

한국 남해안방풍림 자생수종의 내염성 및 내조성 수종 선별^{1a}

김도균^{2*}

Soil Salinity and Salt Spray Drift Tolerance of Native Trees on the Coastal Windbreaks in the South-Sea, Korea^{1a}

Do-Gyun Kim^{2*}

요약

본 연구는 염해지역의 식재수종 선별에 대한 기초자료로 활용하고자 한국 남해안 방풍림 자생수종의 토양염분에 대한 내성과 염분비산 영향을 미치는 지대별 토양염분도와 출현수종을 조사·분석하였다. 조사지의 토양염분 EC_{1.5}는 전체 평균 0.18dSm⁻¹이었고, 최저 0.05dSm⁻¹, 최고 0.58dSm⁻¹이었다. 토양염분(EC_{1.5})은 I 지대를 제외하고는 해안 정선으로 부터 내륙으로 갈수록 낮았으며, II 지대>III지대> I 지대>IV지대 순으로 각각 EC_{1.5} 0.22dSm⁻¹, 0.22dSm⁻¹, 0.19dSm⁻¹, 0.13dSm⁻¹이었다. 출현한 자생식물은 45과 74속 9변종 100종 총 110분류군이었다. 토양염분이 가장 높은 단계인 EC_{1.5} 0.50dSm⁻¹를 초과하는 곳에 출현한 식물은 담쟁이덩굴과 인동이였으며, 그 다음으로 EC_{1.5} 0.41 ~ 0.50dSm⁻¹까지 자생하는 식물은 꾸지뽕나무, 명석딸기, 산초나무, 송악, 아까시나무, 졸참나무, 좁작살나무 등이었다. 전체 지대에 출현하는 수종은 칩과 새머루이었고, 내조성이 높은 순비기나무는 I 지대에만 출현하였다. 전체 지대에서 중요도가 가장 높은 수종은 느티나무, 팽나무, 모감주나무, 예덕나무, 마삭줄, 칩 등이었다. 이러한 수종은 조사지의 자생 수종들 중에서 다른 수종에 비하여 상대적으로 내조성이 강한 수종으로 판단되었다.

주요어: 해안식생, 조경식재, 자생식물, 염분피해, 수종선별

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the soil salinity and salt spray drift of the indigenous windbreak trees, and its main purpose was to provide basic data for the selection of salt-tolerant trees in the saline coastal region in the South Sea of Korea. The soil salinity(EC_{1.5}) was 0.18dSm⁻¹, which was an average degree of the whole areas of investigation whose salinity degree ranged from 0.05dSm⁻¹ to 0.58dSm⁻¹. The level of soil salinity gradually decreased as it moved farther inland, except the belt I. The level of decreasing soil salinity was found to be in the following order: belt II, belt III, belt I, belt IV. The degree of soil salinity was EC_{1.5} 0.22dSm⁻¹, 0.22dSm⁻¹, 0.19dSm⁻¹, and 0.13dSm⁻¹, respectively. The total 110 taxa, which consisted of 45 families, 74 genus, 101 species, and 9 varieties, were found to be tolerant to both soil salinity and salt spray drift. The trees that grow in the highest degree of salinity(EC_{1.5} 0.50dSm⁻¹) were *Parthenocissus tricuspidata*(Siebold &

1 접수 2009년 9월 21일, 수정(1차: 2010년 1월 26일, 2차: 2010년 2월 9일), 게재확정 2010년 2월 10일

Received 21 September 2009; Revised(1st: 26 January 2010, 2nd: 9 February 2010); Accepted 10 February 2010

2 순천대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, College of Bio Industry Science, Suncheon National Univ., Suncheon-si, Jenam Province(540-742), Korea

a 이 논문은 2007년 순천대학교 학술연구비 공모과제로 연구되었으며, 본 학회 학술대회 19권 2호 발표후 심사통해 발전시킨 것임.

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

Zucc.), Planch and *Lonicera japonica* Thunb. The next group of trees that grow in the high degree of salinity ranging from $EC_{1:5}$ 0.41 to $0.50 dSm^{-1}$ was *Cudrania tricuspidata*(Carr.) Bureau ex Lavallée, *Rubus parvifolius* L., *Zanthoxylum schinifolium*(Siebold & Zucc.), *Hedera rhombea*(Miq.) Bean., *Robinia pseudoacacia* L., *Quercus serrata* Thunb., *Callicarpa dichotoma*(Lour.) K. Koch, and so on. The woody species which grew in the entire belts were *Pueraria lobata*(Willd.) Ohwi and *Vitis flexuosa* Thunb., and *Vitex rotundifolia* L. f. which was known to be highly tolerant to salt spray drift was found only in belt I. The woody species with high important value(IV) were *Zelkova serrata*(Thunb.) Makino., *Celtis sinensis* Pers., *Koelreuteria paniculata* Laxmann, *Mallotus japonicus*(Thunb.) Müell. Arg., *Trachelospermum asiaticum*(Siebold & Zucc.) NAKAI, and *Pueraria lobata*(Willd.) Ohwi. These species were classified as native windbreak trees that are comparatively more tolerant to salt spray drift than other kinds.

KEY WORDS : COASTAL VEGETATION, LANDSCAPE PLANTING, NATIVE TREE, SALT INJURY, SELECTION OF TREE SPECIES

서론

내염성 식물은 토양염분에 식물이 적응하는 정도이며, 내조성 식물은 바닷바람에 염분이 비산되어 식물의 잎과 줄기에 묻혔을 때 염분에 적응하는 것이다. 바닷물은 염분농도 2.7~3.5% 정도로(Odum, 1971; Richard and Walter, 1996) 바람에 의하여 바다물이 비산되어 식물체와 토양에 누적되어(Bonnie, 2002) 식물이 염분 피해를 받기 때문(Lee and Kim, 1997)이다. 염분이 식물체에 미치는 피해는 주로 엽록소 함량의 감소(Chon and Park, 2003), 생장 저해, 광합성 저하(Garcia-Sánchez, 2002) 그리고 고사(Homma, 1973)이다.

염분토양은 자연현상이나 인간 활동에 의하여 전 세계적으로 넓게 분포하고 있으며(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.

우리나라는 산업화 이후 대규모 간척지, 바다매립지, 해안 등의 염해지녹화가 대규모적으로 시행되고 있으나 수목의 성장은 싱가포르나 일본 등에 비하면 그 기술 수준이 매우 낮은 것이 현실이다. 그 원인은 염해지 녹화에 대한 기술 부족도 있지만 가장 기초적인 내염성과 내조성에 대한 수종선발이 제대로 되지 못하고 있기 때문이다. 또한, 국내에서 강의교재, 전문서적, 조경식재기준, 설계기준, 건설시방서 등에서 기술되는 내염성과 내조성에 대한 자료는 대부분 일본과 다른 외국의 2차 자료를 인용된 것들이 주를 이루

고 있다. 이와 같은 국외의 2차 자료를 인용한 문헌들의 내염성과 내조성 수종선발에 대한 정확한 근거 자료를 찾기 어렵고, 우리나라의 고유식물들과 내염성과 내조성이 다르게 표기 되어 있는 경우도 많이 발견 되고 있다. 이와 같이 우리나라의 내염성 및 내조성 수종 선발에 이용할 수 있는 자료는 매우 부족한 편이므로 우리나라의 자생식물을 대상으로 내염성 및 내조성 수종 선발에 대한 기초연구가 필요하다.

조경식물의 내염성과 내조성에 대한 연구는 주로 실내실험과 식물생태학적 방법으로 선발하고 있다. 실내실험으로는 단풍나무(Dochinger and Townsend, 1979), 소나무(Pezeshki and Chambers, 1992), 아까시나무(Hass, 1993), 뽕나무(Sixto *et al.*, 2005)와 몇 수종의 내염력(Choi, 1988) 등이 있다. 식물의 내염성과 내조성은 식물의 품종과 개체 변이에 따라 차이가 크고(Jung *et al.*, 2001), 생육 단계별로 다를 수 있는데, 영양 생장기 초기와 생식 생장기 초기에 염 장애를 크게 받으며, 성숙기에는 그 영향을 덜 받는다(Francois, 1987). 이와 같이 실내실험은 제한된 공간에서, 유묘를 대상으로, 단기간에 실험한 것으로, 다양한 환경 변수가 상존하고, 장기간 동안 대형목으로 성장하는 조경수목의 내염성과 내조성을 선정 하는데 한계가 있다.

식물생태학적 내염성 식물선발 방법은 상시 염분 피해가 있는 지역에서 오랫동안 적응, 자생하여 내성 있는 식물을 선발하는 것이다. 생태학적인 녹화에서 식물종의 선정은 녹화 대상지 주변의 대표적인 식생에서 선발하는 것이 필요하므로(Oh, 1996) 해안에서 염분피해를 받는 지역의 식재를 위해서는 해안에 자생식물을 조사하여 내염성 및 내조성 식물을 선발 하여야 할 것이다.

식물의 생장은 토양환경과 연관성이 높아서(Jenny,

1941; Major, 1951) 염분이 높은 지역에 현존하는 식생은 염토양 적응의 지표가 된다(Bonnie, 2002). 그러므로 해안가 토양 중의 염분 분포와 바닷물의 비산 정도로 내성이 있는 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. 국내에서 내염성과 내조성 식물 선발에 대한 생태학적 연구는 제주도(Lee and Kim, 1977), 남해안도서지방(Lee, 1980), 동해안(Choi, 1988), 새만금유역(Choi, 2003) 등의 일부 해안 및 도서지역을 대상으로 하여 남부지방에 대한 자료는 아직 찾아보기 어렵다.

해안방풍림에서 자생식물의 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 출현할까?」 이다.

이러한 의문은 염분의 영향이 상존하는 해안방풍림의 자연식생에서 조풍강도와 식물의 출현빈도에 따라 내조성 식물을 선발(Homma, 1973)할 수 있고, 식생과 토양특성을 조사하여 염분구배에 따라 내염성식물을 선발할 수 있을 것이다.

따라서 우리나라 남해안의 여수시 장수리 및 남해군 물건리 해안방풍림의 식생조사와 토양특성을 조사분석하여 내염성 및 내조성 식물을 선발하여 염해지역 조경식재 또는 생태복원녹지 조성시 내염성과 내조성 식물 선정에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

연구내용 및 방법

1. 조사구 설정

연구의 대상지는 해안가의 염분에 적응하는 내염성 및 내조성 식물을 생태학적으로 선발하기 위하여 상시 바닷물과 바닷바람의 영향이 미치는 한국 남해안의 해안방풍림을 대상지로 하였다. 조사지역은 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> 이었다.

2. 조사구배

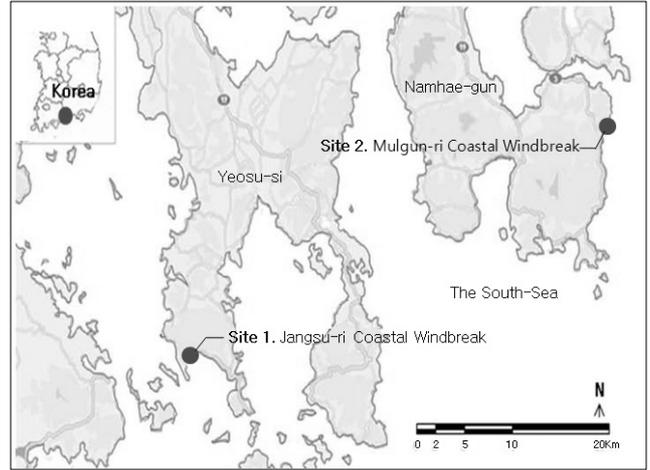


Figure 1. The location map of the survey sites at Jangsu-ri and Mulgun-ri Coastal Windbreak in the South Sea, Korea

조사구배는 토양염분은 “정선으로부터 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)라는 이론에 따라 설정하였다.

해안식생 분포의 구배는 식생이 바닷물의 영향을 받는 정도(Homma, 1973)를 고려하여 예비현장조사에서 지형구조와 식생배열 상태를 보아 4구배로 구분하였다. 제 I 지대는 만조시 약한 바람에도 바다물 염분의 피해가 상존하는 정선(汀線)으로부터 내륙방향으로 5m>부분, 제 II 지

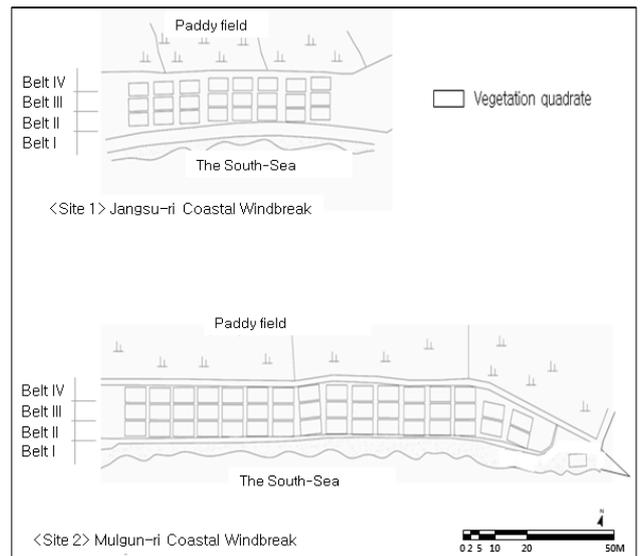


Figure 2. The diagram of the surveyed positions for vegetation and soil

대는 약한 바람과 파도에도 바닷물보라의 영향이 미치는 6~15m 부분, 제Ⅲ지대는 강한 바람에 의하여 비산되는 바닷물이 땅과 앞에 직접 축적되어지는 16~30m 부분, 제Ⅳ지대는 비산되는 염분의 피해가 가장 적은 내륙 방향의 31~40m 부분으로 구분하였다.

3. 토양 조사 및 분석

토양시료 채취는 각 지대별로 수평적으로 30~40m를 1개 지소로 하여 표토부분의 부엽층과 유기물층을 걷어내고, 지하 5~10cm, 30~40cm, 50~60cm 부분에서 각각 층위별로 채취하여 풍진쇄토 한 다음 2mm 채로 쳐서 추출하였다. 토양분석은 pH, EC는 토양시료 5mg에 증류수 25ml를 진탕하여 HANNA HI333310으로 측정하였다. 치환성양이온(Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+)은 토양시료 10g을 1N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 수용액[아세트산(CH_3COOH)을 가하여 pH 4.8로 조정] 50과 함께 100ml 삼각플라스크에 넣고 30분간 진탕한 다음 여과지(Whatman No. 44)로 여과한 여과액을 I.C.P. (inductively coupled plasma)로 측정하였다.

4. 식생조사

식생조사는 조사지내에서 자생하는 고유의 자생수종을 대상으로 건전하게 생장하고 있는 목본류를 대상으로 하였고, 인위적으로 식재한 수종은 제외하였다. 식생조사방법은 토양염분 구배 변화에 대한 식물 출현빈도, 피도와 수도를 조사하기 위하여 해안 정선을 따라 벨트트란sect(belt transect method) 방법을 이용하여 조사하였으며, 각 조사 방형구의 크기는 지형을 고려하여 5m×15m 또는 10m×15m로 하였다. 방형구 내에 출현하는 목본식물을 대상으로 대형교목은 수고 8m 이상, 아교목은 2~8m, 관목은 0.25~2m로 하였고, 지피식물은 0~0.25m로 구분하였다. 식생조사는 Braun-Blanquet(1965)의 피도, 수도와 출현도를 조사하였으며, 수종명은 대한식물도감(Lee, 1993)에 따라 분류하였다. 피도는 방형구 내에서 어떤 식물이 지표면에 대한 투영면적의 피도를 7등급으로 하였고, 수도는 방형구내 출현정도를 5등급으로 하였다.

5. 수종별 내염성평가

수종별 내염성 평가는 식물 생장은 토양환경과 연관성이 높아서(Jenny, 1941; Major, 1951) 염분이 높은 지역에 현존하는 식생은 염토양 적응의 지표가 된다(Bonnie, 2002)는 이론을 기초로 하였다.

토양염분에 대한 식물의 적응성 판단은 토양 속에 포화되

어 있는 염분을 포화추출 하여 전기전도도(ECe: electronic conductivity earth)를 기준(US Salinity Laboratory Staff, 1954; Rhodes and Miyamoto, 1990; Myamoto *et al.*, 2004; Miyamoto, 2008)으로 하며, 식물의 적응도를 직접적으로 비교하는데 유용하다(Myamoto *et al.*, 2004). 그러나 포화추출방법은 실험방법이 번거롭고, 물의 희석배수가 일정하지 않기 때문에 “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 EC_{1.5}를 기준으로 하였으며, 통계학적으로 Explore Plot에서 특이값과 이상값을 나타내는 부분은 우연히 기회 분포하는 것으로 간주하여 한 단계씩 하향 조정 또는 제외하고, 최대값으로 분석하였다.

6. 수종별 내조성 평가

출현식물의 내조성 평가는 해안식물은 내륙쪽으로 부터 해안가로 근접할수록 내조성이 강하다(Menninger, 1964; Homma, 1973; Daubenmire, 1974; Lee and Kim, 1977; Choi, 1988)의 이론에 따라 평가하였다. 내조성 등급은 바닷물 염분이 바람, 강풍, 태풍, 해일 등이 식생에 미치는 영향 정도를 고려하여 평가하였다. 내염성이 매우 강한 수종, 강한수종, 보통수종, 적응수종은 각각 제Ⅰ지대, 제Ⅱ지대, 제Ⅲ지대, 제Ⅳ지대에 출현수종으로 구분하였다(Figure 1). 평가항목은 각 지대별로 입지적 특성, 염분피해 정도, 출현식물의 피도와 수도의 조사 자료를 정량화하였다. 내조성 평가의 정량화는 각 식물종의 상대빈도, 상대밀도, 상대우점도를 계산하는 중요치(I.V.: importance value)를(Curtis and Cottam, 1962) 응용하여 토양조사, 방형구 내의 종의 상대빈도, 상대피도와 상대수도를 합산하여 평균값으로 하였다. 식물의 피도와 수도는 각 측정값을 백분율의 중앙값으로 환산하여 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 토양 물리·화학적 특성

여수시 화양면 장수리 해안방풍림은 제Ⅱ지대 전방에 해안도로가 개설 되어 있었고, 남해군 창선면 물건리 해안방풍림은 제Ⅱ지대 전방에 제방을 축조하여 제Ⅰ지대의 지형과 식생이 대부분 훼손되어 있었다. 물건리 해안방풍림의 해안식생 최선단부인 정선으로부터 5m 까지는 주로 모래가 퇴적되어 있는 사구지형이었다. 제Ⅱ지대 전방부에는 인위적으로 제방을 축조하여 해안정선부의 토양과 식생이 파괴되어 있었으며, 제Ⅱ지대 부터 Ⅳ지대까지는 토양표면으

로부터 지하 50cm 이상 나무뿌리에 호박돌, 부엽토, 모래와 흙이 소량으로 퇴적 되어 있었다.

EC_{1:5}는 전체 평균은 0.18dSm⁻¹이었고, 범위는 최저 0.05dSm⁻¹이었으며, 최고 0.58dSm⁻¹이었다. EC_{1:5}는 II 지대>III지대> I 지대>IV 지대 순으로 각각 0.22dSm⁻¹, 0.21dSm⁻¹, 0.20dSm⁻¹ 그리고 0.14dSm⁻¹으로 나타났다. EC_{1:5}는 제 I 지대를 제외하고는 해안가로부터 내륙방향으로 낮아졌다. EC_{1:5}가 I 지대가 II 지대와 III지대 보다 낮은 것은 I 지대는 사구로서 염분의 용탈이 매우 빠르고, II 지대는 사양토로서 모래보다 염분의 용탈이 느리기 때문으로 추정 되었다.

식물이 염분에 적응하는 정도를 US Salinity Laboratory Staff(1954)는 ECe의 한계 기준 값으로 <dSm⁻¹ 이면 무염토양, 2~42dSm⁻¹이면 약한 염토양, 4~8dSm⁻¹이면, 적정 염토양, 8~16dSm⁻¹이면 강한 염토양, 4~8dSm⁻¹이면 매우 강한 염토양으로 보고하였다. 그러나 한국조경학회(1999)는 전기전도도 0.2dSm⁻¹ 미만은 상급토양, 0.2~1.0dSm⁻¹ 이면 중급토양, 1.0~1.5 dSm⁻¹ 이면 하급토양, 1.5dSm⁻¹ 이상이면 불량토로 구분하였다.

EC_{1:5}를 Ricards(1954)의 염분토양 분류와 비교하기 위하여 조사지의 토성에 따라 사토 12.29와 양토 11.03을 곱하여 환산(Jung *et al.*, 2001)한 결과 조사지의 ECe는 I 지대는 평균 ECe 2.41dSm⁻¹, II 지대는 평균 ECe 2.46dSm⁻¹, III지대는 평균 ECe 2.26dSm⁻¹, IV지대는 평균 ECe 1.53dSm⁻¹으로 환산 되었다. 그 결과 조사지의 토양을 Ricards(1954)의 염분토양 분류와 비교하여 보면 I, II, III지대는 2~4dSm⁻¹ 범위 안에 해당하여 약한 염토양, IV 지대는 >2dSm⁻¹ 범위 안이므로 무염토양으로 구분되었다. 또한, 한국조경학회(1999)의 조경식재 토양기준으로 비교하면 조사지 모든 지대가 >1.52dSm⁻¹ 이상이므로 불량토양으로 구분되지만 한국조경학회지(1999)의 염분도가 포화추출법인지 희석법인지 알 수 없기 때문에 상대비교는 곤란하였다. 관상용식물은 2dSm⁻¹ 정도(David, 1996)로 작물, 원예품종, 사료작물 보다 내염성이 낮기 때문에 '염분토양의 기준으로 내염성을 평가'(Ricards, 1954)하기는 한계가 있으므로 향후 조경식물에 대한 EC에 대한 기작을 구명하여야 할 것이다.

토심이 수직적으로 깊어짐에 따른 염분도 EC_{1:5}는 I 지대를 제외 하고 나머지에서는 토양염분은 토양이 깊어질수록 낮았으며, 전체적으로 지하 -10cm층>-30cm층>-60cm층 순이었고, 각각 평균 EC_{1:5} 0.23dSm⁻¹, 0.18dSm⁻¹ 그리고 0.14dSm⁻¹이었다. 해안 정선부분인 I 지대에서는 토양염분이 -60cm층>-30cm층>-10cm층 순으로 각각 평균 EC_{1:5} 0.10dSm⁻¹, 0.14dSm⁻¹, 0.35dSm⁻¹으로 표토층은 낮고, 지하부에서 높았다. I 지대에서 상층보다 하층이 높은 것은 이

지역이 모래가 많은 사구로서 모래는 염분의 용탈이 빠르기 때문에(Homma, 1973) 상층은 낮고, 하층이 높은 것으로 추정 되었다. 그러므로 해안가에서 토양염분도에 따른 내염성 식물을 선발할 때에는 일반 산지에서는 염분도가 표토부분이 지하부보다 높으므로 지하부까지 토양조사를 하지 않더라도 표토의 토양염분도로 내염성을 판정할 수 있을 것이다. 그러나 I 지대와 같이 모래가 많은 사구에서는 염분도가 표층보다는 지하부에서 높으므로 표토층으로 내염도를 판정하기보다는 지하 깊은 곳까지 조사하여 적응성을 파악하여야 할 것이다.

토양반응은 평균 pH 5.75 이고, 범위는 최저 pH 3.84이었으며, 최고 pH 8.61으로 토양산도는 강산성에서 강알칼리까지 다양하게 분포하였다. Na⁺는 평균 15.12comol/kg, 최저 0.53comol/kg, 최고 44.25comol/kg이었다. K⁺는 평균 14.68comol/kg, 최

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

Div		Soil depth			Mean
		-10cm	-30cm	-60cm	
EC _{1:5} (dSm ⁻¹)	Belt I	0.10	0.14	0.35	0.20
	Belt II	0.26	0.23	0.23	0.22
	Belt III	0.25	0.20	0.17	0.21
	Belt IV	0.20	0.13	0.09	0.14
pH _{1:5}	Belt I	7.75	8.61	6.21	7.52
	Belt II	5.64	6.23	6.04	5.97
	Belt III	5.70	5.51	5.99	5.73
	Belt IV	5.81	5.62	5.76	5.73
Na ⁺ (comol/kg)	Belt I	0.92	1.55	1.26	1.24
	Belt II	0.83	0.58	0.48	0.63
	Belt III	0.59	0.74	0.67	0.66
	Belt IV	0.72	0.60	0.60	0.64
Mg ⁺⁺ (comol/kg)	Belt I	0.82	0.83	0.69	0.78
	Belt II	1.06	0.95	1.01	1.01
	Belt III	0.99	1.19	1.14	1.11
	Belt IV	1.37	1.10	0.65	1.04
K ⁺ (comol/kg)	Belt I	0.33	0.34	0.27	0.31
	Belt II	0.70	0.48	0.56	0.58
	Belt III	0.69	0.94	0.84	0.82
	Belt IV	0.75	0.57	0.51	0.61
Ca ⁺⁺ (comol/kg)	Belt I	11.24	10.58	11.28	11.03
	Belt II	8.25	6.91	6.56	7.23
	Belt III	5.28	8.92	7.76	7.33
	Belt IV	6.45	4.41	2.59	4.48
P (ppm)	Belt I	0.37	0.06	0.21	0.21
	Belt II	0.18	0.07	0.19	0.15
	Belt III	0.18	0.09	0.20	0.15
	Belt IV	0.17	0.14	0.15	0.15

저 0.12comol/kg, 최고 53.29comol/kg이었다. Ca^{++} 는 평균 146.44comol/kg, 최저 0.23comol/kg, 최고 797.00comol/kg이었다. Mg^{++} 는 평균 22.98comol/kg, 최저 0.10comol/kg, 최고 81.55comol/kg이었다. P는 평균 0.14ppm, 최저 0.00ppm, 최고 0.82ppm이었다.

2. 수종별 내염성

조사지 출현식물의 내염도 평가는 전기전도도($EC_{1.5}$; electronic conductivity)를 기준으로 통계학적으로 Explore plot에서 극단값과 이상값을 제외한 최대값으로 평가하였다. 토양염분은 최저 $EC_{1.5}$ 0.05dSm⁻¹ 에서 최고 $EC_{1.5}$ 0.58dSm⁻¹ 범위에 출현한 식물은 45과 75속 100종 변종 9종으로 총 109종이었다.

조사지 내에서 수목의 출현빈도를 기준으로 한 척도상자도표 및 오차막대너비가 큰 것은 느티나무, 팽나무, 푸조나무, 이팝나무, 예덕나무, 모감주나무, 쥐똥나무, 송악, 마삭줄 등이었다(Table 2).

조사지내에서 가장 높은 염류토양 $>EC_{1.5}$ 0.50dSm⁻¹에서 자생하는 식물들은 담쟁이덩굴과, 인동 2종이었다. 담쟁이덩굴과 인동은 해안방풍림 전역에 산재되어 토양염분이 높은 곳과 낮은 곳 어디에서나 양호한 생육을 하고 있어서 내염성이 가장 높은 것으로 판단되었다.

$EC_{1.5}$ 0.41~0.50dSm⁻¹ 범위에 속하는 식물들은 $EC_{1.5}$ 0.40dSm⁻¹ 범위 이내에 속하는 식물들 외에 낙엽활엽교목은 굴피나무, 굴참나무, 졸참나무, 느티나무, 팽나무, 이팝나무, 꾸지뽕나무, 개벚나무, 아까시나무, 모감주나무, 때죽나무, 예덕나무, 초피나무, 산초나무 등이 있었고, 관목은 상동나무, 갈매나무, 감태나무, 까마귀밥나무, 쥐똥나무, 좁작살나무, 멧석딸기 등이 있었으며, 덩굴식물은 마삭줄, 송악, 청미래덩굴, 청가시덩굴, 칩 등 27종이 더 출현하였다.

$EC_{1.5}$ 0.31~0.40dSm⁻¹ 범위에 속하는 식물들은 $<EC_{1.5}$ 0.30dSm⁻¹ 범위 이내에 속하는 식물들 외에 낙엽활엽수는 갈참나무, 느릅나무, 합다리나무, 산벚나무, 팔배나무, 소사나무, 생강나무, 참개암나무, 검양옻나무, 개옻나무, 두릅나무 등이 있었으며, 관목은 사철나무, 화살나무, 장구밥나무, 작살나무, 털팽나무, 가막살나무, 보리밥나무, 천선과나무, 돌가시나무 등이 있었고, 덩굴식물은 순비기나무, 노박덩굴, 찔레 등이 23종이 더 출현하였다.

순비기나무는 우리나라 사구지역에서 평균 $EC_{1.5}$ 174 μ S/cm(Cho, 2006), 변산반도 해변가에서 $EC_{1.5}$ 9.25~16.70 μ S/cm(Kim and Park, 1998)에서 생육하는데 이것은 dSm⁻¹로 환산하여 보면 각각 0.17과 0.09dSm⁻¹으로 본 조사지역은 이들 지역보다는 높게 나타났다. 순비기나무는 해안 정선에 접하는 곳에서 생육하는 식물로서 내염성이 매우 높은 식물(Kim and Park, 1998)이지만 본 조사지와 다른 연구들에서

$EC_{1.5}$ 가 낮게 나타난 것은 사구지역으로 모래의 염분이 빨리 용탈되었기 때문일 것으로 추정되었다. 그것은 염분이 상존하는 해안의 토양일지라도 강우에 의하여 염분 또는 pH가 달라질 수 있기(Dana, 2005) 때문이며, 순비기나무의 체감 내염력은 측정된 EC 보다 더 높을 것으로 생각 되었다.

$EC_{1.5}$ 0.21~0.30dSm⁻¹ 범위에 속하는 식물들은 위의 식물들 외에 낙엽활엽수는 꼭나무, 푸조나무, 서어나무, 개서어나무, 말채나무, 곰의말채, 산딸나무, 무환자나무, 소태나무, 가죽나무, 물푸레나무, 붉나무, 옻나무, 대팻집나무, 말오줌때, 복사나무, 윤노리나무 등이 있었으며, 관목은 곶판나무, 국수나무, 까치밥나무, 복분자딸기, 줄딸기, 무릎나무, 출사철나무, 나래회나무, 회잎나무, 까마귀베개, 보리수나무, 산철쭉, 노린재나무, 검노린재나무, 솟명다래, 광대싸리 등이 있었으며, 덩굴식물은 까마귀머루, 개머루, 머루, 새머루, 으름, 새모래덩굴, 털마삭줄, 계요등, 멧덩이덩굴 등 43종이 더 출현하였다.

$EC_{1.5}$ 0.11~0.20dSm⁻¹ 범위에 속하는 식물들은 위의 식물들 외에 낙엽활엽수 참느릅나무, 비목나무, 잔털벚나무, 꼭지윤노리, 자귀나무, 멀구슬나무, 사람주나무, 단풍나무 등이 있었으며, 관목은 조록싸리, 참싸리, 사스레피나무, 박쥐나무, 진달래, 광나무, 괴불나무 등 15종이 더 출현 하였다.

장수리와 물건리 방풍림의 느티나무, 팽나무, 푸조나무, 굴참나무 등의 수목이 수고 12~15m로 흉고 40~80cm 정도로 대형목으로 자생하고 있다. 이러한 수목들은 뿌리가 대단히 깊게 분포하여 표토부분의 염분이 높다하여도 주변 산지와 농경지에서 유입되는 높은 지하수위에 의하여 대형 수목으로 생장이 가능할 수 있을 것이다. 상시 염분 피해가 있는 해안방풍림에서 대형목으로 자생하는 수종들의 기작을 파악하기 위해서는 뿌리가 분포하는 지하 깊은 곳까지 토양염분을 조사하여 구명할 수 있을 것으로 생각되었다. 그러나 조사 대상지가 천연기념물로서 토양 굴착에 따른 지형 훼손 문제가 있어서 본 연구에서는 지하 60cm 이상을 대상으로 분석하였기 때문에 내염성에 대한 해석에 주의가 필요하며, 향후 이에 대한 보완 연구가 필요한 것으로 사료되었다. 또한 본 연구에서는 $EC_{1.5}$ 가 이상값과 특이값을 나타내는 범위는 출현율이 낮아서 제외하였지만 「우연한 기회분포인지?」 또는 「다른 지역에서 대량 분포할지?」에 대한 의문을 해결하기 위해서는 보다 넓은 지역을 대상으로 후속 연구하여야 할 것으로 생각되었다.

3. 내조성 식물

조사지의 출현 수종은 45과 74속 9변종 100종 총 110분

Table 2. Grade of tolerant trees according to soil saline and salt spray drift on the coastal windbreak forest, in the South 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				
<i>Smilax china</i> L.	청미래덩굴		◦	◐	◦											
<i>Smilax sieboldii</i> Miq.	청가시덩굴		◐	◐	◐											
<i>Platycarya strobilacea</i> Siebold & Zucc.	굴피나무		◐	◐	◐											
<i>Carpinus laxiflora</i> (Siebold & Zucc.) Blume	서어나무			◦												
<i>Carpinus tschonoskii</i> Maxim	개서어나무			◦												
<i>Carpinus turczaninowii</i> Hance	소사나무		Ⓜ	Ⓜ	◐											
<i>Corylus sieboldiana</i> Blume	참개암나무				◐											
<i>Quercus aliena</i> Blume	갈참나무				◐											
<i>Quercus variabilis</i> Blume	굴참나무				◐											
<i>Quercus serrata</i> Thunb.	줄참나무		◐	◐	◐											
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino	느티나무		◐	◐	◐											
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.	참느릅나무		◐	◐												
<i>Celtis sinensis</i> Pers	팽나무		◐	◐	◐											
<i>Celtis biondii</i> var. <i>heterophylla</i> Schneid.	폭나무		◐	Ⓜ	◦											
<i>Aphananthe aspera</i> Planch	푸조나무		◐	Ⓜ	◐											
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> Nakai	느릅나무		◦													
<i>Cudrania tricuspidata</i> Bureau	꾸지뽕나무		◐		◦											
<i>Akebia quinata</i> Decne.	으름		◐	◐	◐											
<i>Cocculus trilobus</i> DC.	맹덩이덩굴		◦	◐	◦											
<i>Menispermum dauricum</i> DC.	새모래덩굴			◐												
<i>Lindera glauca</i> Blume	감태나무		◐	◐	◦											
<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino	비목나무				◐											
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume	생강나무		◐	◐	◐											
<i>Ribes fasciculatum</i> var. <i>chinense</i> Maxim.	까마귀밥나무		Ⓜ	Ⓜ	◐											
<i>Ribes mandshuricum</i> Kom.	까치밥나무			◐												
<i>Philadelphus schrenkii</i> Rupr.	고광나무			◦	◐											
<i>Prunus leveilleana</i> Koehne	개벚나무		◐													
<i>Stephanandra incisa</i> Zabel	국수나무			◦	◦											
<i>Rosa wichuraiana</i> Crep	돌가시나무		◐	Ⓜ	◐											
<i>Rubus parvifolius</i> L.	멍석딸기		Ⓜ	◐	◐											
<i>Rubus coreanus</i> Miq.	복분자딸기		◦		◐											
<i>Prunus persica</i> Batsch	복사나무		◦	◦	◦											
<i>Prunus sargentii</i> Rehd.	산벚나무		◐	◐	◐											
<i>Pourthiaea villosa</i> Decne.	윤노리나무			◦	◦											
<i>Prunus serrulata</i> var. <i>pubescens</i> Nakai	잔털벚나무				◦											
<i>Rubus oldhamii</i> Miq.	줄딸기		Ⓜ	Ⓜ	Ⓜ											
<i>Rosa multiflora</i> Thunb.	절레		◐	◐	◐											

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
<i>Sorbus alnifolia</i> (SIEBOLD & ZUCC.) K. KOCH	팔배나무		○	○	○							
<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>longipes</i> NAK.,	꼭지윤노리											
<i>Elaeagnus macrophylla</i> THUNB.	보리밥나무		○	○	○							
<i>Albizia julibrissin</i> DURAZZ.	자귀나무		○									
<i>Lespedeza maximowiczii</i> C.K.SCHN.	조록싸리				○							
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i> MIQ	참싸리				○							
<i>Pueraria thunbergiana</i> BENTH	췌	●	⊕	⊕	○							
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	아까시나무		○	○	○							
<i>Zanthoxylum piperitum</i> A. P. DC.	초피나무		○	○	○							
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> SIEBOLD & ZUCC	산초나무		○									
<i>Picrasma quassioides</i> (D.DON) BENN	소태나무			○	○							
<i>Ailanthus altissima</i> SWINGLE	가죽나무		○	○								
<i>Melia azedarach</i> var. <i>japonica</i> MAKNO.	멸구슬나무		○	○								
<i>Sapium japonicum</i> PAX et HOFFM.	사람주나무											
<i>Mallotus japonicus</i> MUELL. ARG.	예덕나무		●	⊕	○							
<i>Securinega suffruticosa</i> REHDER	광대싸리		○	○	○							
<i>Rhus succedanea</i> L.	검양웃나무				○							
<i>Rhus chinensis</i> MILL.	붉나무		○									
<i>Rhus trichocarpa</i> MIQ.	개웃나무		○	○	○							
<i>Rhus verniciflua</i> STOKES	웃나무		○	○	○							
<i>Ilex macropoda</i> MIQ.	대팻집나무		○		○							
<i>Euonymus macroptera</i> RUPR.	나래회나무				○							
<i>Euonymus japonica</i> var. <i>macrophylla</i> REGEL	무룬나무				○							
<i>Euonymus japonica</i> THUNB.	사철나무		○	○	○							
<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i> (SIEB. et MIQ) REHDER	줄사철나무		○	○								
<i>Euonymus alatus</i> (THUNB.) SIEB.	화살나무		○	○	○							
<i>Euonymus alatus</i> for. <i>ciliato-dentatus</i> HIYAMA	회잎나무				○							
<i>Celastrus orbiculatus</i> THUNB.	노박덩굴				○							
<i>Euscaphis japonica</i> (THUNB.) KANTZ	말오줌매				○							
<i>Acer palmatum</i> THUNB.	단풍나무			○	○							
<i>Sapindus mukorossi</i> GAERTNER	무환자나무		○	○	○							
<i>Koelreuteria paniculata</i> LAXM.	모감주나무		●	○	○							
<i>Meliosma oldhamii</i> MIQ.	합다리나무		○	○	○							
<i>Rhamnella franguloides</i> (MAXIM.) WEBERB.	까마귀베개			○	○							
<i>Sageretia theezans</i> BRONGN.	상동나무		○	○								
<i>Rhamnus davurica</i> PALL.	갈매나무		○	○	○							
<i>Vitis thunbergii</i> var. <i>sinuata</i> (REGEL) REHDER	까마귀머루		○	○	○							

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
<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i> (THUNB.) HARA	개머루		◻	○							
<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (S. et Z.) PLANCH.	담쟁이덩굴		○	○	○						
<i>Vitis amurensis</i> V. <i>coignetiae</i> PULLIAT.	머루		◻	◻							
<i>Vitis flexuosa</i> THUNB.	새머루	Ⓜ	◻	○	◻						
<i>Grewia biloba</i> var. <i>parviflora</i> (BUNGE) HAND. - MAZZ	장구말나무		◻	◻							
<i>Eurya japonica</i> THUNB.	사스레피나무				◻						
<i>Elaeagnus umbellata</i> THUNB.	보리수나무		◻	○	◻						
<i>Alangium platanifolium</i> var. <i>macrophyllum</i> (S. et Z.) WANGER	박쥐나무		○	○	○						
<i>Hedera rhombea</i> BEAN	송악		Ⓜ	Ⓜ	○						
<i>Aralia elata</i> SEEM.	두릅나무		◻	○	◻						
<i>Ficus erecta</i> THUNB.	천선과나무		○								
<i>Cornus walteri</i> WANGER.	말채나무		◻	◻	◻						
<i>Cornus kousa</i> BUERG.	산딸나무			◻	◻						
<i>Cornus macrophylla</i> WALL.	곰의말채			◻							
<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i> (LEV.) NAKAI	산철쭉			◻	◻						
<i>Rhododendron mucronulatum</i> TURCZ	진달래			◻	◻						
<i>Diospyros lotus</i> L.	고욤나무		Ⓜ	Ⓜ	○						
<i>Symplocos chinensis</i> for <i>pilosa</i> (NAKAI) OHWI	노린재나무		◻	◻	◻						
<i>Symplocos paniculata</i> MIQ.	검노린재나무			◻							
<i>Styrax japonica</i> SIEBOLD & ZUCC.	매죽나무			◻	◻						
<i>Ligustrum japonicum</i> THUNB.	광나무		○	○	○						
<i>Ligustrum obtusifolium</i> SIEBOLD & ZUCC.	취뽕나무		Ⓜ	Ⓜ	○						
<i>Chionanthus retusa</i> LINDL. et. PAXTON	이팝나무		Ⓜ	Ⓜ	○						
<i>Fraxinus rhynchophylla</i> HANCE	물푸레나무			◻							
<i>Trachelospermum jasminoides</i> var. <i>pubescens</i> MAKINO	털마삭줄		○	○							
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i> NAKAI	마삭줄		Ⓜ	●	Ⓜ						
<i>Vitex rotundifolia</i> L.fil.	순비기나무	●									
<i>Callicarpa japonica</i> THUNB.	작살나무		◻								
<i>Callicarpa dichotoma</i> RAEUSCH.	좁작살나무		○	○	◻						
<i>Clerodendrum trichotomum</i> THUNB.	누리장나무		○	○	◻						
<i>Paederia scandens</i> (LOUR.) MERR.	계요등			○	○						
<i>Lonicera maackii</i> MAX.	괴불나무				◻						
<i>Viburnum erosum</i> THUNB.	덜꿩나무		◻	◻	◻						
<i>Viburnum dilatatum</i> THUNB.	가막살나무			○	◻						
<i>Lonicera coreana</i> NAKAI	숫명다래			○	○						
<i>Lonicera japonica</i> THUNB.	인동		○	○	○						

* : ● 76% over, ● 51% ~ 75%, Ⓜ : 26% ~ 50%, ○ : 5% ~ 25%, ◻ : less than 5% of important value

A measure of statistical box graph and erro bar width by frequency standard of tree appearance

류군 이었다. 지대별로 출현종 많은 곳은 III지대>IV지대>II지대>I지대 순으로, 각각 86종, 85종, 70종, 3종으로 나타났다. 해안가에서 내륙방향으로 갈수록 출현종이 적어지는 것은 바다 정선부에 가까울수록 바닷물 비산에 의한 염분 피해에 의하여 적응하는 식물 종이 적기 때문이고, 제 I 지대는 인위적으로 식생이 훼손되었기 때문이다.

전체 지대에 출현하는 수종은 칩과 새머루 2종뿐이었고, 내조성이 높은 순비기나무는 제 I Bel에만 출현하였다. 출현빈도와 피도 그리고 수도가 가장 높은 수종은 전체 지대에서 느티나무, 팽나무, 모감주나무, 예덕나무, 마삭줄, 칩 등이었고, 그 다음으로는 이팝나무, 푸조나무, 소사나무, 소태나무, 까마귀밥나무, 줄팔기나무, 쥐똥나무, 멧석딸기, 돌가시나무 등이었다. 이러한 수종은 조사지 내에서 다른 수종에 비하여 상대적으로 내조성이 강한 수종으로 판단되었다.

I 지대에서는 교목과 관목은 출현하지 않았으며, 만경식물인 순비기나무, 새머루, 칩 3종만이 출현하였다. 이러한 식물은 해안가 정선부에 위치하여 평상시 약한 바람에도 바닷물 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 등이었고, 관목은 까마귀밥나무, 쥐똥나무 등이었으며, 만경식물은 칩, 마삭줄, 송악 등이 출현하였다.

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, 쪽나무, 소사나무, 예덕나무 등이었고, 관목은 쥐똥나무, 까마귀밥나무, 돌가시나무 등이었으며, 만경식물은 마삭줄, 송악, 칩 등이 출현하였다.

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

해안식생은 뚜렷한 대상구조로 나타나는데(Costa *et al.*, 1996) 조사지역은 I 지대를 제외한 나머지 지대에서는 뚜렷하게 대상구조를 나타내지는 않았다.

출현수종들은 각 지대별로 순비기나무, 칩, 마삭줄, 송악 등과 같은 텅굴성식물과 아교목 또는 관목층의 예덕나무를

제외하고는 뚜렷하게 대상분포를 하지 않았고, 대부분 혼효되어 있었다. 전방 지대에 출현한 수종이 후방 지대에 출현하여 전방 지대보다는 후방 지대에서 특정 종이 우점하지 않고 있으며, 다양한 종이 고르게 분포되어 있어서 특정 종의 중요도가 뚜렷하게 나타나지 않은 것으로 보인다. 장수리와 물건리 해안방풍림은 다양한 식물 종들이 미지형과 미기후에 오랫동안 적응하여 생태적으로 안정적인 식생구조를 형성하고 있기 때문에 특정 종의 중요도가 크지 않은 것으로 보인다.

동해안에서 내염성 식물은 정선으로부터 내륙방향으로 100m까지 구간의 식물은 곰솔, 소나무, 떡갈나무, 싸리나무, 해당화 등이었고(Choi, 1988), 제주도 남부해안에서 바다 정선으로부터 30m 이내에 인접하여 있는 식물은 곰솔, 참식나무, 줄굴거리나무, 구실жат밤나무, 후박나무 등으로(Lee and Kim, 1977) 주로 상록활엽수를 보고하였다. 거문도, 흥도, 소흑산도, 흑산도 등 남부 도서지방의 특별히 내염성 및 내조성이 강한 식물은 까마귀쪽나무, 우묵사스레피, 돈나무, 다정큼나무, 팡나무, 후박나무, 보리장나무, 동백나무, 큰보리장나무, 구실жат밤나무 등으로(Lee, 1980) 주로 상록활엽수림이라고 하였다. 이에 비하여 장수리와 물건리 방풍림에서는 대부분 낙엽활엽수림으로 자연식생의 교목층에서 상록활엽수림과 상록침엽수림은 출현하지 않았다.

조사지역의 해안식생이 생태적으로 안정된 숲이기 때문에 우점하는 식물에 의하여 종간 또는 종내 경쟁에 의하여 적응 가능한 식물이 출현하지 않거나 극소수 출현될 수 있기 때문에 식물종의 출현율, 피도 그리고 수도가 생리적으로 내염성의 적응도를 반영하기 곤란한 점이 있었다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 보다 더 광범위한 해안식생을 조사하여 우리나라의 내염성 및 내조성 식물 선별하여야 할 것으로 사료 되었다.

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

본 연구는 자생식물의 내염성 및 내조성 평가를 위한 실험적 연구로서 남해안 2지역의 해안방풍림에 국한하였으나 보다 많은 식물종 기작의 정보의 파악하기 위해서는 폭 넓은 조사 연구가 필요한 것으로 사료 되었다.

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. Virginia

- Cooperative Extension. Publication 430-031.
- Braun-Blanquet(1965) Plant sociology: the study of plant communities. Hafner, London, 439pp.
- Cho D.S.(2006) Ecological characteristics of plant communities structure and soil environment of coastal dune in Korea. Ph. D. theses, Graduate School of Kunsan National University 153pp.
- 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.
- Chon, S.U. and J.H. Park(2003) Parameters on physiological responses of *Soybean (Glycine max Merr.)* to salinity. Korean Journal of Environmental Agriculture 22(3): 185-191.
- Costa, M.L., F. Carrapiço and M.C.R. Santos(1996) Contribuição para o estudo da utilização de *Azolla* no tratamento de águas residuais domésticas. In Borrego, C., C. Coelho, L. Arroja, C. Bóia & E. Figueiredo (eds), Proceedings 5a Conferência Nacional Sobre a Qualidade do Ambiente 2. Aveiro, Portugal: 1945-1954.
- Curtis, J.T. and G. Cottam(1962) Plant ecology workbook: Laboratory field and reference manual. Burgess Publishing Co., Minneapolis, Minnesota. 161pp.
- Dana T., D.M. Islay and D.S. Ashley(2005) A field experiment to assess the transplant success of salt marsh plants into tidal wetlands. Wetlands Ecology and Management 13: 489-97.
- Daubennire, R.E.(1974) Plants and environment. John Wiley & Sons. New York. pp. 46-56.
- David Wm. Reed(1996) Water, media and nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing, Batavia, IL.
- Dochinger, L.S. and A.M. Townsend(1979) Effects of roadside deicer salts-and ozone- on red maple progenies. Environ. Pollut. 19: 229-237.
- Francois, L.E.(1987) Salinity effect on asparagus yield and vegetative growth. J. am. Soc. Hort. Sci. 112(3): 432-436.
- García-Sánchez, F., J.L. Jifon, M. Carvajaland and J.P. Syvertsen(2002) Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ accumulation on 'Sunburst' mandarin grafted on different root stocks. Plant Sci. 162: 705-712.
- Greenway, H. and R. Munns.(1980) Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. 31: 149-90.
- Hass, J.(1993) Effect of saline irrigation on early growth of *Eucalyptus gomphocephala* and *Acacia saligna*. Environmental Conservation 20: 143-148.
- 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.
- Jung, Y.S., J.H. Joo., S.D. Hong., I.B. Lee and H.M. Ro(2001) Discussion on dilution factor for electrical conductivity measure by saturation-past extract and 1:5 soil to water extract, and CEC of Korean soils. Kor. J. Soil Sci. Fert. 34(1): 71-75.
- Kim, D.G.(2009) Native Trees that Tolerate Saline Soil and Salt Spray Drift at the Coastal Windbreaks in the South-Sea, Korea. Pro. Kor. Soc. Env. Con. 19(2): 77-80.
- Kim, K.H., and C.M. Park(1998) Growth environment and morphological characters of *Vitex rotundifolia* Communities in Pyonsanbando National Park. Kor. J. Env. Eco. 12(1): 91-101.
- Korean Institute of Landscape Architecture(2007) Landscape design standards Kimoon dang, Seoul, 356pp.
- 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 Vol. 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.
- Liu, G.M., J.S. Yang, and R.J. Yao(2006) Electrical conductivity in soil extracts: Chemical Factors and there intensity. Soil Science Society of China 16(1): 100-107.
- Major, J.(1951) A functional factorial approach to plant ecology. Ecology 32: 392-412.
- McWilliam, J.R.(1986) The national and international importance of drought and salinity. Australian J. Plant Physiol. 13: 1-13.
- Menninger, E.A.(1964) Seaside plants of the world. Hearthsides 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.
- Oh, K.K.(1986) A Study on planting design criteria on the basis of ecological characteristics of natural vegetation. Master's

- Thesis. Graduate School of Environmental Studies Seoul National University, 155pp.
- Park, J.M. and S.K. Lee(2004) Study on the growth characteristics of *Vitex rotundifolia* seedlings for extension of rehabilitation plant -Mainly on the tolerance to the salt concentration of soil. Jour. Korea Soc. For. Eng. Tech. 2(3): 237-246.
- Pezeshki, S. and J. Chambers(1992) Response of *Pinustaeda* L. to soil flooding and salinity. Ann. Sci. For. 49: 149-159.
- Rhoades J.D. and S. Miyamoto(1990) Testing soils for salinity and sodicity. In: R.L. Westerman(Third ed.) Soil testing and plant analysis. 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., Ilka C. Feller. Marsha Sitnik. Smithsonian Institution. Washington DC., 135pp.
- Richards, L.A.(1954) Origin and nature of saline and alkali soils. In: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agricultural Handbook No: 60. USDA, Washington, D.C., USA, pp.1-6.
- Sixto, H., J.K. Grau, N. Alba and R. Aliia(2005) Response to sodium chloride in different species and clones of genus *Populus* L. Forestry 78: 93-104.
- US Salinity Laboratory Staff(1954) Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. USDA Handbook 60: 157pp.