

주암호 홍수조절지내 침수식물체별 생육특성과 영양염류 부하량

서영진[†] · 서동철[†] · 최익원 · 임병진¹ · 박종환¹ · 김갑순¹ · 이준배¹ · 강석진² · 허종수³ · 조주식*

순천대학교 생물환경학과, ¹국립환경과학원 영산강 물환경연구소, ²농촌진흥청 축산과학원, ³경상대학교 응용생명과학부

Growth Characteristics and Nutrient Loads of Submerged Plants in Flood Control Reservoir around Juam Lake

Young-Jin Seo[†], Dong-Cheol Seo[†], Ik-Won Choi, Byung-Jin Lim¹, Jong-Hwan Park¹,
Kap-Soon Kim¹, Jun-Bae Lee¹, Seok-Jin Kang², Jong-Soo Heo³, and Ju-Sik Cho*

Department of Bio-Environmental Sciences, Suncheon National University

¹Yeongsan River Environmental Research Center, National Institute of Environmental Research Ministry of Environment

²National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

³Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University

In order to properly manage the quality of water in Juam Lake, distributions and growth characteristics of submerged plants in Boknae flood control reservoir were investigated. In addition, the total amount of nutrient load by submerged plants were investigated. The total vegetation area was 1,146,849 m² of total flood control reservoirs (1,848,568 m²) before flooding. By August 19, all of Boknae flood control reservoir was flooded during rainy season. Dominant plants were MISSA (*Miscanthus sacchariflorus*), SCPMA (*Scirpus fluviatilis*) and CRXDM (*Carex dimorpholepis*) which occupied 87% of all flood control reservoirs. The total amounts of organic matter loads at different submerged plants were great in the order of CRXDM (501,642 kg area⁻¹) > SCPMA (20,987 kg area⁻¹) > MISSA (3,413 kg area⁻¹). The total amounts of nitrogen loads by CRXDM, SCPMA and MISSA under different submerged plants were 56%, 3.9% and 0.8%, respectively. The total amounts of phosphorus loads at different submerged plants were on the order of CRXDM (1,842 kg area⁻¹) > SCPMA (78 kg area⁻¹) > MISSA (14.8 kg area⁻¹). Therefore, the results of this study suggest that organic matter, T-N and T-P in water quality of Juam lake were strongly influenced by submerged plants in flood control reservoir.

Key words: Juam lake, Growth characteristics, Nutrient load, Submerged plants, Boknae flood control reservoir

서 언

우리나라의 다목적댐은 건설 목적에 따라 저수량 관리를 효과적으로 하기 위하여 여름 홍수기 전에 수위를 최대한 낮추며, 여름 홍수기 이후에 높은 수위를 유지시켜 그 이듬해 홍수기 전까지의 수자원이용에 효율성을 기하고 있다. 하지만 이로 인해 여름철 홍수기 전 2~3개월 동안 댐 주위 수변지역에 다양한 잡초가 번성하게 되고 홍수기 이후 이들이 침수되어 수질에 영향을 줄 수 있다 (Chung and Chung, 2003; Lee et al., 2003). 여름과 초가을 고수온기에 영양염류의 유입으로 부영양화 현상이 빈번하게 일어나는데, 이런 현상은 질소 및 인 등의 영양염류나 환

경요인 등의 다양한 인자와 밀접한 상관이 있다 (Cho et al., 1996; Lee and Kang, 2000). 홍수조절지의 영양염류 증가에 영향을 주는 대표적인 오염원으로는 상류로부터 유입되는 점오염원 및 비점오염원과 호수내부에서 생산되는 유기물로 인한 부하로 알려져 있다. 특히, 호수 내부에서 생성되는 대표적인 오염원으로는 식물성 플랑크톤의 증가와 홍수조절지내 잡초의 침수로 인한 오염물질의 용출이 있는데, 이 중 하절기 식물성 플랑크톤의 증가는 이취미 발생 등으로 수질문제를 야기하며, 수심이 낮은 홍수조절지내 잡초는 홍수나 장마 등 홍수조절지 수위 변동에 따라 물에 침수되고 이들 침수된 잡초는 물속에서 서서히 고사되면서 오염물질을 용출시켜 수질을 악화시키게 한다 (Catignana and Kalff, 1982; Twilley and Blanton, 1985). 홍수조절지 주변의 1년생 잡초는 매년 분포면적이나 종조성이 바뀌며, 강우사상에 따라 침수되는 양상도 바뀌므로 매년 정확하게 부하를 산정하기가 어렵기 때문에 (Pompgyi

접수 : 2011. 9. 14 수리 : 2011. 10. 14

[†]공동 제1저자

*연락처 : Phone: +82617503297

E-mail: chojs@sunchon.ac.kr

et al., 1984; Lee and Pa, 2005) 홍수시 홍수조절지의 침수지역과 비침수지역을 정확히 구분하여 홍수조절지 자생식물들의 수생태학적 영향을 정확하게 파악하는 것이 필요하다고 판단된다.

주암호의 유역면적은 약 1,010 km²이고, 홍수조절지는 총면적 5,716,000 m² 중 절대보존구역이 6,000 m² (0.1%)이고, 관리/완충구역이 201,000 m² (3.5%)이며, 보전적 이용구역이 5,509,000 m² (96.4%)으로 구성되어 있다. 주암호 내에는 수몰 이전에 경작지로 사용되었던 완만한 홍수조절지가 상당히 넓은 면적으로 분포되어 있어, 봄철부터 가을 직전인 이른 여름철까지 초목류들이 토양과 수질로부터 영양염류를 흡수하면서 왕성하게 성장하고, 홍수시기에 저수량 증가로 초목류들이 침수되어 서서히 분해되면서 다량의 유기물, 질소 및 인 등의 영양염류들을 용출시키고 있다. 따라서 홍수조절지의 고유기능인 이·치수기능과 수질보전을 위한 완충지 (Buffer zone) 기능을 고려한 최적 활용방안을 마련하기 위해 침수식물체가 수질에 미치는 영향을 파악하는 것이 절실히 필요한 실정이다 (Cho, 2010; Choi, 2002; Ministry of Environment, 2009).

따라서 본 연구에서는 주암호내 홍수조절지에서 자생하는 식물체가 침수시 수질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 식물체의 분포와 생육특성을 조사하고 이들 식물체에 의한 영양염류 총 부하량을 산정하여 침수 식물체가 주암호 수질에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

조사지역 주암호 침수 식물체의 생육특성 및 영양염류 부하량 산정을 위해 Fig. 1에서 보는 바와 같이 전남 보성군 북내면 북내리에 소재한 홍수조절지에서 조사하였다. 북내 홍수조절지는 유정천-북내천-일봉천이 분류인

보성강과 합류하는 매우 넓은 완경사 나대지로 홍수조절지의 상부, 중부 및 하부의 고도를 각각 105 m 이상, 99~105 m 및 99 m 이하로 구분하였으며, 전체 홍수조절지면적은 1,848,568 m²이었다. 상부지역은 전체면적의 45.9%인 848,492 m²를 차지하고 있었고, 이 중 불법점용 및 경작 이용 면적이 상부 면적 중 687,218 m²로 조사되었다.

수위별 침수면적 조사 북내 홍수조절지의 침수 및 비침수 면적은 실제 지형도에서 판독 가능한 등고선의 근사 값, 실제 침수구역, 침수기간을 고려하여 위성사진을 통하여 면적을 산출하였다. 그리고 홍수조절지내 식생이 자라지 않은 관리·이용지역 및 급경사지역은 면적에서 제외시켰다. 따라서 북내 홍수조절지의 침수 및 비침수 면적은 주암호 홍수조절지 범위 (EL. 89~110.5 m)내 경작지와 수질정화습지 등의 관리이용지구, 관목지역을 제외하여 조사하였다.

식생분포, 생육특성 및 영양염류 부하량 산정 북내 홍수조절지내 침수 식물체의 식생분포와 생육특성을 조사하기 위해 조사대상 홍수조절지내 전 구간에 걸쳐 이동하면서 관찰된 개체 종을 육안으로 확인하고 분류하였으며, 군락은 1 m × 1 m의 방형구안에서 피도, 개체수, 종수 및 생육밀도를 조사하였다. 또한 홍수조절지 침수시 침수된 식물체에 의한 영양염류 부하량을 조사하기 위하여 조사지역 단위면적 (m²)당 건조중량에 유기물, T-N 및 T-P의 함량을 고려하여 영양염류 부하량을 산정하였다.

식물체 분석방법 식물체 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원 표준분석법 (NIAST, 2000)에 준하여 분석하였다. 식물체 시료를 70°C dry oven에서 3일간 건조하여 시험용도에 따라 마이크로 분쇄기로 0.1 mm 입자 크기로 분쇄하였으며, 유기물 (OM)은 회화법으로 분석하였고, T-N 및

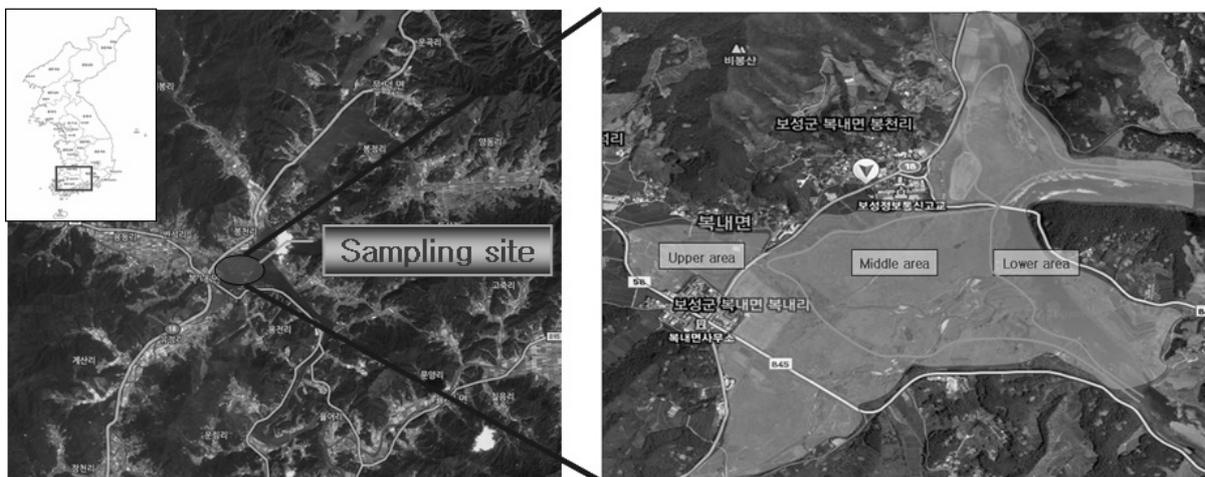


Fig. 1. Sampling sites in Boknae flood control reservoir around Juam lake.

T-P는 습식분해법 ($H_2SO_4 + H_2O_2$)으로 시료를 분해한 후 분해된 여액을 사용하여 T-N의 분석은 Kjeldahl 증류법 (Gerhardt Autusampler Vapodest 50 carouse, Germany)으로 분석하였으며, T-P의 분석은 Vanadate법 (UV2550PC, Perkinelmer)으로 분석하였다.

결과 및 고찰

주암호 수위별 침수 및 비침수지역 면적 북내 홍수조절지내 침수 및 비침수지역 면적을 산출한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다. 5월 15일의 상부, 중부 및 하부의 식생면적은 각각 163,081 m², 841,099 m² 및 158,977 m²로 전체 식생면적은 1,146,849 m²이었으며, 물억새, 이삭사초, 매자기 및 기타 식생의 면적은 각각 8,154, 851,242, 47,693 및 239,760 m²로 이삭사초의 면적이 가장 넓었다. 7월 23일은 하부 지역이 침수되기 시작하여 하부 전체 면적의 약 9.5%가 침수되었다. 식생별 침수 면적은 하부에 서식하고 있는 식생인 매자기, 이삭사초 및 기타가 각각 4,508, 3,756 및 6,762 m² 침수되었다. 북내 홍수조절지는 2010년 8월 19일 이후 전체 조사 면적 1,146,849 m²가 모두 침수되었다.

홍수조절지내 주요 분포종의 생육상황 및 분포특성 주암호 북내 홍수조절지내에서 주요 분포종의 생육상황 및 분포특성을 조사한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 식생분포는 관목류인 왕버들 등이 서식하고 있었으며, 초본류인 이삭사초와 물억새가 우점 분포하였고 가락지,

개구리미나리, 개망초, 갯완두, 꽃받이, 네잎갈퀴, 냉이, 환삼덩굴, 살갈퀴, 토끼풀, 머느리밀씻개 및 털뽕새귀리 등이 서식하였다. 중부지역의 면적은 전체 면적의 45.5%로 841,098 m²를 차지하였고, 식생분포 특성은 이삭사초를 우점종으로 환삼덩굴, 여뀌, 벼룩이나물, 털뽕새귀리, 자운영, 미국가막사리, 돌피 및 독새풀 등이 서식하였다. 하부지역의 면적은 전체 면적의 8.6%로 158,976 m²를 차지하였고, 우점종인 이삭사초와 매자기를 중심으로 독새풀, 황새냉이, 돌피, 머느리밀씻개, 개망초, 별꽃, 토끼풀, 벼룩이나물, 갯냉이, 미국가막살이, 젓가락나물, 개구리자리 및 자운영 등이 서식하였다. 북내 홍수조절지내 분포종별 biomass 생산량은 조사지역내 주요 우점종의 피도, 식생 분포 면적 및 단위면적 (m²)당 식물의 건물중을 이용하여 조사하였다. 건물 biomass 총량은 1,056,002 kg area⁻¹이었으며, 이 중 물억새, 이삭사초 및 매자기가 각각 6,376, 925,549 및 38,663 kg area⁻¹로 이삭사초가 가장 많았다. 식생별 분포면적은 상부지역의 경우 이삭사초가 피도 85%로 138,619 m²이었고, 물억새가 피도 5%로 8,154 m²이었다. 중부지역의 이삭사초의 경우 80%의 피도를 보였으며 20%는 기타 식생이 서식하고 있었다. 하부지역의 각 식생별 피도는 매자기, 이삭사초 및 기타가 각각 55, 25 및 20%로 매자기의 분포 면적이 87,437 m²로 가장 넓었다. 북내 홍수조절지의 전체 식생 분포 면적 중에 이삭사초의 피도는 73%이었으며, 분포 면적은 851,242 m²로 가장 넓었다.

Cho (2009)의 연구에 따르면 2009년 북내 홍수조절지내 식생별 분포 면적의 주요 우점종은 이삭사초, 물억새 및 털뽕새귀리로 보고되었는데, 이는 2010년 북내 홍수조

Table 1. Flooded and non flooded areas with time in Boknae flood control reservoir.

Data (Month/Day)		5/15		7/23		8/19		10/6	
Area	Plants	Before flooding	Proportion flooding		Flooding		Flooding		
		Non flooding	Flooding	Non flooding	Flooding	Non flooding	Flooding	Non flooding	
----- m ² -----									
Upper	MISSA	8,154	-	8,154	8,154	-	8,154	-	
	CRXDM	138,619	-	138,619	138,619	-	138,619	-	
Middle	CRXDM	672,879	-	672,879	672,879	-	672,879	-	
	Others	168,220	-	168,220	168,220	-	168,220	-	
Lower	SCPMA	47,693	4,508	43,185	47,693	-	47,693	-	
	CRXDM	39,744	3,756	35,988	39,744	-	39,744	-	
	Others	71,540	6,762	64,778	71,540	-	71,540	-	
Total area	MISSA	8,154	-	8,154	8,154	-	8,154	-	
	CRXDM	851,242	3,756	847,486	851,242	-	851,242	-	
	SCPMA	47,693	4,508	43,185	47,693	-	47,693	-	
	Others	239,760	6,762	232,998	239,760	-	239,760	-	
Total		1,146,849	15,026	1,146,849	1,146,849	-	1,146,849	-	

CRXDM, *Carex dimorpholepis* Steud; MISSA, *Miscanthus sacchariflorus* Benth; SCPMA, *Scirpus fluviatilis* GRAY.

Table 2. Distribution characteristics and biomass by plants in Boknae flood control reservoir in July 23.

Area	Community	Plants	Dry weight	Cover degree	Distribution area	Total biomass
			g m ⁻²	%	m ²	kg area ⁻¹
Upper	Single	MISSA	782	5	8154	6,376
		CRXDM	957	85	138,619	132,658
Middle	Mix	CRXDM	1120	80	672,879	753,624
		Others	469	20	168,220	78,895
Lower	Mix (1)	SCPMA	499	30	47,693	23,799
		Others	298	10	15,898	4,738
	Mix (2)	CRXDM	988	25	39,744	39,267
		SCPMA	374	25	39,744	14,864
		Others	112	10	15,898	1,781

CRXDM, *Carex dimorpholepis* Steud; MISSA, *Miscanthus sacchariflorus* Benth; SCPMA, *Scirpus fluviatilis* GRAY.

Table 3. OM, T-N and T-P contents of submerged plants in Boknae flood control reservoir in July 23.

Area	Community	Plants	Biomass	Area	OM Contents	T-N contents	T-P contents
			kg m ⁻²			m ²	g kg ⁻¹
Upper	Single	MISSA	0.782	8,154	922	25.5	2.33
		CRXDM	0.957	138,619	929	18.5	1.92
Middle	Mix	CRXDM	1.120	672,879	936	18.9	2.01
		Others	0.469	168,220	934	14.3	2.00
Lower	Mix	SCPMA	0.442	87,437	936	19.5	2.02
		CRXDM	0.988	39,744	933	19.2	1.83
		Others	0.205	31796	924	13.3	1.70

CRXDM, *Carex dimorpholepis* Steud; MISSA, *Miscanthus sacchariflorus* Benth; SCPMA, *Scirpus fluviatilis* GRAY.

절지내 주요 우점종을 조사한 본 연구의 결과와 약간의 상이한 차이를 보였다. 홍수조절지내 우점종은 이삭사초, 물억새, 매자기로 조사되었는데, 홍수조절지 주변의 1년생 잡초는 매년 분포면적이나 종조성이 바뀌고, 강우사상에 따라 침수되는 양상도 바뀌어 매년 정확한 부하량을 산정하기 어려우며, Lee and Park (2005)과 Pompgyi et al. (1984)도 본 연구결과와 유사하였다.

홍수조절지내 주요 분포종별 오염물질 함량 및 흡수량 북내 주암호 홍수조절지내 주요 분포종의 오염물질 흡수량을 조사하기 위하여 오염물질 함량 및 흡수량을 조사한 결과는 Table 3과 Fig. 2에서 보고된 바와 같다. 홍수조절지내 주요 분포종인 물억새, 이삭사초 및 매자기의 OM 함량은 각각 922, 933 및 936 g kg⁻¹로 식물체 종류별로 큰 차이 없이 비슷하였고, OM 총 흡수량은 biomass량이 많은 이삭사초가 865,455 kg area⁻¹로 가장 높았다. 물억새, 이삭사초 및 매자기의 T-N 함량은 각각 25.5, 18.9 및 19.5 g kg⁻¹으로 큰 차이 없이 비슷하였고, 식물체 biomass를 고려한 T-N 총 흡수량은 물억새, 이삭사초 및 매자기가 각각 162, 17,440 및 755 kg area⁻¹로 이삭사초가 가장

많았다. 주요 우점종의 T-P 함량은 T-N 함량과 비슷한 경향으로 물억새가 2.33 g kg⁻¹로 가장 높았으며, 매자기와 이삭사초의 T-P 함량은 각각 2.02 및 1.92 g kg⁻¹로 물억새와 비교해서 큰 차이 없다. T-P 총 흡수량은 물억새, 이삭사초 및 매자기가 각각 14.8, 1842 및 78 kg area⁻¹로 이삭사초가 가장 많았는데 이는 식생 종류별 biomass 차이로 판단된다. Han et al. (2011)은 침수식물체 종류별 함량보다 면적에 의한 영향이 크다고 보고한 바 있다.

Kim et al. (2006)의 연구에 의하면, 하천에서 상대적으로 수질오염이 적었던 상류에 비하여 하류로 갈수록 수생식물의 총 질소와 총 인 함량이 모두 증가하는 경향을 보였으며, 이는 수질의 오염부하가 하류로 갈수록 증가됨에 따라 수생식물의 영양염류 흡수량 또한 증가된 결과라고 보고된 바 있다. 이들 결과를 토대로 홍수조절지내에서 식물의 영양염류 흡수 특성을 유추해 보면 침수기간이 짧은 상부지역 보다는 침수기간이 긴 하부지역 식물체의 영양염류 흡수량이 높을 것으로 예측된다. 본 연구결과에서도 상부에서 하부로 갈수록 침수기간이 길어 수생식물의 영양염류 흡수량이 증가하였다.

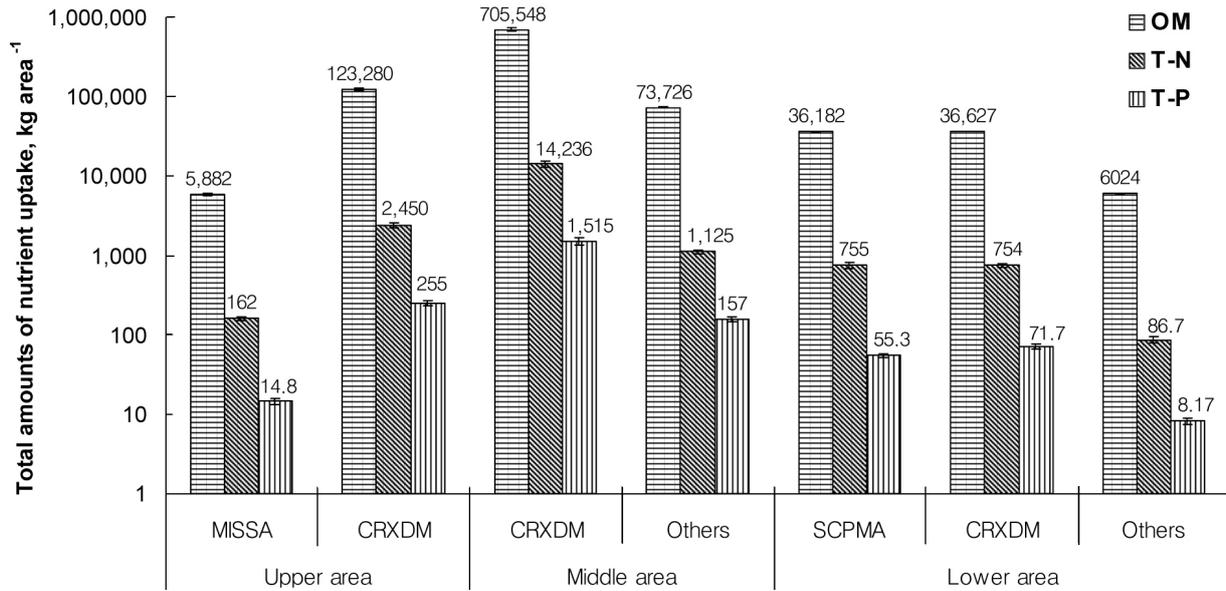


Fig. 2. Total amounts of organic matter, nitrogen and phosphorus uptake under the different submerged plants in Boknae flood control reservoir at July 23 (CRXDM, *Carex dimorpholepis* Steud; MISSA, *Miscanthus sacchariflorus* Benth; SCPMA, *Scirpus fluviatilis* GRAY).

홍수조절지 침수시 주요 식생의 영양염류 총 부하량

주암호 복내 홍수조절지내 식물체는 홍수조절지가 완전 침수가 되었을 때, 식생에 의한 주요 영양염류 (OM, T-N 및 T-P)의 총 부하량을 식생별로 산출한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 영양염류 부하량의 산출은 침수 직전까지의 식물체별 최대 biomass량에 (7월) 식물체별 단위 면적당 (m²) 영양염류 (OM, T-N 및 T-P) 함량을 곱하여 산출하였다. 복내 홍수조절지에서 OM 총 부하량은 987,269 kg area⁻¹이었으며, 식물체별 OM 총 부하량은 물억새, 이삭사초 및 매자기가 각각 5,882, 865,455 및 36,182 kg area⁻¹로 이삭사초가 전체 부하량의 87.7%로 가장 높았다. 복내 홍수조절지에서 식물체에 의한 T-N 및 T-P 총 부하량은 각각 19,569 및 2,103 kg area⁻¹이었다. T-N 및 T-P 총 부하량은 물억새가 각각 162 및 14.8 kg area⁻¹이었고, 이삭사초가 각각 17,441 및 1,842 kg area⁻¹이었다. 매자기의 T-N 및 T-P의 총 부하량은 각각 755 및 78 kg area⁻¹이었다. 이상의 결과에서 식생별 부하량은 홍수조절지내 식생분포 면적에 따라 차이가 컸으며, 가장 많은 면적을 차지하는 이삭사초의 부하량이 물억새 및 매자기보다 높았다.

Cho et al. (1996)는 동북수원지 자생식물이 침수시 수질에 미치는 영향을 보고한 결과에서 용출실험을 통하여 시기에 따라 COD, T-N 및 T-P 함량이 증가한 것으로 나타났다. 또한 Lee et al. (2007)의 주암호 수변식물에 의해 발생하는 영양염류의 자연적 용출량은 COD가 47,703 kg, T-N이 6,524 kg 및 T-P가 1,016 kg으로 산출되었다고 보고하였는데, 이는 본 실험에서 조사된 OM (987,269 kg

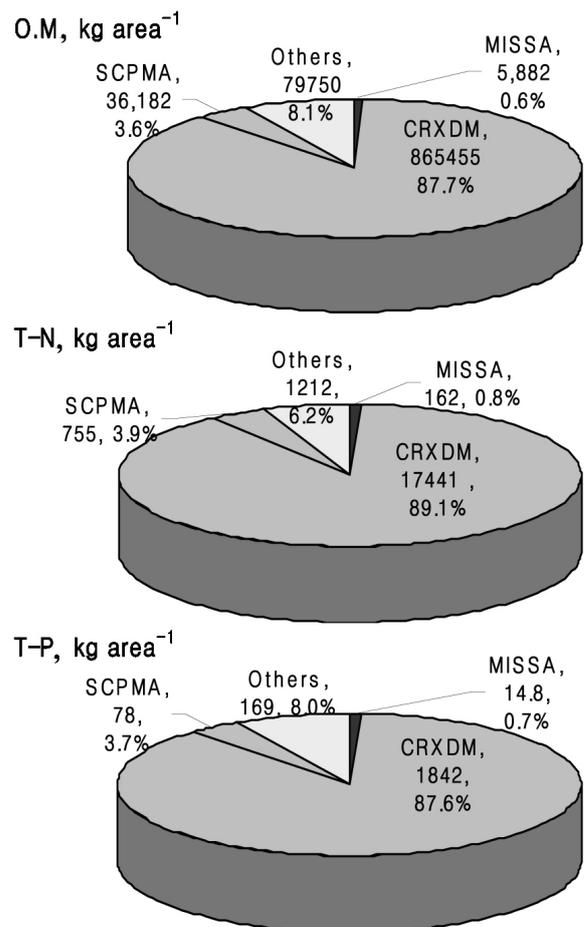


Fig. 3. Total amounts of nutrient loads by different submerged plants in Boknae flood control reservoir (CRXDM, *Carex dimorpholepis* Steud; MISSA, *Miscanthus sacchariflorus* Benth; SCPMA, *Scirpus fluviatilis* GRAY).

area⁻¹), T-N (19,570 kg area⁻¹) 및 T-P (2,103 kg area⁻¹)의 총 부하량 결과 산출과정이 달라 직접적인 비교가 불가능 하나 두 연구 모두에서 침수 식물체가 주암호 수질에 영향을 미칠 수 있는 가능성을 제시하였다. 하지만 실제 홍수조절지에서 영양염류 부하량을 산정한 본 연구결과와 달리 Lee et al. (2007)의 경우 단기간의 용출실험을 통한 영양염류 부하량을 산정한 결과로 실제 잠재량을 예측하기에는 한계가 있을 것으로 판단된다.

Han et al. (2011)의 홍수조절용지내 침수식물체의 용출 속도 연구에 의하면 COD, T-N 및 T-P의 용출량은 이삭사초의 경우 각각 약 6,719, 2,397 및 466 kg month⁻¹ area⁻¹ 이었고, 물억새의 경우 각각 53.1, 14.8 및 3.3 kg month⁻¹ area⁻¹라고 보고 한 바 있다. 본 실험결과도 Han et al. (2011)의 결과와 마찬가지로 이삭사초의 영양염류 용출량이 다른 침수식물체에 비해 많았다.

요 약

주암호내 복내 홍수조절지에서 침수 식물체가 수질에 미치는 영향을 조사하기 위해 복내 홍수조절지 내에 자생하는 주요 우점종의 분포와 생육특성을 조사하였고, 이들 결과를 토대로 침수식물체의 영양염류 부하량을 조사하였다. 복내 홍수조절지의 전체 면적은 1,848,568 m²로 침수 전 (5월 15일) 식생의 총 면적은 1,146,849 m²이었고, 8월 19일에는 집중강우로 인하여 식생이 서식하는 전체 홍수조절지가 침수되었다. 침수지역내 우점 식생은 이삭사초, 물억새 및 매자기로 이삭사초가 전체 홍수조절지 면적의 87%를 차지하였다. 식생별 OM 부하량은 이삭사초가 865,455 kg area⁻¹ (87.7%)로 가장 많았으며, 매자기 및 물억새가 36,182 (4.0%) 및 5,882 kg area⁻¹ (0.6%)이었다. T-N 부하량은 이삭사초가 17,441 kg area⁻¹로 전체 부하량 (19,570 kg area⁻¹)의 약 56%를 차지하였고, 매자기 및 물억새가 3.9 및 0.8%를 차지하였다. T-P 부하량은 이삭사초가 87.6%인 1,842 kg area⁻¹로 가장 높았다. 이상의 결과를 미루어 볼 때, 복내 홍수조절지내 주요 침수 식물체는 침수 후 영양염류를 용출하여 주암호의 부영양화를 촉진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

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

- Carignan, R. and J. Kalff. 1982. Phosphorus sources by submerged macrophytes: Significance to epiphyton and phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 27:419-427.
- 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. *KSWQ.* 12:277-284.
- Cho, J.S. 2009. A study on eco-friendly water quality management and ecological environment in Flood Control Reservoir around Juam Lake. Korea Water Resources Corporation (in Korean).
- 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.
- 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.
- Chung, J.E. and S.O. Chung. 2003. Survey and analyses of farming condition and nonpoint source pollution in the flood control area of the multi-purpose dams, KCID. 10:64-72.
- Han, J.H., D.C. Seo, S.D. Kim, S.W. Kang, B.J. Lim, J.H. Park, K.S. Kim, J.B. Lee, H.O. Kim, J.S. Heo and J.S. Cho. 2011. Removal and release velocities of nutrients by submerged plants in flood control reservoirs around Juam lake. *Korean J. Environ. Agric.* 30:144-152.
- Kim, C.S, J.Y. Ko, J.S. Lee, J.B. Hwang, S.T. Park and H.W. Kang. 2006. Screening of nutrient removal hydrophyte and distribution properties of vegetation in tributaries of the west Nakdong river. *Korean J. Environ. Agric.* 25: 147-156
- 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,* p. 213-216.
- Lee, Y.S. and J.G. Park. 2005. Assessment of water quality impact of submerged lakeside macrophyte. *EIAA.* 14:255-262.
- 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, Gyeonggido,* p. 397-403.
- Ministry of Environment. 2009. White paper of Environment.

376-377.

Pomogyi, P., E. P. H. Best, J. H. A. Dassen, and J. J. Boon.
1984. On the relation between age, plant composition and
nutrient release from living and Killed *Ceratophyllum* plants.
Aquat. Bot. 19:243-250.

Twilley, R. R., L. R. Blanton, M. M. Brinson, and G. J.
Davis. 1985. Biomass production and nutrient cyclings in
aquatic macrophyte communities of the Chowan River,
North Carolina. Aquat. Bot. 22:231-252.