

# 서부민간인 통제구역에서 4가지 둠병 유형에 따른 수환경 특성과 습생식물 군집의 유사성 분석

김 승 호\* / 김 재 현\*\* / 김 재 근\*\*\*

Water characteristics and similarity analysis of wetland plant communities in  
4 types of small irrigation ponds in western Civilian Control Zone in Korea

Seung Ho Kim\* / Jae Hyun Kim\*\* / Jae Geun Kim\*\*\*

**요약** : 김승호 등(2011)에 의해 제안된 둠병의 유형이 화학적 수환경 특성과 습지식물의 서식 유무를 반영하는지 확인하기 위하여 4가지 유형을 대표하는 CCZ 내 8개의 둠병에서 습지식물상과 물의 화학적 특성을 조사하였다. 연구결과 샘통형 둠병에서는 양이온과 음이온의 농도가 모두 낮았으며, 다른 유형의 둠병에서는 양이온 또는 음이온의 농도가 높았다. 특히 물흐름형 둠병인 경의선 둠병에서는 양이온과 음이온이 모두 높게 나타나 지표수가 주로 유입됨을 보여주었다. 대체적으로 물의 화학적 특성과 습지식물상은 둠병의 유형 분류에 따라 나누어짐을 보였다. 그러나 CCA와 cluster analysis 모두에서 물흐름형 둠병은 서로 연관성이 없게 나타났다. 이는 둠병의 분류 시 논과의 물교환보다 급수원이 더 중요함을 의미한다. 그러므로 이를 반영하는 새로운 둠병 분류체계가 고려되어야 함을 제안한다.

**핵심용어** : CCA, Cluster analysis, 둠병유형, 민간인 통제구역, 화학적 수환경 특성, 습생식물군집

**Abstract** : To reveal the relationship between pond type and chemical water characteristics and wetland flora, we investigated 8 small irrigation ponds in CCZ, which represent 4 types of irrigation ponds. Cation and anion concentrations in water were low at spring type ponds and cation or anion concentrations were high at others. Especially, Kyeongeuisun pond, which is water exchanging type, had high cation and anion concentrations. This indicates that water source of this ponds is surface water. CCA showed that chemical water characteristics and wetland flora were reflected in pond types. However, water exchanging type ponds were not clustered in a group, which comes from the difference in water source and we suggest that water source should be an additional criteria to decide pond type of water exchanging.

**Keywords** : Canonical Correspondence Analysis, CCZ (Civilian Control Zone), cluster analysis, pond type, small irrigation ponds, water chemistry, wetland plant community

## 1. 서 론

습지생태계의 생물군집은 기후, 수문학적 특성, 지형지질학적 특성, 물리화학적 특성에 의해 결정된다(Steven and Toner 2004, 홍선기 등 2005). 또한 습지의 생물군집은 집수역에서의 토

지 이용변화에 따라 가장 먼저 민감하게 영향을 받을 수 있다. 그러므로 습지 식물상과 습지식물 군락을 조사함으로써 환경변화에 따른 자연 생태계 변화를 직접적으로 제시할 수 있다. 그러므로 습지의 생물군집을 가지고 습지를 평가하는 것은 매우 중요하다.

+ Corresponding author : jaegkim@snu.ac.kr

\* 정희원 · 금촌중학교 교사 · DMZ생태연구소장 · E-mail : ecopia@paran.com

\*\* 비희원 · 서울여자대학교 생명환경공학과 · E-mail : hyun.kim36@gmail.com

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

우리나라에서 습지와 식물간의 관계에 대한 연구는 일부 습지의 서식지 특성(Yoon et al. 2011, Lee et al. 2007), 멸종위기종의 분포(임동옥 등 2009), 식물상의 조사(김창환 등 2006, 강민정 등 2007, 유주한 등 2009, 김재근 2009), 그리고 자연학습장으로 활용하기 위한 식물상 조사(오순자 등 2009)가 대부분이다. 습지의 유형과 습지 식물의 특성에 대한 연구가 진행되었으나(전승훈 2008), 습지의 유형에 따른 군락 특성의 차이를 간단하게 언급만 하였다. 이와 같이 현재까지 국내에서 연구된 습지 식물에 대한 내용은 습지유형에 따른 수환경과 식물군집의 차이를 반영하지 못하고 있다.

외국의 경우 생물과 환경의 관계는 Canonical Correspondence Analysis (CCA) ordination 분석을 통해 이루어지고 있으며(ter Braak 1987), cluster analysis를 이용하여 비슷한 생물군집이 서식하는 습지를 유집하였다(Zimmer et al. 2000). 또한 연구자에 따라서는 다변량분석을 통하여 습지의 생물군집에 영향을 미치는 요인을 분석하기도 하였다(Zimmer et al. 2000). 캐나다에서는 토탄의 두께와 수위가 식물 군집 구성에 가장 중요한 요소임을 cluster analysis와 CCA를 통해 확인하였다(Jean and Bouchard 1993). 슬로베니아의 ponds에는 조사된 식물의 15%에 해당하는 종이 멸종위기 식물이었으며, 대형정수식물의 군집 구성에 영향을 주는 요소로는 어류의 존재, 물의 투명도, 집수역의 토지 사용 유형, 독기질의 유형으로 나타났다(Zelnik 2011). 이와 같은 요소를 근거로 하여 습지에 서식하는 생물군집의 유형을 결정하기도 하는 데 과거의 역사보다는 현재의 물리화학적 특성 또는 교란 유형과 정도가 더 큰 영향을 미치고 있다(Zimmer et al. 2000, Dekeyser et al. 2003).

다양한 환경 요소 중에서 가장 중요한 요소는 수문 특성이기 때문에 외국에서는 수문과 식생군집 특성간의 관계가 연구되었으나(Steven and Toner 2004), 우리나라에서는 이에 대한 연구가 이루어지지 않고 있다. 특히 수문학적 특성에 따

라 습지 유형을 구분하는 습지 분류 체계를 증명하기 위해서는 습지에 서식하는 생물 특히 식생의 특성에 따라 습지가 유집되어야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 김승호 등(2011)에 의해 제안된 4가지 뚝방 유형에 따라 식생이 서로 다른지를 확인하고자 한다.

김승호 등(2011)은 파주 민간인 통제 구역에 존재하는 뚝방을 수문학적 특성에 따라 4가지 유형(샘통뚝방, 권물뚝방, 물흐름뚝방, 권물샘통뚝방)으로 나누었다. 여기에서 구분 요소로 사용된 것은 주로 수위변화와 논과의 물교환, 그리고 급수원인데, 급수원은 생물의 서식조건 중 하나로 매우 중요하다(Steven and Toner 2004, 홍선기 등 2005). 이는 급수원에 따라 식물이 사용할 수 있는 양분의 성분과 함량이 다르기 때문이다. 또한 지하수가 항상 공급되는 곳은 수온변화가 적어 여름이나 겨울철에는 다양한 생물의 피난처가 될 수 있기 때문이다. 이와 같이 뚝방은 물의 공급처일 뿐만 아니라 생물다양성의 유지 또는 증진이라는 측면에서 매우 중요하다. 즉, 뚝방은 어류 및 수서생물의 서식처 기능을 하며(이승현 등 2010, Kusuda and Noburu 2009), 이는 대부분의 뚝방에서 지하수가 솟아올라 갈수기 때에도 물이 항상 존재하기 때문이다(김승호 등 2011). 그러므로 화학적 수환경 특성과 식물군집을 근거로 할 때에도 뚝방은 기존의 유형에 따라 유별되어야 한다. 이를 확인하기 위하여 본 연구에서는 파주 민간인 통제 구역에 존재하는 뚝방 중 네 가지 유형의 뚝방을 선택하여 이곳의 화학적 수환경 특성과 서식하는 습생 식물의 종류를 파악하여 이들에 따라 뚝방을 cluster analysis할 때 이미 제안된 뚝방의 유형에 따라 분리되는 지를 확인하고자 한다.

## 2. 연구 대상지 및 연구 방법

### 2.1 연구대상지

파주시의 민간인 통제구역에서 이미 조사된 85개의 뚝방 중(김승호 등 2011) 네 가지 뚝방 유형을 대표하는 8개의 뚝방을 선택하였다. 샘통형

으로는 반달 둠병, 애벌레 둠병, 권물샘통형으로는 부처꽃 둠병, 천남성 둠병, 길가온 둠병, 물흐름형으로는 G/S 둠병과 경의선 둠병, 그리고 권물형으로는 아릅드리 둠병을 조사하였다. 김승호 등(2011)의 자료에 따르면 애벌레 둠병은 물흐름 둠병에 속하는 것으로 구분하였으나, 데이터를 확인하는 과정에서 샘통형 둠병에 속하는 것을 잘못 설명한 것으로 확인되었다.

## 2.2 연구 방법

### 2.2.1 수환경 조사

수환경 조사는 2011년 5월부터 9월까지 계절별로 3회 실시하였다. 전기전도도, pH, 용존산소량, 그리고 수온은 휴대형 다항목 수질측정기(YK-2001-M+, 루트론, 대만)를 사용하여 수표면 아래 20cm에서 측정하였다. 물에 녹아 있는 화학 성분 분석을 위해 물을 채집한 후 실험실로 가져와 0.45  $\mu\text{m}$  Whatman cellulose nitrate membrane filter로 거른 후 분석에 이용하였다. 질산은 Hydrazine method(Kamphake et al. 1967), 암모늄은 Indophenol method(Liddicoat et al. 1975), 인산은 ascorbic acid reduction method(Solorzano 1969)로 분석하였다. Na, K, Ca, Mg는 원자흡광도계(Varian, model AA240FS)로 정량하였다.

### 2.2.2 식물상 조사

식물상 조사는 2011년 5월부터 10월 중순까지 둠병마다 2~4회씩 실시하였다. 둠병과 논 사이에 있는 독까지 서식하는 식물을 모두 조사하였으며, 원색 대한식물도감(이창복 1998)과 국가생물종지식정보시스템(<http://www.nature.go.kr/>)을 이용하여 동정하였다. 동정된 종 중 습지에 서식한다고 알려진 식물만을 목록화한 후 분석에 이용하였다.

### 2.2.3 데이터 분석

식물 조사 자료와 수환경 자료를 이용하여 조

사 장소가 수환경 요소에 의해 어떻게 영향을 받는지를 확인하기 위하여 CANOCO 4.5 for windows 프로그램을 이용하여 CCA 분석을 실시하였다. CCA분석은 direct gradient analysis로 환경 요인과 생물 집합 사이의 잠재적 영향을 확인하기 위한 분석법이다(Nicoleta et al. 2004). 이때 둠병별 차이가 둠병에서의 조사 시기에 따른 차이보다 큰 변수를 확인하기 위하여 CANOCO에서 marginal effects를 구하여 각 수질 특성이 둠병의 유형에 영향을 주는 정도를 파악하였다. Canonical axes의 significance를 시험하기 위해 Monte Carlo permutation test 프로그램을 사용하였으며, 이때 marginal effect가 가장 작은 변수부터 제외하여 모든 축을 대상으로 한 유의성 검증 결과  $P < 0.05$ 가 될 때까지 반복하였다. 이때 full model과 499 permutations을 사용하였으며, 남아있는 변수만을 가지고 최종 분석을 실시하였다(Table 1). 군집 분석(cluster analysis)은 각 종의 유무와 Mg, Ca, pH, DO, Conductivity, 온도 데이터를 이용하여 SPSS Statistics 17.0의 WARD method로 이루어졌다.

## 3. 연구 결과 및 논의

### 3.1 수환경 특성

샘통형인 반달 둠병과 애벌레 둠병에서 질산과 인산의 농도가 가장 낮았으며, 권물샘통형인 부처꽃 둠병, 천남성 둠병과 큰 차이가 없었다(표 1). 일반적으로 화강암 지대의 지하수에는 칼슘과 마그네슘 같은 양이온은 많이 들어있으나, 질산이나 인산과 같은 음이온은 매우 적게 들어 있다(Schlesinger 1991). 반면에 지표수에는 음이온과 양이온이 많이 들어 있어 전기전도도가 높게 나타난다. 그러므로 샘통형 또는 권물샘통형으로 유입되는 물의 양이온 농도가 높은 것은 수원이 대부분 지하수이기 때문으로 사료된다(김승호 등 2011). G/S 둠병의 경우 양이온은 샘통형 둠병과 비슷한 농도이나, 질산과 암모니아는 이들보다 높

다. 이는 G/S 둠병의 수원이 지하수이지만 때로는 밭에서 물이 일부 흘러들기 때문으로 사료된다. 길가온 둠병, 경의선 둠병과 아름드리 둠병은 전기전도도가 높고 음이온의 농도가 높은 것으로 볼 때 지표수가 많이 들어옴을 알 수 있다. 경의선 둠병은 물흐름 둠병인데 주로 지표수에 의해 수위가 유지됨을 알 수 있다. 수원으로 보면 경의선 둠병은 권물형인 아름드리 둠병과 비슷하다고 할 수 있다. pH와 용존산소량은 둠병 사이에 큰 차이가 나타나지 않았다. 반면 수온에서는 차이가

나타났는데 샘통형 둠병에서 상대적으로 높았으며, 권물샘통형 둠병에서 낮았다. 이는 둠병의 크기가 작아 수원뿐만 아니라 주변 환경에 영향을 크게 받기 때문으로 사료된다.

8개의 둠병에서 분석한 수환경 특성은 시기적으로 큰 차이가 나타나는 것이 있는 반면 조사 시기에 큰 영향을 받지 않는 특성이 존재하였다. 시기적으로 가장 큰 차이를 보인 수환경 특성은 암모니아의 농도였으며, 다음으로는 질산, 칼륨, 인산, 칼슘이었다.

표 1. 둠병별 수환경 특성. 수치는 3회 측정값의 평균임.

둠병명	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	pH	DO (mg/L)	EC (mS/cm)	Temp (°C)
반달	0.006	0.022	0.055	3.979	8.431	8.020	2.190	7.2	6.9	0.089	22.8
애벌레	0.008	0.021	0.017	1.600	7.250	6.769	3.777	6.5	6.2	0.098	22.9
부처꽃	0.173	0.026	0.031	1.274	4.789	6.542	2.110	6.9	8.3	0.052	21.6
천남성	0.010	0.021	0.099	4.989	8.702	7.265	3.372	7.0	6.9	0.066	17.8
길가온	0.469	0.041	0.115	1.585	7.448	7.353	3.676	6.8	7.2	0.117	17.7
G/S	0.282	0.023	0.113	1.302	4.205	6.914	1.984	6.4	7.2	0.049	18.5
경의선	0.758	0.208	3.774	6.628	12.243	13.177	5.898	7.1	6.2	0.218	20.2
아름드리	0.862	0.026	0.217	2.475	6.704	5.747	3.606	7.0	7.0	0.098	21.2

표 2. 조사 둠병의 수환경 특성

수환경특성	CODE	marginal effects (λ1)	평균	표준 편차	중간값	최대값	최소값
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Ca	0.27	7.484	3.964	6.426	18.420	2.729
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg	0.25	3.449	1.452	3.288	6.954	1.362
Dissolved Oxygen(mg/L)	DO	0.25	7.1	0.96	6.9	9.8	6.0
Conductivity (mS/cm)	EC	0.24	0.094	0.054	0.095	0.287	0.037
Temperature (°C)	Temp	0.23	20.3	4.2	18.9	28.8	13.7
pH	pH	0.23	6.9	0.48	6.8	8.1	6.1
K <sup>+</sup> (mg/L)	K	0.23	3.186	3.904	1.852	19.250	0.318
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO3	0.22	0.361	0.519	0.089	1.958	0.000
Na <sup>+</sup> (mg/L)	Na	0.22	8.214	3.270	7.076	17.676	4.820
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NH4	0.21	0.912	2.852	0.040	14.258	0.000
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	PO4	0.21	0.067	0.156	0.029	0.770	0.010

CCA 분석을 위하여 수환경 특성 전체에 대한 Monte Carlo permutation test를 한 결과 칼슘, 마그네슘, pH, DO, 전기전도도(EC), 온도가 통계적으로 유의한 변수로 확인되어 이들을 변수로 선택하였다(표 2). 다른 항목은 덩병별로 나타나는 차이보다 같은 덩병에서 조사시기별로 나타나는 차이가 더 크기 때문에 분석에서 제외하였다.

### 3.2 식물상

8개의 덩병에서 총 63과 170속 248종의 식물이 조사되었다. 이 중 습지식물은 29과 53속 85종이었다(표 3). 일반적인 습지의 식물상과 비슷하게 벼과, 사초과, 마디풀과 식물종이 많이 서식하였다. 습지식물 중에 국립수목원에서 정리한 한국 희귀식물 목록집(2009)에서 취약종(Vulnerable)으로 규정된 통발(*Utricularia vulgaris* var. *japonica*)이 반달 덩병, 천남성 덩병, 길가온 덩병, G/S 덩

병에, 흑삼릉(*Sparganium erectum*)이 애벌레 덩병에, 약관심종(Near Threatened)으로 규정된 창포(*Acorus calamus* var. *angustatus*)가 천남성 덩병, 애벌레 덩병, 반달 덩병에 서식하였다. 전체 식물종 중에서는 취약종(Vulnerable)으로 규정된 왜박주가리(*Tylophora floribunda*)가 부처꽃 덩병에, 약관심종(Near Threatened)으로 규정된 귀방울덩굴(*Aristolochia contorta*)이 천남성 덩병에, 자료부족종(Data Deficient)으로 규정된 버들잎영경귀(*Cirsium lineare*)가 부처꽃 덩병에 서식하였다(표 4). 조사 대상 덩병 중에서 샘통형인 애벌레 덩병에서 3종의 희귀식물이 발견되었으며, 물흐름형인 경의선 덩병과 권물형인 아릅드리 덩병에서는 희귀종이 발견되지 않았다. 희귀 습지식물은 샘통형 덩병에서 가장 많이 조사되었으며, 권물샘통형 덩병, 물흐름형 덩병, 권물 덩병의 순으로 나타났다.

표 3. 연구 장소에서 조사된 습지식물 목록

과명	학명	국명	덩병명							
			반달	애벌레	부처꽃	천남성	길가온	경의선	G/S	아릅드리
Equisetaceae 속새과	<i>Equisetum arvense</i>	쇠뜨기	0	0	0	0	0	0	0	0
Gleicheniaceae 풀고사리과	<i>Gleichenia japonica</i>	풀고사리			0					
Dryopteridaceae 면마과	<i>Onoclea sensibilis</i> var. <i>interrupta</i>	야산고비			0	0	0			
Salicaceae 버드나무과	<i>Salix koreensis</i>	버드나무	0	0	0	0	0		0	0
	<i>Salix koriyanagi</i>	키버들							0	
Urticaceae 췌기풀과	<i>Pilea mongolica</i>	모시물통이	0	0	0	0	0		0	0
Polygonaceae 마디풀과	<i>Persicaria longiseta</i>	개여뀌	0	0	0	0			0	0
	<i>Persicaria thunbergii</i>	고마리	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Persicaria viscosa</i>	기생여뀌								0
	<i>Persicaria sagittata</i>	미꾸리냘시	0	0	0	0	0		0	
	<i>Persicaria bungeana</i>	바늘여뀌						0		
	<i>Persicaria pubescens</i>	바보여뀌				0				
	<i>Persicaria hydropiper</i>	여뀌	0	0		0	0	0		0
	<i>Persicaria lapathifolia</i>	큰개여뀌		0						
	<i>Persicaria orientalis</i>	털여뀌					0			0
	<i>Persicaria japonica</i>	흰꽃여뀌							0	
	<i>Persicaria lapathifolia</i>	흰여뀌				0		0		

표 3. 연구 장소에서 조사된 습지식물 목록 (계속)

과명	학명	국명	등급명						
			반달	애벌레	부처꽃	천남성	길가온	경의선	G/S
Caryophyllaceae 석죽과	<i>Stellaria aquatica</i>	쇠별꽃	0	0	0	0	0	0	
Ranunculaceae 미나리아재비과	<i>Ranunculus japonicus</i>	미나리아재비						0	
Saxifragaceae 범의귀과	<i>Astilbe rubra</i>	노루오줌			0	0		0	
Guttiferae 물레나물과	<i>Hypericum erectum</i>	고추나물						0	
Leguminosae 콩과	<i>Kummerowia striata</i>	매듭풀	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Vigna angularis</i> var. <i>nipponensis</i>	새팥	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chamaecrista nomame</i>	차풀			0	0		0	
Aceraceae 단풍나무과	<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i>	신나무			0	0	0	0	
Balsaminaceae 봉선화과	<i>Impatiens textori</i>	물봉선				0		0	
Trapaceae 마름과	<i>Trapa japonica</i>	마름			0	0	0	0	0
Onagraceae 바늘꽃과	<i>Ludwigia prostrata</i>	여뀌바늘	0	0		0		0	
Scrophulariaceae 현삼과	<i>Mazus pumilus</i>	주름잎	0	0	0	0		0	0
	<i>Lindernia procumbens</i>	밭둑외풀	0						
Lentibulariaceae 통발과	<i>Utricularia vulgaris</i> var. <i>japonica</i>	통발	0	0		0		0	
Compositae 국화과	<i>Artemisia selengensis</i>	물쭈			0	0	0		
	<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i>	미역취						0	
	<i>Centipeda minima</i>	중대가리풀	0	0		0		0	0
Sparganiaceae 흑삼릉과	<i>Sparganium erectum</i>	흑삼릉	0						
Potamogetonaceae 가래과	<i>Potamogeton distincuts</i>	가래	0						0
	<i>Potamogeton oxyphyllus</i>	말							0
	<i>Potamogeton pusillus</i>	실말					0		0
	<i>Potamogeton octandrus</i>	애기가래			0				
Alismataceae 택사과	<i>Sagittaria aginashio</i>	보풀	0	0			0		
Hydrocharitaceae 자리풀과	<i>Hydrilla verticillata</i>	검정말	0						
Gramineae 벼과	<i>Leersia sayanuka</i>	겨풀					0		
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	물억새	0	0	0	0		0	
	<i>Bothriochloa ischaemum</i>	바랭이새			0			0	0
	<i>Calamagrostis epigeios</i>	산조풀	0	0					
	<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	억새	0					0	
	<i>Glyceria leptolepis</i>	왕미꾸리광이	0						0
	<i>Eleusine indica</i>	왕바랭이	0	0					
	<i>Arthraxon hispidus</i>	조개풀	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Echinochloa utilis</i>	피	0	0	0	0	0	0	0

표 3. 연구 장소에서 조사된 습지식물 목록 (계속)

과명	학명	국명	들판명							
			반달	애벌레	부처꽃	천남성	길가온	경의선	G/S	아름드리
	<i>Phragmites australis</i>	갈대	0	0	0					
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀	0	0	0	0	0	0	0	
	<i>Calamagrostis pseudophragmites</i>	갯조풀				0				
	<i>Leersia japonica</i>	나도겨풀	0	0	0	0				0
	<i>Phragmites japonica</i>	달뿌리풀	0	0	0	0				
	<i>Echinochloa crusgalli</i>	돌피		0		0		0		
	<i>Digitaria ciliaris</i>	바랭이	0	0	0	0	0	0		
	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	실새풀								0
Cyperaceae 사초과	<i>Carex neurocarpa</i>	팽이사초				0				
	<i>Cyperus globosus</i>	드렁방동사니		0						
	<i>Scirpus fluviatilis</i>	매자기				0	0		0	
	<i>Cyperus amuricus</i>	방동사니	0	0	0	0	0	0		0
	<i>Cyperus hakonensis</i>	병아리방동사니				0				
	<i>Carex dispalata</i>	삿갓사초				0				
	<i>Scirpus triqueter</i>	세모고랭이								
	<i>Scirpus karuzawensis</i>	솔방울고랭이	0	0			0			
	<i>Scirpus triangulatus</i>	송이고랭이	0							
	<i>Cyperus orthostachyus</i>	쇠방동사니	0							
	<i>Eleocharis aciculauis</i> for. <i>longiseta</i>	쇠털골	0							
	<i>Cyperus difformis</i>	알방동사니								0
	<i>Carex dimorpholepis</i>	이삭사초	0	0					0	0
	<i>Zizania latifolia</i>	줄	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Cyperus iria</i>	참방동사니	0		0		0	0		0
	<i>Kyllinga brevifolia</i> var. <i>leiolepis</i>	파대가리	0	0	0	0				0
	<i>Fimbristylis dichotoma</i>	하늘지기				0				
	<i>Cyperus microiria</i>	금방동사니	0		0			0		
	<i>Fimbristylis miliacea</i>	바람하늘지기	0	0						
Araceae 천남성과	<i>Acorus calamus</i> var. <i>angustatus</i>	창포	0	0		0				
Lemnaceae 개구리밥과	<i>Spirodela polyrhiza</i>	개구리밥					0	0		
Commelinaceae 닭의장풀과	<i>Commelina communis</i>	닭의장풀		0	0	0	0	0	0	
	<i>Aneilema keisak</i>	사마귀풀	0	0		0		0		0
Juncaceae گل풀과	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>	گل풀		0		0	0	0		0
	<i>Juncus wallichianus</i>	선비너گل풀				0				
	<i>Eleocharis kuroguwai</i>	울방개	0	0						
Pontederiaceae 물옥잠과	<i>Monochoria vaginalis</i> var. <i>plantaginea</i>	물달개비	0							

표 4. 연구 장소에 서식하는 멸종위기 식물종 목록

학명	국명	보존상태	덤병명					
			반달	애벌레	부처꽃	천남성	길가온	G/S
<i>Utricularia vulgaris var. japonica</i>	통발	Vulnerable	0	0			0	0
<i>Sparganium erectum</i>	흑삼릉	Vulnerable		0				
<i>Acorus calamus var. angustatus</i>	창포	Near Threatened	0	0		0		
<i>Tylophora floribunda</i>	왜박주가리	Vulnerable			0			
<i>Aristolochia contorta</i>	취방울덩굴	Near Threatened				0		
<i>Cirsium lineare</i>	버들잎영경귀	Data Deficient			0			

### 3.3 습지식물 목록과 수환경 특성을 이용한 덩병의 cluster analysis

네 가지 유형의 덩병은 독특한 화학적 수환경 특성을 가지고 있다. CCA 분석에 따르면 샘통형 덩병과 물흐름형 덩병은 다른 유형의 덩병과 잘 구별된다(그림 1). 그러나 물흐름형 덩병의 경우 비록 표본 수가 적지만 서로 상관성이 적다. G/S 덩병의 경우 경의선 덩병과 매우 다른 화학적 수환경을 가지고 있다. G/S 덩병의 경우 지하수에 의해 물이 공급되며, 물이 덩병 밖으로 흘러나오고 있다. 그러므로 물의 화학적 특성은 샘통형 덩병과 유사하여야 한다. G/S 덩병은 CCA biplot (그림 1)에서 세로축의 +영역에 위치함으로 이 덩병의 수원이 지하수로 샘통형 덩병과 같다는 것을 입증한다. 그러나 가로축에서 상당히 +방향으로 멀리 떨어져 있는 데, 이는 질산과 암모니아의 영향이다. 질소는 주로 지표수에 의해 유입된다 (Schlesinger 1991). G/S 덩병은 위쪽에 많이 존재하며, 이곳에서 농사를 짓고 있기 때문에 비가 올 때 간헐적으로 물이 흘러들어올 수 있다. 이로 인해 샘통형 덩병과 떨어져 존재한다고 할 수 있다. 경의선 덩병의 경우 물흐름형 덩병이지만 수

원은 주로 지표수이다. 그러므로 양이온뿐만 아니라 음이온 농도도 높다. 이로 인해 세로축의 아래쪽에 위치하며, 가로축에서도 왼쪽 끝에 존재한다고 할 수 있다. 아름드리 덩병은 관물형으로 지하수와 지표수에 의해 물이 유입되나, 화학적 특성

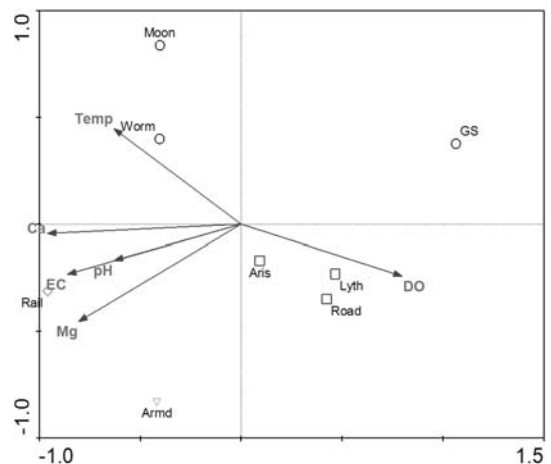


그림 1. 수환경요인에 따른 덩병의 유집 분석을 보여주는 CCA biplot. Moon, Worm, Lyth, Aris, Road, GS, Rail, Armd는 각각 반달, 애벌레, 부처꽃, 천남성, 길가온, G/S, 경의선, 아름드리 덩병의 약자이다.



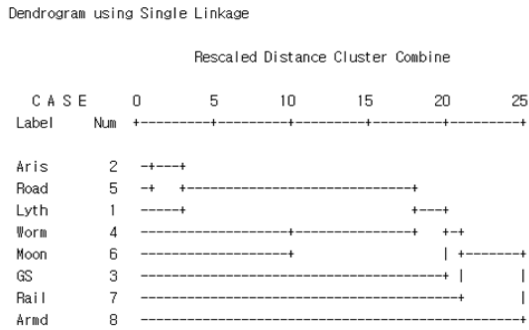


그림 2. 습지식물목록과 화학적 수환경 특성 데이터틀 이용한 덩병의 cluster analysis 결과. Moon, Worm, Lyth, Aris, Road, GS, Rail, Armd 는 각각 반달, 애벌레, 부처꽃, 천남성, 길가온, G/S, 경의선, 아름드리 덩병의 약자이다.

으로 볼 때 지표수와 지하수가 동등한 정도로 물의 화학적 특성에 영향을 주는 것으로 나타났다. 특히 질산과 암모니아의 농도가 높은 데 이것은 G/S 덩병과 마찬가지로 주변의 농지에서 비료 성분이 유입되는 것으로 판단된다.

김승호 등(2011)은 덩병을 분류할 때 직접 눈으로 확인할 수 있는 수문학적 특성, 즉 수위변화, 덩병의 경관적 위치, 수원, 그리고 덩병과 논 사이의 물교환을 중심으로 분류를 하였다. 그러므로 일시적인 지표수의 유입은 분류 기준이 되지 않았다. 그러나 본 연구 결과는 일시적인 지표수의 유입 특히 밭에서의 유입은 물의 화학적 특성에 매우 큰 영향을 주기 때문에 덩병의 분류에서 이 또한 고려의 대상이 되어야 함을 제시한다. 또한 수원은 판단이 쉽지 않은 만큼 수원을 판단하기에 앞서 물의 화학적 특성을 조사하여 수원을 뒷받침하는 근거로 삼아야 함을 본 연구 결과에서 보여준다.

습지식물 목록과 화학적 수환경 특성 데이터를 이용하여 cluster analysis를 한 결과 천남성 덩병과 길가온 덩병이 가장 유사한 것으로 나타났다(그림 2). 그리고 이는 부처꽃 덩병과 distance 3에서 합쳐지게 된다. 이들은 모두 권물샘통형 덩병으로 다른 유형들보다 화학적 수환경과 습지식물 면에서 더 큰 공통점을 가지고 있음을 보여준

다. 다음으로는 애벌레 덩병과 반달 덩병이 distance 10에서 한 무리로 묶이며, 이들은 샘통형 덩병인 공통점을 가진다. G/S 덩병, 경의선 덩병, 길가온 덩병은 모두 독특한 특성을 가지므로 서로 다른 유형이라 할 수 있다. G/S 덩병과 경의선 덩병은 물흐름형 덩병으로 분류된다. 그러나 CCA 분석과 cluster analysis 모두 이 두 덩병의 특성이 매우 다름을 보여 준다. 이는 덩병의 유형 분류에서 물흐름형 덩병을 다시 두 유형, 즉 지하수-물흐름형과 지표수-물흐름형으로 나누어야 함을 보여준다.

본 연구에서는 김승호 등(2011)에 의해 제안된 덩병의 각 유형에 따라 선택된 덩병에 서식하는 습지식물과 물의 화학적 특성을 분석하여 덩병의 유형별 특징을 확인하고자 하였다. 식물과 물의 화학적 특성은 덩병에 서식하는 수서곤충, 어류, 그리고 양서류의 서식에 큰 영향을 미칠 수 있다(이승현 등 2010). 그러므로 수환경 특성은 매우 중요하게 다루어져야 한다. 현재 제안하는 물의 화학적 특성은 식물이 양분으로 이용하는 것을 중심으로 이루어졌기 때문에 동물보다는 식물에 더 중요할 수 있다. 그러나 논과의 물교환 특성은 덩병의 수서곤충과 어류상에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 그러므로 수서곤충, 어류, 양서류와 같은 동물의 서식 현황을 조사하여 분석한 후 종합적으로 덩병의 분류 기준을 다시 정립할 필요가 있다.

#### 4. 결 론

본 연구 결과는 김승호 등(2011)이 제안한 덩병의 유형에 따라 덩병의 습지식물상과 화학적 수환경 특성이 대체적으로 잘 구분됨을 보여 주었다. 그러나 물흐름형 덩병의 경우 수원이 더 고려되어야 함을 제안하고 있다. 물흐름형 덩병을 지하수-물흐름형과 지표수-물흐름형으로 나누거나, 분류 기준을 정할 때 수원을 가장 먼저 고려할 것을 제안한다. 수원을 가장 먼저 고려할 경우 지하수 또는 지표수로 나누고, 다음으로 수위 변동과

물교환을 고려하면 화학적 수질과 습지식물상을 더 잘 반영할 수 있을 것이다. 그러나 둌병의 특성을 물과 식물만으로 한정하여서는 안 되며, 이곳에 서식하는 동물 또한 고려하여야 한다. 그러므로 수서 동물의 조사 분석이 이루어진 후 종합적으로 결과를 분석하여 둌병의 유형을 최종적으로 확정할 필요가 있다.

## 감사의 글

물의 화학적 성분 분석을 도와준 신차정, 현장 조사를 함께한 김경희, 김계성, 김경훈, 허영, 이태운, 안치용 님께 감사드립니다. 본 연구는 경기도 교육청의 “우수교원 학습연구년제”와 환경부 “차세대에코이노베이션기술개발사업”으로 지원받은 과제임.

## 참고 문헌

강민정, 김철수, 오경환. 1007. 우포늪에서 수생 및 습생 관속식물의 식물상, 현존식생도 및 1차 생산. 한국습지학회지 9(2): 45-56.

국립수목원. 2009. 한국 희귀식물 목록집.

김승호, 김재현, 김재근. 2011. 서부 민통선 통제 구역에 존재하는 둌병의 유형분류. 한국습지학회지 13(2): 275-289.

김재근. 2009. 오대산 물이끼 이탄습지의 생태특성: I. 소항병산늪. 한국습지학회지 11(1): 15-28.

김창환, 이경보, 조두성, 명현. 2006. 전북 만경강 하구역 일대의 염습지 식물상 및 식생에 관한 연구. 한국환경생태학회지 20(3): 289-298.

유주한, 박경훈, 윤영철, 송봉근. 2009. 경상남도 연안습지에 분포하는 관속식물상. 한국습지학회지 11(2): 29-38.

이승현, 김재욱, 신현상, 장규상. 2010. 논 생태복원을 위해 설치한 둌병의 토양 특성. 2010 한국토양비료학회 춘계학술발표회 논문 초록집,

p. 204.

이창복. 1998. 대한식물도감. 향문사.

임동욱, 조원철, 최현우. 2009. 광주광역시 도심 영산강 수계 습지의 식물자원. 한국습지학회지 11(2): 17-28.

전승훈. 2008. 경기도 성남시 도시지역 습지의 유형 분포 및 습지식물의 특성 평가. 한국환경생태학회지 22(2): 159-172.

홍선기, 강호정, 김은식, 김재근, 김창희, 이은주, 이재천, 이점숙, 임병선, 정연숙, 정홍락. 2005. 생태복원공학 - 서식지와 생태공간의 보전관리. 라이프사이언스.

DeKeyser ES, Kirby DR, Ell MJ. 2003. An index of plant community integrity: development of the methodology for assessing prairie wetland plant communities. Ecological Indicators 3: 119-133.

Jean M, Bouchard A. 1993. Riverine wetland vegetation: importance of small-scale and large-scale environmental variation. Journal of Vegetation Science 4: 609-620.

Kamphake LJ, Hannah SA, Cohen JM. 1967. Automated analysis for nitrate by hydrazine reduction. Water Research 1(3): 205-216.

Kusuda S, Noboru K. 2009. Upstream-migrating loach in the fishway for a rice paddy. Fish Water 45: 19-22.

Lee BA, Kwon GJ, Kim JG. 2007. The optimal environmental ranges for wetland plants: II. *Scirpus tabernaemontani* and *Typha latifolia*. Journal of Ecology and Field Biology 30(2): 151-159.

Liddicoat ML, Tibbits MI, Butler EI. 1975. The determination of ammonia in seawater. Limnology and Oceanography 20(1): 131-132.

Nicoleta P, Biggsa J, Foxa G, Hodsonb MJ, Reynoldsc C, Whitfielda M, Williamsa P. 2004. The wetland plant and macroinvertebrate

- assemblages of temporary ponds in England and Wales. *Biological Conservation* 120: 261-278.
- Schlesinger WH. 1991. *Biogeochemistry: an Analysis of Global Change* 2nd ed. Academic Press. San Diego
- Solorzano L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. *Limnology and Oceanography* 14: 799-801.
- Steven DD, Toner MM. 2004. Vegetation of upper coastal plain depression wetlands: environmental templates and wetland dynamics within a landscape framework. *Wetlands* 24(1): 23-42.
- ter Braak CJF. 1987. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69: 69-77.
- 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.
- Zelnik I, Potisek M, Gaberšik A. 2011. Environmental conditions and macrophytes of karst ponds. Book of Abstract, Joint Meeting of Society of Wetland Scientists, WETPOL and Wetland Biogeochemistry symposium, 3-8 July 2011, Prague, Czech Republic, p. 365.
- Zimmer KD, Hanson MA, Butler MG. 2000. Factors influencing invertebrate communities in prairie wetlands: a multivariate approach. *Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science* 57: 76-85
- 논문접수일 : 2011년 09월 12일
  - 심사의뢰일 : 2011년 09월 13일
  - 심사완료일 : 2011년 12월 05일