碩士學位論文

濟州道 火山灰土壤耕地의 土壤微生物 Biomass-C에 관하여

On the Biomass-C of Soil Microorganisms in Cultivated Soil Derived from Volcanic Ash on Jeju-Do

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

濟州大學校 大學院
農 化 學 科
吳 城 勳

1982年 12月 日

認　　准　　書

碩 士 學 位 論 文

濟州道 火山灰土壤耕地의 土壤微生物 Biomass-C에 관하여

On the Biomass-C of Soil Microorganisms in Cultivated Soil Derived from Volcanic Ash on Je ju-Do

指 導 敎 授　　金　澄　玉

이 論文을 農學碩士學位 論文으로 提出함.

1982年 12月　　日

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

濟州大學校 大學院 農化學科

吳　　城　　勳

의 農學碩士學位 論文을 認准함.

1982年 12月　　日

委員長 _____

委　員 _____

委　員 _____

目　　次

摘　　要 …… 2

Ⅰ. 緖　　論 …… 5

Ⅱ. 材料 및 方法 …… 9

Ⅲ. 実験結果 및 考察 …… 12

Ⅳ. Summary …… 32

Ⅴ. 參 考 文 献 …… 36

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

摘　　要

濟州道의 火山灰土壤耕地에 分布되고 있는 土壤微生物의 Biomass－C를 硏究하기 위하여, 1981年과 1982年度에 火山灰土 三個地域(朝天面 橘来里, 濟州市 我羅洞, 西帰浦市 吐坪洞)과 非火山灰土 一個地域(濟州市 道南洞)의 土壤을 供示하여 検討하였다. 土壤微生物活性의 한 指標인 CO_2 発生量은 Jenkinson 法으로 測定하고 이를 基礎로 Biomass－C를 計量한 다음 土壤의 物理的, 化學的 性質과 微生物數와의 関係를 観察하였는데 그 結果를 要約하면 다음과 같다. (＊ P : 0.05 , ＊＊ P : 0.01)

1. 物理的 性質과의 関係는

仮比重	r = － 0.241	(n = 10)
真比重	r = － 0.265	(n = 10)
孔隙率	r = 0.313	(n = 10)
固 状	r = － 0.313	(n = 10)
液 状	r = 0.316	(n = 10)
気 状	r = － 0.303	(n = 10)
水分合量	r = 0.845＊＊	(n = 20)

2. 化學的 性質과의 関係는

全炭素	r = 0.230	(n = 10)
全窒素	r = 0.219	(n = 10)
置換性加里	r = － 0.364	(n = 10)

3. 微生物數와의 関係는

全細菌	r = 0.539＊＊	(n = 20)

제주대학교 중앙도서관

放射状菌　　r = 0.609** (n = 20)

窒酸還元菌　　r = −0.366* (n = 20)

亜窒酸酸化菌　　r = −0.418* (n = 20)

4. 比活性度와 物理·化學的 性質과의 関係는

硬 度　　r = 0.566 (n = 10)

仮比重　　r = 0.800** (n = 10)

真比重　　r = 0.820** (n = 10)

孔隙率　　r = −3.828** (n = 10)

固 状　　r = 0.840** (n = 10)

気 状　　r = −1.379** (n = 10)

全炭素　　r = −0.723** (n = 10)

塩基飽和度　　r = 0.487 (n = 10)

有効燐酸　　r = 0.484 (n = 10)

燐酸吸収係数　　r = −0.449 (n = 10)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

土壌微生物의 특성을 나타내는 지표로서 比活性度를 本報에서 고안해 보았던바 이것은 $\frac{\text{무처리토양의 회귀계수}}{\text{Biomass-C}} \times 10^3$ 의 式으로부터 計算되어 졌고, 여기에서 무처리 토양의 회귀계수라함은 Chloroform을 처리하지 않은 토양 100 g에 대한 CO_2 発生量을 經時的으로 나타낸 축적곡선의 기울기에 해당된다. Biomass-C로부터 산출한 土壌微生物의 比活性度는 8月보다 9月 10月이 높았고 火山灰土壌보다 非火山灰土壌이 높은 값을 보였다.

Biomass-C에 의한 微生物의 比活性度를 考察해본 結果 土壌微生物學的 指標로서 活用될 수 있는 것으로 보며 長期的인 実験으로 追求해 나간다면 그 妥当性이 더욱 뚜렷해질 것으로 생각된다.

이상에서와 같이 Biomass-C는 土壤의 一次的인 物理·化學的인 性質들과 유의성있는 相関이 나타나지 않았으니 Biomass-C를 보다 多角的으로 検討하면서 高次의 土壤微生物學的 學理로 継続 研究하여 肥沃度論的 意義도 究明해 나가야 할 것으로 본다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅰ. 緖　　論

濟州道는 韓半道의 最西南端(東徑 126°10′～127°00′, 北緯 33°10′～33°35′)에 位置하는 섬으로[35] 湿潤 温暖 気候圈에 属하며 年平均 気温 15.7℃(濟州市)～16.2℃(西帰浦市), 降水量은 1279㎜(濟州市)～1667㎜(西帰浦市)로서 国内에서 平均気温이 가장 높고 또한 降水量도 많은 편이며, 6月～9月間에 降水量의 過半이 編重되어 있다.[17] 他道에 비하여 日照時数가 적은지역이 대부분이며 特히 年中 偏西風帶의 기압골이 있어 바람이 많고 강하다. 表1에서 1981年 및 1982年의 気象表를 살펴보면 겨울과 봄에는 西帰浦地域이 月平均 気温 및 地温이 높고 또한 降水量도 많은 편이나, 여름 및 가을에는 비슷한 수치를 보이고 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

火山灰土는 火山이 噴出時 飛散한 火山재 혹은 火山砂礫이 堆積되어 生成된 것으로서, 濟州道는 全 面積에 대하여 74%(農耕地에 있어서는 約 60%)에 해당하는 面積이 火山灰土를 母材로 하고[59]있는 間帶性 土壤으로서 그 形態나 性質에 있어서 一般土壤과는 特異한 点이 많다.[26), 28), 35), 40), 46), 56)]

火山灰土의 주요한 点으로서는 Allophane 이라는 特有의 粘土鑛物로 되어 있고 一般土壤에 비하여 表土에 腐植이 풍부한 点, C.E.C.는 높으나 陽ion(特히 NH_4^+ K^+)이 溶脫, 遊離되기 쉬운 반면 燐酸을 吸着, 固定하는 能力이 대단히 크다는 것이다.[26), 53), 56)]

또한 難分解性 有機物이 많이 集積되어 있으며,[2), 7), 33), 56)] 微量元素의 缺乏 증상도 発見된다. 그리고 土壤 物理性으로서는 仮比重이 낮고 三相 分布에서 固相이 적어 軽鬆하다는 等의 問題点이 있다.[31), 33)]

Table 1. meteorological data (81′ ~ 82′ , Jeju – Do) Jeju & Seoguipo meteorological station

Year	Location Item	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ave.
1981	Jeju Temperature	3.5	5.4	9.5	12.8	17.3	21.1	27.5	26.5	21.8	16.9	10.1	7.1	15.0
	Seogui (℃)	8.8	6.1	10.5	14.3	17.6	21.6	27.1	26.9	22.7	17.7	11.9	8.0	16.1
	Jeju Soil Temperature *	3.2	5.8	10.3	15.3	21.9	25.1	31.5	28.9	24.3	18.0	10.2	6.4	16.7
	Seogui (℃)	5.8	7.6	11.7	15.5	20.3	24.7	31.0	27.1	25.6	19.4	11.4	8.3	17.4
	Jeju Precipitation	33.1	76.7	19.7	86.6	27.7	187.4	113.8	327.2	464.5	169.2	86.2	20.3	134.4
	Seogui (*mm*)	36.8	78.6	117.8	135.6	124.5	349.6	117.7	309.3	200.5	157.7	66.6	147	153.5
1982	Jeju Temperature	4.0	5.6	9.4	12.8	8.8	21.2	24.4	26.4	21.6	–	–	–	–
	Seogui (℃)	5.8	7.5	11.1	14.0	19.2	21.5	23.9	26.4	22.2	–	–	–	–
	Jeju Soil Temperature *	4.3	6.1	10.6	14.4	23.5	26.5	26.9	29.5	23.7	–	–	–	–
	Seogui (℃)	6.6	8.7	12.9	16.5	23.2	25.5	26.6	29.7	24.8	–	–	–	–
	Jeju Precipitation	75.9	37.4	60.4	152.3	28.4	25.5	309.8	250.6	91.4	–	–	–	–
	Seogui (*mm*)	46.9	94.9	148.8	11.4	140.2	70.4	387.4	227.5	57.7	–	–	–	–

* at 0.5 *cm* depth

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

上記에서와 같이 우리나라에서의 火山灰土壤에 관한 研究는 주로 土壤物理·化學的 研究이었으며 土壤微生物學的 研究는 아직 遂行된 일이 없다.

土壤 成分은 複雜多樣한 것으로 尨大한 数의 土壤微生物이 棲息하고 있으면서, 土壤成分의 循環과 Energy flow를 主로 도맡아 進行시키고 있다.

Waksman은 土壤을 Living system이라고 까지 말한바도 있으나, 土壤微生物에 대한 研究는 過去와 같이 微生物数와 個個微生物에 関한 部分的인 研究에서 벗어나, 土壤生態學的으로 接近하여야 할 것이고, 土壤肥沃度에 関한 研究도 이러한 観点에서 遂行해 나가야 할 것으로 본다.

外国의 경우를 살펴보면, 土壤으로 부터의 CO_2発生量이 土壤有機物의 分解指標 (Index of decomposition)로서 일찍부터 研究되어 왔었는데, 1912年 Stoklasa는 細菌数와 窒酸化作用 및 CO_2発生量間에 서로 높은 相関性이 있음을 밝힌 바 있다. 1924年 Waksman과 Starkey는 CO_2発生量이 細菌数 및 生産力사이에 相関性이 있다고 하였고, 生理的 酸性肥料의 施用은 土壤生産力을 底下시키나 糸状菌의 活動으로 有機物 分解力은 顕著히 増加된다고 하였다. 1936年 Jensen는 土壤의 CO_2発生量과 細菌数의 相関을 検討한 바 있고, 1940年 Martin과 Waksman은 糸状菌이 団粒形成에 미치는 影響을 研究한 바 있다.[30), 53)]

土壤微生物은 土壤에서 物質의 循環을 可能케 하는 主要作用을 하고 있으니, 前부터 土壤微生物의 Biomass-C에 関한 研究가[11), 41)] 이루어져 왔고, 地力에 대해서도 土壤生態學의 基礎위에서 農地生態

學的으로도 硏究되어 가고 있다.

本 硏究에서는 CO_2 發生量을 土壤微生物活性의 한 指標로 보아, CO_2 發生量을 測定하여,[21], [22] 土壤微生物의 Biomass -C를 計測하고[21], [22], Biomass -C와 土壤의 여러가지 性質들과의 相関性을 検討함으로써 火山灰土壤에서 土壤微生物이 地力增進에 미치는 影響에 대한 基礎 資料를 얻고자 하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅱ. 材 料 및 方 法

1. 供 試 土 壤

供試土壤은 4個地域 즉 北濟州郡 朝天面 橋来里의 南元統土壤, 西帰浦市 吐坪洞의 南元統土壤, 濟州市 我羅洞의 吾羅統土壤과 道南洞의 東貴統土壤을 選定 供試하였는데, 이 中 南元統土壤은 火山灰土의 特性을 代表的으로 나타내고 있는 黒色火山灰土[35]로서 1981年度에는 耕作地만 供試하였고, 1982年度에는 耕作地와 新開墾地를 区分하여 耕作地를 A, 新開墾地를 B로 表示하여 供試하였다.

그리고 濟州市 我羅洞의 吾羅統土壤은 褐色土壤으로서 火山灰土로 되어 있으나,[35] 濟州市 道南洞의 東貴統土壤은 非火山灰土壤[35]으로서 耕作地로 되어있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2. 土壤의 物理·化學性 分析

土性은 美国農務省法을 따랐다. 土壤硬度는 Yamanaka 硬度計를 使用하였고, 仮比重과 孔隙率 그리고 土壤三相은 実用積法으로 測定하였으며, 真比重은 flask(100 ㎖) 法으로, 土壤色은 Munsell 의 記号에 따랐다.[37]

土壤水分含量은 100～110℃에서 건조시킨 후 測定하였다. 土壤의 pH는 土壤 : H_2O와 土壤 : 1N KCl의 비율을 각각 1 : 5로 하여 pH메터로 測定하였으며, 全炭素는 Tyurin法으로, 全窒素는 Semi-microkjeldahl 法으로, C.E.C.는 韓国農業技術研究所 土壤化學分析法(Brown法)에 準하였다.

置換性塩基는 1N CH_3COONH_4(pH 7.0)로서 浸出한뒤 原子吸光光度分析法(I.L.251 Instrumentation Laboratory Inc.)으로 測定

하였으며 有効燐酸은 Lancaster 法으로, 燐酸吸収係数는 2.5% $(NH_4)_2$-HPO_4(pH 7.0) 浸出液을 使用하여 浸出한 뒤 発色 測定하였다.[37]

3. 土壌의 微生物数 測定

微生物数의 測定은 湿潤土 50 g에 0.01 M Tris(hydroxymethyl) aminomethane 緩衝液(pH 7.2) 450 ml를 加하여 10分間 土壌分散器에서 攪拌振盪시킨 다음, 이 分散溶液을 써서 稀釈平板法으로 全細菌, 放射状菌, 그리고 糸状菌의 数를 培養 計数하였다.

全細菌 및 放射状菌은 Egg-albumin agar 培地를 糸状菌은 Rose bangle streptomycin agar 培地를 使用하였다.[15), 38)]

암모늄酸化細菌, 亜窒酸酸化細菌, 脱窒菌과 窒酸還元菌은 稀釈頻度法으로 培養 計数하였는데, 上記 分散溶液의 稀釈液을 便用하여 特定機能微生物用 培地[15)]에서 암모늄酸化細菌과 亜窒酸酸化細菌은 28日間, 脱窒菌과 窒酸還元菌은 9日間 各各 28℃에서 培養한 後, 1滴의 培養液을 sport plate에 滴下시키고 거기에 Griess-Ilosvay 試薬 1滴을 加하여 赤色発現与否와 発色程度로서 肉眼識別하여 各 細菌의 生成与否를 관찰하였다.[4)]

4. CO_2 発生量 및 Biomass-C의 測定

CO_2 発生量은 湿潤土壌試料에서 発生되는 量으로 測定하고, Biomass는 Jenkinson法에 따라서 Biomass Carbon(Biomass-C)으로 測定하였다.[20), 21)] Biomass-C의 測定은 湿潤土壌 100 g을 deep petri dish에 넣고 Chloroform으로 燻蒸処理하였는데 Chloroform燻蒸処理는 50 ml의 Chloroform을 넣은 Beaker와 試料가 들어있는 deep petri dish를 Stopcock가 달린 Desiccator에 넣고 減圧하여 Chloroform이 沸騰한 後 5分間 継続減圧시킨 後 Desiccator를 28℃에서 24時間 恒温條件에 두었

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

다. 그 後 Desiccator로 부터 Chloroform을 넣은 Beaker 만을 꺼내어서 Desiccator의 뚜껑을 닫은 다음 Chloroform을 完全히 除去하기 위하여 3分間씩 10回 脫気操作을 되풀이하였다. 이 Chloroform燻蒸処理土壤에 未処理의 試料土壤을 処理土壤量의 1/250 만큼 接種하고 充分히 混合하였는데, 이 때 未処理의 試料土壤도 Chloroform燻蒸処理土壤과 같이 28℃에서 24時間 恒温條件에 두었었다.[51]

CO_2 発生量의 測定用 容器는 500 ㎖의 広口試薬瓶을 使用하여, 거기에 試料土壤 30 g을 넣고 発生되는 CO_2를 吸収시키기 위하여 小型유리 그릇을 매달은 뒤에 測定用器 全體를 密封하여 28℃恒温條件에 두었다가 経時的으로 CO_2 発生量을 測定하였다.

CO_2 発生量은 CO_2가 吸収되어 있는 0.5N NaOH 10㎖에서 5㎖를 取하여 거기에 3N $BaCl_2$ 1㎖를 加하고 이어서 Phenolphthalein 1滴을 加한 다음 0.2N HCl로 逆滴定하여 測定했다.

Biomass-C의 測定은 Chloroform을 処理한 土壤試料에서 Lag Phase가 지난 다음 10日동안에 発生한 CO_2의 量으로 부터 処理하지 않은 土壤試料에서 10～20日間에 発生한 CO_2의 量을 빼고 그 값을 2培하여 計算하였는데 이는 10日間의 死滅菌體 分解率을 0.5로 보았기때문이다. 이상에서 얻은 값에 炭素当量値 12를 곱한 後 Biomass-C量을 算出했다.[20), 21)]

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅳ 實驗結果 및 考察

1. 土壤의 物理·化學性 및 微生物數

供試土壤의 物理的 性質과 化學的性質 그리고 微生物數는 표.2, 3, 4와 같다.

Table 2. Physical Properties of Soils

Year	Location	Soil series	Texture	Hardness index (mm)	Bulk density (g/cc)	Specific gravity	Porosity (%)	Three Phases(%) Solid	Liquid	Air	Soil color
1981	Gyore	Namwon	Lic	18	0.54	2.0	73.0	27.0	43.0	30.0	10YR 2/1
	Topyong	Namwon	Lic	16	0.61	2.1	70.2	29.8	37.4	32.8	10YR 2/1
	Donam	Donggwi	CL	23	1.10	2.6	58.0	42.0	20.0	38.0	10YR 3/3
	Ara	Ora	CL	19	0.91	2.5	62.9	37.1	27.0	35.9	10YR 3/3
1982	Gyore A	Namwon	Lic	18	0.54	2.0	73.0	27.0	43.0	30.0	10YR 2/1
	Gyore B	Namwon	Lic	15	0.49	1.9	81.5	18.5	62.0	19.5	10YR 2/1
	Topyong A	Namwon	Lic	16	0.62	2.1	71.0	29.0	40.0	31.0	10YR 2/1
	Topyong B	Namwon	Lic	16	0.63	2.2	71.5	28.5	42.0	29.5	10YR 2/1
	Donam	Donggwi	CL	22	1.10	2.5	62.0	38.0	25.0	37.0	10YR 3/3
	Ara	Ora	CL	20	0.91	2.5	67.6	32.4	29.0	38.0	10YR 3/3

* Munsell notation

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

橘来地域과 吐坪地域의 土壤은 火山灰土로서의 特性이 나타나있어, 仮比重이 낮고, 真比重도 낮은 편이었으며, 따라서 孔隙率은 높은 값을 보이고, 土壤三相中 液相이 높은 比率을 차지하고 있으며, 土壤色은 黒色을 나타낸다.[7),42),56)]

我羅地域의 土壤은 火山灰土로서의 特性이 두드러지지 않아서, 非火山灰土인 道南地域 土壤과 비슷한 物理的 性質을 보여, 仮比重이 높고,

真比重도 높은 편이었으며, 孔隙率은 相対的으로 낮은 값을 보이고, 土壤 三相中 液相이 차지하는 比率이 낮았으며, 土壤色도 짙지 않았다.[42) 48), 49)]

道南地域 土壤은 非火山灰土로서의 特性이 뚜렷이 나타나. 仮比重이 높고 真比重도 높은 편이었으며 따라서 孔隙率은 낮은 값을 보이고, 土壤三相中 液相이 차지하는 比率이 四個土壤中 가장 낮았으며 土壤色도 짙지 않았다.[35), 42), 48), 49)]

Table 3. Chemical Properties of Soils

Year	Location	pH (H_2O (1:5))	pH (KCl (1:5))	Total C (%)	Total N (%)	C.E.C. (me/100g)	Exchangeable cations (me/100g) Ca	Mg	K	Na	Degree of base saturation (%)	Available P (ppm)	Coefficient of P_2O_5 absorption (mg/100g)
1981	Gyore	5.35	4.55	12.60	1.05	20.68	2.50	0.71	0.23	0.14	17.3	29.3	1,420
	Topyong	4.90	4.65	10.62	0.90	24.42	1.50	0.66	0.41	0.12	11.0	17.6	1,700
	Donam	5.50	4.50	2.37	0.24	10.56	3.50	0.72	0.10	0.14	42.2	54.3	875
	Ara	5.30	4.60	1.47	0.31	16.28	1.25	0.35	0.38	0.15	13.1	10.6	955
1982	Gyore A	5.10	4.30	12.60	1.05	23.42	2.30	0.82	0.29	0.16	15.24	32.1	1,460
	Gyore B	5.95	4.90	13.0	1.00	20.25	2.10	0.72	0.50	0.10	15.60	15.2	1,630
	Topyong A	5.50	4.6	10.62	0.95	25.00	1.80	0.69	0.45	0.18	12.48	35.3	1,750
	Topyong B	5.45	4.5	11.0	0.90	24.60	2.20	0.75	0.33	0.14	13.90	30.6	1,820
	Donam	5.65	4.4	2.39	0.25	15.50	3.30	0.78	0.20	0.15	28.58	50.6	825
	Ara	5.20	4.4	1.50	0.30	14.20	2.50	0.69	0.40	0.14	26.27	28.2	895

化學的性質은 모든 土壤에서 pH가 濟州道 田土壤의 平均値인 5.6과 비슷한 값을 나타내어[59)] 대체로 낮은편이었으며, 全炭素와 全窒素含量이

橘来地域과 吐坪地域의 土壤에서 높고 道南地域과 我羅地域의 土壤에서 낮은 것은 物理的性質에서 보이고 있는 바와 같이 火山灰土로서의 特性을 나타내고 있는 것으로 본다.[35), 42),48), 49)]

C.E.C.는 橘来地域과 吐坪地域土壤이 相対的으로 높고 道南地域과 我羅地域土壤이 낮은 값을 보이고 있으며, 燐酸吸收係數는 橘来地域과 吐坪地域의 土壤에서 높고 道南과 我羅地域土壤에서 낮은 값을 나타내고 있다.

Table 4. Microflora of Soils

Organisms per gram of dry soils

Location	Sampling times	Bacteria × 10^6	Actinomycetes × 10^6	Fungi × 10^4	Ammonium-oxidizer × 10^4	Nitrite-oxidizer × 10^4	Denitrifier × 10^5	Nitrate reducer × 10^4	Soil moisture (%)
Gyore	Ⅰ	71.78	25.45	32.32	1.7	2.2	1.70	0.330	43.0
Topyong	Ⅰ	66.23	21.43	15.11	1.1	1.1	0.33	0.045	37.4
Donam	Ⅰ	34.32	12.24	9.6	1.7	17.0	0.35	0.078	20.0
Ara	Ⅰ	57.15	10.67	18.03	0.92	2.7	0.31	0.790	27.0
Gyore	Ⅱ	49.81	19.39	29.94	18.0	0.36	1.60	160	36.1
Topyong	Ⅱ	51.83	19.00	29.65	2.5	17.0	2.80	350	24.6
Donam	Ⅱ	66.12	18.39	24.21	1.7	4.6	1.30	540	16.4
Ara	Ⅱ	50.92	12.97	16.40	0.68	1.3	2.40	540	22.4
Gyore A	Ⅲ	65.46	27.25	18.0	1.4	1.8	1.70	0.24	43.0
Gyore B	Ⅲ	69.57	24.52	11.8	1.2	1.4	1.80	0.29	62.0
Topyong A	Ⅲ	50.16	23.38	9.8	1.2	2.8	0.47	0.17	40.0
Topyong B	Ⅲ	46.45	21.45	14.2	1.5	2.2	0.54	0.12	42.0
Donam	Ⅲ	32.00	11.00	18.0	1.7	3.3	0.84	0.11	25.0
Ara	Ⅲ	37.00	9.50	9.8	0.79	2.4	0.48	0.56	29.0
Gyore A	Ⅳ	69.21	23.28	14.0	1.5	2.0	1.60	0.26	45.0
Gyore B	Ⅳ	71.50	28.20	10.8	1.4	1.7	1.40	0.24	59.0
Topyong A	Ⅳ	53.35	25.45	13.1	1.3	2.5	0.81	0.20	43.0
Topyong B	Ⅳ	55.51	24.62	16.4	1.4	2.4	0.61	0.15	45.0
Donam	Ⅳ	49.50	15.20	15.0	1.5	2.8	0.82	0.22	28.0
Ara	Ⅳ	47.38	13.50	11.4	1.1	2.5	0.60	0.41	31.0

Sampling times Ⅰ : Aug. 24, 1981
Ⅱ : Oct. 14, 1981
Ⅲ : Aug. 11, 1982
Ⅳ : Sep. 8, 1982

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

土壤微生物數는, 全細菌에 있어서 8月의 試料는 橘来地域과 吐坪土壤이 道南地域과 我羅地域土壤보다 많은 數를 보이고 있으나, 9月과 10月의 試料에서는 거의 같은 數를 보였다.

放射狀菌에 있어서도 全細菌에서와 같은 傾向을 나타내고 있으며, 糸狀菌의 數는 非火山灰土壤인 道南地域에서 1981年度 8月의 試料가 얼마간 적은 값을 보이고 있다. 그리고 耕作地보다 新開墾地가 다소 적은 값을 보이고 있다. 암모늄酸化菌은 橘来地域에서 1981年 10月의 試料가 많은 數를 보이고 있다. 亜窒酸酸化菌은 道南地域의 1981年 8月의 試料와 吐坪地域의 1981年 10月에 採取한 試料가 높은 값을 보이고 있다. 脱窒菌은 橘来地域의 1981年 8月 試料와 同年 8月에 採取한 吐坪地域과 道南地域 그리고 我羅地域의 土壤試料에서 보다도 얼마간 높은 값을 보이고 있다. 또한 1982年에도 上記와 같은 양상을 보이고 있다. 窒酸還元菌은 모든 地域의 土壤에서 10月의 試料가 8月과 9月의 試料에서 보다도 越等히 높은 數를 보이고 있는데 이것은 여름보다도 가을철이 窒酸還元作用을 活潑하게 하고 있는 것으로 풀이할 수 있다. 또한 我羅地域이 他地域보다 다소 높은 값을 보이고 있다.

제주대학교중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2. CO_2 発生量 및 Biomass

CO_2 発生量은 그림 1～20에서 積算曲線으로 나타내었다.

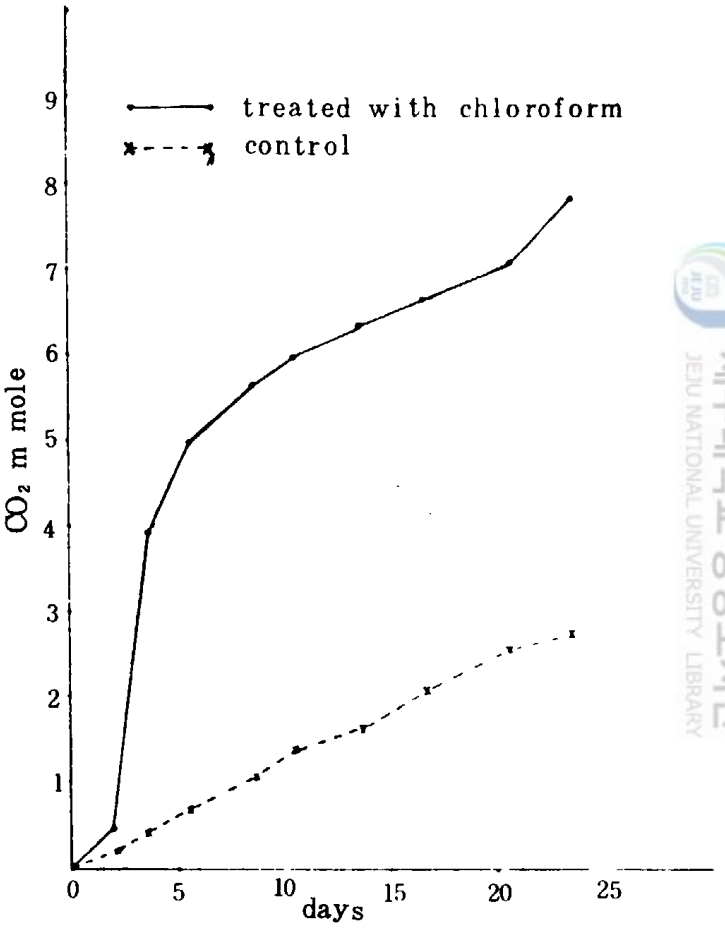

Fig. 1. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Gyore I)

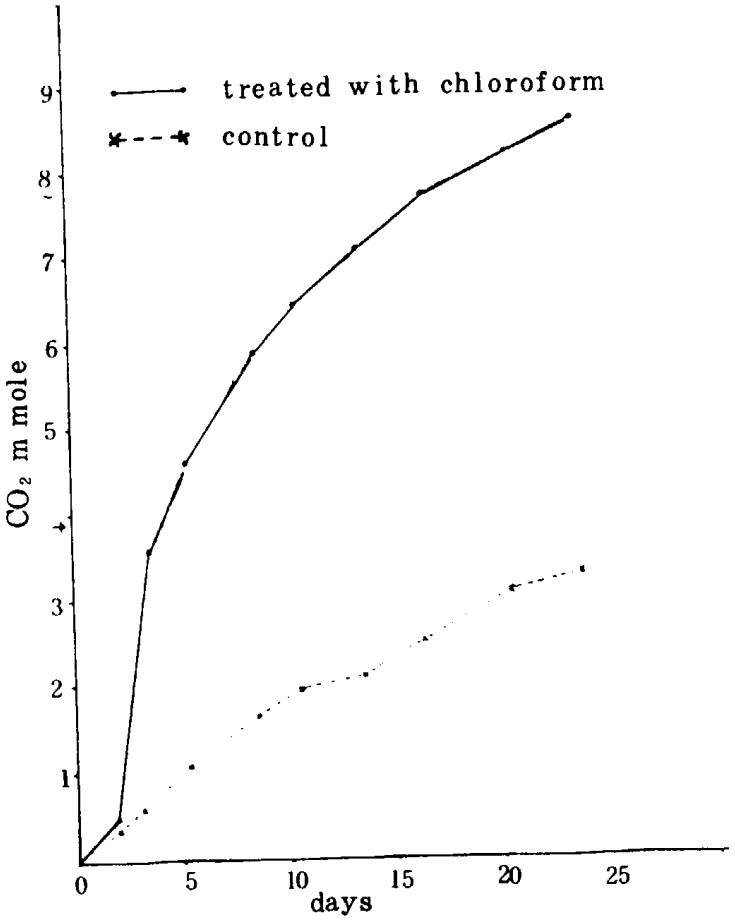

Fig. 2. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Topyong I)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

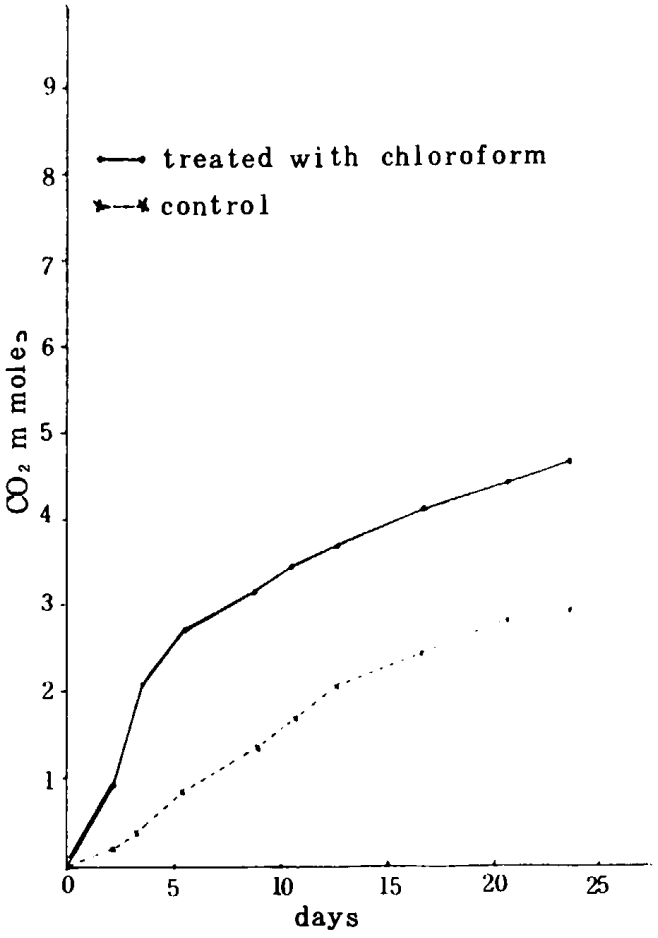

Fig. 3. The cumultive curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Donam I)

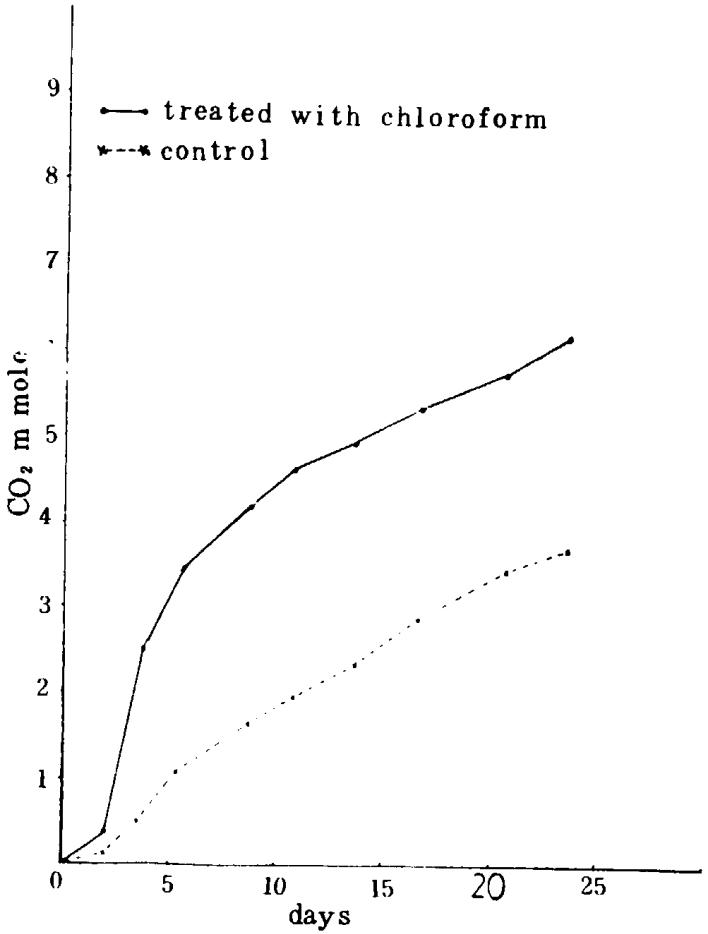

Fig. 4. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Ara I)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

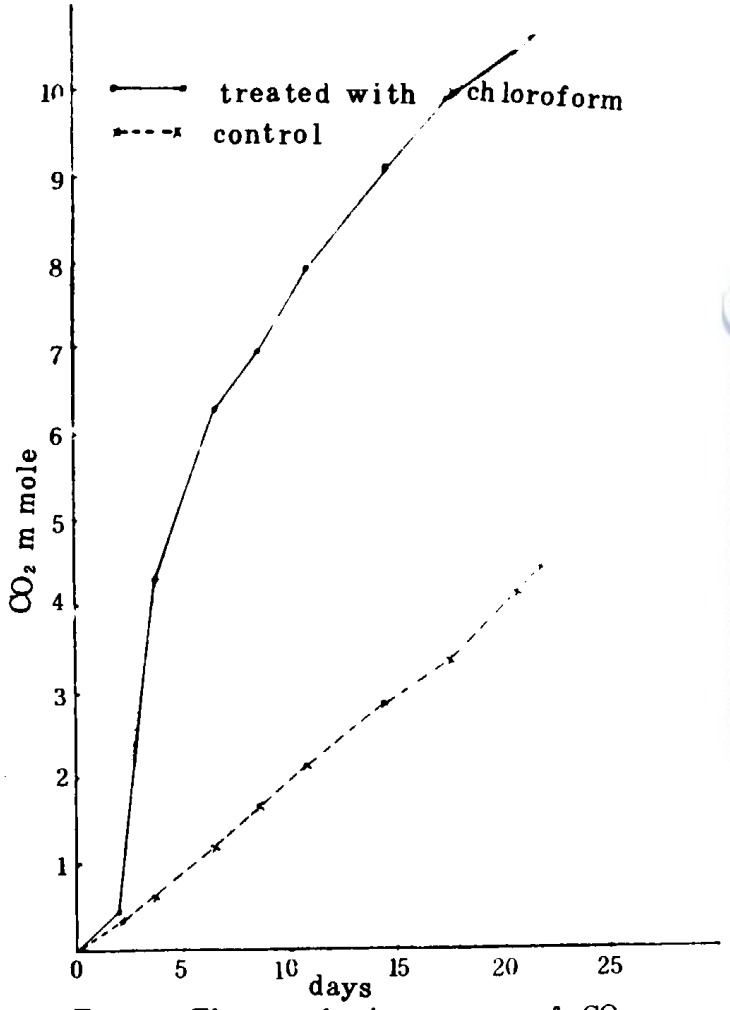

Fig. 5. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil. (Gyore Ⅱ)

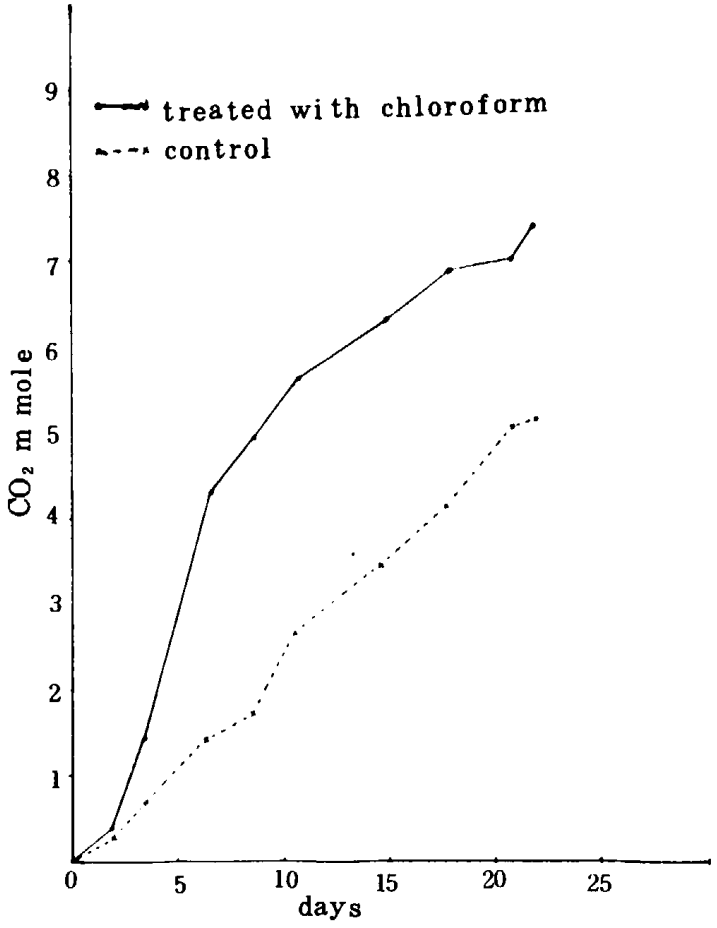

Fig. 6. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil. (Topyong Ⅱ)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

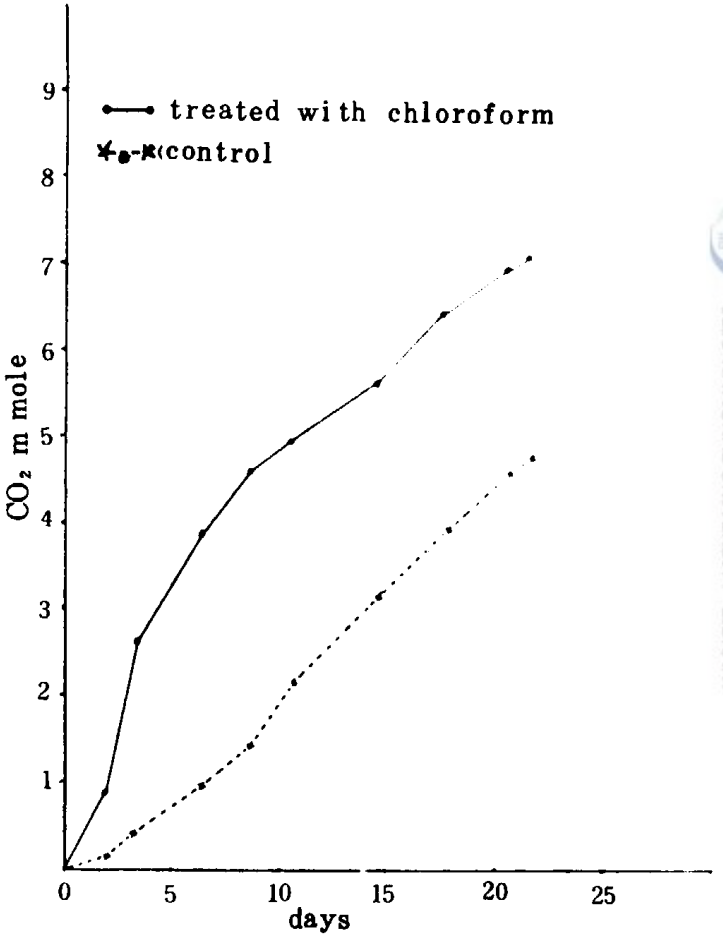

Fig. 7. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Donam Ⅱ)

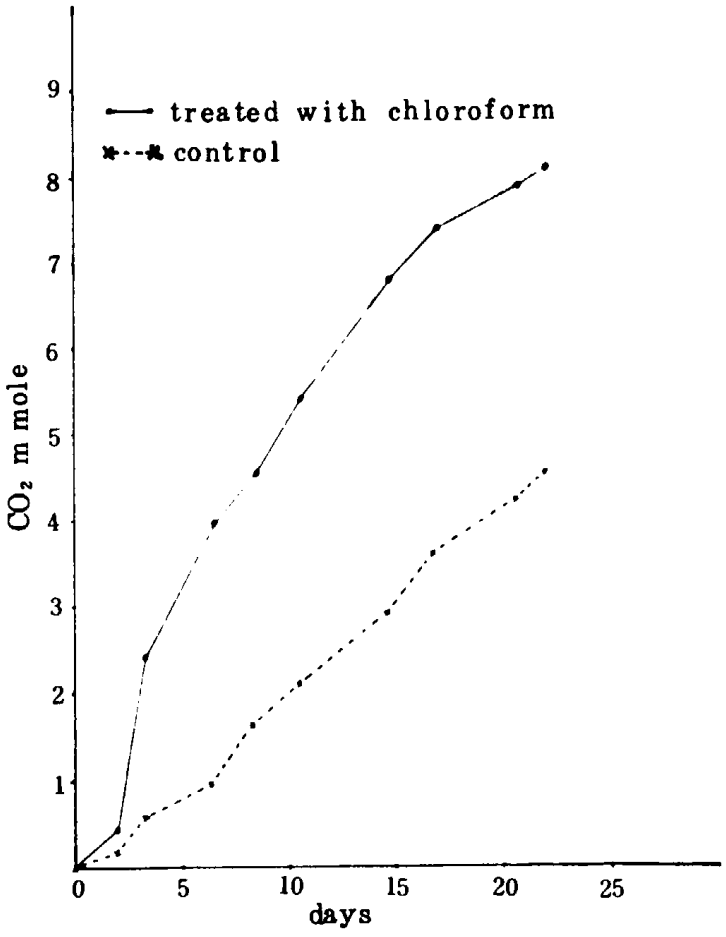

Fig. 8. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Ara Ⅱ)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

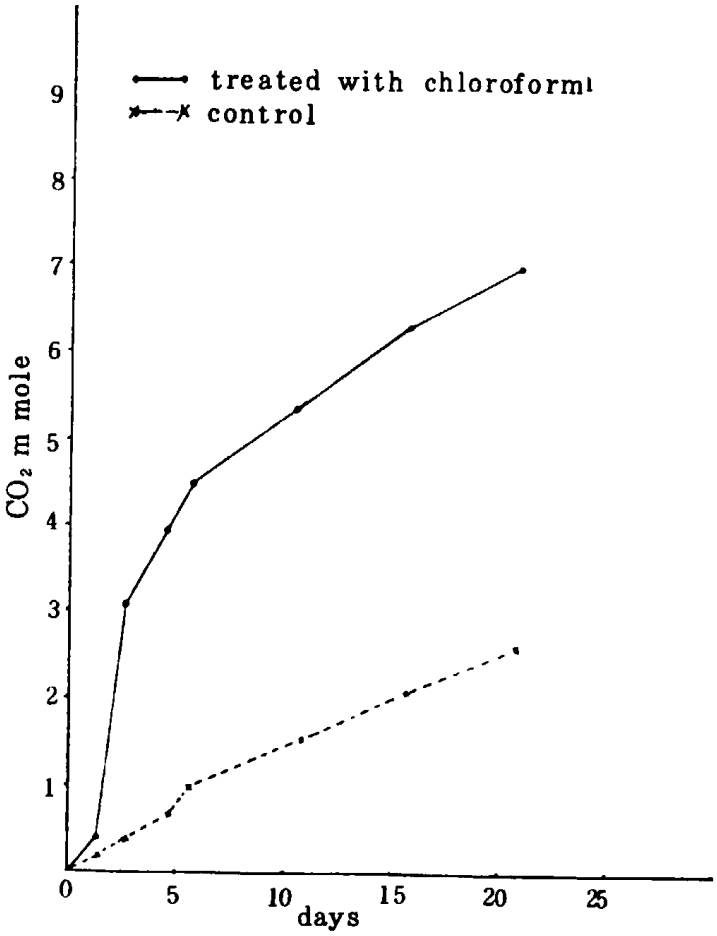

Fig. 9. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil. (Gyore A Ⅲ)

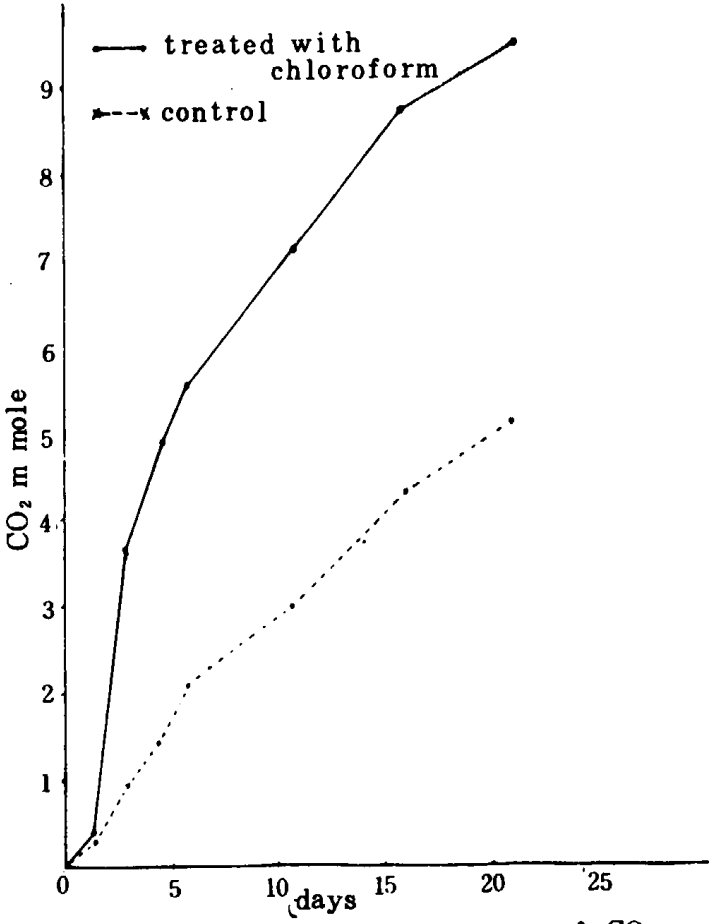

Fig. 10. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil. (Gyore B Ⅲ)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

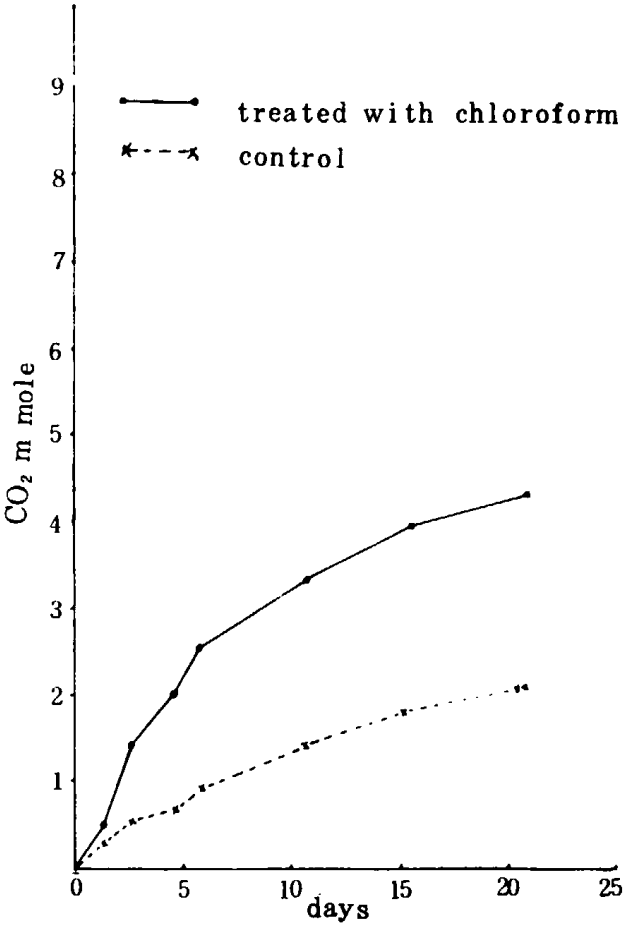

Fig. 11. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil. (Topyong A Ⅲ)

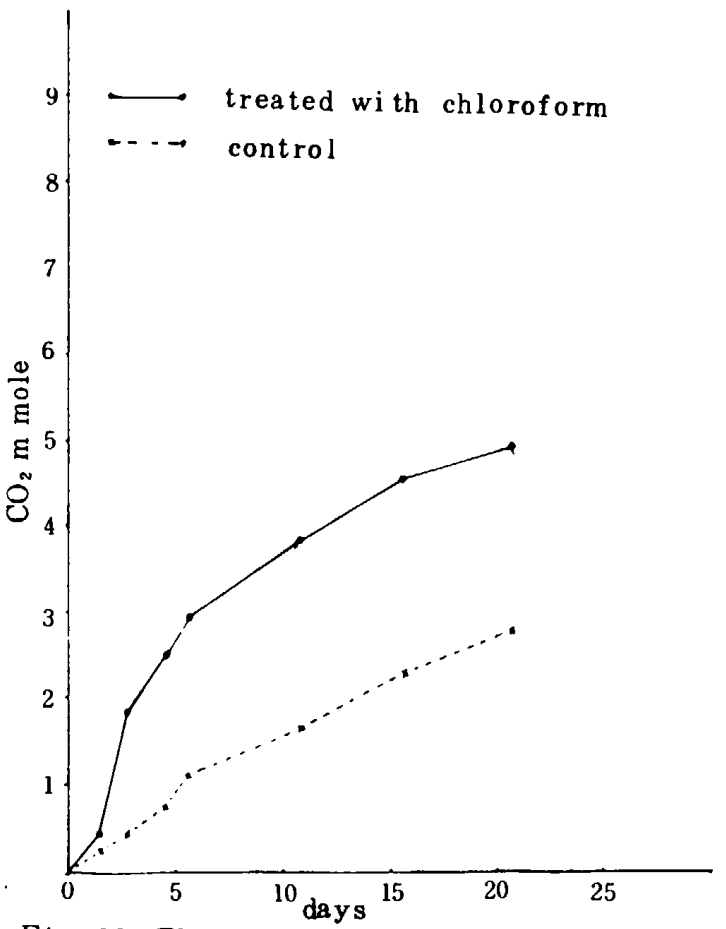

Fig. 12. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil. (Topyong B Ⅲ)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

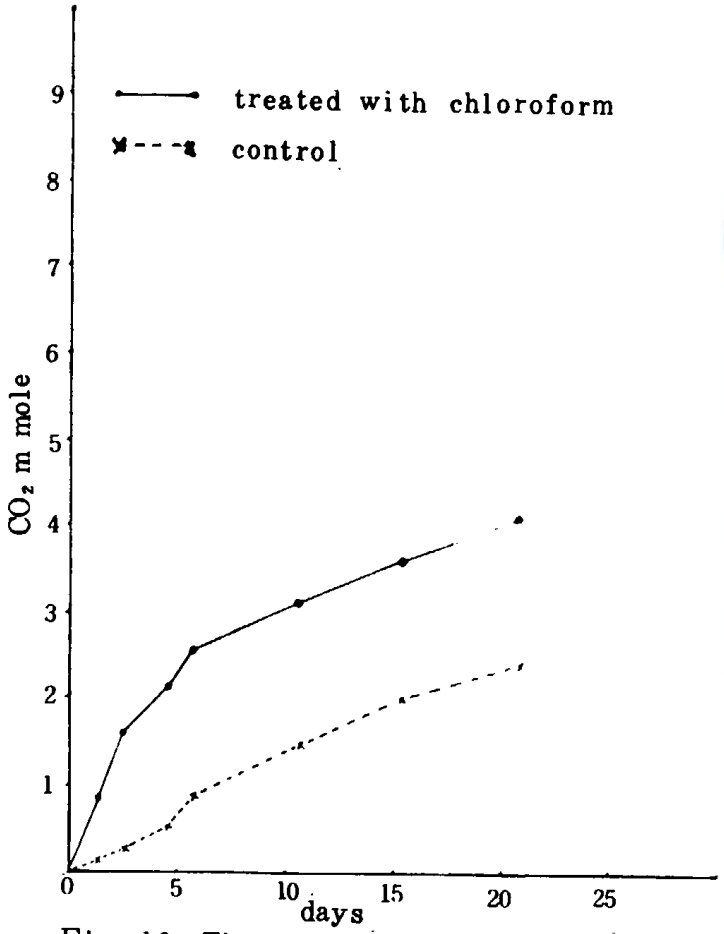

Fig. 13. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil. (Donam Ⅲ)

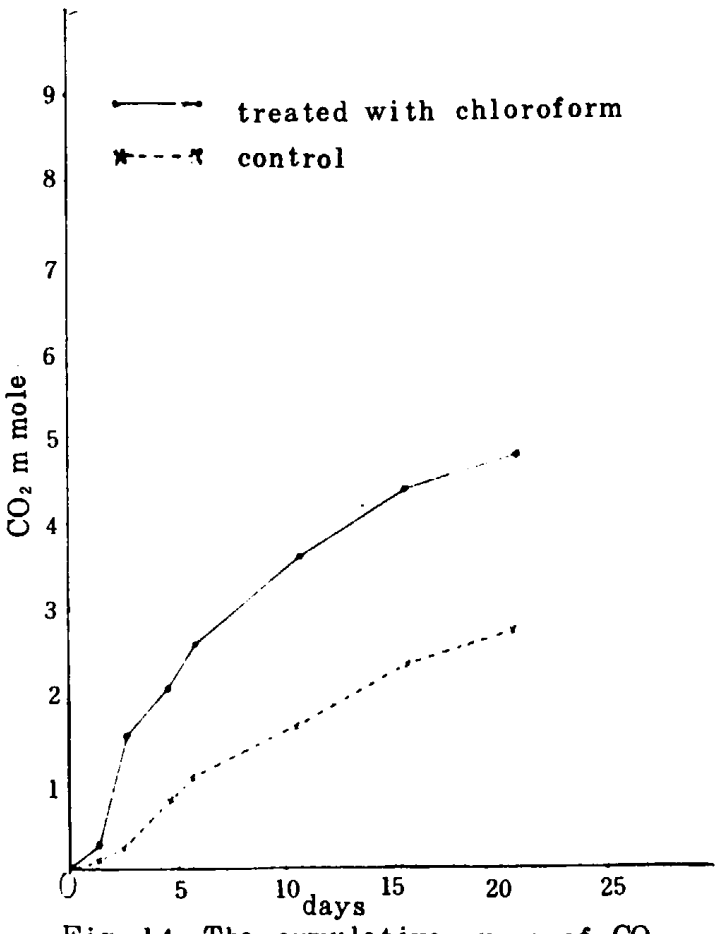

Fig. 14. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil. (Ara Ⅲ)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

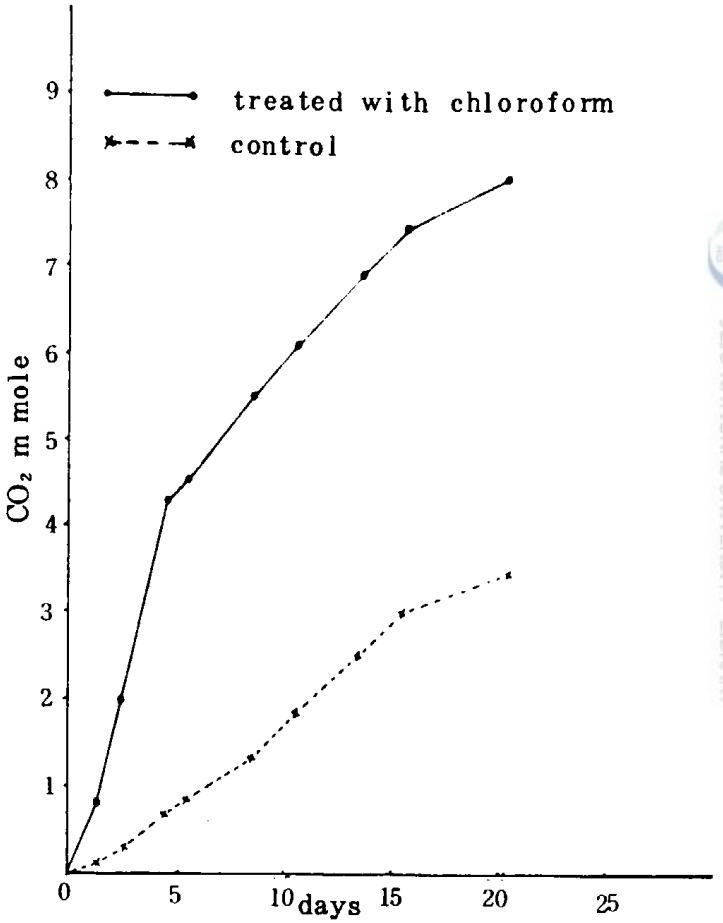

Fig. 15. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Gyore A Ⅳ)

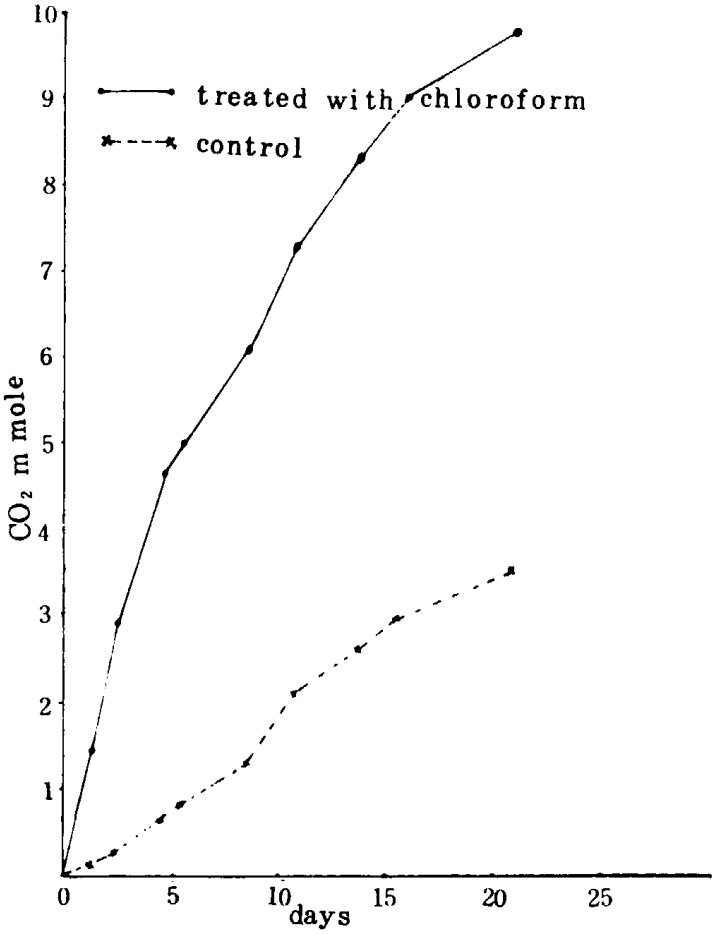

Fig. 16. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Gyore B Ⅳ)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

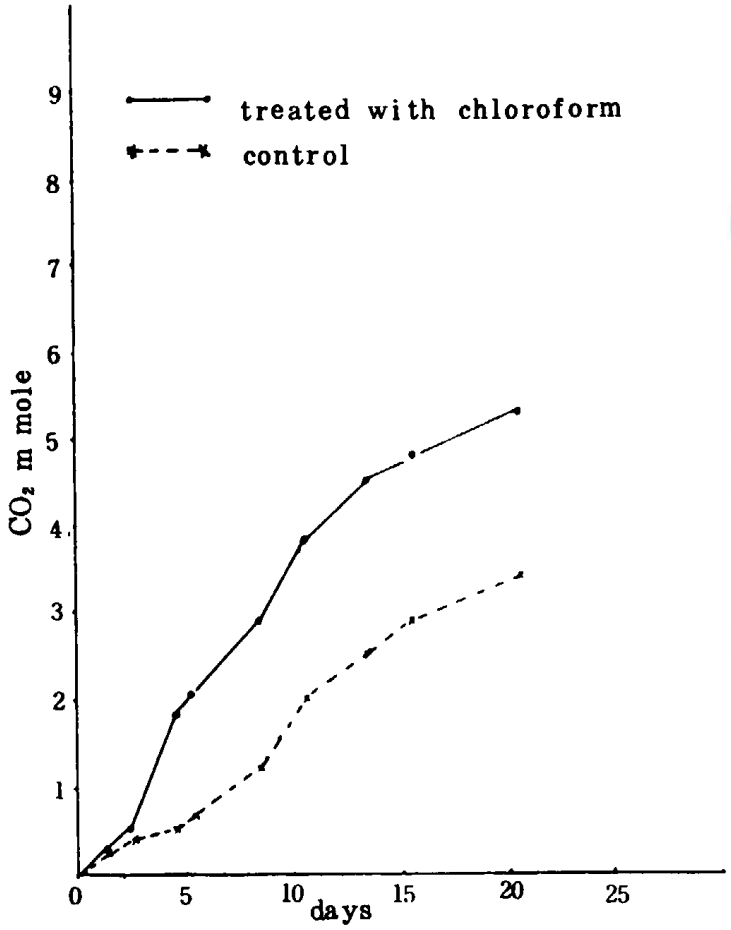

Fig. 17. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Topyong A Ⅳ)

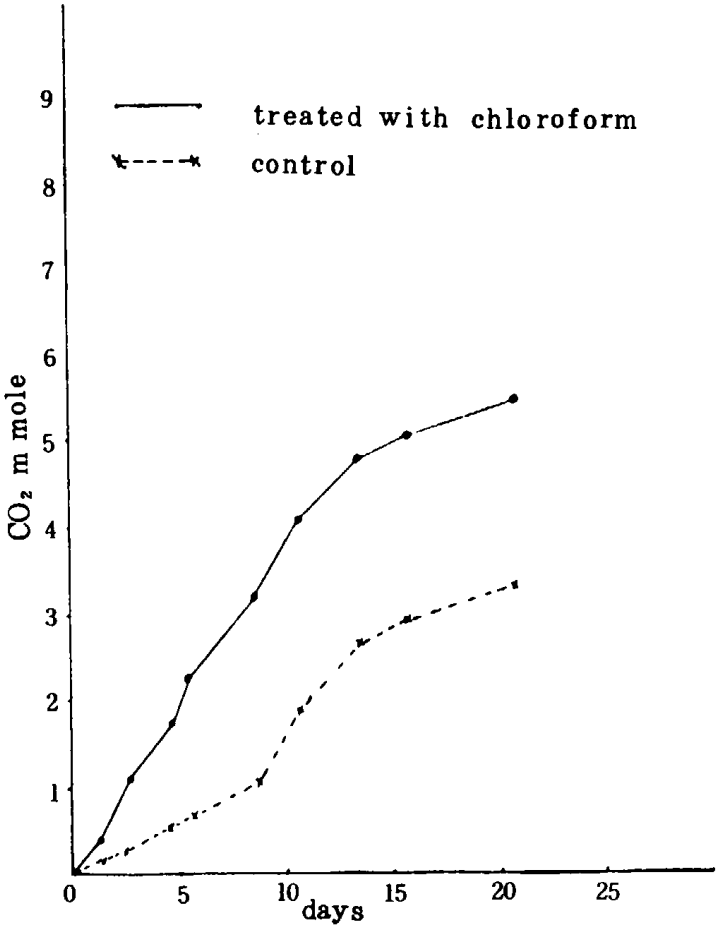

Fig. 18. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Topyong B Ⅳ)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

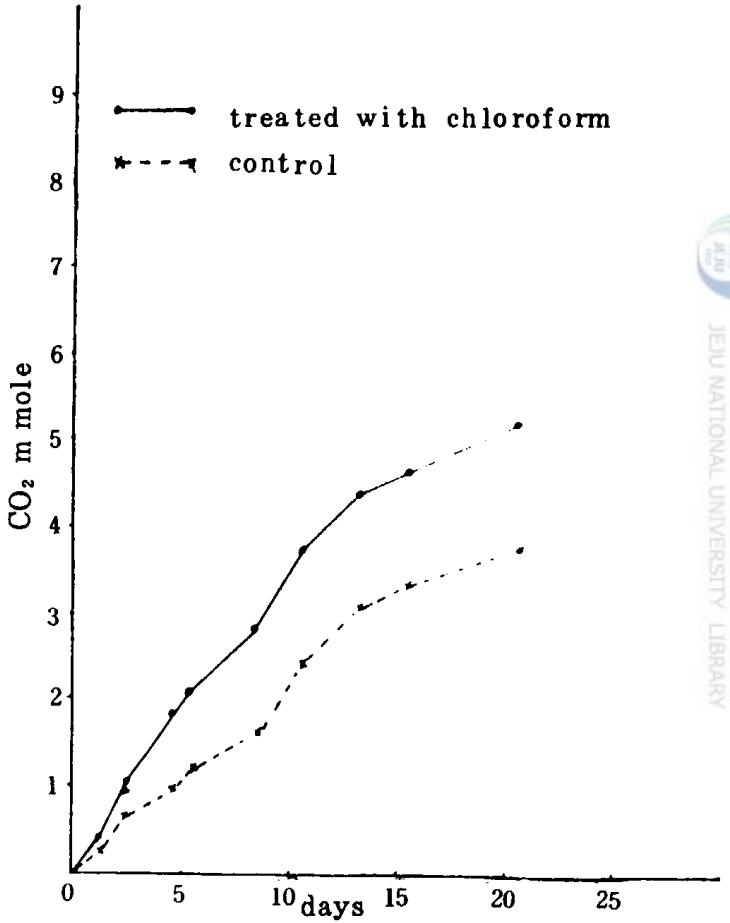

Fig. 19. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Donam Ⅳ)

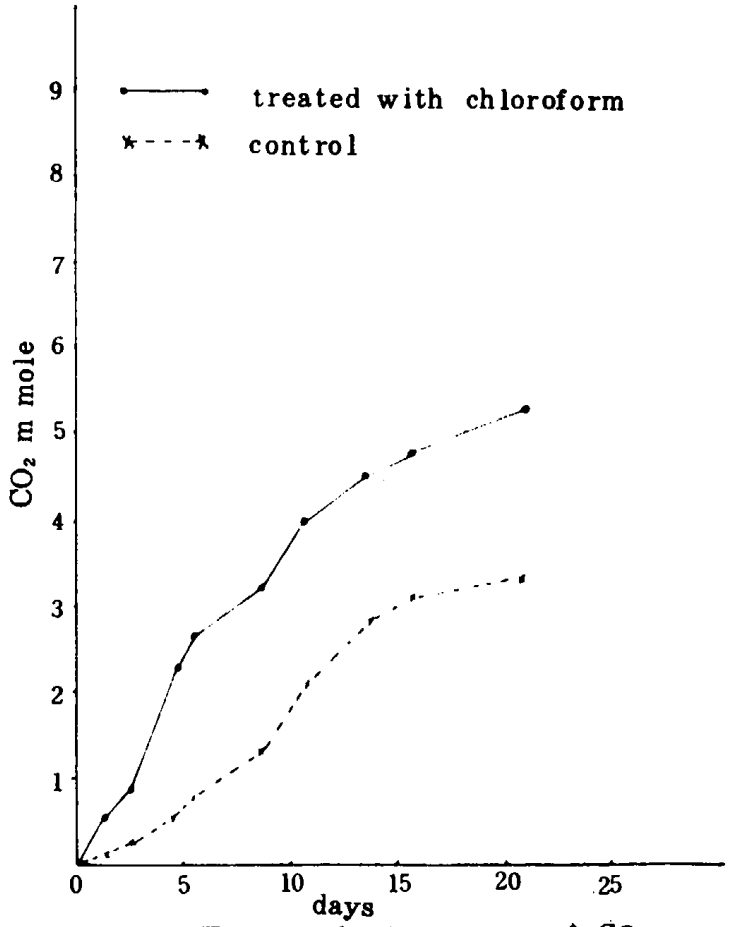

Fig. 20. The cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of soil.(Ara Ⅳ)

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

CO_2發生量은 모든 土壤試料(Chloroform을 処理하지 않은)에서, 8月의 試料보다도 9月, 10月의 試料에서 많은 값을 보이고 있다. CO_2發生量(y)과 經過日數(x)와의 回帰直線은 다음과 같다.

1981年 8月	橋来里試料	$y = 0.058\ x$
	吐坪洞試料	$y = 0.074\ x$
	道南洞試料	$y = 0.067\ x$
	我羅洞試料	$y = 0.085\ x$
1981年 10月	橋来里試料	$y = 0.101\ x$
	吐坪洞試料	$y = 0.124\ x$
	道南洞試料	$y = 0.113\ x$
	我羅洞試料	$y = 0.104\ x$
1982年 8月	橋来里試料A	$y = 0.120\ x$
	橋来里試料B	$y = 0.250\ x$
	吐坪洞試料A	$y = 0.102\ x$
	吐坪洞試料B	$y = 0.125\ x$
	道南洞試料	$y = 0.116\ x$
	我羅洞試料	$y = 0.113\ x$
1982年 9月	橋来里試料A	$y = 0.169\ x$
	橋来里試料B	$y = 0.170\ x$
	吐坪洞試料A	$y = 0.175\ x$
	吐坪洞試料B	$y = 0.160\ x$
	道南洞試料	$y = 0.180\ x$
	我羅洞試料	$y = 0.159\ x$

제주대학교 중앙도서관

여기에서 回帰係數의 크기가 곧 土壤微生物의 有機物分解速度를

뜻하고 있는 것으로 생각하며, 또한 土壤微生物活性의 한 指標가 되는 것으로 본다. 이상에서 보면 耕作地보다 新開墾地에서 回帰係數의 크기가 대체적으로 다소 높게 나타내는데 이는 新開墾地가 耕作地보다 易分解性 有機物의 量이 많다는 것을 뜻하는 것으로 본다.

Biomass-C 를 測定하기 위하여 Chloroform을 処理한 土壤試料에서도 대체로 9月, 10月의 試料에서 많은 量의 CO_2가 発生되고 있으나 吐坪試料에서만은 오히려 1981年 8月의 試料에서 発生量이 많았고 耕作地보다 新開墾地에서 多少 많은 量의 CO_2가 発生되었다.

乾土 100g当의 炭素量으로 계산된 Biomass-C 測定値는 다음과 같다.

1981年	8月 : 橘来里試料	54.00	mg/100g
	吐坪洞試料	57.84	mg/100g
	道南洞試料	29.64	mg/100g
	我羅洞試料	32.34	mg/100g
1981年	10月 : 橘来里試料	71.4	mg/100g
	吐坪洞試料	38.4	mg/100g
	道南洞試料	29.59	mg/100g
	我羅洞試料	40.8	mg/100g
1982年	8月 : 橘来里試料A	97.2	mg/100g
	橘来里試料B	117.6	mg/100g
	吐坪洞試料A	54	mg/100g
	吐坪洞試料B	48	mg/100g
	道南洞試料	50.4	mg/100g

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

吐坪洞試料B　　54.0　　㎎/100 g

道南洞試料　　50.4　　㎎/100 g

我羅洞試料　　61.2　　㎎/100 g

橋来地域의 新開墾地土壤에서 Biomass-C量이 가장 높고 대체적으로 道南地域의 Biomass-C量은 가장 적은 것으로 나타났다. 그리고 道南地域에서 1981年보다 1982年의 Biomass-C量이 현저하게 높았다.

3. 土壤肥沃度와의 関係

土壤肥沃度에 関係되는 土壤의 여러가지 性質中 物理的性質에서 土性과 土壤三相 等이, 化學的性質에서는 pH, C.E.C.鹽基飽和度 및 有機物含量等이 肥沃度와 相関性이 높아서 한 指標로 쓰여지고 있다. 그러나, 土壤肥沃度의 土壤微生物에 의한 肥沃度 評價方法에 대해서는 아직 잘 研究되어 있지 않는 実情이다. 그래서 土壤微生物學的으로 土壤肥沃度의 指標를 模索코저 Biomass-C와 土壤의 物理化學的 性質과의 相関関係를 検討해 보았다.

제주대학교 중앙도서관

(* P = 0.05　** P = 0.01)

仮 比 重　　r = -0.241 (n = 10)

真 比 重　　r = -0.265 (n = 10)

孔 隙 率　　r = 0.313 (n = 10)

固　　状　　r = -0.313 (n = 10)

液　　状　　r = 0.316 (n = 10)

気　　状　　r = -0.303 (n = 10)

全 炭 素　　r = 0.230 (n = 10)

全 窒 素　　r = 0.219 (n = 10)

置換性加里　　r = -0.364 (n = 10)

水 分 含 量　　r = 0.845^{**} (n = 20)

微生物과 Biomass-C와의 相関係數는

全 細 菌　　r = 0.539^{**} (n = 20)

亜窒酸酸化菌　　r = -0.418^{*} (n = 20)

放 射 状 菌　　r = 0.609^{**} (n = 20)

窒酸還元菌　　r = -0.366^{*} (n = 20) 이었다.

여기에서 CO_2発生量의 回帰係數와 Biomass-C와를 基礎로 하여 土壌微生物의 比活性度 = $\frac{\text{回帰係數}}{\text{Biomass-C}} \times 10^3$ 이란 式을 가정하여 보았는데, 土壌試料採取時期別 各 土壌試料의 微生物에 対한 比活性度는 다음과 같다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

1981年	8月	橘来里試料	1.704
		吐坪洞試料	1.279
		道南洞試料	2.260
		我羅洞試料	2.628
1981年	10月	橘来里試料	1.415
		吐坪洞試料	3.229
		道南洞試料	3.819
		我羅洞試料	2,549
1982年	8月	橘来里試料A	1.234
		橘来里試料B	2.125
		吐坪洞試料A	1.889
		吐坪洞試料B	2.604

	我羅洞試料	57.6	mg/100g
1982年 9月	橋来里試料A	92.4	mg/100g
	橋来里試料B	128.4	mg/100g
	吐坪洞試料A	56.4	mg/100g
	道南洞試料	2.302	
	我羅洞試料	2.309	
1982年 9月	橋来里試料A	1.829	
	橋来里試料B	1.324	
	吐坪洞試料A	3.102	
	吐坪洞試料B	2.963	
	道南洞試料	3.571	
	我羅洞試料	2.598	

제주대학교 중앙도서관

이상에서 볼때 대체적으로 8月보다 9月·10月이 比活性度가 높은 편이나 橋来里 新開墾地에서는 異例的으로 相反된 現象을 보였다. 그리고 火山灰土壤보다 非火山灰土壤地域이 다소 높은 값을 보이고 있다.

比活性度와 物理·化學的 性質과의 關係는

硬 度	r =	0.566 (n = 10)
仮 比 重	r =	0.800^{**} (n = 10)
真 比 重	r =	0.820^{**} (n = 10)
孔 隙 率	r =	-3.828^{**} (n = 10)
固 状	r =	0.840^{**} (n = 10)
気 状	r =	-1.379^{**} (n = 10)
全 炭 素	r =	-0.723^{**} (n = 10)

鹽基飽和度　　r = 0.487 (n = 10)

土壤微生物의 Biomass - C를 이미 알려져있는 土壤肥沃度의 여러 가지 指標들과 比較하여 考察해본 結果 유의성있는 相関이 觀察되지 못하였으니 보다 高次的인 土壤微生物學的 學理에 基礎를 두어서 継続될 것으로 생각된다.

그리고 本 研究에서 仮定한 土壤微生物의 比活性度도 土壤肥沃度論的 意義를 究明하는 基礎資料로서 앞으로 研究検討의 必要性이 充分하다고 본다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Summary

To study the Biomass-C of the soil microbes distributed in cultivated volcanic ash soils in Jeju-do, during the 1981-1982, three areas of volcanic ash soils (Gyore-ri in Jocheon-myeon, Ara-dong in Jeju-si, Topyeong-dong in Seoguipo-si) and one of non-volcanic ash soils (Donam-dong in Jeju-si) were selected for sampling. To determine the microbial activity in soil, the amount of CO_2 was tested by the Jenkinson method, and the quantity of Biomass-C measured on that basis.

The results obtained are summarized as follows;

(* P = 0.05 ** P = 0.01)

제주대학교 중앙도서관

1. The correlation between the physical properties of soils and Biomass-C.

Bulk density	r = -0.241 (n = 10)
Specific density	r = -0.265 (n = 10)
Porosity	r = 0.313 (n = 10)
Solid phase	r = -0.313 (n = 10)
Liguid phase	r = 0.316 (n = 10)
Air phase	r = -0.303 (n = 10)
Soil moisture	r = 0.845** (n = 20)

2. The correlation between the chemical properties of soils and Biomass-C.

Total carbon	r = 0.230 (n = 10)

Total nitrogen	$r = 0.219 (n = 10)$
Exchangeable potassium	$r = -0.364 (n = 10)$

3. The correlation between the number of microoganisms and Biomass-C.

Bacteria	$r = 0.539^{**} (n = 20)$
Actinomycetes	$r = 0.609^{**} (n = 20)$
Nitrate reducer	$r = -0.366^{*} (n = 20)$
Nitrite oxidizer	$r = -0.418^{*} (n = 20)$

4. The correlation between the microbial specific activity and physical/chemical properties of soils.

Hardness index	$r = 0.566 (n = 10)$
Bulk density	$r = 0.800^{**} (n = 10)$
Specific gravity	$r = 0.820^{**} (n = 10)$
Porosity	$r = -3.828^{**} (n = 10)$
Solid phase	$r = 0.840^{**} (n = 10)$
Air phase	$r = -1.379^{**} (n = 10)$
Total carbon	$r = -0.723^{**} (n = 10)$
Degree of base saturation	$r = 0.487 (n = 10)$
Available phosphorous	$r = 0.484 (n = 10)$
Coefficient of phosphorous absorption	$r = -0.449 (n = 10)$

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

The proposed"microbial specific activity" is calculated from the $\frac{\text{regression coefficient of control}}{\text{Biomass-C}} \times 10^3$.

The regression coefficient of control means the slope of the cumulative curve of CO_2 evolved per 100g of control soil (untrea-

ted with chloroform).

The microbial specific activity in non-volcanic ash soils increased more in September and October than in August, and non-volcanic ash gave a higher specific activity value than did volcanic ash soil.

Microbial specific activity determined on the basis of Biomass-C can be used as a microbiological activity index and a long-term experiment should be carried out to clarify its suitability.

In conclusion, further soil microbiological studies concerning soil fertility problems are necessary to complete verification. There does not appear to be a significant correlation between Biomass-C and the physical / chemical properties of Jeju soil.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

謝　　辭

本 論文을 為하여 始終 아낌없는 指導와 激励를 주신 指導教授 님과 農化學科의 여러 教授님께 깊이 感謝드립니다.

또 本 実験을 随行하는 동안 많은 협조를 아끼지 않은 宋台喆 學友와 科內 여러 學兄들에게도 謝意를 表합니다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

參 考 文 獻

1. Alexander M, 1961, Introduction of soil Microbiology, John Willey and Sons Inc, New York.
2. Aomine, S. and N. Yoshinaga. 1955. Clay minerals of some well-drained Volcanic ash soils in Japan, Soil sci, 79: 349-358
3. Babiuk, L.A, and Paul, E.A : Can. J, Microbiol. 2.54(1970)
4. Black, C.A, (ed) et al, 1955, Methods of soil analysis Am, Soc. Agronomy madision wis, Part 2, PP 771-1572
5. Bornemisza, E and J.C Morales, 1969 Soil chemical characteristics of recent. Volcanic ash. Soil sic, Soc, Amer, Proc 33 528-530
6. 蔡庠錫, 李炯克, 1971, 濟州道의 火山性 黑色土壤에 対한 研究農事試驗研究報告, 14:27
7. 蔡庠錫, 이동태, 1972, 濟州道 火山灰性 黑色土에 対한 生性 및 分類學的 調査研究, 農試研報, 14 (식물환경편), 27-38
8. 高橋達児, 1964, 火山灰土壤の 物理的 及 化學的性質の 変化 九州農試報, 10(3:4). 205-206
9. 高井康雄, パトロヅスト 20, 214-223
10. Domsch, K.H, and W, Gams, 1973, Fungi in agricultural Soiis Halsted Press (Wiley), New York.
11. Gray, T.R.G, and Williams, S.T : 21st Symposium Soc. Gen, Microbiol, 255-
12. Griffith, S.M, and M, Schnitzer, 1975, The isolation and characterization of stable metal-organic complexes from tropical

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Volcanic soils Soil Sci. 120:126-131

13. Gray P.H.H and R.H Wallace 1957 Corelation between numbers and carbon dioxide in a field soil. Can, J : Microbiol. 3:191

14. 韓国 土壤調査事業機員, 1971, 済州道 개량土壤도, 1-20

15. 黃慶喜, 1973. 우리나라 代表土壤의 pH에 관한 研究, 韓土肥誌, 6(3) : 153-158

16. Igue, K and R, Fuentes, 1972, Characterization of aluminium in Volcanic ash soils, Soil Sci, Soc, Amer, Proc, 36:292-296

17. 중앙관상대, 1975, 기상년보

18. 済州道, 1981, 済州道 統計年報 5

19. Jones, P.C.T. and Mallison, J.E.J, Gen, Microbiol 2.54 (1984)

20. Jenkinson, D.S, Pawlson, D.S, and Wedderburn, R.W.M, Soil Biol, Biochem, 8. 189-202(1976)

21. Jenkinson, D.S : ibid, 8, 203(1976)

22. Jensen, V : The ecology of soil Bacteria 158, Liverpool Univ. press(1968)

23. 고재영, 신철우, 1975, 火山灰土壤의 化學的 特性 究明試驗, 農試研報, 172 ~ 183

24. 김봉태, 최대웅, 慎鏞華, 1973. 済州道 火山灰土의 粘土礦物에 관한 研究 農試研報, 15:15-08

25. 金仁學, 南仁熙, 1975, 済州道 農業의 現況과 問題点, 韓土肥誌 8(3) : 161-170

26. 金澄玉, 1974, 済州道 柑橘園土壤의 燐酸形態 및 吸着에 관한

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

研究, 韓農化誌, 17(3) 1-16

27. Lees, H. and Porteous, J.W. 1950, The release of carbon di-oxide from soils percolated with various organic materials Plant soil, 2 : 231-241

28. 李鍾基, 李根常, 1975, 濟州道 草地開発에 있어서 土壤學的 問題点, 韓土肥誌, 8(3) : 161～170

29. 이춘수, 1975, 濟州道 火山灰 草地土壤 개량방법 확인시험, 182-189

30. Martin, J.P. 1950, Use of acid rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi, Soil Sci. 62:215-233

31. Martini, J.A. and J.A. Valencia 1975 Soils derived from ash in central America : 1, Andepts, Soil sci 120: 278-287

32. Martini, J.A and L.R. Jaramillo, 1975 Soils derived from volcanic ash in central America : Z, Soil more developed than Andepts, Soil Sic. 120

33. Ministry of agriculture and Forestry Japanese Government 1964. Volcanic ash soils in Japan.

34. Mishustin, E.N and V.A, Mirosoeva, 1967 In T.R.G. Gray and D, parkinson, eds The ecology of soil bacteria Liverpool Univ press, Liverpool, PP 458-473.

35. 農業技術研究所, 1976, 濟州道 精密 土壤図.

36. 農業振興公社, 濟州道 地質図.

37. 농촌진흥청 농업기술연구소, 1974 土壤化學 分析法 및 土壤調

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

査 편람2.

38. 농촌진흥청 농업기술연구소, 1974 土壤미생물 分析.

39. 西川広栄, 工藤, 純·高林, 実, 東化地域の 火山灰土壤にすける 主要畑作物の 省力雑草防除技術に ついて

40. 朴薰, 柳順吳, 洪淳範, 1975, 濟州道 柑橘園土壤의 特性과 管理 韓肥誌, 8(3): 133-153

41. Parkinson, D, Gray, T.R.G. and Williams S.T: IBP Handbook No 19, 57-60(1971)

42. 愼斉哉, 1979. 濟州道 火山灰土壤의 特性에 関한 研究, 農技研

43. 申喆雨, 柳寅秀, 尹禎熙, 1980, 濟州道 土壤의 無機態 燐酸組成과 有効燐酸의 定量法比較, 韓土肥誌, 13(3): 93-98

44. 植物環境研究所, 1962, 火山性 土壤에 対한 燐酸肥料의 肥効比較試験, 試験研究事業報告, 377-384

45._____, 1963. 火山性 土壤에 対한 燐酸肥料의 肥効比較試験, 試験研究事業報告, 314-330

46. 植物環境研究所, 1964, 濟州道 개량土地調査 報告書, 14-15

47. 愼鏞華, 李炯克, 金明華, 蔡庠錫, 1964, 濟州道 概略土壤調査報告, 農試研報, 7(1): 49-62

48. 愼鏞華, 金瀅玉, 1975, 火山灰土의 特性에 관하여, 韓土肥誌, 8(3): 113-120

49. 愼鏞華, 張鍾洙(1975) 濟州道土壤의 土壤反応에 関한 調査研究, 韓国土肥學會 研究論文発表要旨, 韓国土肥學會, 37

50. 愼鏞華, 文準(1975) 濟州道土壤의 有機物含量에 関한 調査研究, 韓国土肥學會 研究論文発表要旨, 韓国土肥學會, 36

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

51. 土壤微生物研究會, 1975, 土壤微生物実験法

52. Vandecaveye, S.C, 1939, Microbiol activity in relation organic matter transfermation in the soil. Trans, Third Comm Intern. Soc. Soil Sci, A 120-130

53. Waksman, S.A, and Starkey, R.L. 1924, Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility Carbon dioxide evolution, Soil Sci, 17: 141-161

54. Worcup, J.H: Trans, Brit, Mycol, Soc. 38. 298(1955)

55._____, Nature, 175, 953(1955)

56. 柳寅洙, 柳順昊, 尹禎熙, 1975, 済州道 田土壤의 肥沃度 現況과 改良, 韓土肥誌, 8(3): 121-132

57. 柳寅洙, 尹禎熙, 金仁卓, 1978, 火山灰土壤에서의 燐酸의 施用量 施肥法과 硅反石의 効果, 韓土肥誌, 11(1): 25-30

58. 유진창, 이용석, 1973, 土壤有気物 및 窒素量이 根瘤菌 活動에 미치는 영향, 218-237

59. 厳基泰, 朱永熙, 李景洙, 慎鏞華, 1978, 済州道 綜合開発計劃을 為한 土壤特性의 研究, 農試研報, 19 (土壤肥料, 作物保護, 균이편) : 1-18.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY