

소형 식물·미생물 정화조 시스템 개발을 위한 기초 실험*

이은희¹⁾·이인숙¹⁾·정동선¹⁾

¹⁾ 서울여자대학교 자연과학대학

A Basic Experiment for a Small Sewage Treatment System Using Aquatic Plants and Microbes

Lee, Eun-Heui¹⁾ · Rhee, In-Sook¹⁾ and Jung, Dong-Sun¹⁾

¹⁾ College of Natural Sciences, Seoul Women's University

ABSTRACT

The rate of sewage treatment in South Korea was 68% in the late 1999. Sewage treatment is mostly made near big cities such as Seoul and Busan, and it is little in rural areas. Wastewater from households goes to streams directly without treatment in rural areas and pollutes streams. It is necessary to improve the progress for treatment of nutrients such as N and P which cause eutrophication in streams and lakes, because sewage treatment system in South Korea focuses on treatment of basic organic matters. Therefore it will contribute to improve discharged water quality if small sewage treatment systems by aquatic plants and microbes are introduced to rural areas where are not connected to local sewage treatment facility.

This experiment was conducted to find out the best way using aquatic plants and microbes to purify wastewater from households through individual sewage treatment system. *Phragmites communis*, *Iris pseudoacorus*, *Acorus calamus* var. *angustatus*, *Typha orientalis* and *Oenanthe javanica* were used for this experiment. BOD, COD, SS, T-N and T-P were analyzed following standard methods for wastewater.

The result shows that wastewater was roughly purified through pebbles and sands, and highly purified through aquatic plants and microbes especially in T-N and T-P. *Iris pseudoacorus* is the most effective in reduction of COD and BOD level. This system will work even in winter when plants die because microbes will be still working.

Key words : *Sewage Treatment System, Aquatic Plants, Microbes*

*본 연구는 과학기술부 2000년도 여자대학교 연구기반 확충사업의 연구비 지원으로 수행되었음.

I. 서 론

우리나라의 하수처리율은 99년 말 68%이나 (환경부, 2000a), 서울, 부산 등 대도시를 제외한 농어촌, 산촌 등에서는 하수처리가 제대로 이루어지지 않아 심각한 하천오염을 야기하고 있다. 특히 농어촌 지역의 단독정화조가 설치되어 있는 곳에도 가정에서 버려지는 음식물 찌꺼기나 분뇨는 분해성 유기물을 많이 함유하고 있어 미생물에 의해 분해되면서 물 속의 산소를 소모시키게 된다. 각종 영양염류인 암모니아, 질산염, 아질산염, 인산염 등을 많이 함유한 오폐수를 처리하지 않고 방류하여 하천이나 호수에 흘러 들어오면 플랑크톤이 많이 번식하여 부영양화를 초래하게 된다. 또한 우리나라의 하수처리는 단순 유기물 처리에 초점이 맞추어진 처리시설로 하천, 호수 등의 부영양화를 야기하는 질소나 인 등 영양염류 처리를 위한 공정의 개선이 필요하다. 이미 선진 외국에서는 하수처리율이 100%에 육박하고 있으며, 무엇보다도 환경친화적인 시스템을 이용한 식물정화조에 관한 연구도 많이 진행되었고 또한 실제로도 많이 활용되고 있는 추세이다(Ambros et al, 1998; Metcalf, 1991).

독일 Berlin Krezberg에 위치한 Dessauer Str.에서는 IBA·87의 Pilot project로서 공동주택에 주거단지용 식물정화조를 만들어 대도시에서도 외부공간이 존재하면 하수처리효과는 물론 수공간으로서의 활용이 가능하다는 시범을 보였다.

국내의 경우는 자연친화형 농어촌 하수처리장에 관한 연구가 수초·골재하수처리장을 모델로 하여 한국교원대학교내에 설치하여 이루어졌고 (정동양, 1999), 개인용 수초·골재 하수처리장에 대한 연구도 이루어지고 있다(정동양, 2000). 식물을 이용한 정화효과는 수질 개선의 측면에서 단독으로 연구가 많이 되고 있으며 (이옥주, 1999; 조강현, 1997; 조홍규, 2000; 왕승호, 1998; Wissing, 1995), 습지를 이용한 식물정화효과에 대해서는 박현진·안태석(2001)과 양홍모(2001) 등이 연구하였다. 기존의 폐수의

생물학적인 처리방식에서는 미생물이 사용되고 있으나 (Metcalf and Eddy, 1991) 아직까지 식물정화조에 미생물을 첨가하여 적용한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

예전의 농어촌에서는 사용한 물을 집 앞의 미나리밭을 거쳐 도랑을 거치게 하여 자연정화에 의한 효과가 컸음에도 불구하고 요즘은 농촌마저도 하수 관거가 시멘트화되어 식물에 의한 외부공간조차 활용할 수 없는 상태가 되어 환경오염은 더욱 심각한 상태이다(정동양, 1999).

지금까지 하수종말처리시스템을 활용하지 않은 농어촌, 산촌 등에 외부공간을 활용한 식물·미생물 정화조를 제시한다면 방류수의 수질을 개선할 수 있으며 외부공간에 이 식물·미생물정화시스템을 소속되게 하여 습지 Biotop을 조성함으로써 환경개선에도 많은 기여를 할 수 있으리라 기대된다(김혜주 등, 1999).

따라서 본 연구는 지역적으로 하수처리장에 연결되지 않고 개별적인 정화시스템을 갖춘 농촌지역의 가정용 생활오수를 중심으로 단독정화조를 거친 방류수의 정화를 위한 식물·미생물 정화조 시스템 모델개발을 위한 기초연구로서 이에 적합한 시스템의 도출을 위해 식물·미생물의 하수 정화능력을 분석하는 데 그 목적을 두고 있다.

II. 실험설계 및 연구방법

1. 실험 재료

1) 실험용 소모형

소형 식물·미생물 정화조를 설계하기 위한 정화효과의 실험용으로 소형 모델을 설계하여 주문 제작하였다. 소모형은 두께 1cm의 아크릴로 제작되었으며, 본 실험을 위해 사용한 모형의 크기는 가로×세로×높이가 30cm×30cm×60cm이고, 사전실험을 위해서는 높이가 80cm, 100cm 인 것을 추가로 제작 사용하였다. 모형 상층부에는 생활하수를 넣을 수 있는 유입구와 하층부에는 배출구를 두었다. 식재를 위한 골재는 하층부에 직경 16-32mm 정도인 강 자갈을

10cm 정도 깔고 그 위에 직경 0.5mm 이하인 미사를 물로 세척한 후 채우고 실험구별로 식물을 5주씩 식재하였다. 실험은 서울여대 구 과학관 2층 실험실 실험대에서 이루어졌는데, 토양층에 조류가 발생하는 것을 방지하기 위해 창쪽에는 검은 PVC 막을 대어 빛이 투과하지 못하도록 하였다.

2) 공시 식물 및 미생물 선정

수질 정화에 효과가 있다고 알려진 수생식물 중 갈대, 노랑꽃창포, 창포, 미나리, 부들을 사용하였다.

실험에 사용된 미생물은 단일 미생물과 복합 미생물을 사용하였다. 단일 미생물은 모형정화조에 정착하여 생육하며 urea를 분해하는 균을 오수로부터 분리하여 사용하였다(AM-3명명). 복합미생물은 오수에 서식하며 Nitrate환원력이 있는 균(U-1), 식물뿌리에서 공생하는 저온균(R-1), 수초 정화조 내에서 고농도의 Phosphate가 함유된 합성세제에서 생육하는 균(AM-1)을 생활하수에서 분리하여 사용하였다.

2. 실험구 조성 및 실험 방법

실험구에 유입되는 유입수는 양평 국수리 개인주택의 부패식 정화조에서 도랑으로 유입되기 전의 하수를 채취하였다. 채취한 하수는 약 14 Liter 정도를 살수하여 모형정화조의 골재층에서 5cm 정도 올라오도록 하였다. 이를 후에 각 실험구별 배출구에서 채수하여 분석을 통해 정화효과를 비교하였다. 실험은 2000년 6월 22일부터 15일 간격으로 세 번 실시하였다. 실험구는 식물의 종류, 미생물 첨가 여부에 따른 효과를 보기 위해 다음과 같이 조성하였다.

1) 실험용 소모형 제작을 위한 골재층의 높이에 따른 정화능력 실험구

제작된 모형정화조의 크기는 가로 30cm×세로 30cm이며, 깊이에 따른 효과를 측정하기 위하여 높이는 각각 60cm, 80cm 그리고 100cm로 제작하였다(사진 1). 골재층의 높이는 50cm, 70cm, 90cm로 하였다.



사진2. 실험용 소모형 식재상태

2) 식물별 정화능력에 대한 실험구

30cm×30cm×60cm 크기로 제작된 각 모형정화조에 선정한 식물 5가지(갈대, 노랑꽃창포, 창포, 미나리, 부들)를 각각 식재하였다. 갈대, 노랑꽃창포와 창포는 파종하여 키운 일년생을, 부들과 미나리는 포장에서 채취한 것을 구입하여 사용하였다. 한 모형정화조에는 식물을 심지 않고 골재만으로 채워 식물에 의한 정화 효과 분석에 기준으로 사용하였다.

3) 단계별 정화능력에 대한 실험구

정화조의 모형을 3개를 직렬로 연결하여 첫 번째 정화조를 거쳐, 두 번째, 세 번째 정화조에서 정화된 오수의 질을 비교하여 살펴보았다. 첫 번째 모형정화조에는 기본적으로 식물정화조에 사용되고 있는 갈대를, 두 번째와 세 번째 모형정화조에서는 미적인 측면과 연못으로의 활용을 고려하여 노랑꽃창포와 미나리를 각각 심었다. 미나리는 상태가 좋지 않아 2차, 3차 실험은 창포로 교체하였다. 즉, 생활오수는 갈대조를 통해 노랑꽃창포로 그리고 다시 미나리/창포를 거치면서 방류되게끔 설계하였다(그림 1).

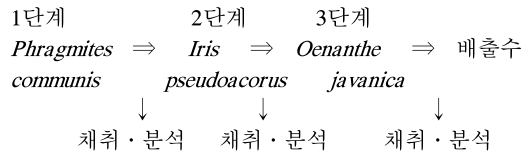


그림 1. 단계별 모형의 흐름도

4) 미생물접종별 정화능력에 대한 실험구

정화조에 미생물을 접종한 후 식물정화조를 거친 오수의 질과 미생물을 거치지 않은 정화조와 비교하여 그 성능을 비교하였다. 단일 미생물과 복합미생물을 각각의 갈대조에 접종하였다. 대조구로서 단일미생물만을 식물 없이 골재에 접종하였다.

3. 분석방법

채수한 시료를 유입수로 하여 이틀동안 모형정화조 내에서 체류하게 한 후, 처리수를 분석하였다. 조사항목으로는 수온, pH, 화학적 산소 요구량 (COD), 생물학적 산소 요구량 (BOD), 총질소 (T-N), 총인 (T-P), 그리고 부유 물질 (SS) 등 총 7개 항목으로, 수온과 pH는 현장에서 조사하였으며, COD, BOD, T-N, T-P 그리고 SS의 경우는 채수 후 실험실에 운반하여 최단 시간 내에 분석함을 원칙으로 하였다. BOD 측정의 경우에는 원수는 50배, 식물 모형정화조를 통과한 처리수는 10배 희석하여 분석에 사용하였다. 그리고, COD 측정에 있어서는 원수는 10배 그리고 처리수는 2배 희석하여 분석하였다. 분석방법은 주로 수질오염시험방법에 준하여 실시하였다(환경부, 2000b). DO와 BOD는 윙클러 아지드화 나트륨 변법을, COD는 과망간산 칼륨 산성법을, SS는 유리섬유 여지법을, T-N은 자외선 흡광광도법을, T-P는 아스코르빈산 환원법을 사용하였다.

미생물 정화조에 접종할 미생물 AM-3는 Nutrient broth를 이용하여 실온에서 24시간 배양한 후 원심분리(8000rpm, 15min)에 의해 균체를 회수하여 생리식염수에 현탁시킨 후 생균수를 측정하였다. 2차 실험에서는 미생물 AM-3를 81×10^8 cfu/L의 농도로 오수가 들어 있는 갈대정화조에 혼합하였다. 3차 실험에서는 미생물의 접종량을 현저하게 줄인 후 정화효과를 비교하였다. 즉, 오수가 들어있는 미생물단독정화조와 미생물+갈대 혼합 정화조에 AM-3균체를 21×10^5 cfu/L의 농도로 혼합하고 일정 기간별로 정화효과를 측정하였다. 통계처리는 반복인 표본수가 적은 관계로 자료를 평균을 내

어 단순 비교하였다. 이때 편차가 큰 값을 제외하고 평균을 내었다.

III. 결과 및 고찰

1. 모형정화조의 깊이에 따른 효과

조사한 결과에 따른 정화 능력은 60cm로 제작된 것이 BOD나 COD 그리고 T-N, T-P의 처리 효과가 더 크게 나타났다(표 1). 따라서 본 실험을 위한 모형정화조는 60cm의 깊이로 제작하였고 골재층의 깊이는 50cm로 하였다.

표 1. 모형정화조의 깊이에 따른 분석결과
(단위 mg/L)

	유입수	100 cm	80 cm	60 cm
COD	75.6	36.2	37.3	34.0
BOD	176	39.3	48.6	15.9
T-N	63.3	34.9	40.5	22.3
T-P	13.8	0.83	1.00	0.50
SS	65.3	13.4	10.4	43.2

2. 식물의 종류에 따른 처리 효과

선정한 식물 5가지에 대하여 각각의 항목에 대한 정화효능을 조사한 결과는 표 2와 같다. 이후로는 갈대가 식재되어 있는 식물모형정화조로부터의 방출수는 A, 노랑꽃 창포는 B, 미나리 C, 창포 D, 부들은 E 그리고 골재만 있는 모형정화조는 F로 각각 명시하였고 식물에 의한 효능을 보기 위해 골재모형정화조(F)를 대조구로 하였다.

1) COD의 처리효과

유입수의 COD 값은 3차에 걸친 평균이 95 mg/L로서 이는 폐수 배출 허용기준 보다도 높은 값이다. 본 실험에서 제작된 모형정화조를 통과한 후 COD 값은 각각 갈대, 노랑꽃창포, 미나리, 창포 그리고 부들의 경우 각각 14, 4, 25, 9, 24mg/L로 나타났다(표 2). 식물이 식재되지 않은 대조구(F)에 비해 노랑꽃창포(B)와 창포(D)가 좋은 정화효과를 보여주었다(그림 2).

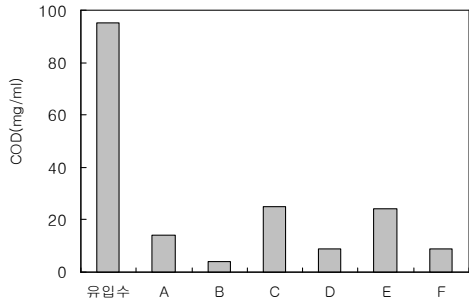


그림 2. 식물별 COD 처리효과

2) BOD의 처리효과

88mg/L의 유입수는 각각의 모형정화조 통과한 후, 갈대, 노랑꽃창포, 미나리, 창포, 부들의 경우 각각 5, 3, 16, 3, 12mg/L로 되었다(표 2).

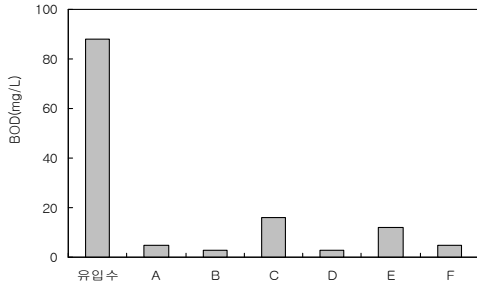


그림 3. 식물별 BOD 처리효과

BOD에 있어서도 노랑꽃창포(B)가 대조구인 골재층(F)에 비해 좋은 정화효과를 보여주었다(그림 3).

3) T-N의 처리효과

식물은 성장하면서 질소를 취한다. 그러나, 많은 양의 질소가 하천으로 흘러 들어오면 하천의 부영양화를 초래한다. 현재 생활하수의 총 질소 방출기준은 60mg/L이다. 유입수의 경우, 방류수 기준을 충족시키고 있지만, 더욱 낮은 수치를 목표로 한다면, 식물에 의한 처리수에서의 결과를 주목할 수 있다. 재배 면적이 30cm × 30cm 좁은 면적임에도 불구하고 노랑꽃창포

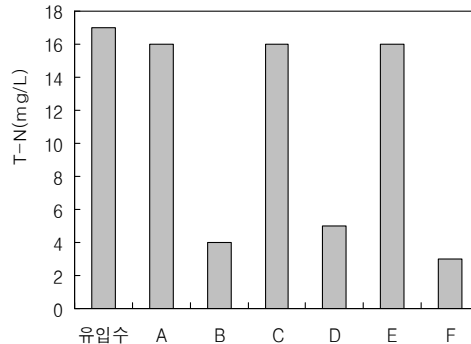


그림 4. 식물별 T-N 처리효과

표 2. 식물의 종류에 따른 정화능력 분석 결과

(단위 mg/L, (제거효율%))

시기	유입수			갈대(A)			노랑꽃창포(B)			미나리(C)			창포(D)			부들(E)			골재(F)		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차
COD	96	106	94	24 (75)	13.6 (87.2)	14.4 (84.7)	4.8 (95)	3.6 (96.6)	15.2 (83.8)	24.8 (74.2)	25.6 (75.9)	-	6.8 (93)	10.8 (89.8)	16.2 (82.8)	21.6 (77.5)	25.6 (75.9)	2.4 (97.5)	7.6 (92.1)	9.8 (90.8)	15.6 (83.4)
BOD	533.6	85.6	90.6	60.4 (88.7)	3.07 (96.4)	6.85 (92.4)	40.2 (98.1)	3.02 (96.5)	2.01 (97.8)	50.3 (90.6)	15.6 (81.8)	-	20.15 (96.2)	1.81 (97.9)	3.73 (95.9)	27.7 (94.8)	21.14 (75.3)	3.32 (96.3)	7.5599 (8.6)	5.52 (93.6)	4.23 (95.3)
T-N	17.31	15.88	9.37	16.73 (60.4)	15.18 (4.4)	3.09 (67)	4.04 (76.70)	13.54 (14.7)	3.41 (63.6)	16.48 (4.8)	15.98 (-0.63)	-	6.22 (64.10)	15.48 (2.5)	3.16 (66.3)	16.04 (7.3)	15.26 (3.9)	3.95 (57.8)	2.92 (83.1)	15.06 (5.1)	2.83 (69.8)
T-P	8.54	11.42	10.31	nd* (100)	nd (100)	3.73 (63.8)	nd (100)	nd (100)	nd (100)	0.384 (95.5)	0.296 (97.5)	-	nd (100)	nd (100)	nd (100)	nd (100)	nd (100)	nd (100)	nd (100)	nd (100)	nd (100)
SS	92.01	85.27	35.40	39.67 (57)	10.87 (87.3)	23.50 (33.6)	22.33 (75.8)	11.27 (86.8)	1.40 (96.1)	16.17 (82.4)	37.08 (56.5)	-	14.67 (84.1)	4.8 (94.4)	8.1 (77.1)	30.4 (67)	46.7 (45.2)	16.04 (54.7)	6.33 (93.1)	14.37 (83.2)	10.93 (69.1)

*검출한계 : 0.001mg/L 1차 : 6월 22일 2차 : 7월 6일 3차 : 7월 20일

와 창포의 경우는 약 75%의 처리효과를 보여주고 있다(표 2, 그림 4). 본 측정값은 체류 기간 2일의 결과로서 앞으로의 실험 조건을 적정화하고 식물의 생육이 왕성해 진다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있으리라고 본다.

4) T-P의 처리효과

호소나 하천의 부영양화를 초래하는 인(P)을 제거하는 것은 매우 중요하다. 본 실험에서의 유입수는 10mg/L로서 기준치인 8mg/L 이상이였다. 식물 모형정화조를 통과한 처리수에서는 T-P가 모두 검출되지 않았다. 이는 매우 좋은 처리효과를 보여준다고 할 수 있다.

5) 부유 물질(SS)

89mg/L의 부유 물질을 함유하고 있던 유입수는 식물이 식재되어 있는 골재(자갈-모래)층을 통과한 후 17-25mg/L의 부유 물질만을 함유하

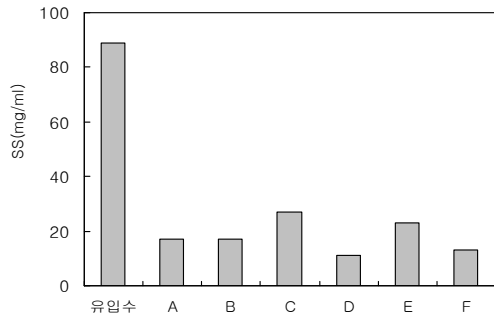


그림 5. 식물별 부유물질 처리효과

였다(표 2). 이는 70-85%가 처리됨을 볼 수 있다. 대조구인 골재층(F)에 비해 창포(D)가 좋은 효율을 보였으나 전반적으로 식물들의 뿌리가 잘 활착되지 못하고 죽은 뿌리, 잎과 줄기 등으로 인해 효과가 대조구보다 낮게 나타난 것으로 보인다.

3. 직렬로 연결된 식물모형정화조의 효과

유입수가 갈대를 거친 것을 1단계, 2단계는 갈대를 거친 방류수가 노랑꽃창포를 거친 것, 3단계는 2단계의 방류수가 그리고 미나리/창포를 거친 것으로, 표 3은 각 단계의 방류수를 분석한 결과이다. 노랑꽃창포의 T-N 처리효과는

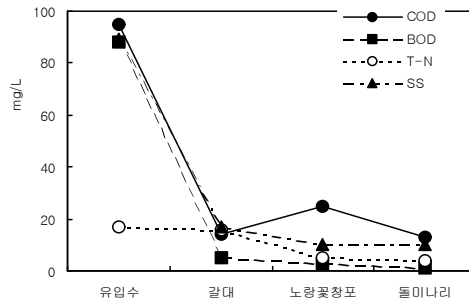


그림 6. 3개의 직렬연결된 식물모형정화조의 정화효과

이곳에서도 두드러지게 나타나는데, 갈대를 통과한 오수는 노랑꽃창포에서 68% 처리됨을 볼 수 있다. 또한, BOD의 경우 갈대-노랑꽃창포-미나리/창포를 거치면서 88mg/L이었던 오수

표 3. 모형 3개가 직렬 연결된 시스템의 정화능력 분석 결과 (단위 mg/L (제거효율%))

시기	유입수			1단계			2단계			3단계		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차
COD	96	106	94	24(75)	13.6(87.2)	14.4(84.7)	8.4(91.2)	23.2(78.1)	26(72.3)	6.8(92.9)	18.8(82.3)	14.8(84.3)
BOD	533.6	85.6	90.6	60.4(88.7)	3.07(96.4)	6.85(92.4)	7.55(98.6)	5.49(93.6)	1.21(98.7)	5(99.1)	0.81(99.1)	0.4(99.6)
T-N	17.31	15.88	9.37	16.73(3.4)	15.18(4.4)	3.09(67)	4.67(73)	15.98(-0.6)	4.71(49.7)	3.07(82.3)	15.48(2.5)	5.52(41.1)
T-P	8.54	11.42	10.31	nd [†] (100)	nd(100)	3.73(63.8)	nd(100)	nd(100)	nd(100)	nd(100)	nd(100)	nd(100)
SS	92.09	85.27	35.4	39.67(56.9)	10.87(87.3)	23.5(33.6)	24.7(73.2)	15.35(82)	4.97(86)	20.73(77.5)	9.03(89.4)	10.8(69.5)

*검출한계 : 0.001mg/L 1차 : 6월 22일 2차 : 7월 6일 3차 : 7월 20일

가 각각 5mg/L-3mg/L-1mg/L로 낮아지는 것을 볼 수가 있다(그림 6).

4. 미생물 접종에 따른 효과

비교구로 갈대만 심어 있는 모형정화조와 갈대+단일미생물접종, 갈대+복합미생물, 갈대없이 단일미생물만 접종된 4개의 실험구에서 COD, BOD, T-P, T-N, SS를 측정된 결과, 모든 조사항목에 대하여 단일미생물이 처리된 모형정화조에서 가장 좋은 결과를 보여주었다(표 4).

특히, 미생물 정화조 처리수의 BOD 제거효율은 95% 이상으로 유기물 제거효율이 매우 높게 나타났다. 갈대를 식재한 식물정화조에 미생물을 혼합한 경우에는 BOD 감소율이 높아질 뿐만 아니라 T-N 제거율도 46.7%로서, 총질소 제거능이 미약한 식물정화조의 단점을 보완할 수 있는 것으로 나타났다(표 4). 단일미생물(AM-3)을 접종한 정화조에서는 BOD 감소효과와 T-N 제거능이 모두 우수한 것으로 나타나, AM-3 균주는 유기물 분해능과 무기질소 이용능이 탁월한 것으로 판단된다.

표 4. 정화조별 수질 정화 효과 (단위 mg/L)

	유입수 (2차)	배출수 농도 (제거 효율(%))			
		골재	골재+갈대	골재+갈대+단일미생물	골재+갈대+복합미생물
COD	106.0	9.8(90.7)	13.6(87.2)	8.2(92.3)	15.6(85.3)
BOD	85.60	5.52(93.5)	3.07(96.4)	2.92(96.6)	1.81(97.9)
T-N	15.878	15.063(5.1)	15.719(1.0)	8.464(46.7)	14.40(9.3)
T-P	11.415	nd*(100)	nd(100)	nd(100)	nd(100)
SS	77.0	12.90(83.2)	9.0(88.3)	5.20(93.2)	12.0(84.4)

*검출한계 : 0.001mg/L

네 종류의 미생물을 혼합 접종한 정화조에서도 BOD 감소효과는 단일미생물 처리조보다 높았으나, COD 감소효과는 낮은 것으로 나타났다.

그러나 유기물 오염으로 수중생물이 피해를 당하는 것은 미생물에 의해 분해되는 유기물이 고, 미생물이 분해할 수 없는 유기물은 물 속의

산소를 고갈시키지 못하므로 COD 농도보다는 BOD 농도를 감소시킨 복합미생물 정화조의 정화효과는 높다고 본다. 그러나 T-N 함량의 변화에서는 단일 미생물 정화조의 효율이 훨씬 높기 때문에 분리 균주 중에서 AM-3를 오수 정화용 미생물로 활용하기 위한 후속연구가 필요한 것으로 나타났다.

표 5는 골재, 골재+미생물(단일), 골재+미생물(단일)+갈대의 효과를 분석한 결과로서 골재의 효과가 크게 작용하고 있고, 또한 적절한 미생물과 식물이 도입되었을 때 더 좋은 효과를 보여주는 것을 알 수 있다.

표 5. 식물미생물정화조와 골재정화조의 정화효율 비교 (단위 mg/L)

	유입수 (3차)	배출수농도 (제거효율(%))		
		골재	골재+미생물 (단일)	골재+갈대+미생물(단일)
COD	94.0	15.6(83.4)	9.2(90.2)	11.0(88.3)
BOD	90.60	4.23(95.3)	0.81(99.1)	0.10(99.9)
T-N	9.372	2.829(69.8)	2.267(75.8)	2.179(76.7)
T-P	10.305	nd*(100)	nd(100)	nd(100)
SS	35.40	10.93(69.1)	11.0(68.9)	5.63(84.1)

*검출한계 : 0.001mg/L

IV. 결 론

본 연구는 소형 식물·미생물 정화조 시스템 개발을 위한 기초 실험으로서 각 식물의 종류에 따른 처리 효과와 식물모형정화조의 단계별 정화효과, 그리고 미생물 접종에 따른 정화 효과를 살펴보았다.

식물의 종류에 따른 처리 효과는 갈대, 노랑꽃창포, 미나리, 창포 그리고 부들이 COD, BOD, SS, T-N, T-P 항목을 측정된 결과 모두 좋게 나타났고, 그 중 노랑꽃창포가 COD, BOD 처리효과가 두드러졌다. 그러나 비교구인 골재층만의 경우도 효과가 높게 나타나 식물정화조에서 골재의 효과는 큰 것으로 나타났다.

3반복으로 실시한 3개 직렬 연결된 식물모형

정화조의 정화 효과는 여러 단계를 거칠 때 더 좋은 효과가 나타났으나 2단계와 3단계를 거치는 동안에는 그 효과는 크게 나타나지는 않았다. 따라서 장소가 허락하지 않는 경우는 1단계 만으로도 효과를 볼 수 있으리라 생각된다.

미생물 접종에 따른 효과는 복합미생물 접종보다 단일미생물(AM-3)을 접종하였을 때 COD, BOD, T-P, T-N, SS 등의 모든 조사항목에서 가장 좋은 것으로 나타났다. AM-3는 각종 유기물 분해능이 매우 강하고 특히 Nitrate reduction능과 urea분해능이 있어 좋은 결과를 보였다.

이상의 결과와 같이 본 실험은 식물·미생물 정화조를 위한 기초실험으로서 식물의 도입과 미생물의 첨가, 그리고 단계별 처리시스템은 하수의 정화에 좋은 효과를 보이지만 식물정화조의 구조를 이루는 골재만으로도 그 효과가 좋을음을 보여주었다. 그러나 본 연구는 실험실에서 식물생육이 왕성하지 못한 상황에서 실시된 제한점이 있었다. 따라서 외부공간에서 식물이 완전히 활착해서 생육을 하는 경우에는 근부의 발달과 미생물의 부착매질로서의 조건 등이 갖추어지면 식물·미생물정화조에 의한 정화 효과는 클 것이라 예상된다. 앞으로 농어촌지역이나 산촌지역의 분산형 주거지에 적합한 식물·미생물 정화시스템을 개발 적용한다면 수질환경개선은 물론 자연과의 조화와 더불어 습지 Biotop 조성적인 측면에서도 생태계에 미치는 효과가 클 것이라 사료된다. 그러기 위해서는 소형 식물·미생물정화조시스템을 in situ 실험을 통해 그 효과를 장기적으로 검증해보는 것이 앞으로의 과제일 것이다.

인 용 문 헌

김혜주 · 이옥하 · 김덕환. 2001. 공업용 폐수를 재활용한 생물서식공간 조성사례. 한국환경보존학회 학술대회 춘계학술 발표회 자료집 : 66-67.

박현진 · 안태석. 2001. 생활오수처리를 위한 지

표면하 흐름식 인공습지의 적용. 한국환경보존학회 학술대회 하계학술 발표회 자료집 : 68-73.

양홍모. 2001. 고수부지를 이용한 여과습지의 수질정화 초기처리. 한국환경보존학회 학술대회지 4(4) : 56-63.

이영노. 1996. 원색 한국식물도감. 서울 : 교학사.

이옥주. 1999. 수생식물의 수질정화 효과에 관한 연구(꽃창포, 박하, 이삭물수세미, 큰피막이, 부들, 노랑어리연꽃, 생이가래에 대하여). 한양대학교 환경대학원 석사학위논문.

왕승호. 1998. 수생식물을 이용한 수질정화 System 개발에 관한 연구. 조선대학교 환경보건대학원 학위논문.

정동양. 1999. 자연친화형 농어촌 하수처리장 모델개발. 한국환경보존학회 학술대회지 2(1) : 10-19.

정동양. 2000. 개인용 수초·골재 하수처리장. 한국환경보존학회 학술대회 춘계학술 발표회 자료집 : 33-35.

조강현. 1997. 수계환경 보존을 위한 수변부 생태계의 생태공학적 이용 -대형수생식물을 중심으로-. 서울여자대학교 생태연구소 설립기념 심포지움 자료집 : 68-81.

조흥규. 2000. 수초골재 하수처리장에서 정수식물의 생육 상태 조사. 한국고원대학교 대학원 석사학위논문.

환경부. 2000a. 환경통계연감(제13호)

환경부. 2000b. 수질오염공정시험방법

Ambros, Ehrhardt and Kerschbaumer. 1998. Pflanzen-kläranlagen. Leopold Stocker Verlag.

Metcalf and Eddy. 1991. Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse 3rd Ed. McGraw-Hill.

Wissing. 1995. Wasserreinigung mit Pflanzen. Ulmer.

接受 2002年 7月 3日