

염분농도에 따른 나문재, 해홍나물, 퉁퉁마디의 성장반응

남유경 · 백정애 · 장매희*

서울여자대학교 원예조경학과

Effects of Different NaCl Concentrations on the Growth of *Suaeda asparagoides*, *Suaeda maritima*, and *Salicornia herbacea*

Yu-Kyeong Nam, Jung-Ae Baik, and Mae-Hee Chiang*

Department of Horticulture & Landscape, Seoul Women's University, 126 Kongnung 2-Dong, Nowon-Gu, Seoul 139-774

To investigate the effect of NaCl concentration on plant growth in three halophytes, *Suaeda asparagoides*, *Suaeda maritima*, and *Salicornia herbacea*, and to select afforestation species for reclaimed land along the shore, this experiment was conducted by ebb and flow system added fertilize of 1/2 Hoagland solution and halophytes were cultured for 4 month treated by 0, 50, 200, 400 mM NaCl, respectively. The shoot height was increased with 0 and 50 mM NaCl treatment of *Suaeda asparagoides* and *Suaeda maritima* and decreased with 200, 400 mM NaCl treatment, whereas them of *Salicornia herbacea* was increased by 200 mM NaCl treatment. The higher NaCl concentrations, the lower fresh and dry weight in *Suaeda asparagoides*. In case *Suaeda maritima* and *Salicornia herbacea*, fresh and dry weight was increased by 200 mM NaCl treatment. The higher NaCl concentrations, the lower chlorophyll contents in shoot of all treatment. The proline contents of 400 mM treatment in *Suaeda maritima* was higher than them of other treatments. The shoot water potential was generally lower in 50mM as compared to the control in *Suaeda asparagoides*, *Suaeda maritima*, significantly.

Key words: Halophyte, Water potential, Salt tolerance

서 언

생육기반이 되는 토양조건이 불량한 녹화대상지에서는 식물의 토질 적응성, 내건성, 내습성, 내염성 등의 특성이 녹화공사의 성패를 결정짓는 요인이 되므로, 녹화식물의 이러한 내환경성에 관한 연구는 중요한 의미를 갖는다(Yoo et al., 1990).

염생식물이 주로 분포하는 해안은 육상과 해양의 물리적, 화학적 및 생물학적 요인이 복잡하게 얽혀있고, 조수간만에 의하여 시간과 공간적으로 환경의 변화가 심하며 토양의 높은 염분농도로 인하여 식물의 분포가 제한되는 독특한 지역이다(Yang, 1999). 과거 우리나라 해안염습지는 해안으로부터 육지쪽으로 칠면초, 퉁퉁마디, 갯개미취 등이 대상분포하여 해안염습지를 붉게 물들임으로써 심미적 가치를 불러 일으켰다. 그러나 이제는 염생식물이 분포할 수 있는 고위 해안염습지는 대규모 간척사업에 의하여 대부분 파괴되어 염생식물의 대상분포지역이 현저히 줄어들게 되었다.

세계 선진 각국은 인공습지 조성 및 해안염습지 복원 사업으로 해안염습지의 녹화사업을 벌여 관광수입을 높이고 있는데 반하여 국내는 염습지의 경관적 가치에 대한 이해부족으로 파괴되는 해안염습지에 대한 복원대책이 전무한 상태이다(Ihm & Lee, 1998).

따라서 염생식물에 의해 창출되는 독특한 경관특성을 활용할 수 있는 방안으로 식물종별 염농도에 따른 생육반응을 조사하여 염생식물 분포지역을 해안생태 학습지로의 개발함에 있어서 기초자료를 제공하고 식물원에 염생식물관을 조성하여 식물종의 다양성을 높이고 해안생태 교육장으로서 기능을 부여하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

식물종의 선정 해안염습지를 붉게 물들여 특이한 경관을 연출하여 심미적 가치를 높이는 나문재와 퉁퉁마디, 해홍나물을 연구소재로 선정하였다(Kim and Song, 1983). 나문재(*Suaeda asparagoides*)와 해홍나물(*S. maritima*)은 명아주과의 1년생 초본으로서 갯벌이나 해변, 해안사구, 내륙의 염지, 폐염전 등에 서식하

접수 : 2007. 8. 2 수리 : 2007. 9. 20
*연락처 : Phone: +82112492536,
E-mail: mhchiang@swu.ac.kr

는 엽생식물이다. 5월이전에 채취하여 식용할 수 있다. 특히 나문재는 단백질, 지방 등의 필수 영양소와 무기질, 인, 칼슘 철 등의 미량원소 그리고 비타민 A₁, B₁, B₂, C 등 많은 영양소가 고루 들어 있으므로 건강식품이나 민간약초로도 쓰인다. 상기 식물과 같이 엽분이 많은 곳에서 생육하는 통통마디(*Salicornia herbacea*)는 한약명이 함초로서 몸속에 있는 지방질을 분해하여 몸밖으로 내보내게 되므로 비만증 치료에 도움이 된다고 한다. 따라서 최근에 함초를 인공재배하여 고소득을 올리는 농가도 출현하고 있으며 다이어트식품으로 개발하여 상품화될 정도로 이용가치가 높은 식물이다(Jo et al., 2002).

자생식물채취 공시재료는 2007년 6월에 강화군 석모도의 폐염지에서 자생하고 있는 나문재와 해홍나물의 초장은 15 cm 내외, 통통마디는 10 cm 내외인 균일한 것을 채취하여 ice box에서 밀봉처리 후 서울여대 온실로 이송하였다.

Ebb & flow 시스템 식물종별로 직경 5 inch인 플라스틱 화분에 1 inch 크기의 난석을 매질로 하여 1 주씩 엽처리별 15개체를 이식하였다. 비닐온실에 170 × 100 × 6 cm 크기의 알루미늄과 플라스틱으로 구성된 베드를 제작하였다. 290 W 전기펌프를 이용하여 10분간격으로 엽처리된 배양액을 4개월간 순환시켰으며 급격한 pH와 EC의 변화를 방지하기 위하여 일주일 간격으로 교체하였다. 이때 pH는 5.5~6.0으로 맞추어 배양액을 조성하였다. 배양액의 조성은 1/2 Hoagland's solution을 공급하였고 조성은 Table 1과 같다. 엽분처리는 NaCl을 이용하여 농도를 0, 50, 200, 400 mM로 달리 처리하였다.

엽분농도에 따른 생장반응 생육조사는 초장과 근장, 생체중, 건물중, 분지수 등을 측정하였다. 생체중과 건물중은 지상부와 지하부로 나누어 측정하였으

며 건물중은 70°C 건조기에서 3일간 처리하여 측정하였다.

엽분농도별 잎의 엽록소 함량을 측정하기 위하여 지상부 중간부위의 잎 0.5 g을 채취하여 DMSO에 침지시켜 상온에서 24시간 방치한 후 추출액을 분광광도계를 이용하여 645와 663 nm에서 흡광도를 측정하여 Wellburn법으로 측정하였다. 프롤린함량은 Chinard 법에 따라 520 nm에서 흡광도를 측정하여 L-프롤린 표준용액의 흡광도와 비교하여 정량하였다.

결과 및 고찰

생장특성 Ebb and flow 시스템을 이용한 3종의 엽생식물의 NaCl 농도를 달리 처리한 결과 생육반응은 식물종별과 농도별로 달리 나타났다(Table 2). 나문재와 해홍나물은 0과 50 mM에서 초장이 제일 길고 그 이상의 엽농도에서 감소였는데 이는 식물이 엽스트레스에 직면했을 때 줄기나 뿌리의 감소, 초장, 생체중 및 건물중의 감소 등이 나타난다는 보고와 유사한 결과를 보였다(Lee et al., 1998). 그러나 통통마디는 200 mM까지 농도가 증가할 수록 초장이 증가하였으며 근장도 비슷한 결과를 나타냈다. 그러나 분지수는 일관성이 없었다. 생체중도 유사한 경향을 나타냈는데 나문재와 해홍나물은 200 mM까지 엽농도에 관계없이 일정하게 유지하다가 400 mM에서 급격히 감소하였으나 통통마디에서는 200 mM까지 증가하다 400 mM에서 0 mM과 유사한 결과를 나타내어서 다른 종에 비해 고염도 조건에서 생육이 우수한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 고염조건에서는 광합성량의 감소 때문에 생장이 저조하다 저염조건에서는 체내의 삼투포텐셜을 낮추어 수분흡수를 용이하게 하는 적응능력을 가지고 있기 때문인 것으로 여겨진다. Ihm & Lee(1986)도 통통마디는 생육기간 중 일정한 수분상태를 유지하기 때문에 내염의 범위가 넓다고 한 것과 일치한다

Table 1. Composition of Hoagland solution.

	Ingredient	Concentration in stock solution	Content/L
Macro nutrient	KH ₂ PO ₄	1.00 M	1 mL
	KNO ₃	1.00 M	5 mL
	Ca(NO ₃) ₂	1.00 M	5 mL
	MgSO ₄	1.00 M	2 mL
Micro nutrient	H ₃ BO ₃	2.86 g/L	1 mL
	MnCl ₂ ·4H ₂ O	1.81 g/L	1 mL
	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22 g/L	1 mL
	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.08 g/L	1 mL
	H ₂ MoO ₄ ·H ₂ O	0.02 g/L	1 mL
	Fe-EDTA	6.00 g/L	1 mL

Table 2. Effects of different NaCl concentrations on the growth of *Suaeda asparagoides* (SA), *S. maritima* (SM), and *Salicornia herbacea* (SH).

Species	NaCl (mM)	Part	D.W.	F.W.	D.W./F.W	Plant height(cm)	No. of branch	Root length (cm)
SA	0	top	3.93±0.16	28.60±1.19	0.14	49.00±2.45	12.33	30.00
		root	1.03±0.10	6.43±0.55	0.16			
	50	top	3.48±0.67	28.67±4.63	0.12	47.33±2.73	10	17.00
		root	0.71±0.17	5.23±1.12	0.13			
	200	top	2.95±0.17	23.11±0.49	0.13	34.33±1.33	10	17.00
		root	0.92±0.03	5.76±0.14	0.16			
	400	top	1.51±0.23	9.97±0.92	0.15	32.33±2.96	5.33	20.00
		root	0.16±0.01	1.22±0.23	0.14			
SM	0	top	2.15±0.45	18.97±3.68	0.11	39.33±1.76	15.33	19.67
		root	0.65±0.11	3.83±0.45	0.17			
	50	top	2.76±0.44	19.92±2.07	0.14	41.67±2.33	18.00	19.00
		root	1.03±0.17	4.77±0.35	0.22			
	200	top	2.23±0.40	19.44±3.20	0.11	34.67±2.33	14.67	15.00
		root	0.69±0.19	3.84±1.36	0.19			
	400	top	1.34±0.36	9.92±2.16	0.13	28.00±2.31	5.00	19.00
		root	0.23±0.07	1.76±0.65	0.14			
SH	0	top	0.60±0.25	4.06±1.00	0.14	24.67±0.88	4.67	13.00
		root	0.07±0.03	0.42±0.14	0.15			
	50	top	1.76±0.40	17.91±3.53	0.10	31.00±2.08	7.67	13.33
		root	0.15±0.02	1.27±0.02	0.12			
	200	top	1.80±0.51	18.45±4.89	0.10	29.67±1.67	6.33	17.00
		root	0.24±0.03	1.58±0.61	0.18			
	400	top	0.64±0.19	5.76±0.60	0.11	24.33±2.40	4.00	13.00
		root	0.09±0.02	0.41±0.10	0.21			

엽록소 함량 엽록소함량은 종에 관계없이 염농도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈으나 감소폭은 식물종별로 다르게 나타났다. 0과 50 mM 조건에서 나문재와 해홍나물은 처리간 유의성이 없었으나 고농도에서의 감소폭은 나문재가 높았으나 해홍나물은 낮아서 저염조건에서의 함량과 유의성은 없었으며 통통마디는 염분농도가 증가함에 따라 비례적으로 유의성 있게 감소하였는데(Fig. 1) 통통마디가 염의 농도가 증가할수록 엽록소의 함량이 감소하며, 이는 고

염도에서 과량의 Na⁺, Cl⁻ 흡수는 엽록소의 구성분인 Mg⁺⁺의 흡수를 저해시켜 엽록소합성이 저해되므로 엽록소 함량이 감소된다고 한 연구보고와 같은 경향을 나타냈다(Kim et al., 2002).

Proline 함량 높은 염농도에서 자라는 식물이 낮은 수분포텐셜을 나타내는 토양에서 수분을 흡수하기 위

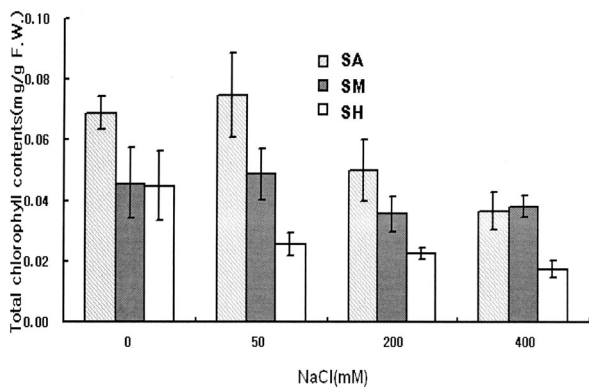


Fig. 1. Effects of different NaCl concentrations on total chlorophyll contents of *Suaeda asparagoides*(SA), *S. maritima*(SM), and *Salicornia herbacea*(SH).

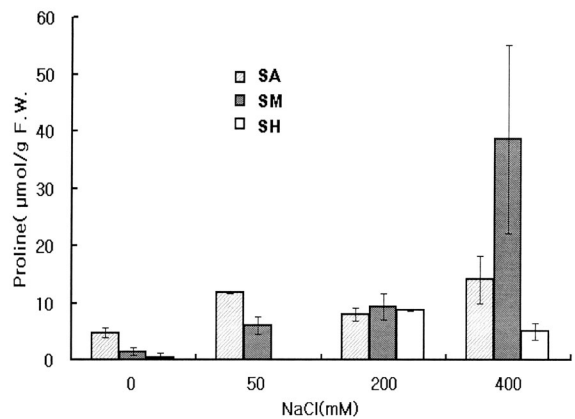


Fig. 2. Effects of different NaCl concentrations on proline content of *Suaeda asparagoides*(SA), *S. maritima*(SM), and *Salicornia herbacea*(SH).

해서는 토양보다 더 낮은 수분포텐셜을 가져야하므로 체내에 유기용질이나 무기용질 등을 축적하게 된다. 이 중에서 프롤린은 식물이 염스트레스와 수분스트레스를 받을 때 증가하는 아미노산의 일종으로 많은 연구자들에 의해 구명되었는데(Kim et al., 2004) 본 실험에서도 처리농도가 높아질수록 함량이 증가됨을 보여 기존의 보고와 동일한 경향을 나타냈다(Lee et al., 1998). 나문재는 50 mM, 해홍나물은 400 mM, 통통마디는 200 mM에서 각각 급격한 함량증가가 측정되었는데(Fig. 2) 이들 식물들에서 체내 방어기작으로 프롤린함성이 증가하여 수분포텐셜을 조절하는 osmoticum의 작용하는 것으로 사료된다(Binzel et al., 1985).

Water potential 염분농도에 따른 water potential은 염생식물 종류에 상관없이 NaCl 무처리구에서 -20 bar를 나타냈으나 50 mM에서는 모두 감소하였다(Fig. 3). 그러나 식물종류별 감소폭은 통통마디에서 제일 작은 나타났다. 식물종류별 감소폭은 서로 상이하여 통통마디에서 감소폭이 제일 적게 나타났다. Koyro(2006)도 염생식물이 *Plantago coronopus*의 염농도에 의한 잎의 water potential이 일반적으로 대조구에서 높은 경향을 보였다고 하였으며 이러한 결과는 삼투조절물질인 proline 함량과도 비슷한 결과로서 통통마디는 3종에서 내염성이 가장 높기 때문에서 salt stress에 민감하게 반응하지 않는 것으로 사료된다.

따라서 나문재와 해홍나물은 NaCl 200 mM 까지 생육이 무처리구와 유사하여 담수조건에서의 생육에는 큰 지장이 없을 것으로 여겨지나 통통마디는 200 mM까지 농도가 증가할수록 생육이 양호한 것으로 나타나서 최대의 성장을 하기 위하여 상당량의 염분을 요구하는 것으로 보인다. 이상의 결과에서 수경재배와 적정의 염분농도 처리에 따른 종별 생육이 가능

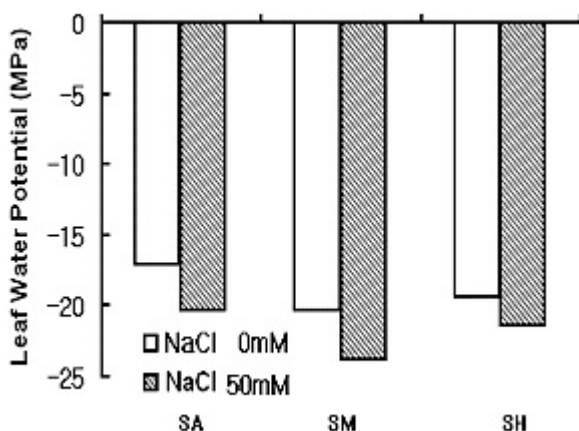


Fig. 3. Effects of different NaCl concentrations on water potential of *Suaeda asparagoides*(SA), *S. maritima*(SM), and *Salicornia herbacea*(SH).

하여 내륙에서의 재배 및 다양한 용도로서 이용 범위가 넓은 유용한 식물자원으로 활용할 수 있을 것이다.

적 요

해안지대에 서식하는 염생식물인 명아주과의 나문재와 해홍나물, 통통마디의 염분농도에 따른 생육반응을 조사하여 해안간척지의 녹화용 소재 선별 실험을 ebb & flow system의 양액재배를 이용하여 수행하였다. 배양액은 1/2의 Hoagland 액을 이용하였고 염처리하는 NaCl 농도를 0, 50, 200, 400 mM로 처리하여 4개월간 재배하였다. 초장은 나문재와 해홍나물의 경우 0과 50 mM에서 높게 나타났고 그 이상의 NaCl 농도에서 감소하였으나 통통마디에서는 200mM까지 증가하였다. 생체중과 건물중은 나문재의 경우 NaCl농도 증가에 따라 감소하였으나 해홍나물과 통통마디의 경우 200 mM까지 증가하였다. 엽록소 함량은 종에 관계없이 NaCl농도가 증가함에 따라 감소하였다. 프롤린은 해홍나물 400 mM 처리구에서 그 함량이 가장 많았다. Water potential은 나문재와 해홍나물에서 무처리에 비해 50 mM에서 유의성 있게 감소하였다.

사 사

본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10632M093031) 지원에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- Binzel, M.L., P.M. Hasegawa, A.K. Handa, and R.A. Bressan. 1985. Adaptation of tobacco cells to NaCl. *Plant Physiol.* 79:118-125.
- Ihm, B.S. and J.S. Lee. 1998 Soil Factors Affecting the Plant Communities of Wetland on Southwestern Coast of Korea. *Kor. J. Ecology* 21: 321-328
- Jo, Y.C., J.H. Ahn, S. M. Chon, K.S. Lee, T.J. Bae, and D.S. Kang. 2002. Studies on Pharmacological effects of Glasswort (*Salicornia herbacea* L.) *J. Kor. Soc. Medical Crop Science* 10:93-99.
- Kim, C.S. and B.S. Ihm. 1988. Studies on the Vegetation of the Salt Marsh in the Southwestern Coast of Korea. *Kor. J. Ecology* 11:175-192
- Kim, C.S. and T.G. Song. 1983. Ecological studies on the halophyte communities at western and southern coasts in Korea. *Kor. J. Ecology* 6:167-176.
- Kim, J.A., Y.S. Choo, I.J. Lee, J.J. Bae, I.S. Kim, B.H. Choo, and S.D. Song. 2004. Adaptations and Physiological Characteristics of Three Chenopodiaceae Species under Saline Environments. *Kor. J. Ecology* 25:101-107.
- Kim, Y.S., Y.O. Jeong, J.C. Park, and M.R. Huh. 2002. Growth characteristics and mineral concentrations in Glasswort (*Salicornia herbacea*) as affected by NaCl concentration. *Kor. J. Soc.r Plants,*

- People & Environ. 5:15-24.
- Koyro, H.W. 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solutr composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). Environ. Exp. Bot. 56:136-146.
- Lee, S.G., J.S. Shin, Y.S. Seok, and G.K. Bae. 1998. Effects of salt stress on phytosynthesis, free proline content and ion content in tobacco. Kor. J. Eniviron. Agr. 17:215-219.
- Yang, H. S. 1999. A Syntaxonomical study on the vegetation of ruined salt field in Chonnam province. Kor. J. Ecology 22:265~270.
- Yoo, Y. K., G.J. Lee, and K.S. Kim. 1991. Studies on in vitro the salt tolerance of turf grasses. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 32:117-123.