

우포늪과 목포늪의 식물플랑크톤 군집의 계절적 변동

김 한 순

(경북대학교 생물학과, 대구 702-701)

Seasonal Changes of Phytoplankton Community in the Woopo and Mokpo Swamp. Kim, Han Soon (Dept. of Biology, Kyungpook National University, Taegu 702-701)

The seasonal changes in phytoplankton standing crops, species composition, dominant species, species diversity and physico-chemical characteristics in Woopo and Mokpo swamps were studied from January to December, 1998. Phytoplankton of a total 353 taxa were identified, the composition of phytoplankton community was characterized by green algae and diatoms and quantity composition of standing crops was dominated by green algae and blue-green algae. The green alga *Micractinium pusillum* and blue-green alga *Oscillatoria* sp. was especially prominent. The standing crops varied from 108 cells/ml and 118 cells/ml to 19,178 cells and 38,393 cells/ml in Woopo and Mokpo swamps, respectively. The maximum algal density was observed in November, *Micractinium pusillum* and *Oscillatoria* sp. usually contributed 83.2% to total cell numbers in Woopo swamp. However, the maximum density occurred in May when *Oscillatoria* sp. formed bloom in Mokpo swamp. The low species diversity of the phytoplankton coincided with maximum standing crops of the filamentous blue-green alga *Oscillatoria* sp. and green alga *Micractinium pusillum* in May and November.

Key words : Woopo and Mokpo swamps, Phytoplankton community, *Micractinium pusillum*, *Oscillatoria* sp.

서 론

자연늪은 수생식물과 어패류의 다양한 생물상을 지니고 있으며, 높은 생산성과 조류의 서식지 및 오염정화 기능 등 다양한 생태적 기능을 수행하는 독특한 생태적 특성을 유지하고 있다. 따라서 국제적으로 전 세계의 습지 실태의 파악과 보호를 위한 적극적인 노력을 기울이고 있다. 우리 나라의 저층 자연늪은 낙동강 하류의 경남 창녕군과 함안군 일대에 집중적으로 분포하고 있으며, 지난 수 십 년 동안 급속한 산업화와 무분별한 개발 정책으로 인해 대부분이 공업용지나 농경지로 간척되어 사라지거나 원형이 심하게 훼손되고 있다(정 1986; 조

1987). 자연늪은 어업과 홍수조절, 수질 오염의 정화, 생태관광지로서의 직접적인 경제적 이익을 제공할 뿐 아니라 다양한 생물상과 친이과정 및 독특한 생태적 특성을 간직하고 있어 학술적 연구 가치가 매우 높기 때문에 이들에 대한 보존 대책이 시급히 요구되고 있으며, 또한 자연늪에 대한 지속적인 생태적 조사가 요구되고 있다. 남한 지역의 자연늪에 대한 담수조류의 조사는 경기도 대암산 용늪(정, 1974; 정과 김, 1987), 경남 함안 자연늪(정과 이, 1986; 정과 노, 1987), 한라산 백록담(이, 1986, 1987) 및 창녕군 소재 자연늪(김과 정, 1993) 등이 보고되었으나 우포늪에 대한 식물플랑크톤에 대한 조사는 수행된 바가 없는 실정이다. 식물플랑크톤은 수계생태계의 일차생산자로서 이들 군집의 특성은 먹이연쇄를

* Corresponding author: Tel: 053-950-5344, Fax: 053-953-3066, E-mail: kimhsu@kyungpook.ac.kr

통해 수계생태계 전반에 영향을 미치기 때문에 식물플랑크톤의 조사는 전반적인 수계생태계를 이해하기 위한 필수적인 사항이다.

따라서 자연늪의 경제적 가치가 새롭게 인식되고 있고, 자연습지의 보호 운동이 사회 전반에 확산되고 있는 현실에서 우리 나라에서 규모가 가장 큰 우포늪의 식물플랑크톤 군집의 특성을 규명하여 습지보호와 보존 대책을 수립하는데 기초적 자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

우포늪은 경남 창녕군 유어면, 이방면, 대합면, 대지면 등 4개의 면에 걸쳐 위치하고 있으며, 남북의 길이 3 km, 동서 폭이 3.5 km이고, 면적은 303.2 ha로 우리나라에서 가장 큰 자연늪으로 우포, 목포, 사지포, 쪽지벌

등 4개의 자연늪으로 구성되어 있다 (Fig. 1). 우포늪은 마름, 붕어마름, 가시연꽃 등이 중요한 수생식물 군락을 이루고 있으며, 큰고니, 황조롱이를 포함한 4종의 천연기념물과 멸종위기종 1종, 보호종 7종, 희귀종 3종, 취약종 2종 등을 포함한 매우 다양한 생물들이 서식하고 있는 (환경부, 1987; 한국자연보존협회, 1989) 생태적으로 보호 가치가 높은 곳이다.

2. 연구방법

시료의 채집은 1998년 1월부터 12월까지 1년간 월별로 플랑크톤 넷트 (Rhigoshia NXXX25, Mash size 25 μ m) 와 1L용 폴리에틸렌 병을 이용하여 정성 및 정량 채집을 실시하였다. 채집한 시료는 즉시 lugol's solution으로 고정하였으며, 장기보관을 위해 3~5% 중성 formalin 용액으로 고정하였다. 종의 동정은 광학현미경 (Zeiss Axioskop 2)으로 100~1,000배 하에서 검경 동정하였으며, 규조류의 동정은 permanganate method (Hendey, 1974)에 따라 세정한 뒤 pleurax로 봉입하여 영구표본을 제작하여 광학현미경 (Zeiss Axioskop 2) 100~1,000배 하에서 검경하고, 사진촬영을 하여 동정하였다. 식물플랑크톤 현존량은 정량 채집한 시료를 Utermöhl (1958) 방법에 따라 농축하여 도립현미경 (Zeiss Axiovert 25)을 이용하여 400배 하에서 계수하였다. 종 다양성과 우점도 지수는 Shannon-Weaver (1963)와 Simpson (1949)의 방법에 따라 산출하였다.

수온 및 용존 산소는 DO meter YSI58로 측정하였고, 전기전도도와 pH는 각각 MP120 pH meter와 WTW-LF91 EC meter로 현장에서 측정하였다. 총 인과 총 질소는 각각 자외선 흡광도법과 아스코르브산 환원법으로 측정하였으며, Chl. *a* 분석은 Whatman GF/C filter로 여과하여 90% acetone으로 24시간 추출한 후 흡광광도계로 측정하여 Marker 등 (1980)의 방법에 따라 계산하였다.

결 과

1. 이화학적 요인

우포늪과 목포늪에서 조사된 이화학적 환경요인은 Table 1에 나타내었다. 수온은 1월에 정점 2의 4.8°C에서 5월에 정점 2의 29.1°C의 범위로 나타났으며, 정점에 따른 수온의 차이는 조사시간의 차이에 따른 것으로 추정된다. pH는 6.9~9.3의 범위로 중성에서 약알칼리성으

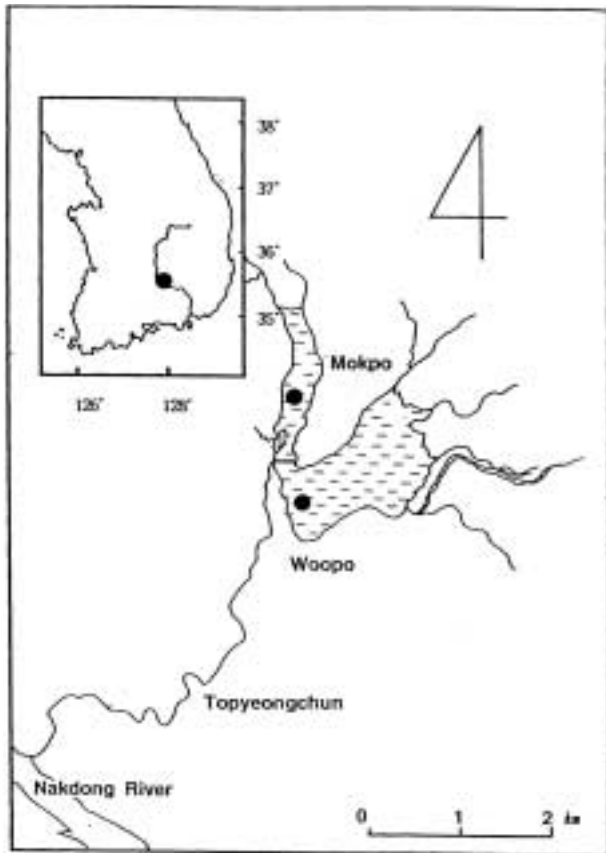


Fig. 1. Map of the Woopo and Mokpo swamps with sampling station.

Table 1. Seasonal changes of water temperature (W.T., °C), pH, dissolved oxygen (mg/L), conductivity (EC, µS/cm), total nitrogen (TN, mg/L), total phosphate (TP, mg/L), and chlorophyll *a* (Chl. *a*, µg/L) concentration during 1998 in the Woopo (W) and Mokpo (M) swamps.

	W. T.		pH		DO		EC		T-N		T-P		Chl. <i>a</i>	
	W	M	W	M	W	M	W	M	W	M	W	M	W	M
Jan.	6.0	4.8	8.9	9.3	12.1	12.3	540	399	2.29	1.36	0.01	0.02	6.2	10.5
Feb.	7.5	7.2	8.5	9.2	13.8	12.8	640	385	3.42	1.46	0.02	0.10	14.3	8.5
Mar.	15.5	14.1	8.3	8.4	12.0	12.3	120	451	3.45	5.86	0.12	0.02	30.5	3.3
Apr.	26.2	22.8	8.1	8.2	6.3	6.1	292	166	2.81	3.58	0.09	0.09	36.8	31.6
May	27.2	29.1	7.0	8.6	3.4	9.9	272	295	1.06	3.74	0.09	0.14	9.6	62.9
Jul.	25.2	28.6	7.0	7.4	6.0	8.4	161	230	3.13	1.19	0.17	0.23	36.3	29.6
Aug.	24.4	28.0	7.0	6.9	6.0	7.5	183	170	2.02	2.75	0.18	0.23	36.7	10.4
Sep.	21.4	20.9	7.0	6.9	3.4	2.0	288	104	1.87	0.66	0.14	0.10	76.2	18.2
Oct.	21.5	20.2	8.9	8.4	12.8	9.3	298	192	1.32	1.23	0.19	0.20	66.6	203.7
Nov.	11.1	9.1	7.1	7.2	10.1	11.7	401	251	3.41	3.05	0.07	0.35	136.5	122.5
Dec.	15.4	7.7	7.0	7.0	12.5	10.8	207	309	1.96	2.11	0.03	0.07	25.0	47.8
Mean	18.3	17.5	7.7	8.0	8.9	9.4	309	268	2.43	2.45	0.10	0.14	43.2	49.9

로 조사되었으며, 여름철이 다른 계절에 비해 다소 낮은 값을 나타내었다. DO는 2~13.8 mg/L의 범위로 나타났으며, 수온이 높은 봄과 여름에 낮은 값을 나타내었다. 전기전도도는 104~640 µS/cm의 범위로 나타났으며, 전반적으로 겨울에 높은 값을 나타내었고 우포늪에서 목포늪보다 높게 조사되었다. 총 질소는 9월의 목포늪에서 최소 값인 0.66 mg/L에서 3월에 최고 값인 5.86 mg/L의 범위로 나타났으며, 총 인의 농도는 우포늪에서 1월에 최소 값인 0.01 mg/L에서 11월의 목포늪에서 최고 값인 0.35 mg/L의 범위로 나타났으며, 목포늪에서 다소 높은 값을 나타내었다.

2. 식물플랑크톤의 군집구성

1) 종조성

우포늪과 목포늪에서 조사된 식물플랑크톤은 규조류 141종류, 녹조류 126종류, 유글레나류 64종류, 남조류 9종류 및 기타 13종류의 총 353종류가 동정되었다. 우포늪에서는 총 328종류가 동정되었으며, 이들은 규조류 125종류 (38.1%), 녹조류 120종류 (36.6%), 유글레나류 61종류 (18.6%), 남조류 9종류 (2.7%) 및 기타 13종류 (4.0%)로 구성되었다. 목포늪에서는 총 281종류가 출현하여 규조류 116종류 (41.3%), 녹조류 101종류 (35.9%), 유글레나류 45종류 (16.0%), 남조류 7종류 (2.5%) 및 기타 12종류 (4.3%)로 구성되어 우포늪에서 출현종 수가 다소 많았으나 두 조사지점 공히 규조류와 녹조류가 가장 중요한 분류군으로 조사되었다. 월별 출현 종 수의 변화는 우포늪에서 1월과 2월에 가장 적은 66종류에서 9월에 가장 많은 149종류의 변화를 나타내었고, 목포늪에서는 1월

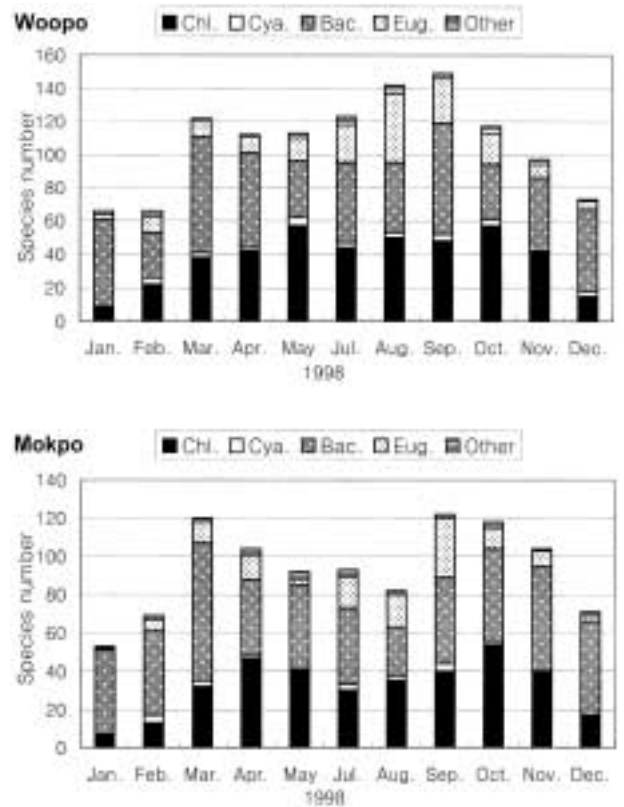


Fig. 2. Seasonal changes of the species numbers of different algal groups.

Chl.; Chlorophyceae, Cya.; Cyanophyceae, Bac.; Bacillariophyceae, Eug.; Euglenophyceae

에 53종류로 가장 적었으며 9월에 가장 많은 122종류가 출현하여 전반적으로 봄과 가을에 출현 종 수가 높게

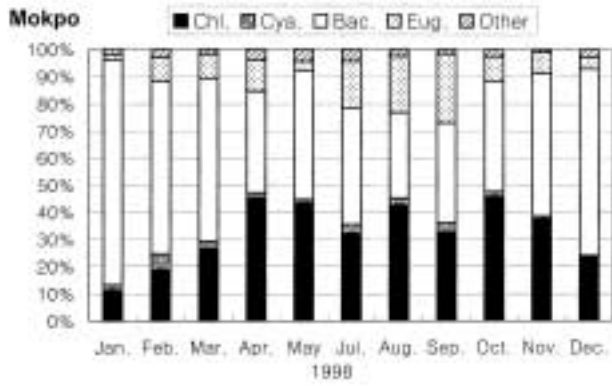
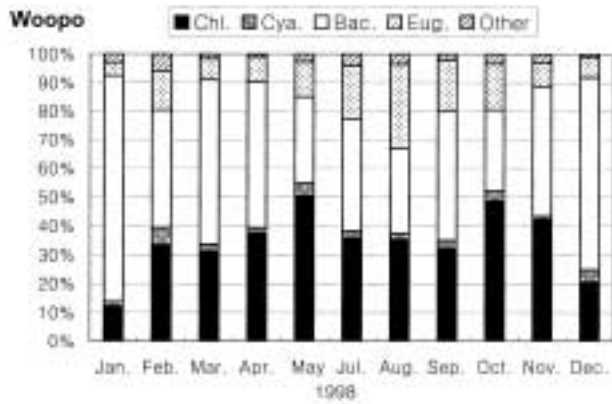


Fig. 3. Seasonal changes of percentage contribution of different algal groups. Chl.; Chlorophyceae, Cya.; Cyanophyceae, Bac.; Bacillariophyceae, Eug.; Euglenophyceae

나타났다 (Fig. 2). 각 강의 계절별 출현 종 수와 구성비율은 두 늪에서 유사한 경향을 나타내었으며, 녹조류는 5월과 10월에 가장 많은 출현종 수와 높은 구성비를 나타내었으나 겨울을 제외한 전 조사기간 동안 차이는 크지 않았다. 규조류의 출현 종 수는 봄과 가을에 가장 많았으나 그 구성비율은 겨울에 가장 높게 나타났으며, 유글레나류는 8, 9월에 많은 출현 종 수와 비교적 높은 구성비를 나타내었다 (Fig. 3).

2) 현존량

우포늪과 목포늪의 식물플랑크톤 현존량은 1월에 각각 108 cells/ml와 118 cells/ml로 가장 적었으며, 최고값은 우포늪에서 남조류의 *Oscillatoria* sp.와 녹조류의 *Micractinium pusillum*이 크게 증가한 11월에 19,178 cells/ml로 최고치를 나타내었으나 목포늪에서는 남조류의 *Oscillatoria* sp.가 bloom을 형성한 5월에 38,393 cells/ml로 최고치를 나타내었다 (Fig. 4). 클로로필 a는 우포늪과 목포늪에서 각각 6.2~137 $\mu\text{g/L}$ 와 3.3~204

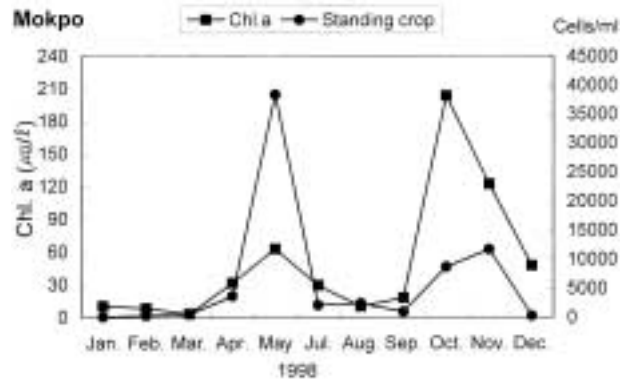
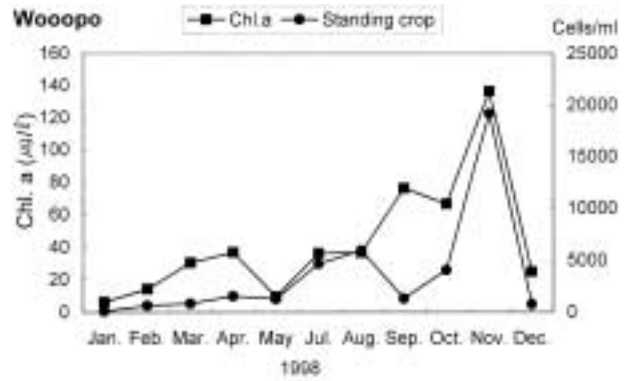


Fig. 4. Seasonal changes of phytoplankton standing crops and chlorophyll a concentration.

$\mu\text{g/L}$ 의 범위로 나타났으며, 우포늪에서는 9월을 제외한 전 조사기간 동안 현존량과 유사한 월변화를 나타내었으나 목포늪에서는 현존량의 변화와 상당한 차이를 나타내었다 (Fig. 4). 현존량의 강별 구성은 두 조사지점에서 거의 유사하게 나타났으며, 녹조류와 남조류가 가장 중요한 분류군으로 조사되었다. 우포늪의 월별 현존량의 강별 구성은 규조류와 녹조류가 우점한 1월과 10월, 그리고 녹조류와 유글레나류가 우점한 2월을 제외한 전 조사기간 동안 녹조류와 남조류가 현존량의 대부분을 차지하였다. 목포늪에서는 녹조류와 규조류가 우점한 1월을 제외한 전 조사기간 동안 녹조류와 남조류가 우점 분류군으로 출현하였다. 우포늪과 목포늪의 계절별 식물플랑크톤 현존량 구성의 변화는 전반적으로 유사하게 나타났으나, 우포늪에서 2월과 10월에 각각 유글레나류와 규조류가 상당히 높은 구성비를 차지하였으며 4월부터 9월까지 남조류의 구성 비율이 높는데 반해 목포늪에서는 5, 6월 동안 남조류가 현존량의 대부분을 차지하였다 (Fig. 5).

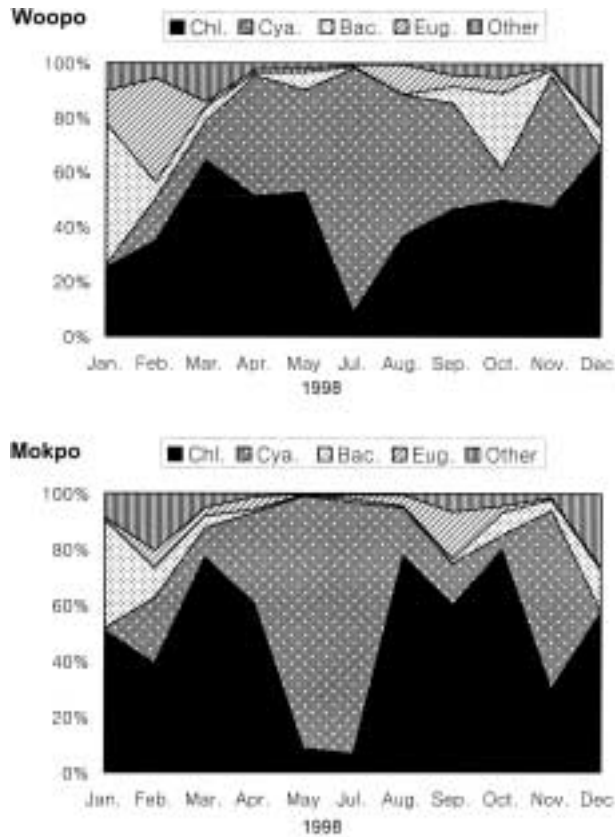


Fig. 5. Percentage contribution of different algal groups to total standing crops in Woopo and Mokpo swamps. Chl.; Chlorophyceae, Cya.; Cyanophyceae, Bac.; Bacillariophyceae, Eug.; Euglenophyceae

3) 우점종의 천이

우점종의 계절적 변화는 전반적으로 두 늪에서 유사하게 나타났으나, 조사시기에 따라 다소 다른 양상을 나타내었다. 우포늪에서는 1~4월, 8월 및 10~12월까지 녹조류의 *Micractinium pusillum*이 우점 및 아우점종으로 출현하였고, 3~9월 및 11월에는 남조류 *Oscillatoria* sp.가 우점종으로 출현하였으며, *Scenedesmus quadricauda*는 5월과 9월 그리고 크립토타조의 *Cryptomonas* sp.가 1월, 3월 및 12월에 아우점종으로 출현하였다. 목포늪에서는 1월, 10월 및 12월에 녹조류 *Monoraphidium contortum*, 2월에 크립토타조의 *Cryptomonas* sp., 3월과 8월에 녹조류 *Micractinium pusillum*이 그리고 4~6월, 9월 및 11월에는 남조류 *Oscillatoria* sp.가 우점종으로 출현하였으며, *Scenedesmus quadricauda*와 *Actinastrum hantzschii* var. *fluviatile*이 4월과 9월 및 2월과 11월에 각각 아우점 종으로 출현하였다 (Fig. 6).

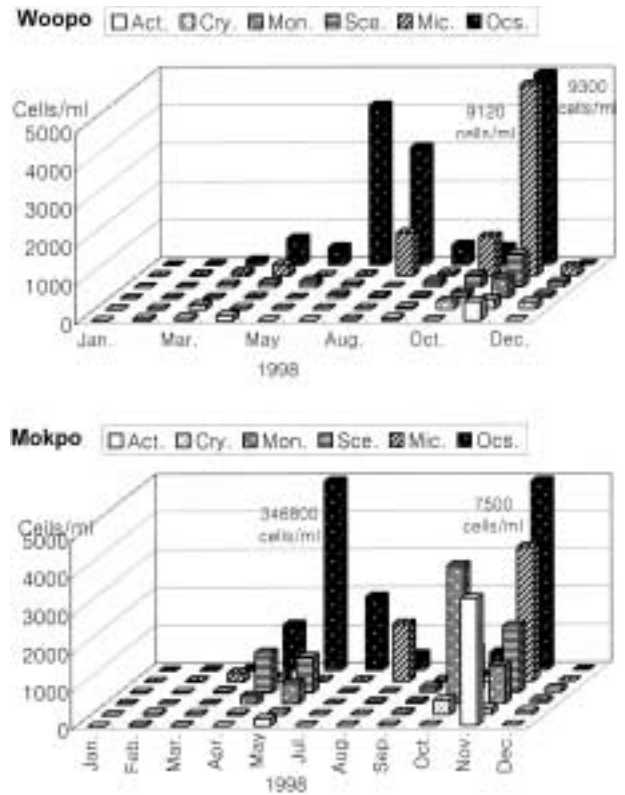


Fig. 6. Seasonal succession of dominant species of phytoplankton in Woopo and Mokpo swamps. Act.; *Actinastrum hantzschii* var. *fluviatile*, Mon.; *Monoraphidium contortum*, Sce.; *Scenedesmus quadricauda*, Cry.; *Cryptomonas* sp., Mic.; *Micractinium pusillum*, Osc.; *Oscillatoria* sp.

4) 다양성 지수 및 우점도 지수

다양성 지수는 우포늪에서 7월에 가장 낮은 0.92에서 5월에 가장 높은 6.58의 범위로 나타났으며, 목포늪에서는 5월에 가장 낮은 0.8에서 2월에 가장 높은 4.77의 범위로 나타났다. 우점도 지수는 우포늪에서 3월에 가장 낮은 0.09에서 7월에 가장 높은 0.81의 범위로 나타났으며, 목포늪에서는 9월에 가장 낮은 0.07에서 7월에 가장 높은 0.82의 범위로 나타났다. 두 조사지역에서 남조류 *Oscillatoria* sp.가 총 현존량의 89% 이상의 높은 비율을 차지한 6, 7월에 우점도 지수가 가장 높게 나타났으며 다양성 지수는 최소값을 나타내었다 (Fig. 7). 그리고 우포늪의 5월을 제외하고 다양성 지수가 높게 나타난 달에 우점도 지수는 낮게 나타났으며, 종 다양성과 우점도 지수는 역의 상관관계를 나타내었다 (Fig. 8).

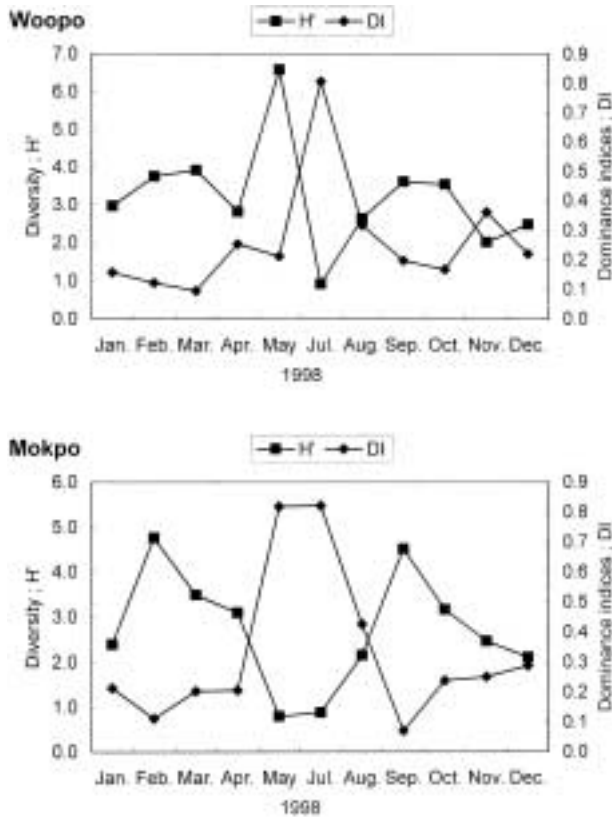


Fig. 7. Seasonal changes of phytoplankton species diversity (Shannon-Weaver index, H') and dominance index (Simpson's index, DI).

고찰

우리 나라에서 가장 규모가 큰 우포늪의 식물플랑크톤 군집의 동태를 파악하기 위해 1998년 1월부터 12월까지 채집조사 하였다. 우포늪과 목포늪의 이화학적 요인은 Choi *et al.* (1998)의 결과와 유사하였으며, 계절에 따른 변화가 크게 나타났는데 이는 수생식물 군집이 이화학적 요인에 많은 영향을 미치는 것으로 추정되었다. 우포늪과 목포늪의 월별 출현 종 수와 강별 구성은 우포늪이 목포늪에 비해 풍부한 종 조성을 나타내었으나 두 조사지역에서 모두 봄과 가을에 출현 종 수가 높게 나타나는 유사한 경향을 보였으며, 식물플랑크톤 군집의 구성은 전조사기간 동안 녹조류와 남조류가 우점하는 특성을 나타내었다. 우포늪의 식물플랑크톤 군집구성의 계절적 변화는 국내 다른 호소에서 나타난 결과(김 등, 1997; 김과 이, 1996; 김 등, 1998)와 온대지역 부영양호에서 나타나는 일반적인 현상(Hutchinson, 1967; Elooranta, 1986)과 유사한 것으로 나타났으나, 출현 종 수의

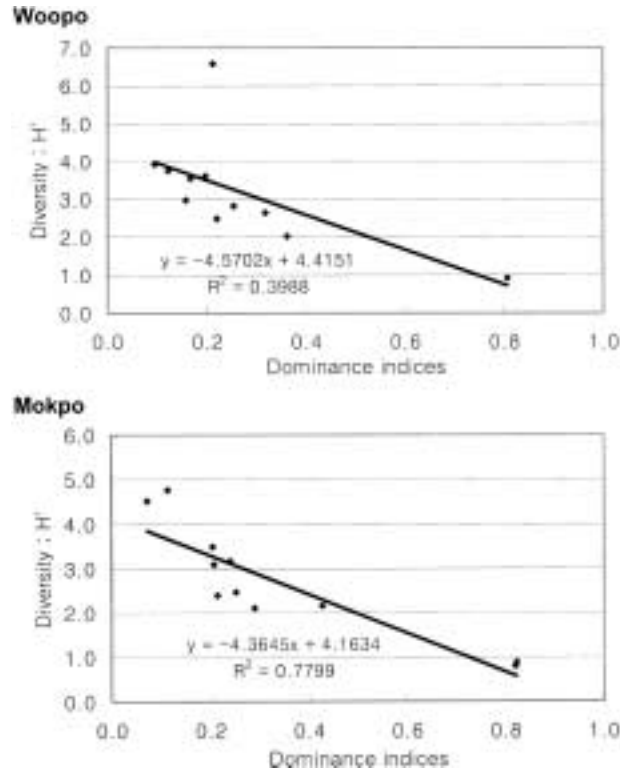


Fig. 8. Relations between phytoplankton diversity and dominance index.

변화는 온대지역에서 여름철에 출현 종 수가 증가한다고 하는 일반적인 현상(Hutchinson, 1967; Fogg and Thake, 1987)과 다른 결과를 나타내었다. 그리고 김 (1993), 김과 정 (1993)은 우포늪에 인접한 경남 창녕군 소재의 자연늪 사지포, 쪽지벌 및 팔락늪의 식물플랑크톤 군집이 유글레나류와 녹조류의 *Desmids*가 높은 종 다양성과 함께 구성비율이 높게 나타날 뿐 아니라 여름과 가을에 유글레나류의 현존량 구성비율이 매우 높게 나타나는 것으로 보고하였고, 정과 이 (1986)는 함안군의 자연늪에서 매우 풍부한 *Desmids*류의 종 조성을 보고 하였다. 우포늪과 목포늪에서는 각각 61종류와 45종류의 유글레나류가 출현하여 총 출현종의 16~18.6%를 차지하여 사지포와 쪽지벌 및 팔락늪에서 출현한 97종 (31.2%), 80종 (27.4%) 및 83종 (24.6%)에 비해 출현 종 수와 구성비가 상대적으로 적었으며, 또한 *Desmids*류는 총 14종이 출현하여 출현 종 수 및 구성비가 매우 낮게 나타나 국내의 다른 저층 자연늪과 상당히 다른 군집구성을 나타내었다.

두 조사지역의 우점종의 변화는 일부 조사시기에 다른 우점종의 출현을 나타내었으나 전반적으로 유사한

결과를 나타내었으며, 남조류 *Oscillatoria* sp.가 모두 4월부터 9월 및 11월, 녹조류의 *Micractinium pusillum*은 가을과 겨울에 우점종으로 출현하였으며, *Actinastrium hantzschii* var. *fluviatile*과 *Monoraphidium contortum*, 그리고 *Cryptomonas* sp.가 일시적인 우점종으로 출현하여 여름과 가을에 유글레나류가 우점종으로 출현하고 있는 창녕군 자연늪(김, 1993)과는 상당히 다른 우점종의 천이를 나타내었다. 클로로필 a는 우포늪에서는 세포수에 의한 현존량이 최고치를 나타낸 11월에 가장 높게 나타났으나 목포늪에서는 10월에 가장 높게 나타나 세포수의 현존량과 다른 양상을 나타내었다. 이는 세포의 크기와 세포내 클로로필 a 함량의 차이 및 광합성 세균이나 picoplankton 등에 의한 것으로 추정된다. 국내 호소의 식물플랑크톤의 계절적 변화는 호소에 따라 다양한 패턴을 나타내고 있으나 대부분의 호소에서 여름에는 녹조류와 남조류, 가을에서 봄까지는 규조류가 우점하는 온대지역의 일반적인 천이 (Hutchinson, 1976; Reynolds and Walsby, 1975; Reynolds, 1984)와 유사한 결과를 나타내고 있으며(김 등, 1997; 김 등, 1998; 김 등, 1999; 이, 1999), 창녕군에 위치한 수개의 자연늪에서는 녹조류와 유글레나류가 우점하는 군집구성을 나타내었다(김, 1993). 이에 비해 우포늪에서는 1월과 10월에 규조류의 상대적인 구성비가 높게 나타나고 있으나 두 조사지역에서 규조류의 우점종은 출현하지 않았으며, 국내 대부분의 다른 호소에서 여름에 남조류의 *Microcystis*와 *Anabaena*속이 대발생하는 것으로 보고되고 있으나 우포늪에서는 *Oscillatoria*가 bloom을 형성하였으며, 또한 10°C 내외의 수온이 낮은 11월에 *Oscillatoria*가 우점종으로 출현하고, 7,500 cell/ml 이상의 높은 현존량을 나타내는 특징적인 군집구성을 나타내었다.

우포늪과 목포늪의 식물플랑크톤 군집구성과 종 다양성의 계절적 천이의 차이는 주로 봄부터 가을까지 두 조사지역에서 번성하고 있는 수생식물 군락의 차이로 인한 광 조건의 차이와, 두 조사지역에서의 이화학적 환경요인의 차이에 의한 것으로 추정된다. 또한 인접지역에 위치한 다른 자연늪에서 조사된 식물플랑크톤 군집의 특성과 상당히 다른 결과를 나타낸 것은 다른 자연늪의 조사에서 규조류를 제외한 결과로 추정할 수 있으나 이번 조사에서 나타난 결과가 우포늪과 목포늪의 특징적인 식물플랑크톤 군집의 특성인지 우리나라 저층자연늪의 일반적인 식물플랑크톤 군집의 특성인지 파악하기 위해 종합적인 자연늪에 대한 조사가 필요할 것으로 사료된다.

적 요

국내에서 규모가 가장 큰 우포늪과 목포늪의 식물플랑크톤 군집의 특성을 파악하기 위해 1998년 1월부터 12월까지 식물플랑크톤의 종조성, 현존량, 우점종, 종 다양성 및 우점도 지수 등을 조사하였다. 우포늪의 식물플랑크톤 군집의 종조성은 녹조류와 규조류에 의해 우점되었으며, 현존량의 최고 밀도는 *Oscillatoria* sp.와 *Micractinium pusillum*이 bloom을 형성한 5월과 11월에 나타났다. 현존량의 강별 구성은 겨울을 제외한 전조사기간 동안 녹조류와 남조류가 우점하였고, 남조류는 4월부터 9월까지 그리고 11월에 높은 현존량을 나타내었으며 특히 5월과 7월에 매우 높은 우점도를 나타내었다. 규조류와 유글레나류는 1월과 2월에 현존량의 구성비가 높게 나타났으나 총 현존량이 적어 큰 의미는 없는 것으로 판단되었다. 우점종은 녹조류의 *Micractinium pusillum*은 가을과 겨울에 우점종으로 출현하였고, 남조류 *Oscillatoria* sp.가 두 정점에서 모두 4월부터 9월까지 그리고 11월에 우점종으로 출현하였으며, *Actinastrium hantzschii* var. *fluviatile*과 *Monoraphidium contortum*, 그리고 *Cryptomonas* sp. 등이 일시적인 우점종으로 출현하였으나 규조류는 우점종으로 출현하지 않았다. 종 다양성은 우점도 지수와 역의 상관도를 나타내었으며, 현존량이 최고치인 *Micractinium pusillum*과 *Oscillatoria* sp.가 bloom을 형성하여 절대적인 우점도를 나타낸 5, 6월 및 11월에 종 다양성은 가장 낮았다.

사 사

“본 연구는 1998년도 경북대학교 공모과제 연구비 지원에 의하여 수행되었음”. 본 연구 수행을 위해 시료 채집과 분석을 도와 준 연구실 대학원생(김연숙, 김은정, 이희숙, 김숙찬)들에게 고마움을 전한다.

인 용 문 헌

- 김범철, 김재욱, 전만식, 황순진. 1999. 소양호 등·식물플랑크톤의 계절 변동, 한국육수학회지 **32**: 127-134.
- 김용재, 이정호. 1996. 낙동강 수계의 6개 메모의 식물플랑크톤 군집 구조 비교, 한국육수학회지 **29**: 347-362.
- 김용재, 최재신, 김한순. 1997. 임하호의 식물플랑크톤 군집구조, 한국육수학회지 **30**: 307-324.
- 김한순. 1993. 창녕군 일대의 자연늪 및 저수지에 대한 담수

- 조류의 분류생태학적 연구, 경북대학교 학위논문. 215pp.
- 김한순, 정 준. 1993. 창녕군 자연늪의 담수조류상, 한국육수학회지 **26**(4): 305-319.
- 김한순, 최재신, 김용재. 1998. 가창댐의 식물플랑크톤 군집의 동태, 한국육수학회지 **31**: 337-344.
- 이정호. 1999. 대청호의 년중 식물플랑크톤 군집 동태, 한국육수학회지 **32**: 358-366.
- 이진환. 1986. 한라산 백록담의 식물플랑크톤 연구, 제주도연구 **3**: 327-331.
- 이진환. 1987. 한라산 백록담의 식물플랑크톤 분류에 관한 연구, 한국육수학회지 **20**: 101-112.
- 정영호. 1974. 한강의 Microflora에 관한 연구(제8보)-남한의 유일한 고층습원인 대암산 용늪의 기중조류에 대하여-, 한국식물학회지 **17**(2): 63-68.
- 정영호. 1986. 우리나라 자연늪의 현황과 보호, 자연보존 **65**: 12-15.
- 정영호, 김기태. 1987. 북한강의 수원인 대암산 용늪(고층습원)의 식물성 플랑크톤, 한국환경생물학회지 **5**(1): 1-16.
- 정영호, 이옥민. 1986. 함안 자연늪산 물먼지말류의 분류학적 연구. *Proc. Coll. Natur. Sci. SNU*. **11**(2): 51-98.
- 정영호, 노경희. 1987. 함안 자연늪산 규조류의 분류. *Proc. Coll. Natur. Sci. SNU*. **12**(1): 75-100.
- 조화룡. 1987. 한국의 층적평야. 교학사. pp.
- 한국자연보존협회. 1989. 한국의 희귀 및 위기 동식물도감. 165pp.
- 환경청. 1987. 우포. 주남저수지 생태계 조사. 212pp.
- Cho, S.H., K. Ha, Y.H. Ju, H.W. Kim and G.J. Joo. 1998. Physico-chemical characteristics of the Woopo Wetland, S. Korea. *Kor. J. Limnol.* **31**: 273-281.
- Eloranta, P. 1986. Phytoplankton structure in different lake types in central Finland. *Holarc. Ecol.* **9**: 214-224.
- Fogg, G.E. and B. Thake. 1987. Algal culture and phytoplankton ecology. 3rd ed. Univ. of Wisconsin Press. 269 pp.
- Hendey, N.I. 1974. The permanganate method for cleaning freshly gathered diatoms. *Microscopy* **32**: 423-426.
- Hutchinson, G.E. 1967. A Treatise on Limnology. Vol. 2. John Wiley & Sons. Inc., New York. 1115pp.
- Marker, A.F.H., E.A. Nusch, H. Rai and B. Reimann. 1980. The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standardization of methods: conclusions and recommendation. *Arch. Hydrobiol.* **14**: 91-106.
- Reynolds, C.S. 1984. Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biol.* **14**: 111-142.
- Reynolds, C.S. and A.E. Walsby. 1975. Water blooms. *Biol. Rev.* **50**: 437-481.
- Shannon, E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Illinois Univ. Press. Urbana, 177pp.
- Shimpson, E.H. 1949. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. 7. Erhr. limnol.* **7**: 218pp.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol.* **9**. 39p.

(Received 3 March 2001, Manuscript accepted 20 May 2001)