

## 落葉 洗脫液에 따른 土壤 微生物의 生長

金 鍾 熙 · 李 浩 源

慶南大學校 理科學科 生物學科

### Growth of Soil Microorganisms for the Leachates from Leaf Litter

Kim, Joung-Hee and Ho-Won Lee

Dept. of Biology, College of Natural Science, Kyung Nam Univ.

#### ABSTRACT

The action and growth of soil microorganisms were studied in accordance with the leachates from leaf litter over the time lapse, and soil properties and species compositions in studied area were investigated.

The investigations of soil microorganisms were made through dividing into two groups—bacterial and fungal groups. The abundance of soil microorganisms showed high correlation with organic matter (0.98) and total nitrogen (0.97) of soil. The amount of soil microorganisms was found the highest in litter layer and the next were humus and A layer in order. The bacterial growth rate in leachates from leaf litter was increased continuously by two weeks. The fungal growth rate was increased only for one week and after then it was decreased abruptly.

#### 緒 論

陸上 環境에서 分解될 수 있는 有機物의 주요한 근원중 하나는 森林에 堆積된 落葉이다. 낙엽은 일차적으로 토양 무척추동물의 섭식행위에 의해 分殺되고 또 토양 微生物의 活動으로 分해된다(Gunnarson *et al.*, 1988).

토양 미생물은 낙엽과 植物殘在를 分解함으로써 그들의 生長을 위한 에너지를 얻으며 새로운 세포 물질 형성에 필요한 有機炭素를 공급받는다. 한편 미생물의 呼吸活動으로 발생한 二酸化炭素는 植物成長을 위한 과정에 再吸收됨으로써 유기물은 循環된다. 이런 순환은 낙엽의 종류와 환경 조건에 따라서 달라지며 分해 速度 역시 여러 條件에 의해 달라진다.

따라서 많은 학자들(Nykvist, 1963; Staaf, 1980; Hanlon and Anderson, 1980; Hanlon, 1981a, b; Whitehead *et al.*, 1981)은 각기 다른 종류의 낙엽으로부터 얻어진 溶解性 有機物質의 分해와 微生物의 活動에 대해 研究한 바 있으며, Bocoock(1964)는 森林 낙엽층 分해시 발생한 窒素, 炭素, 에너지 그리고 乾量의 變化에 關聯된 미생물의 活動에 대해 연구하였다.

또한 Park and Kim(1985)은 方位別 낙엽 分해에 영향을 미치는 미생물의 活動에 대

해 연구하였는데, 동쪽이 가장 높은 것으로 보고하였다.

한편 토양 미생물의 호흡에 영향을 미치는 要因中的 하나가 水分水準이다. 週期的인 건조와 濕潤을 경험하는 토양에서는 CO<sub>2</sub> 발생률이 촉진되며 이런 주기가 여러번 반복되면 계속적으로 습윤하기만한 토양보다 미생물 活性化가 상당히 刺戟을 받는다 (Alexander, 1967).

森林水系(forest stream)에서 분해되는 *Quercus alba*와 *Carya glaba* 낙엽의 腐植에 관여하는 미생물은 hypomycetes가 우점종인 것으로 밝혀지고 있다(Suberkropp and Klug, 1976). 수계 바닥에 사는 미생물의 분포와 낙엽과의 相關관계는 낙엽의 蓄積된 정도에 비례하여 미생물이 분포하고 있다(Egglisshaw, 1964).

또 미생물의 활동은 낙엽의 종류, 그 축적된 程度외에 장소, 크기 및 그 基質의 용해성과 内部的 농도에 밀접하게 의존하고 있으며 一般的으로 흐르는 물에서의 낙엽 분해에 의한 유기물의 양은 가장 낮은 水準임이 강조되어 왔다(Bärlocher and Kendrick, 1973; Gunnarsson *et al.*, 1988).

本 研究에서는 낙엽의 腐植에 대한 미생물의 활동을 時間에 따른 落葉 洗脫液(leachates from litter)과 土壤 環境과의 相關하에 조사 연구하였다.

### 調查 方法

조사 지역은 경상북도 청송군에 위치한 國立公園 주왕산(129°04'51"~129°14'55"E, 36°19'56"~36°27'46"N)으로서 海拔 500~800 m에 위치한 地點이었다. 조사 지역은 9개의 方形區(20 m×20 m)를 無作爲 抽出하여 그 地點에서 植生調査(個體數, 樹高, 被度 등)를 하였으며 각 方形區內에서 sub-quadrat를 設定하여 토양 試料를 채취하였다.

#### 土壤 試料 채취

土壤 試料는 各 方形區에서 litter層, humus層, A層으로 分別 채취하였으며 채취된 試料는 무균 봉지에 넣어 실험실로 운반하여 0~2°C의 냉장고에 보관하여 分析에 使用하였다.

#### 土壤 環境 要因의 測定

토양 시료의 pH는 증류수와 토양을 2.5:1의 比率로 섞어 pH meter로 測定하였다. 토양 유기물함량은 105°C oven에서 말려진 토양 시료를 700°C 전기로에 넣어 1시간 태운 후 灼熱損失量으로서 얻었으며 토양의 總 窒素量은 microkjeldahl 方法에 의해 分析하였다.

#### 土壤 微生物 群集의 크기 調査

채취된 토양 시료는 洗脫液에 따른 낙엽의 분해에 영향을 미치는 微生物의 成長關係를 관찰하기 위하여 litter층, humus층, A층의 토양 시료를 100 ml의 토양 浸出水(무균)에 100 g씩 넣어 1시간 동안 진탕하여 얻은 懸濁液을 室溫狀態에서 0, 一週日, 二週日, 三週日間 배양한 후에 각각 1 ml씩 채취하여 10<sup>-5</sup>수준까지 0.1% pepton수를 使用하여 희석한 후 接種用 희석 試料로 使用하였다.

일반 세균은 희석 시료 0.1 ml를 plate count agar media에 접종하여 나타난 집락의 수를 계산하였다. 일반 진균은 malt extract agar media에 희석된 토양 현탁액 0.1 ml를

접종한 후 25°C에서 5일간 배양하여 집락의 수를 計算하였다.

모든 data의 처리는  $\alpha=0.05$ 에서 分散分析에 의해 計算하였다.

### 結果 및 考察

Table 1은 調査 지역에 出現한 優占種의 植被와 樹高를 나타낸 것이다.

조사된 지역은 全般的으로 낙엽수림지역이었으며 site 4와 5 지역이 졸참나무, 굴참나무와 소나무 혼합림이었다. 이들 숲에서 出現한 種으로서는 쪽동백나무, 조팝나무, 국수나무, 느릅나무, 옷나무, 철쭉꽃, 쫄레꽃, 산초나무, 진달래, 산뽕나무 등이 있었으며, 초본 식물로서는 고사리, 주름조개풀, 애기똥풀, 모시풀, 삼주, 김의털, 양지꽃, 갈퀴나물, 짚신나물, 억새, 애기나리, 호랑버들, 개망초, 꿀풀 등이 出現해 있었다.

Table 1. Community, coverage and tree height of study area

Site	Community	Coverage (%)	Height (m)
1	<i>Quercus variabilis</i> BL.	60%	3-21
2	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> H. + <i>Lindera obtusiloba</i> BL.	40%, 45%	2-15, 1-2.5
3	<i>Carpinus laxiflora</i> BL. + <i>Quercus variabilis</i> BL.	40%, 30%	3-20, 2-16
4	<i>Quercus serrata</i> T. + <i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	30%, 30%	5-21, 5-18
5	<i>Quercus variabilis</i> BL.	70%	7-23
6	<i>Quercus variabilis</i> BL. + <i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	50%, 30%	3-14, 2-17
7	<i>Quercus variabilis</i> BL. + <i>Quercus aliena</i> BL.	40%, 35%	4-16, 9-19
8	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> H. + <i>Acer palmatum</i> T.	45%, 35%	2-17, 1-6
9	<i>Quercus variabilis</i> BL. + <i>Lespedeza bicolor</i> T.	30%, 50%	3-11, 1-3

Table 2는 調査 地點에서의 토양의 층별에 따른 pH와 有機物 含量 및 總 窒素量을 分析한 結果이다.

平均 有機物 含量은 층별간 有意的 차이가 현저하여 ( $\alpha=0.05$ 에서  $F=10.19$ ) L층이 가장 높고 그 다음이 H층, A층의 순으로 나타났다. 또한 總 窒素量 역시 토양 층별 수준에 따라 site 5와 7을 제외하곤 L층, H층, A층의 순으로 나타났다( $\alpha=0.05$ 에서  $F=7.21$ ).

그러나, 토양의 pH는 L층과 H층간은 비슷하였으며 A층만이 위의 두층과 有意적 차이가 認定되어 약간 낮은 값을 나타냈다.

이와 같은 결과들은 토양의 表土에 蓄積된 식물 잔재에 의한 결과들로서 많은 보고들 (Hans, 1980 ; Dhar, 1968 ; Henry, 1984 ; Olson, 1981)과 일치되는 양상이다.

세균류와 진균류의 출현은 토양 1 g당 세균류가  $10^4 \sim 10^8$ 의 범위를 진균류가  $10^3 \sim 10^6$ 의 범위로 출현해 있었다.

Fig. 1과 2는 세균류와 진균류의 個體群 成長 曲線이다. 세균류나 진균류 모두 幾何 級數的 成長 曲線을 나타내고 있으며 L층에서 가장 높은 양상을 나타내고 있으며 A층에서 가장 낮은 성장을 보이고 있었다.

토양 층별간의 미생물 성장은 그 有意적 차가 매우 컸으며 이 같은 이유는 Table 2의 토양 분석 결과 유기물 함량 및 총 질소 함량과의 相關이(각각 0.98, 0.97) 높은 것으로 그 회귀 직선은 Fig. 3과 4에서 보는 바와 같다.

이 같은 결과로 미루어 토양 미생물의 增殖에 필요한 에너지 供給源으로서 식물 낙엽

**Table 2.** Soil properties (pH, organic matter, total nitrogen) of each sampling site

Site	Horizon	Organic matter (%)	pH	Total nitrogen (%)
1	L	—	—	—
	H	39.7	6.13	1.27
	A	10.9	6.10	0.56
2	L	12.1	7.04	0.41
	H	10.7	6.52	0.36
	A	8.5	5.46	0.35
3	L	68.9	5.67	1.27
	H	14.5	5.05	0.35
	A	11.4	5.34	0.23
4	L	51.3	5.20	1.37
	H	33.2	5.59	1.17
	A	11.5	5.45	0.29
5	L	43.1	4.90	0.52
	H	20.8	5.48	0.46
	A	32.0	5.66	0.21
6	L	64.0	5.74	1.29
	H	37.4	5.24	1.10
	A	16.2	4.89	0.34
7	L	77.2	6.13	1.11
	H	68.9	6.66	1.92
	A	14.5	6.35	0.48
8	L	43.9	7.16	1.44
	H	28.3	7.11	1.12
	A	14.4	6.55	0.60
9	L	37.2	6.92	0.77
	H	20.8	6.71	0.77
	A	20.4	6.69	0.72

L: Litter layer, H: Humus layer, A: A layer.

Analysis of variance for organic matter;  $F=10.19$ ,  $\alpha=0.05$ .

Analysis of variance for total nitrogen;  $F=7.21$ ,  $\alpha=0.05$ .

층의 축적이 큰 역할을 한 것으로 사료된다. 이는 Nykvist(1963)의 연구 결과 낙엽 썩  
 積의 程度가 증가하면 유기적 기질의 方出이 증가되어 미생물의 활동이 증가된다는 결론  
 과 일치하는 점이다.

그러나, Table 1에서 조사한 식물 군락간의 토양 미생물 활동의 차이는 유의적 차가  
 없었다. 이것은 phenolic compound나 tannin을 含有한 植物들은 미생물 성장을 抑制한  
 다는 연구 보고(Whitehead *et al.*, 1981; Baldwin and Schultz, 1984; Baldwin *et al.*,  
 1987)와 같이 낙엽의 종류에 따라 分別 실험을 進行한 것이 아니라 林上에 떨어진 모든  
 낙엽을 실험 대상으로 했다는 데서 群落間의 차이를 밝힐 수 없었다고 판단된다.

또한 각 군락간에 출현한 미생물의 種에 대한 分類가 進行되지 못하였으므로 출현한  
 미생물의 군락간 차이를 확인할 수 없었다. 그러나 이 같은 실험이 進行된다면 群落間의  
 微生物 豐富度의 차이나 種의 分布 차이는 많은 연구들(Hanlon, 1981b; King *et al.*,  
 1967)이 제시한 바와 같이 分明할 것이다.

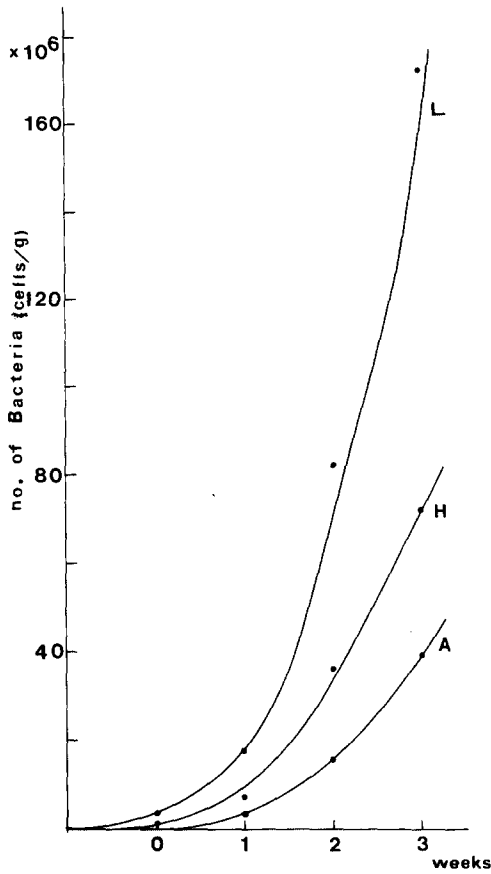


Fig. 1. Growth curve of bacterial population in leaf litter leachates over the lapse of time. L; Litter layer, H; Humus layer, A; A layer.

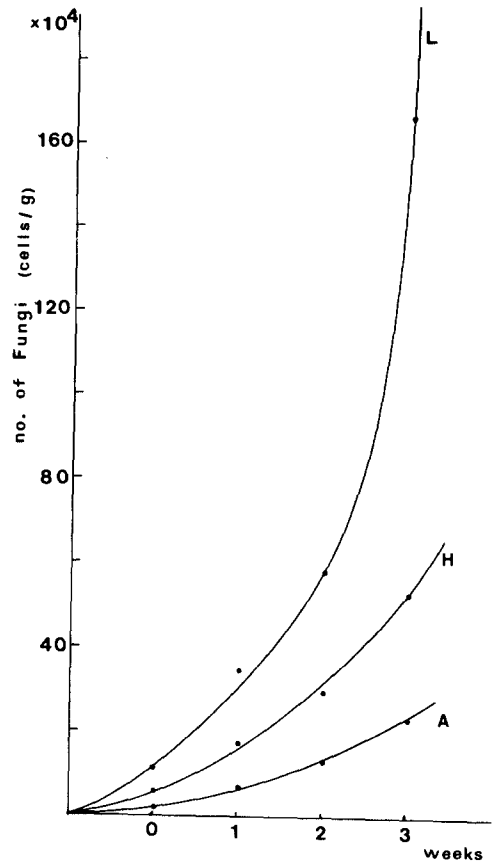


Fig. 2. Growth curve of fungal population in leaf litter leachates over the lapse of time. L; Litter layer, H; Humus layer, A; A layer.

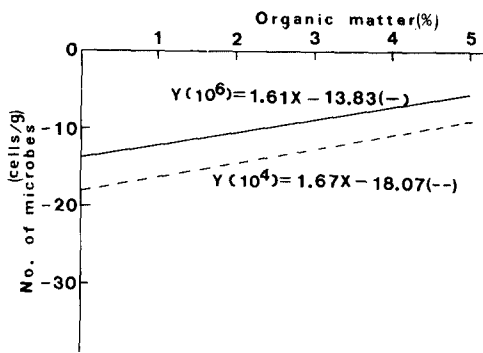


Fig. 3. Correlation between the appearance of soil microorganisms and organic matter of soil. —; Bacteria, - - - -; Fungi.

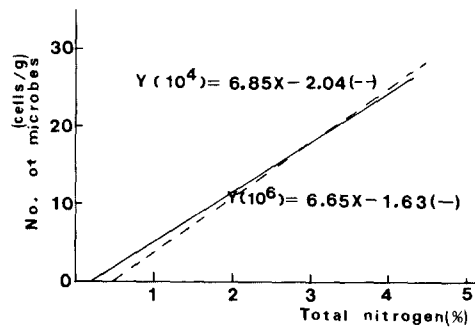


Fig. 4. Correlation between the appearance of soil microorganisms and total nitrogen of soil. —; Bacteria, - - - -; Fungi.

**Table 3.** Average of growth rates (per day) of bacteria and fungi for each layer

Time interval (weeks)	Bacteria			Fungi		
	L	H	A	L	H	A
0 - 1	0.26	0.30	0.31	0.18	0.17	0.19
1 - 2	0.24	0.23	0.26	0.08	0.08	0.08
2 - 3	0.11	0.10	0.14	0.08	0.09	0.09

L: Litter layer, H: Humus layer, A: A layer.

한편 같은 장소에서 출현하는 미생물의 豐富性은 층별간에도 그 유의성이 인정되었지만 토양 미생물간(세균류와 진균류)의 유의성이 보다 더 크게 인정되었으며 相互作用의 효과도 있었다.

Table 3은 세균류와 진균류의 층별 증가율의 차이이다. 平均 증가율 (r)은

$$r_t = \sqrt[n]{X_n/X_0} - 1 \text{ 로서 구하였다(채영암 등, 1987).}$$

$X_n$ : 시간 t때의 집락의 수

$X_0$ : 초기의 집락의 수

위의 결과를 살펴보면 세균류가 진균류에 비해 높은 평균 증가율을 나타내고 있으며 (약 2배) 세균류의 증가는 1~2주 까지 거의 비슷한 수준의 증가율을 보이다가 2~3주간의 증가율은 50% 이하로 減少됨을 볼 수 있으며 이에 반해 진균류의 증가율은 0~1주 까지 L, H, A층에서 거의 비슷한 수준의 증가율을 보이다가 1~2주 사이의 배양에서 그 증가율이 급격히 低下됨을 알 수 있었다.

이 같은 결과로 미루어 세균류가 진균류보다 持續的인 증식을 하고 있음을 알 수 있으며 진균류는 初期 성장 후 그 증식이 멈춤을 알 수 있었다.

이는 진균류 대부분이 종속영양 생물이므로 태양 광선이나 무기 물질의 酸化에서 부터는 생장에 필요한 에너지를 얻을 수 없다. 따라서 균의 분포는 산화 가능한 탄소 기질의 有效도에 의해서 결정되기 때문에 유기물 함량이 풍부한 초기 배양에서는 균은 증가하나 세균류에 비해 오히려 급격히 감소한다. 반면 세균류는 토양 속에 존재하고 있는 미생물 중에서 가장 많은 류의 集團을 이루고 있으며 그 수에 있어서도 다른 미생물 부류의 것들을 합한 것보다도 더 많은 경우가 있으며(Alexander, 1967, 1971; Clark, 1967) 換氣 狀態가 충분히 유지되고 있는 초기 배양액에서는 세균과 더불어 균이 支配的이나 시간이 지남에 따라  $O_2$ 가 아주 희박해지거나 거의 存在하지 않는 배양액에서는 진균에 비해 세균류가 생물적, 화학적으로 더 많은 변화를 일으키기 때문인데, 본 연구 결과 2~3주의 배양액은  $O_2$ 의 消費로 말미암아  $O_2$ 부족 현상을 나타내게 되어 미생물의 활동이 嫌氣性 세균류에 의한 것으로 사료되어 세균류가 진균류에 비해 지속적 성장을 나타낸 것으로 여겨진다.

### 摘 要

시간에 따른 落葉 洗脫液에서 토양 미생물의 성장을 토양 성분과 식물의 종조성과의 관련하에서 조사 연구하였다.

토양 미생물의 生長은 진균류와 세균류로 구분되어 研究되어졌으며, 토양 미생물의 出

現은 토양의 有機物 含量(0.98)과 總 窒素量(0.97)에 높은 相關을 나타내었다. 토양 층별 차이에 따른 微生物의 성장 곡선은 모두 기하 급수적 성장 곡선을 보이며, L, H, A층의 순으로 높은 경향을 나타내었다.

세균류와 진균류의 증식에 있어서 같은 조건속에서 세균류가 진균류에 비해 보다 많이 출현하고 있었으며, 세균류 생장은 2주일째의 낙엽 세탈액까지 지속되었으나 진균류의 생장은 처음 1주일째의 낙엽 세탈액 이후로는 감소하였다. 또한 세균류의 평균 증가 속도가 진균류에 비해 약 2배 가량 높았다.

한편 식물 군락간의 미생물 분포의 차이는 본 실험 결과 확인할 수 없었으며 미생물 종의 분류 역시 밝힐 수 없었다.

### 引用 文 獻

- Alexander, M. 1967. Introduction to soil microbiology. Wiley, New York.
- Alexander, M. 1971. Biochemical ecology of microorganisms. Annu. Rev. Microbiol. 25:361-392.
- Baldwin, I.T. and J.C. Schultz. 1984. Tannins lost from sugar maple (*Acer saccharum* Marsh) and yellow birch (*Betula allegheniensis* Britt.) leaf litter. Soil Biol. Biochem. 16:421-422.
- Baldwin, I.T., J.C. Schultz and D. Ward. 1987. Patterns and sources of leaf tannin variation in yellow birch (*Betula allegheniensis*) and sugar maple (*Acer saccharum*). J. Chem. Ecol. 13:1069-1078.
- Bärlocher, F. and Kendrick. 1973. Fungi in the diet of *Gammarus pseudolimnaeus* (Amphipoda). Oikos 24:295-300.
- Bocock, K. L. 1964. Changes in the amounts of dry matter, nitrogen, carbon and energy in decomposing woodland leaf litter in relation to the activities of the soil fauna. J. Ecol. 52:273-284.
- 채영암 · 구현옥 · 서학수 · 이영만. 1987. 기초생물통계학. 향문사, 서울, 418pp
- Clark, F.E. 1976. Bacteria in soil. In, Soil Biology, A. Burges and F. Raw(eds.). Academic press., New York. pp. 15-49.
- Dhar, N.R. 1968. In organic matter and soil fertility. In, Pont. Acad. Scripta varia. P. Salviucci, (ed.). No. 32, Vatican. pp. 244-360.
- Egglishaw, H.J. 1964. The distributional relationship between the bottom fauna and plant detritus in streams. J. Anima. Ecol. 33:463-476.
- Gunnarsson, T., P. Sundin and A. Tunlid. 1988. Importance of leaf litter fragmentation for bacterial growth. Oikos 52:303-308.
- Hanlon, R.D.G. 1981a. Some factors influencing microbial growth on soil animal faeces. I. Bacterial and fungal growth on particulate oak leaf litter. Pedobiologia 21:257-263.
- Hanlon, R.D.G. 1981b. Some factors influencing microbial growth on soil animal faeces. II. Bacterial and fungal growth on soil animal faeces. Pedobiologia 21:264-270.
- Hanlon, R.D.G. and J.M. Anderson. 1980. Influence of macroarthropod feeding activities on microflora in decomposing oak leaves. Soil Biol. Biochem. 12:264-270.
- Hans, J. 1980. The soil resource. Ecological Studies vol. 37, Springer-Verlag, New York. pp. 113-146.
- Henry, D.F. 1984. Fundamentals of soil science. 7th ed. John Wiley, New York. pp. 121-146.
- King, D.L. and R.C. Ball. 1967. Comparative energetics of a polluted stream. Limonol. Oceanogr. 12:27-33.
- Nykvist, N. 1963. Leaching and decomposition of water-soluble organic substances from different types of leaf and needle litter. Studia Forest. Suecica 3:1-31.
- Olson, G.W. 1980. Soils and the environment, A guide to soil surveys and their applications. Chapman and Hall, New York. pp. 13-17.
- Park, B.K. and M.R. Kim. 1985. The decomposition rate of litter and soil microorganisms on slope direc-

- tions. Korean J. Ecol. 8:31-37.
- Staaf, H. 1980. Release of plant nutrients from decomposing, leaf litter in a South Swedish beech forest. Holarct. Ecology 3:129-136.
- Suberkropp, K. and M.J. Klug. 1976. Fungi and bacteria associated with leaves during processing in a woodland stream. Ecology 57:707-719.
- Whitehead, D.C., H. Dibb and R.D. Hartley. 1981. Extractant pH and the release of phenolic compounds soils, plant roots and leaf litter. Soil Biol. Biochem. 13:343-348.

(1989年 5月 2日 接受)