

土壤有機物の 分解速度와 Microbial population 의 消長에 關한 研究

金 遵 敏 · 張 楠 基

(서울大學校 師範大學 生物科)

On the Decay Rate of Soil Organic Matter and Changes of
Soil Microbial population.

KIM, Choon-Min and Nam-Kee CHANG

(Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University)

ABSTRACT

The aim of present study is to elucidate the relationship between decay rate of soil organic matter, and the change of soil microbial population under the oak and pine forest soils in Kwang-nung plantation stand.

The results obtained are as follows:

- 1) The correlation coefficient between decay rate and the soil bacteria is 0.84 and fungi 0.93.
- 2) The distribution of soil microbial population is higher in both F horizon of the oak forest soil, and F and H horizon of the pine forest soil. However, the number of soil microorganisms decreases with the depth in each forest soil.
- 3) The population of soil microbes is related to moisture content, total nitrogen, available phosphorus, and exchangeable calcium, except organic carbon in fungi.
- 4) The soil organic matter has been mainly decomposed by fungi, and the size of its population are governed by the factors such as moisture content, organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, and exchangeable calcium.

緒 論

森林을 形成하고 있는 樹木이나 下草는 落葉 落枝 死根 등을 土壤에 끊임없이 供給하므로 그의 分解에 依하여 土壤의 性格은 차츰 變異를 가져오게 된다(Kim, 1965).

土壤有機物は 土壤微生物에 依하여 分解되어 無機物로 되는데 그의 分解速度는 樹種과 環境條件에 따라 달라지며 따라서 土壤으로 環元되는 無機養分の 種類와 量에도 差異가 생긴다는 事實이 밝혀 졌다(Daubeumire 1953, 1963. Greenland & Nye 1959. Jenny, Gessel & Bingham 1959. Kim & Chang 1966).

이러한 事實은 有機物分解에 直接關與하고 있는 土壤微生物과 그들의 成長에 影響을 주는 有機物, 無機鹽類, 土壤溫度 및 土壤濕도에 左右된다고 생각된다. Ino & Monsi(1964)는 腐植質 allophane

土壤에서 有機物의 分解는 溫度와 磷에 依하여 가장 큰 影響을 받으며 또 酸性土壤에서 土壤微生物中 有機物 分解에 關係가 깊은 것은 糸狀菌으로 그의 번식에는 培地에 K 보다는 P를 添加하는 것이 더 效果가 크다는 것을 確認하였다.

本研究에서는 土壤有機物의 分解速度에 미치는 土壤微生物의 影響과 그들의 消長에 關與하는 無機鹽類의 影響을 調査하였다.

實驗 材料 및 方法

本研究에서 選定한 調査地所는 *Quercus mongolica*와 *Pinus densiflora*가 群落을 이루고 있는 참나무林과 松林을 對象으로 하였다.

光陵의 松林과 참나무林의 土壤은 花崗岩에서 由來한 粘土質의 砂壤土로 表土는 黑褐色을 띠고 있으나 밑으로 내려갈수록 黃色을 띤다.

1964年 11月末頃 完全히 잎이 떨어진 뒤에 L.- F.- H.- Ai.- 層 및 無機土壤의 깊이에 따라 1500gm의 土壤을 採取하였으며 이들 材料를 비닐봉지에 넣어 運搬하였다.

土壤의 含水量을 測定하고 남은 試料는 完全을건하여 直徑이 2mm인 체로 쳐서 化學分析에 使用하였다. 그리고 分解率測定에 使用할 土壤試料는 0°~2°C의 냉장고에 보관하였다.

化學分析方法: 採取한 林土는 다음과 같은 化學的 分析方法에 依하여 二반복으로 行하였으며 各無機養料에 對한 評價는 平均値로 하였다.

- 1) pH는 1:2.5의 土壤용액을 만들어 Beckman pH 測定器로 測定하였다.
- 2) 含水量은 新鮮한 土壤試料를 105°C의 恒溫器속에 넣어 건조시킨 다음 24時間後에 測定하였다.
- 3) 有機炭素는 Wet oxidation 法으로 연소시켜 적정법으로 測定하였다.
- 4) 總窒素는 Kjeldahl 法에 依하여 測定하였다.
- 5) 磷은 standard molybdate 法에 依하여 光電比色計로 測定하였다.
- 6) 加里는 Cobaltinitrite 로서 침전시켜 光電比色計로 測定하였다.
- 7) 칼슘은 oxalate 로서 침전시켜 적정법으로 定量하였다.
- 8) 마그네슘은 Pyrophosphate 法으로 重量分析하였다.

分解速度의 測定方法: 土壤有機物의 分解速度는 土壤試料로 부터 放出되는 CO₂를 定量하므로써 測定하였다. CO₂를 定量하는 장치는 여러가지가 있으나 本實驗에서 使用한 器具는 두개의 크기가 다른 유리병을 使用하였다. 其中 큰 것은 높이가 125mm, 直徑이 75mm이며 작은 것은 높이가 26mm, 直徑이 43mm이고 측면의 直徑이 4mm 되는 8개의 구멍이 뚫린 것이다.

新鮮한 土壤材料는 25~50g, Humus는 5~10g를 작은 유리병에 넣어 放出하는 Co₂를 흡수하도록 0.75N NaOH 용액이 담긴 큰 병속에 매달아 놓았으며, 試料의 水分含量은 20°C의 恒溫 수조속에 놓아서 自然狀態로 유지하도록하고 시료를 가끔 흔들어 CO₂의 흡수를 도왔다. 1~5日후 병속에 있는 0.75N NaOH 용액을 0.75N HCl 용액으로 적정하여 定量하였으며 CO₂의 放出率은 mgC/100g dry Soil/Day로 表示하였다.

土壤微生物의 測定方法: 森林土壤의 有機物分解에 責任이 있는 Soil bacteria와 Fungi를 稀釋平枝法(dilution plate method)에 依하여 算定하였다.

1) Soil Bacteria

林土중에 存在하는 土壤細菌의 數는 1g의 土壤試料를 10⁴~10⁵ 배로 稀釋하여 Limpman and Brown's synthetic agar media를 使用하여 8日間 27°C F에서 培養하고 生成된 colony를 Darkfield quebec calony counter로 算定하였다.

2) Fungi

土壤試料中에 存在하는 Fungi 의 數는 1g 의 Sample 을 $10^3 \sim 10^4$ 倍로 稀釋하여 普通使用하고 있는 glucose agar media 로 3 日間 30°C 로 培養한 後 Darkfield quebec colony counter 로 算出하였다.

結 果

光陵의 참나무林과 松林에서 採取한 土壤試料中의 土壤微生物의 數은 分解速度는 Table 1, Fig. 1, 2 에 化學分析의 結果는 Table 2 에 表示하였다.

1. 土壤微生物의 垂直 및 水平分布

土壤 Bacteria 의 數는 Fig. 1 에서 보는 바와 같이 참나무林에서는 L 層에서 $165 \times 10^5/g$ 이나 F 層에서는 $2,720 \times 10^5/g$ 로 急增하고 H, A₁ 層으로 내려감에 따라 그 數는 급격히 減少하며 그 以下の 層에서는 圓만히 減少한다.

Table 1. The number of soil microbes and decay rate for the organic matter of oak and pine forest soils in Kwang-nung plantation stand.

horizon	species elements	Oak			Pine		
		decay rate (at 20°C)	Bacteria $\times 10^5/g$	Fungi $\times 10^4/g$	decay rate (at 20°C)	Bacteria $\times 10^5/g$	Fungi $\times 10^4/g$
L.		6.52	165	101	4.27	102	70
F.		8.77	2,720	143	5.17	1,650	110
H.		2.25	308	50	5.35	1,320	115
A ₁ .		1.67	101	52	1.26	71	34
1		1.35	89	22	0.63	76	18
2		0.84	102	19	0.56	57	12
3		0.71	103	9	0.57	50	6
4		0.72	95	16	0.50	33	3
5		0.72	91	7	0.51	62	2
6		0.70	85	5	0.47	34	2
7		0.69	36	8	0.46	27	4

※ air dry basis

Table 2. Chemical composition of oak and pine forest soils in Kwang-nung plantation stand.*

species	depth (cm)	pH	moisture content (%)	Organis C (%)	Total N (%)	available P(p.p.m.)	exchangea- ble K (%)	exchangea- ble Ca (%)	exchangea- ble Mg (%)
Oak	L.	6.10	146	37.1	2.02	23.58	0.21	1.266	0.137
	F.	6.72	183	29.9	1.96	37.11	0.24	1.496	0.114
	H.	6.95	115	11.1	0.92	22.55	0.17	0.502	0.075
	A ₁ .	6.69	92	10.1	1.08	21.40	0.19	0.448	0.065
	1	6.35	65	3.4	0.24	18.65	0.27	0.255	0.074
	2	5.89	34	2.8	0.21	17.22	0.16	0.244	0.050
	3	5.81	32	2.5	0.20	12.10	0.15	0.193	0.047
	4	5.68	23	2.3	0.27	11.48	0.25	0.102	0.056
	5	6.03	20	1.5	0.15	10.25	0.24	0.113	0.023
	6	6.05	21	1.4	0.13	9.84	0.21	0.232	0.039
7	5.97	18	1.3	0.11	8.24	0.20	0.156	0.032	

Pine	L.	5.55	23	38.9	1.47	13.12	0.26	0.598	0.042
	F.	5.83	71	33.8	1.14	21.94	0.22	0.848	0.107
	H.	5.51	89	22.0	0.98	16.73	0.12	0.936	0.086
	A ₁ .	5.12	59	10.9	0.90	16.56	0.13	0.320	0.106
	1	5.45	30	4.1	0.21	8.61	0.23	0.102	0.064
	2	5.54	23	3.6	0.19	6.72	0.14	0.092	0.061
	3	5.59	29	2.8	0.18	6.60	0.13	0.212	0.049
	4	5.89	21	2.4	0.14	5.69	0.18	0.104	0.048
	5	5.52	14	2.3	0.12	5.25	0.20	0.072	0.046
	6	5.51	11	1.7	0.10	5.29	0.20	0.068	0.056
7	5.61	6	1.4	0.08	5.88	0.24	0.080	0.030	

* air dry basis

소나무는 참나무와는 달리 L 층은 $102 \times 10^5/g$ 이며 F 층은 $1,650 \times 10^5/g$ 로 증가하고 H 층은 $1,320 \times 10^5/g$ 로 F 층에 비하여 다소 감소하나 A₁ 층에서는 급격히 減少되고 그 以下の 土壤層에서는 서서히 減少한다.

Fungi 의 分布狀態는 Fig. 2 에서 보는 바와 같이 참나무林에 있어서는 L 층에서 $101 \times 10^4/g$ F 층에서 $143 \times 10^4/g$ 로 증가하고 그 以下の 층에서는 점차로 감소한다. 松林土에 있어서는 L 층은 $70 \times 10^4/g$,

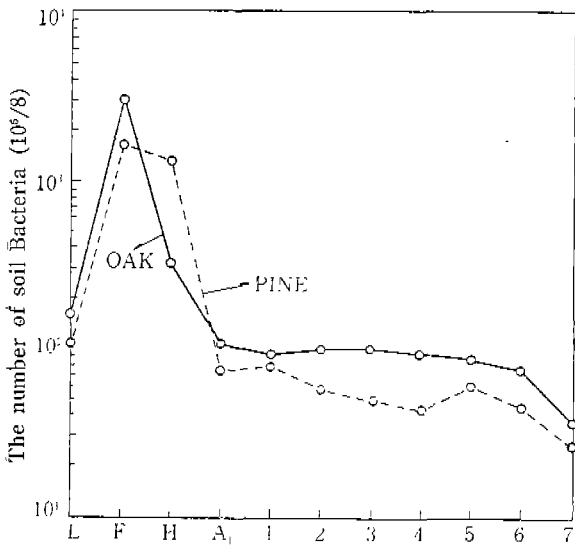


Fig. 1. The number of soil bacteria found in the oak and pine forest soils in Kwang-nung plantation stand.

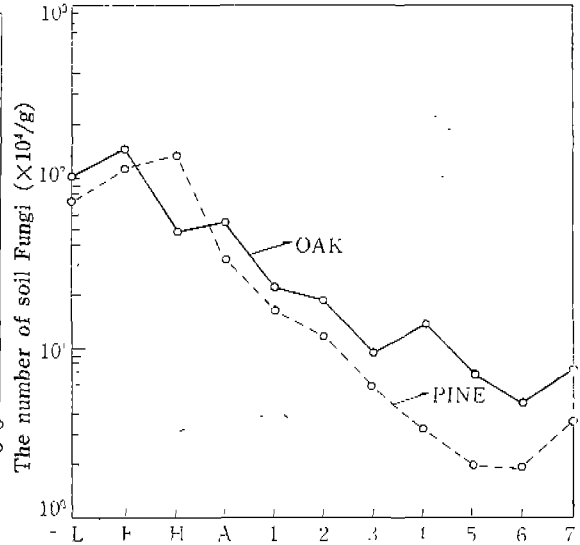


Fig. 2. The number of soil Fungi found in the oak and pine forest soils in Kwang-nung plantation stand.

Table 3. Statistical analysis of the soil bacteria and fungi in Table 2.

between oak and pine	mean difference	degree of freedom	"t" value	P
decay rate	0.478	10	1.07	0.4 < P < 0.3
Bacteria	37.6	10	0.27	0.8 < P < 0.7
Fungi	5.1	10	0.65	0.6 < P < 0.5

T. 0.05=2.23 T. 0.01=3.17

* significant at the 5% level

** significant at the 1% level

F 층은 $110 \times 10^4/g$ H 층은 $115 \times 10^4/g$ 로 漸次 增加하나 그 以下의 층에서는 점차로 감소한다. 참나무 林土와 소나무 林土 사이의 土壤微生物의 水平의 分布狀態를 比較하면 Table 3 에서 表示하는 바와 같이 Soil Bacteria 와 Fungi 모두가 有意한 差異가 없으며 이에 따른 分解率도 差異를 인정할 수 없다. 따라서 참나무 林土와 松林土의 總分解率에는 差異가 없을 분말아니라 數에도 차이가 없다.

2. 土壤微生物과 分解率과의 관계

土壤微生物과 分解率과의 相互關係로 Fig. 3 과 Table 4 에서 表示하는 바와 같다.

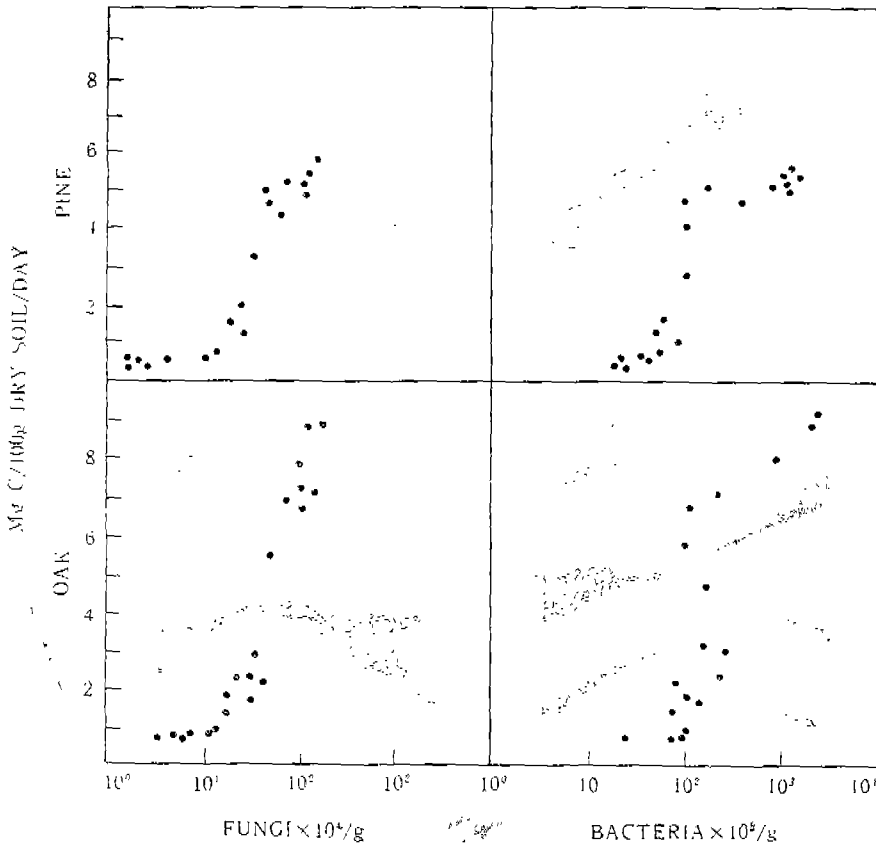


Fig. 3. The relationship between the soil microorganism and decay rate of oak and pine forest in Kwang-nung plantation

即 即참나무 林과 소나무 林에 있어서 土壤微生物의 數가 增加함을 따라 土壤有機物の 분해율도 增加하였다(Fig. 3).

참나무 林土의 有機物の 分解率과 土壤 Bacteria 와의 相關을 보면 회귀계수는 0.002 이고 상관계수는 0.82로 正相關을 나타내며 Fungi 는 회귀계수가 0.059 상관계수가 0.97로 高度의 有意한 正상관을 나타내었다.

소나무 林土의 土壤有機物の 分解率과 Bacteria 間에는 회귀계수가 0.003 상관계수가 0.85로 역시 분해와 밀접한 관계가 있으며 Fungi 와는 0.98로 大端히 有意한 相關관계가 있다.

3. 土壤微生物과 無機 養料와의 관계

土壤微生物과 含水量, 有機炭素, 總窒素, 有效磷酸 置換性 K, Ca, Mg 間의 關係는 Fig. 4, Fig. 5, Table 4 에 表示하였다. 참나무 林土에 있어서는 Fig. 4 에서 보는 바와 같이 有機炭素 K, Mg 의 數値는 土壤 Bacteria 의 數와는 아무런 相關이 없으나 含水量 N, P, Ca 는 土壤 Bacteria 의 數를 增加시키며 따라서 土壤有機物の 分解率에 增加를 가져온다. Fungi 는 K 와 Mg 의 增減에 아무런 관계가 없으나 有機炭素의 分解와는 깊은 相關을 나타낸다. 그리고 含水量, N, P, Ca 는 Fungi 의 增減에 밀접하게 관련되어 있으므로 土壤有機物の 증감과 正比例하는 것을 볼 수 있다.

松林土에서도 역시 참나무 林에서와 같이 K 와 Mg 는 土壤 Bacteria 와 Fungi 의 population 에 關係없이 증감하고 有機炭素만은 Fungi 에 限하여 증감에 관계하며 그의 含水量, N, P, Ca 는 microbial population 의 增加와 현저한 相關을 나타낸다.

이러한 相關關係를 統計學的으로 有意성을 검정하면 土壤 Bacteria 는 참나무 林土에서는 含水量, 置換

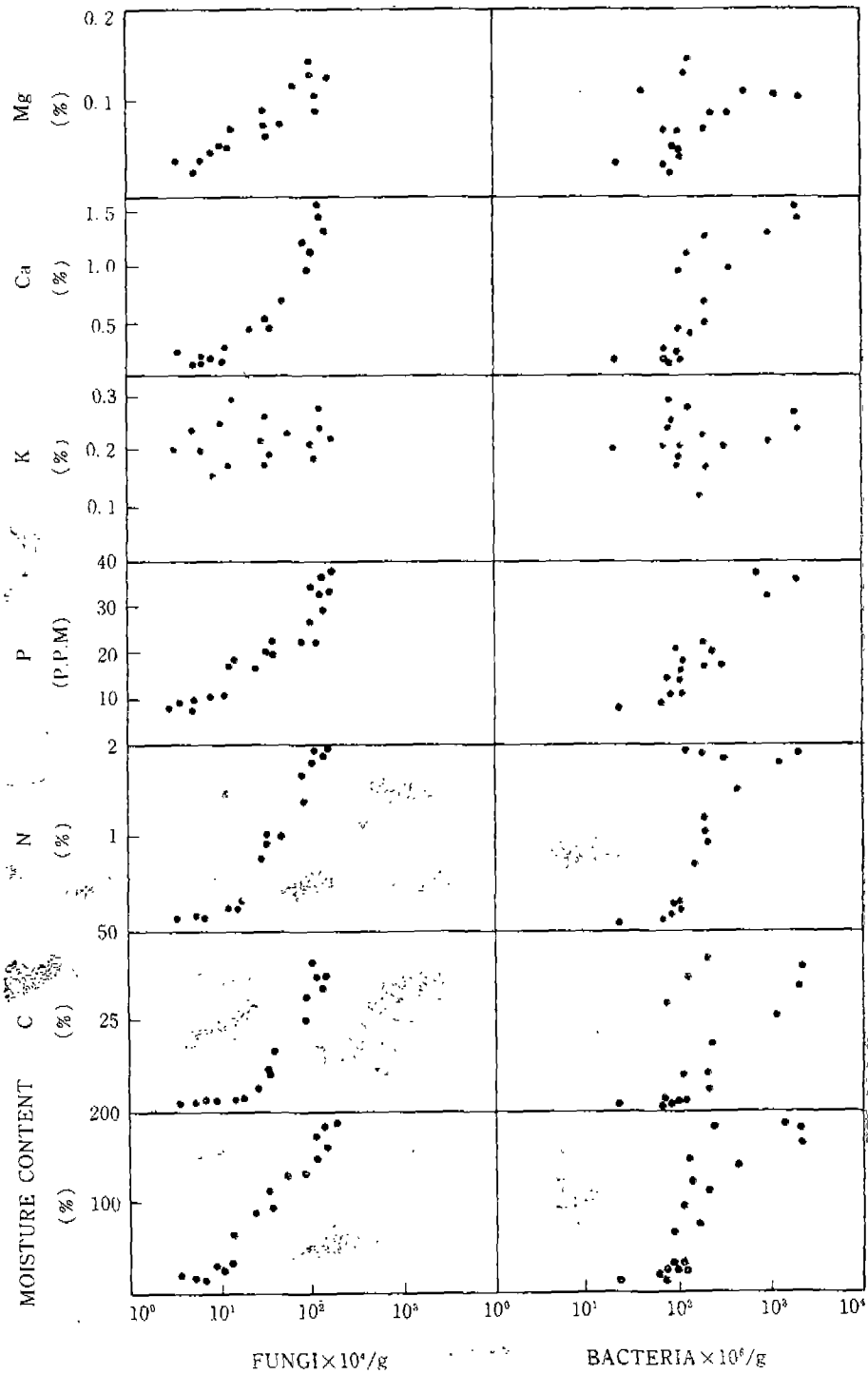


Fig. 4. The relationship between the soil microorganism and moisture content, organic carbon, and mineral nutrients of pine forest in Kwang-nung plantation

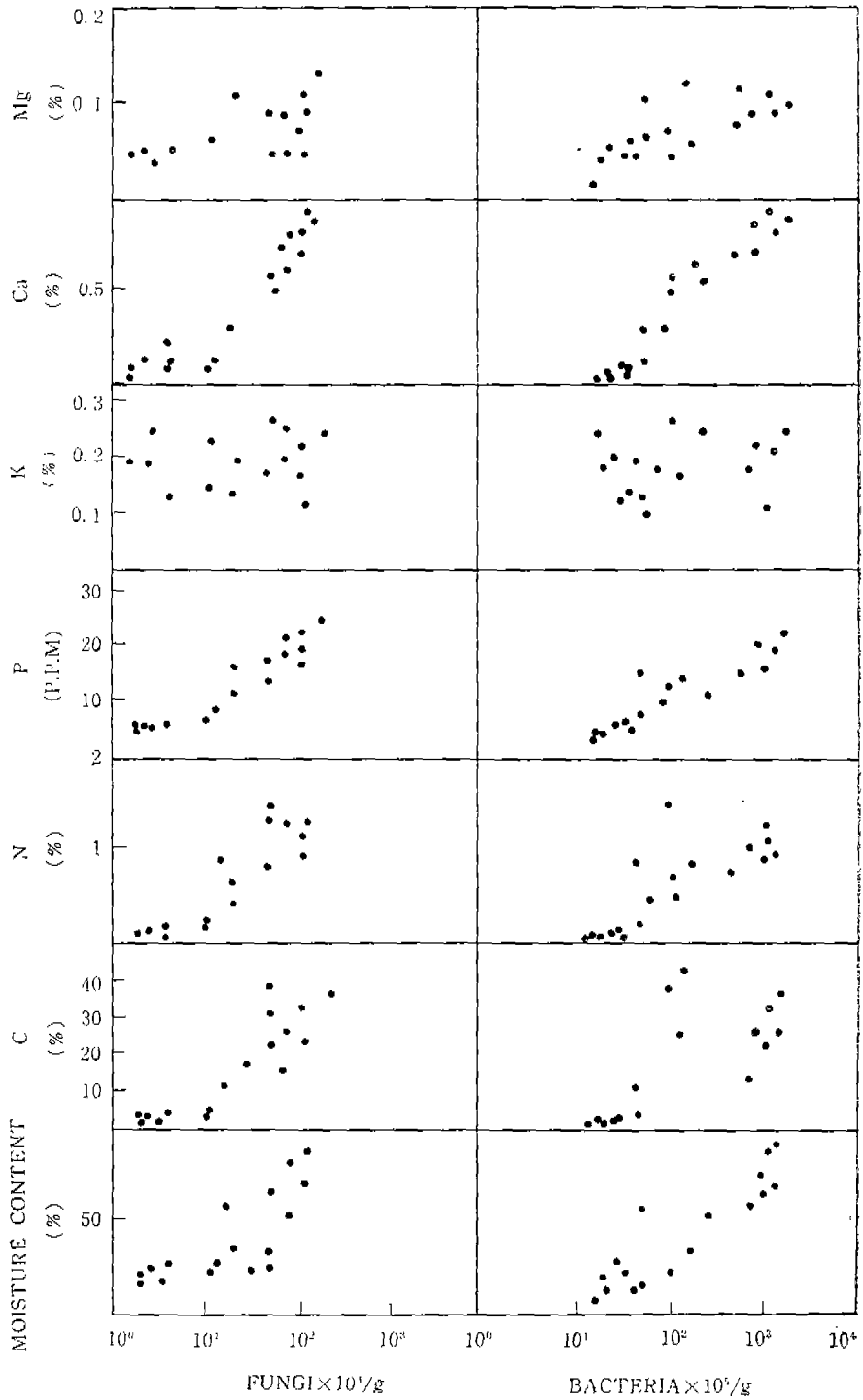


Fig. 5. The relationship between the soil microorganism and moisture content, organic carbon, and mineral nutrients of oak forest in Kwang-nung Plantation

Table 4. The relationship between the soil microorganism and decay rate, organic carbon and mineral nutrients.

stand	elements	Soil Bacteria			Soil Fungi		
		correlation coefficient	regression coefficient	regression equation	correlation coefficient	regression coefficient	regression equation
Oak	decay rate	0.82**	0.002	$Y=0.02X+1.552$	0.97**	0.059	$Y=0.059X+0.041$
	moisture content	0.69*	0.051	$Y=0.051X+49.946$	0.94**	1.239	$Y=1.239X+19.643$
	organic carbon	0.57	—	—	0.93**	0.259	$Y=0.259X+0.299$
	N	0.81**	0.007	$Y=0.007X+1.818$	0.99**	0.015	$Y=0.015X+0.075$
	P	0.85**	0.008	$Y=0.008X+14.768$	0.95**	0.178	$Y=0.178X+10.618$
	K	0.02	—	—	0.03	—	—
	Ca	0.77*	0.0004	$Y=0.0004X+0.437$	0.94**	0.011	$Y=0.011X=0.167$
	Mg	0.41	—	—	0.05	—	—
Pine	decay rate	0.85**	0.003	$Y=0.003X+0.239$	0.98**	0.046	$Y=0.046X+0.226$
	moisture content	0.79*	0.037	$Y=0.037X+22.291$	0.85**	0.521	$Y=0.521X-131.151$
	organic carbon	0.56	—	—	0.86**	0.284	$Y=0.284X+1.644$
	N	0.74*	0.0005	$Y=0.0005X+0.342$	0.71*	0.007	$Y=0.007X+0.262$
	P	0.73*	0.073	$Y=0.073X-13.411$	0.83**	0.116	$Y=0.116X-27.401$
	K	0.08	—	—	0.97**	0.001	$Y=0.001X-0.185$
	Ca	0.82**	0.0004	$Y=0.0004X+0.185$	0.89**	0.007	$Y=0.007X+0.074$
	Mg	0.58	—	—	0.63	—	—

* significant at the 5% level
 ** significant at the 1% level

性 Ca 과 소나무林土에서는 含水量, 窒素, 인과 95% 信賴限界內에서 有意한 相關이 있다.

또 Fungi 의 數와 無機鹽類와의 關係를 보면 참나무林土에서는 含水量, 有機炭素 N, P, Ca 등과 正相關이 있고 松林土에서는 K 와 相關이 있을 뿐이다. Ino 와 Mousi(1964)에 依하면 K 는 70~80% 가 遊離態로 存在하여 洗脫되기 쉽다는 것이다.

論 議

土壤有機物の 分解는 土壤微生物에 依하여 行하여지며 溫度, 水分, 無機鹽類와 같은 要因은 分解速度에 影響을 미치므로 이들은 中극적으로 土壤 Bacteria 와 Fungi 의 消長에 關係한다고 생각된다.

Saido (1956. 1957. 1958. 1960)는 너도밤나무 litter 의 分解에 있어서 Fungi 의 作用이 가장 크다는 것을 밝힌바 있다. 土壤微生物의 垂直 水平 分布에 있어서 L 層이 F, H 層보다 적은것은 微生物에 汚染되는 初期段階이며 또 落葉을 비롯한 其他 植物遺體의 表面은 微生物이 侵入하기 어려운 表皮層으로 덮여 있기 때문이라고 생각된다.

그러나 F, H 層은 Humus 가 약간 分解된 狀態이므로 微生物의 侵入이 용이하여 그 結果 microbial population 의 急격한 增大를 볼 수 있다. 土壤의 無機層에서는 깊이에 따라 점차로 微生物의 數가 감소되는데 이것은 有機物質, 土壤水分, N, P, Ca 의 level 의 低下에 기인하는 것이라고 생각된다. Jenny, Gessel 과 Bingham(1959)은 溫帶地方과 熱帶地方에서 참나무 litter 가 소나무 litter 보다 빨리 分解된다고 하였으며 Kim 과 Chang(1965)은 光陵의 참나무 落葉과 소나무 落葉의 分解 常數를 측정하여 참나무가 소나무보다 훨씬 빨리 無機化 된다는 것을 밝혔다.

이것은 참나무林土에서는 H層에서 보다 F층에서 分解가 많이 일어나고 松林土에서는 F層과 H層에서 거의 같은 比率로 分解된다(Fig. 1, 2).

A₁層 이하의 土壤層에서는 주로 뿌리의 遺體가 分解되므로 top soil에서 보다 分解가 微弱하다.

土壤 Bacteria 및 Fungi 와 分解率과의 相關關係를 보면 Bacteria 와 Fungi 와의 相關係數가 各松林土에서 0.85, 0.98 참나무林土에서 0.82, 0.97 로 正相關을 나타내나 部分相關係數를 計算한 結果 Soil Bacterier 는 0.51 이며 Fungi 는 0.86 이 있다. 따라서 分解의 責任은 Bacteria 와 Fungi 가 同時에 지니고 있으나 그중 Fungi 가 더욱 강력한 役割을 擔當하고 있다는 것을 알 수 있다.

Ino 와 Mousi(1964)에 依하면 土壤有機物の 分解를 支配하는 要因은 溫度와 磷이라고 하였는데 本實驗에서는 土壤 Bacteria 와 Fungi 로 區別하여 無機鹽類와의 關係를 統計學的으로 分析한 結果 土壤 Bacteria 에 있어서는 含水量, N, P, Ca 등과 相關이 있고 Fungi 는 위의 4要因 外에 有機炭素와도 正相關 關係를 나타내었다(Table 4).

이것은 위의 要因들이 土壤微生物의 生長과 分裂에 必要한 養料로 이바지 되기 때문이라고 생각된다. 土壤 Bacteria 는 Fungi 와는 달리 有機炭素와의 相關係數가 참나무에서 0.57, 소나무에서 0.56 이나 "t"-test 를 한 結果 有意성을 認定 할 수 없다.

그러나 Soil Bacteria 가 總窒素와 相關이 있는 것으로 보아 含水量보다 是 有機炭素와 密接한 關係가 있음을 알 수 있다.

要 約

本研究는 土壤有機物の 分解率과 土壤微生物의 消長과의 關係를 究明하였으며 아울러 土壤微生物의 消長에 미치는 無機鹽類의 影響을 追求하였다.

1. 分解率과 土壤 Bacteria 및 Fungi 와는 正相關關係가 있으며 이들의 部分 相關係數는 土壤 Bacteria 가 0.51 Fungi 가 0.86 이다.
2. 土壤微生物의 分布는 참나무에서는 F층, 소나무에서는 F, H層에서 가장 많았고 그 以下の 土壤層에서는 깊이가 增加함을 따라 점점 減少한다.
3. 本研究의 對象으로한 松林土와 참나무林土間의 總微生物의 數는 有意한 差가 存在하지 않는다.
4. 土壤 Bacteria 는 林土의 含水量, N, P, Ca 등과 正相關이 있으며 Fungi 는 林土의 含水量, 有機炭素, N, P, Ca 등과 正相關關係가 있다.
5. 土壤有機物の 分解는 主로 Fungi 에 依하여 行하여지며 따라서 有機炭素, N, P, Ca 함수량 등이 分解에 影響을 미친다고 推定할 수 있다.

文 獻

1. Daubeumire, R. 1953. Nutrient content of leaf litter of trees in the northern Rocky Mountains. Ecology. 34: 786-793.
2. Daubenmire, R. and Don C. Prusso: 1963 Studies of the decomposition rates of tree litter. Ecology 44: 589-592.
3. Greenland, D.J. and P.H. Nye. 1959. Increases in the carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. Soil sci. Vol. 10: 285-299.
4. Ino, Y. and M. monsi. 1964. On the decomposition rate of soil organic matter in Humic Allophane soils of Mt. Kirigamine. Bot. Mag. Tokyo 77: 168-175.
5. Ino, Y. and M. monsi. 1964. Distribution of the increment in nutrient element in Humic Allophane soil of Mt. Kirigamine. Bot. Mag. Tokyo 77: 216-221.

6. Jenny, H. Gessel, S.P. and F.T. Bingham. 1959. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil sci.* Vol. 10: 419-432.
7. Kim, C. M. 1965. The nutrient holding capacity of wood land soils in Korea. *Seoul Univ. J. (B)* Vol. 16: 148-172.
8. Kim, C. M. and N. K. Chang. 1965. The decomposition rate of litter affecting the amount of mineral nutrients of forest soil in Korea. *Bulletine of the Ecological Society of America*: September 14. 1965.
9. Saito, T. 1956. Microbiological decomposition of beech litter. *Ecol. Rev.* 14: 141-147.
10. Saito, T. 1957. Chemical changes in beech litter under microbiological decomposition. *Ibid.* 14: 209-216.
11. Saito, T. 1958. The Characteristic feature of fungi taking part in the decomposition of beech litter. *Sic. Rep. Johoku Univ. 4th Ser.*, 24: 73-79.
12. Saito, T. 1960. An approach to the mechanism of microbial decomposition of beech litter. *Ibid.*, 26: 125-131.
13. Wilde, S.A. and G. K. Voigt. 1955. Analysis of soils and plants for foresters and horticulturists. 70-71.