

계단식 묵논습지에서의 물이끼 서식 특성: 안산시 사례를 중심으로

홍문기 · 김재근⁺

서울대학교 생물교육과

Inhabitation Characteristics of *Sphagnum palustre* in Abandoned Paddy Terrace Wetland: a Case Report in Ansan

Mun-Gi Hong · Jae Geun Kim⁺

Department of Biology Education, Seoul National University

요 약

계단식 묵논습지에서의 물이끼류(*Sphagnum spp.*) 서식이 경기도 안산시에서 최초로 확인되었다. 2011년 6월, 현장조사를 통해 인질산이나 칼슘 및 마그네슘 이온 등의 수질 분석을 위한 채수를 수행하였으며, 더불어 물이끼류의 분포 특성 및 동반종 파악을 위해 식생도 및 지형도를 작성하고 식물상을 조사하였다. 분석 결과, 안산 습지에 서식하는 물이끼류는 물이끼(*S. palustre*)로 확인되었으며 3,200 m²의 습지 중 약 8%에 해당하는 면적에 분포해 있었다. 물이끼는 주로 사초과나 벼과 등의 초본류에 의해 형성된 사초기둥(74%)이나 소나무류의 수관에 의한 차광이 이뤄지는 습지 주변부 경사면(26%)에서 미소지형을 형성하며 서식하고 있었다. 안산 습지는 고층습원 습지들에 비해 상대적으로 저지대에 속함에도 불구하고 인질산(유효태인산, 0.02 ± 0.0; 질산태질소, 0.25 ± 0.3; 암모니움태질소, 0.06 ± 0.1)과 더불어 물이끼 생육에 핵심적인 제한 요소인 칼슘(0.45 ± 0.2) 및 마그네슘(1.48 ± 0.6) 이온양이 굉장히 적어 물이끼의 서식이 가능한 것으로 판단된다.

핵심용어 : 묵논, 물이끼 이탄, 수소이온 농도, 식물종 다양성, 칼슘 농도

Abstract

An exceptional case of inhabitation of a *Sphagnum* sp. was firstly confirmed at abandoned paddy terrace (APT) wetland in Ansan. Water sampling for analyzing of physicochemical conditions including nutrients such as NP, Ca²⁺ and Mg²⁺ was performed and the vegetation map for distribution of *Sphagnum* sp., topographical map, and flora list for companion species were made at field in June 2011. From the results, the *Sphagnum* sp. in the study site was identified as *S. palustre* and it covered about 8% of the wetland cover of 3,200 m². Most distributions of *S. palustre* were observed at tussock structures as micro-topography by sedges and grasses within a wetland (74%) and the shaded slope area under *Pinus densiflora*'s canopy in wetland boundary (26%). Despite that APT in Ansan is relatively lower wetland in altitude than high moors, the contents of calcium (0.45 ± 0.2) and magnesium (1.48 ± 0.6) ion which are critical limiting factors for *Sphagnum* spp. were very low levels as well as NP (PO₄-P, 0.02 ± 0.0; NO₃-N, 0.25 ± 0.3; NH₄-N, 0.06 ± 0.1) and it could enable the inhabitation of *S. palustre* in lower APT.

Keywords : abandoned paddy fields, calcium content, moss peat, pH, plant species diversity

1. 서론

물이끼류(*Sphagnum spp.*)는 선태류(Bryophyte)에 속하는 식물군으로서 북유럽, 러시아, 캐나다 등 북반구의 고위도 지역(boreal and sub-arctic region)뿐만 아니라 중위도에 해당하는 아시아 및 아열대 지방에서도 서식하는 등 지리적으로 넓고 다양한 환경에 분포되어 있다

(Gignac and Vitt, 1990; Rydin and Jeglum, 2009; Spatt and Miller, 1981). 우리나라의 경우 오대산의 소황병산 늪, 대암산 용늪 및 정족산 무제치늪 등 주로 고층습원(high moors)과 인천의 무의도 산림습지 등 상대적으로 높은 고도에서 그 서식이 제한적으로 보고된 바 있다 (Bae et al., 2003; Kang, 1970; Kang and Yoshioka, 2005; Kim, 2009; Paik, 2010; Park and Kim, 2012).

⁺ To whom correspondence should be addressed.
jaegkim@snu.ac.kr

용늪이나 무제치늪과 같은 고층습원의 경우 물에 포함돼 있는 인질산 등의 주요양분 뿐만 아니라 물이끼 생육에 무엇보다 중요한 제한인자로 알려져 있는 칼슘이온이나 마그네슘이온의 양이 매우 적은 특징을 보인다(Bae et al., 2003; Kang, 1970; Kim, 2009; Park and Kim, 2012). 뿌리가 따로 발달되지 않는 물이끼류의 경우 식물체 전체를 통해 물에 포함된 양분을 직접적으로 흡수하기 때문에 물이끼류의 생육에 있어 물의 이화학적 특성이 굉장히 중요하다(Gignac and Vitt, 1990). 습지 내 물의 pH와 칼슘이온 농도 모두가 높게 유지될 경우 대부분의 물이끼 서식이 불가능하며 적어도 두 조건 중 한 조건은 낮게 유지되어야 비로소 물이끼 생육이 제한적으로 가능하다. 대부분의 물이끼는 두 조건 모두 낮게 유지되는 환경을 선호하는 것으로 알려져 있다(Clymo and Hayward, 1982). 물이끼로부터 방출되는 페놀성 화합물(phenolic compounds)은 다시, 습지 내 pH가 전반적으로 낮게 유지되도록 하고 습지가 유기물의 저장고(sink)로서 기능할 수 있도록 기여한다(Gignac and Vitt, 1990; Rydin and Jeglum, 2009).

물이끼를 대상으로 한 국내 연구로는 한국산 물이끼류를 개괄적으로 다룬 최두문(1989)의 사례가 대표적이며, 특정 서식처를 중심으로 한 연구의 경우 대안산 용늪(Kang and Yoshioka, 2005)과 오대산의 소항병산늪(Kim, 2009) 및 질피늪(Park and Kim, 2012) 등지에서 이뤄졌으나 대부분 고층습원에 해당하는 지역에서의 연구일뿐더러 무엇보다 주로 물이끼가 서식하는 습지의 수질과 같은 이화학적 환경 특성에만 초점을 맞춰 진행된 연구들이 대부분이다.

본 연구는 안산시에 위치한 습지에서, 계단식 묵논습지로는 최초로 물이끼 생육이 확인되어 그 생태적 특성과 더불어 어떠한 환경 조건이 상대적으로 저지대에 해당하는 안산의 계단식 묵논습지 내 물이끼 서식을 가능케 하였는지 규명하고자 수행되었다. 이를 통해 우리나라에서 소수 종만이 제한적으로 서식하고 있는 것으로 알려진 물이끼류의 생태적 특성을 파악하고자 하였다. 더불어, 물이끼류의 서식을 습지의 식물종 다양성 측면에서 고찰함으로써 물이끼류가 서식하는 안산 계단식 묵논습지의 생태적 가치를 조명해 보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2011년 6월, 물이끼류가 서식하는 것으로 확인된 경기도 안산시 상록구 반월동(습지 보존 차원에서 정확한 위도와 경도 정보는 기재하지 않았다)에 위치한 계단식 묵논에서 물이끼류의 서식여부와 더불어 정확한 종의 동정을 위해 물이끼를 일부 채취하였으며 물이끼의 두상체 등 해부학적 특성 등을 토대로 동정을 수행하였다.

습지 및 습지 주변부의 이화학적 특성을 결정짓는데 중요한 역할을 하는 매질 종류와 함께 물이끼 생육에 핵심이 되는 수질 특성을 파악하고자 하였다. 기존 경작시 필요에 의해 설치된 것으로 보여지는 관개용 PVC관을 통한 인공적인 유입수를 포함, 습지 내 수문 결정에 중요하다고 판단되는 총 12곳의 주요 채수 지점으로 설정(주요 수로 및 수로가 만나고 분리되는 지점 및 유량이 풍부한 지점 등)하고 이온 분석을 위한 채수를 수행하였다.

습지 내 물의 이화학적 분석 인자로 용존산소량(DO, dissolved oxygen) 및 전기전도도(EC, electric conductivity)와 수소농도이온(pH)의 경우 각각 휴대용 측정기기(Corning Checkmate II 및 Fisher AP63)를 활용하여 현장에서 측정하였다. 질산태질소(NO₃-N) 및 암모니움태질소(NH₄-N), 유효태인산(PO₄-P) 등은 채수 후 각각 Hydrazine법, Indo-phenol법, 아스코르빈산환원법을 통해 분석하였으며 포타슘(K⁺), 칼슘(Ca²⁺), 나트륨(Na⁺), 마그네슘(Mg²⁺) 등 미량인 양이온의 경우 원자흡광광도계(Varian, Model AA240FS)로 정량하였다.

더불어 물이끼 및 동반종들의 습지 내 분포 특성을 파악하기 위하여 물이끼 식생도를 작성하고 동반종 파악을 위해 식물상도 조사하였다. 식물 동정의 경우 Oh(2006)와 Lee(2003)을, 조사식물의 정확한 학명의 경우 국가표준식물목록(Korean Plant Names Index, 2007)을 참고하였다. 식물상 조사의 경우 수화(hydrated)되어 있는 토양이 분포하는 습지 내로 그 범위를 한정시켜 수행하였다.

수분스트레스와 관련하여 물이끼종의 생태적 구분(hummock, lawn, and hollow species)과도 밀접한 관련이 있는, 습지 내 물이끼 종의 수직적 분포 특성 파악을 위해 물이끼가 주로 분포하는 곳의 미소지형적(micro-topographic) 특성을 대략적인 모식도 형태로 작성하였다. 지형 및 물이끼 분포 모식도 작성은 현장 방문을 통해 수행하였으며 물이끼가 주로 확인된 곳 위주로 지형의 미소특성을 스케치 형태로 기록하였다. 일종의 미지형 형태로서 물이끼층이 대략적으로 얼마나 발달돼 있는지 여부를 확인하기 위해 직접 손으로 물이끼층을 걷어내어 마사토 형태의 토양층이 드러나는 깊이를 반복 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 안산시 계단식 묵논의 지형과 수문 특성 및 물이끼(*S. palustre*) 분포

물이끼 종 동정 결과, 안산 습지에 서식하는 물이끼류는 물이끼(*Sphagnum palustre* L.)인 것으로 확인되었다. 물이끼는 유럽, 아시아, 북미 등 넓은 지역에 분포하고

있으며 활발히 연구되어 온 물이끼류 중 한 종이다 (Karlin and Andrus, 1988; Rydin, 1995; Rydin and Jeglum, 2009; Terasmae, 1955; Yabe and Uemura, 2001).

총 7층의 논으로 구성되어 있는 안산 습지는 층별로 다른 수위 조건이었을 뿐만 아니라 개별적인 층 내에서도 미소 지형 및 수로 등에 따라 다소 이질적인 수문 특성을 보였다(Fig. 1). 전반적으로 맨 윗논에서 아랫논으로 갈수록 수심이 깊어졌는데(맨 윗논 평균 수심, 0 ~ 5 cm; 맨 아랫논 평균 수심, 15 ~ 20 cm), 특히 맨 윗논으로부터 다섯 번째와 여섯 번째에 해당하는 두 논은 경우 약 20 ~ 25 cm 정도로 깊은 수심이 유지되고 있었다. 층별 수심조건과 물이끼의 분포에는 직접적인 연관은 없어보였으나(Clymo, 1973) 전반적으로 침수되지 않은 층의 논이나, 수심이 다소 깊은 다섯 번째 논과 같은 경우라도 미소 지형 등으로 침수되지 않은 지역 내에서 국한된 분포(총 247 m²로 전체 면적 3,200 m²의 약 7.7% 피도)를 보였다. 논습지 내부에 일정 수준 이상의 피도로 분포하는 곳은 평균 5 ~ 10 cm 정도 수심의 두 번째 논과 20 ~ 25 cm 수준의 다섯 번째 논이었다. 더불어 안산 습지와 주변부 간 경계에 해당하는 수로 부근에도 대상 분포(zonation)를 띠며 분포하고 있었다.

버드나무류의 수관 밑과 같이 상대적으로 개방수면 등의 침수 환경이 유지되는 지역(갈대, 갯버들, 고마리, 괄풀, 나도겨풀, 버드나무, 쉽사리, 애기쉽사리, 왕버들,

키버들 등이 주로 분포)이나, 반대로 육안으로 관찰 시 다소 건조한 환경으로 보여 지는 지역(강아지풀, 들깨, 망초, 머느리배꼽, 산딸기, 쭉, 억새, 짚레꽃, 환삼덩굴, 억새 등이 주로 분포)에서도 마찬가지로 물이끼 생육을 관찰하기 어려웠다(Fig. 1).

건조 환경이 조성되는 것은 주로 미소지형과 더불어 사면 차이에 의한 것으로 보여 지는데, 습지 주변부를 둘러싸고 있는 소나무림에 의한 차광이 주로 습지의 남쪽에 해당하는 부위에서 이뤄져 북쪽에 해당하는 지역은 마른 토양이나 육상 식물(UPL, upland plant species) 분포 등 상대적으로 건조한 환경적 특성을 나타냈다(Fig. 2). 물이끼가 주로 분포하는 지역의 환경 특성은 물이끼가 서식하는 곳과 물이끼가 서식하지 않는 곳에서만 주로 확인된 식물종 분포 차이를 통해서도 간접적으로 확인할 수 있다. 물이끼는 오히려, 얕은 수심이나 지하수위가 유지되어 적절한 수준의 토양 수분이 유지되는 환경이나 대형 초본 및 목본류 등에 의한 차광이 이뤄지는 지역(네모골, 도깨비사초, 방울고랭이, 별날개골풀, 솔방울고랭이, 솔잎사초, 쇠털골, 올챙이고랭이, 족제비싸리, 줄물뚝새, 줄, 과대가리 등이 주로 분포)에 주로 분포하였으며(Fig. 2) 이는 선행 연구결과와도 일치한다 할 수 있다(Karlin and Andrus, 1988; Yabe and Uemura, 2001).

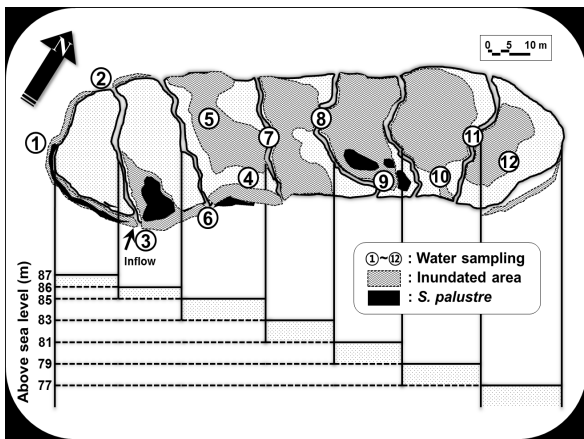


Fig. 1. Vegetation map for *S. palustre* within APT in Ansan.

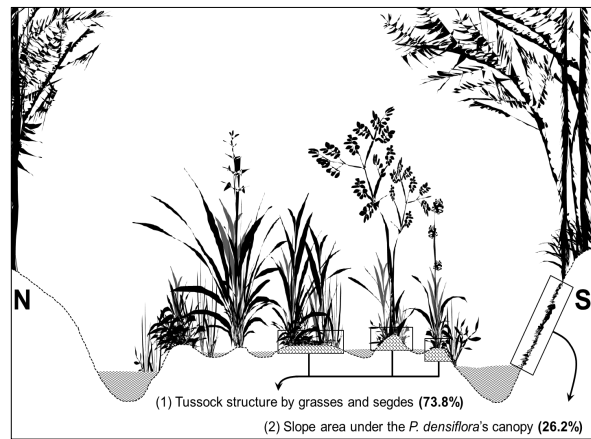


Fig. 2. Micro-topography within *S. palustre* community. *S. palustre* usually covers sub-layers under the tall perennial herbs or trees. Both N and S indicate directions.

3.2 안산시 계단식 묵논의 수질 특성

안산 습지의 경우 집수역을 비롯한 습지 주변부에 해당하는 대부분의 지역에서 쉽게 마사토층을 확인할 수 있었다. 습지 경계부의 경사면과 같이 물이끼가 주로 분포하는 지역에서 특히 2 mm 이상인 입자 직경의 마사

토가 관찰되었다. 이는 집수역을 통해 습지로 유입되는 물에 많은 양의 양분이 포함될 가능성을 낮추는 환경임을 의미하며 물이끼(*S. palustre*)가 모래의 비율이 높은 토양(sandy soil)에서 확인된 바 있다는 선행 연구 결과와도 유사하다(Lodwick and Snider, 1980).

습지는 집수역으로부터 자연적으로 유입되는 경로와

더불어 인공적으로 설치된 PVC관을 통해 수원을 공급 받고 있었다. 인공적으로 설치된 유입수(3)의 경우 습지 전반적인 안산 습지 내 평균 수질(1 ~ 12)에 비해 질산태 질소 농도(1.14 ppm)가 상대적으로 높긴 하였으나 이를 제외한 나머지 이온들 특히 칼슘(0.27 ppm)이나 마그네슘(0.97 ppm)의 경우 안산 반월동 습지 평균(칼슘, 0.45 ± 0.2 ppm; 마그네슘, 1.48 ± 0.6 ppm) 보다도 낮은 수준이었다. 안산 반월동 습지 수질 평균치에 비해 유입수 내 상대적으로 암모니움태 질소 대비 높은 질산태 질소 농도는 유입수가 PVC관을 통해 유입되다보니 유속이 발생하고 그로인하여 상대적으로 용존산소량이 높

게 유지된 효과로 보여 지며(Cline and Richards, 1972) 수질적인 측면에선 유입수와 습지 간 큰 차이는 없는 것으로 확인되었다. 전기전도도뿐만 아니라 인질산 등의 양분 및 칼슘이나 마그네슘과 같은 양이온 등 대부분의 수질 인자들이 전반적으로 낮은 수준을 보였다(Table 1, Fig. 3). 주변부에 밀식돼 있는 소나무류 잎의 분해 과정을 통한 유기산(humic acids)이나 물이끼 생육을 통해 발생하는 페놀성 화합물(phenolic compounds) 등은 습지 내 pH가 6 이하의 약산성 수준으로 낮게 유지되도록 기여하였을 것이다(Clymo, 1963, 1973).

Table 1. Physicochemical water conditions of APT in Ansan (mean \pm 1SD)

	DO	EC	pH	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺
	(mg/L)	(μ S/cm)	(-)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
(3) (n = 1)	19.6	75	5.4	1.14	ND	0.02	0.52	0.27	5.99	0.97
(1) ~ (12) (n = 11)	7.5 ± 1.7	79 ± 5.0	5.7 ± 0.2	0.25 ± 0.3	0.06 ± 0.1	0.02 ± 0.0	0.63 ± 0.2	0.45 ± 0.2	5.52 ± 0.4	1.48 ± 0.6

(3) = inflow water by irrigative pipe, SD = standard deviation, ND = non-detected.

3.3. 물이끼(*S. palustre*)가 주로 분포하는 미소 지형 특성

안산 습지에 서식하고 있는 물이끼는 사초기둥(tussock) 구조를 형성하는 초본류인 도깨비사초, 솔잎사초, 파대가리, 올챙이고랭이, 방울고랭이, 솔방울고랭이 등의 사초과 식물과 줄, 기장대풀, 돌피 등의 벼과 식물 그리고 콩과에 속하는 족제비싸리와 같은 목본류의 하층부(sub-layer)에 주로 분포(총 247 m² 중 73.8%)하고 있었으며 그 발달두께의 경우, 얇게는 5 ~ 10 cm 수준, 두껍게는 15 ~ 20 cm 정도였다. 더불어 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.) 등의 침엽수가 빽빽하게 들어차 있는 습지 주변부 경사면의 마사토층 위에도 다소 넓은 면적(총 247 m² 중 26.2%)으로 분포해 있었으며 발달된 물이끼층의 두께는 5 cm 안팎으로 사초기둥 구조 내 물이끼층에 비해 다소 얇았다(Fig. 2).

상대적으로 일중 많은 시간 직사광선에 노출되는 남향에 해당하는 지역엔 물이끼가 거의 분포하지 않았으며 반대로 대형 초본류나 족제비싸리 그리고 소나무 등에 의해 넓은 면적의 차광이 이뤄지는 북향 지역에 대부분의 물이끼가 분포하고 있었다(Fig. 2). 이는 관다발 및 뿌리 등 물 수송과 관련된 유관속 식물의 여러 기관들이 발달되어 있지 않은 물이끼는 상대적으로 건조와 침수 환경 모두에 취약하기 때문에 적절한 수분 조건(moderately moisty condition)이 유지되는 환경에서만 제

한적으로 살아갈 수 있기 때문이다(Andrus et al., 1983; Lodwick and Snider, 1980; Rydin, 1985, 1995).

안산 습지의 물이끼는 각 층의 평균 수심 조건에 특별히 구애받지 않는 분포를 보였다(Fig. 1). 이는 다른 식물들에 의한 차광이 이뤄지는 곳에서의 물이끼 생육의 경우 수심조건에 크게 영향을 받지 않는다는 선행연구 결과로 설명가능하다(Clymo, 1973). 실제로 적절한 그늘 환경은 물이끼가 직접적으로 건조 환경에 노출되지 않도록 하는데 용이할 것이며, 더불어 야생동물 등에 의한 교란이나 사초기둥 등의 식물 사체로 조성된 미소 지형(micro-topography)은 물이끼가 직접적으로 침수되지 않도록 기여하였을 것이다. 이는 안산 습지의 물이끼가 다소 평평하거나(flat) 낮은 수준의 언덕 지형(low hummock)을 선호하는 종임을 나타낸다(Karlin and Andrus, 1988; Rice, 2000; Yabe and Uemura, 2001).

다른 유관속식물들과 적극적으로 경쟁하기 어려운 선태류인 물이끼는 결국 안산 습지와 같이 이례적으로 인질산 등의 주요 양분이 낮은 수준으로 유지되는, 특히 칼슘이나 마그네슘 등의 양이온 양이 적은 습지에서만 제한적으로 서식하는 것으로 보여 진다(Karlin and Andrus, 1988; Yabe and Uemura, 2001). 물이끼의 서식은 역으로 습지의 전반적인 pH가 낮게 유지되는데 기여할 것이다(Gignac and Vitt, 1990; Kang, 1970). 일반적으로 양분 조건과 pH가 낮은 조건으로 유지되면 물이끼가 나름의 경쟁력을 갖게 될 뿐만 아니라 대형초본류 등 특정종에 의한 단일우점이 이뤄지지 않아 다양한 식물들

의 혼재가 가능해진다(Drexler and Bedford, 2002; van Breemen, 1995). 실제로 안산 습지의 경우 약 3,200 m²의 면적에도 불구하고 주변부를 제외한 습지 내에서만 약 70여종의 다양한 식물종의 분포가 확인되었다(Appendix 1).

물끼리류가 서식하고 있는 것으로 알려져 있는 정족산 무제치늪(약 150여종), 오대산 소항병산늪(약 120여종), 질피늪(약 150여종) 그리고 조개동늪(약 120여종) 또한 다양한 식물종들이 서식하고 있는 것으로 알려져 있

는데(Administration center of Mt. Odae in Korea National Park Service 2011; Kim, 2009; Park and Kim, 2012; Park et al., 2011), 그런 습지들과 유사한 수준의 수질 특성(전기전도도, pH, 칼슘 및 마그네슘 이온 농도 등)은 상대적으로 저지대에 해당하는 안산 습지 내 물끼리 및 다양한 식물종 분포를 가능케 하였을 것이다(Fig. 3). 더불어 계단식 목논 특유의 지형학적 특성과 습지 내 다양한 식물들이 조성하는 여러 미소 지형 또한 물끼리의 서식에 우호적으로 작용하였을 것이다.

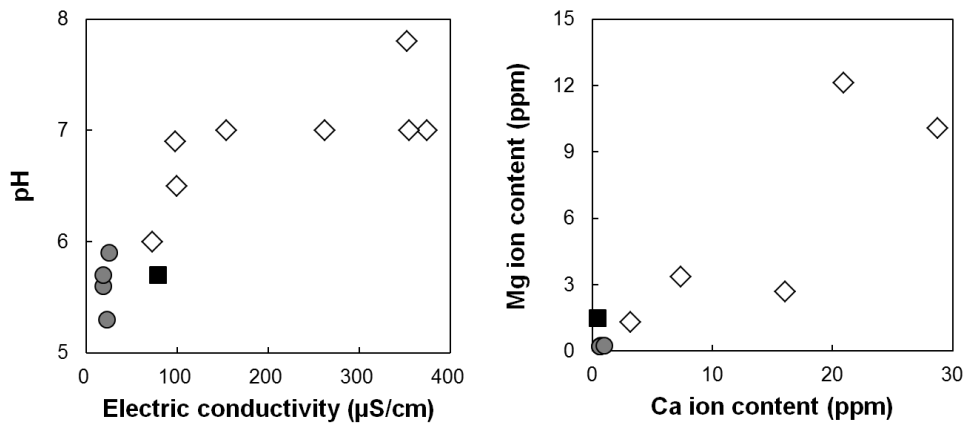


Fig. 3. Comparison of physicochemical water conditions between reference wetlands and study site (n = left, 13; right, 10). White lozenges, gray circles, and black square indicate values without inhabitation of *Sphagnum* spp. (Byun et al., 2008; Hong and Kim, 2012; Hong et al., 2012; Jeon et al., 2013; Kim et al., 2011; Lee et al., 2005; Yoon et al., 2011), values with inhabitation of *Sphagnum* spp. (Administration center of Mt. Odae in Korea National Park Service, 2011; Bae et al., 2003; Kim, 2009; Park and Kim, 2012), and the values from study site (abandoned paddy terrace with inhabitation of *S. palustre* in Ansan), respectively.

4. 결론

계단식 목논 특유의 지형학적 특성과 더불어 상대적으로 낮은 인질산 등의 양분 및 pH 조건 등으로 다양한 식물종이 서식하고 있는 안산 습지는, 식물학적 다양성이 유지되도록 기여할 뿐만 아니라 그 분포 자체가 드물고 희귀한 물끼리(*S. palustre*)가 서식하는 이례적인 습지로 확인되었다. 습지 내 물끼리층 발달의 경우 얇게는 습지 주변부 경사면에 5 cm 수준으로부터 두껍게는 초본류에 의한 tussock 구조와 함께 15 ~ 20 cm 수준까지 다양하였다. 물끼리층과 더불어 물끼리 및 다양한 식물사체 등으로 구성된 물끼리 이탄(moss peat layer)층은 안산 습지 내 물끼리의 생태적 중요성을 대변하는 지표라 할 수 있다.

현장 방문 시 좁은 면적이긴 하였으나 논둑에서 들개 경작을 위한 텃밭을 발견하였으며 더불어 시비(fertilizing) 흔적 또한 확인할 수 있었다. 과한 질소 함량(100 kg N ha⁻¹ yr⁻¹) 등의 양분 조건은 물끼리의 전반적인 생육을 저

해하고 생산성을 낮추는 등 치명적으로 작용하는 것으로 알려져 있으며(Gunnarsoon and Rydin, 2000; Jauhiainen et al., 1994) 특히 습지 내 pH가 높아지거나 칼슘과 마그네슘과 같은 제한 요인이 되는 이온 농도가 높아지는 것 또한 물끼리 생육을 크게 저해할 수 있다. 과한 양분 조건은 직접적인 물끼리의 생육 저하뿐만 아니라 간접적으로도 다른 대형정수식물의 탄력적인 생육을 가능케 해 상대적으로 물끼리 생육 저하를 가져올 수 있다. 그렇기 때문에 습지의 양분동태가 기존의 자연적 수준으로 유지될 수 있도록 인위적인 교란 요소들이 최대한 배제되어야 할 것이다.

더불어 안산 반월동 물끼리는 건조스트레스에도 취약할 뿐만 아니라 깊은 수심의 침수 환경 또한 선호하지 않는 것으로 확인되었다. 즉 습지 본래의 수문환경과 더불어 이질적인 미소지형 환경이 지속적으로 유지되어야 하며, 그러한 차원에서 습지의 경관이 단조로운 형태로 훼손되지 않도록 하여야 할 것이다. 특히 계단식 목논습지는 제방이나 논둑 등이 잘 유지될 때 본래의 수심 조

건 등의 수분이 유지될 수 있으므로 이를 위한 각별한 주의와 관리가 요구된다.

높은 생태적 가치를 지닌 안산 습지가 환경 변화를 야기할 수 있는 인위적 교란이나 외부 요인 등으로부터 훼손되지 않도록(Hayashi et al., 2012) 환경부와 같은 정부 부처나 안산시 등의 지자체 차원에서 지속적으로 관리하여 보전할 것을 제안한다. 더불어 물이끼는 아직 멸종위기종이나 관심종 등의 주요 식물종으로 지정되어 있진 않으나, 서식 가능한 환경이 지극히 제한적이며 선타류로서 다른 유관속 식물들과의 경쟁에서 우위를 점하기 어렵다. 그렇기 때문에 국내 몇 안 되는 물이끼류 및 자생지 보전 차원에서 더 많은 관심과 연구들이 차후에도 지속적으로 이뤄져야 할 것이다.

5. 감사의 글

물이끼 생태에 관한 조언과 더불어 중 동정에 많은 도움을 주신 (주)일송환경복원의 허영진 사장님과 주백과장님, 현장 조사 및 수질 분석 등에 많은 도움을 준 연구실의 박지현과 논문 작성에 많은 보탬이 되어준 남보은에게도 많은 고마움을 전합니다. 더불어 더 나은 논문이 될 수 있도록 조언을 아끼지 않아주신 익명의 심사위원분들께도 진심으로 감사말씀 드립니다. 본 연구는 환경부 산하 수생태복원사업단의 Eco-STAR project (EW33-08-12)와 한국연구재단(2012R1A1A2001007)의 연구비 지원을 통해 수행되었습니다.

References

Administration Center of Mt. Odae in Korea National Park Service (2011). *Annual report (7th) of Resource Monitoring at Wetland Ecosystem in Mt. Odae National Park*, Korea National Park Service. [Korean Literature]

Andrus, RE, Wagner, DJ, and Titus, JE (1983). Vertical zonation of *Sphagnum* mosses along hummock-hollow gradients, *Canadian Journal of Botany*, 61(12), pp. 3128-3139.

Bae, JJ, Choo, YS, and Song, SD (2003). The patterns of inorganic cations, nitrogen and phosphorus of plants in Moojechi moor on Mt. Jeongjok, *J. of Ecology and Field Biology*, 26(3), pp. 109-114. [Korean Literature]

Byun, C, Kwon, GJ, Lee, D, Wojdak, JM, and Kim, JG (2008). Ecological assessment of plant succession and water quality in abandoned rice fields, *J. of Ecology and Field Biology*, 31(3), pp. 213-223.

Choe, DM (1989). Overview of research in Korean *Sphagnum* spp., *Kongju National Teacher's College, Reports of*

Science Education, 21, pp. 55-81. [Korean Literature]

Cline, JD and Richards, FA (1972). Oxygen deficient conditions and nitrate reduction in the eastern tropical north pacific ocean, *Limnology and Oceanography*, 17(6), pp. 885-900.

Clymo, RS (1963). Ion exchange in *Sphagnum* and its relation to bog ecology, *Annals of Botany*, 27(2), pp. 309-324.

Clymo, RS (1973). The growth of *Sphagnum*: Some effects of environment, *J. of Ecology*, 61(3), pp. 849- 869.

Clymo, RS and Hayward, PM (1982). The Ecology of *Sphagnum*. In: *Bryophyte Ecology*, (ed. AJE Smith), pp. 229-289. Chapman & Hall, London.

Drexler, JZ and Bedford, BL (2002). Pathways of nutrient loading and impacts on plant diversity in a New York Peatland, *Wetlands*, 22(2), pp. 263-281.

Gignac, LD and Vitt, DH (1990). Habitat limitations of *Sphagnum* along climatic, chemical, and physical gradients in mires of Western Canada, *The Bryologist*, 93(1), pp. 7-22.

Gunnarsoon, U and Rydin, H (2000). Nitrogen fertilization reduces *Sphagnum* production in bog communities, *New phytologist*, 147(3), pp. 527-537.

Hayashi, N, Watanabe, E, and Matsuda, H (2012). Relationship between threatened vascular plants and the human population in Japan, *J. of Ecology and Field Biology*, 35(3), pp. 331-341.

Hong, MG and Kim, JG (2012). Growth characteristics of cutting culms sectioned at different positions from three reed population, *J. of Korean Environmental Restoration and Technology*, 15(1), pp. 53-62. [Korean Literature]

Hong, MG, Nam, JM, and Kim, JG (2012). Occupational strategy of runner reed (*Phragmites japonica*): Change of growth patterns with developmental aging, *Aquatic Botany*, 97(1), pp. 30-34.

Jauhiainen, J, Vasander, H, and Silvola, J (1994). Response of *Sphagnum fuscum* to N deposition and increased CO₂, *J. of Bryology*, 1, pp. 83-96.

Jeon, SH, Kim, H, Nam, JM, and Kim, JG (2013). Habitat characteristics of sweet flag (*Acorus calamus*) and their relationship with biomass, *Landscape and Ecological Engineering*, 9(1), pp. 67-75.

Kang, SJ (1970). Ecological studies of the raised bog in the Dae-am mountain adjacent to DMZ in Korea (2) - Relation between vegetation and peat, *J. of Plant Biology*, 13(3), pp. 20-24. [Korean Literature]

Kang, SJ and Yoshioka, T (2005). Environmental change

- of high moor in Mt. Dae-Am of Korean Peninsula, *Korean Journal of Limnology*, 38(1), pp. 45-53.
- Karlin, EF and Andrus, RE (1988). The *Sphagnum* species of New Jersey, *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 115(3), pp. 168-195.
- Kim, JG (2009). Ecological characteristics of *Sphagnum* fens in Mt. Odae: I. Sowhangbyungsan-neup, *J. of Korean Wetlands Society*, 11(1), pp. 15-27. [Korean Literature]
- Kim, SH, Kim, JH, and Kim, JG (2011). Water characteristics and similarity analysis of wetland plant communities in 4 types of small irrigation ponds in western civilian control zone in Korea, *J. of Wetlands Research*, 13(3), pp. 581-591. [Korean Literature]
- Korean Plant Names Index (KPNI) (2007). <http://nature.go.kr/kpni>.
- Lee, BA, Kwon, GJ, and Kim, JG (2005). The relationship of vegetation and environmental factors in Wangsuk stream and Gwarim reservoir: I. Water environments, *The Korean Journal of Ecology*, 28(6), pp. 365-374.
- Lee, TB (2003). *Coloured flora of Korea*. Hyang Mun Sa.
- Lodwick, LN and Snider, JA (1980). The distribution of *Sphagnum* taxa in Texas, *The Bryologist*, 83(2), pp. 214-218.
- Oh, YC (2006). *Korean Caricoideae of Cyperaceae*. Sungshin Women's University Press.
- Paik, WK (2010). Vegetation of wetland in Mueuido (Incheon-city), *Korean Journal of Plant Resource*, 23(2), pp. 197-205. [Korean Literature]
- Park, JH and Kim, JG (2012). Ecological characteristics of *Sphagnum* fens in Mt. Odae: 2. Conservation area of Jilmoe-neup, *J. of Wetlands Research*, 14(1), pp. 101-120. [Korean Literature]
- Park, SJ, An, BR, Jang, SY, and Park, SJ (2011). Diversity of Moojehineup's flora, *J. of Plant Biology*, 41(4), pp. 370-382. [Korean Literature]
- Rice, SK (2000). Variation in carbon isotope discrimination within and among *Sphagnum* species in a temperate wetland, *Oecologia*, 123(1), pp. 1-8.
- Rydin, H (1985). Effect of water level on desiccation of *Sphagnum* in relation to surrounding sphagna, *Oikos*, 45(3), pp. 374-379.
- Rydin, H (1995). Effects of density and water level on recruitment, mortality and shoot size in *Sphagnum* populations, *J. of Bryology*, 3, pp. 439-453.
- Rydin, H and Jeglum, JK (2009). *The Biology of Peatlands*. Oxford University Press.
- Spatt, PD and Miller, MC (1981). Growth conditions and vitality of *Sphagnum* in a tundra community along the Alaska pipeline haul road, *Arctic*, 34(1), pp. 48-54.
- Terasmae, J (1955). On the spore morphology of some *Sphagnum* species, *The Bryologist*, 58(4), pp. 306-311.
- Van Breemen, N (1995). How *Sphagnum* bogs down other plants, *Trends in Ecology and Evolution*, 10(7), pp. 270-275.
- Yabe, K and Uemura, S (2001). Variation in size and shape of *Sphagnum* hummocks in relation to climatic conditions in Hokkaido Island, Northern Japan, *Canadian Journal of Botany*, 79(11), pp. 1318-1326.
- Yoon, J, Kim, H, Nam, JM, and Kim, JG (2011). Optimal environmental range for *Juncus effusus*, an important plant species in an endangered insect species (*Nannopya pygmaea*) habitat in Korea, *J. of Ecology and Field Biology*, 34(2), pp. 223-235.

○ 논문접수일 : 2012년 12월 20일

○ 심사의뢰일 : 2012년 12월 22일

○ 심사완료일 : 2013년 02월 13일

Appendix 1. IFora of APT wetland in Ansan.

과명	Family name	국명	Scientific name
국정초과	Eriocaulaceae	검은개수염	<i>Eriocaulon parvum</i> Koern.
꿀풀과	Juncaceae	꿀풀	<i>Juncus effusus</i> L.
		별날개꿀풀	<i>Juncus diastrophanthus</i> Buchenau
국화과	Compositae	가막사리	<i>Bidens tripartita</i> L.
		갈등골나물	<i>Eupatorium lindleyanum</i> DC.
		등골나물	<i>Eupatorium japonicum</i> Thunb.
		망초	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist
		미국가막사리	<i>Bidens frondosa</i> L.
		버들분취	<i>Saussurea maximowiczii</i> Herd
		별개미취	<i>Aster koraiensis</i> Nakai
		별등골나물	<i>Eupatorium makinoi</i> var. <i>oppisitifolium</i> (Koidz.) Kawahara & Yahara
		쑥	<i>Artemisia princeps</i> Pamp.
		주홍서나물	<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S.Moore
한련초	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.		
꿀풀과	Labiatae	개썸싸리	<i>Lycopus ramosissimus</i> (Makino) Makino
		들깨	<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i> (Hassk.) Hara
		썸싸리	<i>Lycopus lucidus</i> Turcz. ex Benth.
		애기썸싸리	<i>Lycopus maackianus</i> (Maxim. ex Herder) Makino
노박덩굴과	Celastraceae	노박덩굴	<i>Celastrus orbiculatus</i> Thunb.
탑의장풀과	Commelinaceae	탑의장풀	<i>Commelina communis</i> L.
		사마귀풀	<i>Aneilema keisak</i> Hassk.
마디풀과	Polygonaceae	고마리	<i>Persicaria thunbergii</i> (Siebold&Zucc.) H.Gross ex Nakai
		넓은잎미꾸리나시	<i>Persicaria muricata</i> (Meisn.) Nemoto
		머느리배꼽	<i>Persicaria perfoliata</i> (L.) H.Gross
		미꾸리나시	<i>Persicaria sagittata</i> (L.) H.Gross ex Nakai
		여뀌	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach
물레나물과	Guttiferae	쭈고추나물	<i>Hypericum laxum</i> (Blume) Koidz.
물이끼과	Sphagnaceae	물이끼	<i>Sphagnum palustre</i> L.
버드나무과	Salicaceae	갯버들	<i>Salix gracilistyla</i> Miq.
		버드나무	<i>Salix koreensis</i> Andersson
		왕버들	<i>Salix chaenomeloides</i> Kimura
		키버들	<i>Salix koriyanagi</i> Kimura
벼과	Gramineae	갈대	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.
		갈풀	<i>Phalaris arundinacea</i> L.
		강아지풀	<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.
		기장대풀	<i>Isachne globosa</i> (Thunb.) Kuntze
		나도개피	<i>Eriochloa villosa</i> (Thunb.) Kunth
		나도겨풀	<i>Leersia japonica</i> Makino
		돌피	<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P.Beauv.
		물억새	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Benth.
		억새	<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i> (Andersson) Rendle
		쭈물뜯새	<i>Sacciolepis indica</i> (L.) Chase
		주름조개풀	<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) P.Beauv.
		줄	<i>Zizania latifolia</i> (Griseb.) Turcz. ex Stapf
		사초과	Cyperaceae
도깨비사초	<i>Carex dickinsii</i> Franch. & Sav.		
방울고랭이	<i>Scirpus wichurae</i> var. <i>asiaticus</i> (Beetle) T.Koyama		
솔방울고랭이	<i>Scirpus karuizawensis</i> Makino		
솔잎사초	<i>Carex biwensis</i> Franch.		
쇠털골	<i>Eleocharis acicularis</i> f. <i>longiseta</i> (Svenson) T.Koyama		
울챙이고랭이	<i>Scirpus juncooides</i> var. <i>hotarui</i> (Ohwi) Ohwi		
산형과	Umbelliferae	파대가리	<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb.
		미나리	<i>Oenanthe javanica</i> (Blume) DC.
		바디나물	<i>Angelica decursiva</i> (Miq.) Franch. & Sav.
삼과	Cannabaceae	환삼덩굴	<i>Humulus japonicus</i> Siebold & Zucc.
속새과	Equisetaceae	쇠뜨기	<i>Equisetum arvense</i> L.
장미과	Rosaceae	긴잎오이풀	<i>Sanguisorba longifolia</i> Bertol.
		꼬리조팝나무	<i>Spiraea salicifolia</i> L.
		산딸기	<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge
		오이풀	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.
찔레꽃	<i>Rosa multiflora</i> Thunb.		
참나무과	Fagaceae	밤나무	<i>Castanea crenata</i> Siebold & Zucc.
초롱꽃과	Campanulaceae	숫잔대	<i>Lobelia sessilifolia</i> Lamb.
콩과	Leguminosae	새팥	<i>Vigna angularis</i> var. <i>nipponensis</i> (Ohwi) Ohwi & H.Obashi
		싸리	<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.
		아까시나무	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.
		죽제비싸리	<i>Amorpha fruticosa</i> L.

총 69종