

대형수생식물의 물질생산과 질소와 인의 흡수량

문 형 태 · 남궁 정 · 김 정 희

(공주대학교 기초과학연구소, 생물학과)

적 요 - 수생식물을 인공호의 수질개선에 이용할 수 있는지의 가능성을 파악하기 위하여 정수식물인 갈대, 애기부들 그리고 줄의 생산량과 영양염류 흡수량을 조사하였다. 갈대와 애기부들 그리고 줄은 단위 면적당 지상부 최대생산량이 각각 3,504 g/m², 2,834 g/m², 3,125 g/m²이었다. 이들의 지상부와 지하부의 비를 조사한 자료를 이용하여 계산된 지하부 현존량은 갈대, 애기부들, 줄이 각각 9,671 g/m², 5,158 g/m², 5,813 g/m²이었다. 갈대, 애기부들 그리고 줄 각기관의 영양염류 함량은 식물의 종류에 따라 차이가 있었다. 식물의 최대생산량과 지상부 각 기관의 영양염류함량을 이용하여 계산된 지상부 영양염류 최대현존량은 갈대군락에서 가장 많은 것으로 나타났다. 지상부와 지하부에 포함되어 있는 영양염류 최대현존량은 갈대군집에서 2,795.6 kg N/ha, 42.5 kg P/ha, 애기부들군집에서 1,413 kg N/ha, 24.8 kg P/ha, 줄군집에서 1,901.1 kg N/ha, 38.4 kg P/ha 이었다. 본 연구의 결과 갈대와 애기부들 그리고 줄은 물질생산과 영양염류 흡수량에서 담수의 수질개선에 적합한 것으로 판단되었다.

서 론

습지는 전세계 육지면적의 약 6%를 차지하며, 육상생태계와 수계생태계를 연결하는 위치에 있다(Richardson 1995). 인류는 오랫동안 습지를 쓸모없는 땅으로 여겨왔으며, 질병이나 해충의 발생지로 생각하여왔다. 그러나 최근에 습지의 중요성이 서서히 부각되면서 습지생태계의 생태학적 역할에 관한 연구와 습지 또는 인공습지를 활용하는 방법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(Moshiri 1993; Mitsch & Gosselink 1996).

자연습지의 기능을 대별하면 종다양성의 유지와 수질 개선효과이다(Hammer 1995). 습지에는 각 종 수생식물과 이를 서식처로 활용하는 많은 동물들이 서식하고 있으며, 특히 새들의 중요한 서식공간이 되고 있다. 수생식물은 무기 혹은 유기영양소를 흡수 또는 흡착하며, 수생식물의 표면이나 이들의 부니질 표면은 미생물, 원생동물, 부착조류 등이 서식할 수 있는 장소를 제공하여 수중의 유기물 분해를 촉진하고 있다(Hammer 1995). 또한 수생식물은 대부분 통기조직이 발달되어 지상에서부터 통기조직을 통해 산소가 근권에 유입되어 호기상태를 유지할 수 있다. 이것은 근권에 서식하고 있는 미생물들의 유기물 산화를 촉진시키는 역할을 한다(House *et al.* 1994).

자연습지의 이러한 역할은 담수의 부영양화를 억제하여 수자원의 효율적인 관리와 사용에 많은 도움을 줄 수 있기 때문에 선진국에서는 소규모 생활하수의 처리를 위한 수단으로서 인공습지를 조성하여 활용하는 방안이 활발히 진행되고 있다(Mitchell 1978; Hammer 1989; House *et al.* 1996). 그러나 이러한 목적을 위해서는 인공습지에 적합한 수생식물 종을 선발하여야 하는 동시에 대상종의 생산력과 영양염류 흡수량, 그리고 이러한 기능적인 면을 증대시키기 위한 연구가 선행되어야 한다.

갈대와 줄, 부들과 같은 정수식물은 단위면적당 생물량이 많기 때문에 흡수하는 영양염류의 총량도 상대적으로 많다(김 등 1989; 조 1992). 또한 지하경에서 새로운 개체가 형성되는 번식 특성이 있기 때문에 적당한 환경조건이 주어지면 짧은 기간 동안에 분포역이 넓게 확산되는 특성을 가지고 있다(정 1996).

Grant와 Patrick(1970)이 펜실바니아의 Tinicum Marsh에서 습지식물에 의한 수중의 영양염류 제거능에 관한 실험이 있는 후 많은 사람들이 수질정화의 방법으로 수생식물을 활용하는 방안에 대하여 관심을 갖게 되었다(Patrick *et al.* 1971; Sweet 1971; Valiela & Teal 1972; Queen 1977). 이들은 자신들이 수행하던 수생식물의 생산성과 영양염류순환에 관한 연구의 방향을 종래의 순수생태학적인 차원을 넘어 수질정화에 이용하는

측면을 강조하게 되었다.

국내에서도 많은 사람들이 하구지역이나 호소의 연안 그리고 강가에 형성되어 있는 갈대와 애기부들 그리고 줄근집의 1차생산에 관한 연구를 수행하였고, 국내에서 발표된 수생식물의 물질생산에 관한 연구결과에 의하면 갈대군집의 생산성이 가장 높은 것으로 알려져 있다 (Kim *et al.* 1972; 김 등 1982; 김과 민 1983; 문 1984; 오 1988; 조 1992).

김 등(1988, 1991), 이(1993)는 여러 종류의 수생식물들을 이용하여 돈사폐수를 처리하는 연구를 수행한 바 있고 공(1997)은 대형수생식물을 이용한 수질개선 연구의 전망, 그리고 정(1996)은 수생식물을 이용하여 양어장 배출수의 정화에 관한 연구를 수행한 바 있다.

본 연구는 농경지 사이를 흐르는 폭 7~8m의 수로에서 갈대 (*Phragmites communis*), 애기부들 (*Thypha angustifolia*) 그리고 줄 (*Zizania latifolia*)의 물질생산 및 영양염류 흡수량을 조사하여 수질개선에 활용할 수 있는 지를 파악하고, 인공습지 조성시 수생식물 자원으로 활용하기 위한 기초자료를 얻는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

본 연구의 조사지소는 충청남도 웅천읍 관당리, 죽정리, 황교리에 걸쳐있는 수로로 폭은 7~8m, 길이는 약 5km이다 (Fig. 1). 주변은 경작지나 낮은 구릉성 지형으로 되어 있다. 이 수로는 웅천천과 연결되어 있으며 대형수생식물인 갈대와 줄 그리고 애기부들이 큰 군반을 형성하고 있다. 수로 중심부의 수심은 지소와 계절에 따라 차이가 있지만 평균 1m 내외이었고, 하절기에는 수량이 풍부한 관계로 수심이 깊지만 가을로 접어들면서 수심이 낮아진다. 수로의 주변은 논으로 되어 있고, 양쪽 제방에는 100여m 간격으로 논에서 유입되는 작은 수로들이 있다.

2. 연구 방법

1998년 4월부터 약 15일 간격으로 각 수생식물군락에서 10개체의 식물을 채집하였다. 지상부와 함께 지하부의 뿌리와 지하경도 채집하였는데, 지하부의 경우 영양염류 분석을 위한 샘플만을 채취하였다. 채집한 식물체는 실험실에서 각 부위별로 분리하여 80°C 건조기에서 48시간 이상 건조시켜 평량한 후 마쇄하여 영양염류 분석에 이용하였다. 지하부는 지하경과 뿌리로 구분하였으며, 지상부는 잎과 줄기로 구분하였다. 개화가 시작되면서부터 꽃을 분리하여 처리하였다. 1998년 8월에 각

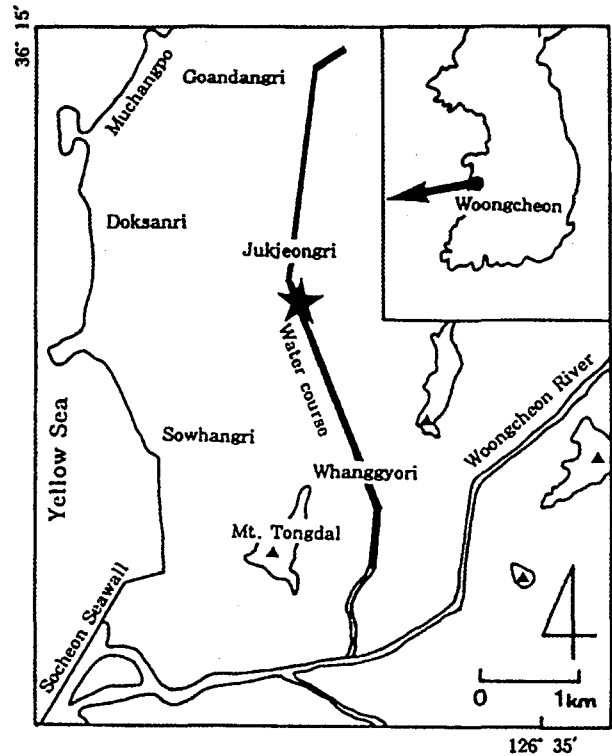


Fig. 1. A map showing the study area. Asterisk indicates the studied water course

수생식물군락의 밀도를 측정하였다. 식물체의 밀도는 50 × 50 cm 방형구를 이용하여 그 안에 포함되어 있는 개체수를 파악하였는데, 이들 수생식물들이 대부분 군반을 형성하기 때문에 밀도가 고르지 않았다. 따라서 각 수생식물군락에서 15개씩의 방형구를 조사하여 평균하였다. 지하부의 최대생물량은 각 정수식물의 지상부가 최대로 되는 시점에서 갈대는 지상부 현존량의 2.76배, 애기부들은 1.82, 그리고 줄은 1.86배로 계산하였다 (Fiala *et al.* 1968). 식물체의 영양염류 분석은 Allen *et al.* (1974), Wilde *et al.* (1979)에 따라 정량하였다. 질소는 micro-Kjeldahl 법으로, 인은 습식분해 후 ammonium molybdate와 stannous chloride로 발색시켜 비색 정량하였다 (Allen *et al.* 1974).

결과 및 고찰

1. 수생식물군락의 현존량

갈대의 지상부 생장은 3월경부터 시작되지만 초기에는 기온이 낮은 관계로 생장이 매우 느렸다. 4월 30일 조사시 갈대의 길이생장은 42cm이었으나 5월 중순과 5월 말에는 각각 93 cm, 168 cm로 거의 직선적으로 증가

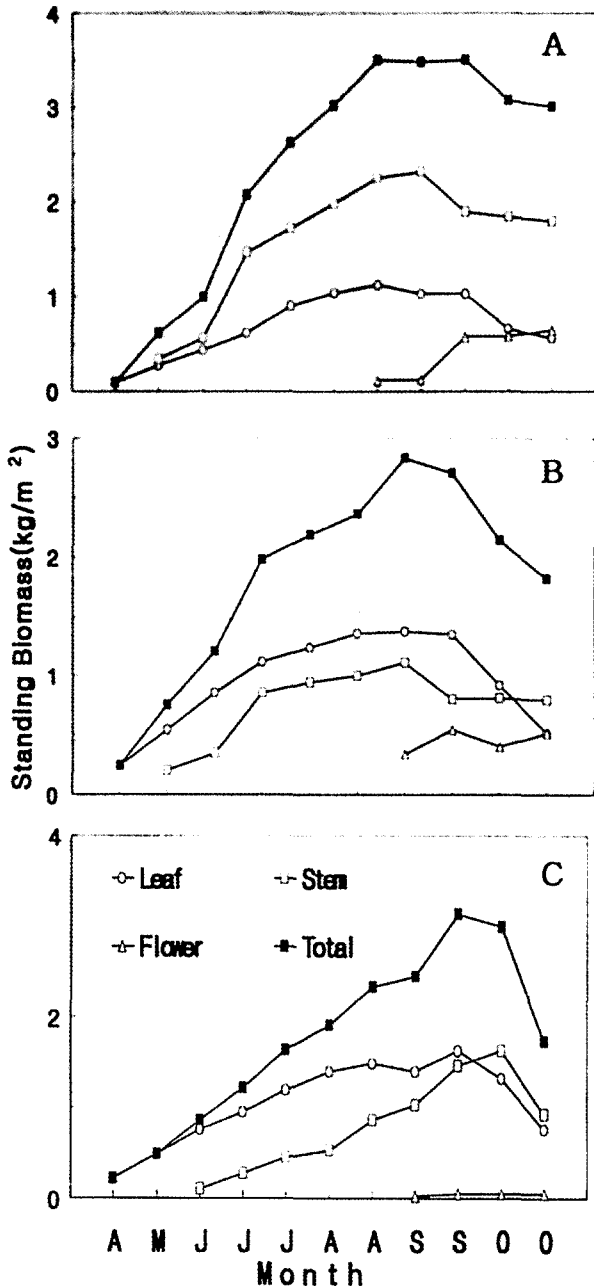


Fig. 2. Seasonal changes of aboveground biomass of reed (A), cattail (B) and wild rice (C) stands.

하였다. 이것은 기온의 증가로 인하여 생장이 가속화되고 이때 지하경에 저장된 양분이 사용되기 때문인 것으로 판단된다. 길이생장은 시간이 지남에 따라 점점 증가하여 9월에 약 240 cm 높이로 자랐으며, 1998년 8월에 조사한 갈대군락의 평균밀도는 142개체/m²이었다(Table 1).

Fig. 2A는 조사지역의 갈대 각 부위별 단위면적당 현존량과 전체 지상부 현존량의 계절적인 변화를 나타낸

것이다. 잎의 생물량은 8월에 최고치인 1.1kg/m²를 나타내었고, 줄기의 최대현존량은 9월에 2.3kg/m²으로 나타났다. 꽃은 8월부터 채집되기 시작하여 채집 막지막인 10월에 0.65kg/m²에 달하였다. 조사지역에서 갈대의 지상부 최대 현존량은 9월에 3.5kg/m²으로 조사되었다. 그러나 각 부위의 최대생장시기가 서로 달라 잎은 8월, 줄기는 9월 그리고 꽃은 10월에 각각 최대치를 기록하였다.

갈대의 지상부 최대현존량 3,504g/m²에 환산계수인 2.76을 이용하여 계산된 지하부 현존량은 9,671g/m²으로 나타났다(Table 1). 이 값은 Dykyjova와 Veber (1978)가 보고한 값(8.9kg/m²)과 유사하였다. 단위면적 당 지상부와 지하부의 최대현존량은 13,175g/m²으로 계산되었다(Table 1).

본 조사지소에서 갈대의 지상부 현존량은 낙동강 하구지역에서의 상한값(3,500g/m²)과 비슷하였다(김 등 1982; 문 1984). 그러나 영산강 유역에서의 670~4,650g/m²의 상한값보다는 낮았으며(김 1975), 서해안 염습지에서의 조사결과인 2,980g/m²보다 훨씬 높은 값이었다(김과 민 1983). 조(1992)는 팔당호 연안대에서 대형수생식물의 생산을 조사한 결과 갈대의 경우 지상부 최대현존량이 800~2,210g/m²인 것으로 보고하였는데, 이는 본 조사지의 결과에 비해 현저히 낮은 값이다. 오와 임(1983)은 섬진강 하구의 염습지에서 갈대의 밀도가 165개체/m²인 지소에서는 지상부 생산량이 1,120g/m², 밀도가 115개체/m²인 지소에서는 843g/m²인 것으로 보고한 바 있다. 이와같은 현존량의 차이는 조사지소에서 식물이 이용할 수 있는 영양염류의 양과 식물체의 지상부 밀도가 다르기 때문인 것으로 판단된다. 또한 염분의 양에 따라 서로 다를 수 있는데, 일반적으로 토양의 염분함량이 높을수록 지상부의 생산량이 낮다(김 1975). 갈대와 같은 초본성 다년생식물의 경우 지상부 현존량은 지상부의 순생산량과 같다.

애기부들의 지상부 생장이 시작되는 시기도 갈대와 유사하였다. 4월에 애기부들의 길이생장은 70cm로 갈대나 줄에 비해 현저히 큰 것으로 나타났다. 8월에 조사한 애기부들군락의 지상부 줄기의 평균밀도는 67개체/m²이었다.

애기부들군락의 각 부위별 현존량의 변화를 보면(Fig. 2B), 잎은 8월에 1.4kg/m²으로 최대치를 보였고 줄기는 역시 8월에 1.1kg/m²으로 최대치를 보였다. 꽃은 8월 말부터 채집되기 시작하여 9월에 550g/m²을 보였다. 애기부들의 지상부 최대현존량은 8월에 2.8kg/m²이었다. 이 값은 조(1992)가 팔당호에서 조사한 값(830~2,010g/m²)에 비해 현저히 높은 것이다. 본 조사지소의 애기

Table 1. Shoot density and maximum standing biomass of each hydrophyte community in the study area

Community	Density	Biomass (g/m ²)	
		Above	Below
<i>P. communis</i>	142	Above	3,504
		Below	9,671
		Total	13,175
<i>T. angustifolia</i>	67	Above	2,834
		Below	5,158
		Total	7,992
<i>Z. latifolia</i>	54	Above	3,125
		Below	5,813
		Total	8,938

부들 현존량은 Hill (1987)의 결과(2,559~2,895 g/m²)와 는 비슷하였다.

애기부들의 지상부 최대현존량 2,834 g/m²에 전환계수 1.82를 이용하여 계산된 지하부 현존량은 5,158 g/m²으로 나타났다. 따라서 단위면적 당 지상부와 지하부의 최대현존량은 7,992 g/m²으로 계산되었다 (Table 1).

애기부들은 당년에 꽃대가 나오는 개체와 꽃대가 형성되지 않는 개체들이 있다. 꽃대가 형성된 개체들은 10월 중순 이후 지상부가 대부분 고사하였으며, 이들 고사한 개체의 밑부분 지하경에서는 이미 새순이 올라오고 있었다. 꽃대가 형성되지 않는 개체들은 10월 중순 이후에도 고사하지 않고 그대로 남아 있었으나 11월 말에는 지상부가 대부분 고사하였다. 꽃대가 형성되지 않은 애기부들의 지하부를 11월 중순에 채집한 결과 지하경의 마디에서 다수의 새순이 형성되어 있었다.

본 조사지소에서 가장 많은 면적을 차지하고 있는 수생식물은 줄이었다. 갈대와 애기부들에 비해 수심이 깊은 곳인 수로의 중심부에서도 생육하는 것으로 관찰되었다. 4월에 줄의 길이생장은 갈대와 비슷한 40 cm 정도이었으나 6월말에 줄의 지상부 평균높이는 257 cm로 갈대나 애기부들보다 길이생장이 빨랐다. 꽃대가 올라왔을 때의 높이는 거의 3m에 이르며, 8월에 조사한 줄근락의 지상부 줄기의 평균밀도는 54개체/m²이었다.

Fig. 2C는 줄 지상부 각 부위별 현존량의 변화를 나타낸 것이다. 잎은 9월말에 1.6 kg/m²으로 최대치를 보였고, 줄기의 최대현존량은 10월 중순에 1.6 kg/m²으로 나타났다. 갈대나 애기부들에 비해 잎과 줄기의 생장이 늦게까지 지속되는 것을 알 수 있었다. 꽃은 9월 중순부터 채집되기 시작하였으며, 10월 중에 57 g/m²의 최대치를 보였다. 줄의 지상부 최대 현존량은 9월말에 3,125 g/m²으로 나타났다. 이 값은 임 등 (1983), 오 (1988), 조 (1992)

등이 발표한 값보다 현저히 높은 것이었다. 대형수생식물의 경우 지상부 밀도와 생물량간에는 역상관 관계가 있기도 하지만 (김 1975), 초기의 어느 정도까지는 밀도와 생물량이 비례관계를 보이고 있다. 따라서 줄의 경우에도 지역에 따른 지상부 생산량의 차이는 대부분 줄기의 밀도에 기인하는 것으로 판단된다.

지상부 최대현존량에 전환계수 1.86을 이용하여 계산한 지하부의 현존량은 5,813 g/m²이었다. 따라서 단위면적 당 최대 현존량은 8,938 g/m²이었다 (Table 1).

2. 수생식물의 영양염류 함량

갈대 잎의 단위무게당 전질소의 함량은 4월에 45 mg/g으로 줄기나 뿌리 그리고 지하경에 비해 현저히 높은 값을 보였다 (Fig. 3A). 잎의 질소함량은 줄기에 비해 시간대 따른 변화가 적었으며, 9월에는 47 mg/g으로 최대치를 보였다. 지하경의 질소함량은 4월과 5월 초까지는 뿌리에 비해 높지만 그 이후에는 뿌리의 질소함량이 항상 높은 것으로 나타났다. 단위무게당 꽃의 질소함량은 47.5 mg/g으로 최대치를 보였다. 조 (1992)는 갈대의 잎과 줄기의 질소함량이 생육초기에는 높고 후반부로 갈수록 감소하는 것으로 보고한 바 있다. 본 조사의 경우에는 잎의 질소함량은 시간에 따른 변화가 크지 않았다. 뿌리의 경우에도 큰 차이가 없었으나 줄기는 시간에 따른 변화가 컸다. 꽃의 질소함량은 다른 기관에 비해 높은 것으로 나타났으며, 대체적으로 줄기의 질소함량이 낮았다. 본 조사지소에서 잎과 줄기의 질소함량은 조 (1992)와 Dykova (1978)의 값에 비해 높은 것으로 나타났다.

생육초기에 갈대 각 기관의 인 함량은 잎에서 가장 높았고 지하경에서 낮았다 (Fig. 3B).

잎의 인함량은 4월에 0.68 mg/g이었으며, 8월에는 0.23 mg/g으로 가장 낮았으나 그 이후 증가하는 것으로 나타났다. 줄기의 인함량은 4월에 0.48 mg/g이었으나 서서히 감소하여 10월에는 0.15 mg/g이 되었다. 뿌리와 지하경의 인 함량도 초기엔 높지만 생육기 후반부로 갈수록 낮아지는 경향이 있었다. 꽃의 인 함량은 다른 기관에 비해 현저히 높은 것으로 조사되었다. 조 (1992)와 Dykova (1978)는 질소에서와 마찬가지로 생육 초기에 인의 함량이 높다가 후반부에 감소하는 것으로 보고하였는데, 본 조사에서도 잎과 줄기 그리고 뿌리에서 이러한 경향성을 볼 수 있었다. 단위무게당 인 함량은 조 (1992)와 정 (1996)의 결과와 유사하였다.

지하부의 영양염류 현존량을 추정하기 위하여 지하경과 뿌리의 평균 영양염류 함량을 계산하였다. 그 결과 질소와 인 함량이 각각 20.9 mg/g과 0.31 mg/g으로 계산

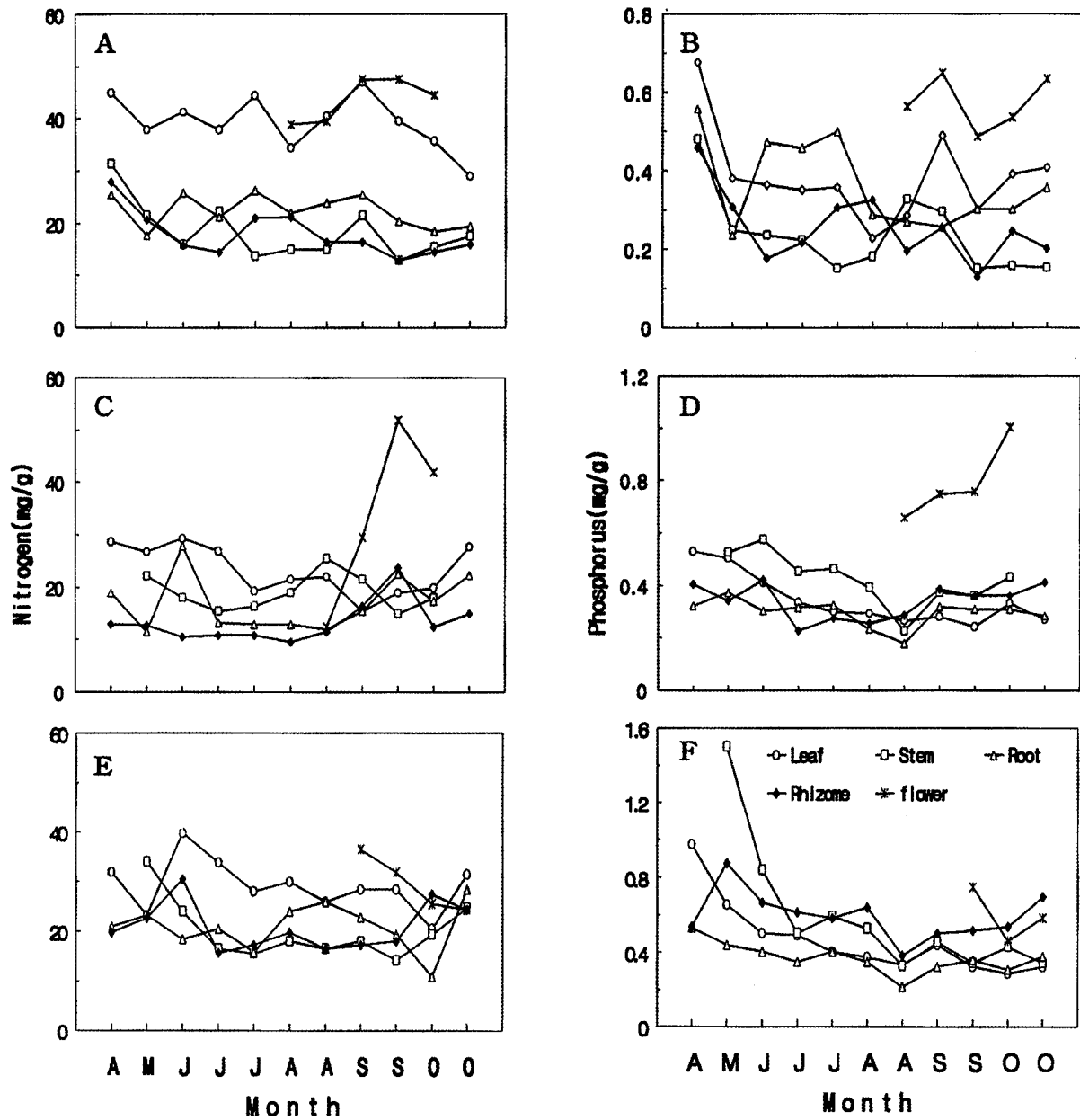


Fig. 3. Seasonal changes of nitrogen and phosphorus in each organ of reed (A, B), cattail (C, D) and wild rice (E, F) stands, respectively.

되었다.

애기부들 잎의 질소함량은 4월에 28.8 mg/g이던 것이 9월에는 15.5 mg/g으로 감소하였다가 그 이후 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 3C). 줄기는 5월 중순부터 채집되었는데, 이때의 질소함량은 22.3 mg/g이었다. 그 이후 감소하다 8월 말에 최고치를 보인 후 다시 감소하였는데, 생장 초기에 보통 줄기의 질소함량이 높기 때문에 두 번의 최고치를 기록하는 것으로 판단된다. 뿌리의 질소함량은 일정한 경향성이 없었지만 지하경의 경우 9월

말에 최고치를 보였다. 꽃의 경우 9월 말에 51.8 mg/g으로 가장 높은 값을 보였다.

애기부들의 경우에도 생육 초기에 각 기관의 질소함량이 높고 시간이 경과함에 따라 그 함량이 감소하는 것으로 알려져 있다(Dykyova 1978; 김 등 1989; 조 1992). 본 조사에서는 꽃을 제외한 각 기관의 질소함량이 뚜렷한 경향성을 보이지 않았다. 이것은 애기부들이 당년에 꽃대가 나오는 개체와 나오지 않는 개체가 혼합되어 채집되었기 때문인 것으로 판단된다. 꽃은 8월말

이후 질소 함량이 직선적으로 증가하여 9월말에 최대치를 보였다. 본 조사지소 애기부들의 질소함량은 조(1992)의 결과에 비해 높았다

애기부들 각 기관의 인 함량은 다른 식물과는 달리 줄기에서 높은 것으로 나타났다(Fig. 3D). 잎의 인 함량은 4월에 0.53 mg/g 이던 것이 서서히 감소하여 9월에는 0.24 mg/g으로 낮아졌다. 이에비해 줄기의 인 함량은 5월에 0.53 mg/g이던 것이 8월에는 0.23 mg/g으로 낮아졌으나 그 이후 증가하는 것으로 나타났다. 지하경에 비해 뿌리의 인 함량이 낮은 것으로 나타났다. 꽃의 인 함량은 다른 기관에 비해 현저히 높았으며, 개화후 서서히 증가하여 10월 중순에는 1.0 mg/g의 최고치를 보였다. 지하부의 질소와 인의 평균 함량은 14.9 mg/g과 0.31 mg/g으로 계산되었다.

줄의 질소함량은 각 기관사이에 큰 차이가 없었다. 잎의 경우 4월에 32 mg/g이던 것이 6월 말에는 39.8 mg/g으로 증가한 후 약간 낮은 상태로 같은 값을 유지하다 10월에 증가하였다(Fig. 3E). 줄기의 질소함량이 낮은 것으로 조사되었는데, 줄기의 경우에도 5월에 34 mg/g이던 것이 14.3 mg/g까지 감소한 후 10월에 다시 증가하였다. 각 기관별 질소함량의 차이는 크지 않았다. 꽃은 개화직후 질소함량이 가장 높았으나 그 이후 계속 감소하는 것으로 나타났다. 줄 각 기관의 질소함량은 조(1992)의 결과에 비해 높은 것으로 나타났다.

줄 각 기관의 인 함량은 지하경에서 가장 높았으며, 8월 말에 함량이 가장 낮았고 그 이후 급증하여 10월 말에는 0.69 mg/g으로 증가하였다(Fig. 3F). 잎에 비해 줄기의 인 함량이 높았으며, 뿌리에서 가장 낮았다. 줄 각 기관의 인 함량은 생육기 후반부에서 낮은 것으로 나타났다. 꽃의 인 함량은 초기에 높았으나 그 이후 낮아졌다. 줄 각 기관의 인 함량은 조(1992)의 결과에 비해 현저히 높은 값이었다. 줄 지하부의 질소와 인의 평균 함량은 각각 20.8 mg/g과 0.46 mg/g으로 계산되었다.

3. 수생식물군락의 영양염류 최대현존량

갈대군락의 지상부 생물량에 의한 단위면적 당 영양염류 최대흡수량은 질소 84.2 g/m², 인 1.13 g/m²으로 나타났다. 이 값을 ha로 환산하면 질소 842 kg/ha, 인 11.3 kg/ha에 해당된다(Table 2). 지하부에 포함되어 있는 영양염류의 현존량은 질소와 인이 각각 1,953.6 kg/ha, 31.2 kg/ha이었으며, 지상부와 지하부를 합친 값은 질소 2,795.6 kg/ha, 인 42.5 kg/ha이었다. 갈대의 단위면적 당 영양염류 흡수량은 김 등(1989)이 낙동강 하구에서 조사하여 보고한 값에 비해 현저히 높은 것으로 나타났다.

애기부들군락의 단위면적 당 지상부 생물량에 의한

Table 2. Standing amount of nutrients in the plant biomass in each plant community at the study area

Community		Biomass (ton/ha)	N (kg/ha)	P (kg/ha)
<i>P. communis</i>	Above	35.0	842.0	11.3
	Below	96.7	1,953.6	31.2
	Total	131.8	2,795.6	42.5
<i>T. angustifolia</i>	Above	28.3	629.7	8.4
	Below	51.6	783.3	16.4
	Total	79.9	1,413.0	24.8
<i>Z. latifolia</i>	Above	31.3	686.4	10.4
	Below	58.1	1,214.7	28.0
	Total	89.4	1,901.1	38.4

영양염류 최대흡수량은 질소 62.97 g/m², 인 0.84 g/m²으로 나타났다. 이 값을 ha로 환산하면 질소 629.7 kg/ha, 인 8.4 kg/ha에 해당된다(Table 2). 지하부에 포함되어 있는 영양염류의 현존량은 질소 783.3 kg/ha, 인 16.4 kg/ha이었으며, 지상부와 지하부를 합친 값은 질소 1,413 kg/ha, 인 24.8 kg/ha이었다.

줄군락에서 지상부 생물량에 의한 영양염류 최대흡수량은 질소 68.64 g/m², 인 1.04 g/m²이었다. 이 값을 ha로 환산하면 질소 686.4 kg/ha, 인 10.4 kg/ha에 해당된다(Table 2). 지하부에 포함되어 있는 영양염류의 현존량은 질소 1,214.7 kg/ha, 인 28.0 kg/ha이었으며, 지상부와 지하부를 합친 값은 질소 1,901.1 kg/ha, 인 38.4 kg/ha이었다.

김 등(1989)은 낙동강 하구의 갈대군락, 천일사초군락 그리고 갯잔디군락에서 연중 각각 418 kg.N/ha과 42 kg.P/ha, 186 kg.N/ha과 51 kg.P/ha, 220 kg.N/ha과 28 kg.P/ha의 영양염류가 식물체 내에 현존하는 것으로 보고한 바 있다. Table 2에서 보는 바와 같이 식물의 영양염류 현존량은 생물량과 밀접한 관련을 가지고 있다. 따라서 수생식물을 수질개선에 활용하기 위해서는 물질생산을 증가시킬 수 있는 방안이 검토되어야 할 것이다.

수중생태계에서 대형수생식물이 수중 영양소의 제거원으로 작용하는지 혹은 영양염류 공급원으로 작용하는지에 대해서는 많은 사람들에 의해 논의되어 왔다(Carpenter & Lodge 1986; Graneli & Solander 1988). 수생식물의 경우 생육계절이 끝나면 대부분 생물량이 물속에 그대로 남아 있어 분해자에 의한 분해가 시작된다. 따라서 이 과정에서 상당량의 영양염류가 수중으로 방출되기 때문에 영양염류 공급원으로 작용할 수 있다. 초본식물의 특성상 교목이나 관목의 낙엽에 비해 분해속도가 빠르기 때문에 지상부 고사체의 대부분이 1년 동안에 분해가 끝나는 것으로 여겨져 왔다. 그러나 수중에

는 산소의 농도가 낮아 유기물의 산화가 지연되며, 하절기의 수량이 풍부할 때 식물의 사체중 상당량이 하류로 이동하게 된다. 또한 물속에 이입된 식물의 사체는 미생물이나 원생동물이 서식할 수 있는 공간을 제공하기 때문에 이들 분해생물에 의한 수중의 유기물 분해가 가속화 될 수 있다(Hammer 1995).

그러나 과도한 지상부 사체의 제거를 위한 적절한 방안이 강구되지 않을 경우 수생식물에 의해 담수의 부영양화가 촉진될 수도 있다. 최근의 연구결과에 의하면 대형수생식물의 사체를 제거하지 않아도 무방한 것으로 알려지고 있지만 이들 수생식물들의 분해과정에 대한 구체적인 연구자료가 필요하다(Hammer 1995; Richardson 1995).

사 사

본 연구는 농어촌진흥공사의 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- 공동수(1997) 대형수생생물을 이용한 수질개선 기법의 현황과 전망. 한국과학재단 학연산연구교류 제 198회. pp. 1-51.
- 김부영, 김규식, 박영대(1988) 축산폐수의 오염물질 제거를 위한 수초선발 이용연구. 환경농학회지 7: 111-116.
- 김부영, 이상규, 권장식, 소규호, 윤은호(1991) 부레옥잠에 의한 생활오수의 정화효과. 환경농학회지 10: 51-57.
- 김준호, 김훈수, 이인규, 김종원, 문형태, 서계홍, 김 원, 권도현, 유순애, 서영배, 김영상(1982) 낙동강 하구생태계의 구조와 기능에 관한 연구. 서울대학교 자연대 논문집 7: 121-163.
- 김준호, 문형태, 민병미, 조경제(1989) 낙동강하구 염습지 식물군락의 질소 및 인의 동태. 한국생태학회지 12: 1-7.
- 김준호, 민병미(1983) 해안 염생식물군집에 대한 생태학적 연구(III). 인천 간척지의 토양환경, 종의 다양성 및 염류순환에 대하여. 한국식물학회지 26: 53-71.
- 김철수(1975) 갈대군락의 현존량과 환경요인에 관한 연구. 한국식물학회지 18: 129-134.
- 문형태(1984) 낙동강 하구의 사주식생 천이에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문.
- 오경환(1988) 정양호 생태계에 있어서 수생관속식물의 군집구조와 생산성 및 영양염류의 순환. 서울대학교 박사학위논문.
- 오경환, 임병선(1983) 섬진강 하구 염습지 갈대군락의 생산성과 토양양분의 계절적 변화. 한국생태학회지 6: 90-97.
- 이남희(1993) 수생식물(부레옥잠)을 이용한 돈사폐수의 처리. 부산수산대학교 공학석사학위논문.
- 임영득, 오경환, 임병선(1983) 정양호 연안대에 있어서 줄근락의 기초생산성에 관하여. 인천교육대학 논문집 자연계 열편. 17: 159-170.
- 정연숙(1996) 양어장 배출수의 정화를 위한 수생관속식물의 적용가능성. 환경보전형 내수면 양식기술 개발. 농림수산부.
- 조강현(1992) 팔당호에서 대형수생식물에 의한 물질생산과 질소와 인의 순환. 서울대학교 박사학위논문.
- Allen SE, JA Parkinson, HM Grimshaw & C Quaramby (1974) Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Sci. Publishing, Oxford.
- Carpenter SR & DM Lodge (1986) Effects of submerged macrophytes on ecosystem processes. *Aquat. Bot.* 26: 341-370.
- Dykyjova D (1978) Nutrient uptake by littoral communities of helophytes. In Pond littoral ecosystems. pp. 257-284. (Dykyjova D & J Kvet eds). Springer-Verlag. N.Y.
- Dykyjova D & K Veber (1978) Experimental hydroponic cultivation of helophytes. pp. 181-192. In Pond littoral ecosystems. (Dykyjova D & J Kvet eds). Springer-Verlag. N.Y.
- Fiala K, D Dykyjova, J Kvet & J Svoboda (1968) Methods of assessing rhizome and root production in reed-bed stands. pp. 36-47. In Methods of productivity studies in root systems and rhizosphere organisms (Ghilarov MS, VA Kovda, LN Novichkova-Ivanova, LE Rodin & VM Sveshnikova eds). NAUKA, Leningrad.
- Graneli W & D Solander (1988) Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes. *Hydrobiologia* 170: 245-266.
- Grant RR & R Patrick (1970) *Tinicum* marsh as a water purifier. pp. 105-123. In Two studies of *Tinicum* Marsh. The Conservation Foundation. Washington, D.C.
- Hammer DA (1995) Water quality improvement functions of wetlands. pp. 485-516. In Encyclopedia of environmental biology (Nierenberg WA ed). Academic Press.
- Hammer DA (1989) Constructed wetlands for wastewater treatment: Municipal, industrial and agricultural. Lewis Publishers, Chelsea, MI.
- Hill BH (1987) Typha productivity in a Texas pond: Implication for energy and nutrient dynamics in freshwater wetlands. *Aquat. Bot.* 27: 385-394.
- House CH, SW Broome & MT Hoover (1994) Treatment of nitrogen and phosphorus by a constructed upland-wetland wastewater treatment system. *Water Sci. Tech.* 29: 177-184.
- House CH, BA Bergmann, AM Stomp & DJ Frederick (1996) Combination constructed wetlands, aquatic and soil filters designed for reclamation and reuse of water.

- Proceedings of Workshop on Wetland Systems for Wastewater Treatment, Sept. 1996 at Murdoch University in Perth, Western Australia.
- Kim CM, YJ Yim & YD Rim (1972) Studies on the primary production of the *Phragmites longivalvis* community in Korea. *Korean IBP Report* 6 : 1-7.
- Mitchell DS (1978) The potential for wastewater treatment by aquatic plants in Australia. *Water*. 5 : 5-17.
- Mitsch WJ & JG Gosselink (1996) *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Moshiri GA (1993) *Constructed wetlands for water quality improvement*. Chelsea, Mich., Lewis Publishers.
- Patrick WH, RD Delaune, DA Antio & RM Engler (1971) Nitrate removal from water at the water-soil interface in swamps, marshes and flooded soils. *Ann. Progr. Rep. PFWOA, EPA (Project 1605 FJR, LSU)*.
- Queen WH (1977) Human uses of salt marshes. pp. 363-368. In *Ecosystems of the world I. Wet coastal ecosystems* (Chapman VJ ed). Elsevier Scientific Publ. Company, New York.
- Richardson CJ (1995) Wetlands ecology. pp. 535-550. In *Encyclopedia of environmental biology* (Nierenberg WA ed). Academic Press.
- Sweet DC (1971) The economic and social importance of estuaries. EPA, Water Quality Office, Washington, D.C.
- Valiela I & JM Teal (1972) Nutrient and sewage sludge enrichment experiments in a salt marsh ecosystem. *Int. Symp. on Physiological Ecology of Plants and Animals in Extreme Environments*, Dubrovnik.
- Wilde SA, RB Corey, JG Iyer & GK Voigt (1979) *Soil and plant analysis for tree culture*. Oxford and IBH Publishing, New Delhi.

Production, Nitrogen and Phosphorus Absorption by Macrohydrophytes

Hyeong-Tae Mun, Jeong Namgung and Jeong-Hee Kim

(*The Research Institute of Basic Science and Department of Biology, Kongju National University, Kongju, 314-701, Korea*)

Abstract - In order to obtain necessary data for the use of hydrophytes to improve water quality of artificial lakes, production and nutrients absorption by some macrohydrophytes were investigated in a small water course at Woongcheon, Chungnam Province. The maximum above-ground standing biomass of *Phragmites communis*, *Typha angustifolia* and *Zizania latifolia* stand were 3,504 g/m², 2,834 g/m² and 3,125 g/m², respectively. Estimated below-ground standing biomass of each stand were 9,671 g/m², 5,158 g/m² and 5,813 g/m², respectively. Concentration of nutrients in each organ was different among plant species. Maximum amount of standing nitrogen was the highest in the reed stand and that of standing phosphorus was the highest in the cattail stand. Amount of maximum standing nutrients are 2795.6 kgN/ha and 42.5 kgP/ha for the reed stand, 1,413 kg N/ha and 24.8 kgP/ha for the cattail stand and 1,901.1 kgN/ha and 38.4 kg P/ha for the wild rice stand, respectively. According to our investigation, it is concluded that reed, cattail and wild rice are suitable for water quality improvement of artificial lakes through nutrients absorption. [absorption, nutrients, production, *Phragmites communis*, *Typha angustifolia*, *Zizania latifolia*].