

# 새萬金地區 干潟地土壤의 鹽分舉動解析 및 除鹽效果分析을 위한 實驗的研究

## Experimental Studies for Analyzing Salt Movement and Desalinization Effects on Reclaiming New Manguem Tideland

具 滋 雄\* · 韓 康 完\*\* · 殷 鍾 浩\*\*  
Koo, Ja Woong · Han, Kang Wan · Eun, Chong Ho

### Summary

This study was performed in order to produce the basic data for devising irrigation project and desalinization countermeasure through analyzing salt movement and desalinization effects. The Desalinization experiments with water management practices were carried out, using the soil samples collected in New Manguem tideland. The changes of electrical conductivity, exchangeable sodium percentage, pH and hydraulic conductivity during the desalinization experiments, and the correlations between various factors influencing desalinization, were analyzed by the statistical method.

The results obtained from this study were summarized as follows :

1. The sample soils used in this study were saline-sodic soils with the high electrical conductivity and the high exchangeable sodium percentage, and the soil texture was silt loam.
2. A large amount of the soluble salts was removed in the beginning of desalinization experiments. The initial electrical conductivity and the initial exchangeable sodium percentage decreased considerably in the beginning, and were gradually slow in the rate of decrease
3. The value of pH showed a tendency to increase during the desalinization and were little by little slow in the rate of increase, and could be estimated by the regression equation.
4. The initial hydraulic conductivity were raised greatly with gypsum treatment and the permeability was maintained adequately, The hydraulic conductivity and the leaching time elapsed during the desalinization could be estimated by the regression equation.
5. The water requirement for desalinization with various water management practices could be estimated for a given electrical conductivity, exchangeable sodium percentage, and pH reading respectively.

---

\* 全北大學校 農科大學

\*\* 全北大學校 大 學 院

## I. 緒 論

最近 우리나라에서는 全國적으로 매년 1萬餘 ha의 農耕地가 都市化와 産業化에 밀려 줄어들고 있는 實情인 바 그간 國土開發 農地造成 事業의 一環으로 大規模의 干拓事業이 이미 完了되었거나 進行中에 있으며 앞으로 長期的인 西海岸 綜合開發事業計劃에 의하여 農耕地 廣大을 위한 干拓農地造成事業을 推進하여오던 中 歷史 이래 最大의 干拓事業인 새 萬金地區 綜合開發計劃이 樹立되어 事業을 着手하기에 이르렀다.

干拓事業에는 設計나 施工技術등 여러가지 側面에서 問題點이 많겠지만 營農上 干拓地 開發初期의 除鹽問題 역시 事業의 成敗를 決定짓는데 큰 比重을 차지한다고 본다. 干拓地 開發初期에는 鹽分濃도가 대단히 높아 作物栽培時 鹽害를 많이 받기 때문에 防潮堤를 築造한 후 實際적으로 效率的인 營農을 하기까지는 長期間이 所要되고 있으므로 이를 해결하기 위한 經濟的이고 早速한 除鹽方法이 철실히 要求되고 있다. 長期的인 視野에서 어떠한 鹽害問題에도 對處할 수 있는 合理的인 除鹽方法을 究明하기 위해서는 우선 干拓地土壤의 除鹽에 영향을 끼치는 諸因子間의 關係를 精確히 考察하고 明確한 鹽分舉動解析 및 除鹽效果分析이 先行되어야 할 것이다.

高鹽度 干拓地의 除鹽을 위한 用水量을 충분히 確保할 수 있다면 暗渠排水施設등의 특별한 施設과 資本投資없이 效率的인 水管理方法에 의하여 짧은 기간내에 큰 除鹽效果를 얻을 수 있다고 思料된다. 따라서 本 研究에서는 충분한 除鹽用水量을 確保할 수 있다는 假定아래 새 萬金地區 綜合開發計劃에 포함된 干拓豫定地區를 實驗對象地區로 광범위한 土壤試料를 採取하여 水管理方法에 의한 室內除鹽實驗을 遂行하였으며, 그 地域의 土壤特性 및 除鹽에 영향을 끼치는 諸因子間의 相關關係를 高察하고 除鹽課程中 鹽分舉動과 除鹽效果를 分析하여 干拓地의 除鹽對策 및 灌溉計劃 電算프로그램을 開發하기 위한 基礎資料로 活用할 수 있도록 하

였다.

水管理方法에 의한 鹽害土壤의 除鹽實驗 및 本 연구와 관련된 研究動向을 살펴보면 다음과 같다.

현재 가장 널리 適用되고 있는 除鹽理論式으로는 Ayers<sup>2)</sup>, Boumans<sup>7)</sup>, Molen<sup>23)</sup>, U. S. Salinity Laboratory<sup>22)</sup>등이 鹽分平衡方程式 및 鹽分貯溜方程式을 根據로 하여 誘導한 溶脫用水量 또는 除鹽을 위한 灌溉用水量算定式이 있다. 또한 Beyce<sup>3)</sup>, Dahiya<sup>6)</sup>, Hoffman<sup>12)</sup>, Jury<sup>13)</sup>, Reeve<sup>18)</sup>은 여러가지 土性, 鹽害土壤의 種類, 水管理方法別로 除鹽用水量을 算出하는 實驗式을 導出하였다.

鹽害土壤의 透水性에 관련된 研究는 Bresler<sup>5)</sup>, Felhendler<sup>8)</sup>, Frenkel<sup>10)</sup>, McNeal<sup>14)</sup>, Oster<sup>16)</sup>, Quirk<sup>17)</sup>, Rhoades<sup>19)</sup>, Shainberg<sup>21)</sup>, Wagenet<sup>24)</sup> 많은 學者들에 의하여 遂行되었으며 주로 土性, 粘土分散 및 膨潤現象, 置換性나트륨含量, 電解質濃度등이 水理傳導도에 끼치는 影響을 分析하였다.

置換性나트륨含量이 많은 鹽害土壤의 改良을 위한 土壤改良劑로써는 石膏가 가장 方便적으로 사용되고 있는데 Abrol<sup>1)</sup>과 Beyce<sup>3)</sup>는 鹽類알칼리土壤의 改良에 필요한 石膏所要量決定方法을 發表하였고, Hoffman<sup>12)</sup>과 Oster<sup>15)</sup>은 알칼리土壤에서 置換性나트륨含量을 감소시키기 위한 石膏量算定方法을 提示하였다.

기타 除鹽에 영향을 끼치는 因子間의 相關關係에 관한 研究로는 Bottraud<sup>4)</sup>과 Shainberg<sup>20)</sup>이 土性이 서로 다른 鹽害土壤의 電氣傳導도에 대한 置換性나트륨百分率 또는 나트륨吸着率 및 陽이온置換容量의 影響을 分析하였으며, Fireman<sup>9)</sup>과 Gupta<sup>11)</sup>은 pH와 置換性나트륨百分率 또는 나트륨吸着率사이의 關係를 分析하였다.

長掘<sup>28~30)</sup>은 日本 笠岡灣干拓地 造成後 農地 基盤整備에 관한 基礎的 研究에서 室內試驗과 現地條件下에서 설치한 라이시미터試驗을 통하여 干拓後 海底粘土의 構造의 特性, 乾燥特性 및 土層變化, 鹽分舉動現象등을 分析檢討하였으며, 天谷<sup>25~27)</sup>은 鹽分舉動 및 除鹽에 관한 實證的 研究에서 室內試驗과 라이시미터試

驗은 물론 광범위한 圃場試驗을 遂行하여 鹽分舉動解析과 아울러 鹽分集積, 土性變化, 鹽分濃度分布등을 조사하였다.

韓 등<sup>39, 40)</sup>은 江華干拓地에서 두더지 暗渠 및 開渠에 의한 除鹽效果試驗을 遂行하였으며, 金 등<sup>33)</sup>은 界火島干拓地에서 耕耘깊이와 畝수에 따른 除鹽效果 및 收穫量에 미치는 영향을 分析하였다. 農振公農工試驗所<sup>34)</sup>에서는 米面干拓地에서 管暗渠施設에 의한 除鹽效果를 밝히고 除鹽過程을 分析하였으며, 農業土木試驗所<sup>35)</sup>에서는 干拓地土壤의 除鹽排水 및 除鹽促進方法등을 究明하기 위하여 長期間 除鹽試驗을 遂行한 바 있다. 李<sup>37)</sup>는 土壤改良劑로써 石膏와 石炭을 사용해서 連續灌水區와 間斷灌水區로 구분하여 試驗한 結果 石膏를 사용한 間斷灌水法이 效果의 이었다고 報告하였으며, 鄭 등<sup>38)</sup>도 역시 土壤改良劑로써 石膏를 施用하는 것이 除鹽效果가 크다고 發表하였다. 具 등<sup>31, 32)</sup>과 殷 등<sup>36)</sup>은 干拓地土壤의 除鹽過程中 水理傳導도가 除鹽效果에 끼치는 영향을 考察하였고, 除鹽進行中 電氣傳導도와 置換性나트륨百分率의 變化를 分析하여 除鹽用水量을 算定하기 위한 除鹽實驗을 遂行하였으며, 除鹽에 영향을 끼치는 여러가지 因子들 상호간의 關係를 綜合的으로 分析하였다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 實驗對象地區

새萬金地區 干拓豫定地인 全北 3個郡(扶安, 金堤, 沃溝)海岸干潟地를 實驗對象地로 選定하였다.

### 2. 供試土壤 및 土壤分析

實驗對象地區 60個所에서 土壤試料를 採取한 다음 電氣傳導度, 置換性나트륨百分率, pH測定 및 粒度分析등의 豫備實驗을 통하여 16個所의 代表的인 供試土壤을 選定하였다. 供試土壤의 精密한 粒度分析和 아울러 假比重, 眞比重, 空隙率, 飽和度, 水理傳導度등의 物理的性質을 分析하였으며, 電氣傳導度(電導度測定法), pH(硝子電極法), 置換性陽이온含量(EDTA 滴定法 및

炎光分析法), 陽이온置換容量(AOAC-ASTM方法), 置換性나트륨百分率등의 化學的性質을 分析하여 鹽害土壤의 特性을 究明하였다.

## 3. 除鹽實驗

### 가. 室內實驗裝置

1) 水洗式除鹽實驗裝置: 地表排水에 의한 除鹽效果分析實驗을 遂行하기 위하여 下部가 막힌 지름 7cm, 길이 100cm 정도의 플라스틱실린더 12개를 1條로 하여 실린더支持台로 고정시킨 總6條의 實驗裝置를 設置하였다.

2) 定水位除鹽實驗裝置: 地下排水에 의한 除鹽效果分析實驗을 遂行하기 위하여 下部에 스크린과 필터가 附着된 지름 7cm, 길이 100cm 정도의 플라스틱실린더 12개를 1條로 하여 실린더支持台로 고정시킨 總6條의 實驗裝置와 水位를 일정하게 維持하기 위한 Mariotte Flask를 設置하였으며 각 실린더 마다 눈금이 있는 浸出水採取容器를 準備하였다.

### 나. 土壤改良劑處理

水洗法에 의한 除鹽實驗의 경우는 土壤改良劑를 사용하지 않았지만 浸出法에 의한 除鹽實驗의 경우는 除鹽進行中 透水性이 현저하게 감소하는 것을 방지하기 위하여 土壤試料에 土壤改良劑를 혼합하였다. 土壤改良劑로는 저렴한 값으로 쉽게 구할 수 있고 그 效果가 立證된 石膏를 사용하였으며, 石膏施用量은 Beyce<sup>3)</sup>의 石膏所要量方程式을 적용하여 결정하였다.

### 다. 水管理方法

1) 水洗法과 浸出法: 除鹽實驗裝置의 실린더에 根域(土深은 40cm로 假定)에 상당하는 깊이 만큼 土壤試料를 넣고 除鹽用水를 공급하여 水深 20cm가 되도록 灌水시킨다. 水洗法에 의한 除鹽實驗의 경우는 水洗式除鹽實驗裝置를 이용하여 일정한 時間間隔(48時間)으로 土壤과 물을 뒤섞은 다음 換水시키며 土壤과 排出水의 理化學的性質을 分析하고, 浸出法에 의한 除鹽實驗의 경우는 定水位除鹽實驗裝置를 이용하여 水深 20cm가 維持되도록 하면서 根域內로 물을 浸透시켜 적당량의 浸出水가 생기면 그때까지의 經過時間과 부피를 측정하고 土壤과 浸出水의 理

化學的性質을 分析한다.

2) 連續湛水方法과 間斷湛水方法: 連續湛水方法의 경우는 충분한 除鹽이 이루어질 때까지 全除鹽期間中 계속적으로 除鹽用水를 공급하여 土壤을 湛水狀態로 維持하며, 間斷湛水方法의 경우는 除鹽期間中 換水를 위한 排水直後나 또는 適當한 시기에 일시적으로 除鹽用水의 공급을 중단하여 土壤을 無湛水狀態로 만든다.

### Ⅲ. 結果 및 考察

#### 1. 供試土壤의 特性

本 實驗의 供試土壤은 全北 扶安郡 海岸干潟地 5個所(B<sub>1-5</sub>), 金堤郡海岸干潟地 6個所(K<sub>1-6</sub>), 沃溝郡海岸干潟地 5個所(O<sub>1-5</sub>)에서 採取한 土壤으로 그 理化學的性質은 Table-1에서 보는 바와 같다.

粒度分析結果 扶安土壤 B<sub>1-2</sub>를 제외하고는 砂質, 실트質, 粘土質의 成分비가 각각 3-7%, 82-90%, 5-14%인 微砂質壤土였으며, 扶安土壤 B<sub>1-2</sub>는 다른 土壤에 비하여 砂質이 상당히 많고

실트질이 비교적 적은 微砂質壤土였다. 대체적으로 假比重, 眞比重 및 空隙率은 각각 1.2-1.4, 2.5-2.6, 48-53%였으며, 飽和土壤의 水分含有率은 45-68%로써 土性에 따라 차이가 있었다.

置換性나트륨含量은 4.0-8.4 meq/100g, 陽이온置換容量은 10.5-16.3 meq/100g였으며, 置換性나트륨百分率, 飽和抽出液의 電氣傳導度 및 pH는 각각 38-52%, 23-32 mmhos/cm, 7.0-7.5로써 U. S. Salinity Laboratory<sup>22)</sup>의 鹽害土壤分類法에 따르면 鹽類알칼리土壤에 속하였다. 具 등<sup>25, 26)</sup>과 殷 등<sup>27)</sup>의 實驗結果와 綜合해서 分析해 볼때 우리나라 干拓地土壤은 그 理化學的性質에는 차이가 있다 할지라도 鹽害土壤分類上으로는 일반적으로 鹽類알칼리土壤에 속한다고 판단된다.

#### 2. 除鹽過程中 鹽分濃度の 變化

除鹽過程中 除鹽用水量이 증가함에 따라 飽和抽出液의 電氣傳導度(ECe) 및 置換性나트륨百分率(ESP)이 변화하는 경향을 分析하였으며, 浸出法의 경우는 連續湛水方法과 間斷湛水方法을 사용하여 實驗한 結果를 比較檢討하였고 水

Table-1. Physical and chemical properties of the soil samples used in desalinization experiments.

Soil Sample	Exchangeable cation(meq/100g)				CEC (meq/100g)	ESP (%)	ECe (mmhos/cm)	pHe	SP (%)	Bulk density	Particle density	Porosity (%)	Mechanical composition(%)			Texture class
	Ca	Mg	Na	K									Sand	Silt	Clay	
B <sub>1</sub>	1.7	2.4	4.0	1.2	10.5	38.1	28.2	7.4	45	1.35	2.63	49	39.5	57.0	3.5	Silt loam
B <sub>2</sub>	1.8	2.8	4.4	1.2	11.6	37.9	28.7	7.5	48	1.33	2.56	48	30.2	65.8	4.0	"
B <sub>3</sub>	1.8	2.6	4.8	1.4	12.0	40.0	31.4	7.2	54	1.27	2.47	49	5.5	89.7	4.8	"
B <sub>4</sub>	1.3	2.9	5.2	1.1	11.3	46.0	27.5	7.2	59	1.30	2.56	49	4.2	89.8	6.0	"
B <sub>5</sub>	1.4	3.3	5.7	1.2	12.9	44.2	25.5	7.1	62	1.31	2.56	49	3.6	88.6	7.8	"
K <sub>1</sub>	1.0	3.5	5.9	1.1	13.9	42.4	23.1	7.0	53	1.23	2.57	52	4.5	81.5	14.0	"
K <sub>2</sub>	1.8	3.5	6.0	1.5	13.7	43.8	27.8	7.2	61	1.26	2.53	50	2.8	84.8	12.4	"
K <sub>3</sub>	1.3	3.2	6.2	1.0	12.3	50.4	26.4	7.1	51	1.22	2.62	53	3.2	88.3	8.5	"
K <sub>4</sub>	1.8	3.6	5.7	1.4	13.8	41.3	27.5	7.1	63	1.30	2.58	50	3.0	87.2	9.8	"
K <sub>5</sub>	2.0	3.6	6.6	1.5	14.3	46.2	28.8	7.3	62	1.21	2.53	52	2.7	86.6	10.7	"
K <sub>6</sub>	1.7	3.7	6.5	1.8	14.8	43.9	30.2	7.2	65	1.21	2.47	51	2.7	85.5	11.8	"
O <sub>1</sub>	2.3	3.6	7.2	1.7	15.4	46.8	25.7	7.2	67	1.25	2.51	50	3.7	84.9	11.4	"
O <sub>2</sub>	1.9	3.8	8.4	1.5	16.3	51.5	30.4	7.2	68	1.29	2.50	48	3.5	85.7	10.8	"
O <sub>3</sub>	2.3	3.2	7.9	1.8	15.5	51.0	31.3	7.3	67	1.28	2.54	50	3.8	86.0	10.2	"
O <sub>4</sub>	1.9	3.3	6.2	1.7	13.5	45.9	31.2	7.2	58	1.30	2.51	48	4.9	86.2	8.9	"
O <sub>5</sub>	1.5	2.9	6.4	1.3	12.6	50.8	32.0	7.4	52	1.34	2.61	49	6.6	85.7	7.7	"

B<sub>1-5</sub> : Buan area soil

K<sub>1-6</sub> : Kimje area soil

O<sub>1-5</sub> : Okgu area soil

SP : Saturation percentage

CEC : Cation exchange capacity

ESP : Exchangeable sodium percentage

ECe : Electrical conductivity of saturation extract at 25°C

pHe : pH reading of saturation extract

洗法의 경우는 連續灌水方法에 의한 實驗結果를 浸出法의 경우와 比較檢討하였다. 여기서 除鹽用水量이라 함은 浸出法의 경우는 除鹽進行中 單位土壤깊이 當 土壤을 통해 浸出되는 浸出水深의 比率(Dwl/Ds), 水洗法의 경우는 除鹽을 위해 土壤에 공급되는 供給水深의 比率(Dwa/Ds)을 뜻한다.

가. 電氣傳導度의 變化

除鹽用水量이 증가함에 따라 電氣傳導도가 감소하는 경향은 Fig.1에서 보는 바와 같이 連續灌水方法에 의한 浸出法과 水洗法에 따라서는 상당히 다르게 나타났지만 浸出法의 경우 連續灌水方法과 間斷灌水方法 사이에는 별다른 차이 없이 비슷한 경향을 보였으며, 이들 관계를 回歸分析에 의하여 方程式으로 표시하면 그림표에 나타난 바와 같다.

물管理方法에 관계없이 除鹽初期에는 除鹽用水量이 증가함에 따라 電氣傳導도가 상당히 큰 비율로 감소하다가 점차로 감소율이 줄어들었다.

浸出法의 경우는 除鹽用水量 Dwl/Ds=0.1 정도까지 電氣傳導도가 아주 급격히 감소하다가 점차로 감소율이 현저하게 低下되어 Dwl/Ds=0.5 이후는 그 변화가 아주 작았고, 水洗法의 경우는 Dwa/Ds=1.0 정도까지 상당히 큰 비율로 감소하다가 차츰 감소율이 緩和되었으며 전반적인 變化樣相은 浸出法에 비하여 비교적 緩慢하였다. 電氣傳導도가 鹽害土壤의 分類基準值인 4 mmhos/cm로 감소될 때까지 所要된 除鹽用水量은 連續灌水浸出法의 경우 Dwl/Ds=0.21, 間斷灌水浸出法의 경우 Dwl/Ds=0.23, 連續灌水水洗法의 경우 Dwa/Ds=2.53 정도였다.

나. 置換性나트륨百分率의 變化

除鹽用水量의 증가에 따른 置換性나트륨百分率의 감소경향과 이들 사이의 回歸方程式은 Fig.2에 표시한 바와 같고, 前述한 電氣傳導度의 變化와 거의 같은 감소경향을 나타냈으며, 置換性나트륨百分率이 鹽害土壤의 分類基準值인 15%로 감소될 때까지 필요로하는 除鹽用水量은 連

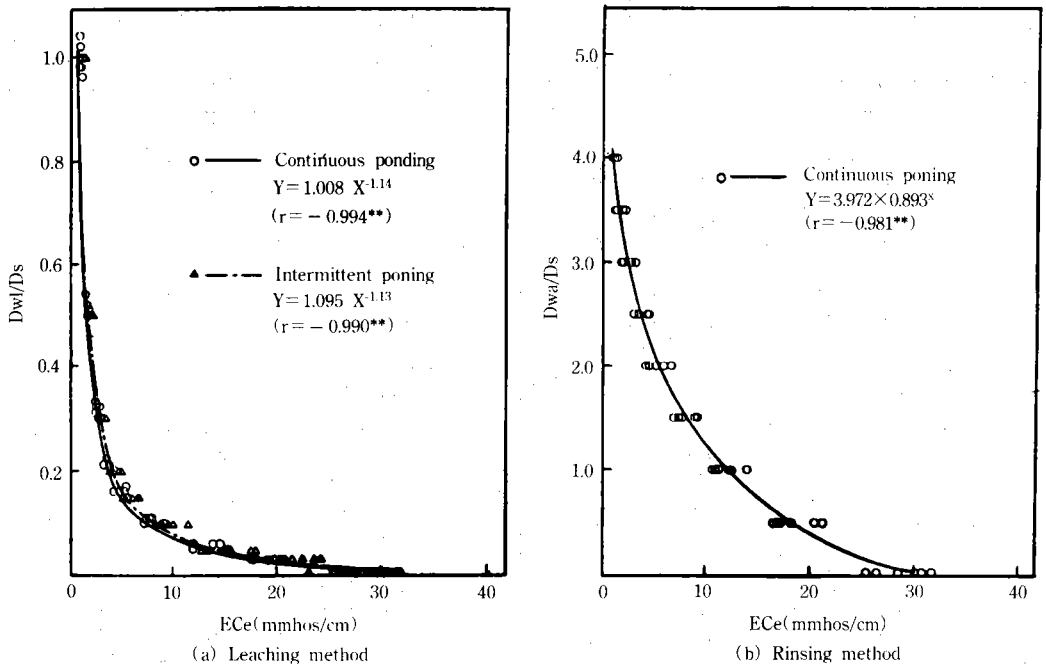


Fig. 1. Relationship between electrical conductivity of saturation extract (ECe: X) and depth of water leached or applied per unit depth of soil (Dwl/Ds or Dwa/Ds: Y) during desalination experiments.

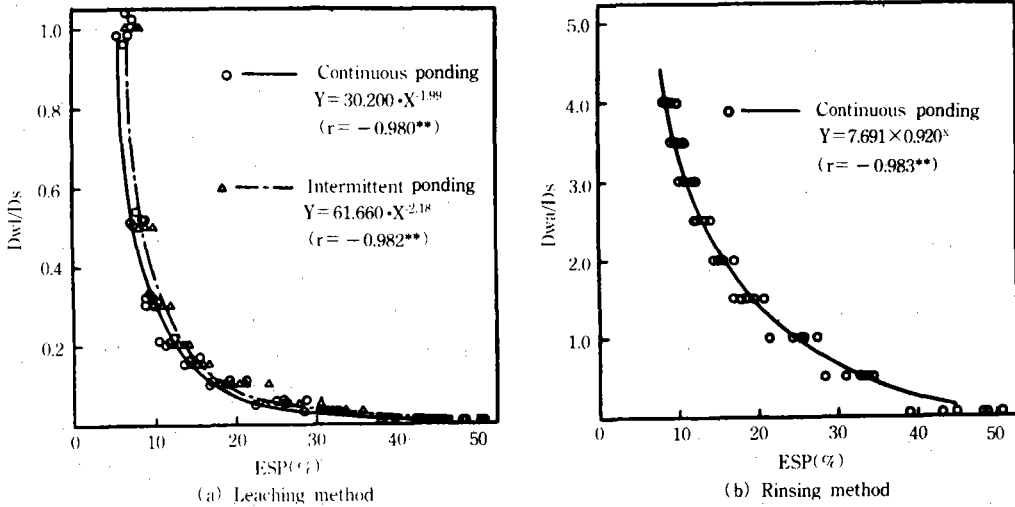


Fig. 2. Relationship between exchangeable sodium percentage(ESP: X) and depth of water leached or applied per unit depth of soil (Dwl/Ds or Dwa/Ds: Y) during desalinization experiments.

續灌水浸出法의 경우 Dwl/Ds=0.14, 間斷灌水浸出法의 경우 Dwl/Ds=0.17, 連續灌水水洗法의 경우 Dwa/Ds=2.20 정도였다.

和抽出液의 pH값(pHe)의 변화와 이들 사이의 관계를 回歸分析하여 얻은 結果는 Fig. 3에서 보는 바와 같다.

### 3. 除鹽過程中 pH의 變化

물管理方法에 관계없이 除鹽初期에는 除鹽이 進行됨에 따라 pH값이 비교적 큰 폭으로 증가하다가 점차적으로 증가율이 낮아졌다. 除鹽進行中 대체적으로 pH값이 증가하는 것은 溶脫에

除鹽進行中 除鹽用水量이 증가함에 따른 飽

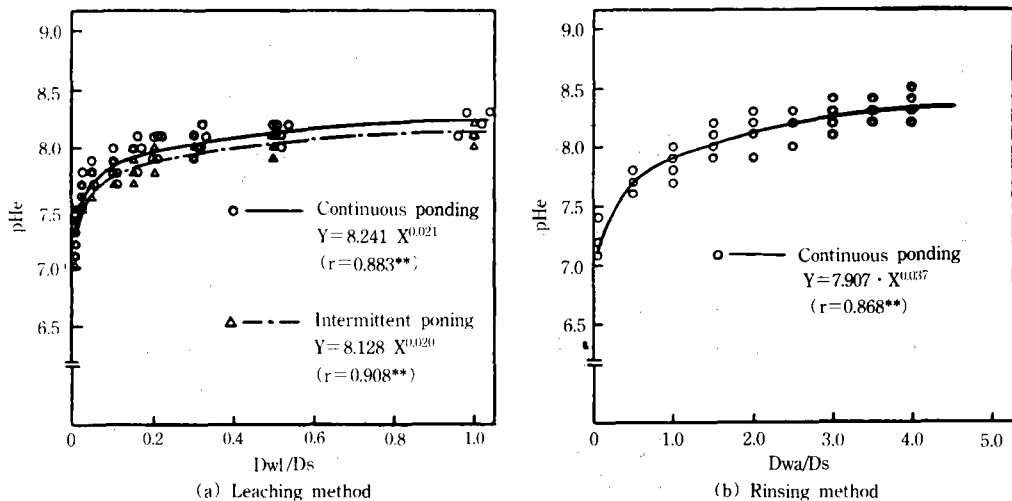


Fig. 3. Changes of pH reading of saturation extract (pHe: Y) with depth of water leached or applied per unit depth of soil (Dwl/Ds or Dwa/Ds: X) during desalinization experiments.

의하여 可溶性鹽類의 含量이 감소되면 置換性 나트륨의 加水分解率이 증가되어 알칼리성이 강해지기 때문이라고 판단된다.

除鹽이 어느정도 이루어졌다고 볼 수 있을 때의 pH값은 連續湛水浸出法의 경우 (Dwl/Ds=0.2-0.3) pHe=8.0, 間斷湛水浸出法의 경우 (Dwl/Ds=0.2-0.3) pHe=7.9, 連續湛水水洗法의 경우 (Dwa/Ds=2.5-3.0) pHe=8.2 정도로서 初期值에 비해서는 어느정도 증가하였지만 어떤 경우나 鹽害土壤의 分類基準值인 8.5이하의 값을 유지하고 있었다.

#### 4. 除鹽過程中 水理傳導度의 變化

모든 供試土壤에 土壤改良劑로서 石膏를 혼합하여 連續湛水浸出法에 의해 除鹽을 實施하는 경우 除鹽進行中 除鹽用水量의 증가 및 浸出時間의 경과에 따른 相對水理傳導度(HCr : 初期水理傳導度에 대한 除鹽過程中 水理傳導度의 比率)의 變化를 分析하였고, 또한 石膏處理效果를 考察하기 위하여 比較적 透水性이 양호한 土壤(石膏無處理의 경우에도 除鹽期間中 浸出이 가능한 土壤 B<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> 및 O<sub>5</sub>)을 대상으로 石膏處

理와 石膏無處理에 의한 實驗結果를 比較分析하여 Fig.4에 표시하였다.

分析에 사용된 石膏處理 供試土壤의 郡單位 地域別 平均初期水理傳導度는 0.7-1.3cm/hr였으나 土壤試料採取地點別 初期水理傳導度는 土性에 따라 상당한 차이가 있었다. 透水性이 比較적 양호한 B<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> 및 O<sub>5</sub>土壤에서 初期水理傳導度는 石膏無處理의 경우 0.30-0.35 cm/hr, 石膏處理의 경우 1.3-2.0cm/hr로서 石膏處理에 의하여 初期水理傳導도가 4-7배정도 증가하였다. 일반적으로 除鹽이 進行됨에 따라 電解質濃度가 감소되고 粘土의 分散現象이 일어나기 때문에 水理傳導도가 낮아지는 경향이 있었지만, 石膏處理의 경우는 石膏無處理의 경우에 비하여 陽이온置換效果와 아울러 電解質濃度가 증가함으로 水理傳導도에 좋은 영향을 미치게 되어 初期水理傳導도가 높았으며 透水性도 오래 지속되었다.

浸出法에 의한 除鹽過程中 電氣傳導도와 置換性나트륨百分率이 동시에 鹽害土壤基準值 이하로 되어 충분한 除鹽이 이루어졌다고 볼 수 있을 때 (Dwl/Ds=0.3)의 相對水理傳導도를 전

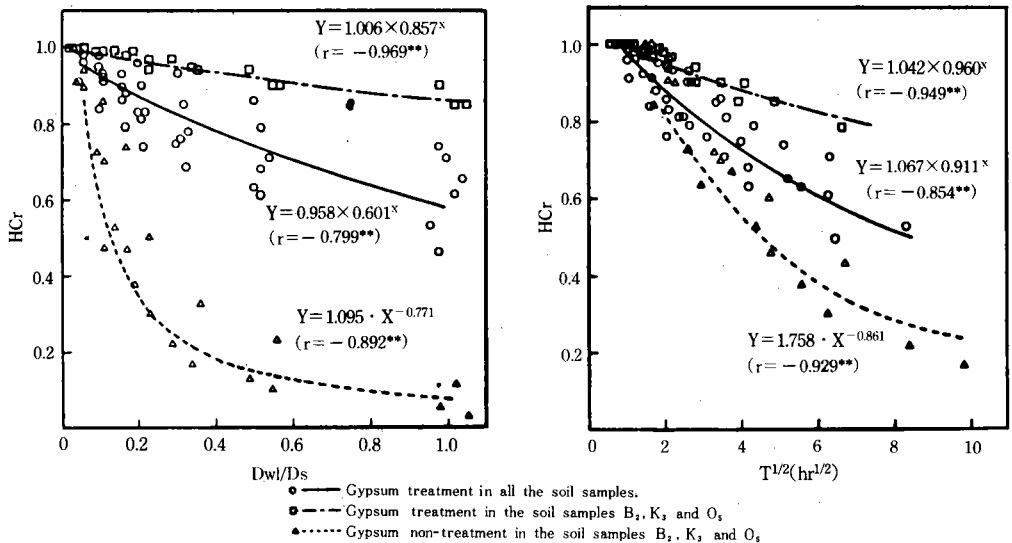


Fig. 4. Changes of relative hydraulic conductivity (HCr : Y) with depth of water leached per unit depth of soil (Dwl/Ds : X) and square root of leaching time elapsed (T<sup>1/2</sup> : X) during desalinization experiments.

체 石膏處理土壤을 대상으로 分析하면 0.82정도, B<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> 및 O<sub>5</sub> 石膏處理土壤과 石膏無處理土壤을 대상으로 分析하면 각각 0.96, 0.24 정도로 나타났다. 여기서 石膏處理의 경우는 충분한 除鹽이 이루어질 때까지 初期水理傳導度の 80% 이상으로 透水性이 지속되어 만족할만한 除鹽效果를 얻을 수 있지만, 石膏無處理의 경우는 透水性이 상당히 감소되어 浸出法으로 除鹽을 實施할 때 除鹽期間이 문제가 될 것으로 판단된다. 除鹽進行中 浸出時間의 경과에 대한 相對水理傳導度の 감소경향을 살펴보면 역시 石膏處理土壤에 비하여 石膏無處理土壤에서 상당히 크게 나타났으며, Dwl/Ds=0.3이 될 때까지의 浸出時間은 石膏處理의 경우에 비하여 石膏無處理의 경우에서 5-11배정도 많은 시간이 所要되었다.

### 5. 除鹽效果分析

除鹽이 進行됨에 따른 除鹽用水量(Dwl/Ds 또는 Dwa/Ds)과 相對電氣傳導度(ECe/ECe0 : 飽和抽出液의 初期電氣傳導도에 대한 除鹽進行中 電氣傳導度の 比率) 및 相對置換性나트륨百分率 (ESP/ESP0 : 初期置換性나트륨百分率에 대한 除鹽進行中 置換性나트륨百分率의 比率) 사이의 관계를 單純回歸方程式으로 표시하고, 또한 除鹽用水量과 飽和抽出液의 電氣傳導度

(ECe), 置換性나트륨百分率의 比率(ESP) 및 飽和抽出液의 pH값(pHe)사이의 관계를 多元回歸方程式으로 표시하여 除鹽效果分析資料로 사용토록 하였다.

각각의 回歸方程式은 回歸分析에 의하여 나타낼 수 있는 여러가지 線型 또는 非線型方程式 중에서 分散分析에 의한 回歸의 適合度檢定結果 高度의 有意性이 認定됨과 아울러 가장 높은 相關關係를 나타내고 回歸의 標準誤차가 작으며 物管理方法別로 각 土壤에 公通으로 適用될 수 있는 同一型의 方程式을 선택한 것이다.

#### 가. 電氣傳導度基準

除鹽用水量과 相對電氣傳導도에 대한 實驗資料를 物管理方法別로 回歸分析하여 方程式으로 나타내면 Table-2와 같다. 本 實驗에 사용된 供試土壤의 初期電氣傳導度の 平均値는 28.5 mmhos/cm로써 除鹽進行中 鹽害土壤分類基準値인 4 mmhos/cm로 감소되었을 때의 相對電氣傳導도는 ECe/ECe0=0.14가 되며 이 경우 Table-2의 方程式에 의하여 除鹽用水量을 구해 보면 連續湛水浸出法에서 Dwl/Ds=0.21, 間斷湛水浸出法에서 Dwl/Ds=0.24, 連續湛水水洗法에서 Dwa/Ds=2.53으로 算出되어 前述한 2-가항의 結果와 같거나 아주 비슷한 값으로 나타났다. 本 實驗에서 電氣傳導도가 初期値(23-32 mmhos/cm)

Table-2. Simple regression analysis between water requirement for desalinization (Dwl/Ds or Dwa/Ds) and relative electrical conductivity (ECe/ECe0).

Water management	Regression equation	r	F-value	SE
Leaching method (Continuous ponding)	$Dwl/Ds = 0.022 \times (ECe/ECe0)^{-1.14}$	-0.993	3,459**	0.058
Leaching method (Intermittent ponding)	$Dwl/Ds = 0.025 \times (ECe/ECe0)^{-1.14}$	-0.992	2,634**	0.060
Rinsing method (Continuous ponding)	$Dwa/Ds = 4.027 \times 0.036^{(ECe/ECe0)}$	-0.991	2,403**	0.040

Dwl/Ds(Dwa/Ds) : Depth of water leached(applied) per unit depth of soil.

ECe0 : Initial electrical conductivity of saturation extract.

ECe : electrical conductivity of saturation extract during desalinization.

r : Correlation coefficient.

SE : Standard error of regression.

\*\* : Significant at 1% level.



의 10%정도까지 감소되면 이때의 電氣傳導度는 2.3-3.2 mmhos/cm로써 電氣傳導度基準으로 除鹽이 이루어졌다고 볼 수 있으며 이 경우 除鹽用水量은 連續湛水浸出法에서  $Dwl/Ds=0.30$ , 間斷湛水浸出法에서  $Dwl/Ds=0.35$ , 連續湛水水洗法에서  $Dwa/Ds=2.89$ 로 計算되었다.

나. 置換性나트륨百分率基準

물管理方法別로 除鹽用水量과 相對置換性나트륨百分率의 관계를 回歸方程式으로 표시하면 Table-3과 같다. 本 實驗에 사용된 供試土壤의 平均置換性나트륨百分率は 45.0%로써 除鹽進行中 鹽害土壤分類基準值인 15%로 감소되었을 때의 相對置換性나트륨百分率は  $ESP/ESP_0=0.33$  이 되며 이 경우 Table-3의 方程式에 의하여 計算한 除鹽用水量은 連續湛水浸出法에서  $Dwl/Ds=0.14$ , 間斷湛水浸出法에서  $Dwl/Ds=0.17$ , 連續湛水水洗法에서  $Dwa/Ds=2.18$ 로써 前述한 2-나항의 結果와 같거나 매우 근사한 값이었다. 本 實驗에서 置換性나트륨百分率이 初期值(38-52%)의 25%정도까지 감소될 때의 값은 9.5-13.0%로써 置換性나트륨百分率基準으로 볼 때 除鹽이 이루어졌다고 판단할 수 있으며 이 경우 除鹽用水量은 連續湛水浸出法에서  $Dwl/Ds=0.25$ , 間斷湛水浸出法에서  $Dwl/Ds=0.30$ , 連續湛水水洗法에서  $Dwa/Ds=2.99$ 로 算出되었다.

電氣傳導度와 置換性나트륨百分率을 基準으로한 分析結果를 종합해서 판단할 때 대체적으

로 만족할만한 除鹽效果를 얻기 위해 필요한 除鹽用水量은 連續湛水浸出法과 間斷湛水浸出法의 경우  $Dwl/Ds=0.3$  정도, 連續湛水水洗法의 경우  $Dwa/Ds=3.0$  정도로 推定되었다.

다. 除鹽用水量, 電氣傳導度, 置換性나트륨百分率 및 pH사이의 多元相關關係

물管理方法別로 電氣傳導度, 置換性나트륨百分率 및 pH값에 대한 除鹽用水量의 多元回歸方程式을 구하면 Table-4에서 보는 바와 같다. 除鹽過程中 飽和抽出液의 pH값 限界值를  $pHe=8.0$ 으로 가정하고, 電氣傳導도와 置換性나트륨百分率이 각각 鹽害土壤分類基準值인  $ECe=4$  mmhos/cm,  $ESP=15\%$ 로 감소될 때의 除鹽用水量을 Table-4의 方程式에 의하여 計算하면 連續湛水浸出法의 경우  $Dwl/Ds=0.21$ , 間斷湛水浸出法의 경우  $Dwl/Ds=0.28$ , 連續湛水水洗法의 경우  $Dwa/Ds=2.14$ 로써 上述한 除鹽用水量 推定值 이하의 값이었다.

6. 綜合考察

이상의 實驗結果를 綜合的으로 分析해 볼 때 本來의 實驗目的은 충분히 달성되었다고 판단되지만 實驗設計上 또는 實驗結果의 適用時 다음과 같은 몇가지 事項을 考慮해야 할 것으로 思料된다.

1) 地下排水에 의한 浸出法은 除鹽用水量이 적게 所要되는 반면 土壤의 透水性이 문제가

Table-3. Simple regression analysis between water requirement for desalinization ( $Dwl/Ds$  or  $Dwa/Ds$ ) and relative exchangeable sodium percentage( $ESP/ESP_0$ ).

Water management	Regression equation	r	F-value	SE
Leaching method (Continuous ponding)	$Dwl/Ds=0.016 \times (ESP/ESP_0)^{-1.97}$	-0.979	1,008**	0.098
Leaching method (Intermittent ponding)	$Dwl/Ds=0.015 \times (ESP/ESP_0)^{-2.17}$	-0.980	1,141**	0.097
Rinsing method (Continuous ponding)	$Dwa/Ds=7.943 \times 0.020^{(ESP/ESP_0)}$	-0.992	2,969**	0.036

ESP<sub>0</sub> : Initial exchangeable sodium percentage.

ESP : Exchangeable sodium percentage during desalinization.

The other abbreviations : See footnote table 2.

**Table-4. Multiple regression analysis between water requirement for desalination(Dwl/Ds or Dwa/Ds) and various independent variables (ECe, ESP and pHe).**

Water management	Regression equation	r <sup>2</sup>	F-value	SE
Leaching method (Continuous ponding)	$\text{Log(Dwl/Ds)} = -4.12 - 0.015 \cdot \text{ECe} - 0.033 \cdot \text{ESP} + 0.500 \cdot \text{pHe}$	92.0	168**	0.139
Leaching method (Intermittent ponding)	$\text{Log(Dwl/Ds)} = -5.96 - 0.012 \cdot \text{ECe} - 0.029 \cdot \text{ESP} + 0.737 \cdot \text{pHe}$	92.8	188**	0.133
Rinsing method (Continuous ponding)	$\text{Log(Dwa/Ds)} = -0.69 - 0.028 \cdot \text{ECe} - 0.012 \cdot \text{ESP} + 0.164 \cdot \text{pHe}$	97.9	711**	0.043

r<sup>2</sup>: Coefficient of multiple determination.

The other abbreviations: See footnote table 1-2.

되고 除鹽期間이 길며, 地表排水에 의한 水洗法은 除鹽期間은 짧지만 除鹽用水量이 많이 所要되고 深土層의 除鹽이 어렵다는 점을 考慮함과 아울러 土性 및 經濟性을 比較檢討하여 적절한 방법을 택하여야 할 것이다.

2) 本 實驗에서는 際鹽過程中 下層部の 鹽分上昇에 의한 表土層의 鹽分集積現象이나 地下水水位의 變動등이 考慮되지 않아 連續湛水浸出法과 間斷湛水浸出法사이에 별다른 차이가 없었지만 실제적으로는 이러한 영향을 考慮함과 동시에 室內實驗條件上 遂行이 어려웠던 間斷湛水水洗法에 대해서도 念頭에 두고 圃場實驗을 통하여 連續湛水方法과 間斷湛水方法을 比較分析해야 할 것이다.

3) 土壤의 鹽分濃度, 透水性, 물管理方法에 따라 土壤改良劑處理與否와 施用量등을 결정하고 土壤改良劑處理方法 및 效果를 좀더 명확하게 究明할 필요가 있다고 생각한다.

4) 室內實驗結果를 補充하고 실제로 干拓地의 除鹽對策 및 灌溉計劃樹立을 위한 實證의인 資料를 얻기 위해서는 室內實驗結果를 토대로 效果의인 實驗計劃을 세워 土性, 灌溉用水의 鹽分濃度, 地下水水位 및 氣象條件등의 地域의特性을 考慮한 圃場實驗이 필연적으로 遂行되어야 할 것으로 思料된다.

#### IV. 摘 要

干拓地土壤의 除鹽過程中 鹽分舉動과 除鹽效果를 分析하여 干拓地의 除鹽對策과 灌溉計劃을 樹立하기 위한 基礎資料를 제공하고자, 새 萬金地區 干潟地土壤을 供試土壤으로 하여 물管理方法에 의해서 室內除鹽實驗을 遂行하였다. 물管理方法으로는 連續湛水 및 間斷湛수에 의한 浸出法과 水洗法을 사용하였고, 除鹽進行中 電氣傳導度, 置換性나트륨百分率, pH, 水理傳導度 등의 變化와 이들 사이의 相關關係를 統計的으로 分析하였으며, 그 實驗結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 供試土壤은 電氣傳導도와 置換性나트륨百分率이 매우 높은 鹽類알칼리土壤으로 그 土性は 微砂質壤土였다.

2. 대체적으로 除鹽初期에 많은 양의 鹽분이 溶脫되어 電氣傳導도 및 置換性나트륨百分率이 크게 낮아졌으며 점차로 除鹽率의 減少傾向이 緩慢해졌다.

3. 除鹽過程中 pH값이 增加하는 傾向이 있었고 除鹽이 進行됨에 따라 增加率は 점점 낮아졌으며, 回歸方程式에 의하여 pH값을 推定할 수 있었다.

4. 土壤에 石膏處理함으로써 初期水理傳導도를 크게 높일 수 있었으며 透水性도 오래 지속되었다. 또한 除鹽進行中 水理傳導도 및 浸出時間을 推定할 수 있었다.

5. 除鹽過程中 電氣傳導度, 置換性나트륨百分率 및 pH값이 각각 일정한 값으로 될때 물管理方法別로 際鹽用水量을 推定할 수 있었다.

이 論文은 1988年度 文敎部 支援 韓國學術振興財團의 自由公募課題 學術研究助成費에 의하여 研究되었음.

### 參 考 文 獻

1. Abrol, I. P., I. S. Dahiya and D. R. Bhumbla. 1975. On the method of determining gypsum requirement of soils. *Soil Sci.* 120(1) : 30-36.
2. Ayers, R. S. and D. W. Westcot. 1976. Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 29 : 15-52.
3. Beyce, O. 1973. Experiences in the reclamation of saline and alkali soils and irrigation water qualities in Turkey. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 16 : 63-82.
4. Bottraud, J. C. and J. D. Rhoades. 1985. Effect of exchangeable sodium on soil electrical conductivity-salinity calibrations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49 : 1110-1113.
5. Bresler, E., G. Dagan, R. J. Wagenet and A. Laufer. 1984. Statistical analysis of salinity and texture effects on spatial variability of soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48 : 16-25.
6. Dahiya, I. S., R. S. Malik and M. Singh. 1982. Reclaiming a saline-sodic, sandy loam soil under rice production. *Agr. Water Management* 5 : 61-72.
7. Dieleman, P. J. (Ed.). 1963. Reclamation of salt affected soils in Iraq. *ILRI Pub.* 11 : 83-116.
8. Felhendler, R., I. Shainberg and H. Frenkel. 1974. Dispersion and hydraulic conductivity of soils in mixed solution. *10th Intl. Cong. Soil Sci. Trans.* 1 : 103-112.
9. Fireman, M. and C. H. Wadleigh. 1950. A statistical study of the relation between pH and the exchangeable sodium percentage of western soils. *U. S. Regional Salinity and Rubidoux Laboratories, Calif. Proc.* pp. 273-285.
10. Frenkel, H., J. O. Goertzen and J. D. Rhoades. 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42 : 32-39.
11. Gupta, R. K., R. Chhabra and I. P. Abrol. 1981. The relationship between pH and exchangeable sodium in a sodic soil. *Soil Sci.* 131(4) : 215-219.
12. Hoffman, G. J. 1980. Guidelines for reclamation of salt affected soils *Inter-American Salinity and Water Management Tech. Conf., Mexico. Proc.* pp. 49-64.
13. Jury, W. A., W. M. Jarrell and D. Devitt. 1979. Reclamation of saline-sodic soils by leaching. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43 : 1100-1106.
14. McNeal, B. L. and N. T. Coleman. 1966. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30 : 308-312.
15. Oster, J. D. and H. Frenkel. 1980. The chemistry of the reclamation of sodic soils with gypsum and lime. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44 : 41-45.
16. \_\_\_\_\_ and I. Shainberg. 1982. Predicting the hydraulic properties of sodic soils. *Intl. Symp. on Salt Affected Soils, Karnal, India. Proc.* pp. 195-201.
17. Quirk, J. P. and R. V. Schofield. 1955. The effect of the electrolyte concentration on soil permeability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 6 : 163-178.
18. Reeve, R. C. and E. J. Doering. 1966. The high salt water dilution method for reclaiming sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30 : 498-504.
19. Rhoades, J. D. and R. D. Ingvalson. 1969. Macroscopic swelling and hydraulic conductivity

- properties of four vermiculitic soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33 : 364-369.
20. Shainberg, I., J. D. Rhoades and R. J. Prather. 1980. Effect of exchangeable sodium percentage, cation exchange capacity and soil solution concentration on soil electrical conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 44 : 469-473.
21. \_\_\_\_\_ 1981. Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 45 : 273-277.
22. U. S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook 60. 160p.
23. Van der Molen, W. H. 1979. Salt balance and leaching requirement. ILRI Pub. 16(2) : 59-100.
24. Wagenet, R. J., R. E. Knighton and E. Bresler. 1984. Soil chemical and physical effects on spatial variability of hydraulic conductivity. Soil Sci. 137(4) : 252-262.
25. 天谷孝夫, 長掘金造, 高橋強. 1982. 除鹽の進行過程に關するモデル試驗. 日本農業土木學會 論文集. 102 : 15-24.
26. \_\_\_\_\_. 1983. 除鹽の進行過程に關するライシメーター試驗. 日本農業土木學會 論文集. 104 : 1-8.
27. \_\_\_\_\_. 1983. 干陸後の鹽分學動解析と除鹽對策への檢討. 日本農業土木學會 論文集. 106 : 41-50.
28. 長掘金造, 左藤晃一. 1974. 乾濕履歷および土壤鹽濃度がヘドロ(海底粘土)の構造特性におよぼす影響. 日本農業土木學會 論文集. 54 : 1-5.
29. \_\_\_\_\_. 1975. ヘドロの乾燥特性と土層變化. 日本農業土木學會 論文集. 55 : 9-14.
30. \_\_\_\_\_. 1975. 干陸後の鹽分學動. 日本農業土木學會 論文集. 56 : 1-7.
31. 具滋雄, 殷鍾浩. 1988. 干拓地土壤의 除鹽過程中 水理傳導度の 變化. 韓國農工學會誌. 30(4) : 85-93.
32. \_\_\_\_\_, 韓康完, 殷鍾浩. 1989. 干拓地土壤의 除鹽用水量算定에 關한 實驗研究. 韓國農工學會誌. 31(1) : 96-105.
33. 金漢明, 蘇在敦. 1978. 耕耘方法에 의한 除鹽效果試驗. 湖南作物試驗場 試驗研究報告書. 78 : 409-418.
34. 農振公 農工試驗所. 1977. 米面干拓地 除鹽排水試驗報告書. pp. 96.
35. 農振公 農業土木試驗研究所. 1986. 除鹽排水 및 土壤成熟에 關한 研究. 研究報告書 86-05-11. pp. 201.
36. 殷鍾浩, 具滋雄. 1988. 干拓地土壤의 除鹽過程中 電氣傳導도와 置換性나트륨百分率 및 pH 사이의 關係. 韓國農工學會誌. 30(4) : 127-133.
37. 李重基. 1978. 干拓地 除鹽에 關한 研究. 韓國農工學會誌 20(2) : 67-79.
38. 鄭斗浩, 金顯喆. 1970. 干拓地 除鹽에 關한 試驗. 韓國農工學會誌. 12(4) : 22-27.
39. 韓旭東, 鄭斗浩, 金顯喆. 1970. 두더지暗渠에 關한 研究. 農村振興廳 農事試驗研究 報告書 13 : 13-19.
40. \_\_\_\_\_. 1970. 開渠에 의한 除鹽效果試驗. 農村振興廳 農事試驗研究報告書 13 : 21-26.