

## 한국 남해안 방풍림의 내염성 및 내조성 자생식물

# Native Trees that Tolerate Saline Soil and Salt Spray Drift at the Coastal Windbreaks in the South-Sea, Korea.

김도균<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립순천대학교 산림자원·조경학부

### I. 서론

염분토양은 자연 현상이나 인간의 활동에 의하여 전 세계적으로 넓게 분포하여 있다(Greenway and Munns, 1980; McWilliam, 1986). 염토양은 해안가의 염분의 비산, 제설제 등에 의하여 조경식재나 정원수 등에 중대한 도전이 되고 있다(Bonnie, 2002).

해안녹화, 바다매립지 등지의 조경식재 설계, 시공 및 유지관리 현장에서는 염분 피해로부터 적응 가능한 내염성 및 내조성 식물 선발이 녹화의 성패를 결정할 정도로 중요하다. 그러나 우리나라의 내염성 및 내조성 수종 선발에 이용할 수 있는 자료는 매우 부족한 편이다. 이러한 현실에서 실무에서는 이웃 일본의 자료들을 많이 이용하는데 지형, 기후, 생태, 수목의 유전적 내성이 다르기 때문에 자료로 활용하는데 한계가 있다. 그러므로 우리나라의 자생식물을 대상으로 내염성 및 내조성에 대한 자료 확보를 위한 연구가 필요하다.

따라서 우리나라 남해안의 여수시 장수리와 남해군 물건리 해안방풍림을 대상으로 식생조사와 토양특성을 조사분석하여 내염성 및 내조성 식물을 선발하는데 그 목적이 있다. 이러한 연구를 통하여 염해지역의 내염성과 내조성 식물의 선정에 대한 정보를 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

### II. 연구범위 및 방법

#### 1. 시기 및 범위

연구의 대상지는 해안가의 염분에 적응하는 내염성 및 내조성 식물을 생태학적으로 선발하기 위하여 상시 바닷물

과 바닷바람의 영향이 미치는 한국 남해안의 해안방풍림을 대상으로 하였다. 조사 위치는 여수시 화양면 장수리 해안방풍림(N 34° 39' 01.53", E 127° 34' 39.56")과 남해군 창선면 물건리의 해안방풍림(N 34° 47' 53.59", E 128° 03' 03.46") 이었으며, 해발고는 2m >로서, 식생대 폭은 정선으로부터의 거리는 내륙 방향으로 50m 이내 이었다.

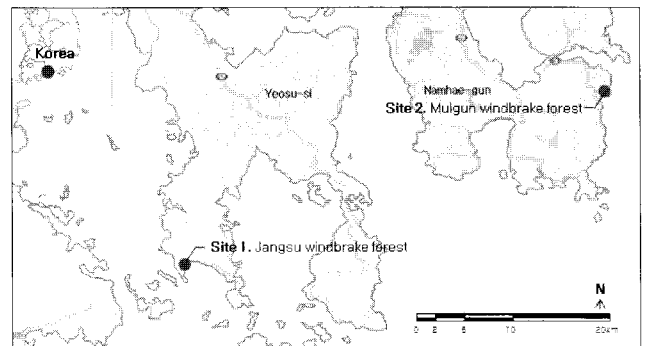


Figure 1. The location map of the survey sites on Jangsu-ri and Mulgun-ri coastal windbreak in South Sea, Korea.

#### 2. 연구방법

조사구배는 식생이 바닷물의 영향을 받는 정도(Homma, 1973)를 고려하여 4지대로 구분 하였다. 제 I 지대는 만조시 바닷물이 닿는 해안 정선(汀線)으로부터 5m >의 부분, 제 II 지대는 약한 바람과 파도에도 바닷물보라의 영향이 미치는 6~15m >의 부분, 제 III 지대는 강한 바람에 의하여 비산되는 바닷물이 땅과 앞에 직접 축적되어지는 16~30m 부분, 제 IV 지대는 비산되는 염분의 피해가 가장 적은 내륙 방

향의 31~40m 부분으로 구분 하였다.

토양시료 채취는 30~40m를 1개 지소로 하여 표토부분의 부엽층과 유기물층을 걷어내고, 지하 5~10cm, 30~40cm, 50~60cm 부분에서 각각 층위별로 채취하여 풍진쇄토한 다음 2mm 체로 쳐서 추출하였다. 토양분석은 pH, EC, 치환성양이온( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ )를 측정 하였다.

식생조사방법은 토양염분 구배 변화에 대한 식물 출현빈도, 피도와 수도를 조사하기 위하여 해안 정선을 따라 지대 트란섹트(belt transect method) 방법을 이용하여 조사 하였으며, 각 조사 방형구의 크기는 지형을 고려하여 5m x 15m 또는 15m x 10m로 하였다.

피도는 방형구 내에서 어떤 식물이 지표면에 대한 투영면적을 7등급으로 하였고, 수도는 방형구내 출현정도를 5등급으로 하여 조사 하였다.

### 3. 수종별 토양염분 적응평가

식물의 내염도 평가는 토양염분 전기전도도( $\text{EC}_{1.5}$ ; electronic conductivity)를 기준으로 하였다. 식물의 염분에 대한 적응은 토양 속에 포화되어 있는 염분을 추출하여 전기전도도( $\text{EC}_e$ ; electronic conductivity earth)를 기준(US Salinity Laboratory Staff, 1954; Rhodes and Miyamoto, 1990; Miyamoto *et al*, 2004; Miyamoto, 2008)으로 하고, 식물의 적응도를 직접적으로 비교하는데 유용하다 (Miyamoto *et al*, 2004). 그러나 이보다 토양과 물의 비율을 1:5로 측정하는 방법이 보다 용이하여 많이 이용(Jung *et al*, 2001; Liu, *et al*, 2006) 하고 있다. 따라서 식물의 내염도 평가는  $\text{EC}_{1.5}$ 를 기준으로 하였으며, 통계학적으로 Explor plot에서 특이값과 이상값을 나타내는 부분은 우연히 기회 분포하는 것으로 간주하여 한 단계씩 하향 조정 또는 제외하고 최대값으로 분석 하였다.

### 4. 염분비산 지대별 출현수종

바닷가 염분비산 지대별 출현수종은 바닷물 염분 피해가 미치는 정도에 따라 각 지대별로 입지적 특성, 염분피해 정도, 출현 식물의 수도, 군도의 조사 자료를 정량화 하여 평가 하였다.

해안방풍림의 조풍피해에 대한 식생대 구분은 Menninger (1964)의 방법에 따라 바닷물 염분이 바람, 강풍, 태풍, 해일

등에 의한 식생에 미치는 영향 정도를 고려하여 I 지대~IV 지대로 구분 하였다. 제 I 지대는 만조시 약한 바람에도 바다물 염분의 피해가 상존하는 해안가 식생이 처음 출현하는 정선(汀線)으로부터 내륙방향으로 <5m 부분에 출현하는 수종을 내조성(耐潮性)이 매우 강한 수종으로 하였다. 제II 지대는 간헐적으로 바닷물이 튀어 오르는 6~15m 사이에 출현하는 수종을 강한 수종으로 하였다. 제III지대는 강한 바람에 의하여 비산되는 바닷물이 앞에 직접 묻혀지는 16~30m 사이에 출현하는 수종을 적응 수종으로 하였다. 제IV 지대는 31~50m 사이에 출현하는 수종을 보통 수종으로 구분 하였다(Fig 1).

내조성 평가는 각 식물종의 상대빈도, 상대밀도, 상대우점도를 계산하는 중요도(I.V: important value)를(Curtis and Cottam, 1962) 응용하여 토양조사 방형구 내의 종의 상대빈도, 상대피도와 상대수도를 합산하여 평균값으로 하였다. 식물의 피도와 군도는 각 측정값을 백분율의 중앙값으로 환산하여 적용 하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 토양물리·화학적 특성

$\text{EC}_{1.5}$ 는 전체 평균은  $0.18\text{dSm}^{-1}$  이었고, 범위는 최저  $0.05\text{dSm}^{-1}$  이었으며, 최고  $0.58\text{dSm}^{-1}$  이었다.  $\text{EC}_{1.5}$ 는 II지대> III지대> I 지대>IV지대 순으로 각각  $0.22\text{dSm}^{-1}$ ,  $0.22\text{dSm}^{-1}$ ,  $0.19\text{dSm}^{-1}$  그리고  $0.13\text{dSm}^{-1}$ 으로 나타났다.  $\text{EC}_{1.5}$ 는 제 I 지대를 제외하고는 해안가로부터 내륙방향으로 낮아졌다.  $\text{EC}_{1.5}$ 가 I 지대가 II지대와 III지대 보다 낮은 것은 I 지대는 사구로서 염분의 용탈이 매우 빠르고, II지대는 사양토로서 모래보다 염분의 용탈이 느리기 때문으로 추정 되었다.

토양반응은 평균 pH 5.75 이고, 범위는 최저 pH 3.84 이었으며, 최고 pH 8.61으로 토양산도는 강산성에서 강알칼리 까지 다양하게 분포 하였다.  $\text{Na}^+$ 는 평균  $15.12\text{comol/kg}$  이었고, 최저  $0.53\text{comol/kg}$  이었으며, 최고  $44.25\text{comol/kg}$  이었다.  $\text{K}^+$ 는 평균  $14.68\text{comol/kg}$  이었고, 최저  $0.12\text{comol/kg}$  이었으며, 최고  $53.29\text{comol/kg}$  이었다.  $\text{Ca}^{++}$ 는 평균  $146.44\text{comol/kg}$  이었고, 최저  $0.23\text{comol/kg}$  이었으며, 최고  $797.00\text{comol/kg}$  이었다.  $\text{Mg}^{++}$ 는 평균  $22.98\text{comol/kg}$  이었고, 최저  $0.10\text{comol/kg}$  이었으며, 최고  $81.55\text{comol/kg}$  이었고, P는 평균

0.14ppm 이었고, 최저 0.00ppm 이었으며, 최고 0.82ppm 이었다.

## 2. 수종별 염분도

조사지 출현식물의 내염도 평가는 전기전도도( $EC_{1:5}$ ; electronic conductivity)를 기준으로 통계학적으로 Explor plot에서 극단값과 이상값을 제외한 최대값으로 평가 하였다. 토양염분은 최저  $EC_{1:5}$   $0.05dSm^{-1}$  에서 최고  $EC_{1:5}$   $0.58dSm^{-1}$  범위에 출현한 식물은 40과 73속 변종 10종 101종 총 111종 이었다.

조사지내에서 가장 높은 염류토양  $EC_{1:5} > 0.50dSm^{-1}$ 에서 자생하는 식물들은 담쟁이덩굴과, 인동덩굴 2종 이었다. 담쟁이덩굴과 인동덩굴은 해안방풍림 전역에 산재되어 토양 염분이 높은 곳과 낮은 곳 어디에서나 양호한 생육을 하고 있었다.

$EC_{1:5}$   $0.45 \sim 0.50dSm^{-1}$  범위에 속하는 식물들은 위의 식물들 외에 꾸지뽕나무, 명석딸기, 산초나무, 송악, 아까시나무, 줄참나무, 좁작살나무 7종이 더 있었다. 송악과 명석딸기는 지피식물로서 대군락을 형성 하고 있었으며, 꾸지뽕나무와 아까시나무는 소반상으로 산재하여 있었다.

$EC_{1:5}$   $0.40 \sim 0.45dSm^{-1}$  범위에 속하는 식물들은 위의 식물들 외에 갈매나무, 감태나무, 개벚나무, 굴참나무, 굴피나무, 까마귀밥나무, 누리장나무, 느티나무, 때죽나무, 마삭줄, 모감주나무, 상동나무, 예덕나무, 이팝나무, 쥐똥나무, 청가시덩굴, 청미래덩굴, 초피나무, 칩, 팽나무 등 20종이 더 있었다.

## 3. 염비산 지대별 출현수종

조사지의 출현 수종은 40과 73속 변종 10종 101종 총 111종 이었다. 지대별로 출현종 많은 곳은 III지대>IV지대>II지대>I 지대 순으로, 각각 86종, 85종, 70종, 3종으로 나타났다.

전체 지대에 출현하는 수종은 칩과 새머루 2종뿐 이었고, 내조성이 높은 순비기나무는 제 I Bel에만 출현 하였다. 출현빈도와 피도 그리고 수도가 가장 높은 수종은 전체 지대에서 느티나무, 팽나무, 모감주나무, 예덕나무, 마삭줄, 칩 등 이었고, 그 다음으로는 이팝나무, 푸조나무, 소사나무, 소태나무, 까마귀밥나무, 줄딸기나무, 쥐똥나무, 명석딸기,

돌가시나무 등 이었다. 이러한 수종은 조사지 내에서 다른 수종에 비하여 상대적으로 내조성이 강한 수종으로 판단되었다.

I 지대에서는 교목과 관목은 출현하지 않았으며, 만경식물인 순비기나무, 새머루, 칩 등 3종만이 출현 하였다. 이러한 식물은 해안가 정선부에 위치하여 평상시 약한 바람에도 바다물 염분이 식물체 생장에 영향을 미치는 곳으로 조사지에서 가장 염분피해가 큰 부분이며, 비산 염분에 적응성이 높아서 내조성이 매우 강한 식물이다.

II 지대는 제방에 접하여 강한 바람에 바닷물이 비산되는 곳으로 해안방풍림의 소매군락과 어깨군락에 속한다. 출현율이 높은 주요 수종은 교목은 느티나무, 팽나무, 예덕나무, 모감주나무, 이팝나무, 소사나무 등 이었고, 관목은 까마귀밥나무, 쥐똥나무 등 이었으며, 만경식물은 칩, 마삭줄, 송악 등이 출현 하였다.

III 지대는 II 지대의 후방에 위치하여 II 지대의 소매군락과 어깨군락에 의하여 강풍 또는 태풍의 직접적인 피해로부터 보호를 받는 식생대로서 염분피해는 II 지대 보다 적게 받는 부분이다. 주요 출현수종은 교목은 느티나무, 팽나무, 푸조나무, 이팝나무, 폭나무, 소사나무, 예덕나무 등 이었으며, 관목은 쥐똥나무, 까마귀밥나무, 돌가시나무 등, 만경식물은 마삭줄, 송악, 칩 등이 출현 하였다.

IV 지대는 방풍림의 최후방부로서 강한 태풍과 해일에 의하여 다소 피해를 받는 부분이다. 주요 출현 식물은 교목은 팽나무, 굴참나무, 느티나무, 소사나무 등 이었고, 관목은 까마귀밥나무, 돌가시나무, 생강나무 등 이었고, 만경식물은 마삭줄, 송악 등이 출현 하였으며, 다른 지역보다 다양한 수종이 분포 하고 있었다.

## IV. 결론

본 연구는 한국 남해안의 해안방풍림을 대상으로 토양염분 및 생태학적 식생조사를 통하여 내염성 및 내조성 식물을 평가 하였다.

토양염분은 평균  $EC_{1:5}$   $0.18dSm^{-1}$ , 최저  $0.05dSm^{-1}$ , 최고  $0.58dSm^{-1}$  이었고,  $EC_{1:5}$ 는 해안가 정선부를 제외하고는 내륙 방향으로 갈수록 낮았다. 토양염분의 수직적 특성은 표토부분이 지하부 보다 높았으나 정선부의 모래가 많은 사구 부분에서는 표토부분 보다 지하부에서 더 높은 경향 이었다.

조사지 내에 출현한 식물은 40과 73속 변종 10종 101종 총 111종 이었으며, 염분도에 따라 그룹화 되었다. 내염성이 가장 강한 수종은 염류토양  $EC_{1.5} > 0.50dSm^{-1}$ 에서 담쟁이덩굴과 인동덩굴 이었고, 그 다음으로는  $EC_{1.5} 0.45 \sim 0.50dSm^{-1}$ 에 분포하는 꾸지뽕나무, 명석딸기, 산초나무, 송악, 아까시나무, 졸참나무, 좀작살나무 등 이었다.

지대별로 출현식물을 배열한 결과 전체 지대에 출현하는 수종은 칩과 새머루 이었고, 내조성이 높은 순비기나무는 제 I Bel에만 출현 하였다. 전체적으로 출현빈도와 피도 그리고 수도가 가장 높은 수종은 느티나무, 팽나무, 모감주나무, 예덕나무, 마삭줄, 칩 등 이었고, 그 다음으로는 이팝나무, 푸조나무, 소사나무, 소태나무, 까마귀밥나무, 줄딸기나무, 쥐똥나무, 명석딸기, 돌가시나무 등 이었다. 이러한 수종은 조사지 내에서 다른 수종에 비하여 상대적으로 내조성이 강한 수종으로 판단 되었다.

연구결과 식물생태학적 방법으로 해안방풍림 자생식물의 내염성 및 내조성에 대한 정보를 파악할 수 있었으며, 염 피해지역에도 다양한 식물 종을 선정할 수 있음을 시사 하였다.

본 연구는 자생식물의 내염성 및 내조성 평가를 위한 실험적 연구로서 남해안 2지역의 해안방풍림에 국한 되었으나 보다 많은 식물종 기작의 정보의 파악하기 위해서는 폭

넓은 조사 연구가 필요한 것으로 사료 되었다.

## V. 인용문헌

- Bonnie Appleton, Vickie Greene, Aileen Smith, Susan French, Brian Kane, Laurie Fox, Adam Downing, and Traci Gilland.(2002) Trees and Shrubs that Tolerate Saline Soils and Salt Spray Drift. Trees for Problem Landscape Sites. Verginia Cooperative Extension. Publication 430-031. <http://www.ext.vt.edu/pubs/trees/430-031/430-031.html>.
- Greenway, H. and R. Munns.(1980) Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. Ann. Rev. Plant Physiol., 31: 149-90.
- Homma Akira (1973) Bulletin of the institute of landscape architecture No 4 -Studies on the problems of planting for landscape in the area reclaimed foreshore land. Laboratory of landscape architecture, The University of Tokyo. Tokyo. 127pp.
- McWilliam, J.R(1986) The national and international importance of drought and salinity. Australian J. Plant Physiol. 13: 1-13.