

## 내염성에 대한 염생식물과 비염생식물의 생리반응

이병모 · 심상인 · 이상각 · 강병화 · 정일민 · 김광호<sup>1)</sup>  
고려대학교 자연자원대학, 건국대학교 농업생명과학대학<sup>2)</sup>

### Physiological Response on Saline Tolerance between Halophytes and Glycophytes

Byung-Mo Lee, Sang-In Shim, Sang-Gak Lee, Byeung-Hoa Kang, Ill-Min Chung<sup>1)</sup> and Kwang-Ho Kim<sup>1)</sup> (Dept of Agronomy, Coll. Of Natural Resources, Korea University, Seoul, 136-701, Korea. <sup>2)</sup>Dept. of Crop Science, Coll. Of Agricultural and Life Science, Kon-Kuk Univ., Seoul 143 - 301, Korea)

**ABSTRACT** : This study was conducted to obtain the basic information on saline tolerance of plants. Fourteen plant species were grown under different salinity adjusted with NaCl. After 14 days treatment, physiological changes were investigated. Proline contents of tested plants were increased as salinity was increased. *Acalypha australis*, *Bidens bipinnata*, *Erechitites hieracifolia*, *Erigeron canadensis*, *Panicum dichotomiflorum*, and *Solanum nigrum* showed drastic increase of proline contents in 200mM NaCl treatment. But *Atriplex gmelini*, *Suaeda asparagoides* did not show drastic increase. As the NaCl concentration increased to 200mM in media, both contents of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> were increased. *Acalypha australis*, *Digitaria sanguinalis*, *Erechitites hieracifolia*, and *Solanum nigrum* showed drastic increase in Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> contents under 200mM NaCl. But *Suaeda asparagoides*, *Atriplex gmelini*, and *Spergularia marina* were slightly increased. As salinity increased, the K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio of halophytes, such as *Suaeda asparagoides*, *Atriplex gmelini*, and *Spergularia marina* were more slightly decreased than glycophytes.

**Key words** : Halophytes, Glycophytes, Salinity, Proline content, K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>

### 서론

식물의 염해기작은 과도한 염류 집적에 의해 토양내 삼투압이 증가되고 이에 따라 수분 흡수가 저해되어 나타나는 수분 결핍 현상<sup>1)</sup>과 특정 이온의 비정상적 과다 흡수에 의해 나타나는 이온 특이적 효과<sup>2)</sup>, 그리고 이 두 가지 원인의 복합적 작용에 의한 현상으로 설명되고 있다<sup>3)</sup>. 높은 염분 농도에서 자라는 식물이 낮은 수분 포텐셜을 나타내는 토양에서 수분을 흡수하기 위해서는 토양보다 더 낮은 수분 포텐셜을 가져야 하므로 내부적으로 유기용질이나 무기용질 등을 축적하게 된다. 수분 스트레스 하에서 뚜렷한 증가가 관찰되는 프롤린은 염해에 의해서도 뚜렷한 증가가 관찰돼<sup>4)</sup> 식물의 수분 포텐셜을 조절하는 osmoticum으로써 작용한다고 알려져있다<sup>4)</sup>.

흡수된 Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>는 액포에 저장되어 세포내 수분 포텐셜을 낮추게 되고 이 때문에 식물은 수분 흡수가 증가되어 팽압이 증가된다<sup>5)</sup>. 그러나 과다한 Na<sup>+</sup>의 흡수는 다른 영양

분의 흡수를 저해함으로써 양분결핍 현상을 야기하기도 한다. Heimann<sup>6)</sup>은 저염도 조건에서 Na<sup>+</sup>과 K<sup>+</sup>간에 상호작용이 있어 저염도 환경에서는 식물의 생육이 대조구보다 더 촉진되나 고염도에서는 양자간에 길항작용이 있어 생육 저해를 받는다고 하였다. 따라서 조직내의 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율은 단백질 대사에 중요한 지표로 사용될 수 있을 뿐 아니라<sup>7)</sup>, K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율이 높을수록 내염성이 강한 식물이라고 보고하였다.

그러나 지금까지 내염성 식물에 관한 연구는 작물 분야에서 주로 이루어져 주변에 널리 발생하는 야생식물에 대해서는 거의 구명된 바 없으며 염해에 대한 구체적인 기작 또한 밝혀지지 않은 상태이다. 이에 생화학적 제염법의 개발을 모색하고 내염성 작물 육성을 위한 기초자료로 활용하고자 간척지 식물<sup>8)</sup>과 주변에 흔히 발생하는 잡초종간의 생리적인 염해 양상을 비교 분석함으로써 아직까지 잘 밝혀지지 않은 식물의 염해에 대한 기초 자료를 제공하고자 본 실험을 수행하였다.

Table 1. Korean name, scientific name, family name and life cycle of tested plants.

Korean name	Scientific name	Family	Life cycle
가는갓는쟁이*	<i>Atriplex gmelini</i>	Chenopodiaceae	annual
개기장	<i>Panicum bisulcatum</i>	Poaceae	annual
개여뀌	<i>Persicaria blumei</i>	Polygonaceae	annual
갯개미자리*	<i>Spergularia marina</i>	Caryophyllaceae	biennial
까마중	<i>Solanum nigrum</i>	Solanaceae	annual
깨풀	<i>Acalypha australis</i>	Euphorbiaceae	annual
나문재*	<i>Suaeda asparagoides</i>	Chenopodiaceae	annual
도깨비바늘	<i>Bidens bipinnata</i>	Asteraceae	annual
망초	<i>Erigeron canadensis</i>	Asteraceae	biennial
미국개기장	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	Poaceae	annual
바랭이	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Poaceae	annual
붉은서나물	<i>Erechitites hieracifolia</i>	Asteraceae	annual
어저귀	<i>Abutilon avicennae</i>	Malvaceae	annual
털진득찰	<i>Siegesbeckia pubescens</i>	Asteraceae	annual

\*: Representative plants occurred in saline region.

## 재료 및 방법

본 실험을 위해 채종한 130종의 식물을 파종하여 30일 동안 성장시킨 후 강<sup>9)</sup>의 방법에 따라 1차스크린을 통해 간척지나 해안가에 발생량이 많은 14종을 선발하였다. 표 1과 같이 염에 반응하는 정도에 따라 염생식물로는 가는갓는쟁이, 갯개미자리, 나문재의 3종과 비염생식물 11종을 선발하였으며 비염생식물중에서는 내염성이 강한 까마중, 망초, 미국개기장, 바랭이, 어저귀 5종과 내염성에 약한 개기장, 개여뀌, 깨풀, 도깨비바늘, 붉은서나물, 털진득찰 6종을 실험에 사용하였다. 공시식물은 육묘상에 파종하여 본엽이 2~3매 출엽한 균일한 묘를 선발하여 수경재배하였다. 사용된 양액은 Hoagland 용액을 다소 변형시켜 이용하였고<sup>9)</sup> pH 5.5~6.0 정도가 되도록 조절한 다음 사용하였다. 또한 과도한 pH 변화나 EC 변동을 막기위해 1주일 간격으로 양액을 교체하였다. 염처리는 식물체가 수경재배 환경에 어느 정도 적응하도록 이식 2주 후에 실시하였고 NaCl 처리는 1mM, 10mM, 50mM, 100mM, 200mM로 하였다. 처리 2주 후에 각 식물종들의 생리반응을 조사하였다.

유리 프롤린은 Chinard<sup>10)</sup>의 방법에 따라 생체 0.5g에 3% sulfosalicylic acid 10ml을 가하여 추출한 후 acid-ninhydrin solution을 첨가해 100℃에서 1시간 동안 발색시킨 후 toluene을 첨가해 교반하고 정치시킨 다음 520nm에서 흡광도를 측정하여 L-프롤린 표준용액의 흡광도와 비교하여 정량하였다. Na<sup>+</sup>와 K<sup>+</sup>는 Rodriguez et al.<sup>11)</sup>의 방법에 따라 동결건조 시료 1g을 삼차후라스크에 넣고 conc. HNO<sub>3</sub> 2.5ml을 가하여 190~200℃로 가열한 후 ternary solution(HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HClO<sub>4</sub>=10:1:4)10ml을 넣고 분해하여 원자흡광광도계(Hewlett Packard, model AA3280)를

Table 2. Effect of NaCl treatments on proline contents of tested plants after 14 days culture.

Species	NaCl concentration (mM)					LSD
	1	10	50	100	200	
	mg/g FW					
<i>Abutilon avicennae</i>	0.028	0.034	0.077	0.032	0.044	0.005
<i>Acalypha australis</i>	0.007	0.014	0.012	0.023	0.974	0.004
<i>Atriplex gmelini</i> **	0.031	0.032	0.022	0.020	0.026	0.005
<i>Bidens bipinnata</i>	0.025	0.018	0.024	0.110	0.687	0.013
<i>Digitaria sanguinalis</i>	0.016	0.013	0.015	0.072	0.074	0.004
<i>Erechitites hieracifolia</i>	0.009	0.009	0.015	0.018	0.291	0.014
<i>Erigeron canadensis</i>	0.021	0.024	0.029	0.026	0.173	0.003
<i>Panicum bisulcatum</i>	0.098	0.055	0.208	0.270	- <sup>†</sup>	0.021
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	0.021	0.017	0.030	0.121	0.200	0.081
<i>Persicaria blumei</i>	0.031	0.030	0.031	0.033	0.047	0.017
<i>Siegesbeckia pubescens</i>	0.018	0.018	0.018	0.029	- <sup>†</sup>	0.008
<i>Solanum nigrum</i>	0.029	0.026	0.046	0.206	0.225	0.015
<i>Spergularia marina</i> **	0.049	0.075	0.050	0.138	0.146	0.017
<i>Suaeda asparagoides</i> **	0.002	0.003	0.003	0.003	0.018	0.001

<sup>†</sup>: Dead

\*\* : Known as halophyte

사용하여 분석하였다. Cl<sup>-</sup>는 위 분해물을 Canelli<sup>12)</sup>의 방법에 따라 Hg(SCN)<sub>3</sub>에 반응시킨 후 Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O로 발색시켜 460nm에서 흡광도를 측정하고 NaCl 표준용액의 흡광도와 비교하여 함량을 정량하였다.

## 결과 및 고찰

### 프롤린의 함량변화

식물은 염해에 의해 성장 및 생리활성을 저하시키며 특히 염스트레스나 수분스트레스시 프롤린함량이 증가하여 체내의 수분포텐셜을 조절하는 osmoticum으로서 연구되어 왔다<sup>13)</sup>. 염처리에 따른 프롤린 함량의 변화는 표 2와 같다. 염스트레스에 미치는 반응정도는 염생식물과 비염생식물에서 차이가 컸으며, 염농도가 높아질수록 가는갓는쟁이 외의 모든 종에서 프롤린 함량이 증가하였다. 특히 비염생식물은 200mM NaCl에서 고사한 개기장을 제외한 깨풀, 도깨비바늘, 붉은서나물, 망초, 미국개기장, 까마중은 염농도가 높아질수록 급격히 프롤린의 함량이 증가되어 이 식물들에서는 프롤린이 osmoticum으로서 중요한 역할을 수행하는것 같았다. 반면 염생식물은 염농도가 낮은 상태나 높은 상태에서 프롤린의 변화의 폭이 작은 가는갓는쟁이, 나문재와 비염생식물중에서도 염처리에 따라서 증가폭이 미미한 어저귀, 털진득찰에서는 프롤린은 osmoticum의 역할을 한다기 보다는 프롤린 합성기작<sup>14)</sup> 자체가 glutamic acid의 carboxyl group이 aldehyde group으로 환원되는 2차적생성물질이기 때문에 염해에 대해 적응키 위한 반응물질 정도로 사료된다.

Table 3. Effect of NaCl treatments on Na<sup>+</sup> contents of tested plants after 14 days culture.

Species	NaCl concentration (mM)					LSD 5%
	1	10	50	100	200	
	ppm/g DW					
<i>Abutilon avicennae</i>	644	609	775	1235	4057	15
<i>Acalypha australis</i>	1052	1626	1267	4543	11522	73
<i>Atriplex gmelini</i> **)	5108	5919	7317	8075	8891	33
<i>Bidens bipinnata</i>	1114	1187	1752	1594	13249	66
<i>Digitaria sanguinalis</i>	1036	1380	1420	1504	11610	39
<i>Erechtites hieracifolia</i>	1068	1377	2436	3578	9340	22
<i>Erigeron canadensis</i>	972	926	4427	3424	7548	82
<i>Panicum bisulcatum</i>	780	1205	1476	1657	- <sup>*</sup>	21
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	650	950	1149	1141	1168	17
<i>Persicaria blumei</i>	1012	783	1248	1728	5116	22
<i>Siegesbeckia pubescens</i>	722	1012	1227	4000	- <sup>*</sup>	19
<i>Solanum nigrum</i>	1217	883	1093	1992	6417	19
<i>Spergularia marina</i> **)	4642	5520	5561	6518	5271	90
<i>Suaeda asparagoides</i> **)	4512	5773	6346	7980	9461	151

\* : Dead

\*\*): Known as halophyte

### 식물체내 Na<sup>+</sup>의 함량 변화

염 농도를 달리했을 때 식물체내의 Na<sup>+</sup> 함량변화는 표 3과 같다. 염 농도가 높아질수록 Na<sup>+</sup> 함량은 증가되었다. 그러나 증가되는 폭은 식물의 내염성에 따라 다르게 나타났다. 내염성이 약한 깨풀, 도깨비바늘, 바랭이, 붉은서나물에서는 200mM에서 급격한 Na<sup>+</sup>의 증가가 관찰되었다. 반면에 가는갯는쟁이와 갯개미자리, 나문제는 대조구(1mM)의 함량이 다른 식물보다 월등히 높았고 처리 농도가 높아져도 체내 Na<sup>+</sup>의 함량증가가 완만하게 일어났다. 또한 미국 개기장은 처리 농도가 높아져도 Na<sup>+</sup> 함량 증가가 크지 않았다.

고농도의 염처리에서 과다한 Na<sup>+</sup> 함량이 관찰된 깨풀, 도깨비바늘, 바랭이, 붉은서나물의 생육은 과다한 Na<sup>+</sup> 이온에 의해 세포내 이온균형이 깨져 대사과정이 억제되고 따라서 생육 저해가 일어난 것이라고 사료된다. 이와는 대조적으로 염생식물로 분류되는 가는갯는쟁이와 갯개미자리, 나문제는 저농도에서 비염생식물에 비해 Na<sup>+</sup>의 함량이 월등히 높았는데, 대조구(1mM) 양액내 Na<sup>+</sup>의 함량이 낮았던 것을 고려할 때 이들 염생식물은 Na<sup>+</sup>의 선택적 흡수능력이 높음을 알 수 있다. 또한 Binzel et al.<sup>4)</sup>과 Helal and Menge<sup>27)</sup>의 보고에서처럼 염생식물은 Na<sup>+</sup>을 osmoticum으로 사용하기 때문에 타 식물보다 Na<sup>+</sup>의 함량이 높았다고 사료된다. 이는 염생식물은 처리 농도가 높아져도 Na<sup>+</sup>의 함량 증가가 크게 나타나지 않았는데 이는 Na<sup>+</sup>의 배출 및 액포로의 격리가 원활하게 이루어졌기 때문이라 사료된다.

Table 4. Effect of NaCl treatments on K<sup>+</sup> contents of tested plants after 14 days culture.

Species	NaCl concentration (mM)					LSD 5%
	1	10	50	100	200	
	ppm/g DW					
<i>Abutilon avicennae</i>	12820	13107	10941	12848	9173	483
<i>Acalypha australis</i>	11540	11793	12395	13278	14243	696
<i>Atriplex gmelini</i> **)	22334	21338	18784	16633	18782	578
<i>Bidens bipinnata</i>	13606	13310	13576	12943	11452	288
<i>Digitaria sanguinalis</i>	12756	11077	11453	12974	13163	739
<i>Erechtites hieracifolia</i>	16993	15383	23132	21881	24597	980
<i>Erigeron canadensis</i>	15956	16837	18974	18575	18953	484
<i>Panicum bisulcatum</i>	14137	15282	11504	11743	- <sup>*</sup>	314
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	15670	18375	13788	16182	18318	507
<i>Persicaria blumei</i>	14985	15668	17352	16750	17235	584
<i>Siegesbeckia pubescens</i>	16867	20085	21225	20043	- <sup>*</sup>	768
<i>Solanum nigrum</i>	12376	13283	13642	15569	15200	685
<i>Spergularia marina</i> **)	21690	15423	17813	17753	13774	490
<i>Suaeda asparagoides</i> **)	20298	25641	23533	15915	15753	723

\* : Dead

\*\*): Known as halophyte

### 식물체내 K<sup>+</sup>의 함량 변화

염 처리에 따른 식물체내 K<sup>+</sup> 이온의 함량은 표 4와 같다. 깨풀, 바랭이, 붉은서나물, 망초, 미국개기장, 개여뀌, 까마중 등은 처리 농도가 높아짐에 따라 K<sup>+</sup> 함량이 증가하였다. 어저귀는 100mM까지 함량이 증가하다 200mM에서 급격히 감소되었고 도깨비바늘, 개기장, 털진드기말도 100mM NaCl에서 감소하였다. 그리고 가는갯는쟁이, 갯개미자리, 나문제는 K<sup>+</sup> 함량이 감소되어 Chinard<sup>10)</sup>와 Bradford<sup>13)</sup>등과 같은 경향을 얻었다.

K<sup>+</sup>은 광합성과 호흡에 관여하는 여러 효소의 cofactor이고, 전분과 단백질 합성에 필요한 효소들을 활성화시킨다. 또한 K<sup>+</sup>은 세포내에서 osmoticum으로 사용돼 세포내 팽압을 유지시키는 역할을 하기 때문에 K<sup>+</sup>의 절대적인 양과 함께 조직내 다른 무기이온과의 균형정도가 팽압유지 및 대사과정 조절에 중요하다. 특히 K<sup>+</sup>은 Na<sup>+</sup>과 경쟁적 흡수기작을 가지므로<sup>15)</sup> K<sup>+</sup>과 Na<sup>+</sup>의 균형정도는 단백질 대사에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다<sup>7)</sup>. 따라서 식물의 내염성 정도와 K<sup>+</sup>과 Na<sup>+</sup> 간의 관계를 알아보고자 두 이온의 비율을 계산한 결과는 표 5와 같다. 모든 식물에서 처리 농도가 높아질수록 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율이 감소되었다. 그러나 감소되는 정도는 식물의 내염성에 따라 서로 다르게 나타났다. 가는갯는쟁이와 갯개미자리, 나문제는 1mM NaCl에서 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율이 타 초종에 비해 낮았는데 이는 1mM 에서의 Na<sup>+</sup> 함량이 많았기 때문이다. 그리고 이들 염생식물은 처리 농도가 증가해도 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율이 감소되는 폭이 적어 세포내 이온균형의 항상성이 유지되고 있다고 사료된다. 한편 깨풀, 도깨비바늘, 바랭이, 붉은서나물, 망초, 개여뀌, 어저귀는

Table 5. Effect of NaCl treatments on K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio of tested plants after 14 days culture.

Species	NaCl concentration (mM)					LSD
	1	10	50	100	200	
	μg/g FW					
<i>Abutilon avicennae</i>	19.91	21.52	14.12	10.41	2.26	0.74
<i>Acalypha australis</i>	10.97	7.25	9.79	2.92	1.24	0.28
<i>Atriplex gmelini</i> **	4.37	3.61	2.57	2.06	2.11	0.10
<i>Bidens bipinnata</i>	12.31	11.21	7.75	8.12	0.86	0.27
<i>Digitaria sanguinalis</i>	12.31	8.03	8.07	8.63	1.13	0.88
<i>Erechitites hieracifolia</i>	15.92	11.17	9.40	6.12	2.63	0.97
<i>Erigeron canadensis</i>	16.42	18.18	4.29	5.42	2.51	0.32
<i>Panicum bisulcatum</i>	18.14	12.69	7.79	7.09	- <sup>a)</sup>	0.20
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	24.13	19.34	12.00	14.18	15.68	0.62
<i>Persicaria blumei</i>	14.80	20.01	13.90	9.70	3.37	0.51
<i>Siegesbeckia pubescens</i>	23.36	19.85	17.30	5.01	- <sup>a)</sup>	0.91
<i>Solanum nigrum</i>	10.07	15.04	12.49	7.82	2.37	0.61
<i>Spergularia marina</i> **	4.67	2.79	3.20	2.72	2.61	0.11
<i>Suaeda asparagoides</i> **	4.50	4.44	3.71	1.99	1.67	0.14

<sup>a)</sup> : Dead

\*\*): Known as halophyte

K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율의 감소폭이 컸다. 이들 식물은 세포내 이온균형의 항상성이 이뤄지지 않고 K<sup>+</sup>의 상대적 감소가 현저하기 때문에 생육이 저하된다고 추정할 수 있다. Erdei and Kuiper<sup>6)</sup>은 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율이 높을수록 내염성이 강한 식물이라 하였으나, 본 실험에서는 미국개기장을 제외하고 그 수치가 대부분 비슷하게 나왔고 나문제는 다른 식물보다 오히려 적은 값은 보여 내염성과 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율과는 상관관계를 찾을 수 없었다. 이와 같은 결과를 종합해 볼 때 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율의 대소보다는 염 처리에 따른 값의 증감폭이 내염성을 나타내는 지표로서 더욱 중요하다고 사료된다.

**식물체내 Cl<sup>-</sup>의 함량 변화**

처리 농도가 증가함에 따라 식물체내의 Cl<sup>-</sup> 함량 변화는 표 6과 같다. 많은 연구자들<sup>35)</sup>에 의해 염농도가 높아질수록 식물체내 Na<sup>+</sup>의 함량 증가와 더불어 Cl<sup>-</sup>의 함량도 증가한다고 하였는데 본 실험에서도 처리 농도가 높을수록 조직내의 Cl<sup>-</sup>가 전반적으로 증가해 Na<sup>+</sup>과 비슷한 양상을 보였다. 특히 어저귀와 깨풀은 처리 농도가 높을수록 Cl<sup>-</sup> 함량이 급격히 증가한 반면, 염생식물인 가는갯논쟁이, 갯개미자리, 나문제는 처리 농도가 높아져도 증가폭은 작았다.

본 실험에서 염 농도가 높아질수록 염생식물에 비해 급격하게 Cl<sup>-</sup>의 함량이 증가된 어저귀, 깨풀, 바랭이, 붉은서나물, 까마중에서는 Cl<sup>-</sup> 이온의 독성에 의해 생육장애가 일어났다<sup>17)</sup>고 사료된다. 그러나 Cl<sup>-</sup>의 증가정도는 Na<sup>+</sup>에 비해 염생식물과 비염생식물간에 큰 차이가 없어 식물의 내염성 정도에는 Cl<sup>-</sup>의 함량보다 Na<sup>+</sup> 함량이 더욱 중요하다고 사료된다.

Table 6. Effect of NaCl treatments on Cl<sup>-</sup> contents of tested plants after 14 days culture.

Species	NaCl concentration (mM)					LSD
	1	10	50	100	200	
	μg/g FW					
<i>Abutilon avicennae</i>	25.45	14.27	54.67	109.22	195.99	9.51
<i>Acalypha australis</i>	10.40	47.32	39.84	99.49	97.06	2.78
<i>Atriplex gmelini</i> **	106.29	134.12	141.70	152.96	183.78	23.99
<i>Bidens bipinnata</i>	127.66	78.39	139.31	130.41	424.28	11.59
<i>Digitaria sanguinalis</i>	89.14	73.91	72.11	112.83	435.35	24.29
<i>Erechitites hieracifolia</i>	92.76	96.87	172.90	197.51	371.25	6.76
<i>Erigeron canadensis</i>	109.65	159.51	176.21	212.68	349.99	24.85
<i>Panicum bisulcatum</i>	22.24	23.12	63.23	71.79	- <sup>a)</sup>	2.71
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	18.51	26.01	20.96	40.42	60.11	1.08
<i>Persicaria blumei</i>	39.65	23.57	393.26	73.36	115.36	1.44
<i>Siegesbeckia pubescens</i>	70.68	91.55	138.29	166.32	- <sup>a)</sup>	18.40
<i>Solanum nigrum</i>	39.04	66.14	76.84	154.59	2.527	5.53
<i>Spergularia marina</i> **	55.88	92.59	105.46	154.46	103.80	8.23
<i>Suaeda asparagoides</i> **	46.07	50.76	76.54	97.97	77.08	2.60

<sup>a)</sup> : Dead

\*\*): Known as halophyte

**요 약**

본 실험은 간척지 식물들의 내염성 정도를 알아보고 식물의 내염성 기작을 규명하고자 14종의 식물을 공시하여 이들의 생리적 변화를 확인하였다. 염 농도가 높아질수록 식물체내의 프롤린 함량은 증가하였다. 깨풀, 도깨비바늘, 붉은서나물, 망초, 미국개기장, 까마중은 200mM NaCl에서 급격한 함량 증가를 보였으나 가는갯논쟁이, 나문제는 변화의 폭이 작았다. 또한 염 농도가 높아질수록 식물내 Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>의 함량은 모두 증가하였다. 비염생식물인 깨풀, 바랭이, 까마중은 200mM NaCl에서 Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>은 증가폭이 컸고 나문제, 가는갯논쟁이, 갯개미자리는 200mM까지 Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>은 증가폭이 작았다. 염 농도가 높아질수록 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율은 감소하였고, 염생식물인 나문제, 가는갯논쟁이, 갯개미자리의 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> 율은 감소폭이 작아 세포내 이온균형의 항상성이 유지되고 있음을 보여주었다.

**감사의 글**

본 연구는 1997년도 교육부 농업과학분야 거점연구소 육성사업에 의한 연구비지원으로 수행된 연구결과의 일부임.

**참고문헌**

1. 이석영, 김충수, 조진웅, 강윤구. (1996). 염농도에 따른 보리 유묘의 생리반응. 한국작물학회지 41:665-671.
2. Lutts, S., J. M. Kinet, and J. Bouharmont. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice(*Oryza sativa* L.)

- cultivars differing in salinity resistance. *Annal. Bot.* 78:389-398.
3. 임형빈, 심재욱, 임용규. (1971). 간척지에서 수도 및 기타작물의 내염성에 관한 연구 - 13. 간척지에서 수도의 무기양분 흡수와 쌀 성분에 관하여. *식물학회지* 14:25-31.
  4. Binzel, M. L., P. M. Hasegawa, A. K. Handa, and R. A. Bressan. (1985). Adaptaion of tobacco cells to NaCl. *Plant Physiol.* 79:118-125.
  5. Leidi, O. E. and J. F. Saiz. (1997). Is salinity tolerance related to Na accumulation in upland cotton(*Gossypium hirsutum*) seedlings? *Plant and Soil* 190:67-75.
  6. Heimann, H. (1959). The irrigation with saline water and the balance of the ionic environment. *Potassium Symp.* 1958. 173-220.
  7. Helal, H. M. and K. Mengel. (1979). Nitrogen metabolism of young barley plants as affected by NaCl-salinity and potassium. *Plant and Soil* 51:457-462.
  8. 강병화, 심상인 (1998). 내염성 식물의 탐색 및 생물학적 염해 모니터링 기술의 개발. I. 염해지 식생분석 및 식물종의 내염성 평가. *한국환경농학회지* 17(1): 32-39.
  9. 심상인. (1994). Paraquat, ammonium 및 cadmium 처리가 식물의 생리적 특성에 미치는 영향. 고려대학교 박사학위 논문.
  10. Chinard, E. P. (1952). *J. Biol. Chem.* 199:91.
  11. Rodriguez, G. H., J. K. M. Roberts, W. R. Jordan, and M. C. Drew. (1997). Growth, water relations, and accumulation of organic and inorganic solutes in roots of maize seedlings during salt stress. *Plant Physiol.* 113:881-893.
  12. Canelli, E. (1976). Simultaneous automataed determination of chloride, nitrite, and ammonia in water and waste water. *Water Air Soil Pollut.* 5:339-348.
  13. Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254.
  14. Niu, X., R. A. Bressan, P. M. Hasegawa, and J. M. Pardo. (1995). Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant physiol.* 109:735-742.
  15. Erdei, L. and P. J. C. Kuiper. (1979). The effect of salinity on growth, cation content, Na<sup>+</sup>-uptake and translocation in salt-sensitive and salt-tolerant *Plantago* species. *Plant Physiol.* 47:95-99.
  16. 송연상, 최원열. (1993). 해수 농도에 따른 수도의 몇가지 생리적 반응. *한국작물학회지* 38:483-488.