

# 인공수초재배섬에서 수생식물 지상부 절취주기별 수중영양염류 제거효율

박혜경<sup>†</sup> · 변명섭 · 최명재 · 윤석환 · 전남희

국립환경과학원 한강물환경연구소

## Effect of Cut-off Intervals on Nutrients Removal Efficiency in Hydrophytes at the Artificial Vegetation Island

Hae-Kyung Park<sup>†</sup> · Myeong-Seop Byeon · Myung-Jae Choi · Seok-Hwan Yun · Nam-Hui Jeon

Han River Water Environment Research Center, National Institute of Environment Research

(Received 28 October 2008, Revised 2 January 2009, Accepted 23 January 2009)

### Abstract

We investigated the most effective cutting interval for underwater nutrient removal through cut off the emergent part of hydrophytes at artificial vegetation island (AVR) which was installed for the purpose of water quality improvement in Lake Paldang. We divided the planting area of *Phragmites japonica* into three parts according to the cutting intervals. The shoot height and relative growth rate of *P. japonica*, nutrient contents and biomass of cut off *P. japonica* were measured at each cutting interval. The amount of nutrients which were removed through cut off at each cutting interval was calculated. *P. japonica* showed full growth, 80% and 60% of full growth before first cut off at three-months, two-months and one-month cutting interval condition respectively. Three-month cutting interval condition showed the largest biomass of cut off *P. japonica* and one-month cutting interval condition showed the least. However the cut off *P. japonica* showed the highest content of nutrients at one-month cutting interval condition and the least at three-month cutting interval condition. The amount of phosphorus and nitrogen removal at two-month cutting off condition is the largest among three cutting interval conditions indicating that cut off the emergent part of *P. japonica* every two months is the most effective to remove the nutrients from water at AVR in eutrophic lakes.

**keywords** : Artificial vegetation island, Cut-off interval, Nutrient removal, *Phragmites japonica*

## 1. 서론

국내 담수생태계에서 갈대(*Phragmites australis*), 달뿌리풀(*Phragmites japonica*), 애기부들(*Typha angustifolia*), 줄(*Zizania latifolia*) 등 수생식물의 성장은 매우 활발하다. 수체의 부영양화 유발 물질인 인과 질소의 거동에서 수생식물은 성장기에는 수계로부터 많은 양의 인과 질소를 흡수하는 저장소(sink)의 역할을 하지만 고사기에는 흡수하였던 영양염류를 수계로 다시 방출(source)하기도 한다(Hill, 1986). 수심이 얕고 수위가 일정한 팔당호 수역에서 자라는 수생식물종은 성장 길이가 2~3 m 정도까지 이르는 등 성장이 빠르고 지상부의 생체량이 풍부하다. 그러나 일정 길이 이상 성장하면 자연현상(바람, 강우, 기온강하에 의한 고엽화)에 의하여 줄기가 쉽게 꺾이게 되어 수중으로 영양염류를 재방출하는 단점을 가지고 있다. 따라서 적절한 시기에 절취작업 등을 통하여 지상부의 길이를 조절해 줌으로써 수생식물 속에 포함된 영양성분이 수체로 되돌아가는 것을 방지할 수 있다. 자연상태의 정수성 수생식물은 호수

의 바닥에서 영양성분을 취하지만 부유체를 만들어 수상에 띄우고 인공토양을 조성하여 식재한 수생식물은 퇴적물이 아닌 수중에서 영양염류를 흡수하게 됨으로 퇴적물의 교란 없이 수중 영양염류를 저감할 수 있게 된다. 또한 수중에 노출된 수생식물의 뿌리는 미소생물, 저서성대형무척추동물, 어류의 서식공간과 산란공간으로 이용된다.

인공수초재배섬(Artificial vegetation island, AVI)은 인공의 부유체에 정수식물을 재배하여 수중의 영양염류 제거를 통한 수질정화, 어류와 동·식물플랑크톤 등 각종 수생생물의 산란 및 서식공간 제공, 생태계의 먹이 사슬을 이용한 조류 증식 억제 등 쾌적한 수변환경 조성 및 자연환경 기능 향상을 도모하기 위한 생태공학적인 기술이다. 수초재배섬 내부에 식재된 수생식물은 수중의 질소, 인 등의 영양물질을 섭취 또는 흡착하게 되고, 흡수된 영양물질은 식물체로 고정된다(공동수 등, 1999; 심우섭과 한인섭, 1998). 이 때 성장한 수생식물을 수역 외로 제거함에 따라 수중의 영양물질(부영양화 물질)을 제거하는 수질개선효과를 얻을 수 있다. 따라서 수질개선을 목적으로 하는 수초재배섬에서는 제거하는 식물체량이 많을수록 수중의 영양물질 제거에 유리하기 때문에 많은 양의 물질제거량을 얻기 위해 수초재배섬에서 수생식물의 생장에 관한 지속적인 연구와 관리

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed. parkhk@me.go.kr

가 필요하다.

팔당호에서 가장 오염도가 높은 경안천 수역에 수질개선 및 수변환경 조성을 목적으로 2000년 5월에 인공수초재배섬이 설치되었다. 팔당호 경안천 수역의 인공수초재배섬에서 수생식물 성장에 관한 선행연구를 보면 과영양상태인 팔당호 경안천 수역에서는 수초재배섬에 식재된 수생식물의 성장이 매우 빠른 것으로 조사되었다(최명재 등, 2007). 따라서 수질개선의 목적으로 수생식물 지상부 절취를 통한 수중 영양염류 제거의 효율을 높이기 위해서는 수생식물 지상부 절취량을 늘리는 것이 중요하며, 빠른 수생식물의 성장을 고려할 때 수생식물의 절취 횟수를 늘리는 것이 바람직할 것으로 예상되었다. 따라서 본 연구에서는 팔당호 경안천 수역에 설치된 인공수초재배섬에서 달뿌리풀의 절취주기를 조절하고 각 조건별로 수생식물의 증식속도, 영양염류함량 등을 조사하여 수중 영양염류 제거효율을 높이기 위한 방안을 검토하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 조사지점 및 조사기간

본 연구의 대상은 팔당호 경안천 수역인 경기도 광주시 퇴촌면 오리에 2000년에 인공 조성된 수초재배섬(시설면적: 41.5 m × 64.8 m)으로 가로 20 m, 세로 8 m 크기의 부유물 16개위에 수생식물을 고정할 수 있도록 식생기반재가 충전된 식재망이 올려져 있다. 2000년 조성 당시 전체를 4구역으로 나누어 영양염류 제거능력이 우수하고 팔당호에서도 가장 넓은 분포면적을 가진 정수성 대형수생식물인 애기부들, 갈대, 달뿌리풀, 줄(변명섭 등, 2006)을 선정하여 식재하였으나 초기 식재 후 6년 동안 외부 주변수역에서 다양한 초본류가 유입되었으며, 초기 식재종 중에서 달뿌리풀이 가장 넓은 서식면적을 보여 총 식재면적의 63%를 차지하고 있다(박혜경 등, 2006).

인공수초재배섬의 16개 식재들 중에서 달뿌리풀의 우점도가 90% 이상인 식재들 6개를 선정한 후 식재들 2개를 한 세트로 하여 1개월 주기 절취, 2개월 주기 절취 그리고 3개월 주기 절취의 세 가지 조건으로 구분하였다. 2007년 3월부터 10월까지 각 조건별 세트에서 각각 달뿌리풀 10주를 선택하여 표지하고 격주로 성장 길이를 측정하였다.

### 2.2. 조사방법

달뿌리풀의 지상부 성장이 시작된 4월 중순을 기점으로 1개월 주기 절취 세트는 매 1개월 주기로, 2개월 주기 절취 세트는 매 2개월 주기로, 그리고 3개월 주기 절취 세트는 매 3개월 주기로 각 조건별 식재들 세트의 달뿌리풀 지상부 전체를 절취하였다. 성장이 시작된 4월 16일부터 계산하여 1개월 주기 절취 조건 식재들의 경우 9월까지 5회 지상부를 절취하였으며, 2개월 주기 절취 조건 식재들의 경우 성장 시작 후 2개월째인 6월, 8월, 10월에 3회 절취하였고, 3개월 주기 절취 조건 식재들은 7월과 10월에 각 1회 지상부를 절취하였다. 각 절취시기마다 절취된 지상부

의 총 습증량을 측정하고, 그 중 일부를 실험실로 가져와 건증량, 탄소(C), 질소(N), 인(P)의 함량을 분석하여 지상부 절취를 통해 제거된 물질량을 산정하였다.

수생식물의 영양물질 성분분석을 위해 습증량을 측정 후 80°C에서 5일간 건조하여 건증량을 측정하고 건조된 식물체에서 줄기와 잎을 포함한 일부를 분쇄기로 갈아 미세 분말화하여 탄소(C), 질소(N), 인(P)의 함량분석을 실시하였다. 식물체의 인 함량은 과황산칼륨을 이용한 흡광광도법(환경부, 2004)으로 분석하였고 탄소와 질소 함량 분석은 원소분석기(CHN analyzer ; Elementar, Vario-EL)를 사용하여 분석하였다.

한편 인공수초재배섬이 위치한 팔당호 경안천 수역의 수생식물 서식환경을 파악하기 위해 4월부터 10월까지 격주로 인공수초재배섬 하부 호소수의 수온을 측정하고, 채수하여 실험실에서 총질소(TN), 용존총질소(DTN), 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N), 암모니아성질소(NH<sub>4</sub>-N), 총인(TP), 용존총인(DTP), 인산염인(PO<sub>4</sub>-P) 농도를 측정하였다. 영양염류의 분석은 수질오염공정시험방법(환경부, 2004) 및 Standard method for Water and Wastewater(Greenberg et al., 1992)에 준하여 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

인공수초재배섬이 설치된 팔당호 경안천 수역에서 식재된 수생식물의 증식에 영향을 미치는 주요 환경 인자로 수온과 영양염류 농도를 조사하였다(Fig. 1). 수온은 조사기간인 4월부터 10월까지 10.8~27.2°C의 범위를 보였고 4월에 가장 낮았으며 8월말에 최고 수온을 나타낸 후 감소하였다(Fig. 1(a)). 수온이 20°C 이상을 보인 시기는 5월말부터 10월초까지로 수생식물이 성장하는데 좋은 조건을 나타내었다.

인공수초재배섬 설치수역의 총질소와 총인농도는 조사기간 평균 4.011 mg L<sup>-1</sup>, 0.246 mg L<sup>-1</sup>로 매우 높은 농도를 보여 모두 과영양상태로 나타났다(OECD, 1982). 또한 무기태 영양염류인 질산성질소의 조사기간 평균농도가 1.911 mg L<sup>-1</sup>, 인산염인이 0.050 mg L<sup>-1</sup>로 높은 농도를 보여 이 수역에서 수생식물이 서식하는데 충분한 영양염류가 존재하는 것으로 조사되었다(Fig. 1(b), (c)).

조사기간 동안 각 조건별 식재들세트의 달뿌리풀 성장길이를 조사한 결과, 3개월 주기 절취 세트에서는 4월 중순에 길이성장을 시작한 뒤 2개월 후인 6월말에 약 180 cm의 최대성장을 보였고 1차 절취 전까지 더 이상의 길이성장은 보이지 않았다(Fig. 2(c)). 1차 절취 후 다시 길이성장을 시작하여 2차 절취까지 지속적으로 성장하였으나 1차 절취 전의 최대길이에는 이르지 못하였다. 1개월 주기 절취 세트의 경우 1차 절취 시에 3개월 주기 절취세트에서 보인 달뿌리풀의 최대성장길이와 비교할 때 약 60%의 길이성장을 나타내었고 동일 시기의 다른 절취조건별 세트의 달뿌리풀의 성장길이와 거의 유사하여 모든 세트에서 초기의 성장은 유사하게 일어나는 것으로 나타났다. 1차 절취 후 2, 3, 4, 5차 절취까지의 최대 성장길이는 3개월 절취주

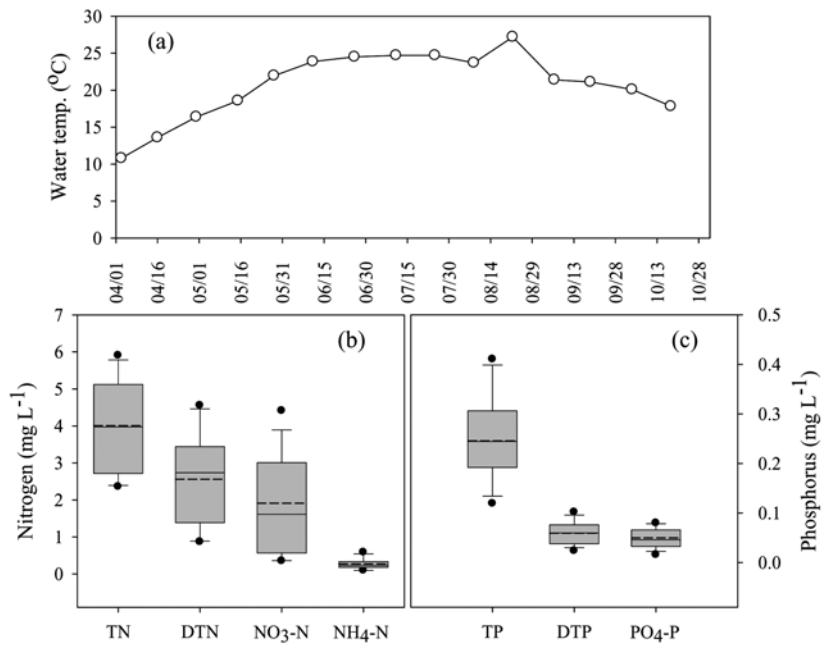


Fig. 1. The temporal variation of water temperature and the range of nutrients of waters under the artificial vegetation island in Lake Paldang from Apr. 2007 to Oct. 2007 (Box-25th and 75th percentiles, whisker-5th and 95th percentiles, dot-outlier, line within box-median value, dash within box-mean value).

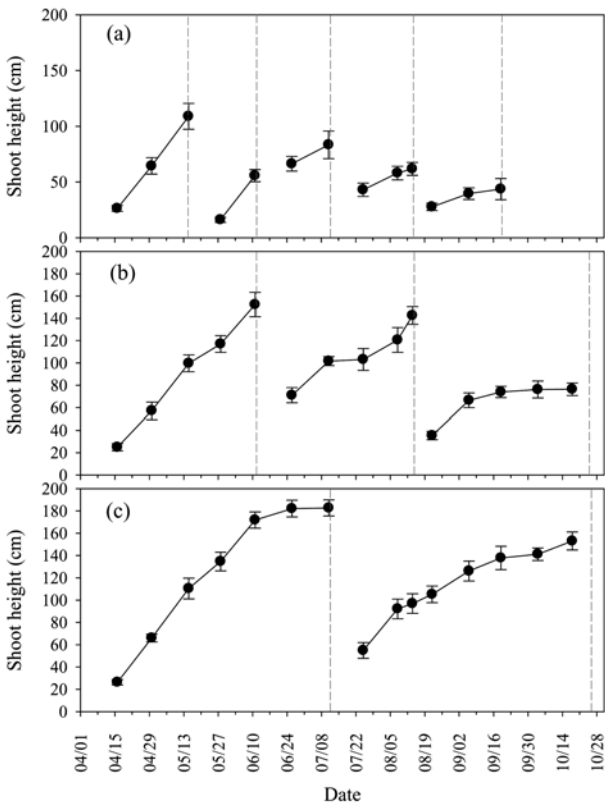


Fig. 2. Temporal changes of shoot height of *P. japonica* by cutting interval (dashed line indicates the cutting date, (a) cutting per one month, (b) cutting per two months, (c) cutting per three months; '07. 4~10).

기세트에서 보인 최대성장길이의 30.5%, 45.7%, 33.8%, 23.9%로 점차 적은 성장을 보였고 고사기로 접어드는 9월

절취 이후에는 더 이상 성장을 하지 않았다(Fig. 2(a)). 2개월 주기 절취조건 식재들에서 달뿌리풀은 봄철 초기성장부터 6월의 1차 절취까지 지속적으로 성장하여 최대성장길이의 약 83%까지 성장하였고 1차 절취 후 다시 빠르게 성장하여 2차 절취시에는 최대성장길이의 약 78%로 1차 절취시와 거의 유사한 성장을 보였다. 그러나 2차 절취 후에는 최대성장길이의 약 41%까지 성장한 후 더 이상 성장하지 않았다(Fig. 2(b)).

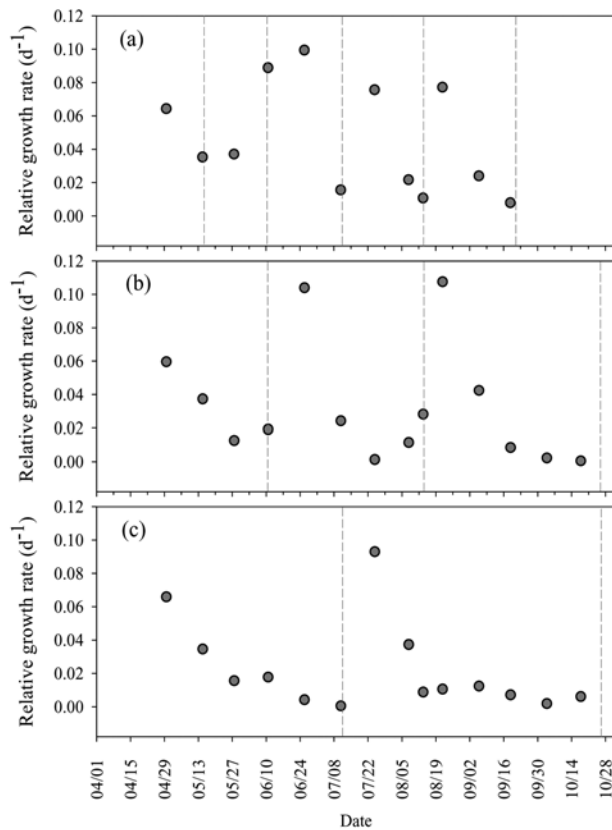
각 절취조건별 세트의 성장길이를 이용하여 달뿌리풀의 비증식률을 조사하였다. 비증식률 계산은 식 (1)을 이용하여 계산하였다(안윤주와 공동수, 1995).

$$\text{비증식률, RGR(Relative growth rate)} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} \text{ (d}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

$W_1$  : 시간  $t_1$ 에서 생체량(성장길이)

$W_2$  : 시간  $t_2$ 에서 생체량(성장길이)

1개월 주기 절취 세트의 달뿌리풀 비증식율은 봄철 성장을 시작할 때 0.064  $\text{d}^{-1}$ 이었고 이후 감소하였으며 1차 절취 후에는 달뿌리풀의 비증식율이 절취 전과 유사하였으나 2주후에는 다시 증가하였고, 2차 절취의 경우 절취 직후에는 봄철 초기성장과 마찬가지로 높은 비증식율을 보였으나 성장이 계속되면서 비증식율은 감소하는 패턴을 보였다(Fig. 3(a)). 2개월 주기 절취 세트에서 달뿌리풀의 비증식율은 봄철 초기성장은 1개월 주기 절취세트와 유사하게 높았고 이후 감소하는 추세를 보였으며 1차 절취 후 다시 길이 성장을 시작한 때에는 매우 높은 비증식율을 보인 후 감소하였다(Fig. 3(b)). 이런 현상은 2차 절취 후 재 성장에서



**Fig. 3.** Temporal changes of relative growth rate of *P. japonica* by cutting interval (dashed line indicates the cutting date, (a) cutting per one month, (b) cutting per two months, (c) cutting per three months; '07. 4~10).

도 나타났다. 3개월 주기 절취 세트에서도 봄철 초기성장에서는 다른 2개 세트의 달뿌리풀과 마찬가지로 높은 비증식율을 보였으나 이후 지상부 절취 시까지 지속적으로 감소하였고, 1차 절취 이후에 다시 매우 높은 비증식율을 보인 후 마찬가지로 지속적으로 감소하였다. 모든 조건 세트에서 봄철 초기성장시기의 1개월간 비증식율은 표준편차 0.003, 0.001  $d^{-1}$ 로 거의 유사한 비증식율을 보여 봄철 초기성장시기에는 동일한 성장속도를 보이나 이후 절취시기 및 주기에 따라 성장속도가 영향을 받는 것으로 나타났다.

각 절취주기 조건별 세트에서 달뿌리풀의 성장길이 및 비증식율 결과로 볼 때 수생식물의 지상부 절취가 단기적으로 반복되면 봄철 초기 성장에 비해 성장속도도 느려지고 충분한 길이로 성장을 하지 못하는 것으로 나타났다. 또한 수생식물의 지상부 절취주기가 너무 넓을 경우 지상부가 더 이상 성장하지 않는 기간이 길어져 보다 많은 지상부 절취를 목적으로 하는 경우 비효율적인 것으로 나타났다.

한편 1개월 주기로 절취한 세트에서는 봄철 초기에는 90% 이상 우점하였던 달뿌리풀이 2차 지상부 절취 후 우점도가 낮아지면서 외부 이입종인 미국가막사리(*Bidens frondosa*)의 서식면적이 넓어졌고 3차 지상부 절취 후에는 미국가막사리가 달뿌리풀에 비해 높은 우점도를 보였다. 4차 절취 후에는 달뿌리풀의 서식면적은 매우 줄었으며 성

장속도도 느려졌고 미국가막사리의 서식면적도 줄어든 반면에 또 다른 외부 이입종인 여뀌바늘(*Ludwigia prostrata*)의 성장이 두드러지게 나타나 5차 절취 후에는 대부분의 수생식물이 여뀌바늘로 천이되는 현상을 보였다. 2개월 주기 절취 세트에서는 1, 2차 지상부 절취 후에 미국가막사리, 여뀌바늘 등이 이입되어 성장하였으나 그 우점도는 낮았고 달뿌리풀의 우점도가 월등히 높아 1개월 주기 절취조건 세트와 같은 식물종의 천이현상은 나타나지 않았다. 이런 결과로 볼 때 최대성장 전에 달뿌리풀 지상부 절취를 자주 반복할 경우 달뿌리풀과 경쟁에서 성장이 억제되었던 다른 이입종들로 천이가 일어나 식재물 식재종의 군집변동을 초래하고 또한 지상부 식물체 수확량이 많고 영양염류 함량이 높은 달뿌리풀(최명재 등, 2007) 식물체량의 감소로 수중영양염류 제거효율도 떨어질 가능성이 높을 것으로 판단된다.

각 절취조건별 달뿌리풀 지상부 절취에 따른 수중영양염류 제거량을 산정하기 위해 각 절취 시기별로 절취된 식물체내 질소와 인 함량을 조사한 결과, 1개월 주기로 절취한 달뿌리풀의 식물체내 질소, 인 함량이 3회째 절취시기를 제외하면 모두 2개월과 3개월 주기로 절취한 달뿌리풀에 비해 훨씬 높았으며 2개월 주기로 절취한 달뿌리풀의 영양염류 함량은 1개월 주기로 절취한 달뿌리풀보다는 낮으나 3개월 주기로 절취한 달뿌리풀에 비해 높은 것으로 조사되었다(Fig. 4). 수생식물의 성장 초기에는 길이 성장이 주로 일어나면서 탄소에 비해 질소와 인 등의 영양염류의 함량이 높으나 성장이 진행됨에 따라 에너지 저장을 위해 탄소의 함량이 높아지고 이에 따라 질소, 인 등의 함량은 감소하는 것으로 알려져 있다(최명재 등, 2007). 또한 대부분의 수생식물은 생장기 동안 뿌리를 통해 흡수한 질소, 인 등의 영양염류를 잎과 줄기 등에 저장하고 있다가 기온이 하강되어 지상부가 고사하기 전 다음해 성장을 위해 영양염류를 뿌리로 전이시키는데(농림부·농어촌진흥공사, 1999), 부들(*T. orientalis*)은 질소와 인 흡수량의 22~61%를 지하부로 전이하며(함중화 등, 2005; Gophal and Sharma, 1984; Morris and Lajeha, 1986), 갈대는 흡수량의 25~50%(Van der Linden, 1986), 매자기(*S. fluviatilis*)와 고랭이(*S. lacustris*)는 12~38%(함중화 등, 2005; Klopatek, 1978)를 전이하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 1개월 주기로 절취한 달뿌리풀의 지상부는 성장길이로 볼 때 최대성장의 60% 미만으로 달뿌리풀의 세대기간에서 지수성장시기에 해당되며, 2개월 주기로 절취한 달뿌리풀은 성장 후기 그리고 3개월 주기로 절취한 달뿌리풀은 정지기에 절취된 것으로 추정된다. 따라서 이렇게 절취된 시기의 성장 단계에 따라 빠른 길이성장을 하는 시기에 절취된 1개월 주기 절취 조건의 달뿌리풀은 식물체내 영양염류 함량이 높은 반면 3개월 주기로 절취한 달뿌리풀은 길이성장이 멈춘 상태로 뿌리로 영양염류가 전이됨에 따라 지상부 식물체내 영양염류 함량이 훨씬 낮게 나타난 것으로 판단된다.

각 절취조건별 달뿌리풀 지상부 절취에 따른 수중영양염류 제거량을 산정하기 위해 각 절취 주기 조건에 따라 절

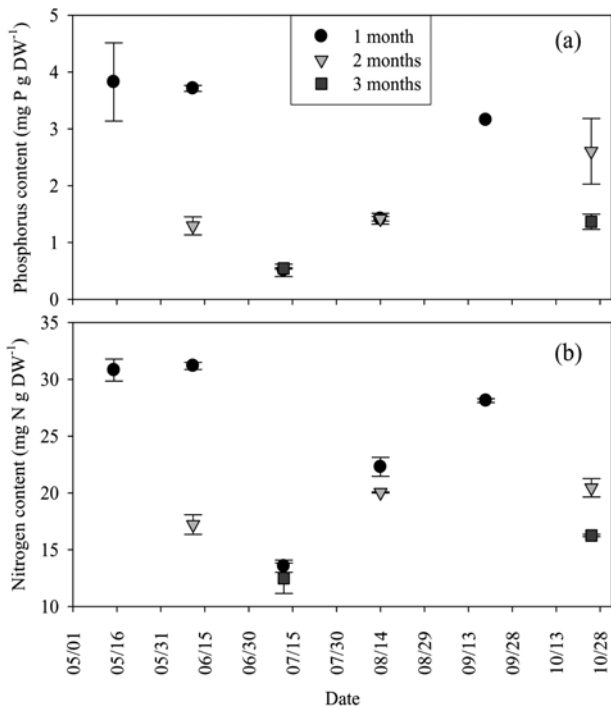


Fig. 4. Temporal changes of nutrients contents of *P. japonica* by cutting interval ((a) phosphorus, (b) nitrogen ; '07. 5~10).

취 시기별 절취된 식물체 건중량 그리고 조건별 총 누적 건중량을 Fig. 5에 나타내었다. 1, 2, 3개월 주기 절취 조건 중에서 1개월 주기 절취조건에서 절취된 달뿌리풀의 건중량이 가장 적었으며 3개월 주기 절취조건에서 절취된 달뿌리풀 건중량이 가장 많았다. 세 조건에서 모두 절취회수가 반복될수록 각 절취시기별 절취된 식물체의 건중량은 감소하였으며 이런 현상은 1개월 주기 절취세트에서 가장 두드러지게 나타나 성장길이와 유사한 결과를 보였다.

각 절취조건별로 절취된 달뿌리풀 지상부의 건중량과 각 절취 시기별 절취된 달뿌리풀 식물체의 영양염류 함량을 곱한 후 식재면적을 나눠 단위면적당 식물체를 통한 수중 영양염류 흡수제거량을 산정하였다(Table 1). 1개월 주기로 5회 절취하여 얻은 총 영양염류 제거량과 2개월 단위로 3회 절취하여 얻은 총량 그리고 3개월 단위로 2회 절취하여 얻은 제거량을 비교한 결과 인은 1, 2개월 주기 절취조건이 유사하였으나 1개월 주기 절취조건에서 약간 더 많은 제거량을 보였고 질소는 2, 3개월 주기 절취조건이 유사하였으며 2개월 주기 절취조건에서 약간 더 많았다. 각 조건별 절취된 총 건중량은 1개월 주기 절취조건이 2개월 주기 절취조건에 비해 약 54%, 3개월 주기 절취조건에 비해 약 41%로 3개월 절취 조건이 월등히 많았으나 3개월 주기 절취조건에서 절취된 달뿌리풀의 영양염류 함량이 1개월 주기 절취조건에 비해 훨씬 낮아 실제 영양염류 제거량은 더 적은 것으로 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 수중 영양염류 제거를 목적으로 수초배설을 설치한 경우 식재된 수생식물 지상부의 절취 주기를 너무 짧게 하면 첫째, 수생식물의 성장이 활발하게

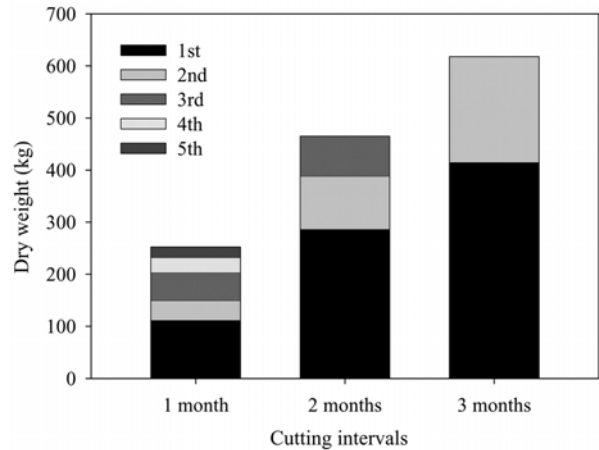


Fig. 5. The amount of dry weight of *P. japonica* which was removed from artificial vegetation island at each cutting off by cutting interval.

Table 1. The amount of underwater nutrients removal at each cut off the emergent part of *P. japonica* at artificial vegetation island in Lake Paldang

Cutting interval		Carbon (g/m <sup>2</sup> )	Nitrogen (g/m <sup>2</sup> )	Phosphorus (g/m <sup>2</sup> )
1 month	1st	143.5	10.8	1.3
	2nd	47.6	3.7	0.4
	3rd	60.7	2.9	0.2
	4th	33.8	2.0	0.1
	5th	25.4	1.8	0.2
	Total	310.9	21.2	2.3
2 months	1st	354.6	15.4	1.2
	2nd	120.3	6.4	0.5
	3rd	88.42	4.90	0.6
	Total	563.32	26.7	2.2
3 months	1st	490.9	16.2	0.7
	2nd	244.5	10.3	0.9
	Total	735.4	26.5	1.6

일어나지 못해 식물체내 영양염류 함량은 많으나 총수확량이 적어질 수 있고, 둘째, 달뿌리풀의 성장으로 인한 차광 효과로 성장이 억제되었던 다른 수생식물종이 달뿌리풀 지상부 절취로 인해 달뿌리풀보다 더 빠르게 성장하여 천이 되는 문제가 발생할 수 있는 것을 확인하였다. 뿐만 아니라 매월 절취할 경우 2, 3개월 주기로 절취하는 조건과 비교하면 2~3배로 절취작업 비용 즉 유지관리 비용이 증가하게 된다. 한편 최대성장 이후까지 방치 후 절취할 경우에는 총 식물체 수확량은 많으나 식물체내 영양염류 함유량이 크게 감소하여 실제 영양염류 제거량은 적어지게 되고 또한 수생식물종의 목질화가 진행되어 절취작업에 어려움이 있을 수 있다. 따라서 팔당호 경안천 수역과 같이 영양염류 농도가 높아 수생식물의 성장속도가 빠른 부영양 수역에서 수중 영양염류 제거를 위해 수생식물 지상부를 절취할 경우에는 2개월 정도의 주기로 지상부를 절취하는 것이 영양염류 제거를 통한 수질개선 효과 및 유지관리 측면에서 가장 효율적인 것으로 조사되었다.

#### 4. 결론

수질개선을 위해 팔당호 경안천 수역에 인공 조성된 수초재배섬에서 수생식물 지상부 절취를 통한 수중 영양염류 제거의 효율을 높이기 위한 방안으로 달뿌리풀이 식재된 식재틀을 대상으로 수생식물 지상부의 절취주기를 1개월, 2개월, 3개월 주기의 세 조건으로 구분하여 각 조건별 달뿌리풀의 성장길이, 비중식율, 절취된 식물체의 영양염류 함량 및 절취된 식물체량을 조사하고 수생식물 지상부 절취를 통한 수중영양염류 제거량을 산정하였다. 3개월 주기 절취 조건의 달뿌리풀은 절취전에 최대 길이성장을 보였으나 2개월과 1개월 주기 절취조건의 달뿌리풀은 최대성장의 약 80%, 60%의 길이성장을 보였고, 이에 따라 절취된 식물체 건조량은 3개월주기 절취조건에서 가장 많았다. 그러나 각 절취시기별 식물체내 영양염류 함량은 1개월 주기로 절취한 달뿌리풀이 가장 많았고 3개월 주기 절취조건에서 가장 적었다. 각 조건별로 달뿌리풀 지상부 절취를 통한 총 영양염류 제거량을 산정한 결과 인과 질소의 제거량이 모두 높은 조건은 2개월 주기 절취조건으로 조사되어 팔당호 경안천 수역과 같이 영양염류 농도가 풍부한 수역에서 인공수초재배섬 식재 수생식물 지상부 제거를 통한 수중영양염류 제거를 위해서는 약 2개월 주기로 절취하는 것이 가장 효율적인 것으로 조사되었다.

#### 사 사

본 연구는 2007년도 팔당호 수질개선사업 「수초재배섬 운영·관리사업」의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

공동수, 정원화, 전선옥(1999). 생활형 및 생육환경에 따른 대형수생식물의 생산성과 영양물질 제거 능력. *한국육수학회지*, **32**(3), pp. 216-228.  
농림부·농어촌진흥공사(1999). *수생식물에 의한 수질개선 기법 연구*.

박혜경, 공동수, 변명섭, 전남희, 최명재, 윤석환, 유경아, 강필구(2006). *수초재배섬 운영·관리사업 보고서*. 한강수계 팔당호 수질개선사업, 한강물환경연구소, 한강수계관리위원회.

변명섭, 박혜경, 정동일(2006). 대형수생식물이 팔당호의 물질 수지에 미치는 영향. *한국육수학회지*, **39**(1), pp. 85-92.

심우섭, 한인섭(1998). 울산지역에서 자생하는 갈대, 부들, 갈풀을 이용한 Reed-Bed의 생활하수 정화능력연구. *한국환경과학회지*, **7**(2), pp. 117-121.

안윤주, 공동수(1995). 생이가래를 이용한 영양물질의 제거 방안연구. *대한환경공학회지*, **17**(6), pp. 593-603.

최명재, 변명섭, 박혜경, 전남희, 윤석환, 공동수(2007). 팔당호 인공수초재배섬에서 수생식물 성장 및 영양염류 제거 효율. *수질보전 한국물환경학회지*, **23**(3), pp. 348-355.

함중화, 윤춘경, 김형철, 구원석, 신현범(2005). 식생피도가 인공습지의 질소 및 인 처리 효율에 미치는 영향과 습지조성 및 관리. *한국육수학회지*, **38**(3), pp. 393-402.  
환경부(2004). *수질오염공정시험법*.

Gopthal, B. and Sharma, K. P. (1984). Seasonal changes in concentration of major nutrient elements in the rhizomes and leaves of *Typha elephantina* Roxb. *Aquat. Bot.*, **20**, pp. 65-73.

Greenberg, A. E., Clesceri, L. S., and Eaton, A. N. (1992). *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*. 18th ed. APHA AWWA WEF, Washington.

Hill, B. H. (1986). The role of aquatic macrophytes in nutrient flow regulation in lotic ecosystems. *American Society for Testing and Materials*, Philadelphia, pp. 157-167.

Klopatek, J. M. (1978). Nutrient dynamic of freshwater riverine marshes and the role of emergent. Academic Press, New York.

Morris, J. T. and Lajeha, K. L. (1986). Decomposition and nutrient dynamic of litter from four species of fresh water emergent macrophytes. *Hydrobiologia*, **131**, pp. 215-223.

OECD (1982). *Eutrophication of waters-monitoring, assessment and control*.

van der Linden, M. J. H. A. (1986). Phosphorus economy of reed vegetation in the Suidelijk Flevolard Polder (The Netherlands) : Seasonal distribution of phosphorus among shoot and rhizomes and availability of soil phosphorus. *Acta Oecologia Oecol Plant*, **7**, pp. 397-405.