한국환경생태학회지 24(2) : 209~221. 2010
Kor. J. Env. Eco. 24(2) : 209~221. 2010

한국 서해안의 내염성 및 내조성 자생수종[1a]

김도균[2*]

Native Tree Species of Tolerance to Saline Soil and Salt Spray Drift at the Coastal Forests in the West-Sea, Korea[1a]

Do-Gyun Kim[2*]

요 약

본 연구는 해안 염해지 수목 식재를 위한 내염성 및 내조성 수종을 선발하고자 한국 서해안 해안림의 식생조사와 토양염분도를 조사·분석하였다. 조사지의 토양염분은 전체 평균 $EC_{1:5}$ 0.11dSm^{-1}이었고, 최저 0.00dSm^{-1}, 최고 0.68dSm^{-1}이었다. 토양염분($EC_{1:5}$)은 해안 정선으로 부터 내륙 방향으로 갈수록 낮았으며, Ⅰ지대>Ⅱ지대>Ⅲ지대>Ⅳ지대 순으로 각각 $EC_{1:5}$ 0.14dSm^{-1}, 0.11dSm^{-1}, 0.10dSm^{-1}, 0.08dSm^{-1}이었다. 출현한 자생식물은 52과 104속 24변종 157종 총 181분류군이었다. 토양염분이 가장 높은 단계인 $EC_{1:5}$ 0.51dSm^{-1}를 초과하는 곳에서 EC의 특이값 또는 이상치의 수준으로 여러 번 출현하는 수종은 곰솔, 청미래덩굴, 떡갈나무, 졸참나무 등이었다. $EC_{1:5}$ 0.41~0.50dSm^{-1}에서는 $EC_{1:5}$ 0.40dSm^{-1} 이하에 속하는 식물들 이외에도 왕자귀나무, 멀구슬나무, 계요등으로 출현빈도가 매우 낮았다. 전체 지대에 출현하는 수종은 리기다소나무, 소나무, 곰솔, 노간주나무 등 이었고, 중요도가 높은 수종은 소나무, 곰솔, 이대, 청미래덩굴, 굴피나무 등이었다. 이러한 수종은 조사지의 자생 수종들 중에서 다른 수종에 비하여 상대적으로 내조성이 강한 것으로 판단되었다.

주요어: **해안식생**, **정선부식생**, **토양염분**, **염해지**, **염분피해**

ABSTRACT

This study was carried out to apply basic data of the native trees for planting in the salinity area by the vegetation ecological selection. Which focused on native woody species to the tolerances of saline soil and salt spray drift on the coastal forests in the West-Sea, Korea. The soil salinity($EC_{1:5}$) was 0.11dSm^{-1}, ranging of 0.00dSm^{-1} ~ 0.68dSm^{-1}. The soil salinity was gradually decreasing from Belt I to Belt Ⅳ except the Belt I in some coastal windbreaks. The order of decreasing soil salinity was Belt I>Belt II>Belt III>Belt Ⅳ and the soil salinity was $EC_{1:5}$ 0.14dSm^{-1}, 0.11dSm^{-1}, 0.10dSm^{-1}, and 0.08dSm^{-1}, respectively. The total 181 taxa consisted of 52 families, 104 genus, 157 species, and 24 varieties were recorded as the trees tolerating to both soil salinity and salt spray drift. The trees emerged in the highest degree of salinity($EC_{1:5}$ 0.51dSm^{-1}) was nothing but

1 접수 2010년 2월 28일, 수정(1차: 2010년 4월 9일, 2차: 2010년 4월 29일), 게재확정 2010년 4월 30일
Received 28 February 2010; Revised(1st: 9 April 2010, 2nd: 29 April 2010); Accepted 30 April 2010

2 순천대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, College of Bio Industry Science, Sunchon National Univ., Sunchon-si, Jeonnam Province(540-742), Korea(doaha@sunchon.ac.kr)

a 이 논문은 2007년 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-331-0226).
This work was supported by the Korea Research Foundation Grant Funded by the Korean Government(MOEHRD, Based Research Promotion Fund)(KRF-2007-331-0226).

* 교신저자 Corresponding author(doaha@sunchon.ac.kr)

appearanced *Pinus thunbergii* Parl., *Smilax china* L., *Quercus dentata* Thunb. ex Murray, *Quercus serrata* Thunb. ex Murray and so on at the level of singular and ideal value. The emerged trees in the high salinity of $EC_{1:5}$ 0.41dSm^{-1} ~ 0.50dSm^{-1} were *Albizia kalkora* Prain, *Melia azedarach* L., *Paederia scandens* (Lour.) Merr. var. *scandens* These species were trees of tolerance to saline soil. The emerged woody species in all belts were *Pinus rigida* Mill., *Pinus densiflora* Siebold & Zucc., *Pinus thunbergii* Parl., *Juniperus rigida* Siebold & Zucc. and so on. The woody species with high important value(I.V.) were *Pinus densiflora* Siebold & Zucc., *Pinus thunbergii* Parl., *Pseudosasa japonica* (Siebold & Zucc. ex Steud.) Makino, *Smilax china* L., *Platycarya strobilacea* Siebold & Zucc. var. *strobilacea* for. *strobilacea* and so on, which can be classified as highly tolerant native trees to salt spray drift.

KEY WORDS: NATIVE WOODY SPECIES, VEGETATION OF COASTAL LINE, SOIL SALT, SALINITY AREA, SALT INJURY

서 론

내염성 식물은 토양염분에 식물이 적응하는 정도이며, 내조성 식물은 바닷바람에 염분이 비산되어 식물의 잎과 줄기에 묻혔을 때 염분에 적응하는 것이다(Kim, 2010). 해안가는 바닷물 염분농도가 약 2.7~3.5% 정도로(Odum, 1971; Richard and Walter, 1996) 바람에 의하여 바다물이 비산되어 식물체와 토양에 누적되어 식물 성장을 제한시킨다(Bonnie *et al*, 2002).

우리나라는 삼면이 바다로 최근 해안간척지, 바다매립지, 해안방풍림, 해안완충림, 해안경관림, 해안도시 또는 마을숲, 해안가로수 등의 염해지에서 대단위로 녹지가 조성되고 있다. 이러한 염해지에서는 토양염분과 비산염분 때문에 식재 수목의 성장을 제한하여 수목의 생장이 불량하거나 고사하게 하여 식생경관을 불량하게 하는 원인이 된다. 염해지에서는 내염성과 내조성 식물의 선발이 식재 사업의 성패를 가름할 정도로 매우 중요하다.

해안녹화, 바다매립지, 도로 제설제 살포지 등의 염해지에서 수목 식재계획, 설계, 시공 및 유지관리 현장에서는 염분 피해로부터 적응 가능한 내염성 및 내조성 식물 선발에 관한 자료가 필요하다. 그러나 우리나라는 식재 실무나 대학 강의용 교재로 활용할 수 있는 내염성 및 내조성 수종 선발에 대한 자료는 대부분 일본과 미국 등의 외국의 자료이거나 국내의 자료는 몇 수종에 불과하므로 우리나라의 자생식물을 대상으로 내염성 및 내조성 수종 선발에 대한 기초자료가(Kim, 2010) 필요하다.

기존의 내염성과 내조성 식물 선발에 대한 생태학적 연구는 외국에서는 해안가의 식생을 대상으로 연구(Menninger, 1964; Homma, 1973; Daubenmire, 1974)가 진행되어 있고, 국내에서는 제주도(Lee and Kim, 1977), 남해안도서지방(Lee, 1980), 동해안(Choi, 1988), 새만금유역(Choi, 2003), 남해안의 방풍림(Kim, 2010) 등지에서 연구된 바 있다.

이와 같이 해안 자생식물을 대상으로 내염성 및 내조성 식물을 선발하는 사례는 많이 있으나 우리나라는 아직 일부 해안 및 도서지역을 대상으로 연구되었으며(Kim, 2010), 주로 식생조사만 하고, 토양염분도를 조사하지 않아서 어느 정도의 토양염분도에 적응하고 있는지 파악하기 어려우며, 종다양성이 풍부한 서해안을 대상으로 한 내염성 및 내조성 수종 선발에 대한 자료는 찾아보기 어렵다.

서해안에서 내염성과 내조성 식물을 선발하기 위한 본 연구의 의문은 첫째로는 「해안가 출현 식물은 어느 정도의 토양염분도에 적응 하는가?」 이고, 둘째로는 「해안 정선부(汀線部)로 부터 내륙 방향의 지대별로 어떤 내조성 식물들이 출현하는가?」 이다.

식물의 생장이 토양환경과 연관성이 높아서(Jenny, 1941; Major, 1951) 염분이 높은 지역에 현존하는 식생은 염토양 적응의 지표가 되므로(Bonnie *et al*, 2002) 해안가 토양염분과 바닷물의 비산 위치에 따라 내염성과 내조성 식물을 선발(Homma, 1973)할 수 있다. 해안가에서 토양염분은 정선부(汀線部)를 기점으로 하여 내륙으로 들어갈수록 NaCl의 함량이 감소하는 경향이 있고(Choi, 1986) 식물체 내에 NaCl 함량이 높은 식물이 출현하여 해안가에 인접한 수종일수록 내염성과 내조성이 강한 것(Homma, 1973, Lee and Kim, 1977)으로 보고되어 있다. 이러한 이론에 따라 해안가에 자생하는 수종을 대상으로 식물생태학적 조사분석방법에 의하여 내염성 및 내조성 수종을 선발할 수 있다(Homma, 1973; Lee, 1980; Kim, 2010).

따라서 본 연구는 우리나라 서해안의 해안림과 방풍림에서 토양염분도와 지대별 수종의 출현정도를 조사분석하여 내염성 및 내조성 수종을 선발하는데 그 목적이 있다. 이러

한 연구를 통하여 염해지역 조경식재 또는 생태복원녹지 조성시 내염성 및 내조성 식물 선발에 대한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

연구내용 및 방법

1. 조사구 설정

내염성 및 내조성 식물을 생태학적으로 선발하기 위한 연구대상지는 한국 서해안의 해안림을 대상지로 하였다. 조사지역은 전남 해남군 화원면(34°34′23.56″N, 127°34′39.56″E)에서부터 경기도 인천광역시 서구 장도(37°33′04.32″N, 126°36′21.70″E)까지로 하였다. 조사범위는 경사지에서는 정선부로부터 높이 8m>이고, 평지형인 완경사지의 식생대 폭은 정선으로 부터 내륙 방향으로 35m>로 하였다.

2. 조사기간

조사기간은 2007월 7월~8월까지 5회에 걸쳐 예비조사를 실시하였고, 본 조사는 2007년 9월~2008년 8월까지 식생조사와 토양조사를 병행하였다.

3. 조사구배

조사구배는 “토양염분은 바닷가로부터 내륙 방향으로 거리가 멀어질수록 낮고”(Choi, 1988), “내염성 및 내조성이 강한 식물은 해안가에 가장 가까이 근접하여 있다”(Menninger, 1964; Homma, 1973; Daubenmire, 1974; Lee and Kim, 1977; Choi, 1988; Kim, 2010)라는 이론에 따라 설정하였다.

해안식생 분포의 구배는 예비현장조사에서 지형구조와 식생배열 상태를 고려하여 식생이 바닷물의 영향을 받는 정도(Homma, 1973)에 따라 4구배로 구분(Kim, 2010) 하였다. 조사지점은 해안가에서 식생이 처음 출현하는 바닷가를 시작점으로 하였으며, 경사도에 따라 평지형과 경사형으로 구분하였다. 제Ⅰ지대는 만조시 약한 바람에도 바닷물의 염분피해가 상존하는 곳으로 경사지는 바닷가로부터 높이 2.0m>로 하였고, 평지형은 바닷가로부터 수평적으로 내륙쪽으로 5m> 부분으로 하였다. 제Ⅱ지대는 약한 바람과 파도에도 바닷물보라의 영향이 미치는 곳으로 경사지는 바닷가로부터 높이 2.1~4.0m로 하였으며, 평지형은 수평적으로 6~15m 부분으로 하였다. 제Ⅲ지대는 강한 바람에 의하여 비산되는 바닷물이 땅과 잎에 축적되어지는 곳으로 바닷가로부터 높이 4.1~6.0m로 하였고, 평지형 수평적으로 16~25m 부분으로 하였다. 제Ⅳ지대는 비산되는 염분의 피해가 가장 적은 내륙 방향으로 경사지는 정선으로부터 높이 6.1~8.0m으로 하였고, 평지형은 수평적으로 바닷가에서 26~35m 부분으로 구분하였다.

4. 토양 조사 및 분석

토양시료의 채취 위치는 예비실험 결과를 통하여 결정하

Figure 1. The location map of the survey sites on Coastal forests in the West-Sea, Korea

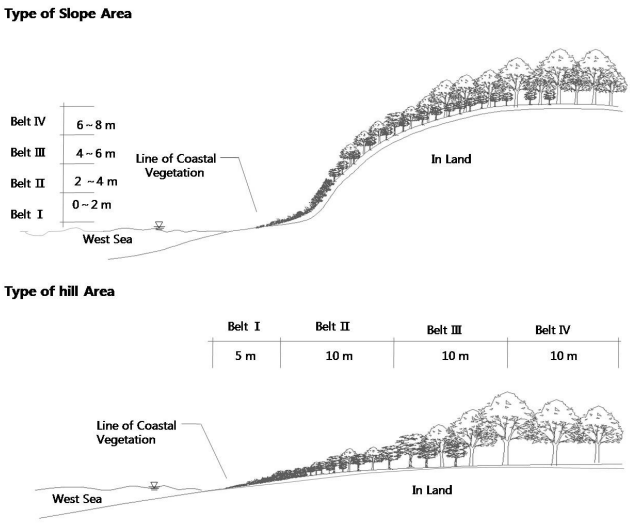


Figure 2. The location map of the survey sites at Coastal Forest in the West-Sea, Korea

였다. 예비조사에서 바닷물이 매일 닿는 정선부에서 1m 간격으로 최하단부에서 상단부로 올라갈수록 토양염분이 낮아졌으며, 각 지대에서도 하단부 보다는 상단부가 낮게 나타나났다. 또한 조수에 의하여 바닷물이 매일 접하는 Ⅰ지대의 정선부인 최하단에서 $EC_{1:5}$ 1.38~3.95dSm^{-1}으로 매우 불균질 하였고, 최상단 2m 부분에서는 0.68dSm^{-1}보다 낮았으며, 비교적 균질 하였다. 따라서 토양채취는 각 급지에서 토양염도가 가장 낮게 나타나는 최상단부 또는 최후방부를 기준으로 채취하였다.

토양시료의 채취는 표토부분의 부엽층과 유기물층을 걷어내고, 수직적으로 지하 5～10㎝, 25～30㎝, 50～60㎝부분에서 3반복 채취하여 풍건쇄토 한 다음 2㎜ 채로 쳐서 추출하였다. 토양분석은 $pH_{1:5}$, $EC_{1:5}$는 토양시료 5mg에 증류수 25ml를 진탕하여 HANNA HI333310으로 측정하였다.

5. 식생조사

식생조사는 조사지 내에서 자생하는 수종을 대상으로 하였으며, 인위적으로 식재된 수종은 식재가 오래된 수종을 조사 하였다. 식생 조사구 설정은 토양염분 구배를 고려하여 해안 정선을 따라 대상방형구(belt transect method)를 설치하였다. 방형구의 크기는 경사도를 고려하여 경사지와 평지형으로 구분하였다. 식생조사 지대의 수평적 길이는 한 지역당 기본적으로 약 200m로 하였고, 평지형은 제Ⅰ지대는 5m로 하고, 제Ⅱ지대, 제Ⅲ지대, 제Ⅳ지대는 10m의 폭으로 하였으며, 15° 이상의 경사지는 정선으로부터 해발고 2m씩 내륙 윗 방향으로 4구배로 구분하여 8m 까지 조사하였다.

식생조사지는 284개소 1,143 방형구 이었으며, 식생조사는 Braun-Blanquet(1965)의 식물의 출현도, 피도 그리고 수도를 조사하였으며, 방형구 외의 부분에서 출현하는 종은 그 출현정도와 수도를 고려하여 방형구 내에 산입하였다. 피도는 방형구 내에서 어떤 식물이 지표면에 대한 투영면적의 피도를 7등급으로 하였고, 수도는 방형구내 출현정도를 5등급으로 구분하였다. 수종명은 국가표준식물목록과 대한식물도감(Lee, 1993)에 따라 분류하였다.

6. 수종별 내염성평가

수종별 내염성 평가는 식물 생장은 토양환경과 연관성이 높아서(Jenny, 1941; Major, 1951) 염분이 높은 지역에 현존하는 식생은 염토양 적응의 지표가 된다(Bonnie *et al*, 2002)는 이론을 기초로(Kim, 2010) 하였다. 토양염분에 대한 식물의 적응성 판단은 토양 속에 포화되어 있는 염분을 포화추출 하여 전기전도도(ECe; electronic conductivity earth)를 기준(US Salinity Laboratory Staff, 1954; Rhoades and Miyamoto, 1990; Myamoto *et al.*, 2004; Miyamoto, 2008)으로 표시할 수 있다. 그러므로 출현 수종의 토양내염성은 $ECe_{1:5}$를 기준으로 하였으며, 통계학적으로 Explore Plot에서 특이값과 이상값을 나타내는 부분은 우연히 기회분포하는 것으로 간주하여 한 단계씩 하향 조정 또는 제외하고, 최대값으로 분석(Kim, 2010) 하였다.

7. 내조성 식물의 분포

출현식물의 내조성 평가는 해안식물은 내륙쪽으로 부터 해안가로 근접할수록 내조성이 강하다(Menninger, 1964; Homma, 1973; Daubenmire, 1974; Lee and Kim, 1977; Choi, 1988)라는 이론에 따라 평가하였다. 내조성 수종 선발은 제Ⅰ지대, 제Ⅱ지대, 제Ⅲ지대, 제Ⅳ지대에 출현수종으로 구분(Kim, 2010) 하였고(Fig 1), 내조성 평가의 정량화는 각 식물종의 상대빈도와 상대밀도 그리고 상대우점도를 계산하는 중요치(I.V.: important value)를(Curtis and Cottam, 1962) 응용하여 지대별로 종의 출현도에 대한 피도와 수도의 중앙값을 합산한 값으로 평가 하였다. 출현 수종의 피도와 군도의 조사 자료를 각 측정값 백분율의 중앙값으로 환산하여(Kim, 2010) 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 토양특성

서해안 토양 염분의 전체 평균은 $EC_{1:5}$ 0.11dSm^{-1}이었고, 범위는 최저 0.00dSm^{-1}이었으며, 최고 0.68dSm^{-1}이었다. 토양염분도의 지대별 차이는 분산분석 결과 유의도 0.00% 수준에서 차이가 있었으며, 각 지대별 $EC_{1:5}$는 Ⅰ지대>Ⅱ지대>Ⅲ지대>Ⅳ지대 순으로 각각 0.14dSm^{-1}, 0.11dSm^{-1}, 0.10dSm^{-1} 그리고 0.08dSm^{-1}으로 나타났다. 그러나 여러 지역에서 토양염분 $EC_{1:5}$가 Ⅰ지대 보다 Ⅱ지대 또는 Ⅲ지대가 더 높게 나타나는 지역도 있었다.

토심이 수직적으로 깊어짐에 따른 염분도 $EC_{1:5}$는 전체적으로 지하 -10㎝층>-60㎝>-30㎝층 순이었고, 각각 평균 $EC_{1:5}$ 0.11dSm^{-1}, 0.58dSm^{-1} 그리고 0.69dSm^{-1}으로 전체적으로 토양이 깊어질수록 토양염분이 낮은 경향이었다. 그러나 Ⅰ지대와 Ⅱ지대 일부 지역에서 토양이 깊어질수록 염분도가 높아지기 하였는데 이러한 지역은 주로 모래가 많은 사구지역에서 발생하였다.

토양반응은 평균 $pH_{1:5}$ 5.56 이었고, 범위는 최저 $pH_{1:5}$ 2.80이었으며, 최고 $pH_{1:5}$ 8.70으로 매우강한산성에서 강알

Table 1. The soil characteristics for each belt on coastal windbreak, in the West-sea, Korea

Div		Soil depth			Mean
		-10㎝	-30㎝	-60㎝	
EC1:5* (dSm^{-1})	Belt Ⅰa	0.15	0.06	0.08	0.14
	Belt Ⅱb	0.11	0.05	0.06	0.11
	Belt Ⅲc	0.10	0.05	0.04	0.10
	Belt Ⅳd	0.09	0.05	0.05	0.08
TDS1:5* (mgL^{-1})	Belt Ⅰa	72.23	30.25	39.93	69.23
	Belt Ⅱb	53.85	23.39	29.53	53.01
	Belt Ⅲc	48.84	26.91	21.96	48.18
	Belt Ⅳd	43.87	25.22	27.43	43.27
pH1:5*	Belt Ⅰa	5.70	6.97	6.90	5.80
	Belt Ⅱb	5.55	5.98	5.87	5.56
	Belt Ⅲc	5.46	5.56	6.00	5.47
	Belt Ⅳd	5.40	5.72	5.51	5.41

a, b, c, d는 지대별 Duncan의 다중범위 검정결과
*: 유의수준 0.00%

칼리까지 다양하게 분포하였다.

2. 수종별 내염성

조사지 출현식물의 내염도 평가는 전기전도도($EC_{1:5}$; electronic conductivity)를 기준으로 통계학적으로 Explore plot에서 특이값과 이상값을 제외한 최대값으로 평가하였다. 조사지 내에서 수목의 출현빈도를 기준으로 한 척도상자 도표 및 오차막대 너비가 큰 것은 곰솔, 청미래덩굴, 졸참나무, 댕댕이덩굴, 돌가시나무 등이었다(Table 2). 이러한 수종들은 대부분 분포역이 넓고, 출현빈도가 높은 수종들이었다.

토양염분 $EC_{1:5}$ 0.51dSm^{-1} 이상에서 수종 최대값으로 나타난 수종은 없었으며, 대부분 EC 특이값 또는 이상치의 수준에서 곰솔, 청미래덩굴, 떡갈나무, 졸참나무, 댕댕이덩굴, 멍석딸기, 돌가시나무, 팥배나무, 자귀나무, 조록싸리, 싸리, 칡, 아까시나무, 쥐똥나무, 인동덩굴 등이 출현하였다. 식물의 내염성은 개체 간에 내성의 정도가 다를 수 있으므로 어느 정도 범위의 토양염분도까지 생장이 가능한지 향후 이들 수종의 내염성 기작에 관한 생리학적 연구가 필요하다.

$EC_{1:5}$ 0.41~0.50dSm^{-1} 에서는 $EC_{1:5}$ 0.40dSm^{-1} 이하에 속하는 식물들 이외에도 왕자귀나무, 멀구슬나무, 계요등 3종이었다. 왕자귀나무의 출현지역은 주로 전남 해남~목포~무안 일부에서 출현횟수는 8회로서 분포역이 매우 좁았고, 출현빈도도 매우 낮았다. 멀구슬나무는 전남 무안에서 목포까지 분포하였으며, 출현횟수는 15회로서 출현빈도가 매우 낮은 편이었다. 계요등은 주로 영광에서 8회 출현하였다. 이들 수종은 토양내염도는 높게 나타났으나 출현빈도가 매우 낮았다.

$EC_{1:5}$ 0.31~0.40dSm^{-1} 에서는 $EC_{1:5}$ 0.30dSm^{-1} 이하에 속하는 식물들 이외에도 떡갈나무, 혹느릅나무, 느티나무, 팽나무, 꾸지뽕나무, 산벚나무, 자귀나무 등 34종이었다. $EC_{1:5}$ 0.21~0.30dSm^{-1} 에서는 $EC_{1:5}$ 0.20dSm^{-1} 이하에 속하는 식물들 이외에도 소나무, 곰솔, 리기다소나무, 노간주나무, 조릿대, 이대 등 66종이었다. 곰솔 생육지의 토양염분도는 통계학적으로 4사분위의 최대값으로 분석하면 $EC_{1:5}$ 0.20dSm^{-1} 이하에 속하지만 $EC_{1:5}$ 0.60dSm^{-1} 이상에도 많은 개체가 특이값과 이상치에서 발견되므로 토양내염력은 매우 높은 것으로 보인다. $EC_{1:5}$ 0.11~0.20dSm^{-1} 에서는 $EC_{1:5}$ 0.10dSm^{-1} 이하에 속하는 식물들 이외에도 소사나무, 왕느릅나무, 무화과나무, 감태나무, 병아리꽃나무, 누리장나무, 순비기나무 등 42종이 출현 하였다. 염분토양 $EC_{1:5}$ 0.10dSm^{-1} 이하에서 자생하는 식물들은 붉가시나무, 당느릅나무, 후박나무, 산딸기, 아그배나무, 해변싸리, 개싸리, 꽃싸리 등 20종이 출현하였다.

출현횟수가 매우 적은 수종은 은행나무, 잣나무, 왕버들, 버드나무, 갯버들, 소귀나무, 까치밥나무, 살구나무, 앵도나무, 회화나무, 비수리, 참죽나무, 굴거리나무, 신나무, 중국단풍, 갈매나무, 벽오동 등으로 총 17종 이었다. 이들 대부분의 수종은 인위적으로 식재한 외래종과 우연히 출현한 자생수종들 이었다.

3. 지대별 출현종

4개 지대에 출현한 수종은 52과 104속 24변종 157종 총 181분류군이었다. 출현횟수가 가장 많은 수종은 곰솔, 돌가시나무, 댕댕이덩굴, 청미래덩굴, 아까시나무 등이고, 1,143 방형구 중에서 각각 686, 465, 435, 432, 421회로 Ⅰ~Ⅳ지대까지 모두 출현하였다.

조사 지대별로 출현 수종은 Ⅱ지대·Ⅲ지대·Ⅳ지대> Ⅰ지대 순으로, 각각 157, 157, 157, 145종이었고, 자생수종은 Ⅱ지대>Ⅳ지대>Ⅲ지대> Ⅰ지대 순으로, 각각 147, 146, 144, 134종이었으며, 식재수종은 Ⅲ지대> Ⅰ지대·Ⅳ지대> Ⅱ지대 순으로, 각각 13, 11, 11, 10종이었다. 이것으로 보아 서해안의 해안림에서 지대별 출현종수는 Ⅰ지대가 가장 낮고 나머지 Ⅱ지대~Ⅳ지대까지의 출현종수는 크게 차이가 없는 것으로 나타났다.

전체 지대에 출현하는 수종은 소나무, 곰솔, 노간주나무, 왕대, 조릿대, 이대, 청미래덩굴, 청가시덩굴 등으로 125종이었다. 제Ⅰ지대에서만 출현하는 수종은 은행나무, 갯버들, 까치밥나무, 개싸리, 무궁화, 벽오동이었고, 제Ⅱ지대에

서만 출현하는 수종은 왕버들, 버드나무, 꽃싸리, 굴거리나무, 중국단풍이었으며, 제Ⅲ지대에서만 출현하는 수종은 잣나무, 살구나무, 앵도나무 이었으며, 제Ⅳ지대에만 출현하는 수종은 소귀나무, 회화나무, 참죽나무, 신나무, 갈매나무 등 이었다. 이러한 수종들은 대부분 인위적으로 식재한 수종이거나 기회분포하는 수종으로 보인다.

출현빈도와 피도 그리고 수도를 기준으로 중요치가 높은 수종은 전체 지대에서 순비기나무, 곰솔, 왕대, 조릿대, 이대, 마삭줄, 참느릅나무, 측백나무 등이었다.

제Ⅰ지대에서 중요치가 높은 수목은 교목은 소나무, 곰솔, 소사나무, 갈참나무 졸참나무, 팽나무 등이 출현하였고, 관목은 떡갈나무, 꾸지뽕나무, 이대, 해당화 등이 출현하였으며, 만경식물인 청미래덩굴, 댕댕이덩굴, 멍석딸기, 돌가시나무 등이 출현하였다. 이러한 식물은 해안가 정선부에 위치하여 평상시 약한 바람에도 바닷물 염분이 식물체 생장에 영향을 미치는 곳으로 조사지에서 염분피해가 가장 큰 부분이며, 비산 염분에 적응성이 높아서 내조성이 매우 강한 식물이다.

제Ⅱ지대에서 중요치가 높은 주요 수종은 교목은 소나무, 곰솔, 굴피나무, 사방오리, 소사나무, 갈참나무, 졸참나무, 팽나무등 이었고, 관목은 떡갈나무와 꾸지뽕나무 이었으며, 만경식물은 이대, 청미래덩굴, 댕댕이덩굴이 출현하였다.

제Ⅲ지대는 Ⅱ지대의 후방에 위치하여 Ⅱ지대의 소매군락과 어깨군락에 의하여 강풍 또는 태풍의 직접적인 피해로부터 보호를 받는 식생대로서 염분피해는 Ⅱ지대 보다 적게 받는 부분이다. 중요치가 높은 수종은 교목은 소나무, 곰솔, 굴피나무, 소사나무, 갈참나무, 졸참나무, 팽나무 등이었고, 관목은 떡갈나무, 꾸지뽕나무, 이대 등이었으며, 만경식물은 청미래덩굴이 출현하였다.

제Ⅳ지대는 해안림의 최후방부로서 중요치가 높은 수종은 교목은 소나무, 곰솔, 굴피나무, 소사나무, 갈참나무, 졸참나무, 팽나무, 생강나무, 자귀나무, 아까시나무, 예덕나무, 붉나무, 때죽나무 등이었다. 관목은 떡갈나무, 꾸지뽕나무, 이대, 개머루, 장구밤나무, 사스레피나무, 음나무, 진달래, 조록싸리, 칡, 땅비싸리 등이었다. 만경식물은 청미래덩굴, 댕댕이덩굴, 멍석딸기, 돌가시나무, 노박덩굴, 담쟁이덩굴, 인동덩굴 등이 출현하였으며, 다른 지역보다 다양한 수종이 분포하고 있었다.

4. 논의

서해안 토양 염분의 지대별 $EC_{1:5}$는 Ⅰ지대>Ⅱ지대>Ⅲ지대>Ⅳ지대 순으로 정선부에서 내륙방향으로 갈수록 낮아지지만 여러 지역에서 토양염분 $EC_{1:5}$가 Ⅰ지대 보다 Ⅱ지대 또는 Ⅲ지대가 더 높게 나타나는 경우가 있으므로 지대별 토양 염분 해석에 유의하여야 할 것이다. 토심이 수직적으로 깊어짐에 따른 염분도 $EC_{1:5}$는 전체적으로 토양이 깊어질수록 토양염분이 낮은 경향이지만 모래가 많은 Ⅰ지대와 Ⅱ지대 일부 지역에서 토양이 깊어질수록 염분도가 높아지는 것은 모래는 염분이 빨리 용탈되어(Kim, 2010) 지하부에 축적되거나 바닷물 지하수가 상존하기 때문일 것이다.

서해안 해안림 수목의 출현빈도를 기준으로 한 척도상자도표 및 오차막대너비가 크게 나타난 곰솔, 청미래덩굴, 졸참나무, 댕댕이덩굴, 돌가시나무 등의 수종들은 대부분 분포역이 넓고, 출현빈도가 높아서 내염성이 강한 것으로 판단되었다. 토양염분 $EC_{1:5}$ 0.51dSm^{-1} 4사분위의 최대값으로 나타난 수종은 없으나 EC 특이값 또는 이상치의 수준에서 출현한 수종들은 대부분 내염성이 강한 수종들로서 토양염분도가 높은 곳에서 생장 가능한 개체가 분포하는 것으로 추정된다. $EC_{1:5}$ 0.41~0.50dSm^{-1} 에서는 왕자귀나무, 멀구슬나무, 계요등 등 3종의 수종들은 토양내염도는 높게 나타났으나 일부 지역에 분포하거나 외래종이며, 출현빈도가 매우 낮아서 우연의 분포인지 내염력이 높은 수종인지 생리·생태학적 기작의 검정이 필요하다. 내염성이 강한 것으로 보고된 곰솔(Lee, 1980)은 서해안 해안림 생육지에서 토양염분도는 통계학적으로 4사분위의 최대값으로 분석하면 $EC_{1:5}$ 0.20~0.30dSm^{-1} 에 속하지만 $EC_{1:5}$ 0.60dSm^{-1} 이상에도 많은 개체가 특이값과 이상치에서 발견되므로 토양내염력은 매우 높은 것으로 보인다.

서해안 해안림 조사지에 출현한 수종은 52과 104속 24변종 157종 총 181분류군으로 한국 남해안방풍림 자생수종의 내염성 및 내조성 연구에서 보고한 45과 74속 9변종 100종(Kim, 2010), 새만금유역 해안사면에서 52과 94속 128종 14변종 1품종 총 143분류군(Choi, 2003) 보다 각각 81, 38종이 더 많은 것으로 나타났다. 서해안이 남해안 보다 출현종이 많은 것은 서해안이 남해안 보다 조사권역이 넓고, 식생이 생육할 수 있는 기후대가 더 다양하기 때문인 것으로 생각된다.

조사 지대별로 출현 종수가 제Ⅰ지대에서 가장 낮게 나타난 것은 바다 정선부에 가까울수록 바닷물 비산에 의한 염분 피해에 의하여 적응하는 수종이 제한적이기 때문일 것이다. 전체 지대에 출현하는 수종은 대부분 자생수종이지만 각각의 지대에서만 출현하는 수종들은 대부분 인위적으로 식재한 수종이거나 기회분포하는 수종으로 보인다.

출현빈도와 피도 그리고 수도를 기준으로 중요치가 높은 수종은 전체 지대에서 순비기나무, 곰솔, 왕대, 조릿대, 이대, 마삭줄, 참느릅나무, 측백나무 등으로 조사지 내에서 다른 수종에 비하여 상대적으로 내조성이 강한 수종으로 판단되었다.

Table 2. Grade of tolerant trees according to soil saline and salt spray drift on the coastal windbreak forest, in the West-sea, Korea

Scientific Name	Korean Name	Belt Ⅰ	Belt Ⅱ	Belt Ⅲ	Belt Ⅳ	Soil Saline ($EC_{1:5}$ dS/m) 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6
Ginkgo biloba L.	은행나무	E				
Pinus koraiensis Siebold & Zucc.	잣나무			E		
Pinus rigida Mill.	리기다소나무	D	D	D	D	
Pinus densiflora Siebold & Zucc.	소나무	A	A	A	A	
Pinus thunbergii Parl.	곰솔	A	A	A	A	
Thuja orientalis L.	측백나무			E	E	
Juniperus rigida Siebold & Zucc.	노간주나무	D	C	D	D	
Phyllostachys bambusoides Siebold & Zucc.	왕대	D	D	D	D	
Sasaborealis (Hack.) Makino	조릿대	D	D	D	D	
Pseudosasa japonica (Siebold & Zucc. ex Steud.) Makino	이대	A	A	A	A	
Smilax china L.	청미래덩굴	A	A	A	A	
Smilax sieboldii Miq. *for. sieboldii*	청가시덩굴	D	D	C	D	
Populus tomentiglandulosa T. Lee	현사시나무	D	D	D	D	
Salix chaenomeloides Kimura car. *chaenomeloides*	왕버들		E			
Salix koreensis Andersson	버드나무		E			
Salix gracilistyla Miq.	갯버들	E				
Myrica rubra (Lour.) Siebold & Zucc.	소귀나무				E	
Platycarya strobilacea Siebold & Zucc. var. *strobilacea* for. *strobilacea*	굴피나무	B	A	A	A	
Juglans mandshurica Maxim var. *mandshurica* for. *mandshurica*	가래나무	E	E			
Alnus japonica (Thunb.) Steud.	오리나무		E	E	D	
Alnus hirsuta Fisch. ex Turcz.	물오리나무	E	E	D	D	
Alnus firma Siebold & Zucc.	사방오리	B	A	C	B	
Carpinus tschonoskii Maxim var. *tschonoskii*	개서어나무		D	E	E	
Carpinus turczaninovii Hance	소사나무	A	A	A	A	
Corylus heterophylla Fisch. ex Trautv. var. *heterophylla*	난티잎개암나무		E	D	E	
Corylus heterophylla Fisch. ex Trautv. var. *heterophylla*	개암나무	E	D	D	D	
Corylus sieboldiana Blume	참개암나무		D	E	E	
Castanea crenata Siebold & Zucc.	밤나무	D	D	E	D	
Quercus acutissima Carruth	상수리나무	D	D	D	D	
Quercus variabilis Blume.	굴참나무	D	B	B	B	
Quercus dentata Thunb. ex Murray	떡갈나무	A	A	A	A	
Quercus aliena Blume.	갈참나무	A	A	A	A	
Quercus serrata Thunb. ex Murray	졸참나무	A	A	A	A	
Murray for. *acuta*	붉가시나무	E	E	E	E	

Table 2. (Continued)

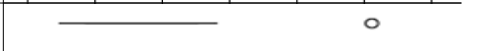
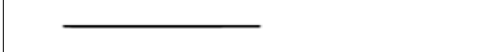
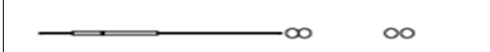
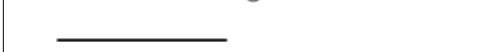
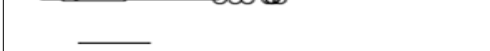
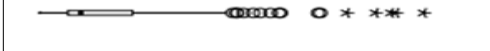
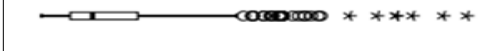
Scientific Name	Korean Name	Belt Ⅰ	Belt Ⅱ	Belt Ⅲ	Belt Ⅳ	Soil Saline ($EC_{1:5}$ dS/m) 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6
Ulmus davidiana var. *japonicca* (Rehder) Nakai	느릅나무	D	E	E	E	
Ulmus parvifolia Jacq.	참느릅나무	D	D	D	D	
Ulmus davidiana for. *suberosa* Nakai	혹느릅나무	E	E	E	E	
Ulmus macrocarpa Hance	왕느릅나무			E	E	
Ulmusd avidiana Planch	당느릅나무	E	E	E	E	
Zelkova serrata (Thunb.) Makino	느티나무	E	D	D	D	
Celtis edulis Nakai	노랑팽나무	E	E	E	E	
Celtis biondii Pamp.	폭나무	E	D	E		
Celtis sinensis Pers.	팽나무	A	A	A	A	
Aphananthe aspera (Thumb.) Planch	푸조나무	E	E	E	E	
Cudrania tricuspidata (Carr.) Bureauex Lavallee	꾸지뽕나무	A	A	A	A	
Morus bombycis Koidz. var. *bombycis*	산뽕나무	D	D	D	E	
Morusalba L.	뽕나무	C	C	C	C	
Ficus carica L.	무화과나무	E	D	E	D	
Akebia quinata (Thunb.) Decne.	으름덩굴	D	C	C	D	
Cocculus trilobus (Thunb.) D.C.	댕댕이덩굴	A	A	A	A	
Lindera obtusiloba Blume	생강나무	C	A	A	A	
Lindera glauca (Siebold & Zucc.) Blume	감태나무		E		E	
Machilus thunbergii Siebold & Zucc.	후박나무			E	E	
Ribes fasciculatum var. *Chinense* Maxim.	까마귀밥나무	E	E	E	E	
Ribes mandshuricum (Maxim.) Kom. for. *mandshuricum*	까치밥나무	E				
Eucommia ulmoides Oliv.	두충		E	E		
Spiraea prunifolia for. *simpliciflora* Nakai	조팝나무	E	D	D	D	
Stephanandra incisa (Thunb.) Zabel var. *incisa*	국수나무	B	C	C	B	
Rhodotypos scandens (Thunb.) Makino	병아리꽃나무	E	D	E	E	
Rubus corchorifolius L.f.	수리딸기	E	E	D	E	
Rubus crataegifolius Bunge	산딸기			E	E	
Rubus phoenicolasius Maxim. for. *phoenicolasius*	곰딸기			E	E	
Rubus parvifolius L. for. *parvifolius*	멍석딸기	A	A	A	A	
Rubus coreanus Miq.	복분자딸기		E	D	E	
Rubus oldhamii Miq.	줄딸기	C	D	D	D	
Rosa wichuraiana Crep. ex Franch. & Sav.	돌가시나무	A	A	A	A	
Rosa rugosa Thunb. var. *rugosa*	해당화	A	A	B	B	
Prunus armeniaca var. *ansu* Maxim.	살구나무			E		
Prunus persica (L.) Batsch for. *persica*	복사나무	D	D	D	D	

Table 2. (Continued)

Scientific Name	Korean Name	Belt Ⅰ	Belt Ⅱ	Belt Ⅲ	Belt Ⅳ	Soil Saline ($EC_{1:5}$ dS/m) 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6
Prunus persica Batsch var. *davidiana* Max.	개복숭아나무	E	E	E	E	
Prunus yedoensis Matsum.	왕벚나무		D	D	D	
Prunus serrulata var. *spontanea* (Maxim.) E.H.Wilson	벚나무	C	C	C	C	
Prunus sargentii Rehder	산벚나무	C	C	C	C	
Prunus × *choreiana* Nakai ex Handb	복사앵도나무		E	E	E	
Prunus tomentosa Thunb.	앵도나무			E		
Crataegus pinnatifida Bunge for. *pinnatifida*	산사나무		E	D	E	
Malus baccata Borkh.	야광나무		E	E	E	
Malus micromalus Makino	아그배나무	E			E	
Pyrus pyrifolia (Burm.f.) Nakai	돌배나무	E	D	E	E	
Pyrus calleryana var. *fauriei* (C.K.Schneid.) Rehder	콩배나무	D	E	D	E	
Pourthiaea villosa Pourthiaea villosa (Thunb.) Decne. var. *villosa*	윤노리나무	E	E	E	E	
Sorbus alnifolia (Siebold & Zucc.) K.Koch	팥배나무	B	A	A	B	
Albizia julibrissin Durazz.	자귀나무	A	A	B	A	
Albizia kalkora Prain	왕자귀나무	E	E	E	D	
Sophora japonica L.	회화나무				E	
Maackia amurensis Rupr. & Maxim. var. *amurensis*	다릅나무	D	D	D	D	
Lespedeza maximowiczii C.K. Schneid.	조록싸리	A	A	A	A	
Lespedeza maritima Nakai	해변싸리	E	D	E		
Lespedeza maximowiczii var. *tomentella* Nakai	털조록싸리	E	E			
Lespedeza cyrtobotrya for. *semialba* T.B.Lee	참싸리	C	B	B	C	
Lespedeza bicolor Turcz.	싸리	D	C	C	C	
Lespedeza tomentosa (Thunb.) Siebold ex Maxim.	개싸리	E				
Campylotropis macrocarpa (Bunge) Rehder	꽃싸리		E			
Pueraria lobata (Willd.) Ohwl	칡	A	A	A	A	
Indigofera kirilowii Maxim. ex Palib.	땅비싸리	A	A	A	A	
Wisteria floribunda (Willd.) DC. for. Floribunda	등		E	E		
Robinia pseudoacacia L.	아까시나무	A	A	A	A	
Amorpa fruticosa L.	족제비싸리	A	B	D	D	
Zanthoxylum planispinum Siebold & Zucc.	개산초	D	E	E		
Zanthoxylum coreanum Nakai	왕초피나무	E	E	E		
Zanthoxylum piperitum (L.) D.C.	초피나무	D	C	D	D	
Zanthoxylum schinifolium Siebold & Zucc.	산초나무	C	B	B	B	
Picrasma quassioides (D.Don) Benn.	소태나무	C	B	A	B	
Ailanthus altissima (Mill.) Swingle for. *altissima*	가죽나무	D	E	E	E	

Table 2. (Continued)

Scientific Name	Korean Name	Belt Ⅰ	Belt Ⅱ	Belt Ⅲ	Belt Ⅳ	Soil Saline ($EC_{1:5}$ dS/m) 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6
Cedrela sinensis Juss.	참죽나무				D	
Melia azedarach L.	멀구슬나무	E	E	E	E	
Daphniphyllum macropodum Miq.	굴거리나무		E			
Mallotus japonicus (Thunb.) Muell Arg.	예덕나무	A	A	A	A	
Securinega suffruticosa (Pall) Rehder	광대싸리	C	D	D	D	
Sapium japonicum (Siebold & Zucc.) Pax & Hoffm.	사람주나무	E	E		E	
Rhus javanica L.	붉나무	A	A	A	A	
Rhust ricocarpa Miq.	개옻나무	E	E	E	E	
Rhus sylvestris Siebold & Zucc.	산검양옻나무			E	E	
Rhus verniciflua Stokes	옻나무	D	D	D	D	
Ilex macropoda Miq.	대팻집나무	D	E	E	E	
Euonymus japonicus Thunb.	사철나무	B	A	C	C	
Euonymus fortunei var. *radicans* (Miq.) Rehder	줄사철나무	D	E		D	
Euonymus alatus (Thunb.) Siebold	화살나무	D	D	D	D	
Euonymus alatus for. *ciliatodentatus* (Franch & Sav.) Hiyama	회잎나무	D	D	D	D	
Euonymus oxyphyllus Miq.	참회나무		E	E	E	
Euonymus sachalinensis (F.Schmidt) Maxim.	회나무	D	D	D	D	
Euonymus macroptera Rupr.	나래회나무	E	E	E	E	
Euonymus hamiltonianus Wall. var. *hamiltonianus*	참빗살나무			E	E	
Celastrus orbiculatus Thunb.	노박덩굴	A	A	A	A	
Euscaphis japonica (Thunb.) Kanitz	말오줌때	D	D	D	D	
Acer tataricum subsp. ginnala (Maxim.) Wesm.	신나무				E	
Acer pictum subsp. mono (Maxim) Ohashi	고로쇠나무	C	C	C	C	
Acer buergerianum Miq.	중국단풍		E			
Koelreuteria paniculata Laxmann	모감주나무	C	C	C	C	
Meliosma myriantha Siebold & Zucc.	나도밤나무	D	D	E	D	
Meliosma oldhamii Maxim.	합다리나무	D	D	E	E	
Paliurus ramosissimus (Lour.) Poir.	갯대추	E		E	E	
Rhamnus davurica Pall.	갈매나무				E	
Vitis ficifolia var. *sinuata* (Regel) H.Hara	까마귀머루	C	B	C	C	
Vitis flexuosa Thunb.	새머루	D	D	D	D	
Ampelopsis brevipedunculata (Maxim.) Trautv.	개머루	A	A	B	A	
Parthenocissus tricuspidata (Siebold & Zucc.) Planch.	담쟁이덩굴	A	A	A	A	
Tilia amurensis Rupr.	피나무	D	D	E	E	
Grewia parviflora Bunge	장구밤나무	A	A	B	A	

Table 2. (Continued)

Scientific Name	Korean Name	Belt Ⅰ	Belt Ⅱ	Belt Ⅲ	Belt Ⅳ	Soil Saline ($EC_{1:5}$ dS/m) 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6
Hibiscus syriacus L.	무궁화	D				
Firmiana simplex (L.) W.F.Wight	벽오동	E				
Camellia japonica L.	동백나무			E	D	
Eurya japonica Thunb.	사스레피나무	A	A	A	A	
Elaeagnus umbellata Thunb.	보리수나무	A	B	B	C	
Elaeagnus macrophylla Thunb.	보리밥나무	A	A	B	B	
Lagerstroem iaindica L.	배롱나무		E	E		
Hedera rhombea (Miq.) Bean	송악	A	A	B	B	
Kalopanax septemlobus (Thunb. Ex Murray) Koidz.	음나무	B	A	A	A	
Alalia elata (Miq.) Seem.	두릅나무	D	E	E	D	
Cornus kousa F.Buerger ex Miquel	산딸나무	E	D	D	E	
Cornus walteri F.T.Wangerin	말채나무	E	E	E	E	
Rhododendron mucronulatum Turcz. var. *mucronulatum*	진달래	A	A	A	A	
Rhododendron yedoense f.poukhanense (H.Lev.) M.Sugim. ex T.Yamaz.	산철쭉	E	D	D	D	
Rhododendron schlippenbachii Maxim.	철쭉	D	E	D	D	
Vaccinium bracteatum Thunb.	모새나무	E	D	D	D	
Vaccinium oldhami Miq.	정금나무	D	D	E	D	
Ardisia japonica (Thunb.) Blume	자금우	E	D	D	D	
Diospyros lotus L.	고욤나무	E	E	E	E	
Diospyros kaki Thunb.	감나무	E			E	
Symplocos chinensis for. *pilosa* (Nakai) Ohwi	노린재나무	D	D	D	D	
Symplocos tanakana Nakai	검노린재나무	D	C	C	C	
Styrax obassia Siebold & Zucc.	쪽동백나무	E	D	D	E	
Styrax japonicus Siebold & Zucc.	때죽나무	B	A	A	A	
Fraxinus rhynchophylla Hance	물푸레나무	D	E	D	E	
Fraxinus sieboldiana Blume	쇠물푸레나무	E	E	D	D	
Ligustrum japonicum Thunb. var. *Japonicum*	광나무		E	D	E	
Ligustrum obtusifolium Siebold & Zucc.	쥐똥나무	B	B	A	B	
Forsythia koreana (Rehder) Nakai	개나리	E	E		D	
Trachelospermum asiaticum (Siebold & Zucc.) Nakai var. *asiaticum*	마삭줄	C	C	A	B	
Callicarpa dichotoma (Lour.) K.Koch	좀작살나무	E	E	D	D	
Callicarpa japonica Thunb.	작살나무	E	D	D	D	
Clerodendron trichotomum Thunb. ex Murray	누리장나무	E	E	E	E	
Vitex rotundifolia L.f.	순비기나무	A	A	C	C	
Lycium chinense Mill	구기자나무		E	E	E	

Table 2. (Continued)

Scientific Name	Korean Name	Belt Ⅰ	Belt Ⅱ	Belt Ⅲ	Belt Ⅳ	Soil Saline ($EC_{1:5}$ dS/m) 0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6
Paulownia coreana Uyeki	오동나무	E	E	E	E	
Paederia scandens (Lour.) Merr. var. *scandens*	계요등	D	D	D	D	
Viburnum erosum Thunb.	덜꿩나무	D	B	C	C	
Viburnum dilatatum Thub. ex Murray	가막살나무	C	C	C	D	
Lonicera japonica Thunb.	인동덩굴	A	A	A	A	
Lonicera maackii (Rupr.) Maxim.	괴불나무	E	E			
Lonicera coreana Nakai	섯명다래나무	E	E	E	E	

* A : 76% over, B : 51% ~ 75%, C : 26% ~ 50%, D : 5% ~ 25%, E : less than 5% of important value

⊥ : A measure of statistical box graph and erro bar width by frequence standard of tree appearance

서해안에서는 낙엽활엽수와 상록침엽수가 많고, 상록활엽수는 극히 적었다. 그러나 제주도 남부해안에서 낙엽수목과 상록수목의 수적비율은 약 1:24정도로 상록수목이 월등하게 많았고(Lee and Kim, 1977), 거문도 해안에서는 동백나무, 가마귀쪽나무, 다정큼나무, 광나무 등이 많았으며, 홍도 및 흑산도에서는 곰솔, 동백나무, 다정큼나무, 돈나무, 우묵사스레피나무, 조릿대, 청미래덩굴 순으로 많은 것으로(Lee, 1980) 보고된 것과 다르다.

서해안에서 출현빈도가 가장 높은 수종은 곰솔이었으며, 제주도 남부해안의 경우(Lee and Kim, 1977)와 유사하였다. 곰솔, 참나무류, 느릅나무, 노간주나무들은 내염성과 내조성이 강한 것으로 보고(Kim, 1996)된 바와 같이 본 연구에서도 내염성과 내조성이 강한 것으로 판단되었다. 소나무는 내염성과 내조성이 약한 것으로 보고(Kim, 1996)되어 있으나 홍도 흑산도 지역에서 출현이 많고(Lee, 1980) 본 조사지역에서도 총 248회 출현하였고, Ⅰ지대에서 42회, Ⅱ지대에서 60회, Ⅲ지대에서 75회, Ⅳ지대에서 71회 출현하였으며, 바닷물이 닿는 정선부에서도 자생하는 것이 많이 발견되어 내염성 및 내조성이 강한 수종으로 판단되었다.

내염성이 강한 식물일수록 바다가까이에 생육하는데(Daubenmire, 1974) 식물종류에 따라 내염성이 다르다(Burnstein, 1971). 해안 정선부가 내륙방향보다 토양염분도가 높고 토양염분도가 높은 곳에서 출현빈도, 피도, 수도가 높은 수종이 뚜렷이 구별되는 것으로 보아 바다와 가장 근접하여 생육하고 있는 수종이 내염성 및 내조성이 강한 것으로(Lee and Kim, 1977; Daubenmire, 1974) 판단된다. 동일 수종일지라도 내륙지방에서 생육되고 있는 것과 오랜 기간 동안 해안가에 자생하고 있는 것과는 내염성과 내조풍성에 있어서 상당한 차이가 있으리라고 추측(Lee and Kim, 1977)되어 짐으로 수종별 내염성 검정을 위한 식물생태학적 기작에 관한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구를 수행할 수 있는 기회를 준 한국학술진흥재단에 감사드립니다. 식생 및 토양조사에 헌신적인 수고를 하여주신 국립순천대학교 대학원의 김주성 선생, 백성주 선생, 이기원 선생, 환경조경연구실의 서문식, 박혜진, 염지민, 박영아, 이은화, 한가혜, 지예나, 박근배, 장경원, 이재헌, 박아영, 김은미, 국민정, 공동실험실습관의 강성구 박사님, 식물분류와 식생조사에 많은 지도를 하여 주신 영남대학교 김용식 교수님, 순천대학교 정정채 교수님, 호남대학교 오구균 교수님, 임동옥 교수님, 경남산림환경연구원 신현탁 박사님, 전북대학교 오현경 박사님 그리고 본 논문이 발전 될 수 있도록 심사하여 주신 한국환경생태학회 심사위원님들께 깊은 감사를 드립니다.

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.

Braun-Blanquet(1965) Plant sociology: the study of plant communities. Hafner, London, 439pp.

Burnstein(1971) Method for determining solutes in the cell walls of leaves. Plant Physiol. 47: 361-65.

Choi, M.B.(2003) Selection of tolerant tree species to salt and sea wind - with special reference to the South of western sea areas of Korea -. Korean Institute of Forest Recreation 7(3): 57-66.

Choi, M.G.(1986) Characteristics of salt tolerance in tree species (Ⅰ) - Relationship between tree species distribution and soil

salt concentration in East coastal forest -. Jour. Korean For. Soc. 73: 1-8.

Choi, M.G.(1988) Characteristics of salt tolerance in several tree species. Ph. D. thesis. Graduate School, Kangweon National University, 52pp.

Curtis, J.T. and G. Cottam(1962) Plant ecology workbook: laboratory field and reference manual. Burgess Publishing Co., Minneapolis, Minnesota, 161pp.

Daubenmire, R.E.(1974) Plants and environment. John Wiley & Sons, New York, pp. 267-285.

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.

Jenny, H.(1941) Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedolog. Dover Pub., Mineola, N.Y..

Kim, D.G.(2010) Soil salinity and salt spray drift tolerance of native trees on the coastal windbreaks in the south-sea, Korea. Kor. J. Env. Eco. 24(1): 14-25.

Kim, S.H.(1996) Design of landscape planting - Landscape architecture of factory and planting design -. Munwoondang, Seoul, pp. 213-238.

Lee, J.S. and Y.J. Kim(1977) Ecological study for the development of salt-tolerant and sea wind-hardness ornamental Trees. Journal of the Korean Society for Horticultural Science 18(2): 215-220.

Lee, J.S.(1980) Ecological study on the exploitation of salt-tolerant and sea windy-hardness landscape trees - with special reference to the Southern Area of Korea -. The Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 8(1): 13-19.

Lee, T.B.(1993) Illustrated flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul, 993pp.

Major, J.(1951) A functional factorial approach to plant ecology. Ecology 32: 392–412.

Menninger, E.A.(1964) Seaside plants of the world. Hearthside Press, Inc., New York, 303pp.

Miyamoto, I., M. Martinez, A.P. Padilla and D. Ornelas(2004) Landscape plant lists for salt tolerance assessment. U.S.D.I. Bureau of Reclamation, pp. 1-13.

Miyamoto, S.(2008) Salt tolerance of landscape plants common to the South west. Texas Water Resources Institute TR 2008-316, pp. 1-37.

Odum, E.P.(1971) Fundamental of Ecology. PA: W.B. Saunders, Co. Philadelphia: 574pp.

Rhoades, J.D. and S. Miyamoto(1990) Testing soils for salinity and sodicity. In: R.L. Westerman (Third ed.) Soil testing and plant analysis. Third ed., Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 299-336.

Richard, B. and I.H. Walter(1996) Adaptations to environmental change in Marine fauna. Mangrove Ecology Workshop Manual Ed., IIka C. Feller. Marsha Sitnik. Smithsonian Institution. Washington. DC., 135pp.

US Salinity Laboratory Staff(1954) Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. USDA Handbook 60: 157pp.