

삼림토양의 미생물군집과 아밀라아제 활성에 관한 연구

이 회 선 · 심 재 국*

서원대학교 생물교육과, 중앙대학교 생물학과*

Studies on the Microbial Population and the Amylase Activity of the Forest Soil

Lee, Hee Sun and Jae-Kuk Shim*

Department of Biological Education, Seowon University

Department of Biology, Chungang University

ABSTRACT

Soil condition, total number of bacteria, soil amylase activity and microbial biomass (CO₂-C) were measured at soil of different forest types. And the difference of the allelopathic effect was determined between fresh leaf extract of *Quercus acutissima* and *Pinus rigida* to the bacteria isolated from soil of different forest types.

1. Total number of bacteria in *Carpinus laxiflora* forest soil was 4~7 times larger than that in *Pinus densiflora* forest soil.
2. Soil amylase activity was positively correlated with total number of soil bacteria and soil organic matter content. The amylase activity at F layer was 4~5 times larger than that at H layer, and that at H layer was 2~4 times larger than that at A layer.
3. Seasonal changes of microbial biomass showed a peak in summer, and vertical distribution of microbial biomass decreased with increasing soil depth. The microbial biomass in *Pinus densiflora* forest soil was larger than that in *Quercus serrata* forest soil.
4. Fresh leaf extract of *Pinus rigida* and *Quercus acutissima* showed an acceleration or inhibition effect on the growth of soil bacteria, and that of *Q. acutissima* inhibited larger number of soil bacterial strains than that of *P. rigida*. 4.2% and 25% of soil bacterial strains isolated from soil of *P. rigida* and *Q. acutissima* forests were inhibited by fresh leaf extract of *P. rigida* and *Q. acutissima*, respectively.

Key words: Microbial population, Amylase activity, Forest soil, Microbial biomass, Allelopathy

서 론

근권에서 미생물의 작용은 그 곳에 서식하는 식물 뿌리로부터의 분비, 또는 부분적으로는 낙

엽, 낙지 및 죽은 뿌리의 자가분해에 의해 방출되는 물질에 큰 영향을 받는다. 따라서 임상이 각각 다른 식물종으로 구성된 삼림토양은 전혀 다른 미생물상을 가질 수 있으며, 그들이 나타내는 토양대사 활성도도 달라질 수 있다.

토양미생물량이 고등식물의 식생형이나 토양조건에 따라 차이가 있다는 연구는 일찌기 시작되었다. 이미 1932년에 Cobb는 New York Botanical Garden의 낙엽수림토양과 hemlock이 우거진 침엽수림 토양에서 미생물 개체군의 연간변동을 조사하여 낙엽수림 표토의 세균량이 침엽수림의 표토와 하층토에 비해 각각 약 2배와 6배 더 많음을 밝힌 바 있다. 1931년 Okata는 *Pseudosasa* 군집의 토양미생물상을 밝히면서 *Azotobacter* 질소고정균과 질산균은 발견되지 않고 *Clostridium* 질소고정균만이 거의 대부분 존재하고, 이런 곳에서는 섬유소의 분해가 몹시 느린 특징이 있음을 밝혔다. 그 후 고등식물의 구성에 따라 토양미생물의 수와 종조성이 다르다는 사실이 일반화되었다.

한편 Insam과 Haselwandter(1989)는 고등식물의 천이과정에 따라 토양미생물의 대사율, 미생물량, 토양호흡이 변하고, Pancholy와 Rice(1973)는 목발천이에서 천이의 정도에 따라 토양미생물과 관련된 효소의 종류와 활성이 달라진다고 보고하였다. Ross 등 (1982)은 표토가 제거된 토양에서 토양 탄소와 질소의 무기화, 미생물량 및 토양효소활성이 서로 밀접한 관계가 있다고 보고하였다.

Saito(1966)는 너도밤나무 낙지 및 낙엽의 분해에 참여하는 곰팡이류를 중심으로한 미생물들의 천이과정을 조사하였으며, Witkamp(1963, 1966)는 낙지 및 낙엽의 분해가 미생물의 종류와 개체군, 그리고 토양호흡과 밀접한 관계가 있음을 보고한 바 있다.

또한 토양미생물의 정량적인 연구의 시도는 Jenkinson과 Powlson(1976a)이 클로로포름 훈증법에 의해 미생물량을 측정하였고, Anderson and Domsch(1978)는 클로로포름 훈증법에 의해 세균과 진균이 무기화하는 비율이 각각 33%와 44%로 다름을 밝혀 보다 정확한 토양미생물의 현존량을 측정하는데 이바지하였다. 이외에도 ATP 측정법과 같은 방법도 시도되고 있다 (Jenkinson and Oades 1979).

국내에서는 김과 장(1967)의 광릉 삼림토양에서 토양유기물의 분해속도와 미생물 개체군의 소장에 관한 연구에서 출발하여, 토양에서의 주요 미생물군의 동태 (이 1983, 이와 심 1983, 1991a)와 그들이 분비하거나 식물체에서 유래되어 자유로이 존재하는 토양효소의 활성에 관한 연구 (이 1990, 이와 심 1991b), 토양미생물의 생물량 측정과 미소동물이 임상 낙엽분해에 기여하는 정도 (심 1991) 등의 연구가 진행되고 있을 뿐이다. 이러한 연구들은 아직 토양의 생물학적 또는 화학적 활성을 토양생태계라는 측면에서 일관되게 설명해 주기에는 미흡한 실정이다. 더구나 고등식물과 관련하여 이들이 미생물 군집에 미치는 영향을 검토한 일은 거의 없는 실정이다.

본 연구는 이미 우리나라의 고등식물의 분포대가 큰 수준에서 제시되었고 세부적으로는 환경처의 활동에 의하여 전국적으로 식생도가 작성되었으므로, 그러한 식물군집이 영양을 취하고 다시 재순환시키는 기질로서의 토양에서 식물양분의 순환과 같은 중요한 역할을 수행하는 토양미생물의 현존량과 개체군의 크기를 측정하고, 이들 토양미생물의 생물학적 활성을 토양효소활성으로 측정하며, 토양세균에 미치는 육상 고등식물의 타감효과를 측정하여 육상 고등식물군집의 발달, 구조 및 종조성이 토양미생물에 미치는 영향을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

조사지소의 선정

식생형이 서로 다른 삼림을 조사지소로 택하여 임상토양의 미생물량과 아밀라아제 활성을 조사하였다. 각 조사지점에서의 식물군락의 우점종과 표고, 사면방향, 사면의 경사도, 토심 등은 Table 1과 같다. 속리산에서는 서어나무림(St. 1)과 소나무림 2개지소(St. 2, St. 7) 및 졸참나무림(St. 6)에서 각각 토양을 채취하였고, 청주 근교에서는 상수리나무림(St. 3), 일본잎갈나무(St. 4)와 리기다소나무(St. 5) 조림지의 토양을 각각 채취하였다. 특히 속리산의 졸참나무림(St. 6)과 소나무림(St. 7)에서는 1993년 4월부터 10월에 걸쳐 각각 토양을 깊이별로 채취하여 미생물량을 측정하였다.

Table 1. Topographical characteristics of each study site

Study site	Dominant tree species	Altitude (m)	Slope direction	Slope degree(°)	Soil depth(cm)	Locality
St. 1	<i>Carpinus laxiflora</i>	430	NW	10	50	Mt. Sokri
St. 2	<i>Pinus densiflora</i>	350	N	0	40	Mt. Sokri
St. 3	<i>Quercus acutissima</i>	100	SE	10	50	Suburb of Cheongju
St. 4	<i>Larix leptolepis</i>	80	SW	20	30	Suburb of Cheongju
St. 5	<i>Pinus rigida</i>	85	SE	5	35	Suburb of Cheongju
St. 6	<i>Quercus serrata</i>	540	SSE	15	30	Mt. Sokri
St. 7	<i>Pinus densiflora</i>	570	SSW	20	30	Mt. Sokri

토양의 채취 및 토양요인의 측정

각 입지에서 토양의 단면을 만들고 깊이별로 토양을 채취하였으며, 토양온도를 측정하였다. 채취한 토양은 비닐봉지에 넣어 실험실로 운반하여 즉시 토양 세균의 분리와 개체수의 계수 및 미생물량의 측정에 사용하였다.

St. 1과 St. 2의 토양은 층별로 총 세균수를 계수하고 토양 아밀라아제 활성의 측정에 사용하였고, St. 3, St. 4, St. 5의 토양은 토양세균의 분리에만 사용하였다. St. 6과 St. 7의 토양은 채취토양의 토양요인과 미생물량 측정에 사용하였다.

토양유기물함량은 풍건토양을 85°C 건조기에서 완전히 건조시킨 후 450°C의 전기로에서 6시간 작열시켜 감량을 백분율로 표시하였다. 수분함량은 채취 직후의 토양을 85°C 건조기에서 감량이 없을 때까지 건조시킨 후 신선토양의 무게에 대한 감량의 백분율로 나타내었다. 토양 pH는 풍건토 1 : 증류수 5의 비율로 하여 진탕한 후 glass electrode pH meter (Corning No. 7)로 측정하였다.

토양세균의 분리와 토양미생물량의 측정

토양을 채취하여 실험실로 운반한 직후, 토양 1g을 멸균증류수에 반복하여 희석시켜 nutrient

broth (DIFCO)에 한천을 첨가한 평판배지에 퍼서 30°C 에서 2~3일 배양한 후 총 세균수를 측정하고, 단일 콜로니는 다시 평판배지에서 형태와 색깔에 따라 순수분리하였다.

미생물량의 측정은 채취된 토양을 Jenkinson과 Powlson (1976a, b)의 방법에 따라 비이커에 넣고 증류수로 세척하여 알콜을 제거한 클로로포름으로 진공 데시케이터 속에서 훈증 살균한 후 클로로포름을 제거하였다. 그 후 토양수분함량이 55%가 되도록 멸균된 증류수를 첨가하였으며, 이 때 시료량의 1/100에 해당하는 신선한 토양을 재접종하였다.

25°C에서 배양하는 동안 방출된 CO₂는 NaOH로 포집하여 중화적정법에 의하여 정량하였다. 이 값을 이용하여 다음 공식에 의해 미생물량을 환산하였다 (Parkison *et al.* 1971). 이때 k_c 값은 Holland와 Coleman (1987)에 따라 0.41로 하였다.

$$C_B = \frac{(C_{F10} - C_{C20})}{k_c}$$

C_B ; 미생물 현존량 (mg CO₂ - C)

C_{F10} ; 클로로포름으로 훈증한 것으로 부터 10일간 발생한 CO₂ - C

C_{C20} ; 훈증하지 않은 것에서 배양 후 10일부터 20일 사이에 발생한 CO₂ - C

k_c ; CO₂로 무기화되는 미생물 탄소의 백분율

토양효소 활성의 측정

풍건 후 0.5mm 체로 친 토양시료 10g에 2ml의 톨루엔을 첨가한 다음 15분간 방치한 후 2% 전분용액 5ml를 넣고 37°C 배양기에서 5시간 배양하였다. 여기에 증류수 15ml를 가하여 정치시킨 후 여과하여 여과액 속에 생성된 포도당의 양을 Nelson-Somogy법으로 정량하였다. 단위 토양 및 시간당 생성된 포도당의 양(mM)을 amylase의 활성으로 하였다 (Pancholy and Rice 1973).

토양미생물에 대한 고등식물의 영향

리기다소나무와 상수리나무의 잎을 증류수와 함께 갈아 생잎 추출액을 만들었다. 추출액의 농도는 Rice(1964)의 방법에 따라 생잎 10g을 갈아 증류수를 가하여 100ml로 만든 용액을 여과, 멸균하여 실험에 사용하였다.

식물조직 추출액에서 토양세균의 성장에 대한 영향을 평가하기 위하여 평판배지에 순수분리한 균주를 배지와 함께 편 후 여과, 멸균한 식물조직 추출액을 원판여과지에 적서 확산시키는 방법과 분리균주를 broth culture할 때 식물조직 추출액을 첨가하는 두 가지 방법을 사용하였다. 이 때는 멸균된 Nutrient Broth 5ml에 각 균주들을 각각 1 백금이 접종하여 30°C에서 미리 전배양시킨 다음 배양액 0.1ml씩을 배지에 접종하였다. Nutrient Broth 배지를 2배 농도로 만들고 식물 추출액의 원액, 1/5 증류수 희석액, 1/25의 희석액을 배지와 동량 섞어 30°C에서 진동배양 하면서 분광광도계로 660nm에서 흡광도를 재어 성장곡선을 그렸다. 대조구는 조직 추출액 대신 멸균 증류수를 배지와 동량 섞은 배양액에 접종한 것으로 하고, 흡광도 측정시 보정은 접종하지 않은 각 식물 추출액의 농도별 배양액으로 하였다

결과 및 고찰

조사지소 식생의 특징

조사지소의 식생의 특징은 Table 2와 같다.

Table 2. Vegetational characteristics of each study site

Site	Tree height (m)				Coverage (%)			
	Tree	Subtree	Shrub	Herb	Tree	Subtree	Shrub	Herb
St. 1	15	6	—	1	90	10	—	75
St. 2	12	—	2	0.4	75	—	90	20
St. 3	20	—	2	0.3	80	—	45	85
St. 4	18	—	1.5	0.2	75	—	20	30
St. 5	15	—	2	0.5	80	—	20	80
St. 6	18	5	2.5	0.7	85	10	45	75
St. 7	20	—	3	0.7	65	—	80	30

St. 1은 속리산의 탈골암과 세심정 사이의 서어나무림 토양으로서 표층에 낙엽과 부식층의 발달이 좋으며 토색은 밝은 적갈색에서 흑갈색의 토양이었다. 흉고직경 8.3~35.0cm, 수고 15m, 피도 90%의 서어나무가 우점하고, 아교목층에는 당단풍이 우점하는 곳이다. 초본층에는 조릿대가 피도 70~80%로 분포한다.

St. 2는 속리산 청소년 야영장 부근으로서 낙엽층과 부식층의 발달이 좋고 흉고직경 11.1~33.7cm, 수고 12m, 피도 75%의 소나무림이며, 관목층은 잘 발달되어 신갈나무, 개웃나무, 물푸레나무 등이 섞여 있고, 초본층은 빈약하고 사초과의 식물이 우점하는 곳이다. 토색은 갈색 내지 밝은 갈색토이다.

St. 3은 청주시 근교의 상수리나무림으로서 소나무가 섞여있으나 흉고직경 27.6~44.6cm의 상수리나무가 우점하는 곳이다. 관목층에는 아까시나무, 상수리나무, 신갈나무가 나고 초본층에는 닭의장풀, 청미래덩굴, 사초과의 식물 등이 우점하는 곳이다.

St. 4는 일본잎갈나무 조림지이며, 흉고직경 5.1~14.0cm, 수고 18m의 개채들로 이루어져 있고, 초본층의 발달은 빈약하고 낙엽층과 부식층의 발달이 두드러진다.

St. 5는 리기다소나무 식재림으로서 흉고직경 9.5~23.2, 수고 15m의 리기다소나무가 우점하는 곳이다. 초본층에는 사초과 식물이 우점하며, 머위, 삼주 등의 다년생 초본이 산재하고, 낙엽층의 발달은 빈약하나 부식층이 발달되어 있다.

St. 6은 수고 18m, 흉고직경 30~50cm의 졸참나무가 교목층의 90% 이상을 점유하고, 아교목층에는 당단풍이 우점하나 식피율은 10% 정도로서 낮다. 관목층은 생강나무, 조릿대가 점하고 있는 곳이다.

St. 7은 교목층은 수고 20m, 흉고직경 20~40cm의 소나무가 우점하며, 교목층의 약 90%를 차지한다. 아교목층의 발달은 거의 볼 수 없으며 관목층에는 쇠물푸레가 우점하고 생강나무와 진달래가 섞여 난다. 초본층에는 사초과 식물이 우점하며 피도는 30% 정도이다.

조사지소의 토양요인

속리산의 서어나무림(St. 1)과 소나무림(St. 2)의 각 층에서의 유기물함량, 수분함량, 토양 pH는 Table 3과 같다. 유기물함량은 두 지소 모두 낙엽층에서 A층으로 내려 갈수록 감소하는 뚜렷한 수직분포를 보였다. 토양수분함량은 두 지소 모두 발효층과 부식층에서 높은 값을 보였으며, 소나무림 토양보다 서어나무림 토양이 다소 높은 값을 나타내었다. 또한 속리산의 졸참나무림(St. 6)과 소나무림(St. 7)에서의 월별 토양요인의 변화는 Fig. 1과 같이 토양온도는 7월과

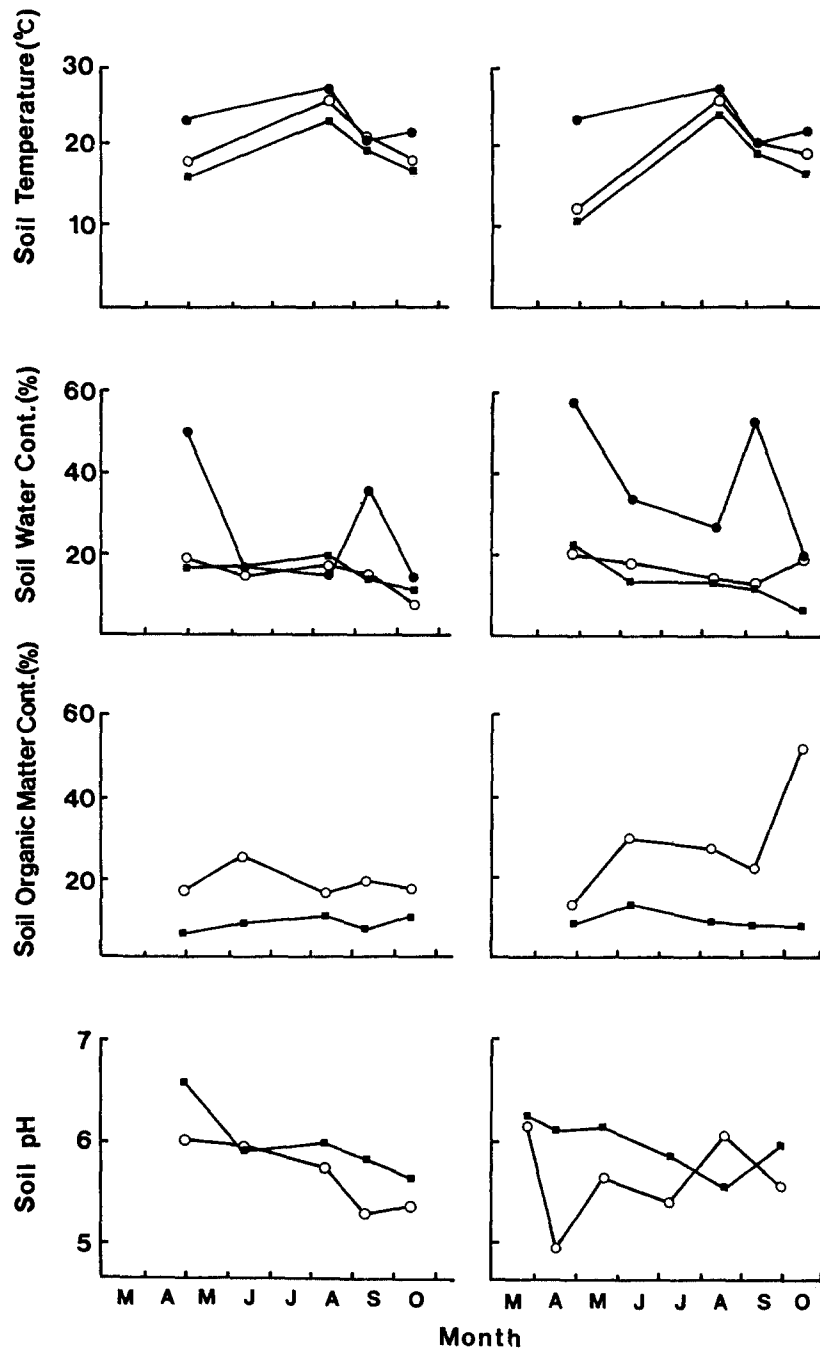


Fig. 1. Seasonal changes of soil factors at the St. 6 (left) and St. 7(right) in Mt. Sokri.
 ●: surface soil, ○: - 5cm depth, ■: - 10cm depth

Table 3. Soil factors of each study site

Study site	Dominant tree species	Soil layer	Organic matter content (%)	Water content (%)	pH
St. 1	<i>Carpinus laxiflora</i>	L	92.1	13.5	—
		F	70.6	33.0	—
		H	18.9	31.5	4.9
		A	11.0	23.8	4.3
St. 2	<i>Pinus densiflora</i>	L	85.2	9.3	—
		F	73.1	23.6	—
		H	43.7	22.8	5.3
		A	12.9	18.7	5.4

8월 사이에 가장 높은 값을 보였고, 토양함수량, 유기물함량 및 토양 pH는 깊이에 따라 다소 다르나 두 지소에서의 차이는 거의 없었으며, 토양 표층의 함수량을 제외하고는 계절적인 큰 변화를 인정할 수 없었다.

토양세균 개체군의 크기와 토양효소 활성

토양세균의 수는 지소에 따라 차이가 있었다. Table 4에서 보는 바와 같이 두 지소 모두 속리산의 토양으로서 인간의 간섭이 많이 가해지지 않은 조건으로 볼 때 서어나무림 토양 (St. 1)이 소나무림 토양(St. 2)보다 조사된 모든 층에서 총세균수는 많았다. 토양세균수는 두지소 모두에서 발효층에서 가장 많았고 낙엽층, 부식층, A층의 순으로 나타났다.

동일 입지에서 식생의 차이에 따라 균량의 차이가 있음은 이미 보고된 바 있다(Cobb 1932, 이와 심 1983, 이 1983). 본 연구에서도 같은 조사기간 동안 활엽수와 침엽수의 토양에서 균량의 차이가 있음이 밝혀졌고, 활엽수인 서어나무림 토양이 침엽수인 소나무림 토양 보다 모든 토양층에서 4~7배 많은 균량을 보였다. 두 지소의 각 토양층에서의 세균량의 차이는 발효층에서 가장 컸으며 낙엽층과 부식층 그리고 A층의 순이었다. 이것은 New York Botanical Garden에서 활엽수림 표층토양이 hemlock의 표층토양보다 2배, 심층토양보다는 약 6배 많다는 결과(Cobb

Table 4. Soil bacterial population and soil enzyme activity of each study site

Site	Soil layer	Soil bacterial population (log cells / g soil)	Soil amylase activity (mM glucose g soil ⁻¹ h ⁻¹)
St. 1	L	7.66	175.2
	F	7.88	95.0
	H	6.46	22.7
	A	5.38	11.4
St. 2	L	6.93	82.5
	F	7.04	91.5
	H	5.92	19.0
	A	4.93	5.5

L: litter layer, F: fermentation layer, H: humus layer, A: A layer.

1932)와 유사하다.

토양요인과 세균수와의 관계에서 토양수분함량과 pH와는 상관을 인정할 수 없었으나 토양유기물함량과는 고도의 상관을 보여 토양유기물이 토양세균의 서식을 위한 영양원으로 작용하므로 토양미생물량을 결정하는 주요 요인으로 나타났다.

한편 토양 아밀라아제의 활성에 있어서도 활엽수림인 서어나무림 토양이 침엽수인 소나무림 토양보다 모든 층에서 큰 값을 나타내었다 (Table 4). 낙엽층과 A층에서는 활성이 약 2배 컸으며, 발효층 및 부식층에서의 차이는 그 보다는 작았다. 이러한 토양 아밀라아제의 활성은 토양요인 중에서 유기물함량과 상관계수 $r = 0.90$ (아밀라아제 활성 = $-17.5 + 1.58 \times$ 유기물함량)의 유의한 관계를 보였고, 총 세균수와도 상관계수 $r = 0.86$ (아밀라아제 활성 = $-250 + 48.0 \times$ 세균수)의 상관을 보였다 (Fig. 2). 또한 두 지소 모두 발효층에서의 아밀라아제 활성은 부식층 보다 4~5배 높았으며, 부식층은 A층에 비해 2~4배 정도 그 활성이 높았다. 그러나 서어나무림 토양에서는 낙엽층에서 가장 높은 활성을 보였으나, 소나무림 토양에서는 낙엽층 보다 발효층에서 높은 값을 나타내어 낙엽의 종류에 따라 낙엽층의 효소활성은 달랐다. 상기한 바와 같이 토양유기물함량에 의해 토양세균의 양이 결정될 수 있고, 그들 세균에 의해 유기물의 활발한 분해활동이 이루어지는 것으로 볼 때 토양내 아밀라아제의 양은 상당한 부분이 미생물에서 연유하는 것으로 판단할 수 있다 (Ladd 1978).

미생물량 (CO₂-C)과 그 변동

졸참나무림 토양(St. 6)과 소나무림 토양(St. 7)에서 층별 미생물량의 측정치는 토양의 깊이와 계층에 따라 차이를 보였다. 표층에서부터 토양의 깊이가 증가하면서 미생물량은 뚜렷이 감

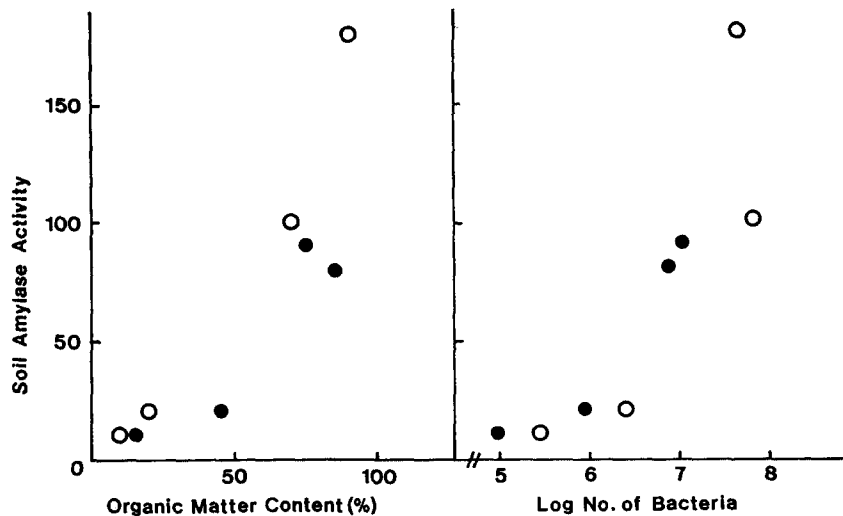


Fig. 2. Relationships between soil amylase activity (mM glucose g soil⁻¹ h⁻¹) and soil organic matter content (left) and total number of soil bacteria (right).

○: forest soil of *C. laxiflora*

●: forest soil of *P. densiflora*

Table 5. Microbial biomass of each soil depth at St. 6 and St. 7

Locality	Depth (cm)	Microbial biomass (mg CO ₂ -C /100g soil)				
		30 Apr.	11 Jun.	13 Aug.	12 Sep.	16 Oct.
St. 6	surface	43.3	68.3	299.6	180.7	65.6
	5	26.8	66.7	106.7	76.3	41.1
	10	16.1	60.2	33.2	30.9	20.6
St. 7	surface	39.1	207.0	347.8	274.2	108.1
	5	35.4	120.6	88.9	110.7	59.6
	10	10.6	53.8	38.0	49.4	54.3

소하는 수직분포를 나타냈으며, 미생물량은 여름철에 가장 큰 값을 나타냈다 (Table 5).

St. 7에서의 미생물량의 최고값은 표토에서 347 mg CO₂-C /100g soil로서 8월 중에 나타났으며, St. 6에서는 같은 달에 299.6mg CO₂-C /100g soil을 나타내어, 활엽수인 졸참나무림 토양보다 소나무림 토양이 대체로 많은 미생물량을 보였다. 입지와 토양의 깊이, 그리고 측정 계절에는 차이가 있으나 Christie and Beattle(1986)은 초지토양에서 2841-4100 μg CO₂-C /g soil의 값을 얻었으며, 점사토와 양토에서는 각각 673-736, 614-647 μg CO₂-C /g soil의 값을 얻었다.

또한 Schnurer 등 (1985)이 230-600 μg CO₂-C /g soil의 값을 각각 얻은 것과 비교하면 우리나라 삼림토양에서의 미생물량은 초지토양에 비해서는 적은 양을 보이고 있다.

미생물량의 계절변화 경향은 관악산의 리기다소나무 식재림에서 세균수의 연중 변동을 박헌장과 김(1989)의 결과와 식피별 토양내 균수의 연중 변동을 조사한 이(1983), 이와 심(1983)의 결과와 잘 일치한다. 이러한 원인은 삼림생태계의 입상에서 낙엽이 분해될 때의 미생물 수는 낙엽의 종류와 입지의 차이에 따라 현저히 다르고 계절에 따라서도 다르다는 것(Witkamp 1963, 1966, 심 1991)으로 이해되며, 이들 미생물량의 연 변동은 토양의 온도와 밀접한 관련이 있었다.

식물 조직 추출액의 토양분리 세균의 성장에 대한 영향

1) 조직 추출액의 확산에 의한 토양 세균 성장 실험

리기다소나무와 상수리나무의 생잎 추출액이 토양에서 분리된 각 세균 균주의 성장에 미치는 영향을 알아보기 위한 plate diffusion test 결과는 Table 6과 같다.

서어나무림 토양과 리기다소나무 조림지 토양으로부터 분리한 균주 각각 24종 중에서 1종씩

Table 6. Inhibition effect of fresh leaf extract on the growth of soil bacteria isolates from each forest type in plate diffusion test

Forest type	No. of bacterial isolate from soil	Fresh leaf extract	
		<i>P. rigida</i>	<i>Q. acutissima</i>
<i>C. laxiflora</i>	24	1(4.2%)	9(37.5%)
<i>P. densiflora</i>	16	0(0.0%)	5(31.3%)
<i>Q. acutissima</i>	20	0(0.0%)	5(25.0%)
<i>L. leptolepis</i>	20	0(0.0%)	10(50.0%)
<i>P. rigida</i>	24	1(4.2%)	9(37.5%)

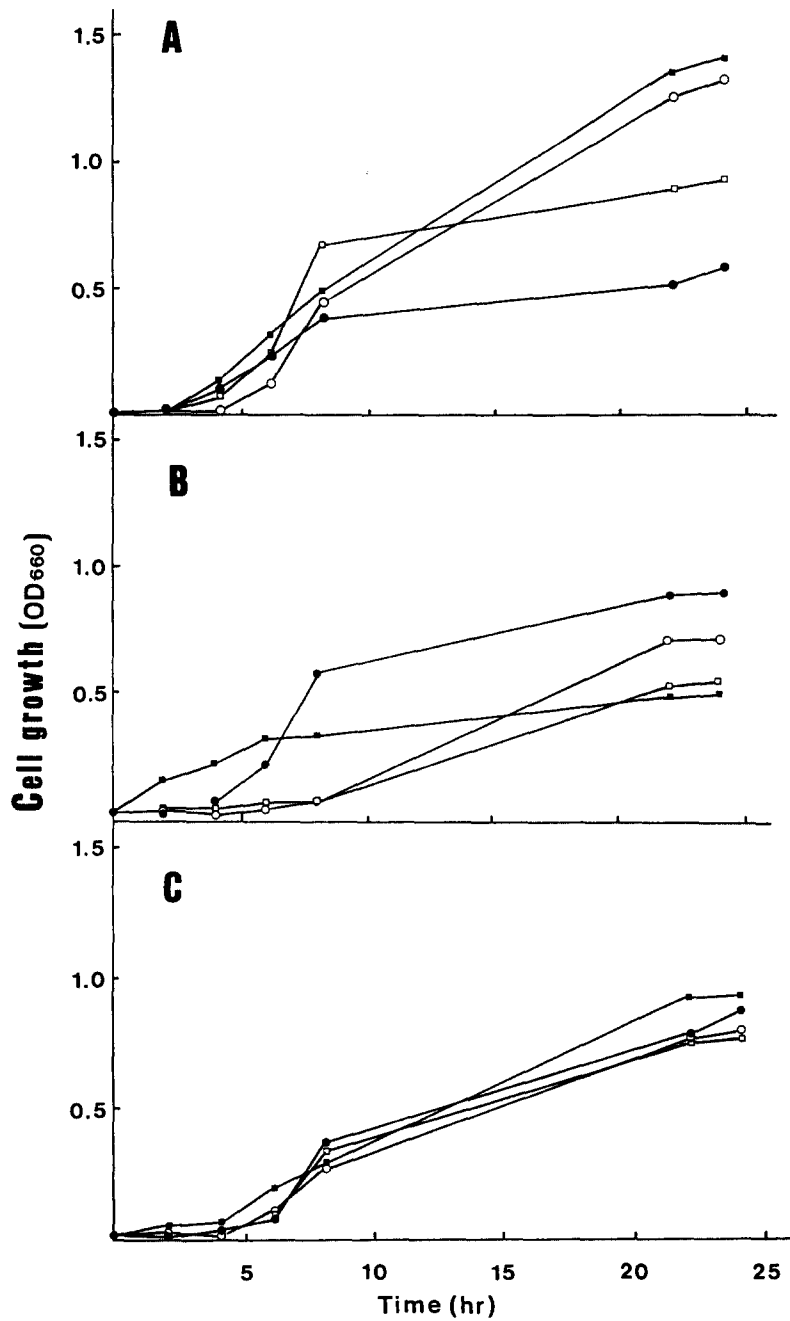


Fig. 3. Effects of plant leaf extract on the growth of soil bacteria.

(A) acceleration (B) inhibition (C) no-effect

●: control, ■: 1/2 concentration of leaf extract, ○: 1/10 concentration of leaf extract,

□: 1/50 concentration of leaf extract

만이 리기다소나무 잎의 추출액에 의해 그 성장이 제한되었고, 참나무 추출액에 의해서는 서어나무림 토양에서 분리한 균주 24종 중 9종, 소나무림 토양에서 분리한 균주 16종 중 5종, 상수리나무림 토양에서 분리한 균주 20종 중 5종, 일본잎갈나무 조림지 토양에서 분리한 균주 20종 중 10종, 리기다소나무 조림지 토양에서 분리한 균주 24종 중 9종이 성장에 저해를 받아 리기다소나무 생잎 추출액에 의해 성장이 저해되는 균주보다 상수리나무 생잎 추출액에 의해 저해되는 균주의 수가 훨씬 많았다.

리기다소나무 조림지 토양에서 분리된 세균 중 리기다소나무 생잎 추출액에 의해 성장이 제한된 균주는 1종이었으며, 상수리나무림 토양에서 분리된 균주 중 상수리나무 생잎 추출액에 의해 성장이 저해된 균주는 5종으로 각각 4.2%, 25.0%의 균주가 성장의 저해를 받았다. 이와 같이 각 식생형의 토양에서 서식하는 세균 중에는 그 지소를 우점하는 식물종의 잎 추출액에 의해 성장이 저해되는 종이 있고, 이러한 경향은 소나무보다 참나무의 경우에서 더욱 높게 나타났다. 이러한 결과는 소나무잎보다 참나무잎의 tannic acid, gallic acid, catechol 함량이 높기 때문으로 추측되나 (Henis *et al.* 1964), 이들의 확인은 더 조사 연구되어야 할 것이다.

2) 조직 추출액이 첨가된 배지에서의 배양

확산법에 의한 실험은 식물 조직의 추출액이 혹시 균의 성장을 촉진하였다면 그 결과를 쉽게 알아볼 수 없다. 그래서 동일한 배지성분과 농도가 유지된 식물 조직 추출액이 첨가된 배지에서 Broth culture하면서 분광광도계로 일정시간 간격으로 흡광도를 재어 조직추출액이 각 균주의 성장에 대한 영향을 알아 본 결과 식물 조직 추출액의 첨가에 의하여 각 삼림토양에서 분리한 균주의 성장에 대한 영향은 균 성장이 억제되는 경우, 촉진되는 경우, 균 성장에 아무런 영향을 받지 않는 경우 등 3가지 유형이 나타났다 (Fig. 3).

식물조직 추출액의 첨가에 의해 균성장이 촉진된 경우는 조직추출액의 성분을 분해하는 특수한 세균의 경우로 생각되며, 본 실험 결과 얻어진 토양미생물의 성장저해현상은 고등식물이 토양미생물에 미치는 타감현상이다 (Rice 1964, 1984). 이러한 타감효과가 낙엽의 경우 또는 토양유기물의 조성에 따라 얼마나 일어나는가는 아직 알 수 없으나, 이러한 작용으로 식생형에 따라 특징적인 토양미생물상이 가능하며 더우기 Benoit와 Starky (1968a, b)는 정제된 wattle tannin이 polygalacturonase, cellulase, urease의 활성을 현저히 감소시킨다고 하였다. 이러한 내용을 배경으로 하여 지상식물의 종조성과 토양미생물의 종조성과의 상관성을 예상할 수 있다. 지상 고등식물에 의해 이들 분해자의 활성의 차이와 더불어 그로 인한 토양의 물질 동태가 식생형에 따라 큰 차이가 있을 것으로 생각되며, 이러한 것은 미량원소의 동태에서 더욱 두드러질 것으로 예상된다.

적 요

식생형이 다른 임상의 토양에서 토양요인과 총 세균수, 토양 amylase 활성 및 미생물량을 측정하고, 각 임상토양으로부터 분리된 세균에 대하여 상수리나무와 리기다소나무의 생잎 추출액의 타감효과를 검토하였다. 그 결과를 요약하면

1. 총 세균수는 서어나무림 토양이 소나무림보다 4~7배 많았으며, 이러한 차이는 발효층에서 가장 컸다.
2. 토양 아밀라아제 활성은 총 세균수, 토양유기물 함량과 매우 높은 양의 상관관계를 나타냈

- 으며, 발효층은 부식층보다 4~5배, 부식층은 A층보다 2~4배 활성이 컸다.
3. 미생물량은 연중 여름철에 가장 많았으며, 토양의 깊이 증가에 따라 감소하는 수직분포를 나타냈다. 대부분의 경우 소나무림 토양이 졸참나무림 토양보다 큰 값을 나타냈다.
 4. 리기다소나무와 상수리나무 생잎 추출액은 토양에서 분리된 세균들에 대하여 그들의 성장을 촉진 또는 저해하였다. 상수리나무 생잎 추출액의 경우 리기다소나무 추출액보다 많은 균종에 대하여 그 성장에 저해를 나타냈다. 리기다소나무림과 상수리나무림 토양에서 분리된 균주가 우점종의 생잎 추출액에 의해 저해받는 경우는 각각 4.2%, 25%로 나타났다.

인용문헌

- 김준민·장남기. 1967. 토양유기물의 분해속도와 microbial population의 소장에 관한 연구. 식물학회지 10:21-30.
- 심재국. 1991. 온대낙엽수림내 주요 수종의 낙엽의 분해에 미치는 미생물 및 소동물의 영향. 중앙대학교 박사학위논문. 83p.
- 이태우. 1983. 식피별 토양내에 분포하는 호기성 세균군의 동태. 청주사범대학 논문집 12: 471-482.
- 이태우·심재국. 1983. 식피별 비공생성 호기성 질소고정균의 변동에 관하여. 한국미생물학회지 21:71-78.
- 이태우. 1990. 토양효소와 환경요인과의 상관. 서원대학 논문집 25:293-303.
- 이태우·심재국. 1991a. 토양 내에 분포하는 호기성 세균의 변동에 관한 연구. 서원대학 기초과학연구논총 4:51-68.
- 이태우·심재국. 1991b. 속리산 토양미생물 및 토양효소에 관한 연구. 한국자연보존협회 조사보고서 29:247-259.
- 장남기·김재근. 1989. 관악산에 식재된 리기다소나무림에서의 낙엽의 생산과 분해. 한국생태학회지 12:9-20.
- Anderson, J.P.E. and K.H. Domsch. 1978. Mineralization of bacteria and fungi in chloroform-fumigated soil. Soil Biol. Biochem. 10: 207-213.
- Benoit, R.E. and R.L. Starky. 1968a. Enzyme inactivation as a factor in the inhibition of decomposition of organic matter by tannins. Soil Science 105:203-208.
- Benoit, R.E. and R.L. Starky. 1968b. Inhibition of decomposition of cellulose and some other carbohydrates by tannin. Soil Science 105:291-296.
- Christie, P. and J.A.M. Beattle. 1986. Residual effects of clover on soil biomass carbon and nitrogen in re-seeded grass swards. Soil Biol. Biochem. 18:621-627.
- Cobb, M.H. 1932. A quantitative study of the microorganic population of a hemlock and deciduous forest soil. Soil Science 33:325-345.
- Henis, Y., H. Tagari and R. Volcani. 1964. Effect of water extracts of carob pods, tannic acid, and their derivatives on the morphology and growth of microorganisms. Applied Microbiology 12:204-209.
- Holland, E.A. and D.C. Coleman. 1987. Litter placement effects of microbial and organic matter dynamics in a agroecosystem. Ecology 68: 425-433.

- Insam, H. and K. Haselwandter. 1989. Metabolic quotient of the soil microflora in relation to plant succession. *Oecologia* 79:174-178.
- Jenkinson, D.S. and D.S. Powlson. 1976a. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. I. Fumigation with chloroform. *Soil Biol. Biochem.* 8:167-177.
- Jenkinson, D.S. and D.S. Powlson. 1976b. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8:209-213.
- Jenkinson, D.S. and J.M. Oades. 1979. A method for measuring Adenosin Triphosphate in soil. *Soil Biol. Biochem.* 11:193-199.
- Ladd, J.N. 1978. Origin and range of enzymes *In* Soil enzymes. Academic Press, Inc. pp. 51-96.
- Pancholy, S.K. and E.L. Rice. 1973. Soil enzymes in relation to oldfield succession: Amylase, cellulase, invertase, dehydrogenase and urease. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37:47-50.
- Parkinson, D., T.R.G. Gray and S.T. Williams. 1971. Methods for studying the ecology of soil microorganisms. IBP handbook No. 19. Blackwell Scientific Publications. 116p.
- Rice, E.L. 1964. Inhibition of nitrogen-fixing and nitrifying bacteria by seed plants. *Ecology* 45:824-837.
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy (2nd ed.). Academic Press, Inc. 422p.
- Ross, D.J. 1982. Restoration of pasture after topsoil removal: Effects on soil carbon and nitrogen mineralization, microbial biomass and enzyme activity. *Soil Biol. Biochem.* 14:575-581.
- Saito, T. 1966. Sequential pattern of decomposition of beech litter with special reference to microbial succession. *Ecological Review* 16:245-254
- Schnurer, J., M. Clarholm and T. Rosswall. 1985. Microbial biomass and activity in an agriculture soil with different organic matter content. *Soil Biol. Biochem.* 17:611-618.
- Witkamp, M. 1963. Microbial populations of leaf litter in relation to environmental conditions and decomposition. *Ecology* 44:370-377.
- Witkamp, M. 1966. Decomposition of leaf litter in relation to environment, microflora, and microbial respiration. *Ecology* 47:194-201.

(1994년 3월 16일 접수)