

## 新干拓地 土壤의 除鹽이 보리의 初期生育에 미치는 影響\*

李康壽\*\* · 崔善英\*\* · 崔元烈\*\*\*

### Effect of Desalinization on Early Seedling Growth of Winter Barley in New Tideland\*

Kang Soo Lee\*\*, Sun Young Choi\*\* and Won Yul Choi\*\*\*

**ABSTRACT:** This study was conducted to obtain basic information on the desalinization in newly reclaimed tideland. A desalinization experiment with leaching method was carried out using the soil samples collected in Haenam tideland, and the early growth response of winter barley to salt stress during the desalinization was investigated by measuring emergence rate, plant height, leaf area and fresh weight.

The soil in Haenam tideland was saline-sodic with 59mS/cm of electrical conductivity and pH 8.0, and the soil texture was silty loam with 16% clay and 75% silt. Depth of water for desalinization(DWD) to decrease the electrical conductivity below 4mS/cm was 140mm in 5cm depth soil and 240mm in 20cm depth soil. The value of pH of soil and leaching water increased from 8.0 to 8.3 until the electrical conductivity decreased to about 6mS/cm during the desalinization.

The emergence rate of winter barley was over 75% in the DWD above 80mm and showed no significant difference with the DWD. The DWD for the normal growth of winter barley seedling was above 120mm at 1 and 2 weeks after sowing(WAS), and above 160mm at 3 and 4 WAS. The leaf area and fresh weight showed no response for salt stress with the DWD above 12mm at 2 WAS, and above 16mm at 3 WAS.

It was estimated that the electrical conductivity of soil saturation extract for the normal growth of winter barley during early seedling growth stage in new reclaimed tideland would be below 9mS/cm in 20cm depth soil.

**Key words :** Desalinization, Tideland, Barley.

우리나라의 西南海岸은 干滿의 차가 크고 干瀆地가 넓으며 海岸線이 대단히 길고 복잡한 리아스식 해안으로 干拓地로 開發價値가 높은 조건을

갖추고 있어 高麗 高宗 23年(AD1235年)以後 오늘에 이르기까지 수많은 變革과 技術開發을 거쳐서 干拓事業이 발달되어 干拓地 논이 크게 증가되

\* 이 論文은 1995년도 教育部 學術研究助成費(農業科學分野)에 의하여 수행된 研究結果의 일부임.

\*\* 全北大學校 農科大學(College of Agriculture, Chonbuk National Univ., Chonju 561-756, Korea)

\*\*\* 全南大學校 農科大學(College of Agriculture, Chonnam National Univ., Kwangju 500-757, Korea)

〈'96. 9. 21 接受〉

어 왔다. 그러나 오늘날 쌀의 需給不均衡과 食性の變化, 그리고 國際競爭力의 弱화로 農業單一目的으로 개발되어 왔던 干拓事業은 經濟的·社會的 與件變化에 따라 綜合開發 및 多目的의 土地利用計劃으로 선회되고 農耕地도 田畝兼用으로 사용될 수 있도록 개발되고 있다<sup>12)</sup>.

干拓地는 土壤의 鹽分濃도가 높고 地下水位가 높아 理化學的으로 土壤條件이 劣惡하므로 農耕地로 활용하기 위해서는 除鹽 및 土壤改良이 이루어져야 한다. 벼는 栽培特性상 湛水條件으로 栽培되므로 栽培過程중 除鹽作業을 並行할 수가 있으나 밭작물을 栽培할 경우에는 作物의 種類에 따라 初期除鹽의 目標가 달라지며 밭작물 生育중 上昇되는 鹽分이 生育을 억제시키므로 干拓地에서 밭작물을 栽培하기 위해서는 作土層의 鹽分을 제거하고 鹽分의 上昇을 억제시킬 수 있는 栽培的 措施가 필요하다.

干拓地 土壤의 除鹽방법에는 물관리, 배수시설, 생물학적 이용 및 화학물질 이용 등으로 구분할 수가 있으나 여러 방법을 종합하여 除鹽效率를 높일 수가 있다. 干拓地에 암거배수시설을 설치하여 透水性을 높이면서 再鹽化현상을 防止하고 石膏 등의 토양개량제를 사용하여 透水性과 除鹽效果를 높게 하여 浸出法으로 물관리를 하면 단기간내에 적은 灌溉用水量으로 作土層의 除鹽이 가능하나 干拓地의 입지조건과 土壤조건에 따라 다소 차이가 있어<sup>6,9)</sup> 作物의 生育이 干拓年代와 지역에 따라 각기 다르게 나타날 수가 있는데 干拓地 土壤의 除鹽過程에 따른 作物의 生長반응에 대한 研究는 매우 부족한 실정이다.

일반적으로 除鹽에는 충분한 用水量이 필요한데 作物의 正常生育을 위해서 土壤의 鹽分濃도를 어느 일정한 값 이하로 낮추어야 하는 除鹽用水量과 作物의 生育과정중 土壤의 鹽分濃도가 어느 특정한 값을 넘지 않도록 공급해야 하는 灌溉用水量으로 구분할 수가 있다. 除鹽의 목표는 土壤 飽和抽出液의 電氣傳導도와 置換性 나트륨 백분율을 조사하여 보통 鹽害土壤分類值인 電氣傳導도는 4mS/cm, 置換性 나트륨 백분율은 15%를 기준으로 하고 있으나 作物의 耐鹽性 程度<sup>3)</sup>가 각기 다르므로 干拓初期에 耐鹽性 作物을 선택 栽培한다면 除

鹽의 目標는 달라질 수가 있을 것으로 생각된다. 우리 나라에서 보리는 대부분 답리작으로 栽培되고 있고 耐鹽性이 강하므로<sup>1,2,5)</sup> 干拓地의 高度利用에 적합한 作物으로 생각되나 干拓地 土壤의 除鹽程度에 대한 生長反應의 研究가 매우 미흡하다.

本 研究는 1987년 防潮堤가 完工되어 田作 및 田畝兼用地域으로 基本計劃이 확정된 全南 海南干拓地의 土壤을 대상으로 除鹽效果를 분석하고 除鹽程度와 土壤改良이 보리의 初期生育에 미치는 영향을 조사하였다.

## 材料 및 方法

供試土壤은 1987년에 防潮堤를 完工한 全南 海南干拓地에서 채취하였으며 土性과 化學的 特性을 분석하여 鹽害土壤의 特性을 조사하였다.

除鹽實驗은 지름 20cm, 높이 25cm인 원통형 포트에 石膏를 3t/10a기준으로 혼합한 토양을 20cm의 깊이로 넣고 浸出法으로 물관리를 하였다. 토양은 완전히 풍건시킨 후 5mm체를 통과할 수 있도록 분쇄하였고 除鹽을 위하여 물(제염용 수량)을 間斷灌水로 20mm씩 처리하여 처리된 물이 충분히 浸出되면 5cm 깊이와 20cm 깊이의 토양을 채취하여 電氣傳導도와 pH를 측정하였는데 토양은 풍건한 다음 5배의 증류수로 희석하여 電氣傳導도와 pH를 측정하였고 電氣傳導도는 飽和溶液 基準으로 환산하였다.

보리재배는 除鹽實驗과 동일하게 포트를 제작하여 除鹽用水量을 40mm에서 240mm까지 40mm간격으로 처리한 다음 基本發芽率이 95%가 되는 송학보리의 種子를 포트당 50립씩 播種하였다. 물관리는 토양수분포텐셜이 -40KPa이 되었을 때 포장용수량까지의 부족수분을 점적관수하였으며 播種後 1週日부터 1週日 間隔으로 4週까지 出芽率, 草長, 葉面積 및 生體重을 조사하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 供試土壤의 特性

全南 海南干拓地에서 채취한 土壤의 理化學的 性質은 표 1에서와 같다. 粒度分析의 결과는 砂質, 미사질 및 粘土의 성분비가 각각 9, 75 및 16%로 微砂質壤土였으며 陽이온置換容量은 16.6 meq/100g, 置換性나트륨 함량은 7.13meq/100g으로 置換性 나트륨 百分率은 약 43%였고, 土壤酸度(pH)는 8, 電氣傳導度는 59mS/cm로 U.S. Salinity Laboratory의 鹽類土壤分類法에 따르면 염류알칼리土壤이었다. 具 등<sup>9,10)</sup>이 보고한 南西海岸의 干拓地 土壤特性和 비교하여 볼 때 다른 干拓地의 土壤보다 粘土成分이 많고 土壤酸도가 높으며 飽和溶液의 電氣傳導도가 높은 것이 특징적인데 飽和溶液의 電氣傳導도와 土壤酸도가 높은 것은 防潮堤가 完工된 이후 10여년 동안 干拓地가 방치되어 鹽分이 上昇되었고 토양내  $Na_2CO_3$ 의 含量이 增加되었기 때문으로 생각되며 粘土成分이 많은 것으로 보아 透水性이 불량하여 除鹽이 매우 어려울 것으로 생각된다.

## 2. 除鹽過程中 電氣傳導度の 變化

20cm 깊이의 간척지토양을 浸出法으로 除鹽하면서 5cm와 20cm 깊이의 토양을 채취하여 電氣傳導도를 측정한 결과 그림 1에서와 같이 電氣傳導도는 除鹽用水量의 增加에 따라 減少하였다. 供試土壤은 電氣傳導도가 약 59mS/cm이었는데, 5cm 깊이의 토양은 20mm의 除鹽用水量에서 약 38mS/cm로 약 36%가 除鹽되었고 140mm의 除鹽用水量에서는 鹽害土壤의 分類基準인 4mS/cm로 減少하였다. 20cm 깊이의 토양은 40mm의 除鹽用水量에서 58mS/cm였고 除鹽用水量이 增加함에 따라 초기에는 상당히 큰 比率로 減少하다가 점차 減少率이 줄어 240mm의 除鹽用水量에서

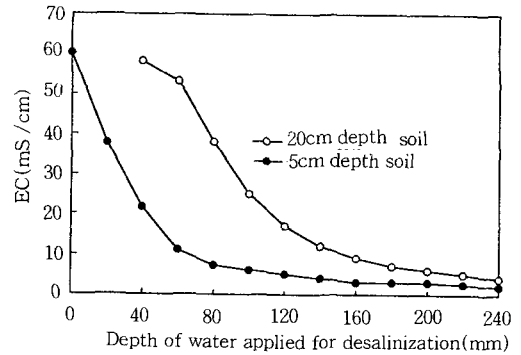


Fig. 1. Relationship between depth of water applied for desalination and electrical conductivity of soil saturation extract during the desalination experiments.

4mS/cm로 減少하였다. 具 등<sup>4,6,7,8,9,10)</sup>은 40cm 깊이의 토양을 鹽害土壤의 基準이하로 除鹽하기 위해서 間斷灌水浸出法을 이용한 경우, 單位土壤깊이당 토양을 통해 浸出되는 浸出水深( $D_w/D_s$ )은 0.23으로 92mm의 除鹽用水量이 필요하다고 하였는데 本實驗의 경우, 20cm 깊이의 토양에서 除鹽用水量이 240mm가 소요되어 單位土壤깊이가 낮은데 불구하고 除鹽用水量이 많았다. 이와 같은 차이는 土壤特性的 차이뿐만 아니라 供試土壤을 2mm와 5mm체로 조제한 차이에서 나타난 결과로 생각되며 또, 本實驗의 除鹽效果가 圃場實驗의 除鹽효과<sup>11)</sup>와 상당한 차이를 보이는 것도 圃場에서는 토양이 잘게 분쇄되지 않기 때문이 아닌가 생각된다.

한편, 일정한 除鹽用水量에서 20cm 깊이의 토양보다 5cm 깊이의 토양에서 電氣傳導도가 낮고, 電氣傳導도가 4mS/cm까지 낮아지는데 필요한

Table 1. Physical and chemical properties of soil in Haenam tideland

Mechanical composition(%)			Texture class	pH (1:5)	ECe (mS/cm)	CEC (meq/100g)	ESP (%)	Exchangeable cation (meq/100g)			
Sand	Silt	Clay						Ca	Mg	Na	K
9	75	16	SiL	8.0	59	16.6	42.8	7.89	13.50	7.13	2.94

CEC: Cation exchange capacity

ESP: Exchangeable sodium percentage

ECe: Electrical conductivity of saturation extract at 25°C.

除鹽用水量이 20cm 깊이의 토양에서는 240mm 인데 5cm 깊이의 토양에서는 140mm로 차이가 있는 것은 除鹽目標의 土壤깊이에 따라 除鹽用水量이 다르다는 것을 나타내고 있다. 이와 같은 결과로 보아 除鹽目標의 土壤깊이까지 완전하게 除鹽을 하지 않아도 상층부의 토양은 除鹽이 이루어지고 있으므로 作物을 栽培하면서 除鹽을 並行하는 것도 干拓地의 利用度를 높일 수 있는 方法이 아닌가 생각된다.

### 3. 除鹽過程중 pH의 變化

除鹽過程중 5cm와 20cm 깊이의 토양에서 pH를 조사한 결과 그림 2에서와 같이 토양깊이에 관계없이 8.0에서 8.3까지 변화 정도가 작았다. 5cm 깊이의 토양에서 pH값은 8.0에서부터 除鹽用水量이 많아질수록 약간씩 높아져 100mm의 除鹽用水量에서 8.3이 되었으나 그후 점차 감소하여 240mm의 除鹽用水量에서는 8.2로 낮아졌다. 20cm 깊이의 토양에서는 40mm의 除鹽用水量에서 pH가 8.0이었는데, 除鹽用水量의 增加에 따라 약간씩 增加되어 200mm의 除鹽用水量에서는 8.3으로 나타났다. 具 등<sup>4,9)</sup>은 置換性 나트륨 百分率이 減少함에 따라 pH는 增加한다고 하였으며 除鹽過程중 pH값이 增加하는 것은 용탈에 의하여 가용성 염류의 함량이 減少되면 置換性 나트륨의 가수분해율이 증가되어 알칼리성이 강해지기 때문이라고 하였는데 本 實驗에서는 除鹽過程중 pH

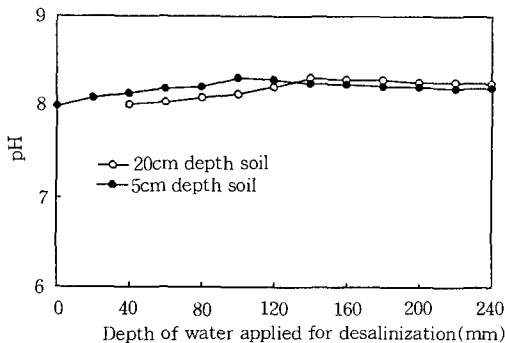


Fig. 2. Relationship between depth of water applied for desalination and pH of soil saturation extract during the desalination experiments.

의 증가 정도가 매우 작은데 이는 除鹽處理 이전에 토양의 pH가 높았기 때문으로 생각된다.

### 4. 除鹽程度別 보리生育

#### 1) 出芽率

除鹽程度를 달리하여 보리를 播種하고 播種後 1週에 出芽率을 조사한 결과 그림 3과 같이 40mm의 除鹽用水量에서는 出芽率이 7.5%로 매우 낮았으나 80mm의 除鹽用水量에서는 76%로 높아졌고 120mm이상의 除鹽用水量에서는 80% 이상으로 80mm이상의 除鹽用水量에서는 除鹽用水量에 대한 出芽率에 유의적인 차이가 없었다. 이와 같이 出芽率이 80mm이상의 除鹽用水量에서 높은 것은 5cm 깊이의 토양에서 電氣傳導度가 7.2mS/cm이하일 때 出芽가 양호함을 나타내는 것이며, 120mm이상의 除鹽用水量에서 出芽率이 80%정도로 基本發芽率의 95%보다 낮은 것은 복토된 土壤粒子가 灌水過程중에 分散되어 土壤內에 산소부족 등과 관련이 있을 것으로 생각된다.

#### 2) 草長

80mm이상의 除鹽用水量에서 草長의 變化를 그림 4에서 보면 播種後 1週와 2週에는 120mm이상의 除鹽用水量에서 草長이 각각 6.3cm와 10cm 이상으로 除鹽用水量의 차이에 대한 변화가 통계

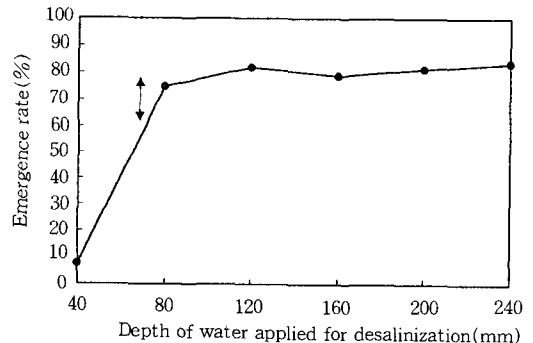


Fig. 3. Relationship between depth of water applied for desalination and emergence rate of winter barley during early seedling growth. Arrow symbol is LSD at the 5% level.

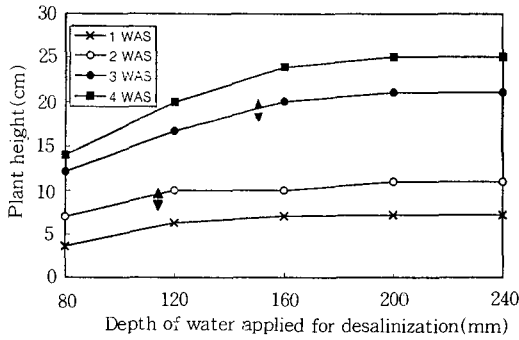


Fig. 4. Relationship between depth of water applied for desalination and plant height of winter barley during early seedling growth. Arrow symbols are LSD at the 5% level, WAS is weeks after sowing.

적으로 인정되지 않았으나 播種後 3週와 4週에는 160mm 이상의 除鹽用水量에서 각각 20cm와 23.8 cm 이상으로 除鹽用水量에 대한 변화가 없었다. 이와같이 播種後 1週와 2週에는 120mm 이상의 除鹽用水量에서 뿌리가 정상적으로 성장하였으나 播種後 3週와 4週에는 160mm 이상의 除鹽用水量에서 草長이 정상적으로 성장하고 120mm의 除鹽用水量에서는 草長이 신장되지 않은 것은 뿌리가 土壤鹽도가 높은 심층으로 신장하는 과정에서 鹽害를 받았기 때문으로 생각된다.

### 3) 葉面積과 生體重

除鹽用水量에 따른 葉面積과 生體重的 변화를 보면 그림 5와 그림 6에서와 같다. 葉面積은 播種後 2週에 120mm 이상의 除鹽用水量에서 10.7~11.8cm<sup>2</sup>로 除鹽用水量에 대한 차이가 적었는데, 播種後 3週에는 160mm 이상의 除鹽用水量에서 27.5~29.7cm<sup>2</sup>로 除鹽用水量에 대한 차이가 인정되지 않았다. 生體重은 播種後 2週에 120mm 이상의 除鹽用水量에서 0.29~0.32g으로 除鹽用水量에 따른 변화가 없었는데 播種後 3週에는 160mm 이상의 除鹽用水量에서 0.84~0.87g으로 除鹽用水量에 대한 차이가 인정되지 않아 葉面積과 生體重 모두 播種後 2週에는 120mm 이상의 除鹽用水量에서, 그리고 播種後 3週에는 160mm 이상의 除

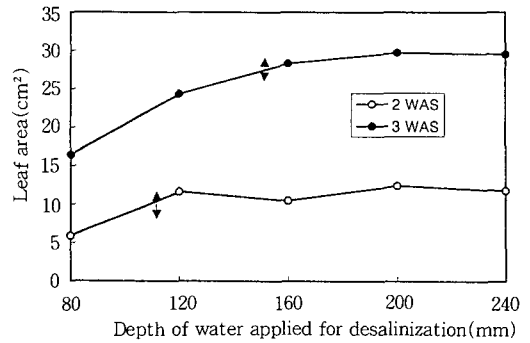


Fig. 5. Relationship between depth of water applied for desalination and leaf area of winter barley. The symbols are the same as in Fig. 4.

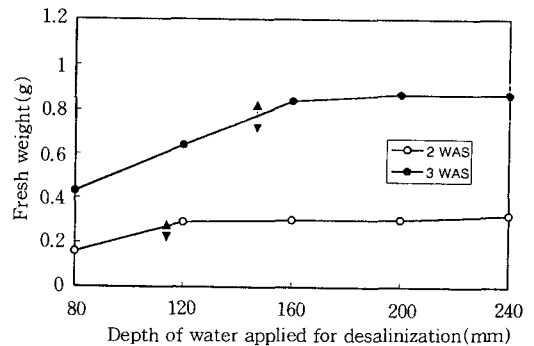


Fig. 6. Relationship between depth of water applied for desalination and fresh weight of winter barley. The symbols are the same as in Fig. 4.

鹽用水量에서 정상적인 생육반응을 보여 草長의 반응과 일치하였다. 이와 같이 草長, 葉面積 및 生體重 모두 播種後 1週와 2週에는 120mm 이상의 除鹽用水量에서는 정상적이었으나 播種後 3週와 4週에는 160mm 이상의 除鹽用水量에서 정상이고 120mm의 除鹽用水量에서는 감소되는 것은 初期 除鹽過程중에는 토층에 따라 鹽分濃도가 다르고, 보리의 뿌리가 점차 성장하면서 鹽分濃도가 높은 深土層에 이르러 鹽害를 받기 때문으로 생각된다. 한편, 除鹽效果는 除鹽方法 등에 따라 달라질 수 있으므로 除鹽用水量을 기준으로 作物栽培의 한계를 정할 수는 없는데 보리의 播種은 80mm 이상

의 除鹽用水量에서 出芽率이 높은 것으로 보아 5cm 깊이의 토양에서 電氣傳導도가 약 7mS/cm 보다 낮을 때 안전하고 또, 播種後 3週의 생육은 160mm의 除鹽用水量에서 양호한 것으로 보아 20cm 깊이의 토양에서 電氣傳導도가 9mS/cm 보다 높지 않도록 물관리를 해야 鹽害를 받지 않을 것으로 판단된다.

## 摘 要

本 研究는 新干拓地 除鹽에 대한 基礎資料를 얻고자 海南干拓地의 土壤을 대상으로 除鹽效果를 분석하고 除鹽程度에 대한 보리의 生長反應을 조사하였다.

1. 供試土壤은 粘土含量이 16%이고 微砂含量이 75%인 微砂質壤土이며 pH는 8.0이고 飽和溶液의 電氣傳導도는 59mS/cm인 염류알칼리土壤이었다.
2. 土壤飽和溶液의 電氣傳導도를 4mS/cm이하로 낮추기 위한 除鹽用水量은 5cm 깊이의 토양에서는 140mm였고, 20cm 깊이의 토양에서는 240mm였다.
3. 除鹽過程中 土壤飽和溶液의 pH 값은 8.0에서부터 8.3까지 높아졌다.
4. 보리중자의 出芽率은 80mm이상의 除鹽用水量에서 76%이상으로 유의적인 변화가 없었다.
5. 보리의 草長은 播種後 1週와 2週에서는 120mm이상의 除鹽用水量에서, 그리고 播種後 3週와 4週에서는 160mm이상의 除鹽用水量에서 정상으로 신장하였다.
6. 보리 葉面積과 生體重은 播種後 2週에는 120mm이상의 除鹽用水量에서, 播種後 3週에는 160mm이상의 除鹽用水量에서 鹽害의 발생이 없었다.
7. 이상의 결과로 보아 新干拓地에서 보리의 초기 생장기의 正常生育을 위한 토양포화용액의 전기전도도는 20cm 깊이의 토양에서 9mS/cm 이하가 되어야 할 것으로 판단된다.

## LITERATURE CITED

1. Choi W.Y. 1984. Physiological responses of winter barley to drought and salt stress at seedling and reproductive stages. Seoul National Univ. Ph.D. Thesis.
2. \_\_\_\_\_ and K.K Park. 1986. Effects of NaCl on the germination and seedling growth in winter barley. Hwang, J. K professor 60th birthday commemorative thesis. 51-63.
3. \_\_\_\_\_ and K.Y Park. 1991. Development and production prospects of saline tolerant upland crops. RDA symposium. 17: 53-78.
4. Eun C.H and J.W Koo. 1988. Relationship between electrical conductivity, exchangeable sodium percentage and pH during desalinization of reclaimed tidelands. J. Korean Soc. Agri. Engineers. 30(4): 127-133.
5. Kim C.S, J.W Cho and S.Y Lee. 1993. Mechanism of salt tolerance in crop plants. 1. Physiological responses of barley, rye and itallian ryegrass seed germination to NaCl concentration. Korean J. Crop Sci. 38(4): 371-376.
6. Koo J.W. 1984. A laboratory study for reclamation of salt-affected soils by gypsum amendment and water management practices. J Korean Soc. Agri. Engineers. 26(2): 85-96.
7. \_\_\_\_\_. 1987. Basic theory on the Desalinization in tidal land. J. Korean Soc. Agri. Engineers. 29(2): 14-25.
8. \_\_\_\_\_ and C.H Eun. 1988. Changes of hydraulic conductivity during desalinization of reclaimed tidelands. J. Korean Soc. Agri. Engineers. 30(4): 85-93.
9. \_\_\_\_\_, K.W Han and C.H Eun.

- 1989a. Experimental studies for analyzing salt movement and desalination effects on reclaiming new mangrove tideland. J. Korean Soc. Agri. Engineers. 31(2): 92-103.
10. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1989b. A laboratory study on the estimation of water requirements for the desalination of reclaimed tidelands, J. Korean Soc. Agri. Engineers. 31(1): 96-105.
11. Rhee J.K. 1978a. Study on the Desalination in tidal land. J. Korean Soc. Agri. Engineers. 20(2): 67-79.
12. \_\_\_\_\_. 1978b. Current situation and future prospect of polderland development in Korea. RDA symposium, 17: 3-13.