

方位에 따른 落葉의 分解率과 土壤 微生物에 관한 研究

박 봉 규·김 미 립

(이화여자대학교 자연과학대학 생물학과)

The Decomposition Rate of Litter and Soil Microorganisms on Slope Directions

Park, Bong Kyu and Mi Rim Kim

(Dept. of Biology, College of Natural Sciences, Ewha Womans University)

ABSTRACT

The decomposition rate of litter and the number of soil microorganisms were measured on various slope directions in deciduous oak forest in Mt. Yongam. And the chemical constituents of litter and soil were analyzed.

The decomposition rate by slope directions followed the order east facing slope > south-east facing slope > north-west facing slope > north-east facing slope > north facing slope > south facing slope > south-west facing slope > west facing slope. Of the chemical constituents analyzed, original concentrations of Ca and carbohydrate were closely correlated with the decomposition rate. There was a close relation between the number of fungi and decomposition rate by slope directions. However, a little relationship existed between the number of bacteria and decomposition rate by slope directions. The number of fungi and concentrations of Ca and carbohydrate correlated to each other. And the number of bacteria is related to concentrations of phosphorus.

緒 論

삼림생태계의 물질생산과 순환을 연구하기 위하여 낙엽의 분해에 대한 많은 연구들이 진행되어 왔는데, Ovington(1960)은 낙엽이 임상 유기물의 대부분을 이룬다고 하였고, Chang and Yoshida(1973)은 삼림 생태계의 임상에 축적된 낙엽의 분해는 기후, 토양, 지세, 생물 및 시간과 함수 관계에 있다고 하였다.

또한, Daubemire(1953), Greenland and Nye(1959),

Jenny, *et al.*(1949), Kim and Chang(1965)은 토양 유기물이 토양 미생물에 의하여 분해되어 무기물로 되는데 그의 분해 속도는 수종과 환경조건에 따라 달라지며, 따라서 토양으로 환원되는 무기양분의 종류와 양에도 차이가 생긴다고 보고하였다. 그리고, Daubemire and Prusso(1963)는 전나무의 잎을 가을에 채취하여 일정한 습도하에서 온도의 변화에 의한 중량손실을 측정하여, 20°C에서보다 10°C에서 높은 분해율을 얻었다. Saito(1958)에 의하면, 너도밤나무 낙엽의 분해에 있어서 곰팡이의 작용이 크다고 하였으며, Wit-

kamp(1963)은 토양미생물의 밀도와 낙엽의 분해율 사이에는 높은 상관성이 있다고 보고하였다. 우리나라에서 토양 미생물이 낙엽의 분해에 미치는 영향에 관해서는 金과 張(1967), 張과 林(1968)의 보고가 있을 뿐이다. 본 실험은 낙엽의 분해율과 토양 미생물과의 상관관계를 파악하고, 무기 염류가 토양 미생물에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다.

調査地 概況 및 調査方法

調査地 概況 調査地는 경기도 남양주군 광릉읍시현장과 숲개마을과의 경계에 위치한 용암산(고도 477.7 m)이었다(N37°45', E127°10').

각 방위(북, 북동, 동, 남동, 남, 남서, 서 및 북서)별로 경사각이 평균 27°인 지점을 조사지소로 선택하여, 1984년 4월에 표본 추출을 하였다. 이 지역은 연강수량이 1,100~1,200mm로 대부분이 7, 8, 9월에 내리며, 연평균 기온은 11~12°C로서, 겨울은 춥고, 여름은 습하고 덥다. 토양은 화강암에서 유래된 비교적 부식질이 많이 포함되어 있는 갈색토이며 토양층이 잘 발달된 삼림토였다(李, 1981).

調査方法 각 방위별로 0.5×0.5m²의 방형구를 조사지역의 임상에 설치하여 재료를 litter(L), fermentation(F), humus(H) 및 무기토양 A₁층(표토에서 5cm 깊이)으로 구별하여 채취하였고, 식물 군락은 선상법에 의해 조사하였다.

비닐봉지에 넣어 실험실로 운반된 재료는 공기중에 서 건조시킨 다음 분석하였는데, 토양 미생물수의 측정에 사용한 시료는 0°~2°C의 냉장고에 보관하였다.

pH에 있어서, L층의 pH는 낙엽과 증류수를 1:10의 비율로, F, H층의 pH는 1:5로, A₁의 pH는 1:2.5의 비율로 잘 저어준 후 Toyo pH meter로 측정하였다.

토양수분량은 토양 시료를 105°C oven에서 4시간 건조시킨 후 決定하였다. 낙엽의 생산량은 단위 m²당 건량으로 계산하였다. 유기물 함량은 700°C furnace에서 6시간 태운 후의 무게의 감소량으로 測定하였고 유기 탄소량은 유기물 함량을 1,732로 나누어 구하였다.

총질소량은 micro-Kjeldahl 법으로 정량하였고, 유효인산, 치환성 Ca 및 Na는 A.O.A.C.법에 의해 spectrophotometer와 flamephotometer로, 무기 토양층은 Bray Kurtz법에 의해 발색시킨 후 spectrophotometer로 측정하였다.

분해율은 Olson(1963)의 방법에 따라 유기 탄소량으로 계산하였다.

토양 미생물수의 측정은 토양 회석법을 사용하였는데, 토양 fungi의 수는 1g의 시료를 10³~10⁴배로 회석하여 peptone dextrose agar로 배양하였다. 박테리아의 번식을 막고, 균사가 퍼지는 것을 억제하기 위하여 streptomycin과 rose bengal을 배지에 첨가하였으며(Martin, 1950) 3일간 30°C로 배양한 후 darkfield quebec colony counter로 산출하였다.

토양 bacteria의 수는 1g의 시료를 10⁴~10⁶배로 회석하여 NA media(Witkamp, 1963)를 사용하여 3일간 30°C에서 배양하고 생성된 colony수를 darkfield quebec colony counter로 산출하였다.

結果 및 考察

식물 군락을 선상법에 의하여 조사한 결과, 신갈나

Table 1. Importance values of trees in stands of a oak forest in Mt. Yongam

Species	Relative density	Relative dominance	Relative frequency	Importance value	Order
<i>Quercus mongolica</i>	62.7	74.9	54.9	192.5	1
<i>Carpinus laxiflora</i>	23.1	18.8	28.6	70.2	2
<i>Q. serrata</i>	9.0	4.9	10.0	23.9	3
<i>Q. aliena</i>	1.3	1.1	1.7	4.1	4
<i>Cornus kousa</i>	1.3	0.2	1.7	3.2	5
<i>Acer pseudosieboldianum</i>	1.3	0.1	1.7	3.1	6
<i>Styrax japonica</i>	1.3		1.7	3.0	7
Total	100.0	100.0	100.0	300.0	

Table 2. Amount of pH, oven dry weight, water content, organic carbon and total nitrogen in the litter samples of the oak forest in Mt. Yongam

Slope direction	Horizon	pH	Oven dry weight (g/m ²)	Water content (%)	Organic carbon (g/m ²)	Total nitrogen (g/m ²)
N	L*	5.3	376.9	22	207.7	4.3
	L.A.**	6.0	2,041.3	180	884.2	33.9
NE	L	5.3	416.5	16	222.2	4.1
	L.A.	6.3	1,661.2	125	739.8	32.2
E	L	5.0	297.1	11	155.1	3.1
	L.A.	6.4	937.5	71	323.8	12.3
SE	L	5.1	535.1	16	304.1	5.0
	L.A.	6.4	2,469.4	84	721.5	30.0
S	L	4.9	213.7	10	112.8	1.8
	L.A.	5.8	2,741.2	68	621.5	28.8
SW	L	4.9	342.0	14	186.4	6.3
	L.A.	6.2	2,112.2	76	1,117.9	25.1
W	L	4.9	255.8	11	138.0	2.5
	L.A.	6.3	3,508.0	182	1,756.0	47.4
NW	L	5.3	397.6	15	216.8	2.3
	L.A.	6.0	1,523.6	105	571.6	16.7

*L; Litter, **L.A.; Litter accumulation

무(*Quercus mongolica*)가 우점종인 낙엽 활엽수림이었다(Table 1).

Table 2는 낙엽층들(L, F, H)의 pH와 건량, 함수량과 유기탄소량, 총질소량 등을 분석한 결과이다. 유기

탄소량은 남동쪽이 304.1g/m²로 가장 높았고, 남쪽이 112.8g/m²로 가장 낮았다. 총질소량은 각 방위에 따라 1.8~6.3g/m²의 값을 나타내었다.

Table 3은 낙엽층들의 유효인산, 치환성염기(Na⁺, Ca⁺⁺)량을 분석한 결과이다. 유효인산은 1~6mg/m²의 값을 각 방위에 따라 보였고, Na⁺의 함량은 1~3mg/m², Ca⁺⁺은 14~37mg/m²의 값을 나타내었다.

무기토양층(A₁)의 화학 성분 분석 결과는 Table 4에 나타나 있다.

Table 3. Chemical composition in the litter samples of the oak forest in Mt. Yongam

Slope direction	Horizon	P (mg/m ²)	Na (mg/m ²)	Ca (mg/m ²)
N	L*	1	2	26
	L.A.**	15	13	101
NE	L	2	2	28
	L.A.	12	10	99
E	L	2	2	22
	L.A.	7	6	52
SE	L	2	3	37
	L.A.	15	16	103
S	L	6	1	14
	L.A.	16	16	84
SW	L	2	2	26
	L.A.	15	18	135
W	L	1	2	18
	L.A.	30	28	186
NW	L	1	2	25
	L.A.	6	8	44

*L; Litter, **L; Litter accumulation

방위에 따른 낙엽의 분해율 계산 동쪽에서의 분해가 가장 빠르고, 남동, 북서, 북동, 북, 남, 남서, 서

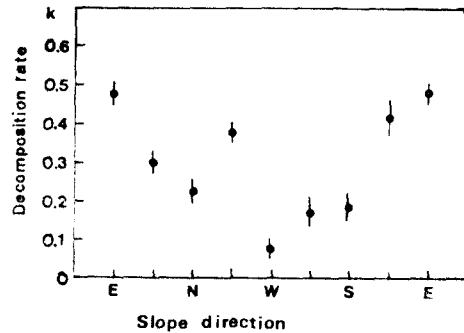


Fig. 1. Change of decomposition rate of litters on different slope directions.

Table 4. The chemical composition of soil(A₁) of the oak forest by slope direction

Slope direction	pH	Water content (%)	Organic carbon (%)	Total nitrogen (%)	P content (ppm)	Na content (ppm)	Ca content (ppm)
N	5.0	49	6.96	0.26	0.70	4.6	8.0
NE	4.9	34	5.22	0.22	0.79	4.9	6.8
E	4.9	23	4.06	0.18	0.42	5.3	5.6
SE	5.0	32	5.22	0.20	0.68	4.9	6.0
S	4.9	28	3.48	0.11	0.53	4.7	4.3
SW	5.2	35	5.80	0.24	0.69	5.1	7.3
W	5.0	48	10.44	0.43	0.69	4.9	9.4
NW	5.0	45	6.96	0.33	0.57	5.2	4.3

Table 5. The decay and accumulation model of litters of the oak forest by slope direction

Slope direction	Decay model	Accumulation model
N	$C=884.1e^{-0.235t}$	$C=884.1(1-e^{-0.235t})$
NE	$C=739.8e^{-0.300t}$	$C=739.8(1-e^{-0.300t})$
E	$C=323.8e^{-0.479t}$	$C=323.8(1-e^{-0.479t})$
SE	$C=721.5e^{-0.422t}$	$C=721.5(1-e^{-0.422t})$
S	$C=621.4e^{-0.182t}$	$C=621.4(1-e^{-0.182t})$
SW	$C=1,117.9e^{-0.167t}$	$C=1,117.9(1-e^{-0.167t})$
W	$C=1,756.0e^{-0.079t}$	$C=1,756.0(1-e^{-0.079t})$
NW	$C=571.6e^{-0.379t}$	$C=571.6(1-e^{-0.379t})$

의 순으로 낮게 나타났다(Fig. 1). 위의 결과에 따라 각 방위별로 Olson식에 따른 낙엽의 분해와 축적에 대한 모델을 세울 수 있었다(Table 5).

토양 미생물 수의 측정 방위에 따라 낙엽의 분해율이 달라지게 되는 요인을 규명하기 위하여 토양미생물의 수를 조사하였다. 토양 곰팡이의 수를 측정할 결과는 Table 6과 같다. 방위별 각 층의 곰팡이 수를 비교하여 볼 때 F, H층의 곰팡이 수가 다른 층(L, A₁)의 곰팡이 수보다 현저히 높은 것을 볼 수 있었는데, 이는 김과 張(1967), 張과 林(1968)의 보고와 일치되는 결과이다. F층에서의 곰팡이 수를 방위별로 비교하여 보면, 남동쪽이 가장 많고, 북동, 북서, 남, 북, 동, 남서, 서의 순으로 나타났다. H층에서의 곰팡이 수를 방위별로 비교하여 보면, 역시 남동쪽이 가장 많으며, 동>북서=남서>북동>남>북>서의 순으로 나타났다. 위와 같은 결과를 보인 fungi의 수와 분해율 사이에는

Table 6. The numbers of fungi in the litter layers and A₁ of the oak forest in Mt. Yongam

Slope direction	Horizon			
	L (×10 ³)	F (×10 ⁴)	H (×10 ⁴)	A ₁ (×10 ³)
S	50	54	22	40
SE	40	100	67	34
E	120	36	54	87
NE	80	66	24	88
N	30	47	21	160
NW	13	62	37	84
W	35	25	16	114
SW	26	34	37	34

상관 계수 0.80의 정상관이 존재하였다(Fig. 2). 즉, 낙엽의 분해에 곰팡이가 관여하는 것으로 나타났는데, 이는 김과 張(1967), Saito(1958)의 보고에서도 밝혀져 있다. 또한, Khadzhaeva(1973)의 보고에 의하면 lignin과 carbohydrate compound가 곰팡이에 의해서 분해되며 이에 *Fomes hartigii*와 *Trametes abietis*가 관여한다고 하였다. 각 방위에 따른 F층의 곰팡이 수와 분해율사이에 상관 계수 0.53으로 유의적 상관이 존재하는 것으로 나타났으나, L층의 곰팡이 수는 분해율과 유의적 상관이 없는 것으로 나타났다($r=0.48$). 이는 낙엽의 표면이 미생물이 침입하기 어려운 표피층으로 덮여 있기 때문이라고 史料된다(김과 張, 1967).

토양 새균의 수를 방위별로 측정할 결과는 Table 7과 같다. 새균 역시 L, A₁층에 비해 F, H층의 수가 현저히 높은 것을 볼 수 있었는데, 방위별 박테리아의 수와 분해율 사이의 상관 관계를 조사한 결과 유의적인

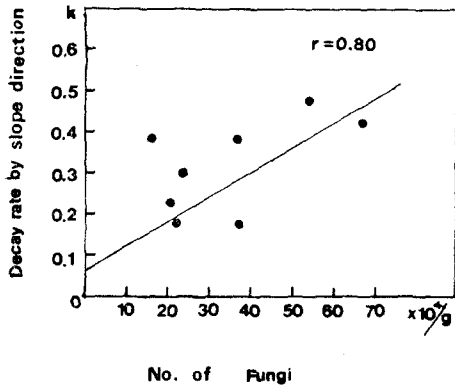


Fig. 2. The relationship between the No. of fungi and the decay rate by slope direction of the oak forest in Mt. Yongam.

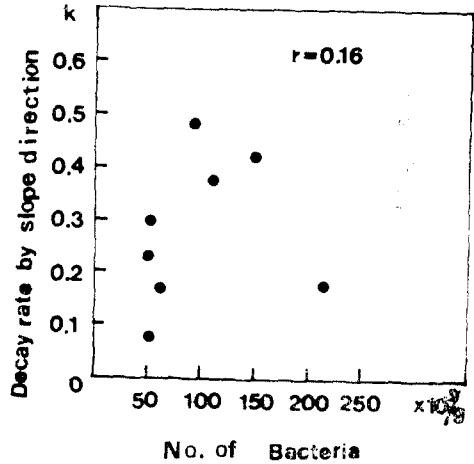


Fig. 3. The relationship between the No. of bacteria and decay rate by slope direction of oak forest in Mt. Yongam.

Table 7. The numbers of bacteria in the litter layers and A₁ of the oak forest in Mt. Yangam

Slope direction	Horizon			
	L ($\times 10^4$)	F ($\times 10^5$)	H ($\times 10^5$)	A ₁ ($\times 10^4$)
S	20	122	229	79
S E	10	115	152	58
E	93	60	93	111
N E	99	470	55	92
N	14	103	50	72
NW	56	113	124	226
W	61	77	55	77
SW	94	429	69	565

상관이 없는 것으로 나타났다(Fig. 3).

다음은, 낙엽층의 유기·무기 염류가 토양 미생물에 미치는 영향을 알아보기 위하여 토양 미생물의 수와 무기 염류 사이의 상관 관계를 조사한 결과, 유기탄소, Ca⁺⁺의 농도가 곰팡이의 수와 유의적인 상관이 있는 것으로 나타났으며(Fig. 4) 토양 세균은 가용성 인산과 밀접한 상관이 있는 것으로 밝혀졌다(Fig. 5). Table 8은 분해율, 토양 미생물의 수와 함수량, 유기 탄소, 총 질소량, P, Na⁺, Ca⁺⁺ 함량과의 상관 관계를 나타낸 것이다. 분해율은 유기 탄소, Ca⁺⁺와 각각 상관이 있는 것으로 나타났는데, 이는 유기탄소와 Ca⁺⁺이 분해율과 밀접한 연관이 있다고 보고한 Moore(1984)의 보

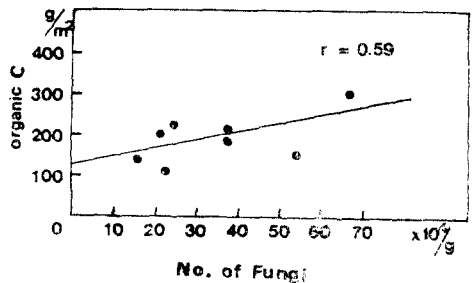
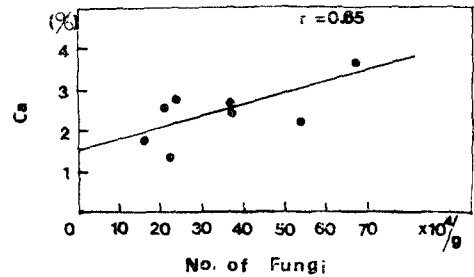


Fig. 4. The relationship between the number of fungi and organic carbon and Ca of the oak forest in Mt. Yongam.

고와 일치한다. 토양 곰팡이의 수는 유기탄소, Na⁺, Ca⁺⁺의 함량과 유의적인 상관이 있었고, 세균의 수는 P와 고도의 유의한 정상관을 보였다.

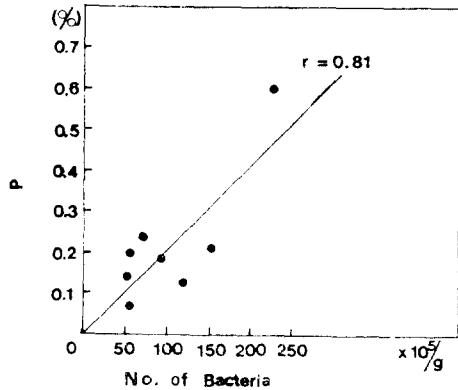


Fig. 5. The relationship between the No. of bacteria and P of oak forest in Mt. Yongam.

Table 8. Correlation coefficients(r) between the number of the microorganism, decay rate, and the 6 variables

	Decay rate	No. of fungi	No. of bacteria
Decay rate	—	—	—
No. of fungi	0.797*	—	—
No. of bacteria	0.155	0.242	—
Water content	0.111	-0.031	-0.430
Organic carbon	0.517*	0.593*	-0.119
N content	0.031	0.351	-0.417
P content	-0.146	-0.088	0.812*
Na content	0.492	0.558*	-0.210
Ca content	0.533*	0.652*	-0.213

* Significant at 5% level

摘 要

방위에 따른 낙엽의 분해율과 토양미생물의 수와의 상관 관계를 파악하고, 무기염류가 토양미생물에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시된 본 연구의 결과는 다음과 같다.

방위에 따른 낙엽의 분해율은 동쪽이 가장 높고, 남동, 북서, 북동, 북, 남, 남서, 서의 순으로 나타났으며 분해율과 유기·무기 염류 사이의 상관 관계를 분석한 결과, 분해율과 유기 탄소, Ca⁺⁺의 농도와 유의적인 상관이 있는 것으로 나타났다.

각 방위에 따른 곰팡이의 수를 조사한 결과, 분해율

과 밀접한 상관이 있는 것으로 밝혀졌으나, 세균의 수와 분해율 사이에는 유의적인 상관 관계가 없었다. 유기탄소, Ca⁺⁺, Na⁺의 함량은 곰팡이의 수와 유의적인 상관이 있었으며, 가용성 인산은 세균의 수와 고도의 유의한 정상관을 나타내었다.

引用 文 獻

장 남기·인 영득. (1968). 전나무 낙엽의 분해에 따른 microbial population의 변화에 관한 연구. 미생물학회지, 6 : 93~99.

Chang, N.K. and S. Yoshida. (1973). Studies on the gross metabolism in a *Sasa paniculata* type grassland. III. The decay system of the litter. J. Japan Grassl. Sci., 19 : 341~357.

Daubenmire, R. (1953). Nutrient content of leaf litter of trees in the Northern Rocky mountains. Ecology, 34 : 786~793.

Daubenmire, R.F. and D.C. Prusso. (1963). Studies of the decomposition rates of tree litter. Ecology, 44 : 589~592.

Greenland, D.J. and P.H. Nye. (1959). Increases in the carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. Soil. Sci., 10 : 285~299.

Jenny, H., S.P. Gessel and F.T. Bingham. (1949). Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. Soil. Sci., 68 : 419~432.

Khadzhaeva, S.G. (1973). Chemical composition of wood from a fir tree damaged by wood destroying fungi. Bum. Prom., 10 : 4~5.

Kim, C.M. and N.K. Chang. (1965). The decomposition rate of litter affecting the amount of mineral nutrients of forest soil in Korea. Bulletin of the Ecological Society of America, 14.

김 준민·장 남기. (1967). 토양 유기물의 분해 속도와 microbial population의 소장에 관한 연구. 식물학회지, 10 : 21~30.

이 인숙. (1981). 남한의 삼림생태계에 있어서의 낙엽의 분해모델. 이화여자대학교 대학원 생물학과 박사학위 논문.

Martin, J.P. (1950). Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating

- soil fungi. *Soil. Sci.*, **69** : 215~232.
- Moore, T.R. (1984). Litter decomposition in a subarctic spruce lichen wood land. Eastern Canada, *Ecology*, **65** : 299~308.
- Olson, J.S. (1963). Energy storage and balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, **44** : 322~331.
- Ovington, J.D. and D. Heitkamp. (1960). Accumulation of energy in forest plantations in Britain. *J. Ecology*, **48** : 639~646.
- Saito, T. (1958). The characteristic feature of fungi taking part in the decomposition of beech litter. *Sci. Rep. Jokoku Univ. 4 Ser.*, **24** : 73~79.
- Witkamp, M. (1963). Microbial populations of leaf litter in relation to environmental conditions and decomposition. *Ecology*, **44** : 370~377.

(1985年 1月 16日 接受)