

## 생육지의 토양염분농도에 대한 갈대 (*Phragmites communis* Trin.) 개체군의 적응

이 호 준 · 양 호 식

건국대학교 이과대학 생물학과

### Adaptation of *Phragmites communis* Trin. Population to Soil Salt Contents of Habitats

Lee, Ho-Joon and Hyo-Sik Yang

Department of Biology, College of Science, Kon-Kuk University

#### ABSTRACT

The ecotypic variation of *Phragmites communis* Trin. was studied from Aug. 1989 to March 1992 in three populations of salt marsh, estuary and fresh water areas of the western coastal regions in Korea. The length growth and aboveground total dry weight of *Phragmites communis* Trin. from three habitats were measured monthly and the seeds from them collected. Chlorophyll contents, bud number and width of *Phragmites communis* Trin. populations after their seeds were sown in seedbeds, and the growth of seedlings according to salt contents were also determined. The results are summarized as follows: The height and basal diameter of shoot, leaf length and width, and total dry weight of *Phragmites communis* Trin. were very different from each other according to their natural habitats. The bud number of seeds was increased as sample sites moved from estuary to fresh water areas and salt marsh. The bud diameter turned out to be in reverse proportion to the bud number. The chlorophyll content of the population from fresh water was 8.6901 $\mu\text{g/ml}$ , whereas that from estuary and salt marsh was 9.61801 $\mu\text{g/ml}$  and 10.3160 $\mu\text{g/ml}$ , respectively. The average length growth and total dry weight of seedlings grown at different salt contents were compared. Those of fresh water area decreased at salt contents lower than 0.5% in culture solution and those of estuary at higher than 0.5%, but the population of salt marsh was shown to be capable of sustaining itself at 1.0%.

All of these results suggested that the populations of *Phragmites communis* Trin. in the western coastal regions of Korea have undergone ecotypic variations: fresh water type, estuary type and salt marsh type.

#### 서 론

갈대(*Phragmites communis* Trin.)는 화분과 식물로써 우리나라의 습지, 수변 또는 해안의 염

습지등에서 자라는 다년초로(Lee, 1985) 어릴 때에는 식용, 건조, 퇴비 등으로 이용되고, 성장하면 신탄재, 장식재료, 움막재료 등으로 사용되어 왔으며, 최근에는 수중생태계를 파괴하고 있는 수질오염의 정화에 큰 이용가치가 있는 것으로 보고되었다(Roggo *et al.*, 1987; Tabata *et al.*, 1988).

갈대는 해안을 따라 널리 분포하고 있을 뿐만 아니라 동일 지역내에서도 토양환경요인이 서로 다른 생육지에서 생육하고 있다(Lee, 1985). 갈대와 같이 다양한 자연환경과 조화를 이루며 살아 가고 있는 개체군들은 생육지의 환경에 따른 형질의 축적을 달리하고, 그 결과 지역개체군 간에는 생태형적 변이를 수반하게 된다(Turesson, 1922). 이와 같이 자연환경 속에서 생태적 입지 조건에 따른 종내 변이는 온대형, 극지형 및 고지형 등의 예에서 보듯이, 주로 위도나 고도변화에 따른 온도구배에 의한 분화와 지형, 토성 및 미기후 등의 요인에 의한 매우 좁은 지역내 분화의 경우도 있다(Kawano, 1974). 우리나라는 좁은 국토이면서도 남북으로 길게 놓여 있으며, 고산지가 많고, 해안을 끼고 있는 관계로 기온과 강수량 및 토성적인 환경변화의 폭이 크기 때문에(Kim, 1973), 종생태학적인 측면에서 생태형에 관한 연구를 하기에는 비교적 좋은 지리적 조건을 가지고 있다고 할 수 있다. 그러나 이러한 생태형적인 종분화에 관한 인식의 부재로, Yeau (1978), Lee(1979), Kang(1987), Lee등(1991) 및 Kim(1991)등을 제외하고는 아직 이에 대한 연구가 활발하지 못하며, 이들 또한 고도나 위도에 따른 온도요인의 구배변화에 관한 연구일 뿐 토성적 변화에 따른 연구는 전무하다.

갈대 개체군의 생태형에 관한 연구는 염색체의 핵형 변화(Dykyjova, 1971; Dykyjova and Pribit, 1975; Dykyjova and Hradecka, 1976; Dykyjova and Pazourkova, 1979), 군집형의 변화(Haslam, 1970a) 및 토양염분농도에 따른 연구(Waisel and Rechav, 1971) 등이 있으나, 이들은 모두 내륙형과 해수형에 관한 연구일 뿐 이들의 중간형에 대한 고찰은 이루어지지 못했다. 따라서 본 연구는 한국의 서남해안에 널리 분포해 있는 해수, 기수 및 육수지역의 갈대 개체군을 대상으로 각 생육지에서 개체군의 월별 성장치를 측정하였고, 종자를 채종하였으며, 각 집단의 생리생태적인 특징들을 파악하기 위해 염분에 대한 유식물의 성장특성과 재배 실험을 통한 월별 bud 수와 직경변화 및 엽록소 함량 등을 비교 조사하여, 염분에 대한 식물들의 생태형적 변이를 밝히고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 조사지의 개황

조사지는 전라남도 무안군 삼향면에 위치한 중등포 해안과 내륙에서 실시하였다(Fig. 1). 이 지역은 바닷물이 밀려드는 해안 지역이었으나 1940년대 간척사업의 일환으로 제방을 축조함으로써 제방 바깥쪽의 해안 염습지(salt marsh), 제방 바로 안쪽의 기수지역(estuary) 및 제방으로부터 1km 떨어진 곳으로 기존에 밀려오던 해수가 차단되어진 육수지역(fresh water area)으로 분류된다. 이 지역의 기후는 Fig. 2에서와 같이 인근 목포측후소의 기후편람(중앙기상대, 1985)을 참조하여 보면, 년평균 온도는 13.6°C, 최난월 평균기온은 30.5°C, 최한월 평균기온은 -1.8°C이고, 년평균 강수량은 1,127.1mm였으며, 6, 7, 8월에 집중적인 강우를 보이는 하계다우형 기후에 속한다.

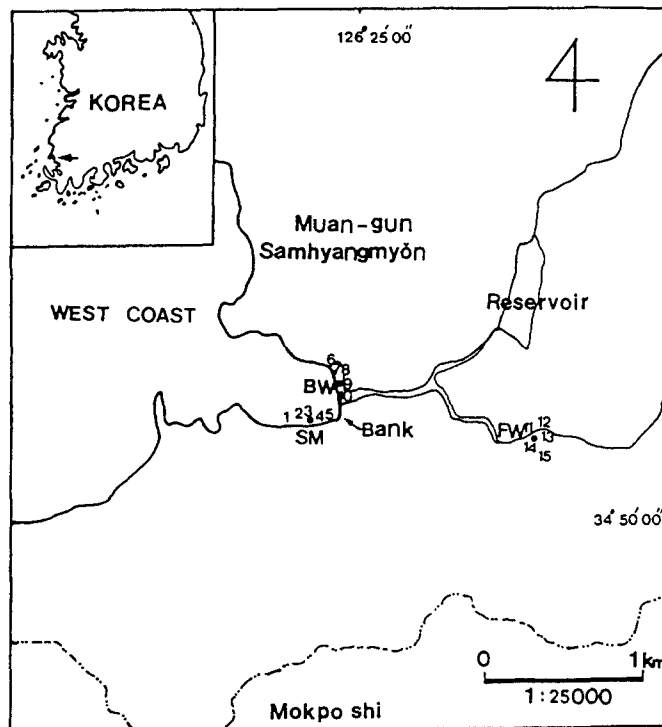
### 재료의 채취와 방법

토양은 각 지역의 갈대 개체군에서 3~5점의 시료를 15cm의 깊이에서 채취하였다. 수분함량,

pH 및 전기전도도는 밀봉한 후, 실험실로 운반한 즉시 측정하였고, 나머지 분석용 토양은 음건하여 사용하였다.

토양의 수분함량은 20g의 시료를 105℃에서 48시간 건조시켜 포장용수량을 측정하였으며, pH와 전기전도도(E.C. )는 토양과 증류수를 1:5(W/W)로 혼합하여 30분간 진탕한 후 여과하여 각각 pH meter(Orion ionalyzer 407 A)와 conductivity meter(YSI 33)로 측정하였다. 나트륨은 토양 5g에 1N ammonium acetate 용액 50ml를 가하여 30분간 진탕하여 추출한 액을 flame photometer(Coleman 51)로 정량하였으며 유기물 함량은 105℃로 48시간 건조시킨 토양의 무게와 600℃의 전기로에서 4시간 작열시킨 무게의 차인 작열 소실량으로 계산하였다. 총 질소 함량은 micro-Kjeldahl법으로, 가용성 인량은 시료 1g에 0.002N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액 50ml를 가하고 30분간 진탕하여 여과시킨 후, stannous-reduced molybdophosphoric blue color법으로 발색시켜 spectrophotometer(Spectronic 20)로 660nm에서 비색 정량한 값으로 계산하였다. 염소 함량은 argentometric method(Kalthoff and Stenger, 1947)에 따라 질산은 용액으로 적정하여 계산하였다.

종자의 채종은 Fig. 1의 조사지역으로 부터 1990년 10월에서 11월에 걸쳐 채종하였으며, 채종된 종자는 음건후 분리하여 지대에 넣어 섭씨 4℃의 냉장고에 보관 사용하였다.



**Fig. 1.** A map showing seed collection sites and surveyed area.  
Sm: Salt marsh, Bw: Estuary, Fw: Fresh water area

생장의 측정은 염습지, 기수 및 육수지역에서 5월부터 11월까지 매월 10개체씩 지상 부위를 절단하여 기관별로 나누어 지상 부위의 길이 상과 기저 직경, 잎의 길이와 폭 등을 측정하였고, 현존량은 지상부 전체건량을 100℃ 건조기에서 72시간 건조시킨 후 칭량하였다.

Bud의 개체수 및 기저직경은 길이 60cm, 넓이 20cm, 높이 15cm의 플라스틱 상자에 토양(Table 1)을 넣은 실험묘판에서 생육시킨 후 6월부터 10월까지 매월 10개체씩 채취하여 출현한 bud의 수를 기록하고, 기저 직경을 캘리퍼(caliper)로 측정하였다. 엽록소 함량은 Holden (1965)의 방법을 사용하여 측정하였다.

유식물의 성장실험은 각 조사 지역에서 채종된 종자를 1리터 수조(높이 17.5cm, 직경 10.5cm)에 60개씩 파종한 후 growth chamber에서 4주간 수경재배하였다. 이때 수조의 배양액은 Hoagland용액을 썼고, NaCl의 농도는 각각 0.0%(대조구), 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 3.0%로 하여 이를 각기 사용하였으며, growth chamber내의 성장조건은 14시간의 광주기로, 온도는  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 로, 습도는 60%로, 광은 4,000 Lux로 유지하였으며, 배양액은 매 3일 간격으로 교환하여 주었다.

성장측정은 1주일 단위로 10개체씩 선택하여 유식물의 길이생장과 건중량을 측정하였다.

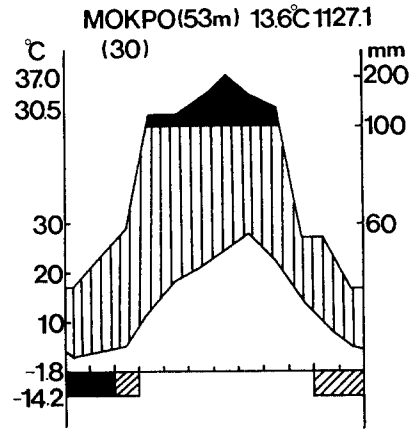


Fig. 2. The climate diagram map of Mokpo. This data was obtained from Mokpo Meteorological Station for 30 years from 1951 to 1980.

## 결과 및 고찰

### 개체군간의 토양환경 비교

염습지, 기수 및 육수지역에 분포하는 3개의 갈대개체군의 토양환경 요인과 실험묘판 토양의 특성을 분석한 결과는 Table 1과 같다.

토양의 pH는 염습지 지역의 갈대개체군이 7.2로 가장 높았으며, 기수와 육수지역은 6.5와 6.2

Table 1. Soil properties of *Phragmites communis* population in surveyed area and seedbed

Properties	pH	Moisture content (%)	E.C. (mmho/cm)	Chloride (mg/g)	Sodium (mg/g)	Total nitrogen (mg/g)	Organic matter (%)	Phosphorus (mg/100g)
Salt marsh	7.2	33.5	1.8	17.61	16.80	3.34	5.92	5.02
Estuary	6.5	27.6	0.6	6.70	5.82	3.30	5.90	5.95
Fresh water area	6.2	21.3	0.1	0.81	0.47	3.33	6.00	4.45
Seedbed	6.0	24.6	0.1	0.77	0.45	3.32	7.76	6.01

로 비슷하였고, 수분함량은 염습지, 기수 및 육수지역이 각각 33.5, 27.6 및 21.3%로 염습지의 갈대개체군에서 가장 높고, 육수와 기수지역이 비슷하였다.

토양의 전기전도도(E.C.), 염소량 및 나트륨량은 염습지의 갈대 개체군에서 각각 1.8 mmho/cm, 17.61 mg/g 및 16.80 mg/g으로 모든 요인들이 높게 나타났고, 다음으로 기수지역이 각각 0.6 mmho/cm, 6.70 mg/g 및 5.82 mg/g, 육수지역이 각각 0.1 mmho/cm, 0.81 mg/g 및 0.47 mg/g의 순으로 지역간 큰 차이를 보이고 있다. 따라서 이러한 토양의 염분농도 차이는 개체군들의 성장특성에 많은 영향을 미쳤으리라 생각된다. 염습지의 전기전도도, 나트륨은 오와 임(1983)의 섬진강에서의 연구보다 높게 나타났으나, 기수지역은 유사하게 나타났다. 염습지의 염소 함량은 김(1975)의 갈대군락 연구 결과와 유사하였다.

총질소함량은 3.30~3.34 mg/g, 유기물 함량은 5.90~6.00%로 3개체군간 차이가 없었다. 유효인량은 기수지역의 개체군이 5.95 mg/100g으로 가장 높았으며, 염습지와 육수지역의 개체군은 각각 5.02와 4.45 mg/100g으로 나타나 기수지역의 유효인량이 다른 지역에 비해 높게 나타났는데 이것은 상류에서 밀려오는 무기염류들이 이곳에 쌓인 결과로 생각된다.

실험묘판 토양은 pH, 전기전도도, 염소함량, 나트륨함량, 전질소, 유기물함량 및 유기인량이 각각 6.0, 0.1 mmho/cm, 0.77 mg/g, 0.45 mg/g, 3.32 mg/g, 7.76% 및 6.01 mg/100g으로 나타났다.

### 갈대 개체군별 성장특성

갈대의 신장생장은 각 부위별로 개체군에 따라 큰 차이를 보였다(Table 2). 1차 표본추출시(5월)는 염습지, 기수 및 육수지역의 갈대 개체군은 각각 평균 shoot 높이가 82.0cm, 162.2cm, 162.7cm이고, 기저직경이 3.08mm, 9.25mm, 5.59mm, 잎의 길이가 24.22cm, 41.89cm, 30.45cm, 잎의 폭이 1.03cm, 4.13cm, 2.11cm로 기수, 육수, 염습지의 순으로 염습지가 가장 낮게 나타났다. 이후 2, 3, 4, 5차 표본추출(9월)로 진행되어감에 따라 그 폭은 증가하여 6차 표본추출시(10월)에는 각각 평균 shoot 높이가 188.7cm, 403.7cm, 322.4cm, shoot의 기저직경이 4.86mm, 12.66mm, 9.32mm, 잎의 길이가 38.21cm, 66.25cm, 64.14cm, 잎의 폭이 3.10cm, 6.45cm, 5.11cm로 개체군들간 기관별 성장 차이가 최고에 달했으며, 모든 개체군들의 각 기관은 9월까지 계속적인 성장을 하였으나, 10월 부터는 성장율이 감소하였는데 이러한 경향은 선행연구와 일치하였다(Haslam, 1970b). 그러나 모든 부위별 성장은 기수지역에서 월등한 수치를 보였으며, 다음으로 육수, 염습지의 순으로 지역간 뚜렷한 차이를 보였다.

갈대의 월별 지상부 평균 건중량은 Table 2에서와 같이 기수, 육수, 염습지순으로 큰 차이를 보였다. 1차 표본추출시(5월)는 기수, 육수, 염습지에서 각각 14.82g, 6.62g, 2.61g이었으나 시간이 지남에 따라 그 차이는 증가하여 5차 표본추출시에 각각 80.44g, 45.47g, 9.32g으로 최고치를 기록하였고 그 후로는 점진적인 감소를 나타냈다.

지상부의 건중량은 기수지역의 개체군이 10월까지 증가하다가 감소한 반면, 육수와 염습지의 것은 9월까지 증가하다 그 이후로는 감소하는 경향을 보여 생육지에 따라 개체군간 성장기간의 차이를 보였으며, 월별 건중량의 변화와 최고치의 건중량에 있어서도 지역간 큰 차이를 보였다. 특히 갈대의 개체군들은 9월 이후 생산량이 둔화되거나 감소하는 경향을 보였는데, 이는 5월과 6월 사이에 지하부의 저장물질이 지상부로 이동하여 지상부의 생장이 빨라지는 반면 9월과 10월에는 동화물질이 반대로 지하부로 이동하는 것과 낙엽의 현상으로 인한 것으로 생각된다(Fiala,

**Table 2.** The length growth and total dry weight of the *Phragmites communis* population in 3 different salinity areas

Site	Sampling date	Height (cm)	Basal length(mm)	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)	Aboveground total dry weight (g /ind.)
Salt marsh	May15	82.0±08.02	3.08±0.22	24.22±4.21	1.03±0.65	2.61±0.11
	Jun.17	121.0±06.13	4.02±0.62	31.99±2.27	1.83±0.26	4.75±0.23
	Jul.17	142.5±04.09	4.17±0.63	32.75±2.71	2.08±0.11	6.32±0.21
	Aug.20	179.2±04.80	4.50±0.55	37.43±1.40	2.35±0.05	7.74±0.32
	Sep.20	185.2±17.40	4.74±0.42	37.97±2.43	3.04±0.33	9.32±0.26
	Oct.17	188.7±17.19	4.86±0.62	38.21±3.54	3.10±0.13	8.51±0.22
	Nov.17	189.4±11.30	4.96±0.08	38.31±4.32	3.11±0.22	7.14±0.30
Estuary	May 15	162.2±33.12	9.25±1.07	41.89±4.87	4.13±0.45	14.82±1.12
	Jun.17	285.5±15.97	10.13±1.40	57.63±6.16	5.08±0.42	52.59±3.01
	Jul.17	320.5±10.78	11.90±1.09	62.00±3.60	5.55±0.32	68.82±0.47
	Aug.20	380.3±05.56	12.48±0.74	64.14±4.95	6.01±0.31	76.54±2.92
	Sep.20	397.2±21.66	12.62±0.99	64.67±2.21	6.43±0.37	80.44±3.24
	Oct.17	403.7±10.21	12.66±1.03	66.25±1.09	6.45±0.96	82.53±3.45
	Nov.17	405.5±14.23	12.66±0.14	67.20±2.12	6.45±2.41	60.30±4.50
Fresh water area	May 15	162.7±16.90	5.59±0.43	30.45±6.39	2.11±0.15	6.62±1.10
	Jun.17	188.0±06.13	7.00±0.62	49.07±5.53	3.10±0.05	20.70±3.21
	Jul.17	223.2±19.20	7.94±1.01	56.50±4.92	3.61±0.29	27.63±3.22
	Aug.20	254.6±06.16	8.26±0.72	58.94±2.80	3.91±0.18	35.51±2.24
	Sep.20	315.4±20.20	9.16±1.97	62.14±7.04	4.59±0.34	45.47±3.23
	Oct.17	322.4±25.25	9.32±1.24	64.14±4.15	5.11±0.15	43.31±3.10
	Nov.17	323.5±15.40	9.35±1.22	65.22±1.45	5.78±0.13	32.90±2.98

1978; Oh and Ihm, 1983; Min and Kim, 1983).

한편, Kim(1975)은 영산강에서, Min과 Kim(1983)은 서해안에서, 그리고 Oh와 Ihm(1983)은 섬진강에서 갈대의 생육은 기수지역에서 가장 좋고, 9월과 10월에 최고의 길이생장치에 달한다고 하였는데, 이는 본 실험의 결과와 일치하였으며, 기수지역의 갈대 개체군이 다른 지역의 개체군에 비해 적응능력이 월등한 것으로 생각된다. 또한 Haslam(1969a)은 갈대가 염생식물이라고 하였는데 본 실험의 결과 염분농도가 높은 염습지에서는 성장이 기수지역에 비해 빈약할 뿐만 아니라 건중량에서도 대단히 떨어져 염생식물이라고 보다는 내염성 식물이라고 생각된다.

이상에서 보는 바와 같이 갈대는 길이생장과 건중량에 있어서 지역간 큰 격차를 보이고 있는데, 이러한 격차는 생육지의 여러 토양환경요인 중 지역간 가장 크게 차이를 보인 염분요인이 크게 작용하였을 것으로 생각된다(Gauch, 1972; Levitt, 1972).

### Bud의 직경과 출현수

재배토양에 파종후 출현한 bud의 직경변화(Fig. 3)와 bud의 출현수(Fig. 4)는 생육지 개체군의 종자에 따라 큰 차이를 보였다.

Bud의 직경은 bud의 출현수와는 반대로 기수, 육수 및 염습지의 순으로 나타났으며, 1차 표

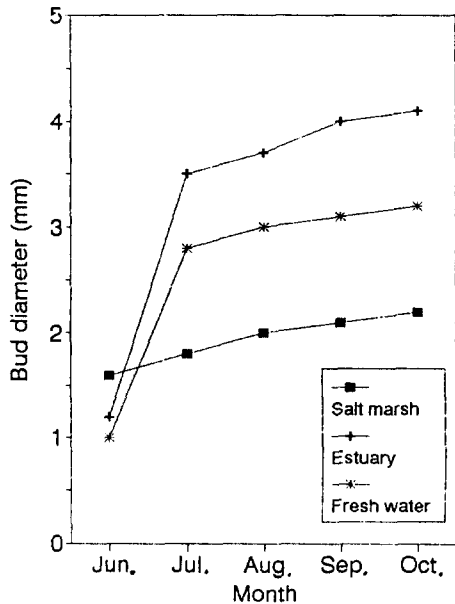


Fig. 3. Comparison of seasonal changes of the bud diameter in three *Phragmites communis* populations after germination in seedbed.

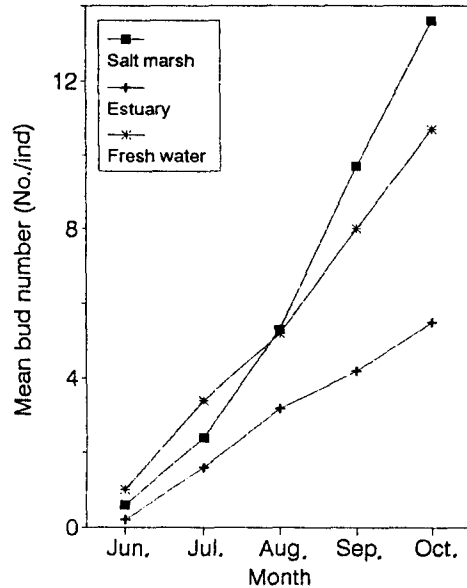


Fig. 4. Comparison of seasonal changes of the bud number in three *Phragmites communis* populations after germination in seedbed.

본추출시(6월)와 2차 표본추출시(7월)에는 급격한 증가를 보였으나 이후 부터는 각 개체군 모두 완만하게 증가하였다. 다시 말해서 기수지역의 개체는 1차, 3차 및 5차 표본추출시에 각각 1.2, 3.7 및 4.1mm로 높은 증가 추세를 보인 반면, 육수와 염습지의 개체는 이에 미치지 못하여 지역개체군간 뚜렷한 차이를 보였다.

과중한 후 출현한 bud의 수는 염습지, 육수 및 기수지역이 1차 표본추출시(6월)에 각각 0.6, 1.0, 0.2개, 2차 표본추출시(7월)에 각각 2.4, 3.4, 1.6개, 3차 표본추출시(8월)에 각각 5.3, 5.2, 3.2개, 4차 표본추출시(9월)에 각각 9.7, 8.0, 4.2개, 5차 표본추출시(10월)에 각각 13.6, 10.7, 5.5개로 나타나, 2차 표본추출시까지는 육수지역의 개체군이 염습지나 기수지역에 비해 비교적 많이 나타났으나, 3차 표본추출 이후 부터는 염습지의 개체군이 급격히 증가하여 염습지, 육수, 기수의 순으로 증가하였다.

Haslam(1969a, 1969b, 1970b, 1970c)은 갈대의 군락형성에 있어서 개체당 bud의 수와 직경이 역의 상관을 갖는다고 하였는데, 이는 생육지에 따른 군락의 shoot밀도, 높이 및 직경이 밀접한 관계를 맺고 있으며, shoot의 직경이 크면 높이가 크고 밀도는 낮다고 하였으며, 아울러 bud의 직경도 크다고 하였다. 이와 반대인 경우 shoot의 밀도는 높고 기저 직경, 높이 및 bud의 직경도 작다고 하였다. 본 연구의 결과도 유사하게 shoot의 높이가 4m 이상인 기수지역에 있어서 bud의 직경이 가장 크게 나타났으며 bud의 수는 가장 적게 나타났다. 그 다음으로 육수지역이 bud의 직경과 수가 두 지역의 중간을 기록하였으며, 염습지의 갈대개체군의 직경이 가는 반면 수가가 가장 많이 나타나 기수지역과 반대의 경향을 보여 위의 보고와 유사하였으며, 지역 개체군들의 특성을 각각 다르게 나타냈다.

**Table 3.** The comparison of chlorophyll contents in the leaves of *Phragmites communis* populations

Site	Chlorophyll contents( $\mu\text{g/ml}$ )		
	Chl. a	Chl. b	Chl. a + b
Salt marsh	6.6709	3.6451	10.3160
Estuary	6.5663	3.0517	9.6180
Fresh water area	6.4147	2.2753	8.6901

### 엽록소 함량 비교

각 개체군별 잎의 엽록소함량은 Table 3과 같다.

염습지, 기수 및 육수지역의 엽록소 a의 함량은 각각 6.6709 g/ml, 6.5663 g/ml 및 6.4147 g/ml으로 유사하였으나, 엽록소 b는 각각 3.6451 g/ml, 3.0517 g/ml 및 2.2753 g/ml으로 각 개체군별로 큰 차이를 보였고, 총엽록소 함량도 10.3160 g/ml, 9.6180 g/ml 및 8.6901 g/ml으로 나타나 뚜렷한 차이를 보여 개체군간 변이차를 알 수 있었다. 특히 엽록소 a보다는 b가 지역 개체군간에 큰 차이를 나타냈는데 이는 엽록소 b가 생육지의 토양염분농도에 따라 생성에 민감한 영향을 받은 결과 개체군간에 차이를 보였다고 생각된다(Strogonov *et al.*, 1970).

한편, Nakayama(1975)는 *Fagopyrum esculentum*을, Buttery와 Buzzell(1977)은 콩을, Lee 등(1991)은 *Pulsatilla koreana*를 재료로 위도에 따른 엽록소함량을 비교하였고, Lee(1979)는 고도와 위도에 따른 *Plantago asiatica*의 엽록소함량의 차이를, Kang(1987)은 *Ligularia fischeri*로 고도가 높아감에 따라 엽록소가 증가한다고 발표하여 환경요인이 엽록소의 함량에 영향을 미친다고 하였다. 따라서 본 연구의 결과와 같이 생육지의 토양염분의 차이가 갈대 개체군들의 생태적 변이의 결과로 일어났다고 보고한 예도 있다(Bjorkman and Holmgren, 1963).

### 유묘의 성장

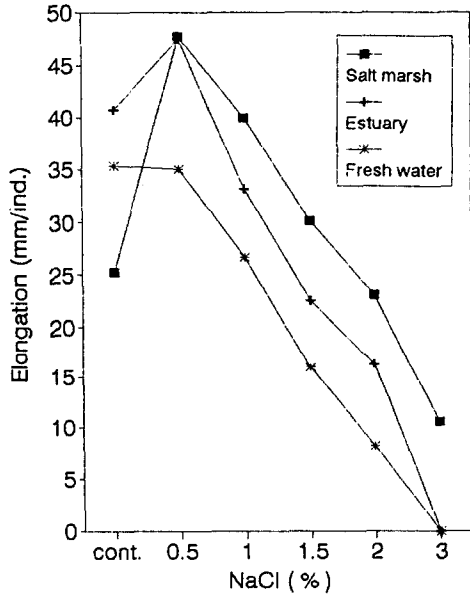
#### 1) 길이 성장

28일간 성장한 염분 농도별 유묘의 길이생장은 Fig. 5와 같이 각 개체군별로 뚜렷한 차이를 보였다.

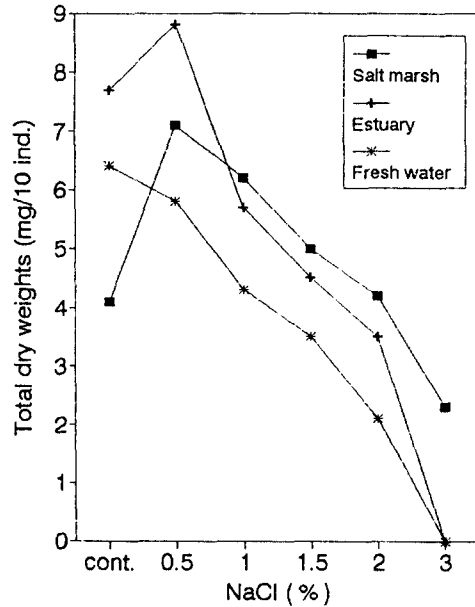
대조구에서의 길이는 기수, 육수, 염습지에서 각각 40.72, 35.38, 25.21 mm로 서식지에서의 길이생장과 유사한 차이를 보였고, 0.5%의 염분농도에서는 기수와 염습지가 유사한 47.44와 47.89 mm를 나타낸 반면 육수는 35.06 mm로 급격히 저하되기 시작하였다. 1.0~2.0% 염분농도에서는 염습지, 기수, 육수의 순으로 뚜렷한 차이를 보이며 감소하기 시작하여 염분에 대한 성장력의 차이를 나타냈다. 또한 3.0%의 염분농도에서 염습지의 개체군은 10.58 mm까지 자랐으나 그외의 것들은 성장을 하지 못한 것으로 보아 염습지의 개체군들은 오랜 기간 동안 염습지에 적응하여 염분에 대한 내성을 얻은 것으로 생각된다. 이와 같이 염분에 대해 개체군들간에 있어서 길이생장의 차이는 토양의 염분에 의한 원인으로, 즉 낮은 수분 potential, 이온의 독성, 이온조성의 불균형 등에 의한 영양결핍 등에 의해 나타난 저해 현상의 차이로 사료된다(Gauch, 1972; Levitt, 1972).

또한 염분에 대한 반응, 적응능력 및 내염성은 식물의 종에 따라 다양하며(Ihm and Lee, 1985), 같은 종이라도 생육하여온 장소에 따라 다양하게 나타난다고 하였다(Waisel, 1971,





**Fig. 5.** Weekly changes of seedling elongations of *Phragmites communis* Trin. seeds in three populations after sowing according to salt contents of culture solution.



**Fig. 6.** Weekly changes of total dry weight of *Phragmites communis* seeds in three populations after sowing according to salt contents of culture solution.

1972; Haller, 1974). 따라서 본 실험의 결과 갈대개체군들 간에 있어서 염분농도에 대한 길이생장에 뚜렷한 차이는 생육지의 토양환경과 밀접한 관계를 지니고 있으며, 이 결과로 인해 적용된 생리생태적인 변이 현상이 나타나는 것으로 생각된다. 이와 같은 현상을 연구한 Waisel과 Rechav(1971)는 갈대 개체군의 길이 생장의 차이가 염분에 대한 변이의 결과로 보고 중생식물형과 염생식물형으로 분류한 바 있으나 본 연구에서는 이들의 중간형이 존재하는 것으로 생각되어 염습지형, 육수형 및 기수형으로 분류하였다.

## 2) 건 중 량

갈대의 개체군별 건중량은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 28일간 성장한 후 측정된 결과 대조구에서는 기수, 육수 및 염습지 개체군이 각각 7.7, 6.4, 4.1 mg /10ind.으로 나타나, 대조구에서 유묘의 길이생장과 생산량의 특성은 유사한 경향성을 보였다. 그러나 1.0%이상의 염분조건하에서의 건중량은 육수지역 개체군의 경우 염분농도가 증가함에 따라 급격히 감소하는 경향을 보인 반면, 염습지의 개체군은 대조구에 비해 0.5% 염분농도까지는 증가하였으나 0.5% 이상의 염분농도부터는 점진적인 감소경향을 나타냈으며, 기수지역의 경우는 중간의 경향성을 기록하였다. 한편, 3.0%의 염분조건에서 기수와 육수의 개체군들은 생육하지 못하였으나 염습지의 경우는 2.3mg /10ind.의 건중량을 기록하고 있어, 이들 세 개체군들 사이에는 염분에 대한 적응의 차이를 나타내고 있는 것으로 생각된다(Gauch, 1972; Levitt, 1972). 이와 같은 결과는 각 개체군들이 각기 다른 토양 염분의 생육지에서 장기간 생육하여온 결과 생리생태적으로 적용된 현상으로 생각된다. Gale 등(1970)은 *Atriplex halimus* 등 염생식물들의 경우 일정량 염분이 증가하는 경우

건중량이 증가된다고 하였으며, Match 등(1988)은 갈대가 0.58%의 염분농도에서 최고의 생장치를 보이며, 2.9%의 염분 농도 까지 내염성을 지니고 있다고 하였는데, 이는 본 연구의 결과 나타난 염습지형과 일치한다.

Waisel과 Rechav(1971), Waisel(1972)은 갈대가 일정량 염분이 증가하면 건중량이 증가하다가 과도한 경우 감소하면 염생식물형으로, 그리고 염분이 증가함에 따라 건중량이 급격히 감소하는 경우 중생식물형이라고 분류하였다. 이는 본 연구의 결과 나타난 3가지 형중 염습지형과 육수형에 유사하나, 이외에 기수형이 하나 더 존재하고 있다는 것을 밝히지는 못하였다.

이상의 결과에서 보듯이 갈대 개체군은 생육지의 토양염분농도에 따라 각기 다른 생육특성을 보이고 있어, 생리생태적인 측면에서 변이의 결과로 보고 염습지형, 기수형 및 육수형으로 기재하는 것이 타당한 것으로 생각된다.

## 적 요

한반도 서남해안에 위치한 무안반도에서 1989년 8월 부터 1992년 3월까지 생육지의 토양 염분 농도가 다른 염습지, 기수 및 육수지역의 갈대 개체군을 선정하여 실시하였다. 개체군들의 길이 생장과 건중량은 각 생육지에서 월별로 조사하였고, bud의 직경과 폭 및 엽록소함량 등은 종자를 토양의 재배상에 파종한 후, 그리고 유식물의 길이생장과 건중량은 종자를 시료로하여 각 개체군별로 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

생육지별 각 갈대개체군의 높이, shoot의 기저직경, 잎의 길이와 폭 및 건중량은 기수, 육수 및 염습지등이 뚜렷한 차이를 보이고 있어 3가지 형으로 식별되었으며 재배상에서 bud의 출현수와 직경변화도 염습지, 기수 및 육수지역의 개체군으로 분류되었다. Bud의 출현수는 염습지, 육수 및 기수의 개체군 순으로 감소하였고, 직경은 같은 순으로 증가하였다. 총엽록소함량은 염습지의 개체군이 10.3160  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , 기수의 개체군이 9.6180  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , 육수의 개체군이 8.6901  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 개체군별로 뚜렷한 차이가 있었다. 각 개체군간의 유묘의 길이생장과 건중량은 육수형은 배양액의 염분농도에 따라 감소하였고, 기수형은 0.5%의 낮은 염분에는 증가하였으나 그 이상의 농도에서는 감소하는 경향을 보였으며, 염습지형은 1.0%이상의 높은 염분농도에도 내성을 지닌 것으로 나타났다.

이상의 결과 한반도에 생육하고 있는 갈대 개체군들은 생육지의 염분농도에 따라 염습지형, 기수형 및 육수형으로 변이가 진행된 것으로 생각된다.

## 인용문헌

- Bjorkman, O. and P. Holmgren. 1963. Adaptability of the photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shade habitats. *Physiol. Plant.* 16:889-914.
- Buttery, B.R. and R.I. Buzzell. 1977. The relationship between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybeans. *Canadian J. of Plant Science* 57:1-5.
- Dykyjova, D. 1971. Ecomorphoses and ecotypes of *Phragmites communis* Trin. *Preslia* 43:120-138.

- Dykyjova, D. and D. Hradecka. 1976. Production ecology of *Phragmites communis* Trin. 1. Relations of two ecotypes to microclimate and nutrient conditions of habitat. Folia Geobot. Phytotaxon, Bohemoslov 11:23-61.
- Dykyjova, D. and Z. Pazourkova. 1979. A diploid form of *Phragmites communis* as a possible result of cytogenetical response to ecological stress. Folia Geobot. Phytotax. 14:113-120.
- Dykyjova, D. and S. Pribit. 1975. Energy content in the biomass of emergent macrophytes and their ecological efficiency. Pol. Arch. Hydrobiol. 75:90-108.
- Fiala, K. 1978. Seasonal development of halophyte polycormones and relationship between underground and aboveground organs. In: Pond Littoral Ecosystems, Dykyjova, D. and J. Kvet (ed.). Springer-Verlag, pp.174-181.
- Gale, J., R. Naaman and A. Poljakoff-Mayber. 1970. Growth of *Atriplex halimus* L. in sodium chloride salinated culture solutions as affected by the relative humidity of the air. Aust. J. Biol. Sci. 23:947-952.
- Gauch, H.G. 1972. Inorganic plant nutrition, pp. 395-426. Dowden Hutchinson and Ross, Stroudsburg.
- Haller, W.T. 1974. Effects of salinity on growth of several aquatic macrophytes. Ecology 55:891-894.
- Haslam, S.M. 1969a. The development and emergence of buds in *Phragmites communis* Trin. Ann. Bot. 33:289-301.
- Haslam, S.M. 1969b. The development of shoot in *Phragmites communis* Trin. Ann. Bot. 33:695-709.
- Haslam, S.M. 1970a. Variation of population type in *Phragmites communis* Trin. Ann. Bot. 34:97-117.
- Haslam, S.M. 1970b. The development of the annual population in *Phragmites communis* Trin. Ann. Bot. 34:571-591.
- Holden, M. 1965. Chlorophylls. In chemistry and biochemistry of plant pigments. Academic press, Inc., New York.
- Ihm, B.S. and J.S. Lee. 1985. Effects of salinity on growth of plants. Bulletin of Institute of Littoral Biota. Mokpo Nat. Univ. 2(1):33-40.
- Kalthoff, L.M. and V.A. Stanger. 1947. Volumetric analysis(2nd ed.). Vol. 2. Interscience Publishers, New York. pp. 4242-4245.
- Kang, H.W. 1987. Studies on the ecotype of *Ligularia fischeri*(Ledeb.) Turz. complex at different altitudes on Mt. Halla. Ph. D. thesis, Kon-Kuk Univ.
- Kawano, S. 1974. Evolutionary biology in plants II. Speciation and adaptation. Saneseido, Japan.
- Kim, C.H. 1991. Comparative studies on the ecotypic variation of the *Robinia pseudo-acacia* L. seeds in local population. Ph. D. thesis, Kon-Kuk Univ.
- Kim, C.S. 1975. A study on standing crops in *Phragmites communis* communities and their

- environmental factors. Korean J. Bot. 18:129-134.
- Kim, K.S. 1973. The climates of Korea. Iljisa, Korea.
- 중앙기상대. 1985. 한국기후표. 서울.
- Lee, H.J. 1979. A study on the ecotype of *Plantago asiatica* Linne. Research Bulletin, Hyosung woman's college 21:3-45.
- Lee, H.J., S.Y. Kim and C.H. Kim. 1991. Ecotypic variation of *Pulsatilla koreana* Nakai distributed in Korea. Korean J. Ecol. 14(4):379-398.
- Lee, T.B. 1985. Illustrated flora of Korea. Hyangmunsa, Korea.
- Levitt, J. 1972. Responses of plant to environmental stresses. Academic Press, New York.
- Matoh, T., N. Matsushita and E. Takahashi. 1988. Salt tolerance of the reed plant *Phragmites communis*. Physiol. Plant. 72:8-14.
- Min, B.M. and J.H. Kim. 1983. Distribution and cyclings of nutrients in *Phragmites communis* communities of a coastal salt marsh. Korean J. of Botany 26(1):17-32.
- Nakayama, K. 1975. Variation in *Fagopyrum esculentum* M. Her. 29:64-68.
- Oh, K.H. and B.S. Ihm. 1983. Seasonal changes in productivities and soil properties in *Phragmites communis* communities on the Sumjin river. Korean J. Ecology 6:90-97.
- Roggo, M., M. Glauser and M. Aragno. 1987. Methane digestion of a mixture of reeds and sludge from a purification plant. Bull. Sco. Neuchatel Sci. Nat. 110:101-108.
- Strogonov, B.P., V.V. Kabanov, N.I. Shevjakova, L.P. Lapina, B.A. Popov, R. Kh. Dostanova and L.S. Prykhod'ko. 1970. Struktura i Funktziya Kletok rastenii pri Zasolenii. Moscow, Nauka.
- Tabata, S., Y. Shirako, N. Shimada and Y. Watanabe. 1988. Fundamental study on the construction of the waterfront open space at Tega Marsh(Japan). Tech. Bull. Fac. Hortic. Chiba Univ. 10(41):61-66.
- Turesson, G. 1922. The genotypic response of the plant species to habitat. Hereditas 3:211-236.
- Waisel, Y. 1972. Biology of halophyte. Academic press. N.Y., pp.173-203.
- Waisel, Y. and Y. Rechav. 1971. Ecotypic differentiation in *Phragmites communis* Trin. Hidrobiologia 12:259-266.
- Yeau, S.H. 1978. A study on the variation of *Ranunculus japonicus* complex at different altitudes in Halla mountain. Korea Journal of Plant Taxonomy 8:33-41.

(1993년 1월 26일 접수)