

## 조류 성장이 부레옥잠을 이용한 폐수처리공법의 유출수에 미치는 영향

이병헌 · 이남희 · 김정숙

부산수산대학교 환경공학과  
(1992년 12월 20일 접수)

### Effects of Algae Growth on the Effluent of Wastewater Treatment Systems by Using Water Hyacinth

Byung-Hun Lee, Nam-Hee Lee and Jeong-Sook Kim

*Department of Environmental Engineering,  
National Fisheries University of Pusan, Korea  
(Manuscript received 20 December 1992)*

#### Abstract

Growing algae spread over open water surface of water hyacinth system the leaves of hyacinth prevented the passage of sunlight through the water surface.

The objectives of this study were to investigate the effects of the algae growth on the effluent of water hyacinth wastewater treatment systems operated with the variation of an organic loading rate between 190 to 550 kg COD/ha.day.

The effluent from the system contained algae was discharged for about 2-3 weeks from the beginning of experimental operation of water hyacinth systems. BOD and SS concentration of effluents during algae growing periods were higher than those during the period of algae control. But nitrogen and phosphorous removal efficiencies during in algae growing periods were slightly higher than those during the period of algae control.

KEY WORDS : algae growth, wastewater treatment, water hyacinth, organic loading rate removal efficiencies

#### 1. 서 론

부레옥잠(*Eichhornia crassiper*)은 매우 빠르게 성장하는 식물로서 세계에서 가장 성장이 빠른 10대 잡초들 중 8번째 식물로서(Reedy, K.R., D.L. Sutton, 1984), 수평적으로 성장하여 수표면을 덮은 후 수직적 성장을 통해 증대된다(George Tchobanoglous, Frankin L. Burton, 1991).

Wolverton과 McDonald는 임의성 라군에서 부레

옥잠이 빠른 속도로 증식하여 조류를 덮으므로 SS 및 영양염류의 높은 제거효율을 밝혔으며(Rogers, H.H., D.E. Davis, 1972 ; Wolverton, B.C., R.C. McDonald, 1979), 식물체 내로 질소 및 인의 높은 흡수율을 이용하여 최근 수역의 부영양화 방지를 위한 연구가 진행되고 있다(호소수질 연구소, 1992). 부레옥잠을 이용하여 돈사폐수를 처리하고자 할때 부레옥잠의 성장에 의해 수표면이 차단되기까지 개방된 수표면에서 운전 초기에 발생하게 되는 조

류는 부영양화 현상 및 햇빛이 없을 때에 DO(Dissolved Oxygen)의 감소를 초래할 뿐만 아니라 폐수의 재이용을 어렵게 하므로 조류 제어는 필수적인 것으로 생각된다. 따라서, 본 연구는 돈사폐수를 처리하기 위하여 부레옥잠을 사용할때 운전 초기의 조류번식이 수질에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 유기물질 부하량을 변화시키면서 일련의 실험을 행하였다.

## 2. 실험 및 분석 방법

### 2.1. 실험 방법

부레옥잠에 의한 돈사폐수 처리장치는 1cm 두

께의 베니어 합판을 사용하여 폭 20cm, 길이 120cm, 높이 60cm로 4개 제작하여 조립한 뒤 방수를 위해 내부에 비닐을 씌웠다. 한 반응조의 총 용적은 110 L였으며, 유입구 지역은 폐수가 고르게 살포되도록 가로 20cm, 세로 40cm, 두께 3mm의 투명 아크릴 판에 직경 7mm의 구멍을 일정하게 뚫은 정류판을 설치하였으며, 유출구 쪽에는 단회로 현상 등을 방지하기 위하여 구멍을 뚫지 않은 정류판을 가로 20cm, 세로 20cm 되게하여 설치하였다. 실험 장치의 개략도는 Fig. 1에 나타내었다. 폐수의 주입을 위하여 Watson-Marlow pump, Cassette pump와 latex tube 및 silicon tube를 사용하였다. 반응조는 양어장의 온실(greenhouse)에서 운전하였다.

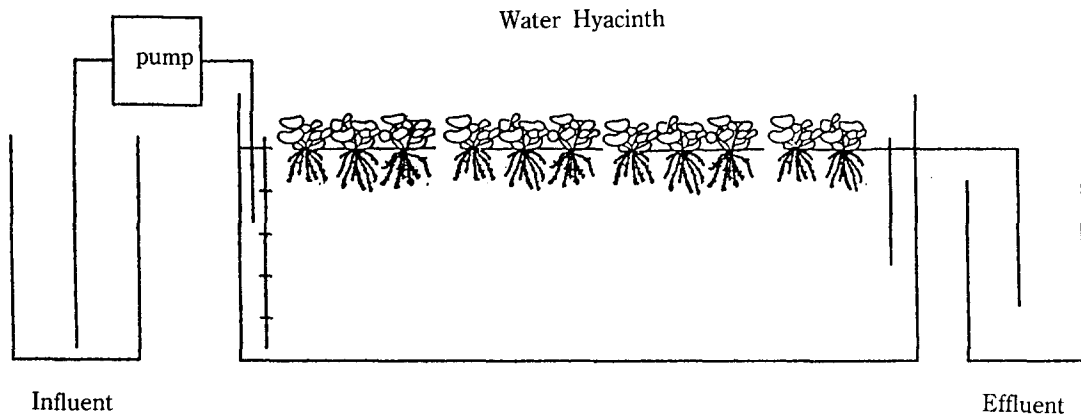


Fig. 1. Schematic flow diagram of water hyacinth plant.

본 실험에 사용된 식물로는 근경구조가 광대하여 미생물의 부착매체로서 우수한 부레옥잠(*Eichhornia* spp.)을 이용하였으며(Weber.A.S., George Tchobanoglous, 1986), Fig. 2에 그 모식도를 나타내었다.

실험에 사용된 시료는 경상남도 양산군의 한 양돈장의 돈사 청소수가 주종을 이루고 있는 폐수로서 저류조에서 채취하여 유입수로 사용하였으며, 돈사폐수의 평균 특성은 pH 7.4-7.8, COD 10,000mg/L, BOD 7,300mg/L, TSS 2,100mg/L, VSS 1,800mg/L, TKN 6,500mg/L, NH<sub>4</sub>-N 3,000mg/L, T-P 470mg/L,

PO<sub>4</sub>-P 100mg/L정도였다. 아래 Table 1에 회석된 유입 폐수의 특성을 나타내었다. 특히, 뇨의 대부분을 이루고 있는 돈사 청소수의 각 성분 중 질소 및 인은 그 함량에서 아주 큰 차이를 보이고 있다. 질소의 함량이 아주 높은 것은 뇨(尿)의 주종을 이루는 성분이 질소(N)와 칼륨(K)이기 때문이며, 또한, 인성분은 분(糞)에 거의 100%가 함유되어 있고 뇨(尿)에는 아주 미량으로 함유되어 있기 때문이다(국립환경연구원,1988). 그리고, Table 1에서의 유입 폐수는 저류조에서 채취된 청소수를 회석에만 의존하여 주입하였다.

Table 1. Characteristics of influent

Item	Concentration
pH	7.4 - 7.7
COD(mg/L)	540
BOD(mg/L)	270
TSS(mg/L)	74.2
VSS(mg/L)	69.6
TKN(mg/L)	300
NH <sub>4</sub> -N(mg/L)	140
T-P(mg/L)	7.2
PO <sub>4</sub> -P(mg/L)	4.3
대장균군(MPN Index/100mL)	1250

부레옥잠에 의한 폐수처리장치의 운전을 위하여 식물은 총길이 (줄기에서 뿌리까지) 10-15cm의 어린 부레옥잠을 습중량으로 1.36kg/m<sup>2</sup>이 되도록 하여 약 300g을 반응조에 띄운 후, 부레옥잠이 수면 위에서 움직이지 않게 하기 위해 일정 간격으로 2 cm폭의 지지막대를 설치하였다. 부레옥잠이 충분히 성장하였을 때에는 지지막대를 제거하여 주었다. 유입폐수는 희석하여 COD농도를 평균 540mg/L가 되게 하였다. 운전된 4개의 반응조에서 수리학적 체류시간(HRT)은 WH 1이 4.9일, WH 2가 6.8일, WH 3이 9.6일, WH 4가 14.1일이었으며, 유기물 부하(OLR)는 WH 1이 552kg COD/ha · day, WH 2가 398 kg COD/ha · day, WH 3이 282kg COD/ha · day, WH 4가 191kg COD/ha · day로 하여 운전하였다.

2.2. 수질 분석

시료의 채취 분석은 주 1-2회 실시하였고, 실험에 사용된 분석 방법은 대부분 Standard Methods (APHA,1985)에 의거하여 분석하였으며, 식물체 분석은 토양 화학 분석법에 의거하여 분석하였다(농업기술연구소, 1976).

3. 결 과

본 실험에 사용된 부레옥잠장치는 온도 30-35℃,

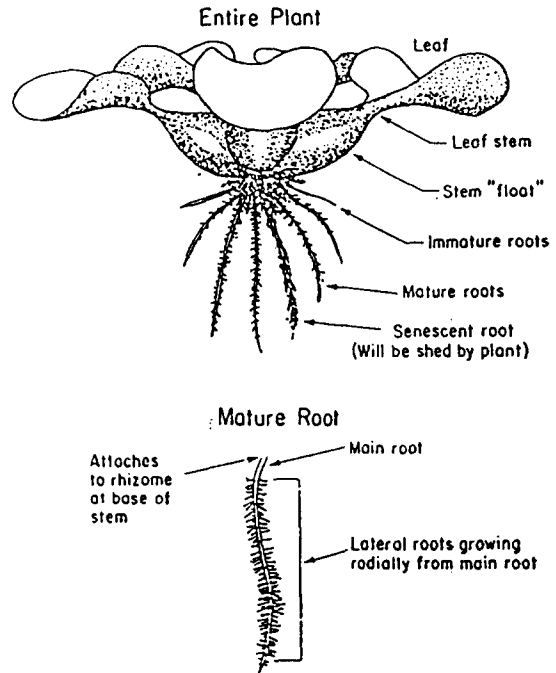


Fig. 2. Schematic of typical water hyacinth plant.

습도 65-96%인 온실(greenhouse)에서 28일간 운전하였으며, 부레옥잠은 습중량으로 1.36kg/m<sup>2</sup>을 반응조내에 이식하였다. 운전 결과는 Table 2에 나타내었는데 운전 11~19일까지는 학교 및 실험실 사정에 의해 실험이 중단되었다.

3.1. SS 및 Chlorophyll-a 농도

Fig. 3은 운전 경과일수에 따른 SS의 농도를 나타낸 것이며, Fig. 4는 조류의 클로로필 양을 측정함으로써 각 반응조 별로 성장한 조류의 농도를 나타낸 것이다. Fig. 4에서는 운전 6-7일째부터 클로로필 농도가 급격히 증가하고 있음을 볼 수 있다. 이것은 운전 2-3일부터 발생하기 시작한 조류의 지속적인 성장으로 인한 것이며, Fig. 3에서의 SS 농도의 증가는 Fig. 4의 조류증가에 따른 것으로 생각된다. 각 반응조별 SS농도는 WH 1이 운전 8일째에 71mg/L, WH 2가 운전 8일째 85mg/L, WH 3이 운전 9일째 29mg/L, WH 4가 운전 10일째 35 mg/L로 가장 높았고, 그 후 농도는 감소하였다. Fig.

Table 2. Experimental results of water hyacinth systems.

Items	Influent	Effluent			
		WH1-1	WH1-2	WH1-3	WH1-4
HRT(days)		4.9	6.8	9.6	14.1
OLR(kg COD/ha·day)		552	398	282	191
Water Temp(°C)		26-33	26-33	27-34	27-35
pH					
algae 번식 시	7.5	8.2	8.2	8.0	8.1
algae 제어 후	7.6	7.8	7.6	7.4	7.2
DO (mg/L)					
algae 번식 시	7.1	11.8	19.4	7.6	8.1
algae 제어 후	7.1	0.5	0.6	0.7	1.1
Wastewater Conc. (mg/L)					
COD					
algae 번식 시	499	126	133	74	75
		(75)	(74)	(84)	(85)
algae 제어 후	540	122	123	89	91
		(77)	(77)	(84)	(83)
BOD					
algae 번식 시	428	40	53	33	28
		(91)	(85)	(90)	(92)
algae 제어 후	270	30	31	22	18
		(89)	(89)	(92)	(93)
TSS					
algae 번식 시	78	57	68	21	23
		(27)	(13)	(73)	(71)
algae 제어 후	73	26	24	7.4	6.4
		(64)	(67)	(90)	(91)
VSS					
algae 번식 시	67	55	64	17	20
		(18)	(5)	(75)	(70)
algae 제어 후	68	22	22	6.4	5.3
		(68)	(68)	(91)	(92)
TKN	300	165	129	96	117
		(45)	(57)	(68)	(61)
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N					
algae 번식 시	152	61	62	42	36
		(53)	(52)	(68)	(72)
algae 제어 후	148	90	93	76	63
		(38)	(40)	(51)	(59)
T-P	7.2	2.5	2.1	1.0	0.8
		(65)	(71)	(87)	(90)
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P					
algae 번식 시	5.3	1.3	1.2	0.4	0.4
		(76)	(77)	(92)	(92)
algae 제어 후	4.0	1.7	1.7	0.9	0.7
		(56)	(56)	(79)	(82)
대장균군 (MPN Index/100 mL)	1250	215	260	52	17
		(83)	(79)	(96)	(99)
부레옥잠					
식물체 전질소(%)	3.75	4.25	4.17	4.12	3.86
식물체 유효인산(%)	1.43	1.26	1.15	1.14	1.00

( ): removal efficiency (%)

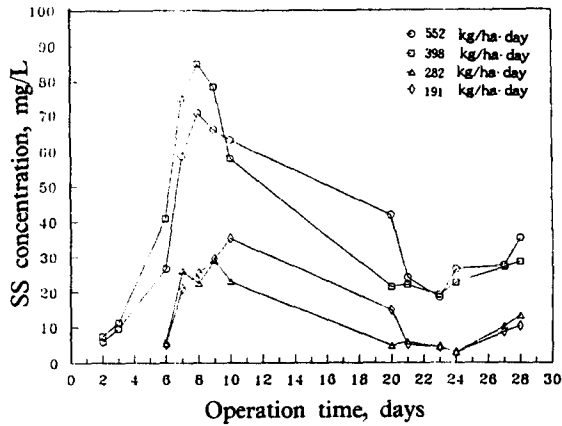


Fig. 3. The comparison of SS concentration during operation period in each water hyacinth effluent.

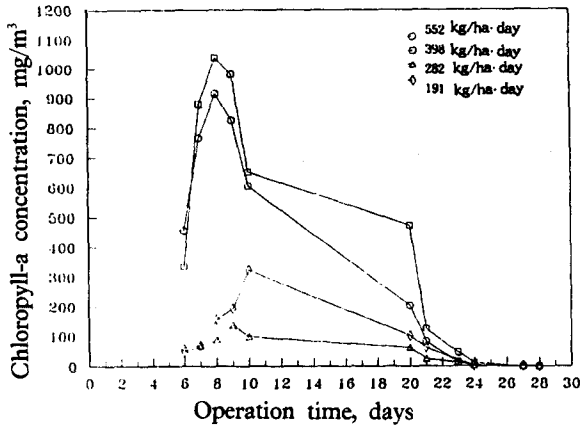


Fig. 4. The comparison of chlorophyll-a concentration during operation period in each water hyacinth effluent.

4는 클로로필 양을 측정함으로써 각 반응조 별로 성장한 조류의 농도를 나타내었다. WH 1은 운전 8일째 914mg/m<sup>3</sup>, WH 2는 운전 8일째 1037mg/m<sup>3</sup>, WH 3은 운전 9일째 138 mg/m<sup>3</sup>, WH 4는 운전 10일째 323mg/m<sup>3</sup>로써 가장 높게 나타났고, 그 후 농도는 감소하였다. 따라서, Fig. 3과 4를 통해 운전 6일부터 운전 10일까지를 조류가 발생되는 기간으로, 운전 24일부터 28일까지를 부레옥잠에 의한 조류제어가 되는 기간으로 보았다. Fig. 3과 Fig. 4를

통해서 부레옥잠이 수표면에 조류의 번식을 억제하기 위해 성장하는데에는 온도 30-35°C에서 유기물 부하가 552-191kg COD/ha·day 일때 8-10일 정도이며, 부레옥잠에 의해 조류가 완전제어되는데 소요되는기간은 24일임을 알 수 있었다.

### 3.2. pH 및 DO

pH는 조류가 발생함으로써 조류의 광합성 작용으로 인한 CO<sub>2</sub>의 소비로 8.0-8.2로 나타났으나, 부레옥잠이 성장함에 따라 조류가 제어되므로서 7.2-7.8의 pH 범위를 나타내었다. 또한, 조류의 광합성 작용으로 인하여 가장 높은 DO 값을 나타낸 것은 WH 2였으며, 각 반응조 별 DO 농도는 WH 2 > WH 1 > WH 4 > WH 3의 순으로 나타났다.

조류가 제어된 후의 DO농도는 부레옥잠의 높은 수표면 밀도로 인하여 대기과 수표면 간의 접촉이 어려워지기 때문에 각각 0.5, 0.6, 1.0, 1.1mg/L 로 낮게 나타났다.

### 3.3. 유기물질 제거

Fig. 5와 Fig. 6은 운전 경과 일수에 따른 부레옥잠에 의한 폐수처리장치의 COD 및 BOD의 제거효율을 나타낸 것이다. 552, 398, 282, 191kg COD/ha·day의 부하에서 조류 발생시 COD 및 BOD는 74-85%, 85-92%였고, 조류 제어시에는 COD 및 BOD가 77-84%, 89-93% 제거 효율을 나타내었는데, 조류 발생시의 제거율이 조류 제어시의 제거율과 비슷한 것은 운전 2-3일부터 각 반응조마다 발생한 조류에 의해 제거된 유기물질과 발생된 조류에 의해 증가된 유기물질의 양이 비슷한 것으로 생각된다. 낮은 유기물질 부하에서의 COD 및 BOD 제거율이 높은 유기물질 부하에서의 제거율 보다 높게 나타나는 일반적인 경향을 나타내었다.

### 3.4. 질소 제거

각 반응조에서의 TKN 제거율은 유기물질 부하가 552-191kg COD/ha·day의 범위일때, 46-61%였으며, 유기물질 부하가 높은 WH 1에서는 제거율이 낮고, 유기물질 부하가 낮은 WH 4에서는 높은 제

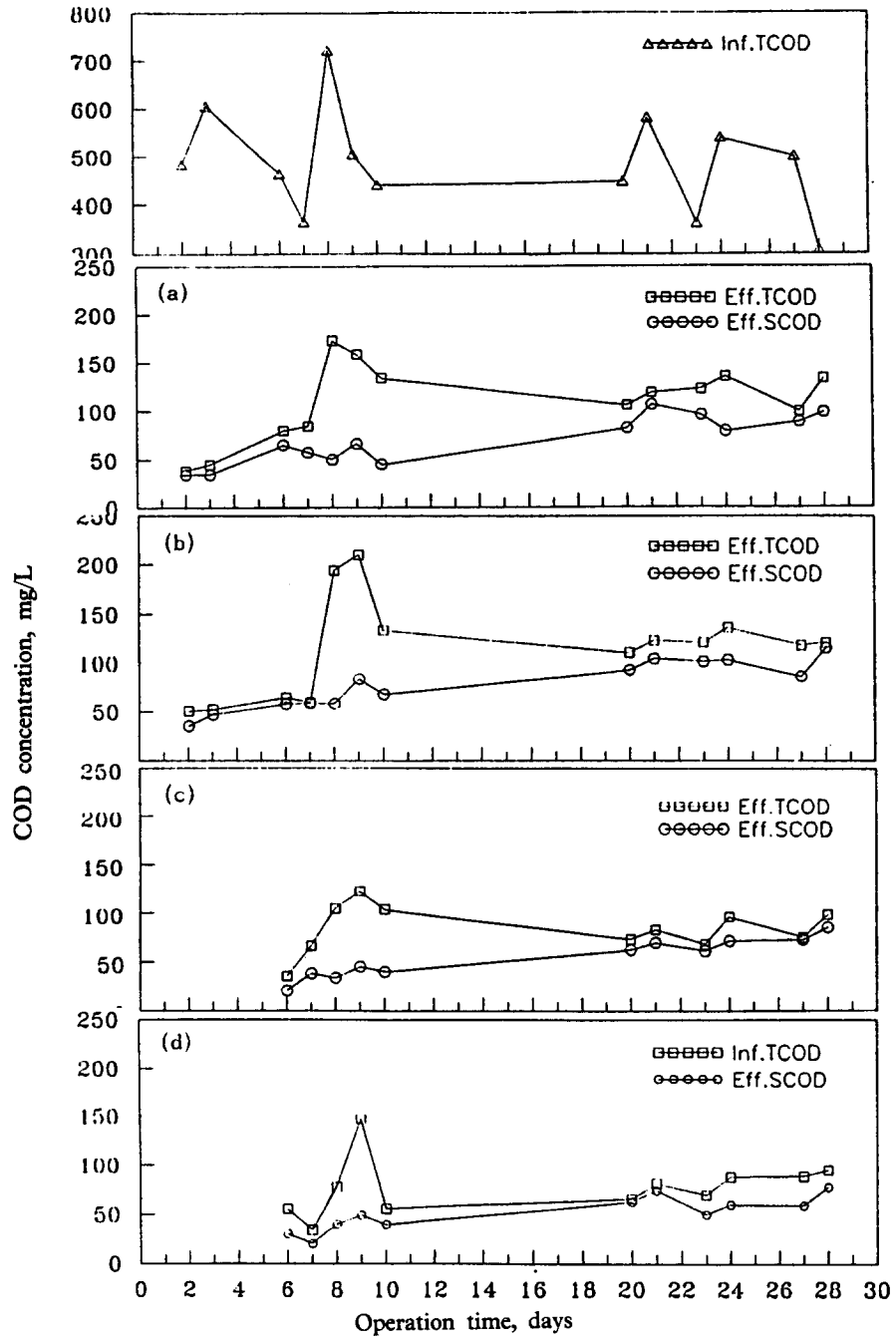


Fig. 5. The comparison of COD concentration during operation period in each water hyacinth effluent.

(a) 522kg COD/ha · day (c) 282kg COD/ha · day

(b) 398kg COD/ha · day (d) 191kg COD/ha · day

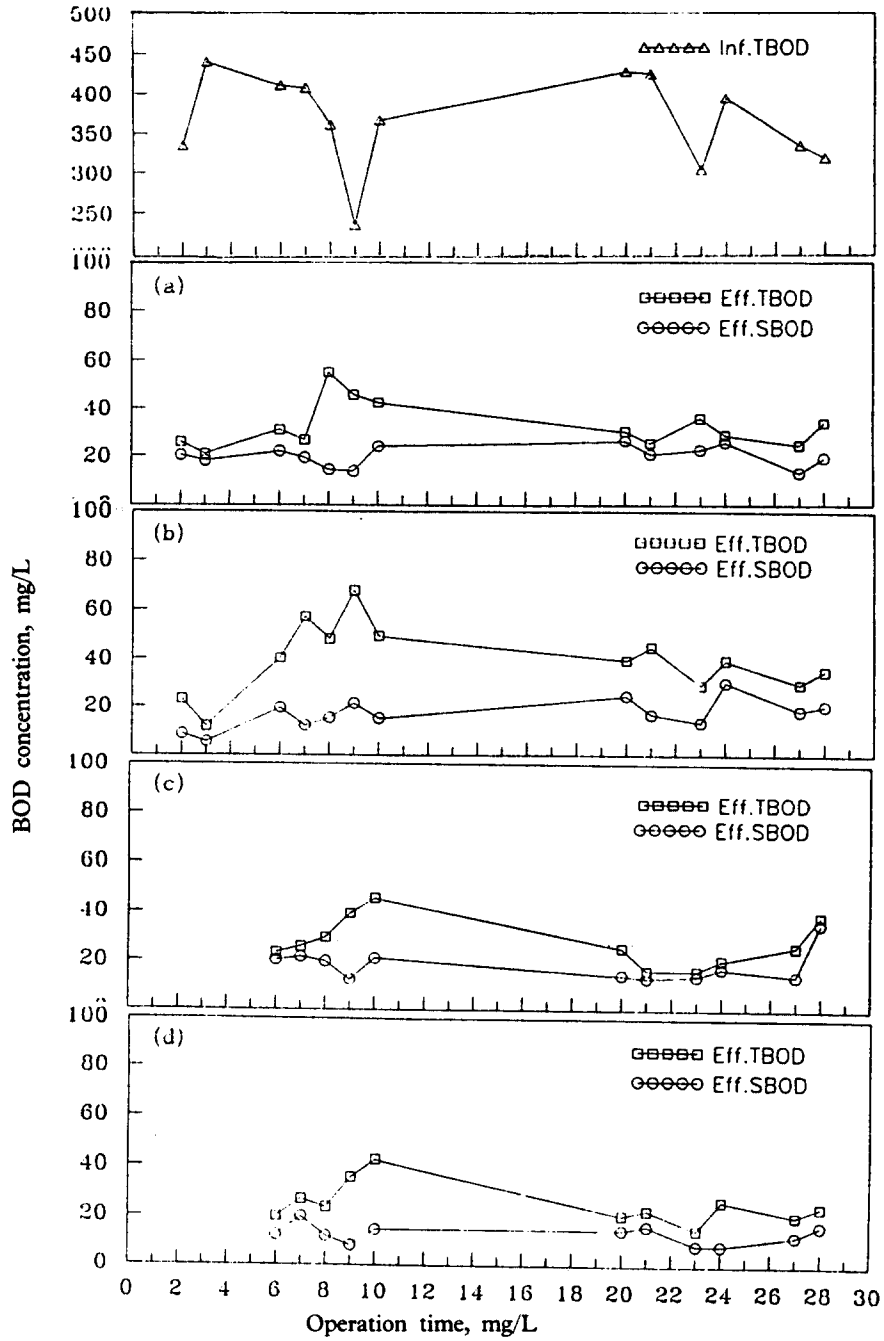


Fig. 6. The comparison of BOD concentration during operation period in each water hyacinth effluent.

(a) 376kg BOD/ha · day (c) 191kg BOD/ha · day

(b) 271kg BOD/ha · day (d) 130kg BOD/ha · day

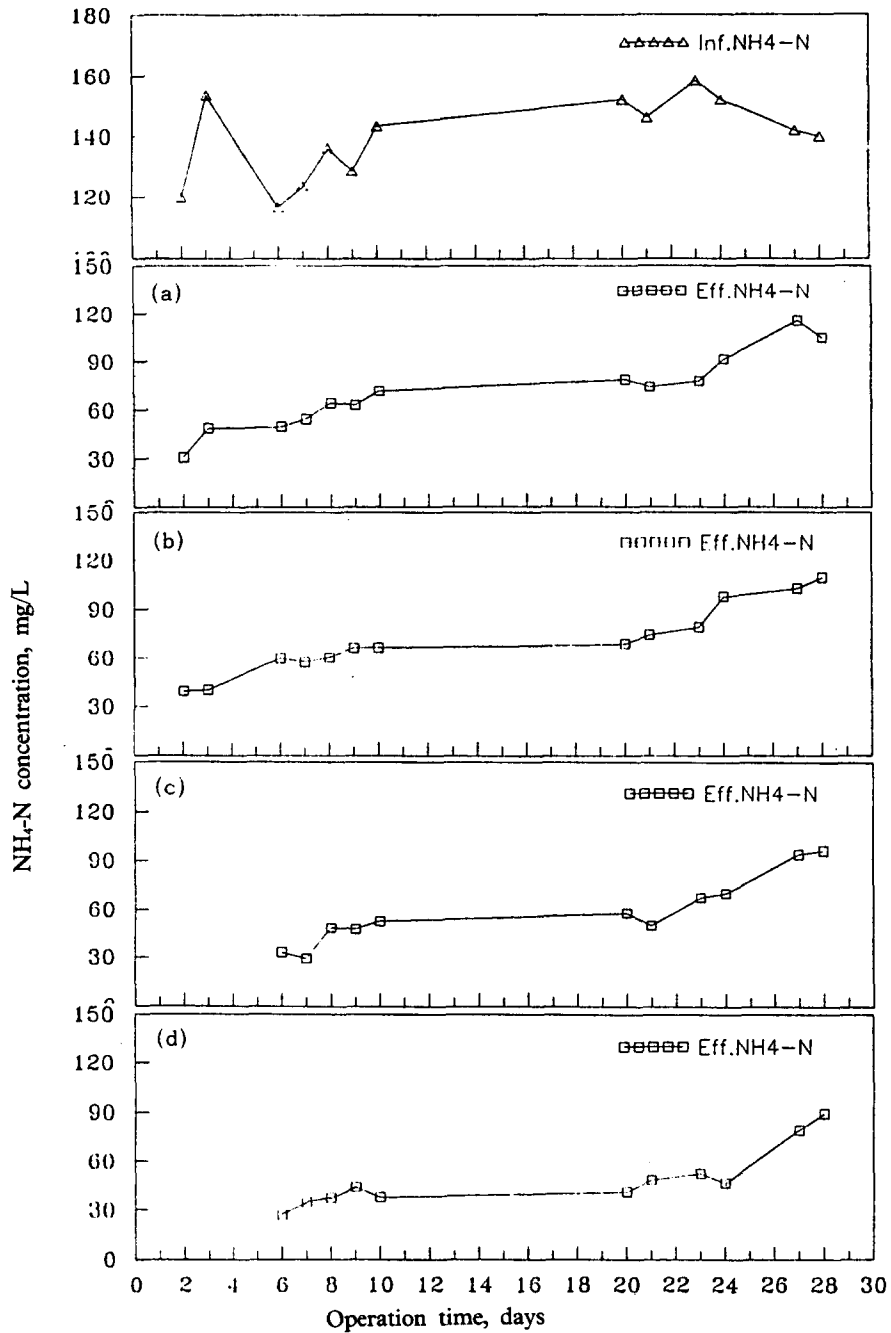


Fig. 7. The comparison of NH<sub>4</sub>-N concentration during operation period in each water hyacinth effluent.

- (a) 143kg NH<sub>4</sub>-N/ha · day (c) 61kg NH<sub>4</sub>-N/ha · day  
 (b) 103kg NH<sub>4</sub>-N/ha · day (d) 50kg NH<sub>4</sub>-N/ha · day



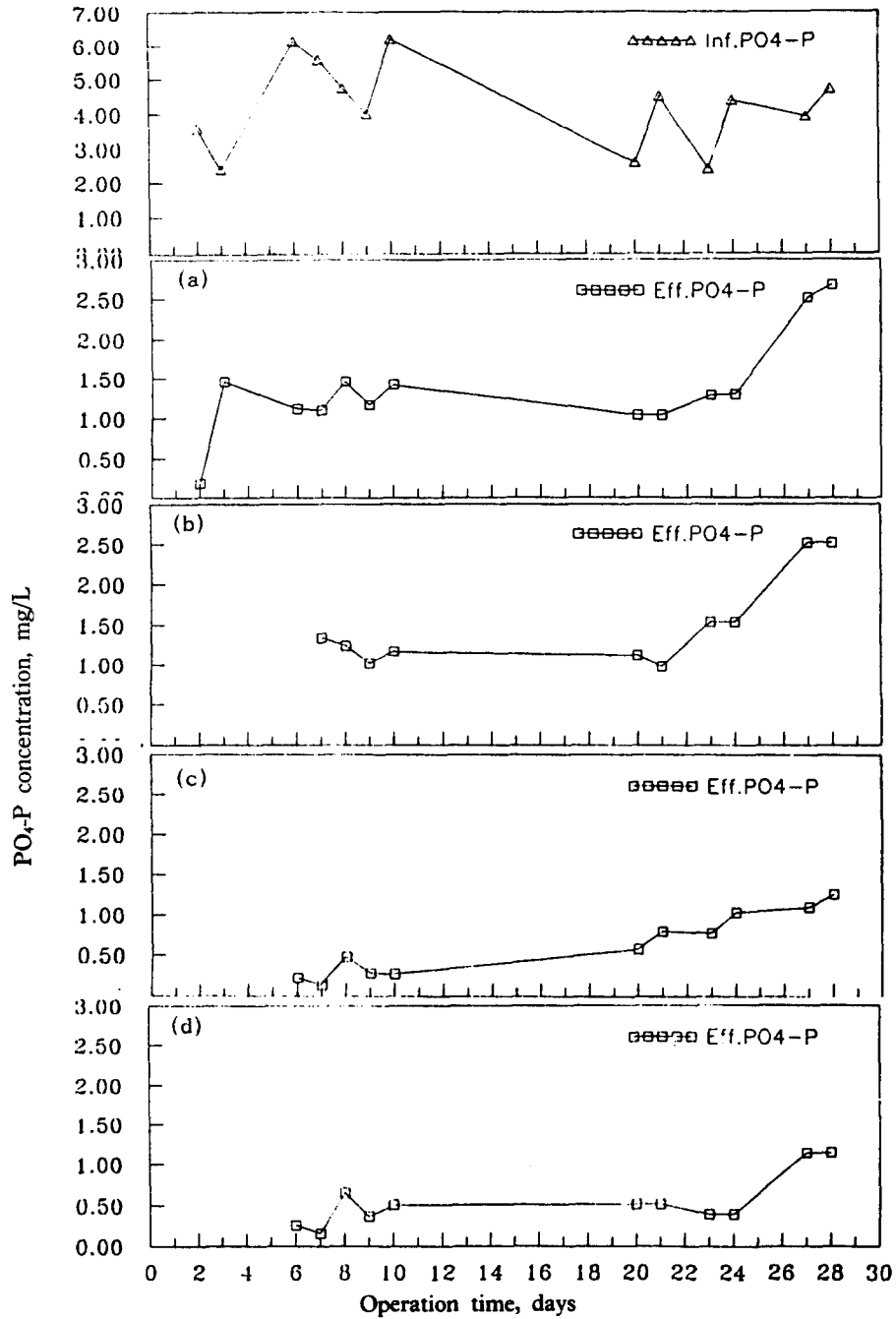


Fig. 8. The comparison of PO<sub>4</sub>-P concentration during operation period in each water hyacinth effluent.

(a) 3.9kg PO<sub>4</sub>-P/ha · day (c) 2.3kg PO<sub>4</sub>-P/ha · day

(b) 2.8kg PO<sub>4</sub>-P/ha · day (d) 1.6kg PO<sub>4</sub>-P/ha · day

거울을 나타내었다.

Fig. 7은 운전일수에 따라 조류 발생시와 조류 제어 후의  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 제거를 나타낸 것이다.  $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 조류 발생시에는 52-72%가 제거되었고, 조류 제어 후에는 38-59%가 제거되므로, 조류 발생시가 조류 제어후보다 높은 제거율을 나타내었는데 이는 각 반응조 별로 급성장한 조류에 의한 질소흡수 때문이다.  $\text{NH}_4\text{-N}$ 제거는 유기물질 부하가 높을수록 낮게 나타났다.

Fig. 7에서는 조류 발생시에 유기물질 부하가 가장 낮은 WH 4를 제외한 WH 1, WH 2, WH 3의 유출수  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 약 60mg/L정도로써 거의 유사한 제거율을 보였다. 또한, 조류가 제어되면서부터 각 반응조마다  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도는 증가하였다.

부레옥잠에 의한 질소의 흡수는 단위면적 당 WH 1이 0.550g  $\text{N}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ , WH 2가 0.623 g  $\text{N}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ , WH 3이 0.950g  $\text{N}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ , WH 4가 0.582g  $\text{N}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$  로 WH 3의 흡수율이 가장 높게 나타났다.

### 3.5. 인 제거

T-P는 유기물질 부하율이 552-191kg COD/ha · day의 범위일때 42-60%의 제거율을 나타내었으며, 유기물질 부하율이 낮을수록 인 제거율은 높게 나타났다.

Fig. 8은  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 제거를 나타낸 것으로서  $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 조류 발생 시에는 76-92%의 제거율을 나타내었고, 조류 제어 후에는 56-82%의 제거율을 나타내었다.  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 제거와 마찬가지로 조류 발생시는 조류 제어 후보다 훨씬 높은 제거율을 나타내었으며, 조류 제어 후의  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 유출수 수질이 높게 나타난 것을 볼 수 있다. 식물체에 의한 인 흡수는 WH 1이 0.0359g  $\text{P}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ , WH 2가 0.1673g  $\text{P}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ , WH 3이 0.1705g  $\text{P}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ , WH 4가 0.1391g  $\text{P}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ 로 나타났다.

## 4. 고 찰

부레옥잠을 이용한 폐수처리공법에서 조류를 제어하지 않은 개방된 수표면에서 운전 초기에 발생하는 조류는 유출수의 SS를 증대시키며, 햇빛이

없는 밤의 경우 반응조의 DO(Dissolved Oxygen)를 격감시키게 된다. 따라서, 부레옥잠의 초기 운전시, 즉 부레옥잠이 수표면을 완전히 덮어 햇빛을 차단 하므로써 조류의 성장을 막을때까지는 조류제어가 필요한 것으로 생각된다.

본 실험을 진행하는 동안 각 반응조 별로 성장한 조류의 양은 부레옥잠에 의해 덮혀진 수표면의 퍼센트 밀도와 유기물질 부하에 따라서 다소의 차이를 보인 것으로 생각된다. 즉 운전 초기에 각 반응조 별로 부레옥잠이 거의 같은 양으로 띄워졌으나, 부레옥잠에 의한 수표면의 퍼센트 밀도가 WH 1보다 WH 2가 더 낮았기 때문에 조류 번식이 더 쉬웠으며, 또한, 유기물질의 부하가 상대적으로 더 높은 곳에서 조류가 많이 번식한 것을 알 수 있었다.

또한, 조류가 제어되면서 부터 각 반응조마다  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 유출수 농도가 증가하였다. 이는 조류에 의한 영양염류의 흡수는 감소하고, 운전 20-23일 경에 부레옥잠은 수평, 수직적 성장이 거의 끝난 상태이므로(강 영희, 권 념명, 최 선영, 1987), 성장에 필요한 영양염류의 흡수가 적었을 뿐만 아니라, 성장이 거의 이루어진 부레옥잠 외측피가 노화하고 이 노화물이 식물 본체로부터 탈리하르로서 수중에서 분해하여  $\text{NH}_4\text{-N}$  농도를 상승시켰기 때문으로 사료된다. 따라서, 수표면 공간을 새롭게 확보함으로 식물의 수평적, 수직적 성장과 유기물질의 흡수 및 영양염류의 흡수를 돕고, 유출수 수질의 적정농도 유지와 부레옥잠장치의 효율 증진을 위해 식물의 적절한 수확이 필요하다고 생각되며, 본 실험을 통하여 식물체의 수확시키는 유기물질 부하가 552, 398, 282, 191kg COD/ha · day에서 적어도 운전 23-24일 경에는 행해져야 함을 알 수 있다.

식물체에 의한 인 흡수는 질소 흡수에 비해 아주 미소했음을 알 수 있는데, 이것은 유입 폐수 내의 인의 농도가 질소 농도에 비해 아주 미량이었기 때문으로 생각된다.

또한, 부레옥잠장치의 운전 중 vector의 발생을 제어하기 힘들었으며, 식물체를 자주 수확함으로 수표면과 대기와의 기체전달을 통해 DO 농도를 1-2 mg/L이상으로 유지시켜 주는 것이 필요하다.

부레옥잠 성장율은 아래식으로 표현이 된다(Tsu-

tomu Imaoka, Seiji Teranishi, 1988).

$$dW_t / dt = k W_t$$

여기서  $W_t$ 는 시간  $t$ 에서 단위 표면적당 부레옥잠 생체량( $g/m^2$ )을 나타내며  $k$ 가 비성장속도(/day)이다. 각각의 유기물질 부하에 따라 반응조 별로 수확된 최종 부레옥잠 생체량, 비성장 속도 및 영양염 흡수율은 아래 Table 3에 나타내었으며, 식물체 생체량은 습중량으로 나타내었다.

운전을 위하여 초기에 이식한 부레옥잠의 N, P 함량은 3.75%, 1.73%였으며, 최종 수확 후의 식물체 내의 N, P 함량도 Table 3에 나타내었다. 식물체의 N 흡수율과 P 흡수율은 식물체 내의 N, P 량에 식물체 성장량의 건중량(dry weight)을 곱하여 구하였으며, 식물체로의 N 흡수율과 P 흡수율은 WH 3이 가장 높게 나타났다.

Boyd(1970)에 의한 연구에서 부레옥잠에 의한 영양염류 제거 추정량은 1,980kg N/ha · yr, 322kg P/ha · yr로 나타났으나 Reedy와 Tucker에 의하면 7,887kg N/ha · yr, 1,978kg P/ha · yr로서 현저한 차이를 보였는데(Reedy, K.R., J.C. Tucker, 1983), 이것은 부레옥잠의 재배 조건에 따라 영양염류의 제거율이 상당히 다를 수 있음을 보여준다.

Table 3. Summary data for specific growth rate and plant biomass

Item	WH 1	WH 2	WH 3	WH 4
유기물질 부하, (kg COD/ha · day)	552	398	282	191
수리학적 체류시간, (day)	4.9	6.8	9.6	14.1
비성장 속도, k(/day)	0.0602	0.0613	0.0813	0.0648
식물체 생체량, (kg/m <sup>2</sup> )	7.34	7.57	13.24	8.35
식물체 전질소, (%)	4.25	4.17	4.12	3.86
식물체 유효인산, (%)	1.26	1.15	1.14	1.00
식물체 N 흡수율, (kg N/ha · yr)	2007	2273	3467	2124
식물체 P 흡수율, (kg P/ha · yr)	131	611	622	508

본 실험에서는 552-191kg COD/ha · day의 부하율에서 질소의 흡수율은 2,007-3,467kg N/ha · yr로 높게 나타난 반면, 인의 흡수율은 131-622kg P/ha · yr로 낮게 나타났는데, 이는 유입 폐수 내의 인 함량이 아주 적었기 때문이다. 또한, 본 실험에서는

수리학적 체류시간이 9.6일이며 유기물질 부하가 282kg COD/ha · day일때 식물체의 비성장 속도와 식물체 생체량 및 N, P의 흡수가 가장 우수한 것으로 나타났다.

## 5. 결 론

부레옥잠을 이용한 폐수처리장치를 사용하여 552-191kg COD/ha · day의 유기물질 부하에서 돈사 폐수를 처리함으로써 운전 초기에 개방된 수표면에서 발생하게 되는 조류의 영향을 살펴본 결과는 다음과 같다.

(1) 조류는 부레옥잠의 성장에 의해 수표면을 차단하여 자연제어가 일어나기 전까지 계속 번식하여 유출되어지며, 유출수의 조류 농도는 클로로필-a의 양으로 50-1037mg/m<sup>3</sup>였으며, SS농도는 5-85 mg/L로 나타나므로서 유기물질의 부하에 따라 많은 차이를 보였다. 조류가 제어된 후에는 클로로필-a는 0-110mg/m<sup>3</sup>였고, SS농도는 3-37mg/L로 감소되었다.

(2) 온도 30-35℃, 습도 65-96%의 온실에서 부레옥잠이 습중량으로 1.36kg/m<sup>2</sup>이 이식된 경우, 부레옥잠이 조류 번식을 억제하기 위해 성장하는 데에는 유기물 부하가 552-191kg COD/ha · day일때 8-10일 정도이며, 조류의 완전 제어에 소요되는 기간은 24 일임을 알 수 있었다.

(3) pH는 조류 발생시에 조류의 광합성으로 인해 8.0-8.2로 나타났으나, 조류 제어시에는 7.2-7.8의 범위를 나타내었다. 조류 발생시 DO농도는 7.6-19.4 mg/L로 높게 나타났으며, 조류 제어시에는 0.5-1.1 mg/L로 낮게 나타났었다.

(4) COD, BOD, SS 등의 유기물질은 조류 발생시가 조류 제어시보다 제거효율이 낮았으며, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P등의 영양염류는 조류 발생시에 더 많은 제거효율을 나타내었다.

(5) 식물체 내로의 질소 흡수율은 2,007-3,467kg N/ha · yr였으며, 인 흡수율은 131-622kg P/ha · yr로 나타났었다. 본 실험에서는 수리학적 체류시간이 9.6일이며 유기물질 부하가 282kg COD/ha · day일

경우, 식물체의 비성장 속도와 식물체 생체량 및 N, P의 흡수가 가장 우수한 것으로 나타났다.

### 참고문헌

- 강 영희, 권 녕명, 최 선영, 1987, 작물생리학, 도서출판 아카데미 서적, 187-214.
- 국립환경연구원, 1988, 축산폐기물의 적정 관리, 71-85.
- 농업기술연구소, 1976, 토양화학분석법.
- 호소수질연구소, 1992, 호소 만입부에서의 조류대량증식 제어기술 개발(II) (2차 보고서), 과학기술처 특정연구 개발사업보고서, 41-71.
- APHA, 1985, Standard methods for the examination of water and wastewater, 16th edition, 1985.
- Boyd, C.E., 1970, Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters, Ecol. Bot., 24, 95-103.
- George Tchobanoglous and Franklin L. Burton, 1991, Natural Treatment System, Wastewater Engineering - Treatment, Disposal, Reuse, McGraw-Hill, 1002-1016.
- Reedy, K.R. and D.L. Sutton, 1984, Water Hyacinths for Water Quality Improvement and Biomass Production, Journal of Environmental Quality, 14, 459-462.
- Reddy, K.R. and J.C. Tucker, 1983, Effect of nitrogen source on productivity and nutrient uptake of water hyacinth(Eichhornia crassipes), Ecol. Bot., 37, 236-246.
- Rogers, H.H. and D.E. Davis, 1972, Nutrient Removal by Water hyacinth, Weed Sci., 20(5), 423-428.
- Tchobanoglous, G. et al., 1989, Evolution and Performance of City of San Diego Pilot-Scale Aquatic Wastewater Treatment System using Water Hyacinths, Journal WPCF, 61(11/12), 1625-1635.
- Tsutomu Imaoka and Seiji Teranishi, 1988, Rates of Nutrient uptake and Growth of the Water Hyacinth [Eichhornia Crassipes(mart.) Solms], Wat. Res., 22(8), 943-951.
- Weber, A.S. and George Tchobanoglous, 1986, Prediction of nitrification in water hyacinth treatment systems, Journal WPCF, 58(5), 376-380.
- Wolverton, B.C. and R.C. McDonald, 1979, Upgrading Facultative Wastewater Lagoons with Vascular Aquatic Plants, Journal. WPCF, 51(2), 305-313.