

海岸干拓地土壤의 生物學的 土性改良에 關한 研究(第5報)

—有機物の 添加가 鹽土의 土壤呼吸에 미치는 影響—

洪 淳 佑·河 永 七·李 光 雄

(서울大學校 文理科大學 植物學科)

Biological improvement of reclaimed tidal land soil (V)

—Effects of organic matters on saline soil respiration—

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

(Department of Botany, Seoul National University)

ABSTRACT

Changes in respiration of the soils collected from the reclaimed tidal land soil in Chogi-ri, Kanghwa Island and treated with organic matters are presented. The measurement of the respiration for the samples, which were incubated for 0, 2, 4 and 5 weeks, were carried out by using Warburg's respirometer.

While the respirations of the samples added by organic matters were increased 6.7 ~28.0 times compared with that of 0 week during the incubation in case of 5-year soil, the respiration in case of 30-year soil were increased 3.3~11.8 times. Thus, the effect of adding organic matters on the respiration of the experimented soils, as this indicates, was much higher for the soil of 5-year area than that of 30-year area.

And for the organic matters *Salicornia* was most effective and then *Suaeda* and *Oryzae*. The samples treated with *Salicornia* and *Suaeda* showed their highest respiration rate at the 4th week, but the one with *Oryzae* was measured to increase progressively during 5 weeks experimented.

Regarding the salinity, content of organic matters and number of bacteria, in each intact soil experimented, 5-year soil samples had much poor habitat than 30-year soil for the activity of soil microorganisms, but, according to the result mentioned above, it is firmly believed that the addition of organic matters on the saline soil is one of the best means to change the reclaimed tidal land into arable land with less time duration.

緒 論

干拓地土壤의 土性を 生物學的 方法에 依하여 改良, 耕土化하고자 하는 研究는 이미 著者들에 依하여 “數種 鹽生植物에 依한 干拓地土壤의 除鹽效果에 對하여(第1報)” (Hong *et al.*, 1969 a), “干拓地土壤에 있어서 微生物의 分布變化에 對하여(第2報)” (Hong *et al.*, 1968), “有機物添加에 따르는 土壤性分

의 諸 變化에 對하여(第3報)” (Hong *et al.*, 1969 b) 등이 이루어 진바 있다.

周和하는 바와 같이 干拓土壤의 耕土化에 가장 問題視되는 것은 短期的인 鹽分除去에 있다. 短期的으로 除鹽效果를 期하기 위해서는 土壤의 texture 를 良好하게 함이 急先務인 것이다. 土壤의 texture 를 改良함에 있어서는 微生物이 主된 役割을 함은 周知의 事實이다.

本人들은 이 點에 着眼하여 有機物添加에

다른 土壤微生物의 消長關係를 밝힌바 있다 (Hong *et al.*, 1969 a). 이에 이어서 本實驗에서는 各 實驗區土壤에 對한 土壤呼吸을 主로하여 土壤의 鹽度及 有機物添加에 依한 土壤微生物의 activity를 檢討하고자 한다.

材料 및 方法

本實驗의 對象으로 使用된 土壤은 京畿道 江華郡 吉祥面 草芝里에 있는 草芝干拓地의 것으로서 實驗區의 設定은 다음과 같이 하였다.

第 1 區, 30 年生 土壤(control로 하였다), 第 2 區, 10 年生 土壤, 第 3 區, 5 年生 土壤, 第 4 區, 0 年生 土壤(干瀉地), 以上 4 가지 土壤에 對하여 그 土壤 깊이別(表層 10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm, 90 cm)로 採取하였다.

鹽度は $AgNO_3$ 에 依한 滴定法을 使用하였으며 organic matter의 測定은 Tulin法의 wet digestion法으로 하였고 그 換算은, $Organic\ carbon(\%) = (meq.\ of\ K_2Cr_2O_7\ added - meq.\ of\ FeSO_4\ used) \times 0.336 / wt.\ of\ sample(gr)$, 또 $Organic\ matter(\%) = organic\ carbon(\%) \times 1.72$ 와 같이 計算하여 求하였다(Richards, 1954).

土壤呼吸의 測定은 Warburg's respirometer를 使用하였으며 이 때 main chamber에는 soil sample 2.9 cm³을, side arm에는 20% KOH 溶液 0.3 ml를, air는 空氣로 하고 反應 溫度는 30°C로 하여 120~180 分間 連續 測定 實施하였다. 여기에 使用된 soil sample은 實驗區 5 年生, 10 年生, 30 年生 土壤의 各 層別 試料과 5 年生과 30 年生 土壤의 表土에 有機物로서 風乾 粉末化한 植物體, ① *Salicornia*, ② *Suaeda*, ③ *Oryzae*를 各各 使用하여 soil (dry soil base 500g)에 第 3 報의 結果에 準하여 4% 되게 넣고 滅菌蒸溜水 50 ml을 가한 뒤 無處理 sample과 함께 28~30°C에서 incubation하여 0, 2, 4, 5 週에 呼吸의 變化를 測定하였다. 其他 微生物의 分布調査는 第 3 報와 같이 하였다.

結果 및 考察

土壤微生物의 活潑한 增殖은 그 土壤의 土性을 크게 良好하게 하여 증으로써 一般의으로 耕土化함에 重要な 役割을 擔當하고 있다.

本實驗에서 有機物을 添加한 土壤의 呼吸을 測定하기에 앞서 實驗에 使用될 各 土壤材料 自體의 基礎的인 資料를 調査하기 爲하여 아무것도 處理되지 않은 intact 土壤의 鹽度, 有機物含量, bacteria의 數 및 土壤呼吸이 各各 調査測定되었다. 이들 實驗의 結果는 Table 1 과 Fig. 1에서 土壤의 salinity를, Table 2 와 Fig. 2에서 有機物含量을, 그리고 Table 3 와 Fig. 3에서 bacteria의 數를 各各 表示하였으며 또한 各 土壤의 表層 및 깊이에 따른 呼吸量 測定結果도 Table 4 와 Fig. 4에서 나타내었다.

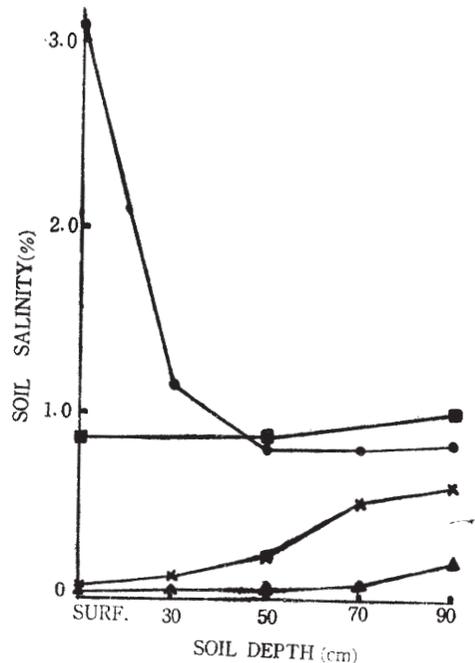


Fig. 1. Soil salinities changing as the durations after reclamation and as the depth at which the soil samplings were conducted. The graph was drawn from the data in Table 1. The salinity of each sample in 5-year soil are indicated with the symbol of (●), in 10-year soil with (×), 30-year (▲), and those of tidal land soil (■).

Table 1. Soil salinities in percent of the soil samples—surface-, 30-, 50-, 70- and 90-cm depth of each reclaimed soil, 5-, 10-, 30-year soil after reclamation and tidal land soil. See text for the method of determination of the salinity.

Depth \ Area	Tidal Land	5-Year	10-Year	30-Year
Surface	0.877	3.088	0.061	0.045
30 cm		1.167	0.128	0.052
50 cm	0.898	0.819	0.243	0.064
70 cm		0.815	0.532	0.095
90 cm	1.030	0.857	0.608	0.211

Table 2. Organic matter in percent of each experimented soil sample with depths of the soils of tidal land and the reclaimed soils that is, 5-, 10-, and 30-year after the reclamation—determined by Tulin's method.

Depth \ Area	Tidal Land	5-Year	10-Year	30-Year
Surface	1.27	1.01	1.04	1.68
30 cm		0.84	0.87	1.50
50 cm	1.00	0.79	0.72	1.19
70 cm		0.72	1.20	1.32
90 cm	1.05	1.11	1.20	0.80

Table 3. Number of bacteria ($\times 10^6$) per gram of dry soil determined by using the dilution plate method. The plate on which diluted soil suspensions were inoculated were incubated for 48 hours at 30°C and counted.

Depth \ Area	Tidal Land	5-Year	10-Year	30-Year
Surface	5.0	2.3	43.3	50.0
30 cm		1.3	26.7	43.3
50 cm	5.3	1.7	8.0	14.7
70 cm		3.0	5.7	10.0
90 cm	5.0	8.7	3.7	4.0

Table 4. Respiration (μ l carbon dioxide released) of each soil sample with depth of soil, sampled respectively at the areas of 5-, 10- and 30-year lands after reclamation was completed. Measurement of a soil respiration was conducted for 180 minutes at 30°C by using Warburg's respirometer, and for the composition of a chamber, see text.

Area \ Depth Sampled	Surface	30 cm	50 cm	70 cm	90 cm
5-Year	26.9	42.5	59.5	40.6	97.1
10-Year	214.3	187.9	66.1	56.1	52.9
30-Year	424.5	239.5	209.8	70.3	37.4

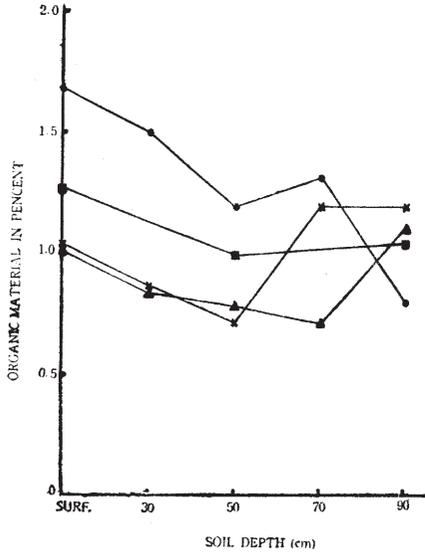


Fig. 2. The graph drawn from Table 2 shows the changes in content of organic matters in each sample. Legend: (-●-), soil sample collected at 30-year soil; (-×-), 10-year; (-▲-), 5-year; (-■-), tidal land area.

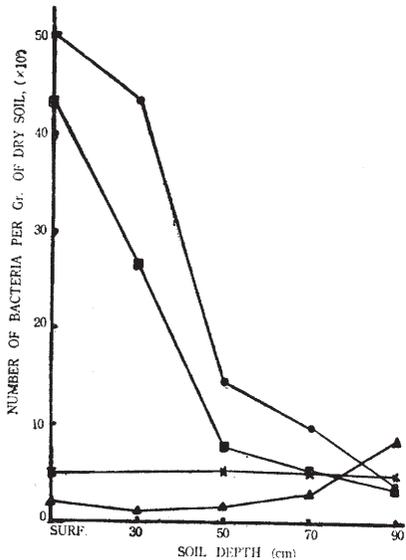


Fig. 3. The graph based on the data in Table 3 presents the changes in number of bacteria per gram in each dry soil collected from the tidal land and the reclaimed tidal land soils with depth of soil. Legend: (-●-), 30-year soil after reclamation; (-■-), 10-year; (-▲-), 5-year; (-×-), tidal land area.

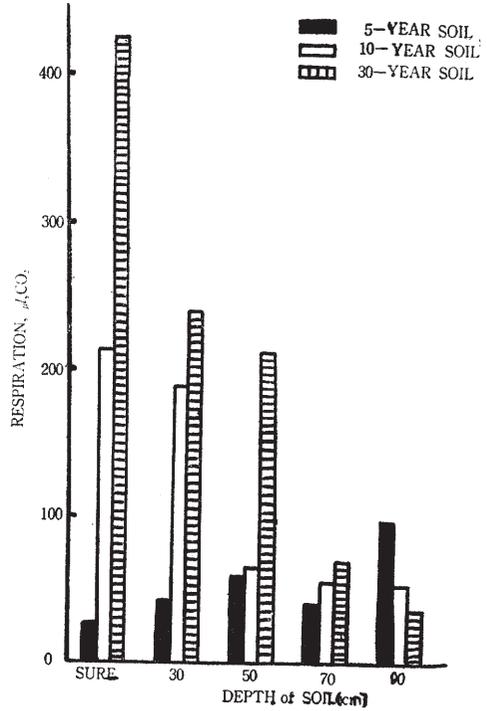


Fig. 4. The graph based on Table 4 shows microliters of carbon dioxide output for 180 minutes at 30 degrees C through respiration of experimented soil samples collected with the depth of each soil.

Table 1 과 Fig. 1 에서 보면 有機物處理와 土壤呼吸과의 관계에 대한 실험에 使用된 5 年生 土壤과 30 年生 土壤은 그 鹽度가 各各 3.088%와 0.045%로써 5 年生 土壤의 表面 土壤鹽度가 매우 높은 反面에 30 年生 土壤의 것은 아주 낮음을 나타내었다. 이는 第1,2 報 (Hong *et al.*, 1969a, 1968)에서와 같은 性格을 띤 것으로 보아지며 Table 2 와 Fig. 2 에서 나타난 有機物含量도 역시 30 年生 土壤이 5 年生 土壤보다 현저히 많은 量을 包含하고 있으므로 土壤微生物의 生存, 즉 土壤呼吸에 不利한 條件을 가지고 있는 5 年生 土壤은 그 intact soil 에 bacteria 수가 30 年生 土壤보다 매우 적은 것으로 나타났다 (Table 3 과 Fig. 3). 이것 역시 前報와 類似한 內容인 것이다. 이와 같은 諸 條件이 30 年生 土壤보다 나쁜 5 年生 土壤의 呼吸은 결국 Table 4 와 Fig. 4 에서 볼수 있는 바와 같이 그 呼吸

량이 작은 것이다.

Table 4와 Fig. 4에서는 또한 土壤깊이별 呼吸量을 5년생 土壤, 10년생 土壤, 30년생 土壤에 對해서 測定한 결과인데 Table 1과 Fig. 1에서 보여 준 土壤의 salinity와는 거의 一定한 關係가 있어서, salinity가 높을 수록 土壤呼吸의 작음을 잘 말해 주고 있다고

하겠다.

다음으로, 有機物을 添加하고 30°C에서 120分間 土壤呼吸을 測定한 결과는 Table 5와 Fig. 5 및 6에 나타낸 바와 같다.

Table 5와 Fig. 5 및 6에서 볼 때 有機物을 處理하지 않은 土壤의 呼吸은 5년생 土壤이나 30년생 土壤이나 다 같이 2週째에

Table 5. Soil respiration and its increasing rate measured respectively at the incubation time of 0, 2nd, 4th and 5th week for the soil samples to which organic matters such as *Salicornia*, *Suaeda* and *Oryzae* powder plus sterile distilled water, and for the sample treated with sterile distilled water only (control). Measurement of the soil respirations were carried out for 120 minutes at 30 degrees C by using Warburg's respirometer.

Sample	Org. Matter	Element	Week				
			0	2	4	5	
5-Year Soil	Control	CO ₂ , μ l	12.1	30.4	20.5	16.7	
		Rate	1.0	2.5	1.7	1.4	
	<i>Salicornia</i>	CO ₂ , μ l	12.1	228.2	337.9	276.7	
		Rate	1.0	18.9	28.0	22.7	
	<i>Suaeda</i>	CO ₂ , μ l	12.1	185.6	296.8	256.9	
		Rate	1.0	15.3	24.4	21.1	
	<i>Oryzae</i>	CO ₂ , μ l	12.1	80.8	175.9	221.2	
		Rate	1.0	6.7	14.5	18.3	
	30-Year Soil	Control	CO ₂ , μ l	240.0	322.7	258.0	184.3
			Rate	1.0	1.3	1.1	0.8
		<i>Salicornia</i>	CO ₂ , μ l	240.0	2440.4	2821.6	1918.2
			Rate	1.0	10.2	11.8	7.9
<i>Suaeda</i>		CO ₂ , μ l	240.0	2178.1	2341.5	1629.1	
		Rate	1.0	9.1	9.7	6.8	
<i>Oryzae</i>		CO ₂ , μ l	240.0	797.4	1264.5	1823.5	
		Rats	1.0	3.3	5.3	5.3	

가장 旺盛한 呼吸量을 보여주고 있다. 이는 第3報(Hong et al., 1969 b)에서 밝힌 바와 同一한 傾向이었다. 그러나 有機物을 處理한 土壤 sample에 있어서는 4週째에 가장 旺盛한 呼吸을 하고 있음을 알 수 있었다. 이것은 類似한 有機物을 處理했던 第3報의 土壤微生物增殖과는 달랐음을 말해 주고 있는데 이러한 결과는 우선 이들의 生活環境이 달랐던 것에 起因하는 것으로써 有機物과 土

壤微生物과의 接觸關係가 그 原因이라고 볼 수 있겠다.

Table 5에서 알 수 있는 바와 같이 0週에 비하여 2週, 4週, 5週에서 각각 전반적으로 그 呼吸量이 增加하였는데 그 比率을 보면 5년생 土壤에서 最高는 *Salicornia*를 有機物로 주었을 때의 4週째의 呼吸量으로서 0週째의 28배가 增加한 것이다. *Salicornia*를 處理한 試料는 4週까지 增加하였다가 5週째에

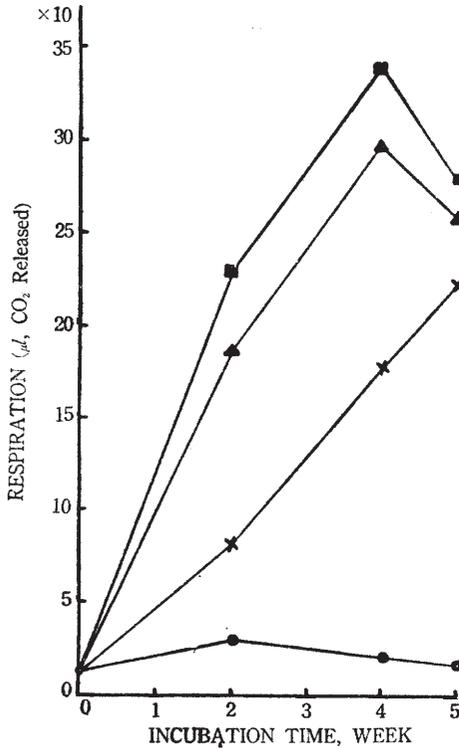


Fig. 5. The graph showing the changes of respiration in the samples experimented with the surface soil in the part reclaimed 5 years ago. Control(-●-), no organic matter was treated; (-■-), powder of *Salicornia* was treated; (-▲-), *Suaeda* was treated; (-×-), *Oryzae* was treated as organic matter, respectively.

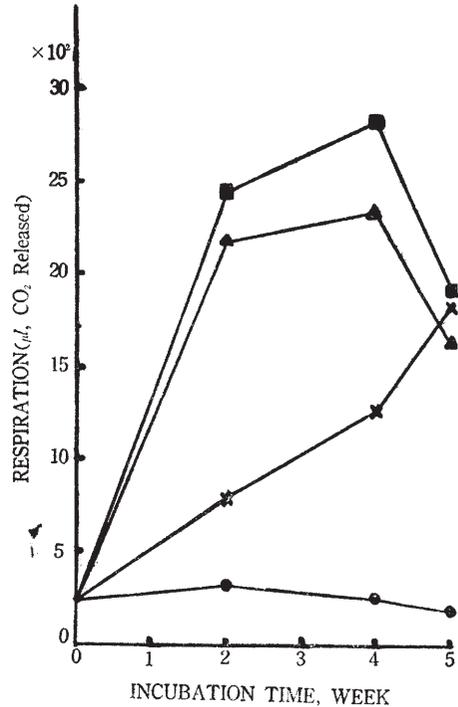


Fig. 6. The graph shows the respiration of the samples collected from the surface soil in the part of soil reclaimed about 30 years ago, and treated with organic matters. Legend: (-●-), control, no organic matter was treated; (-■-), *Salicornia*; (-▲-), *Suaeda*; (-×-), *Oryzae*.

減小하기 始作하였으며 *Suaeda*나 *Oryzae* 를 處理한 試料에 比하여 가장 큰 增加率을 나타 내었다. 5週째까지에 있어서는 이 *Salicornia* 가 土壤微生物呼吸에 가장 크게 影響을 미 치고 있으며 *Oryzae*는 이보다 낮았다. 이러한 傾向도 역시 第3報(Hong et al., 1969b)와 同一하였다. 그러나 Fig. 5 및 6에서 보이는 바처럼 *Oryzae*는 5週째까지는 점차 상승하는 傾向을 보이고 있었음은 注意를 要한다 하 겠다.

Fig. 7에서 볼 수 있는 바와 같이 0週에 對한 各 試料의 增加比率은 一般的으로 30 年生 土壤보다 5年生 土壤에 있어서 훨씬 크다. 實際의 各 土壤의 呼吸量에 있어서는

勿論 30年生土壤이 顯著하게 높지만 有機物 에 依한 影響을 5年生土壤이 더 크게 받고 있음은 干拓地土壤을 微生物로써 耕土化함에 있어서 有機物添加가 커다란 效果를 나타 낼수 있음을 뜻하는 것이다. 이러한 效果에 對하여서는 Fig. 8에서도 잘 알아 볼 수 있 다. Fig. 8은 Fig. 7과는 달리 Table 5에 나타낸 實驗結果를, 각 測定週마다의 control 의 呼吸量에 對하여 有機物處理된 試料가 갖 는 呼吸量의 增加比를 나타낸 것이다. 이 역시 각 土壤 control의 呼吸量에 比하여 有機物 處理된 sample의 그것들이 높은 呼吸을 나 타내고 있었으며 그 比率은 30年生 土壤보 다 5年生 土壤이 有機物處理에 의한 耕土化

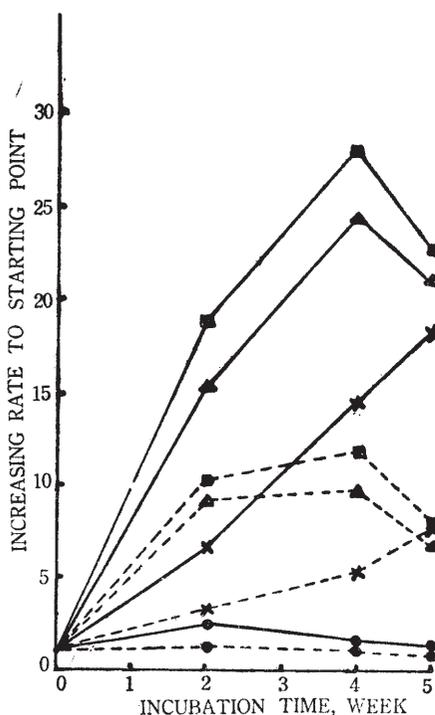


Fig. 7. The increasing rates of the respirations of the 2nd, 4th and 5th week to those of 0 week (starting point) are shown on the graph. Each respiration of the samples at starting point was settled as 1 and the increments of every respiration at other incubation points were divided by the respiration of the starting point and plotted on the graph.

Solid line—5-year soil samples: (—●—), control; (—■—), *Salicornia*; (—▲—), *Suaeda*; (—×—), *Oryzae* powder was treated; Dotted line—30-year soil samples: (···●···), control; (···■···), *Salicornia*; (···▲···), *Suaeda*; (···×···), *Oryzae* powder was treated.

가 더 効果의 입을 달 해 주고 있다.

이러한 5년생 土壤이 그 量의 4%에 해당하는 有機物을 添加해 줌으로써 4週만에 最

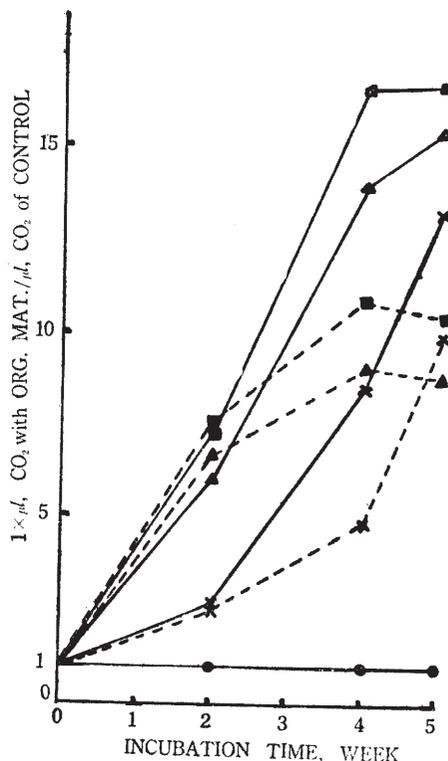


Fig. 8. The graph shows the values calculated by dividing the respirations of each samples treated with organic matters with those of controls measured at each experimented week. The legend on the graph are the same as those in Fig. 7.

高 28 倍의 呼吸量을 갖게 될수 있다는 것은 이들 有機物이 土壤微生物의 活動을 激增시켜 주며 따라서 土壤의 texture를 良好하게 하고 土壤內的 諸般 化合物, 無機物과의 關係를 圓滑하게 해 줄수 있는 것이라고 思料된다. 이는 곧 干拓地의 鹽土를 耕土化함에 有機物을 利用하는 方法이 매우 훌륭한 效果를 가져다 주는 것의 하나로 생각되는 바이다.

摘 要

江華島의 草芝干拓地의 土壤을 材料로써 그 試料에 有機物을 添加시킨 후 incubation하여 그 土壤呼吸의 變化를 Warburg's respirometer로 測定하고 5週까지의 呼吸量의 變化를 調査檢討하였다.

有機物을 處理하지 않은 control에 比하여 有機物을 添加한 試料土壤의 呼吸은 5년생 土壤에서 6.7倍

내지 28.0 배로 증가하였는데 대하여 30 년생土壤은 3.3 배 내지 11.8 배 증가함으로써 有機物添加의 効果는 5 년생土壤이 훨씬 높았다. 有機物 *Salicornia*, *Suaeda*, *Oryzae* 順으로 各各 그呼吸量이 높아졌는데 *Salicornia* 와 *Suaeda* 處理區는 4 週에서 最高로 높은呼吸率을 보였으며 *Oryzae* 處理區에서는 5 週까지 漸增하는 傾向을 보여 주었다.

Intact 土壤의 鹽度, 有機物含有量, bacteria 數를 보아 5 년생土壤은 30 년생土壤보다 현저히 그土壤微生物의 活動이 어려운土壤임에도 有機物添加效果가 컸다는 사실은 干拓地의 耕土化에 있어서 有機物添加가 土壤의 諸條件을 가장 效率的으로 良好하게 하는 한 方法이라고 思料되는 바이다.

REFERENCES

1. Cha, J.W., N.K. Chang, and Y.D. Rim, 1969. Effect of litter on the soil condition (II)—Varieties of soil fertility due to the decomposition of litters on the soil. *Kor. Jour. Bot.* 12(1), 15-21.
2. Hong, S.W., Y.C. Hah, and K.W. Lee, 1968. Biological improvement of reclaimed tidal land soil (II)—Changes of soil microbial populations in reclaimed tidal land. *Kor. Jour. Microbiol.* 6, 131-140.
3. Hong, S.W., Y.C. Hah, K.W. Lee, and Y.K. Choi, 1969b. Biological improvement of reclaimed tidal land soil (III)—Changes of saline soil by addition of organic materials. *Kor. Jour. Microbiol.* 7, 29-40.
4. Hong, S.W., Y.C. Hah, and Y.K. Choi, 1969a. Biological improvement of reclaimed tidal land soil (I)—Desalination effects of saline soil by the growth of certain halophytes. *Kor. Jour. Bot.* 12 (1), 7-14.
5. Johnson, L.F., E.A. Curl, J.H. Bond, and H.A. Fribourg, 1960. Methods for studying soil microflora-plant disease relationships. Burgess Publ. Co., Minne., Minn., pp. 1-45, 74-88.
6. Kim, J.M., 1968. The nutrient holding capacity of soils of different forest types in Korea. *Ecol. Rev. Japan* 17, 57-74.
7. Kim, J.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.
8. Quastel, J.H., 1965. Soil metabolism. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 16, 217-240.
9. Richards, L.A., ed., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agric. Handbook No. 60, U.S. Dept. of Agriculture, pp. 105-106.
10. Umbreit, W.W., R.H. Burris, and J.F. Stauffer, 1959. Manometric Techniques, 2nd ed., Burgess Publ. Co., Minne., Minn., pp. 28-47.
11. Waksman, S.A., 1952. Soil Microbiology, John Willey & Sons, Inc., N.Y., N.Y., pp. 149-165, 230-245, 323-336.
12. 土壤微生物學研究會, 1967. 土と微生物, 岩波書店, 日本, 東京, pp. 18-72, 158.