

海岸干拓地 土壤의 生物學的 土性 改良에 關한 研究(第3報)

—有機物添加에 따르는 土壤成分의 諸 變化에 對하여—

洪淳佑 · 河永七 · 李光雄 · 崔榮吉

(서울大學校 文理科大學 植物學科)

Biological improvement of reclaimed tidal land soil (Ⅲ)

—Changes of saline soil by addition of organic materials—

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

(Department of Botany, Seoul National University)

ABSTRACT

Two kinds of organic materials, powders of *Salicornia* and *Oryza sativa* L. were added as a source of organic matter to the suspensions of saline soils(soil : water=1 : 3) to be 4 per cent of dried saline soil grams. And then, the samples were incubated at 28°C to improve the decomposition of organic materials by soil microflora. Results of this experiment are summarized as followings:

1) The pH of soil suspension showed its highest value on the second or third week after the treatments, which were similar to those of the soil microflora populations.

2) Salinity increased up to the second week and the highest value of it appeared in the samples which were treated with the powder of *Salicornia*. In general, the salinity of all samples decreased on the third week after the treatment. The fact was assumed the possibilities of desalination from saline soil by the microbial actions.

3) Soil microflora such as bacteria, actinomycetes and fungi, were determined its populations in accordance with week intervals. It is generally believed that the most significant role of soil microflora is to act as decomposer in soil. Both of the bacteria and actinomycetes population showed its highest values in the second week after the treatment of organic materials and fungal population showed in the third week after the treatment. In general, 30-year old of saline soil contained microbial population much more than those of 5-year old of saline soil. *Salicornia* powder favored the increase of both the bacteria and fungal population, and *Oryza sativa* L. seemed to have been a great role in increase of actinomycetes. Especially, fungal population of the untreated soil suspension contained higher microbial populations more than those of the soils treated with both of the organic materials.

4) Sugar contents of soil suspensions decreased remarkably on the first week after the treatments.

5) The amount of nitrate had similar tendency to those of population changes of soil microflora. Total acidity decreased continuously and the amount of potassium showed its highest value on the third week after treatment. However, the amount of phosphorus was determined to be insignificant.

結 論

前報「數種 鹽生植物에 의한 干拓地 土壤의 除鹽效果에 對하여」 및 「干拓地 土壤에 있어서 微生物의 分布變化에 對하여」에서 筆者들은 效果的인 除鹽 및 耕土化 方案을 究구하기 위한 基礎知識을 얻고져 이미 鹽生植物의 生育에 의한 鹽類의 除去와 干拓地 土壤中의 微生物의 分布調査를 實施한바 있다. 鹽生植物은 周知하는 바와 같이 鹽分이 많은 土壤에 自生하고 그의 有機體는 分解者인 土壤微生物에 依하여 分解되어 自然界의 有機物質 循環過程을 밝게된다. 本人들은 干拓地 土壤에 添加된 有機物에 依하여 惹起되는 土壤微生物의 消長關係와, 또 이들 土壤微生物에 依하여 分解, 生成된 有機酸을 비롯한 各種의 分解產物이 干拓地 土壤, 즉 鹽土(saline soil)의 pH, 鹽度(salinity) 酸度(acidity), 糖分, nitrate, phosphorus, potassium 等 諸 性質 및 成分을 어떻게 變化시키는가를 究明하고져 試圖하였다.

材料 및 方法

本 實驗에 使用된 土壤은 江華郡 吉祥面 草芝里에 位置한 干拓地の 鹽土로서, 堤防 工事が 完了된 後 20~30年 經過된 土壤(現在 논으로 耕作中)과 3~5年이 지난 土壤의 各 表層土(10 cm 以內)만을 對象으로 하였다.

17들이 三角후라스코를 乾熱滅菌한 다음 乾燥量 200 gr에 相當하는 上記의 濕土壤을 넣고, 滅菌증류수를 넣어서 全量이 600 ml가 되도록 하였다. 여기에 現地에서 採取한 통통마디(*Salicornia herbacea* L.)와 벼(*Oryza sativa* L.)질을 粉末 細分化한 다음 土壤 200 gr의 4%에 해당하도록 秤量하여 간헐덜균한 다음 無菌室에서 有機物로서 넣어 주었다. 그리고 후라스코를 滅菌된 솜마개로 막은 다음 約 30分間 진탕 배양시키고 이를 恒溫室에 넣어 土壤微生物에 依한 有機物分解를 促進하였다.

이러한 soil suspension을 試料로 하여 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 週別로 實驗에 使用하였다.

實驗區는 편의상 여섯區로 區分하였으므 그 內容은 다음과 같다.

第①區: 30年生 鹽土(有機物 處理하지 않은 比較區)

第②區: 30年生 鹽土+통통마디 粉末處理

第③區: 30年生 鹽土+벼질 粉末處理

第④區: 5年生 鹽土+(有機物 處理하지 않은 比較區)

第⑤區: 5年生 鹽土+통통마디의 粉末處理

第⑥區: 5年生 鹽土+벼질의 粉末處理

한편 土壤微生物의 消長關係는 主로 bacteria, fungi, actinomycetes를 對象으로 하여 調査하였으며 一定한 비율로 희석된 各 試料를 平板培地法으로서 다음과 같이 實施하였다.

Bacteria: Nutrient agar medium에 植菌하고 2日 後에 colony 數를 셈하였다.

Fungi: Czapek's sucrose nitrate agar medium에 植菌한 後, 第 7日에 colony를 셈하였다.

Actinomycetes: Bacteria와 fungi의 生長을 억제하기 위하여 1:3,000의 土壤 희석용액 5 ml을 140倍로 희석된 phenol-용액 5 ml에 注入하고, 9~7分後에 이 phenol-soil dilution을 取하여 Jensen氏 agar medium에 接種하였다. 그리고 14日後에 항온조로부터 꺼내어 colony 數를 셈하였다.

土壤微生物調査와 同時에 進行된 土壤成分의 變化調査는 다음과 같은 方法을 導入하여 實施하였다.

pH: 0.01 M CaCl₂에 依한 方法

酸度: Bromothymol blue에 依한 方法

糖分: Anthron 試法에 依한 光電比色 方法

Nitrate: Noll氏法에 依한 光電比色 方法

Phosphorus: Ammonium molybdate blue에 依한 光電比色 方法

Potassium: Sodium cobalt nitrite에 依한 光電比色 方法

鹽度: AgNO₃에 依한 滴定法.

結果 및 考察

一般的으로 土壤에 有機物を 供給하여 주면, 土壤微生物의 急激한 增殖이 일어나게 되고 그 結果 有機물이 活潑히 分解되어 土壤의 肥沃度가 높아진다. 뿐만 아니라 微生物이 分泌하는 粘質物質이나 菌絲等이 土壤 粒子를 둘러싸게 되어 粒團化하여 土壤의 texture를 改良해 줌으로서 通氣, 물의 침투 및 保水能이 좋은 土性으로 變化시켜 주는 것이다.

本 實驗은 土壤試料에 두 種類의 有機物을 첨가함에 따라 일어나는 土壤微生物의 消長과 土壤成分의 變化를 관찰하였다.

이 때 유기물을 처리하지 않은 實驗區는 全 培養期間을 통하여 그 색깔이 거의 변하지 않으나 유기물 처리구에 있어서는 모두가 3~4日 후 부터 그 색이 변하기 시작하여 第2週 정도에 이르러서는 肉眼으로 識別할 수 있을 정도로 대단히 검은 색깔을 나타내었다. 뿐만 아니라 그 부피 역시 無處理區에 있어서는 別다른 變化가 없었으나 有機物 處理區에서는 많은 增加가 이루어져 土壤의 physical texture가 훨씬 부드러워 짐을 볼 수 있었다. 이와 같이 有機物의 첨가로 인한 색깔의 變化는 많은 태양열을 흡수케 하여 土壤內 諸 生物學的 作用을 활발하게 進行시켜 주며(Berkmann, 1958) 그 texture를 改良하여준 사실등은 有機物의 첨가와 微生物學的 作用으로 干拓地 土壤을 耕土化시킬 수 있음을 暗示하여 준다.

土壤 微生物中 bacteria는 有機物 分解에 있어서 다른것 보다 多少活潑한 것으로 간주되며 硝化作用, 硫黃酸化 및 窒素固定을 하는데 크게 이바지 한다. 自養性 bacteria의 경우는 암모니움, 硫黃, 鐵 따위의 鑛物成分을 酸化하여 에너지를 획득하고 他養性 bacteria는 土壤有機物로부터 에너지를 획득하며, 이들은 普通 耕作條件이 양호한 土壤의 乾土 1g에는 10⁹ 程度까지 많은 數가 增殖되고 있음이 알려지고 있다. Fig. 1은 有機

物 處理後 第1週부터 6週까지에 나타나는 bacteria의 消長關係를 나타낸 것이다.

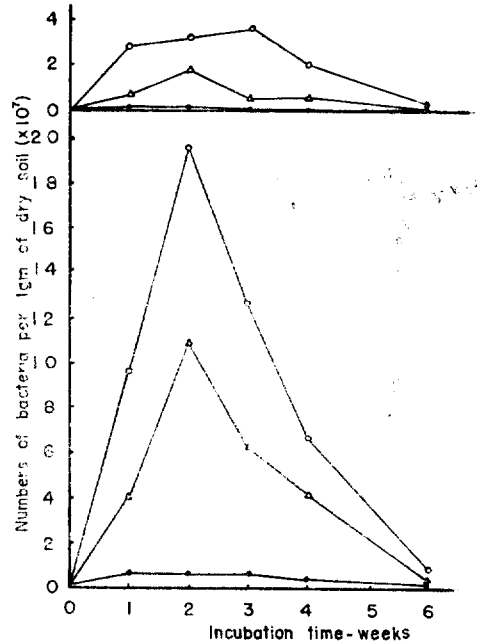


Fig. 1. Number of bacteria per gram of dry soil is equivalent to the multiplication of 10⁷. Bacteria was inoculated on the nutrient agar medium and was counted in two days after the inoculation. The highest values of bacteria population appeared on the second week after treatment of organic matters.

The upper figure is 5 years old and the below is 30 years old. And the figures on the following pages are in same orders. The black point-line (—●—) means control, the white point-line (—○—) was treated with the powder of *Salicornia*, and the triangular point-line (—△—) was treated with the powder of *Oryza sativa* L. All the lines on the following pages are same in case of Fig. 1.

이것을 보면 5年生과 30年生 土壤에 있어서 有機物을 處理한 實驗區나 處理하지 않은 實驗區를 막론하고 bacteria의 個體數는 數的인 差異가 있으나 培養時間經過에 따른 菌數의 消長을 보면 그 대부분이 第2週에서 最大로 增加하였다가 그 以後 急速히 감소함을 볼 수 있다. 그러나 第2週에 細菌의 증

가 비율은 有機物을 處理하지 않은 實驗區 보다 處理한 區가 극히 높다. 즉 無處理 5年生 土壤의 경우 最初에 2.2×10^5 程度인 것이 第2週에 이르러 이것의 3倍로 증가하였으나 밧짚 處理區에 있어서는 90倍, 통통마디 處理區에서는 150倍나 증가하였으며 最初의 菌數가 1.5×10^6 인 30年生 土壤의 경우 제 2週에 이르러 無處理區는 3倍, 밧짚 處理區는 73倍, 통통마디 處理區는 130倍나 증가함을 볼 수 있었다. 以上の 結果로 볼 때 30年生 土壤보다 5年生 土壤에 有機物을 첨가함이 더 効果的이였으며 또한 밧짚보다 통통마디가 더 効果的임을 알 수 있다.

上記 諸事實로 볼 때 干拓地 土壤의 土性을 改良함에는 有機物을 첨가하여 줌이 때

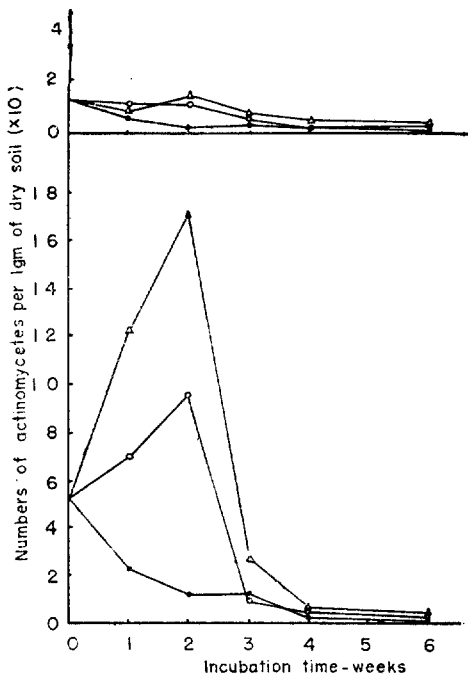


Fig. 2. Number of actinomycetes per gram of dry soil is equivalent to the multiplication of 10^4 . Actinomycetes was inoculated on the Jensen's agar medium and was counted on 14 days after the inoculation. The highest values of actinomycetes populations appeared on the second week after organic treatment. *Oryza sativa* L. favored more increase in the growth of actinomycetes than in those of *Salicornia*.

우 效果的이라는 것을 알 수 있다.

有機物을 添加하고 生長을 助長시킨 後, actinomycetes의 消長關係를 觀察한 結果는 Fig. 2에 表示되었다.

Actinomycetes의 增殖이, bacteria의 경우와 같이 30年土에서 더 많았던 것은 前報 第2報(Hong, et al, 1968)에서 言及한 바 있으며, 有機物이 添加된 土壤試料에서 第2週에 菌數의 最大値를 보였다가 減少하는 傾向은 역시 위의 bacteria와 같이 理解될 수 있다. 그런데 添加된 有機物의 種類에 따른 이 菌의 增殖에 對해서는 위의 bacteria와는 反對로 통통마디보다 밧짚의 效果가 30年土와 5年土에서 同一하게 더 컸음을 보여 주고 있었으며 有機物을 添加하지 않았던 試料에서는 처음부터 계속 減少하는 傾向을 보였다. 이는 actinomycetes가 bacteria에 依하여 分解하기 어려운 物質 즉 lignin 등을 더 활발히 分解한다는 사실로 미루어 보아(Quastel, 1965) 통통마디보다 밧짚속에 이 菌의 代謝에 유리한 lignin과 같은 물질이 더 많았기 때문에 추측되는 한편 통통마디분해시에 遊離될 수 있는 多量의 強鹽基類가 억제적 역할을 한 것으로 사료된다.

그러나 이 점에 대해서는 아직 확실한 結論을 얻지 못하였으므로 계속적 研究가 要求된다.

有機物 添加에 따른 微生物의 증식율은 bacteria의 경우와는 달리 통통마디添加區가 最高증식期인 第2週에 이르러 처음 數의 약 2倍程度, 밧짚添加구가 약 3倍程度로 증식했을 뿐이었다. 이것은 bacteria와 actinomycetes의 活動에 있어서 그 最適環境이 일치하지 않음을 보여주고 있다.

또 30年 土壤에서 5年土보다 더 많은 증식을 나타낸 것은 각 토양의 토성의 차이와 특히 30年 토양에 함유되어 있는 염도가 현저히 낮았다는 사실에 기인하는 것이라 생각된다(Hong, et al., 1969a).

Fig. 3에 나타낸 것은 6週間에 걸친 토양內 fungi의 消長關係이다. 第1,2週에서는

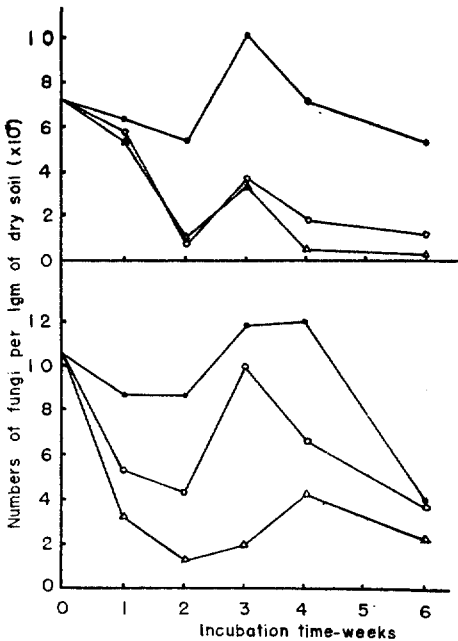


Fig. 3. Number of fungi per gram of dry soil is equivalent to the multiplication of 10⁴. Fungi was inoculated on the Czapek's sucrose nitrate agar medium and was counted on 7 days after the inoculation. The highest values of fungal populations appeared on the third week after the organic treatment. Referring to the graphs, organic materials seemed to have no contributions for the growth of fungi.

最初보다 더 적은 균수를 보이다가 第3週 또는 第4週에서 최대치를 보였으며 이후 다시 감소하는 경향을 나타내고 있다. 또 5年生土壤과 30年生土壤에 유기물을 처리한 實驗區는 처리하지 않은 實驗區보다 일반적으로 낮은 生長을 보여 주고 있었다. 5年生土壤의 경우에 있어서는 통통마디와 벗짚의 효과가 같았으나 30년토의 경우에는 통통마디 처리區에 비하여 벗짚처리區에서 현저한 증가를 나타내었다.

이 원인에 대하여는 유기물 첨가로 그 생장이 활발하였던 bacteria와 actinomycetes가 共存하고 있는 상태에서 산소分壓이 적어졌을 뿐 아니라 충분한 aeration이 이루어지지

못한 환경이 있다는 사실도 중요한 원인이 라고 볼 수 있으며 또한 有機物이라도 처리된 實驗區에서 可溶性鹽類의 集積이 많아진 결과로 볼 때 鹽類에 의한 균류의 증식력 감소에 기인한 것이 아닌가 사료된다.

30年生土壤에 있어서 통통마디를 처리한 實驗區가 벗짚보다 약 2배의 증식율을 나타낸 것은 통통마디의 유기물 함량이 벗짚의 그것보다도 많았던 까닭으로 보인다.

이상의 諸結果로 보건대 大體로 干拓地土壤에 있어서 微生物의 增殖은 有機物을 첨가함이 効果의이며 有機物의 種類, 土壤의 含水量, 溫度, 鹽度 등이 同一한 條件下에서는 첨가된 유기물의 量에 따름을 알 수 있다. 또한 첨가된 유기물의 種類에 따라 이를 활발히 分解할 수 있는 특정한 微生物의 增殖率이 높음을 알 수 있다. 따라서 干拓地土壤의 土性を 改良함에 있어서는 유기물을 供給하여 微生物을 增殖시킴으로서 土壤內의 化學的 및 生物學的 作用에 필요한 能量의 吸收 및 texture를 증대시켜 더욱 그 效果를 높여 주어야 할 것으로 사료된다.

Table 1. Hydrogen ion concentrations of soil samples treated with organic matter and controls.

Sample No.*						
Time of incubation	1	2	3	4	5	6
1 Hr.	5.60	5.23	5.80	7.00	6.51	5.32
4 Hrs.	5.70	5.78	5.85	7.10	6.68	5.64
7 Hrs.	5.20	5.91	6.78	6.14	6.82	6.55
24 Hrs.	5.43	6.20	6.59	6.78	7.58	7.78
1 Week	5.70	7.03	7.08	7.59	7.77	7.79
2 Weeks	5.27	7.19	6.63	7.43	8.22	8.12
3 Weeks	6.05	7.07	6.88	7.58	8.40	8.25
5 Weeks	5.32	7.28	6.92	7.50	8.48	8.04

(*): (1) 30-year soil treated with no organic matter (Control);
 (2) 30-year soil treated with *Salicornia* powder;
 (3) 30-year soil treated with *Oryza* powder;
 (4) 5-year soil treated with no organic matter (Control);
 (5) 5-year soil treated with *Salicornia* powder;
 (6) 5-year soil treated with *Oryza* powder.

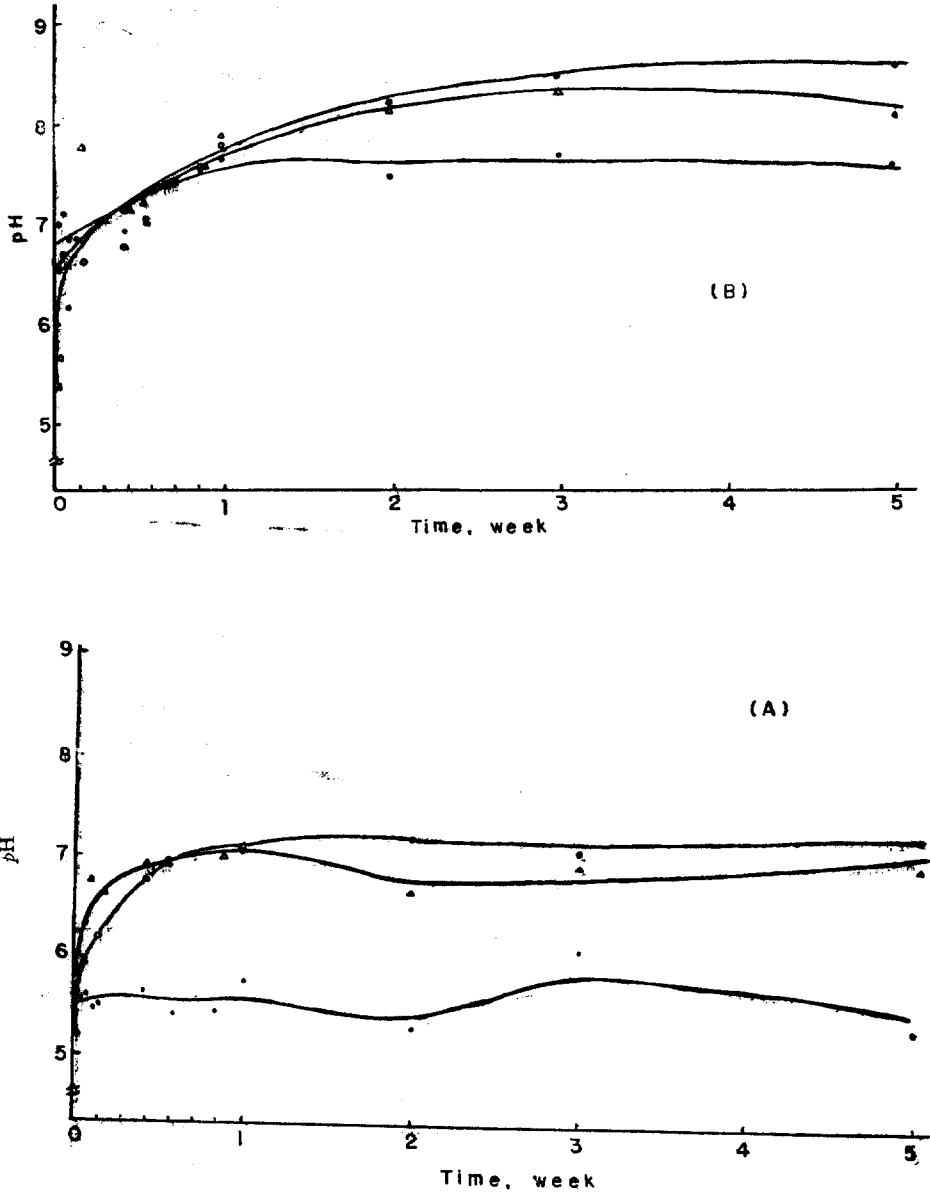


Fig. 4. Graph shows the changes of soil pH after treatments with or without organic matters. (A) 30-year soils (B) 5-year soils.

이 때에는 어떤 土壤微生物의 効果를 期待 할 것인가 하는 目的에 따라서 有機物 供給을 選擇적으로 함이 필요하다. 그러므로 第 1,2報(Hong, 1968b, 1969a)의 결과와 綜合해 볼 때 鹽土에 自生하는 통통마디가 鹽 分除去에 큰 效果를 보인점과 아울러 有機

物供給面에서의 效果도 重要な 것이라 思料 된다.

Fig. 4는 土壤의 pH를 나타낸 것으로 30 年生 土壤의 比較區를 除外한 大部分의 鹽 土는 pH의 增加를 보여준다.

이러한 pH의 增加는 第3週에서 比較區

를 포함하여 最大值를 보여주다가 3週以後부터 減少하는 傾向을 나타내었다. 이것은 山根(1961)가 논 土壤에 植物體의 有機成分을 處理한 實驗結果와 一致한다.

그는 浸水狀態下에서 土壤微生物에 依하여 分解되는 植物體의 모든 有機成分은 2~3週內에 土壤의 pH를 높여주며 特히 lignin의 分解에 依한 效果가 가장 크다고 하였다.

以上과 같이 有機物이 添加된 浸水狀態下의 土壤에 있어서 pH가 上昇하는 것을 Quastel(1965)는 生成된 有機酸에 依하여 土壤과 貝殼의 Ca 같은 不溶性 알카리 土金屬이 溶解되어 나오기 때문이라 하였다.

村上(1961)는 干拓地土壤에 特히 硫黃化合物이 많다고 하였는데 그러한 土壤에서는 이들 硫黃化合物이 酸化되어 SO₃ 또는 SO₄로 되므로 因하여 土壤이 酸性화된다고 하였다. 그러나 이 酸性土壤을 浸水狀態로 바꾸어주면 土壤全體가 還元狀態로 되고 이에 따라 SO₃와 SO₄도 還元되기 때문에 pH가 上昇한다고 하였다.

本 實驗이 干拓地土壤을 試料로 使用하였으므로 上記 兩說이 모두 適用될 수 있으나 本人들이 別途로 succinic acid, oxalic acid 등의 有機酸을 處理하여 實驗한 結果와(Hong et al., 1969d, unpublished), 위의 Fig. 1, 2, 3에서 보는 바와 같이 微生物의 增殖이 2~3週에 最大로 되는 것으로 보아 有機酸에 依한 알카리 土金屬의 溶解가 더 큰 役活을

Table 2. Salinity(ppm) of soils treated with organic matters. One ml of soil suspension was diluted with 9 ml of distilled water.

Sample No.						
Time of incubation	1	2	3	4	5	6
1 Hr.	31.19	202.9	44.22	200.3	511.93	268.27
1 Week	57.25	176.8	96.15	559.3	723.3	637.4
2 Weeks	20.73	195.0	91.01	481.3	751.9	645.1
3 Weeks	13.0	51.93	26.05	143.3	182.2	156.15
5 Weeks	6.42	45.5	25.8	136.5	169.0	143.9

하지 않는가 생각된다.

Fig. 5와 Table 2는 土壤의 鹽度變化를 나타낸 것이다.

鹽度變化의 傾向을 아래 그림에서 찾아보

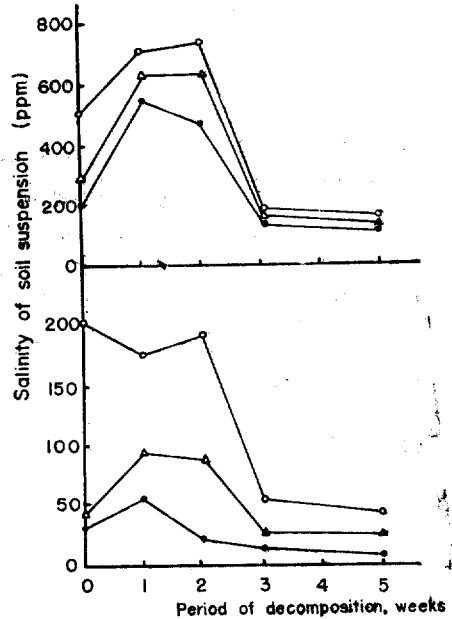


Fig. 5. Salinity of soil suspension increased up to the third week after the treatment of organic matter. Measurement of salinity was applied to the AgNO₃ titration method. The upper and below are the same as in case of Fig. 1.

면, 30年生 土壤과 5年生 土壤의 比較區의 鹽도가 제일 낮았으며, 통통마디를 供給하여 준 土壤의 鹽도가 높은 現象을 나타낸다. 이는 통통마디가 많은 鹽基를 지니고 있어서 soil suspension에 점차로 遊離되기 때문으로 생각된다. 大部分의 實驗區에서 第3週에 最大의 鹽도를 보여주고 以後 下落하는 傾向을 나타내었는데 이러한 現象의 原因은 아마도 土壤微生物의 增殖에 따르는 間接的인 영향이 아닌가 생각된다. 一般적으로 土壤中の 有機物은 分解者인 土壤微生物에 依하여 分解되면 여러가지 有機酸을 비롯하여 交換性鹽基(exchangeable base)가 遊離되는데 그러한 分解產物이 第3週에 즈음

하여, 첨가된 有機物의 分解가 完了되면서 鹽度を 減少시켜 주는 것으로 推測되는 것이다. (Berkmann, 1954)

有機酸, 즉 succinic acid 와 oxalic acid 만을 處理하여준 別途의 實驗(Hong et al., 1969d, unpublished)에서의 結果도 上記와 같은 意見을 갖게 하여 주었다.

그러나 鹽土壤中에서 有機酸의 添加에 따르는 明確한 化學的 反應은 앞으로 追究되어야 할 課題中의 하나라고 믿어진다. 結果의 所以로 第3週以後에 鹽도가 減少한 事實은 有機物 添加의 참뚝이 土壤微生物에게 에너지源을 供給한다는 것 以外에도 土壤微生物에 依한 土質改良의 間接的인 效果를 期待할 수 있는 充分한 可能性을 보여주는 것이라고 할 수 있다.

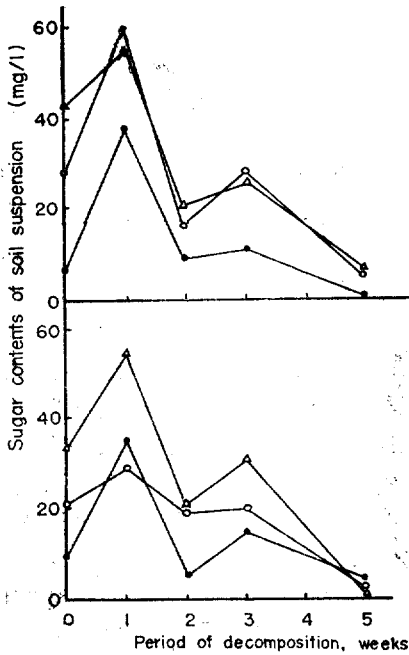


Fig. 6. Sugar contents of soil suspension were measured by the method of anthron test. The highest amount of sugar contents from organic materials were released on the first week and the next on the third week.

Table 3. Sugar contents of soil suspension(mg/l)

Sample No.	1	2	3	4	5	6
Time of decomposition						
1 hr	9	21	33	7	27	43
1 week	35	39	55	38	61	56
2 weeks	5	19	21	9	17	21
3 weeks	15	20	31	11	29	27
5 weeks	4	2	—	—	6	6.5

Table 3 및 Fig. 6는 各土壤試料에 包含되어 있는 糖含量의 變化를 測定한 結果를 나타낸 것이다.

이것을 보면 第1週에서 35~61 mg/l 로서 最大值를 나타내었고 그 후 下落했던 第2週의 糖含量은 第3週에 와서 다시 上昇하였다가 下落하는 傾向을 보여주고 있다.

이러한 두 가지의 傾向은 바로 微生物의 消長關係로서도 考察할 수 있는데 第1週에서는 대체로 첨가된 유기물로부터 可溶性糖類(simple sugar)의 游離현상으로 보이는데 이로서 第2週에서 볼 수 있었던 bacteria 및 actinomycetes의 最大增殖을 招來하게 한 直接的인 條件이 되어진 것으로 보인다. 山根(1961)가 cellulose, pectin 質같은 不溶性 多糖類가 畚土壤微生物에 依하여 分解되는 速度를 測定하였는데 그 結果를 보면 添加하는 多糖類의 量에 따라 차이는 있으나 대체로 2~4週에 最大로 分解된다고 報告하였다.

上記事實로 미루어 볼 때 第3週에 糖含量이 增加하는 것은 第2, 第3週에 걸쳐서 增加된 土壤微生物에 依하여 不溶性 多糖類인 cellulose 및 hemicellulose를 最大限으로 分解하기 때문이라고 思料된다. 그 以後 계속 糖含量이 減少한 것은 有機物分解가 거의 完了되기 때문이라고 생각된다. 왜냐 하면 第5週에서, 大部分의 實驗區에서 糖含量이 消費되어버린 結果로 나타났고 또한 微生物의 個體數도 減少하였기 때문이다. 그러므로 Fig. 1, 2, 3에서 보여준 土壤微生物 즉 bacteria, actinomycetes, fungi의 消長關係는 上記事實을 뒷받침 하여 준다고 할 것이다.

Table 4. Acidity of soil suspension(as succinic acid, g/100ml.)

Sample No.	1	2	3	4	5	6
Time of decomposition						
1 hr	0.1416	0.6472	0.118	0.472	0.1416	0.165
1 week	0.0708	0.0236	0.059	0.0236	0.059	0.0826
2 weeks	0.0118	0.118	0.118	—	0.118	0.0236
3 weeks	0.00708	—	0.0059	0.0059	—	—
5 weeks	0.0029	—	0.0011	0.0011	—	—

土壤中的 nitrate 含量은 주로 自養性菌인 nitrification bacteria 에 依해서 左右된다. 本實驗에서 얻어진 nitrate 의 含量變化는 Table

5 및 Fig. 7에서 볼 수 있듯이 一般土壤微生物의 增殖傾向과 類似하였다.

Table 5. Nitrate contents of soil suspension, (gr/l)

Sample No.	1	2	3	4	5	6
Time of decomposition						
1 hr.	0.0109	0.028	0.037	0.0109	0.0109	0.0089
1 week	0.014	0.043	0.053	0.0104	0.026	0.026
2 weeks	0.016	0.052	0.054	0.015	0.036	0.034
3 weeks	0.025	0.090	0.049	0.020	0.076	0.038
5 weeks	0.0019	0.033	0.037	0.013	0.020	0.017

즉 處理後 第3週에서 nitrate 含量이 最大値를 나타내었으며 30年生 土壤이 5年生 土壤보다 nitrification 作用이 強함을 보여 준다. 이 事實은 30年生 土壤에 nitrification bacteria 가 더 많이 棲息하고 있음을 말해주므로 그 만큼 土性이 현저하게 改良되었음을 立證하여 주는 것이다.

또한 30年生 土壤과 5年生 土壤에 有機物을 添加한 實驗區의 nitrate 의 消長을 考察하면 鹽度가 낮은 30年生 土壤에 있어서는 有機物 添加後 1時間 後부터 比較群보다 3倍程度 nitrate 의 含量이 增加하나 鹽度가 높은 5年生 土壤에 있어서는 nitrate 의 增減을 찾아볼 수 없었다.

30年生 土壤의 통통마디處理 實驗區에 있어서 處理初期부터 2週까지는 nitrification 作用이 벼짚 處理區보다 낮으나 第2週以後부터 增加하여 第3週에 이르러서는 急激히 增加하여 벼짚 處理區의 nitrate 含量보다 約 2倍에 達하는 높은 數値를 나타내며 그 以後부터 急激히 減少하는 傾向을 볼 수 있었다. 이 事實은 통통마디가 벼짚보다 有機窒素化合物을 훨씬 더 많이 含有하고 있음을 말하여 준다.

또한, 벼짚 處理區에 있어서는 첫 1週동안에 急激히 增加하고 다음 1週에는 增加量이 완만하나 그 以後부터 減少하는 傾向을 나타낸다. 그러나 통통마디를 處理한 區는 2

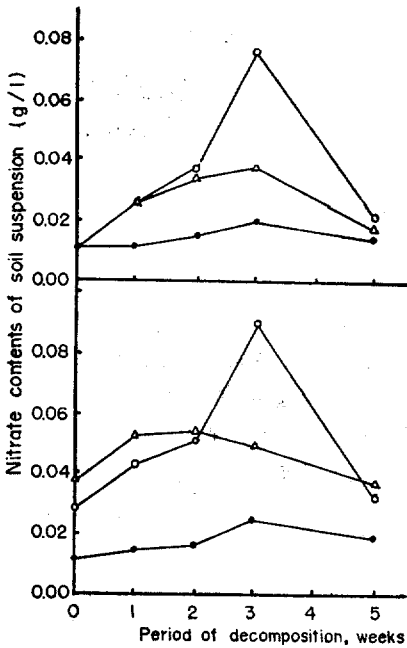


Fig. 7. Nitrate contents of soil suspension were measured by the Noll's method using DU-Spectrophotometer. The highest amount of nitrate contents in the suspension appeared on the third week after the organic treatment. Referring to the graphs, *Salicornia* powder is believed the more favorable sources for nitrification than the powder of *Oryza sativa* L.

週까지는 7월 處理區보다 2週에서 nitrate의 量이 적으나 3週째에 이르러 急激한 增加를 보이고 그 以後부터 역시 급격히 減少 현상을 나타낼을 볼 수 있다.

一般的으로 植物體의 有機窒素 化合物은 土壤微生物에 依하여 암모니아 形態로 轉換된 다음 硝化 bacteria에 依하여 nitrate로 되는 것이다. 上記事實로 미루어 볼 때 7월의 유기질소 化合物은 쉽게 游離된다고 볼 수 있다. 실제로, 有機窒素化合物의 含量은 土壤微生物의 作用을 받아 硝化作用이 비교적 용이하게 일어난다.

통통마디의 경우 7월보다 窒素量이 많음에도 불구하고 處理初期에 分解生成된

Table 6. Phosphorus contents of soil suspension (gr/l).

Sample No.	1	2	3	4	5	6
1 hr	0.001	0.005	0.002	0.0052	0.0034	0.0025
1 week	—	—	—	0.0019	0.0011	0.0005
2 weeks	—	—	—	0.0032	0.0005	0.00025
3 weeks	—	—	—	0.0064	—	0.0005
5 weeks	—	0.0022	0.0014	0.0064	0.0039	0.0013

nitrate의 量이 7월보다 높지 않은 까닭은 통통마디의 有機窒素化合物이 7월의 것보다 分解되기 어려운 狀態로 되어 있어 硝化作用의 速度가 지연된것으로 思料된다.

土壤中の phosphorus는 有機 및 無機狀態로 存在하는데 有機物의 分解에 따라서 游離되어 나오는 無機狀態의 phosphorus가 微生物에게 좀 더 큰 意義를 갖는것으로 보인다. 그 까닭은 phosphorus가 微生物의 細胞分裂에 關係하는 成分이기 때문이 아닌가 생각된다.

Table 6에서 알 수 있는 바와 같이 大部

分の 實驗區에서 phosphorous의 含量은 貧弱했다. 특히 30年生의 鹽土는 現在 논으로서 耕作되고 있는 土壤이므로 phosphorus 含量이 낮은 것으로 判斷되었는데 nitrate의 含量變化와 밀접한 關係가 있을 것으로 豫見되었으나 第3週에서 이렇다 할 뚜렷한 增加를 보이지 않았음은 特異한 一例로서 장차 다루어야 할 問題의 하나로 생각된다.

Table 7. Potassium contents of soil suspension, (mg/l).

Sample No.	1	2	3	4	5	6
1 hr	0.5	1.2	0.59	0.25	0.64	0.10
1 week	0.3	0.13	0.53	0.2	0.19	0.08
2 weeks	3.0	4.5	1.9	0.2	1.0	1.4
3 weeks	—	0.5	0.34	—	—	0.5
5 weeks	—	0.3	0.1	0.1	—	—

Table 7.의 結果를 보면, 土壤에 potassium을 供給하는 면에서 통통마디와 비외의 경우가 비슷한 效果를 나타내었다. 그러나 土壤中の potassium의 形態가 그 有效性이 매우 느린점을 감안하면 土壤으로 遊離되는 potassium의 行方에 對하여서도 좀 더 연구되어야 할 것으로 판단된다. 實驗區 ①, ②, ③, 즉 30年生의 土壤이 5年生 土壤보다 많은 含量을 나타내고 있는데 이는 논으로서 耕作하고 있는 土壤이므로 施肥關係의 영향으로 보인다. 그러나 비록 含量에 있어서 각기 差異를 나타내는 가운데서 특히, 모든 實驗區에서 第3週에 最大含量을 나타낸 本實驗의 結果는 앞에서도 言及한 바와 같이 有機物로부터 分解生成된 水溶性 potassium의 增加를 보여진다. 이것은 亦是土壤微生物의 消長關係와 연관성이 깊은 것으로 생각되며 장차 연장된 實驗에서 더 상세히 다루어져야 할 것으로 생각한다.

摘 要

干拓地 土壤에 對한 生物學的 除鹽效果에 關한 研究의 一部로서 高鹽度 土壤에 植物性 有機物質의 添加가 미치는 土壤成分의 諸 變化를 調査하기 爲하여 本 實驗을 수행하였으며 다음과 같은 結果를 얻을 수

있었다.

(1) 土壤微生物, 即 bacteria, fungi, actinomycetes 의 消長關係는 bacteria 와 actinomycetes 의 경우 第2週에서 最大의 増殖率을 보이고 fungi 는 第3週에서 最大増殖率을 보였다. 特히 bacteria 의 경우는 통통마디를 處理해준 區에서, actinomycetes 는 芻짚을 處理해준 區에서, fungi 는 比較區에서 最大増殖率을 보이고, fungi 를 除外한 모든 경우에 있어서 30年生 土壤이 5年生 土壤보다 더 많은 微生物의 増殖率을 나타내고 있음이 밝혀졌다.

(2) 土壤에 통통마디와 芻짚의 粉末을 處理한 結果, 土壤의 pH 는 處理 後 第3週에 最大值를 나타내었다.

(3) 土壤의 鹽度는 土壤의 年齡이 30年生 및 5年生의 것을 莫論하고 통통마디를 處理한 區에서 높았으며 一般적으로 第2週에 最大值를 보이고 以後 減小하는 現象으로 보아 微生物繁殖에 依한 間接的인 除鹽效果가 있다는 것을 알게 한다.

(4) 鹽土에 對한 有機物 供給의 또 다른 意義는 土壤微生物의 生育에 필요로 하는 에너지源의 공급면에서 그 重要性이 認定된다. 뿐만아니라, 土質改良에 있어서 어떤 特定한 土壤微生物의 效果를 期待하는 目的에 따라서 有機物의 選擇의 供給이 決定되어야 한다는 結果를 얻었다.

(5) nitrate 含量은 有機物 處理後 第3週에서 제일 높았으며 芻짚보다는 통통마디의 處理區가 더 많은 含量을 나타내었다.

(6) 總酸度 및 有機酸 含量은 鹽土에 含有되어 있는 土壤微生物의 消長關係와 關聯이 있고 鹽度變化에 영향이 있는 것으로 판단된다.

(7) phosphorus 와 potassium 의 含量變化는 phosphorus 의 경우 그 有義性이 희박한 것으로 엿보이며, potassium 은 30年生 土壤에서 보다 많은 含量을 보이고 一般적으로 第2週에서 最大含量을 나타내었다.

上記 諸事實로 미루어 볼 때 干拓地土壤의 土性改良에 有機物을 處理함이 效果의이나 目的에 따라서는 有機物의 種類를 달리하여야 함을 알 수 있었다.

REFERENCES

- Berkmann, H.O., and N.C. Bladdy, 1958. *The Nature and Properties of Soil*, 6th Ed. pp 13-538.
- Clarke, G.L., 1966. *Element of Ecology*. John Wiley, N. Y., pp. 71-181.
- Currie, J. A., 1961. *Soil Science*, 92:40-45.
- Hong, S. W., Y. C. Hah, and Y. K. Choi, 1969a. Biological improvement of reclaimed tidal soil. (Part one) Desalination effects of saline soil by the growth of certain halophytes. *Kor. Jour. Bot.* 12(1), 7-14.
- Hong, S. W., Y. C. Hah, and K.W. Lee, 1968b. Biological improvement of reclaimed tidal land soil. (Part two). Changes of soil-microbial populations in the reclaimed tidal land. soil *Kor.Jour. Microbiol.*, 6(4), 25-34.
- Hong, S.W., Y. C. Hah, and Y. K. Choi. 1969d. Biological improvementof reclaimed tidal Soil (Part four). The effects of organic acid treatment on the tidal land soil. unpubli- shed.
- Hugo Boyko, 1967. Salt water agriculture. *Scientific America* 216, 3.
- Johnson, L. F, E. A. Curl, J. H. Bond, and H. A. Friburg, 1960. Methods for studying soil microflora plant disease relationships. Burges Pub. Minne., Minn. pp. 1-45, 74-88.
- Katznelson H., and I. L. Stevenson, 1956. *Can. J. Microbiol.*, 2, 611.
- Kim, C.M., and N.K. Chang, 1967. On the decay rate of soil organic matter and changes of soil microbial populations. *Kor. Jour. Bot.*, 10(1, 2), 21-30.
- Quastel, J.H., 1954. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 5, 75-92.
- Quastel, J. H., 1964. *Plant Physiology*. 3, 671-756 (Academic Press N.Y.)
- Quastel, J. H., 1965. Soil metabolism. *Ann. Rev. Plant Physiology*, 16, 217-240.
- Thomes Greweling and Michael Peech, 1960.

- Chemical soil test.** Bull. Cornell University Agri. Exp. Station.
15. **U.S. Salinity Staff.** 1956. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soil.* Agri. Hand Book. No. 60.
 16. **Waksman, S. A.,** 1952. *Soil microbiology.* John Wiley. N.Y., pp. 29-148.
 17. 村上英行, 1961, 過酸化水素による干拓地土壤中の可酸化 イオウの 半定量法. 日本土肥誌 32(6), 276-279.
 18. 上根一郎, 佐藤和夫 1961, 水田土壌中における 植物構成物質の分解とガスの生成, 日本土肥誌 32(8), 364-366.
 19. 津山博之, 1962. 東北大 農研叢報, 13, 221.
 20. 土壌微生物学研究会 編, 1967. 土と 微生物. 岩波書店, 日本 東京 pp. 18-72. 158.