

NaCl 처리에 따른 몇 수종의 생리적 특성 변화

Changes of Physiological Properties of Several Tree Species to NaCl treatment

박우진¹ · 서병수¹ · 박종민²

¹전북대학교 농업과학기술연구소, ²전북대학교 산림자원학과

I. 서론

우리나라의 좁은 국토는 산지가 많은 부분을 차지해 가용 토지가 적으며, 생산용지의 경우 산업화와 도시화에 따른 타 용도로의 전용 등으로 1991년 이후 매년 18,000ha씩 감소되고 있는 추세이다(이 등, 2007). 따라서 다양한 목적으로 임해지역을 매립하여 활용하고 있다. 임해매립지는 해안에 땅을 메워 올린 지역으로 해안 간척지에 포함되며, 대부분 인위적으로 조성되는 토지로서 자연경관과 생태계 파괴 등 환경에 미치는 영향이 매우 크므로 환경개선을 위한 녹지대의 조성, 해안 방풍림 조성 등과 같은 사업들이 필요하다. 그러나 대부분의 임해매립지는 조풍의 피해와 함께 건조, 배수불량, 토양의 고결, 식재지반 하부에 상존하는 염분 등 생장에 불리한 토양환경에 의하여 식재수목의 정상적인 생육에 지장을 초래한다(김과 박, 2004). 과다한 염류가 집적된 임해매립지 토양은 식물생육을 크게 저해하는 요인으로 작용한다(장과 김, 1999).

그러나 임해매립지에 식재된 수목의 생장에 가장 큰 영향을 미치는 토양의 염에 대한 내성정도를 생리적으로 파악한 연구 결과는 빈약한 편이다. 특히 내염성에 관한 연구는 작물 및 초본 식물에 대한 연구가 주를 이루고 있으며 목본식물에 대한 연구는 미진한 실정이다. 관련 연구의 부족으로 인해 지금까지 임해매립지의 조경사업과 수림조성사업에서 자원과 경제적 손실은 물론 경관의 황폐화를 초래한 사례가 많았다.

따라서 본 연구에서는 임해매립지의 토양에 과다 집적된 염 중에서 가장 많은 부분을 차지하는 NaCl 처리에 의해

식재된 수목이 받을 수 있는 영향을 구체적인 생리·생화학적인 지표들을 통해 분석하여 NaCl 스트레스에 대한 내성이 강한 수종을 선정하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시수종

본 실험의 공시재료로는 전북대학교 학술림 묘포장에 생육 중이던 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla*), 모감주나무(*Koelreuteria paniculata*), 상수리나무(*Quercus acutissima*), 참느릅나무(*Ulmus parvifolia*), 순비기나무(*Vitex rotundifolia*) 2-0묘를 사용하였다.

2. 재배조건

묘목은 인공토양(sand:peatmoss:perlite=6:1:3, v:v:v)을 담은 플라스틱 포트(내경 22cm, 높이 24cm)에 2006년 11월 20일 이식하고, 각 처리구별로 20개체씩 완전임의 배치하여 2007년 5월 29일까지 활착을 유도하였다. 시험식물은 이식 후 9월 29일까지 전북대학교 교내 학술림의 온실에서 재배되었으며, 시험기간 동안 화분 위치에 따른 영향을 줄이기 위해 2주일 간격으로 화분을 재배치하였다.

3. NaCl 처리 방법

NaCl 처리 농도는 임해매립지 기반 토양의 염분농도에 해당되는 최고농도를 200mM로 정하고 그것을 반분하는 방법으로 0, 25, 50, 100, 200mM의 5개 단계로 처리 하였

다. NaCl 용액은 2007년 5월 30일부터 9월 29일 까지 4개월간 토양의 수분 상태에 따라 포트 당 500ml씩 주 2회 관수하였다.

4. 생리적 특성 분석

1) 지질과산화 측정

잎 내 MDA(malondialdehyde)의 함량 측정은 Du and Broumlage(1992)의 방법을 이용하였으며 30일 간격으로 실시하였다. 생체중 0.5g의 잎 시료에 액체질소를 첨가하여 마쇄한 후 4ml의 cold ethanol을 첨가하여 균질화한 후 4°C, 25,000×g에서 15분간 원심분리하였다. 상등액 2ml, 20% trichloroacetic acid(TCA) 2ml, 20% TCA에 용해된 0.67% thiobarbituric acid 1ml과 100mM butylated hydroxytoluen 50μl를 첨가하여 진탕한 후 95~100°C에서 15분간 끓인 직후 냉각시켜 반응을 종료시켰다. 과산화지질이 포함된 내용물을 15,000×g에서 15분간 원심분리한 후 상등액의 흡광도를 440nm, 532nm, 600nm에서 측정하여 다음 식에 각각 흡광도를 대입해 MDA의 농도를 계산하였다.

$$\text{MDA}(\text{nmol}\cdot\text{ml}^{-1}) = \left[(A_{532}-A_{600}) - \{(A_{440}-A_{600})\times(8.4/147)\} \right] / 15700 \times 10^6$$

2) Proline 함량 측정

생체중 0.5g의 잎 시료에 액체질소를 첨가하여 마쇄하고 3% sulfosalicylic acid를 10ml 첨가하여 균질화한 후 4°C, 12,000×g에서 15분간 원심분리하였다. 2ml의 상등액, 2ml의 acid-ninhydrin과 2ml의 acetic acid를 넣어 혼합하고 95~100°C에서 1시간 동안 가열한 후 냉각하였다. Acid-ninhydrin은 acetic acid 30ml과 6M phosphoric acid 20ml를

혼합한 후 1.25g의 ninhydrin을 넣고 교반하여 조제하였다. 냉각시켜 반응이 종결된 반응물에 4ml의 toluene을 넣고 15~20초 동안 세게 진탕한 후 상온에서 5분간 정치하여 발색단을 분리하였다. Proline의 정량은 toluene을 blank로 사용하여 520nm에서 각 시료의 흡광도를 측정하고, 표준곡선과 비교한 후 다음 식을 이용하여 계산하였다(Bates *et al.*, 1973).

$$\text{Proline}(\mu\text{molg}^{-1}\text{FW}) = \left[(\mu\text{gproline/ml} \times \text{mltoluene}) / 115.5 \mu\text{g}/\mu\text{mol} \right] / \left[(\text{gFW}) / (\text{추출용액 양}/\text{반응에 사용된 상등액 양}) \right]$$

III. 연구결과

1. 생존율

대조구의 경우 모든 수종에서 고사개체가 발생하지 않았으나, 수중에 따라 25mM 처리구에서 부터 고사개체가 발생하였다. 25mM 처리구에서 고사 개체가 발생한 종은 상수리나무와 물푸레나무였다. 최고농도인 200mM 처리구에서는 참느릅나무를 제외한 4종의 모든 개체가 고사하였다. 생존율을 기준으로 한 NaCl 스트레스에 대한 5종의 내성 정도는 참느릅나무 > 순비기나무 > 모감주나무 > 물푸레나무 > 상수리나무 순으로 나타났다. NaCl 처리 후 120일째의 수종별 생존율은 Table 1과 같다.

2. 지질과산화 분석

NaCl 처리에 의한 종별 조직의 피해수준을 판단하기 위해 처리농도 및 처리기간에 따른 MDA 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같으며, 유의수준 95%에서 처리 농도가 높아질수록 MDA 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 상수리나

Table 1. Survival percentages of five tree species at 0, 25, 50, 100, 200mM NaCl for 120 days. percentages of five tree species at 0, 25, 50, 100, 200mM NaCl for 120 days. (unit:%)

Species	NaCl concentration(mM)				
	0	25	50	100	200
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	100	95	75	20	0
<i>Koelreuteria paniculata</i>	100	100	90	35	0
<i>Quercus acutissima</i>	100	85	70	15	0
<i>Ulmus parvifolia</i>	100	100	100	100	15
<i>Vitex rotundifolia</i>	100	100	95	60	0

Table 2. Effects of NaCl on the MDA contents in leaves of five tree species.

(unit: nmol g⁻¹ FW)

Species	NaCl (mM)	days of treatment			
		30	60	90	120
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0	8.65c	9.90c	10.95c	10.62a
	25	9.85b	11.28a	12.81b	10.08b
	50	10.29b	11.22a	12.89b	9.99b
	100	10.77a	11.24a	14.00a	9.61b
	200	11.14a	10.56b	10.98c	-
<i>Koelreuteria paniculata</i>	0	22.96c	20.15c	18.18c	1.70c
	25	26.52b	24.35b	19.81b	3.20b
	50	26.69b	24.40b	20.56b	3.41b
	100	27.18b	26.13a	22.30a	8.66a
	200	33.30a	26.32a	22.82a	-
<i>Quercus acutissima</i>	0	24.12e*	24.26c	23.67c	20.73c
	25	26.48d	25.22c	25.26b	21.71b
	50	29.26c	26.64b	25.88ab	22.59a
	100	32.23b	32.65a	26.22a	23.09a
	200	34.14a	33.03a	-**	-
<i>Ulmus parvifolia</i>	0	22.43d	22.18d	22.76b	5.26c
	25	27.53c	23.03c	23.36b	6.51b
	50	27.59c	23.50c	23.73b	6.70b
	100	29.94b	31.61b	23.77b	6.72b
	200	31.07a	33.00a	25.77a	13.34a
<i>Vitex rotundifolia</i>	0	0.00a	0.11c	0.13d	1.97d
	25	0.00a	0.13c	0.52c	4.92c
	50	0.00a	0.42b	0.53c	5.01b
	100	0.01a	0.57a	0.96b	5.30a
	200	0.01a	0.60a	1.21a	-

무에서 가장 높은 값을 보였고 순비기나무가 가장 낮은 값을 나타냈다. 전체 처리구에서 생존율이 낮았던 상수리나무와 물푸레나무는 처리기간이 길어짐에 따라 MDA 함량이 증가하거나 비슷한 값을 유지하였으나, 높은 생존율을 보인 참느릅나무는 처리 120일째에 MDA 함량이 급격히 감소하였다.

3. Proline의 함량

NaCl 처리에 따른 proline의 함량을 분석한 결과, 유의수준 95%에서 처리농도가 높을수록 proline의 함량이 증가하였다. 참느릅나무와 순비기나무는 처리 30일 후에 급격히

증가한 후 나머지 처리기간에는 일정한 수준을 유지하였다. 종별 proline의 함량은 참느릅나무 100mM과 200mM 처리구의 경우 3~6 μmolg^{-1} 을 나타내 모든 처리구에서 2 μmolg^{-1} 이하를 나타낸 4종에 비해 높은 함량을 보였다(Fig. 1).

IV. 결론

NaCl 처리에 따른 5종의 생존율, MDA 함량, Proline의 함량을 분석한 결과 산화적 스트레스에 대한 내성정도는 참느릅나무 > 순비기나무 > 모감주나무 > 물푸레나무 > 상수리나무로 나타났다. 또한 조직의 괴사정도는 최종 생존율에 직접적인 영향을 미치는 것으로 사료되며, 높은 생존

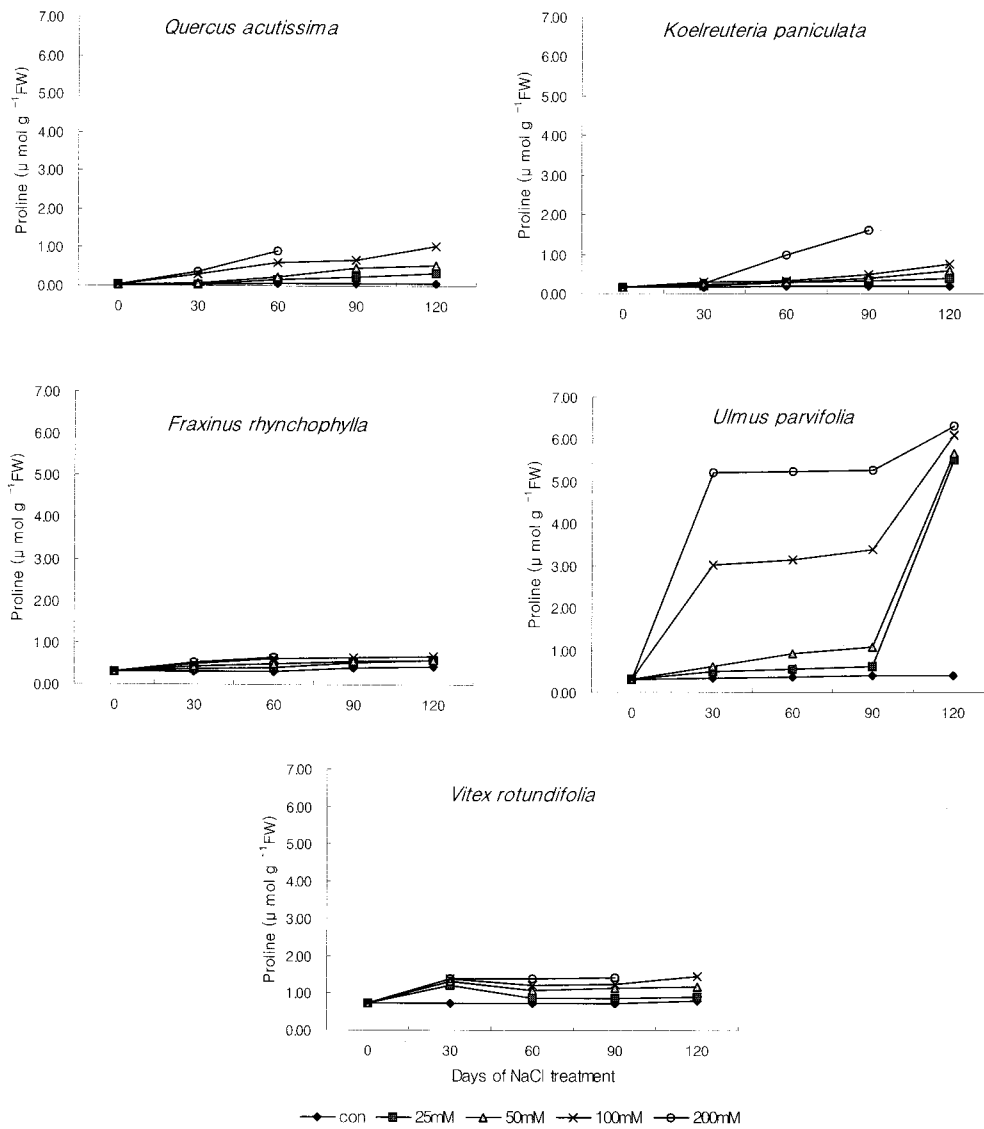


Fig. 1. Effects of NaCl on the proline contents in the leaves of five tree species.

을 보인 참느릅나무의 경우 처리기간 동안 높은 Proline 함량을 보여 산화스트레스에 대한 강한 내성을 보인 것으로 추정된다.

V. 인용문헌

김도균, 박종민(2004) 광양만 준설 매립지 느티나무의 식재지반별 토양 이화학적 특성. 한국조경학회지 31:85-94.
 이경보, 강종국, Li Jumei, 이덕배, 박찬원, 김재덕(2007) 간척지 토양개량을 위한 내염성 식물의 활용성 평가.

한국토양비료학회지 40:173-180.

장관순, 김형복(1999) 임해매립지의 생태계 복구를 위한 토양중 염류의 활성도 분석. 한국토양비료학회지 32:147-154.

Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare(1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39:205-207.

Du, Z. and J. Broumlage(1992) Modified thiobarbituric acid assay for measuring lipid oxidation in sugar-rich plant tissue extracts. J. Agric. Food Chem. 40:1566-1570.