

석고처리에 의한 간척지 토양의 제염효과

Desalinization Effects of Gypsum Treatments in Reclaimed Tidal Lands

손재권* · 구자웅* · 최진규*
Son, Jae Gwon, Koo, Ja Woong, Choi, Jin Kyu

Abstract

This study was performed to analyze desalinization effects of gypsum treatments in reclaimed tidal lands and to obtain the basic data for developing prediction techniques of desalinization to be applicable to reclaimed tidal lands at the beginning stage.

In this study, the reclamation experiments with 3 treatments were conducted through the leaching method, using the samples of silt soil and silt loam soil collected from 5 tidal land reclamation projects. The electrical conductivity, exchangeable sodium percentage and hydraulic conductivity were analyzed in order to investigate the effects of desalinization for reclaiming the tidal lands with high salt concentration.

The results obtained from this study were summarized as follows:

1. In accordance with USDA Salinity Laboratory classification system of salt affected soils, the sample soils used in this study were saline-sodic soils with the high electrical conductivity and the high exchangeable sodium percentage.

2. With the increase of the water requirements for desalinization, the electrical conductivity and the exchangeable sodium percentage were decreased with high degree of correlations, and the desalinization effects were remarkable. When the depth of water leached per unit depth of soil (D_w/D_s) was 0.3, the electrical conductivity and the exchangeable sodium percentage had been reduced below the classification value of salt affected soils.

3. When the permeability of soils wasn't considered, and only water requirements for desalinization were considered on the basis of the electrical conductivity and the exchangeable sodium percentage, there was no significance in analyzing desalinization effects with soil textures, gypsum treatments and culvert treatments.

* 전북대학교 농과대학 (농업과학기술연구소)

키워드 : 간척지 토양, 제염, 제염용수량, 침출법, 전기전도도, 교환성 나트륨 백분율, 수리전도도, 석고처리, 제염효과

4. In case of applying the leaching method to the tidal lands with low permeability and high salt concentration, the main effects of gypsum treatments are considered to be convenience of desalinization works and to reduction of desalinization period by improving the permeability of soils.

I. 서론

개발초기의 간척지토양은 대체적으로 가용성염류와 교환성 나트륨이 과다하게 함유되어 있는 고염도 염류 알칼리 토양이다. 토양내의 과잉 가용성 염류와 교환성 나트륨은 각각 토양용액의 삼투압과 알칼리성을 증가시키는 주된 원인이 되어 작물의 정상적인 생육을 불가능하게 한다. 또한 토양입자의 분산과 팽윤현상에 밀접한 관계가 있어 염분용탈에 의하여 제염작업을 실시하는 경우 침투수의 전해질 농도가 감소되고 교환성 나트륨의 가수분해율이 증가되면서 토양의 투수성이 현저하게 감소된다. 따라서 고염도 간척지 토양을 지하배수에 의한 염분용탈방법으로 제염시키기 위해서는 토양개량제를 공급하여 제염진행중 토양의 투수성이 크게 감소하는 것을 방지하고 수리전도도를 지속적으로 유지시켜 제염효과를 높여주는 것이 매우 중요한 일이라고 볼 수 있다.

교환성 나트륨 함량이 많은 간척지 토양의 제염을 위한 토양개량제로는 비교적 저렴한 값으로 용이하게 구할 수 있고 많은 실험에 의해 그 효과가 입증된 석고가 가장 보편적으로 사용된다. 일반적으로 알려진 주된 석고처리효과는 염분용탈에 의한 제염과정중 적절한 전해질 농도의 유지와 양이온 교환효과에 따른 수리전도도의 증가이다¹⁰⁾.

본 연구에서는 전국 대단위 기존 간척지구, 현재 시행중에 있는 간척사업지구 및 간척 예정지구를 중심으로 대표적인 토양시료를 채취해서 공시토양으로 하여 시험포장에 라이시미터(Lysimeter) 시험장치를 설치하고 지하배수

침출법에 의한 제염시험을 실시하였다.

또한 염분농도가 매우 높고 과다한 교환성 나트륨을 함유하고 있는 개발초기 고염도 간척지의 합리적인 제염대책을 수립하기 위한 제염예측기법을 개발하는데 기초자료를 제공하고 제염대상 면적과 토심 및 토양의 이화학적성질 등을 고려하여 산출한 제염에 필요한 석고량을 처리구별로 시험구에 살포한 다음 제염시험을 실시하였다. 이러한 제염시험결과를 이용하여 간척지토양의 제염과정중 전기전도도, 교환성 나트륨 백분율 및 수리전도도의 변화를 비교 검토하고 토성 및 석고처리별 제염효과를 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시토양

가. 공시토양의 선정

토양의 이화학적 특성이 “간척지 제염예측기법 개발”⁴⁾에 관한 연구의 1차년도에 조사한 우리나라 서해안 간척지 및 간척지 토양의 5가지 토양분류⁵⁾ 범위내에 있는 대표적인 지역으로 전북 새만금지구 김제지역(S1) 및 부안지역(S2), 전북 부창지구(S3), 경기 화옹지구(S4), 전남 고흥지구(S5) 등 5개소를 선정하였으며, 이 지역의 간척지 토양을 채취 운반하여 현장 라이시미터 제염시험의 공시토양으로 사용하였다.

나. 공시토양의 이화학적 특성 분석

1) 토양의 물리적 특성

가) 입도분석

비중계 및 체분석법에 의해서 입도분석을 실시하고, 미국농무성(USDA)의 입도조성에 의한 삼각분류법에 의거 토성을 분류하였다.

나) 용적밀도, 입자밀도, 공극률 및 포화도

USDA의 토양분석법에 의거 Core sample을 사용하여 용적밀도를 구하고 Pycnometer를 이용한 직접측정법으로 입자밀도를 구하여 공극률을 산정하였으며, 포화도는 토양포화반죽의 수분함유율로 표시하였다¹¹⁾.

2) 토양의 화학적 특성

가) 전기전도도(EC) 및 산도(pH)

전기전도도 측정기(TOA CM-20S) 및 산도 측정기(TOA HM-20S)를 사용하여 토양의 포화추출액으로부터 전기전도도 및 산도를 측정하였다.

나) 교환성 양이온함량

EDTA 적정법 및 염광분석법으로 공시토양에 함유되어 있는 Na⁺, K⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺ 등의 주요 양이온함량을 측정하였으며, 1N-Ammonium acetate (pH=7) 용액에 의하여 추출한 추출성 양이온함량으로부터 포화추출액의 가용성 양이온함량을 빼어서 교환성 양이온함량을 산정

하였다.

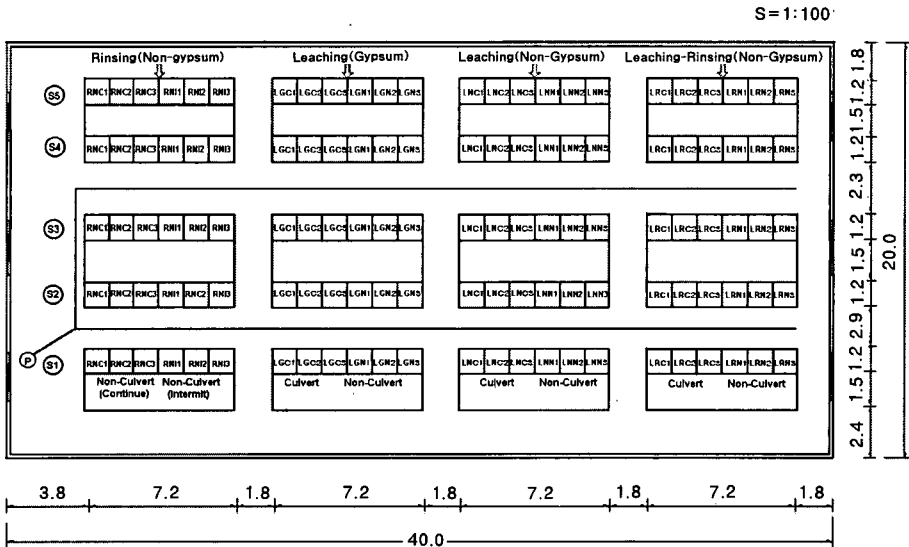
다) 양이온 교환용량(CEC) 및 교환성 나트륨 백분율(ESP)

AOAC-ASTM 방법에 의하여 양이온 교환용량을 측정하였으며, 교환성 나트륨함량을 양이온 교환용량으로 나누어 교환성 나트륨 백분율을 구하였다.

2. 포장 라이시미터(Lysimeter) 제염 시험시설 설치 및 배치

가. 라이시미터 제염시험시설 설치

- 1) 시험포장내에 면적 800m²의 3연동 비닐하우스 설치
 - 2) 비닐하우스내에 제염용수 공급용 관정 굴착
 - 3) 직경 1.0m, 높이 1.1m 원통형 라이시미터 총 120조 제작 설치
 - 4) 관정에서 각각의 라이시미터로 연결되는 급수관 설치
 - 5) 모든 라이시미터에 지표·지하배수구 및 침출수 채취용기 부설
- 지표배수구는 표토위치, 지하배수구는 표토로부터 70cm 깊이에 부설



(Fig. 1) Arrangement of lysimeters for desalination experiments

6) 45조의 라이시미터는 지하배수구에 연결하여 지하배수용 암거설치

7) 60조의 라이시미터에 염분농도와 토양수분함량 측정용 실린더 부설

나. 시험포장 라이시미터 배치

시험포장에 제염시험을 위한 라이시미터를 토성, 제염방법, 토양개량제처리, 암거처리별로 <Fig. 1>과 같이 배치하고, 시험결과와 분석 및 DB 구축에 편리하게 사용할 수 있도록 각 시험구에 토양분류 코드를 부여하였다.

3. 제염시험

가. 제염방법

간척지 토양에 함유되어 있는 염분이 물에 잘 녹는 가용성이 강하다는 성질을 이용하여 물관리에 의한 제염방법으로, 고염도 간척지 토양의 표면에 제염용수를 공급하여 근역을 통해 하층부로 침투시키면서 토양내의 과잉 염분을 용탈시켜 지하배수에 의해 배출하는 침출법(Leaching method)으로 제염시험을 수행하였다. 한편, 본 시험에 사용한 관개수는 시험포장에 설치된 관정에서 채수한 지하수로서 수질검사 결과 수질이 제염시험에 영향을 미치지 않을 정도로 양호한 것으로 나타났다.

나. 토양개량제

침출법에 의해 제염작업을 실시하는 경우 제염과정중 투수성이 현저하게 감소되는 것을 방지하고 수리전도도를 지속적으로 유지시켜 제염효과를 증대시키기 위하여, 그 효과가 입증되어 있고 가격이 저렴하며 쉽게 구할 수 있는 석고를 토양개량제로 사용하였다. 석고의 사용량은 Beyce의 석고소요량 산출식⁸⁾에 의해 산정하여 석고처리구 30조의 라이시미터에 표면으로부터 수직 25cm 간격으로 3층에 전면

살포하였다.

시험재료로 사용한 석고성분은 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 93.0%, SiO_2 4.4%, F 0.87%, Total P_2O_5 0.65%, H_2SO_4 0.29%, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 0.2%이며, pH는 5.0 이하로 조사되었다.

다. 시험구

제염용수가 원활하게 침출될 수 있도록 투수성을 유지시키기 위하여 토성별로 토양개량제를 사용한 시험구와 아울러 제염배수시설로서 암거를 설치한 시험구를 만들었다. 또한 제염시험구를 토양개량제처리별로 석고처리구와 석고무처리구로 나누고 각 처리구를 암거설치 유무에 따라 암거구와 무암거구로 구분하였으며, 토성 및 처리별로 제염효과를 분석하기 위하여 설치한 ① 석고처리 암거구, ② 석고처리 무암거구, ③ 석고무처리 암거구와 대조구인 석고무처리 무암거구 등 60개 시험구에서 3반복 제염시험을 실시하였다.

암거구에는 직경 50mm의 유공주름관 암거를 표토로부터 65~70cm 깊이에 배출구 방향으로 경사지게 매설하였다.

라. 시험방법

1) 석고처리구의 경우는 Beyce의 석고소요량 산출식⁸⁾에 의해 산정한 석고를 공시토양에 혼합하여 제염시험용 토양시료를 조제하였다.

2) 석고무처리구의 경우는 공시토양만을 사용하여 제염시험을 실시하였다.

3) 제염시험 전후에 토양의 염분농도 및 이화학적 성질 분석용 토양시료를 채취하였다.

4) 토성 및 처리별 토양시료를 라이시미터에 각각 토심 90cm가 되도록 넣었다.

5) 라이시미터에 수심 15cm가 되도록 제염용수를 공급하여 토양을 통해 침출시켰다.

6) 매회 약 25ℓ 정도의 침출수가 생기면 공급수량(감수심)과 경과시간 및 침출수량을 측

정하였다.

7) 매회마다 토양의 염분농도 및 이화학적 성질 분석용 토양시료를 채취하였다.

8) 각 처리별로 동일한 시험과정을 3반복하여 10회 연속 실시하였다.

마. 측정항목

- 1) 매회 공급수량(감수심), 경과시간 및 침출수량
- 2) 제염과정중 수리전도도 및 상대수리전도도
- 3) 제염과정중 토양의 전기전도도
- 4) 제염과정중 토양의 교환성 양이온함량 및 양이온교환용량
- 5) 제염과정중 토양의 교환성 나트륨 백분율
- 6) 제염시험 전후 토양의 이화학적 특성

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 공시토양의 특성

제염시험전 공시토양의 용적밀도, 입자밀도, 공극율, 포화도, 입도조성 등의 물리적 성질과 토양 포화추출액의 전기전도도(EC), 산도(pH), 주요 교환성 양이온함량, 양이온 교환용량(CEC), 교환성 나트륨 백분율(ESP) 등의 화학적 성질을 분석한 결과는 <Table 1> 및 <Table 2>와 같다.

본 시험에 사용된 공시토양의 물리적 성질

은 <Table 1>에서 보는 바와 같이 용적밀도, 입자밀도, 공극률 및 포화도는 각각 1.34~1.37Mg/m³, 2.64~2.69Mg/m³, 48.5~50.2%, 40.7~69.7%이었으며, 입도분석결과 S1 토양은 미사질토(Si), S2~S5 토양은 미사질양토(SiL)로 조사되었다.

한편 화학적 성질을 살펴 보면 <Table 2>에 나타난 바와 같이 양이온 교환용량(CEC)은 9.2~13.1cmol_e/kg이었고, 포화추출액의 전기전도도(EC), 교환성 나트륨 백분율(ESP) 및 pH는 각각 24.6~27.7dS/m, 42.4~47.3%, 7.7~7.9로서 USDA Salinity Laboratory의 염해토양 분류법¹¹⁾에 따르면 어느 경우나 고염도 염류알칼리토양에 속하였다.

2. 제염과정중 전기전도도 및 교환성 나트륨 백분율의 변화

석고처리 및 석고무처리 라이시미터 제염시험구를 다시 암거구와 무암거구로 구분하여 침출법에 의해 수행한 제염시험 결과를 이용하여 토성 및 처리구별로 제염진행중 토양내 전기전도도(EC)의 변화를 도시하면 <Fig. 2>의 (a) 및 (b)와 같고, 교환성 나트륨 백분율(ESP)의 변화를 도시하면 <Fig. 3>의 (a) 및 (b)와 같다.

그림에서 Dw/Ds는 제염토양 깊이당 침출수심의 비율이며, 여기서 제염토양 깊이는 표

<Table 1> Physical properties of soil samples used in desalination experiments

Soil sample	Bulk density (Mg/m ³)	Particle density (Mg/m ³)	Porosity (%)	Saturation percentage (%)	Mechanical composition (%)			Soil texture class
					Sand	Silt	Clay	
S1	1.37	2.66	48.5	54.5	6.9	84.0	9.1	Si
S2	1.34	2.69	50.2	47.8	24.6	68.5	6.9	SiL
S3	1.36	2.67	49.1	40.7	41.8	51.0	7.2	SiL
S4	1.35	2.65	49.1	69.7	4.2	83.8	12.0	SiL
S5	1.35	2.64	48.9	64.3	16.3	72.1	11.6	SiL

<Table 2> Chemical properties of soil samples used in desalination experiments

Soil sample	Exchangeable cation (cmol _e /kg)				CEC (cmol _e /kg)	ESP (%)	EC (dS/m)	pH
	Ca	Mg	Na	K				
S1	1.1	1.6	3.9	0.9	9.2	42.4	24.6	7.7
S2	1.0	1.8	4.4	1.1	9.6	45.8	27.3	7.8
S3	1.1	1.8	4.1	1.1	9.5	43.2	25.7	7.7
S4	1.8	2.4	6.2	1.5	13.1	47.3	27.7	7.9
S5	1.6	2.3	5.2	1.5	12.2	42.6	25.1	7.8

토로부터 하부 지하배수구(침출구)까지의 깊이인 70cm로 보았고, 매회의 침출수심은 Dwl/Ds=0.05 정도가 되도록 하였다. 초기치는 제염전 토양 포화추출액의 전기전도도(EC) 및 교환성나트륨백분율(ESP)이며, 그 외 토양의 EC와 ESP는 제염진행중 토심 0, 20, 40cm인 근역토양의 평균값이고, 모든 측정자료는 3반복시험 측정치의 평균값이다.

S4 및 S5 토양은 투수불량토양으로 침출이 불가능하여 시험자료를 얻지 못하였으며, S1 토양의 무암거구에서는 초기에 약간의 침출이 있었으나 시간이 지남에 따라 투수성이 극히 낮아져서 역시 시험자료를 얻지 못하였다.

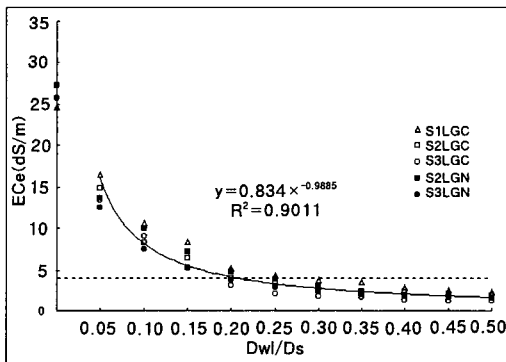
가. 제염진행중 전기전도도의 변화

제염진행중 침출수량이 증가함에 따라 전기전도도가 변화하는 경향을 침출수량(Dwl/Ds) “x”, 전기전도도(EC) “y”로 표시하여 회귀방정식으로 나타내면, 석고처리구의 경우는 (1) 식, 석고무처리구의 경우는 (2) 식과 같다.

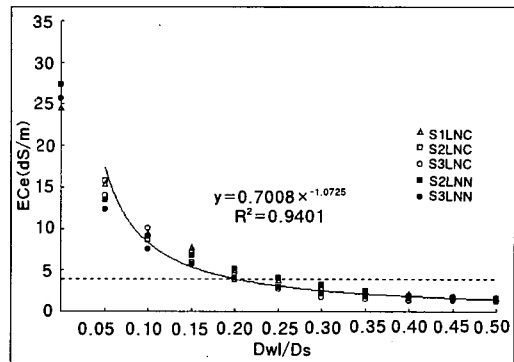
$$y = 0.8340 x^{-0.9885} \quad (R^2 = 0.9011) \dots \dots \dots (1)$$

$$y = 0.7008 x^{-1.0723} \quad (R^2 = 0.9401) \dots \dots \dots (2)$$

<Fig. 2> (a) 및 (b)에서 보는 바와 같이 제염진행중 전기전도도(EC)는 토성이나 석고처

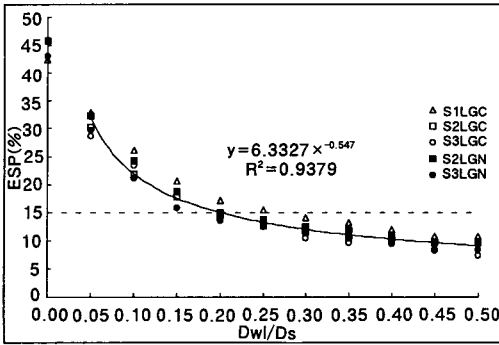


(a) Leaching method with gypsum treatment

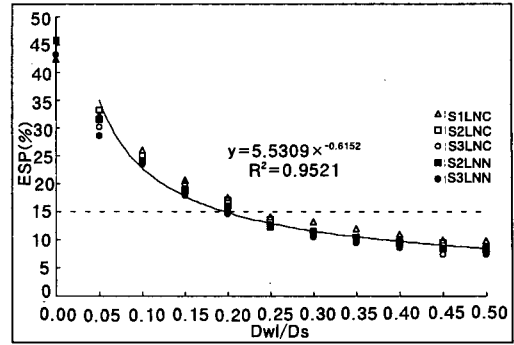


(b) Leaching method with gypsum non-treatment

<Fig. 2> Changes of electrical conductivity (EC) with depth of water leached per unit depth of soil (Dwl/Ds)



(a) Leaching method with gypsum treatment



(b) Leaching method with gypsum non-treatment

(Fig. 3) Changes of exchangeable sodium percentage (ESP) with depth of water leached per unit depth of soil (Dwl/Ds)

리 및 암거설치의 유무에 관계없이 침출수량이 증가함에 따라 초기에 Dwl/Ds=0.2 정도가 될 때 까지는 상당히 큰 비율로 감소하다가 감소율이 점점 완화되었으며 모든 처리구에서 경향이 비슷하게 나타났다.

전기전도도가 USDA Salinity Laboratory의 염해토양의 분류기준치¹¹⁾ 이하로 감소될 때까지 필요한 침출수량은 Dwl/Ds=0.3 정도로 추정되었다. 이 경우 토양의 입도조성이나 암거설치의 유무에 따라서는 약간의 차이가 있었지만, 석고처리별로 전기전도도를 살펴보면 석고처리구에서 EC=1.8~3.7dS/m, 석고무처리구에서 EC=1.7~3.3dS/m로서 염해토양분류 기준치인 4dS/m 이하로 조사되었다.

나. 제염진행중 교환성 나트륨 백분율의 변화

침출수량이 증가함에 따라 교환성 나트륨 백분율이 변화하는 경향을 회귀분석에 의해 Dwl/Ds(x)와 ESP(y)관계로 나타내면, 석고처리구의 경우는 (3) 식, 석고무처리구의 경우는 (4) 식으로 나타났다.

$$y = 6.2237 x^{-0.5470} (R^2 = 0.9379) \dots \dots \dots (3)$$

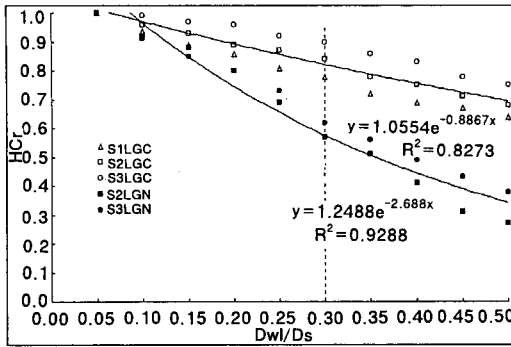
$$y = 5.5309 x^{-0.6152} (R^2 = 0.9521) \dots \dots \dots (4)$$

<Fig. 3> (a) 및 (b)에 나타난 바와 같이 제염진행중 교환성 나트륨 백분율(ESP)도 전기전도도의 변화와 마찬가지로 토성이나 석고처리 및 암거설치의 유무에 관계없이 침출수량이 증가함에 따라 초기에 Dwl/Ds=0.2 정도가 될 때 까지는 상당히 큰 비율로 감소하다가 감소율이 점점 완화되었으며 모든 처리구에서 경향이 비슷하였다.

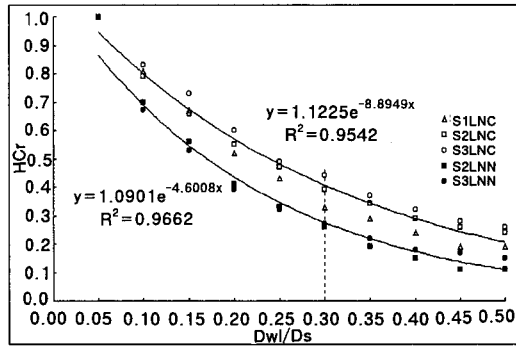
교환성 나트륨 백분율이 USDA Salinity Laboratory의 염해토양의 분류기준치¹¹⁾ 이하로 감소될 때까지 필요한 침출수량 역시 전기전도도를 기준으로 판단할 때와 같이 Dwl/Ds=0.3 정도로 추정되었다. 이 경우 토양의 입도조성이나 암거설치의 유무에 따라서는 약간의 차이가 있었지만, 석고처리별로 교환성 나트륨 백분율을 살펴 보면 석고처리구에서 ESP=10.5~14.1%, 석고무처리구에서 ESP=10.5~13.3%로서 염해토양분류 기준치인 15% 이하로 나타났다.

3. 제염과정중 수리전도도의 변화

석고처리 및 석고무처리 침출법에 의한 제



(a) Leaching method with gypsum treatment



(b) Leaching method with gypsum non-treatment

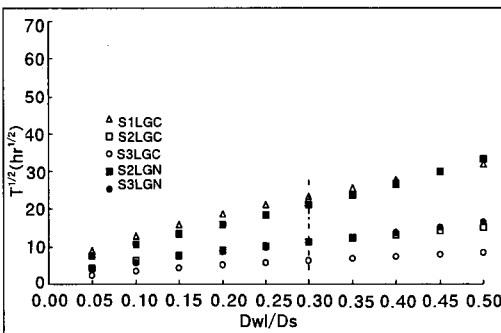
<Fig. 4> Changes of relative hydraulic conductivity (HCr) with depth of water leached per unit depth of soil (Dwl/Ds)

염과정중 투수성의 변화를 고찰하기 위하여 제염토양 깊이, 담수심, 제염경과 시간(침출시간) 및 침출수량 등의 자료를 이용하여 수리전도도를 산정하였으며, 제염진행중 토성 및 처리구별 상대수리전도도의 변화와 침출수량의 증가에 따른 침출시간을 도시하면 <Fig. 4>의 (a), (b) 및 <Fig. 5>의 (a), (b)와 같다.

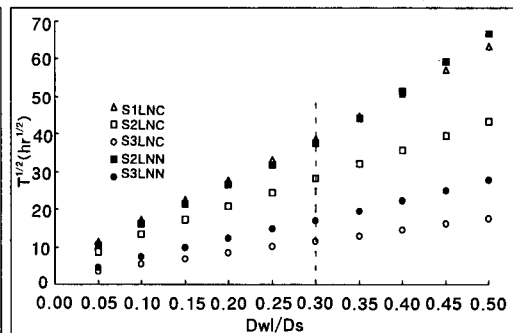
처리구별 초기 수리전도도는 석고처리 암거구 S1, S2, S3토양에서 각각 0.036, 0.153, 0.450cm/hr, 석고무처리 암거구 S1, S2, S3토양에서 각각 0.021, 0.038, 0.216cm/hr 이었고, 석고처리 무암거구 S2, S3토양에서 각각

0.049, 0.172cm/hr, 석고무처리 무암거구 S2, S3토양에서 각각 0.027, 0.139cm/hr 이었다.

<Fig. 4>에 나타난 바와 같이 전기전도도 및 교환성 나트륨 백분율이 염해토양의 분류기준치 이하로 감소되었다고 볼 수 있는 Dwl/Ds=0.3 일 때의 상대수리전도도(HCr)는 석고처리 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 78, 84, 90%, 석고처리 무암거구 S2, S3 토양에서 각각 57, 62%, 석고무처리 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 33, 39, 44%, 석고무처리 무암거구 S2, S3 토양에서 각각 26, 27% 정도로 나타났다.



(a) Leaching method with gypsum treatment



(b) Leaching method with gypsum non-treatment

<Fig. 5> Changes of square root of leaching time elapsed ($T^{1/2}$) with depth of water leached per unit depth of soil (Dwl/Ds)

또한 $Dw/Ds=0.3$ 이 될 때까지 소요된 침출 시간은 <Fig. 5>에서 보는 바와 같이 석고처리 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 23.0, 5.3, 1.7일, 석고처리 무암거구 S2, S3 토양에서 각각 18.6, 5.2일, 석고무처리 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 62.7, 33.3, 5.5일, 석고무처리 무암거구 S2, S3 토양에서 각각 58.9, 12.2일 정도이었다.

4. 석고처리에 의한 토성 및 처리구별 제염 효과 분석

가. 용탈용수량(침출수량)의 증가에 따른 제염효과

침출수량이 증가함에 따라 전기전도도(EC) 및 교환성 나트륨 백분율(ESP)은 고도의 상관성을 가지고 감소하며 뚜렷한 제염효과가 입증되었지만, 용탈용수량(침출수량)의 증가만을 고려하여 EC 및 ESP 측면에서 제염효과를 분석하면 토성, 석고처리 여부, 암거설치 유무에 관계없이 $Dw/Ds=0.30$ 정도에서 USDA Salinity Laboratory의 염해도양의 분류기준치 이하로 감소되었으며 모든 처리구에서 제염효과에 큰 차이가 없이 비슷한 경향을 보였다.

따라서 단순히 침출수량의 증가에 따라서 EC 및 ESP만을 기준으로 제염효과를 살펴 보면 처리간 석고처리효과를 인정할 만한 유의성이 없는 것으로 판단된다.

나. 투수성(수리전도도)의 증가에 따른 제염효과

석고처리별로 초기수리전도도를 살펴 보면 석고처리구의 경우 석고무처리구에 비하여 암거설치구 S1, S2, S3 토양에서 각각 1.7, 4.0, 2.1배, 무암거구 S2, S3 토양에서 각각 1.8, 1.2배 정도 높았고, 암거설치 유무에 따라 비교해 보면 암거설치구의 경우 무암거구에 비하여

석고처리 S2, S3 토양에서 각각 3.1, 2.6배, 석고무처리 S2, S3 토양에서 각각 1.4, 1.6배 정도 크게 나타났으며, 석고처리 및 암거설치 유무를 동시에 고려하면 석고처리 암거설치구의 경우 석고무처리 무암거구에 비하여 S2, S3 토양에서 각각 5.7, 3.2배 정도 크게 조사되었다.

전기전도도 및 교환성 나트륨 백분율이 염해도양의 분류기준치 이하로 감소되었다고 볼 수 있는 $Dw/Ds=0.3$ 일 때의 상대수리전도도(HCr)는 석고처리 암거설치구에서 78~90%, 석고처리 무암거구에서 57~62%, 석고무처리 암거설치구에서 33~44%, 석고무처리 무암거구에서 26~27% 정도로 조사되어 석고무처리구에 비하여 석고처리구에서, 또한 무암거구에 비하여 암거처리구에서 투수성이 오래 지속됨을 알 수 있다.

한편 $Dw/Ds=0.3$ 이 될 때까지 소요된 제염 기간(침출시간)을 S2 및 S3 토양에 대하여 살펴 보면 석고처리 암거설치구에서 1.7~5.3일, 석고처리 무암거구에서 5.2~18.6일, 석고무처리 암거설치구에서 5.5~33.3일, 석고무처리 무암거구에서 12.2~58.9일 정도로 조사되었다. 따라서 간척지에서 전기전도도 및 교환성 나트륨 백분율이 염해도양의 분류기준치 이하로 감소될 때까지의 제염기간을 처리구별로 비교해 보면, 토양개량제를 사용하지 않고 암거를 설치하지 않은 경우의 제염기간에 비하여 석고처리와 동시에 암거를 설치하는 경우는 약 1/10, 석고처리만을 하는 경우는 약 1/3, 암거만을 설치하는 경우는 약 1/2 정도의 제염기간이 필요한 것으로 나타났다.

일반적으로 투수성이 낮은 고염도 간척지 토양을 침출법에 의해 제염시킬 때 토양개량제로서 적당량의 석고를 사용하면 초기수리전도도를 증가시키고 또한 오래 지속되게 하여 제염작업이 용이하게 되며 제염기간을 크게 단축시킬 수 있으므로 높은 제염효과를 얻을 수 있다고 판단된다.

IV. 결론

침출법에 의한 개발초기 고염도 간척지 토양의 제염시험을 통하여 석고처리에 의한 제염효과를 분석하고자 전북 새만금지구 및 부창지구, 경기 화옹지구, 전남 고흥지구 등의 간척지토양을 공시토양으로 현장 라이시미터 제염시험을 수행하여 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공시토양은 USDA Salinity Laboratory의 염해토양분류법상 전기전도도와 교환성 나트륨 백분율이 매우 높은 고염도 염류 알칼리 토양에 속하였다.
2. 침출수량이 증가함에 따라 전기전도도 및 교환성 나트륨 백분율은 고도의 상관성을 가지고 감소하며 현저한 제염효과가 나타났고, 제염토양 깊이당 침출수심의 비율 $Dwl/Ds=0.3$ 정도에서 USDA Salinity Laboratory의 염해토양의 분류기준치 이하로 감소되었다.
3. 토성이나 석고처리 여부 및 암거설치 유무에 관계없이 모든 처리구 사이에서 단순히 침출수량의 증가에 따른 전기전도도 및 교환성 나트륨 백분율만을 기준으로 제염효과를 살펴보면 처리간 석고처리 효과를 인정할 만한 유의성이 없는 것으로 나타났다.
4. 투수성이 낮은 고염도 간척지 토양을 침출법에 의해 제염시키는 경우 석고처리에 의한 주된 제염효과는 초기의 투수성을 증가시키며 또한 오래 지속되게 하여 제염작업을 용이하게 할 뿐만 아니라 제염기간을 단축시킬 수 있는 것으로 판단된다.

그러나 본 연구결과는 라이시미터 시설을 이용한 제염시험에서 얻은 기초자료이기 때문에 현장에서 실제로 적용하기 위해서는 지역적 기상조건, 토양특성, 물관리 체계 등을 고려한 현장시험에 의해 면밀히 검토할 필요가 있다고 본다.

본 연구는 농림부 첨단기술개발사업으로 지원하는 농림수산특정연구과제 "간척지 제염 예측기법 개발"에 관한 연구 3차년도에 수행된 것임.

참고문헌

1. 구자용, 은중호, 1988. 간척지토양의 제염과정중 수리전도도의 변화, 한국농공학회지, 30(4): 85~93.
2. 구자용, 한강완, 은중호. 1989a. 간척지토양의 제염용수량 산정에 관한 실험연구, 한국농공학회지. 31(1) : pp.96~105.
3. 구자용, 한강완, 은중호, 1989b. 새만금지구 간척지 토양의 염분거동해석 및 제염효과 분석을 위한 실험적 연구, 한국농공학회지. 31(2) : pp.92~103.
4. 구자용, 손재권, 최진규, 1997~2000. 간척지 제염예측기법 개발, 1~4차년도 연차실적·계획서, 농림부.
5. 구자용, 최진규, 손재권, 1998. 우리나라 서해안 간척지 및 간척지 토양의 이화학적 특성, 한국토양비료학회지. 31(2) : pp.120~127.
6. 손재권, 구자용, 최진규. 1994. 간척지 발작물의 관개용수량 추정을 위한 토양염분예측모형 개발. 한국농공학회지. 36(2) : pp.96~110.
7. Abrol, I. P., I. S. Dahiya, and D. R. Bhumbla. 1975. On the method of determining gypsum requirement of soils, Soil Sci, 120 : pp.30~36.
8. Beyce, O. 1973. Experience in the reclamation of saline and alkali soils and irrigation water qualities in Turkey. FAO Irrigation and Drainage Paper 16, Drainage of Salty Soils, pp.63~82.
9. Prather, R. J., J. O. Goertzen, J. D. Rhoades, and H. Frenkel. 1978. Efficient amendment use in sodic soil reclamation, Soil Sci, Soc. Am. J. 42 : pp.782~786.
10. Shainberg, I., R. Keren, and H. Frenkel, 1982. Response of sodic soils to gypsum and calcium chloride application, Soil Sci. Soc. Am. J. 46 : pp.113~116.
11. USDA Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook 60. p.160.