

개구리밥과 식물의 질소대사에 관한 연구 —개구리밥과 좁개구리밥의 분포에 미치는 제한요인—

장남기 · 오인혜* · 김희백** · 유해미 · 어은주

서울대학교 사범대학 생물교육과 · 배재대학 생물학과* · 원광대학교 사범대학 생물교육과**

A Study of Nitrogen Metabolism in Lemnaceae

—Limiting Factors of Distribution of *Spirodela polyrhiza* and *Lemna aequinoctialis*—

Chang, Nam-Kee, In-Hye Oh*, Heui-Baik Kim**, Hae-Mee Yoo and Eun-Joo Eo

Dept. of Biology, College of Education, Seoul National Univ.

Dept. of Biology, Pai-Chai Univ. *

Dept. of Biology, College of Education, Won-Kwang Univ. **

ABSTRACT

The distribution of *Spirodela polyrhiza* and *Lemna aequinoctialis* was investigated and the limiting factors on the distribution were analyzed.

At 66 sites in Korea, the presence or absence of duckweed were recorded and the water was sampled. The temperature, hardness, pH and contents of NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Na, K, Ca, Cu, Mg, Zn, Fe, Ni, Mn and Cd of water sampled were analyzed. The results were as follows; It seemed that the limiting factors influencing on the distribution was water temperature and concentration of NH_4^+ . The critical temperature of the distribution of *Spirodela* and *Lemna* was presented 19.5°C and concentration of NH_4^+ was a limiting factor only in the distribution of *S. polyrhiza*. *L. aequinoctialis* was distributed in lower temperature than *S. polyrhiza* and it seemed that the distribution of *L. aequinoctialis* was not be influenced by the concentration of NH_4^+ .

緒 論

개구리밥은 Lemnoideae와 Wolffioideae의 두 아과로 분류되며 Lemnoideae에는 *Spirodela*와 *Lemna*의 2속이 있고 Wolffioideae에는 *Wolffia*, *Wolffiella*, *Wolffiopsis* 및 *Pseudowolffia*의 4속이 있으며, 세계적으로 30종이 분포하고 있는 것으로 보고되고 있다(Hartog and Plas, 1970 ; Parker, 1982). 그러나, 우리나라에서는 개구리밥(*Spirodela*

polyrhiza)과 좁개구리밥(*Lemna aequinoctialis*)의 두 종이 분포하는 것으로 기록되어 있을 뿐이다(정, 1965; Lee, 1976; Lee, 1980).

현재까지 기후에 따른 육상식물의 분포에 관한 연구는 많으나 수생식물의 분포에 관한 연구는 거의 없는 것으로 조사되었으며 개구리밥과 식물에 관하여는 오(1986)의 연구가 있을 뿐이다.

본 연구에서는 우리나라의 논과 늪지 등에서 생육하고 있는 개구리밥과 좁개구리밥의 전국적인 분포를 제한하는 환경요인을 구명하였다.

材料 및 方法

조사지 개황 및 현장조사

남한 전 지역에서 66개 지소를 선정하여 1985년부터 1989년에 이르기까지 매년 7월부터 11월 사이에 야외 조사를 실시하였다(Fig. 1).

현장에서 개구리밥과 좁개구리밥의 밀도를 3계급으로 나누어 기록하고 동시에 기온과 수온을 측정하였다. 기온은 1.5 m의 높이에서 3반복으로 측정하여 평균하였고, 수온은 3 cm의 깊이에서 3반복으로 측정하여 평균하였다. 물의 pH는 현장에서 3번이상 측정하여 최빈수로 평가하였다.

수질 분석

각 조사 지소에서 잘 세척한 500 ml의 폴리에틸렌병에 채수하여 질소와 인을 분석하기 위한 시료는 냉동 보관하였다가 분석시에 사용하였다. 무기원소와 미량원소의 분석을 위한 채수는 미리 산으로 여러번 씻어 준비한 채수병에 채수한 후 농질산 2 ml을 가하여 pH 2.0으로 유지시켰다(Rubio *et al.*, 1984).

냉동 보관한 물을 실온에서 녹인 후 NH_4^+ 태 질소는 Nesslerization법으로 분석하였고, NO_3^- 태 질소는 UV spectrophotometer를 사용하여 정량하였다. PO_4^{3-} 은 ascorbic acid법으로 발색하여 spectrophotometer로 비색 정량하였고, Na, K 및 Ca는 물을 20배로 희석하여 atomic absorption spectrophotometer(A.A.: Perkin-Elmer 2380)으로 정량하였다. Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, Cd 및 Pb의 함량은 채수시료 250 ml을 농축시킨 후 농질산 15 ml을 가하여 300°C에서 3시간 동안 가열하여 분해시킨 다음 냉각시켜 여과하였고, 100 ml flask로 정용하여 A.A.를 사용하여 정량분석하였다.

結果 및 論議

전 남한 66개의 조사지소에서 개구리밥과 좁개구리밥의 분포를 조사한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 표고가 높은 강원도 태백산맥 지역과 지리산에는 좁개구리밥만이 분포하고 있었으며, 인천, 예천4, 예산, 화엄사1 등 4개 지역에서는 개구리밥만이 발견되었다. 이 이외의 조사지소에서는 개구리밥과 좁개구리밥이 혼생하고 있었다.

66개의 조사지소에서 채취한 물의 온도, pH, NH_4^+ 태 질소, NO_3^- 태 질소, PO_4^{3-} , hardness, Na, K, Ca, Cu, Mg, Zn, Fe, Ni, Mn, Cd 등을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 개구리밥은 수온이 22-29°C의 범위에서 생육하고 있었고 좁개구리밥의 경우는 20

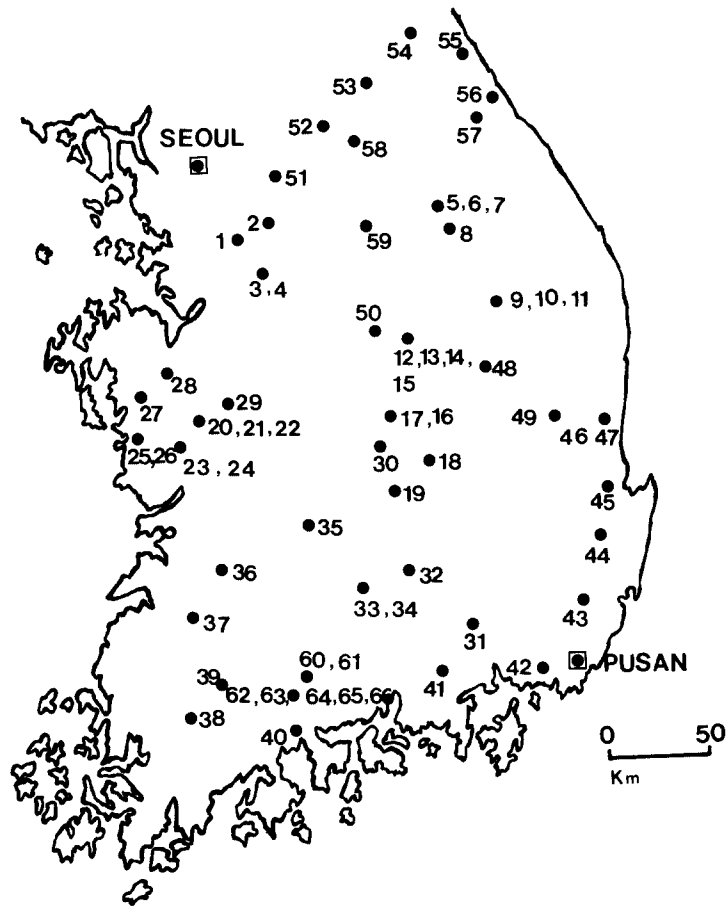


Fig. 1. Map showing the sampling areas in Korea.

- | | | | | |
|---------------|--------------------|-----------------|------------------|---------------|
| 1. Yong-In | 16. Sangju 1 | 31. Ch'angnyŏng | 46. Yŏngdŏk 1 | 61. Hwaŏmsa 2 |
| 2. Ich'ŏn | 17. Sangju 2 | 32. Hwawon | 47. Yŏngdŏk 2 | 62. Kurye 1 |
| 3. Chungwon 1 | 18. Sŏnsan | 33. Kŏch'ang 1 | 48. Andong | 63. Kurye 2 |
| 4. Chungwon 2 | 19. Kimch'ŏn | 34. Kŏch'ang 2 | 49. Ch'ŏngsong | 64. Kurye 3 |
| 5. Yŏng-wol 1 | 20. Kongju 1 | 35. Muju | 50. Munkyŏng | 65. Kurye 4 |
| 6. Yŏng-wol 2 | 21. Kongju 2 | 36. Chŏngju | 51. Yangp'yŏng | 66. Kurye 5 |
| 7. Yŏng-wol 3 | 22. Kongju 3 | 37. Chŏngju | 52. Hongchon | |
| 8. Sangdong | 23. Puyŏ 1 | 38. Kwangju | 53. Wontong | |
| 9. Ponghwa 1 | 24. Puyŏ 2 | 39. Samgi | 54. Hangyeryŏng | |
| 10. Ponghwa 2 | 25. Poryŏng 1 | 40. Sunch'ŏn | 55. Yangyang | |
| 11. Ponghwa 3 | 26. Poryŏng 2 | 41. Haman | 56. Kangnŭng | |
| 12. Yech'ŏn 1 | 27. Hongsong | 42. Kimhae | 57. Taegwallyŏng | |
| 13. Yech'ŏn 2 | 28. Yesan | 43. Ŏnyang | 58. Hoengsŏng | |
| 14. Yech'ŏn 3 | 29. Oksan | 44. Kyŏngju | 59. Munmak | |
| 15. Yech'ŏn 4 | 30. Ch'up'ungnyŏng | 45. P'ohang | 60. Hwaŏmsa 1 | |

-29°C의 범위에서 분포하고 있었으며 좁개구리밥은 개구리밥에 비해 생육하고 있는 온도 범위가 넓어 22°C이하인 지역에서도 분포하고 있는 것을 발견할 수 있었다. 오(1986)에 의하면 온도이외의 조건을 일정하게 통제하여 유지하고 실험실에서 온도에 따른 성장 실험을 한 결과 생장의 최적온도는 26.0°C이었다고 보고한 바 있다. 이 결과는 Landolt (1957)와 일치하는 결과로, 2,500 Lux의 광조건 하에서 *S. polyrhiza*와 *L. minor*는 26°C가 최적온도였으며, 26°C이하로 내려가면 증식률은 감소하여 14°C에 이르면 *S. polyrhiza*는 Turion을 형성하고 휴면상태에 들어가게 된다. 그러나, *L. minor*는 4°C까지도 살아 있었다. 이 조사 결과에 의하면 *L. minor*는 *Spirodela*와 비교해 볼 때 낮은 온도에서도 생육이 가능하다는 결과를 얻었다. 이 결과는 본 조사 결과와 잘 일치하는 것으로 생각된다.

오(1986)에 의하면 개구리밥과 좁개구리밥의 분포 한계선을 결정하기 위해 각 조사지소의 온량지수를 산출하여 본 결과 개구리밥의 경우는 90°C·month이하이고 최난월의 최저 온도가 19.5°C이하인 지역에서는 분포하지 않았다. Table 1의 조사 결과를 자료로 하여 *S. polyrhiza*와 *L. aequinoctialis*의 입지수온의 차를 검정한 결과 5%수준에서 유의하였다. 이 결과는 Hillman(1961)과 Landolt(1957)가 보고한 바와 같이 여름에 서늘한 지역에서는 개구리밥이 분포하지 않는다는 관찰과 일치하는 것이다.

Landolt(1982)는 Europe산인 *S. polyrhiza*의 세계적 분포의 제한요인을 온도라고 하였다. 가장 추운 3개월간의 평균 기온은 -1°C로 보았는데 우리나라는 이 기준에 의하면 분포제한요인의 경계에 위치하는 것으로 보고되었다. 그러므로 우리나라에서 가장 추운 겨

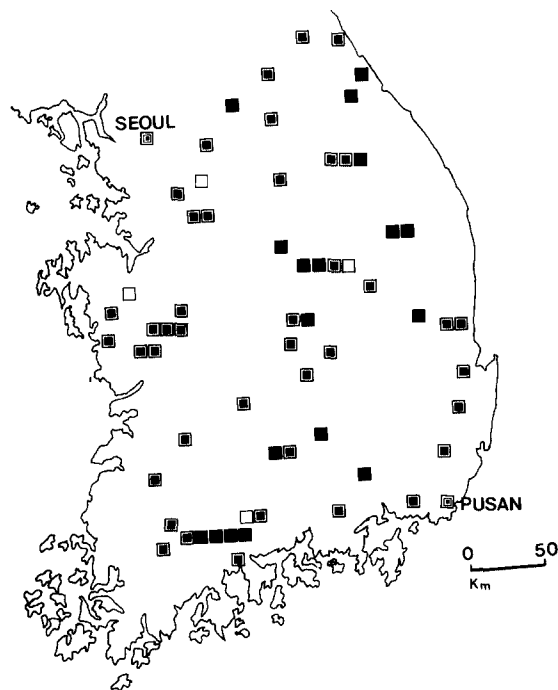


Fig. 2. Geographical distribution of *S. polyrhiza* and *L. aequinoctialis* in Korea.

□; *S. polyrhiza*, ■; *S. polyrhiza* and *L. aequinoctialis*, ■; *L. aequinoctialis*

Table 1. Chemical data of sampled water of the field experiments in order to elucidate the distribution of *S. polyrhiza* and *L. aquinoctialis* in South Korea

Studied area	Temperature (°C)	pH	NH ₄ ⁺ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	PO ₄ ³⁻ ppm	Hardness	Na ppm	K ppm	Ca ppm	Cu ppb	Mg ppb	Zn ppb	Fe ppb	Ni ppb	Mn ppb	Cd ppb	<i>Spi Lem.</i>
1. Yong-In	24.0	5.8	0.438	0.614	0.032	18.18	10.6	2.0	6.0	12	776	12	4012	864	676	268	+
2. Ich'on	25.0	5.6	3.939	0.888	0.239	51.24	19.2	6.4	19.2	140	800	4	8288	852	576	268	+
3. Chungwon 1	27.0	6.5	1.115	0.416	0.968	14.55	8.0	0.4	4.6	4704	744	56	556	852	ND	268	+
4. Chungwon 2	25.0	5.0	1.481	0.446	1.381	7.65	4.2	3.4	2.0	ND	620	ND	1060	892	ND	272	+
5. Yong-wol 1	29.0	6.0	0.105	3.897	0.039	136.87	21.6	1.8	53.4	ND	856	ND	432	900	ND	272	+
6. Yong-wol 2	28.0	6.0	0.540	1.511	0.052	135.38	4.0	1.0	52.8	ND	860	ND	764	900	ND	276	+
7. Yong-wol 3	23.6	6.4	0.105	3.712	0.123	79.92	4.0	3.8	30.6	52	852	24	11592	944	996	276	+
8. Sangdong	26.0	6.0	0.575	0.798	0.090	52.88	46.2	1.6	19.8	44	836	44	8932	884	268	280	+
9. Ponghwa 2	23.0	4.5	2.231	0.476	0.019	5.36	1.0	0.6	1.3	ND	488	ND	448	856	ND	276	+
10. Ponghwa 2	23.0	5.6	ND	0.983	0.232	18.91	8.0	1.2	6.4	ND	712	ND	1476	860	ND	276	+
11. Ponghwa 3	26.0	5.0	0.017	0.966	0.013	2.72	3.0	0.6	0.2	ND	540	8	128	888	ND	280	+
12. Yech'on 1	22.0	6.0	ND	0.588	0.187	28.86	6.8	1.6	10.2	144	824	48	5708	904	956	280	+
13. Yech'on 2	22.0	5.0	1.481	1.498	3.394	54.90	20.6	7.2	20.6	ND	840	4	5844	872	1504	280	+
14. Yech'on 3	24.5	6.0	1.963	0.961	0.994	143.84	28.2	6.4	56.2	4	852	ND	1916	908	2392	284	+
15. Yech'on 4	26.0	6.0	0.279	0.601	0.090	25.80	8.8	2.6	9.0	116	808	ND	784	884	ND	280	+
16. Sangju 1	23.0	5.5	0.510	0.721	0.103	8.03	9.2	0.5	2.2	ND	616	4	1448	916	ND	280	+
17. Sangju 2	24.0	5.5	0.501	0.382	0.245	14.38	6.0	0.4	4.4	ND	824	324	1924	880	176	268	+
18. Sönsan	28.0	5.5	ND	1.172	0.090	37.34	5.4	0.8	13.6	4	820	ND	576	868	ND	272	+
19. Kimch'on	24.0	7.0	2.004	0.940	3.090	95.87	27.4	9.4	37.0	44	844	24	7572	896	908	272	+
20. Kongju 1	24.0	5.0	0.627	1.584	0.039	8.66	4.4	1.4	2.5	ND	600	ND	848	872	ND	272	+
21. Kongju 2	27.0	6.0	0.261	1.378	0.361	23.42	9.2	2.2	8.0	ND	836	12	8456	884	156	272	+
22. Kongju 3	25.5	6.0	0.453	0.803	0.174	38.42	14.0	3.8	14.0	28	840	228	12908	880	112	276	+
23. Puyö 1	29.0	5.5	1.063	0.391	0.071	16.56	6.8	1.0	5.4	ND	748	ND	1744	904	420	272	+
24. Puyö 2	27.5	5.0	ND	0.824	1.277	7.93	3.2	3.4	2.0	ND	736	ND	3200	884	ND	276	+
25. Poryöng 1	27.5	5.8	ND	0.446	0.219	38.90	6.6	1.4	14.2	ND	836	ND	452	876	ND	276	+

Table 1. Continued

Studied area	Temperature (°C)	pH	NH ₄ ⁺ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	PO ₄ ³⁻ ppm	Hardness	Na ppm	K ppm	Ca ppm	Cu ppb	Mg ppb	Zn ppb	Fe ppb	Ni ppb	Mn ppb	Cd ppb	Spi Lem.
26. Poryong 2	27.0	6.0	ND	0.494	0.006	28.90	8.0	0.5	10.2	ND	832	ND	1224	888	572	276	
27. Hongsong	28.0	5.6	0.662	0.567	0.942	49.89	8.8	0.6	18.6	ND	836	ND	752	880	ND	276	+
28. Yesan	25.0	6.0	0.105	0.481	0.181	48.39	21.2	2.0	18.0	ND	836	112	3304	892	136	280	+
29. Oksan	26.0	5.8	0.157	0.403	0.297	7.41	1.2	1.4	1.6	60	812	4	8856	888	552	276	+
30. Ch'up'ungnyong	23.0	6.8	0.105	0.682	0.606	13.95	6.6	0.6	4.4	ND	720	220	5964	880	1960	276	+
31. Ch'angnyong	25.5	5.8	ND	1.369	0.058	14.85	2.6	1.8	4.6	180	816	ND	772	856	ND	276	+
32. Hwawon	22.0	5.9	ND	0.738	0.103	12.15	3.0	1.2	3.6	ND	768	84	2888	860	252	276	+
33. Koch'ang 1	20.0	4.9	ND	0.219	ND	2.16	18.4	9.8	0.5	ND	204	ND	448	868	ND	280	+
34. Koch'ang 2	22.0	5.6	ND	0.318	0.361	4.01	0.8	1.2	1.0	ND	344	ND	804	872	ND	276	+
35. Muju	22.0	5.5	0.227	0.768	0.329	4.41	4.6	5.0	1.1	ND	416	32	700	884	ND	280	+
36. Chonju	26.0	5.0	ND	0.558	0.677	7.49	0.6	0.4	2.2	ND	484	ND	376	884	ND	280	+
37. Chongju	24.0	5.9	0.052	0.674	0.426	17.56	9.2	2.4	5.8	ND	748	24	1388	872	24	280	+
38. Kwangju	26.5	5.8	ND	0.386	0.013	9.06	3.4	1.0	2.4	460	764	24	2716	892	168	284	+
39. Samgi	25.0	5.2	0.279	0.579	0.813	7.49	1.4	1.8	1.9	24	652	64	660	884	ND	284	+
40. Sunch'on	22.5	5.3	ND	0.292	0.103	6.12	1.0	1.4	1.6	128	528	24	728	892	ND	280	+
41. Haman	24.5	6.0	0.105	1.004	0.155	24.45	4.2	3.8	8.4	28	844	116	12016	896	2020	280	+
42. Kimhae	23.0	5.8	0.105	0.614	0.535	8.77	11.0	0.4	2.2	5892	796	264	4052	876	844	284	+
43. Onyang	23.5	5.7	0.105	0.365	0.039	20.32	21.0	7.0	6.8	ND	812	8	5140	856	1824	280	+
44. Kyongju	28.0	6.0	ND	0.386	0.103	3.91	2.2	0.4	1.0	ND	336	ND	432	900	ND	280	+
45. P'ohang	27.0	6.8	0.697	0.652	ND	123.90	25.2	2.4	48.2	100	860	228	14112	908	6540	288	+
46. Yongdok 1	26.0	5.3	0.070	1.009	0.052	6.26	8.6	1.6	1.2	ND	792	36	1268	856	72	280	+
47. Yongdok 2	28.0	5.7	0.104	0.634	0.043	3.68	5.0	1.0	0.4	84	652	52	1004	880	ND	280	+
48. Andong	24.0	6.0	0.117	0.672	0.069	24.52	2.6	1.0	8.6	ND	740	ND	408	832	ND	280	+
49. Ch'ongsong	24.5	6.0	ND	0.202	0.112	33.26	9.2	1.2	12.0	1404	800	6880	3412	851	356	284	+
50. Munkyoung	20.0	6.1	ND	0.215	0.103	16.20	2.0	0.3	5.2	ND	780	28	2364	904	ND	284	+

Table 1. Continued

Studied area	Temperature (°C)	pH	NH ₄ ⁺ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	PO ₄ ⁻ ppm	Hardness	Na ppm	K ppm	Ca ppm	Cu ppb	Mg ppb	Zn ppb	Fe ppb	Ni ppb	Mn ppb	Cd ppb	<i>Spi Lem.</i>
51. Yangpyöng	23.0	6.7	0.418	1.107	2.555	23.42	6.8	5.4	8.0	64	836	12	5276	872	508	284	+
52. Hongchön	24.0	5.9	ND	0.266	0.123	8.35	1.0	0.2	2.5	76	500	20	1584	888	44	284	+
53. Wontong	25.0	6.3	0.070	0.419	0.194	16.38	12.2	2.4	5.2	268	824	44	1656	860	164	284	+
54. Hangyeryöng	23.0	6.0	0.165	0.689	0.109	3.71	5.0	4.0	1.1	112	308	ND	180	844	ND	280	+
55. Yangyang	23.0	6.1	0.244	0.798	0.181	3.98	5.2	4.2	1.2	152	264	36	7472	844	204	280	+
56. Kangning	23.5	5.6	ND	0.309	0.039	4.93	1.0	0.8	1.2	ND	488	ND	3088	880	ND	284	+
57. Taegwallyöng	22.0	5.8	ND	1.755	0.032	6.20	1.8	1.2	1.4	(80)	656	88	1688	904	ND	280	+
58. Hoengsöng	25.5	6.1	0.105	0.961	0.813	4.91	0.8	4.2	1.1	ND	544	ND	1280	852	ND	280	+
59. Mumak	28.0	6.8	ND	4.103	0.373	7.08	5.4	3.6	1.6	ND	748	ND	1372	856	ND	284	+
60. Hwaömsa 1	28.0	5.2	ND	0.502	0.026	8.10	2.6	0.3	2.2	136	632	ND	1848	892	ND	272	+
61. Hwaömsa 2	24.0	5.5	0.157	0.210	0.032	7.06	8.2	1.2	1.6	248	744	160	11116	884	12	ND	+
62. Kurye 1	24.0	5.0	0.070	0.292	0.265	4.50	0.9	1.4	1.2	ND	348	ND	396	896	ND	ND	+
63. Kurye 2	22.0	5.2	ND	1.077	0.348	5.90	2.0	1.6	1.4	116	584	ND	4504	896	ND	268	+
64. Kurye 3	22.0	4.8	ND	0.717	0.232	4.77	7.0	0.4	1.3	24	352	ND	336	872	ND	ND	+
65. Kurye 4	20.0	4.5	ND	0.321	0.051	3.30	37.8	10.4	0.1	228	740	4	9148	904	140	264	+
66. Kurye 5	20.0	5.1	ND	1.811	0.065	4.00	12.8	20.0	1.0	24	352	20	680	900	ND	ND	+

을 3개월간의 개구리밥이 생육할 수 없고 봄과 가을의 난월도 최저 기온이 개구리밥의 생존이 불가능할 정도로 낮은 지역에서는 개구리밥이 분포하지 않는 것으로 생각된다.

오(1986)는 지리산 피아골에서의 개구리밥과 좁개구리밥의 조사에서 표고 250 m 이하인 지역에서는 개구리밥은 분포하지 않는다는 것을 알았다. 이곳에서는 개구리밥의 분포 한계수온이 23°C로 조사되었는데, 23°C는 개구리밥의 분포한계온도 19.5°C보다 높으며 이렇게 나타난 이유는 1986년 8월 15일 14:00-16:00에 이 조사가 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다.

Keddy(1976)에 의하면 개구리밥과 식물이 새로운 입지에 침입하려면 서로 번식하는 몇종을 제외하고는 식물이나 동물과 같은 다른 운반체의 경로를 통하여 전파되므로 건조에 견디는 능력이 분포에 중요한 요인이 된다고 하였다. 개구리밥과 식물은 수중식물이기 때문에 장기간의 건조나, 건조가 빈번한 곳에는 분포가 제한된다고 하였다. Landolt(1982)는 건조를 나타내는 척도로 Martonne건조지수(Aridity factor)를 적용할 결과 *S. polyrhiza*는 2-8의 범위에서, *L. minor*는 3-8의 범위에서 분포하며 1이하인 지역에서는 어느정도 분포하지 않는다고 하였다. 우리나라의 경우는 Martonne건조지수가 5.4로 개구리밥과 좁개구리밥의 분포가 건조로 인해 제한되지는 않는 것으로 나타났다. 그러나, 부분적으로 건조가 빈번한 곳이거나, 장기간 계속되는 가뭄으로 충분한 물을 대주지 못하는 곳이거나, 산간의 천수답 지역에서는 개구리밥과 식물이 분포하지 않는 것으로 추정된다. 건조에 견디는데는 개구리밥이 좁개구리밥에 비해서 frond당 함수량이나 turion의 형성으로 볼 때 유리할 것으로 생각된다.

Table 1에서 보는 바와 같이 개구리밥과 좁개구리밥이 분포하고 있는 물의 pH범위는 4.5-7.0이었다. pH4.5인 지역에는 개구리밥이 생육하고 있지 않은 곳도 있었다. 오(1986)는 개구리밥과 좁개구리밥의 조건을 통제할 실험에서 pH 4.0이하에서는 두종 모두 생장하지 않았다고 보고하였다. McLay(1976)에 의하면 Jacob배지를 사용하여 생장실험을 한 결과 pH의 생리적 범위가 *S. polyrhiza*는 pH 3.0-10.0이었고, *L. minor*는 pH 4.0-10.0이라고 보고하였으며, Kwon(1984)은 Hutner's medium을 사용한 실험에서 *S. polyrhiza*는 pH 5.0-9.0, *L. aequinoctialis*는 pH 5.0-8.0임을 보고하였다. 이들 결과를 종합해보면 *Spirodela*가 *Lemna*에 비해 pH의 생리적 범위가 넓은 것으로 나타났다. Table 1의 결과에 의하면 개구리밥과 좁개구리밥의 입지간에 실제로 유의한 차를 인정할 수 없으나 이상과 같은 실험실에서 행한 실험결과와 pH범위 내에 속한다는 것은 분명하다.

수질환경요인 중에서 질소요인을 NO₃⁻태 질소와 NH₄⁺태 질소로 나누어 조사한 결과(Table 1)를 검정으로 개구리밥과 좁개구리밥의 서식지 간의 농도를 비교한 결과 NH₄⁺의 경우는 5%수준에서 유의차가 존재하였으나, NO₃⁻의 경우는 유의성이 존재하지 않았다. Table 1에서 보는 바와 같이 NH₄⁺는 수질분포에서 ND(nondetected)의 경우도 많았으나 NO₃⁻의 경우는 66개의 전 조사지소에서 0.202-4.103 ppm 범위의 농도였다. 이 점으로 미루어 볼때 NO₃⁻는 개구리밥과 좁개구리밥의 어느 종에서도 제한요인으로 작용할 정도로 낮은 농도 수준이 아니나, NH₄⁺는 개구리밥의 경우에 한하여 제한요인으로 분석되는데 간혹 NH₄⁺의 농도가 ND인 지소에서 분포하는 것을 보면 개구리밥은 NH₄⁺를 NO₃⁻보다도 선호하여 동화하나 NH₄⁺가 없는 환경에서는 NO₃⁻도 이용하여 생육하는 것으로 추정된다. Landolt(1957)도 *S. polyrhiza*는 질소공급원으로 NO₃⁻태 보다 NH₄⁺태를 더욱 좋아하는 것으로 보고한 바 있다. Ericsson *et al.*(1982)에 의하면 *L.*

gibba, *L. Minor*, *L. paucicostata*는 수중의 질소 함량보다는 질소의 공급속도에 의해 성장이 조절된다고 보고하였다. 오(1986)는 nitrate reductase activity가 쯤개구리밥에서 더 높게 나타났다고 하였다. 이러한 연구결과들은 야외 조사에서 유기물의 함량이 높은 늪지에서는 보통 개구리밥이 서식하고 있는 것과 본 조사의 결과와 잘 일치하는 결과로 해석된다.

66개 조사지소의 수질분석에서 나타난 인산함량은 개구리밥과 쯤개구리밥의 분포에 영향을 미치는 것으로 보여지지 않으며 오(1986)와 Clatworthy and Harper(1962)의 성장실험 결과에서도 같은 경향을 나타내었다. Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} 등의 함량도 통계처리 결과 개구리밥과 쯤개구리밥의 분포에 제한요인으로 작용하지 않는 것으로 분석되었고, Cu, Zn, Fe, Ni, Mn, Cd 등의 금속 이온들도 개구리밥과 쯤개구리밥의 분포에 영향을 끼치는 것으로 나타나지 않았다. Tanaka *et al.*(1982)은 개구리밥의 개화에 영향을 미치는 Cu이온의 효과는 pH변화에 의해 달라진다고 하였다. 수원의 남·아연광 지역에서 수중의 Zn과 Cd의 농도와, 개구리밥과 쯤개구리밥의 분포와의 관계를 조사하였는데 Cd의 농도가 0.30 ppm 이하인 지역에서 Zn의 농도가 0.07 ppm 이하이면 두종 모두가 분포하였으나, Zn농도가 0.07-7.5 ppm인 지역에서는 쯤개구리밥만이 분포하였고, Zn농도가 7.50 ppm 이상인 지역에서는 어느 종도 분포하지 않았다고 보고한 바 있다. 또한 배양 실험에서 Zn농도의 증가에 따라 쯤개구리밥보다 개구리밥의 생장이 더 저해된다는 실험결과도 이를 뒷받침 하는 것으로 생각하였다. 이 결과들은 본 연구결과와 일치하는 것으로 저자들은 보고 있다.

이상의 분석 결과로 미루어볼 때 개구리밥과 쯤개구리밥의 분포를 제한하는 요인은 수온과 NH_4^+ 의 농도라고 볼 수 있으므로 NO_3^- 와 NH_4^+ 의 동화작용을 연구하면 정확한 이들 식물 분포의 제한요인을 밝혀낼 수 있을 것으로 생각된다.

要 約

남한의 66개 지소에서 개구리밥과 쯤개구리밥의 분포와 수온, pH, NH_4^+ 태 질소, NO_3^- 태 질소, PO_4^{3-} , hardness, Na, K, Ca, Cu, Mg, Zn, Fe, Ni, Mn, Cd 등의 제한경요인을 분석하여 개구리밥과 쯤개구리밥의 분포에 영향을 미치는 제한요인을 조사한 결과는 다음과 같다.

개구리밥과 쯤개구리밥의 분포에 미치는 제한요인은 수온과 NH_4^+ 태 질소의 농도로 밝혀졌으며, 개구리밥의 최난월의 분포한계온도는 19.5°C 이고 NH_4^+ 농도는 개구리밥에서만 제한요인으로 작용하였다. 쯤개구리밥은 개구리밥보다 낮은 온도의 범위에서도 분포하며 NH_4^+ 의 농도에 영향을 받지 않았다.

引 用 文 獻

- 오인혜, 1986. 개구리밥(*Spirodela polyrhiza*)과 쯤개구리밥(*Lemna aequinoctialis*)의 분포에 대한 연구. 이화여자대학교 대학원 박사학위 청구논문.
정태현, 1965. 한국동식물도감, 제5권 식물편(목초분류). 문교부, 1824pp.

- Clatworthy, J.N. and J.L. Harper. 1962. The comparative biology of closely related species living in the same area. V. Inter- and Intraspecific interference within cultures of *Lemna* spp. and *Salvinia natans*. J. Exp. Bot. 13: 307-347.
- Ericsson, T., C.M. Larsson and E. Tillberg. 1982. Growth responses of *Lemna* to different levels of nitrogen limitation. Z. Pflanzenphysiol. 105: 331-340.
- Hartog, C.D. and F. van der Plas. 1970. A synopsis of Lemnaceae. Blumea 18: 355-368.
- Hillman, W.S. 1961. The Lemnaceae, or duckweeds, a review of the descriptive and experimental literature. Bot. Rev. 27: 221-287.
- Keddy, P.A. 1976. Lakes as islands: The distributional ecology of two aquatic plants, *Lemna minor* L. and *L. trisulca* L. Ecology 57: 353-359.
- Kwon, K. 1984. The study on the distribution on Lemnaceae in suburbs of Seoul. Dissertation. Ewha Womans University, Seoul, Korea.
- Landolt, E. 1957. Physiologische und ökologische Untersuchungen an Lemnaceen. Ber. Schweiz. Bot. Gez. 67: 271-410.
- Landolt, E. 1982. Distribution pattern and ecophysiological characteristics of the European species of the Lemnaceae. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel. 49: 127-145.
- Lee, T.B. 1980. Illustrated flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul. 990 pp.
- Lee, Y.N. 1976. Illustrated flora and fauna of Korea. Vol. 18, Flowering plants. Ministry of Education, Seoul.
- McLay, C.L. 1976. The effect of pH on the population growth of three species of duckweed: *Spirodela polyrhiza*, *Lemna minor* and *Wolffia arrhiza*. Freshwater Biology 6: 125-136.
- Parker, S.P. 1982. Synopsis and classification of living organisms. Vol. I. MacGraw-Hill Inc. New York.
- Rubio, R., J. Huguet and G. Rauret. 1984. Comparative study of the Cd, Cu and Pb determination by AAS and by ICP-AES in river water. Water Res. 18: 423-428.
- Tanaka, O., Y. Nasu, A. Takimoto and M. Kugimoto. 1982. Absorption of copper by *Lemna* as influenced by some factors which nullify the copper effect on flowering and growth. Plant & Cell Physiol. 23: 1291-1296.

(1990年 5月 15日 接受)