

생육지의 토양염분농도에 따른 갈대(*Phragmites communis*)개체군의 발아 및 단백질 패턴

이호준 · 양호식 · 김성종

건국대학교 이과대학 생물학과

Germination and Protein Pattern of *Phragmites communis* Population according to the Soil Salt Contents of Habitats

Lee, Ho-Joon, Hyo-Sik Yang and Sung-Jong Kim

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

ABSTRACT

In order to study an ecotypic variation of *Phragmites communis* Trin., we investigated germination rates, velocities, and protein band patterns of seeds of three populations of salt marsh, estuary and fresh water areas of Muan Peninsular in southwestern coast of Korea from March, 1990 to October, 1992.

The highest germination rates of seeds were observed at 25°C: those of populations of the estuary and fresh water areas were 100% and that of the salt marsh was 95%. Similar germination rates were observed from the populations of estuary and fresh water areas at 30°C and 20°C, but they decreased at 15°C. The onset of germination of seeds of three populations was earlier at 25°C, but they decreased at 15°C. The onset of germination of seeds of the three populations was earlier at both 25°C and 30°C than at 20°C and 15°C. Germination velocity constant of the salt marsh populations was 36.75 at 25°C, which was higher than those of any other areas, while that of fresh water areas was the lowest.

were different: those of salt marsh and estuary decreased to 30% and 2.5%, respectively, at 3.0% of salt content, but seeds of the fresh water area did not germinate at all at the same salt content. The onset of germination was delayed in the order of the salt marsh, estuary and fresh water areas as salt content of culture solution increased. Germination of seeds from the population of salt marsh was found to begin earliest. The highest germination velocity of three populations was observed in the culture containing no salt. The germination velocity constant decreased as salt content of culture solution increased from 0.5% to 3.0%: those of the populations of the salt marsh, estuary, and fresh water areas were 9.50, 0.75 and 0.00, respectively, at the salt concentration of 3.0%.

Soluble protein patterns of seedlings from the three populations were analyzed by SDS-PAGE method. The results showed that protein patterns of the three populations were distinctly different qualitatively and quantitatively.

The present study suggests that populations of *Phragmites communis* Trin. in the coast of Korea had taken ecotypic variations of habitats, i.e., fresh water, estuary, and salt marsh types, according to the salt content.

Key words : *Phragmites communis*, Germination, Protein pattern, Soil salt contents, Ecotypic variation

서론

각기 다른 환경하에서 장기간 생육하여온 개체군들 사이의 생리적, 형태적인 특징들에 있어서의 변이에 관하여 Turesson(1922a,b)과 Clausen등(1947)의 연구이후 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히 1970년대 이후 미기후에 의한 종분화의 종생태학적인 연구가 활발하게 진행되었으며 위도와 고도에 따른 지리적구배에 의한 온도나 강수량의 차이에 의한 종내변이 연구(Urbatch 1973, Singh 1973, Clary 1975, Nakayama 1975, Takano and Naruhashi 1983)뿐만 아니라 동일 지역내의 토양요인의 구배에 따른 종분화에 관한 연구(Schiller 1974, Cooper 1975, Ramakrishnan and Gupta 1973, Kapoor and Ramakrishnan 1974, Silberbush *et al.* 1981)들이 보고되었다. 그러나 한국의 경우 종생태학의 연구에 좋은 지리적 조건을 가지고 있으나 생태형적 종분화에 관한 인식의 부재로, Yeau(1978), Lee(1979), Kang(1987), Lee(1991) 및 Kim(1991) 등의 연구를 제외하고는 아직 이에 대한 연구가 활발하지 못하며, 이들 또한 고도나 위도에 따른 온도요인의 구배변화에 관한 연구 일뿐 토성적 변화에 따른 연구는 전무하다.

한편, 갈대(*Phragmites communis* Trin.) 개체군의 생태형에 관한 연구로는 염색체의 핵형 변화(Dykyjova 1971, Dykyjova and Pribit 1975, Dykyjova and Hradecka 1976, Dykyjova and Pazourkova 1979), 군집형의 변화(Haslam 1970) 및 토양염분농도에 따른 연구(Waisel and Rechav 1971) 등이 있으나, 이들은 모두 내륙형과 해수형에 관한 외부형태적 연구일뿐 생리적, 유전적인 측면에서의 고찰은 아직 이루어지지 못했다. 따라서 본 연구는 간척사업으로 인해 형성된 제방에 의해 기존의 해수지역이 기수, 육수지역으로 분리 형성됨에 따라 급격한 환경변화가 야기된 지역에 장기간 생육하고 있는 갈대 개체군들을 대상으로 하였으며 이곳에서 종자를 채종하여 온도와 염분에 대한 종자의 발아율과 발아세 및 seedling의 단백질 패턴의 변이를 조사하였다.

재료 및 방법

채종지의 입지조건

갈대 종자의 채종은 전라남도 무안군 삼향면에 위치한 중등포 해안과 내륙에서 실시하였다(Fig. 1). 이 지역은 바닷물이 밀려드는 해안 지역이었으나 1940년대 간척사업의 일환으로 제방을 축조함으로써 형성된 제방 바깥쪽인 염습지(Salt marsh), 제방 바로 안쪽의 기수지역(Estuary) 및 제방으로부터 1km떨어진 곳으로 기존에 밀려오던 해수가 차단된 육수지역(Fresh water area)으로 환경의 변화가 급격히 야기된 지역들이다. 이 지역의 기후는 인근 목포측후소의 기후편람(중앙기상대, 1985)을 참조하여 보면(Fig. 2), 년평균 온도는 13.6℃, 최난월 평균기온은 30.5℃, 최한월 평균기온은 -1.8℃이고, 년평균 강수량은 1,127.1mm였으며, 6, 7, 8월에 집중적인 강우를 보여 갈대가 성장하기에 알맞는 기상조건이다(Lee, 1985).

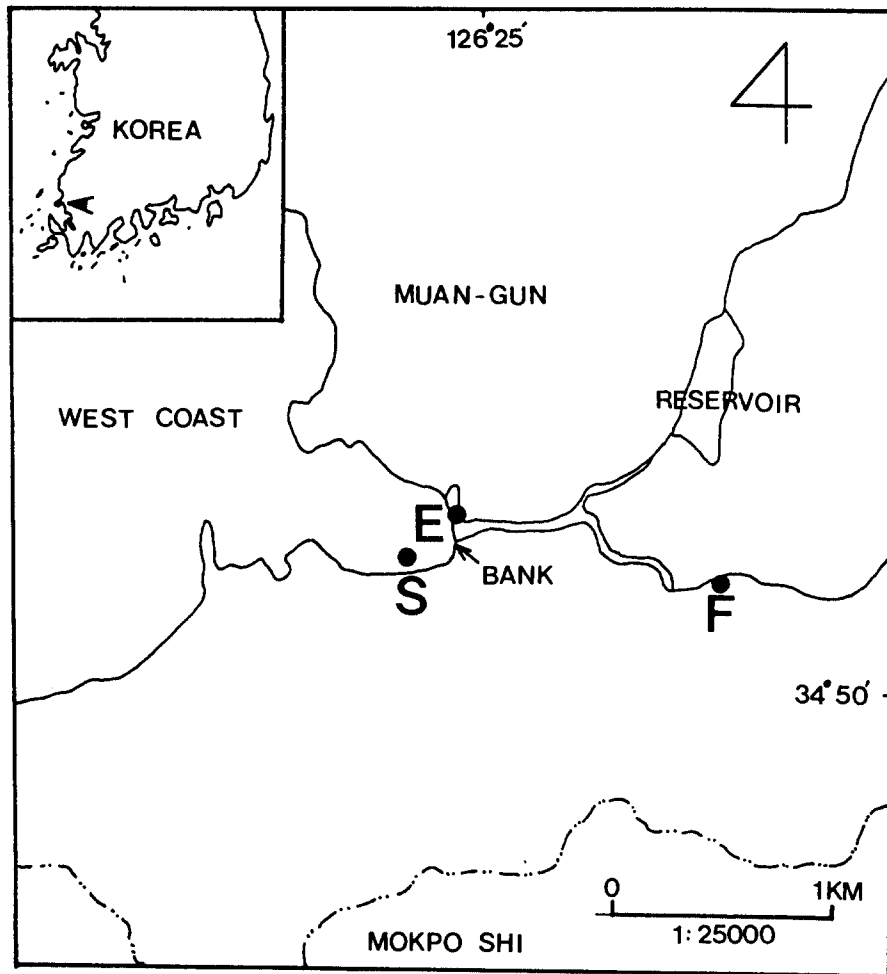


Fig. 1. A map showing seed collection sites.

* Abbreviation; S:Salt marsh, E:Estuary, F:Fresh water area

토양의 채취 및 분석

토양은 각 지역의 갈대개체군에서 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 정량하였다.

유기물 함량은 105℃로 48시간 건조시킨 토양의 무게와 600℃의 전기로에서 4시간 작열 시킨 무게의 차인 작열 소실량으로 계산하였다. 총 질소함량은 micro-kjeldahl법으로, 가용성 인량은

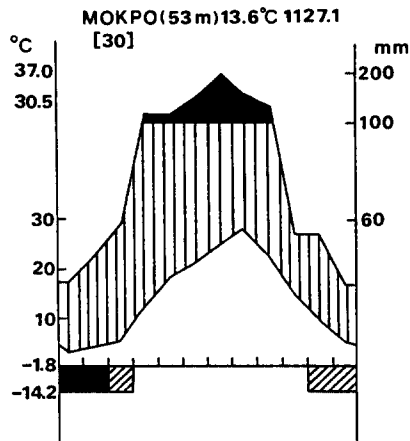


Fig. 2. The climate diagram map of Mokpo. This data was obtained from Mokpo Meteorological Station for 30 years from 1951 to 1980.

씩 파종한 후 증류수 10ml씩 가하였다. 발아실험은 온도 구배를 15℃, 20℃, 25℃ 및 30℃로 조절하고, 염분 농도구배는 각 조사지역의 토양 염분 농도와 유사하게 0.0%(대조구), 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 및 3.0%로 처리하여 25℃ incubator에서 각각 발아시켰다. 발아율은 매일 19시에 조사하여 계산하였으며, 5일 간격으로 3반복 실험을 실시하였다. 발아세는 Timson(1965)의 발아속도계수($\sum G/t; G$, 2일간의 발아율; t , 총발아 소요일수)를 적용했는데 본 실험에서 나타날 수 있는 최대수치는 50이며 수치가 높을수록 발아세가 강한 것을 의미한다.

단백질 패턴 및 함량 분석

전기영동에 필요한 시약의 제조와 시료의 준비는 Laemmli(1970)의 방법을 주로 사용하였으며, 단백질분석 재료의 채취는 25℃에서 48시간 발아시킨 유식물(길이 1.5cm내외) 1g에 Tris-HCl buffer(0.125M, pH 6.8) 1ml을 넣고 4℃ mortar에서 5분간 마쇄한 후 10,000xg로 20분간 원심분리시켜 상등액을 사용하였다. 단백질의 정량에는 Lowry 등(1951)의 방법을 이용하여 전기영동에 사용할 시료의 양을 결정하였으며, Gel은 12% polyacrylamide gel로 하였다. Stacking gel에서는 50V로 한시간, running gel에서는 100V로 4~5시간 행하였으며, 이 완충용액은 Tris-glycine 완충용액(pH 8.3)을 사용하였다. 전기영동이 끝난 gel은 0.25% coomassie blue액에서 8시간 염색한 후 탈색액(빙초산 5%, methanol 10%)에서 탈색시킨 후 10% 빙초산에 보관하였다. 단백질 밴드의 scanning은 Scanning Densitometer(HSI GS 300, U.S.A.)을 사용하였다.

시료 1g에 0.002N H₂SO₄용액 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.

채종 및 보관

종자는 토양의 염분농도가 다른 염습지, 기수 및 육수지역의 개체군에서 1990년 11월에 채종하여 종자를 선별한 후 지대에 넣어 4℃의 냉장고에 보관하여 실험에 사용하였다.

온도 및 염분농도에 대한 발아 실험

온도와 염분농도에 대한 발아실험을 위하여 증류수에 가라앉은 충실한 종자들을 선별하였다. 발아상은 패트리접시(15mm)에 여과지 두겹을 깔고 40립

결과 및 고찰

개체군간의 토양환경 비교

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

Site	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
Esturay	6.5	27.6	0.6	6.70	5.82	3.30	5.90	5.95
Fresh water	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

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

토양의 pH는 염습지지역의 갈대개체군이 7.2로 가장 높았으며, 기수와 육수지역은 비슷하였고, 수분함량은 염습지의 갈대개체군이 33.5%로 가장 높고, 육수와 기수지역이 비슷했다. 토양의 전기전도도(E.C.), 염소량 및 나트륨량은 염습지의 갈대개체군에서 각각 1.8mmho/cm, 17.61mg/g 및 16.80mg/g으로 모든 요인들이 높게 나타났고, 육수지역이 각각 0.1mmho/cm, 0.81mg/g 및 0.47mg/g으로 가장 낮게 나타났으며 지역간 큰 차이를 보이고 있다. 따라서 이러한 토양의 염분농도차이는 갈대개체군들의 생장특성에 많은 영향을 미쳤으리라 생각된다. 염습지의 전기전도도, 나트륨은 오와 임(1983)의 섬진강에서의 연구보다 높게 나타났으나, 기수지역은 유사하게 나타났다. 염습지의 염소함량은 김(1975)의 갈대군락연구 결과와 유사하였다. 총 질소함량은 3.30~3.34mg/g, 유기물 함량은 5.90~6.00%로 3개체군간에 차이가 없었다. 유효인량은 기수지역의 개체군이 5.95mg/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, 0.1mmho/cm, 0.77mg/g, 0.45mg/g, 3.32mg/g, 7.7% 및 6.01mg/100g으로 나타났다.

온도별 발아율

온도별 발아율(Fig. 3)은 25℃에서 세 지역의 종자들이 95% 이상으로 가장 높게 나타났으며, 해수와 기수의 종자는 20℃와 30℃에서 85%와 82.5%의 발아율로 비슷한 경향을 보였고, 15℃에서는 52.5%와 60.0%로 다른 온도에 비해 현저하게 감소하였다. 그러나 육수지역은 다른 두지역과는 달리 15℃와 20℃에서 55.0%와 60.0%로 발아율이 급격히 감소하는 경향을 보였다. 종자는 발아시 온도가 효소의 활성화에 많은 영향을 미치게 되는데(Amen 1968), 본 실험의 결과 발아율은 육수지역의 종자가 기수나 염습지지역의 것에 비해 낮은 온도에서 많은 차이를 보이고 있으며, 이러한 차이는 높은 온도보다 낮은 온도에서 효소의 활성화에 차이를 나타낸 결과로 생각된다.

Singh(1973)는 *Portulaca oleracea*를, Lee(1979)는 *Plantago asiatica*를, Lee(1991)는 *Taraxacum officinale*를, Kim(1991)은 *Robinia pseudo-acacia*를 각기 위도가 다른 지역에서 종자를 채종하여 발아습성을 비교하였다.

이 결과 발아습성에 많은 차이가 생겼는데 이러한 발아 습성의 차이는 서로 다른 온도 환경하에 장기간 적응한 결과라고 하였다. 본 실험에서도 토양의 염분농도가 다른 생육장소에서 장기간 생육한 결과 개체군간 온도에 대한 발아습성의 차를 나타낸 것으로 생각되며, 이러한 차이는 염습지, 기수 및 육수형으로 종내 변이가 진행되고 있는 증거로 생각된다.

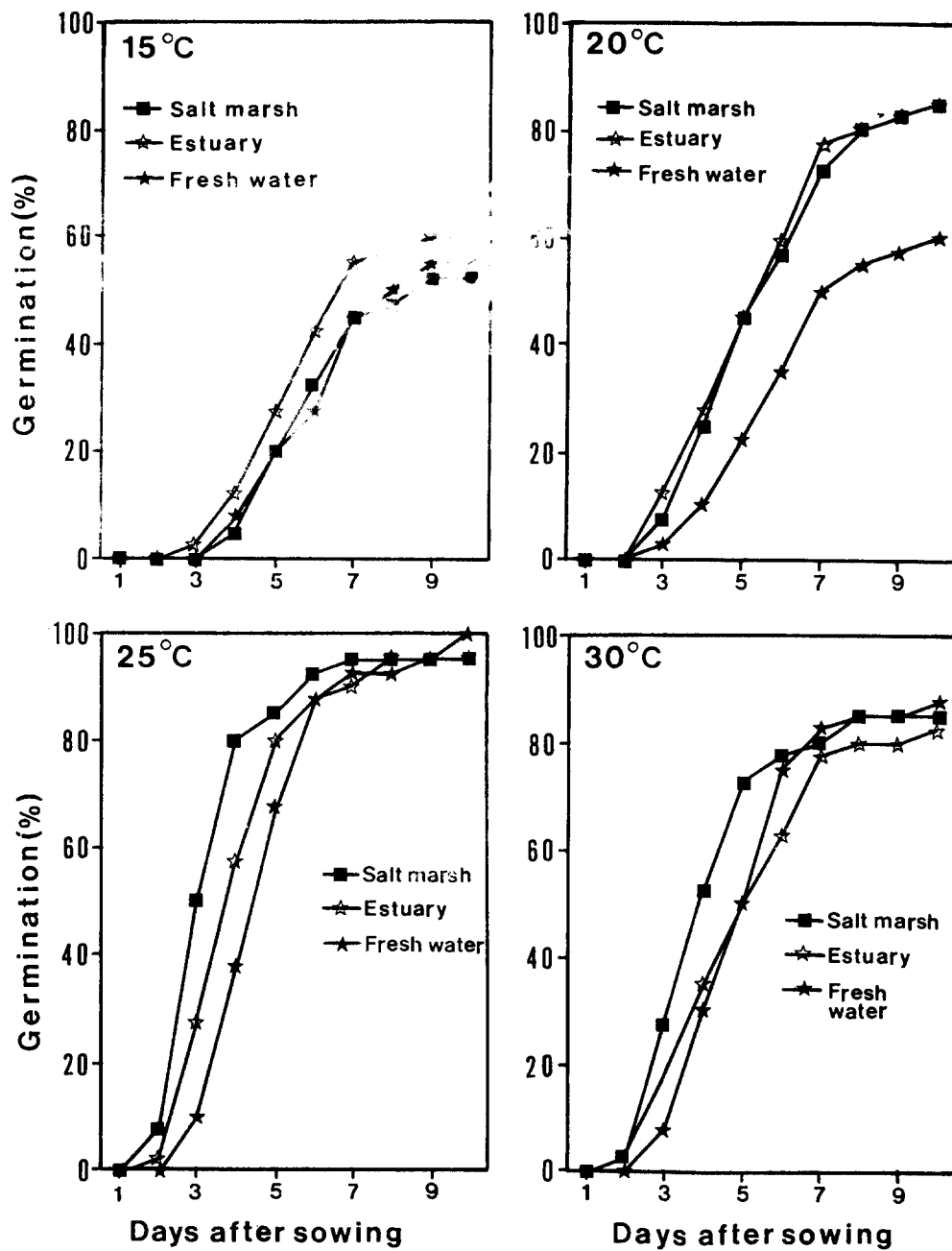


Fig. 3. Effects of 4-different temperatures on the germination rates of *Phragmites communis* Trin. seeds in 3 populations.

파종후 발아개시일은 모든 지역이 25℃와 30℃에서 2, 3일로 다른 온도에 비해 빠른 경향을 보였고, 다음으로 20℃ 그리고 15℃로 나타났다. 이와 같이 낮은 온도에서 발아개시일이 전체적으로 늦는 것도 효소의 활성이 낮아지기 때문인 것으로 생각된다(Amen 1968).

발아속도계수(Table 2)는 25℃에서 염습지, 기수, 육수지역의 순이었으며 모두 다른 온도구에 비해 가장 높은 수치를 보였고, 30℃에서도 염습지지역이 다른 두 지역에 비해 발아 속도계수가 높게 나타난 것으로 보아 이 개체군들이 짧은 시간내에 발아가 일어나는 것으로 생각된다.

Table 2. Index of germination velocity of *Phragmites communis* seed from various temperatures

Site	Temperature (°C)			
	15	20	25	30
Salt marsh	13.75	24.75	36.75	32.50
Estuary	17.25	25.25	33.75	26.25
Fresh water	14.00	16.00	31.75	27.75

염분농도별 발아

갈대개체군들의 염분농도별 발아율(Fig. 4)은 염습지, 기수 및 육수지역의 종자들이 대조구에서 파종 후 5일째에 각각 82.5, 90.0 및 82.5%로, 파종 후 10일째에 각각 95.0, 97.5 및 100%로 가장 높게 나타났으며 염분농도가 높아짐에 따라 발아율이 감소하여 3.0%의 염분농도에서는 파종 후 5일째에 염습지, 기수, 육수지역 별로 각각 20.0, 0.0 및 0.0%로, 파종 후 10일째에는 각각 30.0, 2.5 및 0.0%로 나타났다. 개체군들의 염분농도별 최종발아율(Fig. 5)은 0.0(대조구)에서 육수, 기수 및 염습지의 순으로, 0.5와 1.0%의 염분농도에서 기수, 염습지 및 육수 지역의 순으로 높게 나타났고, 1.5% 이상의 염분농도에서는 염습지, 기수 및 육수 지역의 순으로 개체군간의 차이가 뚜렷하게 나타났다.

특히 염습지지역의 개체군종자는 3.0%의 염분농도에서도 30%의 발아율을 보인 반면, 기수지역의 것은 염분농도 2.0%에서, 육수지역의 것은 1.5%에서 부터 급격히 떨어지고 3.0%에서는 발아하지 않았다. 이와 같이 갈대 개체군들은 지역간 염분농도에 대한 발아율의 차이가 크게 나타나고 있을 뿐만 아니라 각 생육지의 토양염분농도와 유사한 발아조건 즉, 염습지는 3.0%, 기수는 0.5%, 육수는 0.0%까지는 비교적 좋은 내성을 지니고 있는 것으로 보였다.

Macke와 Ungar(1971), 그리고 Waisel(1972)은 염분의 삼투효과로 인해 배(embryo)의 수분 흡수가 억제되기 때문에 종자의 발아가 억제된다고 하였으며, Chapman(1960), Seneca(1969), Kim(1982), 그리고 Ihm 등(1988)은 식물에 있어서 종자의 발아는 염생식물이라고 하더라도 염분조건에서 보다 대조구에서 발아가 촉진되며 발아율도 양호하다고 하였다. 본 실험의 결과 모든 개체군들이 높은 농도의 염분조건보다 대조구에서 95~100%로 높은 발아율을 보인 것은 위와 같은 이유인 것으로 생각된다.

Chatterton과 Mckell(1969)은 같은 종의 식물이라도 생육지역에 따라 종자발아는 NaCl에 대해 각기 다른 내성을 갖는다고 하였으며, Kim(1982)도 해안 염생식물도 종에 따라 염분에 대한 발아습성이 다르게 나타난다고 하였다. 또한 Lane과 Lyon(1966)은 *Festuca rubra*에서, Ungar(1962, 1977)는 *Salicornia europaea*에서 발아의 습성이 생육지의 생육상태에 따라 염분에 대한 내성이 달라진다고 보고하였다. Kingsbury등(1976)은 *Lasthenia glabrata*의 종자는 생육지의 염분농도에 따라 발아습성에 큰 차이가 있다고 하였다. 특히, Waisel과 Rechav(1971),

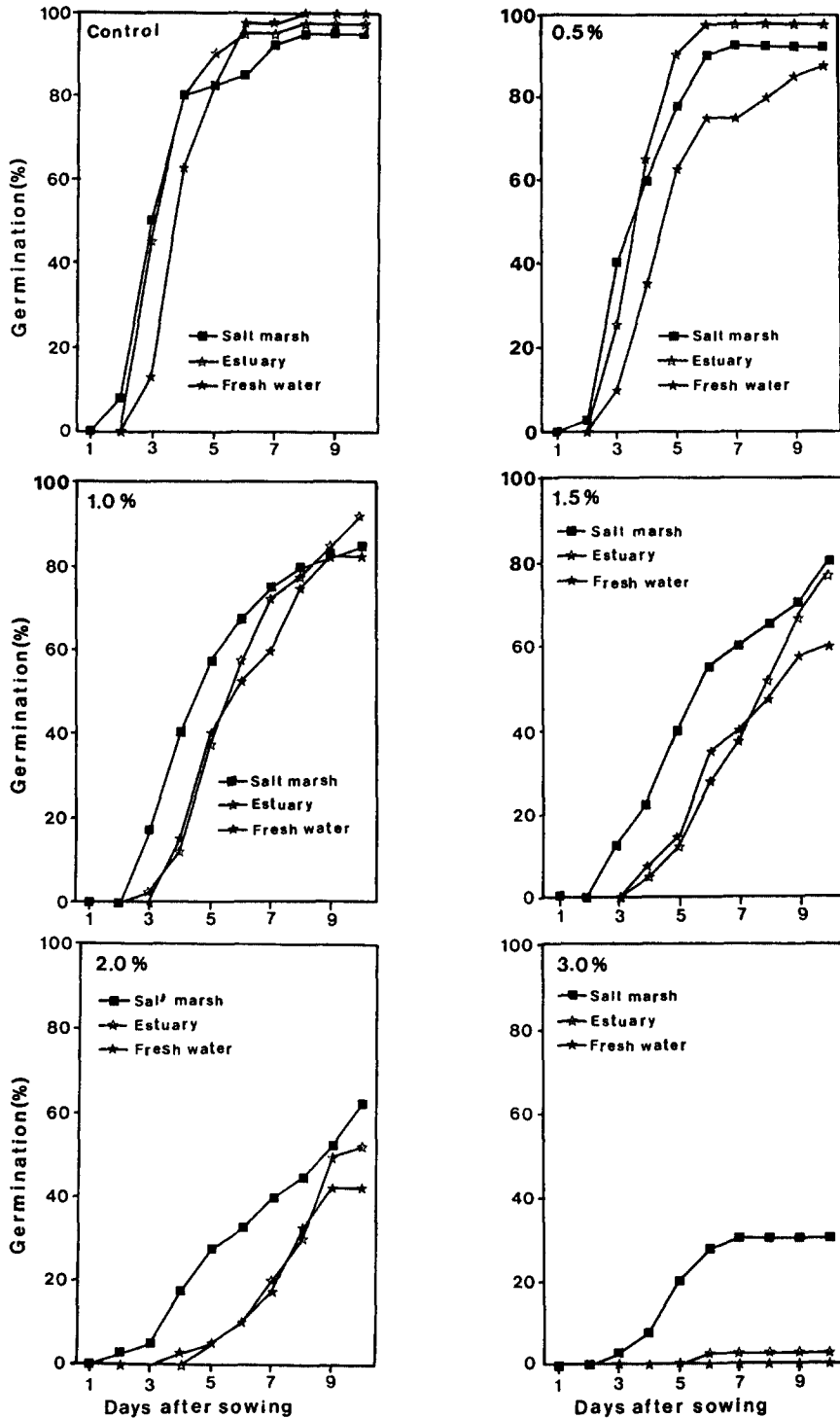


Fig. 4. Germination rates of *Phragmites communis* seeds in three populations after sowing according to salt contents.

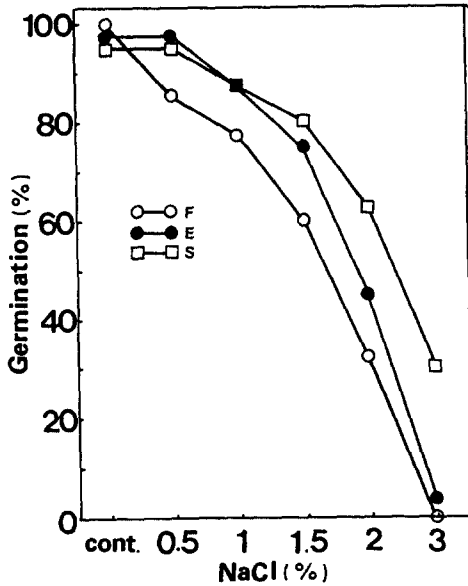


Fig. 5. Germination rates of *Phragmites communis* seeds in Salt marsh, estuary and fresh water populations on day 10 after sowing according to salt contents. S: Salt marsh, E: Estuary, F: Fresh water area

Waisel(1972)은 갈대의 경우 생육지가 다른 지역에서 장기간 생육하여 온 경우 염분농도에 대한 발아습성의 차이를 인정하였으며, 이를 중생식물형과 염생식물형으로 생태형을 분류한 바 있다. 본 실험의 결과도 이러한 현상을 나타내고 있으나, Waisel과 Rechav(1971) 및 Waisel(1972)이 보고한 두가지 생태형외에 기수지역형이 존재하고 있는 것으로 나타났다.

아울러 발아개시일은 염습지, 기수 및 육수 지역의 종자가 대조구와 0.5%의 염분 농도에서 각각 2, 3 및 3일째 부터, 1.0%의 염분농도에서 3, 3 및 4일째 부터, 1.5%의 염분농도에서 3, 4 및 4일째 부터, 2.0%의 것에서 3, 4 및 5일째 부터 시작되었고, 3.0%의 것에서 염습지와 기수의 종자는 3일과 6일에 시작되었으나 육수의 것은 발아하지 않았다. 이와 같이 모든 지역의 종자가 대조구에서 빨랐고, 염분농도가 증가됨에 따라서 점진적으로 느려졌으며, 지역 개체군간에는 염습지, 기수 및 육수 지역 순으로 빠르게 나타나 개체군들간에 차이를 보였다. 이는 동일 종이라도 생육지가 다른 개체군은 서로 다른 발아시기의 선택전략

을 갖는다고 하는 Inoue와 Washitani(1989)의 견해와 일치하는 것으로 생각된다.

발아속도계수(Table 3)는 대조구의 경우 염습지, 기수, 육수지역이 각각 36.25, 37.00, 36.00으로 유사하게 나타났으며, 염분 농도가 높아짐에 따라 각 개체군의 발아속도계수가 점진적으로 감소하여 3%의 염분농도에서는 염습지가 9.50, 기수지가 0.75, 육수지는 0.00으로 발아하지 않았다. 대조구와 0.5%에서는 기수지역이 가장 높았으며, 1.0% 이상에서는 해수지역의 수치가 높게 나타났고, 기수, 육수의 순으로 지역간 큰 차이를 나타내었다.

따라서 염분농도별 발아율, 발아개시일 및 발아세의 결과를 보면 육수형, 기수형 및 염습지형으로 뚜렷한 차이를 보였으며, 육수형과 해수형은 Waisel과 Rechav(1971), 및 Waisel(1972) 등이 보고한 2가지 형과 유사한 결과를 나타내었다.

Table 3. Index of germination velocity of *Phragmites communis* seed from various salinities

Site	Salinity (%)					
	Control	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
Salt marsh	36.25	34.00	27.25	22.25	15.75	9.50
Estuary	37.00	35.50	24.00	15.75	9.50	0.75
Fresh water	36.00	27.75	22.50	15.00	8.50	0.00

Seedling의 수용성 단백질의 전기영동 패턴분석

갈대 종자의 soluble protein은 생육지 토양환경에 따라 3개체군간에 단백질패턴에 큰 차이를 보였다(Table 4, Fig. 6). 각각의 개체군에서 특이하게 발현되는 단백질을 Densitometer를 사용해서 조사하였다(Fig. 7).

밴드의 특성을 보면 Table 4와 Fig. 6, 7에서와 같이 분자량은 각기 22,000~148,000 daltons으로 총 64개의 밴드가 분리되었고, 최고분자량은 148,989 dalton이었으며, 최저분자량은 22,186

Table 4. Band patterns of seedling protein of *Phragmites communis* separated by SDS-PAGE

Band No.	Molecular weight (daltons)	Locality			Band No.	Molecular weight (daltons)	Locality		
		F	E	S			F	E	S
1	148989	o	o	o	33	49369	o	o	o
2	132110	o	o	o	34	48489	o	o	o
3	115231	o	o	o	35	47716	o	o	o
4	105358	o	o	o	36	45534	o	-	-
5	98352	o	o	o	37	45257	o	o	o
6	88479	o	o	o	38	43532	o	-	o
7	84725	o	o	o	39	42899	o	o	o
8	81474	o	o	o	40	41681	o	o	o
9	78606	o	o	o	41	41152	o	o	o
10	77034	o	o	o	42	40521	o	o	o
11	76040	o	o	o	43	39962	o	o	o
12	73719	o	o	o	44	38879	o	o	o
13	71600	o	o	o	45	37995	o	o	o
14	70802	o	o	o	46	37742	o	o	-
15	68913	o	o	o	47	36271	-	o	-
16	67160	o	o	o	48	35894	o	o	o
17	65212	o	o	o	49	34975	o	o	o
18	64595	o	o	o	50	34264	-	-	o
19	62274	o	o	o	51	31611	o	-	o
20	61863	o	o	o	52	30723	o	o	o
21	59653	o	o	o	53	30273	o	o	o
22	59161	o	o	o	54	30051	o	o	o
23	58560	o	o	o	55	27868	o	o	o
24	57628	o	o	o	56	26975	o	o	o
25	56078	o	o	o	57	26271	o	o	o
26	55652	o	o	o	58	26020	o	o	o
27	55131	o	o	o	59	25587	o	o	o
28	53730	o	o	o	60	25465	o	o	o
29	52772	o	o	o	61	24773	o	o	o
30	51853	o	o	o	62	24100	o	o	o
31	51318	o	o	o	63	23671	o	o	o
32	49863	o	o	o	64	22186	o	o	o

o : detected, - : nondetected

Abbreviation: S:Salt march, E:Estuary, F:Fresh water area

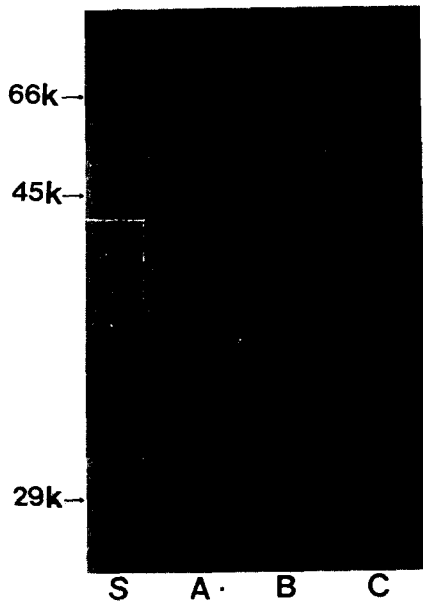


Fig. 6. Photograph of SDS-PAGE pattern of soluble proteins extracted from *Phragmites communis* seedlings of 3 area populations.

*S: Standard, A: Fresh water,
B: Estuary, C: Salt marsh

이 자주 이용되고 있는데, Dass(1972)는 서로 다른 생육지에서 자라고 있는 *Avena*속의 종 사이에서, 그리고 Craig 등(1974)은 *A. canariensis*에서, Lee(1977)는 대두의 품종간에서, Bang(1984)은 한국산 호밀에서, Kim(1991)은 아까시아나무의 개체군에서 서로 다른 단백질패턴이 나타남을 인정하였다. Shea 등(1975)은 *Spartina alterniflora*가 생태종간에는 생화학적인 변이를 보인다고 하였으며, Van Tienderen(1991a, 1991b)은 서로 다른 3지역의 생육지에서 생육하고 있는 *Plantago lanceolata*의 단백질 밴드의 패턴을 조사한 결과 지역적으로 적응하였다고 보고하였다. 본 연구의 결과도 토양환경이 서로 다른 생육지에서 생육한 갈대 개체군간에 발현되는 단백질의 종류와 양에 뚜렷한 차이가 있었다. 이는 위의 연구들과 같이 환경에 적응된 단백질 변이의 결과라고 생각되며, 이러한 결과는 유전적인 변이의 결과로도 볼 수 있다.

한편, 갈대개체군을 Waisel과 Rechav(1971), Waisel(1972)은 생리생태적인 측면에서, Dykyjova(1971), Dykyjova와 Pazourkova(1979)는 형태와 염색체의 배수체 형성의 측면에서 조사하여 중생식물형과 염생식물형으로 보고한 바 있다. 그러나 본 실험에서와 같이 갈대개체군들은 염습지에 생육하는 염습지형, 기수지역에 생육하는 기수형 및 육수지역에 생육하는 육수형으로 생리생태적 및 유전적인 측면에서 생태형적인 종내 변이가 이루어진 것으로 생각된다.

dalton이었다. 밴드의 수는 염습지 지역이 61개, 기수지역이 60개 및 육수지역이 62개로 생육지에 따라 개체군간에 차이를 보였다. 밴드의 구성차를 보면 분자량이 47KDa 이하인 6개의 단백질이 개체군에 따라 특이하게 발현되었다. 즉, 분자량이 43,532와 31,611 dalton인 단백질이 육수와 염습지 개체군에서, 분자량이 37,742 dalton의 단백질이 육수와 기수 개체군에서, 분자량이 45,534 dalton의 단백질이 육수 개체군에서, 분자량이 36,271 dalton의 단백질이 기수 개체군에서, 분자량이 34,264 dalton의 단백질이 염습지 개체군에서 발현되었다.

또한, 밴드 번호 13~18, 21, 23, 34, 37, 46, 48 및 49번인 단백질들이 발현되는 양에 있어 개체군에 따라 다르게 나타났다.

모든 유식물들의 수용성 단백질은 염색체내의 많은 유전자들의 발현 결과 형성된 결합물들이다. 따라서 본 실험과 같이 토양환경이 다른 생육지에서 생육된 개체군에서 종자들을 채종하여 실시한 전기영동상의 패턴 차이는 이들 개체군간에 유전적인 변이로 인한 생태형적인 종형성이 이루어지고 있음을 의미한다(Shibata 1985).

따라서 종분화에 관한 연구목적으로 이러한 방법

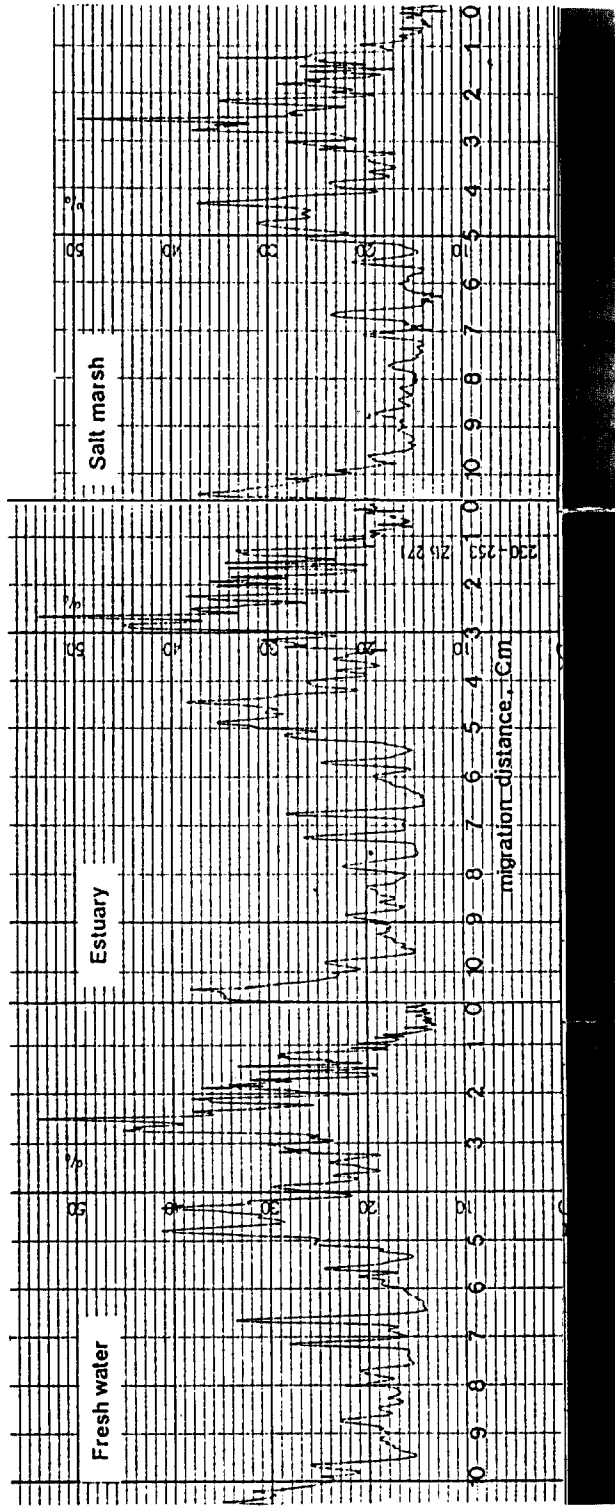


Fig. 7. Densitometric scans on protein bands of *Phragmites communis* seedlings by SDS-PAGE of 3 area populations

摘 要

본 연구는 갈대(*Phragmites communis* Trin.)의 생태형적 변이를 조사하기 위해 1990년 3월 부터 1992년 10월 까지 한반도 서남해안에 위치한 무안반도에서 토양 염분농도가 다른 염습지, 기수 및 육수지역의 갈대 개체군에서 종자를 채종하여 발아율, 발아세 및 유묘의 단백질 패턴 등을 조사하였다.

온도별 갈대개체군의 발아율은 25℃에서 기수와 육수지역이 100%, 염습지지역이 95%로 가장 발아율이 높았으며 염습지와 기수는 20℃와 30℃에서 비슷한 경향을 보였고 15℃에서 감소하였다. 발아 개시일은 모든 개체군이 25℃와 30℃에서 빠른 경향을 보였고 20℃, 15℃의 순으로 지연되었다. 발아 속도계수는 25℃에서 염습지가 36.75로 가장 높게 나타났으며, 기수, 육수지역의 순이었다.

발아상에 있어서 염분농도별 각 개체군 간의 발아율은 3.0%의 염분농도에서 염습지의 경우 30%(파종 10일 후)로 감소하였으며 기수지역은 2.5%, 육수지역은 전혀 발아하지 않았다. 염분농도별 발아 개시일은 발아상의 염분농도가 증가함에 따라 염습지, 기수지역, 육수지역의 순으로 염습지지역이 가장 빨랐다. 발아세도 대조구에서 가장 높게 나타났으며 발아상의 염분농도가 0.5%에서 3.0%로 높아짐에 따라 개체군별로 점점 감소하여 염습지가 3.0%의 염분농도에서 9.50, 기수지역이 0.75, 육수지역은 0으로 나타났다.

유묘의 수용성 단백질의 패턴은 SDS page법에 따라 분석하였다. 전기영동 결과 개체군들간 발현되는 단백질의 종류와 양이 뚜렷한 차이를 보였다.

이상의 결과 한반도의 해안과 내륙에 분포하는 갈대개체군들의 생육지의 토양 염분농도에 따라 염습지형, 기수형 및 육수형으로 생태형적 변이가 이루어진 것으로 생각된다.

인용문헌

- Amen, R.D. 1968. A model of seed dormancy. Bot. Rev. 34(1):1-31.
- Bang, J.W. 1984. Cytogenetic studies on Korea variety of Rye(*Secale cereal* L.). Ph.D. thesis. Seoul Univ.
- Chapman, V.J. 1960. Salt marshes and salt deserts of the World. Leonard Hill, London, 392pp.
- Chatterton, N.J. and C.M. Mckell. 1969. Germination and growth as affected by sodium chloride in water cultures. Agron. Journal 61:448-450.
- Clary, W.P. 1975. Ecotypic adaptation in *Sintanion hystrix*. Ecology 56:1407-1415.
- Clausen, J., D.D. Keck and W.M. Hiesey. 1947. Heredity of geographically and ecologically isolated races. Amer. Natur 81:114-133.
- Cooper, A. 1975. The vegetation of carboniferous limestone soil in south Wales. Ecotypic adaptation in response to calcium and magnesium. J. Ecol. 147-155.
- Craig, I.L., B.E. Murray and T. Rajhathy. 1974. *Avena canariensis*: Morphological and electrophoretic polymorphism and relationship to the *A. magna*-*A. Murphyi* complex

- and *A. sterilis*. Can. J. Genet. Cytol. 16:677-689.
- Dykyjova, D. 1971. Ecomorphs 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 micromate 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.
- Haslam, S.M. 1970. Variation of population type in *Phragmites communis* Trin. Ann. Bot. 34:97-117.
- Ihm, B.S. 1988. The germination rate of two halophytes under saline condition. J. Basic Sci. 6(1):141-146. Mokpo Nat. University.
- Inoue, K. and I. Washitani. 1989. Geographical variation in thermal germination responses in *Campanula punctata* Lam. Plant Species Biol. 4:69-74.
- 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.
- Kapoor, P. and P.S. Ramakrishnan. 1974. Soil factors influencing the distribution of ecotype populations in *Echinochloa colonum*(L.) Link (Gramineae). Bot. J.Lim. Soc. 69:65-78.
- 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. 1982. A study on the germination and salinity tolerance of plant seeds. Mokpo Univ. thesis, 4:449-460.
- Kingsbury, R.W., A. Radlow, P.J. Mudie, J. Rutherford and R. Radlow. 1976. Salt stress responses in *Lasthenia glabrata* a winter annual Compositae endemic to saline soils. Can. J. Bot. 54:1377-1385.
- Korea meteorological service. 1985. Climatic summary of Korea. Seoul, Republic of Korea.
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature 227:680-685.
- Lane, I.R. and G.D. Lyon. 1966. Differential response to salt within the species *Festuca rubra*. B. Sc. thesis. Univ. Wales.
- 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. 1991. Geographical variation in germination response on *Taraxacum officinale* Weber seed by distribution area. J. Basic Science(Kon-Kuk Univ.) 16:75-84.
- Lowry, O.H., N.J. Rosenbrugh, A.L. Farr and R.J. Fandally. 1951. Protein measurement

- with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:265-275.
- Macke, A.J. and I.A. Ungar. 1971. The effects of salinity on germination and early growth of *Puccinellia nuttalliana*. *Can. J. Bot.* 49:515-520.
- Nakayama, K. 1975. Variation in *Fagopyrum esculentum* M. Her. 29:64-68.
- Ramakrishnan, P.S. and U. Gupta. 1973. Nitrogen, Phosphorus and potassium nutrition of edaphic ecotypes in *Cynodon dactylon*(L.) Pers. *Ann. Bot.* 37:885-894.
- Schiller, V.W. 1974. Vdrsuche zur kupferresistenz bei Schwermetall Okotypen von *Silene cucubalus* Wieb. *Flora*, Bd. 163:327-341.
- Seneca, E.D. 1969. Germination response to temperature and salinity of four dune grasses from the outer banks of North Carolina. *Ecology* 50:45-53.
- Shea, M.L., R.S. Warren and W.A. Niering. 1975. Biochemical and transplantation studies of the growth form of *Spartina alterniflora* on Connecticut salt marshes. *Ecology* 56:461-466.
- Silberbush, M., Y. Waisel and U. Kafkafi. 1981. The role of soil phosphorus in differentiation of edaphic ecotypes in *Aegilops peregrina*. *Oecologia* 49:419-424.
- Singh, K.P. 1973. Effect of temperature and light on seed germination of two ecotypes of *Portulaca oleracea* L. *New Phytol.* 72:289-295.
- Takano, H. and N. Naruhashi. 1983. Morphological variations of 15 populations of the *Rubus microphyllus* group in central Japan. *T. Phyto. & Taxo.* 31:97-102.
- Timson, J. 1965. New methods of recording germination data. *Nature* 207:216-217.
- Turesson, G. 1922. The genotypic response of the plant species to the habitat. *Hereditas* 3:211-350.
- Ungar, I.A. 1962. Influence of salinity on seed germination in succulent halophytes. *Ecology* 43:763-764.
- Ungar, I.A. 1977. Salinity, temperature and growth regulator effects on seed germination of *Salicornia europaea* L. *Aquatic Botany* 3:329-335.
- Urbatch, L.E. 1973. A study of ecotypes in *Vernonia gigantea*(Compositae). *Trans. Nebr. Acad. Sci.* 2:182-189.
- Van Tienderen, P.H. and Van der Toorn. 1991a. Genetic differentiation between populations of *Plantago lanceolata*. I. Local adaptation in three contrasting habitats. *Journal Ecology* 79:27-42.
- Van Tienderen, P.H. and Van der Toorn. 1991b. Genetic differentiation between populations of *Plantago lanceolata*. II. Phenotypic selection in a transplant experiment in three contrasting habitats. *Journal Ecology* 79:27-42.
- Waisel, Y. and Y. Rechav. 1971. Ecotypic differentiation in *Phragmites communis* Trin. *Hydrobiologia* 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.