

## 우리나라 중서부 서해안 대호 간척지의 식생 분포와 토양 염농도

김은규<sup>1</sup> · 정영상<sup>1</sup> · 주영규<sup>2</sup> · 정형근<sup>3</sup> · 천소을<sup>2</sup> · 이승현<sup>4</sup>

죽전고등학교, <sup>1</sup>강원대학교 농업생명과학대학, <sup>2</sup>연세대학교 생물자원공학과,  
<sup>3</sup>연세대학교 환경공학과, <sup>4</sup>한국농촌공사 농어촌연구원

### Vegetation Distribution and Soil Salinity on Daeho Reclaimed Tidal Land of Kyonggi-Bay in the Mid-West Coast of Korea

Eun-Kyu Kim, \* Yeong-Sang Jung<sup>1</sup>, Young K. Joo<sup>2</sup>, Hyeung-Gun Jung<sup>3</sup>, Soul Chun<sup>2</sup>, and Sung-Hun Lee<sup>4</sup>

Jukjeon Highschool, Yongin 449-548, Korea

<sup>1</sup>Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

<sup>2</sup>Department of Bioresources and Technology, Yonsei University, Wonju 220-710, Korea

<sup>3</sup>Department of Environmental Engineering, Yonsei University, Wonju 220-710, Korea

<sup>4</sup>Rural Research Institute, Korea Rural Community Cooperation, Ansan 426-908, Korea

Vegetation distribution and soil salinity were surveyed on the conservation plot in the Daeho reclaimed tidal land, in where the plants species distribution was more various than a periodically inundated tidal flat and the early stage of reclamation. According to the soil salinity where the vegetation patches were occurred, the mono patches of *Salicornia europaea*, *Suaeda maritima*, and *Suaeda glauca* were distributed in the average range of 31.05 dS/m in soil salinity, the mixed patches of them were distributed in the average range of 42.75 dS/m. *Salicornia europaea*, *Suaeda maritima*, and *Suaeda glauca* showed strong salt tolerance. The mono patches of *Aster tripolium*, *Sonchus brachyotus*, and *Scirpus planiculm* were distributed in the range of 11.73 dS/m in soil salinity, and the mixed patches were distributed in the average range of 9.43 dS/m. Therefore *Aster tripolium*, *Sonchus brachyotus*, and *Scirpus planiculmis* showed moderate salt tolerance. The mono patches of *Imperata cylindrica*, *Trifolium pratense*, *Miscanthus sinensis*, *Setaria viridis*, and *Trisetum bifidum* were distributed in the range of 2.42 dS/m in soil salinity. These species showed characteristics of glycophytes with weak salt tolerance. The distribution of vegetation patches was influenced by the soil salinity as pioneer halophytes patches occurred at higher soil salinity zone than facultative halophytes patches, glycophytes patches occurred at lower soil salinity zone than facultative halophytes. These results suggested that occurrence of plant species and plant distribution type might be useful index to evaluate the soil salinity and desalinization in the reclaimed land of the midwest coastal area of Korea.

**Key words:** Vegetation distribution, Soil salinity, Reclaimed tidal land, Halophytes

## 서 언

해수가 정기적으로 유입되는 서해안 갯벌에는 침수에 강한 칠면초가 주로 분포(Kim and Song 1983; Lee 1988)하나, 해수 유입이 차단된 간척지에는 염생 식물을 비롯하여 다양한 식물종이 출현한다. 이런 현상은 식생의 분포가 환경의 영향을 받고 있음을 나타내는 것으로, 염습지에서는 토양수분, 토양 염농도 및

종간의 경쟁 등 다양한 환경요인 (Bertness, 1991a, b; Sanderson et al., 2000; Culberson, 2001)이, 염습지와 달리 해수 유입이 차단된 간척지에서는 주로 토양 염농도가 식생의 분포의 다양성에 영향을 주고 있음을 보여준다 (Lee et al. 2000, 2003). 이러한 다양성은 식물마다 염저항성이 각각 다르며 (Flowers et al., 1977), 탈염의 정도가 지형 (Noordwijk et al., 1979) 등의 조건과 자연적인 세탈, 지하수위의 깊이나 토성 (Min and Kim, 1997) 등에 따라 달라지며, 장소에 따라 다른 공간변이를 나타내기 때문이다 (Jung et al.,

접수 : 2009. 11. 17 수리 : 2009. 12. 8

\*연락처 : Phone: +82312664674,

E-mail: kimest@naver.com

2003). 따라서 간척지에 나타나는 다양한 식생의 분포 양상은 토양환경의 변화 측면에서 관심의 대상이다.

대호간척지의 식생보전지역은 2002년 조사 당시, 형성 된지 18년차 된 곳으로 식물 종과 그 분포 양상이 매우 다양하고, 식물 집락 간에 명확한 경계를 형성하고 있어 초기 간척지와 다른 양상을 보이는 곳이었다. 따라서 공간을 달리하여 출현하는 식물 종은 간척지 토양의 변화 상태를 반영하는 지표가 될 수 있다. 이에 식생의 분포 양상과 토양 염농도를 비교 분석하여 간척 후 토양 염농도의 상태와 이에 반응하는 식물상의 특성을 분석하고자 하였다. 이를 위해 (1)출현 식물 종을 분류하고 (2)구분되는 식물 집락별로 토양 염농도를 측정하고 (3)식물 집락의 경계를 근거로 식생도를 작성 하여, 식생 분포와 토양 염농도 간의 관계를 분석하였다.

## 재료 및 방법

**조사 대상지** 대호 간척지는 한반도 중부 서해안의 경기만 내에 분포하는 간척지로, 지리적으로, 당진군 석문면 초락도 앞 (동경 126.20' ~ 126.30', 북위 37.00' ~ 37.10')에 위치하고 있다. 간척지 조성기간은 1981년 4월부터 1987년 6월까지이며, 2002년 조사 당시 18년이 경과하였다. 연구지역의 4월부터 11월까지 평균 기온은 16.8°C 이고 총강수량은 1,144~1,314 mm 이다.

**토양 염농도 측정 및 토양 시료 분석** 토양 염농도의 척도로 전기전도도(electrical conductivity, ECE)를 사용하였고(USSL, 1954), 토양 염농도 측정은 단일 종 식물 집락과 혼생 집락을 대상으로 실시하였다. 측정은 토양 염도계(HANNA: HI 7031) 탐침을 식생 분포지 근권부 표층(깊이 0~10 cm)에 삽입하여 현장에서 실시하였고, EC meter 값으로 보정하였다. 측정 횟수는 동일 특성을 가진 분포지에서 3지점 이상 반복 측정하였으며, 한 개의 측정 지점에서는 다시 짧은 거리 간격을 두고 최소 3회 이상 반복하여 측정하였다. 측정 지점은 식생이 없는 곳 13, 선구염생식물 분포지 31, 선구염생식물 혼생지 7, 저염생식물 분포지 87, 저염생식물 혼생 분포지 32, 저염생식물과 중성식물의 혼생 분포지 57, 중성식물 혼생 분포지 10, 중성식물 분포지 52개 지점으로 총 289 지점을 측정

하였다.

간척지 토양의 특성을 분석하기 위하여 식생 분포지에서 0~10, 10~30 cm 깊이에서 토양시료를 채취하여 지퍼백에 담아 밀봉한 후 실험실로 옮겨 풍건한 후 2 mm 토양체로 조제한 후 분석에 사용하였다. 토양 pH(1: 5)는 초자전극법, 양이온은 Mehlich III 추출액으로 추출하여 원자흡수분광분석기(Perkin-Elmer 2380)로 분석하였고(Tran and Simard, 1993), 토성은 피펫법으로 분석하였다(Sheldrick and Wang, 1993).

조사된 대호 간척지 토양에서 식생 분포지의 물리·화학적 특성은 Table 1과 같다. 토성은 미사 함량이 많은 미사질 양토이었다.

**분포 유형 구분 및 식물 종 동정** 2002년 4월부터 10월까지 현장 방문을 통하여 대호 간척지 내 식생보전지구에 출현하는 모든 식물 종을 분류하였다. 식물 집락은 단일 종의 집락과 여러 종의 혼생집락으로 구분되었는 바, 단일 종으로 집락을 구성한 경우에는 단일 종 집락으로 구분하였고, 2종 이상이 혼재하여 우점종이 뚜렷이 구분되지 않는 것을 혼생집락으로 구분하였다. 식생의 분포 유형이 식물 집락 간에 명확한 경계를 보이고 있어 식물 집락의 종별 구성 특성에 의해 인위적으로 7개 집락(선구염생식물 출현지, 선구염생식물 혼생지, 저염생식물 출현지, 저염생식물 혼생지, 저염생식물과 중성식물의 혼생지, 중성식물 출현지, 중성식물의 혼생지)으로 구분하였다. 혼생 집락은 식물 종의 혼생 상태에 따라 선구염생식물의 혼생, 저염생식물의 혼생, 중성식물의 혼생, 저염생과 중성식물의 혼생으로 분류하였다. 식물 종 동정과 식물명은 대한식물도감(Lee, 1999)과 원색 한국식물도감(Lee, 2002)에 준하였고, 귀화식물원색도감 보유편(Park, 2001), 한국의 외래·귀화식물(Park, 2001)을 참조하였다. 염생식물과 중성식물에 대한 구분은 국내에서 기존에 연구된 자료(Kim, 1983; Ihm, 2001)와 외국의 연구된 자료(Zhao et al., 2002; USDA, 1999)를 참고로 하였다. 간척 초기에 다른 식물이 정착하지 않은 상태에서 개척자로 간척지에 출현하는 종은 선구염생식물군으로 분류하였고, 선구염생식물군 출현 이후에 출현하는 염생식물은 저염생식물군으로 분류하였다.

출현한 식물 종에 의할 경우 선구염생식물의 혼생

**Table 1. Physiochemical properties of the soils taken at the vegetation occurred spots on Daeho sites.**

	sand	silt	clay	pH	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
	----- % -----							
Daeho	36.0~37.0	49.7~52.7	9.9~12.7	7.4	8.9	3.9	0.4	10.4

지는 통통마디-해홍나물-나문재가 장소에 따라 구성을 달리하며 혼생한 집락이고, 저염생식물 혼생지는 갈대-갯조풀-갯개미취-갯꾸러미풀-남양골-사데풀이 장소에 따라 구성을 달리하며 혼생한 집락이다. 저염생식물과 중성식물의 혼생지는 매우 다양한 식생이 출현하여, 갈대-사데풀-갯조풀-갯개미취-갯질경-남양골-갯꾸러미풀-갯개미자리-강아지풀-레드클로버-억새-톨페스큐-망초 등이 장소에 따라 구성을 달리하며 혼생하였다. 중성식물 혼생지는 레드클로버-톨페스큐-억새가 장소에 따라 구성을 달리하며 혼생하였다. 선구염생식물과 저염생식물의 혼생집락이 4개 지점에 분포하였으나 전체적인 식생 분포의 특성을 대표하지 않아 토양 염농도 및 식생 분포 분석대상에서 제외하였고, 식생도에는 표시하였다. 잔디가 분포하는 곳은 농업용도로와 인접한 곳이며 이곳의 식생이 자연발생적인 것인지, 인위적인 것인지 구별할 수 없어 이곳은 토양 염농도 및 식생 분포 분석대상에서 제외하였고, 식생도에는 표시하였다. 2009년 10월에 현장을 방문하여 2002년 조사 이후 변화된 식물 집락의 상태를 분석하였다.

**통계 분석** 식물 집락별 토양 염농도의 차이를 분석하기 위하여 ANOVA General Liner Model(GLM) 분석(SAS, 2000)을 실시하였다.

**식생도 작성** 식물 집락의 분포 유형별로 GPS 좌표를 주사하고(Trimble Model TSC1), 이를 바탕으로 식생도를 작성하였다. 식생이 출현하지 않은 곳과 인위적으로 분류된 9개 식물 집락을 각각 다른 색으로 분포도를 작성하였다.

## 결과 및 고찰

**출현 식물 종** 간척지에는 갯벌 보다 더 다양한 염생식물이 분포하였다. 이는 해수의 유입이 없기에 주기적인 침수지에 분포하기 어려운 나문재, 해홍나물, 통통마디, 갯개미취 및 갯질경 등의 다양한 염생식물이 분포할 수 있기 때문이다. 출현한 식물은 12과, 31종으로 Table 2와 같다.

이 결과는 대호 간척지의 식생보전지구에서 초기의 간척지에 주로 출현하는 칠면초, 통통마디, 나문재 및 해홍나물 같은 선구염생식물 외에 초기 간척지에는 출현하지 않는 저염생식물과 중성식물 이 각각 9종, 19종이 발생하여 초기 간척지와 구분되는 양상을 보이고 있었다. 식물 집락마다 식물 종의 구성이 달라 식물 집락의 유형은 선구염생식물 단일집락, 선구염생식물 혼생집락, 저염생식물 집락, 저염생식물 혼생집락, 저염생식물과 중성식물의 혼생 집락, 중성식물

혼생 집락, 중성식물 집락의 7개 군으로 다양하였다. 간척지 토양의 주된 환경인 토양 염농도를 식물 집락별로 측정하고 비교한 결과, 선구염생식물 집락은 토양 염농도가 높은 곳에 출현하고, 저염생식물 집락과 중성식물 집락은 선구염생식물 집락보다 낮은 토양 염농도 조건하에 출현함을 보였다. 이러한 현상은 탈염에 의해 형성된 토양 염농도에 따라 염저항성이 다른 식물 집락이 우점하는 토양 환경의 공간변이 현상(Burrough, 1983a, b; Armstrong, 1986; Eghabl et al., 1993; Kravchenko et al., 1999; Jung et al., 2003)인 것으로 판단된다.

**식생 집락과 토양 염농도** 7개 식생 집락의 토양 염농도에 대한 분석결과는 Table 3과 같다.

식생도 작성과 함께 식생 집락 별 토양 염농도를 분석 한 결과 식생 집락지 별로 토양 염농도에 유의적인 차이를 나타내고 있어 5개 군으로 구분되었으며(Table 3), 식생 집락의 분포는 토양 염농도의 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

식생 집락별 토양 염농도의 크기는 선구염생식물의 혼생지 > 선구염생식물 출현지 > 저염생식물 출현지 > 저염생식물 혼생지 - 저염생식물과 중성식물의 혼생지 - 중성식물 출현지 > 중성식물 혼생지 순으로 구분되었다.

이러한 현상은 토양 염농도가 높은 곳에는 내염성이 강한 식물 종이 분포하며, 토양 염농도가 낮은 곳에는 내염성이 약한 식물 종이 분포함을 시사한다. 토양 염농도와 식생도를 비교 할 경우 토양 염농도가 높은 곳에는 통통마디, 해홍나물 및 나문재의 단일 집락 또는 혼생집락이 분포하였고, 토양 염농도가 낮은 곳에는 저염생식물 집락과 중성식물 집락이 분포하여 토양 염농도에 따라 식물 종의 출현이 다름을 보였다.

식물 집락 별로 토양 염농도의 크기를 배열하면 통통마디, 나문재 및 해홍나물 (이하 선구염생식물)의 혼생 집락 (42.75 dS/m) > 선구염생식물 단일 집락 (31.05 dS/m) > 사데풀, 갯개미취, 갯꾸러미풀, 갯질경, 갈대, 남양골 및 새삼매자기 (이하 저염생식물) 단일 집락(11.73 dS/m) > 저염생식물 혼생집락 (9.43 dS/m) > 락, 레드클로버, 억새 및 잠자리피 (이하 중성식물)의 단일집락 (2.42 dS/m) 순으로 분포하여 식물 집락마다 출현 지점이 다름을 보였다. 식물 집락 분포지 별로 토양 염농도가 다름을 고려할 때 선구염생식물은 내염성이 강한 염생식물의 특성을 보여 초기 간척지 및 오래된 간척지의 탈염이 이루어지지 않은 곳에서 출현하는 대표적 염생식물임을 알 수 있었다. 저염생식물도 초기 간척지에는 출현하지 않으나 시간이 경과된 간척지에 출현 한 것으로 보아 선구염

**Table 2. Plants species in Daeho reclaimed tidal flats of the west coast of Korea in 2002.**

Family	Scientific Name	Korean Name	Habitat	Distribution
Juncaceae	<i>Juncus gracillimus</i>	물골풀	Only one place	Small clumped
Compositae	<i>Aster tripolium</i>	갯개미취	Only one place	Random, clumped, zonation
	<i>Aster pilosus</i>	미국쑥부쟁이		Small clumped
	<i>Aster subulatus</i>	빛자루국화		Mixed with the <i>A. tripolium</i>
	<i>Erigeron canadensis</i>	망초		Small clumped
	<i>Sonchus brachyotus</i> *	사데풀		Scattered, random
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	소리쟁이		Quite few
Chenopodiaceae	<i>Suaeda glauca</i> <sup>††</sup>	나문재		Mixed with the <i>S.europaea</i> , <i>S. maritima</i>
	<i>Suaeda maritima</i> <sup>†</sup>	해홍나물		Scattered, random a few Zonation, mixed with the <i>S. glauca</i> , <i>S. europaea</i>
	<i>Salicornia europea</i> <sup>††</sup>	통통마디		Random, zonation, mixed with the <i>S. maritima</i>
Onagraceae	<i>Epilobium pyrricholophum</i>	바늘꽃		Individual
Asclepiadaceae	<i>Metaplexis japonica</i>	박주가리		Quite a few
Cyperaceae	<i>Cyperus sanguinolentus</i>	방동사니대가리	Wetted area	A few, clumped
	<i>Scirpus planiculmis</i> *	새섬매자기	Wetted area	Clumped
	<i>Scirpus wallichii</i> *	남양골		Zonation
Caryophyllaceae	<i>Spergularia marina</i> *	갯개미자리		A few
Plumbaginaceae	<i>Limonium tetragonum</i> *	갯질경		Clumped
Plantaginaceae	<i>Plantago asiatica</i>	질경이	Side by paddy soil	A few
Leguminosae	<i>Trifolium pratense</i>	레드클로버		Clumped
Gramineae	<i>Alopecurus aequalis</i>	독새풀		One individual
	<i>Beckmannia syzigachne</i>	개피		Quite a few
	<i>Bromus tectorum</i>	털범새귀리		Clumped
	<i>Calamagrostis pseudo - phragmites</i> *	갯조풀		Clumped
	<i>Festuca arundinacea</i>	톨페스큐	All over the area	Clumped
	<i>Imperata cylindrica</i>	띠		Clumped
	<i>Miscanthus sinensis</i>	억새		A few, clumped
	<i>Phragmites communis</i> *	갈대	Mixed with the <i>S.brachyotus</i> , red clover	Clumped, random
	<i>Puccinellia nipponica</i> *	갯꾸러미풀		Clumped, zonation
	<i>Setaria viridis</i>	강아지풀		Random, clumped
	<i>Trisetum bifidum</i>	잡자리피		Clumped
<i>Zoysia japonica</i>	잔디		Clumped	
		Halophyte:		
Total	12 Families	6 Families,		
	27 Genera	9 Genera,		
	31 Species	12 Species		

<sup>†</sup> pioneer halophyte; \* facultative halophyte; no marked : glycophyte

<sup>††</sup> Different scientific name of *Suaeda glauca* was *S. asparagoides* and that of *Salicornia europaea* was *S. herbacea* (Kang and Shim, 1998).

**Table 3. ANOVA result for soil salinity in 7 vegetation groups.**

	Daeho in 2002 (0 ~ 10 cm depth)							
	Bare soil	Pio.	Pio.- mixed	Fac.	Fac.-mixed	Fac.-gly. mixed	Gly.	Gly.-mixed
ECe (dS/m) (1:5)	88.46a	31.05c	42.75b	11.73d	9.43de	4.06de	2.42e	1.83e

LSD <0.05 Means with the same letters in row are not significantly different

Pio.: pioneer halophyte

Fac: facultative halophyte

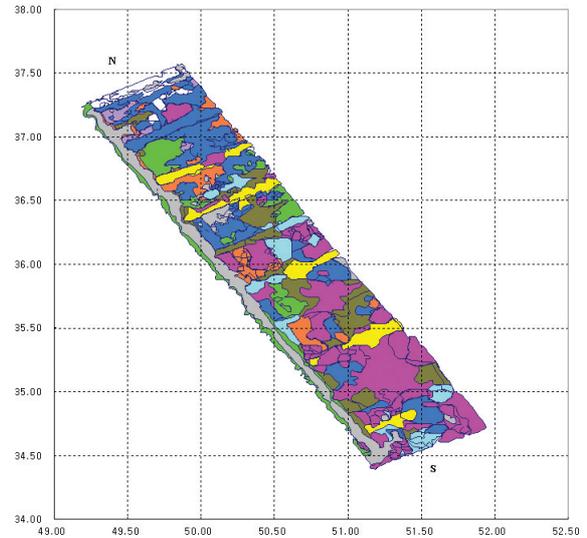
Gly: glycophyte

생식물보다 염저항성이 작은 특성을 나타냈다. 중성 식물은 초기 간척지에서는 발생하지 않았고, 시간이 경과된 간척지에서도 저염생식물보다 낮은 토양 염농도에 출현하여 염저항성이 작은 특성을 나타냈다 (Kang and Shim, 1998). 토양 염농도 크기에 따라 염저항성이 다른 식물이 출현하는 현상은 대호 간척지 외의 다른 곳에서도 나타난다. 시간이 경과된 간척지에서 식물군의 연속분포 현상은 토양 염농도 구배에 기인하는 것으로 토양 염농도에 대한 식물의 선택적 출현 관계를 잘 나타내고 있다(Kim et al., 2008). Lee et al. (2000)은 대호 간척지에서 식생의 변화는 제염 정도에 따라 다르다고 하였고, 대호, 석문, 홍보 간척지와 새만금 지구의 간척 대상지에서 토양 제염이 식물 분포에 영향을 끼치고 있어 명아주과 식생은 30 dS/m 전후에서 10 dS/m까지에서 출현하고, 갯개미취, 산조풀 및 사데풀은 20 dS/m 전후에서 출현하였다(Lee et al., 2003)고 하여, 대호 간척지에서 토양 염농도가 식물 종 분포의 뚜렷한 원인이 되고 있음을 나타냈다. 이는 수분 등의 환경조건을 제외시킨 간척지 토양에서 식물 종의 출현과 분포는 토양 염농도가 주요 제한인자가 됨을 나타내는 것으로, 간척 후 장기간 교란이 없는 곳의 식생 분포는 토양 염농도의 공간변이에 의해 달라짐을 알 수 있으며, 간척지에 출현하는 식물 종을 통해 토양의 탈염 상태를 분석할 수 있음을 시사한다. 그 결과로 토양 염농도가 높은 곳에는 내염성이 강한 선구염생식물 집락이 형성되고, 토양 염농도가 낮은 곳에는 저염생식물 집락이 형성되며, 탈염이 거의 이루어진 곳에는 중성식물 집락이 형성됨을 알 수 있다.

**식생도** 식생도를 작성하여 살펴보면 (Fig. 1), 같은 종의 식생 집락이 여러 곳에 형성되어 토양 염농도의 공간변이가 발생하고 있음을 보였다. 각 식생 집락별 특성은 구성종에 의해 구별되는바, 각 집락을 구성하는 식물 종을 비교한 결과 토양 염농도에 따라 내염성이 다른 식물종이 분포하고 있다.

길게 이어진 선구염생식물 혼생집락은 식생이 출현하지 않은 곳과 경계를 같이하며 발생하였고, 주로 선구염생식물 단일 집락과 경계를 이루며 분포하거나 독립된 지역에서 분포하였다. 이에 비해 저염생식물 집락은 전지역에서 분포하였고 저염생식물 혼생집락, 저염생식물 및 중성식물 혼생집락이 전지역에 걸쳐 분포하였다. 중성식물 단일집락은 분포하는 지점에만 집중분포하는 양상을 보였고, 중성식물 혼생지는 중성식물 집락과 경계를 같이하며 분포하는 양상을 보였다.

식물 집락을 7개 군으로 나누고 해당 집락의 비율을



**Fig. 1. Vegetation distribution map of Daeho reclaimed tidal flat.**

vegetation	color
Bare soil	Grey
Pioneer halophytes	Orange
Mixed pioneer halophytes	Green
Facultative halophytes	Light Orange
Mixed facultative halophytes	Brown
Mixed with facultative halophytes and glycohytes	Blue
Glycohytes	Light Blue
Mixed glycohytes	Yellow
Mixed with pioneer halophytes and facultative halophytes	Purple
Mono patch of <i>Zoysia japonica</i> or mixed with pioneer and facultative halophytes	White

비교한 결과 저염생식물과 중성식물의 혼생집락 면적이 가장 넓어, 간척 후 시간 경과에 따라 탈염이 되고 있음을 알 수 있었고, 대호 간척지의 토양 염농도는 일반 중성식물이 분포할 수 있는 4 dS/m 이하의 비염류토로 변화하여, 자연적 탈염이 거의 마무리되는 단계인 것으로 보인다. 식물 집락의 분포는 비슷한 특성을 가진 식물 집락이 서로 인접하고 있음을 볼 수 있었다. 즉 대부분의 저염생식물 집락, 저염생식물과 중성식물의 혼생 집락, 중성식물 집락, 저염생식물 혼생 집락, 중성식물 혼생 집락이 연결되어 있었다.

식생도에 의할 경우 선구염생식물과 식생이 발생하지 않은 면적에 비해 저염생식물과 중성식물의 혼생 집락 및 저염생식물 집락이 가장 넓은 면적을 차지하고 있어 대호의 경우 탈염이 상당히 진행되어 있음을 알 수 있었다. 가장 적은 분포를 차지하는 것은 선구염생식물 집락이었고 이들은 간척지의 특정지역과 일부에서만 분포하였다. 식생이 발생하지 않은 곳의 대부분 지역이 선구염생식물 집락 및 선구염생식물 혼생집락과 경계를 같이 하고 있어 토양 염농도에 의해

식물이 분포하고 있음을 시사하였다. 식생도에 의할 경우 전체적으로 간척초기에 나타나는 선구염생식물의 분포 공간이 간척 후기에 출현하는 저염생식물 및 중성식물에 비해 매우 적은 분포를 보여 식물상이 간척 후 저염생식물 및 중성식물 집락의 증가 방향으로 변화함을 보였다. 그러나 중성식물 및 중성식물 혼생 집락 면적이 저염생 식물 및 저염생식물과 중성식물의 혼생지보다는 적어, 간척 후 18년이 흘렀음에도 식물종의 변화가 완전히 중성식물로 바뀌지 않고 있음을 알 수 있었다. 간척 후 오랜 시간이 경과된 시점에서 식생이 발생하지 않은 곳과 선구염생식물이 부분적으로나마 지속적으로 분포하는 것으로 보아 자연상태에서 간척지의 탈염은 쉽게 이루어지지 않음을 알 수 있었다. 이상의 결과로 보아 간척지와 같은 염류토양에서 식생의 집락별 분포유형은 토양 염농도를 예측할 수 있는 지표로 쓰일 수 있을 것으로 사료된다.

## 적 요

간척지에서 식생의 분포와 토양 염농도 간의 관계를 분석하기 위하여, 대호 간척지 한국농촌공사의 식생보전지구에서 본 연구를 수행하였다. 출현 식물 종을 분류하고, 집락 유형별로 토양 염농도를 측정하여 비교하였고, 식생도를 작성하였다. 대호 간척지의 식물 종은 주기적인 침수가 이루어지는 갯벌 및 초기 간척지에 비해 매우 다양하였다. 출현한 식물 집락은 단일 종으로 이루어진 순수 집락과 여러 종의 혼합으로 이루어진 혼생 집락으로 구분되었다. 식물 집락별 출현지의 토양 염농도에 근거할 때 통통마디, 해홍나물 및 나문재의 단일 집락은 토양 염농도가 31.05 dS/m 정도인 곳에, 이들의 혼생 집락은 42.75 dS/m 에 출현하여 내염성이 강하였고, 사데풀, 갯개미취, 새삼매자기 등의 단일집락은 11.73 dS/m 인 곳에, 이들의 혼생집락은 9.43 dS/m 정도인 곳에 출현하여 저염생식물군의 특성을 보였고, 띠, 레드클로버, 억새, 강아지풀 및 잠자리피의 단일집락은 2.42 dS/m 정도인 곳에 분포하여 내염성이 약한 중성식물군의 특성을 보였다. 이와 같이 식물 집락의 분포는 토양 염농도의 영향을 받고 있어, 간척지 토양의 염농도는 식물 집락 분포의 제한요소로 작용함을 보였다. 이 결과는 토양 염농도에 따라 다르게 나타나는 식물 종과 식물 집락의 분포 양상이 간척지 토양의 탈염화 지표로 유용함을 시사하고 있다.

## 인 용 문 헌

Armstrong, A. C. 1986. On the fractal dimension of some transient soil properties. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 37: 641-652.

- Bertness, M. D. 1991a. Interspecific interactions among high marsh perennials in a New England salt marsh. *Ecol.* 72: 125-137.
- Bertness, M. D. 1991b. Zonation of *Spartina patens* and *Spartina alterniflora* in a New England salt marsh. *Ecol.* 72: 138-148.
- Burrough, P. A. 1983a. Multiscale sources of spatial variation in soil: I. The application of fractal concepts to nested levels of soil variation. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 34: 577-597.
- Burrough, P. A. 1983b. Multiscale sources of spatial variation in soil: II. A non-Brownian fractal model and its application in soil. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 34: 599-620.
- Culberson, S. D. 2001. The interaction of physical and biological determinants producing vegetation zonation in tidal marshes of the San Francisco Bay Estuary, California, USA. Ph.D. dissertation, University of California, Ecology.
- Eghabl, B., L. N. Mielke, G. A. Calvo, and W. W. Wilhelm. 1993. Fractal description of soil fragmentation for various tillage methods and crop sequences. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 57: 1337-1341.
- Flowers, T. J., P. F. Troke, and A. R. Yeo. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. of Pla. Physi. and Pla. Mole. Bio.* 28: 89-121.
- Ihm, B. S. 2001. Distribution of halophytes on the south coast of Korea. *Nature Conservation* 116: 9-14.
- Jung, Y. S., W. H. Lee, J. H. Joo, I. H. Yu, W. S. Shin, Y. Ahn, and S. H. Yoo. 2003. Use of electromagnetic inductance for salinity measurement in reclaimed saline land. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36(2): 57-65.
- Kang, B. H., and S. I. Shim. 1998. Screening of tolerant plants and development of biological monitoring technique for saline stress. I. Survey of vegetation in saline region and determination of saline tolerance of the plant species of the region. *Korean J. Environ. Agri.* 17(1): 26-33.
- Kim, C. S. 1983. Distribution of halophyte community. *Nature conservation* 41: 31-36.
- Kim, C. S., and T. G. Song. 1983. Ecological studies on the halophyte communities at western and southern coasts in Korea(IV). *Korean J. Ecol.* 6(3): 167-176.
- Kim, D. Y. and J. S. Lee. 1983. Ecological studies on the halophyte community of the coast. II. On the reclaimed tidal flat land of Naichodo Ri. p. 399-407. Gunsan National University.
- Kim, E. K., Chun, S., Joo, Y. K., Jung, Y. S., and Jung, H. G. 2008. Soil Salinity and Continuum Distribution of Vegetation on the Three Reclaimed Tidal Flats of Kyonggi-Bay in the Mid-West Coast of Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 41(2): 83-93.
- Kravchenko, A. N., C. W. Boast, and D. G. Bullock. 1999. Multifractal analysis of soil spatial variability. *Agro. J.* 91: 1033-1041.
- Lee, J. S. 1988. Studies on the distribution of vegetation in the salt marsh of the Mankyung River Estuary. *Korean J. Environ. Bio.* 6(1): 1-10.
- Lee, S. H., Y. An, S. H. Yoo, and S. M. Lee. 2000. Changes in early stage vegetation succession as affected desalinization process in Dae-Ho reclaimed land. *Korean J. Environ. Agri.* 19(4): 364-369.
- Lee, S. H., Ji, K. J., An Y., Ro, H. M. 2003. Soil Salinity and Vegetation Distribution at four Tidal Reclamation Project Areas.

- Korean J. Environ. Agri. 22(2): 79-86
- Lee, T. B. 1999. Illustrated Flore of Korea. Hayng-Moon Publishing Co., Seoul.
- Lee, Y. N. 2002. Flora of Korea. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., Seoul.
- Min, B. M. and J. H. Kim. 1997. Soil texture and desalination after land reclamation on the west coast of Korea. Korean J. Ecol. 20(2): 133-143.
- Noordwijk-Puijk, K. V., W. G. Beeftink, and P. Hogeweg. 1979. Vegetation development on salt-marsh flats after disappearance of the tidal factor. Vegetatio 39: 1-13.
- Park, S. H. 2001. Foreign Naturalized plant of Korea. Dae-Won Publishing Co., Seoul.
- Park, S. H. 2001. Colored Illustrations of Naturalized Plants of Korea. Ilchokak Co., Seoul.
- Sanderson, E. W., S. L. Ustin, and T. C. Foin. 2000. The influence of tidal channels on the distribution of salt marsh plant species in Petaluma Marsh, CA, USA. Plant Ecol. 146: 29-41.
- SAS. 2000. The SAS system for Windows. SAS Institute, USA.
- Sheldrick, B. H. and C. Wang. 1993. Particle Size Distribution. p. 499-511. In Carter, M. R. ed. Soil sampling and methods of analysis. Lewis Publishers, London.
- Tran, T. S. and R. R. Simard. 1993. Mehlich III -Extractable Elements. p. 43-49. In Carter, M. R. ed. Soil sampling and methods of analysis. Lewis Publishers, London.
- US Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of Saline and alkali soils. USDA Handbook No. 60.
- USDA-ARS George E. Brown, Jr. Salinity Lab. 1999. Halophyte database salt-tolerance plants and their uses. USDA ARS by N.P. Yensen  
<http://www.ussl.ars.usda.gov/pls/caliche/halophyte.prefce>
- Zhao, K., F. Hai, and I. A. Ungar. 2002. Survey of halophyte species in China. Plant Sci. 163(3): 491-498.