

干拓地の 除塩程度에 따른 植生の 變異의 水稻根毛形成에 관한 研究

權赫之* · 鄭元一** · 趙載英*

Studies on the Variation of Vegetation and Rice Root Formation Accompanied with the Desalination at the Reclaimed Tidal Fields

Kwon, H. J.* , W. I. Chung** and J. Y. Cho*

ABSTRACT

To know the effect of desalination in the reclaimed tidal fields on the succession of vegetation and on the root hair formation of paddy rice, reclaimed fields in Kang Hwa Island, Nam-Yang Bay and Ke-Hwa Island were investigated during summer crop season in 1982. The obtained results can be summarized as followings.

- 1) In the highly salty and water logged areas of reclaimed tidal fields, the first dominating species of higher plant were observed to be *Salicornia herbacea* L. and *Suaeda japonica* Makino. With the continued desalination, *Chemopodium virgatum* Thumb. occurred in the vegetation. After this transition, the dominating species were composed of *Scirpus maitimus* L. and *Phragmites communis* Trin. At the *S. maitimus* and *P. communis* dominating salinity level, rice cultivation was safe from the salt damage.
- 2) In the water logged area, *Artemisia capillaria* Thunb. and *Aster tripolium* L. took the place of dominating species after *S. herbacea* and *S. japonica*. At this salinity level, graminaceous weeds began to immigrate.
- 3) In dry areas, *Suaeda asparagoides* Makino and *Suaeda maritima* were the first appearing dominant species. *Atriplex subcordata* Kitakawa was also observed in such dry areas, but colony formation was not observed.
- 4) Plants immigrated slowly into dry areas from the already vegetated water logged areas with the continuation of desalination.
- 5) The high soil salinity level affected the root hair formation of rice by reducing both the rate of root hair formation and the length of root hairs.

緒 言

그동안 우리나라에서는 西海岸 一帶에 넓은 干拓地를 造成하여 食糧自給에 크게 기여하여 왔으며, 今後에도 干拓地의 擴充은 계속될 것으로 생각된다.

周知하는 바와 같이 새로 干拓地를 造成하여 農

耕地化하는 데는 除鹽이 이루어져야 한다. 그래서 灌水를 통한 人爲的인 除鹽과 降雨 등을 통한 自然的인 除鹽으로, 干拓地에서 어느 정도 除鹽이 進行되면 作物을 栽培하였으므로 干拓 初期의 干拓畝에서는 그래의 降雨量의 多少에 따라 鹽害가 敏感하게 나타나기도 하였다.

이와 같이 鹽害가 作物의 生産量의 多少는 물론,

*高麗大學校 農學科, ** 檀國大學校 生物學科.

* Dept. of Agronomy, Korea University, Seoul 132, Dept. of Biology, Dankook University, Cheonan 330, Korea.

그 作物의 生存에까지 影響을 미칠 수 있는 곳에 作物을 栽培한다는 것은 農民들의 立場에서 보면 상당한 勞動力과 經濟的 損失의 危險負擔을 갖고 農事를 짓게 된다. 따라서, 위와 같은 鹽害의 危險負擔을 最少限으로 줄이기 위해서는 상당히 除鹽이 進行된 干拓地에서 作物의 栽培가 이루어져야 할 것이다.

그런데 사실, 干拓地에서 土壤의 除鹽程度를 간단히 測定한다는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 왜냐하면 土壤鹽度 測定器 등으로 어떤 地域의 土壤鹽度を 測定하였다고 하여도, 그 값으로는 作物栽培에 대한 鹽害의 危險性을 判定할 수 없기 때문이다. 그것은 同一地域이라 하여도 土壤鹽度の 季節的인 差, 降雨量의 多少에 따른 差, 그리고 降雨後의 日數에 따른 變化 등이 있기 때문이다. 따라서, 干拓地에서 作物에 대한 鹽害의 危險性을 豫測할 수 있는 간단한 土壤鹽度 測定法의 開發이 요구되는 바, 著者들은 鹽生植物의 分布 등을 통한 土壤鹽度の 測定에 관심을 갖게 되었다.

그런데, 著者중의 鄭은 지난 수년간 干拓地에서 栽培된 水稻의 根群形成에 관심을 갖고 수차에 걸쳐 界火島, 南陽 및 江華島 등 西海岸 一帶의 重要 干拓地를 둘러보고 그 곳의 特有的 植生에 관심을 갖게 되었다.

이들 干拓地에는 *Salicornia herbacea* L., *Suaeda asparagoides* Makino, *Artemisia capillaria* Thunb 등 10餘種의 干拓地 特有的 鹽生植物들이 群落을 形成하고 있었으며, 이들 植物群落들은 土壤鹽도와 土壤濕도에 따라 敏感히 區分·分布되어 있는 印象을 받았다.

그래서 만약 이들 干拓地 特有的 植物들이 土壤鹽度の 高低에 따라 分布되었다면, 이들 植物들이 優占種을 形成하는 곳의 土壤을 採取한 후, 鹽度測定器 등으로 土壤鹽度を 測定하여 相互 比較함으로써 그 地域의 相對的인 除鹽度を 把握할 수 있을 것으로 생각하여 干拓地 土壤의 除鹽度を 간단히 判別할 수 있는 이른바, 指標植物을 찾으며 하였다.

왜냐하면, 우리가 어떤 地域의 相對的인 土壤鹽度を 알 수 있는 指標植物을 把握하고 있다면, 그곳에서의 作物栽培에 따른 危險性도 알 수 있을 것이며, 이것은 干拓地에서의 作物栽培에 따르는 鹽害를 피하는 하나의 方法으로 생각된다. 따라서 著者들은 이런 관계로 하여 이것들을 一次 整理하여 볼 가치가 있을 것으로 생각하고, 本 調査에 着手하게 되었다.

었다.

끝으로 本 調査는 1981年度 峨山社會福祉事業財團의 研究基金을 받아 이루어진 것임을 밝혀둔다.

材料 및 方法

本 研究를 위한 調査地는 西海岸의 重要 干拓地인 京畿道 華城郡 長安面 所在의 作物試驗場 南陽出張所 試驗圃場 및 그 周邊과 全羅北道 扶安郡 幸安面 所在의 湖南 作物試驗場 界火島出張所 試驗圃場, 그리고 京畿道 江華郡 길상면 所在의 舊干拓地 作物試驗場 江華島出張所 試驗圃場 등지 이었다.

그리고 主된 調査時期는 1982年 7月부터 8月 사이에 하였으며, 土壤鹽度の 測定은 다음과 같이 하였다.

즉, 먼저 水路를 따라 入口에서 海邊을 向하여 15 m 간격으로 植生을 調査할 地點을 먼저 決定하고, 그 地點을 中心으로 사방 1m²이 되게 植生의 調査區域을 設定한 후에, 그 地域에서의 植生을 調査하여 優占種을 定하고, 이어 그 地點의 土壤을 採取하였다. 土壤의 採取는 地表로부터 5~8 cm 部分의 土壤을 core-sampling method로 100~150 g씩 採取하여 風乾시킨 후 粉末을 만들어 蒸溜水 50 cc에 대하여 粉末土壤 10g을 넣어 30分間 土壤中の 鹽分을 溶出시키고, 園藝用 E. C Meter (Model DM-37)로 土壤溶液의 電氣 傳導度を 測定하여 土壤鹽도로 하였다.

또 排水路에서도 같은 方法으로 土壤鹽도와 植生과의 關係를 調査할 수 있었는데, 이 경우에는 排水路의 바닥을 “下”로 하고 논 쪽을 “上”으로 한 上·下의 關係에 따른 植生의 分布를 調査함으로써 干拓地 土壤의 乾濕에 따른 植生의 分布도 調査할 수 있었다.

그리고 作物에 대한 鹽害의 影響에 대한 調査는 土壤과 直接 接觸하고, 또 養·水分의 吸收器官으로서 重要한 役割을 하고 있는 根毛⁴⁾의 形成樣相을, 鹽害의 深度에 따른 3栽培區에서 根群을 採取하고 그 冠根에 形成된 根毛를 顯微鏡으로 調査하였다.

이 경우, 觀察材料는 水稻品種 : 추청벼(秋晴)의 主莖에 形成된 第Ⅷ 要素의 冠根으로 伸長中에 있는 길이 7~10 cm의 冠根이었으며 根毛形成에 대한 調査는 冠根의 基部로부터 5~6 cm의 部分이었다. 材料를 採取한 후 F·A·A에 固定시키고, 調査直

前に 材料를 完全히 水洗하여 5%의 NH_4OH 水溶液에 넣고 그것을 다시 Water bath 위에서 15 分程度 熱處理하여 組織을 軟化시킨 후, 表皮系와 厚膜層을 包含한 3~4 層의 組織을 解剖顯微鏡 밑에서 핀셋으로 分離·採取하여 Slide glass 위에 놓고 Safranin 溶液으로 染色을 하고, Cover glass 를 덮은 후 根毛의 길이와 根毛가 形成된 表皮細胞의 比를 調査하여 根毛形成에 대한 鹽害의 影響을 調査하였다.

結果 및 考察

1. 土壤鹽度에 따른 植生の 分布

干拓地에 自生하는 土壤鹽度の 指標植物이 될 干拓地 特有의 鹽生植物들이 優占種을 形成하고 있는 生育地에서 前述한 方法으로 土壤을 採取하여 土壤溶液을 만들고, 그 土壤溶液의 電氣傳導度를 測定·比較함으로써 土壤鹽度에 따른 植生の 分布를 調査할 수 있었고(第1圖), 아울러 그 結果로 干拓地에서의 鹽生植物들의 遷移關係를 推察할 수 있었다.

즉, 第1圖에서 알 수 있는 바와 같이 통통마디(*Salicornia herbacea* L.)와 칠면초(*Suaeda japonica* Makino)는 高鹽度 土壤에서부터 低鹽度 土壤에 걸쳐 분포된 典型的인 鹽生植物인데, 이들 植物은 土壤水分이 많은 海邊쪽 低濕地에 群生하고 있었다. 이와 같은 現象은 이들 植物이 淡水와 海水가 接하는 地域의 低濕地에 널리 自生하는 것으로 보아 극히 당연한 것으로 생각되며, 干拓地가 造成된 후 低濕地에 優占種을 形成하는 最初의 高等植物로 생각된다. 그리고 이들 植物들은 干拓地에서 除鹽이 進行되어 禾本科 雜草가 移入되어 優占種을 이루게 되는 곳에

서는 거의 찾아 볼 수가 없었다.

그리고, 나문재(*Suaeda asparagoides* Makino)와 해홍나물(*Suaeda maritima* Dum)인데, 이들 植物들도 本 調査에서는 高鹽度 土壤에서 低鹽度 土壤에 걸쳐 넓게 分布되어 있었으나, 이들 植物은 통통마디나 칠면초와는 달리 比較的 乾燥한 土壤이나 排水路의 兩쪽 斜面의 上端의 乾燥地에서 優占種으로 나타났다.

따라서, 이들 植物은 干拓地가 造成된 후 土壤水分이 적은 比較的 乾燥한 地域에서 最初로 優占種을 形成하게 되고, 除鹽이 進行함에 따라 다른 植物들이 이 地域에 移入하게 된다. 그리고 이들 植物이 優占種으로 되어 있는 곳에서는 다른 高等植物들은 거의 共存하지 않았으며, 또 이들 植物들은 통통마디나 칠면초와는 달리 除鹽이 進行되어 禾本科 雜草가 優占種을 이루고 있는 地域에서도 가끔 찾아 볼 수가 있었다.

또 갯능쟁이(*Atriplex Subcordate* Kitakawa)인데, 이 植物은 나문재나 해홍나물과 같이 乾燥地에 出現하는 典型的인 鹽生植物이지만, 그 分布地의 土壤鹽도가 나문재나 해홍나물의 그것에 비하여 약간 낮고, 또 群生을 하지 않는 特徵을 갖고 있었다.

以上 高鹽度 土壤에서 自生하는 代表的인 鹽生植物들에 대하여 說明하였고, 以下 低鹽度 土壤에 自生하는 特異的인 鹽生植物들의 生態的인 特徵은 다음과 같다.

먼저 버들명아주(*Chenopodium Virgatum* Thunb)인데, 이 植物은 除鹽이 상당히 進行되어 水稻의 栽培가 이루어지고 있는 地域의 논두렁과 같은 低濕地에 自生하고 있는 植物로, 이 植物이 優占種을 이루고 있는 지역에서는 아직 禾本科 雜草의 生育에 不適當한 土壤鹽度인 것 같았으며, 가끔 매자기와

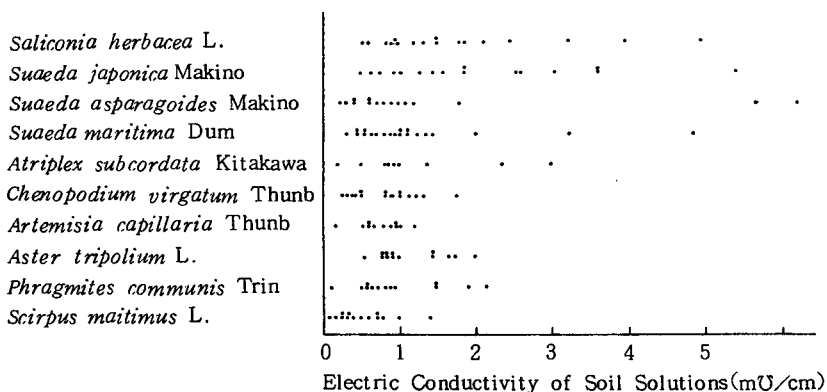


Fig. 1. Soil salinity that each salt plants were brought up.

갯개미취와 같은 植物들과 共存하고 있었다.

그리고 사철쭉(*Artemisia capillaria* Thunb)과 갯개미취(*Aster tripolium* L.)는 이들 植物들도 除鹽이 상당히 進行된 比較的 低鹽度 土壤에 自生하는 植物들로서 그 分布地의 生態의 特性을 논두렁의 北쪽 斜面과 같은 濕地에 群生하고, 이들 植物들이 優占種을 이루어 生育하는 곳에서는 禾本科 雜草가 移入되어 共存하기 시작하였다.

끝으로 갈대(*Phragmites communis* Trin)와 매자기(*Scirpus maritimus* L.)는 이들 植物들의 分布地는 주로 干拓地의 水路의 바닥과 같은 低鹽度·低濕地에 群生하며, 또 除鹽의 進行되어 作物의 栽培가 이루어지고 있는 논이나 既存의 熟畝의 水路에서도 쉽게 찾아 볼 수 있는 植物들로서 干拓畝에서는 水稻의 鹽害에 대한 指標植物로서 利用할 가치가 있는 植物로 생각된다.* 즉, 이들 植物들이 干拓畝에서 높은 頻度로 나타나는 곳에서는 水稻栽培에 대한 鹽害의 影響을 크게 염려하지 않아도 될 정도로 土壤의 除鹽이 이루어진 것으로 생각된다.

以上은 觀察結果의 概要이지만, 이들 結果를 綜合하여 보면 다음과 같은 推察을 할 수 있다.

즉, 干拓地가 造成된 후 土壤水分이 많은 곳에서는 통통마디와 칠면초가 먼저 優占種을 形成하지만 除鹽이 進行되고, 또 土壤環境도 변하게 되면 濕地에서는 사철쭉과 갯개미취가 통통마디나 칠면초를 代身하여 優占種으로 登場하는데, 이때에 비로서, 普通의 熟畝에서 볼 수 있는 植物들의 移入도 시작된다. 한편, 이보다 土壤水分이 많은 低濕地에서는 통통마디나 칠면초에 이어, 먼저 버들명아주의 移入이 나타나고, 이어서 매자기나 갈대가 群生을 形成하면서 優占種으로 나타나는 低濕 干拓地에서의 遷移關係를 알 수 있었다.

그리고 乾燥地에서는 먼저 나문재와 해홍나물 등이 優占種을 形成하게 되고, 또 갯능쟁이도 이들 乾燥地에 自生하지만 群叢을 形成하지는 않았다. 이들 地域도 除鹽이 進行됨에 따라 濕地에 먼저 移入하였던 잔디를 中心으로 한 여러 植物들이 乾燥地쪽으로 移入하는 遷移狀을 나타내었으며, 한편 除鹽이 더욱 進行되어 土壤鹽度が 더욱 낮아지면(土壤溶液의 電氣傳導도가 0.03 mv/cm 以下) 보통 熟畝의 논둑과 같은 植生을 形成하게 되지만, 가끔 干拓地 特有의 鹽生植物이 散在된 植生이 形成되는

遷移關係가 推察된다.

2. 土壤鹽도에 따른 根毛形成相

前述한 바와 같이 根毛는 水稻根의 最外層 組織으로서 土壤과 直接 接해있고, 또 養·水分의 吸收에 重要な 役割을 하는 組織으로서 鹽分의 影響을 제일 먼저 받을 것으로 생각하고, 本 調査를 實施하여 第1表와 같은 結果를 얻었다.

먼저 根毛의 形成率(表皮細胞 100個에 대한 根毛를 形成한 表皮數의 比率)인데 鹽害를 적게 받아 生育이 良好한 水稻의 冠根에서는 根毛의 形成率이 41%나 되는데 반하여 鹽害를 많이 받아 生育이 不良한 水稻의 冠根에서는 根毛의 形成率이 28%에 지나지 않았다. 그리고 鹽害의 程度가 그 中間인 水稻의 冠根에서는 根毛形成率도 그 中間值로 나타났다.

Table 1. The formation of root hairs in rice.

Salt injury	Percentage of hair bearing epidermis	Length of root hair	Electric conductivity of soil solution
	%	μm	mΩ/cm
Slight	41	191	0.05
Common	38	134	0.28
Serious	28	83	0.85

이어 根毛의 길이는 鹽害를 적게 받아 生育이 良好한 水稻의 冠根에 形成된 根毛는 그 길이도 길었으며, 鹽害를 많이 받아 水稻의 生育이 不良한 水稻의 冠根에 形成된 根毛는 그 길이도 짧았다. 그리고 鹽害의 程度가 그 中間인 水稻의 冠根에 形成된 根毛의 길이도 中間值를 나타냈다.

以上の 結果는 根毛가 作物의 地下部의 表面積을 增加시키고²⁾, 또 養·水分을 吸收하는 重要な 器官이라는 觀點에서 본다면 鹽害를 일으킬 수 있는 土壤에서 栽培된 水稻는 鹽害를 일으키지 않는 土壤에서 生育된 水稻에 比하여 不利한 立場에 있어 그 結果 地上部의 生育이 低鹽度 土壤에서 生育된 것보다 高鹽度 土壤에서 生育된 水稻가 不良한 것으로 推察된다.

摘 要

干拓地에서의 除鹽에 따른 植生의 變化와 水稻의

* 실제 干拓地에서 農民들이 干拓畝의 除鹽의 尺度로 利用되고 있다함.

根毛形成에 대한 鹽害의 影響을 알기 위하여 江華島, 南陽 및 界火島 干拓地를 中心으로 1982年 여름에 本 調査를 하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 干拓後, 低濕地에서는 통통마디와 鋤면초가 最初로 優占種을 形成하는 高等植物이었으며, 除鹽이 됨에 따라 벼들명아주가 出現했고, 또 이것에 이어 매자기와 갈대가 優占種의 자리를 차지하게 되며 매자기와 갈대가 優占種이 되는 鹽度의 土壤에서는 水稻栽培에 대한 鹽害의 影響은 問題化되지 않았다.

2. 濕地에서는 통통마디와 鋤면초에 이어 사철속과 갯개미취가 優占種을 形成하게 되고, 이때에는 單子葉 禾本科 雜草들의 移入이 시작되었다.

3. 乾燥地에서는 나문재와 해홍나물이 最初의 優占 高等植物로 登場하게 되고, 또 갯능쟁이도 있었지만 群落을 形成하지는 않았다.

4. 乾燥地에의 植物移入은 濕地를 中心으로 이미 移入된 植物들이 除鹽이 進行됨에 따라 서서히 일어나게 된다.

5. 土壤鹽度의 根毛形成에 대한 影響은 高鹽度 土壤에서 生育된 것일수록 低鹽度 土壤에서 生育된 것에 比하여 根毛形成率은 낮추고, 또 根毛長도 짧게 하는 것으로 나타났다.

引用 文 獻

1. Cailloux, M.(1972) Metabolism and the absorption of water by root hairs. Can. J. Bot. 50 : 557-573.
2. Dittmer, H. J.(1937) A quantitative study of the roots and root hairs of a winter rye plant(*Secal cereale*). Amer. Jour. Bot. 24 : 417-420.
3. Drew, M. C. and P. H. Nye(1969) The supply of nutrient ions of diffusion to plant roots in soil. II. The effect of root hairs on the uptake of potassium by root of rye grass(*Lolium multiflorum*). Plant and Soil 31 : 407 - 424.
4. Kramer, D. J.(1969) Plant and soil water relationships : A modern synthesis. Mc Graw-Hill, New York.
5. Rosene, H. F.(1943) Quantitative measurement of velocity of water absorption in individual root hairs by a microtechnique. Plant Physiol. 15 : 588-607.