

海岸干拓地 土壤의 生物學的 土性改良에 關한 研究 (第1報)

數種 鹽生植物에 依한 干拓地土壤의 除鹽效果에 對하여

洪 淳 佑 · 河 永 七 · 崔 榮 吉

(서울대학교 文理科大學 植物學科)

Biological Improvement of Reclaimed Tidal Land (I)

Desalination Effects of Saline Soil by the Growth of certain Halophytes

HONG, Soon-Woo, Yung Chil HAH and Yong Keel CHOI

(Dept. of Botany, Seoul Natl. University)

ABSTRACT

Korea has a lots of margin for security of farm land from her coastal region. The area of saline soil may be reached about 10% of present farm land if the reclamation works are finished. This paper was conducted as a part of studying the possibilities of desalination of saline soil through the experiment of some halophytes. The halophytes in this works were *Salicornia herbacea* L., *Suaeda glauca* Bunge, *Chenopodium acuminatum* Willd, and *Scirpus triquerter* L.

Of the above halophytes, *Salicornia* was proved the most effective plant for desalination of saline soil referring to the following results;

- 1) The seasonal uptake of chloride by *Salicornia* was the highest of all. However, the general tendencies of all plants showed a decrease on August.
- 2) Salinity of soil showed the lowest value on the site where *Salicornia* was grown densely. Comparing the other sites grouped by age of saline soil with the above site, the salinity of rice-paddy (10 years after reclamation) is similar to those of the site where *Salicornia* were as well as the 50 cm below the surface soil.
- 3) The maximum water holding capacity of surface soil appeared in the site of *Salicornia*, but in 50 cm below the surface, the maximum water holding capacity are almost on equal terms having no connection with the age of saline soil.

Soil pH, other chemical compositions such as organic matter, magnesium, potassium, phosphorous, and nitrate were determined to elucidate the relationship between the changes of soil properties and chemical uptakes by certain halophytes. It is assumed that the above chemical compositions are frequently affected by the factors such as coastal circulation of salts, exchangeable base, microbial growth, climatic conditions, and irrigation of water.

緒 論

우리나라의 沿岸은 앞으로 간척지 土木工事가 이루어질 경우 約 4千km²의 광대한 農土를 확보할 수 있는 餘地가 있다고 한다.

그런데 이 간척지의 토양은 대부분 silt로서 되어있고 토양의 上層部位에는 sodium, potassium, magnesium, calcium 등의 可溶性 염류가 集積 할때에 생기는 이른바 鹽土(saline soil)이다. 土壤學的 見地에서 보면 이토양은 鹽의 濃度가 높으므로 인해서 土壤粒子的 分散을 방지하며, 또한 土壤의 物理的性質과 植物의 生育에 必要로하는 各種의 營養源이 풍부하게 있어 農地로서의 利用이 그렇게 나쁜것이 아니다. 그러나 이러한 土壤에 作物을 재배하기 위하여 현재까지는 오직 排水口를 설치하여 鹽類의 濃도를 내려가게 하여주는 극히 원시적이며 時間的으로 나 經濟的인 面에서도 큰 손실이 되는 方法만을 取하여 왔다.

著者들은 이러한 鹽土에 多量으로 含有되어 있는 鹽類를 短時間內에 효율적으로 除去하는 研究計劃의 一部로서 간척지 주변에서 흔히 生育하는 鹽生物群에 依한 除鹽效果를 測定하였으며 鹽生植物의 種別 除鹽能力과 이에 따른 土壤의 物理化學的인 變化를 比較整理하였다.

本 研究에 協調해 주신 江華郡 吉祥面 草芝里 所在 干拓地 試驗所 所長 孫熙明氏에게 甚深한 謝意를 表한다.

材料 및 方法

本研究의 대상지는 江華郡 吉祥面 草芝里에 위치하는 干拓地이다. 坪의상 土壤의 연령을 0, 5年, 10年(현재 논으로사용)으로 區分하였는데 0年이란 즉 넘어의 海水가 出入하는 地域의 土壤을 意味하고, 5年이란 堤防을 해 놓은 후, 5年을 경과한 土壤으로 이곳에는 이미 數種의 鹽生植物群이 自生하고 있었다. 이곳의 鹽生植物群의 除鹽效果를 每月 測定하였는데 이들 植物의 分類는 다음과 같다.

- 퉁퉁마디 (*Salicornia herbacea* L.)
- 갯솔나물 (*Suaeda glauca* Bunge)
- 버들잎명아주 (*Chenopodium acuminatum* Willd)
- 세모골(세모고랭이) (*Scirpus triqueter* L.)

土壤의 연령이 10年인 地域은 現在의 수확량은 작으나 논으로서 試作되는 地域이다.

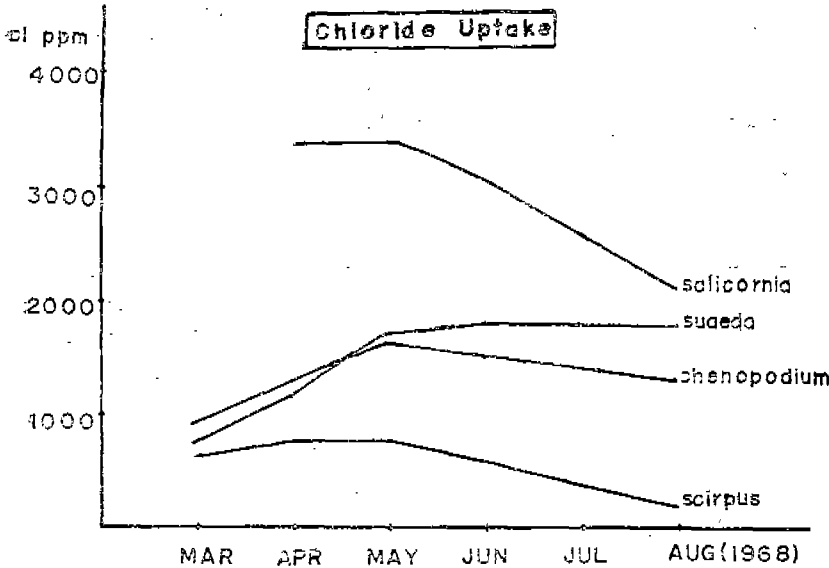
1968年 3月부터 10月까지에 月 1回씩 토양과 植物채집을 실시해 왔으며 分析에 要하는 토양은 10cm 以內的 表層과 表層으로 부터 50cm의 깊이에서 各 2kg씩 채취했다. 특히토양의 연령이 5年인 地域에서는 퉁퉁마디가 密集해 있는곳과 散在해 있는곳으로 分離區分하여 채취하고 月別 鹽分 吸收量을 測定하였다.

土壤의 成分分析은 다음과 같은 方法에 依하여 實施하였다.

- 土壤의 pH: 0.01M CaCl₂ 方法
- Salinity 및 Chloride 이온 濃度: AgNO₃ 滴定法.
- Organic-C: Tulin 法에 Wet Digestion
- Magnesium: Thiazole yellow 에 依한 依한 光電比色
- No₃-N: Noll 氏法에 依한 光電比色
- Phosphorous: Ammonium molybdate 에 依한 光電比色
- Potassium: Sodium cobaltnitrite 에 依한 光電比色

結果 및 考察

Table 1과 Fig. 1은 3月부터 8月末까지의 月別로 본 鹽生植物에 依한 鹽素이온 吸收量이다. 植物體에 害를 끼치는 鹽化마그네슘, 鎳화나트륨으로부터 이온化分離된 鹽素이온의 吸收量을 比較해 볼때 토양연령이 10年이 된 현재의 논에서 벼(*Oryza sativa*)에 依하여 흡수된 평균량이 14.32 p.p.m 임에 대하여 鹽生植物의 그것은 最下 164.48 p.p.m에서부터 最高 3248.92 p.p.m까지 이름을 보여 주었는데 이렇듯 高濃度의 鹽素이온을 吸收함에도 잘 生長하는 까닭은 세모골을 除外한 大部分의 植物이 多肉



質이라는 것과 Heimann ('67)의 說明에 따르면 生體內의 이온의 平衡率(Balanced Ratio of Ion) 때문에 鹽土에서도 生長이 可能한 것으로 믿어진다. Table 1에서 나타난 바와 같이 大部分의 鹽生植物은 4~5月頃에 最大의 鹽素이온의 吸收를 나타내고 特別히 통통마디의 경우 다른 種類의 鹽生植物보다도 約 2倍의 吸收量을 보여 주는데 이 事實은 다른 植物들의 平常時의 水分含量과는 반드시 一致하지는 않았다. 즉, 各植物의 水分含量을 測定한 결과는 통통마디 76%, 갯솔나무 80%, 버들잎명아주 76%, 세모코랭

Fig. 1. The unit of chloride uptakes are equivalent to chloride ppm per dried 1 g. of plant. Dried materials were extracted by addition of 25cc of distilled water.

이 72%, 옛던바 鹽素이온의 吸收는 물의 吸收에만 左右되지 않고 各鹽生植物의 體內外 交換性鹽基(exchangeable base)의 差異에도 영향을 받는다 고 한다.

한편 Table 2와 Fig. 2에서 보면 土壤의 연령별로 본 土壤鹽分度는 통통마디가 密集해서 生育하는 곳이 토양의 上下層을 막론하고 6月의 경우를 제외하고는 제일 낮았는데 이는 바로 통통마디에 依한 鹽素이온의 흡수가 많았던 까닭으로 보여지고 6月의 경우가 特殊한 理由는 논의 灌溉水로 因하여 논주변 干拓地의 鹽分까지 擴散된 結果로 보여진다. 특히 6月의 下層土壤의 鹽分度를 보면 3月, 6月, 9月의

Table 1, Chloride uptakes by Halophytes throughout their growing season from March to August (ppm)

Plant \ Month	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.
<i>Chenopodium</i>	930.91	1234.2	1571.7	1360.7	1370.0	1318.74
<i>Suaeda</i>	766.14	1138.9	1666.4	1724.8	1726.0	1739.4
<i>Scirpus</i>	614.41	706.7	727.6	722.60	412.0	164.48
<i>Salicornia</i>	—	3238.6	3248.9	2915.4	2498.0	2083.04
<i>Oryza satva</i>	★ 14.32					

The blank means an absence of *Salicornia* on March. The asterisked is the amount of chloride absorbed by *Oryza sativa* which was grown in rice-paddy (10 years old of saline soil).

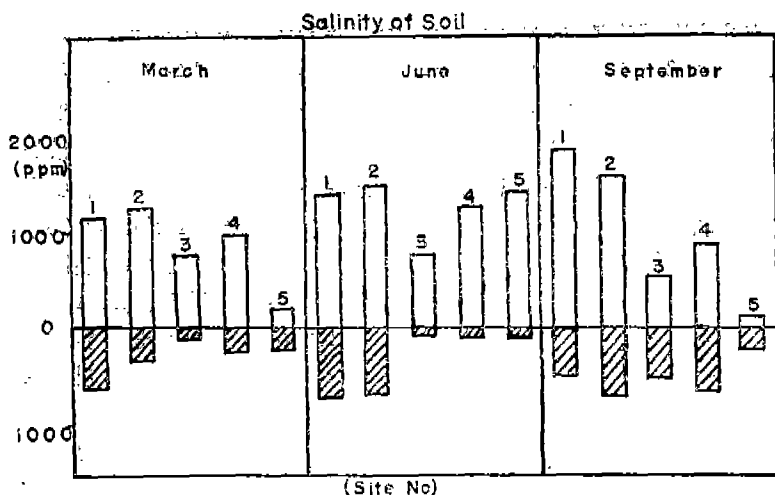


Fig. 2. The upper part is the salinity of surface soil per 1g and the below is the salinity of soil 50cm depth.

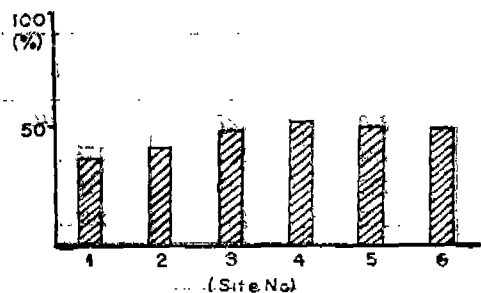
- Site 1; a tidal land
- Site 2; a tidal land of 5 years after reclamation
- Site 3; the tidal land of where *Salicornia* were grown densely
- Site 4; the tidal land of where *Salicornia* were grown sparsely
- Site 5; rice-paddy of 10 years after reclamation

Table 2. Salinity of Soil

(Surface Soil)				(Below part-50cm Depth)			
Month	March	June	September	Month	March	June	September
Site No.				Site No.			
1.	1173.47	1399.6	1813.25	1.	648.27	769.9	515.5
2.	1225.78	1460.0	1559.75	2.	362.35	763.3	731.75
3.	729.17	769.96	528.5	3.	142.62	113.2	569.25
4.	972.21	1254.4	854.25	4.	290.54	119.6	691.25
5.	199.84	1494.4	122.0	5.	263.92	119.8	244.00

1 g of soil samples were diluted with 10cc distilled water.

Maximum Water Holding Capacity of Surface Soil



Maximum Water Holding Capacity in the Depth of 50cm

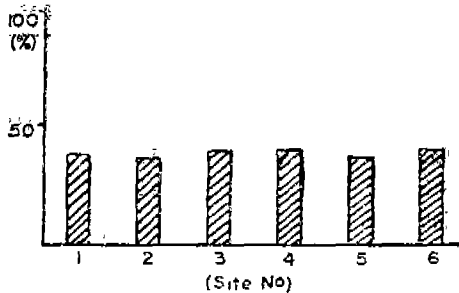


Fig. 3. The site number of 1, 2, 3, 4, and 5 are the same as in case of Fig. 2. The site number 6 is rice-paddy of 30 years after reclamation.

습물과 별다른 차이를 보여주지 않음을 보아서 쉽게 類推할 수 있다.

먼저의 Fig. 1과 2를 비교하여 볼때, 鹽生植物의 鹽素이온 吸收가 8月以後 감소해가는 경향을 보여 주는데, 干拓地의 鹽分을 鹽生植物에 依하여 除去하기 위해서는 鹽生植物의 有機物循環을 막아주는 조치를 取함이 옳을것 같다. 鹽生植物의 有機體가 그대로 干拓地土壤에서 分解될 때에는 다시금 鹽素이온이 土壤으로 되돌아갈 수 있기 때문이다. 實際로 Hugo Boyko는 死海(Dead Sea)에서 行한 結果를 報告하였는데 鳶尾科(등심초科)의 一種인 *Juncus maritimus*를 二回에 걸쳐서 除草해 버린 結果 土壤의 나트륨과 鹽素成分이 明確히 減少해졌음을

報告했다. 이러한 事實로 미루어보아 우리나라 干拓地의 경우도 每年 가을의 時期를 擇하여 除草해 주어야 鹽分이 감소될 것으로 보인다.

Fig. 3은 鹽素이온의 吸收가 제일 많은 통통마디가 密集, 또는 散在하여 있는곳을 포함한 各 土壤의 연령별 最大容水量(Maximum Water Holding Capacity)을 나타낸 것이다. 各地點의 土壤을 105°~110°C로 乾燥했을 때의 重量을 W로 表示하고 單位時間當 吸收한 水分과 土壤의 重量을 W' 라 하면 最大容水量(C)은 $\frac{W'-W}{W} \times 100\%$ 의 式으로 求하여진다. 이 값은 土壤이 含有할 수 있는만큼의 最大毛管水量(Maximum Capillary Water)을 나타내는 것이다. Fig. 3에서와 같이 干拓地의 上層 土壤은 통통마디가 密集해 있는 곳의 土壤이 最大를 나타내고 下層은 연령과는 無關하게 거의 비슷한 結果를 나타내었다.

통통마디가 자라고 있는 土壤의 一般의인 특징은 흔히 鹽度가 높고(1~4%) 또한 대단히 濕한 곳으로 記述되어 있다. 또한 통통마디는 體液自體의 鹽度가 매우 높은 植物로서 알려져있다.

Table 3. Maximum Water Holding Capacity of Experimental Soil (%)

Site No.	1	2	3	4	5	6
Surface	37.8	41	52	49	50	49
Lower part	38	36.5	39	39	37	39

土壤의 연령과 그 깊에따른 pH를 보면 Table 4에서 보는바와 같이 下層土壤에서는 比較的 一定한 범위를 나타내고 있으나 表層土壤은 傾向性을 나타내지 않았다. 다만 통통마디가 자라고있는 토양이 酸度가 약간 높음을 보여준다. 表層土壤이 傾向性을 보여주지 않는점은 鹽類의 循環過程과 季節에 따른 含水量차이로 해석되는데 이른바 바다와 接해있는 地域에서 계속적으로 進行되고 있는 鹽類의 coasta circulation 때문으로 보인다.

Table 4. Soil pH

(Surface Soil)				(Lower Part)			
Month	March	June	September	Month	March	June	September
Site No.				Site No.			
1.	6.96	7.24	6.8	1.	6.29	6.70	6.8
2.	5.85	7.03	6.8	2.	6.15	6.82	6.6
3.	5.65	9.88	5.8	3.	5.90	6.91	6.6
4.	5.78	6.94	6.6	4.	5.90	6.91	6.6
5.	6.0	6.22	7.1	5.	5.88	6.90	6.4

Table 5. Nitrate Contents of Experimental Soil

(Surface Soil) g/kg of soil (Lower part)

Month	March	June	September	Month	March	June	September
Site No.				Site No.			
1.	0.058	0.36	0.085	1.	0.053	0.27	0.09
2.	0.042	0.32	0.102	2.	0.055	0.109	0.084
3.	0.046	0.32	0.081	3.	0.022	0.21	0.083
4.	0.027	0.39	0.085	4.	0.022	0.31	0.080
5.	0.044	0.46	0.180	5.	0.014	0.12	0.091

Table 6. Phosphorous Contents of Experimental Soil
(Surface Soil) g/kg of soil (Lower part)

Month Site No.	March	June	September	Month Site No.	March	June	September
1.	0.08	0.25	0.051	1.	0.05	0.69	0.042
2.	0.046	0.59	0.055	2.	0.07	0.74	0.055
3.	0.05	0.50	0.051	3.	0.07	0.64	0.530
4.	0.061	0.29	0.050	4.	0.09	0.54	0.049
5.	0.046	0.29	0.040	5.	0.06	0.47	0.041

Table 7. Organic Matter of Experimental Soil
(Surface Soil) g/kg of Soil (Lower part)

Month Site No.	March	June	September	Month Site No.	March	June	September
1.	0.8878	0.564	0.542	1.	0.7851	0.3936	0.3796
2.	0.2772	0.112	0.113	2.	0.6014	0.3984	0.3624
3.	0.4145	0.3984	0.3829	3.	0.5084	0.416	0.3929
4.	0.3316	0.201	0.276	4.	0.5676	0.564	0.5213
5.	0.9166	0.536	0.5472	5.	0.3812	0.2754	0.2805

Table 8. Magnesium Contents of Experimental Soil
(Surface Soil) g/Kg of Soil (Lower part)

Month Site No.	March	June	September	Month Site No.	March	June	September
1.	0.513	0.55	0.61	1.	0.511	0.51	0.60
2.	0.524	0.53	0.71	2.	0.521	0.51	0.60
3.	0.513	0.50	0.62	3.	0.511	0.56	0.61
4.	0.515	0.51	0.90	4.	0.523	0.53	1.06
5.	0.520	0.51	0.61	5.	0.510	0.510	0.62

Table 9. Potassium Contents of Experimental Soil
(Surface Soil) g/kg of of Soil (Lower Part)

Month Site No.	March	June	September	Month Site No.	March	June	September
1.	0.098	0.014	0.027	1.	0.074	0.01	0.069
2.	0.067	0.029	0.027	2.	0.069	0.028	0.021
3.	0.071	0.075	0.022	3.	0.071	0.025	0.029
4.	0.097	0.051	0.011	4.	0.060	0.069	0.028
5.	0.109	0.020	0.069	5.	0.051	0.065	0.025

Table 5, 6의 경우 NO₃-N와 phosphorous는 土壤의 연령에 관계없이 6월에 急激히 증가하고 以後 減小하는 傾向을 보여주는데 이는 土壤微生物의 消長關係와 有機物の 分解에 따르는 현상으로 보인다. 干拓地 土壤의 有機物, magnesium, potassium 등의 含量은 Table 7, 8, 9에서 보는바와 같이

季節的인 差異가 심하게 나타나지 않았다. 特히 海水가 出入하는 地域의 含水量은 他地域 土壤 에 못하
지 않게 含有되어 있음을 볼때 干拓地 土壤의 物理 化學的 特性은 長久한 時間이 경과되어도
쉽게 變하지 않는 다는것을 보여준다.

그러나 干拓地 土壤의 改良에 있어서 제일큰 問題點이되는 鹽素와 sodium 成分의 除去는 自然界의
物質循環을 막아주는 方法이 가장 効果的으로 판단되며, 등퉁마디를 비롯한 여러가지 鹽生植物이 生
育하는 土壤의 鹽分度가 減少하는 것은 水分吸收以外에 植物體에 依한 有機酸의 游離에도 關係가있음
을 實驗室內 實驗에서 確認되었다(Hong et al. a 1969, b,c 1968). 이는 別途의 實驗過程에서 얻어진 結
果이지만, 植物體에 含有되어 있는 여러가지 有機酸中에서, 羧酸과 호박산을 干拓地 土壤에 處理한
결과는 高濃度處理區에서 鹽分度가 顯著히 감소되었음을 알 수 있었는데 이는 아마도 有機酸이 土壤
에 첨가되어 置換反應이 일어난 結果이거나, 有機酸 및 有機物이 주어짐으로, 土壤微生物의 增殖에
기인 것이 아닌가 推論된다(Hong et al. a 1969, b, c 1968) Berkmann에 依하면, 一例로서 醋酸은
쉽게 아미노초산(glycocol, CH_2NH_2COOH)이 될 수 있고, 다른 有機酸도 Carboxyl基 또는 Amino基
가 이온反應을 한다는 것이다.

要 約

干拓地에 生育하는 數種의 鹽生植物中에서 등퉁마디(*Salicornia*)에 依한 鹽素이온의 吸收가 最大值를
보여주었고, 그다음은 갯솔나물(*Suaeda*), 버들일명아주(*Chenopodium*), 세모골(*Scirpus*)의 순서였다.
 등퉁마디가 調密하게 자라는 地域의 表層 最大容水량은 52%로서 最大였으나 下層의 경우는 거의 비
슷한 含水量을 나타내었다.

土壤의 pH는 表層에서 一定한 傾向을 보여주지 않았고 下層은 比較的 一定하였다. 土壤의 연령별
鹽度는 역시 등퉁마디가 調密하게 生育하는 土壤에서 最下를 나타내었고 下層의 경우는 10年(논)이
경과한 土壤의 鹽度와 비슷한 값을 나타내었다.

試驗地 土壤의 化學的 成分中에서 NO_3-N^{\ominus} 와 phosphorous는 上下層 모두 6월에 增加를 보이고 有機
物, magnesium, potassium 등은 季節的인 差異를 보여주지 않았는데 이는 沿岸干拓地의 독특한 현
상인 Coastal Circulation 때문이라고 推測된다.

文 獻

1. Institute of Agriculture. 1959. Soil Survey Manual
2. Thomas Greweling and Michael Peech. 1960. Chemical Soil Test. Bul. 1960. Cornell Univ. Agri Expt. Station
3. Hugo Boyko. 1967. Salt Water Agriculture. Scientific America. Vol. 216 No. 3
4. Hugo Boyko and Elisabeth Boyko. 1964. Principles and Experiments regarding Direct Irrigation with Highly Saline and Sea Water without Desalination. Transactions of the N.Y. Academy of Sciences Ser. II. Vol 26
5. Bower, C.A., and et al. 1951. The Improvement of an Alkali Soil by Treatment with Manure and Chemical Amendments. Oreg. Agrt. Expt. Stat. Tech. Bul. 22, 37 pp Illus.
6. Krishnamoorthy, C., and Overster R. 1950. An Experimental Evaluation of Ion-Exchange Relationship. Soil Sci 69: 41-53
7. Robert. R.C. 1950. Chemical Effects of Salt Tolerant Shrubs on Soil. 4th. Internatl. Cong. Soil Sci. Trans. 1:404-406

8. Sampson. A.W. 1939. Plant Indicators-Concept and Status. Bot. Rev. 5:155-206 Illus.
9. U.S. Salinity Staff.1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil. Agri. Handbook No. 60.
10. 生態學實習懇談會(朝倉書店). 1967. 生態學實習 p. 33. 日本, 東京.
11. Hong,Soon Woo, Yung Chil Hah, Yong Keel Choi. 1969. a.(Unpublished) The Effects of Organic acid treatment on Saline Soil.
12. Hong, Soon Woo, Yung Chil Hah, and Kwang Woong Lee. 1968, b. Biological Improvement of Reclaimed Tidal Land Soil(II). Changes of Soil-microbiological Populations in Reclaimed Tidal Land. Kor. Jour. Microbiol 1.6(4)
13. Hong, Soon Woo, Yung Chil Hah, Kwang Woong Lee and Yong Keel Choi. 1968. c. Biological Improvement of Reclaimed Tidal Land Soil (III). Changes of Saline Soil by addition of Organic Materials Kor. Jour. Microbiol 1.7 (1).