

# 조름나물의 성장에 미치는 서식 기질의 영향

이 광 문\* / 김 재 근\*\*†

## Effects of Habitat Substrates on Growth of *Menyanthes trifoliata*

Gwang-moon Lee\* / Jae Geun Kim\*\*†

**요약** : 우리나라에서 멸종위기 식물인 조름나물(*Menyanthes trifoliata* L.)은 긴 지하경을 가지는 다년생 정수식 물이며, 양분이 적은 이탄습지 또는 산지 호수의 가장자리에 주로 서식한다. 조름나물의 복원 시 적절한 서식지 기질을 결정하기 위하여, 양분 함량이 다른 물, 물이끼 매트, 논흙을 기질로 사용한 메조코즘을 조성하여 조름나 물의 성장을 조사하였다. 논흙의 경우에는 침수와 포화습윤 조건으로 나누어 조성하였다. 각 조건마다 약 10cm 의 지하경을 심고, 피도, 잎의 면적, 잎의 개수, 지하경의 무게를 측정하였다. 각 변수들은, 양분이 적은 수경 재 배와 물이끼 매트에서 8월경에 최고치를 보이다가 감소하였다. 양분이 많은 논흙에서는 10월까지 계속 성장하여 모든 변수에서 시작 때의 2배 이상으로 성장하였다. 지하경의 무게는 위의 기질 조건 각각에서 49, 77, 239, 312g으로 증가하였다. 본 실험결과는 조름나물이 자연에서는 양분이 적은 곳에 서식할지라도 단독으로 자라는 조건에서는 양분이 많은 환경에서 더 잘 자란다는 것을 말해준다. 이는 조름나물의 서식 기질에서의 기본적인 생 태적 지위와 실제적인 생태적 지위가 다름을 의미한다. 조름나물의 성공적인 복원을 위해서는 조름나물의 서식지 를 제한하는 다른 요인과 생존 전략을 밝히는 추가적인 연구가 필요하다.

**핵심용어** : 기질, 메조코즘, 멸종위기종, 복원, 생태적 지위, 조름나물

**Abstract** : Bog bean (*Menyanthes trifoliata* L.) is an endangered species in Korea and a perennial macrophyte with long rhizome, inhabiting in oligotrophic fen or edges of montane lakes. To decide appropriate substrate type for restoration of this plant, we investigated the effect of substrates (e.g. water, *Sphagnum* mat, paddy soil) on growth of bog bean. There were two water conditions on paddy soils: saturated and flooded. We planted 10cm rhizome in mesocosms and measured coverage, leaf area, leaf number and rhizome biomass. Bog bean grew until August in water and *Sphagnum* mat and until October in paddy soil. Rhizome biomass at the end of November were 49, 77, 239, and 312g in water, *Sphagnum* mat, paddy soil with water saturated, and paddy soil with water flooded conditions, respectively. The results indicate that bog bean can grow better in paddy soil which have higher nutrient than water or *Sphagnum* mat which represents natural habitat condition of bog bean. This reveals that actual ecological niche of bog bean is different from fundamental ecological niche in substrate. For successful restoration of bog bean in nutrient rich area, it is necessary to know the competitiveness of bog bean in various substrate conditions.

**Keywords** : bog bean, ecological niche, endangered species, mesocosm, restoration, substrate

## 1. 서 론

조름나물(*Menyanthes trifoliata* L.)은 무환자나 무뚝 조름나물과의 다년생 초본으로, 빈영양상태 호수 주변의 얇은 물가나 이탄습지(bog)의 부유 이

탄매트(floating peat mat) 등에서 주로 발견된다 (Han and Kim 2006). 조름나물은 우리나라에서 멸종위기 보호야생동식물 II급으로 지정되어 보호 되고 있다. 종자로 번식하기도 하지만, 지하경을 넓게 뻗는 무성번식이 우세하며(Haraguchi 1996),

† Corresponding author : jaegkim@snu.ac.kr

\* 비회원 · 서울대학교 과학교육과 석사과정 · E-mail : su-djinn@hanmail.net

\*\* 정회원 · 서울대학교 생물교육과 교수 · E-mail : jaegkim@snu.ac.kr

절대습지식물로 분류된다(USDA NRCS 2005).

조름나물은 굽은 지하경이 옆으로 뻗으면서 잎자루에서 3개의 잎(3출엽)이 나온다. 잎자루가 길고, 밑 부분에 엽초가 발달한다. 소엽은 긴 타원형이나 난형으로 잎자루가 없고 가장자리에 몽뚝한 톱니가 있거나 밋밋하다. 꽃은 4~5월에 피고 흰색이며, 지름 1-1.5 cm 정도이다. 총상화서로 달리며, 화서의 길이는 7-9cm, 꽃줄기는 30cm 정도이다. 꽃받침은 짧고 5개로 갈라지며 화관은 깔때기같이 생기고 중앙까지 5개로 갈라진다. 갈래조각 안쪽에 긴 털이 밀생하고 5개의 수술이 화관통에 붙었으나 수술과 암술의 길이는 포기에 따라 다르다. 열매는 삭과로 지름 5~7mm이다. 잎은 건위·구충제로 사용한다(이창복 1998, 이영노 2006).

조름나물은 북반구의 한대와 아한대에 분포하며, 위도가 낮은 곳에선 높은 고도에 서식한다(Hewett 1964). 우리나라는 조름나물이 서식할 수 있는 남방한계선에 속하며, 울진 및 대관령, 대암산, 평북, 한남, 함북 등의 고산지역의 습지에서 보고되었다(이창복 1998, 이영노 2006, 최효정와 허권 2009). 이처럼 우리나라에서 조름나물 서식처는 매우 제한적으로 분포하며, 그마저도 인위적 교란 또는 지구 온난화로 인하여 점점 축소되고 있는 실정이다(장병오 등 2006, 양해근과 최태봉 2009, 이수동 2009). 한편, 이들이 자라는 양분이 적은 산지습지와 달리, 일반적으로 우리나라에서 습지 복원이 이뤄지는 대부분의 습지에는 비교적 양분이 풍부하다(Yoon et al. 2011). 따라서 조름나물의 보존을 위해서는, 기존의 서식처를 보존함과 동시에, 종 자체의 생태 연구를 통하여 우리나라의 상황에 맞춰 종을 복원할 수 있는 전략을 마련하는 것이 필요하다.

생물의 생태적 지위에는 경쟁이 없을 때의 고유한 지위인 기본지위(fundamental niche)와 다른 종의 존재에 의해 실제적으로 갖게 되는 실현지위(realized niche)가 있는데(Hutchinson 1957), 양분이 적은 환경에서 발견되는 몇몇 종에서는 이러한 기본지위의 파악이 중요하다. 예를

들어, 물이끼는 양분의 과다가 서식의 제한 조건으로 작용한다. 물이끼는 일정 이상의 칼슘이온이 존재하는 환경에서는 생존할 수 없다(Spatt and Miller 1981). 마찬가지로 조름나물 또한 주로 빈 영양상태에서 발견되는 종이나, 서식지의 양분 상황이 조름나물의 성장에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 알려진 바가 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 조름나물의 복원을 위해 조름나물의 생태 특성을 밝힐 가장 기초적인 연구로서, 양분 상태가 다른 기질 조건을 주고 이에 따른 조름나물의 성장을 비교해 보고자한다. 양분의 상황에 따른 우리나라의 대표적인 기질 조건을 고려하고, 그 밖의 요인에 의한 교란이 없도록 변인 통제가 가능한 메조코즘 실험을 설계 수행하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 실험 설계

기질이 조름나물의 생육에 미치는 영향을 파악하기 위해 3 종류의 기질을 두고 비교하는 메조코즘 실험을 하였다. 실험은 2009년 6월 5일부터 최저기온이 0°C 이하로 떨어지고 난 2009년 11월 13일까지 서울대학교에서 수행되었다(Fig. 1). 메조코즘으로는 플라스틱 탱크(50 × 36 × 31cm)를 이용하였다. 기질로는 물, 물이끼 매트, 논흙을 사용하였다. 각 메조코즘 마다 8-10cm의 조름나물 지하경을 4개씩 식재하였다. 기질이 물인 경우는 구멍 난 플라스틱 바구니(40 × 30 × 8cm)에 조름나물을 고정시키고 물에 띄웠으며, 수위는 20cm 내외로 유지하였다. 기질이 물이끼 매트인 경우는 조름나물의 주된 자생지인 이탄습지의 일반적인 매질인 물이끼 매트를 제공하는 조건으로, 위와 같은 바구니에 물이끼를 깔고 조름나물을 식재하였다. 수위는 20cm 내외로 유지하였다. 앞의 두 조건이 빈영양상태라고 한다면, 논흙은 양분이 풍부한 상태라고 할 수 있다. 논흙은 수확이 끝난 논에서 채취하였고 고르게 섞어 mesh size 2 mm의 체로 친 후 실험에 사용하였다. 논흙을 물 포화상태로 만들어 8cm 두께(약

20kg)로 메조코즘을 채웠다. 논흙의 경우 두 조건으로 나누었는데, 수위를 0-2cm로 유지한 포화습윤 조건과 10-12cm의 수위를 유지한 침수 조건이다. 메조코즘의 수위는 인접한 관약산 계곡물을 이용하여 유지하였다. 조름나물 이외의 식물이 발견되면, 발견 즉시 물리적으로 제거하였다. 각 조건 당 4반복으로 조성하였으며, 같은 조건끼리는 인접하지 않도록 배열하였다.

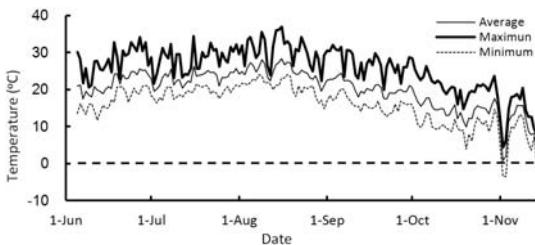


Fig. 1. Temperature variation at study site in 2009

## 2.2 측정 방법

조건 간의 환경 차이 및 조름나물의 양분 이용도를 알아보기 위해 각 메조코즘에서 물에 녹아 있는 질산, 암모늄, 인산, TDS, pH를 1달 간격(처음 1달간은 2주에 한번씩)으로 측정하였다. TDS와 pH는 현장에서 electrical conductivity meter와 pH meter를 이용하여 측정하였다. 질산, 암모늄, 인산 분석을 위해 물을 채수한 후 직경 0.45 μm Whatman cellulose nitrate membrane filter로 걸러 분석에 이용하였다. 질산은 Hydrazine method로(Kamphake et al. 1967), 암모늄은 Indophenol method로(Liddicoat et al. 1975), 인산은 ascorbic acid reduction method로 분석하였다(Solorzano 1969).

조름나물의 성장을 확인하기 위하여 피도, 잎의 면적, 잎 개수를 측정하였다. 피도는 한 달에 1회, 엽면적과 잎 개수는 2주에 1회, 지하경은 실험이 끝난 후 수거하여 생체량을 측정하였다. 조름나물의 잎 면적은 소엽을 타원형이라고 가정하여 계산하였으며, 소엽의 장축 길이를 측정한 후, 장축과 단축의 비(0.60±0.09)를 고려하여 식 (1)에 따라

잎 1개당 면적을 계산하였다.

$$\pi \times \text{장축 반지름} \times \text{단축 반지름} \times 3\text{개의 소엽} \\ = \pi \times (\text{장축의 길이}/2)^2 \times 0.6 \times 3 \dots\dots (1)$$

생육기간 이후 지하경의 무게는 실험 기간 동안 생산된 생체량을 대변한다(Garvera et al 1988). 지하경의 무게와 잎의 성장에 관련된 변수들과의 관계를 분석하기 위해, 각 변수들에서 그래프의 넓이와 지하경 무게와의 회귀분석을 통해 결정계수(R<sup>2</sup>)를 구하였다.

## 3. 결 과

### 3.1 서식지 기질별 수질 변화

수질 실험 결과 질산은 수경 조건을 제외한 다른 조건에서는 거의 검출되지 않았다(Fig. 2a). 수경 조건에서는 유입수와 유사한 경향을 보이다가 7월 20일 이후부터는 거의 검출되지 않았다. 암모늄은 유입수에는 거의 포함되어 있지 않았다(Fig. 2b). 그러나 수경 조건에서는 7월 7일까지 1 mg/L 내외의 값을 유지하였으며, 7월 20일 이후부터는 모든 조건에서 매우 미미한 함량을 보였다. 인산은 미량만이 검출되었다(Fig. 2c). 각 조건에서의 인산의 함량은 유입수에서의 인산의 함량과 유사하였다. 그러나 실험 초기인 6월 9일 논흙 조건에서는 거의 검출되지 않았다.

TDS는 각 조건마다 차이를 보였다(Fig. 2d). 논흙 조건에서는 유입수보다 높은 TDS를 유지했으며, 유입수에서의 증감에 따라 함께 변하였다. 실험 초기에, 수경 조건에서는 유입수와 유사한 값을, 물이끼 매트 조건에서는 유입수보다 낮은 값을 나타냈다. 그러나 7월 20일 이후에는 물이끼 매트와 수경 조건에서의 TDS는 크게 줄어들어 조건 간에 유사한 값으로 나타났다.

pH는 조건마다 일정하게 유지되었다(Fig. 2e). 논흙 조건들에서는 보통 8에서 10사이에서 유지되었고, 물이끼 매트 조건에서는 6 내외에서, 수경 조건에서는 5 내외에서 유지되었다.

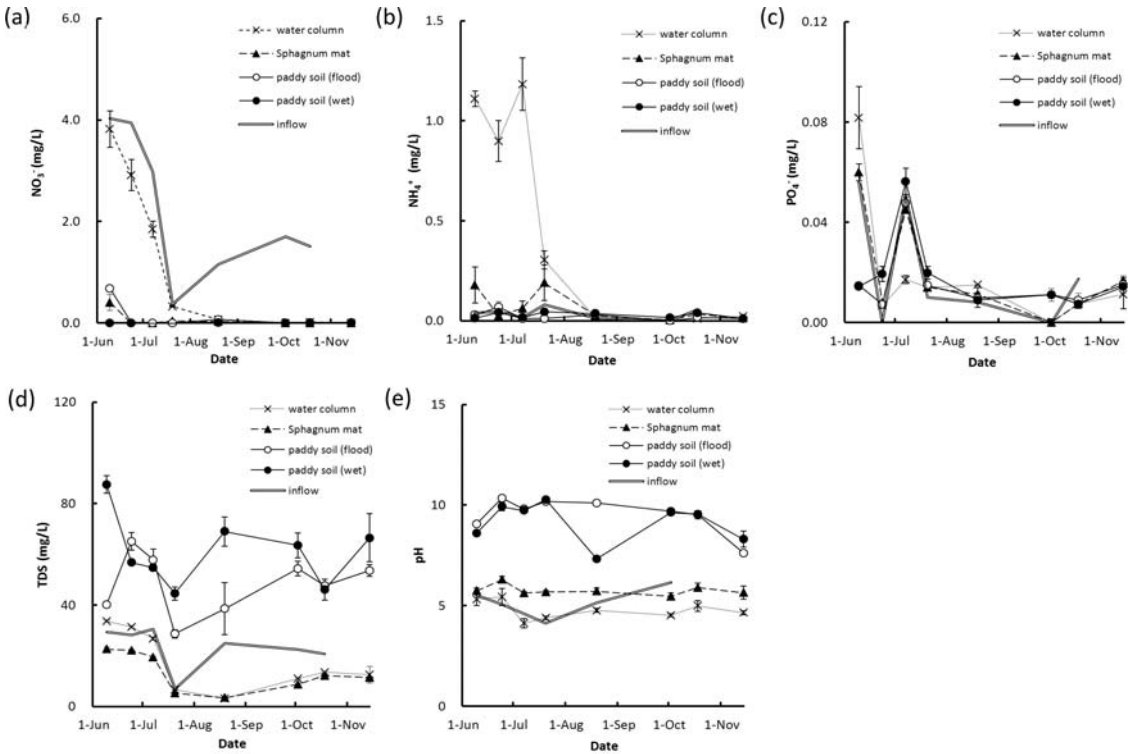


Fig. 2. Water quality change with time in 4 substrate conditions. a: nitrate, b: ammonium, c: phosphate, d: TDS, e: pH

### 3.2 기질에 따른 조름나물의 성장 차이

피도는 논흙 포화습윤 조건에서 가장 높게 나타났고, 다음으로는 논흙 침수 조건이었으며, 물이끼 매트와 수경 조건에서 가장 낮았다(Fig. 3a). 논흙 포화습윤 조건에서의 피도는 지속적으로 증가하여 9월 13일에 43±6%에 달했으며, 10월 9일까지 (44±6%) 유지되다가 이후 급감하였다. 물이끼 매트와 수경 조건에서는 두 조건 모두 8월 4일에 최대값을 보였으며, 각각 10±2%, 9±1%였다. 이후 지속적으로 감소하였는데 수경 조건에서 더 급하게 감소하였다. 반면 초기에 가장 낮은 피도를 보였던 논흙 침수 조건에서는 8월 4일 이후(9±2%)에도 지속적인 증가를 나타내어 10월 9일에 30±6%의 피도를 보였으며 이후에 급감하였다.

잎 1개의 면적은 논흙 조건에서 높게 나타났다(Fig. 3b). 증가하던 잎 면적은 논흙 조건에서는 10월 말 이후 감소하였으며, 물이끼 매트와 수경

조건에서는 보다 일찍인 8월부터 감소하였다. 논흙 포화습윤 조건에서의 잎 1개의 면적은 8월 25일에 46±3cm<sup>2</sup>에 도달하여, 이후에도 40-50cm<sup>2</sup> 정도의 값을 유지하다가 10월 23일 이후로 급감하였다. 논흙 침수 조건에서는 10월 9일에 50±4cm<sup>2</sup>로 최대값을 보인 후 감소하였는데, 11월 6일에는 40±5cm<sup>2</sup>로 감소의 폭은 비교적 적었다. 7월 28일의 잎 1개의 면적은 물이끼 매트 조건에서 19±4cm<sup>2</sup> 수경 조건에서 22±1cm<sup>2</sup>로 두 조건에서 각각의 최대값을 보였다. 이후부터는 감소하였는데, 수경 조건에서 더 급한 감소를 보였다.

잎 개수는 피도와 유사한 경향을 나타냈다(Fig. 3c). 논흙 포화습윤 조건에서의 잎 개수는 10월 9일에 68±10개로 최대치를 나타낸 후 감소하였고, 논흙 침수 조건에서는 10월 23일에 45±8개, 물이끼 매트 조건에서는 8월 25일에 23±2개, 수경 조건에서는 9월 12일에 23±3개로 최대치를 나타낸 후 감소하였다.

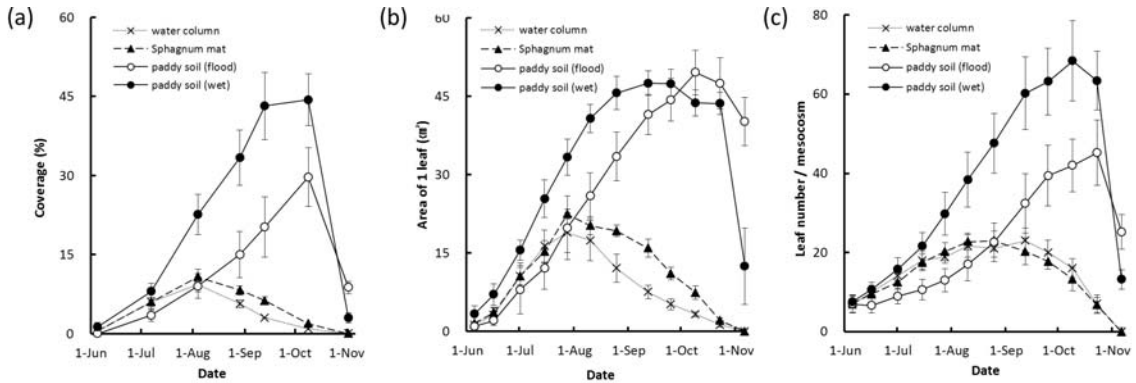


Fig. 3. Changes in coverage (a), Area of 1 leaf (b), and leaf number (c) with time in 4 substrate conditions

지하경 무게는 논흙 포화습윤 조건에서  $312 \pm 3g$ 으로 가장 높은 값을 보였으며, 다음으로 논흙 침수 조건에서  $239 \pm 8g$ 이었다(Fig. 4). 물이끼 매트와 수경 조건에서는 그보다 훨씬 적은 값을 나타냈는데, 물이끼 매트 조건에서는  $77 \pm 8g$ , 수경 조건에서는  $49 \pm 5g$ 으로 물이끼 매트 조건에서 다소 높은 값을 보였다.

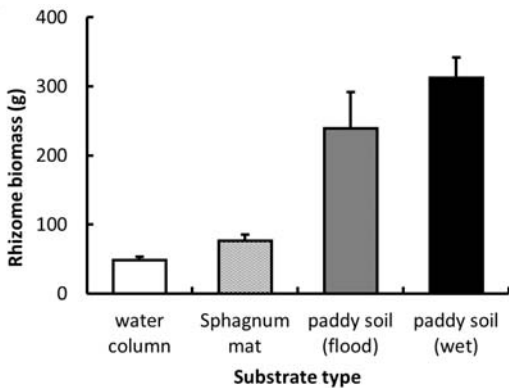


Fig. 4. Total rhizome biomass per mesocosm at the end of experiment in 4 substrate conditions

잎과 관련된 변수들과 지하경의 무게와의 상관관계를 위해 결정계수를 구한 결과, 피도와 지하경 사이에서  $r^2=0.93$ , 잎 면적과 지하경 사이에서  $r^2=0.99$ , 총 잎 개수와 지하경 사이에서  $r^2=0.87$ 로 나타났다. 이와 같이 잎과 지하경은 서로 밀접

한 관계가 있으며, 이 중 잎 넓이가 지하경의 무게를 가장 잘 설명하는 것으로 나타났다.

#### 4. 논 의

조름나물은 양분이 적은 조건(수경, 물이끼 매트 조건)보다는 양분이 많은 조건(논흙 조건)에서 더 잘 성장하였다. 조름나물은 양분이 적을 때, 잎의 면적과 개수 둘 다 잘 자라지 못하였다. 반면 일정 이상의 양분이 있을 때, 잎 1개의 면적을 유지하고 잎의 개수를 증가시키며 성장하는 것으로 나타났다. 실험결과 논흙 포화습윤 조건에서는 9월부터, 논흙 침수 조건에서는 10월이 지나면서 평균 잎 넓이는 40~50cm에서 유지되었으나, 잎의 개수는 계속 증가하였다(Fig. 3). 잎 1개의 면적은 새로 나오는 잎의 개수와 기존의 잎의 개수의 비율을 나타내므로, 이를 최적의 상태로 유지한 채 계속하여 잎 개수를 증가시키는 것이라 할 수 있다. 조름나물은 잎의 개수를 증가시키며 지하경의 길이를 신장하므로 잎의 증가는 곧 지하부의 증가와도 연결된다. 반면, 물이끼 매트나 수경 조건과 같은 양분이 적은 환경에서는 평균 잎 넓이와 총 잎 개수의 값이 논흙 조건들에 비해 적었다. 논흙 침수 조건과 논흙 포화습윤 조건을 비교하면, 침수조건에서의 잎 개수가 포화습윤 조건에 비해 부족하며, 따라서 수위는 잎의 성장에 중요한 요인

으로 작용하는 것으로 보인다(Han and Kim 2006). 양분이 적은 환경인 물이끼 매트 조건과 수경 조건을 비교하면, 잎 1개의 면적은 물이끼 매트 조건에서 높았으며, 잎의 개수는 수경 조건에서 미소하게 높았다. 조건 간의 차이는 잎 면적에서 더 많은 차이가 나타나서, 피도와 지하경의 무게는 물이끼 매트 조건에서 좀 더 높았다(Figs. 3 and 4). 반면 양분이 적은 두 조건 모두에서, 조름나물의 피도가 줄어드는 시기에 잎의 개수는 오히려 증가하기도 하였다(Fig. 3). 조름나물은 양분이 부족한 환경에서는 잎의 면적을 증가시키지 못하며, 계속하여 새로운 잎이 생성되더라도 피도는 낮아졌다. 수위와 양분의 부족은 조름나물의 잎의 면적과 개수를 결정하는 요인으로 작용하였다.

수질 측정을 통해 조건 간에 양분 상황을 파악했다. 그러나 예상과는 달리 질산과 암모늄은 양분이 적은 조건인 수경 조건에서만 비교적 높게 측정되었고, 다른 조건들에서는 거의 검출되지 않았다(Fig. 2). 초기에 보이는 이러한 양분의 감소는 논흙의 입자나 물이끼 매트 등 매질에 의해 흡착되어 사라지는 것이 주된 원인이라 추정된다(Unckless and Makarewicz 2007). 수경 조건은 유입수와 조름나물로만 구성되었으므로 그러한 작용이 일어나지 않는다고 할 수 있다. 그러므로 조름나물이 흡수하지 못한 양분이 잔류한 것으로 보인다.

본 연구에서 수질변화는 조름나물의 성장에 의한 흡수량의 증가를 설명한다. 7월 20일 이후부터 그 이전에 검출되던 질산이나 암모늄도 거의 검출되지 않았으며, 양분이 적은 조건에서는 TDS도 유입수 이하로 감소하였다. 이는 조름나물이 성장함에 따라 식물체가 유입수를 통해 제공하는 것 이상의 양분을 요구한 것으로 볼 수 있다. 상대적으로 흡수되는 양분은 감소함에 따라 조름나물 잎의 면적은 줄어들어 잎의 생산량은 감소하였다(Fig. 3). 지하경의 생산량 또한 감소하였다(Fig. 4). 물이끼 매트 조건은 빗물과 계곡수로 유지되어 조름나물의 서식지인 이탄습지와 유사한 환경이나(Kufel et al. 2004, 김재근 2009), 이러

한 환경에서 조름나물의 성장은 미약하였다. 반면에 논흙의 양분이 제공되는 환경에서는 조름나물은 왕성하게 성장하였다. 이는 조름나물은 이탄습지와 같이 양분이 부족한 서식지에서는 자신의 성장 능력에 필요한 양분을 충분히 얻지 못하여 성장이 제한되므로 양분이 더 많은 곳에서는 더 잘 자랄 수 있음을 의미한다.

한편 물이끼 매트 조건에서는 양분이 부족한 환경에서도 조름나물의 서식에 있어서 이점을 가질 수 있다. 실험결과 물이끼 매트 조건에서 오히려 수경 조건보다 생산량이 많았다. 물이끼 자체는 소량의 양분만을 요구하며, 빛을 차단하여 다른 양분의 경쟁자인 조류의 번성을 방지하고, 물이끼 사체를 통해 양분을 제공해 줄 수 있다. 실험이 진행되는 동안에, 논흙 조건들에서는 그 자체의 종자은행 및 외부에서 들어오는 종자에 의해 계속적으로 조름나물 이외의 식물체를 제거해야 했으나, 물이끼 매트에서는 발아, 정착하는 식물이 매우 제한되었다(van Breemen 1995, Malmer et al. 2003). 물이끼 매트를 사용하는 경우 다른 종과의 경쟁을 줄이게 되므로 이는 조름나물 서식지의 관리에 도움이 될 수 있다. 실제로 북미의 자연서식지에서 물이끼는 매트를 구성하며, 이러한 이탄 매트의 수분보유능력이 높은 곳에서 조름나물의 성장이 증가하기도 한다(Han and Kim 2006).

양분이 적은 곳에 서식하는 희귀식물은 기본지위에 대한 연구를 통해 그 종의 생태에 대한 더 많은 이해를 제공한다(Greulich et al. 2000). 이에 따라 본 연구는 양분의 상태가 다른 기질을 제공하고 각 기질에서의 조름나물의 성장을 비교해 보는 실험을 수행하였다. 이를 통하여 조름나물이 논흙과 같이 양분이 많은 환경에 놓여졌을 때, 다른 빈영양환경에서 발견되는 일부 종처럼 성장이 억제되는지, 혹은 다른 영향이 있는지를 살펴볼 수 있었다. 실험결과 조름나물은 양분이 많은 곳에서도 생존할 수 있으며 오히려 더 큰 생산량을 보였다. 이러한 사실은 이탄습지가 부족하고, 일반적인 습지의 복원이 비교적 양분이 많은 환경에

서 조성되는 우리나라와 같은 상황에서, 조름나물을 복원할 때 중요한 단서를 제공할 것이다. 즉, 본 연구에서는 조름나물의 실현지위가 아닌 기본지위를 밝힘으로써 멸종위기 식물인 조름나물을 양분이 많은 지역에서 복원할 수 있는 1차적인 복원가능성에 대해서 살펴볼 수 있었다. 이러한 멸종위기종은 서식지를 제한하는 요인을 밝힘으로써 관리방안을 마련할 수 있다(유영환과 김해란 2010). 조름나물의 생태특성에도 불구하고 주로 발견되는 곳이 빈영양환경인 것은, 다른 종과의 경쟁과 생존 전략 등에 의해 서식지가 결정되기 때문으로 추정된다. 따라서 조름나물을 성공적으로 복원하기 위해서는 다른 종과의 경쟁관계에 대한 이해가 필요하다.

## 5. 감사의 글

Mesocosm의 관리에 도움을 준 배재영, 논문의 작성에 도움을 준 김홍태에게 감사의 말을 전합니다. 본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업(과제명: 온실가스 흡수저감능이 특화된 습지 조성 및 관리기술개발)”과 환경부 “차세대 에코이노베이션기술개발사업(과제명: 습지생태계조성 및 자연생태 회복기술 개발)”으로 지원받은 과제임.

## 6. 참고 문헌

- Garvera EG, Dubbea DR, Pratta DC. 1988. Seasonal patterns in accumulation and partitioning of biomass and macronutrients in *Typha* spp. *Aquatic Botany* 32(2): 115-127.
- Greulich S, Bornettea G, Amorosa C, Roelofs JGM. 2000. Investigation on the fundamental niche of a rare species: an experiment on establishment of *Luronium natans*. *Aquatic Botany* 66: 209-224.
- Han M, Kim JG. 2006. Water-holding capacity of a floating peat mat determines the survival and growth of *Menyanthes trifoliata* L.(bog bean) in an oligotrophic lake. *Journal of Plant Biology* 49(1): 102-105.
- Haraguchi A. 1996. Rhizome growth of *Menyanthes trifoliata* L. in a population on a floating peat mat in Mizorogaike pond, central Japan. *Aquatic Botany* 53: 163-173.
- Hewett DG. 1964. *Menyanthes Trifoliata* L. *Journal of Ecology* 52(3): 723-735.
- Hutchinson GE. 1957. Concluding remarks. *Ecology* 22: 415-427.
- Kamphake LJ, Hannah SA, Cohen JM. 1967. Automated analysis for nitrate by hydrazine reduction. *Water Research* 1(3): 205-216.
- Kufel L, Kufel I, Krolikowska J. 2004. The effect of lake water characteristics on decomposition of aquatic macrophytes. *Polish Journal of Ecology* 52(3): 261-273.
- Liddicoat ML, Tibbits MI, Butler EI. 1975. The determination of ammonia in seawater. *Limnology and Oceanography* 20(1): 131-132.
- Malmer N, Albinsson C, Svensson BM, Wallen B. 2003. Interferences between *Sphagnum* and vascular plants: effects on plant community structure and peat formation. *Oikos* 100: 469-482.
- Solorzano L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnology and Oceanography* 14: 799-801.
- Spart PD, Miller MC. 1981. Growth conditions and vitality of *Sphagnum* in a tundra community along the Alaska Pipeline Haul Road. *Arctic* 34(1): 48-54.
- Unckless RL, Makarewicz JC. 2007. The

- impact of nutrient loading from Canada Geese (*Branta canadensis*) on water quality, a mesocosm approach. *Hydrobiologia* 586: 393-401.
- USDA NRCS (Natural Resources Conservation Service). 2005. Plant profile for *Menyanthes trifoliata* (Buckbean). Retrieved July 26, 2005, from <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=METR3>.
- van Breemen N. 1995. How *Sphagnum* bogs down other plants. *Trends in Ecology & Evolution* 10(7): 270-275.
- Yoon J, Kim H, Nam JM, Kim JG. 2011. Optimal environmental range for *Juncus effusus*, an important plant species in an endangered insect species (*Nannopya pygmaea*) habitat in Korea. *Journal of Ecology and Field Biology* 34(2): 223-235.
- 김재근. 2009. 오대산 물이끼 이탄습지의 생태특성: I. 소황병산늪. *한국습지학회지* 11(1): 15-27.
- 양해근, 최태봉. 2009. 물수지를 고려한 신안장도 산지습지의 관리방안. *한국지형학회지* 16(4): 61-71.
- 유영한, 김해란. 2010. 멸종위기 부엽식물 가시연꽃 개체군의 분포, 멸종 원인 key factor에 대한 실험과 보전을 위한 관리 전략. *한국습지학회지* 12 (3): 49-56.
- 이수동. 2009. 산지습지의 육상화 진행실태 및 관리방안-양산시 화엄늪을 사례로. *한국환경생태학회 학술대회논문집* 91권 1호 pp 114-116.
- 이영노. 2006. 새로운 한국식물도감. 교학사. p 82.
- 이창복. 1998. 대한식물도감. 향문사. p 76.
- 장병오, 신성욱, 최기룡. 2006. 지리산 왕등재늪의 식생 변천사 연구. *한국생태학회* 29(3): 287-293.
- 최효정, 허권. 2009. 고층습원 대암산 용늪의 식물상 모니터링. *한국자연보호학회지* 3(2): 93-104.
- 논문접수일 : 2011년 07월 07일
- 심사의뢰일 : 2011년 07월 08일
- 심사완료일 : 2011년 08월 29일