with the suitable HRT, and BOD, T-N and T-P were removed with 75%, T-N 88% and T-P 97% respectively.

Key words ; water hyacinth, *Eichhornia crassipes*, sewage wastewater treatment

1. 서 론

오늘날 생활하수처리에 많이 활용되고 있는 수생식물로는 부레옥잠을 비롯한 미나리, 갈대, 마름 등이 있으며, 이러한 수생식물은 질소와 인을 비롯한 합성세제의 제거에 효과적이며, 특히 부레옥잠의 경우 살아있는 수질정화장치로 표현될 만큼 영양염류 및 유기성오염물질의 제거에 효율적인 것으로 학계에 널리 보고되고 있다^{1,2)}.

이러한 부레옥잠은 아메리카대륙의 열대지방이

원산지인 다년생 관상식물로서, 잎줄기에 공기주머니가 달려있어 물위에 떠서 살아가며, 부영양화를 일으키는 질소와 인을 흡수하고 호소 등에서 태양광선을 차단함으로써 조류발생의 억제에 큰 기여를 하는 것으로 널리 알려져 있다^{3,4,5)}. 자연 생태계에서 부레옥잠의 질소 제거율은 1,700 kg/ha로 그리고 인의 경우는 300 kg/ha라고 학계에 보고된 바 있으며^{6,7)}, 수질정화측면 뿐 아니라 어린 물고기나 세우 등의 서식지로 적합한 것으로 알려져 있다^{4,8)}.

성장한 부레옥잠은 다량의 질소와 인을 함유하고 있어 퇴비로의 활용도가 높으나, 이를 계속적으로 물에서 제거하지 않을 경우 썩어 수질을 더욱 악화시키는 것으로 보고되고 있다^{2,9,10}. 또한 부레옥잠은 성장이 빠른 10대 식물 중의 하나로, 수평적으로 성장하여 수면을 덮은 후 수직적 성장을 통하여 증식하는 것으로 알려져 있으며, 돈사폐수를 대상으로 한 연구에 의하면 부레옥잠의 성장 초기에는 수표면을 완전히 덮지 못하여 조류가 발생되며, 이는 부영양화 및 야간의 DO(Dissolved Oxygen)의 감소를 초래하여 폐수처리에 어려움이 있다고 발표하였다^{2,11,12}.

현재 우리나라는 대도시를 중심으로 매년 하수처리장을 신설 및 증축하고 있으며¹⁾, 이에 대도시 인근의 하천의 수질이 크게 개선되고 있는 것이 사실이다. 그럼에도 불구하고 인구 5만 미만의 중소도시의 경우 하수처리장의 건설에 대한 경제적 타당성에 대한 논란이 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 중소도시에서 발생하는 생활하수를 자연 친화적 공법인 수생식물을 이용한 하수처리공법의 적용 타당성을 검토하고, 하수처리 효율을 분석하기 위하여 부레옥잠을 이용한 하수처리 실험을 실시하였다. 이러한 연구결과는 수생식물을 이용한 생활하수처리의 기초적 자료로 활용도가 클 것으로 판단된다.

2. 실험

2.1 실험장치

2.1.1 재배밀도실험장치

부레옥잠을 이용한 하수처리에서 초기의 재배밀도는 수처리효율에 중요한 인자로 작용하는 것으로 알려져 있다^{13,14}. 낮은 재배밀도에서는 부레옥잠의 잎이 수표면을 완전히 덮지 못하여 태양광선이 투과되어 조류의 번식을 초래하며, 이는 야간에 조류의 호흡작용으로 인하여 DO(Dissolved Oxygen)의 부족을 가져와 수처리에 어려움을 주는 것으로 알려져 있다^{15,16,17}. 반면 부레옥잠의 재배밀도가 너무 높을 경우 부레옥잠 잎이 수표면을 완전 차단하여 대기중 산소의 공급을 차단하여 부

레옥잠 재배조 내의 용존산소를 낮추는 역할을 한다^{18,19,20}.

따라서 본 연구에서는 부레옥잠의 적정 재배밀도를 선정하기 위하여 회분식 반응기를 이용하여 하수처리에 적합한 부레옥잠의 재배밀도 실험을 실시하였다. 부레옥잠의 재배밀도 실험에 사용된 반응기는 두께 1 cm의 아크릴을 원료로 가로 50 cm, 세로 50 cm 그리고 높이 50 cm가 되게 회분식으로 제작하였으며, 수위는 부레옥잠의 뿌리가 완전히 잠길 수 있도록 30 cm로 하여 실험을 수행하였다.

재배밀도 실험에서는 각 재배밀도 별 Chlorophyll-a 농도의 변화를 조사하고, 부레옥잠의 생체중량 kg 당 질소와 인의 제거정도를 조사하여 하수처리에 적합한 재배밀도를 선정하였다.

2.1.2 연속처리장치

본 연구에 사용된 실험장치는 1 cm두께의 아크릴판으로 길이 120 cm, 넓이 40 cm, 그리고 높이 50 cm가 되게 제작하였으며, 수위는 부레옥잠의 뿌리가 충분히 잠길 수 있도록 30 cm가 되게 그리고 전체 용량은 144 L가 되게 제작하였으며, 체류시간 별 하수처리효율을 조사하기 위하여 4개의 동일 규격의 부레옥잠 재배조를 제작하여 실험을 수행하였다.

유입부에는 부레옥잠 재배조 내 체류시간을 조절하기 위하여 정량펌프를 설치하여 원수를 공급하였으며, 단회로 현상을 방지하기 위하여 정류판을 설치하였다. 그리고 유출부에는 침전물의 유출을 방지하고 편류를 제거하기 위해 웨어(weir)를 설치하였고, 웨어를 통과한 유출수는 일정 용기에 유입되게 제작하였으며, 그 모식도를 Fig. 1에 나타내었다.

그리고 실험장치는 건물옥상의 간이 온실(greenhouse)을 설치하여 실험을 수행하였으며, 이때 온실 내 온도는 28-37℃, 습도는 65-97%로 유지되었다.

2.2 실험방법

본 연구에 사용된 시료는 대구광역시 인근의 중소도시로 분류되는 Y시의 하수종말처리장으로 유

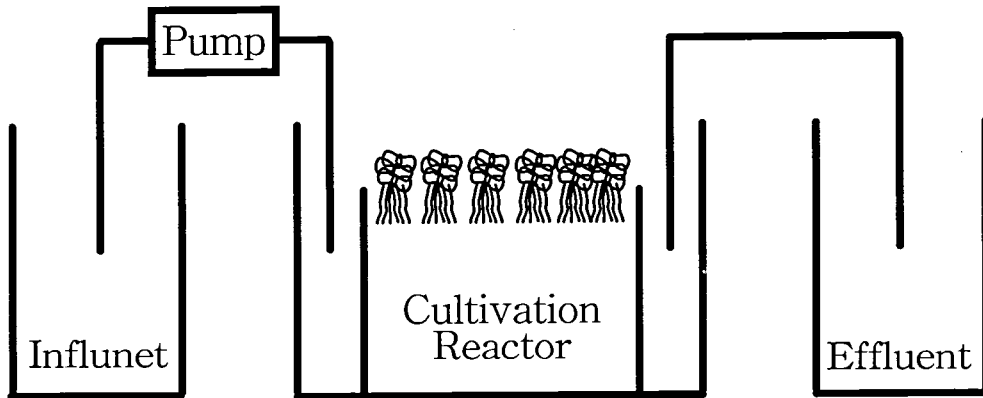


Fig. 1. Schematic flow diagram of *Eichhornia crassipes* cultivation reactor.

입되는 유입수를 대상으로 2003년 5월부터 2003년 8월까지 5회에 걸쳐 채수하여 실험을 수행하였다. 분석항목은 BOD, COD_{Mn}, TOC, SS, T-N, T-P 및 Chlorophyll-a를 분석하였으며, TOC는 Shimadzu사 TOC-5000을 사용하여 분석하였으며, BOD, COD_{Mn}, SS, T-N, T-P 및 Chlorophyll-a는 수질오염공정시험법²¹⁾에 준하여 실험을 실시하였다.

부레옥잠의 재배밀도에 따른 수처리 효율을 조사하기 위하여 부레옥잠의 재배밀도를 1, 2, 3, 4 kg/m²(±50g)로 증가시키면서 수질정화능력을 조사하였으며, 실험에 사용된 부레옥잠은 생체중량이 20-30g/개 정도의 어린 부레옥잠을 이용하였다. 이는 성장기에 있는 어린 부레옥잠이 성장한 부레옥잠보다 질소 및 인의 흡수가 빠르기 때문이다^{12,16)}. 또한 연속실험장치에는 수리학적 체류시간을 3 day, 6 day, 9 day, 12 day로 조절하면서 수처리 효율을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 재배밀도에 따른 수처리 효율

부레옥잠의 재배밀도에 따른 수처리 효율을 분석하기 위하여 회분식 반응기를 사용하여 실험을 수행하였다. 이때 부레옥잠의 재배기간은 30일까지로 하였으며, 부레옥잠의 재배밀도는 1, 2, 3, 4 kg/m²(±50g)로 하여 재배밀도 별 수질의 변화를 조사하였다. 그리고 실험에 사용된 생활하수의 수질은 Table 1과 같은 것으로 조사되었다.

초기 SS농도가 250 mg/L인 생활하수를 대상으로 부레옥잠의 재배밀도를 1-4 kg/m²로 달리하여 SS제거실험을 수행한 결과 Fig. 2와 같은 결과를 얻었다. 실험 초기의 급격한 농도저하는 하수 중 SS성분이 자연침강에 의하여 그리고 일부는 부레옥잠의 뿌리에 부착되어 제거된 것으로 조사되었다^{2,18)}.

특히 부레옥잠의 재배밀도를 3 kg/m²이상으로 유지하였을 경우 재배기간 중 SS의 증가 없이 미량 제거된 것으로 조사되었으나, 재배밀도를 2 kg/m²이하로 유지하였을 경우 재배기간 4-8일 사

Table 1. Characteristics of the sewage wastewater qualities

	BOD (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
Max.	220	160	90.3	380	52.3	6.4
Min.	180	100	75.0	206	37.7	3.8
Mean	200	115	85.3	250	40.0	5.2
S.D*	10.3	11.2	4.3	20.2	3.3	1.2

S.D* : Standard Deviation(sample numbers : 5)

이에 높은 SS의 증가가 관측되었으며, 10일 이후부터 급격한 SS의 감소가 나타났다. 이러한 결과는 부레옥잠의 재배밀도가 낮을 경우 수 표면을 완전히 덮지 못하여 태양광선의 침투에 따른 조류의 성장에 기인된 결과로 판단되었다.

재배기간 10일 이상에서의 SS농도 감소는 부레옥잠의 성장에 따라 수 표면을 덮음으로서 조류의 광합성을 차단하여 조류가 제어된 결과로 판단되었다²⁾.

이러한 결과를 규명하기 위하여 재배밀도 별 chlorophyll-a 농도를 분석한 결과 Fig. 3과 같은 결과를 얻었다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 부레옥잠의 재배밀도별 chlorophyll-a의 농도 역시 SS와 유사한 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 초기 부레옥잠의 재배밀도가 낮을 경우 수표면을 완전히 덮지 못하여 조류가 발생되며, 야간의 조류의 호흡작용으로 인하여 DO(Dissolved Oxygen)를 소비하여 수처리에 어려움이 있을 것으로 예상되었다. 그리고 재배밀도 2 kg/m²이하에서 조류의 제거에는 약 20일이 소요되는 것으로 조사되었다.

그리고 부레옥잠의 재배밀도 별 pH변화를 조사하기 위하여 하수 원수의 pH가 7.6인 생활하수를 대상으로 실험을 수행한 결과 Fig. 4와 같은 결과를 얻었다. 특히 하수원수의 pH가 7.6으로 약 알칼리성을 띄는 것은 정화조로부터 분뇨의 유입으로 기인된 결과로 판단되었다⁷⁾.

Fig. 4에서 보는바와 같이 재배기간 8일째 pH가

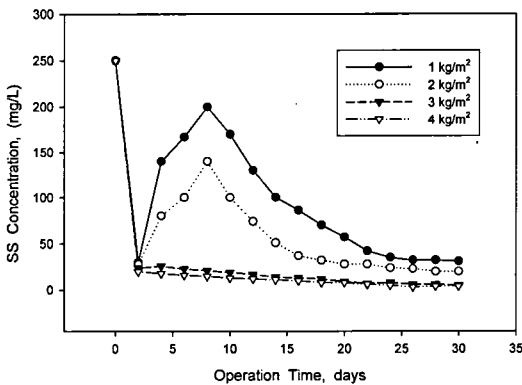


Fig. 2. The comparison of SS concentration during operation period in each cultivation reactor.

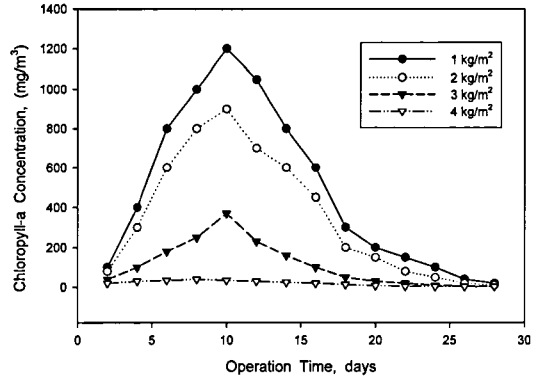


Fig. 3. The comparison of chlorophyll-a concentration during operation period in each cultivation reactor.

최대치를 나타내는 것으로 조사되었으며, 재배밀도가 낮을수록 pH상승이 큰 것으로 조사되었다. 이러한 결과 또한 재배조내의 조류 성장에 의해 수중의 CO₂ 소비에 기인된 결과로 판단되었으며, 재배기간 8일 이후부터 pH가 서서히 낮아지는 것으로 나타났다. 특히 재배기간 20일 이후부터는 pH 하강 폭이 현저히 감소하는 것으로 조사되었으며, 이는 20일의 부레옥잠 재배기간으로 부레옥잠이 수표면을 대부분 덮는 것으로 나타났으며, 이는 광합성작용을 차단함에 따라 조류의 CO₂ 소비가 감소됨과 동시에 재배조 내에서 하수 중 유기성 오염물질들이 호기성 미생물에 의해 분해되는 과정에서 수중의 CO₂ 농도가 증가한 결과로 판단되었

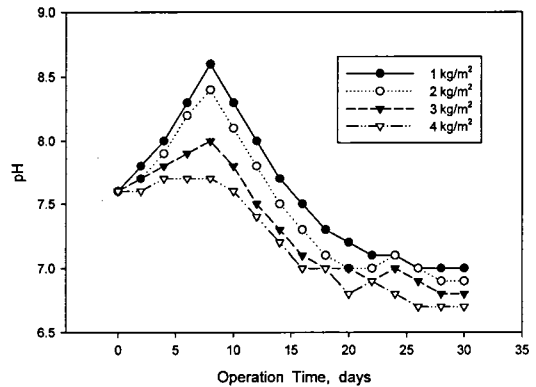


Fig. 4. The comparison of pH during operation period in each cultivation reactor.

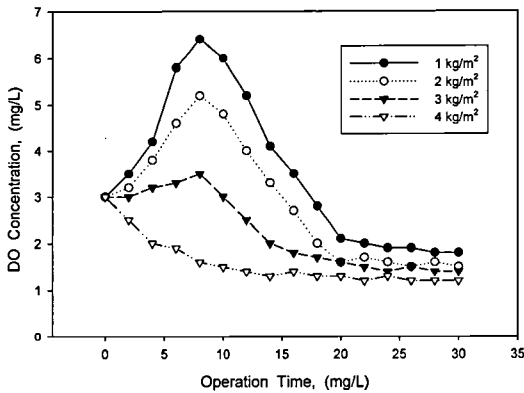


Fig. 5. The variation of DO during operation period in each cultivation reactor.

다. 재배기간 30일을 기준으로 재배밀도 1 kg/m²에서는 7.0, 그리고 4 kg/m²에서는 6.7로 하수 원수의 pH 7.6보다 크게 낮아진 것으로 조사되었다.

부레옥잠 재배조 내의 조류의 광합성 정도 및 호기성 미생물의 생육여건을 조사하기 위하여 조내의 DO(Dissolved Oxygen)농도를 측정된 결과 Fig. 5와 같은 결과를 얻었다.

생활하수의 초기 용존산소는 3.0 mg/L로 조사되었으며, 재배기간 8일까지는 재배밀도가 낮을수록 용존산소 농도는 상승하는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 부레옥잠 재배조 내의 조류성장에 기인된 결과로 판단되었으며, 재배기간 20일 이후에는 거의 일정한 농도로 유지되는 것으로 나타

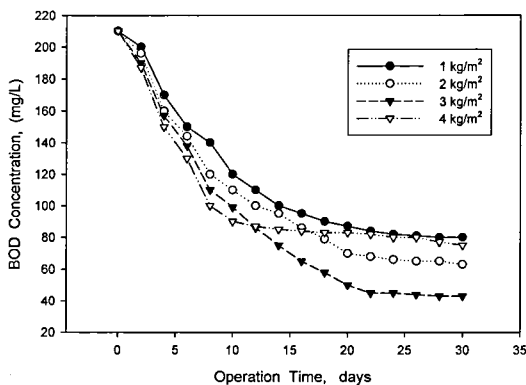


Fig. 6. The comparison of BOD concentration during operation period in each cultivation reactor.

났는데, 이는 부레옥잠의 성장에 따라 조류의 광합성이 이루어지지 않고 있음을 의미함과 동시에 조류의 제거가 이루어진 것으로 판단되었다. 특히 재배밀도를 4 kg/m²로 유지하였을 경우 용존산소의 증가 없이 점차적 감소되는 경향을 보였다. 이러한 결과는 재배밀도 4 kg/m²이상에서는 부레옥잠 재배의 과 밀도에 따라 재배초기부터 조류의 성장이 차단된 결과로 판단되었다^{2,15)}.

이러한 결과를 미루어 볼 때 재배기간 20일 이상에서는 용존산소가 2 mg/L이하로 조사되어 부레옥잠재배조 내의 호기성 미생물에 의한 유기오염물질의 제거를 위해서는 포기(Aeration)의 필요성이 절실히 요구되는 것으로 판단되었다.

그리고 부레옥잠 재배에 따른 유기성 오염물질의 제거정도를 조사하기 위하여 BOD가 210 mg/L인 생활하수를 대상으로 부레옥잠 재배밀도 별 BOD제거실험을 실시한 결과 Fig. 6과 같은 결과를 얻었다.

부레옥잠의 재배밀도 별 생활하수의 BOD제거 경향을 조사한 결과 1 kg/m²의 재배밀도에서는 재배기간 15일까지 급격한 제거 경향을 보였는데, 이는 부레옥잠의 재배초기에 부레옥잠잎이 수표면을 완전히 덮지 못함으로써 재배조내의 용존산소에 의해 유기성 오염물질이 제거된 결과로 판단되며, 그 이상의 재배기간으로는 부레옥잠의 성장에 따른 수표면 차단에 따라 용존산소가 급격히 저하함으로써 BOD제거효율이 저하된 결과로 판단되었으며, 재배기간 30일을 기준으로 약 62%의 BOD가 제거된 것으로 조사되었다.

그리고 2 kg/m²의 재배밀도에서는 1 kg/m²에서와 유사한 경향을 보였으며, 재배기간 30일을 기준으로 약 70%의 BOD가 제거된 것으로 나타났으며, 이는 부레옥잠의 뿌리에 부착되거나 혹은 재배조내의 호기성 미생물에 의하여 BOD성분이 제거된 것으로 판단된다.

반면 부레옥잠 재배밀도 4 kg/m²에서는 3 kg/m²보다 낮은 BOD제거효율이 관측되었는데, 이는 초기 부레옥잠의 재배밀도가 클 경우 수 표면의 차단에 용존산소의 결핍으로 호기성 미생물의 산화작용을 저해한 결과로 판단되었다^{2,6)}. 이러한 결과를 토대로 부레옥잠을 이용한 생활하수의

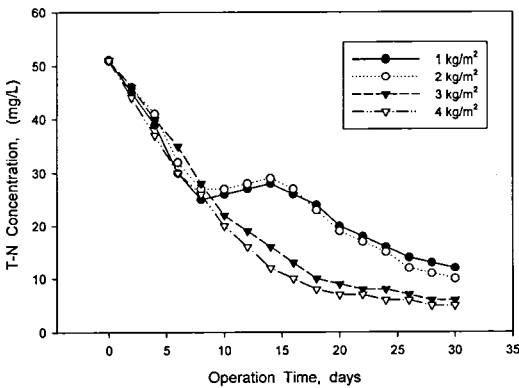


Fig. 7. The comparison of T-N concentration during operation period in each cultivation reactor.

BOD성분 제거시 초기 재배밀도 3 kg/m²이 최적 재배밀도인 것으로 조사되었다.

부레옥잠의 재배기간 30일을 기준으로 3 kg/m²에서는 약 80%의 BOD성분이 제거되었으며, 4 kg/m²에서는 10일까지는 가장 높은 제거효율이 관측되었으나, 15일 이상에서는 현저히 제거효율이 둔화되는 것으로 나타났으며, 이는 부레옥잠의 재배밀도가 높음에 따라 대기중 산소의 공급을 저해한 결과로 판단되었다.

그리고 BOD제거 효율이 가장 우수한 3 kg/m²의 재배밀도에서 30일간의 재배기간을 기준으로 부레옥잠 kg당 BOD제거량을 산출한 결과 267.2 mg BOD/kg·day로 계산되었다.

부레옥잠의 재배밀도에 따른 T-N의 농도변화를 조사한 결과 Fig. 7과 같은 결과를 얻었다. 부레옥잠의 재배밀도 1, 2 kg/m²의 경우 재배기간 8일까지는 3, 4 kg/m²의 재배밀도와 동일한 정도의 제거효율을 나타내었으나, 8일에서 14일까지는 농도가 증가한 후 서서히 농도가 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 재배기간 8일까지는 부레옥잠 재배조내 T-N성분이 부레옥잠의 생육에 소비됨과 동시에 낮은 재배밀도에 따른 태양광의 침투에 의해 조류성장에 소요된 것으로 판단되며, 재배기간 8일에서 14일까지의 T-N성분의 증가는 부레옥잠의 성장에 따른 광합성의 차단으로 조류의 사멸에 따라 T-N성분의 방출에 기인된 결과로 판단되었다⁸⁾.

반면 부레옥잠의 재배밀도 3, 4 kg/m²의 경우 재배기간 20일까지는 급격한 제거가 관측되었으나, 그 이상의 재배기간에는 경미한 T-N의 제거가 이루어지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 어린 부레옥잠을 실험에 사용함으로써 초기의 T-N의 소비는 크지만 성장이 이루어진 후에는 T-N의 소비가 경미함을 의미하는 것으로 조사되었다.

본 실험을 통하여 수처리에 영향을 주는 조류의 번식 없이 T-N을 적절히 제어하기 위한 최적 부레옥잠의 재배밀도는 3 kg/m²로 조사되었으며, 이때 부레옥잠 kg당 T-N의 제거량을 재배기간 30일을 기준으로 계산하면 72 mg T-N/kg·day로 조사되었다. 이러한 결과는 생활하수 뿐만 아니라 호소 등의 부영양화 제어에 부레옥잠이 효과적으로 적용될 수 있음을 의미하는 것으로 판단되었다⁸⁾.

부레옥잠의 재배밀도에 따른 T-P의 제거효율을 조사하기 위하여 초기 T-P의 농도가 5.6 mg/L인 생활하수를 대상으로 실험을 실시한 결과 T-N의 제거 경향과 유사한 결과를 얻었다. 부레옥잠 재배밀도 1, 2 kg/m²의 경우 T-N의 경우와 같이 재배기간 8일까지는 3, 4 kg/m²의 재배밀도와 동일한 정도의 제거효율을 나타내었으나, 8일에서 14일까지는 농도가 증가한 후 서서히 농도가 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 T-N의 경우와 같이 재배기간 8일까지는 부레옥잠 재배조내 T-P 성분이 부레옥잠의 생육에 소비됨과 동시에 낮은

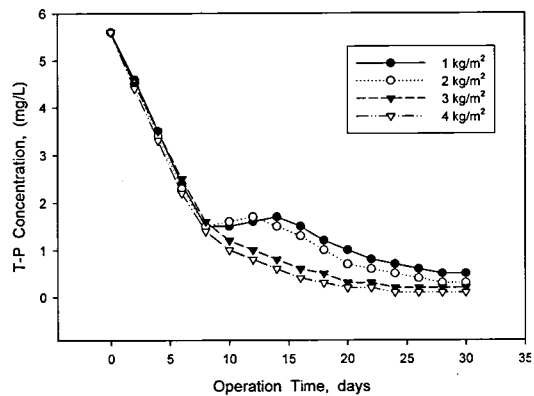


Fig. 8. The comparison of T-P concentration during operation period in each cultivation reactor.

재배밀도에 따른 조류성장에 소비된 것으로 판단되며, 재배기간 8일에서 14일까지의 T-P성분의 증가는 광합성 차단에 따른 조류의 사멸로 T-P성분의 방출의 결과로 판단되었다¹⁵⁾.

T-P 역시 부레옥잠의 재배밀도 3, 4 kg/m²의 경우 재배기간 20일까지는 급격한 제거가 관측되었으나, 그 이상의 재배기간에는 경미한 T-P의 제거가 이루어지는 것으로 조사되었다. 부레옥잠의 재배밀도 1, 2, 3, 4 kg/m²에 따른 재배기간 30일을 기준으로 잔존한 T-P농도는 0.5, 0.3, 0.2, 0.1 mg/L로 조사되어 T-P성분은 부레옥잠에 의하여 효과적으로 제거되는 것으로 조사되었으며, 부레옥잠 kg당 T-P의 제거정도를 재배밀도 3 kg/m² 그리고 재배기간 30일을 기준으로 산정한 결과 8.6 mg T-P/kg·day로 계산되어, 인의 세계에도 부레옥잠이 효과적인 것으로 조사되었다.

3.2 연속처리에 의한 수처리 효율

부레옥잠 재배밀도에 따른 하수처리의 실험결과 조류발생의 억제, BOD성분의 제거 및 영양염류의 제거효율을 검토한 결과 적정 초기 재배밀도는 3 kg/m²이 가장 적합한 것으로 조사되었다. 이러한 결과를 토대로 초기 부레옥잠 재배밀도를 3 kg/m²로 일정하게 한 후 수리학적 체류시간을 3 day, 6 day, 9 day, 12 day로 달리한 4개의 부레옥잠 재배조를 대상으로 BOD, T-N 및 T-P의 제거 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

초기 BOD농도 210 mg/L, T-N농도 51.0 mg/L 그리고 T-P농도 5.6 mg/L인 생활하수를 대상으로 초기 부레옥잠 재배밀도를 3 kg/m²로 하여 체류시간에 따른 수처리효율을 분석한 결과 Fig. 9와 같은 결과를 얻었다. 체류시간을 9일로 하였을 경우 12일과 거의 유사한 정도의 제거효율을 보였으나, 6일 이하에서는 제거효율의 현저한 저하가 관측되었다.

체류시간 9일을 기준으로 BOD는 75%, T-N는 88% 그리고 T-P는 97%가 제거된 것으로 조사되었으며, 그 이상의 체류시간에서는 단지 경미한 제거효율의 상승만이 관측되어 부레옥잠을 이용한 생활하수의 처리에 적합한 수리학적 체류시간은 9일로 조사되었다.

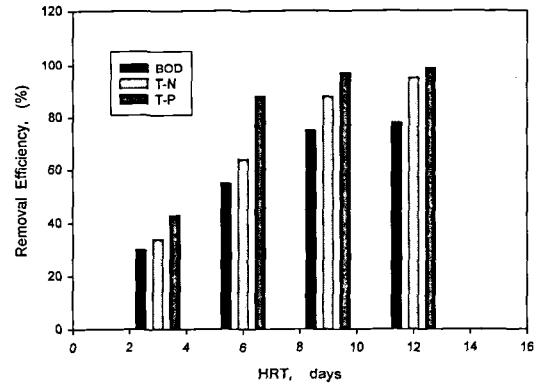


Fig. 9. Removal efficiencies of BOD, T-N and T-P by various HRT(hydraulic retention time).

4. 결론

본 연구는 중소도시에서 발생하는 생활하수를 자연 친화적 공법중 하나인 수생식물을 이용한 하수처리공법의 적용 타당성을 검토하고, 하수처리 효율을 분석하기 위하여 실시하였다. 이때 사용된 수생식물로는 질소 및 인의 흡수율이 높은 것으로 알려진 부레옥잠을 이용하였으며, 실험결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 부레옥잠을 이용한 생활하수의 처리에 적합한 재배밀도는 수처리에 악영향을 미치는 조류의 성장이 없이 BOD, T-N 및 T-P의 제거효율이 우수한 3 kg/m²가 적합한 것으로 조사되었다.
2. 부레옥잠의 재배 초기밀도를 3 kg/m²로 하고, 재배기간을 30일로 하였을 경우 부레옥잠 kg당 BOD, T-N 및 T-P의 제거량을 산출한 결과 각각 267.2 mg BOD/kg·day, 72 mg T-N/kg·day 그리고 8.6 mg T-P/kg·day로 조사되었다. 이러한 결과는 부레옥잠이 생활하수처리 뿐 아니라 호소 등의 부영양화 제어에 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 판단되었다.
3. 부레옥잠의 재배밀도를 3 kg/m²로 일정하게 유지하면서 수리학적 체류시간의 변화에 따른 수처리 효율을 분석한 결과 9일이 적합한 것으로

조사되었으며, 수리학적 체류시간 9일을 기준으로 BOD는 75%, T-N는 88% 그리고 T-P는 97%가 제거된 것으로 조사되었다.

감사의 글

본 연구는 「대구보건대학 산·학·연컨소사업 사업」 기금으로 수행되었습니다. 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 환경부, "통계연감", 2002.
2. 이병현, 이남숙, 김진숙, "조류 성장이 부레옥잠을 이용한 폐수처리공법의 유출수에 미치는 영향", 한국폐기물학회지, 1(2), 81-92, 1992.
3. Kim, J. G. and Kang, H. Y. : Purification of water by wild strain of *Eichhornia crassipes*, *Kor. J. Env. Hlth Soc.*, 25(2), 115-121, 1999.
4. Tak, C. J. Choi, H. Y. Shin, J. S. and Ra, K. H. : A study of removal of phenol by peroxidase extracted from *Oenanthe javanica*, *Kor. J. Env. Hlth Soc.*, 23(4), 121-128, 1997.
5. Kim, K. M. Choi, H. Y. Shin, J. S. Ra, K. H. and Lee, J. H. : The removal of surfactants and commercial detergents by *Oenanthe javanica*, *Kor. J. Env. Hlth Soc.*, 23(4), 115-122, 1997.
6. Knoll, D. M. : Effect of nitrogen-phosphorus ratio of the culture medium on growth and nutrient removal by water hyacinth, Aquatic plants for water treatment and resource recovery, 657, 1987.
7. Debusk, W. F. and Reddy, K. R. : Density requirement to maximize productivity and nutrient removal capability of water hyacinth, Aquatic plants for water treatment and resource recovery, 673, 1987.
8. Hans, A. J, and Magnus, E. : Discharge of nutrient from swedish fish farming to adjacent sea area, *Ambio*, 19(1), 28-35, 1989.
9. Polprasert, C. and Kessomboon, S. : Pig wastewater treatment in water hyacinth ponds, *Wat. Sci. Tech.*, 26, 2381-2384, 1992.
10. Carignan, R. and Neiff, J. J. : Nutrient dynamics in the floodplain ponds of Parana river dominated by the water hyacinth *Eichhornia crassipes*, *Biogeochemistry*, 17, 85-121, 1984.
11. Hauser, J. R. : Use of water hyacinth aquatic treatment system for ammonia control and effluent polishing, *J. Water Pollut. Control. Fed.*, 56, 219-225, 1984.
12. Reddy, K. R. Hueston, F. M. and McKim, T. : Biomass production and nutrient removal potential of water hyacinth cultured in sewage effluent, *J. Solar Ener. Engineering*, 107, 128-135, 1985.
13. Reddy, K. R. Agami, M. and Tucker, J. C. : Influence of nitrogen supply rates on growth and nutrient storage by water hyacinth plants, *Aquat. Bot.*, 36, 33-43, 1989.
14. DeBusk, T. A. Rythey, J. H. and Williams, L. D. : Effect of seasonality and plant density on the productivity of some freshwater macrophytes, *Aquat. Bot.*, 10, 33-43, 1989.
15. Reddy, K. R. and Sutton, D. L. : Water hyacinth for water quality improvement and biomass production, *J. Environ. Qual.*, 13(1), 1-8, 1984.
16. Reddy, K. R. and DeBusk, W. F. : Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes, *J. Environ. Qual.*, 14(4), 459-462, 1985.
17. Reddy, K. R. and DeBusk, W. F. : Growth characteristics of aquatic macrophytes cultured in nutrient-enriched water, *Ecom. Bot.*, 38(2), 229-239, 1984.
18. Yang, R. D. and Humphrey, A. E. : Dynamic and steady state studies of phenol biodegradation in pure and mixed cultures, *Biotechnology and bioengineering*, 17,

- 144-152, 1975.
19. Barbara, N. A. and Albert, M. K. : Enzymatic removal of dissolved aromatics from industrial aqueous effluents, *Biotechnology and bioengineering symp.*, 11, 34-39, 1981.
20. Stensel, H. D. and Shell, G. L. : Two methods of biological treatment design, *J. WPCF*, 46(2), 335-340, 1974.
21. 동화기술, 수질오염공정시험방법, 2000.