

수질 정화를 위한 부착조류의 성장에 적합한 매질과 유속

Mesh size and Water Velocity for The growth of
Filamentous Periphytic Algae

박 구 성 · 김 호 섭 · 최 광 현 · 윤 춘 경 · 황 순 진* (건국대)
공 동 수(국립환경연구원)

Park, Ku Sung · Kim, Ho Sub · Choi, Kwang Hyun · Yoon, Chun Gyeong
Hwang, Soon Jin · Gong, Dong Soo

Abstract

The purpose of this study was to evaluate mesh size and water velocity for the growth of filamentous periphytic algae(FPA). The growth experiment was carried out in the constructed pilot waterway system with nutrient-rich treated wastewater. Growth rate of FPA was highest at water velocity about 10 cm/s. The maximum standing crop of FPA was 253 $\mu\text{g chl.}a/\text{cm}^2$, and an average of the net productivity was 3.92 mgDW/ cm^2/day or 25.3 $\mu\text{g chl.}a/\text{cm}^2/\text{day}$. Biomass development and growth rates of FPA were highest at the net with 20mm mesh size during the fall season and 10mm mesh size during the winter season.

I. 서 론

오염된 소하천이나 농배수로에서 우점종으로 나타나는 사상성 부착조류 (filamentous attached algae)는 (Okada and Suda, 1984) 단세포 조류와 마찬가지로 수중의 영양염을 체 표면 전체로 흡수하며, 부착매질에 고착하여 생활하는 단세포성 조류에 비해 고착 후 수중으로 뺀어나가며 성장하기 때문에 수중 영양염에 대한 이용효율이 높다. 특히, 물의 유동에 의해 접촉되는 부분의 영양염만 흡수하므로 정체 수역보다는 하천성 수계에서 증식 정도와 물질흡수능이 높으며, 증식속도가 대단히 빨라 수중의 무기태의 영양염 흡수효율이 뛰어나고 인산염 흡수력은 일반 수생식물의 약 10~10,000배에 달한다(Hwang et al., 1998; 황과 공, 1999). 또한, 비교적 낮은 영양염 농도 수준에서도 생육이 뛰어나고 생육 가능한 수온 범위가 넓어 수온 5°C 이하의 저수온기에도 생육이 가능하며 부착 증식하는 기질의 조각이 간편하므로, 생육 정도의

제어가 용이하다는 장점이 있다. 따라서, 부착조류의 성장에 유리한 매질과 유속 등의 환경을 조성하는 경우 수질개선을 위한 시스템으로서의 이용가능성이 높을 것으로 판단된다.

본 연구는 부착조류를 이용한 오염된 소하천이나 농배수로의 수질 정화 시스템개발을 위한 기초 연구로서, 부착조류의 성장에 유리한 매질과 유속인자를 평가하기 위해 수행되었다.

II. 재료 및 방법

서로 다른 매질과 유속에 따른 부착조류의 성장률을 비교하기 위한 실험을 2000년 11월부터 2001년 7월까지 하수 처리장 방류구 부분에 설치된 폭 20cm, 길이 5m 크기의 아크릴로 제작된 3조의 Pilot수로에서 3회에 걸쳐 수행되었다. Pilot 수로의 유입수로는 하수처리장 방류수를 펌핑하여 사용하였다. 실험에 사용된 매질의 망목 크기는 5, 10, 20 mm였으며, 유속은 각각 5cm/s, 10cm/s, 15cm/s로 조절되었다. 실험에 사용된 하수처리수의 TP 및 TN 농도는 각각 0.29~2.07 mg/l, 18.4~44.0 mg/l 범위에 있었다.

서로 다른 조건 하에서 시간에 따른 부착조류의 생물량의 변화는 부착조류의 건중량, 엽록소 *a* 농도, 조체 내의 인과 질소농도를 분석하여 비교하였다. 시료를 GF/F여과지에 여과하여, 엽록소 *a* 와 건중량(Ash Free Dry weight; AFDW) 측정하였다. 엽록소 *a* 농도는 여과지에 90% 아세톤을 가하고 막자사발로 마쇄한 후 냉암소에서 2시간 이상 추출한 엽록소를 흡광광도계를 이용하여 흡광도를 측정하였다 (APHA, 1995).

III. 결과 및 고찰

1. 매질에 따른 성장률 비교

1차 실험은 10월 말 ~ 11월 초에 실시하였다. 실험 기간 동안 10mm 망목의 매질에서 조류세포 내 인(TP)과 질소(TN)함량은 큰 폭의 변화를 나타냈다. 20mm 망목에서 인 함량은 실험 후반부로 갈수록 증가하여 실험 종료 시(20일 후)에는 10mm망에서 보다 더 높은 함량을 나타냈다.

<표 1> Pilot수로 내 서로 다른 매질에서 시간에 따른 단위 면적당 생물량 변화

Incubation Time (day)	Mesh Size (mm)	AFDW	chl. <i>a</i>	TP	TN	AFDW/chl. <i>a</i>	TP/chl. <i>a</i>	TN/chl. <i>a</i>
		mg/cm ²	µg/cm ²	µg/cm ²	µg/cm ²	µg/µg		
8	10	6.1	98.5	64.8	87.3	61.9	0.7	0.9
	20	4.0	62.6	54.4	63.0	64.0	0.9	1.0
12	10	8.3	97.0	103.3	100.2	85.6	1.1	1.0
	20	5.2	96.2	53.2	58.1	54.0	0.6	0.6
15	10	13.6	154.1	194.3	228.9	88.2	1.3	1.5
	20	8.1	107.7	99.7	121.2	75.2	0.9	1.1
20	10	18.9	118.3	172.0	270.2	159.7	1.5	2.3
	20	18.4	373.5	197.5	280.1	49.2	0.5	0.8

부착조류의 평균 증가율은 20mm 망목이 10mm 망목에 비해 엽록소 a는 6배, TP는 1.5배 정도 높게 나타났다.

<표 2> Pilot 수로내 서로 다른 매질에서 부착조류의 평균 증가율

Parameter	Unit	Mesh size	
		10 mm	20 mm
Dry weight	mg/cm ² /day	1.21	1.30
Chlorophyll <i>a</i>	μg/cm ² /day	4.76	27.16
TP	μg/cm ² /day	9.81	12.98
TN	μg/cm ² /day	17.25	19.40

2월에 실험한 2차 실험에서는 차 실험결과에 비해 생물량이 6배 정도 낮게 나타났다. 그러나 단위 chl.a 무게 당 AFDW의 비는 전반적으로 2차 실험에서 더 높았다. 이 원인은 10월에 비해서 2월의 낮은 온도로 인해 성장률이 감소하여 질소와 인과 같은 영양염의 이용도가 낮았기 때문으로 추정된다. 이로 인해 10mm 망목이 20mm 망목보다 높게 나타났다 <표 3>. 10mm 망목은 실험 종료시기에 건중량, 엽록소 a, TN 이 처음보다 2~3배 이상 증가하였다.

<표 3> Pilot수로 내 서로 다른 매질에서 시간에 따른 단위면적당 생물량 변화

Incubation Time (day)	Mesh Size (mm)	AFDW	Chlorophyll <i>a</i>	TP	TN	AFDW/chl.a	TP/chl.a	TN/chl.a
		mg/cm ²	μg/cm ²	μg/cm ²	μg/cm ²	μg/μg		
4	10	2.4	13.0	6.5	28.8	184.6	0.5	2.2
	20	0.9	13.5	4.5	10.6	65.9	0.3	0.8
9	10	2.3	8.1	2.9	13.1	283.9	0.4	1.6
	20	1.5	11.6	7.6	14.2	128.4	0.7	1.2
14	10	1.9	15.4	5.9	28.0	125.3	0.4	1.8
	20	1.8	18.7	11.3	28.1	96.3	0.6	1.5
16	10	5.6	47.3	5.9	77.8	117.5	0.1	1.6
	20	3.6	34.1	11.9	45.1	104.1	0.4	1.3

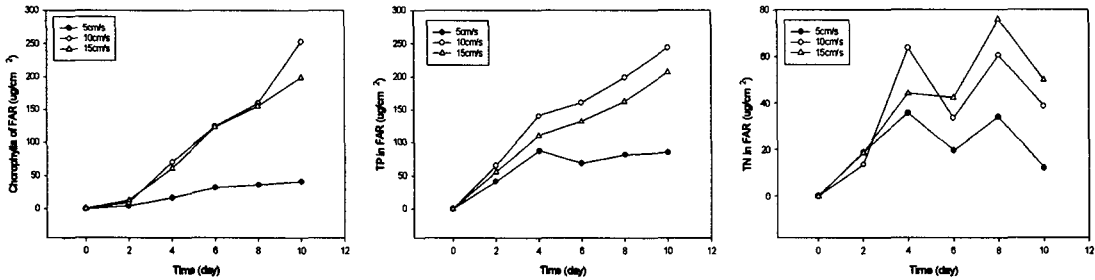
부착 조류의 평균 증가율은 10mm 망목이 20mm 망목에 비해 건중량, TP, TN은 약 2배 정도, 엽록소 a는 1.5배정도의 증가율을 나타냈다 <표 4>.

<표 4> Pilot수로 내 서로 다른 매질에서의 부착조류의 평균 증가율

Parameter	Unit	Mesh size	
		10 mm	20 mm
Dry weight	mg/cm ² /day	0.58	0.32
Chlorophyll <i>a</i>	μg/cm ² /day	4.91	3.02
TP	μg/cm ² /day	7.99	3.66
TN	μg/cm ² /day	3.42	1.44

2. 유속에 따른 성장량 비교

1차 실험은 4월에 실시하였으며, 10mm 크기의 망목을 설치한 수로에 유속을 각각 5cm/s, 10cm/s, 15cm/s로 달리하여 성장량과 성장률을 비교하였다. 유속이 10cm/s로 조절된 수로에서 가장 높은 성장량이 나타났으며 유속이 가장 느리게 조절된 5cm/s 수로에서 가장 낮은 성장량을 나타냈다. 실험 최종일의 10cm/s 유속의 수로에서 단위면적당 생물량은 5cm/s 유속의 수로보다 엽록소 *a*는 약 8배, 다른 항목들은 3배 이상 높았고, 15cm/s 유속의 수로보다 약 2배 높게 나타났다 <그림 3>.



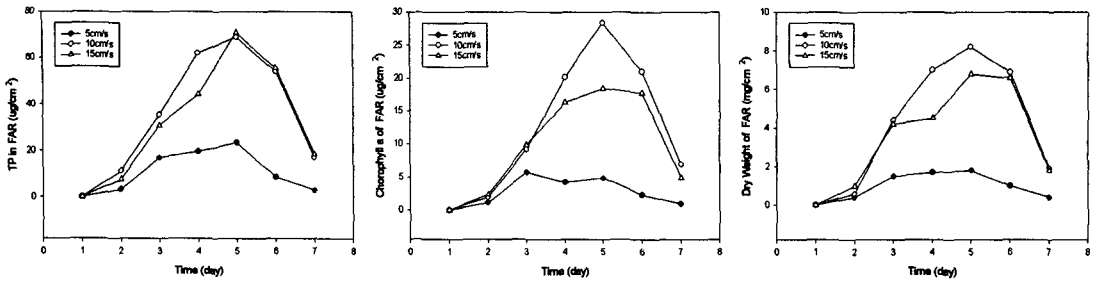
<그림 3> Mesh size가 다른 망목에서 유속에 따른 단위면적당 생물량의 변화

10mm 망목에서 단위 면적당 부착조류의 평균 증가율은 유속이 10cm/s로 조절된 수로에서 건중량과 엽록소 *a* 농도, 부착조류 생체 내 포함된 인이 모두 높은 평균 증가율이 높게 나타났다 <표 5>.

<표 5> 10mm 망목에서 서로 다른 유속에서의 부착조류의 평균 증가율

Parameter	Unit	Water Velocity		
		5 cm/s	10 cm/s	15 cm/s
Dry weight	mg/cm ² /day	0.59	3.92	2.69
Chlorophyll <i>a</i>	µg/cm ² /day	4.1	25.3	19.9
TP	µg/cm ² /day	8.4	24.3	20.7

2차 실험은 7월에 실시하였으며, 20mm 망목에 대하여 유속을 달리하여 실험하였다. 이번 실험에서도 10cm/s 유속에서 부착조류의 양이 가장 많았다. 엽록소 *a*의 경우 성장량이 가장 많은 5일에서 10cm/s의 엽록소 *a* 양은 5cm/s의 약 7배, 15cm/s의 1.5배 정도 높았다. TP의 경우는 10cm/s와 15cm/s가 비슷한 경향을 나타내며, 5cm/s와는 4배정도의 높았다. 5일 이후에 모든 유속에서 성장량이 감소하는 경향을 나타냈다. 5일 이후에 모든 망목에서 많은 실지렁이가 발견되었다. 감소경향은 실지렁이에 의한 부착조류의 탈리와 섭식에 의한 것으로 추정된다 <그림 4>.



<그림 4> 20mm 망목에서 유속에 따른 단위면적당 생물량의 변화

평균 증가율은 실지렁이의 발생에 의해 감소하기 전인 5일까지를 비교하였다. 10m/s 유속에서 평균 증가율이 1.5~3배 높게 나타났다 <표 6>.

<표 6> 20mm 망목에서 서로 다른 유속에서의 부착조류의 평균 증가율

Parameter	Unit	Water Velocity		
		5 cm/s	10 cm/s	15 cm/s
Dry weight	mg/cm ² /day	0.45	2.05	1.70
Chlorophyll a	µg/cm ² /day	1.21	7.10	4.60
TP	µg/cm ² /day	5.87	17.27	17.75

IV. 결 론

본 연구는 유속과 매질 크기에 따른 부착조류의 성장 정도를 평가하였다. 성장실험은 pilot 수로시스템에서 영양물질이 많이 함유된 하수처리수를 이용하여 수행하였다. 매질의 크기에 따른 부착 조류의 성장량과 증가율은 생물량이 많은 1차 실험(10월~1월)에서는 20mm 망목이 10mm 망목에 비해 높게 나타났고, 생물량이 적은 2차 실험(2월)에는 10mm 망목이 20mm 망목에 비해 모든 항목이 약 2배 정도 높게 나타났다.

유속에 따른 부착 조류의 성장은 두 실험 모두 유속이 10cm/s로 조절된 망에서 가장 높은 성장량과 증가율을 보였다. 본 실험결과, 부착조류의 부착·성장에 가장 적합한 유속은 10cm/s이며, 매질의 크기는 생물량이 많을수록 망목이 큰 매질(20mm 망목)이 적합한 것으로 나타났다.

V. 사 사

본 연구는 농립기술개발사업 (#200083-3: 부착조류 시스템을 이용한 농촌유역 수질개선기법 개발)에 의해 지원되었음.

VI. 참고문헌

공동수, 천세억. 1999. 인공수로내 사상성 부착조류의 증식속도 및 영양물질 제거능. 한국육수

- 학회지, 32: 217-232.
- 조경제. 1994. 인공기질을 이용한 부착조류 조사. 한국육수학회지 27:47-57.
- 황순진, 공동수. 1999. 습지의 인 Sink 기능에 영향을 미치는 생물학적 요인들. 한국육수학회지 32:79-91.
- Aizaki, M. 1979. Growth rate of microorganisms in a periphyton community. Jap. J. Limnol. 40:10-19.
- APHA. 1995. Standard methods for the water and wastewater examination. American Public Health Association. Washington D.C.
- Hwang, S-J., A.D. Steinman, and K.E. Havens. 1998. Phosphorus uptake kinetics in a large shallow subtropical lake. Freshwater Biology 40:729-745.
- McIntire, C.D. 1968. Structural characteristics of benthic algal communities in laboratory streams. Ecology, 49: 520-537
- Okada, M. and R. Sudo. 1984. Submerged filter streams as applied to gray water treatment. Res. Rep. Nat'l. Environ. Stud. 55.
- Reisen, W.K. and D.J. Spencer. 1970. Succession and current relationship of diatoms on artificial substrates in Prater's Creek, South Carolina. J. Phycol., 6:117-121
- Stevenson, R.J. 1983. Effects of current and condition simulating autogenically changing microhabitats on benthic diatom immigration. Ecology, 64:1514-1524.
- Tachibana, H., A. Moriguchi, T. Inoue, N. Kimura, and S. Omura. 1988. Composition and its water purification ability of biofilm on river bed - Examining urban rivers for instance. Proc. Environ. & Sani. Eng. Res. 24.
- Wetzel. R.G. 1975. Limnology. Saunders Publ. Co. New York.