

The Report of the KACN
No. 26, pp. 119~127 (1988)

眠周之山一帶의 極相林 土壤과 土壤微生物

趙 清 慈 · 宋 寅 根 · 崔 榮 吉
漢陽大學校 生物學科

The soil and soil microbes of climax forest in the around of Mt. Minjuji

by

Cho, Cheung-Cha, In-Geun Song and Young-Keel Choi

Department of Biology, Hanyang University

Abstract

The soil microbes of the climax forest in around Mt. Minjuji was studied in relation to soil environmental factors.

The average value of moisture content of the soil was 32.5% and pH of the soil was generally ranged 5.45-7.68.

In the analysis of organic substances such as soluble sugar and total organic matter, soluble sugar in upper layer was higher than that of lower layer.

The population sizes of soil microbes and the microbial activity in degradation of organic substances were higher in general bacteria than that in general fungi.

The correlation coefficients between S/O value and population size of cellulolytic microbes were shown as of 0.82372, 0.85182, 0.82483, respectively, comparing population size among cellulolytic bacteria, cellulolytic fungi, and total cellulolytic microbes.

In the analysis of soil ecosystem, the fertility of soil was more developed in broad-leaved forest than that in needle-leaf forest.

緒 論

우리나라의 極相林 土壤을 대상으로 행해진 연구로는 지리산 피아골 極相林內 林床의 土壤微生物 群集의

動態(崔와李, 1982)로 極相林 生態系와 遷移過程 중에 있는 生態系에서 土壤環境과 土壤微生物의 作用을 상호 비교함으로써 極相林 生態系의 平衡 機作的 한 단편을 微生物에 의한 生態的 機能을 통하여 해석하였으며, 경기도 광주 죽엽산일대의 極相林 土壤과 土壤微生物의 分布(崔등, 1985)에서 土壤環境 중에서 水溶性 糖類와 有機物 總量의 비를 산출하여 섬유소 分解微生物과 상관관계를 살펴봄으로써 biological index로 의 가능성을 조사하였다. 또한 이러한 水溶性 糖類와 有機物 總量의 비를 極相林內 土壤生態系에 적용하여 태백산 極相林 土壤과 土壤微生物(崔와李, 1986)에서 조사하였으며, 기타의 極相林 土壤에 대한 연구가 진행중이다.

따라서 本 實驗은 極相林 土壤環境과 土壤微生物에 대한 연구의 일환으로 현재까지 土壤과 土壤微生物에 대하여 전혀 조사된 바 없는 眠周之山一帶를 대상으로 土壤內 微生物 群集의 크기(population size of soil microbes)와 土壤의 物理化學的 環境要因을 測定하고, 環境要因 中에 有機的 總量(total organic matter)과 水溶性 糖類(free soluble sugar)의 비를 산출하여 그 값인 S/O value를 parameter로 사용하여 生態系의 발전에 따른 土壤微生物의 機能을 해석하고, 섬유소 分解微生物의 群集 크기와의 상호관계 및 우수한 cellulase activity를 갖는 微生物 균주 분리에 유리한 정점을 예측하고, 각 정점별로 생태적 발전을 비교 분석하였다.

材料 및 方法

1. 實驗地域의 選定

실험대상 지역인 眠周之山一帶에서 특징적인 식물군집 토양에서 10개의 정점을 선별하였으며 이들 정점은 Fig. 1에 표시하였다. 각 정점들의 생태적 특성은 아래와 같다.

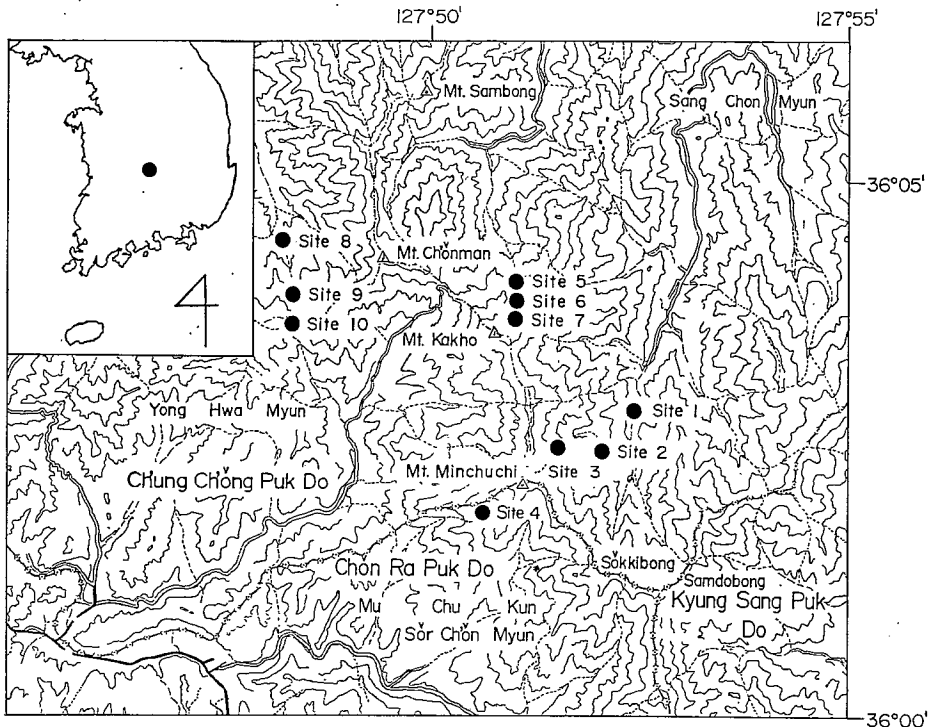


Fig. 1. Map of study area

- | | |
|-----------------|------------------|
| site 1. 조릿대 | site 6. 소나무 삼림 |
| site 2. 떡갈나무 삼림 | site 7. 후박나무 삼림 |
| site 3. 참나무 삼림 | site 8. 물푸레나무 삼림 |
| site 4. 단풍나무 삼림 | site 9. 굴참나무 삼림 |
| site 5. 망초 | site 10. 싸리나무 |

2. 試料의 採集

土壤試料은 현지 출장하여 채집하였으며 각 정점별로 表層土 및 20cm 깊이의 下層土를 무작위로 5곳을 취하여 합하고 상하토양 각 1kg을 채집하였다.

3. 土壤環境의 測定

土壤의 온도는 현장에서 지중온도계로 측정하였으며 채집한 土壤試料은 실험실에 운반하여 陰乾한 후에 2mm의 sieve로 쳐서 준비하였다.

(1) 土壤의 含水율

신선한 토양을 토양건조법(崔, 1969)에 의하여 함량을 측정하고 백분율(%)을 구하였다.

(2) 土壤의 pH

陰乾 土壤 5g 을 평량하여 2배의 증류수로 희석하여 여과한 후 pH meter(Philips PW 9409)로 pH를 측정하였다.

(3) 水溶性 糖類의 含量

陰乾 土壤 5g 을 취하여 50ml 증류수를 첨가하고 여과하여 Anthrone의 방법으로 반응시키고 625nm의 파장에서 spectrophotometer(Shimazu UV-150-02)로 측정하였다(Sucrose의 기준치로 환산).

(4) 有機物 總量의 測定

陰乾 土壤 1g 을 평량하여 Walkley氏의 방법으로 Wet digestion한 후, 가수분해액을 625nm의 파장에서 spectrophotometer를 이용하여 측정하였다(sucrose의 기준치로 환산).

4. 土壤微生物 群集의 크기 및 섬유소分解微生物의 群集 크기

(1) 一般細菌(General bacteria)

일반세균의 총 개체수는 Knopp氏 무기배지(KH_2PO_4 0.25 g, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 1 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.25 g, KCl 0.12 g, FeCl_2 trace, Agar 15 g, D·H₂O 1 l)에 glucose를 15g 첨가한 배지를 준비하고, 토양 현탁액을 0.1ml을 접종한 다음 24±1°C 항온기에서 48시간 배양한 후 colony를 셈하였다.

섬유소分解菌의 총 개체수는 glucose 대신 CMC(Carboxymethyl cellulose)를 15g 첨가하여 배양한 후 colony를 셈하였다.

(2) 一般菌類(General fungi)

Czapeck氏 배지($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2.8 g, K_2HPO_4 1 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.01 g, Agar 15 g, D·H₂O 1 l)에 sucrose 30g 을 첨가하여 준비하고, 멸균한 후 배지가 60°C 정도로 될 때까지 상온에 방치한 다음 성장 억제제인 Oxogall 5g 과 세균 억제제로 chloramphenicol 1.5g 을 처리한 다음 한천평판을 준비

하여 멸균 증류수에 희석된 토양 현탁액을 0.1ml 접종하여 27±1°C의 항온기에서 7일간 배양하고, colony를 셈하였다.

섬유소分解菌類는 sucrose 대신 CMC 30g을 첨가하여 배양한 후 colony를 셈하였다.

結果 및 考察

1. 土壤의 환경

眠周之山一帶의 土壤環境은 Table 1과 같다.

Table 1. Environmental factors in the soil of Mt. Minjuji

Site	Soil	Temp.(°C) (on August)	pH	Moisture content(%)	Free soluble sugars ug eq./g dried soil	Total organic matter mg eq./g dried soil	S/O Value
1	Surface	19.5	6.54	22.03	0.717	47.59	0.0151
	20cm depth	19.5	6.14	25.47	0.717	49.15	0.0146
2	Surface	19.0	7.00	31.14	1.946	50.08	0.0389
	20cm depth	18.0	7.68	24.00	1.700	38.88	0.0437
3	Surface	18.5	6.53	71.08	3.052	84.29	0.0362
	20cm depth	18.0	5.88	53.43	2.683	51.17	0.0524
4	Surface	17.5	6.55	39.09	1.700	48.06	0.0353
	20cm depth	17.5	6.00	33.71	1.331	48.99	0.0272
5	Surface	19.0	6.15	32.09	1.577	49.77	0.0317
	20cm depth	17.5	6.24	25.79	0.962	45.57	0.0211
6	Surface	18.5	6.43	34.17	1.085	48.99	0.0221
	20cm depth	17.5	5.45	25.40	1.085	48.06	0.0226
7	Surface	19.5	6.18	31.19	1.331	52.10	0.0255
	20cm depth	19.0	6.21	23.97	1.700	50.86	0.0334
8	Surface	19.0	6.32	50.60	2.191	54.74	0.04
	20cm depth	18.0	6.44	16.69	1.946	31.73	0.0613
9	Surface	19.5	6.61	31.89	1.700	52.57	0.0323
	20cm depth	18.5	6.16	26.67	2.191	53.35	0.0411
10	Surface	18.5	6.80	30.36	1.577	52.72	0.0299
	20cm depth	18.0	5.76	21.90	0.594	40.59	0.0146
Means		18.5	6.32	32.53	1.589	49.96	0.0318

토양의 온도는 8월 출장시에 측정된 값으로서 17.5°C~19.5°C범주로 나타나며 전지역에서 거의 유사한 수준을 보여주며 상층이 하층보다 높는데, 이와같은 경향은 일반적인 현상이다.

토양의 pH는 상층이 6.15~7.00이고 하층은 5.45~7.68의 범주로 평균 pH값은 6.32로 완도 인근 낙도 생태계 토양의 pH 6.3(洪 등, 1982)과 유사한 수준이며, 지리산 피아골 極相林의 7.4(崔·李, 1982)와 서해의 덕적군도에서 조사된 삼림토양의 6.8(崔, 1982)보다 낮은 값이다. 경기도 광주 죽엽산(崔 등, 1985)의

5.8과 태백산 극상림(崔 등, 1986)의 5.6보다 높은 값이며, 토양의 pH는 土壤微生物 증식에 영향을 주는 土壤環境要因의 하나로 일반세균 및 방사선균류는 주로 중성토양에서 잘 자라고 일반균류의 경우 pH 4.5~5.5 범위에서 잘 자란다고 알려져 있다. 지리산 피아골의 미생물 군집에서 일반세균 : 일반균류의 비가 1,000 : 1인데 비하여 본 실험대상 지역에서는 40 : 1 정도로 나타나 pH가 일반균류 증식에 약간 유리한 환경으로 해석될 수 있다(Alexander, 1977).

토양의 함수율은 32.5%로 태백산의 45.3% 보다 낮은 수준이나 지리산 피아골과 덕적군도, 완도 인근 낙도의 각각 29.4%, 22.1%, 21%보다 높은데 이런 현상은 삼림 생태계의 함수율은 나지(naked aera)로부터 극상림 시기에 이를 때까지 점점 높아지는 경향이 있으며 유기물과 이온에 대한 흡착 효과가 높으며 50~75% 수준에서 최대 생물학적 작용이 유지된다(Alexander, 1961).

정점별로 살펴볼 때 특히 정점 3과 6인 참나무 삼림과 소나무 삼림의 경우 태백산 극상림과 경기도 죽엽산에서 동일한 실험지역으로 선별되었었다. 우선 참나무 군집의 경우 토양 함수율이 상층 71.08%와 하층이 53.43%로 다른 정점에 비해 월등히 높는데 이러한 경향은 죽엽산의 24.0%와 26.7%로 평균 16.84%보다 높으며, 태백산에서도 63.8%로 평균 함수율에 비해 높은 반면에 정점 6인 소나무 삼림은 상하층이 34.17%와 25.4%로 평균 함수율 32.53%와 비교해 비슷하거나 낮은 수준이며 죽엽산에서는 13.2%와 14.4%로 평균인 16.84%에 비해 낮다. 또한 태백산의 경우도 평균 함수율 45.3%에 비해 소나무 군집은 상하층이 30.17%와 21.5%로 보여준다.

위와같은 사실로부터 참나무 군집은 다른 정점에 비해 생물학적 활성도가 높아 토양생태계에서 토양미생물이 활발히 작용할 것으로 예측되며, 소나무 군집에서는 활성도가 낮을 것으로 사료된다. 참나무 군집에서 보면, 죽엽산의 경우 일반 미생물에 대한 섬유소분해세균의 비율이 다른 정점에 비해 월등히 높아 생태적으로 활발한 토양임을 뒷받침해 준다.

토양내 수용성 당류의 함량(free soluble sugars)은 실험대상 지역에서는 $1,589 \mu\text{g} \cdot \text{eq./soil} \cdot \text{g}$ 으로 지리산의 $511 \mu\text{g} \cdot \text{eq./soil} \cdot \text{g}$ 에 비해 약 3배 이상 높고 덕적군도와 죽엽산의 15배 이상 높으며, 섬유소분해 미생물이 매우 활발하게 작용하는 것을 시사해 주고 있다. 수용성 당류의 토양내 근원으로는 식물로부터 온 starch, cellulose, hemicellulose, lignin, gum 등의 식물성 다당류로 토양미생물에 의하여 분해, 유리되는 물질로서 토양미생물 자신의 탄소원으로 사용되며, 유기물의 함량은 미생물 군집 규모에 좌우되는 것으로 알려졌다(Gray *et. al.*, 1971).

유기물 총량은 $49,960 \mu\text{g} \cdot \text{eq./soil} \cdot \text{g}$ 값으로 지리산 피아골 극상림의 $243,600 \mu\text{g} \cdot \text{eq./soil} \cdot \text{g}$, 덕적군도 $104,000 \mu\text{g} \cdot \text{eq./soil} \cdot \text{g}$ 과 죽엽산일대 $22,500 \mu\text{g} \cdot \text{eq./soil} \cdot \text{g}$ 과 비교해 볼 때 매우 낮은 수치를 보여주고 있다.

유기물 총량에 대한 수용성 당류의 비인 S/O value는 0.0318로 지리산 피아골 0.00209와 덕적군도 0.000965, 완도 인근 도서의 0.00034, 또 죽엽산 0.00052와 비교해서 월등히 높은 수준이며 오직 태백산의 0.02에 비교할 때 약간 낮은 수준이다. 또한 실험지역의 정점별 S/O value는 상하층이 거의 유의성을 찾아볼 수 없으나 각 정점간에는 식생에 따라 다르게 나타나는데, 이러한 S/O value와 각 정점간의 미생물 개체군 규모와 비교해 볼 때 역시 개체군 규모가 클수록 S/O value가 거의 비례적으로 높아진다는 것을 확인하였다(崔 등, 1985, 1986).

2. 土壤微生物 群集의 크기

眠周之山一帶 10개 정점의 상·하층의 미생물 개체군 크기는 일반세균과 일반균류의 2 group으로 구분하여 측정하였으며 각 group의 섬유소분해미생물의 비율을 조사한 결과를 Table 2에 표시하였다.

토양미생물의 총 개체군의 크기는 일반세균과 일반균류로 나누어 보았으며 일반세균의 개체군 크기는 각 정점에서 상층이 하층에 비해 많은 개체군 규모를 보여주며 상층의 경우 $101.696 \times 10^5 \text{ cells/soil} \cdot \text{g}$ 수준이

고 하층은 61.713×10^5 cells/soil · g 수준을 나타내었다. 일반균류는 상하층에서 2.568×10^5 cells/soil · g 과 2.031×10^5 cells/soil · g 정도의 수준으로, 일반세균류의 50분의 1 수준이며 지리산 극상림의 경우 1000 : 1보다 높은 비율의 균류를 보여 주었다. 일반세균과 일반균류에서 경기도 죽엽산의 4.916×10^5 cells/soil · g과 0.860×10^5 cells/soil · g에 비해 높았다.

Table 2. Population size of soil microbes in the soil of Mt. Minjuji
(cell No. $\times 10^5$ /dried soil)

Site	Microbes	General bacteria		General fungi	
		Total No.	Cellulolytic bacteria(%)	Total No.	Cellulolytic fungi(%)
1	Surface	29.75	21.87(73.5)	0.90	0.29(32.2)
	20cm depth	11.90	5.95(50.0)	0.35	0.10(28.6)
2	Surface	94.00	57.63(61.3)	3.00	1.20(40.0)
	20cm depth	52.63	29.35(55.8)	4.21	0.82(19.5)
3	Surface	183.40	66.55(35.3)	2.60	1.22(46.9)
	20cm depth	118.80	101.60(85.5)	3.39	2.00(59.0)
4	Surface	122.60	82.00(66.9)	2.71	1.85(68.3)
	20cm depth	86.70	71.75(82.8)	3.50	1.35(38.6)
5	Surface	59.40	32.40(54.6)	1.00	0.89(89.0)
	20cm depth	24.80	24.10(97.2)	0.54	0.32(59.3)
6	Surface	56.85	28.51(50.2)	0.89	0.50(41.0)
	20cm depth	41.00	28.85(70.4)	1.60	0.61(38.1)
7	Surface	40.65	31.63(77.8)	1.35	0.85(63.0)
	20cm depth	32.60	19.63(60.2)	0.60	0.17(27.5)
8	Surface	126.31	104.20(39.6)	5.25	2.15(41.0)
	20cm depth	106.40	79.10(74.3)	2.62	1.43(54.6)
9	Surface	142.90	80.00(56.0)	3.18	1.58(49.7)
	20cm depth	89.65	39.10(43.6)	1.85	0.97(52.3)
10	Surface	161.10	54.15(33.6)	4.80	1.11(26.6)
	20cm depth	52.65	29.35(55.8)	1.65	0.70(42.2)
Means		82.48	43.85(53.2)	2.27	1.01(44.2)

토양미생물의 개체군 크기를 조사할 때, 토양내에서 섬유소와 같은 다당류를 단당류로 분해하여 물질 순환에 기여하는 섬유소분해미생물은 개체군의 군집 크기를 분리 조사해야 할 필요성이 있다(Robert, 1982, Steubing, 1974). 이에따라 섬유소 분해능을 지닌 개체군 규모를 살펴보면, 세균류는 53.2%, 균류는 44.2%의 수준으로 세균류가 균류보다 토양 환경내에서 물질순환에 대한 기여도가 높았으며 상하층간에는 거의 비슷하나 상층이 약간 높게 나타났다.

S/O value와 섬유소분해미생물 군집의 상관관계를 알아보기 위해 computer를 이용하여 correlation coefficient를 구하였으며 그 결과는 Fig. 2, 3, 4에 나타내었다.

일반세균의 섬유소분해 군집과 S/O value의 경우 상관지수 r 값이 $0.82372(Y = 1.93596x - 1.24584)$ 으로 경기도 죽엽산에서 보여준 $0.769(Y = 3.307x + 1.176)$ 에 비해 상관관계가 높게 나타났으며, 균류의 경우에도 상관지수 $0.85182(Y = 0.41265x - 0.31272)$ 로 세균보다 더욱 높으며 죽엽산의 0.576 보다 높게 보여준다.

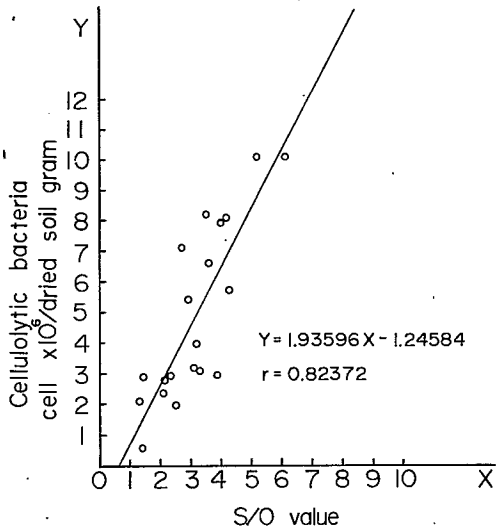


Fig. 2. Correlation distribution curve in accordance with S/O value and population size of cellulolytic bacteria.

Remark : S/O value unit is equivalent to multiplying 10^{-2} .

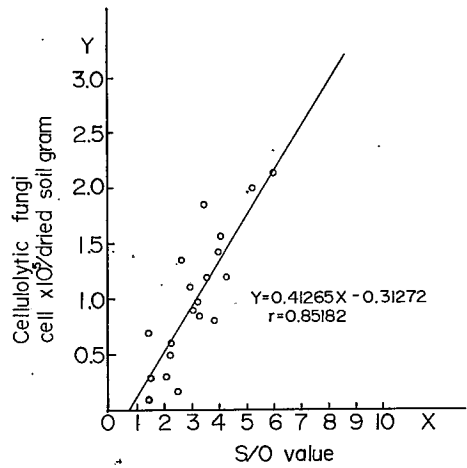


Fig. 3. Correlation distribution curve in accordance with S/O value and population size of cellulolytic fungi.

Remark : S/O value unit is equivalent to multiplying 10^{-2} .

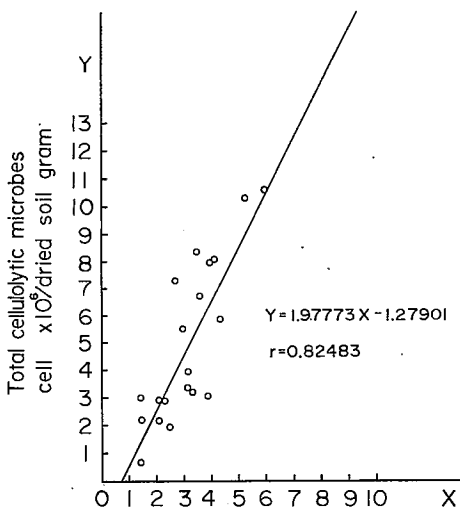


Fig. 4. Correlation distribution curve in accordance with S/O value and population size of total cellulolytic microbes.

Remark : S/O value unit is equivalent of multiplying 10^{-2} .

세균과 균류의 합과 S/O value의 상관관계는 $r = 0.82372$ 로 숫자적으로 많은 세균류의 경향성에 따르며 상관관계가 높음을 제시해 주었고 biological index로 채택할 수 있다는 것을 다시 확인하였다(崔 등, 1982).

이러한 S/O value는 천이 과정중에 있는 토양에서 극상림으로 생태계가 발전할수록 1에 가까워지는 경향이 있다(崔 등, 1982). 이 사실로부터 실험 대상 지역인 민주지산일대의 토양은 S/O value가 0.0318로 지리산의 0.00209, 덕적군도에서의 0.000965, 죽엽산 0.00052에 비해 매우 높은 수준으로 토양생태학적으로 매우 안정하고 극상림의 토양으로 발전하고 있음을 보여 주었다.

토양생태계의 안정성에 대한 parameter로 S/O value를 사용하여 각 정점별로 살펴보면, 이미 토양함수율에서 언급한 바 있는 참나무 삼림에서 S/O value는 상하층이 0.036과 0.0524의 수준으로 평균인 0.0318보다 높게 나타났으며 죽엽산의 경우는 상층이 0.002와 하층 0.0005로 평균 0.00052 보다 높고, 태백산 토양에서도 유사하게 나타났다.

또한 토양미생물에서 살펴 볼 때, 민주지산일대의 일반세균은 평균 개체군 규모인 82.48×10^5 cells/soil · g에 비해 상층이 183.4×10^5 cells/soil · g이고, 하층이 118.8×10^5 cells/soil · g으로 월등히 높았으며, 섬유소 분해능을 지닌 세균의 군집 크기도 66.55×10^5 cells/soil · g과 101.6×10^5 cells/soil · g의 수준으로 평균인 43.85×10^5 cells/soil · g보다 높았다. 죽엽산의 경우, 일반세균의 개체군 크기가 평균 4.916×10^5 cells/soil · g보다 높은 상층 6.104×10^5 cells/soil · g의 수준으로 나타났고 섬유소 분해능을 지닌 세균의 경우도 유사하며 태백산에서도 일반세균과 섬유소분해세균이 높게 나타나 민주지산과 죽엽산이 같은 경향성을 보인다.

일반균류도 세균의 경우와 같은 경향을 나타냈으며 이것으로 부터 토착 토양미생물의 개체군 규모가 크고, S/O value가 높아 이 참나무 삼림의 토양은 토양생태학적인 견지에서 보아 매우 활발한 토양으로 사료 되고 토양 함수율이 높게 나타난 사실을 뒷받침해 주고 있다.

참나무 삼림과는 반대로 소나무 삼림의 경우는 S/O value가 상하층이 0.0221과 0.0226으로 평균치보다 낮은 수준으로 보여 주었고, 일반세균도 평균값보다 낮은 56.85×10^5 cells와 41.0×10^5 cells로 상하층이 나타났으며, 섬유소 분해능을 지닌 세균에서 상층이 28.51×10^5 cells와 하층 28.85×10^5 cells로 평균인 43.85×10^5 cells보다 낮으며, 일반균류와 섬유소 분해능을 지닌 균류에서도 평균치인 2.27×10^5 cells와 1.01×10^5 cells보다 낮은 수준의 개체군 규모로 나타났다. 소나무 삼림은 다른 지역에서도 민주지산일대의 토양과 유사한 결과로 나타났으며 이 사실로 미루어 토양 생태학적으로 활성도가 낮은 지역임을 보여주었다.

위와 같은 결과는 활엽수인 참나무 삼림이 침엽수의 대표인 소나무 삼림내 토양에서 보다 생태적 활성도가 높으며, 토양미생물의 작용이 활발하여 물질의 순환이 빨리 일어난다. 이 사실은 Kendrick가 1958년과 1959년 유럽의 삼림에서 활엽수에 비해 침엽수의 낙엽분해 속도가 늦게 일어난다는 연구 결과와 일치한다.

정점 8인 물푸레나무 삼림 토양의 경우에 다른 정점에 비해 매우 높은 S/O value를 나타냈는데 이 지역에서 낙엽분해 활성도가 월등히 높으며, cellulose activity가 높은 균주를 분리하는데 유리한 정점으로 예측되며, 이 정점의 탄소원으로 glucose 대신 CMC를 첨가한 petri dish에서 halozone effect가 큰 균을 관찰하였다.

摘 要

민주지산일대의 삼림토양을 대상으로 토양의 환경요인과 토양미생물의 군집 규모를 조사하였다.

토양의 함수율 평균은 32.5%이고, pH는 일반적으로 5.45~7.68의 범주로 나타났다.

수용성 당류와 총 유기물양같은 유기물의 분석에서 상층의 수용성 당류는 하층에 비해 높았다.

토양미생물의 군집 규모는 일반세균, 일반균류의 순위로 나타났으며, 섬유소분해미생물에서도 동일한 순위를 보였다. 일반미생물에 대한 섬유소분해미생물의 비율은 일반세균의 53.2%이고 일반균류의 44.2%로 확인되었으며, 토양내 유기물 분해에 기여하는 작용도에 있어서도 동일한 순위였다.

S/O value와 섬유소분해미생물 군집 규모간의 상관지수는 세균, 균류, 총 미생물이 각각 0.82372, 0.85182, 0.82483의 순으로 분석되었다.

S/O value를 토양생태계에 적용시켰을 때, 활엽수 삼림 토양이 침엽수 삼림의 그것보다 비옥도와 안정성이 높은 것으로 나타났다.

References Cites

- Alexander, M., 1977. Introduction to soil microbiology. Jhon Wiley & Sons Inc.
- Choi, Y. K., 1982a. Soil microbes in the soil of Deogjeog archipelago. Report on the survey of natural environment in Korea. No. 1; 165-178.
- Choi, Y. K., and Y. H. Lee, 1982b. The soil microorganism of the forest floor and soil of the climax forest of Piagol valley in Mt. Chiri. The Report of the Korean Association for conservation of Nature No. 21; 179-191.
- Choi, Y. K., H. B. Cho and K. S. Lee, 1985. The soil of Climax forest and the distribution of soil microorganisms. Bulletin of environmental sciences. Hanyang Univ. No. 6; 105-115.
- Choi, Y. K., J. G. Lee, 1986. The soil and soil microbes in Mt. Taepaek. The Report of the Korean Association for conservation of Nature
- Gray, T. R. G. and S. T. Williams, 1971. Soil microorganism. Liverpool University Press Review.
- Hong, S. W., Y. C. Hah and Y. K. Choi, 1969. Some effect of fire on vegetation, soil and soil microflora adjacent to DMZ in Korea. Kor. J. Botany, 129:20.
- Hong, S. W., and K. Y. Chang, 1982. Soil and soil microbes in southern islands of the Wando. Report on the survey of natural environment in Korea. Vol. 2:35-52.
- Robert, L. W. and D. B. Schroeder., 1982. In vitro production of pectolytic and cellulolytic enzymes by *Fusarium tricinctum*.
- Steubing, L., 1974. Soil flora : studies of the number and activity of microorganisms in woodland soil.
- W. B. Kendrick., 1958. Nature, London. Vol. 181:432.
- _____, 1962. Nova Hedowigia. Vol. 4:313.
- _____, 1959, Canad, J. Botany Vol. 37:907.