

호소저수구역에서 침수식물체의 수온별 영양염류 용출 특성

임병진[†] · 이상규[†] · 서동철¹ · 최익원¹ · 강세원¹ · 서영진¹ · 이동진 · 김상돈 · 허종수² · 조주식^{1*}

국립환경과학원 영산강물환경연구소, ¹순천대학교 생물환경학과,
²경상대학교 응용생명과학부 (BK21 농생명산업 글로벌 인재 육성 사업단)

Characteristic of Nutrient Release by Submerged Plants under Different Water Temperatures in Lake Reservoir

Byung-Jin Lim[†], Sang-Gyu Lee[†], Dong-Cheol Seo¹, Ik-Won Choi¹, Se-Won Kang¹, Young-Jin Seo¹,
Dong-Jin Lee, Sang-Don Kim, Jong-Soo Heo², and Ju-Sik Cho^{1*}

Yeongsan River Environmental Research Center,

¹Department of Bio-Environmental Sciences, Suncheon National University,

²Division of Applied Life Science (BK21 program) & Institute of Agriculture and Life Science,
Gyeongsang National University

To evaluate effects of water temperatures on nutrient releases of submerged plants in lake reservoir, COD, T-N and T-P releases of submerged plants were investigated for 60 days under different incubation temperatures (5°C and 25°C) in columns. The amounts of COD releases by *Carex dimorpholepis* were 60.4 mg L⁻¹ at 5°C and 78.0 mg L⁻¹ at 25°C. In *Miscanthus sacchariflorus*, the amounts of COD releases were 62.5 mg L⁻¹ at 5°C and 70.5 mg L⁻¹ at 25°C. The amounts of T-N releases in *Carex dimorpholepis* at 5°C and 25°C were 45.8 and 60 mg L⁻¹, respectively. In *Miscanthus sacchariflorus*, the amounts of T-N releases were 55.7 mg L⁻¹ at 5°C and 61.0 mg L⁻¹ at 25°C. At 5°C, the amounts of T-P releases in *Carex dimorpholepis* and *Miscanthus sacchariflorus* were 5.65 and 7.10 mg L⁻¹, respectively. At 25°C, the amounts of T-P releases in *Carex dimorpholepis* and *Miscanthus sacchariflorus* were 8.70 and 8.18 mg L⁻¹, respectively. In the column experiment, the amounts of COD, T-N and T-P releases by submerged plants at 25°C were generally higher than those at 5°C.

Key words: Water temperature, Nutrient release, Submerged plant, *Carex dimorpholepis*, *Miscanthus sacchariflorus*

서 언

본 조사가 수행된 주암댐은 전라남도 순천시, 보성군 및 화순군과 경계에 위치한 댐으로 주암호의 유역면적은 약 1,010 km²이고, 계획홍수위는 EL. 110.5 m, 상시만수위는 EL. 108.5 m, 저수위는 EL. 85.0 m이며, 총 저수용량은 약 457백만 m³이다. 주암호는 총면적 5,716천 m² 중 절대보존 구역이 6천 m² (0.1%)이고, 관리/완충구역이 201천 m² (3.5%)이며, 보전적 이용구역이 5,509천 m² (96.4%)으로 구성되어 있다 (Cho, 2010; Lee et al., 2007).

국내 하천이나 호소 등에서 발생하는 수질변화에 따른 현상들과 관련하여 수많은 연구들이 그동안 수행되었으나 기후변화에 따른 기온상승과 인위적인 오염원에 의해서 발

생될 수 있는 수온변화에 대한 연구는 미비한 상태에 있다 (Han, 2010). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)를 비롯한 국외 기후변화 전문 연구기관과 국내 국립 기상연구소에 의해 수행된 장래 기상예측 결과, 한반도의 향후 기온상승은 지속적으로 이루어질 것이라 예측되었다 (Cho et al., 1996; Han, 2010). 이에 따라 여름과 초가을 고 수온기에 빈번하게 일어나는 호소 내 부영양화 현상이 더욱 심각해질 것으로 판단되며 이러한 현상은 유기물, 질소 및 인과 같은 영양염류와 온도 상승 등의 다양한 인자와 밀접한 상관이 있다 (Cho et al., 1996; Lee and Kang, 2000).

주암호 저수구역 내에는 갈수기에 다양한 초목류들이 토양과 수질로부터 영양염류를 흡수하면서 대량으로 생육하고 있다. 하지만 홍수기인 7~8월에 저수량이 증가할 경우 초목류들이 침수되어 서서히 분해되면서 유기물, 질소 및 인 등의 영양염류들을 용출시켜 수질오염을 가중시키고 있는 실정이다 (Cho, 2010; Choi, 2002; Ministry of Environment,

접수 : 2012. 7. 19 수리 : 2012. 8. 9

[†]공동 제1저자

*연락처 : Phone: +82617503297

E-mail: chojs@suncheon.ac.kr

2009). 또한 우리나라는 계절별 특성상 침수시기 초기는 여름철로 수온이 높고, 침수 2~3개월 후에는 겨울철로 수온이 급격히 감소되므로 저수구역내 침수식물체의 용출특성을 정확히 평가하기 위해서는 수온이 침수식물체의 용출에 미치는 영향을 조사할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

따라서 호소저수구역 내에서 침수된 식물체의 영양염류 용출에 수온이 미치는 영향을 조사하기 위해 인위적인 환경 조건 변화 없이 원상태의 수질, 토양 및 식물체들 (이삭사초 및 물억새 등 2종)을 그대로 칼럼으로 옮겨와 주암호 원수로 침수시킨 후 배양기에서 온도조건 (5°C 및 25°C)을 달리 하여 침수기간에 따른 영양염류 용출 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

공시재료 복내리 저수구역 내 주요 식생은 물억새, 이삭사초, 매자기, 개망초, 털립새귀리 등 약 30여종 이상이 분포하고 있었으며, 주요 우점종은 이삭사초와 물억새이었다. 따라서 주요 우점종인 이삭사초 (*Carex dimorpholepis Steud*)와 물억새 (*Miscanthus sacchariflorus Benth*)를 칼럼 실험에 사용되는 대상으로 선정하였다. 칼럼 실험에 사용된 식물체와 토양은 특수 제작한 정밀 core를 이용하여 채취하였고, 식물체는 각 칼럼마다 한 개체씩 포함시켰다. 식물체 및 토양 시료채취 시 동일지역에서 직접 채취한 주암호 원수를 그대로 사용하였으며, 채취 즉시 칼럼 실험 이전까지 저온상태 (5°C)로 유지되게 하였다. 공시 수질의 특성은 Table 1에서 보는 바와 같이 COD는 평균 3.0 mg L⁻¹, T-N 함량은 평균 0.9 mg L⁻¹, T-P 함량은 평균 0.03 mg L⁻¹이었다. 시료채취장소는 전남 보성군 복내면 복내리 저수구역 (34°53'53" N, 127°08'30" E)으로 주암호 저수구역 중 단일지역으로서는 가장 넓은 지역이며 유정천-복내천-일봉천이 분류인 보성강과 합류하는 매우 넓은 환경사 나대로 전체 저수구역의 면적은 약 1,848,568 m²이었다.

실험방법 칼럼은 시료 (물)의 채취가 용이하도록 칼럼의 상단부가 개방되어 있으며, 그 크기는 지름 15 cm × 높이 100 cm로 총체적은 17,663 cm³되게 제작하였다 (Fig. 1). 시료 채취 장소인 복내리 저수지역에서 대표적인 우점종인 이삭사초와 물억새를 각각 토양표면으로부터 깊이 25 cm까

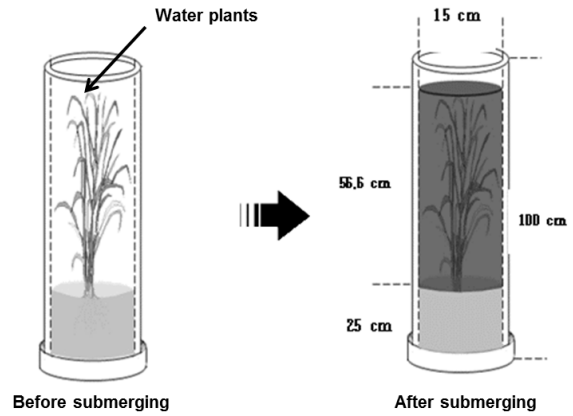


Fig. 1. Schematic diagram of column used in this study.

지 자연상태 그대로 세 번에 걸쳐 채취하여 칼럼에 그대로 옮김으로서 칼럼의 수질 및 토양 환경을 실제 현장과 동일하게 유지되도록 준비하였다 (Herman and White, 2008). 일반적으로 맴이나 호소에서 식물체 침수가 일어나는 여름철의 수온은 15~25°C 정도 유지되는 것으로 알려져 있으며, 침수 후 2~3개월인 겨울철의 수온은 2~10°C 정도 유지가 되는 것으로 알려져 있다. 따라서 수온 변화에 따른 용출 농도 특성을 평가하기 위해 여름철 평균 수온인 25°C와 겨울철 평균 수온인 5°C 하에서 칼럼 실험을 진행하였다. 준비된 칼럼에 홍수 시 침수환경과 동일한 조건을 부여하기 위해 채취한 주암호 원수를 각 칼럼에 11 L씩 주입한 후 칼럼내의 영양염류 변화를 모니터링하기 위해 침수기간에 따라 칼럼 내 수질을 100 mL씩 채취하여 COD, T-N 및 T-P 함량을 각각 분석하였다. 또한 실험의 정확도를 높이기 위해 칼럼 안에 식물체 없이 토양과 물만 넣은 control 처리구와 함께 실험을 진행하였다. 분석시료는 칼럼에 주암호 원수로 식물체를 침수시킨 후 2, 4, 6, 8, 10, 12, 19, 29, 33, 38, 47, 53 및 60일째에 채취하였으며, 수질분석은 3반복하여 회귀분석법으로 통계처리 하였다.

분석방법 수질 분석은 수질오염공정시험법 (Choi et al., 2004) 및 APHA의 standard method (APHA, 1995)에 준하여 다음과 같이 하였다. 수질 중 COD는 중크롬산칼륨법, T-N은 자외선 흡광광도법 (UV2550PC, Perkinelmer) 및 T-P는 아스코르빈산 환원법 (UV2550PC, Perkinelmer)으로 각각 분석하였다.

결과 및 고찰

온도별 침수식물체들의 COD 용출 특성 온도별로 이삭사초의 COD 용출 특성 (Fig. 2)은 침수 시작일 부터 침수 4일째까지 전반적으로 감소되어 침수 4일째에 5°C의 경우 1.3 mg L⁻¹이었고 25°C의 경우 2.4 mg L⁻¹로 초기 COD

Table 1. Chemical characteristics of water used.

Water	COD _{Cr}	T-N	T-P
	----- mg L ⁻¹ -----		
Average	3.0	0.9	0.03
S.D.*	0.6	0.1	0.01

*S.D: Standard deviation

농도 3.0 mg L⁻¹보다 감소되는 것으로 나타났는데, 이는 침수 초기에 식물체가 살아있는 상태로 수질과 토양 (퇴적층) 으로부터 영양성분을 흡수하여 생육하였기 때문인 것으로 판단된다 (Kang et al., 2011). Cho et al. (1996) 및 Lee et al. (2003, 2007)은 주암호와 동북호의 침수식물체에 의한 COD 용출 특성을 조사한 연구에서 식물체 침수 직후부터 COD 농도가 증가하였다고 보고하였는데, 이는 실제 호소 환경과는 달리 채취된 침수식물체만 물에 넣어 용출 특성을 조사하였기 때문에 실제 현장에서의 영양염류 용출농도와는 다소 차이가 있을 것으로 판단된다. 침수 초기의 COD 용출 특성이 Cho et al. (1996)과 Lee et al. (2003, 2007)의 결과와는 상반된 경향을 보였는데, 본 연구에서는 실제 호소 내의 식물체, 토양 및 미생물 등의 환경을 최대한 그대로 유지할 수 있도록 특수 제작한 정밀 core 칼럼을 이용하여 현장에서 채취한 뒤 용출시험을 진행하였기 때문에 침수 초기 일정기간 동안은 식물체와 미생물의 정상적인 생육과 활동이 가능했던 것으로 판단된다. 5°C로 유지된 칼럼의 경우 이삭사초의 COD 용출 농도가 침수 8일째 이후부터 19일째 (13.5 mg L⁻¹)까지 다소 급격히 증가하다가 19일째 이후부터는 매우 급격히 증가하여 47일째에는 57.0 mg L⁻¹이었으며, 이후 조금씩 증가하여 침수 60일째에는 60.4 mg L⁻¹이었다. 25°C로 유지된 칼럼의 경우 이삭사초의 COD 용출 농

도는 침수 4일째 이후부터 19일째 (39.7 mg L⁻¹)까지 매우 급격히 증가하다가 19일째 이후부터는 다소 급격히 증가하여 47일째에는 75 mg L⁻¹이었으며, 이후 조금씩 증가하여 침수 60일째에는 약 78.0 mg L⁻¹이었다. 침수 후 60일째에는 25°C로 유지된 칼럼에서 이삭사초의 수 중 COD 용출농도가 5°C로 유지된 칼럼 보다 전반적으로 더 높은 용출농도를 나타내었으며, 각각의 침수 후 60일째 용출농도는 5°C로 유지된 칼럼에서 60.4 mg L⁻¹이었고 25°C로 유지된 칼럼에서는 78.0 mg L⁻¹이었다. 25°C로 유지된 칼럼에서는 이삭사초의 COD 용출농도가 급격히 증가하는 기간이 6일째부터 19일째까지인 반면 5°C로 유지된 칼럼에서는 8일째부터 47.0일째까지로 25°C로 유지된 칼럼에서 용출량의 급격한 증가 구간이 더 빨리 나타났다.

온도별 물억새의 COD 용출 특성을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 5°C와 25°C로 유지된 칼럼에서 물억새의 COD 용출 농도는 침수 후 8일째까지 전반적으로 감소되어 침수 8일째에 각각 1.7 mg L⁻¹와 2.4 mg L⁻¹로 초기 COD 3.0 mg L⁻¹보다 감소되는 것으로 나타났으며 (Fig. 2), 이와 같은 결과는 같은 조건에서 이삭사초의 초기 COD 용출 농도변화와 유사한 경향이였다. 5°C로 유지된 칼럼에서 물억새의 COD 용출 농도는 침수 19일째 이후부터 47일째 (50.0 mg L⁻¹)까지 매우 급격히 증가하다가 이후 조금씩 증가하여 침수 후

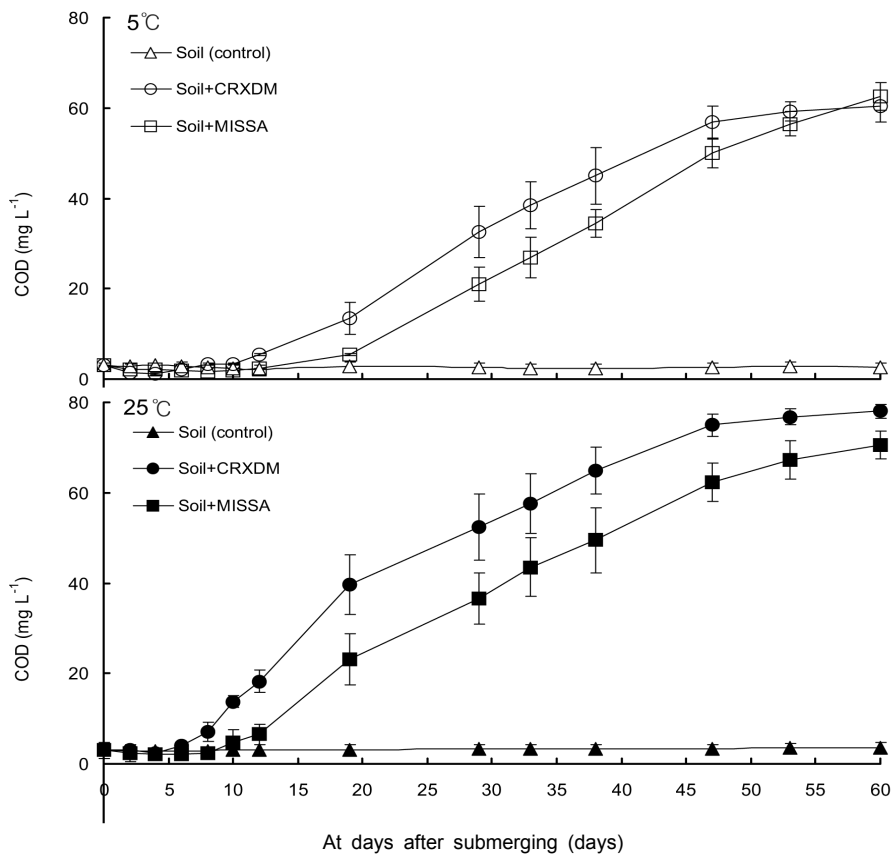


Fig. 2. Changes of COD with submerging time after addition of raw water in column at 5°C and 25°C (CRXDM, *Carex dimorpholepis*; MISSA, *Miscanthus sacchariflorus*).

60일째에는 62.5 mg L⁻¹이었다. 25°C로 유지된 칼럼 내 수 중 물억새의 COD 용출 농도는 침수 10일째 이후부터 47일째 (62.4 mg L⁻¹)까지 매우 급격히 증가하다가, 이후 조금씩 증가하여 침수 후 60일째에는 약 70.5 mg L⁻¹이었다. 전반적으로 25°C로 유지된 칼럼에서 물억새의 COD 용출농도가 5°C로 유지된 칼럼 보다 더 높은 용출농도를 나타내었다. 최종 용출농도는 5°C로 유지된 칼럼에서 62.5 mg L⁻¹이었고, 25°C로 유지된 칼럼에서는 70.5 mg L⁻¹이었다.

온도별 침수식물체들의 T-N 용출 특성 5°C로 유지된 칼럼 내 이삭사초의 T-N 용출 농도변화 (Fig. 3)는 침수 시작일 부터 침수 후 29일째까지 조금씩 증가하였으며, 29일째에 T-N 용출농도는 4.6 mg L⁻¹이었다. 5°C로 유지된 칼럼 내 이삭사초의 T-N 농도는 29일째 이후부터 47일째까지 급격히 증가하여 47일째에는 31.7 mg L⁻¹이었으며, 그 이후로 53일째 (38.5 mg L⁻¹)까지 다소 급격히 증가하기 시작하여 60일째에는 45.8 mg L⁻¹의 용출농도를 나타냈다. 25°C로 유지된 칼럼 내 이삭사초의 T-N 용출 농도변화 (Fig. 3)는 침수 시작일 부터 침수 6일째까지 조금씩 순차적으로 감소되어 침수 6일째에 0.8 mg L⁻¹로 초기 T-N 농도인 0.9 mg L⁻¹ 보다 감소되는 것으로 나타났는데, 이는 침수 초기에 식물체가 살아있는 상태로 수질과 토양 (퇴적층)으로부터

영양성분을 흡수하여 생육하였기 때문인 것으로 판단된다 (Kang et al., 2011). 25°C로 유지된 칼럼 내 이삭사초의 T-N 농도는 6일째부터 30일째까지 조금씩 증가하다가 20일째 이후부터 29일까지 다소 급격히 증가하였고, 38일째 (32.8 mg L⁻¹)까지 급격히 증가하였으며, 이후에 60일째까지 완만하게 증가하여 60일째에는 60.0 mg L⁻¹의 T-N 용출농도를 나타내었다. 25°C로 유지된 칼럼에서 이삭사초의 T-N 용출농도가 5°C로 유지된 칼럼 보다 더 높았으며, 침수 후 60일째 용출농도는 5°C로 유지된 칼럼에서 45.8 mg L⁻¹이었고 25°C로 유지된 칼럼에서는 60.0 mg L⁻¹이었다.

온도별 수 중 침수된 물억새의 T-N 용출 특성을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 5°C로 유지된 칼럼 내 물억새의 T-N 용출 농도변화는 침수 시작일 부터 침수 33일째까지 조금씩 증가하였으며, 33일째에 T-N 용출농도는 4.0 mg L⁻¹이었다. 33일째 이후부터 53일째까지 급격히 증가하여 53일째에는 52.3 mg L⁻¹이었으며, 그 이후로 60일째 (38.5 mg L⁻¹)까지 조금씩 증가하기 시작하여 60일째에는 55.7 mg L⁻¹의 용출농도를 나타냈다. 25°C를 유지한 칼럼 내 물억새의 T-N 용출 농도변화 (Fig. 3)는 침수 시작일 부터 침수 19일째까지 조금씩 증가하여 침수 19일째에 2 mg L⁻¹이었다. 25°C로 유지된 칼럼 내 물억새의 T-N 농도는 19일째부터 38일째까지 (51.7 mg L⁻¹) 급격히 증가하다가 38일째 이후부

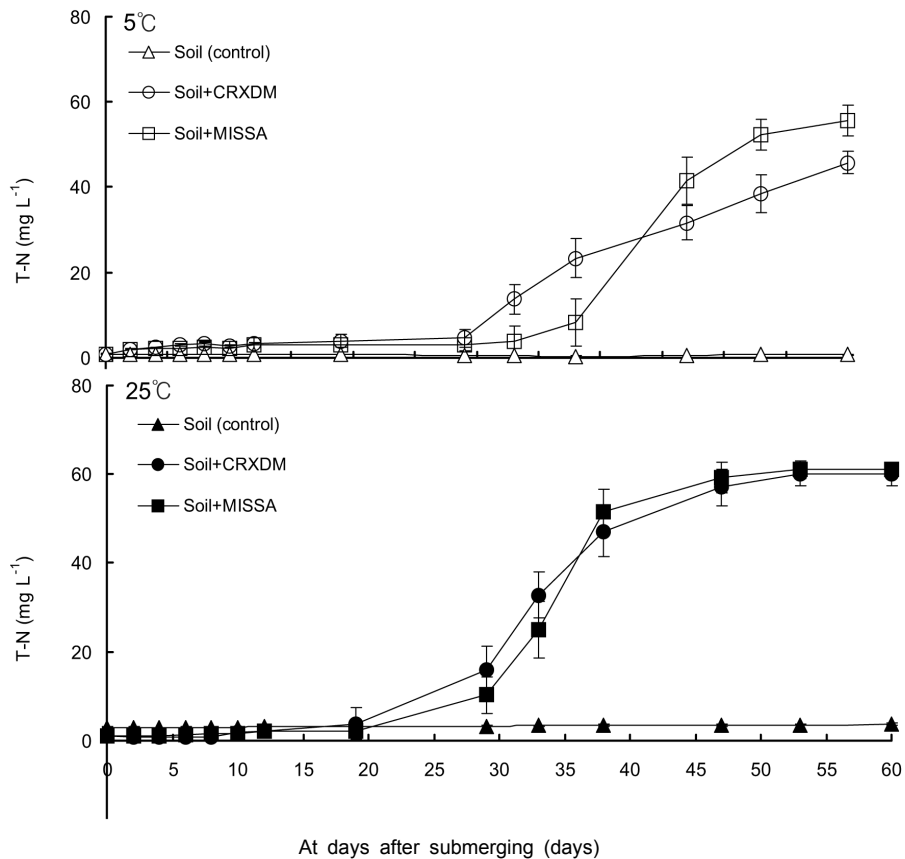


Fig. 3. Changes of T-N with submerging time after addition of raw water in column at 5°C and 25°C (CRXDM, *Carex dimorpholepis*; MISSA, *Miscantus sacchariflorus*).

터 60일째까지 완만하게 증가하였으며, 60일째에는 61.0 mg L⁻¹의 T-N 용출농도를 나타내었다. Lee et al. (2007)은 주암호 저수구역 내 침수된 물억새의 용출실험 결과에서 침수 30일 후 T-N 용출량이 2.3 mg L⁻¹라고 보고한 바 있으며, 이는 본 연구결과와는 실험방법이 달라 직접적인 비교는 어려우나 전체적인 T-N 용출농도 증가폭은 본 연구결과에 비해 비교적 완만하였다. 전반적인 물억새의 T-N 용출농도에서 25°C로 유지된 칼럼이 5°C를 유지한 칼럼보다 더 높았으며, 침수 후 60일째 용출농도는 5°C로 유지된 칼럼에서 55.7 mg L⁻¹이었고 25°C로 유지된 칼럼에서는 61.0 mg L⁻¹이었다. 물억새의 용출농도가 급격히 증가하는 기간은 5°C로 유지된 조건보다 25°C로 유지된 조건에서 더 빠른 시기에 나타났으며, 침수 후 60일째 용출 농도도 5°C 조건보다 25°C 조건에서 더 높았다.

온도별 침수식물체들의 T-P 용출 특성 온도별로 침수된 이삭사초의 T-P 용출 특성을 조사한 결과는 다음과 같다 (Fig. 4). 5°C로 유지된 칼럼 내 이삭사초의 T-P 용출농도변화는 침수 시작일부터 (0.03 mg L⁻¹) 침수 후 38일째까지 조금씩 증가하였으며, 38일째에 T-P 용출농도는 1.60 mg L⁻¹이었다. 5°C로 유지된 칼럼 내 이삭사초의 T-P 농도는 38일째 이후부터 60일째까지 급격히 증가하여 60일째

에는 5.65 mg L⁻¹이었다. 25°C로 유지된 칼럼 내 이삭사초의 T-P 용출 농도변화 (Fig. 4)는 침수 시작일 부터 침수 후 19일째까지 조금씩 순차적으로 증가하여 침수 19일째에 0.84 mg L⁻¹이었다. 25°C로 유지된 칼럼 내 이삭사초의 T-P 농도는 19일째부터 38일째까지 (7.10 mg L⁻¹) 급격히 증가하였으며, 이후 60일째까지 완만하게 증가하여 60일째에는 8.70 mg L⁻¹의 T-P 용출농도를 나타내었다. 전반적으로 25°C 조건이 5°C를 유지한 조건보다 이삭사초의 수 중 T-P 용출농도가 더 많았으며, 실험 최종일에 침수 후 60일째 T-P 용출농도는 25°C 조건이 8.70 mg L⁻¹로 5°C 조건보다 3.05 mg L⁻¹ 더 높았다.

5°C로 유지된 칼럼 내 수 중 물억새의 T-P 용출 농도변화 (Fig. 4)는 침수 시작일부터 (0.03 mg L⁻¹) 침수 후 38일째까지 꾸준히 조금씩 증가하였으며, 38일째에 T-P 용출농도는 1.09 mg L⁻¹이었다. 5°C로 유지된 칼럼 내 수 중 물억새의 T-P 농도는 38일째 이후부터 60일째까지 급격히 증가하여 60일째에는 7.10 mg L⁻¹이었다. 25°C로 유지된 칼럼 내 물억새의 T-P 용출 농도변화 (Fig. 4)는 침수 시작일부터 침수 후 19일째까지 조금씩 순차적으로 증가하여 침수 19일째에 0.43 mg L⁻¹이었다. 5°C로 유지된 칼럼 내 수 중 물억새의 T-P 농도는 19일째부터 38일째까지 (7.40 mg L⁻¹) 급격히 증가하였으며, 이후에 60일째까지 완만하게 증

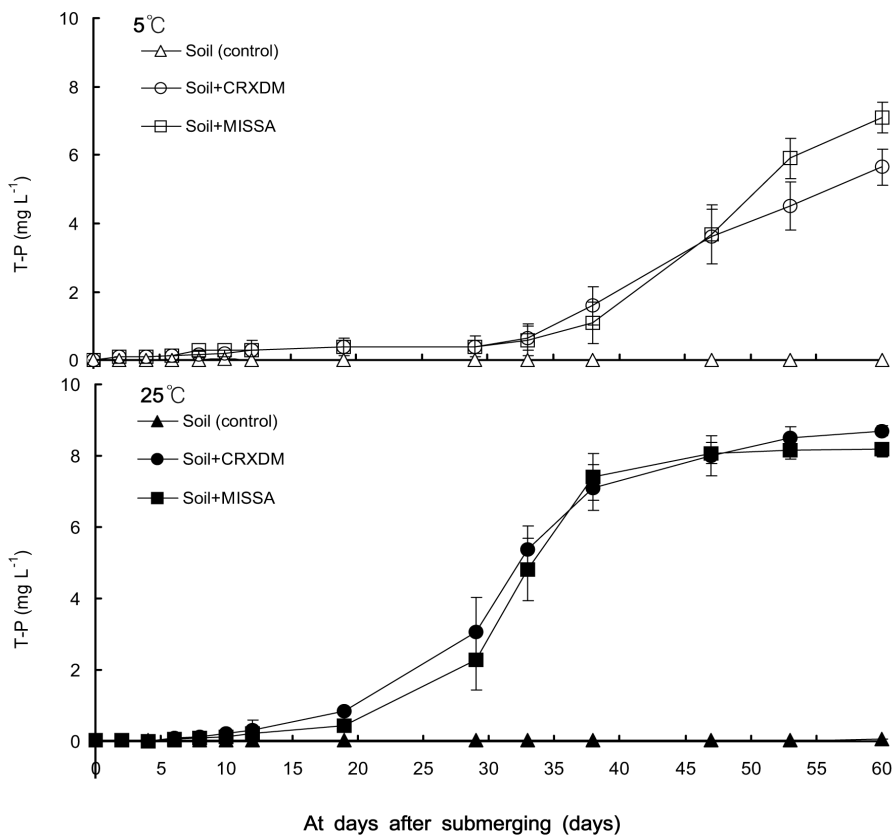


Fig. 4. Changes of T-P with submerging time after addition of raw water in column at 5°C and 25°C (CRXDM, *Carex dimorpholepis*; MISSA, *Miscantulus sacchariflorus*).

가하여 60일째에는 8.18 mg L^{-1} 의 T-P 용출농도를 나타내었다. 전반적으로 25°C 를 유지한 물억새의 T-P 용출농도가 5°C 를 유지한 조건보다 더 많았으며, 침수 후 60일째 용출농도는 5°C 를 유지한 칼럼에서 7.10 mg L^{-1} 이었고 25°C 를 유지한 칼럼에서는 8.18 mg L^{-1} 이었다. 본 칼럼 실험은 Kang et al. (2011)이 실시한 침수식물체의 용출 실험과 같이 저수지 환경을 그대로 옮겨서 실험을 수행하여 초기 분해속도는 약간 느린 반면에 식물체가 침수 후 어느 정도 기간이 지난 이후에 토양이나 수질 내 미생물에 의해 분해속도가 급격하게 증가하는 경향을 나타내었다.

칼럼 내 온도별 및 식물체별 용출량 특성 온도별 및 식물체별 영양염류 용출량을 60일 동안 조사한 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같다. 이삭사초에 의한 COD, T-N 및 T-P의 용출량은 5°C 의 경우 각각 약 655, 603 및 $78 \text{ mg plant}^{-1} 60\text{days}^{-1}$ 이었고, 25°C 의 경우 각각 약 743, 661 및 $90 \text{ mg plant}^{-1} 60\text{days}^{-1}$ 으로 5°C 에 비해 25°C 에서 이삭사초의 용출량이 전반적으로 많았다. 물억새에 의한 COD, T-N 및 T-P의 용출량은 5°C 의 경우 각각 약 631, 493 및 $62 \text{ mg plant}^{-1} 60\text{days}^{-1}$ 이었고, 25°C 의 경우 각각 약 825, 650 및 $95 \text{ mg plant}^{-1} 60\text{days}^{-1}$ 으로 이삭사초의 경우와 마찬가지로 5°C 에 비해 25°C 에서 물억새의 용출량이 전반적으로 많았다. 국내에서 저수구역내의 침수식물체 중 이삭사초에 의한 영양염류 용출특성은 보고된적 없으나 물억새의 경우 Lee et al. (2007)이 용출실험에서 T-N이 7.80 mg

g^{-1} , T-P가 1.55 mg g^{-1} 으로 보고한 바 있다. 하지만 본 연구결과는 물억새에 의한 단위면적당 영양염류 용출량을 산정한 반면에 Lee et al. (2007)은 용출실험에서 넣어준 고사체 단위그램당 용출량을 산정하여 직접적인 비교는 어려웠다. Lee et al. (2007)는 주암호 전체 저수구역내의 수변식물이 호우시 30일 정도 침수되었을 경우를 가정하여 실험을 진행하였으며, 수질오염 부하량을 산정한 결과에서 수변식물에 의해 발생하는 영양염류의 자연적 용출량은 COD가 $47,703 \text{ kg}$, T-N이 $6,524 \text{ kg}$ 및 T-P가 $1,016 \text{ kg}$ 으로 보고한 바 있다. 하지만 Lee et al. (2007)의 실험결과가 실제 저수구역 환경과는 달리 채취된 침수식물체만 수중에 넣어 용출실험을 하였기 때문에 용출량 산정 시 실제 용출량과 달리 과소 또는 과대평가될 가능성이 있다.

요 약

호소저수구역에서 수온이 침수식물체의 영양염류 용출에 미치는 영향을 평가하기 위해 5°C 및 25°C 조건의 칼럼에서 이삭사초와 물억새를 침수시킨 후 COD, T-N 및 T-P 함량을 조사하였다. 이삭사초의 침수 후 60일째 COD 용출량은 5°C 조건에서 60.4 mg L^{-1} 이었으며, 25°C 조건에서 78.0 mg L^{-1} 이었다. 물억새의 침수 후 60일째 COD 용출량은 5°C 조건에서 62.5 mg L^{-1} 이었으며, 25°C 조건에서 70.5 mg L^{-1} 이었다. 전반적으로 이삭사초에서는 25°C 조건이

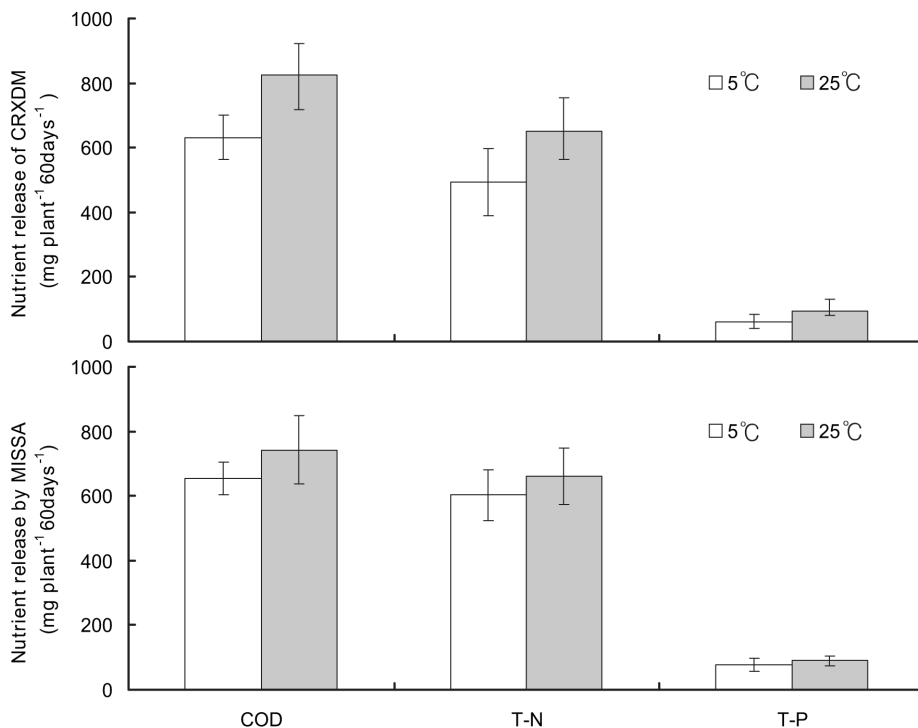


Fig. 5. The amount of pollutants release by submerged plants in column for 60 days under different incubation temperatures. (CRXDM : *Carex dimorpholepis*, MISSA: *Miscanthus sacchariflorus*).

5°C 조건에서 보다 COD 용출이 급증한 시기가 초기에 나타난 반면에 물억새에서는 COD 용출이 급증하는 시기가 온도 별로 서로 유사한 경향으로 나타났다. 이삭사초의 침수 후 60일째 T-N 용출량은 5°C 조건에서 45.8 mg L⁻¹이었으며, 25°C 조건에서 60.0 mg L⁻¹이었다. 물억새의 침수 후 60일째 T-N 용출량은 5°C 조건에서 55.7 mg L⁻¹이었으며, 25°C 조건에서 61.0 mg L⁻¹이었다. 식생 종류에 관계없이 25°C 칼럼의 T-N 용출이 급격히 증가한 시기는 5°C 칼럼에서 보다 더 빠른 시기에 나타났다. 이삭사초의 침수 후 60일째 T-P 용출량은 5°C 조건에서 5.7 mg L⁻¹이었으며, 25°C 조건에서 8.7 mg L⁻¹이었다. 물억새의 침수 후 60일째 T-P 용출량은 5°C 조건에서 7.1 mg L⁻¹이었으며 25°C 조건에서 8.2 mg L⁻¹이었다. 식생 종류에 관계없이 25°C 칼럼의 T-P 용출이 급격히 증가한 시기는 5°C 칼럼에서 보다 더 빠른 시기에 나타났다. 25°C로 유지된 칼럼의 COD, T-N 및 T-P 용출량은 전반적으로 5°C로 유지된 칼럼에 비해 높았다.

사 사

이 논문은 영산강·섬진강 수계관리기금의 지원을 받아 수행한 연구결과의 일부임. 또한 이 논문은 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 [NRF-2010-0025548, NRF-2010-359-F00003].

인 용 문 헌

APHA, AWWA, WCF. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. American Public Health Association, Washington, DC, 4-112.

Cho, J.S. 2010. The effect of water quality by dead plant in Juam and Dongbok lakes and establishment plan for reducing environmental pollution. Yeongsan River Environmental Research Center, National Institute of Environmental Research Ministry of Environment, Gwangju, South Korea.

Cho, Y.G., S.J. Bae, S.K. Baik, and J.J. Lee. 1996. Effects of submerged wild growing plants on water quality in the Dongbok reservoir. Korean Soc. Water Qual. 12:277-284.

Choi, C.D. 2002. Research report on agricultural land use and water quality in the flood detention area of Imha multi-purpose dam. Korean Soc. Agric. Eng. 44:20-23.

Choi, K.C., O.U. Kwun, Y.D. Kim, Y.H. Kim, W.S. Lee, J.Y. Lee, S.J. Jun, and S.K. Jung. 2004. Annotation for standard methods of water quality. printed in Dong Hwa Technology Publishing Co.

Han, D.H. 2010. Temporal and spatial analysis of water temperature and water quality assessment of streams and reservoirs in Korea. Ph.D. Thesis, University of Seoul, Seoul, Korea.

Herrman, K.S. and J.R. White. 2008. Denitrification in intact sediment cores from a constructed wetland: Examining the isotope pairing technique. Appl. Geochem. 23:2105-2112.

Kang, S.W., D.C. Seo, M.J. Han, J.H. Han, B.J. Lim, J.H. Park, K.S. Kim, Y.J. Lee, I.W. Choi, Y.H. Lee, and J.S. Heo. 2011. Characteristics of nutrients release by submerged plants in flood control reservoirs within Juam lake. Korean J. soil sci. Fert. 5:929-936.

Lee, Y.S. and B.S. Kang. 2000. Characteristics of pollutant load from a dam reservoir watershed - Case study on Seonjinkang dam reservoir. Korea Water Resource Association 33:757-764.

Lee, Y.C., J.G. Park, and K.S. Lee. 2003. Release characteristics of submerged macrophytes. Korean Society on Water Quality and Korean Society of Water Wastewater Meeting Conference Proceedings, BEXCO, Pusan, pp. 213-216.

Lee, Y.C., S.K. Lee, E.J. Oh, C.J. Ko, and I.Y. Song. 2007. The investigation for reducing nutrient that was created inside of lakes and marshes with gardening control inside the submergence sections in lake Juam. Korean Society on Water Quality and Korean Society of Water Wastewater Meeting Conference Proceedings, KINTEX, Gyeonggi-do, pp. 397-403.

Ministry of Environment. 2009. Environment a white book. 376-377.