

俗離山 土壤微生物 및 土壤酵素에 관한 研究

李泰雨 · 沈載國

西原大學 生物教育科

Microbiological and Enzymological Studies on the
forest soil of Mt. Songni

by

Rhee, Tai-Woo and Jae-Kuk Shim

Department of Biological Education, Seowon University

Abstract

The microbial population size of bacteria, and soil enzyme activity of amylase and cellulase were determined and studied in relation to soil factors of different forest soil at Songnisan, August 1990.

The microbial population size of bacteria showed the maximum at F layer of soil and significantly correlated with soil organic matter content ($r=0.842$) and soil water content ($r=0.901$).

Oak forest soil had larger microbial population and soil enzyme activity of amylase and cellulase than the pine forest soil at each soil layer. The soil enzyme activity was correlated with the soil microbial population size and soil organic matter content at 1% significant level, but there are no significant correlation with soil water content.

By the incubation of fresh soil at 28°C for 10 days, the changes of bacterial population size and soil amylase activity increased with the increasing soil organic matter content, but cellulase activity did not showed significant changes.

緒 論

토양내에서 서식하는 미생물은 생태계의 한 구성 요소로서 그들의 활동 능력은 곧 생태계의 물질 순환 속도와 깊은 관계를 갖는다. 이러한 미생물들의 활동의 지표로서 토양효소의 활성이 자주 거론되고 있다. 더우기 1960년대에는 토양의 비옥도의 지표로서도 취급되었으며, 토양학 및 농학자들의 깊은 관심을 끌어들였다.

이들 토양미생물은 micro한 환경에서 성장과 종조성이 몹시 다양하며, 그곳의 식생이나 기후적 요인 뿐만 아니라 토양의 물리 화학적인 요인에 의하여 크게 영향을 받기 때문에 이들을 연구하는데에는 많은 어려움이 있다. 또한 토양미생물의 활동의 지표로서의 토양효소는 그 종류와 출처가 다양할 뿐만 아니라 각 미생물 종들의 역할을 정량화 하기는 거의 불가능하다. 그래서 최근에는 토양미생물량 또는 토양효소의 활성을 단순한 하나의 생물적 지표로 다루기보다는 생태계의 물질 순환 과정의 한 단계에 대한 미생물효소의 역할과 작용으로 연구되어지는 추세이다.

Cobb(1932)는 일찍이 New York Botanical Garden의 낙엽수림토양과 hemlock 토양에서 microbial population의 년변동을 조사하고, 그들에 미치는 토양 환경 요인을 검토한 바 있으며, Peterson(1967)은 토양의 dehydrogenase 활성은 microbial inhabitant의 dehydrogenase 활성의 총합을 반영하는 것으로 보았다. Pancholy and Rice(1972)는 loam soil의 깊은 0~15 cm 깊이의 토양에서 amylase 활성을 측정할 바 있으며, old field의 천이 단계와 극상림의 종류에 따라 토양효소활성의 변화를 측정하고, amylase, cellulase, invertase의 활성은 천이가 진행됨에 따라 낮아지며, dehydrogenase와 urease 활성은 높아지는 경향을 보고한 바 있다.

우리나라에서는 김과 장(1967)이 토양미생물의 수직분포와 이들과 관련하여 토양유기물의 분해를 검토한 바 있으며, 최근의 한국자연보존협회의 학술조사활동에 의한 보고가 계속 발표되고 있다. 그러나 장기간의 변동상황이나 토양효소의 활성을 정량화 하려는 시도는 이와 심(1983), 이(1983), 이(1990)의 연구가 있을 뿐이다.

본 연구는 속리산일대에서 1990년 8월 6일부터 11일까지에 채집한 토양을 재료로 토양미생물의 소장과 토양효소활성을 측정하고 이들과 토양 환경 요인 및 식생의 영향을 검토하였다.

材料 및 方法

1. 조사지의 선정과 특징

속리산의 소나무림과 졸참나무림, 신갈나무림에서 층별로 토양을 채취하였다.

소나무림 토양은 St. 2와 St. 3의 태평휴계소 맞은 편 산록과 상환암에서, 졸참나무림 토양은 St. 1, St. 4, St. 7, 신갈나무림 토양은 St. 6, St. 9에서 각각 토양층별로 채취하였다. 각 Site의 표고, 사면방향, 우점식물은 Table 1과 같고, 지리적 위치는 Fig. 1과 같다.

소나무림은 교목층에 DBH 11.0~30.8 cm의 소나무가 우점도 4~5로서 우세하며 아교목층의 발달은 없었다. 관목층에는 쇠물푸레가 우점도 2로서 우세하고, 초본층에는 쇠물푸레, 꽃머느리밥풀, 참취, 철쭉, 사초sp. 등이 우세했다.

졸참나무림은 졸참나무가 거의 순군락을 이루는 곳으로서 DBH 31.0~47.0 cm의 분포를 보였으며, 아교목층에는 당단풍이 우점도 2를 나타내고 있고, 초본층에는 사초 sp., 주름조개풀 등이 우점하였다.

신갈나무림은 DBH 15.0~28.5 cm의 신갈나무가 우점도 4로서 우점하고, 고로쇠나무가 우점도 2를 점하며, 아교목으로는 고로쇠가 우점도 3으로 우세하였다. 초본층은 피도 90% 정도로서 짚신나물, 조희풀, 까치수영, 관중, 단풍취 등이 우점하고 있다.

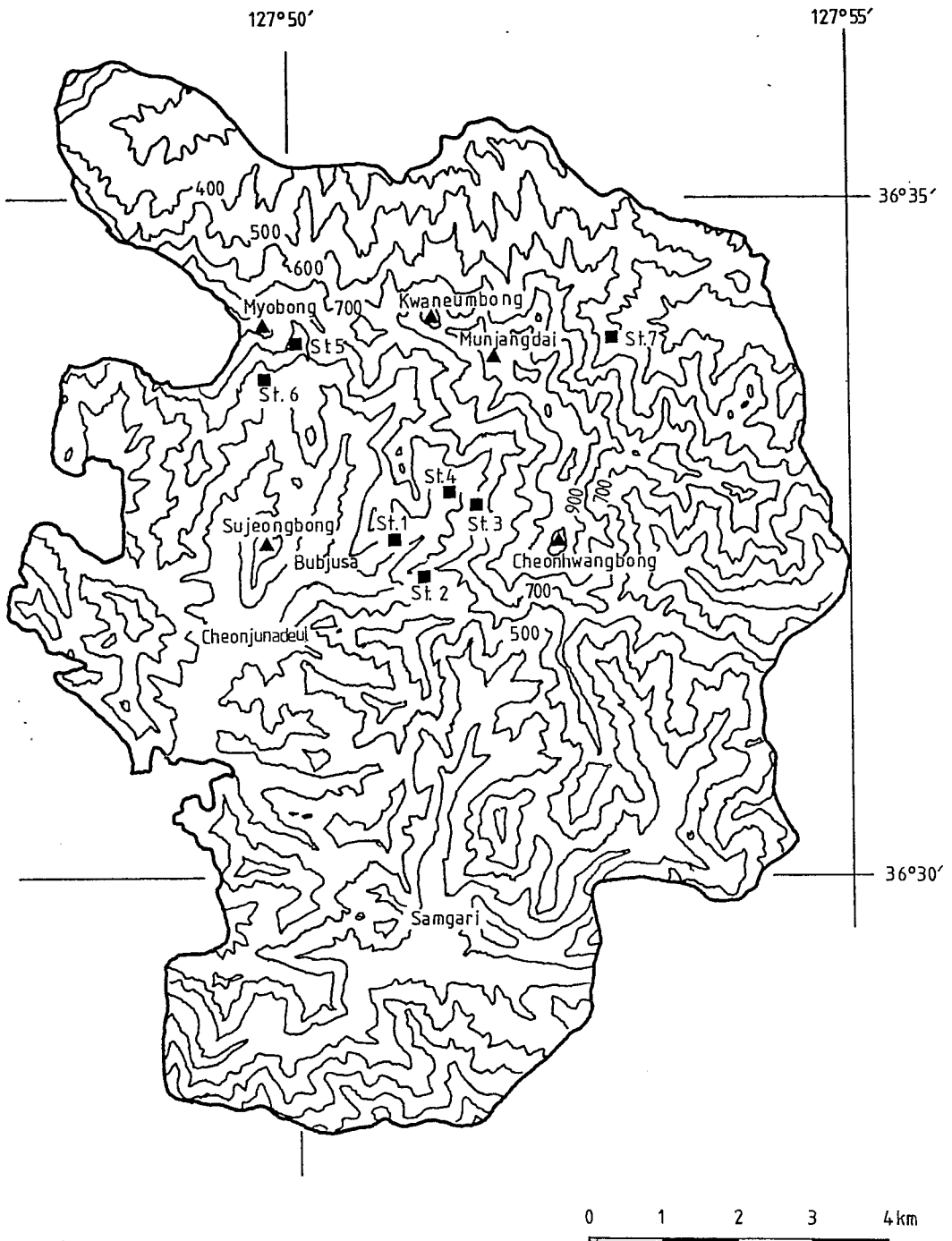


Fig. 1. Map showing the study sites.

Table 1. Tophographical and vegetational features of study sites

Site	Altitude (m)	Slope direction	Slope Coverage(%)				Dominant Plant Species		
			(°)	Tree	Shrub	Herb	Tree	Shrub	Herb
1	450	SE	5	85	45	75	<i>Quercus serrata</i> <i>Carpinus laxiflora</i>	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	<i>Sasa borealis</i>
2	500	SSW	5	70	90	80	<i>Pinus densiflora</i>	<i>P. densiflora</i> <i>Rhus sylvestris</i> <i>Rhododendron</i> <i>mucronulatum</i>	<i>Carex sp.</i> <i>Melampyrum roseum</i> <i>Simlax nipponica</i>
3	580	W	10	60	50	50	<i>P. densiflora</i>	<i>F. sieboldiana</i>	<i>M. roseum</i>
4	520	SSE	15	80	90	70	<i>Q. serrata</i>	<i>F. sieboldiana</i> <i>Styrax obassia</i> <i>Acer pseudosieboldinum</i>	<i>S. borealis</i> <i>Carex sp.</i> <i>Ainsliaea acerifolia</i>
5	650	SSE	5	75	90	90	<i>Q. mongolica</i> <i>A. mono</i>	<i>Acer mono</i> <i>F. rhynchophylla</i>	<i>Lindera obtusiloba</i> <i>Synurus deltoides</i> <i>A. acerifolia</i>
6	550	NWW	10	80	70	30	<i>Q. mongolica</i> <i>Q. serrata</i>	<i>Styrax obassia</i>	<i>Adenocaulon himalaicum</i> <i>Agrimonia pilosa</i>
7	530	NEE	20	80	90	80	<i>Q. serrata</i>	<i>Q. serrata</i> <i>A. pseudosieboldianum</i> <i>C. laxiflora</i>	<i>S. borealis</i> <i>M. roseum</i>

2. 토양요인의 측정

토양함수량 : 채취한 토양을 80°C의 건조기에서 감량이 없을 때까지 건조시킨 후 그 때의 감량을 백분율로 하였다.

토양유기물함량 : 건조시킨 토양을 500°C 전기로에서 4시간동안 작열시킨 다음 감량을 백분율로 하였다.

토양 pH : 0.5 mm 체로 친 풍건토양에 5배의 deionized water를 가하여 진탕하고 정치한 후 상등액을 pH meter(DMS model DP-215)로 측정하였다.

3. 균량의 측정

실험실로 운반한 직후의 토양 1g을 멸균증류수에 적정 배수 희석을 반복한 후 증층평판법에 의해 토양 1g당 균수를 측정하였다. 총세균량은 Nutrient agar 배지(beef extract 1g, yeast extract 2g, peptone 5g, NaCl 5g, distilled water 1000 ml, pH 7.3), 호기성 비공생성 질소고정균수는 무질소배지(glucose 1g, K₂HPO₄, 0.1g, MgSO₄ 7H₂O 0.02g, CaCO₃, 0.1g, NaCl 0.02g, Na₂MoO₄ 2H₂O 0.0005g, distilled water 100 ml, pH 7.5), 균류의 수는 Czapeck-Dox agar 배지(sucrose 30g, Na₂CO₃ 2g, K₂HPO₄ 0.1g, KCl 0.5g, MgSO₄ 7H₂O 0.5g, FeSO₄ trace, distilled water 1000 ml, pH 5.5), 방선균수는 Egg albumin agar 배지(egg albumin 0.25g, glucose 1g, K₂HPO₄ 0.5g, MgSO₄ 7H₂O 0.2g, Fe(SO₄)₃ trace, distilled water 1000 ml, pH 7.3)를 각각 사용하였다(Aaronson, 1970 ; Parkinase *et al.*, 1971 ; 土壤微生物研究會, 1970).

4. 효소활성의 측정

Amylase의 활성 : 신선한 토양 10g에 3 ml의 toluene을 첨가한 다음 잘 흔들어 섞고 15분간 방치후 2% (w/v) starch 용액을 10 ml가하고 37°C에서 5시간 incubation하였다. 상등액의 glucose 함량을 Nelson-So-

mogy법에 의하여 정량하고 단위토양 및 시간당 생성된 glucose의 양을 amylase의 활성으로 하였다(Pancholy and Rice, 1970 ; Roberge, 1978).

Cellulase의 활성 : 신선한 토양 10g에 3 ml의 toluene을 가하고 pH 5.9의 acetate buffer에 풀은 CM Cellulose (1%) 액을 20 ml 가하여 30°C에서 24시간 incubation하고 상등액의 glucose량을 Nelson-Somogy법으로 정량하였다(Pancholy and Rice, 1970 ; Roberge, 1978).

5. 토양호흡의 측정

신선한 토양을 20g, 낙엽과 F, H층의 시료는 5~10g씩 비이커에 넣고, 이것을 0.5N NaOH가 들어 있는 직경 10 cm. 높이 15 cm의 통에 매달고 28°C incubator에서 2일간 보관한 후 0.5N HCl로 중화적정하여 발생된 CO₂량을 정량하고 mg CO₂/100g soil/day로 표시하였다(土壤微生物研究會, 1975).

結果 및 論議

각 지소에서 채집한 토양의 환경요인과 총세균수, 토양효소의 활성은 Table 2와 같다.

Table 2. Soil factors, microbial population size and soil enzyme activities at each study sites in Songnisan August 1990.

Site	Soil layer	Organic matter content(%)	Soil water content(%)	Soil pH	Total No. of bacteria (cells/g soil)	Enzyme activity (reduced sugar uM/g soil/h)	
						amylase	cellulase
1	L	75.7	—	—	4.6×10 ⁷	124.4	66.6
	F	70.6	—	—	7.6×10 ⁷	88.2	66.8
	H	18.9	31.5	—	2.9×10 ⁶	34.3	51.8
	A	11.0	23.8	—	2.4×10 ⁵	8.8	0.8
1	L	74.8	—	—	—	239.9	83.3
	F	63.0	—	—	—	101.8	75.9
	H	36.5	27.4	4.88	—	11.0	37.0
	A	10.9	22.4	4.31	—	13.9	1.3
1	A	9.9	15.8	4.44	—	21.1	6.4
2	L	85.2	—	—	8.5×10 ⁶	82.5	74.7
	F	73.1	—	—	1.1×10 ⁷	91.5	58.2
	H	43.7	22.8	5.37	8.3×10 ⁵	19.0	9.1
	A	12.9	18.7	5.01	8.5×10 ⁴	0.1	1.1
2	A	11.8	21.4	4.27	—	11.9	6.8
3	L	71.2	—	—	—	74.7	61.6
	F	58.2	—	—	—	59.5	55.6
	H	54.8	17.3	—	—	55.2	20.4
	A	12.2	16.0	4.97	—	14.9	1.8
4	A	16.3	11.6	5.20	—	12.3	20.3
4	A	15.3	26.0	4.25	—	20.0	1.0
5	A	10.9	12.5	5.16	—	30.9	2.6
6	A	13.6	12.4	5.59	—	34.0	4.8
7	A	14.6	13.2	—	—	53.6	3.4

각 조사 지소에서의 유기물 함량은 L층에서 A층에 이르기까지 깊이가 증가함에 따라 감소하는 수직분포를 보였고, 토양수분함량은 소나무림 토양에서 보다 참나무림 토양에서 다소 높았으며, 동일한 삼림형 일지라도 사면방향, 식생의 피도, 경사 등에 따라 차이가 있었다.

총세균수는 졸참나무와 소나무림에서 각각 L층에서 4.6×10^7 , 8.5×10^6 , F층에서 7.6×10^7 , 1.1×10^7 , H층에서 2.9×10^6 , 8.3×10^5 , A층에서 2.4×10^5 , 8.5×10^4 을 보여 F층에서 가장 큰 값을 보였으며, 그 이하에서는 깊이의 증가에 따라 감소하는 수직분포의 경향을 보였고, 참나무림 토양에서 소나무림 토양 보다 다소 큰 값을 나타냈다(Fig. 2).

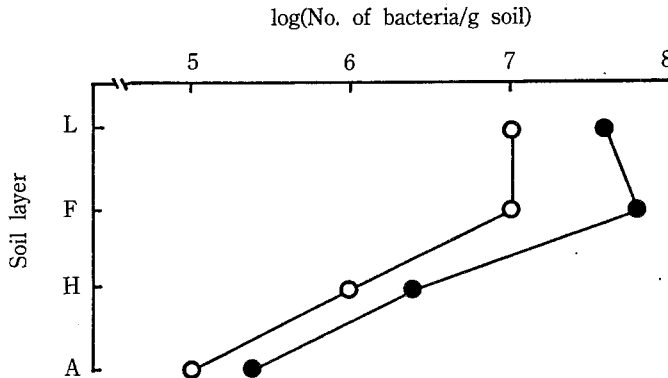


Fig. 2. Vertical distribution of number of total bacteria at *Quercus serrata* (●) *Pinus densiflora*(○) forest soil.

이러한 결과는 김과 장(1967)이 광릉의 삼림토양에서 참나무와 소나무의 균량은 유의한 차이는 없다고 한 것과는 차이를 보였으나, New York Botanical Garden에서 deciduous top soil이 hemlock topsoil보다 약 2배, hemlock의 subsoil보다는 약 6배 세균량이 많았다는 Cobb(1932)의 결과와 곰팡이의 수직분포는 토양의 horizontal succession에 동반하여 발달한다는 Brown(1958)의 결과, 광릉의 삼림토양의 F층에서 토양미생물이 가장 많았고 그 이하의 토양층에서는 깊이의 증가에 따라 점점 감소한다는 김과 장(1967)의 결과와는 일치하였다.

또 토양효소활성도 토양의 깊이가 증가함에 따라 현저히 감소하는 수직분포를 보이며, 참나무림의 L층에서의 amylase 활성은 F층의 약 1.6배 크며, H층에서는 F층의 1/4.3, L층의 1/7로서 현저히 감소하였다. 그러나 소나무림 토양에서는 L층에서 보다 F층에서 amylase 활성이 컸고, H층에서는 F층의 1/2정도, A층에서는 H층의 1/4정도로 감소되었다. Cellulase 활성은 참나무림 토양에서는 L층에서보다 F층에서 컸고, 소나무림 토양에서는 L층에서 오히려 약간 큰 값을 보였다(Fig. 3). 이러한 차이는 소나무와 참나무 litter의 물리화학적 성질에서 기인하는 것으로 생각된다.

Reddy(1987)는 초본의 근권토양에서 비근권토양보다 균량과 효소활성이 컸다고 보고하고 있으나 본 실험에서는 관목 또는 초본의 뿌리가 많이 분포하는 A층에서의 토양효소활성은 소나무 또는 참나무림 사이에 차이는 없었다. 이(1990)의 결과에 따르면 B층에서는 A층에서 보다 토양효소활성이 낮아지며, 균량도 A층에서 보다 현저히 감소하였다. 이러한 결과로 보아 교목을 이루는 식물종의 영향은 전체 균량 보다는 균중에 영향을 미치는 것으로 보이며, 더우기 A층에서의 토양효소활성에는 교목보다는 관목이나 초본 구성종의 영향이 클 것으로 생각된다.

그러나 이들 미생물군집의 크기가 온도구배에 따라 년변동하고 있으므로 토양내 exoenzyme의 양 또는

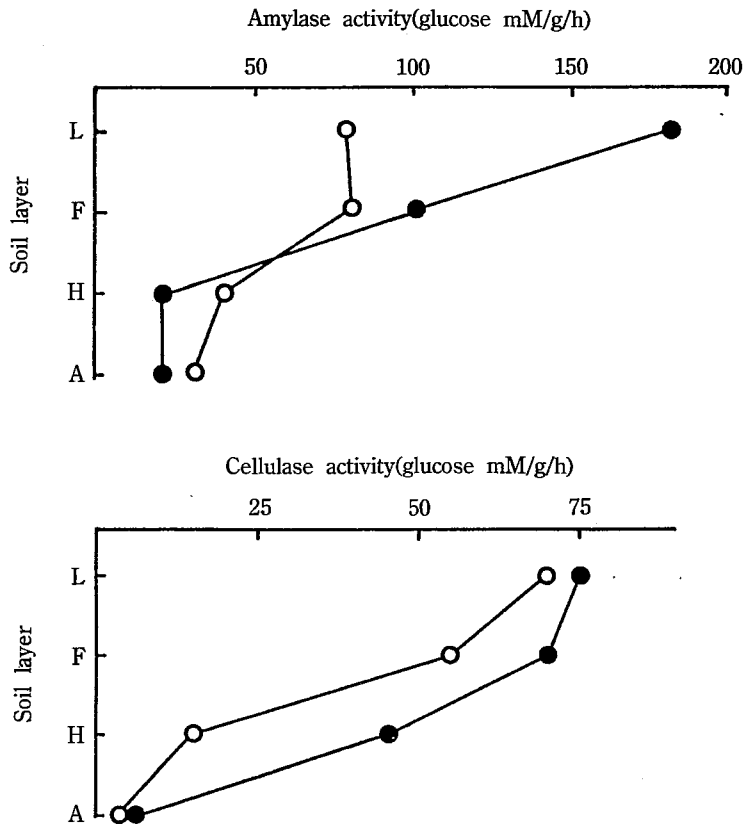


Fig. 3. Vertical distribution of soil enzyme activity at *Quercus serrata*(●) *Pinus densiflora*(○) forest soil.

식물유체에서 기원하는 효소량에는 계절적인 차이가 있을 것으로 예상되며, 더우기 자연조건에서 토양효소가 나타내는 실제 활성에는 뚜렷한 계절변화가 예상된다. 따라서 온도구배에 따라 토양효소의 활성 즉 물질의 분해 또는 순환속도에는 지리적 또는 수직적 분포가 뚜렷해질 것으로 판단된다.

총세균수와 토양유기물함량 그리고 토양수분함량과는 각각 상관계수 $r=0.842$, $r=0.901$ 의 1% 수준의 유의한 양의 상관을 보였다(Fig. 4). 그러나 토양 pH와의 상관은 유의성을 인정할 수 없었다. 이러한 결과는 토양세균, 곰팡이, 방선균의 수는 토양수분함량과 양의 상관이 있으나 수소이온농도의 작은 변화는 균군의 크기에는 별 영향을 주지 못한다고한 Cobb(1932)의 결과, 그리고 광릉의 소나무와 참나무림 토양에서 토양수분함량 및 유기탄소함량과 미생물량은 양의 상관관계에 있으며(김과 장, 1967), 토양유기물함량과 토양수분함량과 각 균군의 크기는 양의 상관관계가 있다고 보고한 이와 심(1983)의 결과와 일치하며, 토양 미생물의 에너지원으로서 토양유기물이 중요하고 토양미생물은 토양의 건습에 따라 예민하게 그 군집의 크기가 제한됨을 시사한다.

토양 Amylase, Cellulase 활성은 토양의 총세균수와 각각 상관계수 $r=0.933$, 0.914 를 보여 고도의 유의한 상관을 나타냈으며(Fig. 5), 토양유기물 함량과도 각각 $r=0.755$, $r=0.089$ 의 양의 상관을 보였으나, 토양수분함량과는 상관계수 $r=-0.263$, $r=0.506$ 으로서 유의한 상관은 인정할 수 없었다(Fig. 6).

이러한 결과에서 보는 바와 같이 토양효소활성은 토양의 총세균수와 유기물함량에 의하여 달라지며(Ladd,

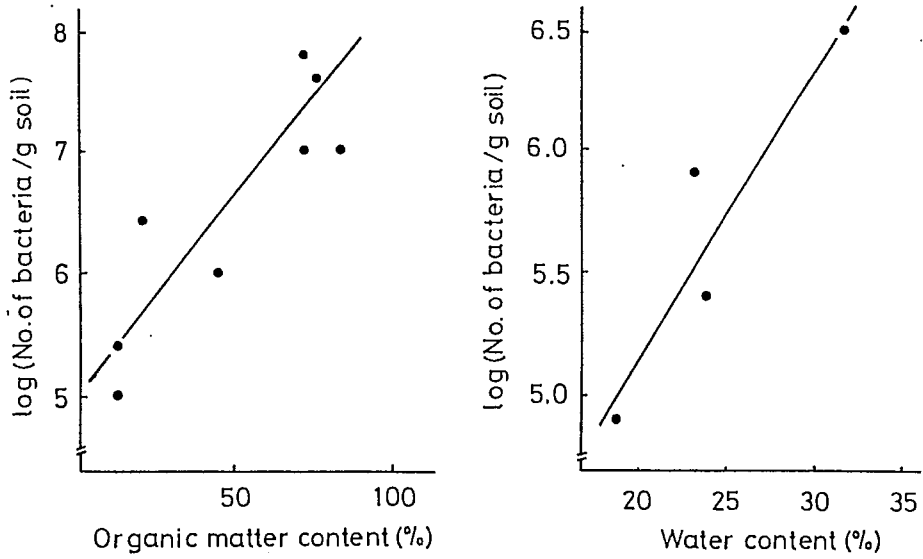


Fig. 4. Relationships between total number of bacteria and (A) soil organic matter content ($r=0.842$, $\log \text{No. of bacteria}=5.13+0.0286 \times \text{soil organic matter content}$) and soil water content ($r=0.901$, $\log \text{No. of bacteria}=2.96+0.112 \times \text{soil water content}$).

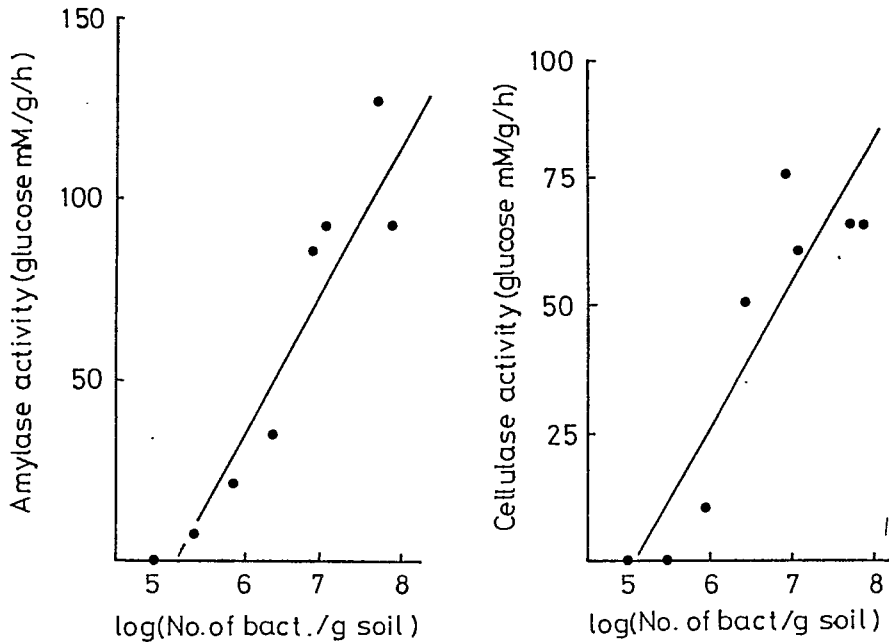


Fig. 5. Relationships between total number of bacteria and soil enzyme activity.
 (A) : Amylase, $r=0.933$, $\text{amylase activity}=-210+40.8 \times \log \text{No. of bacteria}$.
 (B) : Cellulase, $r=0.914$, $\text{cellulase activity}=-139+27.6 \times \log \text{No. of bacteria}$.

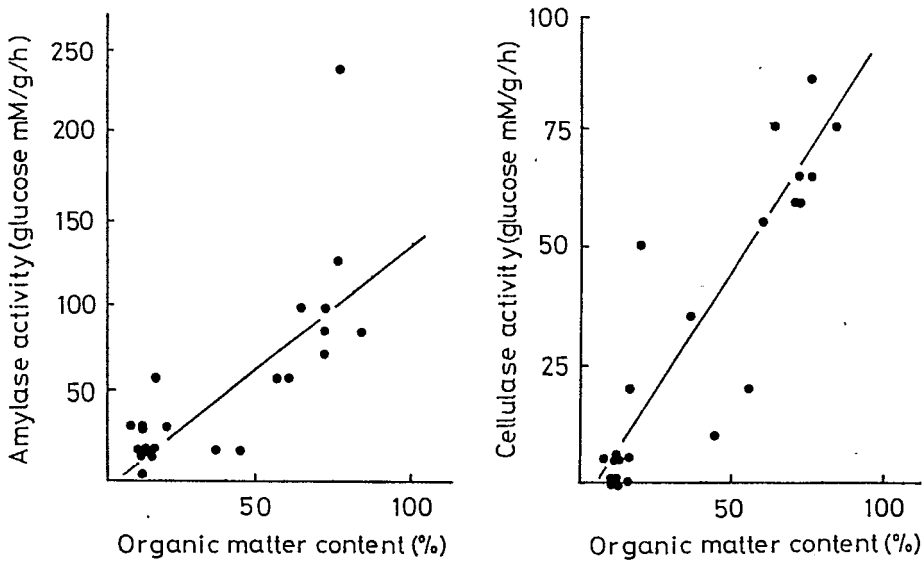


Fig. 6. Relationships between soil enzyme activity and soil organic matter content.

(A) : Amylase, $r=0.755$, $\text{amylase activity} = -2.3 + 1.45 \times \text{soil organic matter content}$

(B) : Cellulase, $r=0.893$, $\text{cellulase activity} = -5.78 + 0.976 \times \text{soil organic matter content}$.

1978 ; Kiss, 1978), 토양효소의 기원은 토양미생물의 exoenzyme 또는 토양의 식물유체에 의하여 공급된다는 것(Ladd, 1978)을 시사해준다. 더우기 토양유기물함량은 효소를 분비하는 미생물의 영양원으로서 토양미생물량을 조절하여 exoenzyme량에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

한편 채취 토양을 28°C에서 10일간 수분이 줄어들지않도록 수분을 공급하면서 incubation한 후 각 균군의 균량의 변동과 효소활성의 변화를 본 결과 총세균수는 각 토양 sample에서 약 10배가량 증가하였으며, 토양의 유기물함량이 많은 토양일수록 균량의 증가폭도 커졌다(Fig. 7). 토양의 amylase 활성은 각 토양 sample의 평균값이 52.3에서 109.3 glucose $\mu\text{M/g soil/h}$ 로 증가하여 약 2배의 증가를 초래하였다. 이는 sample 토양의 지온이 약 18~20°C였던 것을 비추어 보면 온도 10°C 증가에 2배의 효소활성 차이를 나타낸 것이 된다. 그러나 토양 amylase 활성의 증가는 유기물의 함량이 많은 토양일수록 효소활성의 증가폭도 커진 것으로 보아 amylase의 출처는 높아진 온도의 영향으로 증가된 exoenzyme을 생산할 수 있는 균량(Kiss, 1978 ; 이와심, 1983) 때문일 것으로 생각되며 유기물함량이 많은 토양일수록 균량 증가에 유리했던 것으로 판단된다. 그러나 토양의 Cellulase 활성은 온도처리에도 불구하고 비슷한 활성을 보였다(Fig. 8). 더우기 amylase 활성과는 달리 유기물함량이 큰 토양일지라도 활성의 증가는 뚜렷하지 않아 cellulase의 출처는 온도의 처리로 인해 증가된 균군이나 유기물 자체에서 유래한다기 보다는 cellulase가 유도효소(Paul and Clark, 1989)이기 때문에 토양이 갖고 있는 cellulose의 변화가 없는 조건이라면 온도의 처리로 인한 유도효소의 생산은 기대되지 않으며, 기존의 토양 cellulase는 점토입자나 부식에 흡수되거나 화학적으로 결합되어 있어서 점토-organic complex의 부식은 일차적으로 extracellular enzymes에 대해 soil colloid의 안정효과를 계속 갖고 있을 뿐 cellulase를 생산할 수 있는 white rot 또는 brown rot fungi들이 단기간내에 증가되지 못한 결과로 생각된다.

온도처리된 각 토양의 균군의 크기와 토양유기물함량, 효소활성 그리고 호흡량의 상호관계는 Table 3과 같다.

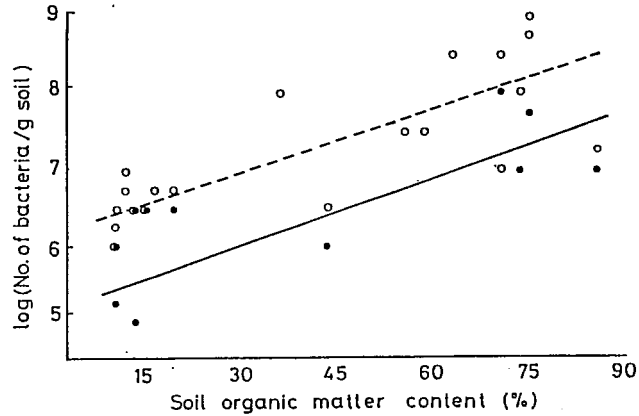


Fig. 7. The effect of incubation of soil at 28°C for 10 days on the changes of bacterial population size.

— : Fresh soli, $r=0.842$, $\log \text{No. of bacteria} = 5.13 + 0.0286 \times \text{soil organic matter content}$.

--- : Incubated soil, $r=0.790$, $\log \text{No. of bacteria} = 6.17 + 0.0246 \times \text{soil organic matter content}$.

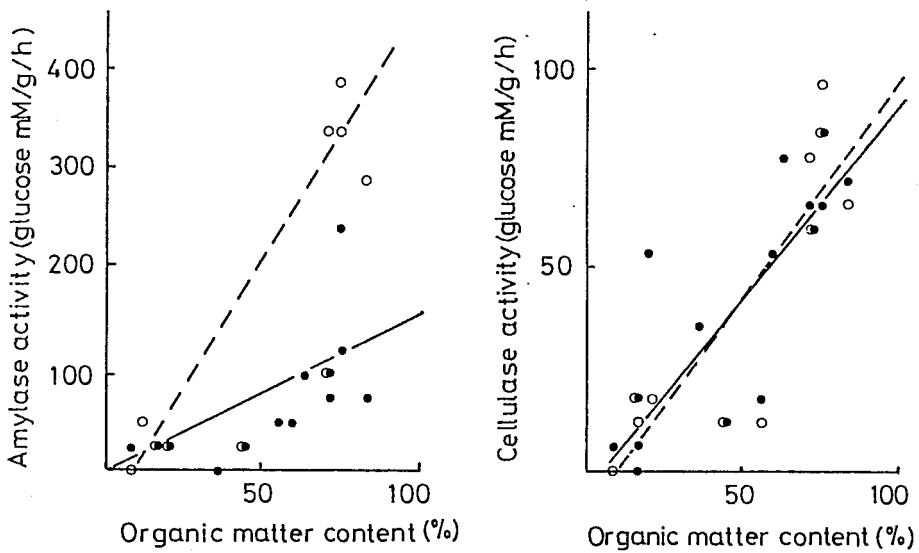


Fig. 8. The effect of incubation of soil at 28°C for 10 days on the changes of soil enzyme activity.

— : Fresh soli, --- : Incubated soil

(A) : Amylase

1 ; $r=0.755$, $\text{amylase activity} = -2.3 + 1.45 \times \text{soil organic matter content}$.

2 ; $r=0.935$, $\text{amylase activity} = -42.7 + 4.74 \times \text{soil organic matter content}$.

(B) : Cellulase

1 ; $r=0.893$, $\text{cellulase activity} = -5.78 + 0.976 \times \text{soil organic matter content}$.

2 ; $r=0.899$, $\text{amylase activity} = -10.5 + 1.08 \times \text{soil organic matter content}$.

Table 3. Correlation coefficients among the soil factors, microbial population size, soil enzyme activity and soil respiration after incubation at 28°C for 10 days

	Soil organic matter content	Soil pH	Enzyme activity		Soil respiration
			amylase	cellulase	
Enzyme activity					
Amylase	0.935**	-0.190			
Cellulase	0.899**	0.288			
Respiration	0.867**	0.523			
Total bacteria	0.790**	0.078	0.836**	0.808**	0.806**
Nitrifying bacteria	0.852**	0.095	0.892**	0.863**	0.828**
Actinomycetes	0.613**	-0.162	0.484	0.504*	0.517*
Fungi	0.736**	-0.588	0.780**	0.792**	0.672**

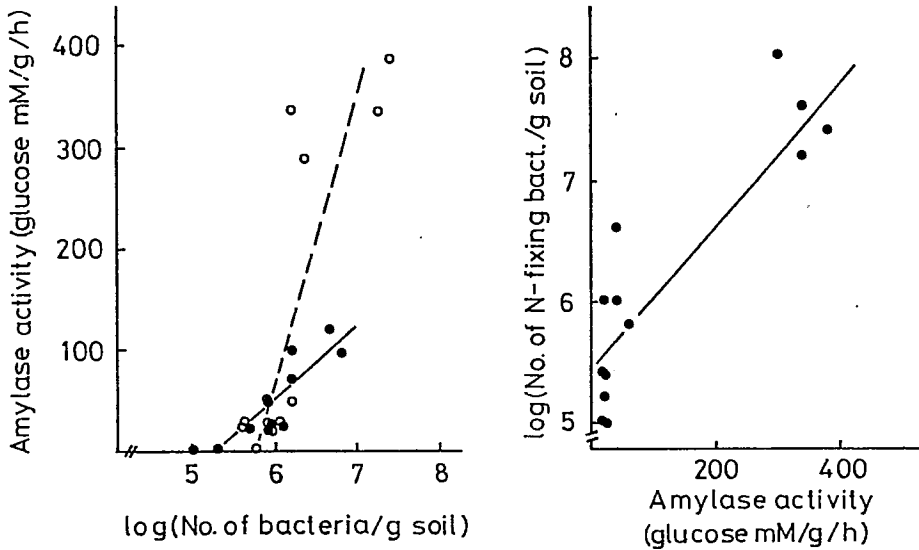


Fig. 9. Relationships between amylase activity and number of total bacteria in fresh soil, (A)-1, and at temperature treated (28°C, 10 days), (A)-2, and number of nitrogen fixing bacteria and amylase activity(B).
 (A)-1 ; $r=0.933$, $\text{amylase activity} = -855 + 141 \times \log \text{No. of bacteria}$.
 (A)-2 ; $r=0.836$, $\text{amylase activity} = -210 + 40.8 \times \log \text{No. of bacteria}$.
 (B) ; $r=0.892$, $\log \text{No. of nitrogen fixing bacteria} = 5.42 + 0.0062 \times \text{amylase activity}$.

Table 3에서 보는 바와 같이 토양요인과 각 토양내 생물군의 크기, 각 토양효소의 활성과의 관계는 fresh soil이 나타내는 경향과 같다.

토양의 총세균수, 비공생성 호기성 질소고정균수, 균수 등은 모두 토양유기물함량과 1% 수준에서 유의한 양의 상관을 보였고, 토양의 amylase, cellulase 활성도 각 균군의 크기와 양의 상관을 보였다. 더우기 비공생성 호기성 질소고정균수는 amylase, cellulase 활성과 각각 상관계수 $r=0.892$, $r=0.863$ 을 보였다. 이러한 결과는

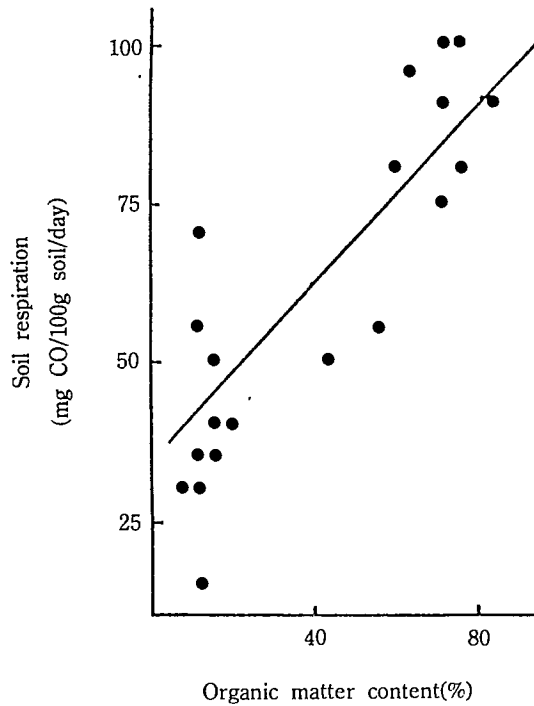


Fig. 10. Relationships between soil respiration and soil organic matter content($r=0.867$, soil respiration= $11.9+0.315 \times$ soil organic matter content).

온도차리로 다당분해효소를 생산할 수 있는 미생물군이 증가하여 당의 공급이 풍부해짐으로서 이들 당을 이용하여 물기질소를 고정할 수 있는 비공생성 호기성 질소고정균수가 증가한 것으로 생각된다(Fig. 9). 결국 이들 질소고정균수의 증가는 토양에 더 많은 질소를 공급하여 고등식물의 천이에 영향을 주는 것으로 생각되며, Pancholy and Rice(1973)의 천이단계에 따른 이들 효소활성의 변화에 관한 연구는 이러한 관계를 뒷받침한다.

토양호흡은 각 균군의 크기와 유의한 상관을 보였으며 토양의 유기물함량과도 1% 수준의 유의한 상관을 보였다. 이것은 유기물함량 증가에 따라 균량이 증가하고 그 결과 그들의 대사량이 증가하는 것으로 판단된다(Fig. 10).

摘 要

1. 토양 깊이별 총세균수는 F층에서 최대값을 보였으며, 깊이의 증가에 따라 뚜렷이 감소하는 명확한 수직분포를 보였으며, 소나무림 토양에서 보다 참나무림 토양에서 큰 값을 나타냈다.
2. 토양 cellulase 활성은 참나무림 토양에서 소나무림 토양에서 보다 큰 값을 보였고, amylase 활성은 참나무림의 L, F층에서는 소나무림에서 보다 컸으나 H, A층에서는 작았다.
3. 총세균수는 토양유기물함량과 $r=0.842$, 토양유기물함량과는 $r=0.901$ 의 1% 수준에서의 양의 상관을 보였으며, 총세균수와 토양 cellulase 및 amylase 활성은 각각 $r=0.914$, $r=0.933$ 의 양의 상관을 나타냈다. 토양 cellulase와 amylase 활성은 토양유기물함량과 $r=0.755$ 이상의 높은 상관을 보였으나 토양수분함량과는 각각 $r=0.506$, $r=0.263$ 으로 유의한 상관을 인정할 수 없었다.

4. 28°C에서 10일간 토양을 incubation한 결과 유기물함량이 많은 토양일수록 균량과 amylase 활성의 증가폭은 컸으며, cellulase 활성의 변화는 유의한 차이가 없었다.
5. 토양호흡은 각 균군의 크기, 토양유기물함량과 1% 수준의 유의한 양의 상관을 보였다.
6. 비공생성 호기성 질소고정균수는 총세균수, cellulase와 amylase의 다당분해효소와 높은 양의 상관을 보여 이들의 도움으로 토양내 질소함량을 증가시킬 수 있을 것으로 생각된다.

参 考 文 獻

- Alexander, M., 1977. Soil microbiology. Wiley & Son Inc., p.124~127.
- Briggs, M. H. and L. Segal, 1963. Preparation and properties of a soil enzyme. Life Science 1 : 73~79.
- Burns, R. G., 1977. Soil enzymology, Sci. Prog. Oxf. 64 : 275~285.
- Cambell, R., 1983. Microbial ecology, 2nd ed. Blackwell Scientific Publication.
- Cobb, M. H., 1932. A quantitative study of the microorganic population of a hemlock and deciduous forest soil. Soil Science 33 : 325~345.
- Hoener, J. M., 1985. Microbial decomposition of cellulose in acidifying lakes of southcentral Ontario. Appl. Environ. Microbiol. 50 : 315~322.
- Kiss, S., M. Boaru and M. Stoita, 1969. Enzyme activity in vineyard soils. Revue Roumaine de Biologie, Serie de Botanique 14 : 127~132.
- Kiss, S., M. Dragon-Bularda and D. Radulescu, 1978. Soil polysaccharidases: Activity and agricultural importance. In Soil enzymes. Academic Press Inc. p.117~147.
- Ladd, J. N., 1978. Origin and range of enzymes in soil, In soil enzymes. Academic Press Inc. p.51~96.
- Pancholy, S. K. and E. L. Rice, 1973. Soil enzymes in relation to old field succession: Amylase, cellulase, Invertase, dehydrogenase, and urease. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37 : 47~51.
- Parkinson, D., T. R. G. Gray, and S. T. Williams, 1971. Methods for studying the ecology of soil microorganisms, IBP handbook No. 19.
- Paul, E. A. and F. E. Clark, 1989. Soil microbiology and biochemistry. Academic Press, Inc. pp.273.
- Peterson, N. V., 1967. Soil dehydrogenase activity as a mirror of soil microfloral activity. Mikrobiologiya 36 : 518~525.
- Reddy, G. B., A. Faza and R. Bennett Jr., 1987. Activity of enzymes in rhizosphere and non-rhizosphere soils amended with sludge. Soil Biol. Biochem. 19 : 203~205.
- Richards, B. N., 1987. The microbiology of terrestrial ecosystems. Longman Scientific & Technical. pp.399.
- Roberge, M. R., 1978. Methodology of soil enzyme measurement and extraction, in Soil enzymes. Academic Press Inc., pp.341~370.
- 김준민·장남기, 1967. 토양유기물의 분해속도와 microbial population의 소장에 관한 연구. 식물학회지 10 : 21~30.
- 육창수, 근권토양 중의 미생물에 관한 연구(제 1보), 토양 중의 미생물 분포에 관하여. 충북대학교 논문집 17 : 151~157.
- 李泰雨·沈載國, 1983. 植被別 비공생성 호기성 질소고정균의變動에 關하여. Kor. Jour. Microbiol. 21 : 71~78.
- 李泰雨, 1983. 植被別 토양내에 분포하는 호기성 세균군의 動態, 청주사범대학 논문집 10 : 471~482.
- 이태우, 1990. 토양효소와 환경요인과의 상관. 서원대학 논문집 25 : 293~305.
- 鈴木達彦, 都留信也, 1979. 生態學研究法講座 12, 土壤微生物生態研究法. 公立出版株式會社. 東京. pp.136.
- 土壤微生物研究會, 1975. 土壤微生物實驗法. 養賢堂. 東京